

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Oğuz DEMİRYÜREK

**POLYESTER/VİSKON KARIŞIMLI OPEN-END ROTOR İPLİK
ÖZELLİKLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI VE İSTATİSTİKSEL
MODELLER KURULARAK TAHMİN EDİLMESİ**

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2009

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POLYESTER/VİSKON KARIŞIMLI OPEN-END ROTOR İPLİK
ÖZELLİKLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI VE İSTATİSTİKSEL
MODELLER KURULARAK TAHMİN EDİLMESİ**

Oğuz DEMİRYÜREK

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**Bu tez 08/05/2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.**

İmza:.....
Prof. Dr. Erdem KOÇ
DANIŞMAN

İmza:.....
Doç.Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU
ÜYE

İmza:.....
Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABİR
ÜYE

İmza:.....
Yrd. Doç. Dr. Ulus ÇEVİK
ÜYE

İmza:.....
Yrd. Doç. Dr. Nihat ÇELİK
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür**

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MMF.2005.D9

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

POLYESTER/VİSKON KARIŞIMLI OPEN-END ROTOR İPLİK ÖZELLİKLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI VE İSTATİSTİKSEL MODELLER KURULARAK TAHMİN EDİLMESİ

Oğuz DEMİRYÜREK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Erdem KOÇ

Yıl : 2009, Sayfa:227

Jüri : Prof. Dr. Erdem KOÇ

Doç.Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU

Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABİR

Yrd. Doç. Dr. Ulus ÇEVİK

Yrd. Doç. Dr. Nihat ÇELİK

Bu çalışmada polyester/viskon karışimli open-end rotor iplik özelliklerinin üretim yapılmadan önce tahmin edilebilmesine yönelik Yapay Sinir Ağları (YSA) ve istatistiksel modellerin kurulması hedeflenmiştir.

Bu amaçla yedi değişik karışım oranında üretilen şeritler open-end rotor iplik makinasında dört farklı rotor hızında ve dört farklı numarada eğrilerek 112 farklı özellikte toplam 224 adet bobin üretilmiştir. Söz konusu bobinlerdeki ipliklerin fiziksel ve mekanik özellikleri (Kopma kuvveti, mukavemet, kopma işi, uzama, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) ilgili test cihazları ile ölçülmüştür.

YSA'nın oluşturulması için NeuroSolutions paket programı kullanılan çalışmada YSA modeli olarak ileri beslemeli, geriye yayılmalı, momentum öğrenme kuralının ve sigmoid transfer fonksiyonunun uygulandığı modeller kullanılmıştır. Kurulan YSA modellerinde her iplik özelliği için ayrı olmak üzere en küçük hatayı veren model en başarılı model olarak seçilmiştir. İstatistiksel modellerin kurulması için Design Expert paket programı kullanılan çalışmada simpleks kafes tasarım yapılıp karışım*proses çapraz model oluşturulmuştur. Modellerden elde edilen regresyon denklemleri ile iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesi sağlanmıştır.

Çalışmanın sonucunda her iki modelin de iplik özelliklerini tahmin etmede kullanılabileceği, ancak YSA'nın istatistiksel modellere göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Polyester/viskon, open-end rotor, yapay sinir ağları, istatistiksel metodlar, tahminleme

ABSTRACT

PhD THESIS

PREDICTING THE PROPERTIES OF POLYESTER/VISCOSE BLENDED OPEN-END ROTOR SPUN YARNS BY ESTABLISHING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND STATISTICAL MODELS

Oğuz DEMİRYÜREK

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

Supervisor: Prof. Dr. Erdem KOÇ

Year : 2009, Page:227

Jury : Prof. Dr. Erdem KOÇ

Assoc.Prof.Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU

Assist.Prof.Dr. Emel Ceyhun SABİR

Assist.Prof.Dr.Ulus ÇEVİK

Assist.Prof.Dr.Nihat ÇELİK

The aim of this study is to develop Artificial Neural Networks (ANN) and Statistical models in order to predict the polyester/viscose blended open-end rotor yarn properties before the yarn production.

For this purpose, seven different blend ratios of polyester/viscose slivers were produced and these slivers were spun with four different rotor speed and four different yarn counts in rotor spinning machine. Total number of bobbin produced was 224, however there were 112 different types of bobbins because of the replication. The physical and mechanical properties (breaking force, tenacity, breaking force, elongation, unevenness, thin place, thick places, neps and hairiness) of these yarns were measured with related test equipments.

NeuroSolutions software was used for constructing ANN and back propagation feed-forward Multi-Layer Perceptron (MLP) network having sigmoid transfer function and momentum learning rule was used as ANN model. The ANN models, having the least prediction errors were selected as the best model for each yarn property. Design Expert software was used for statistical analyses and simplex lattice design was carried in which mixture*process crossed models were developed. With the regression equations obtained from these models, yarn properties could be predicted. In conclusion, both ANN statistical models can be used for the prediction of yarn properties, however, the predictions of ANN gave more reliable results than statistical models.

Key Words: Polyester/viscose, open-end rotor, artificial neural networks, statistical methods, prediction

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans ve Doktora tez çalışmalarım boyunca değerli bilgi ve tecrübelerinden yararlanma fırsatı bulduğum, üniversitede akademisyen olarak göreve başlamamda ve bunu devam ettirmemde büyük emekleri olan, Doktora tez çalışması boyunca yoğun akademik ve idari çalışmalarına rağmen değerli zamanını ayırarak bu çalışmayı özenle inceleyip katkısını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof.Dr. Erdem KOÇ'a en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunmak isterim.

Yedi yılı aşkın bir zamandır bünyesinde çalıştığım Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü akademik ve idari personeline, başta bölüm başkanı hocam sayın Prof.Dr. R.Tuğrul OĞULATA olmak üzere değerli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmanın önemli aşamalarından birisi olan şerit üretiminde katkısını esirgemeyen KIVANÇ Tekstil A.Ş. çalışanlarına, başta sayın Zeki KIVANÇ olmak üzere İplik Üretim Müdürü sayın Ali KAVASOĞLU'na ve Laboratuvar Şefi sayın Nursel SABİR'a teşekkür ederim. Çalışmanın iplik üretimi kısmının gerçekleştirilmesinde büyük emekleri olan MATESA Tekstil A.Ş. İplik Fabrikaları Müdürü değerli insan sayın İlhami DENİZ'in katkıları ise her türlü takdirin üzerindedir. Kendisine, Open-end İplik Müdürü sayın Lütfi ADANALI'ya ve özellikle Laboratuvar Müdürü sayın Şule AKTEPE'ye ve MATESA çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, Laboratuvar imkanlarından faydalandığım BOSSA-4 işletmesine ve çalışanlarına, elyaf testi için yardımcı olan sayın Yrd.Doç.Dr. Pınar DURU BAYKAL'a ve ADVANSA-SASA işletmesine teşekkür ederim. Çalışmanın istatistiksel model kurma aşamasında görüşlerinden faydalandığım Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı değerli hocam sayın Prof.Dr. Rızvan EROL'a ve İstatistik Bölümü'nden saygıdeğer hocam Prof.Dr. Hamza EROL'a teşekkür ederim.

Değerli zamanlarını ayırarak çalışmanın jüri üyeliğini üstlenip tezi değerlendiren sayın hocalarım Doç.Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU, Yrd.Doç.Dr. Emel C. SABİR, Yrd.Doç.Dr. Ulus ÇEVİK ve Yrd.Doç. Dr. Nihat ÇELİK'e teşekkür ederim.

Hayata adım attığım günden bu yana maddi ve manevi olarak büyük bir özveri ile desteklerini hiç esirgemeyen sevgili ve saygıdeğer annem Fikriye DEMİRYÜREK'e ve babam Adnan DEMİRYÜREK'e; ayrıca tez çalışması boyunca değerli zamanlarından feragat ederek gösterdiği anlayış, sağladığı huzurlu çalışma ortamı ve motivasyon desteği için eşim Aysun DEMİRYÜREK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	14
2.1. Önceki Çalışmaların Çalışmaya Olan Katkısı.....	30
3. MATERYAL ve METOD	32
3.1. Materyal.....	32
3.1.1. Polyester Lifi	32
3.1.2. Viskon Lifi	36
3.2. Metod.....	38
3.2.1. Şerit Üretimi.....	38
3.2.2. İplik Üretimi.....	40
3.2.3. İplik Testleri.....	44
3.2.3.1. İplik Numarası Testi.....	44
3.2.3.2. Kopma Kuvveti-Uzama-Mukavemet (Rkm)- Kopma İşi Testleri.....	45
3.2.3.3. İplikte Düzgünsüzlük, İplik Hataları ve Tüylülük Testleri.....	47
3.2.4. Yapay Sinir Ağları.....	49
3.2.4.1. Biyolojik Sinir Sistemi.....	50
3.2.4.2. Yapay Sinir Ağı.....	52
3.2.4.3. Yapay Sinir Hücresinin Yapısı.....	54
3.2.4.3.(1). Geriye Yayılım Algoritması.....	56
3.2.4.3.(2). Sigmoid Fonksiyonu.....	61

3.2.4.3.(3). Öğrenme Oranı.....	62
3.2.5. İstatistiksel Modeller	63
3.2.5.1. Model Seçimi ve Regresyon Analizi	63
3.2.5.2. Tepki Yüzeyi Metodu (Response Surface Methodology).....	66
3.2.5.3. Simpleks Kafes Tasarım.....	67
4. DENEYSEL BULGULAR.....	70
4.1. İplik Numarası Ölçüm Sonuçları.....	73
4.2. Kopma Kuvveti Test Sonuçları.....	76
4.3. Kopma Uzaması Test Sonuçları.....	79
4.4. Mukavemet Test Sonuçları.....	82
4.5. Kopma İşi Test Sonuçları.....	85
4.6. Düzgünlük, İplik Hataları ve Tüylülük Test Sonuçları.....	88
4.7. Tahminleme Modellerinin Denenmesi İçin Üretilen İplik Özellikleri...	91
5. TAHMİNLEME MODELLERİNİN KURULMASI.....	93
5.1. YSA Modelleri.....	93
5.1.1. Kopma Kuvveti İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	101
5.1.2. Uzama İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	103
5.1.3. Mukavemet İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	106
5.1.4. Kopma İşi İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	108
5.1.5. Düzgünlük İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	111
5.1.6. İnce Yer İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	113
5.1.7. Kalın Yer İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	116
5.1.8. Neps İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	119
5.1.9. Tüylülük İçin Oluşturulan YSA Modeli.....	122
5.2. İstatistiksel Modeller.....	124
5.2.1. Kopma Kuvveti için Oluşturulan İstatistik Model.....	125
5.2.2. Uzama için Oluşturulan İstatistik Model.....	136
5.2.3. Mukavemet için Oluşturulan İstatistik Model.....	144
5.2.4. Kopma işi için Oluşturulan İstatistik Model.....	152
5.2.5. Düzgünlük için Oluşturulan İstatistik Model.....	161

5.2.6. İnce Yer Hatası için Oluşturulan İstatistik Model.....	170
5.2.7. Kalın Yer Hatası için Oluşturulan İstatistik Model.....	179
5.2.8. Neps için Oluşturulan İstatistik Model.....	187
5.2.9. Tüylülük için Oluşturulan İstatistik Model.....	196
5.3. Oluşturulan Modeller ile Test İpliklerinin Tahminlenmesi.....	203
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	206
6.1. Çalışmanın Özeti.....	206
6.2. Tahminleme Modellerinin Sonuçları.....	209
6.3. Önceki Çalışmalarda Elde Edilen İplik Özellikleri Tahmin Değerleri ile Çalışmada Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması.....	213
6.4. Genel Değerlendirme.....	215
6.5. Gelecek Çalışmalar için Öneriler.....	218
KAYNAKLAR.....	220
ÖZGEÇMİŞ.....	227

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.	1950-2007 yılları arası Dünya lif üretimi ve kişi başına lif tüketimi.....	4
Çizelge 1.2.	Doğal ve yapay liflerin yıllara göre üretim durumu.....	5
Çizelge 1.3.	Dünya’da üretilen sentetik liflerin yıllara göre yüzde dağılımı..	6
Çizelge 1.4.	Farklı yıllarda iplik üretiminde kullanılan tekstil lifi miktarları.	7
Çizelge 1.5.	2002-2007 yılları arası farklı ülkelerde kurulu ring iplik iğ sayıları.....	8
Çizelge 1.6.	2002-2007 yılları arası çeşitli ülkelerde kurulu OE-rotor iğ sayıları.....	9
Çizelge 2.1.	Yapay sinir ağı ile tahmin edilen mukavemet değeri.....	21
Çizelge 2.2.	Yapay sinir ağı ile tahmin edilen iplik numarası değeri.....	21
Çizelge 3.1.	Çalışmada kullanılan polyester lifinin test sonuçları.....	35
Çizelge 3.2.	Çalışmada kullanılan viskon lifinin test sonuçları.....	37
Çizelge 3.3.	Çalışmada üretilen şeritler ve özellikleri.....	39
Çizelge 3.4.	Rotor iplik üretim planı.....	42
Çizelge 3.5.	Biyolojik sinir sistemi ile YSA’nın benzerlikleri.....	53
Çizelge 4.1.	Çalışmada elde edilen bobinlerin özelliklerine göre numaralandırılması.....	70
Çizelge 4.2.	İplik numarası ölçüm sonuçları.....	73
Çizelge 4.3.	Kopma kuvveti testi sonuçları.....	77
Çizelge 4.4.	Uzama test sonuçları.....	80
Çizelge 4.5.	Mukavemet test sonuçları.....	83
Çizelge 4.6.	Kopma işi test sonuçları.....	86
Çizelge 4.7.	Düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük test sonuçları.....	89
Çizelge 4.8.	Oluşturulacak modellerinin testi için üretilen ipliklerin bazı özellikleri.....	92
Çizelge 5.1.	Çalışmada kurulan YSA parametreleri.....	94
Çizelge 5.2.	Çalışmada üretilen ipliklerin YSA’da kullanılma biçimi.....	98
Çizelge 5.3.	Çalışmada kurulan YSA’da sabit tutulan parametreler.....	99

Çizelge 5.4.	Kopma kuvveti için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	102
Çizelge 5.5.	Kopma kuvvetinin testinde oluşan YSA performans değerleri..	103
Çizelge 5.6.	Uzama (%) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	105
Çizelge 5.7.	Uzama (%) testinde oluşan YSA performans değerleri.....	106
Çizelge 5.8.	Mukavemet için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	107
Çizelge 5.9.	Mukavemet (cN/tex) testinde oluşan YSA performans değerleri.....	108
Çizelge 5.10.	Kopma işi için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	110
Çizelge 5.11.	Kopma işi (%) testinde oluşan YSA performans değerleri.....	111
Çizelge 5.12.	CVm% için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler	112
Çizelge 5.13.	CVm% testinde oluşan YSA performans değerleri.....	113
Çizelge 5.14.	İnce yer (-50%) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	115
Çizelge 5.15.	İnce yer (-50%) testinde oluşan YSA performans değerleri.....	116
Çizelge 5.16.	Kalın yer hatası için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	118
Çizelge 5.17.	Kalın yer (+50%) testinde oluşan YSA performans değerleri...	119
Çizelge 5.18.	Neps (+280%) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	121
Çizelge 5.19.	Neps (+280%) testinde oluşan YSA performans değerleri.....	122
Çizelge 5.20.	Tüylülük (H) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler.....	123
Çizelge 5.21.	Tüylülük (H) testinde oluşan YSA performans değerleri.....	124
Çizelge 5.22.	Kopma kuvveti model seçimi için F-testi ile elde edilen p-değerleri.....	125
Çizelge 5.23.	Kopma kuvveti için uyum eksikliği (lack of fit) tablosu.....	126
Çizelge 5.24.	Kopma kuvveti için istatistik sonuçları.....	126

Çizelge 5.25.	Kopma kuvveti [Kübik]*Kübik model için ANOVA tablosu...	128
Çizelge 5.26.	Kopma kuvveti (cN) istatistik model performans değerleri.....	130
Çizelge 5.27.	Uzama (%) için [Lineer]*Kuadratik model ANOVA tablosu...	137
Çizelge 5.28.	Uzama (%) istatistik model performans değerleri.....	138
Çizelge 5.29.	Mukavemet (cN/tex) için [Lineer]*Kuadratik model ANOVA tablosu.....	145
Çizelge 5.30.	Mukavemet (cN/tex) istatistik model performans değerleri.....	146
Çizelge 5.31.	Kopma işi (cN*cm) için [Kuadratik]*Kübik model ANOVA tablosu.....	153
Çizelge 5.32.	Kopma işi (cN*cm) istatistik model performans değerleri.....	155
Çizelge 5.33.	CVm% için [Kuadratik]*Kübik model ANOVA tablosu.....	162
Çizelge 5.34.	Düzgünsüzlük (CVm%) istatistik model performans değerleri..	163
Çizelge 5.35.	İnce yer hatası (-50%) için [Kübik]*Kübik model ANOVA tablosu.....	171
Çizelge 5.36.	İnce yer hatası (-50%) istatistik model performans değerleri....	173
Çizelge 5.37.	Kalın yer hatası (+50%) için [Kübik]*Kuadratik model ANOVA tablosu.....	180
Çizelge 5.38.	Kalın yer hatası (+50%) istatistik model performans değerleri..	182
Çizelge 5.39.	Neps (+280%) için [Kübik]*Kuadratik model ANOVA tablosu.....	189
Çizelge 5.40.	Neps (+280%) istatistik model performans değerleri.....	190
Çizelge 5.41.	Tüylülük için [Kuadratik]*Lineer model ANOVA tablosu.....	197
Çizelge 5.42.	Tüylülük istatistik model performans değerleri.....	198
Çizelge 5.43.	Oluşturulan modeller ile test ipliklerinin tahminlenmesi.....	205
Çizelge 6.1.	Çalışmada oluşturulan YSA ve istatistiksel modellerin karşılaştırılması.....	210
Çizelge 6.2.	Önceki çalışmalarda ve tezde oluşturulan modellerden elde edilen tahminleme değerlerinin karşılaştırılması.....	214

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Tekstil liflerinin sınıflandırılması.....	2
Şekil 3.1.	Polyester eriyiğinin elde edilmesi.....	33
Şekil 3.2.	Sürekli ve kesikli (ekstrüder ile) filament üretimi.....	34
Şekil 3.3.	Ekstrüder ile eriyikten lif çekimi.....	34
Şekil 3.4.	Çalışmada kullanılan polyester lifinin enine ve boyuna kesit şekli.....	35
Şekil 3.5.	Viskon üretimi için yaş çekim ünitesi.....	36
Şekil 3.6.	Çalışmada kullanılan viskon lifinin enine ve boyuna kesit şekli.....	38
Şekil 3.7.	Şerit üretimi işlem akışı şeması.....	39
Şekil 3.8.	Schlafhorst Autocoro rotor iplik makinası genel görünüşü ve iplik üretimi.....	40
Şekil 3.9.	Schlafhorst Autocoro rotor iplik makinası ve kısımları.....	40
Şekil 3.10.	Rotor iplik eğirme prensibi.....	42
Şekil 3.11.	Çalışmada kullanılan rotor.....	43
Şekil 3.12.	Çalışmada kullanılan düse.....	43
Şekil 3.13.	Zweigle L232 numara çıkırığı.....	44
Şekil 3.14.	Uster Tensorapid 3.....	45
Şekil 3.15.	Kuvvet-Uzama (F-E: Force-Elongation) Eğrisi.....	46
Şekil 3.16.	Uster Tester-4.....	48
Şekil 3.17.	Uster Tester-4 çalışma prensibi.....	49
Şekil 3.18.	Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi.....	50
Şekil 3.19.	Çeşitli Biyolojik Sinir Hücreleri ve Bileşenleri.....	51
Şekil 3.20.	Bir yapay sinir ağı örneği.....	53
Şekil 3.21.	“j” isimli bir yapay sinir hücresinin non-lineer yapısı.....	54
Şekil 3.22.	Sigmoid fonksiyonu.....	55
Şekil 3.23.	Çıkış katmanında yer alan j hücresinde veri (sinyal) akışı.....	56
Şekil 3.24.	Saklı katmanda yer alan j hücresi ile çıkış katmanında yer alan k hücresi arasındaki veri akışı.....	59

Şekil 3.25.	Çalışmada kullanılan simpleks kafes tasarım.....	68
Şekil 5.1.	Çalışmada kullanılan YSA modeli.....	100
Şekil 5.2.	Kopma kuvveti için en iyi sonucu veren ağın eğitimi.....	101
Şekil 5.3.	Uzama için en iyi sonucu veren ağın eğitimi	104
Şekil 5.4.	Mukavemet için en iyi sonucu veren ağın eğitimi	106
Şekil 5.5.	Kopma işi için en iyi sonucu veren ağın eğitimi	109
Şekil 5.6.	CVm% için en iyi sonucu veren ağın eğitimi	111
Şekil 5.7.	İnce yer (-50%) için en iyi sonucu veren ağın eğitimi	114
Şekil 5.8.	Kalın yer (+50%) için en iyi sonucu veren ağın eğitimi.....	116
Şekil 5.9.	Neps (+280%) için en iyi sonucu veren ağın eğitimi.....	119
Şekil 5.10.	Tüylülük için en iyi sonucu veren ağın eğitimi	122
Şekil 5.11.	[Kübik]*Kübik model artıklarının normal dağılım grafiği.....	127
Şekil 5.12.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kopma kuvveti değişimi.....	131
Şekil 5.13.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kopma kuvveti değişimi.....	132
Şekil 5.14.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kopma kuvveti değişimi.....	133
Şekil 5.15.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kopma kuvveti değişimi.....	134
Şekil 5.16.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım-oran kopma kuvveti (cN) değişimi.....	135
Şekil 5.17.	[Lineer]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği	136
Şekil 5.18.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- uzama (%) değişimi.....	139
Şekil 5.19.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- uzama (%) değişimi.....	140
Şekil 5.20.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- uzama (%) değişimi.....	141
Şekil 5.21.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- uzama (%) değişimi.....	142

Şekil 5.22.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-uzama (%) değişimi.....	143
Şekil 5.23.	[Lineer]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği	144
Şekil 5.24	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi.....	147
Şekil 5.25.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi.....	148
Şekil 5.26.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi.....	149
Şekil 5.27.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi.....	150
Şekil 5.28.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi.....	151
Şekil 5.29	[Kuadratik]*Kübik model artıklarının normal dağılım grafiği	152
Şekil 5.30.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi.....	156
Şekil 5.31.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi.....	157
Şekil 5.32.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi.....	158
Şekil 5.33.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi.....	159
Şekil 5.34.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi.....	160
Şekil 5.35.	[Kübik]*Lineer model artıklarının normal dağılım grafiği.....	161
Şekil 5.36.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi.....	165
Şekil 5.37.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi.....	166
Şekil 5.38.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi.....	167

Şekil 5.39.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- düzgünsüzlük (CVm%) değişimi.....	168
Şekil 5.40.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı- düzgünsüzlük (CVm%) değişimi.....	169
Şekil 5.41.	[Kübik]*Kübik model artıklarının normal dağılım grafiği.....	170
Şekil 5.42.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- ince yer hatası (-50%) değişimi.....	174
Şekil 5.43.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- ince yer hatası (-50%) değişimi.....	175
Şekil 5.44.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- ince yer hatası (-50%) değişimi.....	176
Şekil 5.45.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- ince yer hatası (-50%) değişimi.....	177
Şekil 5.46.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-ince yer hatası (-50%) değişimi.....	178
Şekil 5.47.	[Kübik]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği.	179
Şekil 5.48.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kalın yer hatası (+50%) değişimi.....	183
Şekil 5.49.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kalın yer hatası (+50%) değişimi.....	184
Şekil 5.50.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kalın yer hatası (+50%) değişimi.....	185
Şekil 5.51.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- kalın yer hatası (+50%) değişimi.....	186
Şekil 5.52.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-kalın yer hatası (+50%) değişimi.....	187
Şekil 5.53.	[Kübik]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği.	188
Şekil 5.54.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- neps (+280%) değişimi.....	191
Şekil 5.55.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- neps (+280%) değişimi.....	192

Şekil 5.65.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-neps (+280%) değişimi.....	193
Şekil 5.66.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-neps (+280%) değişimi.....	194
Şekil 5.67.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-neps (+280%) değişimi.....	195
Şekil 5.68.	[Kuadratik]*Lineer model artıklarının normal dağılım grafiği	196
Şekil 5.69.	50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-tüylülük değişimi.....	199
Şekil 5.70.	60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-tüylülük değişimi.....	200
Şekil 5.71.	70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-tüylülük değişimi.....	201
Şekil 5.72.	80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-tüylülük değişimi.....	202
Şekil 5.73.	Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı- tüylülük değişimi.....	203

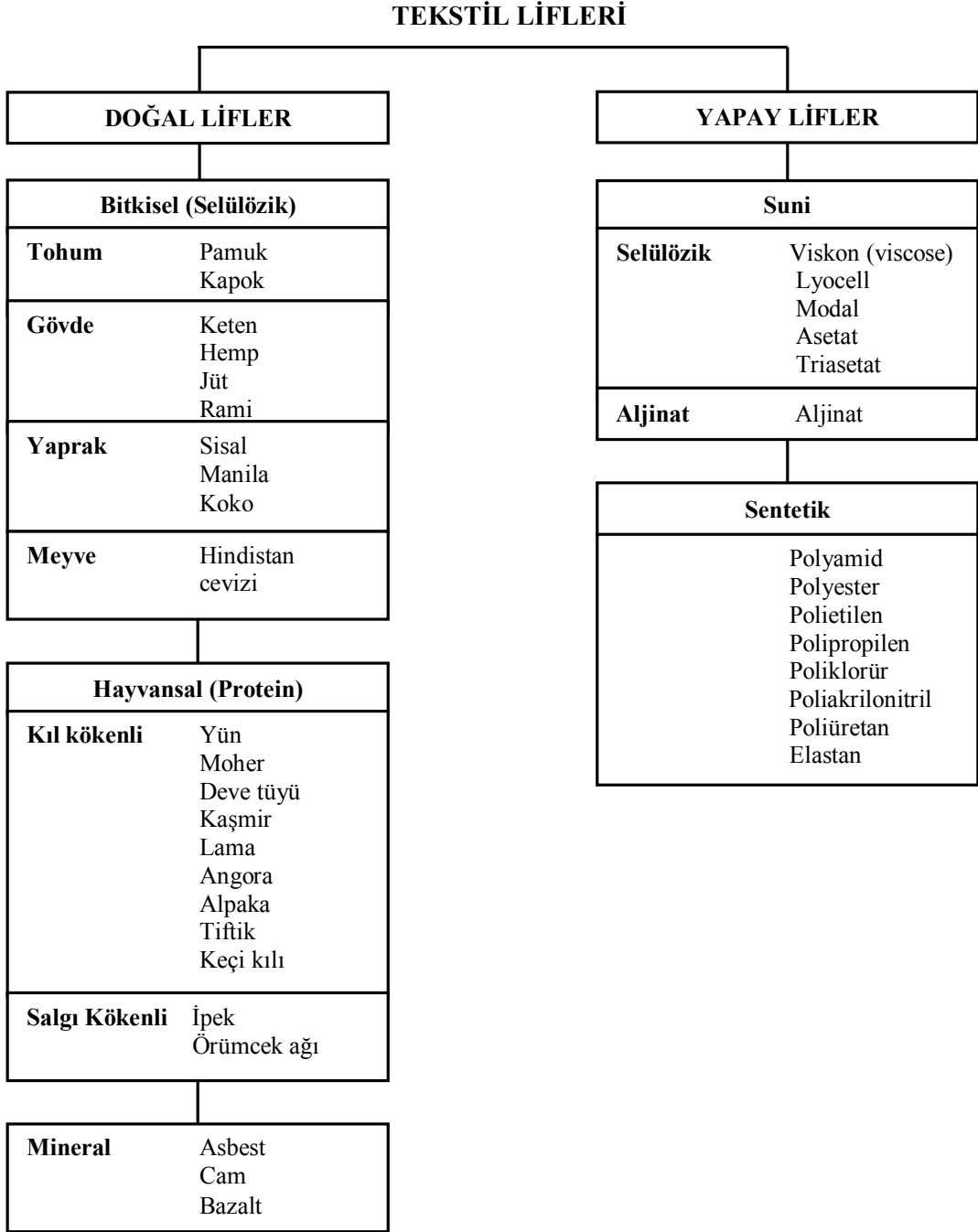
1. GİRİŞ

İnsanların örtünme ihtiyacını karşılayan tekstil endüstrisi, elyafın elde edilmesinden tüketici isteklerini karşılayan son ürünün üretilmesine kadar olan aşamaları kapsayan çeşitli proseslerden oluşmaktadır. İplik üretimi ise bu prosesler içerisinde nihai ürün özellikleri üzerinde önemli etkisi olan bir süreçtir. Konvansiyonel tekstil üretiminde, genelde, farklı yöntemlerle elde edilen elyaflar bir araya getirilip eğrilerek iplik üretimi yapılmaktadır.

Lifler doğal ve yapay olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Doğal lifler, bitkisel (pamuk,keten), hayvansal (yün, ipek) veya mineral (asbest) esaslı olan, doğadan elde edilen liflerdir. Yapay lifler ise, doğada hazır olarak bulunmayıp birtakım kimyasal işlemlerden geçtikten sonra tekstil endüstrisinde kullanılabilen liflerdir.

Tekstil endüstrisinde kullanılan başlıca liflerin genel olarak sınıflandırılması Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Buradan da görüleceği üzere doğal lifler; bitkisel, hayvansal ve mineral olmak üzere üçe ayrılırlar. Bitkisel (selülözik) lifler tohum, gövde, yaprak ve meyve kökenli liflerdir. Tohum liflerine en iyi örnek pamuk lifidir. Keten, jüt, rami bitkilerin gövdesinden elde edilir. Sisal, manila yaprak lifleri ve hindistan cevizi lifi meyve lifi olarak tanımlanmaktadır. Hayvansal (protein) lifler ise kıl kökenli ve salgı kökenli liflerdir. Kıl kökenli lifler çeşitli hayvanların tüylerinden elde edilen lifler olup yün, kaşmir, angora, tiftik vb. kıl kökenli liflere örnek olarak gösterilebilmektedir. Salgı kökenli lifler ise ipek böceğinin salgısı olan ipek ve örümcek ağı olarak bilinmektedir. Cam, bazalt ve asbest lifleri ise mineral (inorganik) lifler olarak değerlendirilmektedir.

Yapay lifler elde edilen lifin kaynağına göre suni ve sentetik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Suni lifler, doğal hammaddelerin kimyasal işlemler görmesiyle oluşurken, sentetik lifler petrol kökenli lifler olup tamamen kimyasaldır. Suni liflere örnek olarak viskoz, lyocell, selülöz asetat, selülöz triasetat ve aljinat gösterilebilir. Sentetik lifler ise petrol ürünleri hammadde olacak şekilde polimerizasyon sonucu oluşturulan polimerin çekilmesiyle elde edilir. Polyester, polyamid (naylon), polipropilen vb. sentetik liflere örnek olarak gösterilebilmektedir.



Şekil 1.1. Tekstil liflerinin sınıflandırılması (Lawrence, 2003, Demiryürek, 2004)

Her geçen yıl artan dünya nüfusuna paralel olarak üretilen yıllık lif miktarının da artması beklenmektedir. Ancak bu artış sadece kişi sayısının artmasına bağlı olan lineer bir artış olmayıp kişi başına düşen lif miktarı da her geçen yıl artış göstermektedir. Çizelge 1.1’de 1950-2007 yılları arasında dünya doğal-yapay lif üretimi, dünya nüfusu ve kişi başına düşen yıllık lif miktarları bir arada gösterilmektedir. Burada tekstil endüstrisinin ve teknolojisinin 1950 yılından bu zamana aldığı mesafe de rahatlıkla görülebilmektedir. Buna göre 1950 yılında toplam lif üretimi 9.404.000 ton, dünya nüfusu 2.56 milyar ve kişi başına düşen yıllık lif miktarı 3.7 kg iken 2007 yılında toplam lif üretimi 72.588.000 ton, dünya nüfusu 6.64 milyar kişi ve kişi başına düşen yıllık lif miktarı 10.9 kg olmuştur. 1950 yılından sonra takip eden yıllarda yıllık lif üretimin ve kişi başına düşen lif miktarının, bazı yıllarda sekteye uğrasa da, sürekli artma eğiliminde olduğu ayrıca yapay liflerin üretilen toplam lif miktarı içerisindeki payının da sürekli arttığı görülebilmektedir. 2007 yılı itibariyle doğal lif üretimi, toplam liflerin %39.26’sını oluştururken yapay lifler %60.74’lük bir paya sahiptir. 1980’li yıllarda doğal lifler ile yapay liflerin üretim miktarları hemen hemen aynı iken bu yıllardan sonra yapay liflerin üretimi devamlı artarak doğal liflere üretim miktarı bakımından üstünlük sağlamıştır.

Sentetik lif üretim teknolojisinin 1980’li yıllardan sonra sürekli olarak gelişmesi ve bu sayede doğal liflere benzeyen sentetik liflerin üretilmesi ve sentetik liflerin doğal liflere göre daha az maliyetli olması sentetik liflere olan rağbeti artıran faktörler olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca sentetik liflerin dokusuz yüzey ve endüstriyel tekstil alanında da tercih edilen lifler olması önümüzdeki yıllarda da dünya sentetik lif üretiminin artma eğiliminde olacağının bir göstergesi olarak düşünülebilmektedir.

Çizelge 1.1. 1950-2007 yılları arası Dünya lif üretimi ve kişi başına lif tüketimi
(Saurer AG, 2008)

Yıl	Doğal* (x10 ⁶ kg)	Yapay (x10 ⁶ kg)	Toplam (x10 ⁶ kg)	Nüfus (x10 ⁹)	Tüketim (kg/kişi)
2007	28502	44086	72588	6,64	10,9
2006	28157	40817	68974	6,57	10,5
2005	26603	39547	66150	6,49	10,2
2004	25005	37464	62469	6,41	9,7
2003	22672	35230	57902	6,34	9,1
2002	22761	33477	56238	6,23	9,0
2001	21941	31595	53536	6,15	8,7
2000	21496	31147	52643	6,08	8,7
1999	21266	29400	50666	6,0	8,4
1998	19900	28296	48286	5,92	8,2
1997	20189	27523	47712	5,85	8,2
1996	20237	24680	44917	5,77	7,8
1995	19600	23594	43194	5,69	7,6
1994	19461	22613	42074	5,61	7,5
1993	19631	20765	40396	5,53	7,3
1992	19673	20481	40154	5,45	7,4
1991	19740	19738	39478	5,37	7,4
1990	21460	19380	40840	5,28	7,7
1989	21409	18944	40353	5,2	7,8
1988	21072	18543	39615	5,11	7,8
1987	20638	17864	38502	5,02	7,7
1986	20743	16886	37629	4,94	7,6
1985	17732	16259	33991	4,85	7,0
1984	16240	15764	32004	4,77	6,7
1983	15705	14850	30555	4,69	6,5
1982	15469	13597	29066	4,61	6,3
1981	15189	14631	29820	4,53	6,6
1980	15227	14301	29528	4,46	6,6
1975	13349	10677	24026	4,09	5,9
1970	13484	8394	21878	3,71	5,9
1965	13401	5486	18887	3,35	5,6
1960	11607	3367	14974	3,04	4,9
1950	7723	1681	9404	2,56	3,7

* Pamuk, yün ve ipek üretim miktarlarının toplamı dikkate alınmıştır

Bazı önemli doğal ve yapay liflerin yıllara göre üretim durumu ise Çizelge 1.2’de gösterilmektedir. Pamuk doğal lifler içerisinde en çok üretilen lif olurken, son yıllarda, sentetik liflerin (polyester, polyamid, akrilik) üretim miktarı doğal liflerin toplamından da fazla bir sayıya ulaşmıştır. Selülözik (viskon, lyocell, asetat vs.) liflerin üretim miktarları ise son 40 yılda önemli sayılabilecek bir artış

göstermemiştir. 2007 yılı itibariyle dünya lif üretimi: pamuk 27.203.000 ton, yün 1.201.000 ton, ipek 98.000 ton iken selülozik lifler 3.712.000 ton, sentetik lifler ise 40.374.000 ton olarak gerçekleşmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere petrol kökenli olan sentetik lifler tekstil endüstrisinde en çok kullanılan elyaf olarak göze çarpmaktadır.

Çizelge 1.2. Doğal ve yapay liflerin yıllara göre üretim durumu
(Saurer AG, 2008)

Yıl	Doğal (x10 ⁶ kg)			Yapay (x10 ⁶ kg)	
	Pamuk	Yün	İpek	Selülozik	Sentetik
2007	27203	1201	98	3712	40374
2006	26827	1232	98	3404	37413
2005	25290	1216	97	3251	36296
2004	23693	1214	98	3221	34243
2003	21344	1231	97	2955	32275
2002	21398	1271	92	2783	30694
2001	20536	1317	88	2661	28934
2000	20067	1343	86	2758	28389
1999	19820	1363	83	2579	26821
1998	18527	1386	77	2775	25521
1997	18690	1424	75	2879	24644
1996	18727	1439	71	2870	21810
1995	17998	1510	92	2973	20621
1994	17774	1618	69	2834	19779
1993	17885	1678	68	2743	18022
1992	17870	1736	67	2788	17693
1991	17745	1928	67	2924	16814
1990	19406	1988	66	3189	16191
1989	19388	1955	66	3342	15602
1988	19122	1886	64	3371	15172
1987	18743	1832	63	3286	14578
1986	18891	1789	63	3241	13645
1985	15929	1744	59	3234	13025
1984	14440	1744	56	3387	12377
1983	13993	1657	55	3310	11540
1982	13782	1632	55	3194	10403
1981	13516	1616	57	3464	11167
1980	13575	1599	53	3522	10779
1975	11723	1578	48	3216	7461
1970	11784	1659	41	3585	4809
1965	11884	1484	33	3446	2040
1960	10113	1463	31	2664	703
1950	6647	1057	19	1611	70

Sentetik lifler içerisinde polyester en çok üretimi yapılan lif olarak bilinmektedir. Çizelge 1.3'te çeşitli sentetik liflerin üretim bakımından yıllara göre yüzde dağılımı verilmektedir. Buna göre 1970 yılında polyester %34, polyamid %40 ve akrilik %21'lik bir üretim oranına sahipken, 2006 yılı itibariyle polyester tüm sentetik lifler içerisinde %76, polyamid %10, akrilik %6, ve diğer sentetik lifler %8 olarak tespit edilmiştir. Görüleceği üzere polyester, son yıllarda üretim miktarı bakımından büyük gelişme gösterirken diğer sentetik liflerin tüm sentetik lifler içerisindeki üretim payı düşmüştür.

Çizelge 1.3. Dünya’da üretilen sentetik liflerin yıllara göre yüzde dağılımı
(Saurer AG, 2008)

Yıl	Polyester	Polyamid	Akrilik	Diğerleri
2007	76	10	6	8
2006	73	11	7	9
2005	72	11	7	10
2004	70	12	8	10
2003	69	12	8	10
2002	68	13	9	10
2001	67	13	9	11
2000	66	14	9	11
1999	66	15	9	10
1998	65	15	10	10
1997	63	16	11	10
1996	61	18	12	9
1995	60	19	12	9
1994	58	18	13	11
1993	57	20	13	10
1992	56	21	13	10
1991	54	22	14	10
1990	53	24	14	9
1989	54	24	15	7
1988	53	25	16	6
1987	52	25	17	6
1986	50	26	18	6
1985	50	26	18	6
1980	47	30	19	4
1975	45	33	19	3
1970	34	40	21	5

Üretimi yapılan tekstil liflerinin kullanım alanları oldukça geniştir. İplik üretimi ise bu kullanım alanlarından en önemli olanı olmakla birlikte tekstil lifleri dokusuz yüzey (nonwoven), jeotekstil, endüstriyel tekstil gibi bir çok üretim alanında kullanılmaktadır. 1995-2007 yılları arasında iplik üretiminde kullanılan tekstil lifi miktarları ise Çizelge 1.4'te verilmiştir. 1995 yılında dünyada iplik yapımında kullanılan pamuk 15.345.000 ton, polyester 4.629.000 ton, selülozik lifler ise 1.545.000 ton olurken; 2007 yılında bu değerler pamuk için 23.193.000 ton, polyester için 10.124.000 ton ve selülozik lifler için 2.082.000 ton olarak tespit edilmiştir. Çizelge 1.2. ve Çizelge 1.3'te verilen değerlere bakılacak olursa 2006 yılı itibariyle dünyada pamuk liflerinin %85.25'i, polyester liflerinin %32.9'u selülozik liflerin ise %56.0'ı iplik üretimi için kullanılmaktadır. Buradan polyester ve selülozik liflerin iplik üretimi haricinde (dokusuz yüzey ve endüstriyel tekstil gibi) daha çok kullanıldığı, pamuğun ise daha çok iplik üretiminde kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 1.4. Farklı yıllarda iplik üretiminde kullanılan tekstil lifi miktarları (1000 ton) (Saurer AG, 2008)

İplik	2007	2005	2000	1995
Pamuk	23193	21562	17109	15345
Polyester	10124	8979	6573	4629
Akrilik	2259	2475	2440	2225
Selülozik	2082	1780	1417	1545
Yün	1086	1089	1185	1460
Diğerleri	464	539	644	691

Tekstil üretiminin hammaddesini oluşturan lifler farklı son kullanım amaçları için çeşitli eğirme sistemleri ile iplik haline getirilmektedir. Günümüzde kullanılan eğirme sistemleri Ring, Open-End (OE-Açık uç), Hava jetli, Sürtünme (Dref-II ve Dref-III), İçi boş iğ, Siro-Duo, Yapıştırırmalı (Bobtex), Yalancı büküm (Repko) ve Vortex eğirme olarak sıralanabilir. Bu sistemler, çeşitli mekanik ve fiziksel etkiler ile iplik oluşumunu gerçekleştirmektedir. Dünyada en çok kullanılan eğirme sistemleri ise Ring ve OE-rotor olarak bilinmektedir.

Ülkemiz tekstil endüstrisinde de ring ve OE-rotor iplik eğirme sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Çizelge 1.5'te 2002 ile 2006 yılları arasında önemli bazı tekstil ülkelerinde ve ülkemizde kurulu ring iplik iğ sayısı miktarları

verilmektedir. Çizelgedeki veriler incelendiğinde 2002 yılında Çin’de 49.07 milyon iğ varken bu sayı her yıl daha da artarak 2009 yılında 99.0 milyon iğ’e ulaşmıştır. Hindistan’da ise 2002 yılında 36 milyon iğ varken bu sayı artış gösteremeyerek 2006 yılında 35.45 milyon iğ’e düşmüştür. Pakistan, Endonezya ve Meksika’da çok fazla bir değişiklik görülmezken, ABD’de iğ sayısı miktarı düşmüştür. Ülkemizde ise 2002 yılında 5.98 milyon iğ varken bu sayı her geçen yıl artarak 2007 yılında 7.75 milyon iğ’e ulaşmıştır.

Çizelge 1.5. 2002-2007 yılları arası farklı ülkelerde kurulu ring iplik iğ sayıları (x10⁶) (Saurer AG, 2008)

Yıl	Çin	Hindistan	Pakistan	Endonezya	ABD	Meksika	Brezilya	Türkiye
2002	49.07	36.00	9.08	8.60	2.04	3.50	3.60	5.98
2003	57.94	33.88	9.26	8.70	1.70	3.50	3.69	6.57
2004	67.00	34.23	10.03	8.80	1.60	3.52	3.70	7.13
2005	77.47	34.07	10.78	8.20	1.43	3.54	3.74	7.34
2006	87.20	35.45	10.49	8.25	1.31	3.54	3.76	7.45
2007	99.00	34.87	10.44	8.30	1.20	3.55	3.90	7.75

Çizelge 1.6’da ise 2002 ile 2007 yılları arasında önemli bazı tekstil ülkelerinde ve ülkemizde kurulu OE-rotor iplik iğ sayısı miktarları verilmektedir. Buna göre 2002 yılında Çin 900.000, Hindistan 386.000, ABD 754.000, Türkiye 507.000 iğ’e sahipken 2007 yılında Çin 2.035.000, Hindistan 457.000, ABD 423.000 ve Türkiye 610.000 iğ’e sahip olmuştur. 2007 yılında Türkiye, Çin’den sonra dünya’da en fazla OE-rotor iğine sahip ülke olarak öne çıkmaktadır. Geçen yıllarda ülkemizde iğ sayısı Çin, Hindistan, Pakistan ve Brezilya ile beraber devamlı artarken Endonezya ve Meksika’da sabit kalmış, ABD’de ise devamlı olarak düşmüştür.

Çizelge 1.6. 2002-2007 yılları arası çeşitli ülkelerde kurulu OE-rotor iğ sayıları (x1000) (Saurer AG, 2008)

Yıl	Çin	Hindistan	Pakistan	Endonezya	ABD	Meksika	Brezilya	Türkiye
2002	900	386	145	90	754	100	322	507
2003	1040	379	148	90	643	101	330	530
2004	1060	386	157	90	634	101	345	555
2005	1470	391	166	90	560	103	360	569
2006	1754	455	155	90	449	103	368	595
2007	2035	457	153	110	433	102	369	610

Tekstilde önemli bir basamak olan iplik üretimi için doğal ve yapay lifler kullanılabilmektedir. Müşteri isteğine ve son kullanım özelliklerine uygun üretimin gerçekleştirilebilmesi için sadece bir çeşit liften veya farklı özellikteki lifler bir araya getirilip karışım yapılarak iplik elde edilebilmektedir. Bu ipliklerin özellikleri ise üretim parametrelerine ve karışımın hangi oranda yapıldığına bağlı olarak değişmektedir. İstenilen iplik özelliklerinin gerçekleştirilebilmesi için hangi üretim parametrelerinde nasıl bir karışımın yapılması gerektiği önem kazanmıştır.

Karışım iplik üretiminin çeşitli amaçları ve avantajları vardır. Bunların bazıları aşağıda verilmektedir (Duru Baykal, 2003).

- Elyafların incelik, uzunluk, mukavemet, elastikiyet, renk vb. temel özellikleri aynı partide veya farklı partilerde farklılık arz edebilmektedir. Karışım işlemi ile homojenlik oluşturularak bu farklılıklardan kaynaklanan varyasyonların dengelenmesi sağlanabilmektedir.
- Farklı liflerin bir arada kullanılması ve bunların homojen dağılımı sonucu müşterinin üründen istediği özellikler oluşturulabilmektedir. Amaca uygun üretim yapılarak kalite artışı sağlanmaktadır.
- Karışım liflerinin iyi ve kötü özellikleri dengelenerek optimum üretim sağlanabilmektedir. Isı izolasyonu, nem çekme yüzdesi, kopma mukavemeti, tutum özellikleri gibi fizyolojik özelliklerin dengelenmesi ve iyileştirilmesi için karışım yapılabilir. Örneğin pamuk lifinin nem alma yüzdesi yüksek iken kopma mukavemeti düşüktür ve %100 pamuklu kumaşlar

kırıšmaya da eğilimlidirler. Polyester lifi ise pamuğa göre kopma mukavemeti yüksek, nem alma yüzdesi düşük ve kırıšmaya karşı daha dayanıklı bir lifdir. Bu iki lif bir araya getirilerek iplik üretildiğinde iki elyafın iyi ve kötü özellikleri dengelenerek nem alma yüzdesi, mukavemet ve kırıšma bakımından uygun iplikler elde edilebilmektedir.

- Pahalı olan doğal lifler yerine özellik olarak ona benzeyen yapay lifler kullanılarak ekonomiklik sağlanabilmektedir. Örneğin yün yerine akrilik, pamuk yerine viskon kullanılabilmektedir.
- Farklı renk ve özellikteki lifler bir araya getirilerek modaya uygun çeşitli efektler elde edilebilmektedir.

Karışımı oluşturan elyaf özellikleri karışım oranına ve üretim parametrelerine bağlı olarak ipliklerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini etkilemektedir. Üretimi yapılan ipliklerin numara, mukavemet, kopma kuvveti, kopma işi, kopma uzaması (%), düzgünsüzlük (CVm%), ince yer hatası, kalın yer hatası, neps, tüylülük gibi özellikleri karışım oranına ve üretim parametrelerine bağlı olup bu özelliklerin üretim yapmadan önce tahmin edilebilmesi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda üretim yapılması zorunlu hale gelmiştir. İplik özelliklerinden beklenen değerler belirlendiğinde bu amaca uygun lif karışım oranları ve üretim parametrelerinin bilinmesi ve ipliğin bu parametreler dikkate alınarak üretilmesi iplik üreticilerine de yarar sağlayacaktır.

Çeşitli liflerin belli oranlarda karıştırılarak iplik elde edilmesi tekstilde uzun zamandır uygulanan bir yöntem olup karışım iplik özelliklerinin üretim yapmadan önce tahmin edilmesine yönelik bilimsel araştırmalar yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Çeşitli matematiksel, istatistiksel ve yapay sinir ağı modelleri ile ürün özellikleri üretim yapmadan önce tahmin edilebilmektedir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) yeni sayılabilecek bir yöntem olup tekstilde kullanımı son yıllarda artmıştır. Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme gibi konularda başarılı bir şekilde

uygulanmaktadır. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturarak benzer konularda benzer kararları verebilmektedirler (Öztemel, 2003). Liflerin karıştırılmasıyla oluşturulan ipliklerin özelliklerini belirlemede çeşitli yöntemler kullanılmakta olup YSA lineer olmayan sistemlerde başarılı bir şekilde uygulanan bir yöntem olarak göze çarpmaktadır.

İstatistiksel modeller ise belirli bağımsız değişkenler (karışım oranı, rotor hızı, iplik numarası vb.) ile bağımlı değişkenler (üretilen iplik özellikleri) arasında sebep sonuç ilişkisini çeşitli metotlarla istatistiksel olarak incelemektedir. Kurulan modeller ile regresyon denklemleri oluşturularak ürün özelliklerinin üretim yapmadan önce tahmin edilebilmesi sağlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında yapılan literatür taraması sonucu karışım iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesine yönelik bir çok çalışmanın yapıldığı görülmüştür. Bu çalışmalar genelde pamuk karışımları (pamuk/polyester, pamuk/viskon, keten/pamuk vb.) ve polyester karışımları üzerine yoğunlaşmaktadır. Son zamanlarda YSA çalışmalarının da ürün özelliklerini tahmin etmede yoğun bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. İstatistiksel yöntemlerin de ürün özelliklerini tahmin etmede kullanıldığı çalışmalara sıkça rastlanmaktadır. Yapılan literatür taramasında open-end rotor iplikçilik sistemi kullanılarak üretilen Polyester/viskon karışım iplik özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik YSA ve istatistik metotlarının kullanıldığı bir çalışmaya rastlanamadığından bu konuda bir çalışma yapılmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Çalışmada karışımı oluşturan lifler, dünyada en çok kullanılan sentetik lif olan polyester ve yapay liflerden viskon olarak seçilmiştir. Polyester/viskon karışımlarından elde edilen iplikler genelde üst giyim kumaşlarında (ceket, pantolon, gömlek) ve kazak, bluz gibi örme kumaşlarda kullanılmaktadır. Polyester lifi yüksek kopma mukavemeti, uzun dayanım ömrü, buruşmama, iyi boyut sabitliği, kolay bakım, kısa sürede kuruma, ütüleme kolaylığı ve iplik eğirme işlemini kolaylaştırıcı gibi avantajlara sahiptir. Ancak polyesterin nem alma yüzdesi (0.4%) düşük olduğundan karışımda viskon kullanılarak (nem alma=12%) karışım ipliğin nem alma oranı yükseltip bu ipliklerden üretilen kumaşların konfor özellikleri

arttırılabilmektedir. Ayrıca viskon ipliğe ipek gibi parlak bir görünüm kazandırdığından görünüş özelliklerini de iyileştirmektedir.

İplik üretim sistemi olarak ülkemizde ve dünya’da en çok kullanılan iplikçilik sistemlerinden Open-End rotor sistemi çalışmada esas alınmıştır. Bu sistem kullanılarak üretilen iplikler genelde örme, denim, dokunmuş dış giyim, teknik tekstiller, havlu, ev tekstili gibi üretim alanlarında kullanılmaktadır. Open-end rotor iplik üretimi, şerit halinde beslenen lif tutamının bireysel liflere ayrılacak şekilde açılmasından sonra rotor içerisinde liflerin toplanarak ucu açık olan ipliğe tutturulup büküm verilmesi ve elde edilen ipliğin bir masuraya sarılması şeklinde özetlenebilmektedir.

YSA ve istatistik metotlar kullanılarak bu iki yöntemin verdiği sonuçların tahmin etme güvenilirliğine bakılıp hangisinin iplik özelliklerini tahmin etmede daha başarılı olduğu belirlenebilir. Böylece en doğru sonucu veren yöntem kullanılarak üretim yapmadan önce istenen iplik özelliklerine göre üretim parametreleri ve karışım oranı belirlenip deneme üretimlerinden kaynaklanan zaman kaybı ve maliyet artışları ortadan kaldırılabilecektir.

Çalışmada polyester/viskon liflerinden yedi farklı karışım oranında elde edilen şeritler open-end rotor iplik eğirme ünitesinde dört farklı rotor hızı ve dört farklı iplik numarasında üretilmiştir. Elde edilen ipliklere çeşitli testler uygulanarak ipliklerin kopma kuvveti, kopma uzaması (%), mukavemet, kopma işi, (CVm%), ince yer hatası, kalın yer hatası, neps, tüylülük gibi özellikleri ölçülmüştür. Ayrıca, kurulacak olan tahminleme modellerinin güvenilirliğinin irdelenmesi için farklı bir işletmede aynı open-end rotor iplik makinası kullanılarak üretilen iplik özellikleri de belirlenmiştir.

YSA uygulamaları için çalışmada NeuroSolutions paket programı kullanılmıştır. Kurulan YSA modellerinde polyester ve viskon karışım oranı (%), iplik numarası ve rotor hızı girdi (input) katmanı ve iplik özellikleri de çıktı (output) katmanı olarak belirlendikten sonra bir veya iki saklı katmanda saklı katman hücre sayıları değiştirilerek farklı öğrenme katsayılarında YSA’nın girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkiyi öğrenmesi sağlanmıştır. Her iplik özelliği için ayrı olmak üzere en küçük hatayı veren model en başarılı model olarak seçilmiştir.

İstatistiksel modellerin kurulması için Design Expert paket programı kullanılan çalışmada simpleks kafes tasarım yapıp karışım*proses çapraz model oluşturulmuştur. Çeşitli istatistiksel testler sonucunda iplik özellikleri ile karışım ve proses parametreleri arasında en iyi ilişkiyi veren model seçildikten sonra bu modellerin ortaya çıkardığı regresyon denklemleri incelenmiştir.

Kurulan YSA ve istatistiksel modellerinin verdiği sonuçlar karşılaştırılarak iplik özelliklerinin tahmin edilmesinde hangi yöntemin daha başarılı olduğu çalışmanın sonunda verilmektedir. Buna göre her iki yöntem de iplik özelliklerinin tahmin edilmesinde iyi sayılabilecek sonuçlar vermesine rağmen YSA, istatistiksel modellere göre genelde daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak istatistiksel modellerin YSA'ya göre daha basit bir yapıda olması ve YSA'da en iyi modelin belirlenebilmesi amacıyla harcanan zaman dikkate alındığında istatistiksel modellerin de iplik özelliklerinin tahmin edilmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İplik üretimi tekstil endüstrisi için önemli bir süreç olup, çeşitli teknolojik gelişmelerle farklı iplik üretim yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu üretim metotlarından dünyada en çok kullanılanlardan birisi de open-end rotor eğirme sistemidir. İplikçilikte karışım ise farklı hammaddelerin bir araya getirilerek iplik elde edilmesi şeklinde tarif edilebilmektedir. Karışım, ipliğe katma değer katan ve iplik özelliklerinin tüketicinin isteğine uygun olarak üretilmesine katkıda bulunan bir proses olarak bilinmektedir. Karışım iplik özelliklerinin önceden tahmin edilebilmesi üretici ve tüketici tarafından büyük önem arz ettiğinden son yıllarda karışım iplik özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik birçok araştırma yapılmaktadır. Bu araştırmalarda iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesi için teorik, matematiksel, istatistiksel ve yapay sinir ağı modelleri çoğunlukla kullanılmaktadır.

Yapılan literatür çalışmasında genel olarak open-end rotor iplik üretimi, karışım iplik üretimi ve bunların özellikleri, tekstilin farklı alanlarında yapılmış olan istatistiksel ve YSA çalışmalarına, yurt içi ve yurt dışı makale tez, kitap gibi yayınlara ulaşılmış olup, bu yayınlardan seçilen tez, makale gibi çalışmalar aşağıda sırasıyla verilmektedir.

Kadoğlu (1993), çalışmasında 12 değişik Ege pamuğu kullanarak oluşturduğu harmanlardan farklı numara ve bükümlerde open-end rotor iplikleri üretmiştir. Şeritler iki pasaj cerden geçirilerek rotor şeridi elde edilmiştir. Lif özellikleri, iplik numarası, büküm vb. özellikler baz olarak alındığında çoklu regresyon analizleri kullanılarak iplik özelliklerinin büyük oranda tahmin edilebileceği gösterilmiştir.

İplik özelliklerinin YSA ile tahmin edilebilmesine yönelik ilk çalışmalardan birini **Ramesh ve diğerleri (1995)** yürütmüşlerdir. Bu çalışmada hava jetli iplik eğirme makinasında üretilen ipliklerin mukavemetinin tahmin edilebilmesi için bir saklı katmandan oluşan geriye yayımlı bir YSA modeli geliştirilmiştir. İplik numarası, karışım oranı ve ön-arka düse basınçlarının girdi katmanı olarak düzenlendiği modelde iplik mukavemeti çıktı katmanı olarak belirlenmiştir.

Çalışmada YSA'nın iplik mukavemetini tahmin etmede başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Polyester/viskon ve polyester/pamuk karışımlarının tarak makinasından önce yapılması veya cerde yapılmasının ve cerdeki pasaj sayısının open-end rotor karışım iplik özelliklerine olan etkisini inceleyen bir çalışmayı **Gupta ve Bhattak (1995)** yürütmüşlerdir. Çalışma sonucunda, karışımın taraklamadan önce yapılmasının cerde yapılmasına göre iplik özellikleri üzerinde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, çalışmanın sonucunda, taraktan önce karışım yapılması durumunda ikinci bir cer pasajı işlemi gerçekleştirilmesinin iplik düzgünlüğü üzerinde önemli bir etkisinin olmadığına varılmıştır.

Ömeroğlu (1996), yaptığı çalışmada rotor tipi, açma silindiri ve çıkış düzesi tipi parametrelerini faktör olarak ele alıp %100 pamuk ve %65 pamuk /%35 polyester karışımındaki liflerden iplik üretimi yapmıştır. Üretilen ipliklerin mukavemet, uzama, düzgünlük, iplik hataları, ve tüylülük gibi fiziksel özellikleri ölçülerek faktör parametrelerinin iplik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda elmas kaplı rotorlarda boronize kaplı rotora oranla daha az lif-rotor sürtünmesi olduğundan iplik kalitesinin elmas kaplı rotorlarda daha iyi olduğu görülmüştür. %100 pamuklu ipliklerde büyük dış ön açılı yüksek yoğunluklu açıcıların, %65 pamuk / %35 polyester karışımlı ipliklerin ise nispeten daha küçük dış ön açılı ve düşük örtü yoğunluklu açıcıların daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Düze tipi için ise, her iki hammadde için çentik sayısının artmasıyla iplik kalitesinin düştüğü görülmüştür.

Punj ve diğerleri (1997) yaptıkları çalışmada hava jetli iplik eğirme makinasında (MJS) ilk düsenin basıncı, ikinci düsenin basıncı ve eğirme hızının üretilen polyester/viskon karışımlı ipliklerin özelliklerini iplik yüzeyi yapısı bakımından incelemişlerdir. Çalışma sonucunda düzgünlük ve iplik hatalarının düşe basıncı ve iplik eğirme hızı ile düzgün bir değişim göstermediği görülmüştür.

Zhu ve Ethridge (1997), ring ve rotor ipliklerin tüylülük özelliklerinin tahmin edilebilmesi için geri-yayılımlı bir YSA algoritması geliştirmişlerdir. Çalışmada HVI, AFIS ve FMT adı verilen üç değişik lif özelliği ölçen sistemlerden elde edilen değerler modele girdi (input) olarak sunulmuştur. Oluşturulan üç değişik

modelden tahminleme sonuçları en iyi olan sistemin HVI olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, iplik tüylülüğünü etkileyen en önemli özelliğin lif uzunluğu olduğu da çalışma sonucunda belirlenmiştir.

Gong ve Chen (1999), kumaş özelliklerini tahmin edilmesinde kullanılan YSA'nın girdi ve saklı tabaka nöronlarının tahmin etme hassaslığına olan etkisini inceleyerek YSA'nın kumaş özelliklerini tahmin etmede etkili ve güvenilir bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

Arıkan (1999), Rotor sürtünme katsayısının değişmesiyle iplik özelliklerinin nasıl değiştiği üzerinde çalışmıştır. Kullanılan rotorların iç yüzeylerine farklı özelliklerde ve çeşitli katlarda boyalar elektrostatik olarak kaplanarak yüzeyde meydana gelen sürtünme özelliklerinin el edilen iplik özelliklerinde meydana getirdiği farklılıklar incelenmiştir. Çalışma sonucunda rotora uygulanan özel boyamaların iplik özelliklerine olumlu yönde etki ettiği belirlenmiştir.

Ertuğrul ve Uçar (2000), yaptıkları çalışmada düz örülmüş pamuklu kumaşların patlama mukavemetini YSA ve bulanık mantık (Fuzzy Logic) yöntemleriyle üretim öncesi tahmin etmeye çalışmışlardır. Patlama mukavemetini etkileyen başlıca parametrelerden gramaj, iplik kopma mukavemeti ve kopma uzaması giriş değişkenleri olarak belirlenmiştir. Çalışmada çok katmanlı, ileri beslemeli YSA ve radyal tabanlı YSA kullanılarak iyi bir öğrenme gerçekleştirilmiş ve örme kumaşların patlama mukavemeti yukarıdaki parametreler göz önüne alınarak az bir hata payı ile tahmin edilmiştir.

Shiau ve diğerleri (2000), geri yayımlı bir YSA kullanarak ve renk işleme yöntemiyle tülbent üzerinde bulunan neps ve yabancı madde hatalarının sınıflandırılmasını ve belirlenmesini sağlayan bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde YSA'ya tanıtılan yeşil, kırmızı ve mavi renkler; normal tülbent hatası, neps ve yabancı madde hatalarına karşı gelecek şekilde eğitilmiş ve sonuç olarak bu hataların miktarı ve kapladığı alan belirlenmiştir. Deneysel sonuçlara göre YSA'nın hata tahminleme oranı 99.63% olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu model sadece pamuk ve yapay lifler için kullanabilecek bir model olmayıp çeşitli tülbent kalınlıklarında da (maksimum 32.9 g/m²) uygulanabilmektedir.

Fan ve diğerleri (2001), çeşitli şekillerde üretilen kumaşların dökümlülük özelliklerinin tahmin edilmesi için bir Fuzzy-YSA sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada çeşitli kumaşlardan elde edilecek olan bayan elbiselerinin dökümlülük özelliklerinin tahmin edilmesinde prototip döküm tahmin sistemi geliştirilerek tahmin edilen dökümlülük özellikleri gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada her ne kadar tatmin edici sonuçlar alınmışsa da ve başka kumaş çeşitleri ve beden yapıları için modelin geliştirilmesi gerekmektedir.

Huang ve Yu (2001), boyama hatalarının sınıflandırılmasında kullanılabilecek olan bir Fuzzy-YSA yapısı geliştirmişlerdir. Bu çalışmada bant, boya ve taşıyıcı lekeleri, puslu yer, yağ lekesi, ıskarta, kanat ve kumaş kenarında düzgün olmayan boyama hataları görüntü işleme sistemleri ile sınıflandırılabilmiştir. Bu çalışma sonucunda geliştirilen Fuzzy-YSA'nın bu hataları hassas bir şekilde tespit ettiği görülmüştür.

Allan ve Diğerleri (2001), polipropilen lif özelliklerini tahmin etmeye yönelik bir YSA geliştirmişlerdir. Bu çalışma ile lif özelliklerinin üretim öncesi tahmin edilebilme oranı (tahmin hassaslığı) mukavemet (98.2 %), esneklik (89.4 %), ısı çekme (91.9 %), kristalinite (96.9 %) ve moleküler oryantasyon (98.6 %) olarak ortaya çıkmıştır.

Chiu ve diğerleri (2001), yalancı büküm tekstüre bobinlerinin büyüklük, renk kaybı, düzensizlik ve şerit hatalarını görüntü işleme YSA ile analiz etmeye çalışmıştır. Yalancı büküm tekstüre bobinlerinin kalitesi genelde insan duyuları ile belirlenmektedir. Bu yöntemin subjektif olmasından dolayı YSA ile kalite derecelendirmesi yapılmaya çalışılmıştır. Deneysel verilerden elde edilen sonuçlar %90'lık bir sınıflandırma başarı oranı elde etmiştir.

Uçar ve Ertuğrul (2002), yuvarlak örme makine parametrelerinin pamuklu düz kumaşlara olan etkisinin tahmin edilebilmesi için kovansiyonel (çoklu lineer regresyon) ve YSA-Fuzzy metotları geliştirilerek bu metotları karşılaştırmışlardır. Bu çalışma ile makina ayarları ve çapının kumaşa olan etkisi araştırılmış ve geliştirilen çoklu lineer regresyon ile yüksek korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Ayrıca YSA-Fuzzy metodu da kullanılmış ve hassas ve etkin bir tahminleme gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada iki metodun da etkin sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tilocca ve diğerleri (2002), yaptıkları çalışmada kumaşlarda oluşan hataların iki çeşit optik görüntü işleme modeli ile tespit edilmesi için bir YSA modeli geliştirmişlerdir. YSA yapısı ileri beslemeli bir model olup üç çeşit kumaş hatasını belirleyebilmek için eğitilmiştir; bunlar, normal kumaş hataları, üç boyutlu parça bulunan hatalar ve üç boyutlu parça bulunmayan hatalar olarak belirlenmiştir. Görüntü işleme sistemi ile tespit edilen görüntüler YSA ile değerlendirilerek analiz edilmiştir. Sonuç olarak hassas, hızlı ve on-line olarak görüntülenebilecek bir hata tespit sistemi geliştirilmiştir.

Kang ve Kim (2002), işlenmemiş pamuk içerisindeki yabancı maddeleri ve pamuk rengini tespit eden bir görüntü işleme sistemi kullanmak suretiyle bu verilere uygun bir YSA modeli geliştirmişlerdir. Bu model ile ham pamuk içerisindeki yabancı madde parçacıklarının çeşidi, boyutu, boyut dağılımı ve yoğunluğu belirlenebilmektedir.

Cheng ve Lam (2003), splicer (kopan iplikleri birbirine bağlayan bir makina) ile birbirine eklenmiş ipliklerin mukavemet, eğilme, aşınma ve görünüş özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir regresyon modeli ve YSA modeli geliştirerek birbirine bağlanmış (spliced) ipliklerin bahsi geçen özelliklerinin tahmin edilmesini sağlamışlardır. Geliştirilen iki model karşılaştırılmış ve sonuç olarak YSA modelinin daha hassas ve güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür.

Duru Baykal (2003), pamuk/polyester karışımli iplik özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik regresyon denklemleri ortaya çıkarmıştır. Çalışmada, beş farklı oranda pamuk/polyester karışımli şeritler üretilmiştir. Elde edilen şeritler ise SDL Quickspin rotor eğirme makinasında beş farklı numarada ve iki replikasyon uygulanarak iplik oluşturulmuştur. Karışımı oluşturan lif özellikleri faktör olarak ele alındığında, oluşturulan regresyon denklemleri ile iplik özelliklerinin tahmin edilebildiği görülmüştür.

Kuo ve diğerleri (2003), beyaz bir kumaşın üzerinde oluşan hataları, kumaşın dinamik hareketinde analiz edilebilmesi için bir görüntü işleme sistemi ile YSA kullanarak hataların tespit edilebilmesini sağlamışlardır. Genelde karşılaşılan hatalar delik, yağ kalıntısı, atkı ve çözgü eksikliği olarak tanımlandığında, yüksek çözünürlüklü dijital kamera ile görüntüsü alınan kumaşın analizi bilgisayarda

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bilgiler YSA'da giriş tabakasını oluşturmuştur. Bir saklı bir de çıkış tabakası oluşturularak ileriye yayımlı YSA ile hataların türü tespit edilebilmiştir.

Xu ve Tao (2003), çalışmalarında rotor iplikçiliğinde iplik oluşumu esnasında rotor yivi ile büküm durdurucusu arasındaki dinamik büküm dağılımı mekanik olarak ortaya konulmuştur. Çalışmada, çeşitli aşamalarındaki iplik oluşum bölgeleri boyutsuz değişkenlerle ifade edilmiştir. İplik gerilimi ve büküm dağılımının normal eğirme koşullarında nümerik simülasyonu yapılmıştır.

Tyagi ve diğerleri (2004), dairesel ve üç loblu kesit şekline sahip polyester elyaflarından elde edilen polyester/pamuk ve polyester/viskon karışımları ile ring ve open-end rotor iplik eğirmişlerdir. Çalışmada, üç-loblu polyesterin kullanıldığı polyester/pamuk ve polyester/viskon karışımlarından üretilen ring ve open-end ipliklerinin her ikisinden de daha düşük mukavemet, yüksek kopma uzaması, düşük kopma işi değerleri elde edilmiştir. Buna ilaveten, dairesel kesitli polyester karışımlarında daha az metal-iplik sürtünme değerleri, daha yüksek boyanabilme kabiliyeti, ve düşük tüylülük değerleri elde edilmiştir. Büküm katsayısı ve rotor hızı ise bütün iplik özelliklerini etkileyen önemli bir faktör olarak bulunmuştur.

Majumdar ve Majumdar 2004 yılındaki çalışmalarında pamuklu ring ipliklerinin kopma uzamasının tahminlenmesi için üç farklı model kullanmışlar ve bu modelleri tahminleme güçlerine göre karşılaştırmışlardır. Söz konusu modeller matematiksel, istatistiksel ve yapay sinir ağı modelleridir. Burada mukavemet, elastikiyet, üniformite, UHML (üst yarı ortalama uzunluğu), mikroner, yansıma faktörü, sarılık derecesi gibi elyaf özellikleri ile iplik numarası değişken olarak kullanılmıştır.

Belirtilen üç farklı yöntemle oluşturulan denklemlerle tahmin edilen kopma uzaması değerleri ile deneysel olarak elde edilen gerçek değerler korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Buna göre en yüksek korelasyon katsayısı ($R=0.938$) değeri yapay sinir ağı modeli (YSA) ile elde edilmiştir. Buna ilaveten ortalama mutlak hata %5'ten düşük çıkmıştır. Bu nedenle YSA modelinin tahmin gücünün diğer modellerden daha iyi olduğu söylenebilmektedir. Matematiksel model en kötü tahmin performansına sahip olmuş ve düşük korelasyon katsayısı ($R=0.731$) ile

yüksek ortalama mutlak hata (%10.05) değerleri elde edilmiştir. İstatistiksel modelin tahmin gücünün ise YSA ve matematiksel modellerin arasında olduğu belirlenmiştir.

Bunların yanısıra çalışma sonucunda pamuklu ring ipliklerin kopma uzamasını en çok elyaf uzamasının etkilediği, elyaf uzunluk üniformitesi, sarılık ve iplik numarasının ise diğer baskın parametreler olduğu tespit edilmiştir.

Cheng ve Cheng (2004), SDL Quickspin iplik eğirme makinasındaki seçilmiş proses parametrelerinin elde edilen iplik mukavemetine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada düze tipi, rotor hızı ve şerit lineer yoğunluğu değişkenlerinin iplik mukavemetine nasıl etki ettiği gösterilmiştir. Çalışma sonucunda düze tipinin iplik mukavemetini önemli ölçüde etkilediği; düşük rotor hızlarında ince ve mukavemetli ipliklerin elde edildiği; şerit lineer yoğunluğunun düşmesinin iplik mukavemetinin artmasına yardımcı olduğu görülmüştür. Araştırma sonucunda bulunan bu değerler ile SDL Quickspin makinasından elde edilen iplikler ile konvansiyonel open-end iplik özelliklerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla SDL Quickspin makinasının iplik üreticileri için kullanılabilecek ve referans alınabilecek bir makina olduğu ortaya konmuştur.

Beltran ve diğerleri (2004), geliştirdikleri bir YSA yapısıyla yün iplik eğirme performansını tahmin etmeye çalışmışlardır. Önceden belirlenen iplik özelliklerinin elde edilmesinde iplik eğirme performansı, bir işletmeden öteki işletmeye farklılık arz ettiğinden bu çalışmada çeşitli işletmelerde oluşan, bilinen bütün proses değişkenlerini ihtiva eden ampirik bir model oluşturulmuş ve bu bilgiler genelleştirilerek münferit bir işletmede iplik kalitesi hassas bir şekilde tahmin edilmiştir. Bu tahminleme için geriye yayımlı bir YSA geliştirilmiştir. YSA'nın uygulanabilirliği Sirolan YarnspecTM şirketinde denenmiş ve uygun ve hassas sonuçlar elde edilmiştir.

Sentetik lif üretimiyle ilgili bir YSA uygulaması'nı **Kuo ve diğerleri (2004)** polipropilen üretimi üzerinde gerçekleştirmiştir. Eriyikten lif çekme sisteminde ekstrüder vida hızı, dişli pompa hızı ve lif sarıcı hızı elde edilen lifin mukavemetini ve iplik numarasını (denier) belirlemesine rağmen şimdiye kadar bu sebep-sonuç ilişkilerini gösteren bir matematiksel model geliştirilemediğinden bu çalışmada eriyikten lif çekimindeki ekstrüder vida hızı, dişli pompa hızı ve lif sarıcı hızı giriş

(input) değişkenleri olarak belirlenmiş ve mukavemet ve iplik numarası çıkış (output) değişkenleri olarak belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar yapay sinir ağına öğrenme bilgileri olarak sunulmuş ve güvenilir tahminleme için geliştirilen model denenmiştir. Çizelge 2.1’de çalışma sonucunda tahmin edilen iplik mukavemeti değerlerinin $\pm\%2$ hata oranı ile belirlenebildiği ortaya çıkarılmıştır. Benzer şekilde iplik numarası için yapılan tahminler Çizelge 2.2’de verilmektedir. Burada da iplik numarasının $\pm\% 1.5$ hata payı ile tahmin edilebildiği gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Yapay sinir ağı ile tahmin edilen mukavemet değeri
[Kuo ve diğerleri, 2004]

Gerçek değer, g/den	Tahmin edilen değer, g/den	Hata oranı, %
1.38903	1.37263	1.180644
1.467584	1.45214	1.052308
1.636435	1.64891	-0.76236
1.098014	1.08178	1.478443
1.851203	1.8881	-1.99316
1.907376	1.94309	-1.87242
1.182654	1.20347	-1.76011
1.263654	1.28756	-1.89182
1.553589	1.54268	0.702181
1.619921	1.59292	1.66681

Çizelge 2.2. Yapay sinir ağı ile tahmin edilen iplik numarası değeri
[Kuo ve diğerleri, 2004]

Gerçek değer, den	Tahmin edilen değer, den	Hata oranı, %
61.51256	60.81063	1.141121
54.22746	53.59288	1.170226
31.17772	30.72869	1.440211
73.83451	74.71971	-1.1989
68.78284	69.46839	-0.99669
62.26094	62.49727	-0.37958
33.04112	32.74427	0.898413
28.62616	28.45392	0.601693
73.54184	74.16263	-0.84413
69.80984	70.21378	-0.57862

Strumillo ve diğerleri (2004), keten/pamuk karışımli ipliklerin üretim parametrelerinin seçilmiş özelliklerine olan etkisini tahmin etmek için bir YSA geliştirmişlerdir. Söz konusu karışım ipliğin mukavemet, tüylülük, ve iplik hatalarının tahmin edilmesi için geliştirilen YSA, ileri beslemeli bir yapıda olup iplik

üretimi BD 200S rotor eğirme makinasında gerçekleşmiştir. Üretim için pamuk (100%) şeridi ve 10%, 20%, 30%, 40%, 50 % oranında keten bulunduran pamuk/keten karışımı şeritler kullanılmıştır. Lineer yoğunluğu 3 ktex olan şeritler kullanılarak 20, 30, 40, 50 tex iplikler üretilmiş ve söz konusu makinada üretilen ipliklerin bahsedilen özellikleri hassas bir şekilde tahmin edilmiştir.

Hui ve diğerleri (2004), tekstil ürünlerinin kalitesinin tanımlanmasında subjektif bir özellik olan “tuşe” özelliğini YSA ile tahmin etmeye çalışmışlardır. Kumaş özellikleri ile tuşe arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması için geri yayımlı YSA kullanılmıştır. Bunun için 40 adet dokunmuş kumaş üzerinde değerlendirmeler yapılmış ve 12 adet önemli kumaş özelliği giriş değişkeni ve 14 adet tuşe özelliği çıkış değişkeni olarak belirlenmiştir. 5 adet değişik özellikteki kumaş ise teyit değişkeni olarak belirlenmiştir. Çalışmada kumaş özellikleri ile tuşe özelliklerinin tahmin edilebileceği ve müşteri isteklerine yönelik üretimin yapılabilmesi gösterilmiştir.

Desai ve diğerleri (2004), çalışmalarında tekstilde kullanılan istatistiksel yöntemlere ve regresyon analizlerine alternatif olarak YSA’nın kullanılabileceğini göstermiştir. Çeşitli istatistiksel yöntemlerin uygulandığı iplik özelliklerinin tahmin edilmesinde YSA uygulandığında daha güvenilir ve uygun sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Zeng ve diğerleri (2004), nümerik simulasyon ve YSA kullanarak hava jetli iplik eğirme makinasında üretilen ipliklerin mukavemet özelliklerini tahmin etmeye yönelik bir çalışma yapmışlardır.

Xu ve Wang (2005) dokuma kumaşların geçirgenliğinin tahmin edilmesine yönelik bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, Hagen-Poiseuille formülü kullanılarak iki iplik arasındaki açıklığın geçirgenliği ve dokuma kumaş yapısı arasındaki ilişki ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Deneysel çalışma ile elde edilen sonuçlarda iplikler arasındaki porozitenin (gözeneklilik) kumaş geçirgenliğe çok fazla etki ettiği görülmüştür.

Erbil (2005), yüksek lisans tezinde pamuk/polyester ve polyester viskon karışımı şeritler kullanarak open-end rotor iplik eğirme sisteminde kullanılan düsenin iplik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada dört farklı cer

şeridinden dört farklı navel ile aynı numarada iplikler üretilmiş ve elde edilen iplikler tüylülük, mukavemet, düzgünsüzlük ve iplik hataları bakımından test edilmiştir. Test sonuçları 4 farklı karışımdaki hammadde için istatistiksel analiz yöntemleriyle incelenerek farklı tipteki navellerin aynı hammadde ile aynı şartlarda üretilen ipliklerin özelliklerinde ne gibi değişikliklere neden olduğu araştırılmıştır.

Lewandowski ve diğerleri (2005a), ADALINE tipi ağa benzer bir YSA geliştirerek pnömatik olarak birleştirilen ipliklerin sınıflandırılması yapılmıştır. Burada görüntü işleme teknikleri ile iplik yüzeyinde oluşan hatalar sınıflandırılarak kalite özellikleri ortaya konmuştur. **Lewandowski ve diğerleri (2005b)**, çalışmanın ikinci kısmında ise geliştirilen YSA'nın tanıma etkinliğini ortaya koymuşlardır. Oluşturulan YSA'nın düğümsüz olarak birleştirilen iplikleri hatasız olarak tespit ettiği ve birleştirilen ipliklerin kalitesini hızlı ve etkin bir şekilde değerlendirdiği görülmüştür.

Fryczkowski ve diğerleri (2005), yaptıkları çalışmada antielektrostatik polyester liflerini elde etmeye çalışmışlardır. Polianilin (PANI) ve dodeksilbenzensülfonik asit (DBSA) çözeltisi polyester liflerinin iletken olmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada polyester lifleri bahsi geçen çözelti ile muamele edilerek test sonuçları elde edilmiştir. Polyester kullanılan tekstil malzemeleri optik ve elektron mikroskop kullanılarak elektrik iletkenliği ölçülmüştür. Sonuç olarak PANI kullanılan polyester lifleri daha iletken olmaktadır.

Slusarczyk ve diğerleri (2005), yaptıkları çalışmada çekim oranının polipropilen/ko-polyester karışimli liflerin kristalinitesine olan etkisini incelemişlerdir. İncelenen liflerin kristalinitesi ko-polyester oranının artmasıyla azalırken çekim oranının artmasıyla artmaktadır.

Çelik ve diğerleri (2005), örme kumaşlarda oluşan spiralliği görüntü analizi ile tespit etmeye çalışmışlardır. Spiralite örme kumaşlarda yer alan bir hata olup bu çalışmada, spiral açısının hesabı için görüntü işleme yöntemi kullanılarak bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritma ile hassas ve hızlı bir şekilde spiral açısının hesabı mümkün olabilmektedir.

Çeven ve Özdemir, (2005) görüntü analiz yöntemleri ve aşınma testleri yardımıyla şönil ipliklerin aşınmasını tahmin etmeye çalışmışlardır. Şönil iplikler

aşınmaya dayanıksızdırlar. Çalışmada çeşitli lif inceliklerinde %100 yün, %50/50 yün/polyester karışımli liflerden üretilmiş sirospun ve iki katlı ring iplikler kullanılmıştır. Martindale aşınma dayanımı test cihazında bu ipliklerden örölmüş kumaşların aşınma dayanımı ölçölmüşür; ayrıca, ipliklerin aşınma dayanımını ölçmek için bir aşınma test cihazı dizayn edilmiştir. Ayrıca dizayn edilen test cihazında aşındırılan iplikler bilgisayarlı görüntü analiz yöntemleriyle analiz edilerek ipliklerin aşınma davranışı ölçölmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak ele alınmış ve yün karışımları ve sirospun iplik kullanmanın aşınma dayanımına daha dayanıklı olduğu görölmüşür.

Cyniak ve diğeri (2005), yaptıkları çalışmada polyester liflerinden eğrilen ipliklerin ortam sıcaklığı ve elektriksel özelliklerinin kopma mukavemeti ile ilişkisini araştırmışlardır. Bu çalışma, polyester liflerinin eğrilebilme koşullarını belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu çalışma sonucunda liflerin elektrik rezistansı ve lif çevresinde oluşan elektrik alanın iplik kopuşlarını belirlemede önemli parametreler olduğu; ortam iklim şartlarının (nem, sıcaklık) lif üzerindeki elektriksel özellikleri belirlediğinden dolayı iplik kopuşlarında etkili olduğu bulunmuştur. Çalışma sonucunda 23⁰C sıcaklık ve %60 nem oranının iplik eğirme işlemleri için optimum şartlar olduğu bulunmuştur.

Ghosh ve diğeri (2005), çalışmada iplik mukavemetini tahmin eden modelleri derlemişlerdir. İplik mukavemetini tahmin eden modeller: Matematiksel modeller, regresyon modelleri, deneysel modeller olarak çalışmada belirtilmiştir. Çalışmada farklı eğirme sitemlerinden elde edilen ipliklerin mukavemetini tahmin eden modeller kaynak verilerek derlenmiştir.

Koç, Lawrence ve Iype (2005), yaptıkları çalışmada rotor ipliklerin karakteristik özelliklerinden olan kemer liflerinin (wrapper fibre) oluşum mekanizmalarını ve bu liflerin open-end rotor ipliğı-fiziksel özelliklerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çeşitli çalışma parametreleri kullanılarak elde edilmiş olan % 100 polyester ipliklerin yüzeyinde bulunan “kemer” lifleri sayılarak birim uzunluktaki ortalama sargı lifleri hesaplanmıştır. Rotor çapı ve rotor hızının kemer liflerinin oluşumuna olan etkileri de sistematik olarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, düşük rotor hızlarında daha mukavemetli ipliklerin elde edildiğı

görülmüştür. Ayrıca iplik kalitesinin (iplik hataları ve düzgünsüzlük değerlerinin) rotor hızı arttıkça kötüleştiği belirlenmiştir. İplik kalitesinin düşmesinin, rotor hızının artmasıyla kemer liflerinin daha da fazlaşmasına bağlı olduğu bu çalışmada ortaya konmuştur. Ayrıca rotor çapının artmasıyla sargı liflerinin sayısının azaldığı da görülmüştür. İplik mukavemetinin ise sargı liflerinin artmasıyla arttığı belirlenmiştir.

Duru Baykal ve diğerleri (2006), beş farklı polyester/pamuk karışımı şeritleri kullanarak SDL Quickspin tek iğli rotor eğirme ünitesinde Open-end rotor iplik üretmişlerdir. Çalışmada simpleks model kullanılarak iki karışım değişkeni ve bir proses değişkeninin bulunduğu karışım*proses çapraz modeller oluşturulmuştur. Üretilen ipliklerin mukavemet ve kopma uzaması özellikleri ise söz konusu modellerden elde edilen regresyon denklemleri ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bahsi geçen iplik özellikleri elde edilen regresyon denklemleri ile güvenilir bir şekilde tahmin edilebilmektedir.

Beltran ve diğerleri (2006), %100 yünden yapılmış süprem ve ribana örme kumaşların lif, iplik ve kumaş özelliklerinin pilling özelliğine olan etkisinin belirlenmesi için bir yapay sinir ağları (YSA) modeli kurmuşlardır. Pilling ölçümü için ICI ölçüm cihazı kullanılmıştır. Modelin geçerliliği için yapılan denemelerde % 85 gibi bir tahminleme oranı elde edilmiştir. YSA modeli olarak tek katmanlı bir algılayıcı kullanılmış ve 17 giriş nöronu (lif, top, iplik ve kumaş özellikleri), tek saklı katman ve bir çıkış nöronu olacak şekilde YSA modeli kurulmuştur. Çıkış nöronunda ve saklı katmanda sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır, böylece kumaşın pilling eğilimi tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Cierpucha ve diğerleri (2006), çalışmalarında yüksek oranda keten içeren pamuk-keten karışımı open-end rotor iplik testlerini ve bunların özelliklerini ortaya koymuşlardır. İlk olarak keten lifleri, daha ince ve kısa olması için mekanik işlemlere tabi tutulmuş ve pamuk lifleri ile karıştırılarak şeritler elde edilmiştir. %30/70 oranlarında pamuk/keten lifleri ile 40 tex iplik üretilmiştir. Çalışma sonucunda, üretilen pamuk iplikleri ile pamuk/keten karışımı iplikler karşılaştırılmıştır. Yüksek oranda keten içeren pamuk/keten karışımı ipliklerin dokuma ve örme prosesleri için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaplan ve Göktepe (2006), atık pamuk lifleri kullanılarak rotor iplik makinasında üretilen ipliklerde düze (navel) seçimi ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada çeşitli özelliklerdeki farklı düzelerde (şekil, yiv sayısı, düze malzemesi, seramik parça uzunluğu ve yivi bakımından) %100 pamuk iplikleri üretilmiştir. Sonuç olarak hammadde karakteristikleri dikkate alındığında düze özellikleri ile elde edilen iplik özellikleri arasında bir ilişki ortaya konmuştur. Ayrıca çalışmada uygun düze seçimi ile ilgili tavsiyelerde de bulunulmuştur. Düz çelik düze (SGF) kullanımıyla düzgünsüzlük ve iplik hataları bakımından en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Spiral seramik düze (KS) kullanılması ile ipliğin uğradığı deformasyon bakımından (tüylülük, mukavemet ve esneklik), SGF'den daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Karabegovic ve Ujevic (2006), Avrupa tekstil endüstrisinin konumu ve rekabetçi yapısının geliştirilmesi için yapay zeka sistemlerinin uygulanmasını ele alan bir çalışma yapmışlardır. Tekstil ve konfeksiyon sektörünün Avrupa'da ve Dünya'da öncü sektörlerden olması ve emek yoğun bir sektör olmasından dolayı son 15 yılda Avrupa'da bulunan fabrikaların başka yerlere taşınması ile üretim kapasitelerinin Avrupa'da azalması hazır giyim ürünlerinin Avrupa'da hemen temin edilmesinde bir sıkıntı oluşturmuştur. Bu çalışmada yazarlar, daha kompleks makina ve ekipmanların temin edilmesini veya yaratılmasını, dikiş robotları ve fonksiyonel ünitelerin gelişmekte olan ülke endüstrilerinde kullanılmasını önermektedirler. Burada Yapay zeka sistemlerinin Avrupa tekstil endüstrisinde uygulanmasını gerektiğini önermişler ve bununla ilgili Bosna Hersek ve Hırvatistan'da yapılan bir çalışmayı örnek göstermişlerdir.

Shady ve diğerleri (2006), örme kumaşlarda bulunan hataların tespit edilmesi ve sınıflandırılması için yeni bir YSA modeli kurmuşlardır. Altı değişik hata çeşidi belirlenerek analizde kullanılmıştır. İstatistiksel yöntemler ve Fourier transformasyonları kullanılarak iki değişik şekilde özellik belirleme yaklaşımı yapılmıştır ve YSA kullanılarak hataların tespiti ve sınıflandırılması yapılmıştır. YSA algoritması olarak LVQ kullanılmıştır (Learning Vector Quantization). Bu çalışmada hata çeşitlerinin sınıflandırılması bakımından delik yerlerde %96.6,

iğnenin kırıldığı yerlerde %100, uçuntularda %96.6, may kayması %26.6, kalın yer %56.6, ince yer %60 oranında tahmin edilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Sarna ve diğerleri (2006), pamuğun kopma yüzeyinin mikro yapısının analiz edilebilmesi için fuzzy set teorisini uygulamışlardır. Buradan pamuğun önemli özelliklerinden biri olan olgunluk ile ilgili çıkarımlarda bulunulmuştur. Çalışmada bir elektron mikroskobu kullanılarak pamuk kopma yüzeyleri incelenmiş ve elde edilen görüntülerin analizi için fuzzy teorisi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar ile pamuk olgunluğunun tahmin edilebileceği belirtilmektedir.

Semnani ve diğerleri (2006) iplik görüntüsünün değerlendirilmesi için görüntü analizi ve yapay zeka tekniklerini kullanmışlardır. Bu metoda göre ipliğin değerlendirilmesi bilgisayar görüntüsüne dayandırılmış ve görüntüler değerlendirilmiştir. Bu metod insanın gözüyle görüşüne çok benzemekte olup ASTM standartlarına göre sınıflandırılma yapılmıştır. Bu metotta ipliğin değerlendirilmesi iplik yapısına ve hammaddeye bağlı olmadığından bu metod başka herhangi bir ipliğin görüntü özelliklerini belirlemeye yardımcı olabilmektedir.

Shady ve diğerleri (2006), örme kumaşlarda bulunan hataların tespit edilmesi ve sınıflandırılması için yeni bir YSA modeli kurmuşlardır. Altı değişik hata çeşidi belirlenerek analizde kullanılmıştır. İstatistiksel yöntemler ve Fourier transformasyonları kullanılarak iki değişik şekilde özellik belirleme yaklaşımı yapılmıştır ve YSA kullanılarak hataların tespiti ve sınıflandırılması yapılmıştır. YSA algoritması olarak LVQ kullanılmıştır (Learning Vector Quantization). Bu çalışmada hata çeşitlerinin sınıflandırılması bakımından delik yerlerde %96.6, iğnenin kırıldığı yerlerde %100, uçuntularda %96.6, may kayması %26.6, kalın yer %56.6, ince yer %60 oranında tahmin edilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Oğulata ve diğerleri (2006), elastan içeren kumaşlar için önemli bir kalite parametresi olan elastikiyet ve kalıcı uzamayı YSA ve lineer regresyon modelleri kullanarak tahmin etmeye çalışmışlardır. Söz konusu özelliklerin test sonuçları seçilmiş bir numune kumaş için girdi olarak kullanılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde her iki modelinde tahmin gücünün yüksek olduğu, ancak YSA modelinin daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Üreyen ve Kadoğlu (2006), pamuk elyafının HVI özelliklerini kullanarak ring iplik özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik bir regresyon çalışması yürütmüşlerdir. Çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretim yapan farklı işletmelerden 15 değişik pamuk karışımı seçilmiştir. Ring iplik makinasında dört farklı iplik numarasında ve dört farklı büküm katsayısında eğrilen iplik özellikleri bağımsız değişken, pamuğun HVI özellikleri ise bağımlı değişken olarak ele alınıp lineer regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, iplik numarası, büküm ve fitil karakteristiklerinin iplik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Strumillo ve diğerleri (2007), ring, kompakt ve BD 200S&R1 rotor iplik eğirme sistemleriyle 15, 18, 20, 25, 30 ve 40 tex numarada üretilmiş pamuk ipliklerinin kalite özelliklerini analiz eden bir çalışma yürütmüşlerdir. Orta şapel uzunluğundaki pamuk elyafından şerit elde edilirken bir kısmı taraklanmıştır bir kısmı ise taranmıştır. Elde edilen şeritlerden eğrilen ipliğin kalite özellikleri; mukavemet, kopma uzaması, düzgünsüzlük, tüylülük, ve iplik hataları (ince-kalın yer, neps) olarak belirlenmiştir. Çeşitli yöntemler kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Mukavemet, kopma uzaması ve tüylülük için lineer regresyon kullanılmıştır. Regresyon modeli ile iplik numarasının artmasının mukavemet kopma uzaması ve tüylülüğü arttırdığı görülmüştür. İplik hataları (ince-kalın yer, neps) ve düzgünsüzlük için non-lineer regresyon modeli kullanılmıştır. Burada ise iplik numarasının artması ile iplik hatalarının azaldığı görülmüştür.

Gharehaghaji ve diğerleri (2007), çoklu lineer regresyon denklemleri ve YSA modelleri kullanarak naylon özlü pamuk kaplamalı ipliklerin mukavemet özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda YSA'nın lineer regresyon modellerine göre daha başarılı tahminlemede bulunduğu görülmüştür.

Zervent 2007, doktora çalışmasında istatistiksel analiz yöntemleri kullanarak belirli özelliklere sahip havlu kumaşların birim üretim maliyetinin ve/veya performans özelliklerinin en iyilenmesinin amaçlandığı optimizasyon modellerini oluşturmuştur.

Topalbekiroğlu ve diğerleri (2007), farklı karışımlardaki pamuk/polyester ve pamuk/akrilik open-end rotor ipliklerinde karışım oranının iplik kalite özellikleri

üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Her iki karışım için dört farklı harmanda Ne 20/1 iplik üretilmiştir. Üretilen ipliklerin düzgünsüzlük ve iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps) ölçüldükten sonra tek yönlü varyans analizi uygulanmıştır. % 100 polyester ipliklerde söz konusu özellikler en iyi sonucu verirken pamuğun karışımdaki oranının artmasıyla bu özelliklerin kötüleştiği görülmüştür. Pamuk/akrilik karışımında ise pamuğun karışımdaki oranının arttırılmasıyla bahsi geçen iplik özellikleri üzerinde olumsuz etkinin olduğu görülmüştür. En iyi iplik özelliklerini veren pamuk/akrilik karışımı ise % 60/40 olarak belirlenmiştir.

Bilgili (2007), yaptığı doktora tez çalışmasında Türkiye'nin güney ve güneybatı bölgesindeki rüzgar gücü potansiyeli, Weibull ve Rayleigh olasılık fonksiyonları ve "Wind Atlas Analysis and Application" programı (WAsP) kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, bir hedef istasyonun rüzgar hızı, etrafını çevreleyen referans istasyonların rüzgar hızlarından ve diğer meteorolojik parametrelerden faydalanılarak yapay sinir ağları ile tahmin edilmiştir. Ayrıca YSA, Türkiye'nin herhangi bir yerindeki ortalama sıcaklık ve yağmur parametrelerini, etrafını çevreleyen referans istasyonların değerlerinden faydalanılarak tahmin etmek için uygulanmıştır. Kurulan modellerde farklı yapay sinir ağı öğrenme algoritmaları kullanılarak elde edilen sonuçlar gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Bulunan hata değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu görülmüştür.

Balcı (2008), yürüttüğü doktora çalışmasında boyalı kumaşların CIELab değerlerine, çeşitli kimyasal apre uygulamaları ve bunların bazı çalışma parametrelerinin etkisi ile oluşturdukları renk farkı değerlerini tespit etmeye ve daha sonra YSA ve lineer regresyon denklemleri kullanarak tüm bu renk değerlerini tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada apreye bağlı renk değişiminin önüne geçilebilmesi için değişimin önceden bilinmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda YSA'nın lineer regresyon denklemlerine göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Mwasiagi ve diğerleri (2008), farklı YSA algoritmalarını kullanarak %100 pamuktan eğrilmiş ring ipliklerin mukavemet özelliklerinin tahmin edilmesinde hangi algoritmanın daha başarılı olduğunu ortaya koymaya çalışmışlardır. Çalışmada purelin transfer fonksiyonu ve Levenberg-Marquardt öğrenme fonksiyonlu en başarılı algoritmalar olarak bulunmuştur.

Üreyen ve Gürkan (2008a), çalışmalarının birinci kısmında pamuk elyafının HVI özelliklerini kullanarak ring iplik mukavemet özelliklerinin tahmin edilmesine yönelik kurdukları lineer regresyon denklemleri ile YSA modellerini karşılaştırmışlardır. **Üreyen ve Gürkan (2008b)**, çalışmanın ikinci kısmında ise tüylülük ve düzgünsüzlük özellikleri için söz konusu iki modeli karşılaştırmışlardır. Çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinde üretim yapan farklı işletmelerden 15 değişik pamuk karışımında 180 bobin üretilmiştir. Ring iplik makinasında dört farklı iplik numarasında ve dört farklı büküm katsayısında eğrilen iplik özellikleri bağımsız değişken, pamuğun HVI özellikleri ise bağımlı değişken olarak ele alınıp lineer regresyon denklemleri ve YSA modelleri oluşturulmuştur. Çalışmada, YSA'nın lineer regresyon modellerine göre iplik özelliklerini tahmin etmede daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Murrels ve diğerleri (2009), ring iplik makinasında %100 pamuktan eğrilmiş ipliklerden üretilen süprem kumaşların spiralite derecesinin tahmin edilebilmesine yönelik bir YSA geliştirmişlerdir. Ayrıca lineer regresyon modelleri de oluşturularak YSA ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada YSA'nın lineer regresyon modellerine göre çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

2.1. Önceki Çalışmaların Çalışmaya Olan Katkısı

Çalışma kapsamında yoğun literatür çalışması yapılarak çalışmanın orijinalliği ve bilime olan katkısı irdelenmiştir. İplikçilik alanındaki yayınlardan özellikle open-end rotor iplikçilik teknolojisi ve karışım teknolojileri incelenerek çalışmanın başlatılabilmesi için yeterli alt yapı oluşturulmuştur. İncelenen yayınlarda, karışım iplikçilik için, kullanımı ve üretimi yaygın olduğundan, polyester ve pamuk karışımları ile ilgili çalışmaların fazla olduğu görülmüştür. Polyester/viskon ile ilgili çalışmalara rastlansa da yeterli bir inceleme yapılmadığı görülmüştür. Ayrıca polyester ve viskon karışımları ile ilgili istatistiksel ve YSA modellerinin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanılamadığından bu alanda bir çalışma yapılmasının uygun olacağı anlaşılmıştır.

Önceki çalışmalarda iplik özelliklerini tahmin etmede kullanılan metotlar da ayrıca incelenmiştir. Çeşitli matematiksel, istatistiksel ve YSA modelleri kullanılarak iplik özellikleri üretim yapmadan önce tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sadece YSA modelleri, sadece istatistiksel modeller veya her ikisinin birden kullanılarak karşılaştırılmasının yapıldığı yayınlar yukarıda verilmiştir. YSA ve istatistik modellerin karşılaştırıldığı çalışmalarda genel olarak YSA'nın çok üstün sonuçlar verdiği, istatistik modellerin ise iplik özelliklerini tahmin etmede daha zayıf kaldığı belirtilmektedir.

Önceki çalışmalarda, YSA ile karşılaştırma çalışmalarında görülen bir husus da genelde istatistik modellerde lineer regresyon denklemlerinin kullanılmasıdır. Lineer regresyon denklemleri, kullanılması kolay olduğundan tercih edilmesine rağmen, her zaman istatistiksel tahminleme için en iyi sonucu verecek olan model olarak düşünülemeyebilir. İkinci ve üçüncü dereceden (kuadratik ve kübik) değişkenlerin de model içerisinde yer almasıyla istatistiksel modelin tahmin etme kabiliyeti arttırılabilir. Bu sayede istatistiksel modeller ile YSA arasında daha sağlıklı bir karşılaştırma yapılabileceğinden çalışmanın istatistiksel kısmında bu husus dikkate alınmıştır.

İncelenen çalışmalarda kullanılan YSA modelleri ise genelde ileriye beslemeli, geriye yayılmalı, momentum öğrenme algoritmasının kullanıldığı modellerdir. Bu modellerde kullanılan momentum ve öğrenme oranları belirlenerek çalışmada kurulacak olan YSA modelleri için bir taban oluşturulmuştur. YSA modellerinde kullanılan momentum ve öğrenme oranı bu çalışmalarda çokça kullanılan değerler esas alınarak belirlenmiştir.

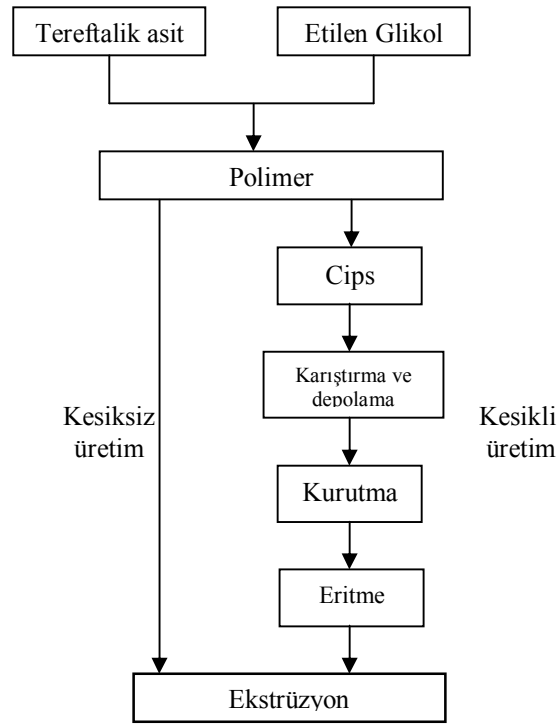
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Çalışmada materyal olarak polyester ve viskon lifleri kullanılmıştır. Her iki lif çeşidi de yapay olarak üretilmektedir. Ancak, polyester petrol kökenli sentetik bir lif iken viskon selülöz esaslı rejenere bir liftir. Her iki lifin üretim aşamaları ve özellikleri aşağıda verilmektedir.

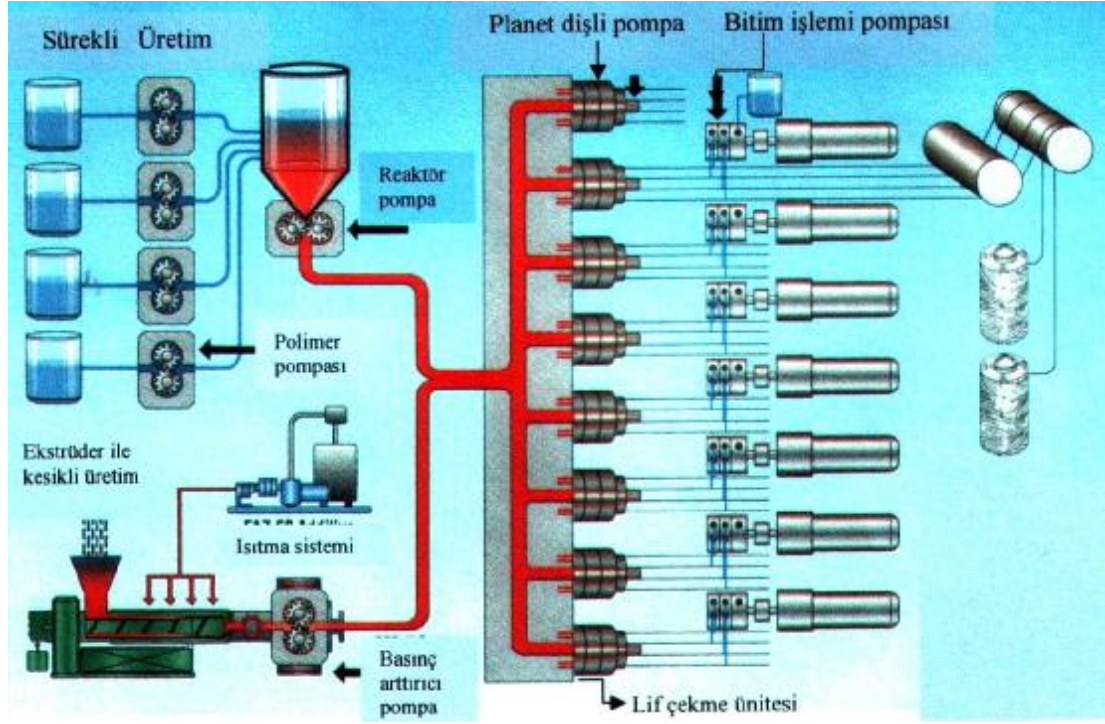
3.1.1. Polyester Lifi

Sentetik bir lif olan polyester, tereftalik asit ve etilen glikol'ün polimerizasyonu ile oluşan polietilentereftalat (PET) polimerinin eriyikten çekilmesi ile elde edilir. Şekil 3.1'de polyester erylğinin elde edilmesi şematik olarak gösterilmektedir. Polyester polimerin oluşturulmasından hemen sonra veya polimerin katılaştırılmasından elde edilen cipslerin ekstrüderde eritilmesiyle de üretilmektedir. Polimer üretiminden hemen sonra filament üretimine geçilen kesiksiz entegre üretimde polimer direkt olarak eriyikten çekme ünitesine gelir. Kesikli üretimde ise polimer elde edildikten sonra cips denilen küçük katı parçacıklar haline getirilir ve üretilecek yere sevk edilir. Polimer granülleri veya cipsleri eriyikten lif çekimi için başlangıç maddesini oluşturduğunda ilk olarak kurutulur ve **ekstrüderde** eritilir. Kontinü (sürekli) lif çekiminde polimerizasyon ile üretilen homojen ve çekilebilir eriyik direkt olarak dişli pompa aşamasında lif çekim makinasına yollanır.

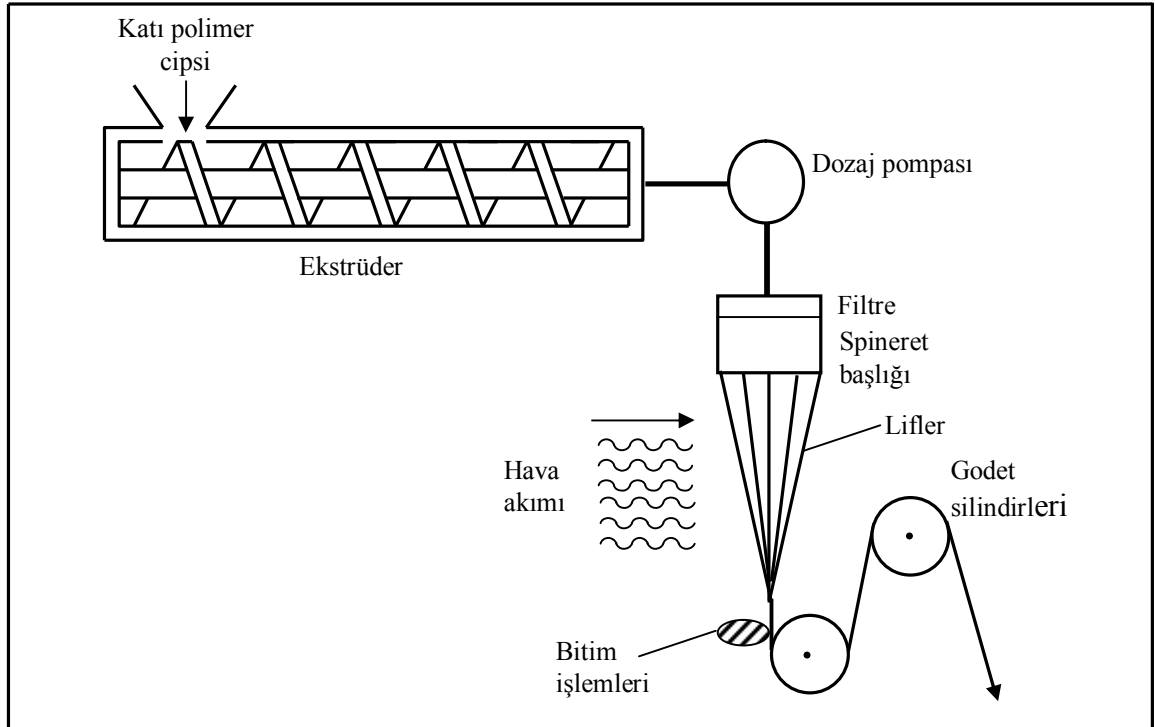


Şekil 3.1. Polyester eriyiğinin elde edilmesi (Demiryürek, 2004)

Sürekli üretim ve ekstrüderle yapılan kesikli üretim ise Şekil 3.2’de bir arada gösterilmektedir. Kesikli ve sürekli üretim hattından belli bir sıcaklık, basınç, debi, viskozite değerindeki polimer 2...8 lif çekme ünitesine beslenir. Her bir lif çekme ünitesinde, düse ve filtreden önce, bir planet dişli pompa bulunmaktadır. Bu pompa her üretim sisteminde kullanılsa da, hassas basınç ve sıcaklık değerlerini yakalamak için avantajlıdır. Her bir planet dişli pompa 1...6 düseyi besler. Burada planet (uydu) dişli sayısı beslenecek düse sayısını belirlemektedir. Filtreden geçerek düseye iletilen polimer, buradan nihai basınçta geçer ve soğutma bölümünde filament halini alır. Daha sonra bitim işlemleri yapılır. Bitim işlemlerinden sonra isteğe bağlı olarak şapnel lif üretilir veya filament halinde sarılarak iplik üretimi yapılabilir. Şekil 3.3’de ekstrüderin kullanıldığı eriyik çekme ünitesi şematik olarak gösterilmektedir. Eritme ızgaralarının kullanıldığı sistemden farklı olarak eritme işlemi burada ekstrüder ile gerçekleştirilir. Ekstrüderden dozaj pompasına iletilen polimer basınç kazanarak lif çekme ünitesine ulaşır ve çıkışta hava ile soğutularak filament elde edilir.



Şekil 3.2. Sürekli ve kesikli (ekstrüder ile) filament üretimi (Zenith Pumps)



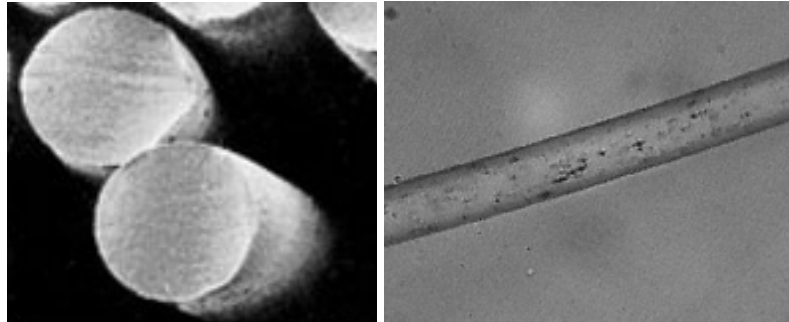
Şekil 3.3. Ekstrüder ile eriyikten lif çekimi (Demiryürek, 2004)

Polyesterin kullanım alanları çok çeşitlilik arz etmektedir. Giysilerde, ev tekstili, perdelik, döşemelik kumaşlarda ve endüstriyel-teknik tekstillerde kullanımı en fazla olan elyaf olarak bilinmektedir. Yüksek mukavemete sahip olan polyester elyafı, bükülme ve kıvrılmaya karşı dirençli olduğundan buruşmama özelliği de gösterir, ancak nem alma yüzdesi düşüktür (0.4%). Polyester lifi enine kesiti genellikle dairesel olmakla birlikte istenildiği taktirde farklı ketsilerde de üretilebilir.

Çalışmada kullanılan polyester lifleri ADVANSA-SASA işletmelerinde üretilmiş olup Kıvanç Tekstil A.Ş'den temin edilmiştir. Beyaz renkli olan söz konusu polyester liflerinin incelik, mukavemet ve kopma uzaması testleri de SASA laboratuvarlarında yürütülmüştür. 1.6 dtex ve 38 mm olarak üretilen polyester lifinin incelik ve uzunluk testi için Vibromat ME cihazı kullanılmış olup, 15 ölçüm yapılmıştır. Mukavemet ve kopma uzaması için ise Instron 4301 cihazı kullanılmış olup yine 15 ölçüm yapılmıştır. Çalışmada kullanılan polyester lifinin incelik, uzunluk, mukavemet ve kopma uzaması özellikleri, söz konusu ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak Çizelge 3.1'de verilmektedir. Test cihazından incelik için denye ve mukavemet için gr/denye olarak elde edilen sonuçlar çizelgede sırasıyla, dtex ve cN/tex olarak hesaplanarak verilmiştir. Çalışmada kullanılan polyesterin enine kesit şekli dairesel olup Şekil 3.4'te söz konusu lifin enine kesit şekli görülebilmektedir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan polyester lifinin test sonuçları

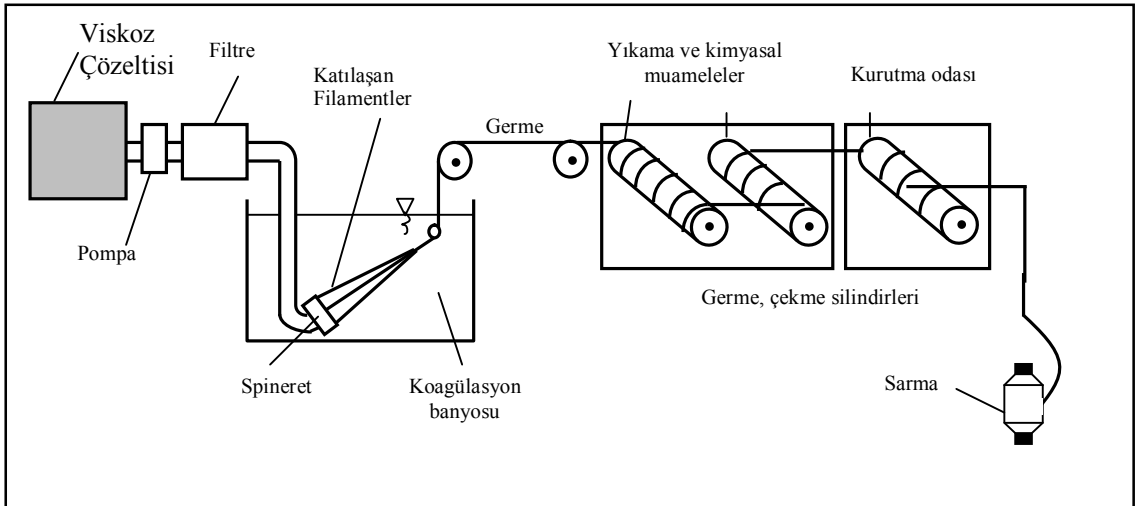
İncelik		Uzunluk	Mukavemet		Kopma Uzaması
denye	dtex	(mm)	gr/denye	cN/tex	(%)
1.38	1,53	39	6.28	55.42	22.21



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan polyester lifinin enine ve boyuna kesit şekli

3.1.2. Viskon Lifi

Viskonun hammaddesi, çam ağacı, ladin ağacı ve okaliptüs adı verilen ağaçların kabuk kısımlarının çıkarılmasından sonra elde edilen kerestelerin yapraklar şeklinde küçük boyutlarda dilinmesi ile elde edilir. Elde edilen selüloz parçacıkları preslenerek katı yapraklar haline getirilir. Lif üretimi için selülözün bir çözelti içerisinde çözündürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, selüloz yaprakları sodyum çözeltisinde ısıtılarak çözelti içerisinde selüloz yapısının gevşemesi sağlanır. Karbondisülfid ilave dildikten sonra selüloz, sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinde çözündürülür. Böylece viskoz adı verilen ve koyu kıvamda bir çözelti elde edilir. Bu çözelti, filtreleme ve temizleme işlemlerinden sonra yaş çekim adı verilen çekim ünitesine sevk edilir. Şekil 3.5'te gösterilen yaş çekim ünitesinde viskoz çözeltisi bir pompa vasıtasıyla filtre ve düse elemanlarına basınçla sevk edilir. Buradan içerisinde birden çok küçük delik bulunan spineret (düse) adı verilen üretim kafasına basınçla basılan çözelti, koagülasyon banyosu adı verilen sıvı içerisinde geçerken katılaşıp ve germe-çekme işlemlerinden sonra filament üretimi için bobine sarılır. Ancak kesikli filament üretimi söz konusu ise üretilen lif istenilen boyda kesilerek bu işlem gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 3.5. Viskon üretimi için yaş çekim ünitesi (Demiryürek, 2004)

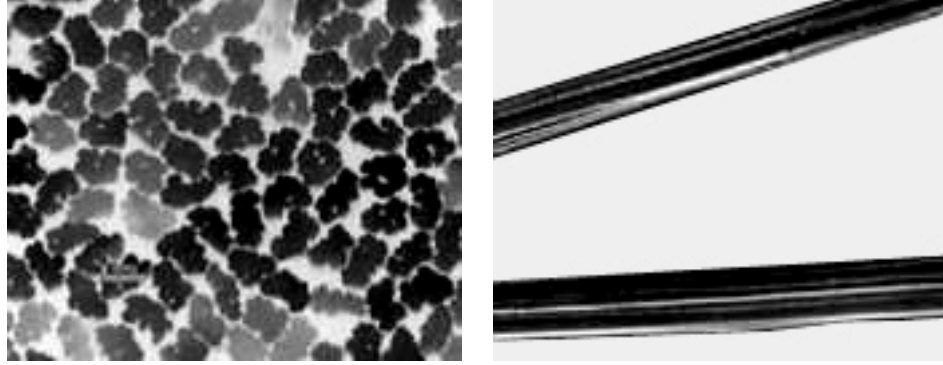
Viskon'un nem alma yüzdesi yüksektir. Normal koşullarda % 11-16 arası nem içerebilmektedir. Pamuğun ticari nem yüzdesi % 8.5 olduğundan pamuğa oranla daha fazla nem alma yüzdesine sahiptir. Mukavemeti ise pamuğa göre daha düşük seviyededir. Viskonun kuru mukavemeti ise kesikli lif için 2.4-3.0 g/denier yaş mukavemeti ise 1.1-1.5 gr/denier arasında değişmektedir. Kopma uzaması ise kuru halde 19-24%, yaş halde 21-28% arasındadır.

Viskon çoğunlukla parlak kumaş üretiminde kullanılır. Astarlık kumaşlarda genelde viskon kullanılmaktadır. Bluzluk, gömleklik kumaşlar özellikle bayan giysileri, bükümlü perdelik ya da döşemelik kumaşlar, iç çamaşırı ve gecelik yapımında, kurdela veya şeritlerin yapımında ve süsleme amacıyla yapılan birtakım dar kumaşların yapımında viskon kullanılmaktadır.

Çalışmada kullanılan viskon lifleri LENZİNG (Avusturya) işletmelerinde üretilmiş olup Kıvanç Tekstil A.Ş'den temin edilmiştir. Siyah renkli olan viskon liflerinin incelik, mukavemet ve kopma uzaması testleri ise ADVANSA-SASA laboratuvarlarında yürütülmüştür. 1.7 dtex ve 40 mm olarak üretilen viskon lifinin incelik ve uzunluk testi için Vibromat ME cihazı kullanılmış olup, 15 ölçüm yapılmıştır. Mukavemet ve kopma uzaması için ise Instron 4301 cihazı kullanılmış olup yine 15 ölçüm yapılmıştır. Çalışmada kullanılan viskon lifinin incelik, uzunluk, mukavemet ve kopma uzaması özellikleri, söz konusu ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak Çizelge 3.2'de verilmektedir. Test cihazından incelik için denye ve mukavemet için gr/denye olarak elde edilen sonuçlar çizelgede sırasıyla, dtex ve cN/tex olarak hesaplanarak verilmiştir. Çalışmada kullanılan viskonun enine kesit şekli pamuk lifine benzer olup Şekil 3.6'da söz konusu lifin enine ve boyuna kesit şekli görülebilmektedir.

Çizelge 3.2. Çalışmada kullanılan viskon lifinin test sonuçları

İncelik		Uzunluk	Mukavemet		Kopma Uzaması
denye	dtex	mm	gr/denye	cN/tex	%
1.53	1.7	41.8	3.42	30.18	26.49

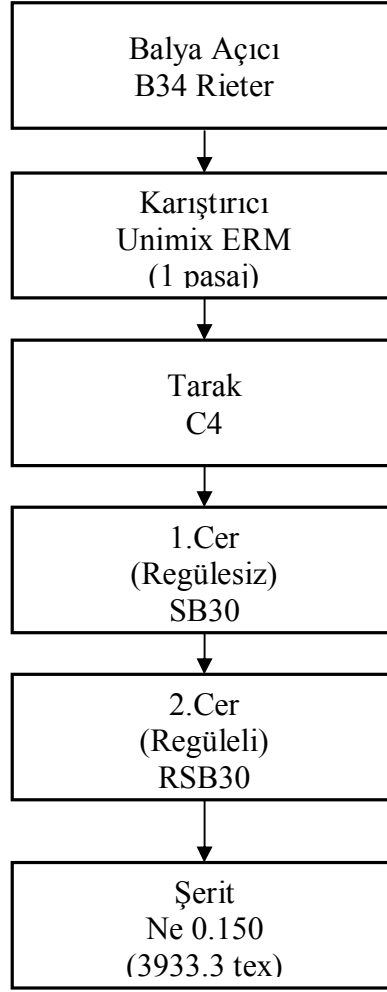


Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan viskon lifinin enine ve boyuna kesit şekli

3.2. Metod

3.2.1. Şerit Üretimi

Çalışmada polyester/viskon karışımli şeritler üretilerek bu şeritlerden open-end rotor iplik elde edilmiştir. Şeritler, Adana ilinde bulunan Kıvanç Tekstil A.Ş.'de yedi değişik karışım oranında üretilmiştir. Rotor iplikçiliğinde kullanılan elyafların özellikleri dikkate alınarak belirlenen ve çalışmada kullanılan polyester ve viskon liflerin özellikleri Çizelge 3.1. ve 3.2'de gösterilmektedir. Söz konusu elyaflar, Kıvanç Tekstil A.Ş.'de bulunan numune şerit üretim makinalarında balya açıcı ile açılıp harmanlanması için karıştırıcıya sevk edilmiştir. Karıştırıcıda karışımı yapılan elyaflar tarak makinasında taraklanıp elde edilen şeritlere 2 pasaj çekim uygulanmıştır. Çalışmada, yedi değişik oranda şerit kullanıldığından, her şerit tipi için üretim tekrarlanmıştır. Şerit üretimi işlem akışı Şekil 3.7'de şematik olarak gösterilmektedir. Çizelge 3.3'de ise çalışmada üretilen şeritler ve bu şeritlerin özellikleri verilmektedir. Şeritler numara bakımından Ne 0.150 (indirekt sistem) olarak üretilmiştir. Çizelgede ayrıca, üretilen şeritlerin bu numaraya karşılık gelen direkt sistem numarası da (tex) verilmektedir.



Şekil 3.7. Şerit üretimi işlem akışı şeması

Çizelge 3.3. Çalışmada üretilen şeritler ve özellikleri

Şerit Sıra No	Karışım Oranı (%)		Şerit Numarası	
	Polyester	Viskon	Ne	Tex
1	0	100	0.150	3933.3
2	20	80	0.150	3933.3
3	35	65	0.150	3933.3
4	50	50	0.150	3933.3
5	65	35	0.150	3933.3
6	80	20	0.150	3933.3
7	100	0	0.150	3933.3

3.2.2 İplik Üretimi

Elde edilen şeritler Matesa Tekstil A.Ş.'de open-end rotor iplik haline getirilmiştir. Çalışmanın iplik üretimi aşamasında 1993 model, 216 iğlik Schlafhorst Autocoro rotor iplik makinası kullanılmıştır. Yedi farklı şerit, makinaya aynı anda beslenerek dört farklı rotor hızında ve dört farklı numarada üretim gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.8'de makinanın genel durumu ve iplik üretimi görülürken Şekil 3.9'da makinanın kısımları gösterilmektedir.

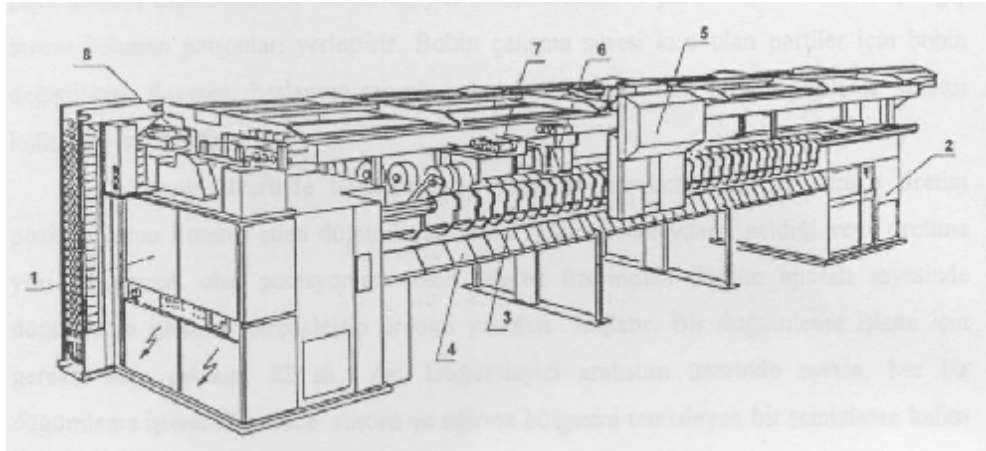


a) Genel görünüş



b) İplik üretimi

Şekil 3.8. Schlafhorst Autocoro rotor iplik makinası genel görünüşü ve iplik üretimi



Şekil 3.9. Schlafhorst Autocoro rotor iplik makinası ve kısımları

Şekil 3.9’da verilen iplik makinasına ait numaralandırılmış kısımlar ise aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1. Tahrik kısmı
2. Pnömatik ve emiş kısmı
3. Üretim pozisyonu
4. Eğirme kutusu
5. Düğümleyici robot
6. Bobin değiştirici
7. Yükleme arabası
8. Başlangıç sarımı hazırlama

Open-End rotor ipliğın oluşumu ise Şekil 3.10’da ayrıntılı bir şekilde görülebilmektedir. Makinaya şerit halinde beslenen lifler açıcı silindir vasıtasıyla açılarak tek tek ayrılacak şekilde bireysel liflere ayrılmaktadır. Burada elyaf içerisinde bulunabilecek çöp, döküntü gibi yabancı maddeler de döküntü çıkışından dışarıya sevk edilmektedir. Açma silindirinde açılan lifler elyaf besleme kanalı ile yüksek hızda dönen (40000-150000 d/dk) rotorun cidarına iletilir. Rotorun dönüşüyle oluşan merkezkaç kuvvetinin de etkisiyle rotor cidarından rotor yivine kaymaya zorlanan lifler burada bilezik halinde toplanarak ipliğın ana şeklini oluşturmaya başlarlar. Rotor iplik eğirme ünitesine dışarıdan bir iplik verilerek iplik oluşumu başlatılır. İplik çıkış tüpüne girdiğinde rotor ile içindeki hava döndüğünden iplik ucu da dönmeye başlar. Rotor ile içerisindeki hava da döndüğünden rotor içerisinde bilezik halinde toplanan liflerden ayrılan lifler büküm alma bölgesine (BA) ulaşarak dışarıdan gelen iplik ucuna tutunmaktadır. Rotordaki merkezkaç kuvveti çıkış tüpüne giren elyafı çekmeye çalışarak iplik ucuna elyafların sürekli olarak eklenmesini sağlar. İplik kolunun her dönüşü ipliğe çıkış tüpünde bir büküm verir. İpliğe verilen bu büküm geriye akarak rotor yüzeyine kadar gider ve burada bulunan elyaflarla kenetleşerek onları ipliğe katar. Rotorun kenarından dışarı çıkan elyaf daha evvel oluşturulmuş olan ipliğın açık ucuna ilave olduğundan bu eğirme sistemine open-end eğirme denmektedir.

7 farklı şerit kullanılarak dört farklı numara, dört farklı rotor hızı ve 2 replikasyon uygulanarak üretilen toplam bobin miktarı:

$$7 \times 4 \times 4 \times 2 = 224$$

olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, rotor hızı ve iplik numarası değişken olarak ele alınırken açıcı hızı, büküm katsayısı, rotor çapı ve düse özellikleri sabitlenmiştir. Aşağıda, çalışmada sabit tutulan parametrelerin özellikleri gösterilmektedir.

Açıcı hızı	: 8000 d/dk
Açıcı tipi	: OS21
Büküm katsayısı (α_e)	: 3.8
Rotor çapı	: 33 mm
Rotor tipi	: T133
Düse	: KN4

Şekil 3.11’de çalışmada kullanılan rotor, Şekil-3.12’de ise düse gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Çalışmada kullanılan rotor



Şekil 3.12. Çalışmada kullanılan düse

Çalışmada kurulacak olan tahminleme modellerinin farklı üretim parametrelerinde, farklı bir işletmede üretilen iplik özelliklerini tahmin etme başarısı da ayrıca ölçülmek istenmiştir. Bu amaçla, Matesa Tekstil A.Ş.’de üretilen ipliklere ek olarak, çalışmada yürütülen üretim parametrelerinden bağımsız ve rastlantısal olacak şekilde, Kıvanç Tekstil A.Ş.’de bulunan ve çalışmada kullanılan aynı marka open-end iplik eğirme makinasından geçmiş tarihlerde üretilen seçilmiş iplik özelliklerinin kayıtları alınarak, oluşturulan tahminleme modelleri ayrıca test edilmiştir. Söz konusu ipliklerin üretim şartları ve iplik testi sonuçları Bulgular bölümünde ayrıca verilmektedir.

3.2.3. İplik Testleri

3.2.3.1. İplik Numarası Testi

Üretilen ipliklerin mukavemet testinden önce gerçek (reel) numaralarının belirlenmesi gerekmektedir. Open-end rotor iplik makinasında istenilen özelliklerde üretilen bobinlerin iplik numarası ölçümü Zweigle L232 numara çıkırığında ölçülmüştür. Bu test metoduna göre 120 yd.lik çileler halinde bobinlerden sağılan ipliklerin ağırlıkları bulunarak iplik numarası “Ne” olarak hesaplanmıştır. Aynı işlem 10 kez tekrarlanarak numaraların ortaklaması alınmıştır. Şekil 3.13.’de iplik numarası testinde kullanılan Zweigle L 232 numara çıkırığı gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Zweigle L232 numara çıkırığı

3.2.3.2. Kopma Kuvveti-Uzama-Mukavemet -Kopma İşi Testleri

Bobinlerin kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, ve kopma işi testleri Uster Tensorapid-3 Laboratuvar cihazında ölçülmüştür (Şekil 3.14.). Her bir bobin için 10 adet ölçüm yapıldığından 2 adet replikasyon göz önüne alındığında aynı özelliklerdeki iki bobinden toplam 20 adet ölçüm yapılmıştır. Uster Tensorapid-3 her bir bobinden toplam 10 adet ipliği sağarak koparır ve bu kopma sonucunda oluşan kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, ve kopma işi değerleri bilgisayarda kaydedilir.

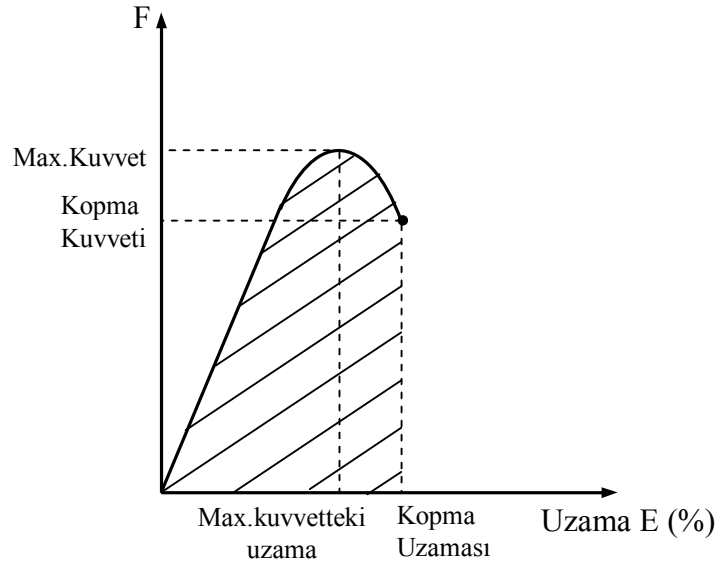


Şekil 3.14. Uster Tensorapid 3

Mukavemet testlerinde kuvvet-uzama eğrilerinden faydalanılmaktadır. Şekil 3.15’de gösterilen bu eğri, malzemenin yapısı hakkında bilgi vermektedir. Kuvvet-uzama eğrisinin ilk bölümünde (elastik bölge) kuvvetle uzama arasında doğrusal bir ilişki olduğundan, malzemenin davranışı Hook Kanunu'na uymaktadır. Bu bölgede kuvvet ortadan kaldırıldığında, malzeme orijinal uzunluğuna veya en yakın değere geri döner. Bu bölgede kuvvetin uzamaya oranına Elastikiyet Modülü adı verilir. Modülün yüksek olması, uzama kabiliyetinin azlığını, düşük olması ise yüksek uzama kabiliyetini gösterir. Başka bir ifadeyle, modülün yüksek olmasıyla malzeme

rijitlik ve kırılgnalık, düşük olmasıyla ise elastiklik kazanır. Malzeme dayanabildiği maksimum kuvvet değerinden sonra elastik bölgeden çıkar ve malzeme elastik davranışını kaybeder. Kuvvette yapılan küçük artışlarla uzamada büyük artışlar elde edilebilir ve uzama miktarının büyük kısmı kalıcıdır. Kuvvetin daha da artmasıyla malzeme kopar. Malzemenin koptuğu andaki kuvvete kopma kuvveti, ve bu andaki uzamaya kopma uzaması adı verilir.

Şekil 3.15’de gösterilen eğrinin altında kalan alan ise ipliği koparmak için harcanan enerjiyi vermektedir. Bu enerjiye kopma işi de denilmekte olup ipliğin sağlamlığı hakkında fikir vermektedir.



Şekil 3.15. Kuvvet-Uzama (F-E: Force-Elongation) Eğrisi (Lawrence, 2003)

İplik mukavemet testinde kalın bir ipliği koparmak için gereken kuvvetin ince bir ipliği koparmak için gereken kuvvetten daha fazla olacağı bilinmektedir. Bu nedenle numaraları bilinmeyen ipliklerin kopma kuvveti değerlerinin karşılaştırılması bir anlam ifade etmemektedir. İplik mukavemetinin sadece ipliğin kopmadan dayandığı maksimum kuvvet olarak tanımlanması doğru olmayacaktır. Bu nedenle iplik mukavemeti, ölçülen kopma kuvvetinin iplik numarasına (lineer yoğunluğuna) oranı olarak ifade edilir ve ölçüm birimlerine göre Rkm (kgf*Nm), g/tex veya cN/tex şeklinde gösterilir.

İplik mukavemeti değeri için “Rkm” ifadesi yaygın olarak kullanılmakta olup, bu değer ipliğin, düşey olarak asıldığında kendi ağırlığı ile koptuğu uzunluğun

km olarak ifadesidir. Yapılan testlerde sonuçlar Rkm cinsinden elde edilmiştir. Ancak literatürde mukavemet için cN/tex kullanıldığından ipliklerin mukavemet sonuçları cN/tex cinsinden verilmiştir. Rkm (kgf*Nm) ile cN/tex arasındaki ilişki

$$\text{cN/tex} = 0.9806 \text{ Rkm} \quad (3.1)$$

olarak bulunmaktadır.

3.2.3.3. İplikte Düzgünsüzlük, İplik Hataları ve Tüylülük Testleri

Kesikli (ştapel) liflerden iplik üretimi, birçok bireysel lifin çeşitli prosesler yardımıyla eğrilerek iplik elde edilmesine dayanır. Proseslerin yapısından kaynaklanan nedenlerden dolayı elde edilen ipliklerin lineer ağırlığı homojen olmayabilmektedir. Başka bir ifadeyle ipliğin birim uzunluğundaki kütlesi değişebilmektedir. İplik içerisinde bulunan liflerin değişimine bağlı olarak ipliğin birim kütlesinde oluşan varyasyona **düzgünsüzlük** (irregularity) denilmektedir. Pratikte $U_m\%$ (ortalama sapma yüzdesi) veya $CV_m\%$ (değişim katsayısı) olarak gösterilmektedir (Premier, Uster, 2002).

İplik hataları ise ince yer, kalın yer ve neps olarak sıralanmaktadır. Uygulanan testlerde ince yerler -40% ve -50% olarak gösterilmiştir. Bu ifadeler İpliğin ortalama kesitinden daha ince olan yerlerin km'de kaç adet yer aldığını göstermektedir. Başka bir ifadeyle ortalama iplik kesitinin % 60'ına kadar olan iplik kesitlerinin km'deki adedi -40 % olarak gösterilirken ortalama iplik kesitinin %50'sine kadar olan iplik kesitlerinin km'deki adedi -50% olarak gösterilmiştir. Kalın yerler ise +35% ve +50% olarak belirlenmiştir. Ortalama iplik kesitinin %135'ine kadar olan iplik kesitlerinin km'deki adedi +35% olarak gösterilirken iplik kesitinin %150 olduğu kalın yerler +50% olarak gösterilmektedir. Neps +200% ve +280% olarak ifade edilmektedir. Burada da yine aynı şekilde ortalama iplik kesitinin %300'ü büyüklüğündeki yerler +200% olarak gösterilirken ortalama iplik kesitinin %380'i +280% olarak belirlenmiştir.

İplik yüzeyinden dışarı çıkan lifler iplikte **tüylülüğü** oluşturmaktadır. Uster Tester-4 ile yapılan tüylülük testinde iplik yüzeyinde oluşan toplam tüy uzunluğunun

iplik uzunluğuna oranı tüylülük indeksi olarak tanımlanmaktadır ve “H” olarak ifade edilmektedir (Uster, 2002).

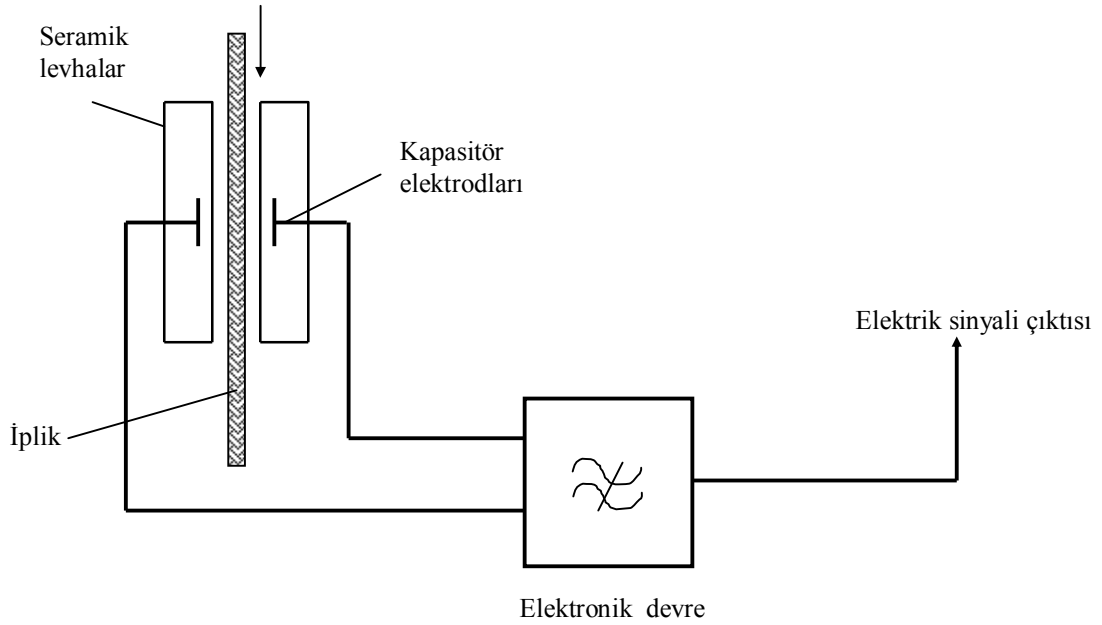
Farklı karışım oranlarında ve değişik proses şartlarında üretilen polyester/viskon rotor ipliklerinin düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük testleri BOSSA-4 T.A.Ş. işletmesinde bulunan Uster Tester-4 cihazı ile standart atmosfer şartlarında (20 ± 2 °C sıcaklık ve $\%65 \pm 2$ bağıl nem) yürütülmüştür. Şekil 3.16’da çalışmada kullanılan cihaz görülmektedir.



Şekil 3.16. Uster Tester-4 (Uster, 2004)

Uster Tester-4, kapasitif ölçme sensörü kullanarak düzgünsüzlüğü ölçmektedir. Sistemin çalışma prensibi Şekil 3.17’de şematik olarak gösterilmektedir. Kapasitör levhaları arasında oluşturulan yüksek-frekanslı elektrik alan, burada bulunan sensör vasıtasıyla algılanarak elektrik sinyali haline dönüştürülmektedir. Kapasitör levhaları arasındaki kütlenin değişmesi ile elektrik

sinyali de değişir. Sonuçta levhalar arasından geçen ipliğin kütle değişimi, elektriksel sinyal olarak elde edilir. Analog olarak elde edilen bu sinyaller Uster Tester 4 işlemcisi ile sayısal hale dönüştürülür. Kapasitif ölçme sistemi oldukça güvenilirdir ve şerit, fitil ve ipliğin düzgünlüğünü test etmede yaygın olarak kullanılmaktadır (Uster, 2002).



Şekil 3.17. Uster Tester-4 çalışma prensibi (Uster, 2002)

3.2.4. Yapay Sinir Ağları

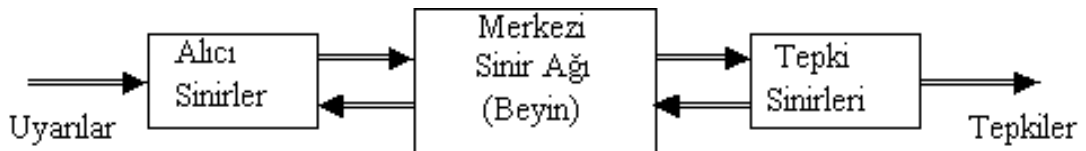
Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zordur ve bazen mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir (Öztemel, 2003).

Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri (gerçek beyin fonksiyonlarının ürünü olan örnekleri) kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde, öğrenme ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadırlar. Örneklerden elde ettikleri bilgiler ile kendi deneyimlerini oluşturur ve daha sonra benzer konularda benzer kararları verirler.

Yapay sinir ağları birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve paralel olarak çalışabilen yapay hücrelerden oluşmaktadır. Proses elemanları da denilen bu hücrelerin birbirlerine bağlandıkları ve her bağlantının bir değerinin olduğu kabul edilmektedir.. Proses elemanlarının birbirleri ile bağlanmaları sonucu oluşan ağa yapay sinir ağı denmektedir. Bu ağın oluşturulması biyolojik sinir sistemi hakkındaki bulgulara dayanmaktadır (Öztemel, 2003).

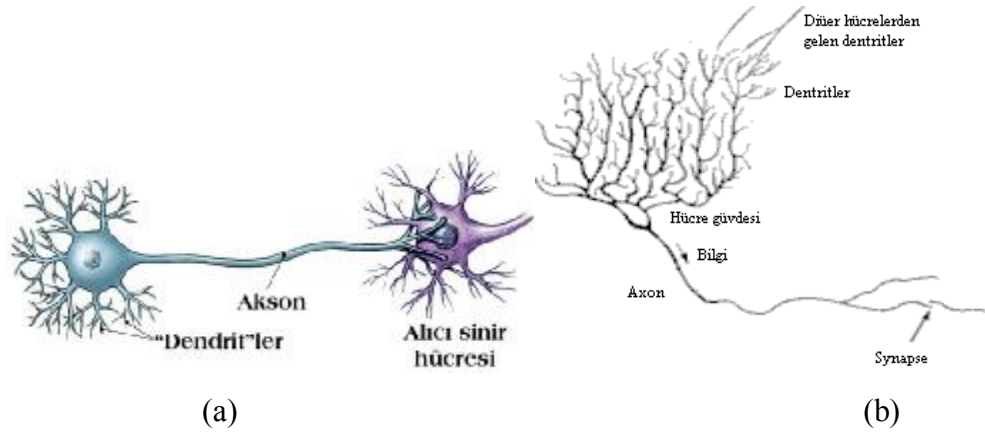
3.2.4.1. Biyolojik Sinir Sistemi

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beyin (merkezi sinir ağı) bulunduğu 3 katmanlı bir sistem olarak açıklanır. Alıcı sinirler (receptor) organizma içerisinden ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyine bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürür. Tepki sinirleri (effector) ise, beyinin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür. Şekil 3.18’de bir sinir sisteminin blok gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.18. Biyolojik sinir sisteminin blok gösterimi (Abacı, 2001)

Merkezi sinir ağında bilgiler, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretilir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşır. Merkezi sinir sisteminin temel işlem elemanı sinir hücresidir (nöron) ve insan beyninde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi olduğu tahmin edilmektedir. Sinir hücresi; hücre gövdesi, dendritler ve aksonlar olmak üzere 3 bileşenden meydana gelir. Dendritler, diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücre gövdesine bir ağaç yapısı şeklinde ince yollarla iletirken aksonlar elektriksel darbeler şeklindeki bilgiyi hücreden dışarı taşıyan daha uzun bir yoldur. Akson bitiminde ince dallara ayrılabilir ve bu dallar, diğer hücreler için dendritleri oluşturur (Balcı, 1995). Akson-dendrit bağlantı noktasına ise sinaps denmektedir. Şekil 3.19’da akson-dendrit bağlantısı ve sinaps bağlantısı gösterilmektedir.



Şekil 3.19. Çeşitli Biyolojik Sinir Hücreleri ve Bileşenleri (www.sinancanan.net)

Sinapsa gelen ve dendritler tarafından alınan bilgiler genellikle elektriksel darbelerdir ancak sinapstaki kimyasal ileticilerden etkilenir. Belirli bir sürede bir hücreye gelen girişlerin değeri, belirli bir eşik değerine ulaştığında hücre bir tepki üretir. Hücrenin tepkisini artırıcı yöndeki girişler uyarıcı, azaltıcı yöndeki girişler ise önleyici girişler olarak söylenir ve bu etkiyi sinaps belirler.

İnsan beyninin 10 milyar sinir hücresinden ve 60 trilyon sinaps bağlantısından oluştuğu düşünülürse son derece karmaşık ve etkin bir yapı olduğu anlaşılır. Diğer taraftan bir sinir hücresinin tepki hızı, günümüz bilgisayarlarına göre oldukça yavaş olmakla birlikte duyuşal bilgileri son derecede hızlı

değerlendirebilmektedir. Bu nedenle insan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarlama ve genelleştirme yeteneği nedeniyle son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir. Yapay Sinir Ağları ise bu yapıyı esas alarak oluşturulmuş bilgisayar sistemleri olarak düşünülebilir.

3.2.4.2. Yapay Sinir Ağı (YSA)

Beynin nörofiziksel yapısından esinlenilerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını tam olarak modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir. Böylece Yapay Sinir Ağları denen yeni ve günümüz bilgisayarlarının algoritmik hesaplama yönteminden farklı bir bilim alanı ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağları; yapısı, bilgi işleme yöntemindeki farklılık ve uygulama alanları nedeniyle çeşitli bilim dallarının da kapsam alanına girmektedir.

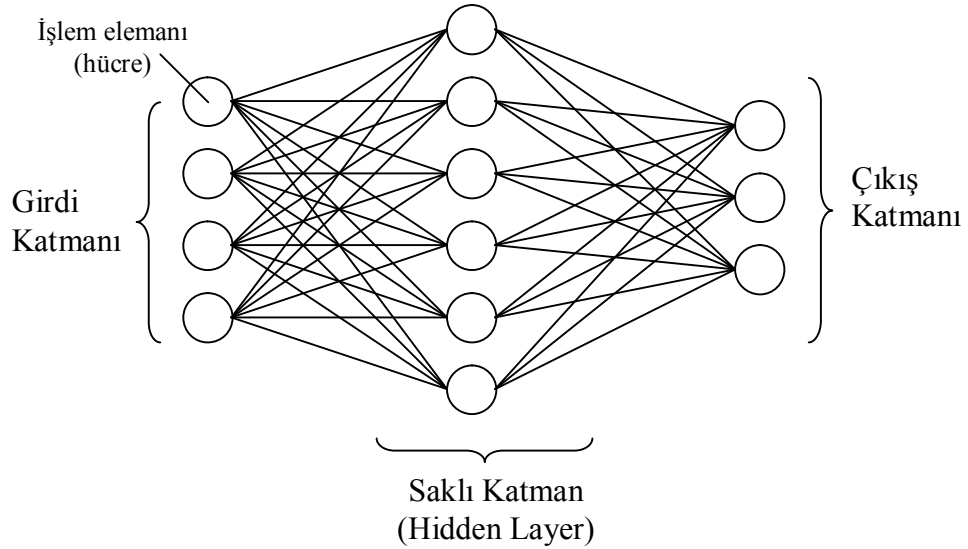
Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağıtılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını kapsamaktadır (Haykin, 1994).

YSA'lar, insan beyninin çalışma prensibi örnek alınarak geliştirilmeye çalışılmıştır ve aralarında yapısal olarak bazı benzerlikler vardır. Bu benzerlikler Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Biyolojik sinir sistemi ile YSA'nın benzerlikleri (www.hallogram.com)

SİNİR SİSTEMİ	YSA SİSTEMİ
Neuron	Proses elemanı
Dendrit	Toplama fonksiyonu
Hücre gövdesi	Transfer fonksiyonu
Aksonlar	Eleman çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek YSA'yı oluşturur. Genel olarak hücreler üç katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Şekil 3.20'de üç katmanlı bir YSA görülmektedir. Burada girdi katmanı dış dünyadan aldığı bilgileri ara katmana iletir. Burada bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bir ağ için birden fazla ara katman veya saklı katman (hidden layer) bulunabilmektedir.



Şekil 3.20. Bir yapay sinir ağı örneği

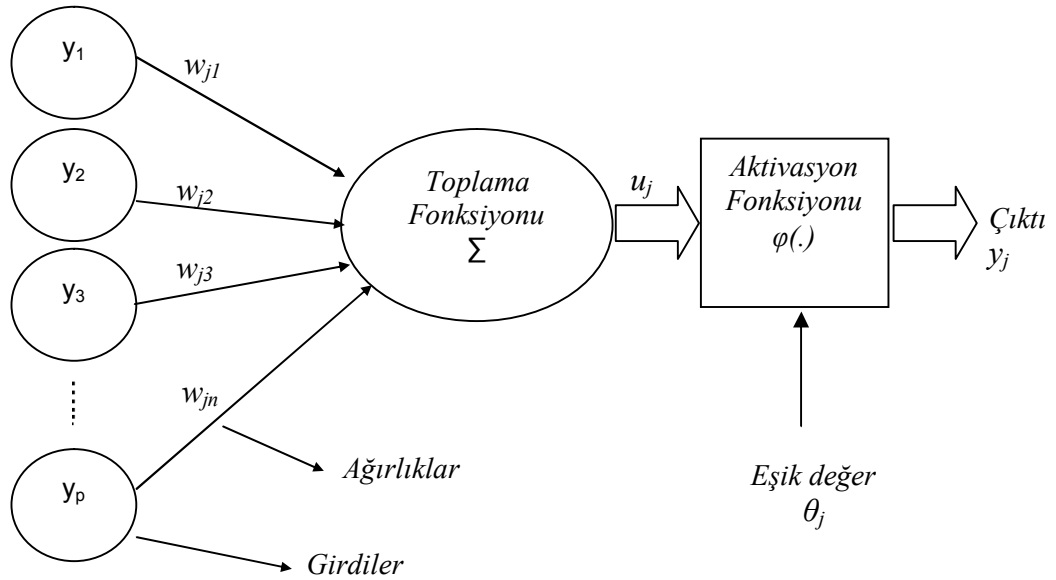
Ağı oluşturan proses elemanları, bunların bilgileri işleme yetenekleri, birbirleri ile bağlantılarının şekilleri değişik modelleri oluşturmaktadır. Yapay sinir ağları aynı zamanda, "bağlantılı ağlar (connectionist networks)", "paralel dağıtılmış

ağlar (parallel distributed networks)", "nöromorfik sistemler (neuromorphic systems)" olarak da adlandırılmaktadır (Öztemel, 2003).

Yapay sinir ağları bilgisayar bilimine de bazı yenilikler getirmiştir. Algoritmik olmayan, adaptif, paralel programlama, dağıtılmış programlama vb. gibi tekniklerinin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır. Bilgisayarların da öğrenebileceğini göstermişlerdir. Özellikle olaylar hakkında bilgilerin olmadığı fakat örneklerin bulunduğu durumlarda çok etkin olarak kullanılabilecek bir karar verme aracı ve hesaplama yöntemi olarak görülebilir.

3.2.4.3. Yapay Sinir Hücresinin Yapısı

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir hücrelerinin de hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde “proses elemanları” olarak da adlandırılmaktadır. Şekil 3.21’de Haykin (1994) tarafından tanımlanan “j” isimli non-lineer bir yapay sinir hücresinin yapısı ve fonksiyonları görülmektedir.



Şekil 3.21. “j” isimli bir yapay sinir hücresinin non-lineer yapısı (Haykin, 1994)

Teknik olarak da, bir yapay sinir ağının en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti belirlemektir. Bunu yapabilmesi için

ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı setleri belirlenir.

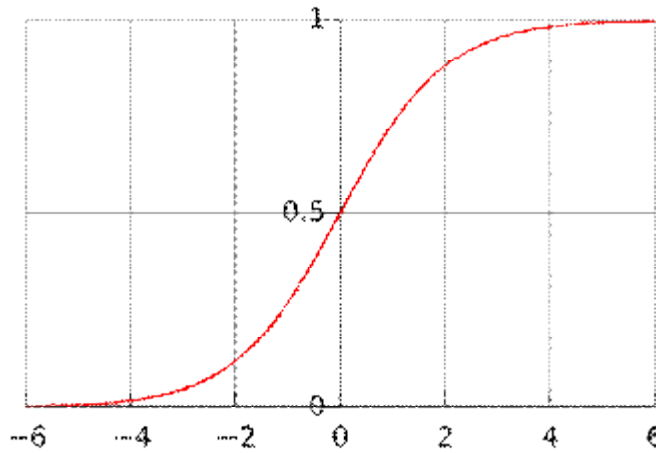
Haykin tarafından tanımlanan yukarıdaki yapay sinir hücresinin non-lineer yapısında toplam p adet girdi verisi bulunmaktadır. Girdi sinyali veya girdi değerleri şekilde $y_1, y_2, y_3, \dots, y_p$ olarak gösterilirken j hücresine ait ağırlıklar $w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, \dots, w_{jn}$ olarak belirtilmiştir. Girdi değerleri ve ağırlıkların çarpılıp toplanmasıyla elde edilen u_j ise lineer toplama çıktısı olarak değerlendirilirken θ_j eşik değeri, $\phi(.)$ ise aktivasyon fonksiyonu olarak gösterilmiştir. Eşik değeri (θ_j) kullanılmasıyla toplama fonksiyonu çıkış değerine (u_j) lineer bir dönüştürme etkisi uygulanır. Bu etki ise çıkışı

$$v_j = u_j - \theta_j \quad (3.2)$$

olarak belirlemektedir. Elde edilen bu değer aktivasyon veya transfer fonksiyonunda değerlendirilerek hücrenin çıktısı belirlenmektedir. Çeşitli aktivasyon fonksiyonları mevcut olup en çok tercih edilen ve literatürde en çok kullanımına rastlanan sigmoid fonksiyonu bu çalışmada kullanılmıştır. Sigmoid fonksiyonu

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (3.3)$$

olarak tanımlanmaktadır. Sigmoid fonksiyonunun girdi değerleri (x -ekseni) $\pm\infty$ değerlerini alırken bu değerlere karşılık gelen çıktı değeri aralığı $(0,1)$ olmaktadır. Şekil 3.22'de sigmoid fonksiyonu gösterilmektedir.



Şekil 3.22. Sigmoid fonksiyonu (www.wikipedia.org)

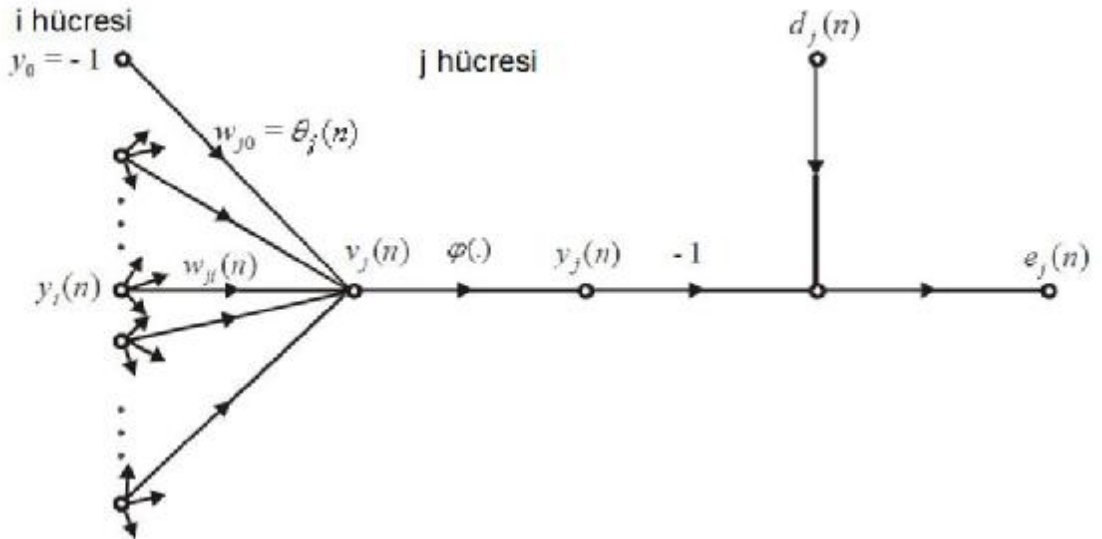
YSA’da farklı algoritmalar ile ağıın eğitimi sağlanabilmektedir. Bunlardan en yaygın olanı ve tekstildeki uygulamalarda en çok kullanılanı geriye yayılım algoritması olmaktadır. Çalışmada da geriye yayılım algoritması esas alınarak YSA modelleri kurulacaktır.

3.2.4.3.(1). Geriye Yayılım Algoritması

Şekil 3.21’de verilen YSA yapısında “ j ” hücresinin **çıkış katmanında** yer alması durumunda bu hücreye ait sinyal veya veri akışı grafiği Şekil 3.23’deki gibidir (Haykin, 1994). İterasyon sayısı “ n ” olmak üzere n ’inci iterasyon sonrasında j hücresinden elde edilen hata

$$e_j(n) = d_j(n) - y_j(n) \quad (3.4)$$

olmaktadır. Burada, $d_j(n)$ istenen çıktı değeri veya çalışmada ölçümler sonucu elde edilen iplik özelliğinin gerçek değeri olurken $y_j(n)$ hücrenin kendi oluşturduğu çıktı değeri, $e_j(n)$ ise n iterasyonu sonucu ortaya çıkan hata miktarı olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 3.23. Çıkış katmanında yer alan j hücresinde veri (sinyal) akışı (Haykin, 1994)

Hücrenin oluşturduğu anlık (n .iterasyonda oluşan) kareler hatası toplamı ise

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum e_j^2(n) \quad (3.5)$$

Şekil 3.21’de hücrenin içerisinde oluşan iç çıktı değeri $v_j(n)$ diğer hücrelerden gelen girdi değeri ile ağırlıkların çarpılmasının toplamı ile elde edilmektedir.

$$v_j(n) = \sum_{i=0}^p w_{ji}(n) y_i(n) \quad (3.6)$$

Burada p , j hücreğine girdi oluşturan toplam hücre sayısını belirlemektedir (Ancak bu hesaplama eşik değeri dahil edilmemiştir). Şekilde, j hücreğine bir önceki katmandan, başka bir ifadeyle saklı katmanda bulunan i hücrelerinden gelen sinyal $y_0=-1$ olarak gelirken j hücreсі kendisine gelen bu girdi değerine $w_{j0} = \theta$ olacak şekilde ağırlık tayin ettiğinde j hücrelerinden elde edilen çıktı değeri n . iterasyonda

$$y_j(n) = \varphi_j(v_j(n)) \quad (3.7)$$

olmaktadır. Geriye yayılım algoritması n . iterasyonda elde edilen hataya ($w_{ji}(n)$) bağlı olarak ağırlıkları yeniden düzenlemek için anlık gradyente ($\partial E(n)/\partial w_{ji}(n)$) orantılı olan bir düzeltme faktörü ($\Delta w_{ji}(n)$) kullanmaktadır. Zincir kuralına göre oluşturulan anlık gradyent

$$\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ji}(n)} = \frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} \frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} \frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} \frac{\partial v_j(n)}{\partial w_{ji}(n)} \quad (3.8)$$

olmaktadır. (3.5) eşitliğinin her iki tarafının $e_j(n)$ ’e göre türevi alınır

$$\frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} = e_j(n) \quad (3.9)$$

bulunur. (3.4) eşitliğinde de eşitliğin her iki tarafının $y_j(n)$ ’e göre türevinin alınması durumunda

$$\frac{\partial e_j(n)}{\partial y_j(n)} = -1 \quad (3.10)$$

elde edilir. (3.7) eşitliğinin de $v_j(n)$ ’e göre türevi

$$\frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} = \varphi'(v_j(n)) \quad (3.11)$$

bulunmaktadır. (3.6) eşitliğinin de $w_{ji}(n)$ ’e göre türevinin alınması halinde

$$\frac{\partial v_j(n)}{\partial w_{ji}(n)} = y_i(n) \quad (3.12)$$

bulunduktan sonra elde edilen (3.9), (3.10) (3.11) ve (3.12) eşitliklerinin (3.8) eşitliğinde değerlendirilmesiyle

$$\frac{\partial E(n)}{\partial w_{ji}(n)} = -e_j(n) \varphi'(v_j(n)) y_i(n) \quad (3.13)$$

eşitliği bulunmaktadır. $w_{ji}(n)$ ağırlığına uygulanan ve düzeltme faktörü olarak bilinen $\Delta w_{ji}(n)$ ise

$$\Delta w_{ji}(n) = -\eta \frac{\partial E(n)}{\partial w_{ji}(n)} \quad (3.14)$$

olmaktadır. Burada, η bir sabit katsayı olup geriye yayılım algoritmasında öğrenme oranı olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik (3.13)'ün (3.14) içerisinde değerlendirilmesiyle

$$\Delta w_{ji}(n) = \eta \delta_j(n) y_i(n) \quad (3.15)$$

olarak ifade edilmektedir. Burada $\delta_j(n)$ yerel (lokal) gradiyent olup

$$\delta_j(n) = -\frac{\partial E(n)}{\partial e_j(n)} \frac{\partial e_j(n)}{\partial v_j(n)} \frac{\partial v_j(n)}{\partial w_{ji}(n)} = e_j(n) \varphi'(v_j(n)) \quad (3.16)$$

şeklinde de ifade edilebilmektedir. Lokal gradiyent noktaları ağırlık fonksiyonunun değiştirilmesinde kullanılmakta olup j hücrelerine ait lokal gradiyent, hata fonksiyonuna $e_j(n)$ ve aktivasyon veya transfer fonksiyonunun türevine $\varphi'(v_j(n))$ bağlı olmaktadır.

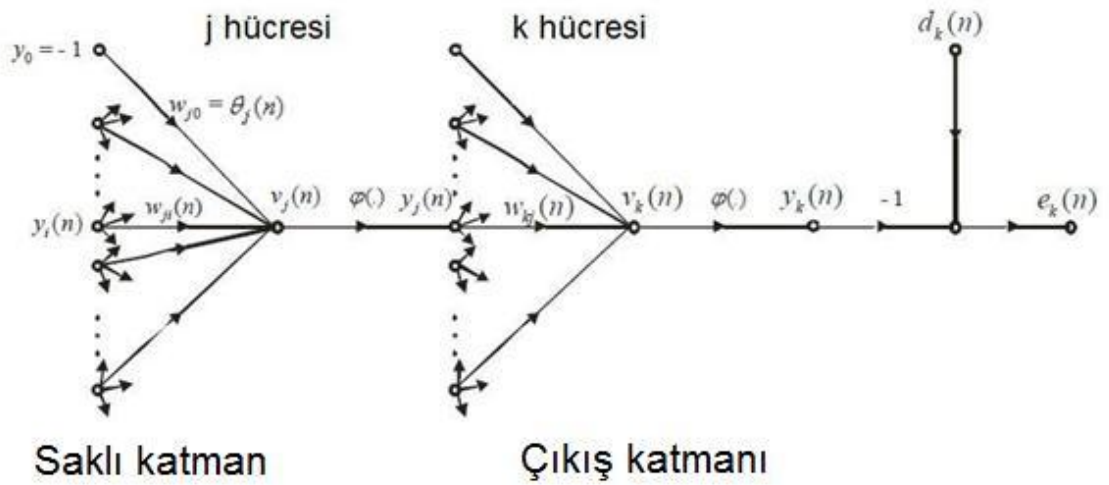
YSA modelinde yer alan ve çıkış katmanında yer alan j hücrelerinin davranışı ayrıntılı olarak yukarıda anlatılmıştır. Hücrenin çıkış katmanında yer alması halinde hücreden istenen çıktı değeri belli olduğundan ağırlıkların ayarlanması veya değiştirilmesi kolay olmaktadır. Bu değer esas alınarak hata fonksiyonu belirlenir ve ağırlıklar değiştirilebilir. Hücrenin ara katman olan saklı katmanda yer alması halinde ise hücreden istenen çıktı değeri ağırlık verdiği hataya göre belirlendiğinden hesaplamalar biraz daha zorlaşmaktadır. Hücrenin çıkış katmanı veya saklı katmanda yer almasına göre davranışı değişmektedir.

I.Durum: Hücrenin çıkış katmanında yer alması

Hücrenin çıkış katmanında yer alması halinde yukarıda anlatıldığı şekilde ağırlık ayarlaması yapılır. Şekil 3.23'de yer alan hata fonksiyonu $e_j(n)$, (3.4) eşitliğinde yer aldığı gibi hesaplanır. Buradan yerel gradiyent $\delta_j(n)$ de kolayca bulunabilmektedir.

II.Durum: Hücrenin saklı katmanında yer alması

“j” hücrenin saklı katmanda yer alması halinde hücre için önceden belirlenmiş bir çıktı değeri bulunmamaktadır. Bu yüzden saklı katmanda yer alan j hücrenin verdiği hata değeri (sinyali) bu hücrenin bağlı olduğu çıkış katmanında yer alan hücrelerin verdiği hata sinyalleri ile belirlenir. Geriye yayılım algoritması da ismini bu işlemden almaktadır. Şekil 3.24’de saklı katmanda yer alan j hücresi ve bu hücrenin bağlı olduğu çıkış katmanında yer alan k hücresi görülmektedir.



Şekil 3.24. Saklı katmanda yer alan j hücresi ile çıkış katmanında yer alan k hücresi arasındaki veri akışı (Haykin, 1994)

Şekil 3.23’de yer alan durum dikkate alındığında j hücrenin çıkış katmanda olması halinde eşitlik (3.16)’daki gibi bir yerel gradiyent elde edilmiştir. Bu eşitlik hücrenin saklı katmanda yer alması halinde Şekil 3.24 dikkate alınarak yeniden tanımlandığında

$$\delta_j(n) = -\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} \frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} \quad (3.17)$$

(3.11) eşitliği dikkate alındığında

$$\delta_j(n) = -\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} \varphi'(v_j(n)) \quad (3.18)$$

olarak bulunmaktadır. $\partial E(n)/(\partial y_j(n))$ ’in kısmi türevinin alınması halinde saklı katmanda yer alan j hücrenin yerel gradiyenti hesaplanabilmektedir. Şekil 3.24’de çıkış katmanında yer alan k hücrenin kareler hatası toplamı

$$E(n) = \frac{1}{2} \sum e_k^2(n) \quad (3.19)$$

olmaktadır. Bu eşitliğin her iki tarafının k hücre sine girdi olarak sunulan $y_j(n)$ 'e göre türevi alındığında

$$\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} = \sum_k e_k \frac{\partial e_k(n)}{\partial y_j(n)} \quad (3.20)$$

$\partial e_k(n) / (\partial y_j(n))$ 'e göre kısmi türev alabilmek için zincir kuralı uygulandığında (3.20) eşitliği

$$\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} = \sum_k e_k \frac{\partial e_k(n)}{\partial v_k(n)} \frac{\partial v_k(n)}{\partial y_j(n)} \quad (3.21)$$

olmaktadır. Şekil 3.24'de

$$e_k(n) = d_k(n) - y_k(n) \quad (3.22)$$

ve

$$e_k(n) = d_k(n) - \varphi_k(v_k(n)) \quad (3.23)$$

olduğu görülmektedir. Buradan,

$$\frac{\partial e_k(n)}{\partial v_k(n)} = -\varphi'_k(v_k(n)) \quad (3.24)$$

olarak bulunmaktadır. Ayrıca k hücre sine ait hücre içi çıktı değeri eşik değeri dikkate alınmadığında

$$v_k(n) = \sum_{j=0}^q w_{kj}(n) y_j(n) \quad (3.25)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Buradan girdi değeri $y_0 = -1$ olarak sabitlendiğinde eşik değere (θ_k) eşit olan w_{k0} ağırlığının k hücre sine uygulanmasından sonra (3.25) eşitliğinin her iki tarafının $y_j(n)$ 'e göre türevinin alınmasıyla

$$\frac{\partial v_k(n)}{\partial y_j(n)} = w_{kj}(n) \quad (3.26)$$

değeri elde edilir. (3.24) ve (3.26)'nın (3.21) içerisinde değerlendirilmesiyle

$$\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} = - \sum_k e_k(n) \varphi'_k(v_k(n)) w_{kj}(n) \quad (3.27)$$

(3.16)'da verilen yerel gradiyent tanımı j hücre sine yerine k hücre sine tanımlanarak (3.27) eşitliğine uyarlandığında eşitlik

$$\frac{\partial E(n)}{\partial y_j(n)} = - \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n) \quad (3.28)$$

halini almaktadır. Eşitlik (3.28)'nin (3.18) içerisinde değerlendirilmesiyle saklı katmanda yer alan j hücre sine yerel gradiyenti $\delta_j(n)$ ise

$$\delta_j(n) = -\varphi'(v_j(n)) \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n) \quad (3.29)$$

olmaktadır. Saklı katman için geriye yayılım algoritması özetlenecek olursa ağırlık düzeltilmesi $\Delta w_{ji}(n)$ delta kuralına göre

$$\begin{pmatrix} \text{Ağırlık} \\ \text{Düzeltilme} \\ \Delta w_{ji}(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{öğrenme} \\ \text{katsayısı} \\ \eta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \text{yerel} \\ \text{gradiyent} \\ \delta_j(n) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \text{j hücresinin} \\ \text{giriş sinyali} \\ y_i(n) \end{pmatrix} \quad (3.30)$$

olmaktadır. n+1 no'lu iterasyonda ise yenilenmiş ağırlık

$$w_{ji}(n+1) = w_{ji}(n) + \Delta w_{ji}(n)$$

olarak hesap edilmektedir.

Geriye yayılım algoritmasında, hesaplamalar ileriye ve geriye olmak üzere iki çeşit olmaktadır. İleriye olan hesaplamada sinyal akışı giriş katmanından çıkış katmanına doğru iken geriye hesaplamada çıkış katmanından giriş katmanına doğru iletilmektedir.

3.2.4.3.(2). Sigmoid Fonksiyonu

Çok katmanlı bir YSA'da her bir hücrenin yerel gradiyentinin (δ) hesaplanması için aktivasyon fonksiyonu'nun ($\varphi(.)$) bilinmesi gerekmektedir. Bunun türevinin alınabilmesi için ise aktivasyon fonksiyonunun sürekli (kontinü) olması gerekmektedir. Başka bir ifade ile aktivasyon fonksiyonunun türevi alınabilir olmalıdır. Sigmoid fonksiyonu ise en çok kullanılan bir olduğundan çalışmada da aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Sigmoid fonksiyonu lojistik fonksiyonu olarak ta isimlendirilebilmektedir.

$$y_j(n) = \varphi_j(v_j(n)) = \frac{1}{1 + \exp(-v_j(n))} \quad -\infty < v_j(n) < +\infty \quad (3.31)$$

Burada $v_j(n)$, j hücresinin iç aktivite sonucu hesapladığı değer olmaktadır. Yukarıda verilen non-lineer eşitliğe göre çıktı değeri $0 \leq y_j(n) \leq 1$ arasında olmaktadır. (3.31) eşitliğinin her iki tarafının türevinin alınmasıyla

$$\frac{\partial y_j(n)}{\partial v_j(n)} = \varphi'_j(v_j(n)) = \frac{\exp(-v_j(n))}{[1 + \exp(-v_j(n))]^2} \quad (3.32)$$

elde edilir. $\varphi'_j(v_j(n))$ ifadesi (3.31) eşitliği kullanılarak ayrıca,

$$\varphi'_j(v_j(n)) = y_j(n)[1 - y_j(n)] \quad (3.33)$$

olarak ta gösterilebilir. **j hücresi çıktı katmanında yer alan bir hücre ise** bu hücrenin çıktı değeri olarak elde edilen değer $o_j(n)$ olmak üzere $y_j(n) = o_j(n)$ olmaktadır. Bu durumda j hücresinin yerel gradiyenti

$$\delta_j(n) = e_j(n)\varphi'_j(v_j(n)) = [d_j(n) - o_j(n)]o_j(n)[1 - o_j(n)] \quad (3.34)$$

bulunmaktadır. Burada $d_j(n)$ deneysel çalışma ile testler sonucu bulunmuş olan ağdan istenen değer iken $e_j(n)$ hata sinyali olmaktadır. **j hücresi saklı katmanında yer alan herhangi bir hücre ise** yerel gradiyent

$$\begin{aligned} \delta_j(n) &= \varphi'_j(v_j(n)) \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n) \\ &= y_j(n)[1 - y_j(n)] \sum_k \delta_k(n) w_{kj}(n) \end{aligned} \quad (3.35)$$

olmaktadır.

3.2.4.3.(3). Öğrenme Oranı

Geriye yayılım algoritması En hızlı iniş (steepest descent) metodunu kullanarak ağırlıkları değiştirip istenen değere yaklaşmayı hedefleyen bir algoritmadır. Öğrenme oranı η 'nın küçük seçilmesiyle her bir iterasyon sonucu oluşan ağırlıklarda küçük değişimler elde edileceğinden daha düzgün bir ağırlık değişimi söz konusu olacaktır. Ancak ağırlık öğrenmesi de bu şekilde zayıf olacaktır. η 'nın büyük seçilmesi ise elde edilen sonuçlarda büyük sapmalara (ağırlık osilasyon yapmasına) neden olabilecektir. Rumelhart, öğrenmeyi arttıran ancak sapmaları da önleyen bir yöntem olarak **momentum** terimini kullanıp delta kuralını modifiye etmiştir. α momentum katsayısı olmak üzere delta kuralı

$$\Delta w_{ji}(n) = \alpha \Delta w_{ji}(n-1) + \eta \delta_j(n) y_i(n) \quad (3.36)$$

olarak ifade edildiğinde YSA'nın öğrenme oranı kontrol edilebilmektedir.

3.2.5. İstatistiksel Modeller

Karışım ipliklerin fiziksel ve mekanik özelliklerini üretime geçmeden önce tahmin edebilmek amacıyla istatistiksel modeller oluşturularak regresyon denklemleri oluşturulmasının hedeflendiği bu çalışmada Design Expert paket programı kullanılmıştır. Kurulacak olan istatistiksel model, hem karışımı (mixture) hem de bağımsız değişkenleri (rotor hızı ve iplik numarasını) içeren bir model olmak zorundadır. Karışım değişkenleri olarak polyester ve viskon yüzdeleri, proses değişkenleri olarak ise rotor hızı ve iplik numarası alındığında iplik mekanik ve fiziksel özellikleri (kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) tepki değişkenleri olarak elde edilmektedir. Kurulacak olan istatistiksel modele esas teşkil edecek olan veriler (tepki değerleri) Bulgular bölümünde verilmiş olup her bir bobinden elde edilen iplik testleri replikasyonları ile birlikte değerlendirilerek Design Expert programına esas teşkil etmiştir.

3.2.5.1. Model Seçimi ve Regresyon Analizi

İstatistiksel modeller için Design Expert paket programı kullanılan çalışmada karışım-proses çapraz dizayn (mixture-process crossed design) modelleri oluşturulduktan sonra regresyon eşitlikleri elde edilerek iplik özelliklerinin karışıma ve proses değişkenlerine bağlı olarak tahmin edilebilmesi sağlanmıştır. Aşağıda çalışmada kullanılan bazı terim ve kavramlar verilerek model seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar anlatılmıştır. Kurulan modellerden elde edilen regresyon eşitlikleri ile eğriler uydurularak (curve fitting) iplik fiziksel ve mekanik özelliklerinin karışıma (polyester-viskon) ve proses değişkenlerine (rotor hızı, iplik numarası) bağlı olarak değişimi görülebilecektir.

Regresyon Analizi

Tepki değişkeni veya bağımlı değişken olarak tanımlanan “Y” ve bağımsız değişken veya regresör olarak tanımlanan n adet “X₁, X₂...X_n” arasındaki sebep-

sonuç ilişkisini matematiksel olarak ortaya koyan yönteme regresyon analizi denilmektedir. Regresyon analizi sonucunda bağımlı değişken bağımsız değişken cinsinden ifade edilerek bir eşitlik elde edilerek farklı olaylar ile ilgili tahminler yapılabilmektedir.

Bağımlı değişken

Tepki değişkeni veya yanıt olarak da adlandırılmaktadır. Çalışmada elde edilen iplik fiziksel ve mekanik özellikleri (kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) bağımlı değişken olarak değerlendirilmektedir.

Bağımsız Değişken

Regresör olarak ta tanımlanan, bağımlı değişken üzerinde etkisi olan değişkenlerdir. Çalışmada polyester-viskon karışım oranları, rotor hızı ve iplik numarası bağımsız değişken olarak değerlendirilmektedir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen bir eşitlik genel olarak aşağıdaki gibidir:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n$$

Burada

Y	Bağımlı değişken
$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$	Bağımsız değişken
β_0	Sabit değer
$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_n$	Regresyon katsayıları

olarak ifade edilmektedir.

Regresyon analizi sonucu elde edilen fonksiyon istatistiksel bir fonksiyon olduğundan her X değerine karşılık gelen Y değeri aynı olmayıp regresyon denklemi ile elde edilen değer etrafında yer alan ve normal dağılıma benzer dağılım gösteren değerleri içerebilmektedir. Bu nedenle regresyon analizi sonucunda bulunan denklemin geçerliliği belirli bir güven aralığında ifade edilmektedir (Zervent Ünal, 2007). Çalışmada kullanılan güven aralığı ise %95 ($\alpha=0.05$) olarak belirlenmiştir.

F- Testi

Normal dağılıma sahip iki kitlenin standart sapmalarının eşit olduğu hipoteze denilmektedir. Standart sapmaların eşit olması halinde iki kitle karşılaştırılabilmektedir.

p-değeri

H_0 : Model uygundur

H_1 : Model uygun değildir

Hipotezleri tanımlandığında H_0 hipotezinin reddedilmesini sağlayan en küçük anlamlılık seviyesine p-değeri denilmektedir (Montgomery, 2001). İstatistiksel değerlendirmede modelin ortaya çıkardığı parametrelerin modele olan katkısının anlamlı veya anlamsız olarak değerlendirilmesinde kullanılan bir değerdir.

ANOVA

Regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla kullanılan çizelgeye (tabloya) denilmektedir. Bu tabloda yer alan F-değeri modelin açıkladığı değişimin (modelin kareler toplamı) açıklanamayan değişime (hataların kareler toplamı) oranı olmaktadır. ANOVA tablosunda $p < 0.05$ olması durumunda kurulan modelin anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.

Korelasyon katsayısı olarak ifade edilen **R**, bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu değer -1...+1 arasında değişmekte olup bağımlı değişken ile bağımsız değişken arasında +1'e yakın bir korelasyon olması istenen bir durumdur.

R² ise kurulan modelde yer alan terimlerin (bağımsız değişkenlerin) bağımlı değişkeni ne kadar açıkladığını yüzde olarak ifade etmektedir. Her ne kadar **R²** modelin açıklanma yüzdesini ifade etse de modele katkısı olmayan terimlerin modelden çıkartılmasıyla daha doğru bir sonuç elde edilir. Elde edilen yeni **R²** değerine ise **düzeltilmiş R²** denilmektedir. **Tahmin Edilen R²** ise modelin yeni olayları tahmin edebilme yeteneğini gösteren bir değer olmaktadır.

PRESS değeri ise (Predicted Error Sum of Squares) modelin tahmin hatalarının bir ölçüsü olarak değerlendirilmektedir. Modelde seçilen bir deney noktası için tahmin edilen değer $\hat{y}_i$ olmak üzere o nokta için bulunan tahmin hatası $e = y_i - \hat{y}_i$ olarak bulunmaktadır. n tane ölçüm noktası için oluşan PRESS değeri ise

$$PRESS = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_i]^2$$

olmaktadır. Model seçilirken bu değerin küçük olması istenmektedir.

Uyum Eksikliği (Lack of Fit)

Seçilen modelin uygunluğunu belirlemek amacıyla yapılan teste uyum eksikliği denilmektedir.

H_0 : Model uygundur

H_1 : Model uygun değildir

Hipotezleri tanımlandığında elde edilen F-değeri F-tablosunda yer alan değerden büyükse H_0 hipotezi reddedilir. Bu durumda başka bir model seçilmelidir. Uyum eksikliğinin anlamlı olması istenmeyen bir durum olduğundan uyum eksikliği tablosunda en yüksek p-değerine sahip olan model seçilmelidir.

Artık Analizi

Regresyon analizi ile elde edilen modelin ortaya çıkardığı hata terimleri analiz edilerek modelin tahminlemede kullanılıp kullanılmayacağına karar verilir. Modelden elde edilen hataların dağılımı normal dağılıma uygun olmalıdır. Söz konusu hatalar normal dağılıma uygun bir dağılım gösteriyorsa oluşturulan model tahminlemede kullanılabilecektir.

3.2.5.2. Tepki Yüzeyi Metodu (Response Surface Methodology)

Tepki yüzeyi metodu çeşitli parametrelere bağlı olan bir problemin modellenmesinde matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin bir arada kullanılarak bu problemin analiz edilmesi ve optimizasyonunun yapılması şeklinde tarif edilmektedir (Montgomery, 2001). x_1 ve x_2 değişkenlerinin bulunduğu bir problemde çözüm

$$y = f(x_1, x_2) + \varepsilon$$

olmaktadır. Burada y, problemin çözümü olan tepki değeri iken ε çözümde oluşan hata miktarı olarak ifade edilmektedir. Tepki yüzeyi metodunda bağımsız değişkenler olan x_1 ve x_2 ile bağımlı değişken y arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilebilmesi için çeşitli istatistiksel modellerin kurulması gerekmektedir. Çalışmada yürütülen karışım deneylerine uygun istatistiksel model ise simpleks kafes tasarım adı verilen model olmaktadır.

3.2.5.3. Simpleks Kafes Tasarım

Karışım deneylerinde karışımın içerdiği bileşenler faktör olarak ele alınırken bu faktörler birbirinden bağımsız olmamaktadır. Başka bir ifade ile çalışmada iplik karışımındaki polyester ve viskon oranı bağımsız değişken olarak ifade edilirken polyester oranı ile viskon oranı birbirine bağlı olarak değişen faktörlerdir. Karışımındaki polyester oranı “P” ise viskon oranı $V=1-P$ olarak ifade edilmektedir. Karışımı oluşturan bileşenlerin oranı x_i ile ifade edilirse p adet karışım bileşeni için

$$0 < x_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

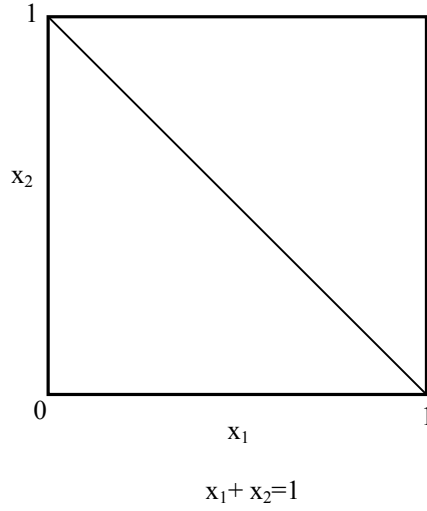
ve

$$x_1 + x_2 + \dots + x_p = 1 \quad (3.37)$$

olmaktadır. Simpleks modeller karışım bileşenlerinin tepki değişkenine olan etkisini incelemektedir. Çalışmada ise iki karışım bileşeni (polyester, viskon) ve bunların yedi değişik karışım oranları kullanılmıştır. Çalışmada iki adet karışım bileşeni kullanıldığından

$$x_1 + x_2 = 1 \quad (3.38)$$

olan simpleks kafes tasarım oluşturulmuştur. Şekil 3.25’te çalışmada kullanılan simpleks kafes tasarım gösterilmektedir.



Şekil 3.25. Çalışmada kullanılan simpleks kafes tasarım

Yaygın olarak kullanılan karışım modelleri lineer, kuadratik ve kübik olup aşağıda bu modeller gösterilmektedir.

Lineer

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i \quad (3.39)$$

Kuadratik

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j \quad (3.40)$$

Tam kübik

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum \sum_{i < j} \delta_{ij} x_i x_j (x_i - x_j) + \sum \sum \sum_{i < j < k} \beta_{ijk} x_i x_j x_k \quad (3.41)$$

Özel Kübik

$$E(y) = \sum_{i=1}^p \beta_i x_i + \sum \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum \sum \sum_{i < j < k} \beta_{ijk} x_i x_j x_k \quad (3.42)$$

Burada, β_i saf karışımlarda ($x_i=1$ ve $x_j=0$) beklenen tepki değerini vermektedir. $\sum_{i=1}^p \beta_i x_i$ lineer karışım için kullanılırken karışım bileşenleri arasında

etkileşim varsa tepki olarak nonlinear bir fonksiyondan kaynaklanan bir eğrilik durumu oluşur. Bu durumda β_{ij} karışımın tepki değişkenini olumlu ya da olumsuz olarak etkileyen bir parametre olmaktadır. Karışım deneylerinde karışımın genellikle kompleks yapıda olmasından dolayı genellikle yüksek dereceli kuadratik ve kübik modeller kullanılmaktadır.

Çalışmada ayrıca rotor hızı ve iplik numarası değişkenleri de kullanıldığından karışım*proses çapraz modeller oluşturulmuştur. Rotor hızı ve iplik numarası değişkenleri tam bağımsız değişkenler olup Design Expert paket programında Çapraz (crossed) menüsünden “User Defined” menüsü tıklandıktan sonra ilk olarak karışım oluşturan polyester ve viskon lifleri ve bunların karışım oranları programa girilmiştir. Daha sonra bağımsız değişkenler olan rotor hızı ve iplik numarası da programa girildikten sonra tepki değeri olarak deneysel çalışmalar sonucu elde edilen iplik özelliklerinin değerleri girilir. Program ile varyans analizi (ANOVA) yapılarak hangi modelin kullanılması gerektiği belirlendikten sonra oluşturulan modelden regresyon denklemi elde edilerek iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesi sağlanmıştır.

4. DENEYSEL BULGULAR

Çalışma kapsamında yedi değişik karışım oranında polyester/viskon şeritler elde edilerek seçilmiş bir rotor iplik makinasında dört farklı rotor hızında ve dört farklı numarada rotor iplikler üretilmiştir. Çalışmanın daha verimli olması ve sonuçların doğruluğunu artırmak amacıyla aynı üretim şartlarında üretim tekrarlanarak 2 adet replikasyon yapılmıştır. Netice olarak, çalışmada 112 farklı özellikte toplam 224 adet bobin üretilmiştir. Ayrıca, oluşturulan tahminleme modellerinin farklı bir işletmede üretilen iplik özelliklerini tahmin etme başarısı da ölçülmek istenmiştir. Bu amaçla, Matesa Tekstil A.Ş.'de üretilen ipliklere ek olarak Kıvanç Tekstil A.Ş.'de bulunan ve çalışmada kullanılan aynı marka open-end iplik eğirme makinasından geçmiş tarihlerde üretilmiş seçilmiş iplik özelliklerinin kayıtları alınarak bu bölümde verilmiştir.

Üretilen ipliklerin fiziksel özellikleri Materyal ve Metod bölümünde verilen çeşitli ölçme ve test yöntemleriyle tespit edilmiştir. Söz konusu fiziksel özellikler, iplik numarası, kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps), tüylülük testleri olarak sıralanmaktadır.

Çalışmada çok miktarda bobin üretildiğinden bobin özelliklerinin takibinin daha iyi yapılabilmesi amacıyla her bir bobine numara verilmiştir. Buna göre aynı özelliklerde üretilen iki adet bobine (replikasyon) aynı numara verilirken elde edilen bobinlerin özelliklerine göre numaralandırılması Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Çalışmada elde edilen bobinlerin özelliklerine göre numaralandırılması

Bobin sıra no	Karışım oranı (%)		İplik numarası		Rotor devri	Replikasyon
	Polyester	Viskon	Ne	Tex		
1	0	100	16	37	50000	2
2	20	80	16	37	50000	2
3	35	65	16	37	50000	2
4	50	50	16	37	50000	2
5	65	35	16	37	50000	2
6	80	20	16	37	50000	2
7	100	0	16	37	50000	2
8	0	100	20	30	50000	2
9	20	80	20	30	50000	2

Çizelge 4.1 (devamı)

Bobin sıra no	Karışım oranı (%)		İplik numarası		Rotor devri	Replikasyon
	Polyester	Viskon	Ne	Tex		
10	35	65	20	30	50000	2
11	50	50	20	30	50000	2
12	65	35	20	30	50000	2
13	80	20	20	30	50000	2
14	100	0	20	30	50000	2
15	0	100	24	25	50000	2
16	20	80	24	25	50000	2
17	35	65	24	25	50000	2
18	50	50	24	25	50000	2
19	65	35	24	25	50000	2
20	80	20	24	25	50000	2
21	100	0	24	25	50000	2
22	0	100	28	21	50000	2
23	20	80	28	21	50000	2
24	35	65	28	21	50000	2
25	50	50	28	21	50000	2
26	65	35	28	21	50000	2
27	80	20	28	21	50000	2
28	100	0	28	21	50000	2
29	0	100	16	37	60000	2
30	20	80	16	37	60000	2
31	35	65	16	37	60000	2
32	50	50	16	37	60000	2
33	65	35	16	37	60000	2
34	80	20	16	37	60000	2
35	100	0	16	37	60000	2
36	0	100	20	30	60000	2
37	20	80	20	30	60000	2
38	35	65	20	30	60000	2
39	50	50	20	30	60000	2
40	65	35	20	30	60000	2
41	80	20	20	30	60000	2
42	100	0	20	30	60000	2
43	0	100	24	25	60000	2
44	20	80	24	25	60000	2
45	35	65	24	25	60000	2
46	50	50	24	25	60000	2
47	65	35	24	25	60000	2
48	80	20	24	25	60000	2
49	100	0	24	25	60000	2
50	0	100	28	21	60000	2
51	20	80	28	21	60000	2
52	35	65	28	21	60000	2

Çizelge 4.1. (devamı)

Bobin sıra no	Karışım oranı (%)		İplik numarası		Rotor devri	Replikasyon
	Polyester	Viskon	Ne	Tex		
53	50	50	28	21	60000	2
54	65	35	28	21	60000	2
55	80	20	28	21	60000	2
56	100	0	28	21	60000	2
57	0	100	16	37	70000	2
58	20	80	16	37	70000	2
59	35	65	16	37	70000	2
60	50	50	16	37	70000	2
61	65	35	16	37	70000	2
62	80	20	16	37	70000	2
63	100	0	16	37	70000	2
64	0	100	20	30	70000	2
65	20	80	20	30	70000	2
66	35	65	20	30	70000	2
67	50	50	20	30	70000	2
68	65	35	20	30	70000	2
69	80	20	20	30	70000	2
70	100	0	20	30	70000	2
71	0	100	24	25	70000	2
72	20	80	24	25	70000	2
73	35	65	24	25	70000	2
74	50	50	24	25	70000	2
75	65	35	24	25	70000	2
76	80	20	24	25	70000	2
77	100	0	24	25	70000	2
78	0	100	28	21	70000	2
79	20	80	28	21	70000	2
80	35	65	28	21	70000	2
81	50	50	28	21	70000	2
82	65	35	28	21	70000	2
83	80	20	28	21	70000	2
84	100	0	28	21	70000	2
85	0	100	16	37	80000	2
86	20	80	16	37	80000	2
87	35	65	16	37	80000	2
88	50	50	16	37	80000	2
89	65	35	16	37	80000	2
90	80	20	16	37	80000	2
91	100	0	16	37	80000	2
92	0	100	20	30	80000	2
93	20	80	20	30	80000	2
94	35	65	20	30	80000	2
95	50	50	20	30	80000	2

Çizelge 4.1. (devamı)

Bobin sıra no	Karışım oranı (%)		İplik numarası		Rotor devri	Replikasyon
	Polyester	Viskon	Ne	Tex		
96	65	35	20	30	80000	2
97	80	20	20	30	80000	2
98	100	0	20	30	80000	2
99	0	100	24	25	80000	2
100	20	80	24	25	80000	2
101	35	65	24	25	80000	2
102	50	50	24	25	80000	2
103	65	35	24	25	80000	2
104	80	20	24	25	80000	2
105	100	0	24	25	80000	2
106	0	100	28	21	80000	2
107	20	80	28	21	80000	2
108	35	65	28	21	80000	2
109	50	50	28	21	80000	2
110	65	35	28	21	80000	2
111	80	20	28	21	80000	2
112	100	0	28	21	80000	2

4.1. İplik Numarası Ölçüm Sonuçları

Üretilen ipliklerin mukavemet testinden önce gerçek (reel) numaralarının belirlenmesi gerektiğinden iplik numarası ölçümü Zweigle L232 numara çıkırığında ölçülmüştür. Çizelge 4.2’de bobinlerin iplik numarası ölçüm sonuçları verilmektedir. Test sonuçlarında “Ne” olarak bulunan iplik numaralarının “tex” cinsinden değerleri de hesaplanarak çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.2. İplik numarası ölçüm sonuçları

Bobin no	Ölçüm Sayısı	İplik numarası		St.Sapma	CV(%)	Replikasyon
		Ne	Tex			
1	10	15.439	38.258	0.22	1.40	2
2	10	15.158	38.967	0.14	0.94	2
3	10	16.111	36.662	0.07	0.42	2
4	10	15.655	37.730	0.12	0.79	2
5	10	15.867	37.226	0.14	0.90	2
6	10	15.934	37.069	0.03	0.18	2
7	10	15.952	37.027	0.12	0.75	2

Çizelge 4.2. (devamı)

Bobin no	Ölçüm Sayısı	İplik numarası		St.Sapma	CV(%)	Replikasyon
		Ne	Tex			
8	10	19.457	30.357	0.31	1.60	2
9	10	19.202	30.760	0.08	0.40	2
10	10	20.028	29.492	0.05	0.26	2
11	10	19.480	30.321	0.16	0.82	2
12	10	19.715	29.960	0.15	0.77	2
13	10	19.977	29.567	0.06	0.29	2
14	10	19.623	30.100	0.12	0.60	2
15	10	23.858	24.757	0.05	0.21	2
16	10	23.708	24.914	0.08	0.33	2
17	10	24.594	24.016	0.21	0.85	2
18	10	23.993	24.618	0.25	1.06	2
19	10	24.203	24.404	0.16	0.65	2
20	10	24.281	24.326	0.07	0.30	2
21	10	23.921	24.692	0.17	0.73	2
22	10	27.906	21.166	0.18	0.66	2
23	10	27.418	21.543	0.18	0.66	2
24	10	28.194	20.950	0.11	0.38	2
25	10	27.914	21.160	0.32	1.14	2
26	10	28.330	20.849	0.11	0.38	2
27	10	28.223	20.928	0.23	0.81	2
28	10	27.859	21.202	0.24	0.84	2
29	10	15.409	38.332	0.07	0.47	2
30	10	15.162	38.957	0.12	0.77	2
31	10	15.998	36.921	0.07	0.43	2
32	10	15.526	38.043	0.13	0.82	2
33	10	15.717	37.581	0.11	0.70	2
34	10	15.905	37.137	0.05	0.32	2
35	10	15.629	37.793	0.12	0.74	2
36	10	19.234	30.709	0.23	1.19	2
37	10	19.204	30.757	0.12	0.65	2
38	10	20.001	29.532	0.11	0.57	2
39	10	19.542	30.225	0.13	0.65	2
40	10	19.773	29.872	0.03	0.17	2
41	10	19.837	29.776	0.12	0.59	2
42	10	19.555	30.205	0.15	0.79	2
43	10	23.756	24.864	0.13	0.56	2
44	10	23.489	25.146	0.11	0.48	2
45	10	24.491	24.117	0.13	0.55	2
46	10	23.809	24.808	0.17	0.71	2
47	10	24.189	24.419	0.05	0.20	2
48	10	24.196	24.411	0.10	0.40	2
49	10	23.767	24.852	0.10	0.40	2
50	10	27.887	21.180	0.09	0.32	2

Çizelge 4.2. (devamı)

Bobin no	Ölçüm Sayısı	İplik numarası		St.Sapma	CV(%)	Replikasyon
		Ne	Tex			
51	10	27.549	21.440	0.48	1.73	2
52	10	28.475	20.743	0.27	0.94	2
53	10	28.054	21.054	0.10	0.37	2
54	10	28.202	20.944	0.30	1.07	2
55	10	28.259	20.902	0.20	0.71	2
56	10	27.753	21.283	0.17	0.61	2
57	10	15.297	38.613	0.14	0.94	2
58	10	15.170	38.936	0.24	1.58	2
59	10	16.023	36.863	0.09	0.59	2
60	10	15.574	37.926	0.06	0.40	2
61	10	15.756	37.488	0.06	0.39	2
62	10	15.871	37.216	0.11	0.70	2
63	10	15.574	37.926	0.14	0.88	2
64	10	19.560	30.197	0.14	0.70	2
65	10	19.943	29.617	0.09	0.43	2
66	10	19.257	30.672	0.14	0.73	2
67	10	19.643	30.070	0.23	1.18	2
68	10	19.89	29.696	0.16	0.83	2
69	10	19.899	29.683	0.16	0.78	2
70	10	19.525	30.251	0.19	0.98	2
71	10	23.730	24.891	0.10	0.41	2
72	10	23.414	25.227	0.23	0.99	2
73	10	24.377	24.230	0.08	0.34	2
74	10	23.780	24.839	0.08	0.35	2
75	10	24.083	24.526	0.11	0.45	2
76	10	24.224	24.383	0.22	0.89	2
77	10	23.501	25.133	0.42	1.79	2
78	10	27.906	21.166	0.17	0.62	2
79	10	27.391	21.564	0.28	1.02	2
80	10	28.391	20.804	0.46	1.63	2
81	10	27.733	21.298	0.21	0.77	2
82	10	27.866	21.196	0.12	0.43	2
83	10	28.074	21.039	0.29	1.02	2
84	10	27.512	21.469	0.17	0.62	2
85	10	15.194	38.875	0.12	0.81	2
86	10	15.142	39.008	0.09	0.60	2
87	10	15.909	37.127	0.05	0.30	2
88	10	15.333	38.522	0.22	1.40	2
89	10	15.770	37.455	0.08	0.51	2
90	10	15.773	37.448	0.02	0.11	2
91	10	15.551	37.982	0.12	0.74	2
92	10	19.929	29.638	0.20	1.02	2
93	10	19.950	29.607	0.30	1.50	2

Çizelge 4.2. (devamı)

Bobin no	Ölçüm Sayısı	İplik numarası		St.Sapma	CV(%)	Replikasyon
		Ne	Tex			
94	10	20.125	29.350	0.06	0.28	2
95	10	19.650	30.059	0.09	0.45	2
96	10	20.125	29.350	0.09	0.46	2
97	10	19.859	29.743	0.11	0.53	2
98	10	19.342	30.538	0.22	1.13	2
99	10	23.726	24.895	0.13	0.54	2
100	10	23.279	25.373	0.35	1.49	2
101	10	24.239	24.368	0.15	0.62	2
102	10	23.671	24.953	0.06	0.26	2
103	10	23.916	24.697	0.14	0.60	2
104	10	24.043	24.567	0.17	0.69	2
105	10	23.456	25.182	0.21	0.91	2
106	10	27.909	21.164	0.20	0.71	2
107	10	27.393	21.562	0.21	0.78	2
108	10	28.262	20.899	0.16	0.56	2
109	10	27.630	21.377	0.26	0.94	2
110	10	28.076	21.038	0.26	0.93	2
111	10	27.906	21.166	0.18	0.66	2
112	10	27.502	21.477	0.12	0.42	2

4.2. Kopma Kuvveti Test Sonuçları

İplik kopma kuvvetinin ölçümünde, biri sabit biri hareketli iki çene arasına yerleştirilen ipliğe gittikçe artan bir kuvvet uygulanır. Bu kuvvetin etkisi ile iplikte bir miktar uzama görülür ve iplik yapısının dayanabileceği en son noktaya gelince iplik kopar. İpliğin koptuğu andaki kuvvet, kopma kuvveti olarak tanımlanır. Uster Tensorapid-3 cihazında kopma kuvveti gram olarak elde edilmektedir, ancak Çizelge 4.3’de çalışmada üretilen ipliklerin kopma kuvveti sonuçları centi-Newton (cN) cinsinden verilmektedir. Her bobin replikasyonu için 10’ar adet olmak üzere bir bobin türü için toplam 20 adet ölçüm yapılan çalışmada, her bir replikasyon için yapılan 10 adet testin ortalaması “Repl.-1” ve “Repl.-2” sütunlarında gösterilirken bu replikasyonların ortalaması ise “Ortalama” sütununda verilmiştir. Toplam 20 adet ölçümün standart sapması ve varyasyon katsayısı (CV%) da çizelgede ayrıca gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Kopma kuvveti testi sonuçları

Bobin No	Kopma kuvveti cN			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
1	460.52	427.68	444.1	45.7	10.09
2	494.94	504.26	499.6	37.8	7.42
3	535.84	553.36	544.6	41.7	7.5
4	615.47	628.93	622.2	44.2	6.97
5	687.45	655.95	671.7	53	7.75
6	743.83	766.77	755.3	52.2	6.78
7	824.94	819.66	822.3	66	7.87
8	341.57	357.43	349.5	22.8	6.4
9	387.75	389.85	388.8	33.8	8.52
10	430.71	419.89	425.3	35	8.07
11	493.76	493.04	493.4	38.9	7.74
12	524.07	528.53	526.3	40.8	7.6
13	599.68	555.72	577.7	55.2	9.37
14	694.31	657.29	675.8	75.2	10.92
15	253.60	269.80	261.7	20.6	7.7
16	312.54	312.06	312.3	32	10.06
17	330.29	319.91	325.1	27.6	8.33
18	350.20	386.20	368.2	38.4	10.22
19	390.99	418.01	404.5	43.2	10.48
20	469.84	469.76	469.8	40.8	8.51
21	500.63	559.77	530.2	66.9	12.39
22	214.67	213.93	214.3	17.1	7.82
23	253.50	249.30	251.4	21.3	8.31
24	302.73	286.27	294.5	31	10.32
25	313.71	314.69	314.2	27.2	8.5
26	341.08	351.72	346.4	42.2	11.94
27	365.98	398.62	382.3	43.1	11.05
28	439.73	454.07	446.9	38.6	8.47
29	453.46	441.14	447.3	33	7.23
30	504.75	541.25	523.0	40.3	7.56
31	550.55	155.85	353.2	51.1	9.12
32	611.15	633.05	622.1	62	7.78
33	749.42	709.18	729.3	66.3	8.92
34	759.43	767.77	763.6	67.6	8.69
35	879.26	832.54	855.9	60.5	6.93
36	348.14	347.26	347.7	23.1	6.52
37	404.82	397.18	401.0	33.3	8.15
38	436.89	426.31	431.6	36.6	8.31
39	491.71	490.09	490.9	41.5	8.29
40	533.29	563.31	548.3	58.6	10.49
41	586.14	610.66	598.4	47.5	7.79
42	671.17	672.23	671.7	44	6.43
43	264.19	258.01	261.1	31.7	11.9
44	312.24	290.56	301.4	27.2	8.86

Çizelge 4.3. (devamı)

Bobin No	Kopma kuvveti (cN)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
45	335.29	348.31	341.8	33.4	9.59
46	379.22	413.18	396.2	47.8	11.83
47	419.33	468.07	443.7	61.5	13.6
48	456.89	467.91	462.4	47.1	9.98
49	539.95	543.45	541.7	41.1	7.45
50	228.59	237.81	233.2	21.8	9.16
51	259.78	260.42	260.1	24.3	9.16
52	286.26	285.74	286.0	25.9	8.89
53	312.73	317.67	315.2	29.7	9.26
54	347.84	335.56	341.7	36.7	10.54
55	406.49	380.91	393.7	38.5	9.58
56	459.83	460.37	460.1	26.8	5.72
57	428.94	431.46	430.2	40.8	9.31
58	531.42	537.38	534.4	35.7	6.56
59	542.31	556.09	549.2	34.8	6.22
60	637.73	603.27	620.5	64.7	10.23
61	679.80	702.80	691.3	74.3	10.54
62	746.19	758.21	752.2	62.9	8.2
63	905.25	900.95	903.1	71.3	7.75
64	345.78	373.42	359.6	30.4	8.3
65	403.35	404.45	403.9	39.1	9.49
66	431.00	450.80	440.9	49.5	11.01
67	513.08	524.12	518.6	52.6	9.96
68	569.96	541.04	555.5	44.6	7.88
69	581.34	579.26	580.3	46.2	7.81
70	666.85	701.75	684.3	74.2	10.64
71	277.53	244.87	261.2	30.7	11.53
72	321.27	306.93	314.1	31.6	9.87
73	324.40	339.00	331.7	20.5	6.05
74	380.40	388.40	384.4	30.1	7.68
75	421.49	436.71	429.1	46.7	10.67
76	464.44	494.16	479.3	42.4	8.68
77	511.91	524.89	518.4	47.6	9
78	234.97	228.63	231.8	19.5	8.27
79	267.92	254.68	261.3	32.7	12.29
80	280.18	282.42	281.3	26.4	9.19
81	320.87	296.53	308.7	33.7	10.6
82	348.23	341.97	345.1	30.7	8.73
83	421.69	362.51	392.1	59	14.77
84	463.85	475.35	469.6	44.2	9.24
85	445.32	429.88	437.6	28.8	6.45
86	510.83	496.57	503.7	29.7	5.79
87	747.66	686.74	717.2	69.1	9.45
88	646.45	637.15	641.8	44	6.72

Çizelge 4.3. (devamı)

Bobin No	Kopma kuvveti (cN)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
89	719.71	714.09	716.9	58.3	7.97
90	846.71	809.69	828.2	64.6	7.65
91	814.34	790.46	802.4	83.8	10.25
92	350.59	354.01	352.3	39	10.86
93	395.50	402.10	398.8	37.7	9.27
94	425.51	439.29	432.4	41.8	9.49
95	523.28	506.12	514.7	39.2	7.47
96	528.77	526.83	527.8	66	12.27
97	599.28	591.12	595.2	65.2	10.75
98	625.96	657.84	641.9	65.7	10.05
99	284.20	270.60	277.4	25.8	9.11
100	318.72	295.88	307.3	29.4	9.38
101	351.08	354.12	352.6	24.7	6.86
102	419.92	400.48	410.2	34.6	8.27
103	397.17	390.83	394.0	33.4	8.31
104	436.00	459.00	447.5	39.1	8.57
105	507.40	514.60	511.0	57.2	10.98
106	215.06	216.74	215.9	23.1	10.49
107	252.52	266.08	259.3	25.5	9.65
108	287.63	280.37	284.0	20.6	7.12
109	330.97	307.63	319.3	27.4	8.42
110	345.88	346.32	346.1	41.2	11.68
111	381.48	411.72	396.6	39.2	9.71
112	453.66	436.74	445.2	38.8	8.55

4.3. Kopma Uzaması Test Sonuçları

Uster Tensorapid-3 cihazında uygulanan kuvvetin etkisi ile iplikte bir miktar uzama görülür. İpliğin koptuğu ana kadar oluşan uzama miktarının maksimum miktarına Kopma Uzaması adı verilir. Uzama “E” ile gösterilir ve % olarak ifade edilir [E: (Extension) Uzama]. Çizelge 4.4’te çalışmada üretilen ipliklere ait uzama test sonuçları verilmektedir. Her bobin replikasyonu için 10’ar adet olmak üzere bir bobin türü için toplam 20 adet ölçüm yapılmıştır ve her bir replikasyon için yapılan 10 adet testin ortalaması “Repl.-1” ve “Repl.-2” sütunlarında gösterilirken bu replikasyonların ortalaması ise “Ortalama” sütununda verilmiştir. Toplam 20 adet ölçümün standart sapması ve varyasyon katsayısı (CV%) da çizelgede ayrıca gösterilmektedir.

Çizelge 4.4. Uzama test sonuçları

Bobin No	Uzama E (%)			St.Sapma	CV(%)
	Repl-1	Repl-2	Ortalama		
1	14.30	13,64	13,97	1.03	7.4
2	13.77	14,05	13,91	0.96	6.9
3	13.69	14,05	13,87	0.61	4.41
4	14.08	13,94	14,01	0.81	5.82
5	13.61	13,05	13,33	0.74	5.53
6	13.49	13,73	13,61	0.63	4.62
7	12.98	12,82	12,9	0.74	5.75
8	13.05	13,55	13,3	0.85	6.38
9	12.94	13,08	13,01	0.97	7.42
10	13.06	13,06	13,06	0.86	6.6
11	13.18	12,98	13,08	0.72	5.49
12	12.43	12,75	12,59	0.67	5.34
13	13.05	12,45	12,75	0.8	6.3
14	12.73	12,45	12,59	0.81	6.44
15	12.17	12,41	12,29	0.98	8
16	12.83	12,59	12,71	1.07	8.4
17	12.40	12,28	12,34	0.82	6.61
18	12.03	12,79	12,41	0.87	7.02
19	11.98	12,46	12,22	1.04	8.53
20	12.64	12,60	12,62	0.63	4.98
21	11.82	12,36	12,09	0.71	5.92
22	12.15	12,21	12,18	1.27	10.45
23	12.29	12,31	12,3	0.82	6.67
24	12.81	12,51	12,66	0.74	5.87
25	12.29	12,37	12,33	0.7	5.69
26	11.69	11,83	11,76	0.9	7.66
27	11.67	12,03	11,85	0.89	7.53
28	11.78	11,88	11,83	0.67	5.67
29	13.85	13,47	13,66	0.82	6.03
30	13.20	13,58	13,39	0.85	6.32
31	13.16	13,18	13,17	1.03	7.85
32	12.69	13,11	12,9	0.88	6.8
33	13.17	13,17	13,17	0.56	4.24
34	12.85	12,87	12,86	0.81	6.28
35	13.06	12,32	12,69	0.75	5.9
36	12.57	13,11	12,84	0.9	7.04
37	12.76	12,10	12,43	0.89	7.15
38	12.23	12,41	12,32	0.88	7.13
39	12.55	12,31	12,43	0.78	6.26
40	12.06	12,60	12,33	0.93	7.57
41	12.34	12,24	12,29	0.79	6.46
42	11.94	12,14	12,04	0.6	5.02
43	12.23	12,05	12,14	1.47	12.13

Çizelge 4.4. (devamı)

Bobin No	Uzama E (%)			St.Sapma	CV(%)
	Repl-1	Repl-2	Ortalama		
44	12.19	10,77	11,48	1.18	10.25
45	12.00	12,06	12,03	0.87	7.22
46	11.89	12,67	12,28	1.09	8.87
47	11.64	12,44	12,04	1.09	9.09
48	11.75	11,95	11,85	0.79	6.68
49	11.87	11,95	11,91	0.64	5.35
50	11.75	12,07	11,91	1.27	10.63
51	12.01	11,97	11,99	1.03	8.6
52	11.45	11,65	11,55	0.83	7.16
53	11.52	12,00	11,76	0.86	7.35
54	11.46	11,22	11,34	0.97	8.6
55	11.57	11,45	11,51	0.77	6.71
56	11.67	11,69	11,68	0.49	4.21
57	13.28	13,36	13,32	0.95	7.13
58	13.08	13,58	13,33	0.8	6.03
59	12.82	12,82	12,82	0.64	4.99
60	12.93	12,83	12,88	0.84	6.49
61	12.32	12,52	12,42	0.95	7.66
62	12.89	12,63	12,76	0.78	6.09
63	12.54	12,70	12,62	0.67	5.27
64	12.15	12,83	12,49	1.05	8.39
65	12.43	12,23	12,33	0.89	7.19
66	11.88	12,48	12,18	0.85	7.01
67	12.48	12,54	12,51	0.86	6.83
68	12.18	11,78	11,98	0.74	6.16
69	11.85	11,95	11,9	0.58	4.89
70	11.43	12,11	11,77	0.66	5.61
71	12.15	10,77	11,46	1.25	10.95
72	12.24	11,66	11,95	1.08	9.08
73	11.42	11,78	11,6	0.64	5.49
74	11.66	11,68	11,67	0.58	4.99
75	11.18	11,74	11,46	0.94	8.19
76	11.89	11,89	11,89	0.73	6.16
77	11.40	11,52	11,46	0.64	5.6
78	11.07	12,09	11,58	1.38	11.95
79	11.79	11,39	11,59	1.21	10.48
80	11.28	11,34	11,31	0.89	7.87
81	11.38	11,28	11,33	1.02	9.01
82	11.05	10,95	11	0.73	6.67
83	11.31	10,69	11	0.99	8.97
84	11.69	11,63	11,66	0.63	5.37
85	12.87	13,05	12,96	0.81	6.21
86	12.65	12,27	12,46	0.63	5.08

Çizelge 4.4. (devamı)

Bobin No	Uzama E (%)			St.Sapma	CV(%)
	Repl-1	Repl-2	Ortalama		
87	12.10	11,32	11,71	0.75	6.41
88	12.68	12,38	12,53	0.63	4.99
89	12.28	12,46	12,37	0.82	6.65
90	12.05	11,43	11,74	0.73	6.21
91	11.65	11,71	11,68	0.88	7.57
92	11.18	11,92	11,55	1.46	12.63
93	11.04	11,42	11,23	1.02	9.09
94	11.43	11,41	11,42	0.79	6.93
95	11.62	11,72	11,67	0.77	6.56
96	11.62	11,14	11,38	0.86	7.54
97	11.86	11,32	11,59	1.03	8.88
98	10.74	11,12	10,93	1.08	9.91
99	11.56	11,34	11,45	1.05	9.17
100	11.42	11,12	11,27	0.97	8.58
101	11.34	11,70	11,52	0.9	7.83
102	11.69	10,85	11,27	0.78	6.88
103	10.37	10,77	10,57	0.61	5.73
104	10.83	10,99	10,91	0.58	5.36
105	11.10	10,70	10,9	0.96	8.77
106	10.54	11,20	10,87	1.32	12.11
107	10.74	11,32	11,03	0.96	8.74
108	11.04	11,28	11,16	0.62	5.58
109	11.46	10,70	11,08	0.77	6.91
110	10.64	10,34	10,49	0.78	7.44
111	10.93	11,17	11,05	0.68	6.16
112	11.48	10,18	10,83	0.96	8.88

4.4. Mukavemet Test Sonuçları

İplik mukavemeti, ölçülen kopma kuvvetinin iplik numarasına (lineer yoğunluğuna) oranı olarak ifade edilir ve ölçüm birimlerine göre Rkm (kgf*Nm), g/tex veya cN/tex şeklinde gösterilir. Uster Tensorapid-3 cihazında Rkm olarak elde edilen mukavemet değeri Çizelge 4.5’de cN/tex olarak gösterilmiştir. Her bobin replikasyonu için 10’ar adet olmak üzere bir bobin türü için toplam 20 adet ölçüm yapılmıştır. Replikasyonlarda elde edilen ortalama sonuçlar ve replikasyonların ortalamaları, standart sapma ve CV% değerleri toplu halde çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.5. Mukavemet test sonuçları

Bobin No	İplik mukavemeti (cN/tex)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
1	12.47	11.57	12.02	1.24	10.09
2	13.41	13.65	13.53	1.02	7.42
3	14.51	14.99	14.75	1.13	7.5
4	16.67	17.03	16.85	1.2	6.97
5	18.62	17.76	18.19	1.44	7.75
6	20.15	20.77	20.46	1.41	6.78
7	22.35	22.19	22.27	1.79	7.87
8	11.56	12.10	11.83	0.77	6.4
9	13.13	13.19	13.16	1.14	8.52
10	14.58	14.22	14.40	1.18	8.07
11	16.72	16.68	16.70	1.32	7.74
12	17.75	17.89	17.82	1.38	7.6
13	20.31	18.79	19.55	1.87	9.37
14	23.51	22.25	22.88	2.55	10.92
15	10.31	10.95	10.63	0.84	7.7
16	12.70	12.66	12.68	1.3	10.06
17	13.43	12.97	13.20	1.12	8.33
18	14.23	15.69	14.96	1.56	10.22
19	15.89	16.97	16.43	1.76	10.48
20	19.09	19.07	19.08	1.66	8.51
21	20.34	22.74	21.54	2.72	12.39
22	10.18	10.14	10.16	0.81	7.82
23	12.01	11.83	11.92	1.01	8.31
24	14.35	13.55	13.95	1.47	10.32
25	14.87	14.93	14.90	1.29	8.5
26	16.17	16.67	16.42	2	11.94
27	17.35	18.87	18.11	2.04	11.05
28	20.85	21.51	21.18	1.83	8.47
29	12.29	11.93	12.11	0.89	7.23
30	13.67	14.65	14.16	1.09	7.56
31	14.92	14.84	14.88	1.38	9.12
32	16.55	17.15	16.85	1.68	9.78
33	20.30	19.20	19.75	1.8	8.92
34	20.57	20.79	20.68	1.83	8.69
35	23.82	22.54	23.18	1.64	6.93
36	11.79	11.75	11.77	0.78	6.52
37	13.71	13.43	13.57	1.13	8.15
38	14.79	14.43	14.61	1.24	8.31
39	16.65	16.57	16.61	1.4	8.29
40	18.05	17.65	17.85	1.98	10.49
41	19.85	20.67	20.26	1.61	7.79
42	22.72	22.74	22.73	1.49	6.43
43	10.74	10.48	10.61	1.29	11.9
44	12.69	11.79	12.24	1.11	8.86

Çizelge 4.5. (devamı)

Bobin No	İplik mukavemeti (cN/tex)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
45	13.62	14.16	13.89	1.36	9.59
46	15.41	16.77	16.09	1.94	11.83
47	17.04	19.00	18.02	2.5	13.6
48	18.56	19.00	18.78	1.91	9.98
49	21.94	22.08	22.01	1.67	7.45
50	10.84	11.26	11.05	1.03	9.16
51	12.32	12.34	12.33	1.15	9.16
52	13.57	13.53	13.55	1.23	8.89
53	14.83	15.05	14.94	1.41	9.26
54	16.49	15.89	16.19	1.74	10.54
55	19.27	18.03	18.65	1.82	9.58
56	21.80	21.80	21.80	1.27	5.72
57	11.62	11.68	11.65	1.11	9.31
58	14.40	14.54	14.47	0.97	6.56
59	14.69	15.07	14.88	0.94	6.22
60	17.28	16.32	16.80	1.75	10.23
61	18.42	19.02	18.72	2.01	10.54
62	20.21	20.53	20.37	1.7	8.2
63	24.53	24.39	24.46	1.93	7.75
64	11.71	12.63	12.17	1.03	8.3
65	13.66	13.68	13.67	1.32	9.49
66	14.59	15.27	14.93	1.68	11.01
67	17.38	17.72	17.55	1.78	9.96
68	19.48	18.14	18.81	1.51	7.88
69	19.68	19.60	19.64	1.56	7.81
70	22.63	23.69	23.16	2.51	10.64
71	11.28	9.94	10.61	1.25	11.53
72	13.05	12.47	12.76	1.28	9.87
73	13.18	13.76	13.47	0.83	6.05
74	15.46	15.76	15.61	1.22	7.68
75	17.12	17.74	17.43	1.9	10.67
76	18.87	20.07	19.47	1.72	8.68
77	20.80	21.30	21.05	1.93	9
78	11.14	10.82	10.98	0.93	8.27
79	12.70	12.08	12.39	1.55	12.29
80	13.28	13.38	13.33	1.25	9.19
81	15.21	14.05	14.63	1.58	10.6
82	16.50	16.22	16.36	1.46	8.73
83	19.99	17.17	18.58	2.8	14.77
84	21.99	22.51	22.25	2.1	9.24
85	12.06	11.64	11.85	0.78	6.45
86	13.84	13.44	13.64	0.81	5.79
87	20.25	18.61	19.43	1.87	9.45
88	17.51	17.25	17.38	1.19	6.72

Çizelge 4.5. (devamı)

Bobin No	İplik mukavemeti (cN/tex)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
89	19.50	19.34	19.42	1.58	7.97
90	22.94	21.92	22.43	1.75	7.65
91	22.06	21.40	21.73	2.27	10.25
92	11.87	11.97	11.92	1.32	10.86
93	13.40	13.60	13.50	1.28	9.27
94	14.41	14.87	14.64	1.42	9.49
95	17.72	17.14	17.43	1.33	7.47
96	17.91	17.83	17.87	2.23	12.27
97	20.29	19.99	20.14	2.21	10.75
98	21.20	22.24	21.72	2.23	10.05
99	11.54	11.00	11.27	1.05	9.11
100	12.94	12.02	12.48	1.19	9.38
101	14.27	14.37	14.32	1	6.86
102	17.06	16.26	16.66	1.4	8.27
103	16.14	15.86	16.00	1.36	8.31
104	17.72	18.64	18.18	1.59	8.57
105	20.61	20.89	20.75	2.32	10.98
106	10.20	10.26	10.23	1.09	10.49
107	11.97	12.61	12.29	1.21	9.65
108	13.63	13.27	13.45	0.98	7.12
109	15.69	14.57	15.13	1.3	8.42
110	16.40	16.42	16.41	1.95	11.68
111	18.08	19.50	18.79	1.86	9.71
112	21.51	20.67	21.09	1.84	8.55

4.5. Kopma İşi Test Sonuçları

Kuvvet-uzama (F-E) eğrisinin altında kalan alan, malzemeyi koparmak için harcanan enerjiyi, diğer bir ifadeyle kopma işi'ni verir. Kopma işi ise, ipliğin ani bir çekme veya ani yüklemelere karşı dayanabilme kabiliyeti ve malzemenin sağlamlığı hakkında bilgi vermektedir. Çizelge 4.6'da ipliklerin kopma işi test sonuçları verilmektedir. Uster Tensorapid-3 cihazında gf*cm olarak elde edilen kopma işi değeri çizelgede cN*cm olarak gösterilmiştir. Her bobin replikasyonu için 10'ar adet olmak üzere bir bobin türü için toplam 20 adet ölçüm yapılmıştır. Replikasyonlarda elde edilen ortalama sonuçlar ve replikasyonların ortalamaları, standart sapma ve CV% değerleri toplu halde çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.6. Kopma işi test sonuçları

Bobin No	Kopma işi (cN*cm)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
1	1952.01	1774.59	1863,3	275.9	14.52
2	1908.86	1985.74	1947,3	254.9	12.84
3	1960.25	2055.75	2008,0	219.3	10.71
4	2215.91	2220.89	2218,4	255.7	11.3
5	2292.60	2107.60	2200,1	285.9	12.75
6	2401.16	2529.64	2465,4	264.3	10.51
7	2476.87	2439.33	2458,1	327.7	13.07
8	1376.66	1468.74	1422,7	160	11.07
9	1429.91	1457.49	1443,7	200.4	13.61
10	1515.62	1483.38	1499,5	199.9	13.07
11	1671.15	1648.85	1660,0	195.4	11.54
12	1623.39	1676.61	1650,0	204	12.18
13	1901.61	1691.99	1796,8	261	14.24
14	2027.82	1929.78	1978,8	301.1	14.92
15	951.44	1028.36	989,9	131.6	13.04
16	1136.79	1136.61	1136,7	188.4	16.26
17	1117.47	1075.13	1096,3	145.7	13.04
18	1097.56	1267.24	1182,4	179.7	14.91
19	1183.47	1294.93	1239,2	209.3	16.56
20	1438.05	1435.55	1436,8	178.4	12.18
21	1394.51	1620.09	1507,3	262.3	17.06
22	803.16	805.44	804,3	124.6	15.19
23	899.66	877.74	888,7	118	13.02
24	1038.33	968.07	1003,2	148.1	14.47
25	1005.87	996.93	1001,4	131.5	12.88
26	1008.42	1037.38	1022,9	175.1	16.79
27	1050.78	1173.82	1112,3	188.7	16.63
28	1223.77	1266.83	1245,3	149.9	11.8
29	1419.02	2311.18	1865,1	218	11.46
30	1910.73	2090.07	2000,4	248.6	12.19
31	1969.57	1974.63	1972,1	309.7	15.4
32	2022.92	2134.08	2078,5	320.2	15.11
33	1467.17	3314.43	2390,8	278.2	11.41
34	2387.92	2411.68	2399,8	329.3	13.46
35	2696.63	2438.37	2567,5	309.1	11.81
36	1368.71	1409.09	1388,9	168.1	11.87
37	1503.65	1413.95	1458,8	191	12.84
38	1485.32	1480.88	1483,1	193.2	12.78
39	1432.65	1790.35	1611,5	214.2	13.03
40	1652.62	1802.98	1727,8	284.9	16.17
41	1816.98	1856.82	1836,9	228.8	12.21
42	1926.22	1943.58	1934,9	197.3	10
43	1009.10	983.50	996,3	213.3	21

Çizelge 4.6. (devamı)

Bobin No	Kopma işi (cN*cm)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
44	1112.47	936.93	1024,7	167.1	15.99
45	1118.15	1169.85	1144,0	175.7	15.06
46	1190.63	1369.37	1280,0	241.1	18.47
47	1265.55	1476.65	1371,1	281.1	20.11
48	1343.31	1391.29	1367,3	202.1	14.5
49	1522.68	1561.52	1542,1	183.3	11.66
50	849.06	893.34	871,2	152.8	17.2
51	909.76	908.44	909,1	139.9	15.09
52	921.73	928.07	924,9	134.8	14.3
53	954.97	1003.43	979,2	144.4	14.46
54	1021.85	975.75	998,8	173.4	17.03
55	1173.17	1093.03	1133,1	163.9	14.19
56	1287.61	1272.79	1280,2	114.5	8.77
57	1743.72	1780.68	1762,2	259.1	14.42
58	2009.87	2075.93	2042,9	230.8	11.08
59	1916.12	1955.68	1935,9	181.6	9.2
60	2167.66	2025.14	2096,4	324.3	15.17
61	2144.32	2234.48	2189,4	344.8	15.45
62	2383.02	2376.78	2379,9	327.7	13.51
63	2687.22	2730.18	2708,7	310.2	11.23
64	1338.51	1485.69	1412,1	199.9	13.88
65	1476.39	1466.21	1471,3	213.3	14.21
66	1458.15	1562.85	1510,5	231.8	15.05
67	1701.75	1753.85	1727,8	271.3	15.4
68	1800.11	1662.49	1731,3	213.3	12.08
69	1745.68	1763.72	1754,7	201.6	11.27
70	1876.21	2065.19	1970,7	302.8	15.07
71	1069.61	853.79	961,7	193.2	19.7
72	1158.07	1066.13	1112,1	184.6	16.28
73	1051.17	1125.83	1088,5	111.2	10.02
74	1187.00	1218.80	1202,9	135.6	11.05
75	1241.33	1334.27	1287,8	225.4	17.17
76	1397.74	1486.66	1442,2	195.6	13.3
77	1438.24	1472.16	1455,2	183.6	12.37
78	838.27	864.73	851,5	141.6	16.31
79	936.44	863.36	899,9	184.3	20.08
80	899.47	907.73	903,6	139.8	15.18
81	985.18	900.42	942,8	168.1	17.48
82	1006.95	988.45	997,7	137.3	13.5
83	1217.40	1005.60	1111,5	231.2	20.4
84	1315.17	1347.03	1331,1	175.2	12.91
85	1791.38	1740.62	1766,0	183.3	10.18
86	1897.19	1801.61	1849,4	176.4	9.35

Çizelge 4.6. (devamı)

Bobin No	Kopma işi (cN*cm)			St.Sapma	CV(%)
	Repl.-1	Repl.-2	Ortalama		
87	2302.21	2018.79	2160,5	313.2	14.22
88	2191.20	2118.20	2154,7	228.2	10.39
89	2302.99	2304.41	2303,7	302.5	12.88
90	2509.13	2323.07	2416,1	304.1	12.34
91	2362.42	2298.58	2330,5	393.2	16.55
92	1276.92	1339.08	1308,0	271.9	20.39
93	1341.26	1393.94	1367,6	220.5	15.81
94	1408.63	1431.97	1420,3	201.8	13.94
95	1670.76	1619.44	1645,1	208.6	12.44
96	1629.96	1577.84	1603,9	293.5	17.95
97	1945.35	1662.25	1803,8	319.4	17.37
98	1721.26	1853.94	1787,6	317.7	17.43
99	1062.06	993.94	1028,0	163.2	15.57
100	115.62	1974.18	1044,9	164.8	15.46
101	1142.38	1180.82	1161,6	151.1	12.76
102	1343.61	1213.59	1278,6	167.4	12.84
103	1119.63	1121.57	1120,6	127	11.11
104	1248.48	1325.32	1286,9	166.9	12.72
105	1431.18	1411.42	1421,3	263.4	18.17
106	739.03	773.77	756,4	156.1	20.24
107	822.78	900.82	861,8	134.7	15.33
108	906.13	899.07	902,6	94.8	10.3
109	1027.83	909.77	968,8	129.9	13.15
110	987.63	971.37	979,5	161.2	16.14
111	1087.26	1187.74	1137,5	153.9	13.27
112	1291.44	1173.76	1232,6	176.4	14.03

4.6. Düzgünsüzlük, İplik Hataları ve Tüylülük Test Sonuçları

Kapasitif ölçme sensörü ve optik sensör kullanarak düzgünsüzlüğü ve iplik hatalarını tespit eden Uster Tester-4 test cihazı ile yapılan düzgünsüzlük (CVm%), ince yer hatası (-50%), kalın yer hatası (+50%) ve neps (+280%) ve tüylülük sonuçları Çizelge 4.7’de verilmektedir. Test cihazı her bir replikasyon bobinine 5 test yaparak bir bobin türüne toplam 10 ölçüm uygulamıştır. Çizelgede R.-1 ve R.-2 replikasyonlarda elde edilen ortalama sonuçları gösterirken bu replikasyonların ortalamaları da her bir iplik özelliği için ayrıca gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan

polyester lifi beyaz, viskon lifi ise siyah renklidir. Tüylülük testleri, Uster Tester-4'e entegre edilmiş optik sensör vasıtasıyla gerçekleştirildiğinden cihazda siyah renk tam olarak görülememektedir. Bu nedenle karışımdaki viskon oranı arttığında tüylülük sonuçlarının düşük çıktığı dikkati çekmektedir.

Çizelge 4.7. Düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük test sonuçları

Bobin no	CVm%			İnce yer (-50%)			Kalın yer (+50%)			Neps (+280)			Tüylülük (H)		
	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.
1	14.06	13.92	13.99	0.00	7.60	3.80	35.00	15.00	25.00	2.50	5.10	3.8	1.06	1.02	1.04
2	13.69	13.43	13.56	1.67	0.93	1.30	23.33	17.47	20.40	0.00	1.60	0.8	1.55	1.41	1.48
3	13.77	13.73	13.75	7.50	4.10	5.80	30.00	25.80	27.90	14.17	1.63	7.9	1.90	2.06	1.98
4	13.42	13.62	13.52	0.80	0.00	0.40	24.17	22.43	23.30	1.67	0.93	1.3	2.89	2.85	2.87
5	13.93	13.15	13.54	3.33	1.67	2.50	35.83	23.37	29.60	2.50	0.10	1.3	3.66	3.50	3.58
6	12.99	13.15	13.07	2.50	2.50	2.50	21.67	18.33	20.00	1.67	2.53	2.1	4.18	4.24	4.21
7	12.69	12.47	12.58	1.67	0.93	1.30	8.33	10.07	9.20	1.60	0.00	0.8	6.49	6.47	6.48
8	14.48	14.28	14.38	17.50	7.50	12.50	60.00	37.60	48.80	0.00	5.00	2.5	1.20	1.10	1.15
9	14.12	14.36	14.24	5.00	8.40	6.70	43.33	45.87	44.60	4.17	2.43	3.3	1.31	1.41	1.36
10	14.33	14.15	14.24	11.67	5.93	8.80	38.33	30.87	34.60	1.67	2.53	2.1	1.91	1.85	1.88
11	14.05	14.21	14.13	6.67	9.93	8.30	36.67	29.13	32.90	0.83	1.77	1.3	2.67	2.71	2.69
12	14.35	13.77	14.06	10.83	3.37	7.10	35.00	30.00	32.50	2.50	0.90	1.7	3.45	3.37	3.41
13	14.23	13.75	13.99	9.17	12.43	10.80	50.83	29.97	40.40	2.50	1.70	2.1	3.00	5.04	4.02
14	13.24	13.80	13.52	6.67	7.53	7.10	14.17	15.03	14.60	0.83	2.57	1.7	5.88	5.92	5.9
15	15.07	14.77	14.92	7.50	12.50	10.00	80.00	75.00	77.50	17.50	5.10	11.3	1.16	1.08	1.12
16	14.67	14.67	14.67	12.50	11.70	12.10	65.00	53.40	59.20	0.83	5.77	3.3	1.36	1.30	1.33
17	14.81	15.25	15.03	18.33	23.27	20.80	71.67	80.93	76.30	1.67	19.13	10.4	1.80	1.70	1.75
18	14.66	14.58	14.62	9.17	10.03	9.60	61.67	61.73	61.70	1.67	0.93	1.3	2.54	2.68	2.61
19	15.32	14.64	14.98	22.50	25.90	24.20	79.17	45.83	62.50	5.00	0.80	2.9	3.23	3.25	3.24
20	14.49	14.57	14.53	23.33	10.87	17.10	44.17	43.43	43.80	1.67	0.93	1.3	3.73	3.75	3.74
21	14.03	14.07	14.05	15.00	11.60	13.30	23.33	24.27	23.80	2.50	5.90	4.2	5.74	5.68	5.71
22	15.60	15.54	15.57	52.50	62.50	57.50	75.00	85.00	80.00	7.50	10.10	8.8	1.10	1.14	1.12
23	15.19	15.45	15.32	29.17	29.23	29.20	86.67	104.13	95.40	14.17	8.43	11.3	1.22	1.28	1.25
24	15.46	15.32	15.39	29.17	43.43	36.30	81.67	89.93	85.80	8.33	11.67	10	1.96	1.82	1.89
25	15.25	15.35	15.30	22.50	25.10	23.80	71.67	79.93	75.80	5.00	4.20	4.6	2.61	2.45	2.53
26	15.53	15.79	15.66	38.33	29.27	33.80	77.50	95.10	86.30	6.67	7.53	7.1	3.04	3.04	3.04
27	15.34	15.26	15.30	20.83	33.37	27.10	61.67	59.13	60.40	5.83	7.57	6.7	3.52	3.54	3.53
28	14.73	21.05	17.89	24.17	31.63	27.90	37.50	56.70	47.10	5.83	15.77	10.8	5.43	5.29	5.36
29	14.76	14.38	14.57	12.50	12.50	12.50	52.50	60.10	56.30	5.00	5.00	5	1.16	1.20	1.18
30	13.40	14.24	13.82	5.00	5.00	5.00	20.00	44.20	32.10	0.80	0.00	0.4	1.34	1.42	1.38
31	13.29	13.39	13.34	1.67	1.73	1.70	26.67	16.73	21.70	0.83	0.77	0.8	1.84	1.84	1.84
32	13.90	13.60	13.75	1.67	0.93	1.30	33.33	25.87	29.60	0.00	4.20	2.1	2.55	2.59	2.57
33	13.32	14.00	13.66	0.83	8.37	4.60	27.50	35.90	31.70	0.00	1.60	0.8	3.15	3.27	3.21
34	13.66	13.38	13.52	8.33	3.27	5.80	38.33	32.47	35.40	0.00	0.80	0.4	3.83	3.83	3.83
35	13.18	13.30	13.24	5.00	4.20	4.60	18.33	30.07	24.20	3.33	4.27	3.8	5.82	5.78	5.8
36	14.78	14.82	14.80	30.00	22.60	26.30	47.50	52.50	50.00	5.00	2.60	3.8	1.14	1.10	1.12
37	14.41	14.03	14.22	15.00	7.60	11.30	43.33	26.67	35.00	0.00	0.80	0.4	1.25	1.17	1.21
38	14.30	14.24	14.27	9.17	9.23	9.20	40.83	43.37	42.10	0.00	2.60	1.3	1.72	1.74	1.73
39	14.38	14.70	14.54	12.50	16.70	14.60	72.50	48.30	60.40	2.50	0.00	1.3	2.45	2.45	2.45
40	14.42	14.32	14.37	13.33	10.87	12.10	52.50	56.70	54.60	0.83	2.57	1.7	3.08	3.02	3.05
41	14.07	14.49	14.23	3.33	8.27	5.80	39.17	52.43	45.80	0.00	1.60	0.8	3.52	3.56	3.54
42	13.42	13.80	13.61	7.50	10.10	8.80	19.17	28.43	23.80	3.33	4.27	3.8	5.22	5.32	5.27

Çizelge 4.7. (devamı)

Bobin no	CVm%			İnce yer (-50%)			Kalın yer (+50%)			Neps (+280)			Tüylülük (H)		
	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.
43	15.35	15.17	15.26	50.00	37.60	43.80	90.00	120.00	105.00	20.00	10.00	15	1.00	1.04	1.02
44	15.03	14.43	14.73	18.33	15.87	17.10	77.50	40.90	59.20	7.50	1.70	4.6	1.22	1.18	1.2
45	14.60	14.82	14.71	15.83	18.37	17.10	58.33	57.47	57.90	5.83	1.77	3.8	1.50	1.60	1.55
46	15.09	15.05	15.07	21.67	17.53	19.60	105.00	77.60	91.30	10.00	4.20	7.1	2.41	2.27	2.34
47	14.91	15.55	15.23	14.17	33.43	23.80	83.33	103.27	93.30	5.83	2.57	4.2	2.93	2.89	2.91
48	15.03	14.67	14.85	25.00	10.80	17.90	83.33	72.47	77.90	2.50	5.90	4.2	3.37	3.33	3.35
49	14.26	14.36	14.31	23.33	26.67	25.00	43.33	34.27	38.80	5.00	5.00	5	4.98	4.88	4.93
50	15.98	15.66	15.82	102.50	50.10	76.30	202.50	122.50	162.50	35.00	7.60	21.3	1.00	1.04	1.02
51	15.34	15.56	15.45	37.50	34.10	35.80	82.50	95.10	88.80	5.83	4.17	5	1.16	1.18	1.17
52	15.45	15.53	15.49	39.17	39.23	39.20	96.67	110.93	103.80	4.17	6.63	5.4	1.58	1.68	1.63
53	15.86	15.70	15.78	50.00	50.80	50.40	141.67	123.33	132.50	19.17	6.63	12.9	2.39	2.19	2.29
54	15.92	15.76	15.84	40.83	44.97	42.90	136.67	135.93	136.30	5.00	8.40	6.7	2.74	2.78	2.76
55	15.54	15.48	15.51	39.17	44.23	41.70	89.17	117.43	103.30	7.50	10.10	8.8	3.20	3.20	3.2
56	14.14	16.22	15.18	17.50	77.50	47.50	50.83	60.83	55.83	4.17	4.15	4.16	3.59	5.91	4.75
57	14.26	14.86	14.56	5.00	17.60	11.30	45.00	25.00	35.00	12.50	7.50	10	1.00	1.04	1.02
58	13.89	13.49	13.69	5.83	2.57	4.20	40.83	23.37	32.10	0.00	0.00	0	1.32	1.28	1.3
59	13.17	13.25	13.21	2.50	0.90	1.70	15.00	20.80	17.90	0.00	0.00	0	1.61	1.73	1.67
60	13.63	13.97	13.80	0.83	5.77	3.30	39.00	41.80	40.40	3.33	0.07	1.7	2.48	2.46	2.47
61	13.56	13.92	13.74	3.33	2.47	2.90	41.67	47.53	44.60	0.00	4.20	2.1	3.14	3.18	3.16
62	13.52	13.76	13.64	5.83	4.17	5.00	42.50	37.50	40.00	1.67	1.73	1.7	3.65	3.67	3.66
63	13.61	13.25	13.43	9.17	4.23	6.70	30.83	24.97	27.90	3.33	2.47	2.9	5.59	5.63	5.61
64	14.90	15.02	14.96	42.50	25.10	33.80	87.50	52.50	70.00	15.00	0.00	7.5	1.00	1.04	1.02
65	14.05	14.63	14.34	4.17	13.43	8.80	34.17	63.43	48.80	2.50	2.50	2.5	1.19	1.23	1.21
66	14.15	14.09	14.12	10.00	10.80	10.40	40.00	38.40	39.20	0.83	3.37	2.1	1.64	1.74	1.69
67	14.60	14.34	14.47	8.33	9.27	8.80	59.17	50.03	54.60	6.60	0.00	3.3	2.39	2.17	2.28
68	14.80	14.38	14.59	8.33	10.87	9.60	80.83	51.77	66.30	3.33	1.67	2.5	2.92	2.84	2.88
69	14.42	14.72	14.57	14.17	12.43	13.30	60.83	67.57	64.20	2.50	2.50	2.5	3.41	3.37	3.39
70	14.07	13.47	13.77	10.00	10.00	10.00	41.67	16.73	29.20	1.67	0.93	1.3	5.11	5.11	5.11
71	15.73	15.29	15.51	62.50	40.10	51.30	135.00	100.00	117.50	17.50	2.50	10	1.00	1.04	1.02
72	14.43	14.79	14.61	9.17	12.43	10.80	54.17	68.43	61.30	5.83	4.17	5	1.09	1.17	1.13
73	14.37	14.83	14.60	16.67	20.93	18.80	45.00	59.20	52.10	5.83	4.17	5	1.50	1.56	1.53
74	15.17	15.27	15.22	21.67	23.33	22.50	108.33	129.27	118.80	2.50	20.90	11.7	2.21	2.35	2.28
75	15.58	15.20	15.39	40.00	23.40	31.70	116.67	99.93	108.30	2.50	10.90	6.7	2.72	2.78	2.75
76	15.01	15.11	15.06	29.17	23.43	26.30	90.00	85.80	87.90	11.67	3.33	7.5	3.24	3.24	3.24
77	14.52	14.72	14.62	20.00	30.00	25.00	47.50	43.30	45.40	2.50	2.50	2.5	4.77	4.79	4.78
78	16.20	16.00	16.10	120.00	95.00	107.50	120.00	142.60	131.30	30.00	22.60	26.3	1.00	1.04	1.02
79	15.29	15.59	15.44	33.33	40.07	36.70	79.17	106.63	92.90	4.17	10.03	7.1	1.11	1.13	1.12
80	15.71	15.47	15.59	42.50	55.10	48.80	130.00	80.80	105.40	15.83	7.57	11.7	1.62	1.48	1.55
81	15.81	16.03	15.92	38.33	41.67	40.00	137.50	165.90	151.70	13.33	15.07	14.2	2.09	2.27	2.18
82	16.04	15.90	15.97	48.33	45.07	46.70	156.67	124.93	140.80	8.33	5.87	7.1	2.64	2.68	2.66
83	15.54	16.08	15.81	40.00	67.60	53.80	108.33	124.27	116.30	4.17	6.63	5.4	3.06	3.04	3.05
84	15.65	15.95	15.80	62.50	70.10	66.30	69.17	73.33	71.3	1.67	8.33	5	4.55	4.61	4.58
85	14.68	12.32	13.50	12.50	14.90	13.80	72.50	15.10	43.80	2.50	5.10	3.8	1.00	1.04	1.02
86	14.94	13.38	14.16	6.67	1.73	4.20	81.67	23.33	52.50	3.33	0.87	2.1	1.28	1.18	1.23
87	13.57	13.61	13.59	1.67	4.13	2.90	32.50	35.90	34.20	0.00	0.80	0.4	1.66	1.66	1.66
88	14.01	14.35	14.18	4.17	8.43	6.30	61.67	61.73	61.70	5.00	4.20	4.6	2.97	1.95	2.46
89	14.13	14.39	14.26	11.67	11.73	11.70	55.00	55.00	55.00	4.17	1.63	2.9	3.09	3.07	3.08
90	14.32	14.02	14.17	10.83	9.17	10.00	60.00	67.60	63.80	5.83	2.57	4.2	3.61	3.57	3.59
91	13.82	13.60	13.71	8.33	4.87	6.60	22.50	80.70	51.60	0.83	9.17	5	5.89	4.93	5.41
92	15.26	15.44	15.35	27.50	32.50	30.00	90.00	130.00	110.00	12.50	20.10	16.3	1.00	1.04	1.02

Çizelge 4.7. (devamı)

Bobin no	CVm%			İnce yer (-50%)			Kalın yer (+50%)			Neps (+280)			Tüylülük (H)		
	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.	R.-1	R.-2	Ort.
93	14.55	15.17	14.86	12.50	21.70	17.10	62.50	100.10	81.30	6.67	3.33	5	1.22	1.16	1.19
94	14.56	14.74	14.65	11.67	14.13	12.90	60.00	82.60	71.30	2.50	1.70	2.1	1.52	1.56	1.54
95	14.85	14.99	14.92	15.83	16.77	16.30	94.17	90.83	92.50	8.33	8.27	8.3	2.19	2.11	2.15
96	15.09	14.85	14.97	25.00	16.60	20.80	82.50	90.10	86.30	4.17	2.43	3.3	2.77	2.99	2.88
97	14.65	15.03	14.84	13.33	20.87	17.10	83.33	65.87	74.60	1.67	4.93	3.3	3.27	3.27	3.27
98	14.34	14.48	14.41	17.50	24.10	20.80	40.83	54.17	47.50	3.33	4.27	3.8	4.98	4.98	4.98
99	15.75	16.01	15.88	47.50	85.10	66.30	117.50	175.10	146.30	17.50	57.50	37.5	1.00	1.04	1.02
100	14.56	15.56	15.06	15.83	47.57	31.70	66.67	126.73	96.70	4.17	13.43	8.8	1.17	1.11	1.14
101	14.87	15.37	15.12	20.83	34.97	27.90	67.50	123.30	95.40	6.67	9.93	8.3	1.43	1.55	1.49
102	15.96	16.14	16.05	57.50	58.30	57.90	165.83	216.77	191.30	12.50	42.50	27.5	2.01	2.17	2.09
103	15.48	15.84	15.66	34.17	48.43	41.30	129.17	164.23	146.70	7.50	7.50	7.5	2.52	2.58	2.55
104	15.65	15.45	15.55	36.67	39.93	38.30	116.67	100.93	108.80	4.17	6.63	5.4	2.99	3.05	3.02
105	14.93	15.15	15.04	40.00	35.80	37.90	73.33	64.27	68.80	4.17	3.43	3.8	4.63	4.67	4.65
106	16.58	16.98	16.78	100.00	127.60	113.80	202.50	295.10	248.80	50.00	82.60	66.3	1.05	0.85	0.95
107	16.09	15.69	15.89	60.83	47.57	54.20	159.83	132.77	146.30	13.33	12.47	12.9	1.09	1.05	1.07
108	15.88	16.44	16.16	58.33	79.27	68.80	125.83	209.17	167.50	13.33	28.27	20.8	1.42	1.50	1.46
109	16.78	16.46	16.62	80.83	66.77	73.80	294.17	194.23	244.20	67.50	14.10	40.8	2.10	1.92	2.01
110	16.53	16.29	16.41	70.83	66.77	68.80	194.00	204.40	199.20	11.67	9.93	10.8	2.45	2.47	2.46
111	16.21	16.47	16.34	73.33	96.67	85.00	150.83	224.17	187.50	5.83	19.17	12.5	2.98	2.84	2.91
112	16.25	16.13	16.19	91.67	89.93	90.80	99.17	96.63	97.90	4.17	10.03	7.1	4.38	4.42	4.4

4.7. Tahminleme Modellerinin Denenmesi İçin Üretilen İplik Özellikleri

Yukarıda çizelgeler halinde verilen iplik özellikleri ile YSA ve istatistiksel tahminleme modelleri oluşturularak, bu iplik özellikleri için modellerin test edilmesi sağlanacaktır. Ancak, bu modeller kullanılarak farklı bir işletmede elde edilen iplik özelliklerinin de tahmin edilip edilemeyeceği araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla, çalışmanın iplik üretiminin gerçekleştirildiği Matesa Tekstil A.Ş.'den farklı olarak Kıvanç Tekstil A.Ş. 'de, geçmiş tarihlere üretilen farklı karışımlarda, farklı iplik numaralarında ve farklı üretim parametrelerindeki seçilmiş iplik özelliklerinin kayıtlarına ulaşılmıştır. Kayıtlarına ulaşılan 10 adet ipliğin üretim parametreleri, karışım özellikleri, mukavemet, uzama (%), düzgünsüzlük, ince yer hatası, kalın yer hatası ve neps sonuçları Çizelge 4.8'de gösterilmektedir. Test için özellikleri verilen bobinler ise T1, T2, T3 ..., T10 olacak şekilde numaralandırılmıştır. Oluşturulacak olan tahminleme modellerinin, bahsi geçen iplik özelliklerini tahmin edebilme yüzdeleri ise sonraki bölümde ayrıca verilecektir.

Çizelge 4.8. Oluşturulacak modellerin testi için üretilen ipliklerin bazı özellikleri

İplik Özellikleri	Bobin Numaraları									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Polyester (%)	50	67	50	50	50	75	65	65	0	75
Viskon (%)	50	33	50	50	50	25	35	35	100	25
İplik Num. (tex)	29.53	29.53	59	73,83	59	29.53	29.53	29,53	49,22	29,53
Rotor Hızı (d/dk)	86000	65000	42500	42500	42500	65000	75000	62500	52000	75000
Açıcı hızı (d/dk)	8500	8600	9000	8600	9000	8000	8600	8000	8600	8600
Rotor çapı (mm)	33	40	46	40	46	33	33	33	40	33
Düse tipi	KN4	KN4	KN4	KN4	KN4	KN4	KN4	KN4	KN4	KN4
Mukavemet (cN/tex)	16,96	17,75	17,94	17,55	17,75	21,57	18,93	20,79	17,16	18,63
Uzama (%)	11,7	11,2	13,3	13,9	13,4	10,5	11	11,7	12,4	9,8
Düzensizlik (CVm%)	13,1	13,8	11,9	10,7	10,8	13,1	12,9	12,4	11,3	13,3
İnce yer (-50%)	1,9	3	0,9	0,2	0	1,8	1	0,5	0,3	4,3
Kalın yer (+50%)	38,5	30	4,8	24,7	3,3	21,5	26	14,5	14,8	50,8
Neps (+280%)	11,6	11,5	3	12	1,3	2,8	2	1	12	28,5

5. TAHMİNLEME MODELLERİNİN KURULMASI

Çalışma kapsamında farklı rotor hızlarında farklı numaralarda üretilen polyester/viskon karışımı ipliklerin fiziksel ve mekanik özellikleri (kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) YSA ve istatistiksel modeller kurularak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan YSA modelleri tekstilde yaygın olarak kullanılan ileriye beslemeli-geriye yayılmalı ağlar olurken istatistiksel modeller için ise simpleks kafes tasarım oluşturularak karışım*proses çapraz tasarımlar yapılmıştır. Bu bölümde, kurulan modeller sırasıyla verilecektir.

5.1. YSA Modelleri

Materyal ve Metod bölümünde geniş bir şekilde anlatılan Yapay Sinir Ağları'nda optimum çözüm bulunamamaktadır. Ancak kabul edilebilir bir çözüm bulabilmek için ağ parametreleri değiştirilerek en iyi performansta bir sonuç aranmaktadır. Bu sebeple çalışmada, saklı katman sayısı ve saklı katmandaki hücre sayıları, öğrenme oranı ve momentum katsayısı literatürde sıkça kullanılan veriler dikkate alınarak belirlenmiştir. Çalışmada, saklı katman 1 ve 2 adet olarak seçilirken bu katmanlarda yer alan sinir hücresi sayıları 10, 20, 30, 40, 50 adet olarak belirlenmiştir. YSA'nın öğrenme oranı 0.01, 0.05, 0.1, 0.2 ve momentum katsayısı 0.1, 0.2, 0.35, 0.5 olmak üzere dörder seviyede incelenerek toplam 160 adet yapay sinir ağı kurulmuştur. Çalışmada kurulan YSA'nın takibinin daha iyi yapılabilmesi amacıyla kurulan her bir ağa numara verilmiştir. Çizelge 5.1'de bu çalışmada kurulan YSA modelleri ve ağ parametreleri gösterilmektedir.

Çizelge 5.1. Çalışmada kurulan YSA parametreleri

YSA No	Saklı katman adedi	Saklı katmandaki hücre sayısı	Öğrenme oranı	Momentum
1	1	10	0.01	0.1
2	1	10	0.01	0.2
3	1	10	0.01	0.35
4	1	10	0.01	0.5
5	1	10	0.05	0.1
6	1	10	0.05	0.2
7	1	10	0.05	0.35
8	1	10	0.05	0.5
9	1	10	0.1	0.1
10	1	10	0.1	0.2
11	1	10	0.1	0.35
12	1	10	0.1	0.5
13	1	10	0.2	0.1
14	1	10	0.2	0.2
15	1	10	0.2	0.35
16	1	10	0.2	0.5
17	2	10	0.01	0.1
18	2	10	0.01	0.2
19	2	10	0.01	0.35
20	2	10	0.01	0.5
21	2	10	0.05	0.1
22	2	10	0.05	0.2
23	2	10	0.05	0.35
24	2	10	0.05	0.5
25	2	10	0.1	0.1
26	2	10	0.1	0.2
27	2	10	0.1	0.35
28	2	10	0.1	0.5
29	2	10	0.2	0.1
30	2	10	0.2	0.2
31	2	10	0.2	0.35
32	2	10	0.2	0.5
33	1	20	0.01	0.1
34	1	20	0.01	0.2
35	1	20	0.01	0.35
36	1	20	0.01	0.5
37	1	20	0.05	0.1
38	1	20	0.05	0.2
39	1	20	0.05	0.35
40	1	20	0.05	0.5
41	1	20	0.1	0.1
42	1	20	0.1	0.2
43	1	20	0.1	0.35
44	1	20	0.1	0.5

Çizelge 5.1. (devamı)

YSA No	Saklı katman adedi	Saklı katmandaki hücre sayısı	Öğrenme oranı	Momentum
45	1	20	0.2	0.1
46	1	20	0.2	0.2
47	1	20	0.2	0.35
48	1	20	0.2	0.5
49	2	20	0.01	0.1
50	2	20	0.01	0.2
51	2	20	0.01	0.35
52	2	20	0.01	0.5
53	2	20	0.05	0.1
54	2	20	0.05	0.2
55	2	20	0.05	0.35
56	2	20	0.05	0.5
57	2	20	0.1	0.1
58	2	20	0.1	0.2
59	2	20	0.1	0.35
60	2	20	0.1	0.5
61	2	20	0.2	0.1
62	2	20	0.2	0.2
63	2	20	0.2	0.35
64	2	20	0.2	0.5
65	1	30	0.01	0.1
66	1	30	0.01	0.2
67	1	30	0.01	0.35
68	1	30	0.01	0.5
69	1	30	0.05	0.1
70	1	30	0.05	0.2
71	1	30	0.05	0.35
72	1	30	0.05	0.5
73	1	30	0.1	0.1
74	1	30	0.1	0.2
75	1	30	0.1	0.35
76	1	30	0.1	0.5
77	1	30	0.2	0.1
78	1	30	0.2	0.2
79	1	30	0.2	0.35
80	1	30	0.2	0.5
81	2	30	0.01	0.1
82	2	30	0.01	0.2
83	2	30	0.01	0.35
84	2	30	0.01	0.5
85	2	30	0.05	0.1
86	2	30	0.05	0.2
87	2	30	0.05	0.35
88	2	30	0.05	0.5

Çizelge 5.1. (devamı)

YSA No	Saklı katman adedi	Saklı katmandaki hücre sayısı	Öğrenme oranı	Momentum
89	2	30	0.1	0.1
90	2	30	0.1	0.2
91	2	30	0.1	0.35
92	2	30	0.1	0.5
93	2	30	0.2	0.1
94	2	30	0.2	0.2
95	2	30	0.2	0.35
96	2	30	0.2	0.5
97	1	40	0.01	0.1
98	1	40	0.01	0.2
99	1	40	0.01	0.35
100	1	40	0.01	0.5
101	1	40	0.05	0.1
102	1	40	0.05	0.2
103	1	40	0.05	0.35
104	1	40	0.05	0.5
105	1	40	0.1	0.1
106	1	40	0.1	0.2
107	1	40	0.1	0.35
108	1	40	0.1	0.5
109	1	40	0.2	0.1
110	1	40	0.2	0.2
111	1	40	0.2	0.35
112	1	40	0.2	0.5
113	2	40	0.01	0.1
114	2	40	0.01	0.2
115	2	40	0.01	0.35
116	2	40	0.01	0.5
117	2	40	0.05	0.1
118	2	40	0.05	0.2
119	2	40	0.05	0.35
120	2	40	0.05	0.5
121	2	40	0.1	0.1
122	2	40	0.1	0.2
123	2	40	0.1	0.35
124	2	40	0.1	0.5
125	2	40	0.2	0.1
126	2	40	0.2	0.2
127	2	40	0.2	0.35
128	2	40	0.2	0.5
129	1	50	0.01	0.1
130	1	50	0.01	0.2
131	1	50	0.01	0.35
132	1	50	0.01	0.5

Çizelge 5.1. (devamı)

YSA No	Saklı katman adedi	Saklı katmandaki hücre sayısı	Öğrenme oranı	Momentum
133	1	50	0.05	0.1
134	1	50	0.05	0.2
135	1	50	0.05	0.35
136	1	50	0.05	0.5
137	1	50	0.1	0.1
138	1	50	0.1	0.2
139	1	50	0.1	0.35
140	1	50	0.1	0.5
141	1	50	0.2	0.1
142	1	50	0.2	0.2
143	1	50	0.2	0.35
144	1	50	0.2	0.5
145	2	50	0.01	0.1
146	2	50	0.01	0.2
147	2	50	0.01	0.35
148	2	50	0.01	0.5
149	2	50	0.05	0.1
150	2	50	0.05	0.2
151	2	50	0.05	0.35
152	2	50	0.05	0.5
153	2	50	0.1	0.1
154	2	50	0.1	0.2
155	2	50	0.1	0.35
156	2	50	0.1	0.5
157	2	50	0.2	0.1
158	2	50	0.2	0.2
159	2	50	0.2	0.35
160	2	50	0.2	0.5

Çalışma kapsamında üretilen bobinlerin test sonuçları Bulgular bölümünde verilmiş olup her bir bobinin test sonuçlarının ortalaması YSA'ya esas teşkil etmiştir. Bu veriler eğitime ve test etme verisi adıyla önceden ayrılarak Çizelge 5.1'de verilen ağlara sunulmuştur. Bir başka ifadeyle hangi bobinin eğitime veya test etme verisi olacağı önceden rastgele olacak şekilde belirlenip kurulan YSA'ya esas teşkil etmiştir. Böylece verilerin kullanılma biçimi sabitlenerek kurulan ağlar arasında verilerin kullanılma biçiminden kaynaklı farklı sonuç ortaya çıkması hususu ortadan kaldırılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen ipliklerin % 75'i (84 adet) YSA'ya eğitime verisi, %25'i ise (28 adet) test etme verisi olarak sunulmuştur. Çizelge 5.2'de

çalışmada kullanılan bobinlerin numaraları verilerek hangi bobinin YSA'da ne amaçla kullanıldığı gösterilmektedir.

Çizelge 5.2. Çalışmada üretilen ipliklerin YSA'da kullanılma biçimi

Bobin No	YSA kullanımı	Bobin No	YSA kullanımı	Bobin No	YSA kullanımı	Bobin No	YSA kullanımı
1	Test	29	Eğitme	57	Eğitme	85	Eğitme
2	Eğitme	30	Eğitme	58	Eğitme	86	Eğitme
3	Test	31	Eğitme	59	Eğitme	87	Eğitme
4	Eğitme	32	Eğitme	60	Eğitme	88	Test
5	Test	33	Eğitme	61	Test	89	Eğitme
6	Test	34	Eğitme	62	Eğitme	90	Eğitme
7	Test	35	Test	63	Eğitme	91	Eğitme
8	Eğitme	36	Eğitme	64	Test	92	Eğitme
9	Eğitme	37	Eğitme	65	Eğitme	93	Eğitme
10	Eğitme	38	Eğitme	66	Eğitme	94	Eğitme
11	Eğitme	39	Eğitme	67	Eğitme	95	Eğitme
12	Eğitme	40	Test	68	Eğitme	96	Eğitme
13	Eğitme	41	Eğitme	69	Eğitme	97	Test
14	Eğitme	42	Eğitme	70	Test	98	Eğitme
15	Eğitme	43	Eğitme	71	Eğitme	99	Eğitme
16	Test	44	Eğitme	72	Eğitme	100	Test
17	Eğitme	45	Eğitme	73	Eğitme	101	Test
18	Test	46	Eğitme	74	Test	102	Test
19	Eğitme	47	Eğitme	75	Test	103	Test
20	Eğitme	48	Test	76	Eğitme	104	Eğitme
21	Eğitme	49	Eğitme	77	Eğitme	105	Eğitme
22	Eğitme	50	Eğitme	78	Test	106	Eğitme
23	Eğitme	51	Eğitme	79	Eğitme	107	Eğitme
24	Eğitme	52	Eğitme	80	Eğitme	108	Eğitme
25	Eğitme	53	Test	81	Test	109	Eğitme
26	Eğitme	54	Eğitme	82	Test	110	Eğitme
27	Eğitme	55	Eğitme	83	Test	111	Eğitme
28	Eğitme	56	Test	84	Eğitme	112	Test

NeuroSolutions Paket programı kullanılan çalışmada, girdi katmanı, bir veya iki adet saklı katman ve çıktı katmanı olmak üzere üç veya dört katmanlı, ileriye beslemeli-geriye yayılmalı (Feed forward-Back propagation network) YSA modelleri oluşturulmuştur. YSA, eğitime başlamadan önce bir başlangıç değeri istemektedir. Başlangıç değeri atandıktan sonra eğitime başlayan ağ, ağırlıkları değiştirmeye başlayarak istenen çıktı değerine en yakın çözümü bulmaya çalışacaktır. Çalışmada

kurulan YSA modellerinde başlangıç değeri rastgele atanmıştır ve ağırlıkların değiştirilmesi on-line olarak gerçekleştirilmiştir. Bir başka ifadeyle, kurulan YSA her bir iterasyonda ağırlıkları on-line olarak değiştirmektedir. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılırken, verilerin %75'i eğitime (training), %25'i ise test etme verisi olarak ağıya sunulmuştur. Belirlenen ağı parametreleri ile eğitime başlanan YSA belli bir iterasyon (epoch) adedine (Bu çalışmada 10,000 olarak belirlenmiştir) ulaşınca kadar ağı öğrenmesi devam etmektedir. Çalışmada sabit olarak belirlenen ağı parametreleri özet halinde Çizelge 5.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.3. Çalışmada kurulan YSA'da sabit tutulan parametreler

Parametre	Durumu
Eğitime ve test etme verilerinin seçimi	Sabit
Eğitime verileri	%75 (84 bobin)
Test etme verileri	%25 (28 bobin)
Başlangıç değerlerinin atanması	Rastgele
Öğrenme kuralı	Çok katmanlı - ileri beslemeli - geriye yayılmalı
Ağırlıkların değiştirilmesi	On-line
Aktivasyon fonksiyonu	Sigmoid
İterasyon adedi (epoch)	10000

Şekil 5.1'de ise çalışmada kullanılan örnek bir YSA modeli şematik olarak gösterilmektedir. Burada, saklı katman 1 adet olarak görülmektedir. Ancak çalışmada 2 saklı katmana sahip ağılar da kurulmuştur.

Belirlenen parametreler ile eğitimi tamamlayan YSA'da korelasyon katsayısı (R) ve ortalama kareler hatası (Mean Square Error - MSE) parametreleri dikkate alınarak ağı eğitim performansına bakılır. Ağı eğitimi sonucu kabul edilebilir bir MSE elde edilmişse kurulan YSA test edilir. Test etme esnasında ağı daha önce sunulmayan ve ağı test etmek için saklı tutulan veriler ağı gösterilerek ağı tahmin ettiği değerler ile gerçek veriler karşılaştırılır. Burada ortalama mutlak

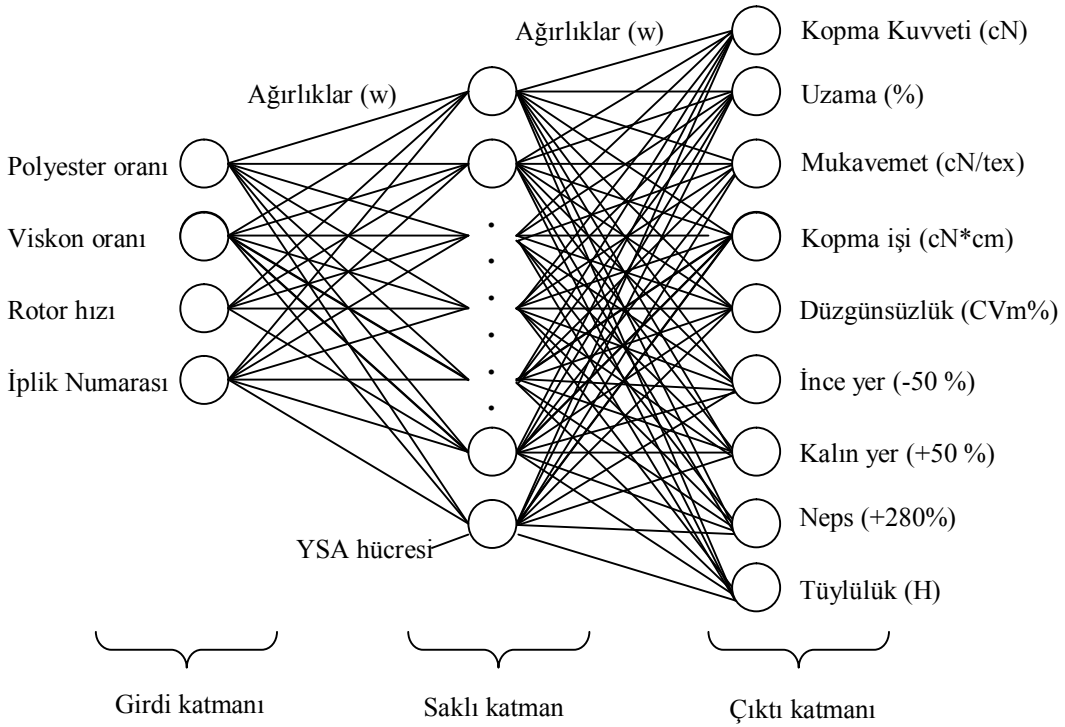
hata (Mean Absolute Error - MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (Mean Absolute Percent Error - MAPE %) dikkate alınarak ağın verdiği sonuçların geçerliliğine bakılır. Çalışmada test etme verisi olarak tutulan bobin adedi “n=28” olduğundan MAE, aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$MAE = \sum_{i=1}^{28} |(tahmin\ edilen\ de\ ger - ger\ cek\ de\ ger)| / n \quad (4)$$

MAPE ise tahmini değerlerin gerçek değerden yüzde olarak ne kadar saptığını mutlak değer olarak göstermektedir. Bu değer YSA tarafından hesaplanmadığından MAE değeri en düşük olan ağ belirlendikten sonra ayrıca hesaplanmıştır. MAPE:

$$MAPE = \sum_{i=1}^{28} |[(tahmin - ger\ cek) / ger\ cek] * 100| / n \quad (5)$$

olarak hesaplanmaktadır (n=28).



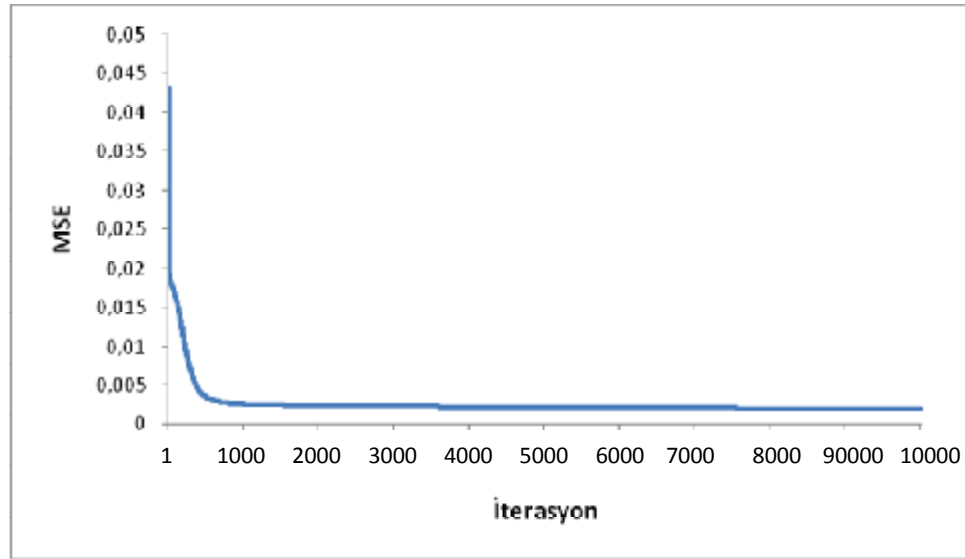
Şekil 5.1. Çalışmada kullanılan YSA modeli

Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 dikkate alınarak kurulan yapay sinir ağları ile iplik mekanik ve fiziksel özellikleri (kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) bu çalışmada tahmin edilmeye

çalışılmıştır. Kurulan YSA modelleri ile tahmin edilen iplik özellikleri ve ağların tahmin etme performansları aşağıda sırasıyla verilmektedir.

5.1.1. Kopma Kuvveti İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “2” numaralı ağ kopma kuvveti için en düşük ortalama mutlak hata değerini ($MAE=9.68$) ve en yüksek korelasyon katsayısını ($R=0.996$) verdiğinden en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.2’de verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.0020088 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.2. Kopma kuvveti için en iyi sonucu veren ağın eğitimi

Eğitimi bitirilen ağ, ağın daha önce görmediği saklı tutulan verilerle test edildiğinde kurulan ağ bir sonuç çıkarmaktadır. Başka bir ifade ile polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri eğitimi bitirilmiş olan ağa girildiğinde bir çıktı değeri (tahmin) elde edilmektedir. Çizelge 5.4’te test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile kopma kuvveti sonuçları, ağın tahmin ettiği kopma kuvveti değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata

yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “16” numaralı bobinin gerçek kopma kuvveti değeri 312,2523 cN iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağa girildiğinde YSA kopma kuvvetini 303,5226 cN olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -2,79571 % olarak bulunurken mutlak hata 2,79571 % olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 2,130487 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, kopma kuvvetini %97,8695 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.4. Kopma kuvveti için gerçek değerler ile YSA’nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Kopma kuvveti (cN)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	444.0987	441.3952	-0.60876	0.608764
2	3	35	65	37	50000	544.5531	539.8456	-0.86446	0.864461
3	5	65	35	37	50000	671.6907	683.2257	1.717306	1.717306
4	6	80	20	37	50000	755.2719	752.9092	-0.31283	0.31283
5	7	100	0	37	50000	822.2742	818.0555	-0.51306	0.513058
6	16	20	80	25	50000	312.2523	303.5226	-2.79571	2.795705
7	18	50	50	25	50000	368.1693	363.2009	-1.34949	1.349489
8	35	100	0	37	60000	855.9225	821.4252	-4.03042	4.030424
9	40	65	35	30	60000	548.2809	533.5243	-2.69143	2.691429
10	48	80	20	25	60000	462.4434	471.2082	1.895332	1.895332
11	53	50	50	21	60000	315.1953	309.8829	-1.68542	1.685417
12	56	100	0	21	60000	460.089	447.3085	-2.77782	2.777824
13	61	65	35	37	70000	691.3107	700.8311	1.377148	1.377148
14	64	0	100	30	70000	359.6346	342.0429	-4.89154	4.891541
15	70	100	0	30	70000	684.3456	683.4144	-0.13608	0.136075
16	74	50	50	25	70000	384.3558	384.4521	0.025046	0.025046
17	75	65	35	25	70000	429.0894	428.9283	-0.03755	0.037549
18	78	0	100	21	70000	231.8103	238.7383	2.988643	2.988643
19	81	50	50	21	70000	308.7207	313.9544	1.695281	1.695281
20	82	65	35	21	70000	345.1158	346.5907	0.427374	0.427374
21	83	80	20	21	70000	392.1057	383.004	-2.32123	2.321234
22	88	50	50	37	80000	641.7702	649.9069	1.267858	1.267858
23	97	80	20	30	80000	595.1727	606.7151	1.939332	1.939332
24	100	20	80	25	70000	314.1162	310.3023	-1.21415	1.214155
25	101	35	65	25	80000	352.5714	347.4243	-1.45988	1.459879
26	102	50	50	25	80000	410.1561	389.6679	-4.99521	4.995213
27	103	65	35	25	80000	393.9696	433.4904	10.03144	10.03144
28	112	100	0	21	80000	445.1778	429.1344	-3.60383	3.603829
MAPE (%)									2.130487

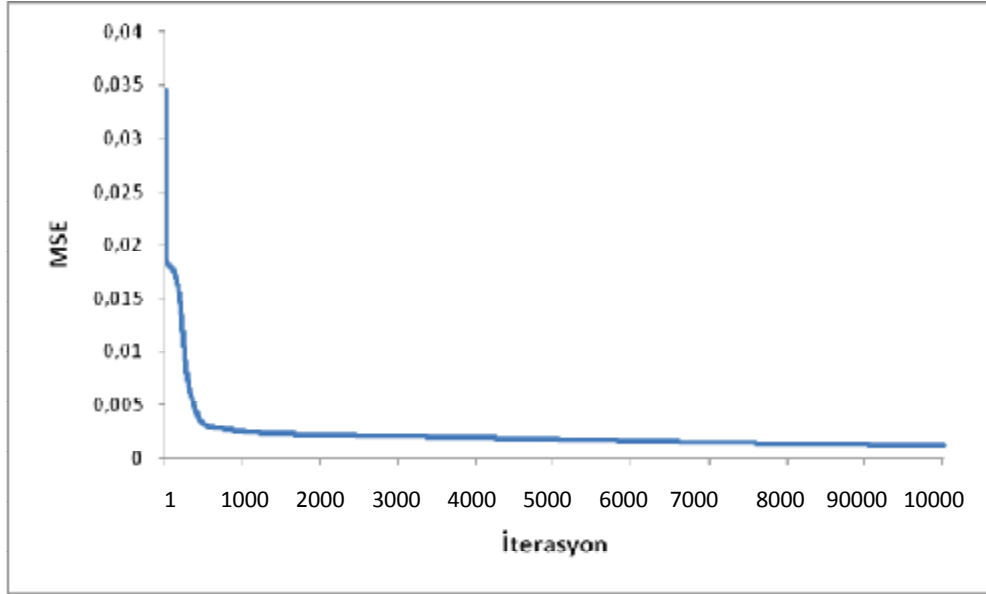
Eğitimi ve testi bitirilen “2” numaralı ağ performans değerleri özet olarak Çizelge 5.5’te verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 178.71, ortalama mutlak hata MAE=9.68, ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=2.130487% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.996 bulunarak gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir.

Çizelge 5.5. Kopma kuvvetinin testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	2
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.0020088
Test-MSE	178.71
MAE	9.68
Minimum mutlak hata	0.0962
Maximum mutlak hata	39.520
MAPE (%)	2.130487
Korelasyon katsayısı – R	0.996
R ²	0.993

5.1.2. Uzama İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “51” numaralı ağ uzama (%) için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE=0.156514) ve en yüksek korelasyon katsayısını (R= 0.9762) verdiği için en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.3’de verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.001336 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.3. Uzama için en iyi sonucu veren ağı eğitimi

Çizelge 5.6’da test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile uzama (%) sonuçları, ağı tahmin ettiği uzama değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “75” numaralı bobinin gerçek uzama (%) değeri 11.46% iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağı girildiğinde YSA uzamayı 11.438 % olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -0.191% olarak bulunurken mutlak hata 0.191% olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 1.2811 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, uzamayı %98.7199 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.6. Uzama (%) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Uzama (%)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	13.97	13.612	-2.561	2.561
2	3	35	65	37	50000	13.87	13.624	-1.771	1.771
3	5	65	35	37	50000	13.33	13.372	0.317	0.317
4	6	80	20	37	50000	13.61	13.214	-2.909	2.909
5	7	100	0	37	50000	12.9	13.026	0.974	0.974
6	16	20	80	25	50000	12.71	12.605	-0.825	0.825
7	18	50	50	25	50000	12.41	12.476	0.535	0.535
8	35	100	0	37	60000	12.69	12.708	0.141	0.141
9	40	65	35	30	60000	12.33	12.392	0.505	0.505
10	48	80	20	25	60000	11.85	11.852	0.019	0.019
11	53	50	50	21	60000	11.76	11.663	-0.824	0.824
12	56	100	0	21	60000	11.68	11.55	-1.11	1.11
13	61	65	35	37	70000	12.42	12.561	1.139	1.139
14	64	0	100	30	70000	12.49	12.205	-2.281	2.281
15	70	100	0	30	70000	11.77	11.788	0.154	0.154
16	74	50	50	25	70000	11.67	11.535	-1.158	1.158
17	75	65	35	25	70000	11.46	11.438	-0.191	0.191
18	78	0	100	21	70000	11.58	11.318	-2.266	2.266
19	81	50	50	21	70000	11.33	11.237	-0.823	0.823
20	82	65	35	21	70000	11	11.168	1.527	1.527
21	83	80	20	21	70000	11	11.161	1.462	1.462
22	88	50	50	37	80000	12.53	12.184	-2.765	2.765
23	97	80	20	30	80000	11.59	11.352	-2.05	2.05
24	100	20	80	25	70000	11.95	11.737	-1.778	1.778
25	101	35	65	25	80000	11.52	11.213	-2.664	2.664
26	102	50	50	25	80000	11.27	11.105	-1.462	1.462
27	103	65	35	25	80000	10.57	10.49	-0.689	0.689
28	112	100	0	21	80000	10.83	10.935	0.969	0.969
MAPE (%)									1.2811

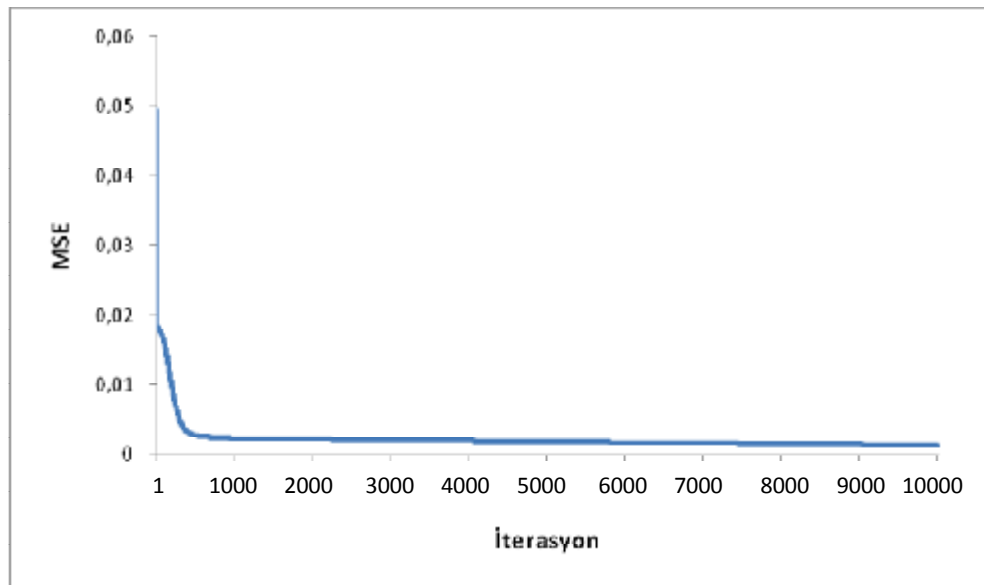
Eğitimi ve testi bitirilen “51” numaralı ağı performans değerleri özet olarak Çizelge 5.7’de verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağı MSE değeri 0.04444, ortalama mutlak hata MAE=0.156414, ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=1.2811% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.976 bulunarak gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir.

Çizelge 5.7. Uzama testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	51
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.001336
Test-MSE	0.04444
MAE	0.156414
Minimum mutlak hata	0.002196
Maximum mutlak hata	0.479713
MAPE (%)	1.2811
Korelasyon katsayısı – R	0.976
R ²	0.953

5.1.3. Mukavemet İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “98” numaralı ağ mukavemet için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE=0.38639) ve en yüksek korelasyon katsayısını (R=0.9896) verdiğiinden en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.4’de verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.001392 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.4. Mukavemet için en iyi sonucu veren ağın eğitimi

Çizelge 5.8’de test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile mukavemet sonuçları, ağı tahmin ettiği mukavemet değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “35” numaralı bobinin gerçek mukavemet değeri 23.183 cN/tex iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağı girildiğinde YSA mukavemeti 23.105 cN/tex olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -0.338 % olarak bulunurken mutlak hata 0.338 % olmaktadır. MAPE% ise 2.33916 % olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.8. Mukavemet için gerçek değerler ile YSA’nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Mukavemet (cN/tex)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	12.023	11.817	-1.717	1.717
2	3	35	65	37	50000	14.749	15.151	2.723	2.723
3	5	65	35	37	50000	18.191	18.589	2.183	2.183
4	6	80	20	37	50000	20.457	20.607	0.734	0.734
5	7	100	0	37	50000	22.271	22.998	3.262	3.262
6	16	20	80	25	50000	12.68	12.62	-0.474	0.474
7	18	50	50	25	50000	14.955	15.385	2.874	2.874
8	35	100	0	37	60000	23.183	23.105	-0.338	0.338
9	40	65	35	30	60000	17.848	18.079	1.295	1.295
10	48	80	20	25	60000	18.78	19.058	1.481	1.481
11	53	50	50	21	60000	14.936	14.886	-0.329	0.329
12	56	100	0	21	60000	21.8	21.179	-2.851	2.851
13	61	65	35	37	70000	18.721	19.348	3.349	3.349
14	64	0	100	30	70000	12.17	11.25	-7.564	7.564
15	70	100	0	30	70000	23.163	22.531	-2.732	2.732
16	74	50	50	25	70000	15.612	15.791	1.142	1.142
17	75	65	35	25	70000	17.427	17.303	-0.711	0.711
18	78	0	100	21	70000	10.984	10.477	-4.608	4.608
19	81	50	50	21	70000	14.632	15.006	2.558	2.558
20	82	65	35	21	70000	16.358	16.437	0.485	0.485
21	83	80	20	21	70000	18.584	18.175	-2.202	2.202
22	88	50	50	37	80000	17.377	18.05	3.873	3.873
23	97	80	20	30	80000	20.143	20.117	-0.127	0.127
24	100	20	80	25	70000	12.759	12.731	-0.212	0.212
25	101	35	65	25	80000	14.318	14.422	0.725	0.725
26	102	50	50	25	80000	16.662	15.948	-4.285	4.285
27	103	65	35	25	80000	16.005	17.435	8.938	8.938
28	112	100	0	21	80000	21.094	20.731	-1.724	1.724
MAPE (%)									2.3391

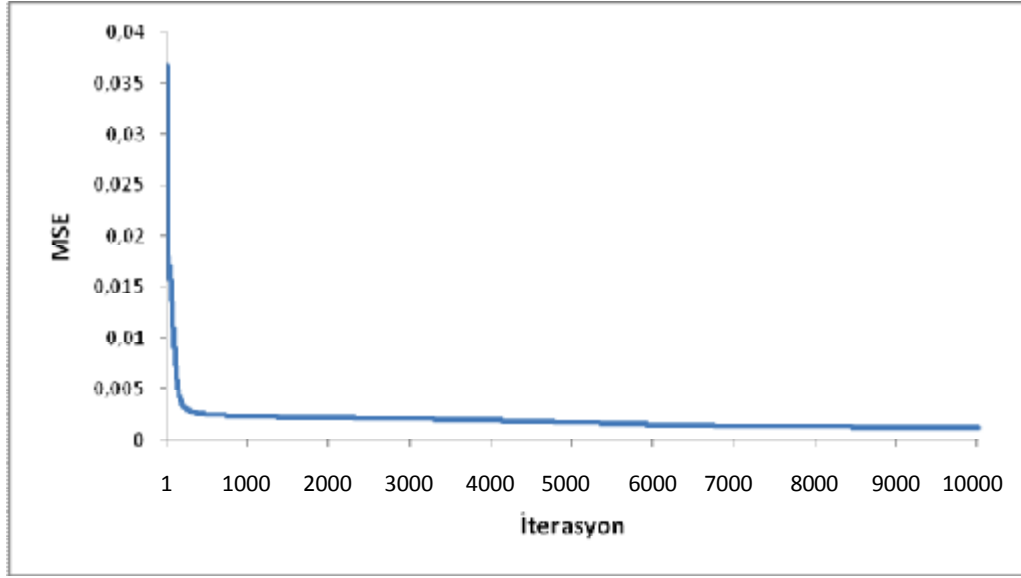
Eğitimi ve testi bitirilen “98” numaralı ağ performans değerleri özet olarak Çizelge 5.9’da verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 0.25133, ortalama mutlak hata MAE=0.38639, ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=2.3391% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.989 bulunarak gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir.

Çizelge 5.9. Mukavemet testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	98
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.001392
Test-MSE	0.25133
MAE	0.38639
Minimum mutlak hata	0.025664
Maximum mutlak hata	1.430522
MAPE (%)	2.3391
Korelasyon katsayısı – R	0.9896
R^2	0.9793

5.1.4. Kopma İşi İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “1” numaralı ağ kopma işi için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE=30.8321) ve en yüksek korelasyon katsayısını (R=0.991) verdiği için en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.5’de verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE =0.001191 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.5. Kopma işi için en iyi sonucu veren ağı eğitimi

Polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri eğitimi bitirilmiş olan ağı girildiğinde bir çıktı değeri (tahmin) elde edilmektedir. Çizelge 5.10’da test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile kopma işi sonuçları, ağı tahmin ettiği kopma işi değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “112” numaralı bobinin gerçek kopma işi değeri 1232.604 cN*cm iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağı girildiğinde YSA kopma işini 1211.44 cN*cm olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -1.117 % olarak bulunurken mutlak hata 1.117 % olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 2.1575 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, kopma işini %97.8415 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.10. Kopma işi için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Kopma işi (cN*cm)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	1863.27	1876.26	0.69677	0.69677
2	3	35	65	37	50000	2008.02	2074.57	3.31443	3.31443
3	5	65	35	37	50000	2200.13	2280.39	3.647921	3.647921
4	6	80	20	37	50000	2465.4	2453.17	-0.49614	0.49614
5	7	100	0	37	50000	2458.15	2444.21	-0.56691	0.566913
6	16	20	80	25	50000	1136.69	1063.59	-6.43147	6.43147
7	18	50	50	25	50000	1182.39	1227.31	3.798792	3.798792
8	35	100	0	37	60000	2567.49	2563.37	-0.16061	0.16061
9	40	65	35	30	60000	1727.84	1753.29	1.472623	1.472623
10	48	80	20	25	60000	1367.35	1388.3	1.531997	1.531997
11	53	50	50	21	60000	979.2	1011.88	3.337937	3.337937
12	56	100	0	21	60000	1280.17	1274.12	-0.47262	0.472622
13	61	65	35	37	70000	2189.44	2264.46	3.426366	3.426366
14	64	0	100	30	70000	1412.07	1380.51	-2.23489	2.23489
15	70	100	0	30	70000	1970.66	1978.23	0.384218	0.384218
16	74	50	50	25	70000	1202.89	1239.58	3.049763	3.049763
17	75	65	35	25	70000	1287.82	1304.32	1.281296	1.281296
18	78	0	100	21	70000	851.52	853.11	0.187057	0.187057
19	81	50	50	21	70000	942.82	953.89	1.174944	1.174944
20	82	65	35	21	70000	997.73	1030.15	3.249356	3.249356
21	83	80	20	21	70000	1111.49	1069.2	-3.80514	3.805144
22	88	50	50	37	80000	2154.73	2113.76	-1.9012	1.901196
23	97	80	20	30	80000	1803.84	1764.21	-2.19713	2.197128
24	100	20	80	25	70000	1112.08	1085.76	-2.36655	2.366546
25	101	35	65	25	80000	1161.6	1118.98	-3.66934	3.669344
26	102	50	50	25	80000	1278.6	1291.67	1.022367	1.022367
27	103	65	35	25	80000	1120.61	1152.18	2.817212	2.817212
28	112	100	0	21	80000	1232.6	1211.44	-1.71679	1.716789
MAPE (%)									2.1575

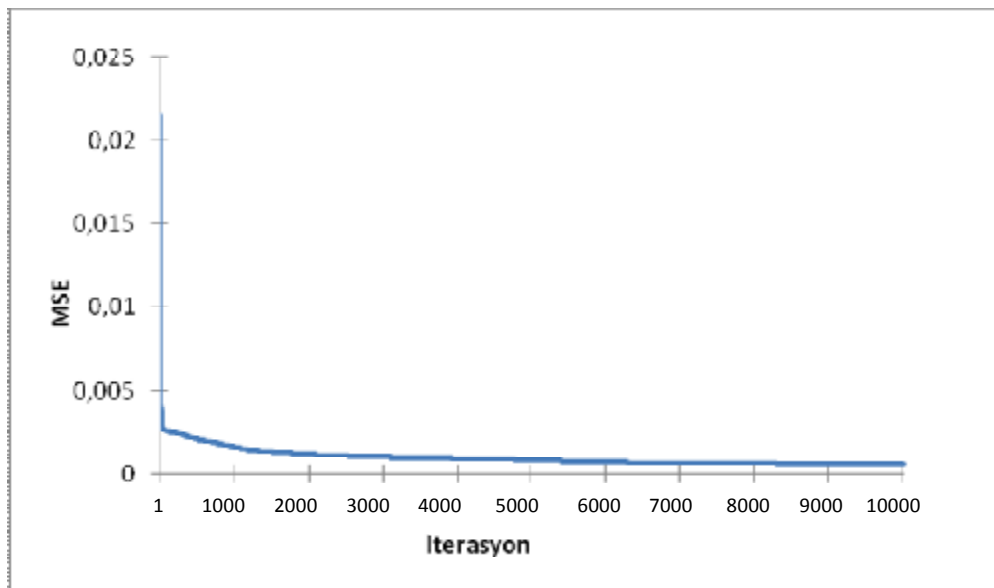
Eğitimi ve testi bitirilen “1” numaralı ağı performans değerleri özet olarak Çizelge 5.11’de verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağı MSE değeri 4421.74, ortalama mutlak hata MAE=30.8321, ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=2.15751% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.991 bulunarak gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir.

Çizelge 5.11. Kopma işi (%) testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	1
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.001191
Test-MSE	4421.74
MAE	30.8321
Minimum mutlak hata	1.59
Maximum mutlak hata	80.26
MAPE (%)	2.1575
Korelasyon katsayısı – R	0.991
R ²	0.98

5.1.5. Düzensizlik İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “143” numaralı ağ düzensizlik (CVm%) için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE= 0.155579) ve en yüksek korelasyon katsayısını (R=0.954) verdiği için en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.6’da verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.000588 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.6. CVm% için en iyi sonucu veren ağın eğitimi

Çizelge 5.12’de test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile CVm% sonuçları, ağın tahmin ettiği CVm% değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “61” numaralı bobinin gerçek CVm% değeri 13.74 % iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağa girildiğinde YSA, CVm% değerini 13.684% olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -0.405 % olarak bulunurken mutlak hata 0.405 % olmaktadır. MAPE% ise 1.0764 % olarak bulunduğundan YSA, CVm%’i %98.9235 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.12. CVm% için gerçek değerler ile YSA’nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	CVm%		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	13.99	13.841	-1.067	1.067
2	3	35	65	37	50000	13.75	13.524	-1.641	1.641
3	5	65	35	37	50000	13.54	13.268	-2.009	2.009
4	6	80	20	37	50000	13.07	13.15	0.614	0.614
5	7	100	0	37	50000	12.58	13.012	3.434	3.434
6	16	20	80	25	50000	14.67	15.092	2.878	2.878
7	18	50	50	25	50000	14.62	14.837	1.482	1.482
8	35	100	0	37	60000	13.24	13.215	-0.192	0.192
9	40	65	35	30	60000	14.37	14.296	-0.516	0.516
10	48	80	20	25	60000	14.85	14.868	0.123	0.123
11	53	50	50	21	60000	15.78	15.664	-0.734	0.734
12	56	100	0	21	60000	15.18	15.291	0.732	0.732
13	61	65	35	37	70000	13.74	13.684	-0.405	0.405
14	64	0	100	30	70000	14.96	15.084	0.832	0.832
15	70	100	0	30	70000	13.77	14.351	4.218	4.218
16	74	50	50	25	70000	15.22	15.404	1.208	1.208
17	75	65	35	25	70000	15.39	15.297	-0.603	0.603
18	78	0	100	21	70000	16.1	16.274	1.079	1.079
19	81	50	50	21	70000	15.92	15.959	0.246	0.246
20	82	65	35	21	70000	15.97	15.86	-0.692	0.692
21	83	80	20	21	70000	15.81	15.757	-0.334	0.334
22	88	50	50	37	80000	14.18	14.081	-0.701	0.701
23	97	80	20	30	80000	14.84	14.832	-0.054	0.054
24	100	20	80	25	70000	14.61	14.621	0.046	0.046
25	101	35	65	25	80000	15.12	15.22	0.66	0.66
26	102	50	50	25	80000	16.05	15.728	-2.007	2.007
27	103	65	35	25	80000	15.66	15.634	-0.165	0.165
28	112	100	0	21	80000	16.19	15.952	-1.469	1.469
MAPE (%)									1.0764

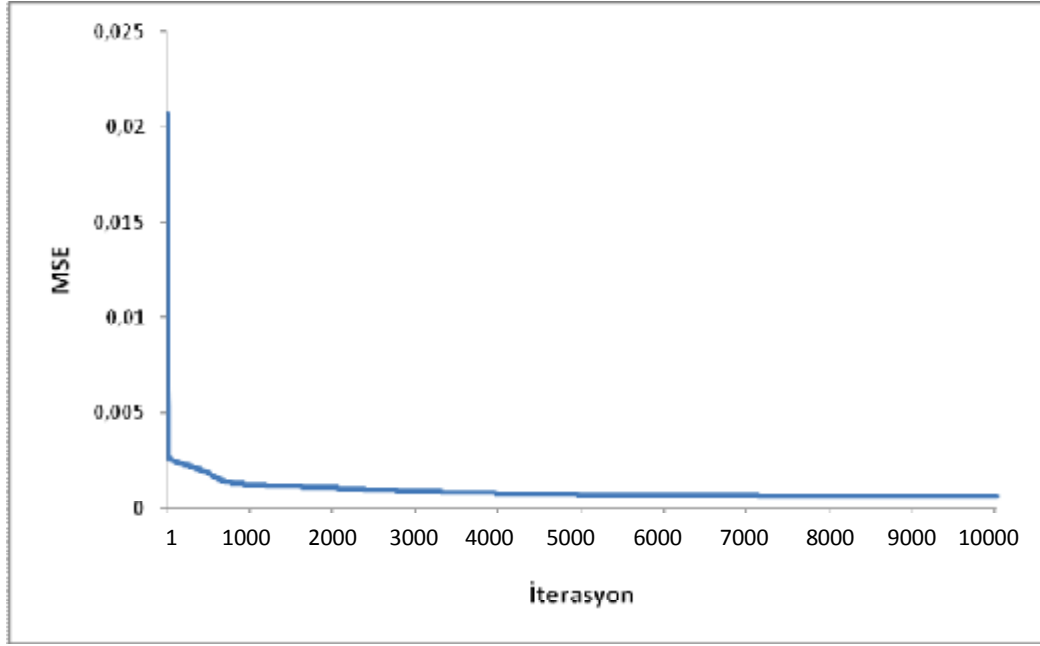
Eğitimi ve testi bitirilen “143” numaralı ağın performans değerleri özet olarak Çizelge 5.13’de verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 0.097028 ortalama mutlak hata MAE=0.155579 ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=1.076% olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan model düzgünsüzlüğü 98.924% doğrulukta tahmin edebilmektedir. Korelasyon katsayısı ise 0.954 bulunarak gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir.

Çizelge 5.13. CVm% testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	143
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.0005886
Test-MSE	0.097028
MAE	0.155579
Minimum mutlak hata	0.00804
Maximum mutlak hata	1.00673
MAPE (%)	1.076
Korelasyon katsayısı – R	0.954
R ²	0.91

5.1.6. İnce Yer İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “48” numaralı ağ ince yer (-50%) için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE= 2.876) ve en yüksek korelasyon katsayısını (R=0.97356) verdiği için en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.7’de verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.0006646 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.7. İnce yer (-50%) için en iyi sonucu veren ağı eğitimi

Çizelge 5.14’de test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile ince yer (-50%) sonuçları, ağı tahmin ettiği ince yer (-50%) değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “75” numaralı bobinin gerçek ince yer (-50%) değeri 31.7 iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağı girildiğinde YSA, ince yer (-50%) değerini 27.061 olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi - 14.634 % olarak bulunurken mutlak hata 14.634 % olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 12.364 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, İnce yer değerini %87.636 doğrulukta tahmin edebilmektedir. Elde edilen bu tahmin etme oranı düşük sayılabilecek bir değerdir. Çalışma kapsamı haricinde yapılan bir çok denemede de bundan düşük değerler elde edilmiştir. Rotor iplikçiliğinde iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps) bir çok faktöre bağlı olduğundan iplik hatalarının önceden tahmin edilmesi veya öngörülmesi ihtimali düşük olmaktadır.

Çizelge 5.14. İnce yer (-50%) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	İnce yer (-50%)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	3.8	4.595	20.914	20.914
2	3	35	65	37	50000	5.8	4.951	-14.64	14.64
3	5	65	35	37	50000	2.5	2.404	-3.844	3.844
4	6	80	20	37	50000	2.5	3.014	20.546	20.546
5	7	100	0	37	50000	1.3	1.563	20.228	20.228
6	16	20	80	25	50000	12.1	14.29	18.096	18.096
7	18	50	50	25	50000	9.6	10.188	6.128	6.128
8	35	100	0	37	60000	4.6	5.545	20.54	20.54
9	40	65	35	30	60000	12.1	12.768	5.522	5.522
10	48	80	20	25	60000	17.9	14.9	-16.761	16.761
11	53	50	50	21	60000	50.4	39.96	-20.714	20.714
12	56	100	0	21	60000	47.5	51.647	8.73	8.73
13	61	65	35	37	70000	2.9	3.394	17.033	17.033
14	64	0	100	30	70000	33.8	29.203	-13.6	13.6
15	70	100	0	30	70000	10	10.398	3.978	3.978
16	74	50	50	25	70000	22.5	26.708	18.702	18.702
17	75	65	35	25	70000	31.7	27.061	-14.634	14.634
18	78	0	100	21	70000	107.5	96.225	-10.488	10.488
19	81	50	50	21	70000	40	41.965	4.913	4.913
20	82	65	35	21	70000	46.7	49.986	7.036	7.036
21	83	80	20	21	70000	53.8	52.108	-3.145	3.145
22	88	50	50	37	80000	6.3	7.708	22.348	22.348
23	97	80	20	30	80000	17.1	16.772	-1.921	1.921
24	100	20	80	25	70000	10.8	11.999	11.098	11.098
25	101	35	65	25	80000	27.9	25.685	-7.94	7.94
26	102	50	50	25	80000	57.9	42.62	-26.39	26.39
27	103	65	35	25	80000	41.3	39.066	-5.408	5.408
28	112	100	0	21	80000	90.8	91.62	0.903	0.903
MAPE (%)									12.364

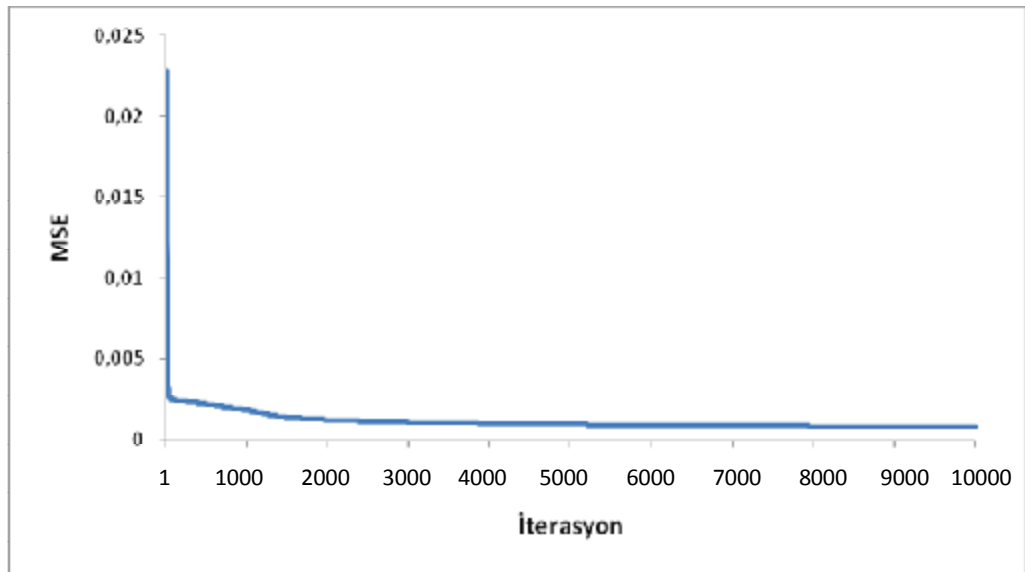
Eğitimi ve testi bitirilen “48” numaralı ağın performans değerleri özet olarak Çizelge 5.15’de verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 39.70429 ortalama mutlak hata MAE=2.876 ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=12.364% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.973 bulunmuştur.

Çizelge 5.15. İnce yer (-50%) testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	48
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.0006646
Test-MSE	39.70429
MAE	2.876
Minimum mutlak hata	0.0961
Maximum mutlak hata	15.2798
MAPE (%)	12.364
Korelasyon katsayısı – R	0.973
R ²	0.947

5.1.7. Kalın Yer İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “41” numaralı ağ kalın yer (+50%) için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE=7.140545) ve en yüksek korelasyon katsayısını (R=0.9493) verdiğinden en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.8’de verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.00087 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.8. Kalın yer (+50%) için en iyi sonucu veren ağın eğitimi

Polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri eğitimi bitirilmiş olan ağa girildiğinde bir çıktı değeri (tahmin) elde edilmektedir. Çizelge 5.16’da test için saklı tutulan bobin özellikleri ile bunların kalın yer (+50%) sonuçları, ağın tahmin ettiği kalın yer (+50%) değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “74” numaralı bobinin gerçek kalın yer (+50%) değeri 118.8 iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağa girildiğinde YSA, kalın yer (+50%) değerini 110.09 olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -7.331 % olarak bulunurken mutlak hata 7.331 % olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 9.927 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, kalın yer (+50%) değerini %90.073 doğrulukta tahmin edebilmektedir. Elde edilen bu tahmin etme oranı düşük sayılabilecek bir değerdir. Çalışma kapsamı haricinde yapılan bir çok denemede de bundan düşük değerler elde edilmiştir. Rotor iplikçiliğinde iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps) bir çok faktöre bağlı olduğundan iplik hatalarının önceden tahmin edilmesi veya öngörülmesi ihtimali düşük olmaktadır.

Çizelge 5.16. Kalın yer hatası için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Kalın yer (+50%)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	25	23.56	-5.75	5.75
2	3	35	65	37	50000	27.9	21.94	-21.37	21.37
3	5	65	35	37	50000	29.6	23.27	-21.37	21.37
4	6	80	20	37	50000	20	19.19	-4.06	4.06
5	7	100	0	37	50000	9.2	7.49	-18.6	18.6
6	16	20	80	25	50000	59.2	63.73	7.64	7.64
7	18	50	50	25	50000	61.7	72.87	18.11	18.11
8	35	100	0	37	60000	24.2	26.03	7.55	7.55
9	40	65	35	30	60000	54.6	53.67	-1.7	1.7
10	48	80	20	25	60000	77.9	72.41	-7.05	7.05
11	53	50	50	21	60000	132.5	115.18	-13.07	13.07
12	56	100	0	21	60000	55.83	48.88	-12.44	12.44
13	61	65	35	37	70000	44.6	45.82	2.74	2.74
14	64	0	100	30	70000	70	77.62	10.89	10.89
15	70	100	0	30	70000	29.2	30.25	3.61	3.61
16	74	50	50	25	70000	118.8	110.09	-7.33	7.33
17	75	65	35	25	70000	108.3	112.77	4.13	4.13
18	78	0	100	21	70000	131.3	135.14	2.92	2.92
19	81	50	50	21	70000	151.7	151.32	-0.25	0.25
20	82	65	35	21	70000	140.8	145.9	3.62	3.62
21	83	80	20	21	70000	116.3	120.01	3.19	3.19
22	88	50	50	37	80000	61.7	39.42	-36.1	36.1
23	97	80	20	30	80000	74.6	84.02	12.63	12.63
24	100	20	80	25	70000	61.3	54	-11.91	11.91
25	101	35	65	25	80000	95.4	102.93	7.89	7.89
26	102	50	50	25	80000	191.3	149.38	-21.91	21.91
27	103	65	35	25	80000	146.7	149.77	2.09	2.09
28	112	100	0	21	80000	97.9	105.75	8.02	8.02
MAPE (%)									9.927

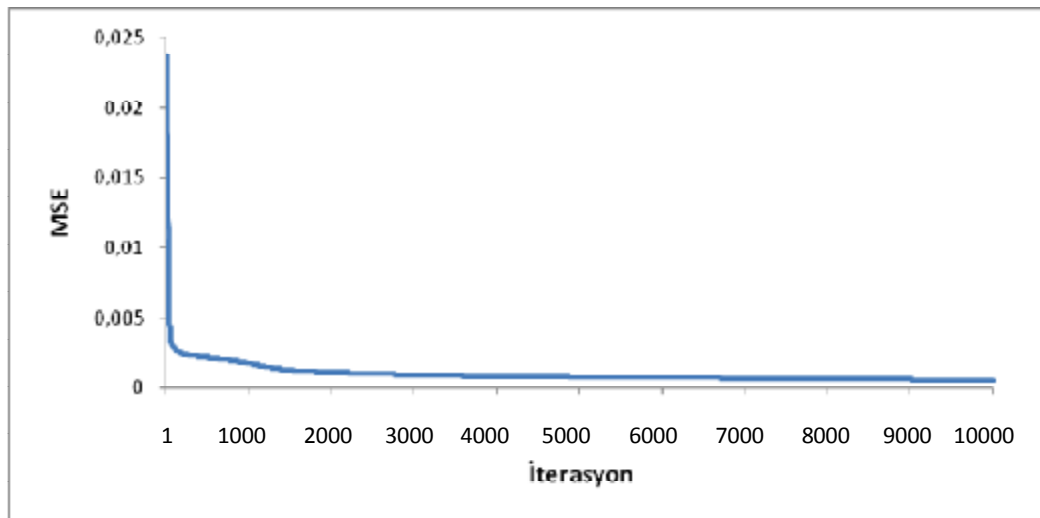
Eğitimi ve testi bitirilen “41” numaralı ağın performans değerleri özet olarak Çizelge 5.17’de verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 237.069 ortalama mutlak hata MAE=7.140545 ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=9.927% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.94 bulunmuştur.

Çizelge 5.17. Kalın yer (+50%) testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	41
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.00087
Test-MSE	237.069
MAE	7.140545
Minimum mutlak hata	0.38272
Maximum mutlak hata	41.9194
MAPE (%)	9.927
Korelasyon katsayısı – R	0.94
R ²	0.90

5.1.8. Neps İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “89” numaralı ağ neps (+280%) için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE= 1.2685) ve en yüksek korelasyon katsayısını ($r=0.8969$) verdiğinden en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.9’da verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.000620454 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.9. Neps (+280%) için en iyi sonucu veren ağın eğitimi

Polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri eğitimi bitirilmiş olan ağa girildiğinde bir çıktı değeri (tahmin) elde edilmektedir. Çizelge 5.18’de test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile neps (+280%) sonuçları, ağın tahmin ettiği neps (+280%) değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “61” numaralı bobinin gerçek neps (+280%) değeri 2.1 iken bu bobinin özellikleri (polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri) ağa girildiğinde YSA, neps (+280%) değerini 1.503 olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -28.436 % olarak bulunurken mutlak hata 28.436 % olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 19.7923 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, İnce yer (-50%) değerini %80.2077 doğrulukta tahmin edebilmektedir. Elde edilen bu tahmin etme oranı düşük sayılabilecek bir değerdir. Çalışma kapsamı haricinde yapılan bir çok denemede de bundan düşük değerler elde edilmiştir. Rotor iplikçiliğinde iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps) bir çok faktöre bağlı olduğundan iplik hatalarının tahmin edilmesi ihtimali düşük olmaktadır.

Çizelge 5.18. Neps (+280%) için gerçek değerler ile YSA'nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Neps (+280%)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	3.8	3.473	-8.607	8.607
2	3	35	65	37	50000	7.9	8.835	11.831	11.831
3	5	65	35	37	50000	1.3	1.39	6.891	6.891
4	6	80	20	37	50000	2.1	1.583	-24.635	24.635
5	7	100	0	37	50000	0.8	1.215	51.87	51.87
6	16	20	80	25	50000	3.3	4.031	22.142	22.142
7	18	50	50	25	50000	1.3	1.832	40.946	40.946
8	35	100	0	37	60000	3.8	3.023	-20.449	20.449
9	40	65	35	30	60000	1.7	1.959	15.227	15.227
10	48	80	20	25	60000	4.2	3.281	-21.873	21.873
11	53	50	50	21	60000	12.9	10.658	-17.383	17.383
12	56	100	0	21	60000	4.16	4.974	19.571	19.571
13	61	65	35	37	70000	2.1	1.503	-28.436	28.436
14	64	0	100	30	70000	7.5	8.523	13.634	13.634
15	70	100	0	30	70000	1.3	1.827	40.518	40.518
16	74	50	50	25	70000	11.7	10.965	-6.28	6.28
17	75	65	35	25	70000	6.7	6.002	-10.415	10.415
18	78	0	100	21	70000	26.3	33.702	28.146	28.146
19	81	50	50	21	70000	14.2	18.15	27.816	27.816
20	82	65	35	21	70000	7.1	7.745	9.084	9.084
21	83	80	20	21	70000	5.4	5.92	9.623	9.623
22	88	50	50	37	80000	4.6	3.917	-14.84	14.84
23	97	80	20	30	80000	3.3	2.604	-21.095	21.095
24	100	20	80	25	70000	5	4.098	-18.041	18.041
25	101	35	65	25	80000	8.3	7.618	-8.221	8.221
26	102	50	50	25	80000	27.5	22.396	-18.562	18.562
27	103	65	35	25	80000	7.5	9.325	24.335	24.335
28	112	100	0	21	80000	7.1	8.074	13.716	13.716
MAPE (%)									19.7923

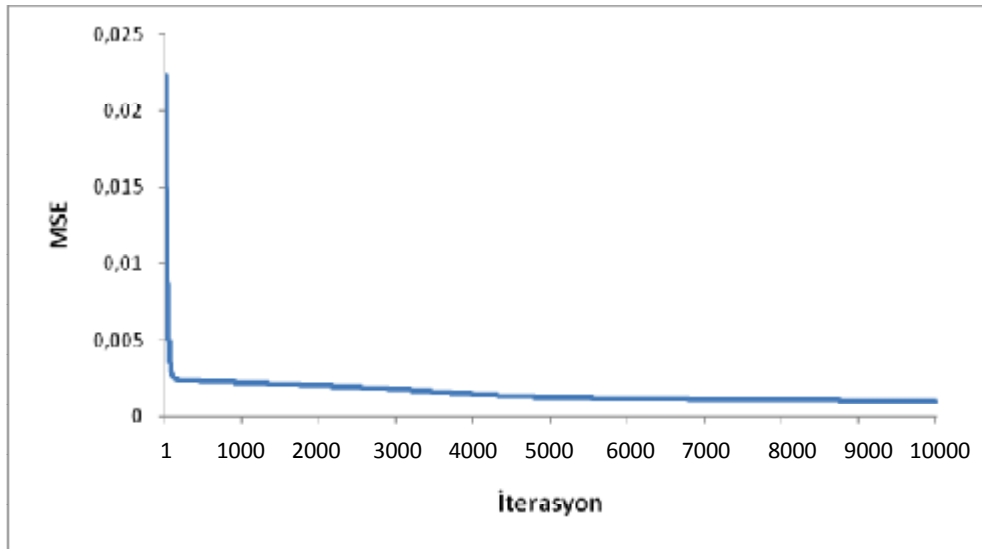
Eğitimi ve testi bitirilen “89” numaralı ağın performans değerleri özet olarak Çizelge 5.19’da verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 16.2360 ortalama mutlak hata MAE=1.2685 ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=19.7923%, korelasyon katsayısı ise 0.896 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.19. Neps (+280%) testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	89
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.000620454
Test-MSE	16.2360
MAE	1.2685
Minimum mutlak hata	0.3270
Maximum mutlak hata	17.4024
MAPE (%)	19.7923
Korelasyon katsayısı – R	0.896
R ²	0.804

5.1.9. Tüylülük İçin Oluşturulan YSA Modeli

Çizelge 5.1’de verilen “101” numaralı ağ tüylülük için en düşük ortalama mutlak hata değerini (MAE=0.10243) ve en yüksek korelasyon katsayısını ($r= 0.988$) verdiği için en başarılı ağ olarak seçilmiş olup 10000 iterasyonda oluşan hata miktarı (MSE) değişimi Şekil 5.10’da verilmektedir. Yapılan iterasyonlar sonucu ağın ortaya çıkardığı hata iterasyonların arttırılmasıyla gittikçe düşerek ağın eğitimi sonucunda en düşük MSE 0.0010569 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.10. Tüylülük için en iyi sonucu veren ağın eğitimi

Polyester oranı, viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı giriş değişkenleri eğitimi bitirilmiş olan ağa girildiğinde bir çıktı değeri (tahmin) elde edilmektedir. Çizelge 5.20’de test için saklı tutulan iplik bobin numaraları, bu bobinlerin üretilme özellikleri ile tüylülük sonuçları, ağın tahmin ettiği tüylülük değerleri ve tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki hata yüzdeleri ve ortalama mutlak hata yüzdesi değerleri birlikte verilmektedir. Örneğin “5” numaralı bobinin gerçek tüylülük değeri 3.580 iken YSA tüylülüğü 3.508 olarak bulmaktadır. Buradan hata yüzdesi -2.003 % olarak bulunurken mutlak hata 2.003 % olmaktadır. Mutlak hataların tümünün ortalaması ortalama mutlak hata yüzdesini (MAPE%) vermektedir ve bu değer 3.3325 % olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan YSA, tüylülüğü %96.6675 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.20. Tüylülük (H) için gerçek değerler ile YSA’nın tahmin ettiği değerler

Sıra no	Bobin no	Polyester (%)	Viskon (%)	İplik no	Rotor hızı (rpm)	Tüylülük (H)		Hata (%)	Mutlak hata (%)
						Gerçek	Tahmin		
1	1	0	100	37	50000	1.18	1.198	1.523	1.523
2	3	35	65	37	50000	1.98	1.881	-5.006	5.006
3	5	65	35	37	50000	3.58	3.508	-2.003	2.003
4	6	80	20	37	50000	4.21	4.186	-0.565	0.565
5	7	100	0	37	50000	6.48	6.637	2.418	2.418
6	16	20	80	25	50000	1.33	1.298	-2.423	2.423
7	18	50	50	25	50000	2.61	2.539	-2.705	2.705
8	35	100	0	37	60000	5.8	5.472	-5.659	5.659
9	40	65	35	30	60000	3.05	2.879	-5.598	5.598
10	48	80	20	25	60000	3.35	3.25	-2.985	2.985
11	53	50	50	21	60000	2.29	2.352	2.709	2.709
12	56	100	0	21	60000	4.75	5.156	8.552	8.552
13	61	65	35	37	70000	3.16	3.098	-1.957	1.957
14	64	0	100	30	70000	1.02	1.003	-1.685	1.685
15	70	100	0	30	70000	5.11	4.98	-2.542	2.542
16	74	50	50	25	70000	2.28	2.246	-1.508	1.508
17	75	65	35	25	70000	2.75	2.65	-3.628	3.628
18	78	0	100	21	70000	1.02	0.951	-6.722	6.722
19	81	50	50	21	70000	2.18	2.206	1.215	1.215
20	82	65	35	21	70000	2.66	2.579	-3.045	3.045
21	83	80	20	21	70000	3.05	2.945	-3.442	3.442
22	88	50	50	37	80000	2.46	2.388	-2.929	2.929
23	97	80	20	30	80000	3.27	3.165	-3.226	3.226
24	100	20	80	25	70000	1.13	1.113	-1.54	1.54
25	101	35	65	25	80000	1.49	1.434	-3.729	3.729
26	102	50	50	25	80000	2.09	2.011	-3.763	3.763
27	103	65	35	25	80000	2.55	2.413	-5.384	5.384
28	112	100	0	21	80000	4.4	4.638	5.414	5.414
MAPE (%)									3.3325

Eğitimi ve testi bitirilen “101” numaralı ağın performans değerleri özet olarak Çizelge 5.21’de verilmektedir. 10000 iterasyon sonucunda test edilen ağın MSE değeri 0.057126, ortalama mutlak hata MAE=0.10243, ortalama mutlak hata yüzdesi MAPE=3.3325% olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise 0.988 bulunarak gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında yüksek düzeyde bir korelasyon elde edilmiştir.

Çizelge 5.21. Tüylülük (H) testinde oluşan YSA performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Ağ numarası	101
İterasyon adedi	10000
Eğitim-MSE	0.0010569
Test-MSE	0.057126
MAE	0.10243
Minimum mutlak hata	0.017186
Maximum mutlak hata	0.84333
MAPE (%)	3.3325
Korelasyon katsayısı – R	0.988
R^2	0.976

5.2. İstatistiksel Modeller

İstatistiksel model kurulurken dikkat edilmesi gereken hususlar Materyal ve Metod bölümünde anlatılmıştır. Design Expert paket programı kullanılan çalışmada bu hususlar dikkate alınarak karışım-proses çapraz dizayn (mixture-process crossed design) modelleri oluşturulmuştur. Daha sonra regresyon eşitlikleri elde edilerek iplik özelliklerinin karışıma (polyester/viskon oranı) ve proses (rotor hızı ve iplik numarası) değişkenlerine bağlı olarak tahmin edilebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiler eğri uydurulmak suretiyle grafiksel olarak ta gösterilmiştir.

Aşağıda her bir iplik özelliği için oluşturulan istatistiksel modeller sırasıyla verilmektedir. Model seçiminin nasıl yapıldığı ve model seçiminde dikkat edilen hususlar kopma kuvveti için ayrıntılı bir şekilde anlatıldıktan sonra diğer iplik

özellikleri için oluşturulan modeller ayrıntıya girilmeden verilerek bu modellerin ortaya çıkardığı sonuçlar irdelenecektir.

5.2.1. Kopma Kuvveti için Oluşturulan İstatistik Model

Kopma kuvveti için model oluştururken ilk olarak F-testi yapılarak karışım*proses çapraz model için elde edilen F-değerlerine karşılık gelen p-değerleri ile hangi modellerin kopma kuvveti için uygun olabileceği belirlenir. Çizelge 5.22’de kopma kuvveti model seçimi için F-testi ile elde edilen p-değerleri verilmektedir. Çizelgede **[Karışım]**, karışımda kullanılan modelleri; **Proses** ise proses için oluşturulan modelleri gösterirken üst satırda proses için elde edilen p-değerleri, alt satırda ise karışım için elde edilen p-değerleri verilmektedir. Her iki p-değeri 0.05 ten küçük olan modeller uygun model olarak belirlenip koyu olarak gösterilmiştir. Buna göre F-testi sonucu [Lineer]*Lineer, [Lineer]*Kuadratik, [Lineer]*Kübik, [Kuadratik]*Lineer, [Kuadratik]* Kuadratik, [Kuadratik]*Kübik ve [Kübik]*Kübik modellerin kopma kuvveti için uygun model olabileceği belirlenmiştir.

Çizelge 5.22. Kopma kuvveti model seçimi için F-testi ile elde edilen p-değerleri

[Karışım]		Proses		
		Lineer	Kuadratik	Kübik
[Lineer]	Proses	< 0.0001	0.0005	0.0020
	Karışım	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
[Kuadratik]	Proses	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
	Karışım	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
[Kübik]	Proses	< 0.0001	0.0002	< 0.0001
	Karışım	0.2866	0.4681	0.0331

Tasarım için uygun olabilecek modeller belirlenmesine rağmen en uygun modelin seçimi için F-testi tek başına yeterli olmamaktadır. Uyum eksikliği testi yapılarak modelin yeterli olup olmadığı test edilmelidir. Çizelge 5.23’de kopma kuvveti için uyum eksikliği (lack of fit) tablosu gösterilmektedir. Uyum eksikliği testinde p-değeri en yüksek olan model uygun olacağından [Kübik]*Kübik model en uygun model olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.23. Kopma kuvveti için uyum eksikliği (lack of fit) tablosu

[Karışım]*Proses	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-Değeri	p-değeri
[Lineer]*Lineer	64001,37	105	609,5369	2,951663	< 0.0001
[Lineer]*Kuadratik	55296,6	99	558,5515	2,704768	< 0.0001
[Lineer]*Kübik	46482,49	91	510,7966	2,473516	< 0.0001
[Kuadratik]*Lineer	49980,11	102	490,0011	2,372815	< 0.0001
[Kuadratik]*Kuadratik	38723,42	93	416,3809	2,016311	0.0002
[Kuadratik]*Kübik	27529,51	81	339,8705	1,645812	0.0078
[Kübik]* Lineer	48676,28	99	491,6796	2,380943	< 0.0001
[Kübik]* Kuadratik	37009,59	87	425,3975	2,059974	0.0002
[Kübik]* Kübik	22463,52	71	316,3876	1,532097	0.0224

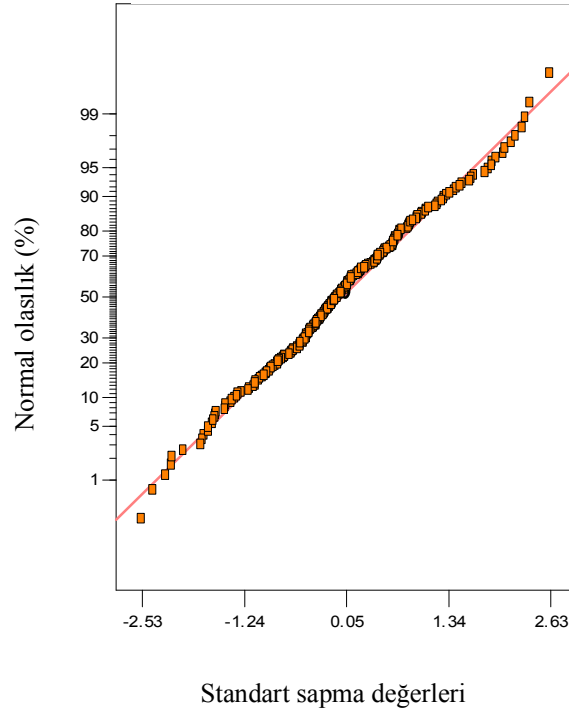
Uyum eksikliği haricinde, modellerin ortaya çıkardığı standart sapma, R^2 , düzeltilmiş R^2 , tahmin edilen R^2 ve PRESS değerlerine de bakılarak en uygun model için bilgi sahibi olunabilmektedir. R^2 değerlerinin yüksek olması ancak standart sapma ve PRESS değerlerinin düşük olması istenen bir durumdur. Çizelge 5.24'te verilen kopma kuvveti için istatistik özetlerine göre en düşük standart sapma (15.8143), PRESS (68130.57) ve en yüksek R^2 (0.991457), Düzeltilmiş R^2 (0.981457), tahmin edilen R^2 (0.986998) değerlerine sahip olan [Kübik]*Kübik modelin en uygun model olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.24. Kopma kuvveti için istatistik sonuçları

Karışım]*Proses	Std. sapma	R^2	Düzl. R^2	Tahmin edl. R^2	PRESS
[Lineer]*Lineer	20,12917	0,983529	0,983143	0,982379	92330,76
[Lineer]*Kuadratik	19,36171	0,98519	0,984404	0,983059	88770,18
[Lineer]*Kübik	18,59178	0,986873	0,985619	0,983619	85836,05
[Kuadratik]*Lineer	18,55273	0,986205	0,98568	0,984663	80360,91
[Kuadratik]*Kuadratik	17,42448	0,988353	0,987368	0,985673	75068,69
[Kuadratik]*Kübik	16,23768	0,99049	0,98903	0,986788	69229,59
[Kübik]* Lineer	18,51738	0,986454	0,985734	0,984488	81279
[Kübik]* Kuadratik	17,44034	0,98868	0,987345	0,985308	76983,47
[Kübik]* Kübik	15,81425	0,991457	0,989595	0,986998	68130,57

Yapılan testler sonucu en uygun modelin [Kübik]*Kübik model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu

çıkmaktadır. Şekil 5.11’de kopma kuvveti için [Kübik]*Kübik model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.11. [Kübik]*Kübik model artıklarının normal dağılım grafiği

Kopma kuvveti için en uygun modelin [Kübik]*Kübik model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Kopma kuvveti için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.25’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede	A	Kodlanmış polyester karışım bileşeni
	B	Kodlanmış viskon karışım bileşeni
	C	Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
	D	Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni

olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.25. Kopma kuvveti [Kübik]*Kübik model için ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	5195059	39	133206,6	532,6338	< 0.0001	Anlamlı
Lineer Karışım	2104054	1	2104054	8413,173	< 0.0001	Anlamlı
AB	5065,917	1	5065,917	20,25634	< 0.0001	Anlamlı
AC	71142,92	1	71142,92	284,4687	< 0.0001	Anlamlı
AD	339,9617	1	339,9617	1,359355	0.2452	
BC	20439,63	1	20439,63	81,72896	< 0.0001	Anlamlı
BD	0,036636	1	0,036636	0,000146	0.9904	
AC ²	1698,059	1	1698,059	6,789777	0.0099	Anlamlı
AD ²	6834,342	1	6834,342	27,32748	< 0.0001	Anlamlı
BC ²	0,431484	1	0,431484	0,001725	0.9669	
BD ²	72,00492	1	72,00492	0,287915	0.5922	
ABC	634,7793	1	634,7793	2,538199	0.1129	
ABD	117,0162	1	117,0162	0,467896	0.4948	
ACD	8,292959	1	8,292959	0,03316	0.8557	
BCD	111,8023	1	111,8023	0,447047	0.5046	
AB(A-B)	29,89473	1	29,89473	0,119536	0.7299	
AC ³	2608,293	1	2608,293	10,4294	0.0015	Anlamlı
AD ³	1490,04	1	1490,04	5,958006	0.0156	Anlamlı
BC ³	1236,349	1	1236,349	4,943609	0.0274	Anlamlı
BD ³	18,48158	1	18,48158	0,0739	0.7861	
ABC ²	190,3297	1	190,3297	0,761043	0.3842	
ABD ²	1773,932	1	1773,932	7,093162	0.0084	Anlamlı
AC ² D	742,8797	1	742,8797	2,970444	0.0865	Anlamlı
ACD ²	3006,664	1	3006,664	12,0223	0.0007	Anlamlı
BC ² D	91,55998	1	91,55998	0,366107	0.5459	
BCD ²	160,8422	1	160,8422	0,643136	0.4236	
ABCD	776,4971	1	776,4971	3,104865	0.0798	
ABC(A-B)	173,7826	1	173,7826	0,694879	0.4056	
ABD(A-B)	563,9566	1	563,9566	2,25501	0.1349	
ABC ³	408,8654	1	408,8654	1,63487	0.2027	
ABD ³	839,6286	1	839,6286	3,3573	0.0686	
ABC ² D	99,12793	1	99,12793	0,396368	0.5298	
ABCD ²	809,9534	1	809,9534	3,238641	0.0736	
ABC ² (A-B)	25,82753	1	25,82753	0,103273	0.7483	
ABCD(A-B)	107,7057	1	107,7057	0,430667	0.5125	
ABD ² (A-B)	763,9858	1	763,9858	3,054838	0.0822	
ABC ³ (A-B)	44,25806	1	44,25806	0,176968	0.6745	
ABD ³ (A-B)	811,3356	1	811,3356	3,244169	0.0734	
ABC ² D(A-B)	34,72602	1	34,72602	0,138854	0.7099	
ABCD ² (A-B)	2586,399	1	2586,399	10,34185	0.0015	Anlamlı
Residual	44766,19	179	250,0905			
Lack of Fit	22463,52	71	316,3876	1,532097	0.0224	Anlamlı
Pure Error	22302,68	108	206,5063			
Cor Total	5239825	218				

İplik kopma kuvveti için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

$$\begin{aligned}
 \text{Kopma kuvveti} = & +5487.87959 * P + 898.25524 * V - 12885.23128 * P * V - \\
 & 240.50752 * P * YC - 0.15350 * P * R - 156.04337 * V * \\
 & YC + 0.026224 * V * R + 7.84053 * P * YC^2 + 2.25833E- \\
 & 006 * P * R^2 + 6.23750 * V * YC^2 - 3.37592E-007 * V * \\
 & R^2 + 434.87389 * P * V * YC + 0.43496 * P * V * \\
 & R + 1.19098E-003 * P * YC * R - 2.00622E-004 * V * YC * \\
 & R - 29494.09172 * P * V * (P-V) - 0.098366 * P * YC^3 - \\
 & 9.95674E-012 * P * R^3 - 0.067723 * V * YC^3 + 1.10863E- \\
 & 012 * V * R^3 - 12.30501 * P * V * YC^2 - 6.47225E-006 * P \\
 & * V * R^2 + 1.49663E-005 * P * YC^2 * R - 1.58962E-008 * \\
 & P * YC * R^2 - 5.25449E-006 * V * YC^2 * R + 3.67611E-009 \\
 & * V * YC * R^2 - 2.76443E-003 * P * V * YC * \\
 & R + 788.48783 * P * V * YC * (P-V) + 1.06643 * P * V * R \\
 & * (P-V) + 0.15376 * P * V * YC^3 + 2.97602E-011 * P * V * \\
 & R^3 - 2.17222E-005 * P * V * YC^2 * R + 3.31931E-008 * P \\
 & * V * YC * R^2 - 10.00758 * P * V * YC^2 * (P-V) - \\
 & 0.015695 * P * V * YC * R * (P-V) - 1.34708E-005 * P * V \\
 & * R^2 * (P-V) + 0.094275 * P * V * YC^3 * (P-V) + 5.43459E- \\
 & 011 * P * V * R^3 * (P-V) + 2.41758E-005 * P * V * YC^2 \\
 & * R * (P-V) + 1.11535E-007 * P * V * YC * R^2 * (P-V)
 \end{aligned} \tag{5}$$

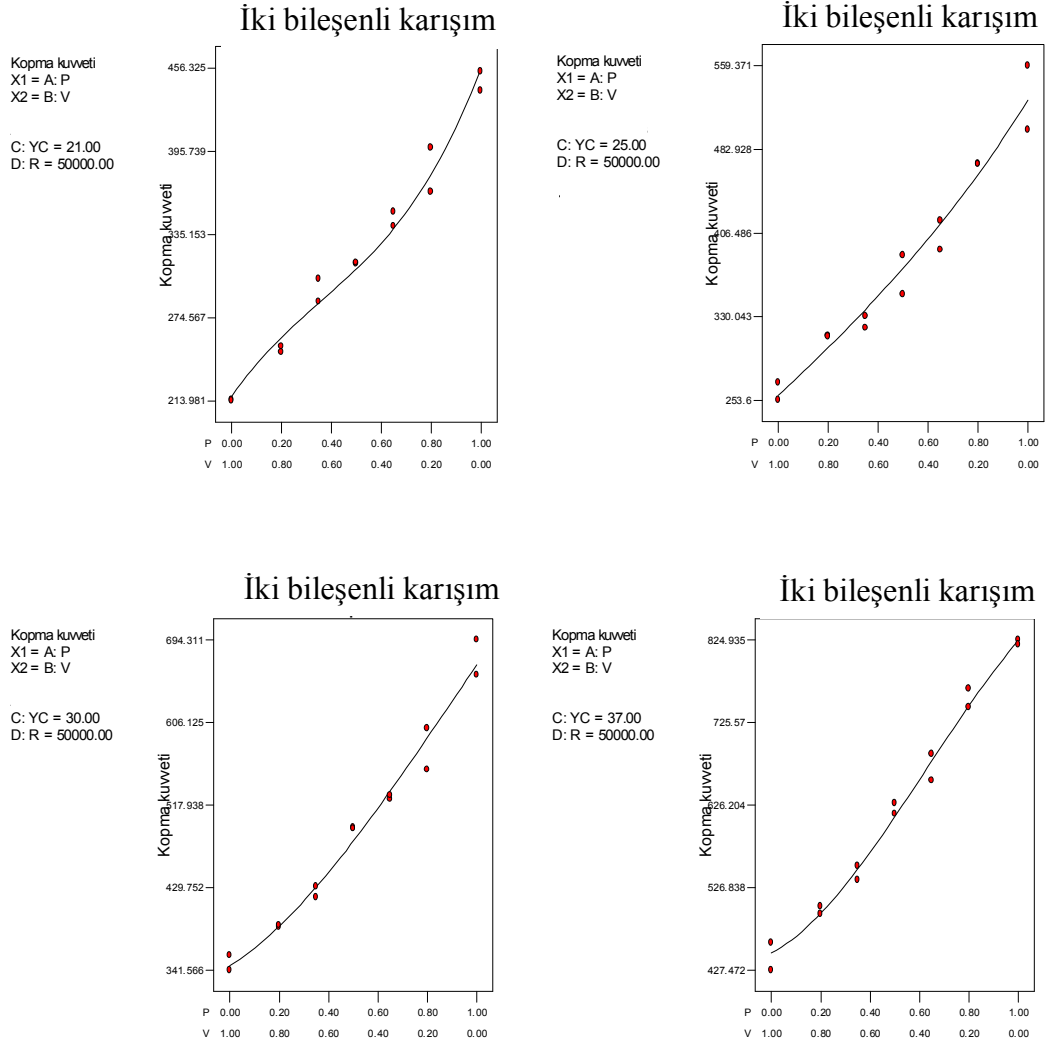
Kurulan modelin özet istatistik verilerinin yer aldığı Çizelge 5.26’da karışım ve proses değişkenleri ile kopma kuvveti arasında $R=0.995$ ’lik bir korelasyon olduğu görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %99.1 ($R^2=0.991$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.989$, tahmin edilen R^2 ise 0.986 bulunarak çok yüksek değerler elde edilmiştir. Buradan, kurulan modelin kopma kuvvetini tahmin etmede gayet başarılı sonuçlar vereceği anlaşılmaktadır. Regresyon denklemi ile gerçek kopma kuvveti değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna

göre MAE=11.141, MAPE ise %2.6034 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, kopma kuvvetini %97.3966 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

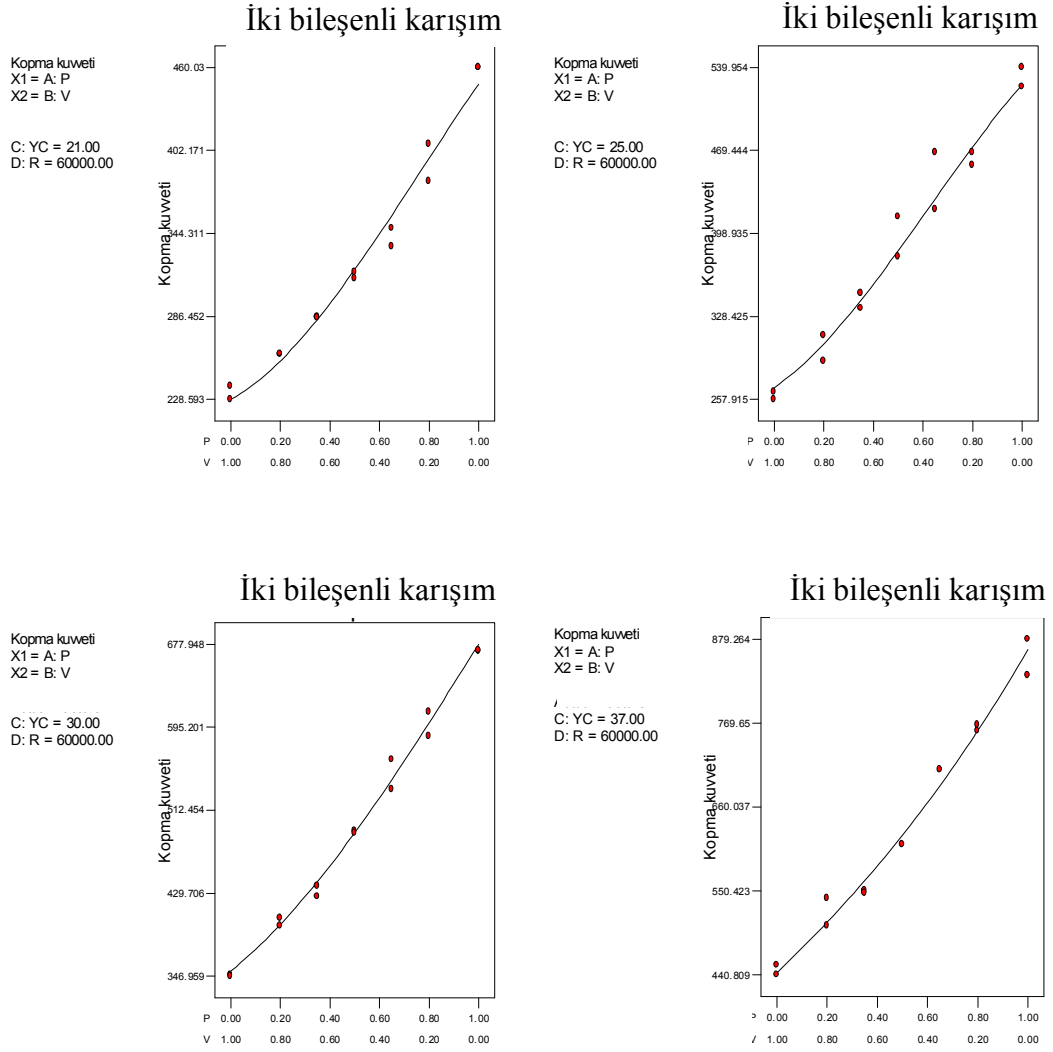
Çizelge 5.26. Kopma kuvveti (cN) istatistik model performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	15,81425
Ortalama	456,5143
CV	3,46413
Korelasyon katsayısı -R	0.995
R ²	0.991
Düzeltilmiş R ²	0.989
Tahmin edilen R ²	0.986
PRESS	68130.57
Minimum mutlak hata	0.003
Maksimum mutlak hata	39.45
MSE	206.5063
MAE	11.141
MAPE-%	2.6034

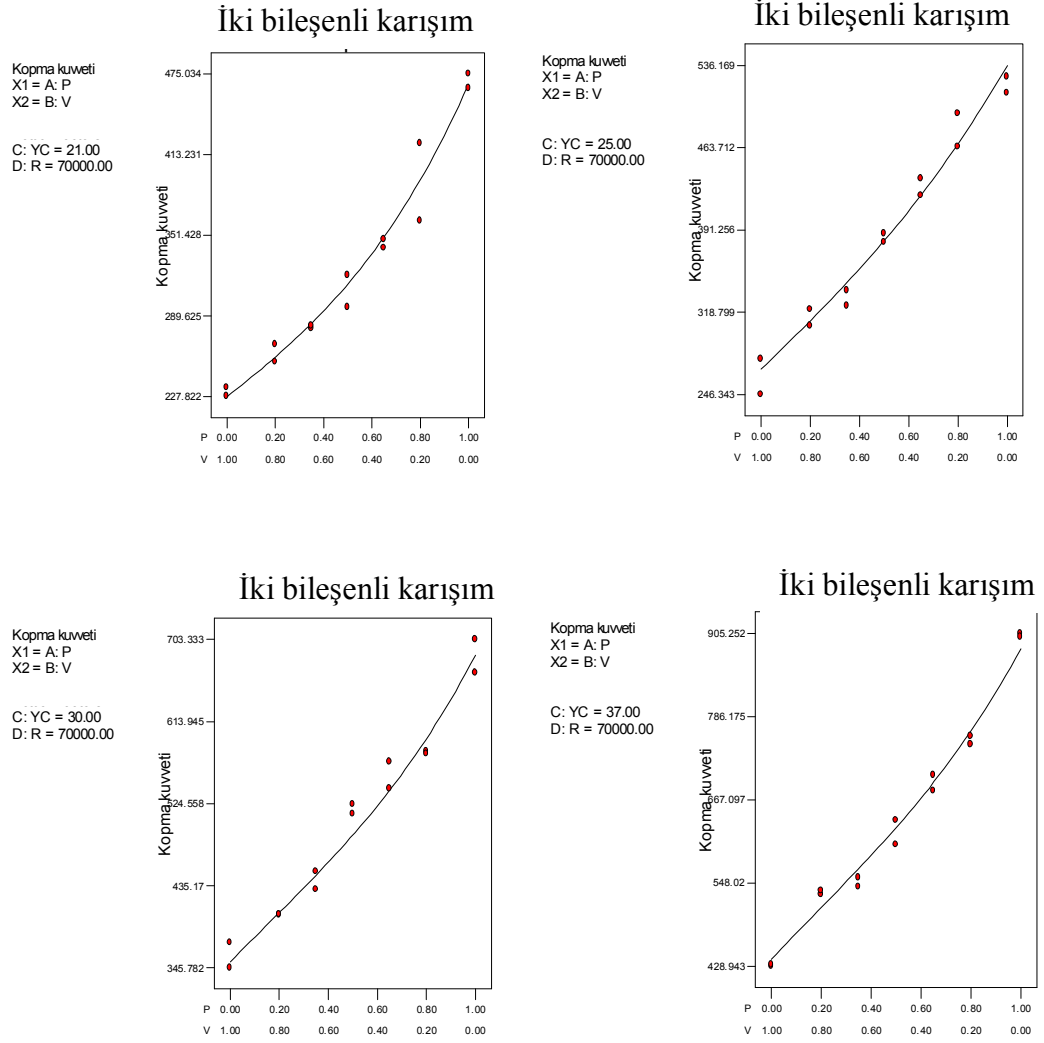
Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile kopma kuvvetinin nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.12, 13, 14, 15 ve 16 farklı rotor hızlarında ve farklı iplik numaralarında karışım oranı ile kopma kuvvetinin değişimini göstermektedir. Polyester lifinin kopma mukavemetinin viskondan yüksek olması sebebiyle karışımdaki polyester oranının artmasının ipliğin kopma kuvvetini de arttıracakı önceden beklenmektedir. Şekillerden de karışımdaki polyesterin artmasıyla kopma kuvvetinin arttığı görülmektedir.



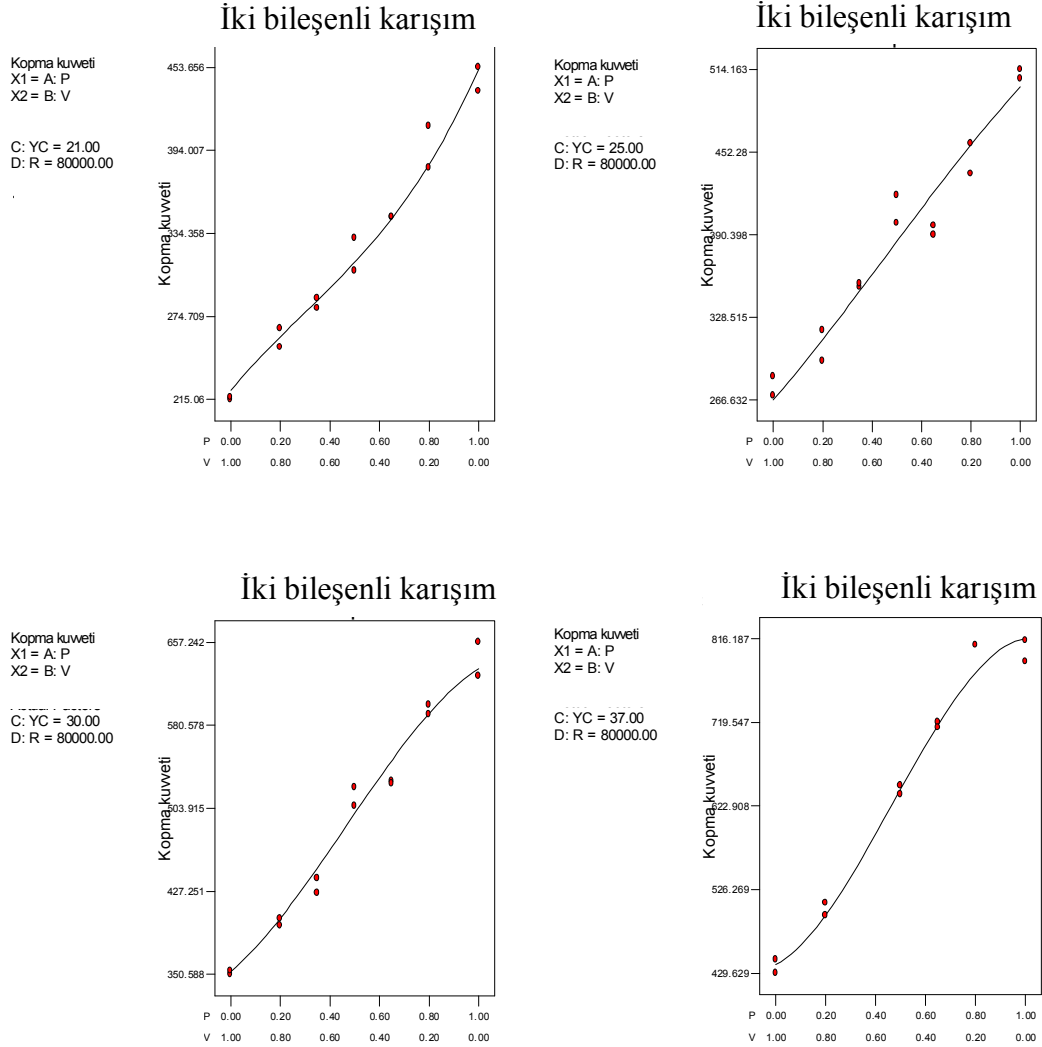
Şekil 5.12. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma kuvveti değişimi



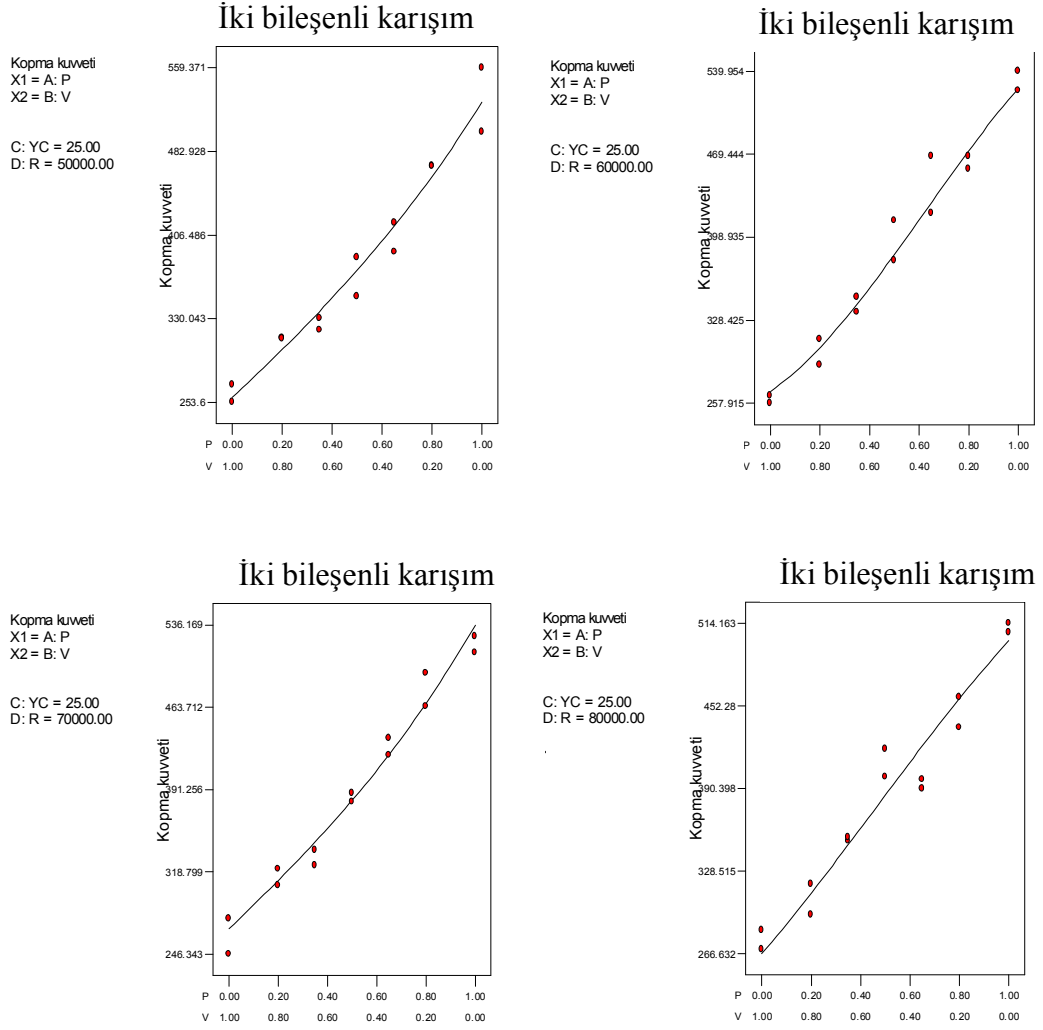
Şekil 5.13. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma kuvveti (cN) değişimi



Şekil 5.14. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma kuvveti (cN) değişimi



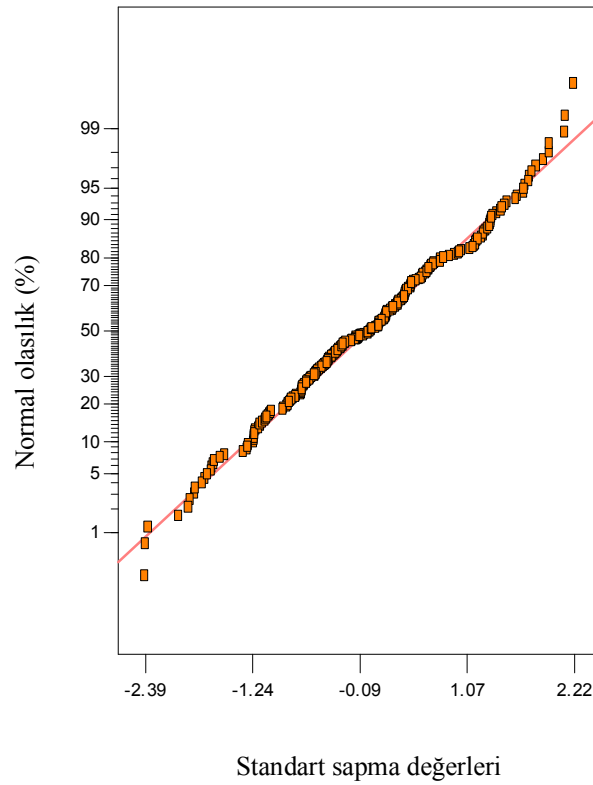
Şekil 5.15. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma kuvveti (cN) değişimi



Şekil 5.16. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım-oranı kopma kuvveti (cN) değişimi

5.2.2. Uzama için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu uzama (%) için en uygun modelin **[Lineer]*Kuadratik** model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.17’de uzama (%) için [Lineer]*Kuadratik model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.17. [Lineer]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği

Uzama (%) için en uygun modelin [Lineer]*Kuatratik model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Kopma uzaması (%) için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.27’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede A Kodlanmış polyester karışım bileşeni
 B Kodlanmış viskon karışım bileşeni
 C Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
 D Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni
 olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.27. Uzama (%) için [Lineer]*Kuatratik model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	128,223	11	11,65664	136,0147	< 0.0001	Anlamlı
Linear Mixture	7,565901	1	7,565901	88,28218	< 0.0001	Anlamlı
AC	12,75636	1	12,75636	148,8467	< 0.0001	Anlamlı
AD	15,19109	1	15,19109	177,2562	< 0.0001	Anlamlı
BC	26,74568	1	26,74568	312,0801	< 0.0001	Anlamlı
BD	14,79659	1	14,79659	172,653	< 0.0001	Anlamlı
AC ²	0,008041	1	0,008041	0,093822	0.7597	
AD ²	0,25426	1	0,25426	2,966812	0.0865	
BC ²	0,472725	1	0,472725	5,515957	0.0198	Anlamlı
BD ²	0,008447	1	0,008447	0,098565	0.7539	
ACD	0,019	1	0,019	0,221702	0.6382	
BCD	0,008646	1	0,008646	0,100891	0.7511	
Residual	17,82588	208	0,085701			
Lack of Fit	9,483979	100	0,09484	1,227861	0.1477	
Pure Error	8,3419	108	0,07724			
Cor Total	146,0489	219				

İplik kopma uzaması (%) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

$$\begin{aligned}
\text{Uzama} = & +9.81630 * P + 13.82442 * V + 0.069010 * P * YC + 4.54442E-005 * \\
& P * R - 0.056775 * V * YC - 2.31616E-005 * V * R + 3.96937E-004 * \\
& P * YC^2 - 6.28918E-010 * P * R^2 + 3.03864E-003 * V * YC^2 - \\
& 1.15267E-010 * V * R^2 - 2.60758E-007 * P * YC * R - 1.74041E-007 * \\
& V * YC * R
\end{aligned} \quad (6)$$

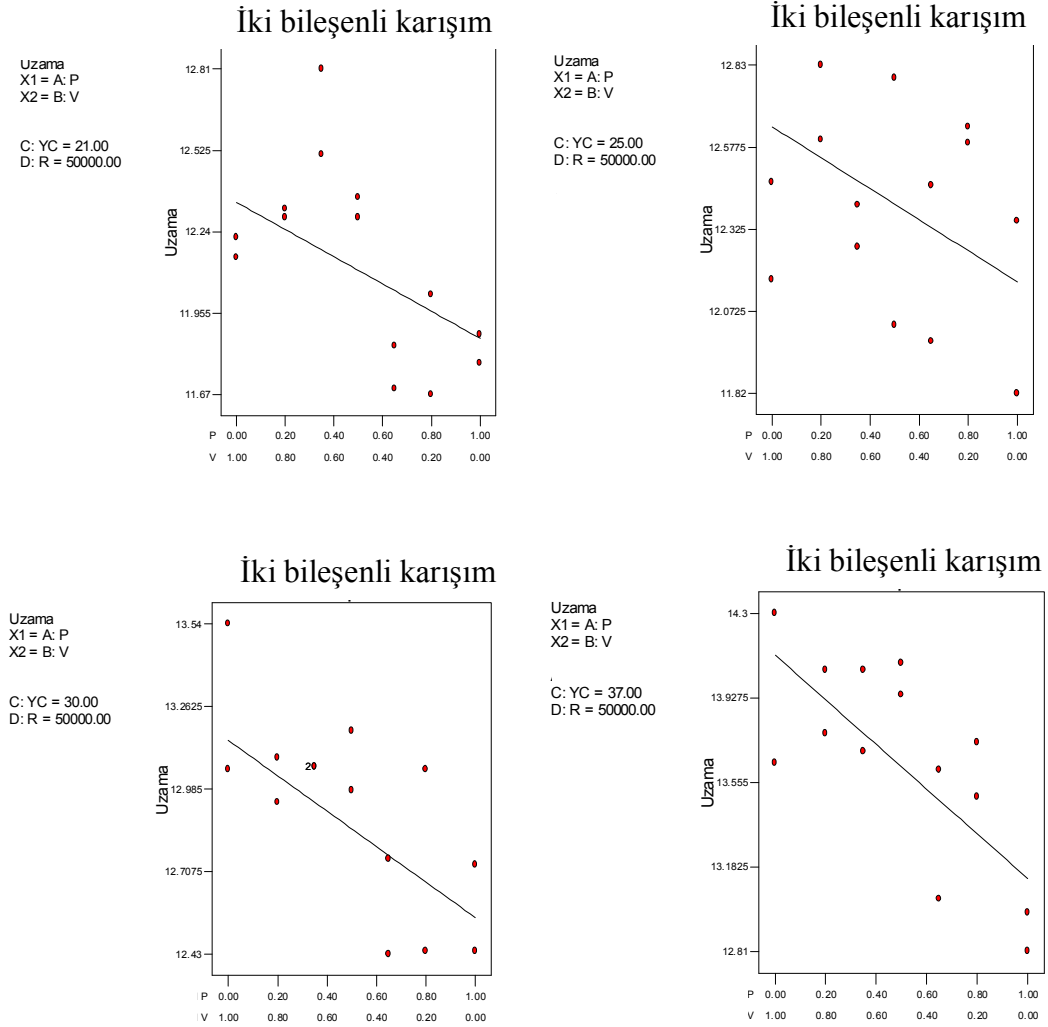
Çizelge 5.28’de kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile kopma uzaması arasında $R=0.93$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %87.7 ($R^2=0.877$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.871$, tahmin edilen R^2 ise 0.862 bulunmuştur. Regresyon denklemi ile gerçek kopma uzaması değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=0.23348, MAPE ise %1.943 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, kopma uzamasını %98.057 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.28. Uzama (%) istatistik model performans değerleri

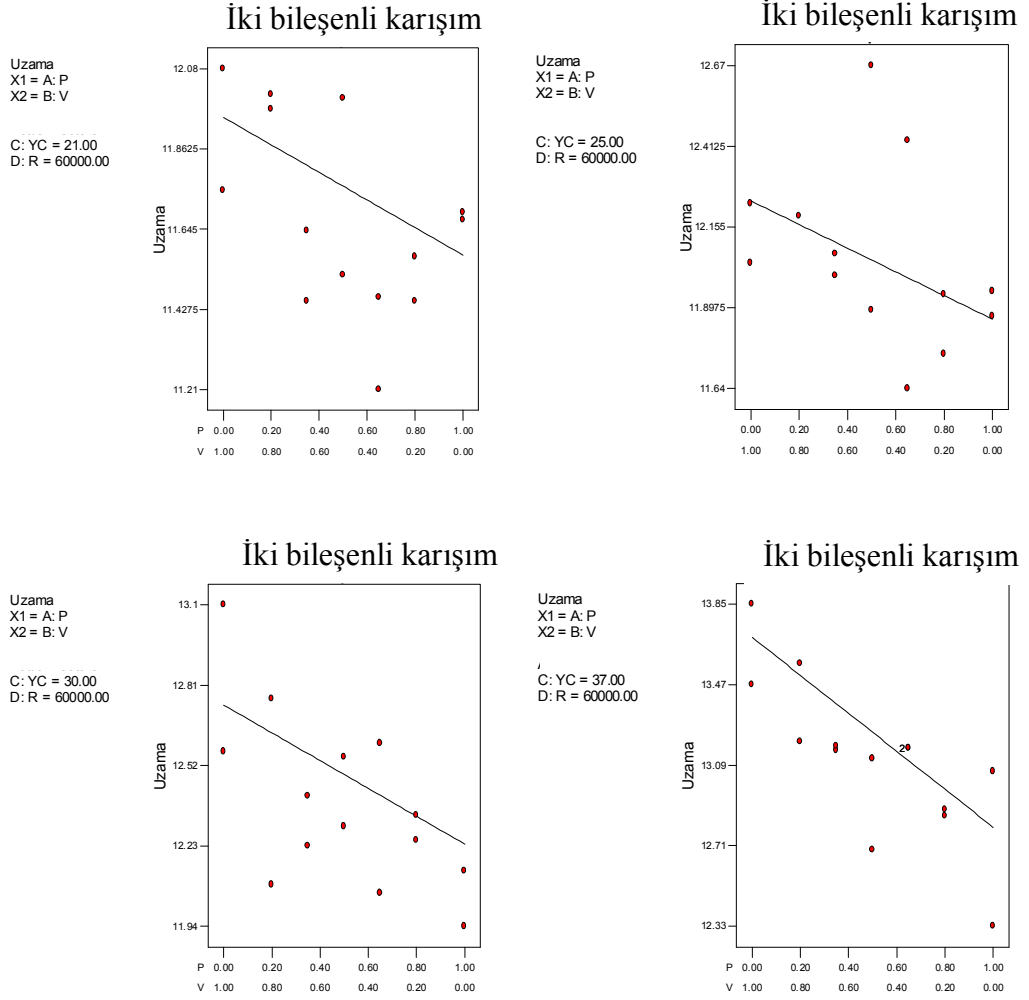
Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	0.292748
Ortalama	12.13868
CV	2.411694
Korelasyon katsayısı -R	0.93
R^2	0.877
Düzeltilmiş R^2	0.871
Tahmin edilen R^2	0.862
PRESS	20.04033
Minimum mutlak hata	0.00277
Maksimum mutlak hata	0.6838
MSE	0.07724
MAE	0.23348
MAPE (%)	1.943

Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile kopma uzamasının nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.18, 19, 20, 21 ve 22’de farklı rotor hızı ve iplik numaralarında karışım oranı-kopma

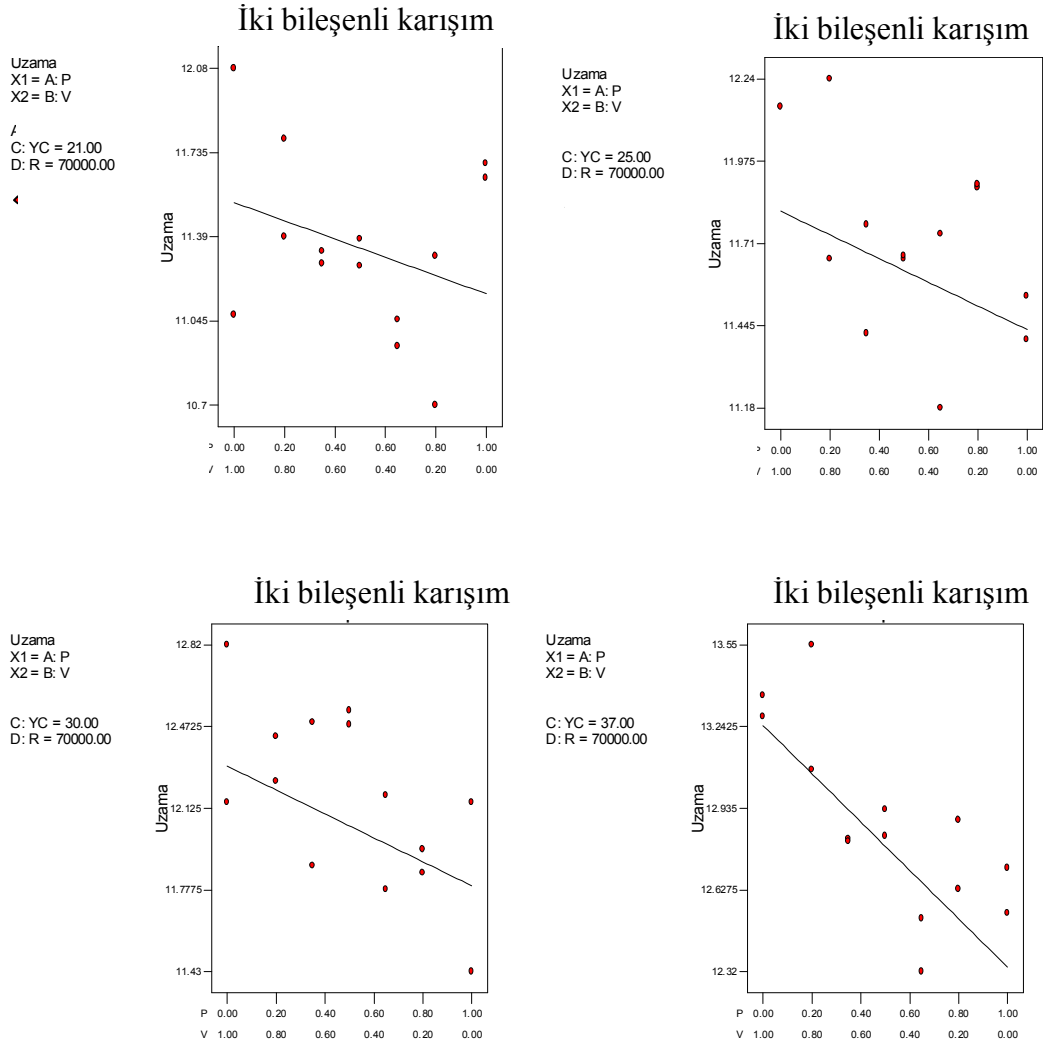
uzaması değişimi görülmektedir. Oluşturulan regresyon eğrilerinin hepsinde karışımdaki polyester oranının artmasıyla kopma uzamasının azaldığı görülmektedir. Viskonun kopma uzamasının polyesterden fazla olması karışımdaki viskon oranının artmasının kopma uzamasının da artmasına sebep olduğunu göstermektedir.



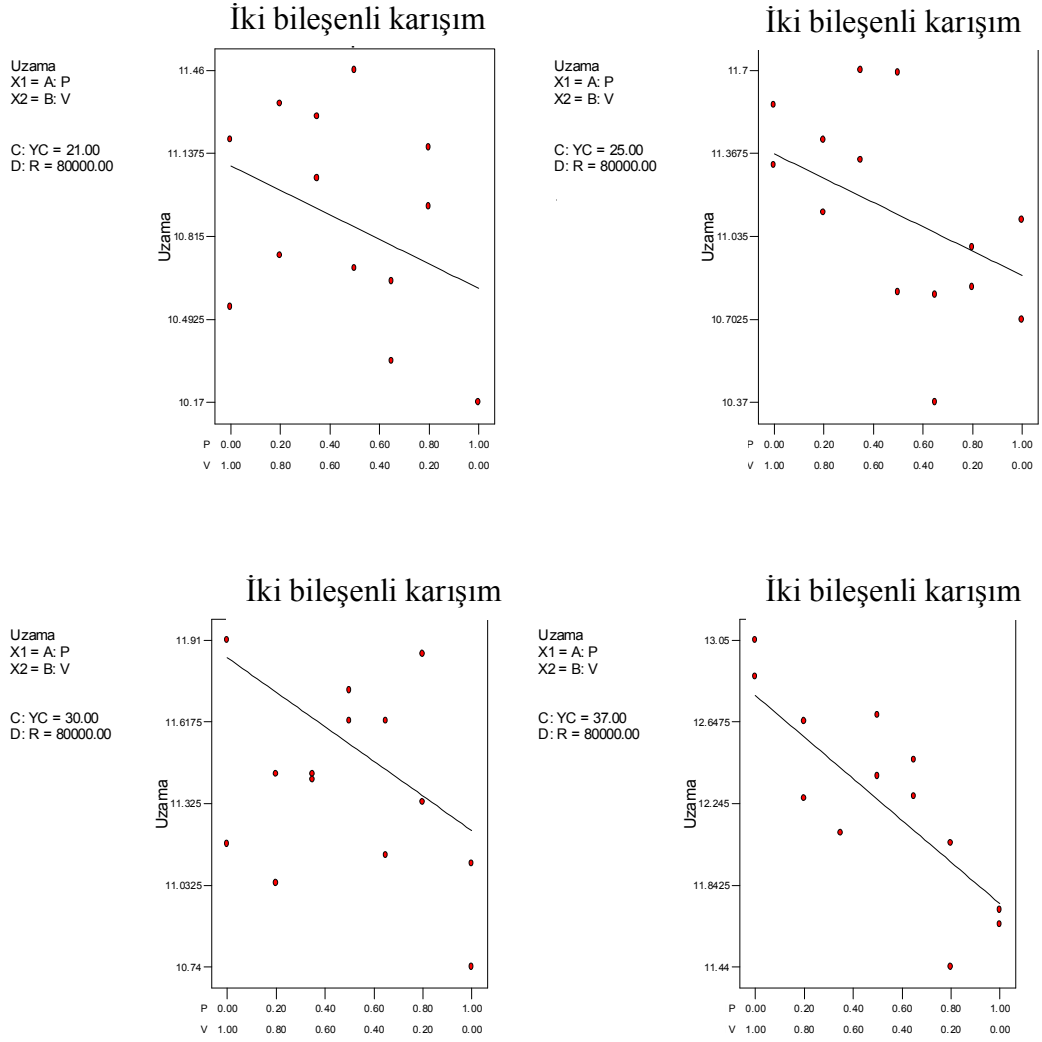
Şekil 5.18. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-uzama (%) değişimi



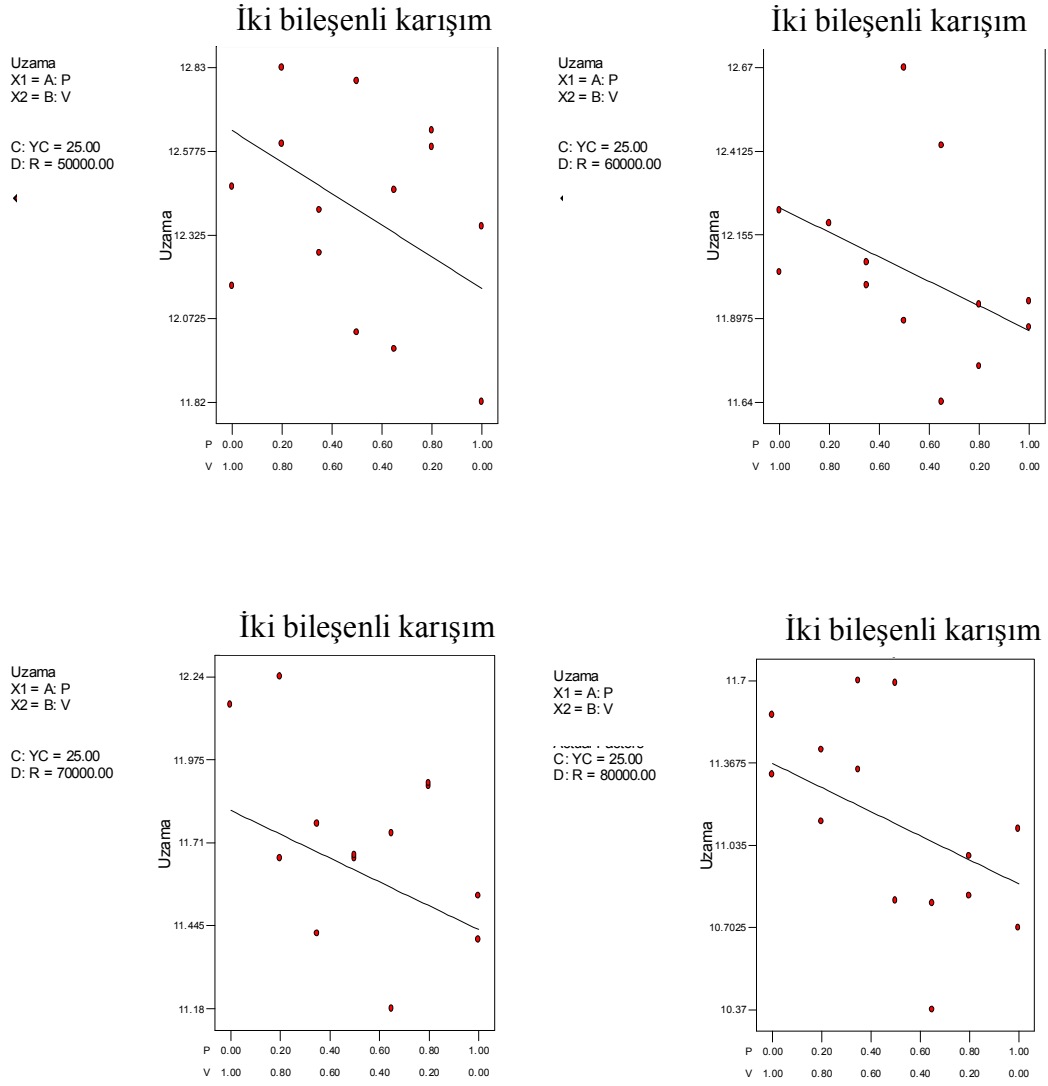
Şekil 5.19. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-uzama (%) değişimi



Şekil 5.20. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-uzama (%) değişimi



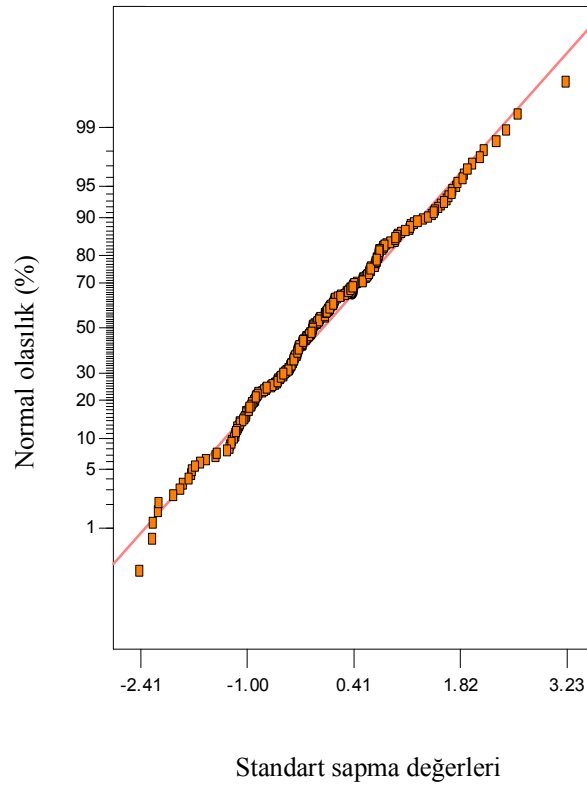
Şekil 5.21. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı - uzama (%) değişimi



Şekil 5.22. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-uzama (%) değişimi

5.2.3. Mukavemet için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu mukavemet (cN/tex) için en uygun modelin **[Lineer]*Kuadratik** model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.23’de mukavemet (cN/tex) için [Lineer]*Kuadratik model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.23. [Lineer]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği

Mukavemet (cN/tex) için en uygun modelin [Lineer]*Kuadratik model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak

ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Mukavemet için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.29’da verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede A Kodlanmış polyester karışım bileşeni
B Kodlanmış viskon karışım bileşeni
C Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
D Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni
olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.29. Mukavemet (cN/tex) için [Lineer]*Kuadratik model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	2857,523	11	259,7748	512,043	< 0.0001	Anlamlı
Linear Mixture	2724,398	1	2724,398	5370,07	< 0.0001	Anlamlı
AC	47,58045	1	47,58045	93,78599	< 0.0001	Anlamlı
AD	0,021285	1	0,021285	0,041955	0.8379	
BC	26,4221	1	26,4221	52,08069	< 0.0001	Anlamlı
BD	1,545408	1	1,545408	3,046158	0.0824	
AC ²	0,131153	1	0,131153	0,258515	0.6117	
AD ²	4,384554	1	4,384554	8,64241	0.0037	Anlamlı
BC ²	1,905898	1	1,905898	3,756722	0.0539	
BD ²	0,011122	1	0,011122	0,021923	0.8824	
ACD	1,213838	1	1,213838	2,3926	0.1234	
BCD	0,007545	1	0,007545	0,014872	0.9031	
Residual	106,032	209	0,50733			
Lack of Fit	75,49712	99	0,762597	2,74721	< 0.0001	Anlamlı
Pure Error	30,53487	110	0,27759			
Cor Total	2963,555	220				

Mukavemet (cN/tex) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Mukavemet} = & +9.48586 * P + 2.26749 * V + 0.10254 * P * YC + 2.81154E-004 * P * R \\ & + 0.47016 * V * YC + 1.72888E-006 * V * R - 1.59231E-003 * P * \\ & YC^2 - 2.60654E-009 * P * R^2 - 6.07106E-003 * V * YC^2 + 1.30948E- \\ & 010 * V * R^2 + 2.04622E-006 * P * YC * R - 1.63372E-007 * V * YC * \\ & R \end{aligned} \quad (7)$$

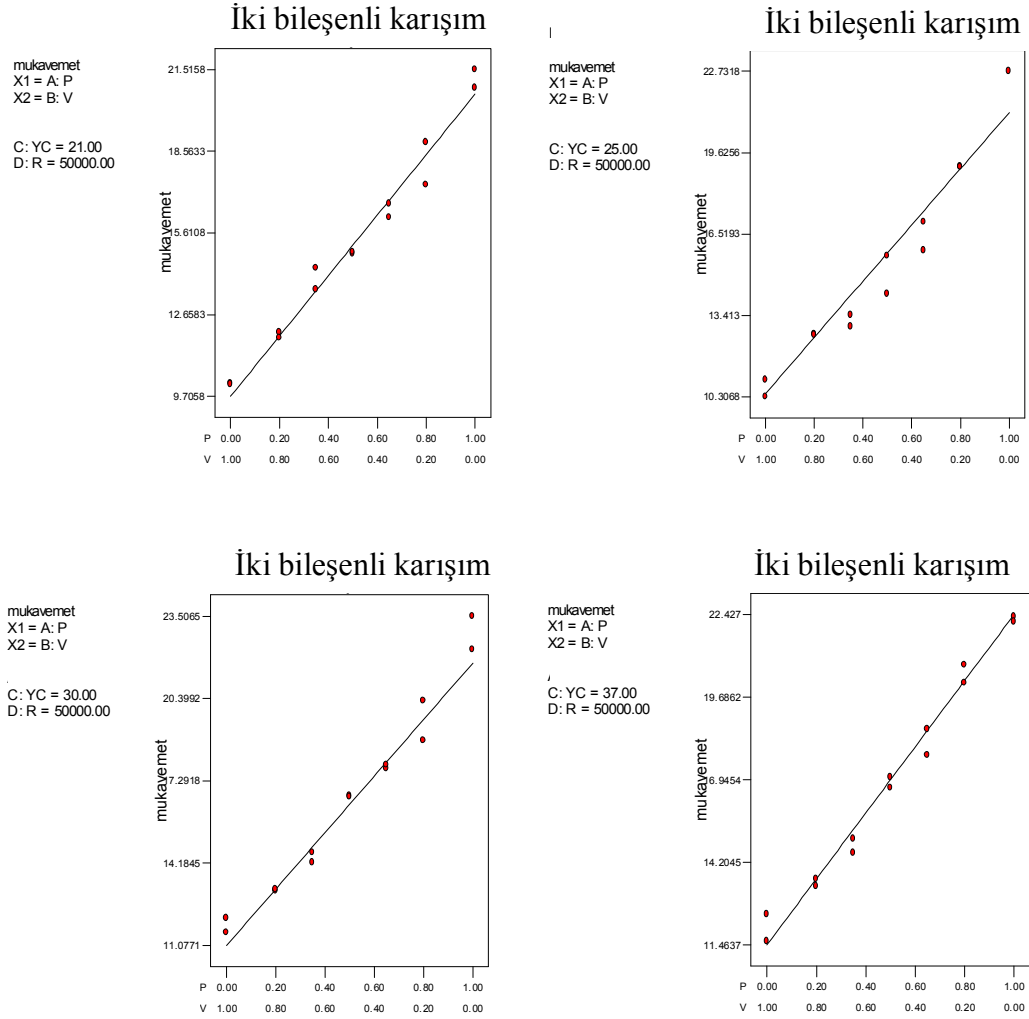
Çizelge 5.30’da ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile kopma mukavemeti arasında $R=0.981$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %96.4 ($R^2=0.964$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.962$, tahmin edilen R^2 ise 0.959 bulunmuştur. Regresyon denklemi ile gerçek mukavemet değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=0.5442, MAPE ise %3.373 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, mukavemeti %96.627 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.30. Mukavemet (cN/tex) istatistik model performans değerleri

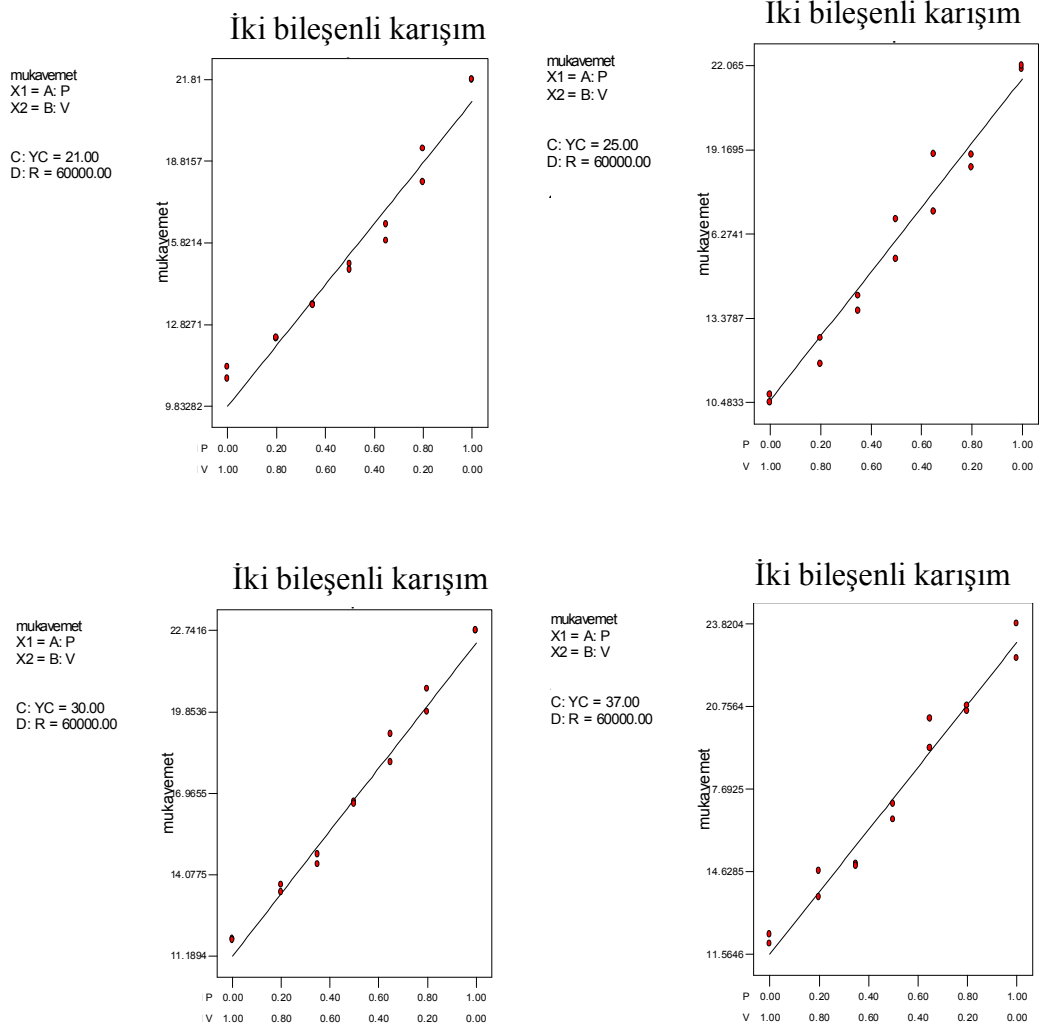
Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	0.712271
Ortalama	16.29271
CV	4.371717
Korelasyon katsayısı -R	0.981
R^2	0.964
Düzeltilmiş R^2	0.962
Tahmin edilen R^2	0.959
PRESS	120.1031
Minimum mutlak hata	0.005526
Maksimum mutlak hata	2.1948
MSE	0.27759
MAE	0.5442
MAPE (%)	3.373

Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile kopma mukavemetinin nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.24, 25, 26, 27 ve 28’de farklı rotor hızlarında ve farklı iplik numaralarında karışım oranı ile mukavemet (cN/tex) değişimi gösterilmektedir. Polyester lifinin kopma mukavemetinin viskondan fazla olması sebebiyle karışımdaki polyester oranının artmasıyla kopma mukavemetinin de artması beklenmektedir. Şekillerde de

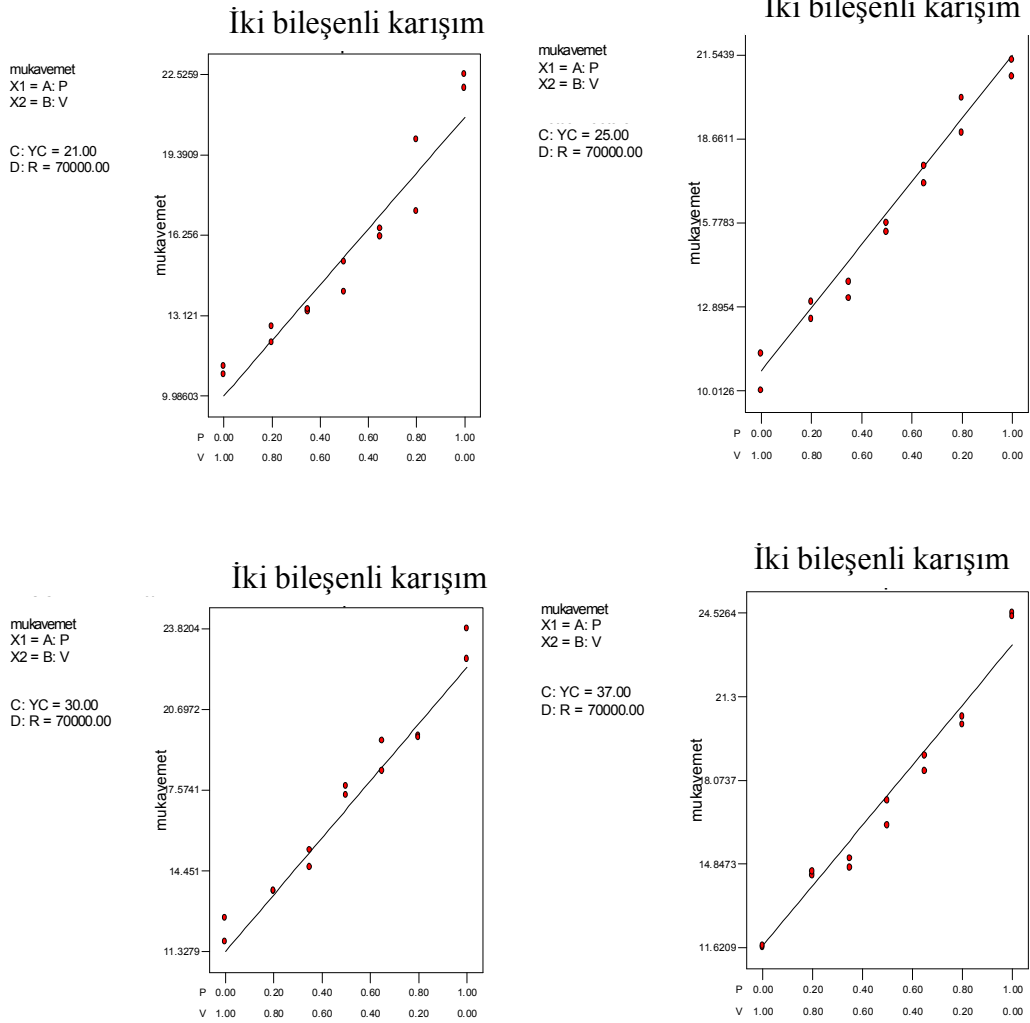
bu durum gözlenerek polyester oranının artmasıyla kopma mukavemetinin tüm şekillerdeki regresyon eğrilerinde arttığı anlaşılmaktadır.



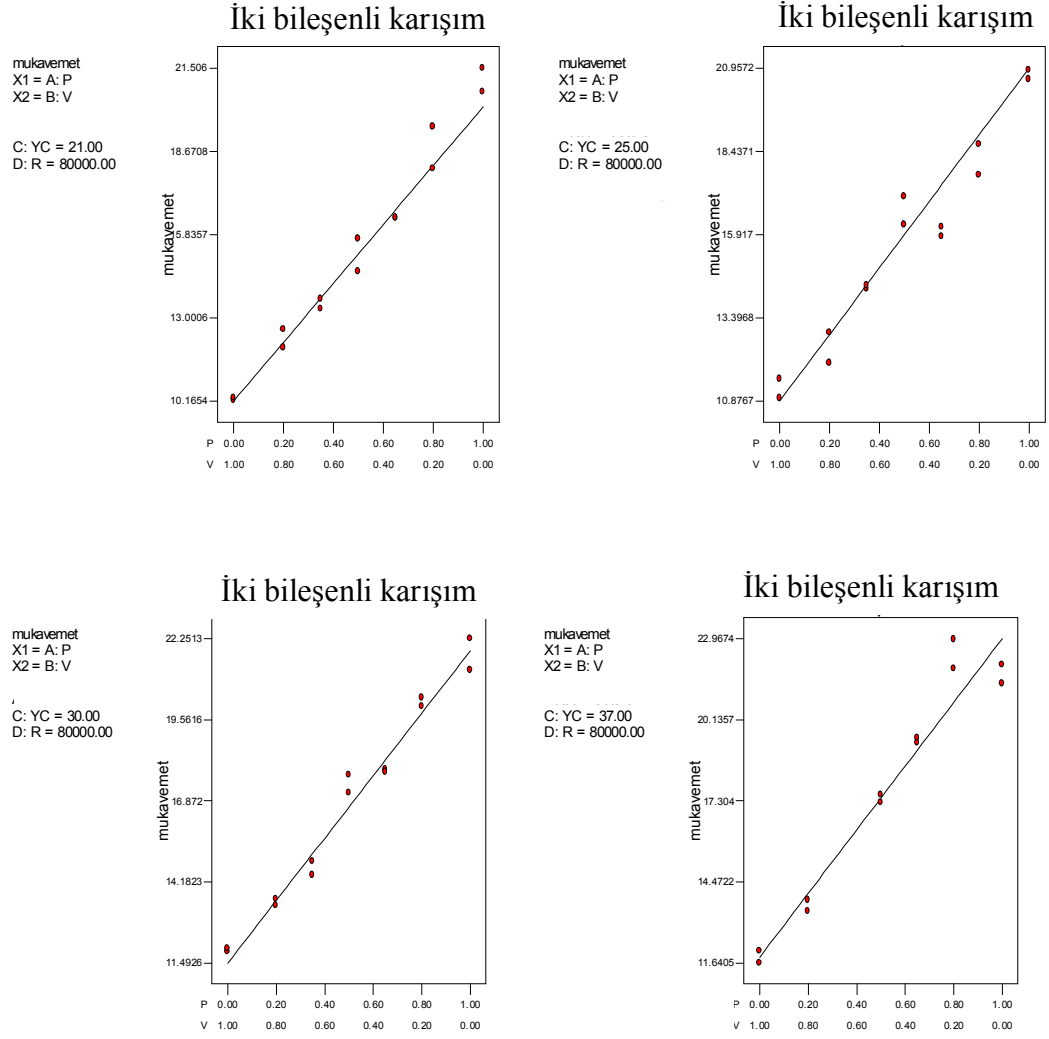
Şekil 5.24. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi



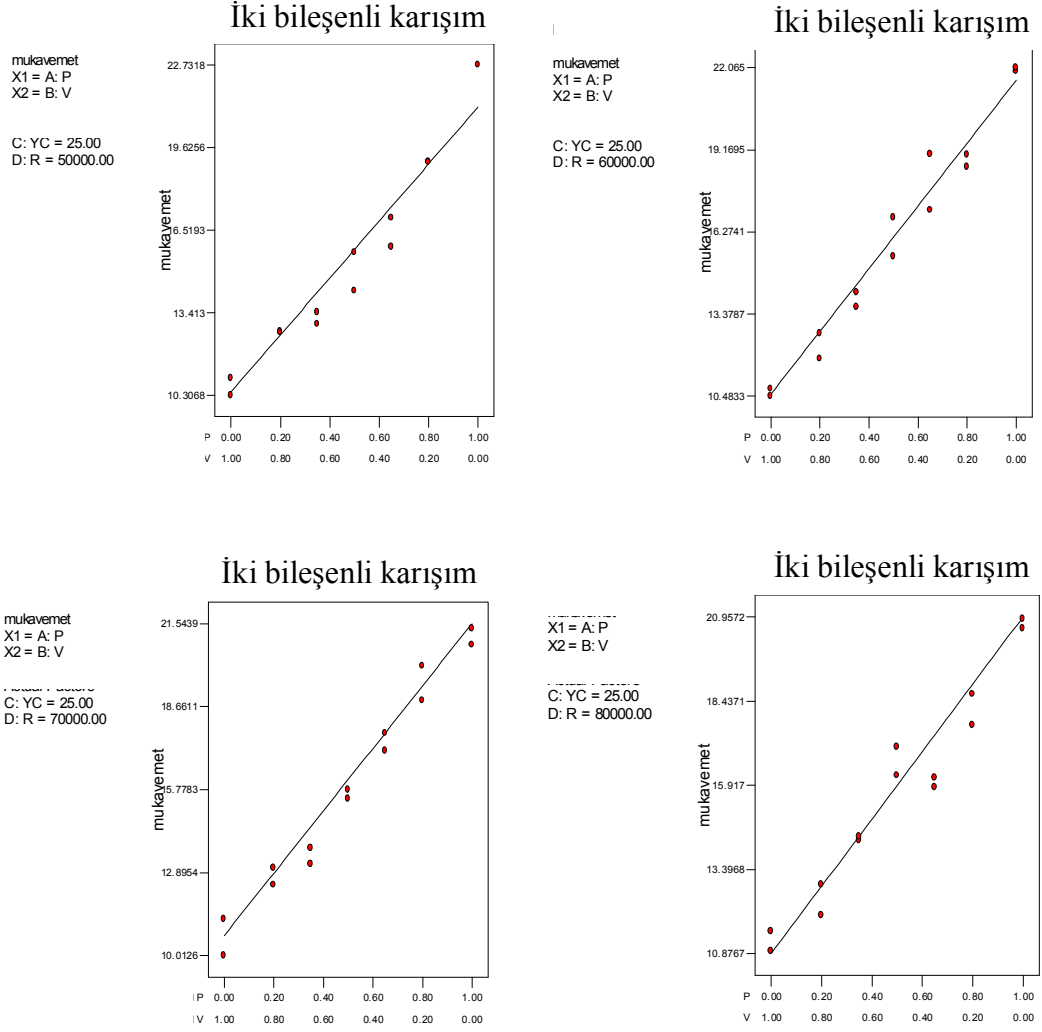
Şekil 5.25. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi



Şekil 5.26. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi



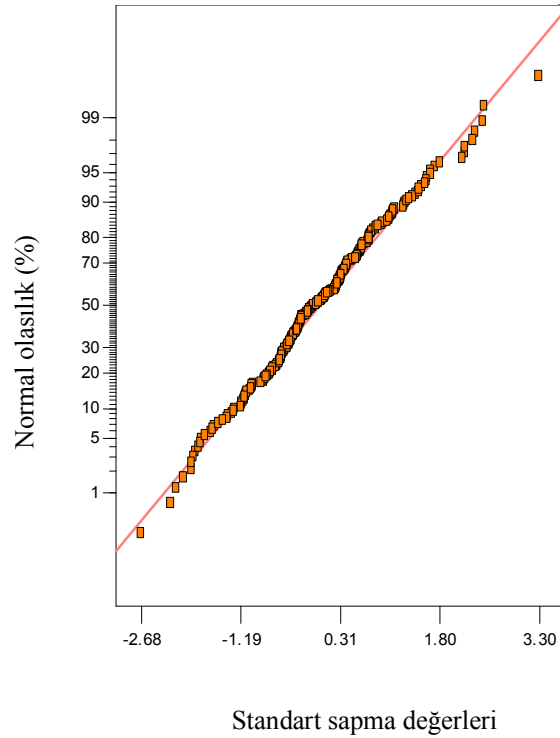
Şekil 5.27. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi



Şekil 5.28. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için
karışım oranı-mukavemet (cN/tex) değişimi

5.2.4. Kopma işi için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu kopma işi (cN*cm) için en uygun modelin [Kuadratik]*Kübik model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.29'da kopma işi (cN*cm) için [Lineer]*Kuadratik model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.29. [Kuadratik]*Kübik model artıklarının normal dağılım grafiği

Kopma işi (cN*cm) için en uygun modelin [Kuadratik]*Kübik model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının

anlamli olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Kopma işi için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu izelge 5.31’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamli olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede A Kodlanmış polyester karışım bileşeni
 B Kodlanmış viskon karışım bileşeni
 C Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
 D Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni
 olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.31. Kopma işi (cN*cm) için [Kuatratik]*Kübik model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	49223012	29	1697345	301,2065	< 0.0001	Anlamli
Linear Mixture	6935035	1	6935035	1230,673	< 0.0001	Anlamli
AB	52709,39	1	52709,39	9,353671	0.0026	Anlamli
AC	690660,2	1	690660,2	122,5628	< 0.0001	Anlamli
AD	1326,241	1	1326,241	0,235351	0.6281	
BC	498982,6	1	498982,6	88,54816	< 0.0001	Anlamli
BD	296,9101	1	296,9101	0,052689	0.8187	
AC ²	43001,09	1	43001,09	7,630862	0.0063	Anlamli
AD ²	86981,83	1	86981,83	15,43557	0.0001	Anlamli
BC ²	6630,913	1	6630,913	1,176705	0.2794	
BD ²	7551,716	1	7551,716	1,340108	0.2485	
ABC	6640,433	1	6640,433	1,178394	0.2791	
ABD	24,44132	1	24,44132	0,004337	0.9476	
ACD	8203,83	1	8203,83	1,45583	0.2291	
BCD	5441,098	1	5441,098	0,965563	0.3271	
AC ³	9808,799	1	9808,799	1,740644	0.1887	
AD ³	6214,721	1	6214,721	1,102848	0.2950	
BC ³	32416,74	1	32416,74	5,752591	0.0174	Anlamli
BD ³	4003,871	1	4003,871	0,710517	0.4003	
ABC ²	798,7771	1	798,7771	0,141749	0.7070	
ABD ²	43081,31	1	43081,31	7,645098	0.0063	Anlamli
AC ² D	20928,7	1	20928,7	3,713952	0.0555	
ACD ²	22528,18	1	22528,18	3,997793	0.0470	Anlamli
BC ² D	0,000624	1	0,000624	1,11E-07	0.9997	
BCD ²	10,6439	1	10,6439	0,001889	0.9654	
ABCD	19950,07	1	19950,07	3,540288	0.0614	
ABC ³	4745,858	1	4745,858	0,842188	0.3599	
ABD ³	3712,169	1	3712,169	0,658752	0.4180	
ABC ² D	3310,815	1	3310,815	0,587529	0.4443	
ABCD ²	20029,76	1	20029,76	3,554429	0.0609	
Residual	1059409	188	5635,155			
Lack of Fit	546526,9	82	6664,963	1,377482	0.0604	
Pure Error	512882,2	106	4838,511			
Cor Total	50282421	217				

Kopma işi (cN*cm) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

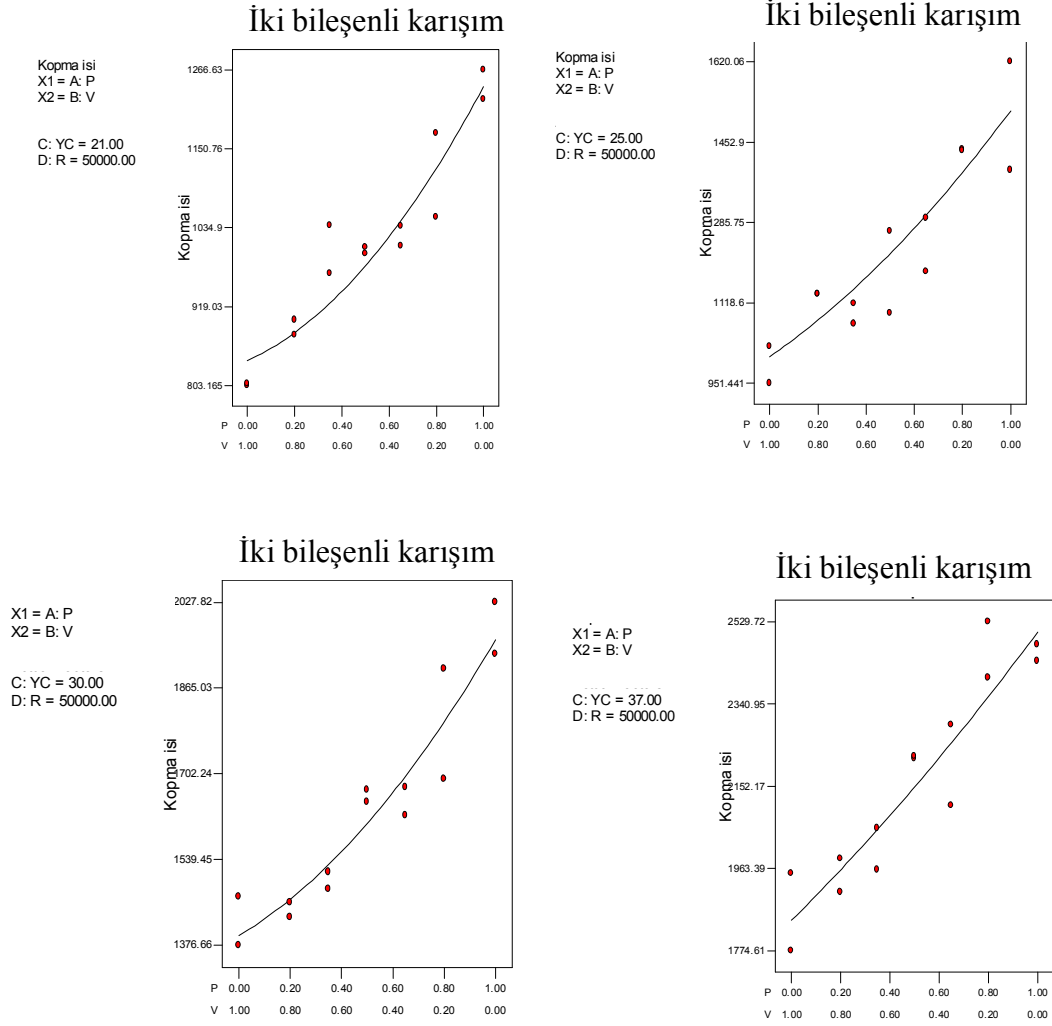
$$\begin{aligned} \text{Kopma işi} = & +8327.76398 * P + 10351.43673 * V - 34669.46765 * P * V - \\ & 304.12645 * P * YC - 0.26540 * P * R - 740.70340 * V * YC - 0.16904 * \\ & V * R + 12.03172 * P * YC^2 + 4.42346E-006 * P * R^2 + 28.37131 * V * \\ & YC^2 + 2.86406E-006 * V * R^2 + 1463.40097 * P * V * YC + 1.09210 * P \\ & * V * R + 7.06036E-004 * P * YC * R - 2.94560E-004 * V * YC * R - \\ & 0.17936 * P * YC^3 - 1.92007E-011 * P * R^3 - 0.32067 * V * YC^3 - \\ & 1.55577E-011 * V * R^3 - 38.51771 * P * V * YC^2 - 1.57257E-005 * P \\ & * V * R^2 + 7.37803E-005 * P * YC^2 * R - 4.00112E-008 * P * YC * R^2 - \\ & 1.26593E-008 * V * YC^2 * R + 9.06544E-010 * V * YC * R^2 - \\ & 0.012709 * P * V * YC * R + 0.52803 * P * V * YC^3 + 6.36050E- \\ & 011 * P * V * R^3 - 1.25010E-004 * P * V * YC^2 * R + 1.64703E-007 * \\ & P * V * YC * R^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Çizelge 5.32’de ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile kopma işi arasında $R=0.989$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %96.4 ($R^2=0.978$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.975$, tahmin edilen R^2 ise 0.971 bulunarak çok yüksek değerler elde edilmiştir. Buradan, kurulan modelin kopma işini tahmin etmede gayet başarılı sonuçlar vereceği anlaşılmaktadır. Regresyon denklemi ile gerçek kopma işi değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=54.778, MAPE ise %2.711 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, kopma işini %97.299 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

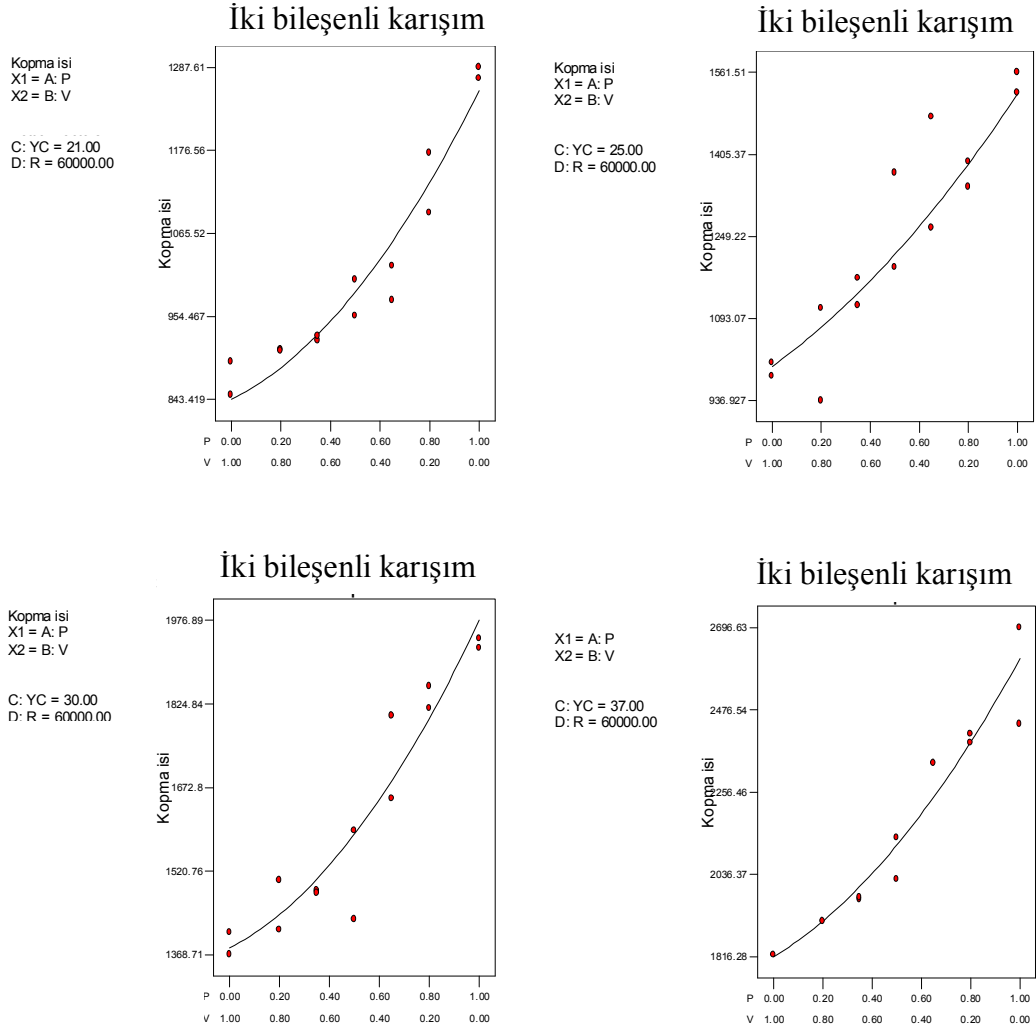
Çizelge 5.32. Kopma işi (cN*cm) istatistik model performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	75.06767
Ortalama	1489.633
CV	5.039339
Korelasyon katsayısı -R	0.989
R^2	0.978
Düzeltilmiş R^2	0.975
Tahmin edilen R^2	0.971
PRESS	1443090
Minimum mutlak hata	0.809
Maksimum mutlak hata	231.701
MSE	4838.511
MAE	54.778
MAPE (%)	2.711

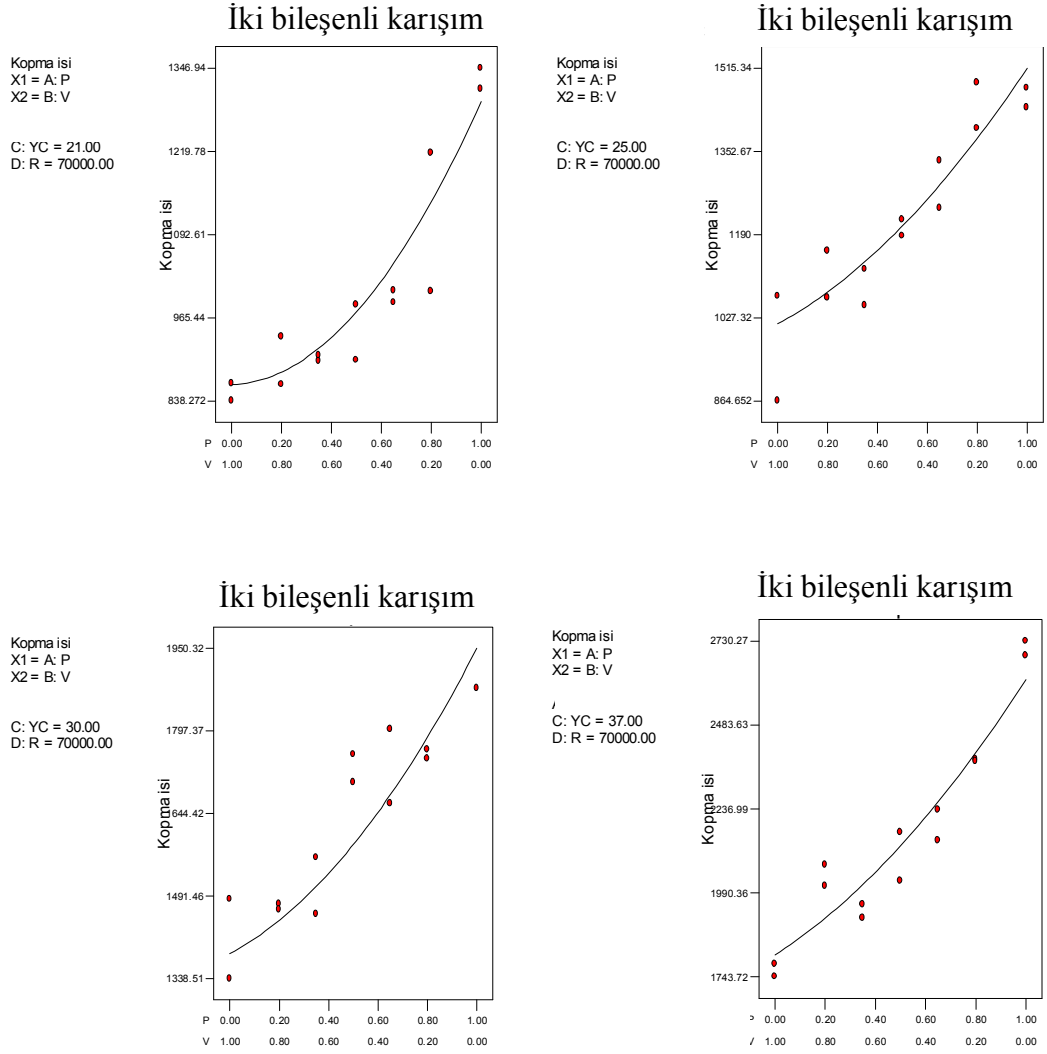
Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile kopma işinin nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.30, 31, 32, 33 ve 34’de farklı rotor hızı ve farklı iplik numaralarında karışım oranı ile kopma işi değişimi gösterilmektedir. Kopma işi, kopma aına ulaşıldığındaki ortalama kuvvet (cN) ile maksimum kuvvete ulaşınca kadar olan ipliğin uzama miktarının (cm) çarpılmasıyla bulunan bir değerdir. Polyester liflerinin kopma kuvveti viskondan büyüktür, ancak viskonun da kopma uzaması değeri polyesterden büyüktür. Şekillerde polyester oranının karışımda arttırılması sonucu kopma işi değerinin de tüm regresyon eğrilerinde arttığı görülmektedir.



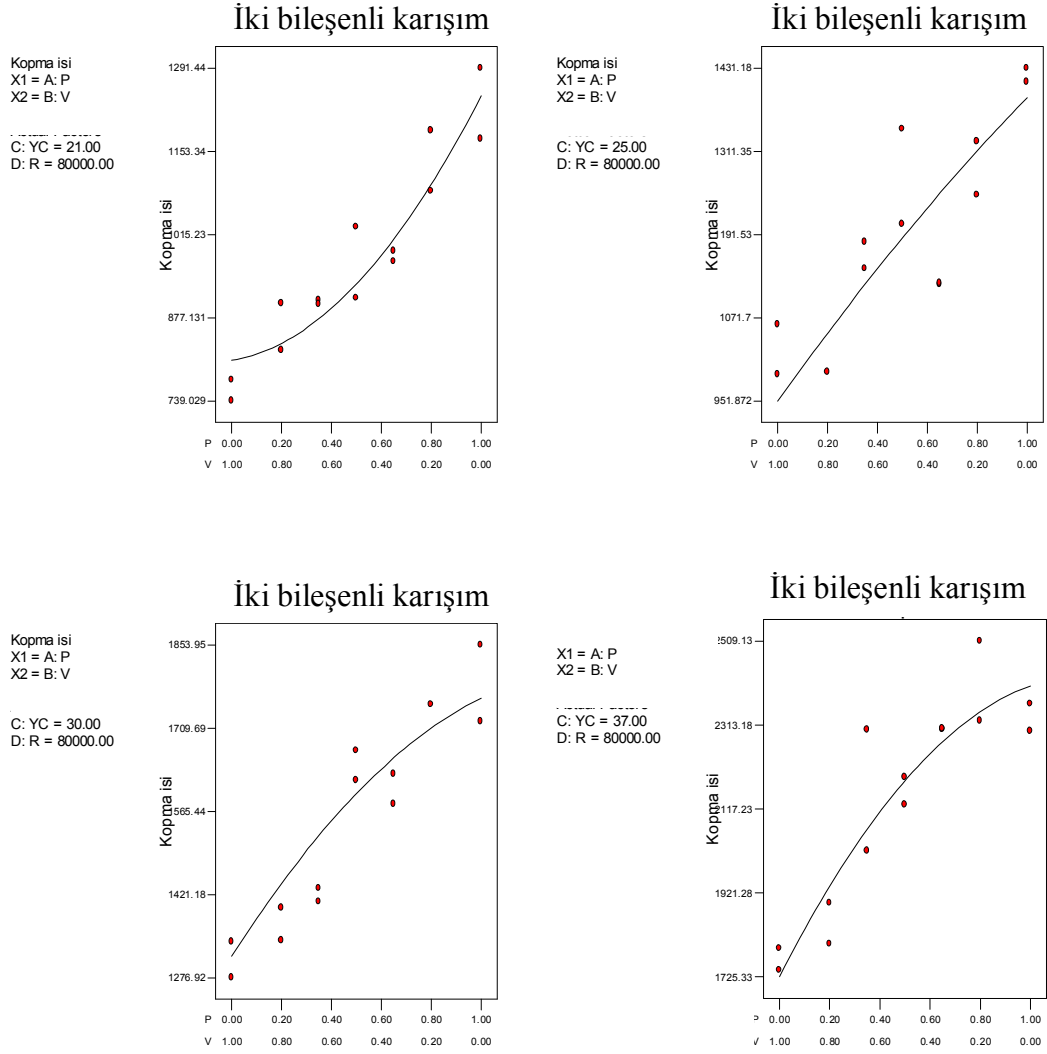
Şekil 5.30. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi



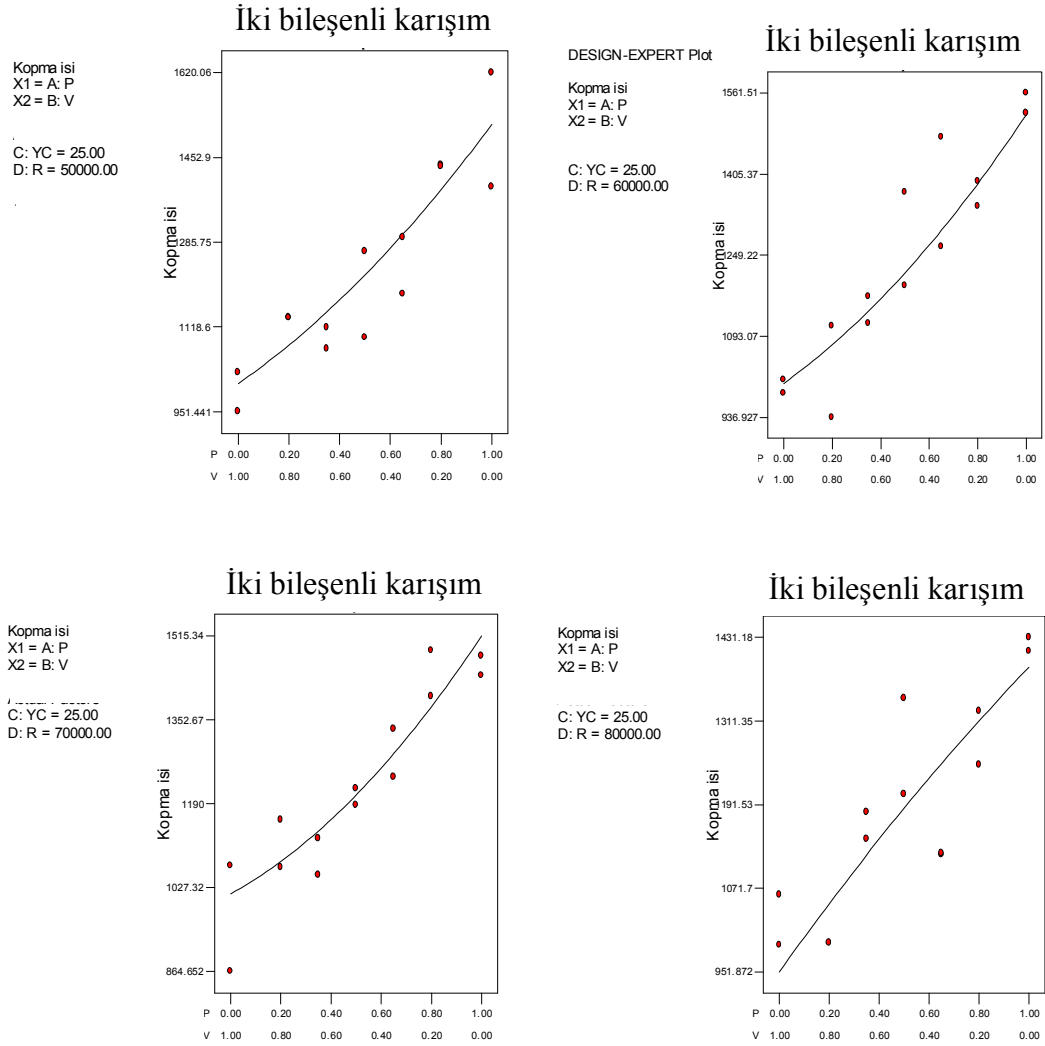
Şekil 5.31. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi



Şekil 5.32. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi



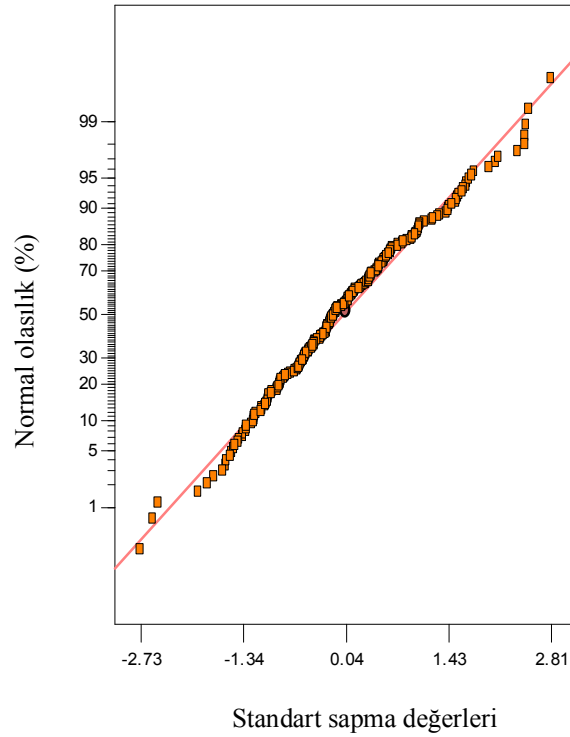
Şekil 5.33. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi



Şekil 5.34. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-kopma işi (cN*cm) değişimi

5.2.5. Düzensizlik için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu düzensizlik (CVm%) için en uygun modelin [Kübik]*Lineer model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.35’de düzensizlik (CVm%) için [Kübik]*Lineer model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.35. [Kübik]*Lineer model artıklarının normal dağılım grafiği

Düzensizlik (CVm%) için en uygun modelin [Kübik]*Lineer model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının

anlamli olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Düzgünsüzlük için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.33’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamli olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede A Kodlanmış polyester karışım bileşeni
B Kodlanmış viskon karışım bileşeni
C Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
D Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni
olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.33. CVm% için [Kuadratik]*Kübik model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	160,2029	11	14,5639	186,5049	< 0.0001	Anlamli
Linear Mixture	7,451213	1	7,451213	95,42001	< 0.0001	Anlamli
AB	0,023353	1	0,023353	0,299061	0.5851	
AC	20,48809	1	20,48809	262,3699	< 0.0001	Anlamli
AD	5,037672	1	5,037672	64,51227	< 0.0001	Anlamli
BC	10,6312	1	10,6312	136,1428	< 0.0001	Anlamli
BD	4,009184	1	4,009184	51,3415	< 0.0001	Anlamli
ABC	0,373108	1	0,373108	4,778006	0.0299	Anlamli
ABD	0,675936	1	0,675936	8,656014	0.0036	Anlamli
AB(A-B)	8,28042	1	8,28042	106,0388	< 0.0001	Anlamli
ABC(A-B)	0,030997	1	0,030997	0,396951	0.5294	
ABD(A-B)	0,639982	1	0,639982	8,195596	0.0046	Anlamli
Residual	16,32051	209	0,078089			
Lack of Fit	10,30614	100	0,103061	1,867808	0.0008	Anlamli
Pure Error	6,014371	109	0,055178			
Cor Total	176,5234	220				

Düzgünsüzlük (CVm%) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

$$\begin{aligned}
 CVm\% = & +15.75992 * P + 15.83600 * V + 5.41050 * P * V - 0.13417 * P * YC \\
 & + 3.48457E-005 * P * R - 0.094472 * V * YC + 3.10122E-005 * V * R \\
 & - 0.070329 * P * V * YC - 5.02378E-005 * P * V * R - 3.36816 * P * V * (P-V) \\
 & + 0.037919 * P * V * YC * (P-V) + 9.21726E-005 * P * V * R * (P-V)
 \end{aligned} \quad (9)$$

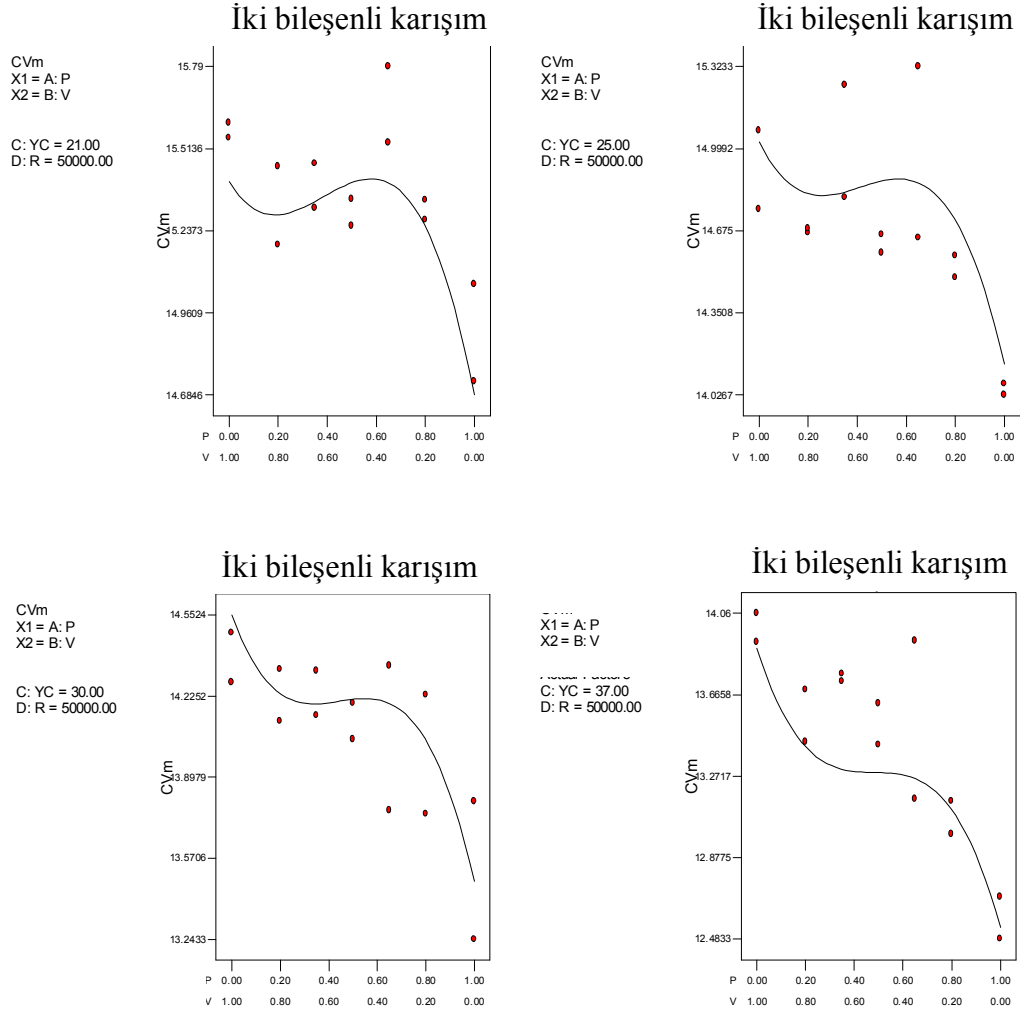
Çizelge 5.34’de ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile düzgünsüzlük arasında $R=0.989$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %96.4 ($R^2=0.978$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.975$, tahmin edilen R^2 ise 0.971 bulunarak çok yüksek değerler elde edilmiştir. Buradan, kurulan modelin düzgünsüzlüğü tahmin etmede gayet başarılı sonuçlar vereceği anlaşılmaktadır. Regresyon denklemi ile gerçek düzgünsüzlük değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=54.778, MAPE ise %2.711 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, düzgünsüzlüğü %97.299 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.34. Düzgünsüzlük (CVm%) istatistik model performans değerleri

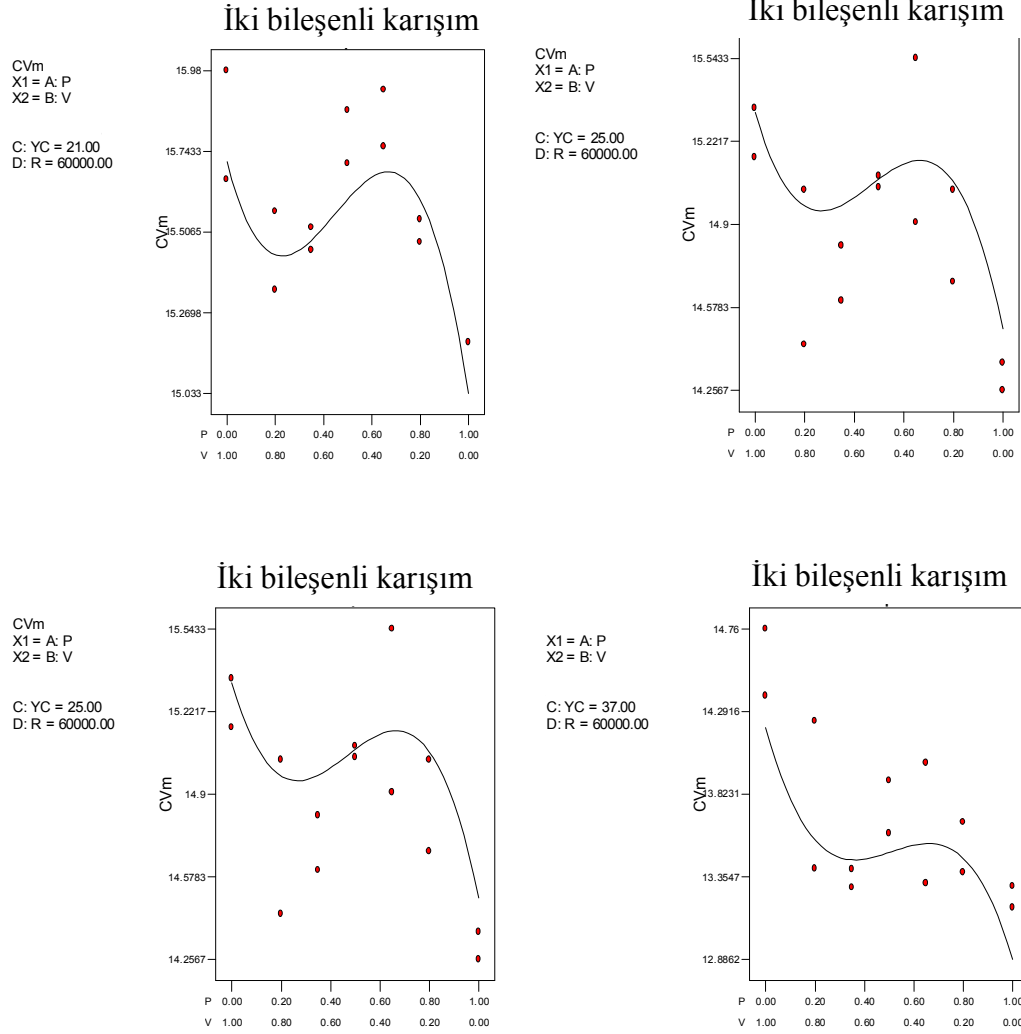
Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	0.279443
Ortalama	14.73205
CV	1.89684
Korelasyon katsayısı -R	0.952
R^2	0.907
Düzeltilmiş R^2	0.902
Tahmin edilen R^2	0.896
PRESS	18.28621
Minimum mutlak hata	0.0021244
Maksimum mutlak hata	0.769857
MSE	0.055178
MAE	0.138801
MAPE (%)	1.4498

Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile düzgünsüzlüğün nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.35, 37, 38, 39 ve 40’da farklı rotor hızlarında ver farklı numaralarda karışım oranı ile düzgünsüzlüğün (CV_m%) değişimi gösterilmektedir. İplikte düzgünsüzlük genel olarak, liflerin fiziksel özelliklerine (lif kesiti değişimi, uzunluk ve uzunluk

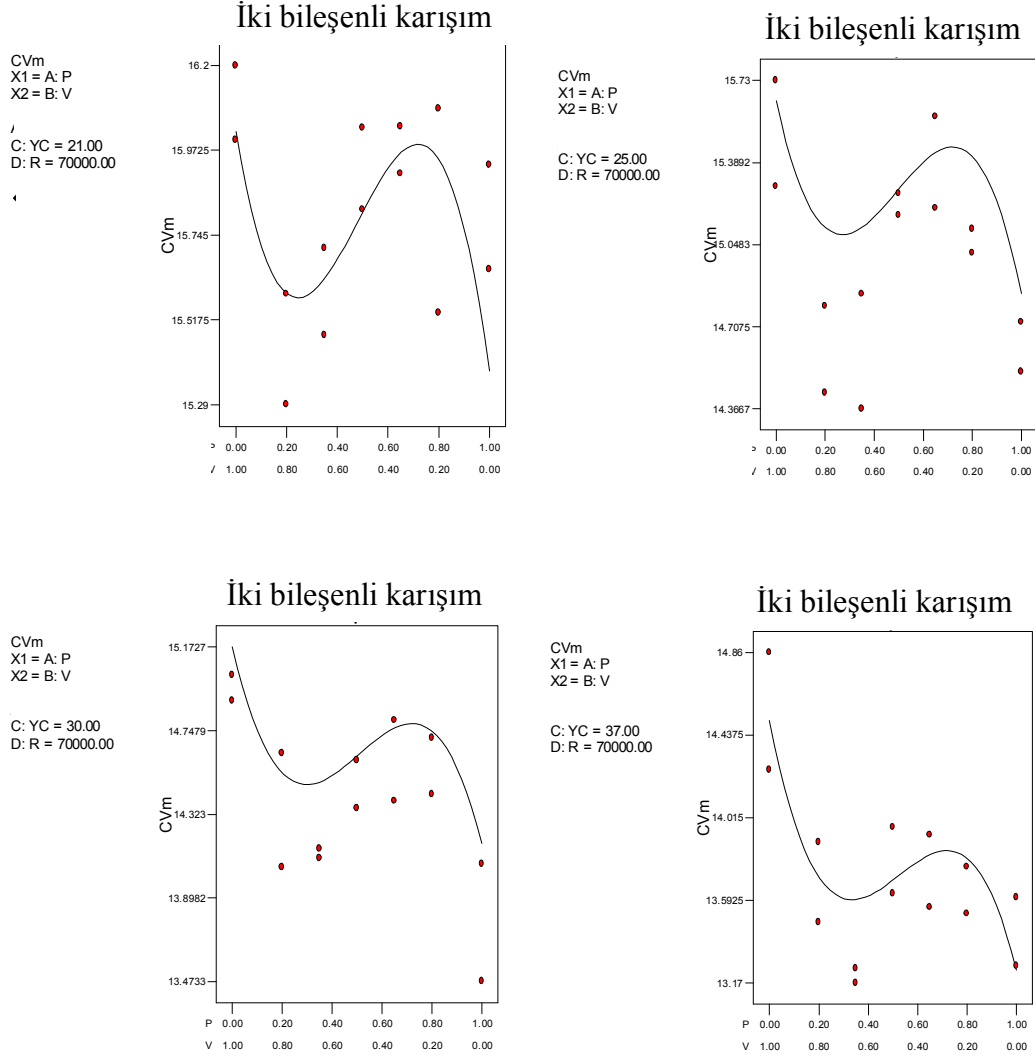
düzgünlüğü vb), iplik kesitinde yer alan liflerin sayısına ve bunların iplik kesitinde nasıl konumlandığına, karışım oranına ve iplik eğirme makinasının proses parametrelerine bağlı olmaktadır. Bu çalışmada seçilen liflerin uzunlukları ve numarası sırasıyla; polyester için 38 mm ve 1.6 dtex, viskon için 40 mm ve 1.7 dtex'tir. Polyesterin kesit şekli dairesel iken viskonunki ise pamuk benzeri bir yapıya sahiptir. Polyesterin kesiti dairesel bir yapıya sahip olduğundan polyester oranının karışımında arttırılmasıyla düzgünsüzlük değerinin de azalacağı önceden tahmin edilebilmektedir. Ancak bu iki lifin özgül ağırlıklarının farklı olması rotor iplik eğirmede liflerin rotorun dönüşüne bağlı olarak iplik kesitinde yer almasını (konumlanmasını) değiştirebilmektedir. Rotorun dönüşüyle daha ağır olan viskon (1.52 gr/cm^3) ipliğin çekirdeğine doğru yönelirken polyester lifi de merkezden uzaklaşmaya başlayacaktır. Karışımındaki polyester oranının arttırılmasıyla düzgünsüzlükte genel olarak azalmaktadır. Polyesterin karışımındaki oranının belirgin bir şekilde artmasıyla bir başka ifade ile polyester oranının karışımında %50'de daha fazla olması halinde bu durum daha da belirginleşirken polyester oranının %50'den az olması halinde düzgünsüzlük regresyon eğrilerinde sapmalar görülmektedir. Şekillerde, karışımındaki polyester oranı %35 oluncaya kadar düzgünsüzlük azalırken bu noktadan %50 noktasına kadar olan kısımda düzgünsüzlük artmaktadır. Bu noktadan sonra ise sürekli olarak azalmaktadır.



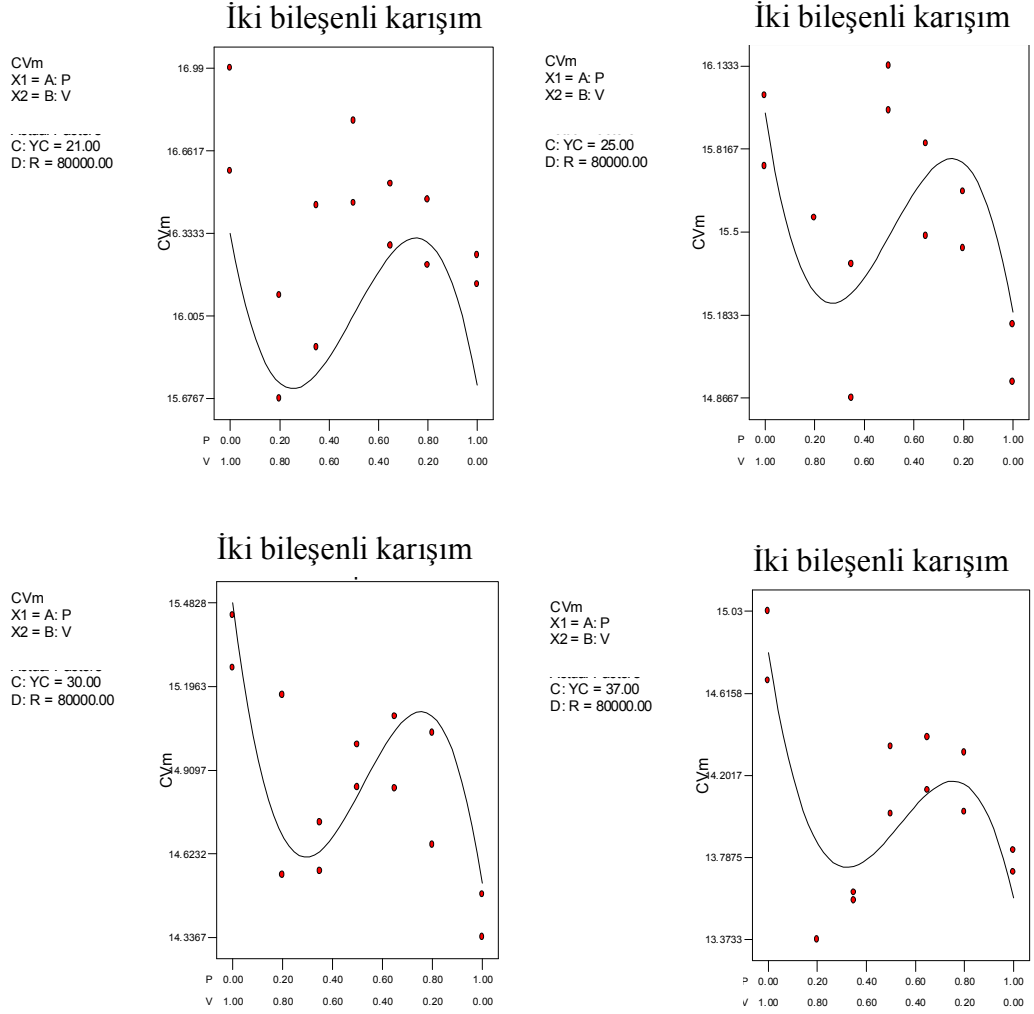
Şekil 5.36. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi



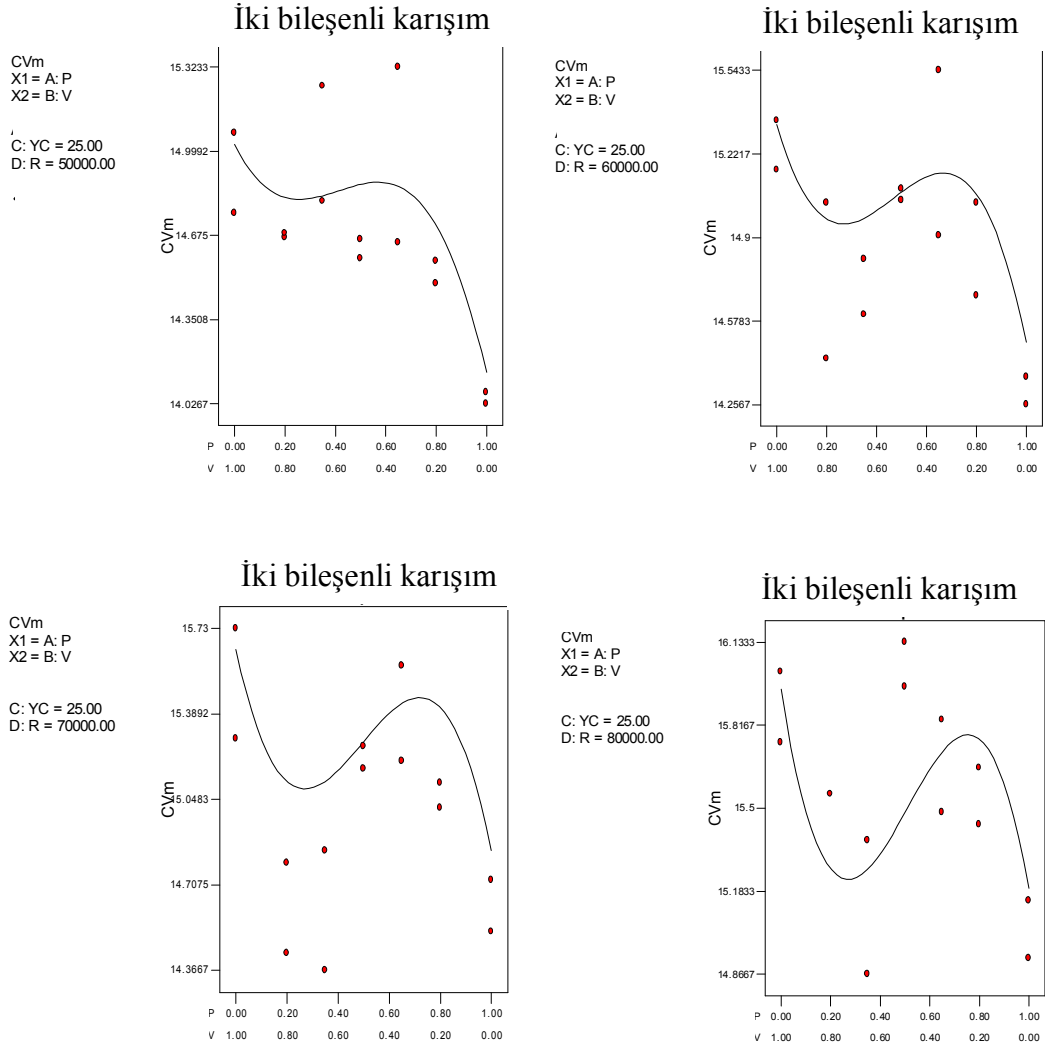
Şekil 5.37. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi



Şekil 5.38. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi



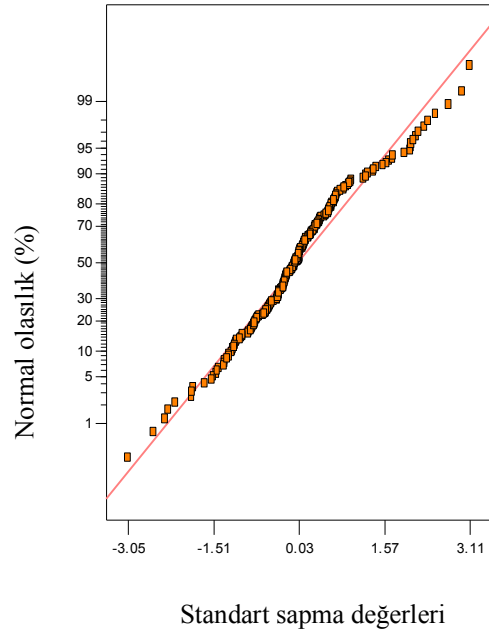
Şekil 5.39. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-düzensüzlük (CVm%) değişimi



Şekil 5.40. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-düzgünsüzlük (CVm%) değişimi

5.2.6. İnce Yer Hatası için Oluşturulan İstatistik Model

İnce yer hatası (-50%) için en uygun modelin **[Kübik]*Kübik** model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmıştır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerleri yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer aldığından oluşturulan modelin normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.41’de ince yer hatası (-50%) için **[Kübik]*Kübik** model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 5.41. **[Kübik]*Kübik** model artıklarının normal dağılım grafiği

İnce yer hatası (-50%) için en uygun modelin **[Kübik]*Kübik** model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. İnce yer (-50 %) için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu

Çizelge 5.35’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelge 5.35. İnce yer hatası (-50%) için [Küçük]*Küçük model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	89481,79	39	2294,405	55,21647	< 0.0001	Anlamlı
Linear Mixture	38,99271	1	38,99271	0,938387	0.3340	
AB	1051,263	1	1051,263	25,29939	< 0.0001	Anlamlı
AC	88,88684	1	88,88684	2,139124	0.1454	
AD	2,161123	1	2,161123	0,052009	0.8199	
BC	87,11992	1	87,11992	2,096602	0.1494	
BD	71,3551	1	71,3551	1,717211	0.1918	
AC ²	2105,819	1	2105,819	50,67803	< 0.0001	Anlamlı
AD ²	32,27312	1	32,27312	0,776675	0.3794	
BC ²	2086,541	1	2086,541	50,21408	< 0.0001	Anlamlı
BD ²	496,6376	1	496,6376	11,95193	0.0007	Anlamlı
ABC	36,73582	1	36,73582	0,884073	0.3484	
ABD	78,1676	1	78,1676	1,881158	0.1720	
ACD	1772,276	1	1772,276	42,65108	< 0.0001	Anlamlı
BCD	423,5211	1	423,5211	10,19233	0.0017	Anlamlı
AB(A-B)	641,0831	1	641,0831	15,42811	0.0001	Anlamlı
AC ³	233,8223	1	233,8223	5,627099	0.0188	Anlamlı
AD ³	14,53907	1	14,53907	0,349893	0.5549	
BC ³	700,1917	1	700,1917	16,8506	< 0.0001	Anlamlı
BD ³	12,78685	1	12,78685	0,307724	0.5798	
ABC ²	419,5428	1	419,5428	10,09659	0.0018	Anlamlı
ABD ²	591,8792	1	591,8792	14,24399	0.0002	Anlamlı
AC ² D	536,2505	1	536,2505	12,90524	0.0004	Anlamlı
ACD ²	18,57401	1	18,57401	0,446997	0.5047	
BC ² D	12,57033	1	12,57033	0,302514	0.5830	
BCD ²	122,9453	1	122,9453	2,958766	0.0872	
ABCD	26,64641	1	26,64641	0,641265	0.4243	
ABC(A-B)	63,17407	1	63,17407	1,520328	0.2192	
ABD(A-B)	20,38076	1	20,38076	0,490477	0.4846	
ABC ³	376,1792	1	376,1792	9,053016	0.0030	Anlamlı
ABD ³	34,94969	1	34,94969	0,841089	0.3604	
ABC ² D	15,03299	1	15,03299	0,361779	0.5483	
ABCD ²	145,7493	1	145,7493	3,507559	0.0628	
ABC ² (A-B)	7,851747	1	7,851747	0,188958	0.6643	
ABCD(A-B)	44,25904	1	44,25904	1,065125	0.3035	
ABD ² (A-B)	113,1574	1	113,1574	2,723213	0.1007	
ABC ³ (A-B)	1,202195	1	1,202195	0,028932	0.8651	
ABD ³ (A-B)	0,574317	1	0,574317	0,013821	0.9065	
ABC ² D(A-B)	11,77689	1	11,77689	0,283419	0.5951	
ABCD ² (A-B)	100,6196	1	100,6196	2,421482	0.1215	
Residual	7230,207	174	41,55291			
Lack of Fit	3994,79	71	56,26465	1,791194	0.0034	Anlamlı
Pure Error	3235,417	103	31,41181			
Cor Total	96712	213				

Çizelgede	A	Kodlanmış polyester karışım bileşeni
	B	Kodlanmış viskon karışım bileşeni
	C	Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
	D	Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni

olarak gösterilmektedir.

İnce yer hatası (-50%) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

$$\begin{aligned}
 \text{ince yer (-50\%)} = & +21.50800 * P + 513.57960 * V - 2604.9627 * P * V - 43.05495 * P * YC + 0.020788 * P * R - 134.88628 * V * YC + 0.037492 * V * R + 2.04441 * P * YC^2 - 1.51416E-007 * P * R^2 + 5.12089 * V * YC^2 - 3.58387E-007 * V * R^2 + 315.28075 * P * V * YC - 9.56179E-003 * P * V * R - 6.83747E-004 * P * YC * R - 6.85227E-004 * V * YC * R - 2038.45934 * P * V * (P-V) - 0.029710 * P * YC^3 + 1.01925E-012 * P * R^3 - 0.056700 * V * YC^3 + 1.03700E-012 * V * R^3 - 13.29992 * P * V * YC^2 - 6.28923E-007 * P * V * R^2 + 1.27730E-005 * P * YC^2 * R - 1.28576E-009 * P * YC * R^2 + 2.09674E-006 * V * YC^2 * R + 3.87434E-009 * V * YC * R^2 + 2.49135E-003 * P * V * YC * R + 58.35715 * P * V * YC * (P-V) + 0.070131 * P * V * R * (P-V) + 0.15324 * P * V * YC^3 + 6.33862E-012 * P * V * R^3 - 8.62261E-006 * P * V * YC^2 * R - 1.48933E-008 * P * V * YC * R^2 - 0.34727 * P * V * YC^2 * (P-V) - 1.96067E-003 * P * V * YC * R * (P-V) - 4.99069E-007 * P * V * R^2 * (P-V) + 0.016098 * P * V * YC^3 * (P-V) - 1.49604E-012 * P * V * R^3 * (P-V) - 1.41740E-005 * P * V * YC^2 * R * (P-V) + 2.24144E-008 * P * V * YC * R^2 * (P-V)
 \end{aligned} \quad (10)$$

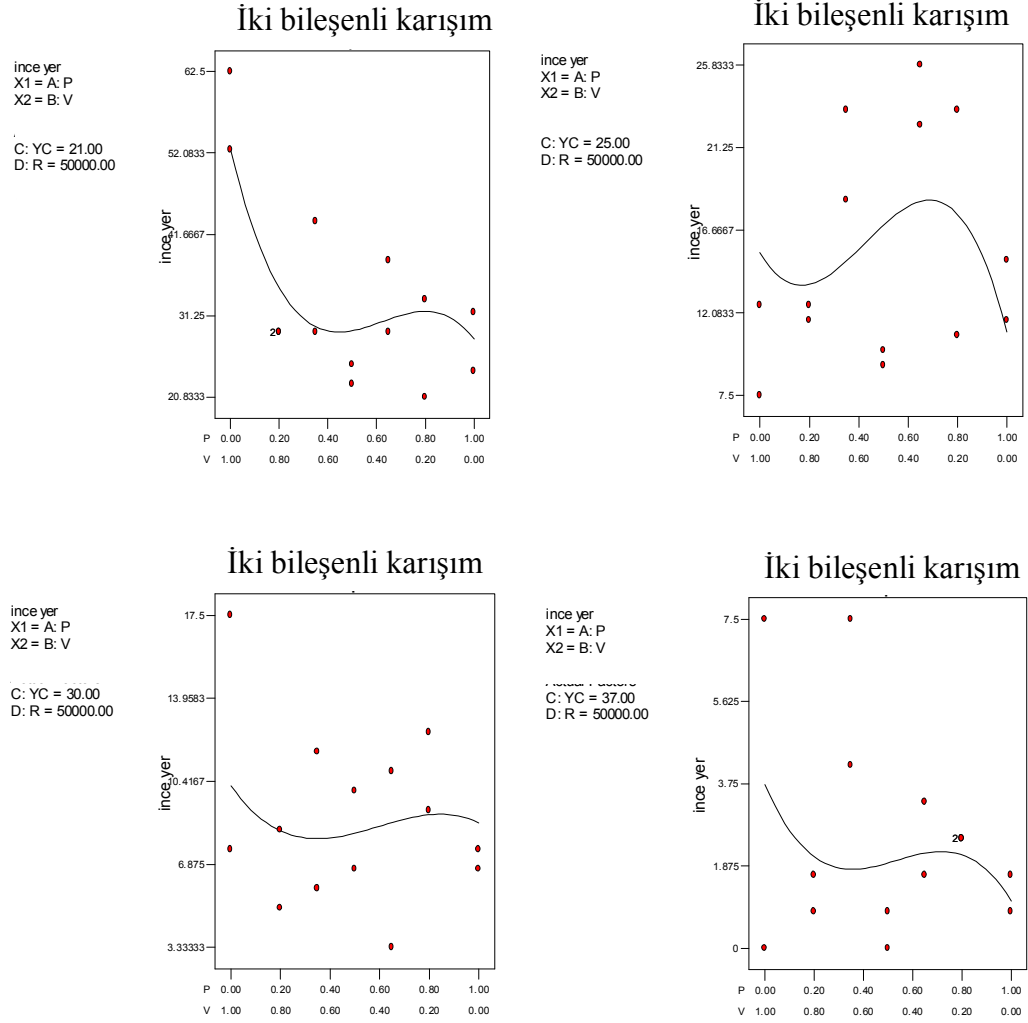
Çizelge 5.36’da ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile ince yer hatası arasında $R=0.96$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %92.5 ($R^2=0.925$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.908$, tahmin edilen R^2 ise 0.884 bulunmuştur. Regresyon denklemi ile gerçek ince yer hatası değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama

mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=2.4516, MAPE ise %16.95 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, ince yer hatasını %83.05 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

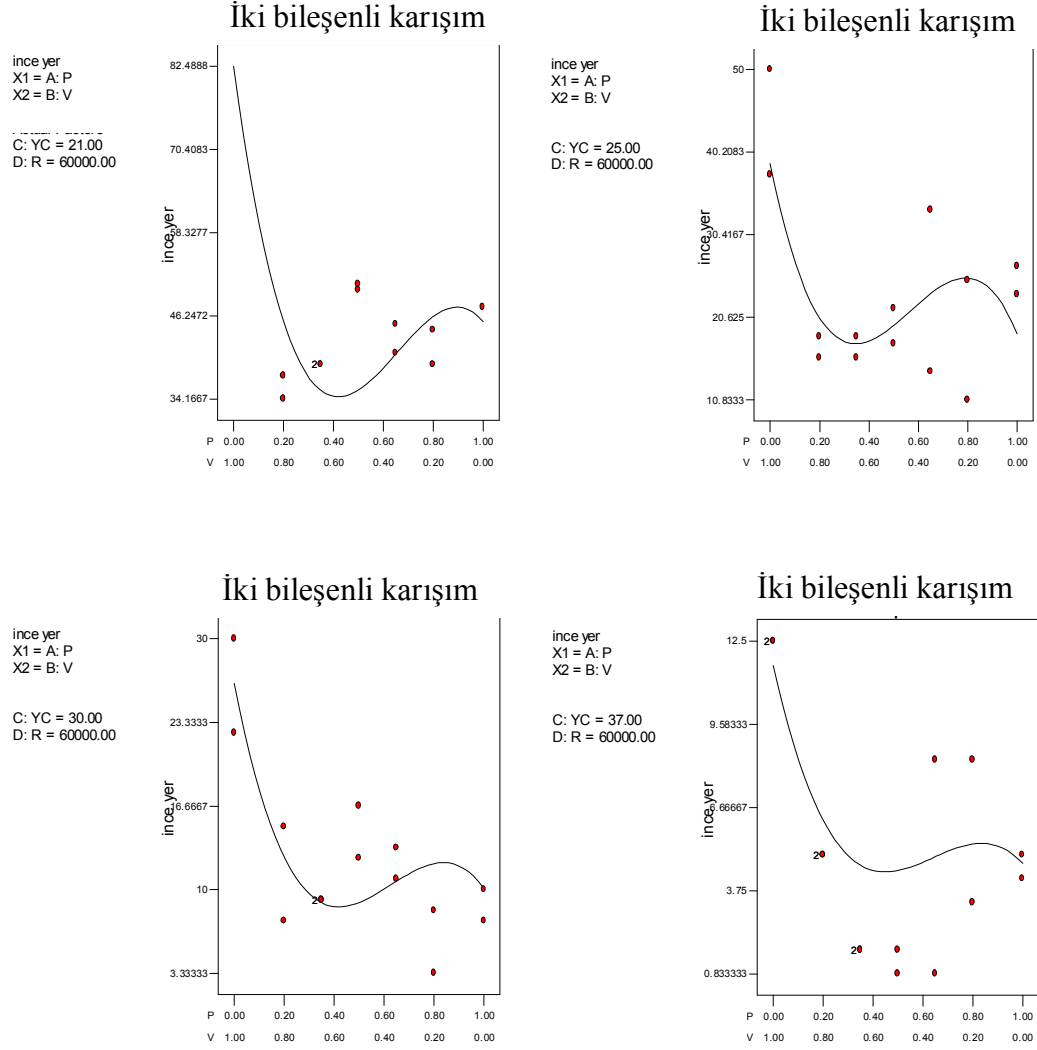
Çizelge 5.36. İnce yer hatası (-50%) istatistik model performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	6.446155
Ortalama	23.19704
CV	27.78869
Korelasyon katsayısı -R	0.96
R ²	0.925
Düzeltilmiş R ²	0.908
Tahmin edilen R ²	0.884
PRESS	11195.05
Minimum mutlak hata	0.02876
Maksimum mutlak hata	19.15996
MSE	31.41181
MAE	2.4516
MAPE (%)	16.95

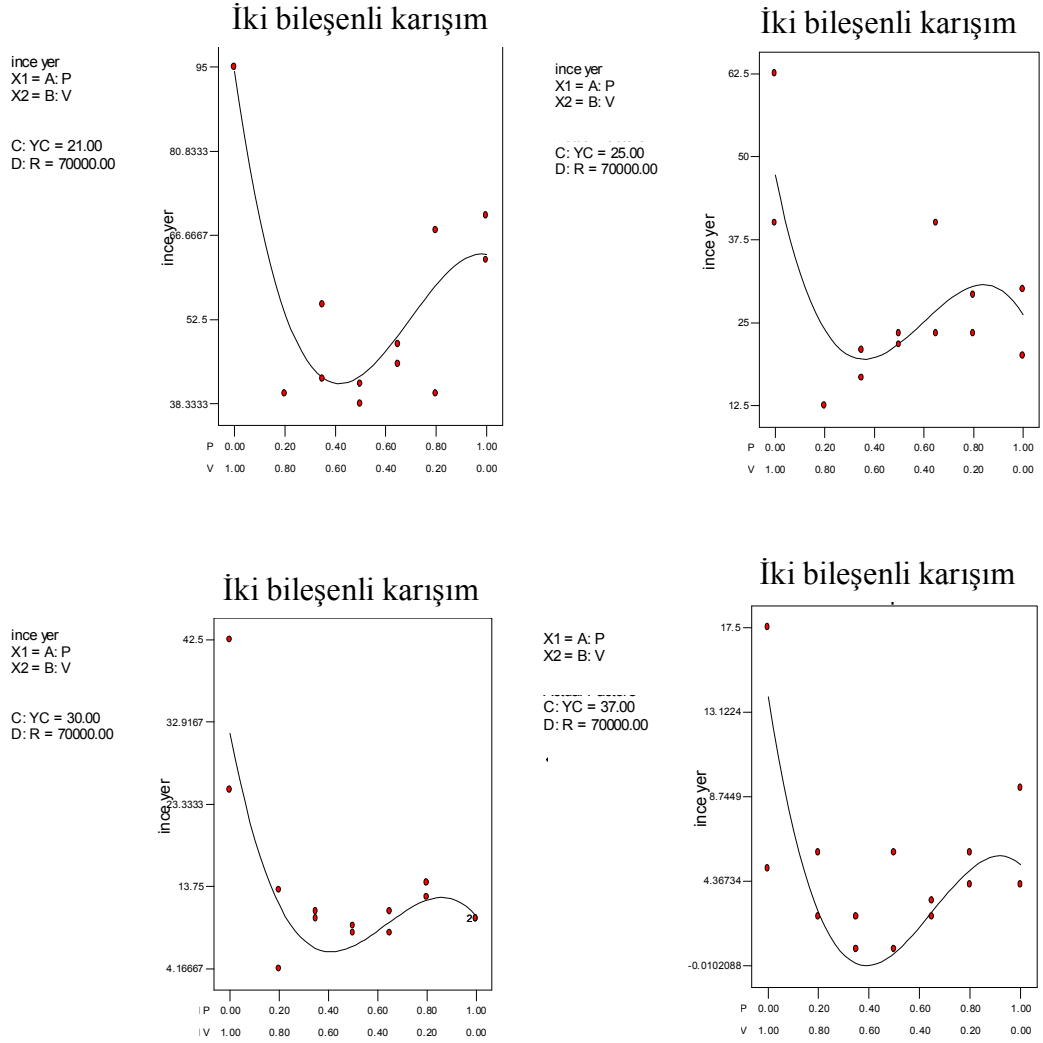
Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile ince yer hatasının nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.42, 43, 44, 45 ve 46'da farklı rotor hızları ve farklı iplik numaralarında karışım oranı ile ince yer (-50%) değişimi gösterilmektedir. Şekillerin tümünde karışımın %35polyester-%65viskon olan denge noktasına yaklaşıldıkça ince yer hatasının azaldığı görülmektedir. Polyester veya viskon oranının bu denge noktası haricinde değer alması durumunda ise ince yer hatası artmaktadır. Bu durum iplik kesitindeki elyaf yerleşiminin en iyi olarak karışımın bu dağılımda olması halinde sağlandığını, göstermektedir.



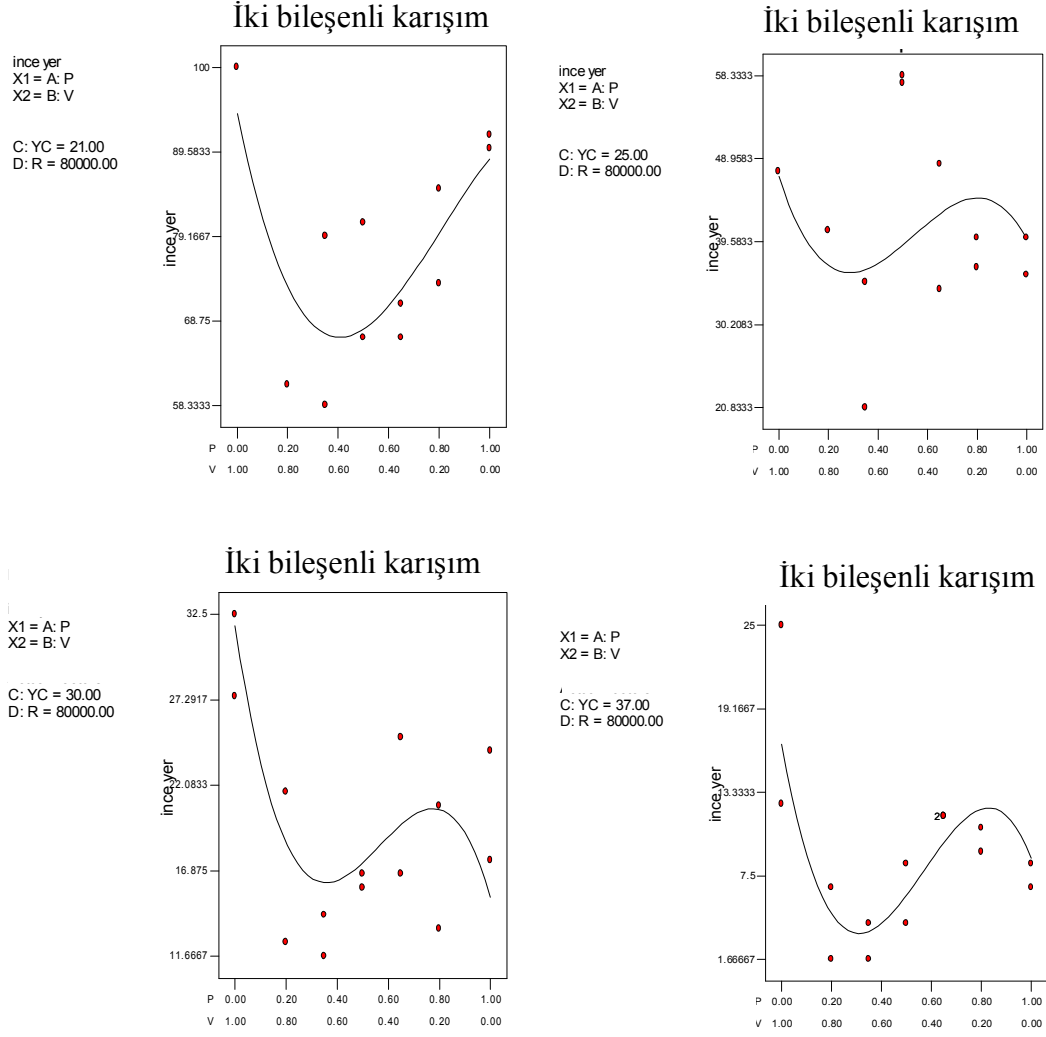
Şekil 5.42. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-ince yer hatası (-50%) değişimi



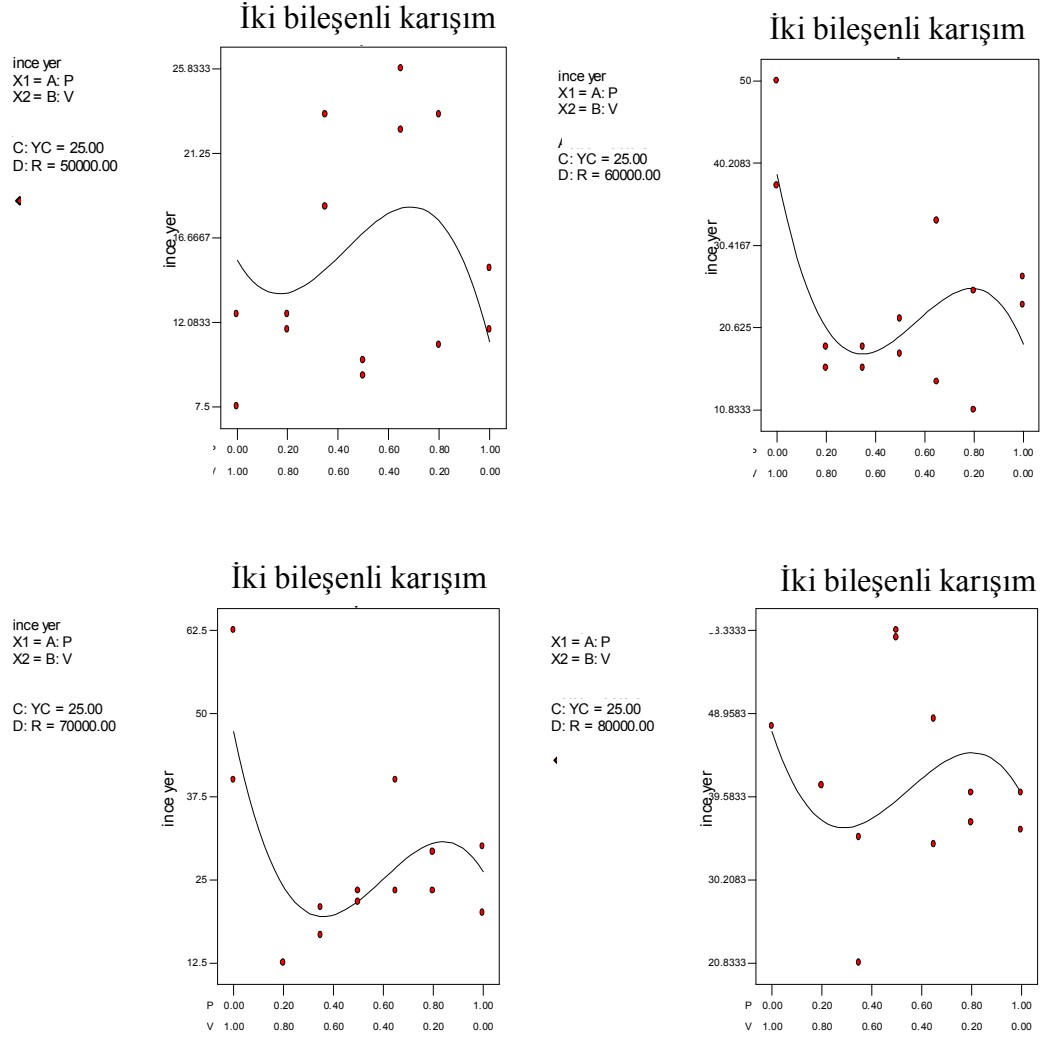
Şekil 5.43. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-ince yer hatası (-50%) değişimi



Şekil 5.44. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-ince yer hatası (-50%) değişimi



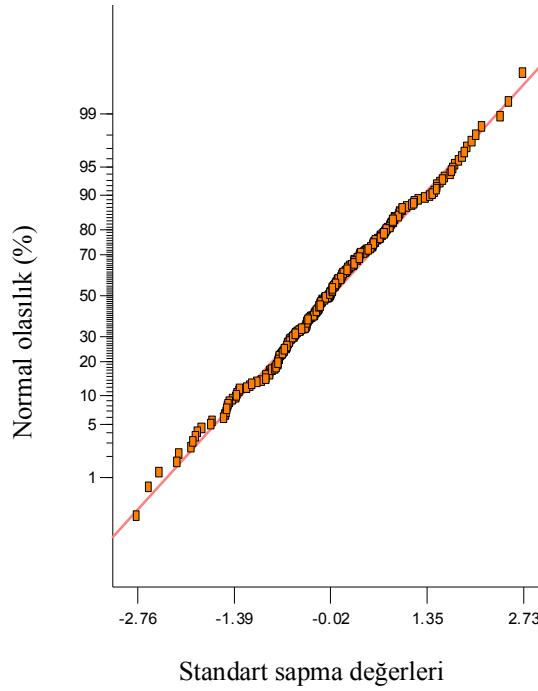
Şekil 5.45. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-ince yer hatası (-50%) değişimi



Şekil 5.46. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için
karışım oranı-ince yer hatası (-50%) değişimi

5.2.7. Kalın Yer Hatası için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu kalın yer hatası (+50%) için en uygun modelin [Kübik]*Kuadratik model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.47’de kalın yer hatası (+50%) için [Kübik]*Kuadratik model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.47. [Kübik]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği

Kalın yer hatası (+50%) için en uygun modelin [Kübik]*Kuadratik model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-

değerleri ile değerlendirilmektedir. Kalın yer için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.37’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede A Kodlanmış polyester karışım bileşeni
 B Kodlanmış viskon karışım bileşeni
 C Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
 D Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni
 olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.37. Kalın yer hatası (+50%) için [Kübik]*Kuatratik model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	331192,3	23	14399,67	59,83093	< 0.0001	Anlamlı
Linear Mixture	13622,06	1	13622,06	56,59995	< 0.0001	Anlamlı
AB	632,9554	1	632,9554	2,629944	0.1065	
AC	5638,264	1	5638,264	23,42711	< 0.0001	Anlamlı
AD	4345,691	1	4345,691	18,05644	< 0.0001	Anlamlı
BC	25850,71	1	25850,71	107,4103	< 0.0001	Anlamlı
BD	20280,98	1	20280,98	84,26794	< 0.0001	Anlamlı
AC2	1012,329	1	1012,329	4,206249	0.0416	Anlamlı
AD2	76,58327	1	76,58327	0,318205	0.5733	
BC2	830,021	1	830,021	3,448756	0.0648	
BD2	1224,993	1	1224,993	5,089873	0.0252	Anlamlı
ABC	5542,859	1	5542,859	23,0307	< 0.0001	Anlamlı
ABD	0,256762	1	0,256762	0,001067	0.9740	
ACD	51,52383	1	51,52383	0,214083	0.6441	
BCD	978,747	1	978,747	4,066715	0.0451	Anlamlı
AB(A-B)	8432,686	1	8432,686	35,038	< 0.0001	Anlamlı
ABC2	284,0058	1	284,0058	1,18005	0.2787	
ABD2	25,94363	1	25,94363	0,107796	0.7430	
ABCD	592,8804	1	592,8804	2,463431	0.1182	
ABC(A-B)	2755,49	1	2755,49	11,44912	0.0009	Anlamlı
ABD(A-B)	6055,941	1	6055,941	25,16257	< 0.0001	Anlamlı
ABC2(A-B)	12,08475	1	12,08475	0,050212	0.8229	
ABCD(A-B)	1227,861	1	1227,861	5,10179	0.0250	Anlamlı
ABD2(A-B)	512,7998	1	512,7998	2,130694	0.1460	
Residual	46690,48	194	240,6726			
Lack of Fit	22583,76	88	256,6337	1,128447	0.2748	
Pure Error	24106,72	106	227,4219			
Cor Total	377882,8	217				

Kalın yer hatası (+50%) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki

“P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

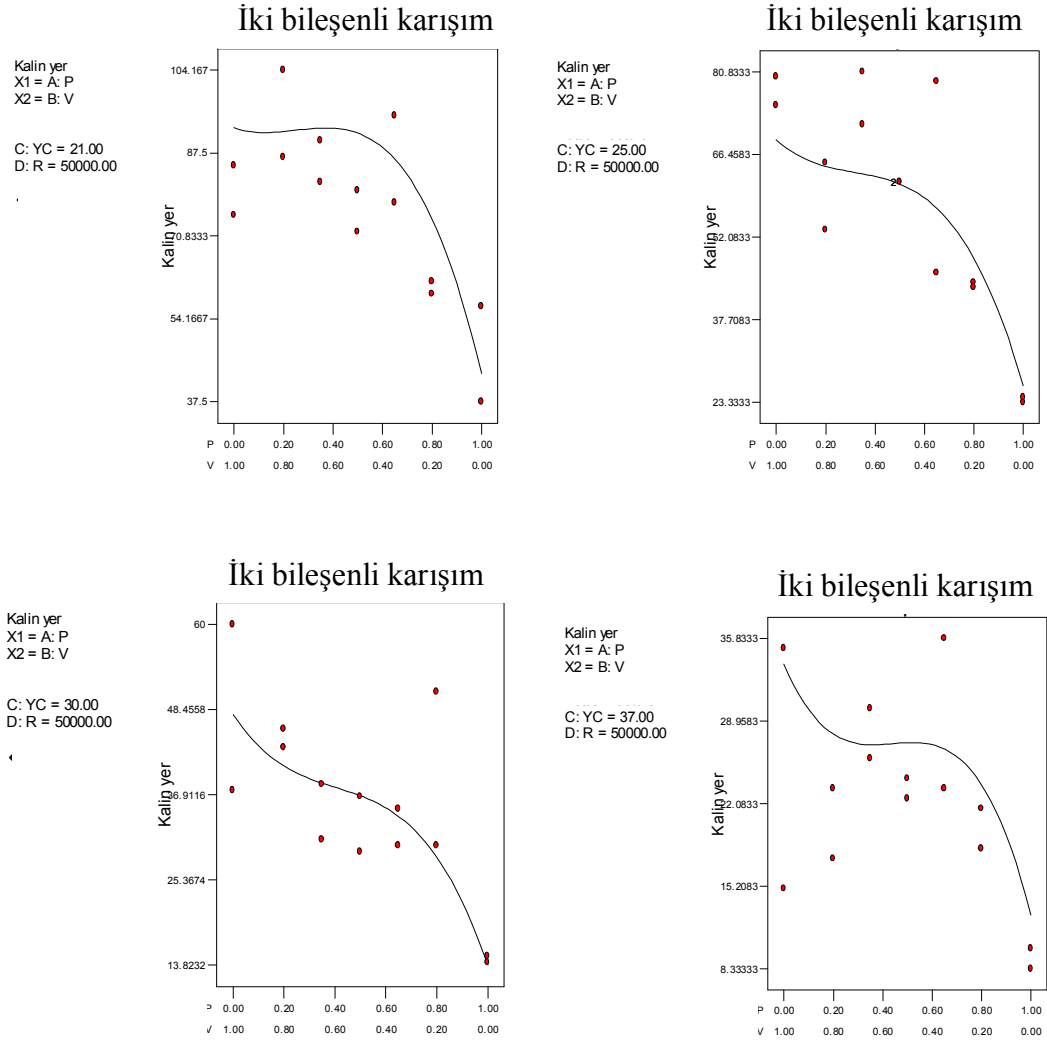
$$\begin{aligned} \text{Kalın yer} = & +217.03850 * P + 325.96434 * V + 8.24801 * P * V - 12.29543 \\ & * P * YC - 4.00693E-004 * P * R - 10.10879 * V * YC - 3.38841E- \\ & 003 * V * R + 0.19525 * P * C^2 + 1.51384E-008 * P * R^2 + 0.18471 * V \\ & * YC^2 + 6.27473E-008 * V * R^2 - 16.24829 * P * V * YC + 0.012055 * \\ & P * V * R - 1.85942E-005 * P * YC * R - 8.57026E-005 * V * YC \\ & * R - 2384.91499 * P * V * (P-V) + 0.41714 * P * V * YC^2 - \\ & 3.55208E-008 * P * V * R^2 - 2.57561E-004 * P * V * YC * R + 23.49311 \\ & * P * V * YC * (P-V) + 0.066460 * P * V * R * (P-V) + 0.15851 * \\ & P * V * YC^2 * (P-V) - 6.77738E-004 * P * V * YC * R * (P-V) - \\ & 2.90889E-007 * P * V * R^2 * (P-V) \end{aligned} \quad (11)$$

Çizelge 5.38’de ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile kalın yer hatası arasında $R=0.936$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %87.6 ($R^2=0.876$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.861$, tahmin edilen R^2 ise 0.84 bulunmuştur. Regresyon denklemi ile gerçek kalın yer hatası değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre $MAE=7.237$, $MAPE$ ise %12.099 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, kalın yer hatasını %87.991 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

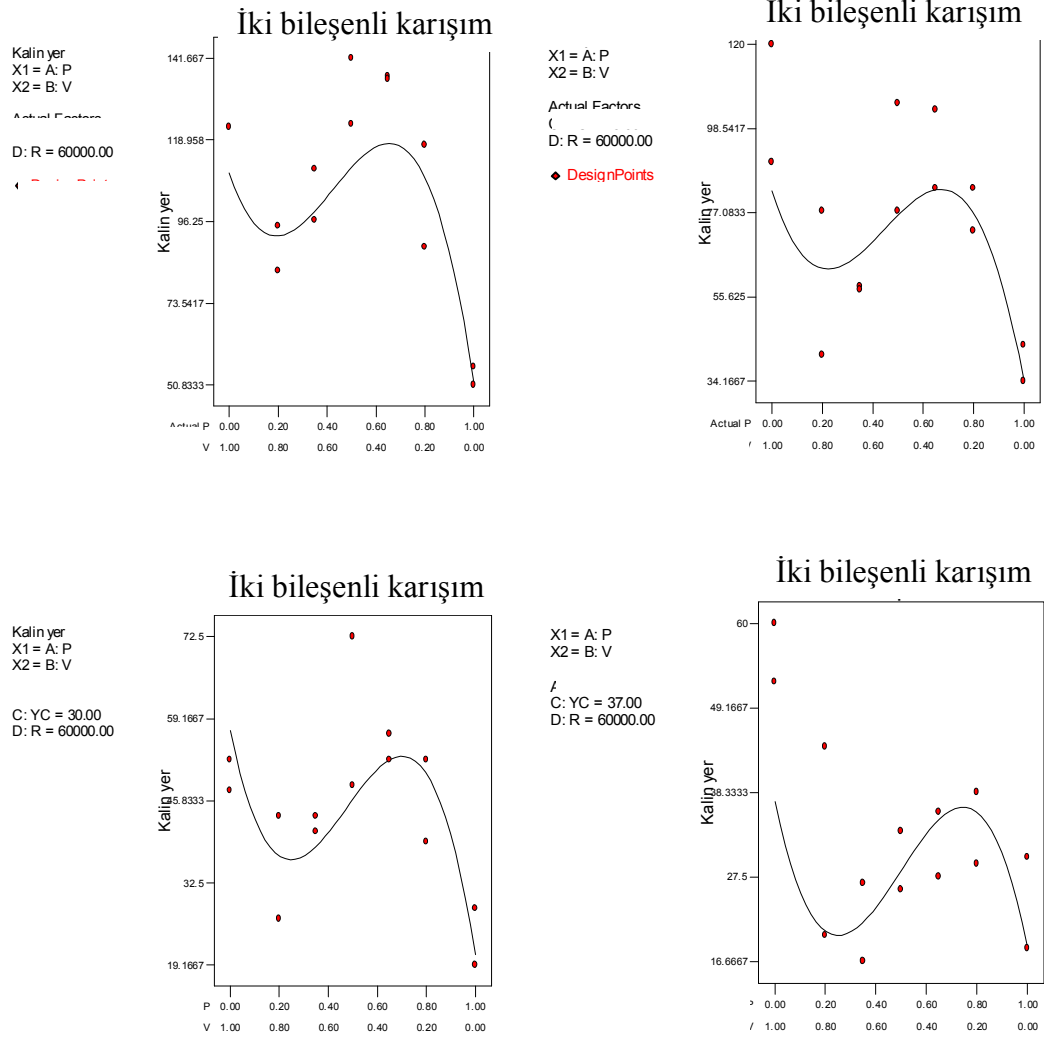
Çizelge 5.38. Kalın yer hatası (+50%) istatistik model performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	15.51363
Ortalama	69.95872
CV	22.1754
Korelasyon katsayısı -R	0.936
R^2	0.876442
Düzeltilmiş R^2	0.861793
Tahmin edilen R^2	0.840297
PRESS	60349.1
Minimum mutlak hata	0.007625
Maksimum mutlak hata	41.225
MSE	227.4219
MAE	7.237
MAPE (%)	12.099

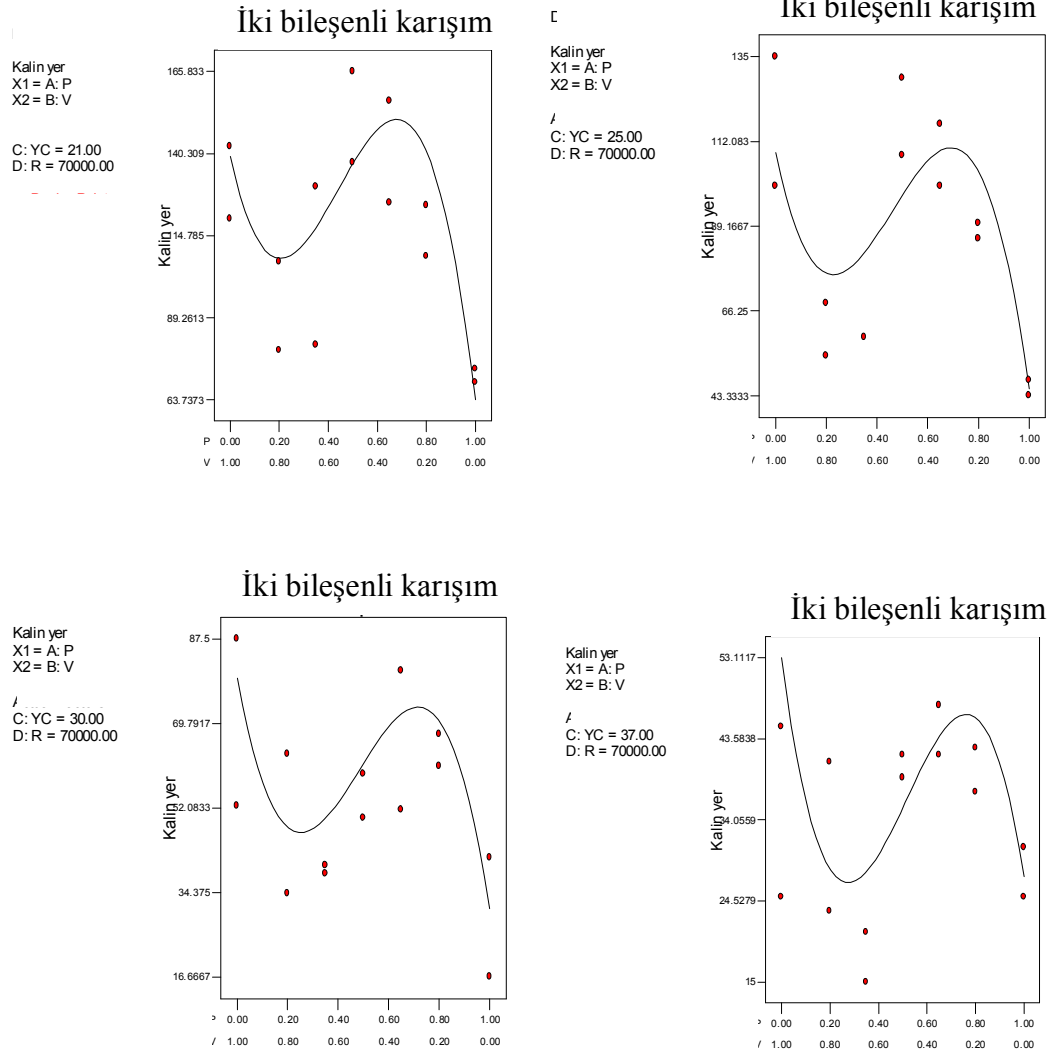
Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile kalın yer hatasının nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.48, 49, 50, 51 ve 52’de Farklı rotor hızlarında ve farklı numaralarda karışım oranı- kalın yer hatası (+50%) değişimi gösterilmektedir. Şekiller incelendiğinde genel olarak karışımdaki polyester oranının artmasıyla kalın yer hatasının azaldığı anlaşılmaktadır. İnce yer hatasında da olduğu gibi karışımın %35 polyester-%65 viskon civarında olması durumunda lifler iplik kesitinde daha düzgün olarak dağıldığından bu noktada kalın yer hatası değerleri düşük olarak bulunmuştur.



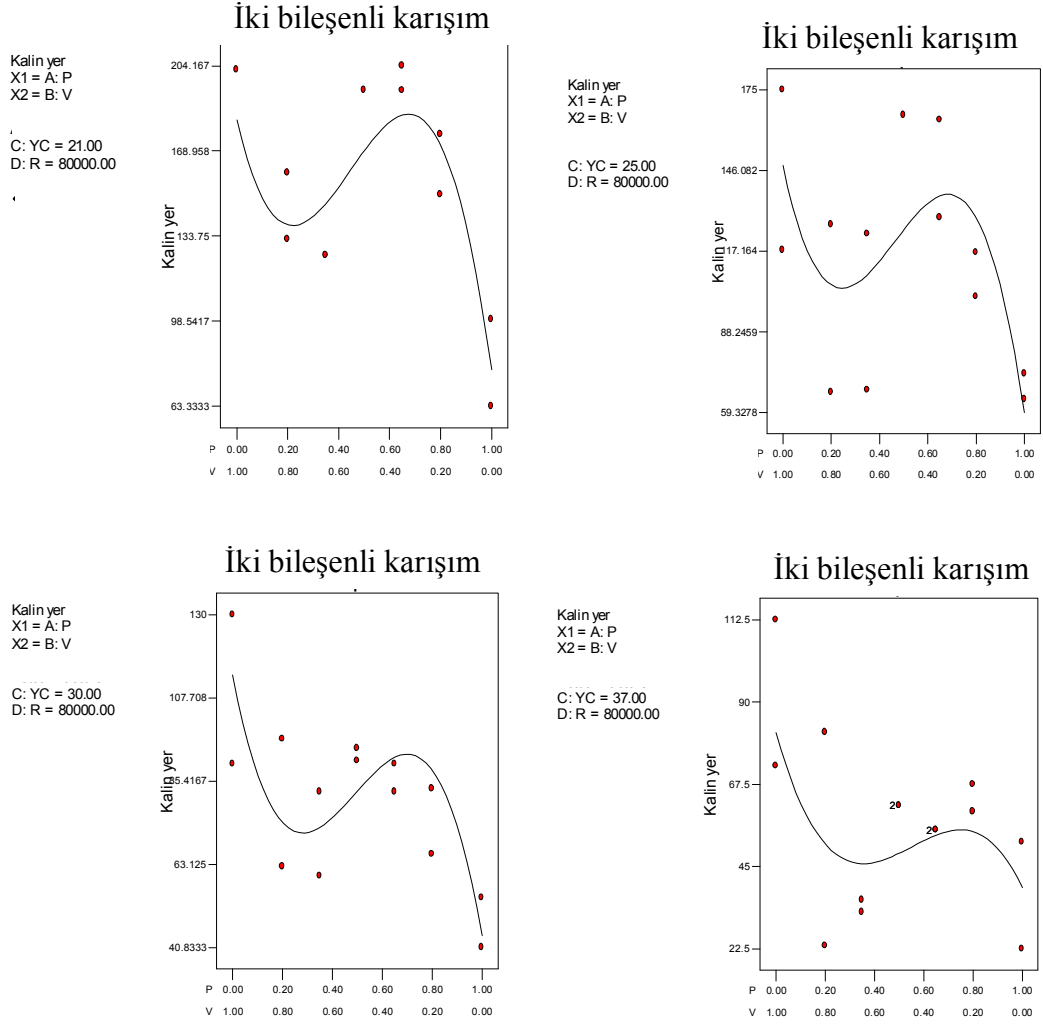
Şekil 5.48. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kalın yer hatası (+50%) değişimi



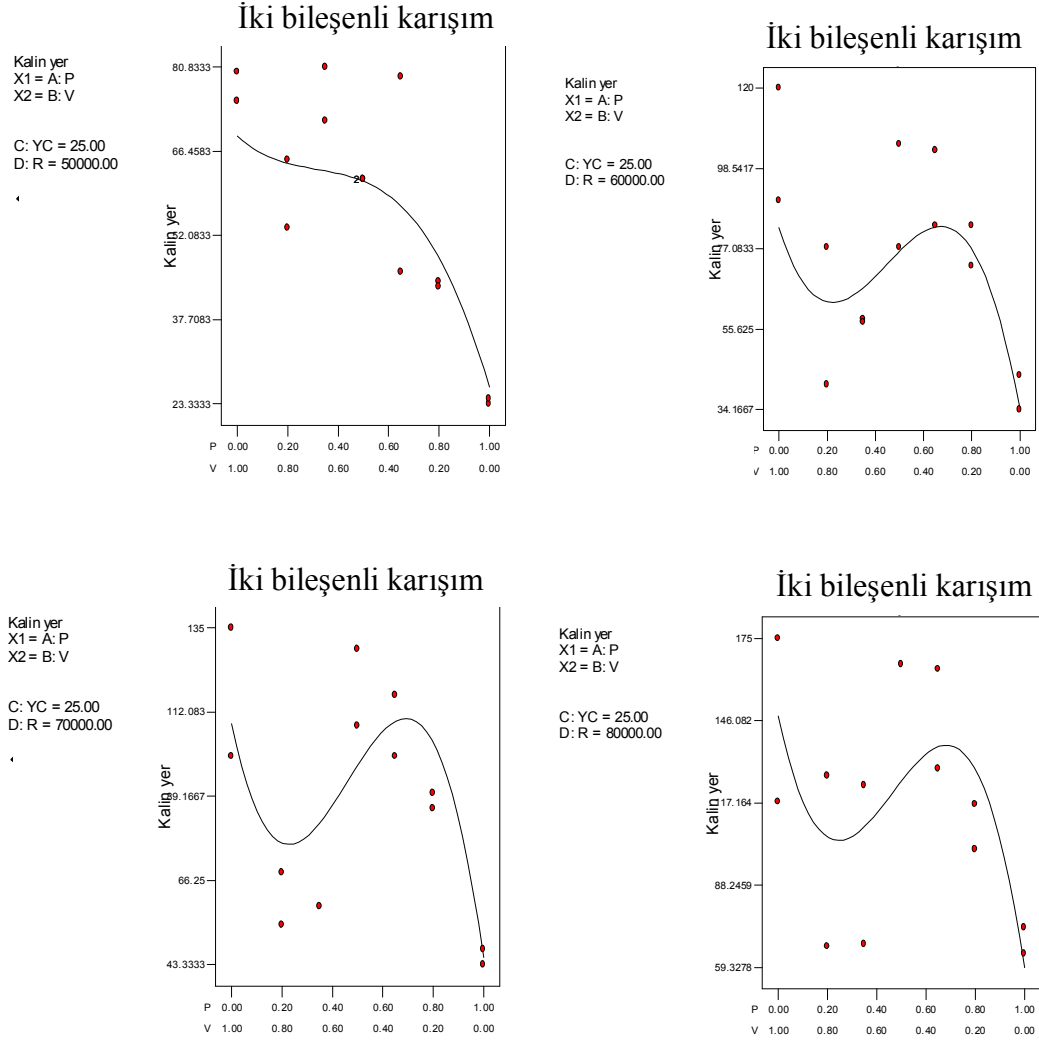
Şekil 5.49. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kalın yer hatası (+50%) değişimi



Şekil 5.50. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kalın yer hatası (+50%) değişimi



Şekil 5.51. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-kalın yer hatası (+50%) değişimi

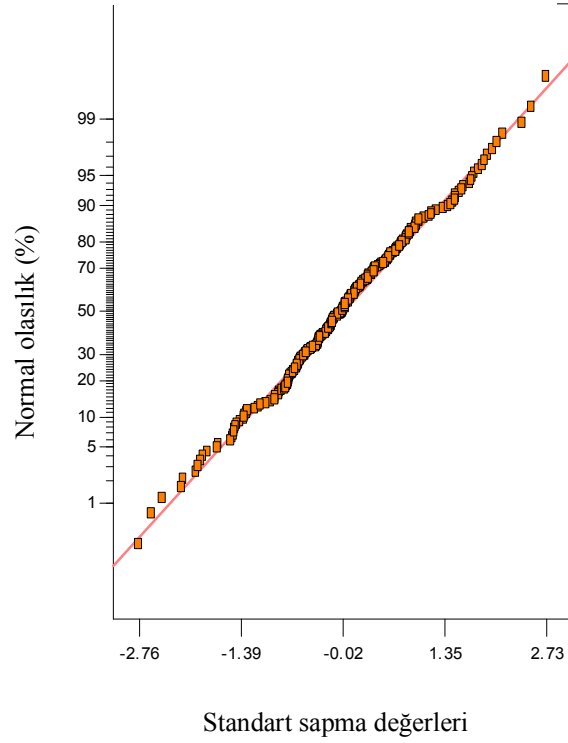


Şekil 5.52. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-kalın yer hatası (+50%) değişimi

5.2.8. Neps için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu neps (+280%) için en uygun modelin [Küçük]*Kuadratik model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil 5.53'de neps (+280%) için [Küçük]*Kuadratik model uygulandığında oluşan artıklarının normal

dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.53. [Kübik]*Kuadratik model artıklarının normal dağılım grafiği

Neps (+280%) için en uygun modelin [Kübik]*Kuadratik model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Kalın yer için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.39’da verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede

A	Kodlanmış polyester karışım bileşeni
B	Kodlanmış viskon karışım bileşeni
C	Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
D	Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni

olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.39. Neps (+280%) için [Küçük]*Kuatratik model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	5602,04	23	243,5669	14,05872	< 0.0001	Anlamlı
Linear Mixture	818,1823	1	818,1823	47,2256	< 0.0001	
AB	65,19425	1	65,19425	3,763022	0.0538	
AC	52,15073	1	52,15073	3,010148	0.0843	
AD	3,194332	1	3,194332	0,184377	0.6681	
BC	1469,584	1	1469,584	84,82461	< 0.0001	Anlamlı
BD	622,3746	1	622,3746	35,92356	< 0.0001	Anlamlı
AC2	20,69534	1	20,69534	1,194538	0.2758	
AD2	10,5843	1	10,5843	0,610927	0.4354	
BC2	197,8828	1	197,8828	11,42183	0.0009	Anlamlı
BD2	3,635163	1	3,635163	0,209822	0.6474	
ABC	56,78911	1	56,78911	3,277876	0.0718	
ABD	52,3129	1	52,3129	3,019508	0.0838	
ACD	23,06763	1	23,06763	1,331467	0.2500	
BCD	304,744	1	304,744	17,58987	< 0.0001	Anlamlı
AB(A-B)	116,2173	1	116,2173	6,70808	0.0103	Anlamlı
ABC2	9,549045	1	9,549045	0,551172	0.4587	
ABD2	0,398745	1	0,398745	0,023016	0.8796	
ABCD	9,81251	1	9,81251	0,56638	0.4526	
ABC(A-B)	45,41998	1	45,41998	2,621648	0.1070	
ABD(A-B)	150,3952	1	150,3952	8,680834	0.0036	Anlamlı
ABC2(A-B)	3,418432	1	3,418432	0,197312	0.6574	
ABCD(A-B)	15,83298	1	15,83298	0,913882	0.3403	
ABD2(A-B)	53,81071	1	53,81071	3,105962	0.0796	
Residual	3378,37	195	17,32497			
Lack of Fit	1635,231	88	18,58217	1,140639	0.2570	
Pure Error	1743,139	107	16,29102			
Cor Total	8980,409	218				

Neps (+280%) için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

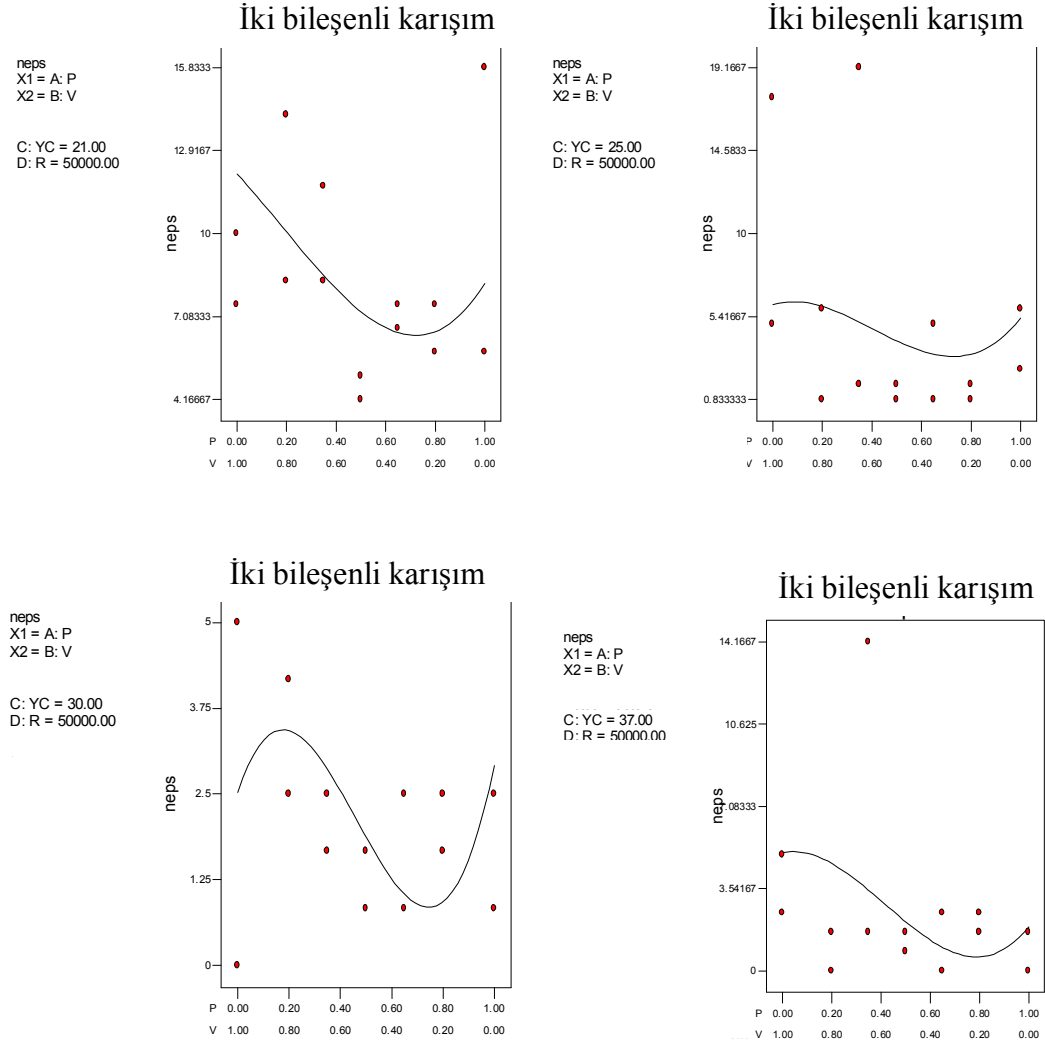
$$\begin{aligned}
 \text{Neps (+280\%)} = & +80.19939 * P + 13.35542 * V + 9.92187 * P * V - 2.63750 * P * YC - 1.12033E-003 * P * R - 3.18576 * V * YC + 1.37152E-003 * V * R + 0.027917 * P * YC^2 + 5.62800E-009 * P * R^2 + 0.089274 * V * YC^2 + 3.49094E-009 * V * R^2 + 3.13526 * P * V * YC - 1.99482E-003 * P * V * R + 1.24418E-005 * P * YC * R - 4.86062E-005 * V * YC * R - 493.46035 * P * V * (P-V) - 0.075981 * P * V * YC^2 + 4.42077E-009 * P * V * R^2 + 3.31363E-005 * P * V * YC * R - 1.32915 * P * V * YC * (P-V) + 0.015879 * P * V * R * (P-V) + 0.083831 * P * V * YC^2 * (P-V) - 7.66405E-005 * P * V * YC * R * (P-V) - 9.41173E-008 * P * V * R^2 * (P-V)
 \end{aligned} \quad (12)$$

Çizelge 5.40’da ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile neps arasında $R=0.78$ olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenleri açıklama oranı %62.5 ($R^2=0.625$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.57$, tahmin edilen R^2 ise 0.47 bulunarak model terimleri ile neps arasında kötü sayılabilecek bir ilişkinin var olduğu anlaşılmaktadır. Regresyon denklemi ile gerçek neps değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=2.642, MAPE ise %32.24 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, neps hatasını %67.76 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

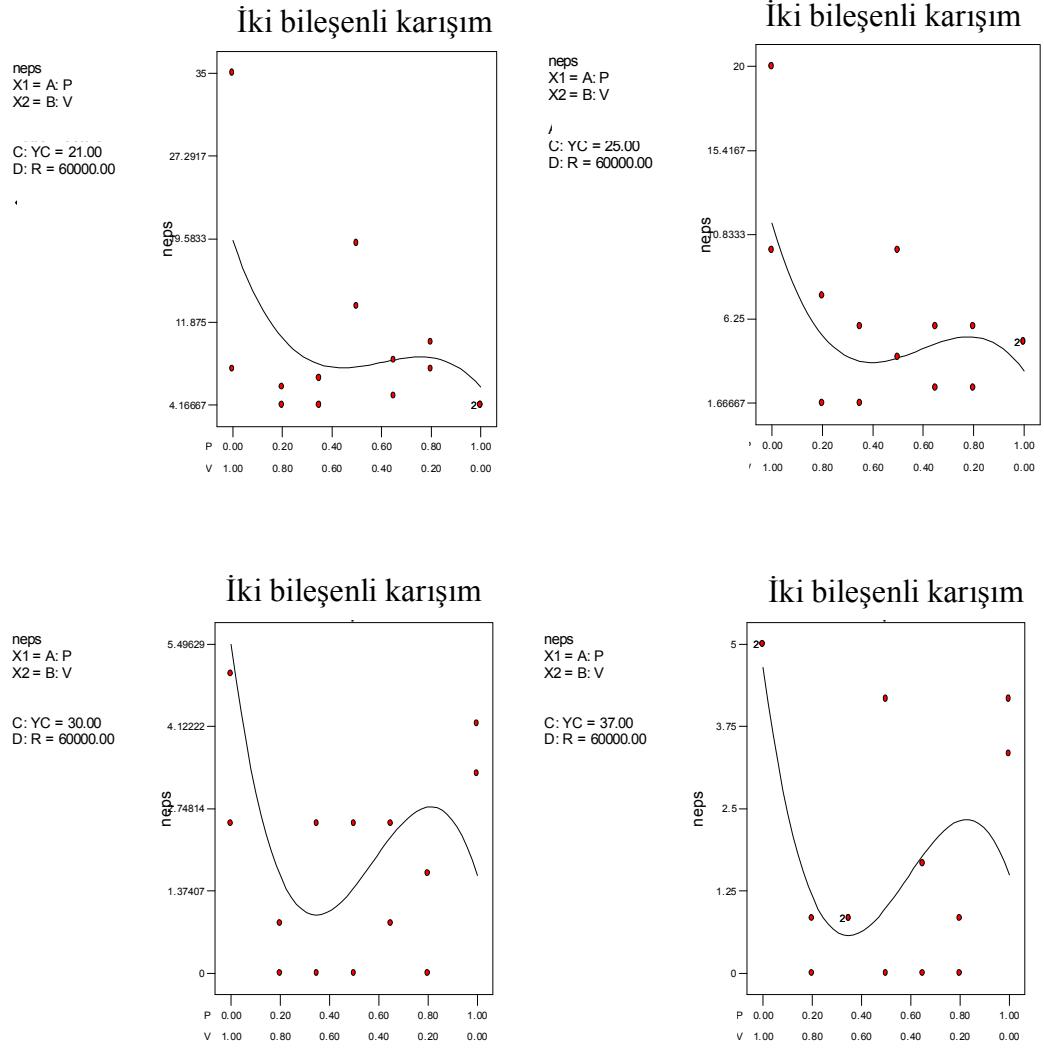
Çizelge 5.40. Neps (+280%) istatistik model performans değerleri

Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	4.162328
Ortalama	5.748858
CV	72.40268
Korelasyon katsayısı -R	0.78
R^2	0.625
Düzeltilmiş R^2	0.57
Tahmin edilen R^2	0.47
PRESS	4680.22
Minimum mutlak hata	0.005891
Maksimum mutlak hata	15.5612
MSE	16.29102
MAE	2.642
MAPE (%)	32.24

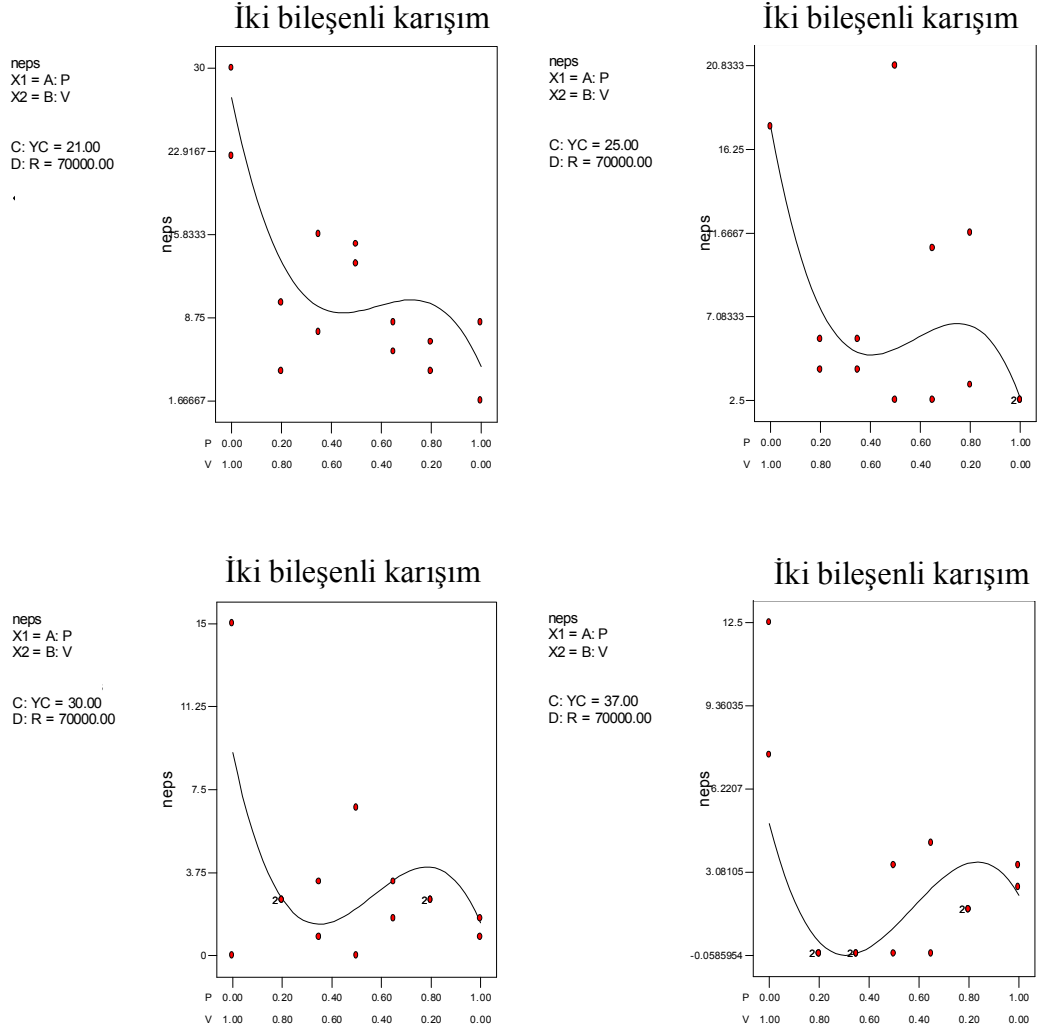
Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile neps hatasının nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.54, 55, 56, 57 ve 58’de farklı rotor hızı ve iplik numaralarında karışım oranı-neps değişimi gösterilmektedir. Viskon, pamuk benzeri bir lif olduğundan yapısı gereği neps oluşturmaya yatkın bir liftir. Bu nedenle şekillerden neps oranının en fazla bulunduğu değer viskon oranının %100 olması durumunda elde edilmiştir.



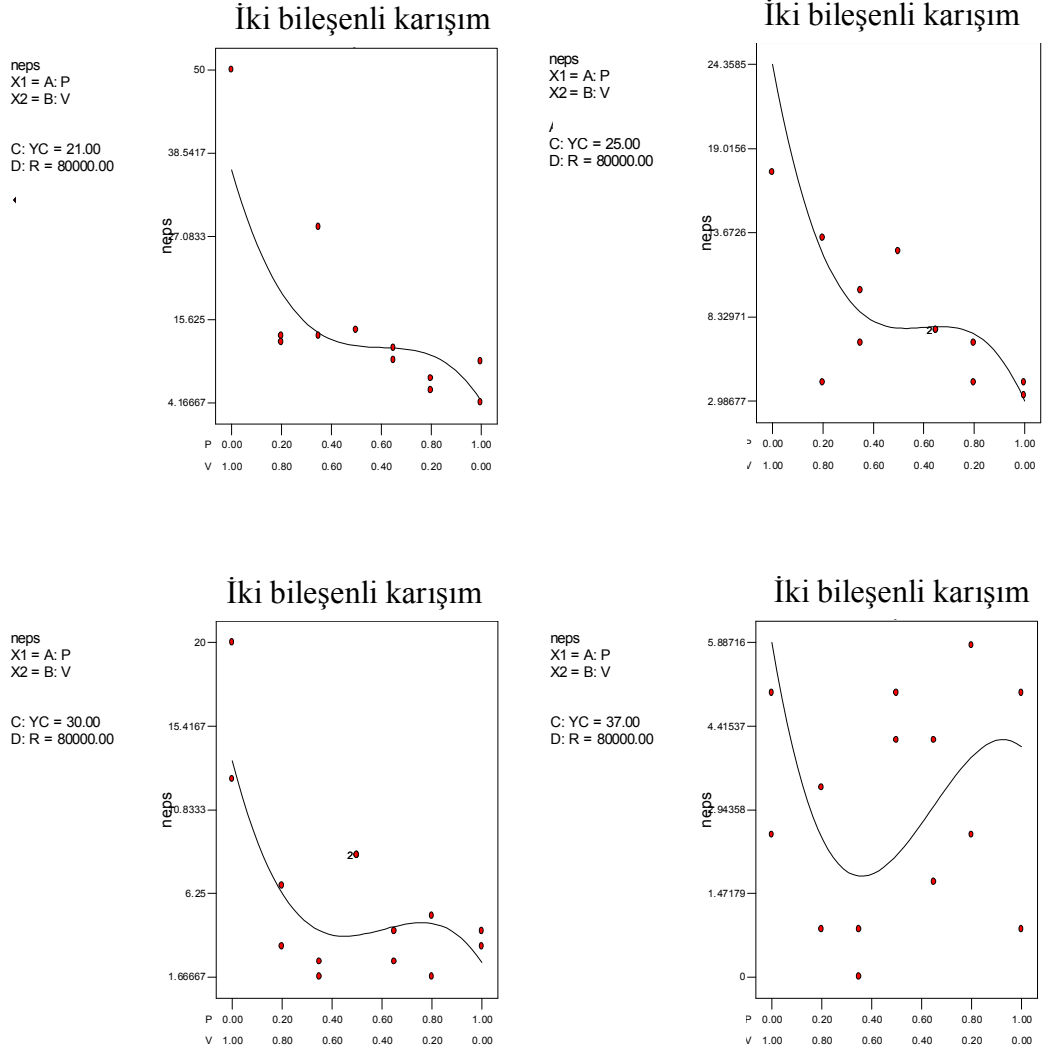
Şekil 5.54. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-neps (+280%) değişimi



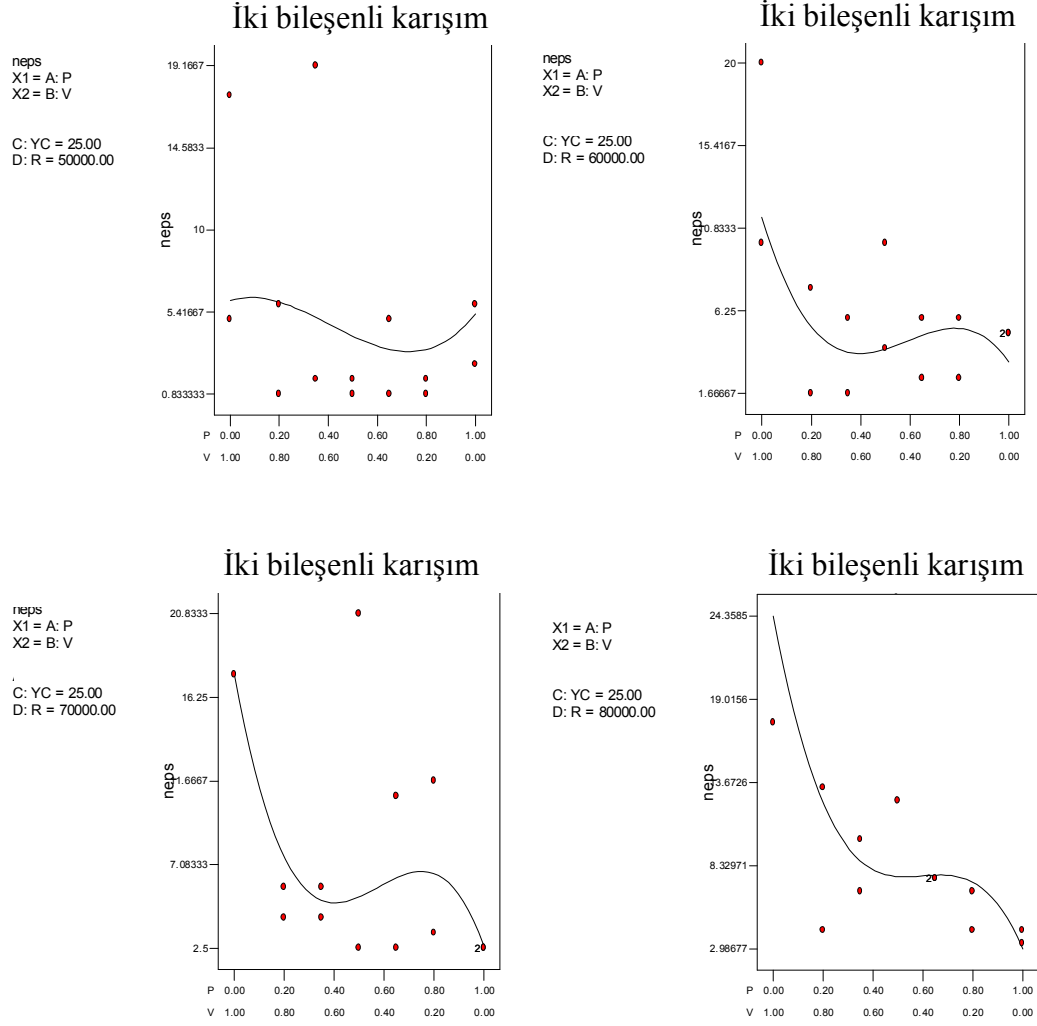
Şekil 5.55. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-neps (+280%) değişimi



Şekil 5.56. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-neps (+280%) değişimi



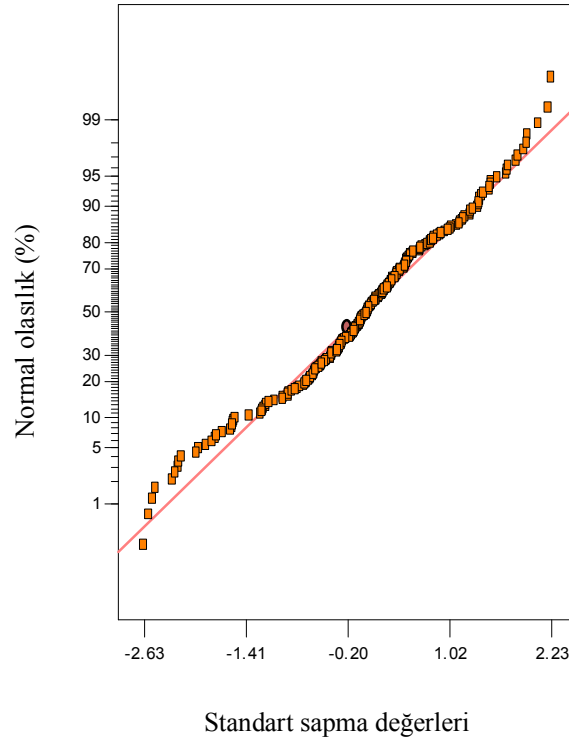
Şekil 5.57. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-neps (+280%) değişimi



Şekil 5.58. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı-neps (+280%) değişimi

5.2.9. Tüylülük için Oluşturulan İstatistik Model

Yapılan testler sonucu tüylülük (H) için en uygun modelin [Kuadratik]*Lineer model olduğu belirlendikten sonra artık analizi yapılarak artıkların normal dağılıma uygun olup olmadığına bakılmalıdır. Normal dağılım grafiğinde standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak bir doğru üzerinde yer alması halinde normal dağılıma uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Şekil-5.59'da tüylülük için [Kuadratik]*Lineer model uygulandığında oluşan artıklarının normal dağılıma uygun olarak dağıldığı anlaşılmaktadır. Buradan da kurulan modelin uygun olduğu görülebilmektedir.



Şekil 5.59. [Kuadratik]*Lineer model artıklarının normal dağılım grafiği

Tüylülük için en uygun modelin [Kuadratik]*Lineer model olduğu anlaşıldıktan sonra bu modelin verdiği sonuçlara geçilebilir. İlk olarak ANOVA tablosu oluşturularak modelde yer alan bağımsız değişkenlerin modele katkısının

anlamlı olup olmadığı, F değerleri ve bu değerlere karşılık gelen p-değerleri ile değerlendirilmektedir. Kalın yer için oluşturulan modele ait ANOVA tablosu Çizelge 5.41’de verilmektedir. Burada p-değeri 0.05’ten küçük değerlerin modele katkısının anlamlı olduğu değerlendirilmektedir.

Çizelgede A Kodlanmış polyester karışım bileşeni
B Kodlanmış viskon karışım bileşeni
C Kodlanmış iplik numarası proses değişkeni
D Kodlanmış rotor hızı proses değişkeni
olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.41. Tüylülük için [Kuatratik]*Lineer model ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F-değeri	p-değeri	Anlamlılık
Model	412,9028	8	51,61285	1912,872	< 0.0001	Anlamlı
Linear Mixture	369,5436	1	369,5436	13696	< 0.0001	Anlamlı
AB	25,63099	1	25,63099	949,9343	< 0.0001	Anlamlı
AC	5,030487	1	5,030487	186,4396	< 0.0001	Anlamlı
AD	4,644335	1	4,644335	172,1281	< 0.0001	Anlamlı
BC	0,033667	1	0,033667	1,247771	0.2653	
BD	0,067451	1	0,067451	2,499866	0.1154	
ABC	0,220057	1	0,220057	8,155729	0.0047	Anlamlı
ABD	0,028856	1	0,028856	1,069458	0.3023	
Residual	5,66619	210	0,026982			
Lack of Fit	5,302185	102	0,051982	15,42306	< 0.0001	Anlamlı
Pure Error	0,364006	108	0,00337			
Cor Total	418,569	218				

Tüylülük için oluşturulan regresyon denklemi ise gerçek karışım bileşenleri (P:polyester, V:viskon) ve gerçek proses değişkenleri (YC:iplik numarası, R:rotor hızı (d/dk)) cinsinden aşağıda verilmektedir. Eşitlik içerisindeki “P” ve “V” $0 \leq P, V \leq 1$ değerleri arasında alınırken, “YC” tex cinsinden iplik numarası, R ise d/dk cinsinden rotor hızı olarak değerlendirilmektedir.

$$\begin{aligned} \text{Tüylülük} = & +5.40725* P + 1.15944* V - 2.63130* P * V + 0.062753* P * YC - \\ & 3.16323E-005* P * R + 4.88675E-003* V * YC - 3.69468E-006* \\ & V * R - 0.055338* P * V * YC + 1.05932E-005 * P * V * R \end{aligned} \quad (13)$$

Çizelge 5.42’de ise kurulan modelin özet istatistik verileri gösterilmektedir. Modeldeki karışım ve proses değişkenleri ile neps arasında R=0.99 olan bir korelasyon çizelgede görülmektedir. Ayrıca modelde yer alan bağımsız değişkenlerin

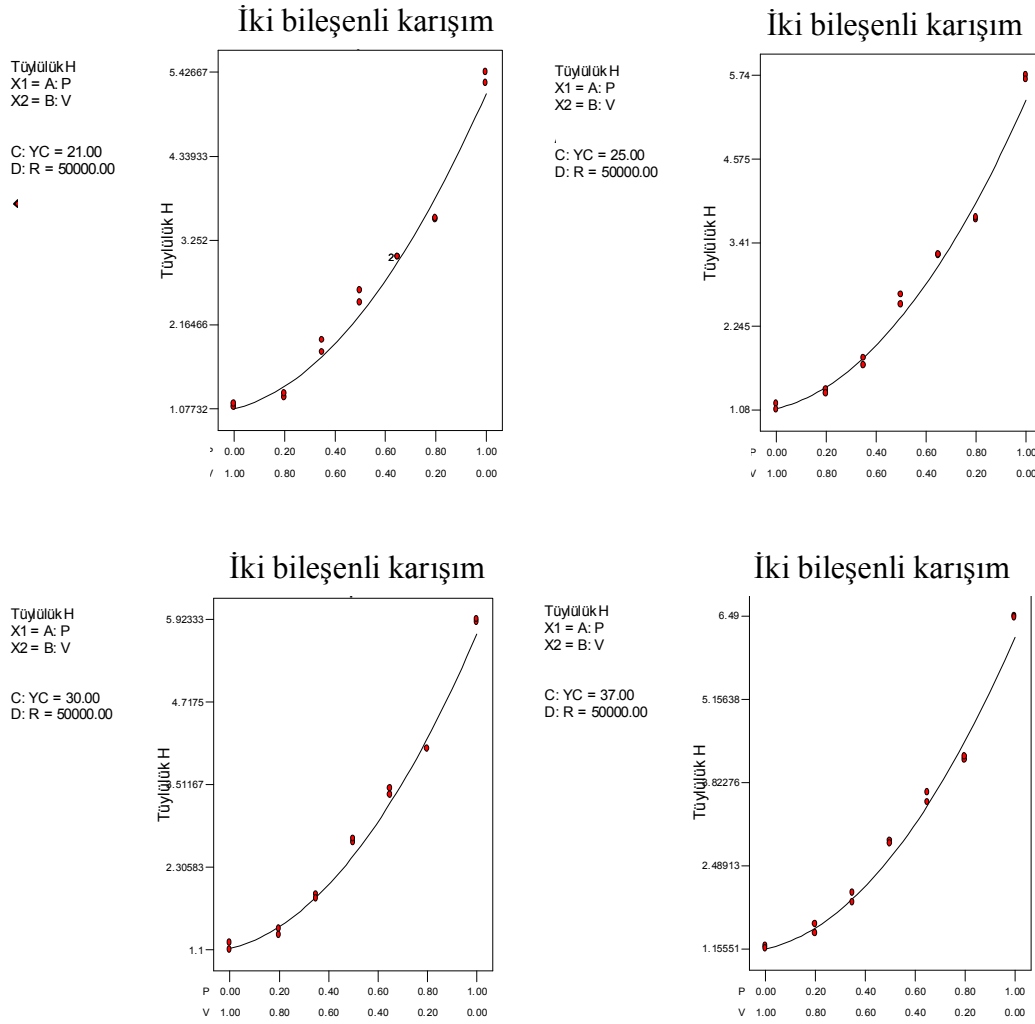
bağımlı değişkenleri açıklama oranı %98.6 ($R^2=0.986$) olarak belirtilirken, modele katkısı bulunmayan terimlerin modelden çıkarılmasıyla elde edilen düzeltilmiş $R^2=0.985$, tahmin edilen R^2 ise 0.985 bulunarak model terimleri ile tüylülük arasında çok iyi sayılabilecek bir ilişkinin var olduğu anlaşılmaktadır. Regresyon denklemi ile gerçek neps değerleri modelden elde edilen değerler ile karşılaştırılıp ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdeleri de (MAPE) ayrıca hesaplanarak çizelgede verilmiştir. Buna göre MAE=0.07262, MAPE ise %4.94 olarak bulunmuştur. Bir başka ifade ile kurulan istatistiksel model, neps hatasını %95.06 doğrulukta tahmin edebilmektedir.

Çizelge 5.42. Tüylülük istatistik model performans değerleri

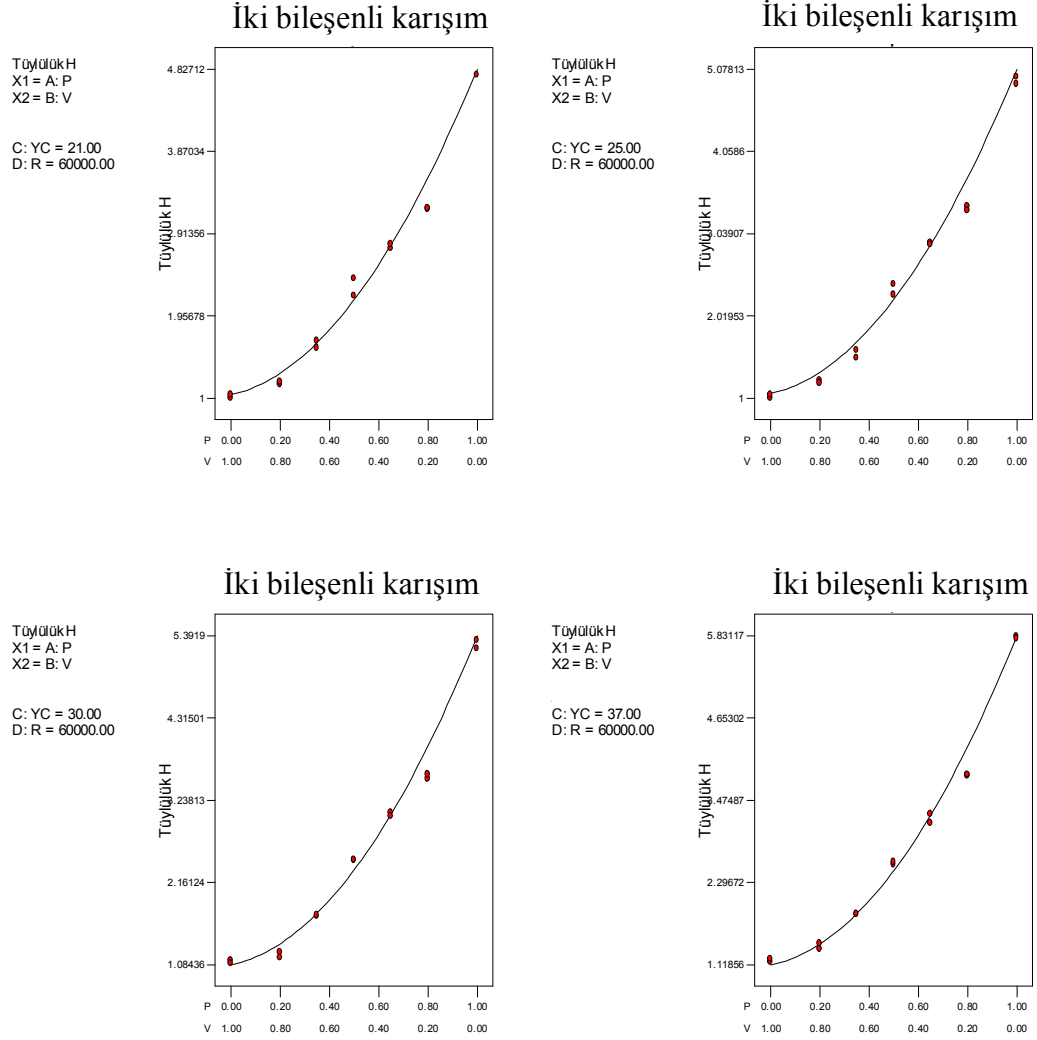
Değerlendirme	Sonuçlar
Standart sapma	0.164262
Ortalama	2.551416
CV	6.438056
Korelasyon katsayısı -R	0.99
R^2	0.986
Düzeltilmiş R^2	0.985
Tahmin edilen R^2	0.985
PRESS	6.166407
Minimum mutlak hata	0.000327
Maksimum mutlak hata	0.42878
MSE	0.00337
MAE	0.07262
MAPE (%)	4.94

Elde edilen regresyon denklemi ile eğriler uydurulmak suretiyle karışım oranı ve proses değişkenleri ile tüylülüğün nasıl değiştiği görülebilmektedir. Şekil 5.60, 61, 62, 63 ve 64 farklı rotor hızı ve iplik numaralarında karışım oranı-tüylülük değişimini göstermektedir. Karışımındaki polyester oranının artışıyla tüm eğrilerde tüylülüğün arttığı görülmüştür. Bu durum çalışmada tüylülüğü ölçmek için kullanılan Uster Tester-4'e entegre edilmiş optik sensörün siyah rengi tam olarak görememesinden kaynaklanabilmektedir. Çalışmada kullanılan polyester lifi beyaz, viskon lifi ise siyah olarak belirlendiğinden karışımındaki polyester oranının artması ile tüylülük değeri de artmaktadır. Ayrıca bu durum, liflerin özgül ağırlıkları ile de

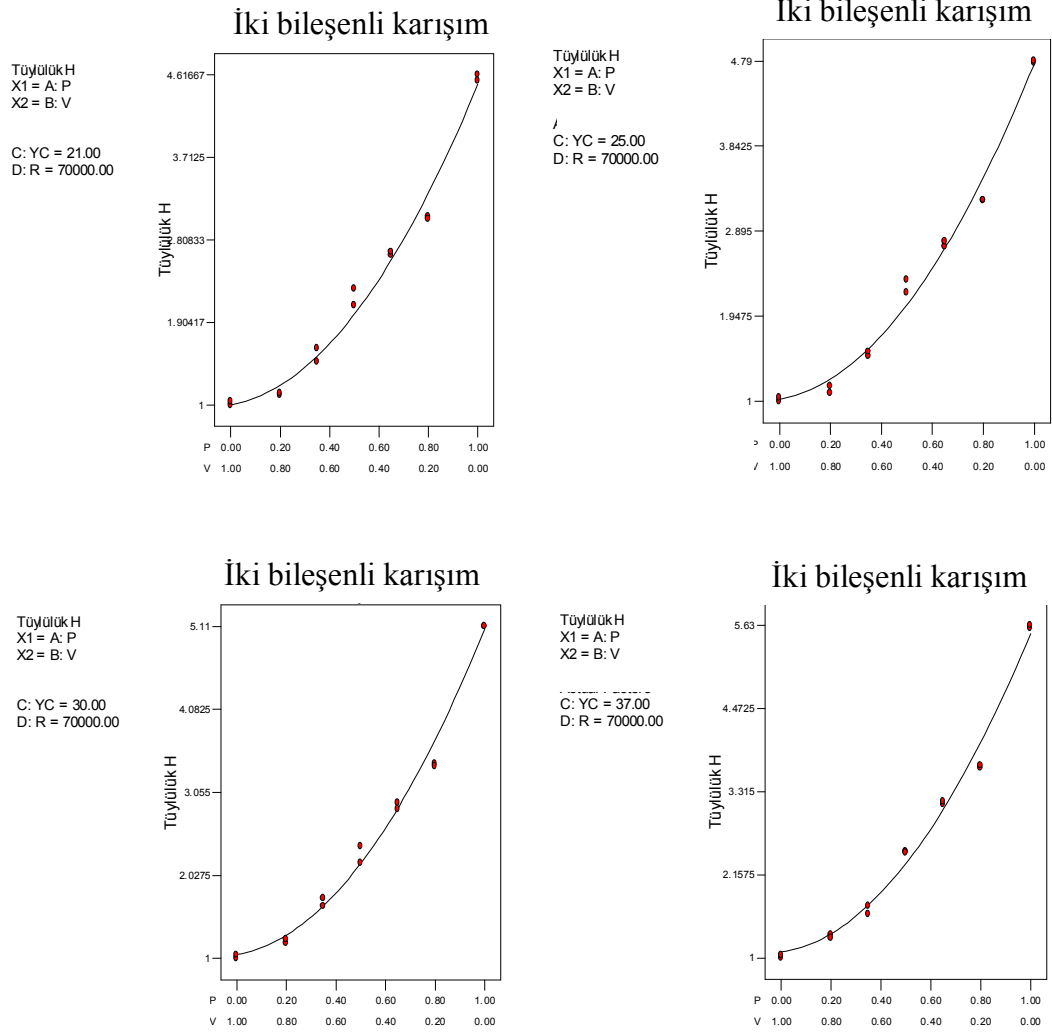
ilgilidir. Viskon lifinini özgül ağırlığı (1.52 gr/cm^3) polyester lifine (1.38 gr/cm^3) göre daha fazla olduğundan karışımdaki viskon oranının artmasıyla rotor iplik eğirme sisteminde rotorun dönüşünden kaynaklı olarak viskon lifi iplik merkezinde bulunmaya yönelir ve polyester lifi iplik merkezinden uzaklaşır. İplik yüzeyinde yer alan polyester lifleri de tüylülüğe sebep olan lifler olarak cihaz tarafından ölçülmektedir.



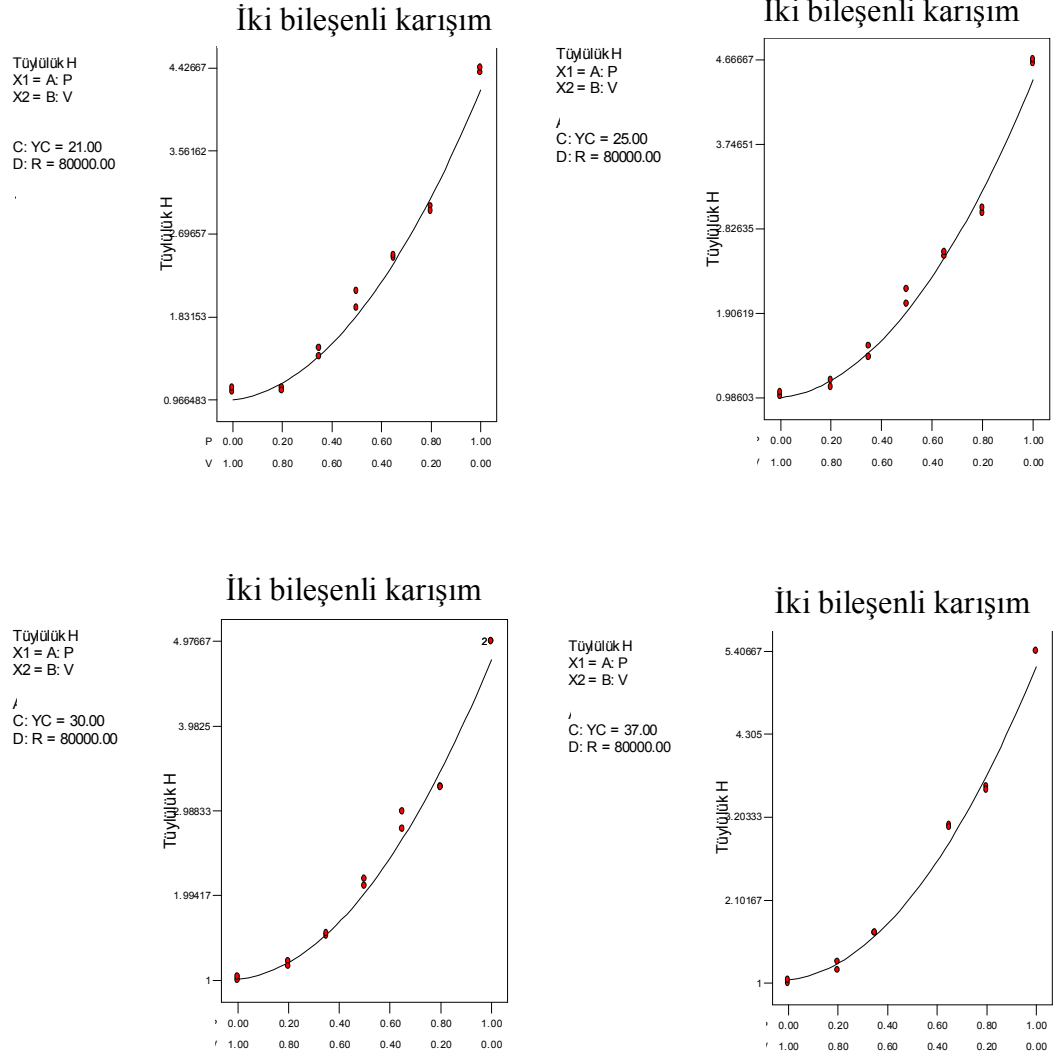
Şekil 5.60. 50000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı-tüylülük değişimi



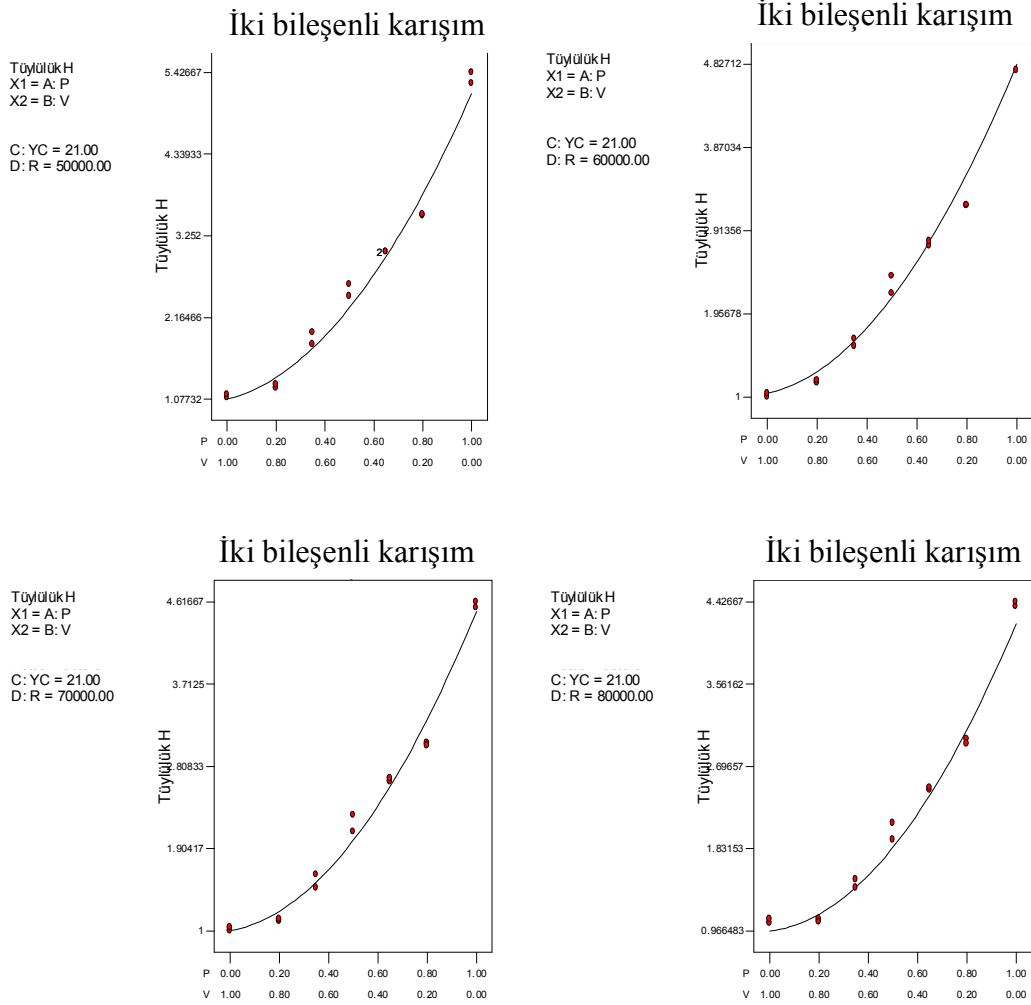
Şekil 5.61. 60000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- tüylülük değişimi



Şekil 5.62. 70000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- tüylülük değişimi



Şekil 5.63. 80000 d/dk rotor hızında farklı numaralarda karışım oranı- tüylülük değişimi



Şekil 5.64. Farklı rotor hızlarında 25 tex iplik için karışım oranı- tüylülük değişimi

5.3. Oluşturulan Modeller ile Test İpliklerinin Tahminlemesi

Çalışmada oluşturulan tahminleme modelleri ile farklı bir işletmede elde edilen iplik özelliklerinin de tahmin edilip edilemeyeceği araştırılmak istenmiştir. Bu amaçla, çalışmanın iplik üretiminin gerçekleştirildiği Matesa Tekstil A.Ş.'den farklı olarak Kıvanç Tekstil A.Ş. 'de, Schlafhorst Open-end iplik makinası kullanılarak, geçmiş tarihlerde üretilen, farklı karışımlarda, farklı iplik numaralarında ve farklı üretim parametrelerindeki seçilmiş iplik özelliklerinin kayıtlarına ulaşılmıştır. Kayıtlarına ulaşılan 10 adet ipliğin üretim parametreleri, karışım özellikleri,

mukavemet, uzama (%), düzgünsüzlük, ince yer hatası, kalın yer hatası ve neps sonuçları Bulgular bölümünde, Çizelge 4.8’de gösterilmektedir. Ancak, bu çalışmada sabit tutulan bazı parametrelerin (açıcı hızı, rotor çapı vb.) bu iplikler için farklı olduğu da dikkati çekmektedir.

Çalışmada oluşturulan YSA modellerine polyester ve viskon oranı, iplik numarası ve rotor hızı değerleri girildiğinde elde edilen tahmin değerleri ve test için üretilen ipliklerin reel özellikleri ise Çizelge 5.42’de verilmektedir. Modellerden elde edilen tahmin yüzdeleri ve bu yüzdelerin mutlak değer ortalamaları da (MAPE-%) çizelgede ayrıca gösterilmektedir. Her bir iplik özelliği için tahminleme modellerinin MAPE değerlerine bakıldığında genel olarak YSA’nın istatistiksel modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. İpliklerin mukavemet, uzama ve düzgünsüzlük özellikleri için YSA’nın ortalama mutlak hata yüzdeleri (MAPE-%) %7,18 ...%11,09 arasında değişmekte iken İstatistiksel modeller için bu değerler %12.715...%20.053 arasında olmaktadır. Elde edilen bu değerler çalışmada üretimi gerçekleştirilen, bir başka ifade ile model kurmaya yönelik üretimi yapılan ipliklerin tahmin edilebilme yüzdelerinden düşük çıkmıştır. Buna sebep olarak test üretimi yapılan işletmede, çalışmada kullanılan iplik eğirme elemanlarından farklı olarak açıcı silindirin ve hızının farklı olması, rotor tiplerinin ve çaplarının farklı olması gibi sebepler gösterilebilir. Tahminleme modellerinde bağımsız değişkenler olarak söz konusu parametreler yer almadığından dolayı tahminleme yüzdeleri nispeten düşük çıkmıştır.

Test ipliklerinin ince yer hatası, kalın yer hatası ve neps gibi özelliklerin tahminlenmesi için ise YSA ve istatistiksel modeller kötü sonuçlar vermiştir. Söz konusu iplik hataları rotor iplikçiliğinde rastlantısal bir şekilde oluşabildiğinden ve tahmin edilebilme yüzdeleri düşük olarak öngörüldüğünden test iplikleri için söz konusu iplik özellikleri doğru tahmin edilememiştir.

Çizelge 5.42. Oluşturulan modeller ile test ipliklerinin tahminlenmesi

İplik Özellikleri	Test iplikleri reel özellikleri ve tahmin edilen değerler										Modellerin Tahmin Yüzdesi (%)										MAPE (%)
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
Mukavemet (cN/tex)	Reel	16,96	17,75	17,94	17,55	17,75	21,57	18,93	20,79	17,16	18,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	YSA	16,82	18,65	19,07	20,04	19,06	19,61	18,57	18,34	16,25	19,73	-4,95	5,07	6,29	14,18	7,38	-9,08	-1,9	-5,3	5,9	7,185
	İst.	16,39	18,65	15,56	12,86	15,46	19,53	18,32	18,40	10,72	19,4	-3,36	5,07	-13,3	26,72	-12,9	-9,45	-3,22	-11,5	-37,5	12,715
Uzama (%)	Reel	11,7	11,2	13,3	13,9	13,4	10,5	11	11,7	12,4	9,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	YSA	11,12	12,11	13,97	14,00	13,98	12,06	11,57	12,26	13,94	11,51	-4,95	8,12	5,03	0,7	4,32	14,85	5,18	4,78	12,41	17,45
	İst.	11,15	12,15	17,41	20,75	17,41	12,11	11,68	12,26	16,42	11,62	-4,7	8,48	30,9	49,28	29,9	15,33	6,18	4,78	32,41	18,57
Düzgünl. (C/Vm%)	Reel	13,1	13,8	11,9	10,7	10,8	13,1	12,9	12,4	11,3	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	YSA	15,19	11,79	11,7	12,04	11,7	10,58	13,04	11,31	13,73	14,3	15,95	-14,5	-1,7	12,52	8,33	-19,2	1,08	-8,8	21,5	7,51
	İst.	15,00	14,69	10,23	8,27	10,23	14,67	14,96	14,61	12,8	15,00	14,50	6,44	-14,0	-18,7	-5,37	11,98	15,96	17,82	13,27	12,78
İnce yer (-50%)	Reel	1,9	3	0,9	0,2	0	1,8	1	0,5	0,3	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	YSA	2,35	1,13	2,3	2,9	2,3	1,18	1,42	1,25	2,4	5,76	23,68	-62,3	155,5	1350	-	-34,4	42	150	700	33,95
	İst.	20,2	9,3	5,04	2,99	5,06	2,2	1,27	8,9	3,28	40,8	963,1	210	460	1395	-	22,2	27	1680	993	848,8
Kalın yer (+50%)	Reel	38,5	30	4,8	24,7	3,3	21,5	26	14,5	14,8	50,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	YSA	32,87	63,12	9,84	13,68	7,68	39,27	41,58	21,09	18,99	76,45	14,2	110,4	105	44,61	132,7	82,65	59,92	45,44	28,31	50,49
	İst.	354,2	193,9	55,9	97,1	55,9	160,3	239,8	192,3	488,7	193,3	820	546,3	1064	293,1	1539	645,5	822	1226	32,02	280,5
Neps (+280%)	Reel	11,6	11,5	3	12	1,3	2,8	2	1	12	28,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	YSA	15,69	9,7	1,08	1,10	1,08	0,3	3,93	1,19	8,54	32,59	35,2	-15,6	-64	-90,8	-16,9	-89,3	96,5	19	-28,8	14,35
	İst.	456,6	144,1	93,6	149,3	93,6	121,1	184,6	153,1	29,18	140,1	3836	1142	3020	1144	7100	4225	9130	15211	143,1	391,6

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Çalışmanın Özeti

Çalışmada, farklı karışımlarda polyester/viskon elyafı içeren değişik rotor hızlarında ve iplik numaralarında üretilen rotor iplik özelliklerinin (mukavemet, uzama(%), kopma işi, kopma kuvveti, düzgünsüzlük, iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps) ve tüylülük) üretim yapmadan önce tahmin edilmesine yönelik Yapay Sinir Ağları (YSA) ve istatistiksel modeller oluşturulmuştur. Daha sonra bu modeller karşılaştırılarak hangisinin iplik özelliklerini tahmin etmede daha başarılı olduğu belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışma kapsamında izlenen işlem aşamaları aşağıda özetlenmiştir.

1. Çalışma, Adana ilinde bulunan KIVANÇ TEKSTİL A.Ş.'de farklı oranlarda polyester ve viskon elyafı içeren şeritlerin üretilmesi ile başlamıştır. Balya açıcıdan sonra ilk olarak karıştırıcıda karıştırılan polyester ve viskon lifleri taraktan ve iki pasaj cerden geçirilerek Ne 0.150 numaralı şerit elde edilmiştir. Üretilen yedi farklı şerit open-end rotor iplik eğirme ünitesinde kullanılmak üzere, çalışmada, materyal olarak belirlenmiştir.
2. Söz konusu şeritler, Kahramanmaraş ilinde faaliyet gösteren MATESA TEKSTİL A.Ş.'de bulunan Open-End rotor iplik makinalarında dört farklı iplik numarasında ve dört farklı rotor hızında olacak şekilde üretilmiştir. Deneysel çalışmanın geçerliliğini ve güvenilirliğini arttırmak üzere iplik üretimi aynı çalışma koşullarında bir kez daha tekrarlanarak toplamda iki adet replikasyon sağlanmıştır. Sonuç olarak farklı özellikte 112 adet, replikasyonla birlikte toplamda 224 adet bobin üretilmiştir.
3. Üretilen bobinlerin ilk olarak iplik numarası testi yapılmıştır MATESA TEKSTİL A.Ş.'nin laboratuvarlarında bulunan Zweigle L232 numara çıkırığında üretilen ipliklerin reel iplik numaraları ölçülmüştür. Daha sonra, yine aynı laboratuvarında bulunan Uster Tensorapid-3 cihazı ile ipliklerin kopma kuvveti, kopma uzaması, mukavemet, kopma işi testleri yapılmıştır. İpliklerin düzgünsüzlük, ince yer hatası, kalın yer hatası, neps ve tüylülük özellikleri ise

Adana ilinde faaliyet gösteren BOSSA A.Ş.'nin laboratuvarlarında bulunan Uster Tester-4 cihazında yürütülmüştür.

4. İplik özellikleri tespit edildikten sonra YSA ve istatistiksel modellere esas teşkil edecek olan veriler belirlenmiştir. YSA modellerinde her bir bobinin iplik özellikleri için replikasyon ortalamaları kullanılırken istatistik modellerde replikasyonlar ayrı olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle her bir bobin çeşidine numara verilerek 112 çeşit bobinin iplik özellikleri, replikasyon sonuçları ortalamaları Deneysel Bulgular bölümünde verilmiştir.
5. Çalışmada Yapay Sinir Ağları oluşturmak için NeuroSolutions paket programı kullanılmıştır. Yapay Sinir Ağları'nda optimum çözüm bulunamadığından kabul edilebilir bir çözüm bulabilmek için ağ parametreleri değiştirilerek en iyi performansta bir sonuç aranmıştır. Bu sebeple çalışmada, YSA'da bulunan saklı katman sayısı ve saklı katmandaki hücre sayıları, öğrenme oranı ve momentum katsayısı literatürde sıkça kullanılan veriler dikkate alınarak belirlenmiştir. Transfer Fonksiyonu olarak Sigmoid fonksiyonu; öğrenme kuralı olarak ise momentum kullanılmıştır. Tüm modeller için 10000 epoch (iterasyon) yapılarak öğrenme sağlanmıştır. Çalışmada, saklı katman 1 ve 2 adet olarak seçilirken, bu katmanlarda yer alan sinir hücresi sayıları 10, 20, 30, 40, 50 adet olarak belirlenmiştir. YSA'nın öğrenme oranı 0.01, 0.05, 0.1, 0.2 ve momentum katsayısı 0.1, 0.2, 0.35, 0.5 olmak üzere dörder seviyede incelenerek toplam 160 adet yapay sinir ağı kurulmuştur. YSA modellerinde iplik özelliklerinin ortalama sonuçlarından bir kısmı ağa eğitme verisi olarak (84 adet), bir kısmı ise test etme verisi olarak (28 adet) sunulmak üzere ayrılmıştır. Kurulan ağlar içerisinde ortalama mutlak hata (MAE), ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE%), ortalama kareler hatası (MSE) ve korelasyon katsayısı (R) değerleri esas alınarak her bir iplik özelliği için en iyi sonucu veren ağ en başarılı ağ olarak seçilmiştir.
6. Çalışmada daha sonra istatistiksel analizler yapılarak regresyon eşitliklerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Design Expert paket programı kullanılan istatistiksel çalışmada farklı proses şartlarında üretilen karışım ipliklerin

özellikleri incelendiğinden ve kurulacak olan istatistiksel modelin hem karışımı (mixture) hem de bağımsız değişkenler olan rotor hızı ve iplik numarasını içermesi gerektiğinden istatistiksel model olarak karışım*proses çapraz modelleri içeren simpleks kafes tasarımı kullanılmıştır. Karışım değişkenleri olarak polyester ve viskon yüzdeleri, proses değişkenleri olarak ise rotor hızı ve iplik numarası alındığında; iplik mekanik ve fiziksel özellikleri (kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) tepki değişkenleri olarak elde edilmektedir. Regresyon eşitliklerinin elde edilebilmesi için öncelikli olarak model seçiminin yapılması gerekmektedir. Bunun için sırasıyla

- a- F testi yapılarak p-değerlerinin hangi modeller için uygun olabileceği belirlenir.
- b- Daha sonra uyum eksikliği (Lack of fit) testi yapılarak uygun olabilecek modeller içersinde p-değeri en yüksek olan model belirlenir.
- c- Uygun olabilecek modellerin R , R^2 düzeltilmiş ve tahmin edilen R^2 ve PRESS değerlerine bakılarak en uygun model seçilir.
- d- Seçilen modelin normal dağılıma uygun olarak dağılıp dağılmadığına bakılır.

Model seçimi yapıldıktan sonra seçilen modele varyans analizi (ANOVA) uygulanır. ANOVA çizelgesinde %95'lik güvenirlilik seviyesinde modele katkısı anlamlı olan parametreler belirlendikten sonra regresyon eşitlikleri oluşturulur. Oluşturulan regresyon denklemleri ile eğriler uydurularak farklı numaralarda ve farklı rotor hızlarında karışımın iplik özelliklerine olan etkisi incelenebilmektedir. Regresyon ile modelin MAE, MSE, R , R^2 ve MAPE% değerleri dikkate alınarak modelin tahmin etme performansı da çizelgeler halinde verilmiştir.

7. Farklı bir işletmede, çalışmada kullanılan aynı open-end rotor iplik makinası kullanılarak farklı polyester/viskon karışımlarında farklı üretim parametrelerinde üretilmiş ipliklerin seçilmiş özellikleri belirlenerek, oluşturulan tahminleme modellerinin farklı bir işletmede üretilen ipliklerle denenmesi sağlanmıştır.

6.2. Tahminleme Modellerinin Sonuçları

Çalışma kapsamında farklı rotor hızlarında farklı numaralarda üretilen polyester/viskon karışımı ipliklerin fiziksel ve mekanik özellikleri (kopma kuvveti, uzama (%), mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük) YSA ve istatistiksel modeller kurularak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

YSA modelleri çok katmanlı ileriye beslemeli geriye yayılmalı (back propagation) olarak belirlenmiştir. Üretilen bobinlerin özelliklerinin % 75'i eğitime verisi olarak, %25'i ise test etme verisi olarak ağ modellerinde kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılarak 10000 iterasyonda YSA'nın eğitimi sağlanmıştır. Eğitim sonucunda test etme verisi olarak saklı tutulan ve ağa daha önce gösterilmeyen veriler sunularak ağın eğitimi sonucunda farklı proses şartlarında ve farklı karışım oranlarında verdiği sonuçlarla testler sonucunda elde edilen gerçek veriler karşılaştırılıp ağın tahmin etme başarısı ölçülmüştür.

İstatistiksel model olarak ise karışım*proses modellerini içeren simpleks kafes tasarım oluşturulmuştur. Daha sonra regresyon eşitlikleri elde edilerek iplik özelliklerinin karışıma ve proses değişkenlerine bağlı olarak tahmin edilebilmesi sağlanmıştır. Bağımsız değişkenler ile bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiler eğri uydurulmak suretiyle grafiksel olarak ta gösterilmiştir.

YSA ve İstatistiksel çalışma sonucu oluşturulan modellerin gerçek değerleri tahmin edebilme başarısı esas olarak MSE, MAE, MAPE%, korelasyon katsayısı-R parametreleri dikkate alınarak karşılaştırılmıştır. Çizelge 6.1'de, modellerin verdiği sonuçlar toplu halde karşılaştırmalı olarak görülebilmektedir.

Çizelge 6.1. Çalışmada oluşturulan YSA ve istatistiksel modellerinin karşılaştırılması

Değerlendirme	Kopma Kuvveti		Uzama (%)		Mukavemet (cN/tex)		Kopma işi (cN*cm)	
	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik
MSE	178.71	206.5063	0.04444	0.07724	0.25133	0.27759	4421.74	4838.511
MAE	9.68	11.141	0.156414	0.23348	0.38639	0.5442	30.8321	54.778
Min. mutlak hata	0.0962	0.003	0.002196	0.00277	0.025664	0.005526	1.59	0.809
Max. mutlak hata	39.520	39.45	0.479713	0.6838	1.430522	2.1948	80.26	231.701
MAPE (%)	2.130487	2.6034	1.2811	1.943	2.3391	3.373	2.1575	2.711
Kor.kats. – R	0.996	0.995	0.976	0.871	0.989	0.981	0.991	0.989
R ²	0.993	0.991	0.953	0.862	0.9793	0.964	0.98	0.978

Çizelge 6.1. (devamı)

Değerlendirme	CVm %		İnce yer (-50%)		Kalın Yer (+50%)		Neps (+280%)		Tüylülük (H)	
	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik	YSA	İstatistik
MSE	0.097028	0.055178	39.70429	31.41181	237.069	227.4219	16.2360	16.29102	0.057126	0.00337
MAE	0.155579	0.138801	2.876	2.4516	7.140545	7.237	1.2685	2.642	0.10243	0.07262
Min. mutlak hata	0.00804	0.0021244	0.0961	0.02876	0.38272	0.007625	0.3270	0.005891	0.017186	0.000327
Max. mutlak hata	1.00673	0.769857	15.2798	19.15996	41.9194	41.225	17.4024	15.5612	0.84333	0.42878
MAPE (%)	1.076	1.4498	12.364	16.95	9.927	12.099	19.7923	32.24	3.3325	4.94
Kor.kats. – R	0.954	0.952	0.973	0.96	0.94	0.936	0.896	0.78	0.988	0.99
R ²	0.91	0.907	0.947	0.925	0.90	0.876442	0.804	0.625	0.976	0.986

Tahminleme modellerinin karşılaştırılması sonucunda çalışma kapsamında üretilen polyester/viskon karışımli open-end rotor ipliklerinin kopma kuvveti, uzama%, mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük, ince yer hatası, kalın yer hatası, neps ve tüylülük özellikleri için sırasıyla aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

1. Kopma kuvveti için Ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 178.71 iken istatistik modelde 206.5063 bulunmuştur. Ayrıca ortalama mutlak hata da (MAE) YSA'da 9.68 iken istatistik modelde 11.141 olarak bulunmuştur. Değerlendirme için önemli kıstaslardan biri olan ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) ise YSA'da 2.13 iken istatistik modelde 2.60 olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.996 iken istatistik modelde 0.995 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak kopma kuvveti için her iki modelin de birbirine yakın sonuç verdiği, ancak YSA'nın istatistik modele göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.
2. Kopma uzaması (%) için ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 0.04444 iken istatistik modelde 0.07724 bulunmuştur. Ayrıca ortalama mutlak hata da (MAE) YSA'da 0.170944 iken istatistik modelde 0.23348 olarak bulunmuştur. MAPE ise YSA'da 1.4185 iken istatistik modelde 1.943 olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.976 iken istatistik modelde 0.871 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak uzama için her iki modelin de birbirine yakın sonuç verdiği, ancak YSA'nın istatistik modele göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.
3. Mukavemet (cN/tex) için yapılan karşılaştırmada ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 0.25133 iken istatistik modelde 0.27759 bulunmuştur. Ayrıca ortalama mutlak hata da (MAE) YSA'da 0.38639 iken istatistik modelde 0.5442 olarak bulunmuştur. MAPE% ise YSA'da 2.3391 iken istatistik modelde 3.373 olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.989 iken istatistik modelde 0.981 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak mukavemet için her iki modelin de birbirine yakın sonuç verdiği, ancak YSA'nın istatistik modele göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.
4. Kopma işi (cN*cm) için çizelgede ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 4421.74 iken istatistik modelde 4838.511 bulunmuştur. Ayrıca ortalama

mutlak hata da (MAE) YSA'da 30.8321 iken istatistik modelde 54.778 olarak bulunmuştur. MAPE% ise YSA'da 2.1575 iken istatistik modelde 2.711 olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.991 iken istatistik modelde 0.989 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak kopma işi için her iki modelin de birbirine yakın sonuç verdiği, ancak YSA'nın istatistik modele göre daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır.

5. Düzgünlük ($CV_m\%$) sonuçları karşılaştırıldığında ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 0.097028 iken istatistik modelde 0.055178 bulunmuştur. Ortalama mutlak hata da (MAE) YSA'da 0.155579 iken istatistik modelde 0.138801 olarak bulunmuştur. MSE ve MAE düzgünlük için istatistik modelde daha düşük değerler almasına rağmen MAPE% YSA'da 1.076 iken istatistik modelde 1.4498; korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.91 iken istatistik modelde 0.907 olarak bulunmuştur. MAPE ve R değerleri YSA'da daha iyi çıkmıştır. Sonuç olarak düzgünlük için her iki model de birbirine yakın sonuç vermektedir. Her iki model de tahminleme için kullanılabileceği söylenebilmektedir.
6. İnce yer hatası (%) sonuçları için çizelgede ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 39.70429 iken istatistik modelde 31.41181 bulunmuştur. Ortalama mutlak hata da (MAE) YSA'da 2.876 iken istatistik modelde 2.4516 olarak bulunmuştur. MSE ve MAE düzgünlük için istatistik modelde daha düşük değerler almasına rağmen MAPE% YSA'da 12.364 iken istatistik modelde 16.95; korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.973 iken istatistik modelde 0.96 olarak bulunmuştur. MAPE ve R değerleri YSA'da daha iyi çıkmıştır. Sonuç olarak ince yer için her iki model de birbirine yakın sonuç vermektedir. Her iki modelin de tahminleme için kullanılabileceği söylenebilmektedir.
7. Kalın yer hatası sonuçları incelendiğinde çizelgede ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 237.069 iken istatistik modelde 227.4219 bulunmuştur. MSE için istatistik modelde daha düşük değerler bulunmasına rağmen ortalama mutlak hata da (MAE) YSA'da 7.140545 iken istatistik modelde 7.237 olarak bulunmuştur. MAPE% ise YSA'da 9.927 iken istatistik modelde 12.099; korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.90 iken istatistik modelde 0.87 olarak

bulunmuştur. MAE, MAPE ve R değerleri YSA'da daha iyi çıkmıştır. Sonuç olarak kalın yer için YSA modeli ile daha iyi tahminleme yapılabildiği söylenebilmektedir.

8. Neps için elde edilen YSA ve istatistiksel modellerin sonuçlarına bakıldığında ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 16.2360 iken istatistik modelde 16.29102, ortalama mutlak hata (MAE) YSA'da 1.2685 iken istatistik modelde 2.642, MAPE% ise YSA'da 19.7923 iken istatistik modelde 32.24 olarak bulunmuştur. Korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.896 iken istatistik modelde 0.78 olmuştur. Bahsi geçen bütün parametrelerde YSA istatistik modele göre çok daha iyi sonuçlar verdiği için neps hatası için YSA'nın kullanılması önerilmektedir.
9. Tüylülük için elde edilen YSA ve istatistiksel modellerin sonuçları incelendiğinde ortalama kareler hatası (MSE) YSA'da 0.057126 iken istatistik modelde 0.00337 olarak; ortalama mutlak hata (MAE) ise YSA'da 0.10243, istatistik modelde 0.07262 olarak elde edilmiştir. Tüylülük için MSE ve MAE istatistik modellerde daha iyi sonuç vermesine rağmen, MAPE% YSA'da 3.3325 iken istatistik modelde 4.94 olarak bulunarak YSA'da daha düşük elde edilmiştir.. Korelasyon katsayısı ise YSA'da 0.988 iken istatistik modelde 0.99 bulunarak birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Sonuç olarak tüylülük için her iki modelin de iyi sonuçlar verdiği görüldüğünden iki model de tüylülüğün tahmin edilmesinde kullanılabilir.

6.3. Önceki Çalışmalarda Elde Edilen İplik Özellikleri Tahmin Değerleri ile Çalışmada Elde Edilen Değerlerin Karşılaştırılması

Yapay Sinir Ağları ve/veya İstatistiksel modeller kurularak iplik özelliklerinin tahmin edilmesinin sağlandığı çalışmalar ikinci bölümde özetlenmiştir. İncelenen bu çalışmalarda iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesine yönelik oluşturulan modellerin genelde uzama yüzdesi, mukavemet, tüylülük ve düzgünsüzlük ile ilgili olduğu belirlenmiştir. İplik hatalarının tahmin edilebilmesine yönelik çalışmalara fazla rastlanılamamıştır.

Bu çalışmada iplik özelliklerinin tahmin edilebilmesinin değerlendirilmesi korelasyon katsayısı (R), R^2 , Ortalama kareler hatası (MSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE%) değerleri ile değerlendirilirken incelenen önceki çalışmalarda kurulan modellerin tahmin etme becerisi bu kriterlerin biri veya birkaçı bir arada değerlendirilerek ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çizelge-6.2’de önceki çalışmalarda tahminleme kriteri olarak ele alınan parametrelerin ortaya çıkardığı değerler ile çalışmada bulunan değerler karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Çizelgede, genel olarak, tezde oluşturulan modellerden elde edilen tahminleme değerlerinin önceki çalışmalarda elde edilen değerlerden düşük olduğu görülmektedir. Bu değerlerin yüksek olduğu durumlar ise altı çizili ve kalın puntolu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Önceki çalışmalarda ve tezde oluşturulan modellerden elde edilen tahminleme değerlerinin karşılaştırılması

Kaynak	İplik Özelliği	Değerlendirme Kriteri	Sonuç		Tezde elde edilen değer	
			YSA	İstatistiksel	YSA	İstatistiksel
Majumdar ve Majumdar, 2004	Uzama	R	0,938	0,870	0,976	0,871
		MSE	0,102	0,211	0,04444	0,07724
		MAE	4,536	6,696	0,156414	0,23348
Zeng ve diğerleri., 2004	Mukavemet	MAPE%	3,278	-	2,3391	3,373
Özçelik ve Kırtay, 2006	Neps	R^2	-	0,61	0,804	0,625
Üreyen ve Gürkan, 2008a	Mukavemet	MSE	0,277	0,664	0,25133	0,27759
		MAE	0,406	0,682	0,38639	0,5442
		MAPE %	2,5	4,27	2,3391	3,373
	Uzama	MSE	0,082	0,195	0,04444	0,07724
		MAE	0,184	0,358	0,156414	0,23348
		MAPE %	3,5	6,6	1,2811	1,943
Üreyen ve Gürkan, 2008b	Tüylülük	MSE	0,031	0,1	0,057126	0,00337
		MAE	0,133	0,241	0,10243	0,07262
		MAPE %	2,28	4,1	3,325	4,94
	Düzensüzlük	MSE	0,038	0,266	0,097028	0,055178
		MAE	0,137	0,403	0,155579	0,138801
		MAPE %	0,94	2,80	1,076	1,4498
Gharehaghaji ve diğerleri, 2007	Mukavemet	R	0,951	0,836	0,989	0,981
	Uzama		0,987	0,925	0,976	0,871
Majumdar ve diğerleri, 2004	Mukavemet	MAPE %	3,406	-	2,3391	3,373
	Uzama	MAPE %	5,311	-	1,2811	1,943
	Düzensüzlük	MAPE %	2,26	-	1,076	1,4498
	Tüylülük	MAPE %	4,281	-	3,325	4,94

6.4. Genel Değerlendirme

1. Oluşturulan YSA ve istatistik modeller ile kopma kuvveti, uzama%, mukavemet, kopma işi, düzgünsüzlük ve tüylülük özellikleri yüksek bir güvenilirlikte tahmin edilebilmektedir. Adı geçen her bir iplik özelliği için YSA, istatistiksel modellere göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen istatistiksel modellerin iplik özelliklerini tahmin etme gücü de yadsınamayacak kadar iyi olarak belirlenmiştir.
2. Oluşturulan YSA ve istatistik modeller ile ince yer hatası (-50%), kalın yer hatası (+50%) ve neps (+280%) özellikleri ise düşük sayılabilecek bir güvenilirlikte tahmin edilebilmektedir. Bahsi geçen özellikler rotor iplikçiliğinde sadece karışım oranı, numara ve rotor hızına bağlı olmayıp, açıcı hızı, açıcı tipi, rotor tipi, rotor çapı, şerit besleme hızı, iplik çekimi, kullanılan düze tipi birçok faktörden etkilenebileceğinden oluşturulan modeller ile bu iplik özelliklerinin tahmin edilebilme yüzdesi düşük olarak belirlenmiştir.
3. Çalışmada optimum iplik özellikleri için yapılması gereken karışım oranları aşağıdaki gibi önerilmektedir:

Kopma Kuvveti: Karışımında polyester oranının artmasıyla kopma kuvveti de arttığından yüksek kopma kuvveti için 100%'lük polyester lifinin kullanılması gerekmektedir.

Kopma Uzaması: Karışımında viskon oranının artmasıyla kopma uzaması da artmaktadır. Yüksek kopma uzaması için 100% viskon, düşük kopma uzaması için 100% polyester karışımlı iplik kullanılmalıdır.

Mukavemet: Karışımında polyester oranının artmasıyla mukavemet değeri de arttığından yüksek mukavemet için 100%'lük polyester lifinin kullanılması gerekmektedir.

Düzgünsüzlük: En düşük düzgünsüzlük değerleri saf polyester karışımlarında bulunmasına rağmen karışımında polyesterin 20-35%, viskonun ise 75-85% oranında tutulması ile nispeten düşük düzgünsüzlük değerleri elde edilmiştir.

İnce yer hatası (-50%): Karışımda polyester/viskon oranının 50/50% civarında tutulması ile en düşük ince yer hatası değerleri elde edilmiştir.

Kalın yer hatası (+50%): Karışımda polyester/viskon oranının 35/65% civarında tutulması ile ve saf polyester ipliklerinde en düşük kalın yer hatası değerleri elde edilmiştir.

Neps (+280%): Karışımda polyester/viskon oranının 35/65% civarında tutulması ile ve saf polyester ipliklerinde en düşük neps değerleri elde edilmiştir.

Tüylülük: En düşük tüylülük değerleri saf viskon ipliklerinde elde edilmiştir. Karışımda polyester oranının artmasıyla tüylülük artmaktadır.

4. Yapay sınır ağlarında en uygun modeli bulabilmek için birçok deneme yapılmıştır. Ancak çalışma sonucunda bu modellerin en iyi model olduğu iddia edilmemektedir. YSA'nın yapısından kaynaklanan sebeplerle daha farklı ağlar denenerek daha iyi sonuçlar elde edilebilir.
5. İstatistiksel modeller ise YSA'ya göre daha basit yapıda olan ve çözümü YSA'ya göre daha kolay olan bir yöntem olarak göze çarpmaktadır. İstatistiksel modellerde en iyi çözümü bulmak için farklı modellerin ortaya çıkardığı sonuçlar net bir şekilde görülüp en iyi sonucu veren model seçilebilmektedir. YSA modellerinde ise en iyi sonucu veren ağı bulmak için çaba göstermek gerektiğinden zaman kaybı oluşmaktadır.
6. Çalışmada YSA, genel olarak istatistik modellere göre daha iyi sonuçlar vermesine rağmen bu fark çok bariz bir fark olarak görülmemektedir. YSA modellerinin oluşturulmasında harcanan vakit kaybı ve en iyi çözümün her zaman farklı modellerle de elde edilebileceği kaygısından dolayı iplik özelliklerini tahmin etmede istatistik modellerin, YSA'ya göre daha az tahmin edebilme yüzdesi olmasına rağmen, kullanılması da tavsiye edilebilmektedir.
7. Çalışmada oluşturulan tahminleme modellerinin endüstriyel uygulamalarda farklı bir işletmede üretilen ipliklerin özelliklerini tahmin edip edemeyeceği de ayrıca ölçülmek istenmiştir. Test iplikleri olarak adlandırılan bobinlerin üretimi esnasında çalışmada kullanılan bazı eğirme elemanlarından (açıcı,

rotor tipi ve çapı) farklı özellikte elemanlar kullanılmasına rağmen ipliklerin seçilmiş özelliklerinden düzgünsüzlük, uzama, mukavemet gibi özellikler YSA ve istatistiksel modeller tarafından tahmin edilebilmiştir. Ancak bu tahmin oranı çalışmada kullanılan ipliklerin özelliklerinin tahmin edilebilme yüzdelерinden düşük çıkmıştır. Test ipliklerinin ince yer, kalın yer ve neps gibi özellikleri ise oluşturulan tahminleme modelleri tarafından tahmin edilememiştir. Buna sebep olarak bu hataların rastlantısal bir şekilde olabileceği ve çalışmada faktör veya bağımsız değişken olarak ele alınan polyester/viskon oranı, rotor hızı ve iplik numarası gibi değişkenlere tam olarak bağlı olmadığı öne sürülebilir.

8. YSA ve istatistiksel modellerin yukarıda anlatılan avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında her iki modelin de iplik üreticileri tarafından tercih edilebileceği öngörülmektedir.
9. Çalışmada benzer uzunluk ve incelikteki lifler incelenmesine rağmen liflerin uzunluk ve incelik değerlerindeki değişimler, farklı yüzeysel yapı, farklı özkütle değerlerine sahip olması gibi nedenlerden dolayı karışımın homojenliği tam olarak sağlanamayabilmektedir. İplik kesitinde liflerin konumlanması iplik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Karışımında meydana gelen homojen olmayan dağılım özellikle mukavemet, düzgünsüzlük, iplik hataları gibi özellikleri etkilemektedir.
10. Çalışmanın en önemli özelliklerinden birisi de YSA ve istatistiksel modellerin daha sağlıklı bir şekilde karşılaştırılmasıdır. Literatürde YSA ve istatistiksel modellerin karşılaştırıldığı çalışmalarda istatistiksel model olarak tekli veya çoklu lineer regresyon denklemleri kullanılmaktadır. Lineer regresyon denklemleri ise iplik özelliklerini tahmin etmede her zaman başarılı sonuç veren bir yöntem olarak düşünülmemektedir. Çalışmada geliştirilen kuadratik ve kübik yapıdaki regresyon denklemleri ile istatistiksel modellerin tahminleme gücü artırılarak YSA modelleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Böylelikle istatistiksel modellerin literatürde gösterildiği gibi YSA'ya göre kötü sonuç verdiği ve iplik özelliklerini tahmin etmede YSA'nın tercih edilmesi gerektiği düşüncesine bir alternatif sunulmuştur.

11. Çalışmada kurulan istatistiksel modellerdeki regresyon denklemlerinin bazı iplik özellikleri için oldukça uzun olduğu görülmektedir. Bu durumun uygulamada zorluk oluşturabileceği düşünülse de YSA modelleri ile daha sağlıklı karşılaştırma yapabilmek için kuadratik ve kübik derecedeki terimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca YSA modellerinin kurulmasının bu denklemleri kullanmaktan daha zor ve zaman alıcı bir işlem olduğu da unutulmamalıdır.

6.5. Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Bu çalışma esas alınarak gelecekte yapılabilecek çalışmalar için araştırma önerileri aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır.

1. Çalışmada 1.6 dtex incelikte ve 38 mm uzunlukta polyester ve 1.7 dtex incelikte 40 mm uzunlukta viskon lifleri kullanılarak iplik üretimi yürütülmüştür. Daha farklı incelik ve uzunlukta polyester ve viskon lifleri kullanılarak yeni modeller oluşturulabilir.
2. Çalışmada polyester lif kesiti dariesel, viskon lifi ise kıvrıkcıklı olarak seçilmiştir. Lif kesiti farklı polyester ve viskon lifi kullanılarak benzer bir çalışma yürütülebilir.
3. Farklı elyaf türleri kullanılarak veya karışımda polyester ve viskon liflerine ek olarak üçüncü bir elyaf türü de kullanılarak üçlü karışımlar yapılabilir. Örneğin pamuk, keten, polyamid (naylon), akrilik, polipropilen gibi lifler karışımda kullanılarak benzser bir çalışma yürütülebilir.
4. Çalışmada kullanılan Yapay sinir ağı modelleri ileri beslemeli geriye yayımlı, sigmoid aktivasyon fonksiyonun ve momentum öğrenme kuralının kullanıldığı YSA modelleridir. Farklı YSA modelleri kullanılarak aktivasyon fonksiyonu ve öğrenme kuralı değiştirilerek bu çalışma tekrarlanabilir. Farklı yapıdaki YSA modellerinin tahminleme oranları incelenerek hangi YSA modelinin daha başarılı olacağı belirlenebilir veya YSA modellerinde optimum bir çözüm olmadığından çalışmada kullanılan YSA modelinin ağ

parametreleri daha geniş aralıkta seçilerek daha iyi tahminleme yapabilen başka bir ağ modelinin varlığı araştırılabilir.

5. Farklı rotor tipi, açıcı hızı, açıcı tipi, düze tipi kullanılarak ve büküm değeri değişken olarak ele alınıp iplik üretimi yapılabilir. Adı geçen parametreler de modellere katılarak bu parametrelerin iplik özellikleri üzerindeki etkisi incelenebilir.
6. Farklı iplik üretim sistemleri (ring, kompakt, vortex vs.) kullanılarak iplik numara aralığı ile rotor hızı aralığı genişletilerek benzer bir çalışma yürütülebilir.

KAYNAKLAR

- ABACI, U.S., 2001, Yapay Sinir Ağları ile Dinamik Sistemlerin Belirlenmesi ve Kontrolü, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- ARIKAN, C.O., 1999, Pamuk Open-End İpliği İçin, Rotorda Yapılan Fiziksel Değişimlerin Eğrilen İplik Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- AYDIN, B., 2002, Basit ve Geri Yayımlı Yapay Sinir Ağları, Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- BALCI, M.T., 1995, Yapay Sinir Ağlarının Modellenmesi ve Uygulama Alanları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran.
- BALCI, O., 2008, Farklı Bitim (Apre) İşlemlerinin Kumaş Rengine Olan Etkisinin İncelenmesi ve Uygun Tahmin Modellerinin Geliştirilmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (259s.).
- BEHERA, B.K., MISHRA, R., 2006, Objective Measurement of Fabric Appearance Using Digital Image Processing, The Journal of The Textile Institute, Vol.97, No.2, 147-153.
- BELTRAN, L., WANG, L., WANG, X., 2006, Predicting the Pilling Tendency of Wool Knits, The Journal of The Textile Institute, Vol.97, No.2, 129-136.
- BİLGİLİ, M., 2007, Yapay Sinir Ağları İle Rüzgar Hızı Ve Rüzgar Gücü Potansiyeli Tahminleri, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- CHEN, P.W., LIANG, T.C., YAU, H.F., SUN, W.L., WANG, N.C., LIN, H.C., LIEN, R.C., 1998, Classifying Textile Faults with a Back-Propagation Neural Network Using Power Spectra, Textile Research Journal, 68(2), 121-126.
- CHENG, Y.S.J and CHENG, K.P.S., 2004, Selecting Processing Parameters That Influence the Strength of Rotor Spun Yarn Formed on the SDL Quickspin System, Textile Research Journal, Vol 74(9), 792-796.

- CHENG, K.B. and MURRAY, R., 2000, Effects of Spinning Conditions on Structure and Properties of Open-End Cover-Spun Yarns, *Textile Research Journal*, Vol. 70 (8), 690-695.
- CHIU, S.H., CHEN, H.M., WEN, C.Y., 2001, Appearance Analysis of False Twist Textured Yarn Packages Using Image Processing and Neural Network Technology, *Textile Research Journal*, 71(4), 313-317.
- ÇEVEN, E.K., ÖZDEMİR, Ö., 2006, Evaluation of Chenille Yarn Abrasion Behaviour with Abrasion Tests and Image Analysis, *Textile Research Journal*, 76(4), 315-321.
- DEMİRYÜREK, O., 2004, Sentetik Lif Üretiminde Kullanılan Ekstrüderler ve Ekstrüder-Pompa Sisteminin Tasarım Esasları, Yüksek Lisans Tezi, Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi.
- DESAI, J.V., KANE, C.D., BANDYOPADHAYAY, B., 2004, Neural Networks: An Alternative Solution for Statistically Based Parameter Solution, *Textile Research Journal*, 74 (3), 227-230.
- DURU BAYKAL, P., 2003, Pamuk / Poliester Karışımli OE-Rotor İplik Özelliklerinin Tahmin Edilmesi ve Karışımın Optimizasyonu, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, (193s.)
- DURU BAYKAL, P., BABAARSLAN, O., EROL, R., 2006, Prediction of Strength and Elongation Properties of Cotton/Polyester-Blended OE Rotor Yarns, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No.1(55), 18-21.
- ELMAS, Ç., 2003, Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- ERBİL, Y., 2005, Karışım OE Rotor İpliği Üretiminde Eğirme Elemanlarında Düsenin İplik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (117 s.)
- ERGEZER, H., DİKMEN, M., ÖZDEMİR, E., 2003, Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri, *Pivolka*, 2(6), 14-17.
- ERTUĞRUL, Ş., UÇAR, N., 2000, Predicting Bursting Strength of Cotton Knitted Fabric Using Intelligent Techniques, *Textile Research Journal*, 70(10), 845-851.

- GHAREHAGHAJI, A.A., SHANBEH, M., PALHANG, M., 2007, Analysis of Two Methodologies for Predicting the Tensile Properties of Cotton-Covered Nylon Core Yarns, *Textile Research Journal*, 77(8), 565-571.
- GHOSH, A., ISHTIAQUE, S., RENGASAMY, S., MAL, P., PATNAIK, A., 2005, Predictive Models for Strength of Spun Yarns: An Overview, *AUTEX Research Journal*, Vol. 5, No.1, 20-29, March.
- GONG, R.H., CHEN, Y., 1999, Predicting the Performance of Fabrics in Garment Manufacturing with Artificial Neural Networks, *Textile Research Journal*, 69(7), 477-482.
- GUPTE, A.A, BHATTAK, B.L., 1995, Influence of Preporatory Processes on Blend Irregularities of Rotor-Spun Blended Yarns, *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 20(2), 79-82.
- HAYKIN, S., 1994, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Prentice Hall, ISBN:0-02-352761-7.
- HUI, C.L., LAU, T.W., NG, S.F., 2004, Neural Network Prediction of Human Physichological Perceptions of Fabric Hand, *Textile Research Journal*, 74 (5), 375-383.
- KADOĞLU, H., 1993, Open-End Rotor İplikçiliğinde İplik Özellikleri ile Lif Özellikleri Arasındaki Fonksiyonel Özelliklerin Tahminlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir, 150s.
- KAPLAN, S., GÖKTEPE, Ö., 2006, Investigation into Navel Selection for Rotor Spinning Machine Using Cotton Waste, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No.3(57), 58-62.
- KARABEGOVIĆ, I., UJEVIĆ, D., 2006, Applying Intelligent Systems as a Basis for Improving the Position and Competitiveness of the European Textile Industry, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, Vol. 14, No.1(56), 14-17.
- KOÇ, E., LAWRENCE, C.A., IYPE, C., 2005, Wrapper Fibres in Open-End Rotor-Spun Yarns: Yarn Properties and Wrapper Fibres, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, Vol. 13, No.2(50), 8-15, April/June.

- KUO, C.F.J. HSIAO, K.I., WU, Y.S., 2004, Using Neural Network Theory to Predict the Properties of Melt Spun Fibres, *Textile Research Journal*, 74 (9), 840-843.
- KUO, C.F.K., LEE, C.J., TSAI, C.C., 2003, Using a Neural Network to Identify Fabric Defects in Dynamic Cloth Inspection, *Textile Research Journal*, 73(3), 238-244.
- KUO, C-F. J., TSAI, C-C., 2006, Automatic Recognition of Fabric Nature by Using the Approach of Texture Analysis, *Textile Research Journal*, Vol. 76 (5), 375-382.
- LAWRENCE, C.A., 2003, *Funamentals of Spun Yarn Technology*, CRC Press.
- LEWANDOWSKI, S., STANCZYK, T., 2005a, Identification and Classification of Spliced Wool Combed Yarn Joits by Artificial Neural Networks Part I: Developing an Artificial Neural Network Model, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, January/March, Vol.13, No 1(49), 39-43.
- LEWANDOWSKI, S., STANCZYK, T., 2005b, Identification and Classification of Spliced Wool Combed Yarn Joits by Artificial Neural Networks Part II: Interpretation of Identification and Classification Results of the Unknotte Spiced Yarn Joints, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, April/June, Vol.13, No 2(50), 16-19.
- MWASIAGI, J.I., HUANG, XB, WANG, XH, 2008, Performance of Neural Network Algorithms During the Prediction of Yarn Breaking Elongation, *Fibers and Polymers*, 9(1), 80-86.
- MAJUMDAR, P. K., MAJUMDAR, A., 2004, Predicting the Breaking Elongation of Ring Spun Cotton Yarns Using Mathematical, Statistical and Artificial Neural Network Models, *Textile Research Journal*, Vol 74(7), 652-655.
- MAJUMDAR, A., MAJUMDAR, P. K., SARKAR, B., 2004, An Investigation on Yarn Engineering Using Artificial Neural Networks, *The Journal of the Textile Institute*, 97(5), 429-434.
- MONTGOMERY, D.C., 2001, *Design and Analysis of Experiments* (5th edition), John Wiley & Sons, Inc.

- MURRELS, C.M., TAO, X.M., XU, B.G. CHENG, K.P.S., 2009, An Artificial Neural Network Model for the Prediction of Fully Relaxed Single Jersey Fabrics, *Textile Research Journal*, 79(3), 227-234.
- NORTON, R.L., 1996, *Machine Design-An Integrated Approach*, ISBN 0-13-555475-6, Prentice Hall Inc. USA.
- OĞULATA, S.N., ŞAHİN, C., OGULATA, R.T., BALCI, O., 2006, The Prediction of Elongation and Recovery of Woven Bi-Stretch Fabric Using Artificial Neural Network and Linear Regression Models, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14, 2 (56), 46-49.
- ÖMEROĞLU, S., 1996, OE (Açık-Uç) Rotor İplik Makinasında Bazı Üretim Parametrelerinin İplik Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (93s.).
- ÖZTEMEL, E., 2003, *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- ÖZÇELİK, G., KIRTAY, E., 2006, Examination of the Influence of Selected Fibre Properties on Yarn Neppiness, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14, 3 (57), 52-57.
- PAVLINIC, D.Z., GERSAK, J., DEMSAR, J., BRATKO, I., 2006, Predicting Seam Appearance Quality, *Textile Research Journal*, Vol 76(3), 235-242.
- PREMIER, *Application Handbook*, ...
- PUNJ, S.K., ISHATIAQUE S.M., DHINGRA, L.K., 1997, Influence of Spinning Conditions on Structure and Properties of Polyester-Viscose Blended MJS Yarns, *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 22(2), 73-83.
- RAMESH, M.C., RAJAMANICKAM, R., JAYARAMAN, S., 1995, The Prediction of Yarn Tensile Properties by Using Artificial Neural Networks, *The Journal of the Textile Institute*, 86(3), 459-469.
- SAURER AG, 2008, *The Fiber Year 2007/2008*, A World Survey on Textile and Nonwovens Industry, Issue 8.
- SEMNANI, D., LATIFI, M., TEHRAN, M.A., POURDEYHIMI, B., MERATI, A. A., 2006, Grading of Yarn Appearance Using Image Analysis and an Artificial Intelligence Technique, *Textile Research Journal*, Vol 76(3), 187-196.

- SHADY, E., GOWAYED, Y., ABOUIIANA, M., YOUSSEF, S. and PASTORE, C., 2006, Detection and Classification of Defects in Knitted Fabric Structures, *Textile Research Journal*, 76(4), 295-300.
- SLAH, M., AMINE, H.T., FAOUZI, S., 2006, A New Approach for Predicting the Knit Global Quality by Using the Desirability Function and Neural Networks, *The Journal of The Textile Institute*, Vol.97, No.1, 17-23.
- SOE, A.K., TAKAHASHI, M., NAKAJIMA, M., MATSUO, T., MATSUMOTO, T., 2004, Structure and Properties of MVS Yarns in Comparison with Ring Yarns and Open-End Rotor Spun Yarns, *Textile Research Journal*, Vol. 74 (9), 819-826.
- STRUMİLLO, L.J., CYNIAK, D., CZEKALKSKI, J., JACKOWSKI, D. 2007, Quality of Cotton Yarns, Spun Using Ring-, Compact- and Rotor-Spinning Machines as a Function of Selected Spinning Process Parameters, *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, Vol.15 No. 1(60), January/March 2007.
- ŞEN, Z., 2004, Yapay Sinir Ağları İlkeleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul
- TANG, S. L. P., MUKHOPADHYAY, S.K., 2006, Melt-Blown Lyocell: Influence of Solution Characteristics on Fibre Properties, *The Journal of The Textile Institute*, Vol.97, No.1, 39-47.
- TOPALBEKİROĞLU, M., HOSRAFOĞLU ÇORUH, E., İNCE, M.E., KAYNAK, H.K., 2007, Pamuk/Polyester ve Pamuk/Akrilik Karışım O.E. Rotor İpliklerinde karışım Oranının İplik Kalite Değerlerine Etkisi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17(2), 104-109.
- TYAGI, G.K., SHARMA, K.R., GOYAL, A., SINGH, M., 2004, Variation in Polyester-Viscose and Polyester-Cotton Ring and Rotor Yarns Characteristics, as a Consequence of Fibre Cross-Section, *Indian Journal of Fibre&Textile Research*, 29(2), 184-189.
- USTER, 2004, Uster Elyafın Kumaşa Test Cihazları Kataloğu, 2004.
- USTER TESTER-4, 2002, Application Handbook.
- ÜREYEN, M.E., KADOĞLU, H., 2006, Regression Estimation of Ring Cotton Yarn Properties from HVI Fiber Properties, *Textile Research Journal*, 76(5), 360-366.

- ÜREYEN, M.E., GÜRKAN, P., 2008a, Comparison of Artificial Neural Network and Linear Regression Models for Prediction of Ring Spun Yarn Properties. I. Prediction of Yarn Tensile Properties, *Fibers and Polymers*, 9(1), 87-91.
- ÜREYEN, M.E., GÜRKAN, P., 2008b, Comparison of Artificial Neural Network and Linear Regression Models for Prediction of Ring Spun Yarn Properties. II. Prediction of Yarn Hairiness and Unevenness, *Fibers and Polymers*, 9(1), 92-96.
- XU, G. and WANG, F., 2005, Prediction of the Permeability of Woven Fabrics, *Journal of Industrial Textiles*, Vol.34, No.4.
- XU, B.G., TAO, X.,M., 2003, Integrated Approach to Dynamic Analysis of Yarn Twist Distribution in Rotor Spinning Part I: Steady State, *Textile Research Journal*, Vol 73, 79-89.
- ZENG, Y.C., WANG, K.F., YU, C.W., 2004, Predicting the Tensile Properties of Air-Jet Spun Yarns, *Textile Research Journal*, 74(8), 689-694.
- ZERVENT ÜNAL, B., 2007, Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (232 s.)
- ZHU, R., ETHRIDGE, M.D., 1997, Predicting Hairiness for Ring and Rotor Spun Yarns and Analyzing the Impact of Fiber Properties, *Textile Research Journal*, 67(9), 694-698.
- <http://www.hallogram.com/neurosolutions>, Hallogram Publishing Inc, 2007.
- <http://www.sinancanan.net>, İnsan Sinir Sistemi, Dr. Sinan Canan, 2007
- <http://www.wikipedia.org>, 2007.
-Zenith Pumps, Pompa Kataloğu, Zenith Inc, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Ankara’da doğdu. İlköğretimi Ortaköy/Aksaray’da Liseyi Aksaray Anadolu Öğretmen Lisesi’nde tamamladıktan sonra 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. Bu Üniversitede Tekstil Makinaları İmalatı Çalışma Grubu’nda öğrenci asistan olarak çalıştı. 2001 yılında Lisans eğitiminden mezun olarak aynı yıl Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitime başladı. Şubat 2004’te Yüksek Lisans eğitimini tamamlayıp Doktora eğitime devam etti. Halen Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.