ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Abdurrahman TELLİ

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK, r-PET ve KARIŞIMLARININ DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2016

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK, r-PET ve KARIŞIMLARININ DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Abdurrahman TELLİ

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez …/…/2016 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	…….....	…….....
Prof. Dr. Osman BABAARSLAN	Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL	Prof. Dr. Rızvan EROL
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

…….....	…….....
Prof. Dr. Şule ALTUN	Doç. Dr. Pınar ÇELİK
ÜYE	ÜYE

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

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü Tarafından SAN-TEZ Programı Kapsamında Desteklenmiştir.
Proje No: 01299.STZ.2012-1

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

GERİ DÖNÜŞÜM PAMUK, r-PET VE KARIŞIMLARININ DENİM KUMAŞ ÜRETİMİNDE KULLANILMASI

Abdurrahman TELLİ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
Yıl: 2016, Sayfa: 177
Jüri : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Prof. Dr. Şule ALTUN
: Doç. Dr. Pınar ÇELİK

Bu çalışmada pamuk lifi (CO), iplik üretimi sırasında oluşan atıklardan geri dönüşüm pamuk lifi (r-CO) ve PET şişe atıklarından geri dönüştürülen lif (r-PET) kullanılarak iplikler ve bu ipliklerden denim kumaşlar üretilmiştir. Üretilen ipliklere kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük performans testleri uygulanmıştır. Üretilen karışımsız tipteki iplikler, lif karakteristiklerine benzer sonuçlar göstermiştir. Karışımlarda ise farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Çalışmadaki CO/r-CO ve CO/r-PET ikili karışımlarından elde edilen sonuçlar literatürde yer alan bilgileri doğrulamıştır. Literatürde r-CO/r-PET karışımları üzerine herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Bu karışımlarda r-PET oranı arttıkça kopma mukavemeti ve kopma uzaması artış, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerlerinin azalma eğiliminde olduğu görülmüştür.

Mamul hale gelen denim kumaşlarda enzim ve taş yıkama işlemleri uygulanmıştır. Kumaşların gramaj, kopma mukavemeti/uzaması, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık dereceleri ve hava geçirgenlik özellikleri test edilmiştir. Çalışmada kullanılan üç farklı lifin kumaş özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla bağıntı analizi kullanılmıştır. Ayrıca yıkama işlemleri sonrası gruplar arasındaki farklar varyans analizi ile incelenmiştir. Numuneler arasında r-CO lifinin kopma ve yırtılma mukavemetini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. r-PET lifinin ise kopma mukavemeti, kopma uzaması ve yırtılma mukavemetine katkı sağlarken, yumuşaklığı olumsuz yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Genel olarak yıkama işlemleri sonrası gramaj, kopma mukavemeti, yumuşaklık dereceleri ve hava geçirgenliği azalmıştır. Mamul kumaşlara göre yıkama sonrası kumaş özellikleri üzerinde liflerin etkileri farklılık göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm, iplik, karışım iplik, kumaş, denim

ABSTRACT

PhD THESIS

USAGE OF RECYCLED COTTON, r-PET AND THEIR BLENDS IN DENIM FABRIC PRODUCTION

Abdurrahman TELLİ

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

Supervisor : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
Year: 2016, Pages: 177
Jury : Prof. Dr. Osman BABAARSLAN
: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Prof. Dr. Rızvan EROL
: Prof. Dr. Şule ALTUN
: Assoc. Prof. Dr. Pınar ÇELİK

In this study, yarns were produced from cotton fibers (CO), recycled cotton fibers obtained from yarn wastes (r-CO) and fibers produced from recycled PET bottles (r-PET). Tensile strength, elongation at break, unevenness, hairiness properties and IPI values of these yarns were measured. The fiber characteristics played a critical role in unblended yarns. However, blended yarns showed different results. This study obtained results which corroborate the findings of a considerable number of the previous work in CO/r-CO and CO/r-PET blends. However, there is no study about r-CO/r-PET binary blends. In addition to previous studies, this study was also given significant findings related to these blends. The results of this investigation showed that a significant reduction on CVm, IPI and hairiness values were found with the increase of r-PET content. Furthermore, the increase of r-PET provided a significant upgrade on yarn tensile strength and elongation at break.

Denim fabrics were produced with mentioned yarns. Enzyme and stone washing processes were applied on these fabrics. Mass per unit area, breaking and tear strength, elongation at break, air permeability and circular bending rigidity of fabrics were measured. The relationships between three different fibers and the measurement results were evaluated using correlation analysis. Furthermore, the differences of fabrics after washing operations were evaluated with Post-Hoc techniques. r-CO fiber has negative effect on tear and breaking strength. Breaking strength, elongation at break and tear strength values of the fabrics increased with the increase in r-PET content. However, fabric handle was negatively affected due to the increase in stiffness. Mass per unit area, breaking strength, air permeability and circular bending rigidity values of fabrics decreased after the washing processes. The effect of fibers on washed fabrics was different according to finished fabrics.

Keywords: recycling, yarn, blended yarn, fabric, denim

TEŞEKKÜR

Doktora tez çalışma sürecinin tüm aşamalarında her türlü bilgi ve desteğini esirgemeyen ve bana "Geri Dönüşüm Pamuk, r-PET ve Karışımlarının Denim Kumaş Üretiminde Kullanılması" konulu doktora tezini veren yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile bana daima yol gösteren çok değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Osman BABAARSLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora Tez İzleme Komitesi üyesi hocalarım, sayın Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL ve sayın Prof. Dr. Rızvan EROL'a, bana değerli vakitlerini ayırarak yaptıkları katkılar için teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması ile eş zamanlı yürütülen 01299.STZ.2012-1 kod numaralı "Geri Dönüşüm Pamuk, r-PET ve Karışımlarından Katma Değeri Yüksek Denim Kumaş Üretimi" başlıklı SAN-TEZ projesinin yürütülmesi sürecinde, proje ortağı firma olarak iş birliği içerisinde olduğumuz BOSSA T.A.Ş. Denim İşletmeleri yönetici ve çalışanlarına katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Lif özelliklerinin ölçümünde yardımcı olan Aksa Akrilik Kimya A.Ş. ve Adana Ticaret Borsası'na, iplik üretimlerinde katkılar sunan Kıvanç Tekstil A.Ş. ve denim kumaş yıkama işlemleri için olanaklarından yararlanmamı sağlayan ÇALIK DENİM Tekstil San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi yönetici ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmasının hayata geçirilmesinde her türlü imkânı sunarak bölüm laboratuvar imkânlarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na ve SAN-TEZ programı kapsamında maddi olarak destek sağlayan T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü'ne içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca beni bugünlere getiren ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ XII
SİMGELER VE KISALTMALAR XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Pamuk Lifleri 5
1.2. Polyester Lifleri 7
1.3. Open-End Rotor İplik Eğirme Sistemi 8
1.4. Denim Kumaş 12
1.4.1. Klasik Denim Ham Kumaş Üretim Prosesi 13
1.4.1.1. Halat Boyama Yöntemi 14
1.4.1.2. Açık En Boyama Yöntemi 15
1.4.1.3. Loop Boyama Yöntemi 15
1.4.1.4. Dokuma İşlemi 16
1.4.2. Denim Kumaş Üretimindeki Terbiye İşlemleri 16
1.4.3. Denim Mamul Kumaşa Uygulanan Bitim İşlemleri 18
1.4.3.1. Taş Yıkama 19
1.4.3.2. Enzim Yıkama 20
1.5. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu 21
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 25
2.1. Tez Konusuna Genel Bir Bakış Açısı Kazandıran Çalışmalar 25
2.2. Tez Konusu ile Bağlantılı İplikler Üzerine Yapılan Çalışmalar 30
2.3. Tez Konusu ile İlgili Kumaşlar Üzerine Yapılan Çalışmalar 36
3. MATERYAL VE METOD 45
3.1. Geri Dönüşüm İplik Üretimi 46
3.2. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi 50

3.2.1. İplik Kopma Mukavemeti ve Uzaması Ölçümleri 50
3.2.2. İplik Düzgünsüzlüğü ve Hatalarının Ölçümü 51
3.2.3. İplik Tüylülüğünün Ölçülmesi 52
3.3. Denim Kumaş Üretimleri 53
3.4. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi 57
3.4.1. Kumaş Gramajlarının Ölçümü 58
3.4.2. Kumaş Kopma Mukavemeti ve Uzamalarının Ölçümü 58
3.4.3. Kumaş Yırtılma Mukavemeti Ölçümü 59
3.4.4. Kumaşların Yumuşaklık Derecesi Ölçümleri 62
3.4.5. Kumaş Hava Geçirgenliği Ölçümleri 62
3.5. İstatistiksel Değerlendirilme 64
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 65
4.1. İplik Testlerine ait Bulgular 65
4.1.1. İplik Kopma Mukavemeti ve Uzaması Test Sonuçları 65
4.1.2. İplik Düzgünsüzlüğü, Tüylülüğü, Sık Görülen İnce Yer, Kalın Yer ve Neps Hataları Test Sonuçları 67
4.2. Kumaş Testlerine ait Bulgular 69
4.2.1. Kumaş Gramajı Test Sonuçları 69
4.2.2. Kumaş Kopma Mukavemeti Test Sonuçları 70
4.2.3. Kumaş Kopma Uzaması Test Sonuçları 71
4.2.4. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları 72
4.2.5. Kumaşların Yumuşaklık Dereceleri Test Sonuçları 73
4.2.6. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları 74
4.3. İplik ve Kumaş Testlerine ait Sonuçların Değerlendirilmesi 75
4.3.1. İpliklere ait Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi 77
4.3.1.1. İpliklerin Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi 78
4.3.1.2. İpliklerin Kopma Uzaması Sonuçlarının Değerlendirilmesi 81
4.3.1.3. İplik Düzgünsüzlüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi 83
4.3.1.4. İpliklerdeki İnce Yer Hatası Sonuçlarının Değerlendirilmesi 85
4.3.1.5. İpliklerdeki Kalın Yer Hatası Sonuçlarının Değerlendirilmesi 87
4.3.1.6. İpliklerdeki Neps Hatası Sonuçlarının Değerlendirilmesi 89

4.3.1.7. İplik Tüylülüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi 91
4.3.1.8. Geri Dönüşüm İplik Tiplerinin Maliyet Analizi 95
4.3.2. Kumaş Testlerine ait Bulgular 99
4.3.2.1. Kumaş Gramaj Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 99
4.3.2.2. Kumaş Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi . 100
4.3.2.2.(1). Kumaş Çözgü Kopma Mukavemeti Sonuçları..... 101
4.3.2.2.(2). Kumaş Atkı Kopma Mukavemeti Sonuçları 105
4.3.2.3. Kumaş Kopma Uzaması Sonuçlarının Değerlendirilmesi 111
4.3.2.3.(1). Kumaş Çözgü Kopma Uzaması Sonuçları 112
4.3.2.3.(2). Kumaş Atkı Kopma Uzaması Sonuçları 117
4.3.2.4. Kumaş Yırtılma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi 122
4.3.2.5. Kumaş Yumuşaklığı Sonuçlarının Değerlendirilmesi 128
4.3.2.6. Kumaş Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi..... 132
4.3.2.7. Denim Kumaş Tiplerinin Maliyet Analizi 137
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 143
5.1. Çalışmanın Sonuçları 146
5.2. Sonraki Çalışmalar için Öneriler..... 168
KAYNAKLAR 169
ÖZGEÇMİŞ 177

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. HVI test cihazından elde edilen lif özellikleri 45
Çizelge 3.2. Geri dönüşüm polyester lif özellikleri 46
Çizelge 3.3. Üretimi gerçekleştirilen ipliklere ait karışım oranları 47
Çizelge 3.4. Tarak şeriti ve cer bandı düzgünsüzlükleri 48
Çizelge 3.5. İplik üretim parametreleri 49
Çizelge 3.6. Kumaş üretim parametreleri 53
Çizelge 3.7. Kumaşlarda oluşan yaklaşık lif karışım oranları 54
Çizelge 3.8. Çözgü ipliklerin özellikleri 55
Çizelge 3.9. Enzim yıkama reçetesi 56
Çizelge 3.10. Taş yıkama reçetesi 57
Çizelge 3.11. Bağıntı (korelasyon) katsayısının anlamı 64
Çizelge 4.1. İplik kopma mukavemeti ve uzaması ölçüm sonuçları 66
Çizelge 4.2. Uster Tester 4-FX cihazından elde edilen ölçüm sonuçları 67
Çizelge 4.3. Zweigle G567 cihazından elde edilen ölçüm sonuçları 68
Çizelge 4.4. Gramaj tayini ölçüm sonuçları 69
Çizelge 4.5. Kumaş kopma mukavemeti ölçüm sonuçları 70
Çizelge 4.6. Kumaş kopma uzaması ölçüm sonuçları 71
Çizelge 4.7. Yırtılma mukavemeti ölçüm sonuçları 72
Çizelge 4.8. Dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları 73
Çizelge 4.9. Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları 74
Çizelge 4.10. İplik performansları ile lifler arasındaki ilişki 75
Çizelge 4.11. Kumaş performansları ile lifler arasındaki ilişki 76
Çizelge 4.12. Yıkama performansları açısından gruplar arasındaki varyans analizi sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 77
Çizelge 4.13. İplik kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 79
Çizelge 4.14. İplik kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 82

Çizelge 4.15. İplik düzgünsüzlüğü çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 84
Çizelge 4.16. İplik ince yer hatası çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 87
Çizelge 4.17. İplik kalın yer hatası çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 88
Çizelge 4.18. İplik neps hatası çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 91
Çizelge 4.19. İplik Uster "H" tüylülüğü çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 93
Çizelge 4.20. İplik Zweigle "S3" tüylülüğü çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 95
Çizelge 4.21. OE Rotor ipliği için maliyet unsurları (%) 97
Çizelge 4.22. Geri dönüşüm ipliklerin yaklaşık maliyeti 98
Çizelge 4.23. Mamul kumaş çözgü kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 102
Çizelge 4.24. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 103
Çizelge 4.25. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 104
Çizelge 4.26. Mamul kumaş atkı kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 107
Çizelge 4.27. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 108
Çizelge 4.28. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 110

Çizelge 4.29. Mamul kumaş çözgü kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 113
Çizelge 4.30. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 114
Çizelge 4.31. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 116
Çizelge 4.32. Mamul kumaş atkı kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 118
Çizelge 4.33. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 119
Çizelge 4.34. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 121
Çizelge 4.35. Mamul kumaş yırtılma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 123
Çizelge 4.36. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların yırtılma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 124
Çizelge 4.37. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların yırtılma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 126
Çizelge 4.38. Mamul kumaş dairesel eğilme direnci çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 129
Çizelge 4.39. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların dairesel eğilme direnci çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri..... 130

Çizelge 4.40. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların dairesel eğilme direnci çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 131
Çizelge 4.41. Mamul kumaş hava geçirgenliği çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 133
Çizelge 4.42. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların hava geçirgenliği çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 134
Çizelge 4.43. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların hava geçirgenliği çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri 136
Çizelge 4.44. Geri dönüşüm iplik içerikli denim mamul kumaşların maliyeti 139

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Rotor eğirme ünitesi ve parçaları 9
Şekil 3.1. Karde esnek iplik üretim hattı makine parkı yerleşimi 46
Şekil 4.1. İplik kopma mukavemeti ölçüm sonuçları grafiği 78
Şekil 4.2. İplik kopma uzaması ölçüm sonuçları grafiği 81
Şekil 4.3. İplik düzgünsüzlüğü ölçüm sonuçları grafiği 83
Şekil 4.4. İpliklerdeki ince yer hataları ölçüm sonuçları grafiği 86
Şekil 4.5. İpliklerdeki kalın yer hataları ölçüm sonuçları grafiği 88
Şekil 4.6. İpliklerdeki neps hataları ölçüm sonuçları grafiği 90
Şekil 4.7. İpliklerdeki Uster "H" tüylülüğü ölçüm sonuçları grafiği 92
Şekil 4.8. İpliklerdeki Zweigle "S3" tüylülüğü ölçüm sonuçları grafiği 94
Şekil 4.9. Gramaj ölçüm sonuçları grafiği 100
Şekil 4.10. Çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları grafiği 101
Şekil 4.11. Atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları grafiği 106
Şekil 4.12. Çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları grafiği 113
Şekil 4.13. Atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları grafiği 117
Şekil 4.14. Kumaş yırtılma mukavemetleri ölçüm sonuçları grafiği 122
Şekil 4.15. Kumaş yumuşaklık dereceleri ölçüm sonuçları grafiği 128
Şekil 4.16. Kumaş hava geçirgenlikleri ölçüm sonuçları grafiği 133

SİMGELER VE KISALTMALAR

CO	: Pamuk
r-CO	: Geri Dönüşüm Pamuk
r-PET	: Geri Dönüşüm Polyester
SCI	: Spinning Consistency Index- İplik Eğrilebilirlik İndeksi
Mic	: Microner- Lif İnceliği
Mst Dry (%)	: % Nem içeriği
Mat	: Maturity- Olgunluk
UHML (mm)	: Upper Half Mean Length- Üst yarı ortalama uzunluğu
UI (%)	: Uniformity- Lif uniformitesi
SFI (12,7 mm)	: Short Fiber Index- 12,7 mm'den küçük lif yüzdesi
Str	: Strength- Lif mukavemeti
Elg	: Elongation- Lifin uzayabilme yüzdesi
Rd	: Reflectance Degree- Işığı yansıtma ve pamuğun parlaklık derecesi
+b	: Nikerson Hunter Sarılık değeri
C Gr	: Color Grade- Renk derecesi standart tip derecelendirmeleri
Tr Cnt	: Trash Count- Çepel sayısı
Tr Ar %	: Trash Area- Çepel miktarının kapladığı alan
Tr ID	: Trash- Çepel ve bitki parçacıkları yoğunluğuna göre değerlendirme
Std. Sapma	: Standart Sapma
CV %	: Varyasyon Katsayısı

1. GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde ve dünyada karşılaştığımız çevresel problemler, insanoğlunun gezegenimiz üzerinde bıraktığı etkileri ve verdiği zararları göz önüne sermeye başlamıştır. İletişim teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte insanlar küresel çevre sorunlarından da haberdar olabilmektedir. Bu nedenle tüketiciler, şirketler ve karar alıcılar çevre konusunda daha duyarlı hale gelmiştir. Dünyadaki bu değişim endüstriyi etkilerken, toplum ve ekonomiyi göz önünde bulunduracak şekilde çevreci bir bakış açısıyla şekillendirmeye başlamıştır. Ekonomik sorumluluklar yerine getirilirken, sosyal ve çevresel sorumluluklarımızı da göz ardı edemeyeceğimiz anlaşılmıştır. Bilineceği üzere çevresel, sosyal ve ekonomik hassasiyetlerin birleşmesine sürdürülebilirlik kavramı işaret etmektedir. Bu doğrultuda, ürünleri tanımlamak için sürdürülebilir üretim ve karaktere atıfta bulunan organik, etik, çevreci gibi kavramlar kullanılmakta, ürünlerin belli standartlara göre üretildiğini gösteren çeşitli etiketler tercih edilmekte ve ürün ambalajlarında hammadde kaynağı, üretim koşulları gibi bilgiler tüketiciye sunulmaktadır. Ancak konunun suiistimal edilmeye başlanması, her ne kadar artış eğilimde olduğu belirtiliyor olsa da yeşil kavram ve etiketlerin genel tüketici davranışı üzerinde etkilerini tartışmaya açmış ve "greenwash"(yeşile yıkama/yeşil ile aklama) terimi literatüre dâhil olmuştur. Bu terim bir şirketin çevresel sorumluluğa sahip olduğu imajını vurgulamak amacıyla yaydığı yanlış bilgi olarak tanımlanabilir. Toplumsal bir imaj çizmek için şirket ya da ürünün çevreciymiş gibi sunulması, asılsız ve dikkat dağıtıcı unsurlar içeren çevresel iddiaların reklamlarda, halkla ilişkilerde veya ambalajlarda yer almasıdır. Yeşil aklama çoğunlukla tüketicileri eksik bilgilendirme ve yanlış yönlendirme sonucunda ortaya çıkmaktadır ve gittikçe artan bu pazarlama stratejisine karşı birçok gelişmiş ülkede yasalar ve düzenlemeler yoluyla önlem almaya çalışılmaktadır. Tüketicilerde şüphe ve güvensizliğe yol açan bu gibi faktörler, genellikle kurumsal sosyal sorumluluk kampanyaları veya verilen mesajların tüketici için anlaşılır ya da açık olmamasıyla ilişkilidir (Kayaalp ve Toprak, 2011; Özçuhadar, 2011).

Bahsedilen suiistimaller bir yana bırakılırsa, tüm dünyada oluşan kamuoyu bilinci sayesinde sera gazı ve kimyasal salınımını azaltmak için yürütülen

çalışmaların meyvelerini vermeye başladığı da görülmektedir. Yıllardır dünyada artan karbondioksit ve zararlı kimyasal salınımı yüzünden incelen ve üzerinde yer yer yırtıklar oluşan ozon tabakasında, kalınlaşmanın ilk aşamalarının görüldüğü belirtilmektedir. Bu iyileşmenin son yıllarda artan çevre dostu politikalara bağlı olduğu görüşü hâkimdir. Ancak küresel ısınmaya yol açacak ölçüde karbondioksit salınımının sürdüğü ve çevreye duyarlı politikalara aynı şekilde devam edilmesi gerektiği ifade edilmektedir (BBC, 2015).

Doğal kaynakların hızla tükenmekte olduğu günümüzde, tekstil ve hazır giyim sektöründen de çevresel problemlerin azaltılması adına çözüm önerileri beklenmektedir. İlerleyen teknoloji ile birlikte pek çok sektörde olduğu gibi tekstil sektöründe de meydana gelen gelişmeler çevresel problemlerin artışında büyük rol oynamaktadır. Çevrenin korunması ve atıkların geri dönüşümü gelecekteki en önemli konudur. Tekstil sektörünü de doğrudan ilgilendirmektedir. Tekstil sektöründe potansiyel kirlilik oluşturan tehlikeli maddelerin kullanımı, atık sular, koku ve gürültü oluşumu gibi konularda yasal ve teknik mevzuatlarla sınırlamalar getirilmiş ve kontrol altına alınmış olsa da, mevcut durumda sektördeki birçok nokta üretici firmaların ve tüketicilerin tercihine bağlıdır.

Son yıllarda çevre ve ürünlerin tam yaşam döngüsü konusunda tüketicilerde oluşan bilinç sayesinde, büyük hazır giyim markalarının faaliyet gösterdikleri alanlarda sürdürülebilirlik kavramını uygulama yoluna gittikleri ve ürün koleksiyonlarını sürdürülebilir malzemelerden oluşturmaya çalıştıkları açıkça görülmektedir. Çalışmalarında normal üretimin yanı sıra; enerji tüketiminin azaltılmasına, daha az atık oluşumuna, atıkların geri kazanımına ve sürdürülebilir hammaddelerin kullanımına odaklanmaktadırlar. Gelecek planlarını sürdürülebilir ürünler üzerine inşa etmektedirler. Yaptıkları bu tercihle müşterileri nezdinde saygınlık kazanmaktadırlar.

GAP, Adidas, Puma vb. gibi önemli markalar dünyanın farklı bölgelerinden lider şirketler, akademi, sivil toplum kuruluşları, perakendeciler ve üreticileri bir araya getirerek "Sürdürülebilir Giysi Koalisyonu" içerisinde kurucu üye olarak yer almışlardır. Birlik, tüm giysi üreticilerinin, bileşenlerin ve süreçlerin çevresel etkisini

listeleyen bir veri tabanı geliştirmeyi amaçlamaktadır (Sustainable Apparel Coalition, 2015).

Önde gelen bir denim markası Levi's®, 2013 Bahar Koleksiyonun bir uzantısı olarak başlattığı hem erkek hem de bayan ürünlerini içeren Levi's® Waste<Less™ ürün grubunu, şirketin sürdürülebilir tasarım konusunda tüketicilere verdiği taahhütlerin bir devamı olarak göstermiştir. Önemli bir atık hacmi bulunan tüketici sonrası PET şişe atıklarından geri dönüştürülmüş polyester liflerini %20 oranında denim pantolonlarda kullanmışlardır. Denim başına 8 adet 0,35 ila 0,60 litrelik plastik şişe kullanıldığı belirtilen Levi's® 511™ jeans, Levi's®Trucker ceketler ve bayan Levi's® Boyfriend jeans ürün grupları ile uygulamanın başladığı tarihten itibaren 11,9 milyon PET şişe atığının geri kazanıldığı bildirilmektedir. Ayrıca firma 2011 yılında Water‹Less™ isimli teknikle denim yıkamada su kullanımını büyük ölçüde azalttığını, şu an için bu tekniğin tercihinin üretimin %25'lik bir kısmına karşılık geldiği, 2020 yılında bu rakamın %80 ulaştırılacağı ifade edilmektedir (Levi Strauss, 2015).

Levi's üretmiş olduğu ürünlerin çevreye etkisinin minimize edilmesi için en önemli adımın müşterinin ürünü aldıktan sonraki aşama olduğunu belirlemiştir. Yapılan yaşam döngüsü analizlerinde ürünün müşteri tarafından kullanımı safhasında kullanılan enerjinin, ürün için kullanılan toplam enerjinin % 58'i olduğu, suyun ise %45'i olduğu tespit edilmiştir. Bu sebepten müşterilere yönelik yeni yıkama-kurutma talimatları hazırlamışlar ve kullanım ömrü bitmiş ürünleri bağışlamaları için bilinçlendirme çalışmaları başlatmışlardır. Levi's paydaşlarına kendilerine yardımcı olmaları ve sermaye projelerinde geri dönüşümlü denim yalıtım malzemeleri kullanmaları konularında 100.000 $ fon ayırdığını duyurmuştur. Benzer bir uygulama da ABD merkezli "Cotton Incorporated" kuruluşu tarafından yürütülmektedir. 2006 yılında " Cotton From Blue to Green™" daha sonra da "Blue Jeans Go Green" ismiyle başlatılan geri dönüşüm programıyla yaklaşık 600 tona karşılık gelen bir milyon parça kullanılmış denim toplandığı ve geri dönüştürülerek izolasyon malzemesi haline getirildiği belirtilmektedir (Blue Jeans Go Green, 2015).

Diğer bir önemli hazır giyim markası Marks & Spencer, 2007 yılında "Plan A" olarak sunduğu çalışma programında bir dizi uygulamayı yürürlüğe koymuştur.

Marks & Spencer satmış olduğu ürünlerin geri dönüşümleri ve yeniden kullanımları için müşteriler kapsamında kampanyalar düzenlemektedir. Örneğin, müşterilerin daha önce M&S'den almış oldukları ve artık eskimiş kıyafetleri, çantaları, ayakkabıları getirmeleri halinde müşterilere alacakları yeni ürünlerde indirimler sağlamaktadır. Paketlemelerinde ve askılarında geri dönüşüm özelliği olan materyaller kullanmaktadır. Sosyal sorumluluk kavramı içerisinde ise, müşterilerini de projeler içerisine katarak, insan sağlığının da sürdürülebilir olması kapsamında destekler sağlamaktadır. Ayrıca Marks & Spencer firması 2020 yılına kadar tüm ürün portföyünü sürdürülebilir ürünlerden oluşturmayı hedeflemektedir (Marks & Spencer, 2015).

Diğer bir örnek olarak da H&M firması gösterilebilir. Vizyonları, firma faaliyetlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini gözeterek gerçekleştirilmesi şeklindedir. Sürdürülebilirlik konusuna ciddi önem vermekte ve hazırladıkları sürdürülebilirlik raporlarıyla konuya hassasiyetlerini periyodik olarak göstermektedirler. Amaçları uygun fiyata, kaliteli, çevreye olumsuz etki oluşturmayacak ve etik şartlarda üretilmiş en iyi ürünü elde etmek ve müşterilere bu ürünleri sunmaktır. Kalite teriminin çevre ve sosyal etkilerden bağımsız bir terim olmadığına inanmaktadırlar. H&M firması, 2020 yılına kadar bütün pamuklu ürünlerin organik, recycled, BCI pamuk gibi ham maddeler içermesini hedeflemektedir. 2014 yılı sonu verilerine göre bu oranın %14'e ulaştığı, gerçekleştirdikleri programlarla 7.684 ton kullanılmış giysilerden geri kazanılan pamuklar ile ürettikleri 38 milyona yakın tişört pazarladıkları ve geri dönüşüm polyester kullanarak yaklaşık 40 milyon PET şişenin yeniden kullanılmasına katkı sağladıkları belirtilmektedir (H&M, 2015).

Artık sürdürülebilir bir hayatın devamı için "recycling", yani geri kazanıp tekrar kullanmak sihirli bir kelime olarak görülmektedir. "Beşikten beşiğe" diye nitelendirilen ve doğal kaynakları tüketmeden, zarar vermeden üretmek ve kullanım ömrünü tamamlayan ürünleri tekrar tekrar yeniden kullanmak şeklindeki sürdürülebilir bir hayat tarzını sağlayacak ikinci bir sanayi devriminin gerçekleştirilmesinin gereğine inanılmaktadır. Bu doğrultuda yaşamsal döngü analizleri yapılmaktadır. Gelinen nokta da uzun vadede sürdürülebilir bir refah için,

"beşikten beşiğe" üretim ve tüketim tarzının yaygınlaşması kaçınılmazdır. Ancak öncelikle toprakların, suların ve havanın zarar görmesini önlememiz, durdurmamız gerekmektedir. Bu nedenle kullandığımız her türlü ürünün; üretilirken de kullanılırken de yok edilirken de çevre dostu olmasının önemi her geçen gün artmaktadır. Dünyada şu anda 89,5 milyon tonun üzerinde yıllık gerçekleşen lif tüketiminin 2050 yılında 150 milyon tonun üstüne, hatta bazı tahminlere göre 160 milyon tona çıkması beklenmektedir. Bunun ise yaklaşık 120-130 milyon tonunun kimyasal lif üretimiyle karşılanacağı bildirilmektedir. Bu durumun gerçeklemesi için gerekli hammadde ve enerjiyi, atmosfere salınacak CO_2'i düşündüğümüzde, bunun sürdürülebilir bir durum olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle artan nüfus ve zenginlik sayesinde 2050 yılında 150 veya 160 milyon ton lif tüketimi gerçekleşecekse, bu lifin önemli bir kısmının atık tekstil ürünlerinden geri kazanılmış (recycled) lifler tarafından oluşturulması gerekmektedir. Dolayısıyla orta ve uzun vadede tekstil liflerinin geri dönüşümünün öneminin büyük ölçüde artması beklenmelidir (Tarakçıoğlu, 2008; Carmichael, 2015). Bu durumda tekstil sektöründe üzerinde durulması gereken konuların başında malzemelerin yaşamsal döngülerinin uzatılmasını sağlayacak geri dönüşüm olduğu görülmektedir. Ancak geri dönüşüm lif kullanımındaki artışların devamı ve geri kazanım çalışmalarının başarı kazanması, bu alanda yapılacak teknik çözümlere, sürdürülebilir uygulamalara ve proaktif çözüm önerilerine bağlıdır.

1.1. Pamuk Lifleri

Doğal bir lif olan pamuk lifleri, dünyada en fazla tüketilen liflerinden biri olma özelliğini göstermektedir. Günümüzde pamuk lifleri iyi nem çekme özelliği, kuru ve yaş lif mukavemeti, yumuşaklığı ve kolay yıkanabilirliği gibi özellikleri ile dünyada tüketilen ikinci lif, doğal lifler arasında ise tercih edilen birinci liftir (Carmichael, 2015).

Dünya pamuk üretim veriminde ve ekim alanlarında ekonomik anlamda doyuma ulaşılması ile tahtını polyester liflerine kaptırmaya başlamıştır. Sürdürülebilir bir pamuk ziraatında, verimin düşmemesi, hatta artması çok önemlidir.

Ancak dünyada pamuk ekilebilecek alanların 36 milyon hektarın üstüne çıkması fiziksel ve teorik olarak mümkün olmakla birlikte ekonomik olarak pek olası görülmemektedir. Zira artan dünya nüfusu nedeniyle diğer tarım ürünlerine olan talep hızlı bir şekilde artmaktadır. Talepteki hızlı artış da bu ürünlerin fiyatlarını artırmakta ve çiftçiler için bu ürünlerin yetiştiriciliğinin pamuk ziraatına nazaran daha cazip hale gelmesine neden olmaktadır (Tarakçıoğlu, 2008). Ayrıca zihniyet olarak verimli pamuk arazilerinin gıda üretiminde kullanılması fikri baskın gelmektedir.

Konunun diğer bir boyutu ise pamukta verim artırma çalışmalarının bir sonucu olarak, pamuk ziraatının de sürdürülebilir olmaktan çıkmasıdır. Dünyada üretilen tüm zirai ürünlerin sadece %2,4'ünü pamuk oluşturmaktaysa da, dünyada tüketilen insektisidlerin %16'sı, pestisidlerin de %11'i pamuk ziraatında kullanıldığı belirtilmektedir. Bu dünyada bir ürün için tüketilen en yüksek zirai mücadele ilacı miktarıdır (Tarakçıoğlu, 2008). Bu nedenle organik pamuk, daha iyi pamuk (better cotton) gibi toprağın verimliliğinde devamlılık sağlayan, hastalık ve zararlıları biyolojik mücadele ile kontrol altına alarak insana ve çevreye dost üretim sistemlerini içeren uygulamalar hayata geçirilmiştir. Bu şekilde üretimlerde sentetik kimyasal gübre ve ilaçlarla, genetik olarak değişikliğe uğratılmış tohumların kullanılmalarını yasaklayan, organik ve yeşil gübreleme, ekim nöbeti ve toprak muhafazasını tavsiye eden, her aşaması kontrol altında olan bir sistem yapısı bulunmaktadır. Hâlihazırda bu uygulamaların getireceği maliyetler nedeniyle sadece klasik olarak üretilen pamuk lifleri ile birlikte kullanılmaları mümkün olmaktadır.

Bu nedenle pamuk lif üretiminde olduğu gibi pamuklu tekstil mamullerinin üretimlerinde de aynı verimliliğin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca çırçırlama işleminden ipliğe, kumaştan son mamule kadar üretim sırasında oluşan önlenemez atıklar geri dönüştürülerek organik pamuk, fair trade, better cotton vs. uygulamalar gibi belli oranlarda yeniden üretime dâhil edilmelidir. Burada çevreye katkı yapılırken, maliyetler açısından ise avantajlar da yakalanmaktadır.

1.2. Polyester Lifleri

2000'li yılların hemen başında en fazla tüketilen lif unvanını alan polyester liflerinin tüketimi günümüzde yaklaşık 48 milyon tona ulaşmıştır. Bu değer toplam lif tüketimi içerisinde %54'lük bir dilime karşılık gelmektedir (Carmichael, 2015). Yapılan tahminlere göre 2050 yılında dünyada tüketilecek olan 150 milyon tondan fazla elyafın ¾'ünü tek başına kesikli ve kesiksiz formdaki polyester lifleri oluşturacaktır (Tarakçıoğlu, 2008). Polietilentereftalat(PET) esaslı olan polyester lifleri hidrofob karakterdedir. Hidrofob yapıda olduklarından çok az nem içerirler. Normal polyester liflerinin kopma dayanımları 4,5-5,5 g/denye, kopma anındaki uzama yüzdesi ise %15-25 arasındadır. Normal şartlardaki nem miktarı %0,4'dür. Genel olarak asitlere karşı dayanıklıdırlar. Gün ışığına karşı dayanıklıdır. 3000 saat güneş ışığına maruz bırakıldığında %50 oranında bir kopma dayanımı kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle açık hava koşullarına karşı dayanımları iyidir. Tente, branda, yelken bezi ve halat yapısında kullanılabilmektedir (Seventekin, 2003). Doğal liflere göre kopma mukavemetlerinin yüksek ve lif inceliklerinin düşük olması, buruşmazlık özellikleri, parlak yapısı, kolay bakım ve kolay ütülenmesi gibi sebeplerle hazır giyim sektöründe kendine yer edinmiştir. Ayrıca yüksek teknik özellikleri ve düşük maliyetleri nedeniyle endüstride sıklıkla kullanılmaktadır.

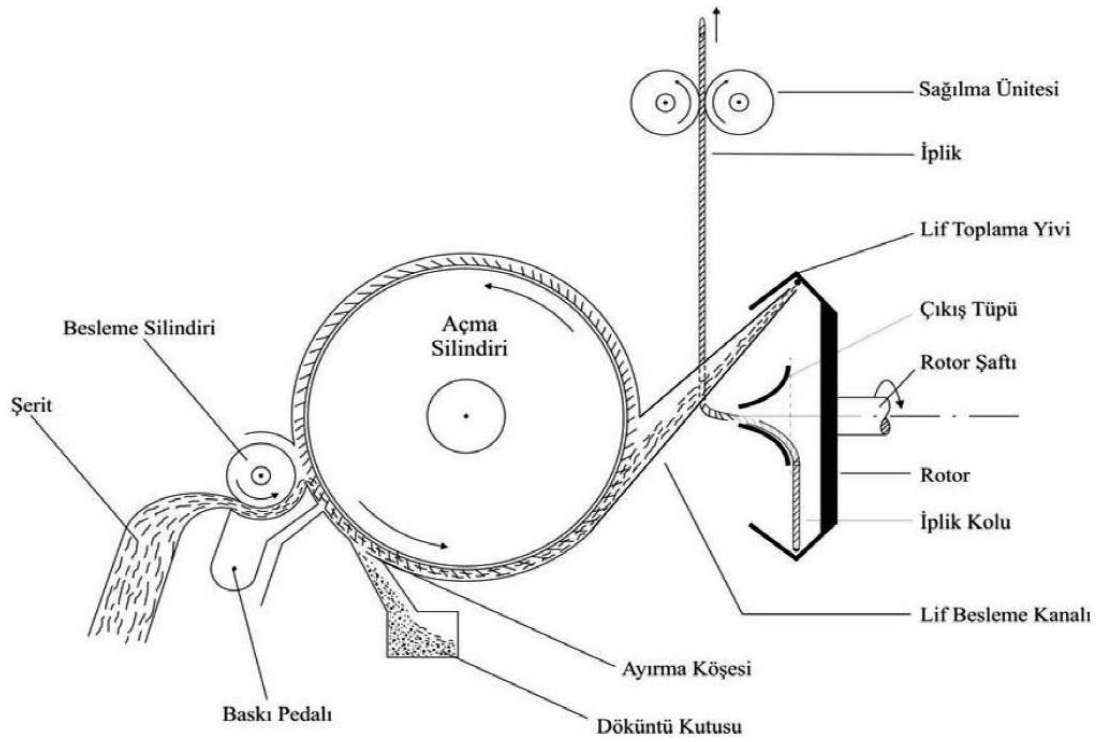
Bir petrol türevi olan polyester lifleri, fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Dünyada açığa çıkan CO_2 salınımının büyük kısmı fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle mümkün olduğu kadar polyester üretiminde de verimliliğini sağlanması ve geri dönüşüm malzemelerin kullanılması çevresel açıdan büyük önem arz etmektedir. Polyester lif üretimi dışında PET esaslı polimerler büyük oranda ambalaj sanayinde kullanılmaktadır. Su, meşrubat, sıvı yağ gibi sıvı gıdaların piyasaya sürülmesi amacıyla kullanılan PET ambalajlar, hacimli yapıları nedeniyle atık depolama sahaları için ekstra bir problem kaynağıdır. Bu noktada polyester liflerine alternatif bir lif karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde bu atıklar geri dönüşüm tesislerinde PET talaşlarına (çapak, flake) dönüştürülebilmektedir. PET şişe atıkları diğer atıklardan ayıklanarak kırma, yıkama, kurutma vb. bir dizi işlem kademesi sonrası PET talaşları elde edilebilmektedir. Bu PET talaşları ile polyester

lif üretimi sırasında oluşan %5-10 arasındaki atıklar ile yeniden cipsler üretilmektedir. Bu cipslerden eriyikten lif çekim prensibi kullanılarak lif çekilmesi ile "recycled polyester" Türkçe ifadesiyle geri dönüşüm polyester liflerinin (r-PET) üretimi gerçekleşebilmektedir. Hem enerji maliyetlerinin hem de hammadde maliyetlerinin düşmesiyle geri dönüşüm polyester lif üretimi, önemli bir ekonomik avantaja sahip üretim şekli haline gelmiştir. Ayrıca r-PET lifleri daha az gömülü enerji barındırması ve daha az karbon salınımıyla (karbon ayak izi) çevreye daha az zarar verilmektedir (Telli ve ark, 2012).

Geri dönüşüm polyester (r-PET) lifleri kesikli veya kesiksiz formda kullanılabilmektedirler. Özellikle spor giyimde tercih edildiği görülmektedir. Textile Exchange kuruluşunun 2014 yılı "Öncelikli Tercih Edilecek Lif ve Materyaller" raporunda r-PET liflerini NIKE Inc., The North Face, Target, H&M, PUMA, Williams Sonoma, G-Star Raw, Mountain Equipment Co-op, Volcom, Patagonia and Prana gibi önde gelen hazır giyim markalarının tercih ettiği belirtilmektedir (PrWeb, 2015).

1.3. Open-End Rotor İplik Eğirme Sistemi

Rotor eğirme sistemi Open-end (açık uç) eğirme prensibi üzerine kurulmuştur. Şekil 1.1'de rotor eğirme ünitesi ve parçaları verilmektedir.



Şekil 1.1. Rotor eğirme ünitesi ve parçaları (Erbil, 2005)

Rotor iplik makinalarının otomasyona uygun olmaları, yüksek üretim hızları, iplik eğirme prosesinde bazı işlem kademelerinin elimine edilmesi, personel ve yer gereksiniminde önemli ölçüde azalma sağlaması gibi nedenlerle dünyada kullanımları giderek artış göstermektedir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak kullanım alanları da genişlemektedir. Open-end iplikleri yaygın olarak örgü mamullerde, dokunmuş dış giyim, denim, iş kıyafetleri ve teknik kumaşlarda kullanım alanı bulmaktadır. Ring iplikçiliğine kıyasla 10 katına çıkan üretim hızları, azalan kopuşlar ve daha yüksek makina verimliliği sayesinde işletmelerde verimlilik artışı sağlamaktadır (Kadoğlu, 2004).

Open-end iplik eğirme sisteminde amaç; şerit halindeki lifleri önce tek tek hale getirmek, daha sonra bu lifleri tekrar bir araya toplayarak ucu açık olan (bükümsüz uç) ipliğe tutturarak liflerin büküm almasını sağlamaktır. Şerit halindeki lifler şerit besleme kondenseri içerisinden geçirilerek şerit besleme silindirine gelir. Besleme silindiri yardımıyla şerit, yüksek hızda dönen (7.500 - 9.000 dev/dk) açma silindirine beslenir. Buradaki beslemenin hızı iplik numarası, rotor devri ve büküm sayısına göre değişir. Açma silindiri, besleme silindirinden tarama yolu ile aldığı

lifleri dönüş yönünde çevirir. Bu çevirme esnasında lifler arasında kalan çepeller merkezkaç kuvvetinin etkisi ile açma silindirinin tarafından telef toplama bandına dökülerek merkezi bir atık deposunda toplanır. Rotorun yüksek dönüş hızı nedeni ile (50.000 d/dk - 160.000d/dk) lif iletim kanalında bir hava akımı oluşur. Lif iletim kanalı, açma silindirinden rotora doğru gittikçe daralan bir konik formundadır. Bu formu nedeni ile oluşan hava akımının hızı rotora doğru artmaktadır. Lifler, lif iletim kanalından hızlı bir şekilde geçerek, yüksek hızda dönen rotora ulaşır ve rotorun iç duvarına çarpar. Rotorun içinde oluşan savrulma kuvveti nedeni ile rotor iç duvarına çarpan lifler rotor yivinde bilezik şeklinde bir yapı oluşturur. Çıkış borusu ve düze içerisinden gelen açık uçlu (iç kısmı bükümsüz) iplik rotor içerisine ulaşır ve buradaki lifle temas ettiği anda rotorun dönüşü ile büküm almaya başlar. İplik, sarım bobini tarafından çekildikçe rotorun içine yeni lif beslenmeye devam edecek ve böylece kesiksiz bir çalışma başlayacaktır. Büküm verme elemanı ile sarım elemanının birbirinden ayrı olması yüksek çıkış hızlarına (200-250 m/dak'ya kadar) imkân sağlamaktadır. Oluşan iplik düze ve çıkış borusundan geçerek çekim miline gelir. İpliğin eğirme kutusundan çıkışı manşon ve çekim mili sayesinde olur. Kalite kontrolü yapılan iplik sarım tertibatı sayesinde bobinine sarılır. İpliğin sarıldığı bobin boyutları büyüktür ve bu ayrıca verimlilik sağlamaktadır. Makinenin çalışması esnasında oluşan iplik kopuşları ve yeni bobin bağlama işlemi makinenin her iki tarafında bulunan robotlarla gerçekleştirilir (Yapıcılar, 2005).

Open-end iplik eğirme prensibinde, kullanılan hammaddenin özellikleri önem sırası lif mukavemeti, lif inceliği, uzunluk/uniformite ve temizlik şeklinde sıralanmaktadır. Open-end iplik eğrilmesi sırasında, ring iplikler ile kıyaslandığında uzunluk daha geri planda kalmaktadır. Hatta OE rotor eğirmede daha kısa liflerle verimli çalışılır. Esas olan kesit alana daha fazla lif sığdırmaktır. Fakat OE Rotor için lif mukavemetini azaltan uygulamalardan kaçınmak gerekmektedir. Diğer bir noktada iplik hazırlama hattına toz emiciler ilave edilmelidir. İplik hazırlık aşamalarında tüm eğirme sistemleri için ortak amaç, lif paralelliği mümkün olduğu kadar artırarak temizleme işlemini ve lif yerleşimini gerçekleştirmektir. Farklı eğirme sistemlerinin önceliklerine göre malzemenin temizlenme aşamalarında dikkatli olmak gerekmektedir. Bu nedenle OE Rotor sisteminde makine parkını şu

şekilde sıralamak mümkündür. Balya yolucu makine ile yan yana sıralanmış balyalardan küçük pamuk tutamları hava kanalına aktarılır. Lifler, sevk borusuna yerleştirilen metal dedektörünün içerisinden geçer. Metal dedektöründen geçen liflerde metal parçası tanımlarsa sevk borusu üzerindeki klape yön değiştirir. Metal dedektöründen sonra lifler kaba temizleyici makineye ulaşır. Sevk boruları ve hava akımı yardımıyla taşınan lifler, lif giriş kanalından geçerek makinenin açma ve temizleme tamburuna ulaşır. Böylelikle liflerin bir miktar açılması ve kabaca temizlemesi gerçekleştirilmiş olur. Daha sonra lifler yabancı madde ayırıcı cihazdan geçer. Yabancı maddelerin temizlemesi sonrası karıştırıcı makinede lifler harmanlanır. Karıştırıcı makine sonrası lifler tarağa ulaşmadan önce bir hassas temizleyici ve toz emilimi sağlayan makineden geçirilir. Tarak makinesi ve iki pasaj olarak cer makinesinden geçirilen lifler band halinde open-end iplik eğirme makinesinde eğrilmeye hazır hale gelmektedir.

Bu şartlar "olası en temiz" pamuğun satın alınması gerektiğinin altını çizmekte ve dahası yüksek temizleme ve toz uzaklaştırma etkisi olan iyi temizleme ekipmanın rotor iplikçilik için büyük bir yarar sağladığını göstermektedir. Sentetik ve selülozik esaslı yapay lifler genelde "temiz", yani çepelden ve yabancı materyallerden (kaba lifler ve bobinleme kalıntıları dışında) arındırılmışken ham pamuk belirli bir miktarda organik ve organik olmayan, kalıntılar, tozlar ve bitki parçacıkları içerir. Bahsi geçen bu malzemelerin çoğunluğu eğirme hazırlık ve taraklama işlemleri esnasında uygun sayıda temizleme pozisyonunda efektif temizleme yapılarak uzaklaştırılabilir. Rotor iplik makinaları efektif olarak büyük çepel parçacıklarını ve ikincil lifleri temizlerken tozlar ve diğer daha küçük ikincil materyaller hava akımıyla rotora ulaşabilir ve rotor yivinde birikebilir. Dolayısıyla rotor iplikçiliğinde temiz hammadde ön koşuldur (Ernst, 2011).

Rotor iplikçiliğinde lif uzunluğu ring iplikçiliğinde olduğu kadar baskın bir lif karakteri olarak karşımıza çıkmaması nedeniyle, geri dönüşüm liflerin rotor iplikçiliğinde önemli oranda kullanabilme imkânı doğmaktadır. Çünkü geri dönüşüm liflerin, yeniden açma işlemleri esnasında lif boyları kısalmakta, düzgünsüzlüşmekte ve kısa lif oranı artmaktadır. Bu sırada önemli bir lif mukavemet düşüşü görülmezken, lifler önceden temizlenmiş olduklarından ve yeniden işlem

gördüklerinden temiz bir haldedirler. Böylelikle geri dönüşüm lifler ile rotor iplik eğirme sistemi arasında olumlu bir bağlantı söz konusudur. Özellikle kaba ve kalın ipliklerin üretiminde daha kısa dolayısıyla daha ucuz geri dönüşüm pamuk lifleri kullanılabilmektedir. Yüksek oranda kısa lif içeriğine (< 1″/25.4 mm) sahip, kısa ve orta uzunlukta pamuk ve pamuk döküntüsünün, rotor eğirme prensibiyle başarılı bir şekilde eğrilebilmektedir. Kısa liflerden elde edilen iplikler genelde yüksek büküm katsayılarında eğrilmelidir. Ancak kısa liflerden elde edilen ipliklerin mukavemet ve düzgünsüzlük gibi fiziksel tekstil özellikleri, örneğin çok sayıda lif olmasının tüylendirme efektine olumlu etkileri bulunan tüylendirilmiş çarşaflık kumaşlarda olduğu gibi, nihai ürünlerde daha alt roller üstlenmektedir (Ernst, 2011).

Dokuma ve örme materyalden geri kazanılmış malzeme veya lif döküntüleri, bu uygulama için özellikle uygun oldukları için, rotor iplik makinasında kullanılabilmektedir. Ancak, düşük maliyetli bu hammaddelerin başarılı bir şekilde eğrilmesi için mutlak ön şart bu malzemelerin tek bir life kadar açılmış olmasıdır. Farklı imalatçılara ait değişik makinalar bu işlem için uygundur. Ayırma işlemi kumaş ya da iplik kalıntılarının kesilip yırtılmasıyla başlayan birkaç aşamada gerçekleşir. Eğer bu işleme gerekli özen gösterilmezse en ufak kumaş ya da iplik kalıntısı rotora ulaştığında kopuşlara sebep olacaktır. Çok kaba iplikler söz konusu olduğunda kumaş ya da iplik kalıntıları kopuşlara sebep olmaz ama ipliğe dâhil olabilir ve kaçınılmaz olarak iplikte kalın yer olarak gözükürler (Ernst, 2011).

Ancak iplik kalitesinin lif boyundaki kısalmayla azaldığı unutulmamalıdır ve bu özellikle iplik mukavemetini ve sık rastlanan hataların sayılarını (ince yer, kalın yer ve neps) etkilemektedir. Dolayısıyla pamuk döküntülerinden ipliklerin belirli uygulama alanlarında kullanılmak üzere üretilmesi gerekmektedir.

1.4. Denim Kumaş

Denim kumaş ilk olarak 19. yüzyılda Fransa ve İtalya'da işçilerin kullanımı için üretilmeye başlanmıştır. Adını, ilk dokunduğu yer olan Fransa'nın güneyindeki De Nimes şehrinden almaktadır. Daha sonra Amerika Birleşik Devletleri'nin bu ürünü önce iş giysisi ardından bir kültür öğesi haline getirmesi ile geniş kitleler

tarafından benimsenmiş ve asıl ününe kavuşarak önemli bir moda ürünü haline gelmiştir. Denim tek başına bir giyim felsefesini yansıtmaya başlamıştır. Dünyada tüm uluslar ve yaş gruplarındaki insanlar tarafından kabul gören başka bir giyim türü yoktur. Denim kumaş üretiminde ürün yelpazesinin geniş olması ve beklenen kalitenin karşılanması açısından kullanılan ipliğin çok önemli bir yeri vardır. Denimin en önemli özelliği, yüksek bükümlü sağlam ipliklerle, sık dokunarak elde edilen tok ve dayanıklı bir kumaş olmasıdır (Gürsoy, 2010).

Klasik anlamda bir denim kumaş çözgüsü indigo boyarmaddesi ile boyanmış, atkısı boyanmamış (ekru) halde pamuk lifleri kullanılarak üretilen ipliklerden 2/1 veya 3/1 Z dimi dokuma konstrüksiyonunda çözgü yoğunluklu olarak üretilmektedir. Kumaşın yüzeyinde hem doku gereği hem de sıklık açısından çözgü ipliklerinin yoğun olmasından dolayı, kumaş görünümüne çözgü ipliğinin renginin hâkim olduğu, indigo boyarmaddesinin aşındırılabilme özelliği sayesinde yüzey efekti kazandırılabilen, düşük sürtme haslıkları olan bir kumaş yapısıdır. Genel özellikleri bu şekilde sıralayabileceğimiz denim kumaşlar, gelişen ve büyüyen moda akımı ve yenilikçi süreçler sayesinde artık bilinen üretim yöntemleri ya da alışılageldik boya-kimyasal uygulama prosesleri çerçevesinden çıkmaya başlamıştır. Artık sadece pamuk liflerinden değil, birçok farklı sentetik lif karışımı ile de üretilebilmektedirler. Ayrıca çözgülerin yanında atkıların da çeşitli boyarmaddelerle boyanması, klasik denim kumaşın genel görüntüsünü tamamen değiştirmektedir. Bu şekilde verilebilecek örnekleri çoğaltmak mümkündür. Bu durum, denim kumaşların fiziksel özelliklerini de değiştirdiği ve bilinen denim kumaş taslağının dışına çıkıldığını göstermektedir (Bağıran, 2011).

1.4.1. Klasik Ham Denim Kumaş Üretim Prosesi

Denim kumaş üretiminde, çeşitli iplik eğirme sistemlerinden biriyle üretilmiş ipliklerden, kumaşın atkısını oluşturmak amacıyla kullanılacak olanlar doğrudan dokuma dairesine, çözgü iplikleri ise çözgüsünü oluşturmak amacıyla çözgü boyama dairesine gönderilir. Denim kumaş üretiminde çözgü ipliği olarak kullanılacak iplikler, atkı ipliklerinden farklı olarak, denime karakteristik özelliğini kazandıran

indigo boyarmaddeleri ile boyanmaktadırlar. Günümüzde denim kumaş üretiminde kullanılan çözgü iplikleri sadece indigo boyarmadde ile değil, ayrıca kükürt ve bazı küp boyarmaddeleri ile de kombine olarak boyanabilmektedirler. İngilizce' de "top" ve "bottom" kelimelerinden gelen "üst" ve "alt" boyama şeklinde olabilmektedir. Örneğin bottom kükürt-top indigo yani önce kükürt üstüne indigo ya da bottom indigo-top kükürt yani altta indigo üstüne kükürt boyama şeklinde de olabilmektedir. Günümüzde iki farklı formda üç farklı teknik ile çözgü boyama işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Açık en boyama ve Loop boyama yöntemlerinde çözgü iplikleri çözgü levendine sarılı halde boyanırken, halat boya yönteminde iplik bobinleri halat sarma makinesine aktarılıp halat formu kazandırıldıktan sonra boyama işlemi gerçekleşmektedir (Bağıran, 2011).

1.4.1.1. Halat Boyama Yöntemi

Halat boyama tekniğinde 300–400 adet çözgü ipliği cağlıktan çekilerek 10.000 - 15.000 m uzunluklarda, halat sarma makineleri yardımıyla halat formunda sarılmaktadır. Bu işlem halat boyama yönteminin ilk aşamasıdır. Ardından bu halatların 12–36 tanesi sırayla 5, hatta 6 pasaj indigo boyar maddeye maruz bırakılır. Her bir pasaj; materyalin geçerken boyar maddeyi alabileceği dalma kısmı, takiben sıkma işlemi ve sonrasında boyar maddenin oksidasyonunu sağlamak için hava pasajından meydana gelir (Acar, 2005).

Çözgü iplikleri ilk boya banyosunda alabilecekleri indigo boyar maddesinin büyük bir kısmını bünyelerine alırlar. Bundan sonraki boya banyolarında ise sadece küçük miktarda boyar madde ipliğe nüfuz eder. Tekne sayısı ve teknelerdeki konsantrasyon arttırılarak daha koyu renkler elde edilebilir. Oksidasyon süresi genellikle 1dakikadır. 1 dakikanın altına fazla inilirse boyar madde yükseltgenemez, eğer oksidasyon süresi uzun tutulursa renk çok koyu olabilir. Son hava pasajından sonra boyar madde ve kimyasal kalıntılar yıkama teknelerinde yıkanır. Son teknede sitrik asit ile nötralizasyon ve sonrasında kurutma yapılır (Karagöz, 2009).

Halat sarma ve halat boyama işlemlerinden sonra çözgü iplikleri haşıllama işlemine hazırlanır. Haşıl işlemi halat formundan tek bir çözgü levendi formuna

getirildikten sonra yapılır. Bu nedenle haşıl işleminden önce hazırlanan halatlar çözgü levendine sarılmak üzere halat açma bölümüne gelir. Halat uçları çapraz adı verilen bir sistemle makine önündeki taraklara birebir şekilde yerleştirilir. Kovalardaki halatlar makineye belirli bir uzaklıkta bulunan silindirlerden geçirilir. Bu işlemin amacı, boyama işleminde çok fazla silindirden geçmiş ve birbirine karışmış olan ipliklerin paralelliğini sağlamaktır. Halat açma bölümünde kopuk ve eksik uçlar tamamlanarak düzgün bir çözgü levendi hazırlanır. Boyama kalitesi en yüksek olan indigo boyama tekniği, halat boyama tekniği olarak ifade edilmektedir (Acar, 2005; Karagöz, 2009).

1.4.1.2. Açık En Boyama Yöntemi

Bu boyama yönteminde seri çözgüden gelen leventler "slasher" adı verilen makinede önce boyanmakta ve sonra da haşıllanmaktadır. Slasher makinesi, denim boyama işlemi için uygulanacak işlem adedini en aza indirmeyi amaçlayan, seri çözgü makinesinde leventlere sarılan çözgü ipliklerinin boyanıp haşıllandığı halat boyaya alternatif bir makinedir. Bu sistemde 350–400 adet 50.000 m uzunluğundaki iplikler çözgü leventlerine sarılırlar ve bu çözgü leventlerinden 12–16 tanesi hattın önüne yerleştirilirler. Daha sonra çözgü leventlerindeki ipliklerin hepsi sırasıyla boyama, kurutma, haşıllama ve tekrar kurutma işlemlerine tabi tutulur. Tüm bu işlem basamakları aynı makine hattı üzerinde gerçekleştirilerek en sonunda tek bir çözgü levendine bütün çözgü iplikleri sarılması ile işlem tamamlanmaktadır. Boyama işlemi halat halinde olmadığından halat sarma ve açma işlemlerine gerek kalmadan ve makinenin son bölümünde haşıllama yapılarak çözgü ipliklerinin dokuma levendine sarılmasıyla tek işlemde çözgü iplikleri dokumaya hazır hale getirilmektedir (Acar, 2005; Bağıran, 2011).

1.4.1.3. Loop Boyama Yöntemi

Bu boyama yöntemi de, açık en formunda gerçekleştirilmektedir. Açık en halindeki çözgü iplikleri, giriş silindiri tarafından tutulup ön yıkama banyosuna

aktarılır. Ön yıkama ardından, iplikler boyama teknesine ilerlerler. Boya teknesine ulaşan iplikler indigo ile muamele edildikten sonra art yıkama teknesi yerine indigo teknesinin üzerinden çözgü levendlerinin olduğu kısma ulaşır. Bu kısmın hemen arkasından yine leventlerin altından geçerek tekrar indigo boyama teknesine ulaşır. Kat ettiği bu yol bir ilmeği (loop) hatırlattığı için boyama yöntemine loop boyama denilmiştir. Bu boyamada birçok boya banyosu yerine tek banyo vardır. İstenen renk, bu teknikte "Twin Pad" olarak adlandırılan emdirme teknesine iplikler 4-10 kez daldırılması ve her tekne dalışının ardından leventlerin altından geçerken hava ile yükseltgenmesidir. Ancak tek tekne olduğundan çok çeşitli boyarmaddelerle ipliğin boyanması mümkün olmaz. Dolayısıyla çok esnek bir yöntem değildir. İplikler yeteri kadar boyandıktan sonra art yıkama ve kurutma işlemine tabi tutularak çözgü leventlerine sarılırlar. Daha sonra haşıllama gerçekleştirilmektedir (Acar, 2005; Karagöz, 2009; Bağıran, 2011).

1.4.1.4. Dokuma İşlemi

Bahsedilen yöntemler ile çözgü ipliklerinin dokumaya hazır hale getirilmesiyle dokuma işlemine geçilir. Denim kumaşlar kancalı, mekikçikli ve hava jetli dokuma makinelerinde üretilebilmektedirler. Genellikle 2/1 veya 3/1 Z dokuma konstrüksiyonu gibi çözgü yoğunluklu dimi dokular tercih edilmektedir. Denim kumaşların ağırlığı genellikle ons olarak ifade edilmektedir. 1ons 28,35 gr'dır. Bu durumda 1 oz/yd^2'nin karşılığı yaklaşık 33,91 g/m^2'dir. Kumaşların kullanılacağı alana uygun olarak (gömlek, etek, pantolon, ceket, bay/bayan giyim ya da yazlık/kışlık vs.) gerekli iplikler ile yeterli sıklıkta ve gramajda üretilirler. Sıkı yapıda bir kumaş türü olduğu için tercih edilen dokuma makineleri ağır çalışma şartlarına uygun olmalıdır.

1.4.2. Denim Kumaş Üretimindeki Terbiye İşlemleri

Üretilen ham kumaşların satışa hazır hale getirilmesi için birtakım terbiye işlemleri uygulanmaktadır. Klasik bir denim kumaş terbiyesi, herhangi bir dokuma

kumaş terbiyesinden farksızdır. Sırasıyla fırçalama, yakma, yıkama, apre, kurutma ve sanforizasyon işlemlerinden geçirilir.

Fırçalama işleminde kumaş, silindir şeklindeki fırçaların arasından geçmektedir. Bu sırada kumaş üzerindeki toz, uçuntu, yabancı madde ve iplikler hava emişi ile emilerek temizlenmektedir. Daha sonra fırçalama sonrası havaya kaldırılan kumaş yüzeyindeki tüyler yakma makinesinde kullanılan alev altından hızlı bir şekilde geçirilerek yüzeydeki lifler uzaklaştırılmaktadır. Böylelikle denim kumaşa pürüzsüz ve parlak bir görünüm veren ön terbiye işlemleri tamamlanmış olur. Kumaş, bu işlemden bir su teknesinden geçirilerek yıkanmaktadır. Yakma işleminden sonra isteğe bağlı olarak merserizasyon, ağartma gibi ön terbiye işlemlerinin uygulanmasına da devam edilebilmektedir.

Daha sonra kumaşlar, önünde apre teknesi de bulunan ramözlere alınır. Ramöz makinesinde ilk olarak kumaşlara istenen özelliklere göre apre teknesinde yumuşaklık, dolgunluk, su geçirmezlik, reçine kaplama vb. özellikleri sağlayan maddeler verilebilmektedir. Baskı silindirleri ile kumaş üzerindeki fazla apre uzaklaştırıldıktan sonra ramöz makinesinin girişinde bulunan mahlo tertibatı ile kumaş atkılarındaki eğrilikler gergi silindirlerinin sağa sola hareketleriyle düzeltilmektedir. Denim kumaşı dikildiğinde kotun paça kısımları yıkamadan sonra dönme olmaması için bu şekilde atkı eğimi ayarlanmış olur. Kumaş dokusu dimi yapıda olduğundan bu işlem önemli bir işlemdir ve eğer eğim düzgün verilemezse paça dönmesi hatası oluşabilmektedir. Mahlo tertibatından sonra kumaş makinenin kurutma tamburlarının bulunduğu bölüme gelir. Kurutma esnasında tambur silindirinin içinden dışarıya buhar verilir. Verilen bu buhar kumaşın içinden geçmektedir. Burada amaç ise kumaşta istenilen nem miktarını ayarlamaktır. Eğer makine girişinde kumaş iğneli zincir sistemi ile taşınıyorsa avans yani ön besleme verilmesiyle boydan çekmezlik de olumlu olarak etkilenebilmektedir. Ramöz, kumaşların hem kurutulup hem de en-boy boyutsal stabilitesinin sağlandığı önemli bir terbiye makinesidir.

Ramöz makinesinden sonra kumaşlar çekmezlik kazandırmak amacıyla sanforizasyon işlemine alınır. Sanfor makinesinde, kumaşta daha önce bulunan gerilimler ve lif özelliği nedeniyle ileriki aşamalarda uğrayacağı çekme maksimum

şekilde alınır. Böylelikle kumaş birçok yıkama sonrasında alacağı boyuta sokulmuş olur. Esasında sanforlamada işleminde mekanik yolla atkı ipliklerini birbirine yaklaştırılmaktadır. Makine girişinde, kumaş açıcı silindirden geçirilerek makinaya katlı ve kırışık girmesi önlenir. Kumaş kalitesine göre su veya buhar püskürtülerek kumaşın nemlenmesi, kırıkların yumuşaması ve enden çekme sağlanır. Paça dönmesi ayar silindiri yardımıyla kumaşa istenen paça dönmesi verilmekte ve atkı eğimleri düzeltilmektedir. Kumaş ısıtılmış çelik silindir ile kauçuk bant arasındaki yüzeyden geçirilerek belirli bir ısı ve basınçta çözgü yönünde de çekmezlik verilir. Daha sonra keçeli silindir yardımıyla kumaş kurutulur, kumaşa ütüleme etkisi yapılır ve verilen çekmezliğin sabit hale getirilmesi sağlanır. Keçeden sonra kumaş soğutma tamburlarından geçerek doka sarılır.

1.4.3. Mamul Denim Kumaşa Uygulanan Bitim İşlemleri

Mamul hale getirilmiş kumaşların günümüzde artık bu halleriyle kullanımı çok düşük oranlardadır. Sadece iş kıyafeti gibi dayanıklı ve sert bir yapıda kumaş istendiğinde bu şekilde giysi haline dönüştürülebilmektedirler. Denim ürünlere farklılık kazandırmak, kumaştaki sert tutumu gidermek amacıyla, konfeksiyonu ve dikiş işlemleri tamamlanıp giysi haline getirildikten sonra veya mamul kumaş halinde kuru ve yaş bitim işlemlerinden geçirilmeye başlanmışlardır.

Kuru olarak uygulanan bitim işlemleri genellikle mekanik yollarla uygulanan çeşitli aşındırma yöntemleri iken, yaş halde uygulanan bitim işlemleri çeşitli kimyasallar kullanılarak uygulanan ve değişik efektler kazandıran işlemleridir. Kuru olarak uygulanan işlemler; zımparalama (scraping), kumlama (sandblasting), yıpratma-eskitme (manuel damage), kılçıklama (tagging), lazer ile yakma (laser), reçine (resin), şekil ütüsü ve pres ütü (ironing-creases and flat press), baskı (print) olarak sıralanabilir. Yaş olarak uygulanan işlemler; haşıl sökme–ön yıkama (desizing), taşlama (stonewash), enzim yıkama (enzyme wash), ağartma (bleaching), boyama (tinting – overdyeing), yumuşatma (softening), durulama (rinse), plastik topla yıkama (rubber balls) şeklinde sıralanabilir. Verilen örnekleri çoğaltmak mümkündür. Bu işlemler kombine olarak da kullanılabilmektedirler (Bağıran, 2011).

Bu işlemler içerisinde yaygın olarak kullanılan enzim ve taş yıkama işlemleri öne çıkmaktadır. Enzim ve taş yıkama gibi işlemlerden önce ise çözgü iplikleri üzerinde kaygan bir film tabakası oluşturan haşıl maddelerinin uzaklaştırılması gerekmektedir. Sürtünmeyi azaltırken mukavemete de katkıda bulunan haşıl maddeleri dokumada verimi artırmaktadır. Ancak oluşan film tabakası yıkama işlemleri açısından problem oluşturabilmektedir. Bu nedenle uzaklaştırılması gerekmektedir. Yaklaşık 20 dakika süren işlem kumaşın kendi rengini bozmayan, ıslatıcı esaslı veya yumuşatıcı kimyasallar kullanılarak yapılan bir işlemdir. İşlemin nasıl uygulanacağını kullanılan haşıl malzemesinin yapısı belirler. Genellikle suda çözünebilir haşıl maddesi kullanımında ıslatıcı ilave edilerek yıkanır. Suda çözünmeyen haşıl maddelerinde ise önce enzimler ile haşıl suda çözünür hale getirilmektedir (Karagöz, 2009).

1.4.3.1. Taş Yıkama

Taş yıkama, indigo boyarmaddesinin düşük sürtme haslığı özelliğinden yararlanılarak, kumaşların sulu ortamda ponza taşı adı verilen doğal taşlarla 30 dakikadan 1,5 saate kadar değişen sürelerde endüstriyel yıkama makinelerinde işleme tabi tutulmasıdır. Denim mamuller ponza taşlarıyla istenen renk elde edilene kadar yıkanır. Ponza taşının kumaş üzerinde aşındırıcı ve boyanın tekrar kumaşa yapışmasını engelleyici etkisi vardır. Bu yıkama sonunda kumaş eskimiş ve kullanılmış havası alır. Ayrıca kazanılan efektler özellikle büzüşen noktalar ve dikiş yerleri üzerinde daha etkindir. Taşlama ile beraber denim ürünlerin tutumları da daha yumuşak hale gelir. Denim ürünlerin renkleri işlem süresi ile beraber değişirken, süre arttıkça renk de açılmaktadır (Acar, 2005). Ancak taş kullanımı; makinelerin aşırı bir hızla yıpranması, drenaj hatlarında tıkanıklıklar, yıkanan ürünlerin aşırı yıpranması ve kırık izlerinin ortaya çıkması, taşların depolanması için yeni alanlara ihtiyaç duyulması, atık suyun temizlenmesi ve bitmiş pantolondan tozun çıkartılması için oldukça fazla işçiliğe gerek duyulması gibi sorunlara yol açabilmektedir (Körlü, 2008).

1.4.3.2. Enzim Yıkama

Denim yıkamalarda en çok kullanılan enzimler amilaz, lakkaz ve selülaz enzimleridir. Amilaz enzimleri haşıl sökme amaçlı kullanılırken, lakkaz ve selülaz enzimleri denim kumaşların rengini açmak ve değişik bir görünüm kazandırmak için ponza taşı yerine kullanılmaktadır. Ancak lakkaz enzimlerin geri boyama problemleri nedeniyle çoğunlukla selülaz enzimleri kullanılır.

Esasında selülaz ile enzimatik işlemlerin büyük bir çoğunluğu selülozik liflerdeki ağır kimyasal maddeleri uzaklaştırmak veya yeni bitim efektleri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Piyasada iki tür selülaz enzimi vardır. Bunlar asidik selülaz ve nötral selülazdır. Kumaş yüzeyinden dışarı çıkan lif uçlarını uzaklaştırma işlemine biyoparlatma, asidik selülazlar ile gerçekleştirilir. Biyoparlatma işlemi sonrasında mamul yüzeyinde sağlanan etkiler; boncuklanma eğiliminde azalma, mamul yüzeyinde minimum tüylenme, yumuşak bir tutum ve dökümlülük şeklindedir (Körlü, 2008).

Denim ürünlere yüzey efektinin ve yeni bitim efekti kazandırmak amacıyla da nötral selülaz enzimleri kullanılmaktadır. Denim sektöründe daha az geri boyama ve daha az mukavemet kaybı nedeniyle nötral enzimler tercih edilmektedir. pH'a karşı daha duyarlı olduğu için daha güvenli bir yıkama gerçekleştirilmiş olur. Asidik selülazlar daha agresif yapıda oldukları için yırtılma mukavemetini olumsuz etkilemektedirler. Enzim yıkamanın amacı istenen renk efektinin elde edildiği ancak daha az yıpranmış giysi elde etmektir. Böylece denim mamulün ömrü taş ile yıkamaya göre daha uzun olabilmektedir.

Enzim yıkama metoduyla, uzun bir geçmişi olan denim taşlamada ponza taşı kullanımı miktarı azalmıştır. Günümüzde taşlama efekti elde etmek üç şekilde gerçekleştirilmektedir. Birinci klasik şekilde ponza taşları ile yıkamadır. İkincisi, sadece nötral selülaz enzimleri ile yıkamadır. Üçüncüsü ile ponza taşı ve enzimlerin birlikte kullanıldığı yıkama şeklidir. İstenen aşındırma efekti eldesi; makine cinsi, flotte oranı, kumaş miktarı, taş miktarı ve enzim miktarı ayarlanarak yapılabilir. İşlem süresi daha fazla selülaz enzimi kullanmayla düşürülebilir.

1.5. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu

Son yıllarda küresel ölçekte karşılaşılan çevresel sorunlar, yadsınamayacak boyuta ulaşmıştır. Bu nedenle tüm dünyada çevresel konularda farkındalık oluşmuştur. Bireylerin tüketirken, endüstrinin de üretirken doğaya dost bir şekilde hareket etmesi beklenmektedir. Çeşitli kamu spotlarıyla üretim ve tüketimde daha duyarlı olunması gerektiği vurgulanırken, aynı zamanda yasal düzenlemelerle doğal hayata verilecek zarar kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır.

Tekstil ve hazır giyim sektöründen de çevreye verdiği zararı minimize etmesi beklenmektedir. Atık su, zararlı kimyasallar, ısı verimliliği gibi konularda sektör temsilcileri ilerlemeler kaydetmiş olsa da, tekstil ve hazır giyim üretimi sırasında oluşan önlenemez atıklar büyük bir çevresel yük oluşturmaktadır. Ayrıca nihai tüketiciler tarafından atılan kullanım ömrü dolmuş giysilerde önemli bir problemdir. Bunun yanı sıra nüfus artışı ve gelir seviyelerinin yükselmesiyle kişi başına lif tüketimi de her geçen gün artmaktadır. Bu noktada çözüm olarak karşımıza geri dönüşüm çıkmaktadır.

Bu atıkların doğru bir şekilde geri dönüşümü ve değerlendirilmesi ile çevresel açıdan önemli katkılar sağlanacaktır. Aynı zamanda artan lif talebinin büyük bir kısmı bu yolla karşılanabilecektir. Ayrıca geri dönüşüm sonrasında elde edilen malzemelerin maliyetlerinin düşük olması ilave avantaj getirmektedir. Ancak geri dönüşüm çalışmalarının başarı kazanması, sürekliliği ve pazar oluşumu gibi noktalar bu alanda yapılacak teknik ve akademik çalışmalara bağlıdır.

Buraya kadar bahsedilenlerden hareketle bu doktora tez çalışmasındaki amaç, pamuk ipliği üretimi sırasında oluşan endüstriyel atıklar ve tüketici sonrasında oluşan PET şişe atıklarını tekstil sektörüne kazandırmaktır. Pamuk ipliği üretimi sırasında oluşan endüstriyel atıklar, garnett ve şifanöz gibi makinalarda tekrar açılarak geri dönüşüm pamuk lifleri elde edilmektedir. PET şişe atıkları ise PET çapakları haline getirildikten sonra yeniden lif çekilerek r-PET lifleri elde edilmektedir. Ancak geri kazanılan bu lifler halı tabanı, dolgu malzemesi, yalıtım malzemesi gibi ikincil ürünlerde kullanılmaktadır. Tez çalışmasındaki hedef ise, geri kazanılan bu liflere birincil hammadde vasfı kazandırarak katma değer oluşturmalarını sağlamak ve

yaşamsal döngülerini artırmaktır. Bu hedefte başarı yakalamak için sektör olarak denim kumaş ve giysi sektörü seçilmiştir. Çünkü denim sektöründe geri dönüşüm liflerin getirebileceği bazı olumsuz özelliklerini yadsıyabilecek kalın iplik numaralarında çalışılmaktadır. Bunun yanı sıra denim kumaşlara uygulanan efekt kazandırma amaçlı bitim işlemleri nedeniyle, fiziksel ve mekanik özellikler bakımından kabul değerleri karşıladığı durumlarda iplikler görüntü açısından daha alt roller üstlenebilmektedir. Ayrıca çalışmada bu etkiyi minimize etmek amacıyla geri dönüşüm liflerden üretilen iplikler çözgü yoğunluklu bir doku türü olan 3/1 Z yapısında denim kumaşın atkı ipliği olarak tercih edilmişlerdir.

Denim kumaş üretimi, Türk tekstil sektöründe önemli bir paya sahip olup, yeniliklere açık bir alandır. 2013 yılı verilerine göre Türkiye'nin toplam tekstil ihracatı içerisinde denim kumaşlar %5,2'lik bir paya sahipken, denim giysiler toplam hazır giyim ve konfeksiyon ihracatının %9,4'ünü oluşturmaktadır. Bu pay sadece dokuma konfeksiyon mamulleri olarak düşünüldüğünde %28'lere ulaşmaktadır. Ayrıca uluslararası kuruluşların muhtelif raporlarına göre küresel ölçekteki denim pazarının önümüzdeki yıllarda daha da büyümesi beklenmektedir. Bu çerçevede 2018 yılında uluslararası denim pazarının 56 milyar dolara ulaşması öngörülmektedir (İTKİB, 2015). Günümüzde tekstil sektöründe rekabet her alanda yüksek düzeyde seyretmektedir. Bu yüksek rekabet ortamında, yenilikçi faaliyetler ve yüksek katma değerli ürünler ülkemiz tekstil sektörünün konumunu koruması ve geliştirmesi açısından büyük öneme sahiptir. Denim piyasasında da ülkemizin pazar payını artırması ve sektörün dinamik yapısını koruması, geliştirilecek yenilikçi ve rekabetçi ürünlere bağlıdır. Tez çalışması ile son yıllarda günlük kıyafetin ayrılmaz bir parçası haline gelerek tüketiminde ciddi artışların görüldüğü denim kıyafetlerin oluşturduğu çevresel yükü hafifletmesi gerektiği konusunda farkındalık oluşturulmuş ve bu doğrultuda sektörün çevreye katkı sağlamasına teknik ve akademik anlamda destek verilmiş olacaktır. Oluşacak bilgi birikimi ile geliştirilebilecek ürünler ülkemiz denim sektörüne maliyetler açısından avantaj sağlayacaktır. 2015 yılı verilerine göre tez çalışması kapsamında tedarik edilen liflerin ortalama fiyatları, Pamuk: 4,25 TL/kg, r-PET: 3,25 TL/kg ve r-CO: 2 TL/kg şeklindedir.

Bu kapsamda denim kumaşta kullanılacak iplikler için open-end rotor eğirme sistemi tercih edilmiştir. Bu sistemde lif uzunluğu baskın bir lif karakteri olarak karşımıza çıkmadığı için, geri dönüşüm liflerin daha verimli ve daha az hata ile üretilme imkânı bulunmaktadır. İplik üretimlerinde önceki çalışmalar ve literatür bilgisi göz önünde bulundurularak üretim parametreleri seçilmiş ve sabit tutulmuştur. Çalışmada geri dönüşüm pamuk (r-CO) ve geri dönüşüm polyester (r-PET) liflerine ek olarak bu liflerin olumsuz yönleri elimine edebilmek için klasik pamuk lifleri de kullanılmıştır. Bu üç lifi kapsayan bir deney planı hazırlanarak 16 farklı iplik üretilmiştir. Üretilen 16 farklı iplik yine üretim parametreleri sabit tutularak denim kumaş imalatında kullanılmıştır. Mamul hale gelen denim kumaşlara, denim kumaşlarda en çok tercih edilen bitim işlemlerinden enzim ve taş yıkama uygulanmıştır. Taş yıkama, ponza taşı kullanım miktarını azaltmak amacıyla nötral selülaz enzimiyle desteklenmiştir. Aynı şekilde enzim yıkamada da asidik selülaz enzimlerin mukavemet açısından daha agresif olmaları nedeniyle geri dönüşüm karakterde oluşabilecek ek mukavemet kaybını göz önünde bulundurarak nötral selülaz enzimler kullanılmıştır. Böylelikle çalışma kapsamında 48 farklı denim kumaş üretilmiştir.

Çalışma sonucunda üretilen iplikler ve denim kumaşların kalite özellikleri test edilerek, kullanılan liflerin, geliştirilen iplik ve kumaşların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Geri dönüşüm pamuk ve geri dönüşüm polyester liflerinin denim sektöründe problem oluşturmayacak kalite sınırlarında hangi oranlara kadar dâhil edilebileceği araştırılmıştır. Üretilen geri dönüşüm içerikli mamullerin kalite farklılıkları ve sorunları tespit edilerek, firmalarımızın karşılaşılacak problemler hususunda eksik bilgilerinin tamamlanacağı düşünülmektedir.

Tez çalışması, 01299.STZ.2012-1 kod numaralı “Geri Dönüşüm Pamuk, r-PET ve Karışımlarından Katma Değeri Yüksek Denim Kumaş Üretimi” başlıklı SAN-TEZ projesi ile eş zamanlı bir şekilde organize edilmiştir. Lif özelliklerinin ölçümünde Aksa Akrilik Kimya A.Ş. ve Adana Ticaret Borsası’ndan katkı alınmıştır. Geri dönüşüm iplik üretimleri Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü İplik Laboratuvarı’nda gerçekleştirilmiştir. Üretilen iplikler BOSSA T.A.Ş. Denim

İşletmeleri'nde mamul kumaş haline getirilmiştir. Mamul kumaşlar için Güneydoğu Tekstil A.Ş Ar-Ge Merkezi'nde yıkama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen iplik ve kumaşlara ait testler Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü ve BOSSA T.A.Ş laboratuvarlarında tamamlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Geri dönüşüm pamuk lifleri ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Orijinal nitelikte pamuk, polyester ve akrilik gibi liflerle harman yapılmışlardır. Ancak geliştirilen bu iplikler hazır giyim ürünleri gibi kaliteli ürün grupları için düşünülmemiştir. Geri dönüşüm polyester lifleri ile ilgili olarak ise daha önceki çalışmalarda çevresel olarak getireceği avantajlardan bahsedilmektedir. Ancak r-PET lifleri, r-CO liflerinde olduğu gibi ikincil amaçlı ürün gruplarında düşünülmüştür. Orijinal nitelikte liflerle karıştırıldığı sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Hazır giyim sektörü gibi kaliteli ürün gruplarında kullanılmamışlardır. Bu iki lifin birbirlerinin olumsuz özellikleri tamamlayabileceği fikrinden hareketle birlikte tercih edildiği bir çalışma ile de karşılaşılmamıştır. Aynı şekilde denim sektörüne yönelik bu kapsamda bir araştırmaya da değinilmemiştir.

Tez fikrinin oluşmasında ve yapılan çalışmalar sürecinde araştırmaya katkı sağlayan konuyla yakından ilgili öne çıkan çalışmalara ait literatür özeti aşağıda üç başlık halinde sıralanmaktadır.

2.1. Tez konusuna genel bir bakış açısı kazandıran çalışmalar

Altun ve Ulcay (1999) çalışmalarında, klasik tekstil üretimi esnasında ortaya çıkan atıklar, nedenleri ve geri kazanım yöntemlerine ilişkin bir bakış açısı sunmuşlardır. Tekstil materyallerinin üretiminde kaçınılmaz olarak geri kazanılabilir nitelikte katı atıkların oluştuğunu ama bu atıkların teorik olarak tamamının geri kazanılabileceği belirtmişlerdir. Yapılan pratik incelemeler sonucu tekstil atıklarını; iplik üretimi esnasında, dokuma işlemleri sırasında, örme işlemleri sırasında, brode işlemleri esnasında, dokusuz yüzey işlemleri sırasında, konfeksiyon işlemleri sırasında, boya-baskı-apre işlemleri sırasında ortaya çıkan atıklar ve kullanılmış tekstil atıkları olarak sekiz kategoriye ayırmışlardır. Bu kategorilerin alt başlıklarını detaylandırarak ayrıntılı şekilde açıklamışlardır. Geri kazanımda etkili bir sistem için gerekli olan faktörler üzerine tavsiyelerde bulunan araştırmacılar, tekstil atıklarının geri kazanım yöntemlerini mekaniksel, kimyasal ve termo mekanik olarak üç başlık

halinde toplamışlardır. Bu başlıklar altında geri kazanılmış tekstil atıklarının kullanım alanlarına yönelik dünyadan örnekler sunmuşlar ve önerilerde bulunmuşlardır. Ayrıca çalışmada geri kazanım türüne göre ulaşılabilecek detaylı bir organizasyon listesi vermişlerdir. Tekstil atıklarının geri kazanımının çevre ve ekonomik açıdan önemli katkılar sağlayacağı belirtilmiştir. Çalışmada Türkiye'nin iplik, dokuma ve konfeksiyon atıkları açısından önemli bir potansiyele sahip olduğu; bu atık türlerinin aynı zamanda en kolay geri kazanılabilen ve çok farklı uygulama alanları sunan atık türleri olduğu belirtilmiştir. Karşılaşılacak kalite problemlerinin Ar-Ge ve teknolojik imkânları kullanarak aşılabileceğini vurgulamışlardır.

Gam ve Banning (2011) tarafından lisans tasarım öğrencileri üzerinde yapılan araştırmada, öğrencilerden orijinal nitelikte sürdürülebilir kıyafetler tasarlamaları ve üretmeleri istenmiştir. Öğrencilerin ilk tasarımlarında büyük çoğunluğunun organik yapılara, daha sonra sırasıyla geri kazanılmış hammaddelere, yenilenebilir malzemelere, doğal boyalara, tekstil dışından başka geri kazanım ürünlere ve kumaş sarfiyatını azaltan yeni tekniklere odaklandıkları görülmüştür. Ancak çalışma sonrası organik ve yenilenebilir ürünlerin pahalı olması, doğal boyalarında tasarımlarını sınırlandırdığını gerekçesiyle geri dönüşüm ürünlerin ve yeni tekniklerin sürdürülebilirlik uygulamaları açısından daha uygun olacaklarını ifade etmişlerdir. Bazı katılımcılar ise bahsedilen sınırlandırmalar nedeniyle tamamen olumsuz görüş belirtmişlerdir.

Muthu ve ark (2012), tekstil lifleri için geri kazanılabilirlik potansiyeli indeksi (Recyclability Potential Index- RPI) oluşturmaya çalışmışlardır. Bunun için daha önceki çalışmalarda üretilmiş çevre kazanım indeksi (Environmental Gain Index- EGI1) ve ekonomik kazanım indeksi (Economic Gain Index- EGI2) parametrelerini kullanmışlardır. Bahsedilen indekslerinde kullanılmasıyla oluşturulan detaylı çalışma sonucunda günümüzde en çok kullanılan on lifin RPI değerlerini analiz etmişlerdir. Çevre kazanım indeksinin hesaplanmasında klasik anlamda üretiminde gerekli su ve enerji ihtiyaçları, bıraktığı karbon ayak izi, atıkların gömülmesi, insan sağlığına etkileri ve atıkların yakılmasıyla kazanılacak enerji gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Ekonomik kazanım indeksinde ise liflerin klasik ticari satış fiyatları ile geri dönüştürüldükten sonraki satış fiyatları üzerinden

bir değerlendirmeye gidilmiştir. Araştırmacılar geri kazanım açısından PES ve PP liflerin daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlarla karşılaşılmasında PES liflerindeki geri dönüşüm imkânları ve pamuk liflerinin ziraatı sırasındaki su tüketimi etkili olmuştur.

Altun (2012a) yaptığı çalışmasında 2009 yılında Türkiye'de oluşan tekstil atıkların miktarlarını araştırmıştır. Türkiye'de 3.873.842 tonluk bir tekstil ürünü üretildiği ve bu üretimler sırasında, 458.485 tonluk bir atık oluştuğunu belirtmiştir. Sene içerisinde 426.406 tonluk bir tekstil içerikli evsel ve tüketici atığı ile birlikte bu rakamın 884.890 tona ulaştığı tahmin edilmiştir. Endüstriyel atıkların büyük kısmının Türkiye'deki geri dönüşüm sektöründe kazanıldığı ancak kullanılmış giysi ve ev tekstil ürünlerin geri kazanımında eksikler olduğu belirtilmiştir. Yaklaşık 500.000 tonluk bir atığın çöp depolama alanlarında kaldığı anlatılmış, çözümüne yönelik tavsiyelerde bulunulmuştur.

Altun (2012b) yaptığı çalışmasında, belediyeler, ticaret ve sanayi odalarından alınan veriler ile ülkemizdeki tekstil ve hazır giyim üretimi sırasında ortaya çıkan teleflerin türleri, miktarları, geri kazanım imkânlarını araştırmıştır. Üretici firmaların %62'sinin teleflerini sattığı, 17'sinin kendi üretim hattında değerlendirdiği ve % 16'sının da çöplük alanlarına döktüğü ifade edilmiştir. Telef işleyen firmaların ise, %30'u açma yapmakta, % 44'ü iplik üretmekte, % 19'u keçe üretmekte ve % 7'si ise granül üretmekte olduğu belirtilmiştir. Teleflerin geri kazanılan miktarının iplik üretiminde yoğunlaşmış olduğu kimyasal yöntemlerin hiç kullanılmadığı anlatılmıştır. Ekonomiye kazandırılamayan tekstil teleflerinin yıllık ekonomik değerinin ise 100 milyon TL'nin üzerinde olduğu tahmin edilmiştir.

Göksel ve Gökmenoğlu (2012) yaptıkları araştırmada, geri dönüşüm kavramının sanat ve tasarım açısından giysilere aktarılmasına dair bilim insanları ve sanatçılar tarafından dikkat çekmek amacıyla yapılan çalışmaları anlatmışlardır. Geri dönüşebilen malzemeler kullanılarak, geleneksel tekniklerle yeni ve farklı teknikler harmanlanarak deneysel tasarımlar hayata geçiren tasarımcılardan bahsetmişlerdir. Moda ve tekstil sektöründe de çevreye zarar vermeyen üretim tarzları geliştirilerek ve bu konuya karşı duyarlı yaklaşımlar sergilenmeye başlandığını açıklayan araştırmacılar, moda ile tüketim arasındaki ilişkilerin sürdürülebilirlik hedefleri ile

çatışan kavramlar olduğunu ayrıca moda ve giyinmenin tamamen farklı anlamlar ifade ettiğini vurgulamışlardır. Moda tasarımında farklı arayışlar içerisinde bulunan tasarımcıların da hem malzeme açısından hem de bu sosyal sorumluluğu üstlenebilecekleri bir platform olması açısından geri dönüşümü modaya ve tasarımlarına dâhil ettiklerini açıklamışlardır.

Fettahov ve Cahangirova (2012) çalışmalarında, dokuma ve örme hazırlık aşamalarında iplik teleflerinin tespitine odaklanmışlardır. Bu tespitin daha sonraki işlem basamaklarında yüksek randımanla çalışmak ve duruş-kopuş oranları azaltılması için önemini vurgulayan araştırmacılar, ipliklerin dokuma ve örmeye hazırlık aşamalarını incelemişlerdir. Bobinleme, çözgü hazırlama, haşıllama ve taharlama dairelerindeki oluşan iplik teleflerinin oluşum nedenlerine açıklık getirmiş ve telef miktarının hesaplanması için denklemler vermişlerdir. Ayrıca çalışmada bu dairelerdeki teleflerin azaltılması yönünde tavsiyeler ileri sürülmüştür.

Eryürük (2012) çalışmasında, tekstil ve hazır giyim sektöründeki çevre dostu üretim ve tüketim üzerine önemli noktalara işaret etmiştir. Tekstil ürünlerinin çevreye olan etkilerine yer verilen çalışmada, tekstil ürünlerinin yeşil olarak ifade edilebilmesi için gerekli tasarım, üretim ve lojistik konularında bilgiler verilmiştir.

Shen ve ark (2012) çalışmalarında, Hong Kong'ta tüketici satın alma davranışları üzerinde etik moda kavramının etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, firmaların bu yaklaşıma geçmeden önce başarı sağlamak için konu hakkında tüketicileri bilgilendirmeleri gerektiği, böylelikle müşterilerin daha yüksek ücretleri ödemeye istekli olabilecekleri belirtilmiştir.

Telli ve ark (2012) çalışmalarında PET şişe atıklarının tekstil endüstrisinde değerlendirilebilmesi ve bunun çevreye katkılarını irdelemişlerdir. Çalışmada PET talaşlarının tekstil sektöründe kullanımı açıklanarak, Türkiye'deki PET talaş ve bu talaşlardan lif üreten işletmelerimizin durumu hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye'deki işletmeler, bu alanda sahip oldukları teknolojik düzey bakımından, yurtdışındaki emsalleriyle karşılaştırılmıştır. Ülkemizde bu alanda önemli yatırımların olduğu, elde edilen PET talaşlarının büyük çoğunluğunun lif sektöründe kullanıldığı görülmüştür. PET talaşlarından lif üretimi alanında sekiz firmanın faaliyet gösterdiği ve bu firmaların daha ziyade düşük kaliteli ürünler için hammadde

sağladıkları tespit edilmiştir. Mevcut üretim sistemlerinde temizleme verimliliğinin arttırılması, lif özelliklerinin geliştirilmesi ve kaliteli ürünlerde düşük oranlarda r-PET kullanımı ile yurtdışı pazarlarda hem farklılık hem de katma değer oluşturacağı belirtilmiştir. Bu fikre yönelik gereken yenilikler ve izlenmesi gereken stratejiler üzerine tavsiyelerde bulunulmuştur.

Bhatia ve ark (2014) yaptıkları derleme çalışmasında, tekstil atıklarını endüstriyel ve tüketici sonrası atıklar olarak iki ana kategoride sınıflandırarak geri dönüşümleri hakkında bilgi vermişlerdir. Sektörel olarak atık durumuna göre geri kazanım liflerin kullanılabileceği alanları örneklerle açıklamışlardır. Geri kazanım liflerin tekrar iplik üretiminde, döşemelik kumaşlarda, kompozitlerde, nonwoven ve halı endüstrisinde ve teknik tekstil ürünlerinde kullanılabileceği belirtmişlerdir. Tekstil dışında inşaat, ziraat, otomotiv ve kâğıt endüstrisinde kullanımlarına örnekler vermişlerdir. Sektörün küçük ve orta ölçekteki yatırımcılardan oluşmasının, tekstil üreticilerinin eskiye göre atıklarını minimize etmeye başlamasının, yüksek taşıma maliyetleri ve pazarın yetersizliğinin sektörün başlıca problemleri olduğu ve geri dönüşümü sınırlandırdığını belirtmişlerdir.

Shen ve ark (2014) yaptıkları çalışmada, 2004-2012 yılları arasında online moda forumlarındaki tüketicilerin sürdürülebilir moda üzerine yaklaşımlarını incelemişlerdir. Çevresel etkileri azaltmak amacıyla yapılan uygulamalarda Nike, H&M, Muji, GAP, Marks&Spencer ve Levi Straus gibi markaların ön plana çıktığını örneklerle açıklayan araştırmacılar, sürdürülebilirlik üzerine olan literatür bilgisini de kategorize etmişlerdir. Araştırmada sürdürülebilirlik ile ilgili 18 anahtar kelime üzerinden forumdaki tartışmalar analiz edilmiştir. Tüketici davranışlarının 2000'li yılların başından günümüze kadar değişime uğramaya başladığını, firmaların yaptıkları çalışmaların tüketicileri bilinçlendirdiği, bilgi sahibi yaptığı ve bunun doğal sonucu olarak sürdürülebilir modanın müşteri satın alma alışkanlıklarını değiştirmeye başladığı ifade edilmiştir.

Jordeva ve ark (2015) yaptıkları çalışmada, Makedonya'daki tekstil atıklarının yönetimi, mevcut durumu, sorunları ve çözüm önerileri üzerinde durmuştur. Dünya'dan tekstil atıklarının yeniden kullanımına yönelik örnekler verildiği çalışmada, Türkiye'nin başarılı bir model, Güney Afrika ve Litvanya en

kötü örnekler olarak verilmiştir. Makedonya'daki atıkların %97,67'sinin konfeksiyon üretimi sırasında oluşan telefler olduğu belirtilerek, atıkların içeriğine dair detaylı bilgiler sunmuşlardır. Yasa ve pazar eksikliklerini öne çıkaran araştırmacılar, ürünlerdeki likra içeriğinin mekanik geri dönüşümde büyük problem olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda ortaya çıkan atık profilinin ülkeleri açısından inşaat alanında izolasyon malzemesi olarak kullanmak üzere nonwoven olarak geri kazanılmasının en uygun yöntem olacağını belirtmişlerdir.

He ve arkadaşları (2015) tarafından yapılan çalışmada, aynı incelik ve uzunlukta üretilmiş orijinal(virgin) polyester lifleri ile geri dönüşüm liflerin karakteristiklerini incelemişlerdir. Geri dönüşüm liflerdeki sınırlı işlem şartları ve safsızlıkları nedeniyle incelikteki düzgünsüzlüğün fazla olduğu ve bunun daha sonraki iplik ve dokuma işlemleri olumsuz etkileyeceğini belirtmişlerdir. İki PET esaslı lifin yüzey morfolojisinde farklılık olmadığını belirten araştırmacılar, geri dönüşüm liflerin daha yüksek kopma mukavemeti (53,7 cN/tex) ve kopma uzamasına (%19,65) sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yüksek kopma mukavemeti X-ray ışınları kırınım verilerinde geri dönüşüm liflerin ortalama kristalit büyüklüklerinin daha küçük ve daha yüksek kristallenme derecesine sahip olmasıyla açıklamışlardır. Yüksek kopma uzaması ise dikroik oranı (R) ve oryantasyon fonksiyonunun (f) geri dönüşüm liflerde daha düşük olması ve bu nedenle oryantasyonun iyi olmamasıyla açıklanmıştır.

2.2. Tez konusu ile bağlantılı iplikler üzerine yapılan çalışmalar

Duru ve Babaarslan (2003), laboratuvar tipi OE Rotor eğirme kutusunda (Quickspin) gerçekleştikleri çalışmada orijinal polyester lifleri ile geri dönüşüm pamuk liflerinin karışımı için en uygun açıcı silindir hızlarını araştırmışlardır. Yedi farklı açıcı silindir hızının kullanıldığı çalışmada %60 polyester %40 geri dönüşüm karışım oranında Ne20 iplikler üretilmiştir. Çalışma sonucunda, yüksek açıcı silindir hızının iplik mukavemetini olumsuz yönde; düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülüğü ise olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Üreyen ve Kadoğlu (2006) çalışmalarında, HVI cihazı ile ölçülebilen lif özellikleri ile ring iplik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada 15 farklı harman özellikleri ile laboratuvar ortamında üretilen dört faklı numara ve üç farklı büküm seviyesine sahip ipliklerin kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri arasındaki ilişki korelasyon analizi ile araştırılmıştır. İplik özelikleri ile HVI lif özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları, iplik kopma mukavemeti ile lif mukavemeti ve SCI arasında güçlü pozitif ilişki; kopma uzaması, UHML, ML, uniformite indeksi arasında iyi pozitif ilişkiyi göstermiştir. Araştırmacılar lif özellikleri ile iplik kopma uzamaları arasında bir ilişki bulamazken, lif SCI değerleri ile iplik düzgünsüzlüğü değerleri arasında negatif iyi bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca iplik Uster tüylülüğü ile lif mukavemeti ve SCI değerleri arasında negatif yönde bir korelasyon bulmuşlardır. Çalışmada iplik sonuçları ile en yüksek korelasyon değerlerine sahip değerlerin sırasıyla lif mukavemeti, lif uzunluğu ve uniformite indeksinin olduğu belirtilmiştir. Diğer çalışmalardan farklı olarak lif inceliği arasında bir interaksiyonun bulunamaması durumunu ise lif inceliği ile iplik özellikleri arasında ilişkinin kuadratik bir yapıda olmasıyla açıklamışlardır.

El-Nouby (2007) yaptığı çalışmasında, atık kumaşlardan geri kazanılan liflerden üretilen ipliklerin tüylülüğü konusuna değinmektedir. Çalışmada kumaşlardan geri kazanım lifler ile pamuk üretimi sırasında oluşan teleflerden üretilen lifler kullanılmıştır. Pamuk atıklarının %7,5 şapka, %7,5 penye, %5 emiş, %36 şerit telefleri ve %44 oranında uzun süre beklemiş pamuk teleflerinden üretilen liflerden oluştuğu belirtilmiştir. Bu liflerden üretilen iplikler ile kumaş atıklarından elde edilen liflerin bu lifler ile harmanlanmasından üretilen iplikler karşılaştırılmıştır. Karıştırma harman hallaç, tarak ve cer makinesinde olmak üzere üç farklı şekilde yapılmıştır. Kumaşlardan geri kazanım liflerin iplik tüylülüğünü olumsuz etkilediği, en iyi tüylülük değerlerinin ise harman-hallaç makinesindeki karışımda elde edildiği belirtilmiştir.

El-Nouby ve Kamel (2007) çalışmalarında, farklı karakterdeki karışım halinde bulunan tekstil atıklarından geri dönüşüm lifler ile %100 halde bulunan pamuk atıklarını harmanlayarak üç farklı iplik numarası ve üç farklı büküm

katsayısında iplikler üretmişlerdir. Üretilen iplikler kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları açısından karşılaştırılmışlardır. Liflerin karıştırılmasında geri kazanım açma işlemi sırasında, harman hallaç, tarak ve cer makinelerinde olmak üzere dört farklı yöntem kullanılmıştır. Pamuk atıklarına göre harmanda uniform olmayan atıkların daha fazla kullanılmasıyla iplik kopma mukavemetinde azalma, kopma mukavemetinde ise bir miktar artış görülmüştür. Büküm faktörünün artmasıyla ise iplik kopma uzamalarında azalma gözlenmiştir. Karışım işleminde ise her ilerleyen aşamada kullanılan yöntemin iplik kopma mukavemeti ve uzamasını olumsuz etkilediği belirtilerek, kopma mukavemeti ve uzamada en düşük değerlerin cer makinesinde karışımda elde edildiği vurgulanmıştır.

Halimi ve ark (2007) çalışmalarında, pamuk atıkları ve farklı eğirme parametrelerinin rotor iplik kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Maksimum atık oranında optimum eğirme koşullarını bulmak amacıyla daha önce geliştirilen toplam kalite indeksini (TQI) kullanmışlardır. Toplam kalite indeksi, iplik kalitesi üzerinde belirgin etkiye sahip kopma mukavemeti, kopma uzaması ve düzgünsüzlük (%CV) parametrelerinden oluşmaktadır. Çalışmada dört farklı rotor tipi, açıcı hızı, rotor hızı, büküm faktörü, iplik lineer yoğunluğu ve sekiz farklı atık oranı kullanılmıştır. Bahsedilen makine ve materyal parametrelerini kapsayacak şekilde 32 farklı iplik üretilmiştir. Araştırmacılar ipliğin lineer yoğunluğu ve bükümün arttıkça toplam kalite indeksinin olumlu etkilenirken, atık oranı ve rotor hızı arttıkça olumsuz etkilendiğini görmüşlerdir. TQI'inde atık oranı %0-%100 arasında % 36,3'lük bir fark oluşurken %0-25 arasında bu değer %6,5'lerde seyretmiştir. TQI'i bükümde α:130-160 arasında %13,8 değişirken α:150-160 arası yalnızca %2,5'lik bir fark oluşmuştur. Düzgünsüzlük ve homojenite iplik kalınlığı arttıkça azalacağından TQI 100tex ile 50tex arasında %25 değişmiştir. Çalışmada optimum eğirme şartları olarak aşırı derecede bir kalite farkı olmadan %15-25 aralığına kadar pamuk atıklarının kullanılabileceği belirtilmiştir. En yüksek verim için 83,33-100 tex aralığında iplikler ile 8800 dev/dak açıcı hızı, T40 rotor tipi, αm=160 büküm katsayısı ve 40.000 rotor devri ile çalışılması tavsiyesinde bulunmuşlardır.

Halimi ve ark (2008) çalışmalarında, open-end pamuk iplik üretimi sırasında ortaya çıkan pamuk teleflerinin içeriği, özellikleri ve yeniden kullanımına yönelik bir

yaklaşımda bulunmuşlardır. Çalışmada öncelikli olarak kaba temizleyici, hassas temizleyici ve tarakta oluşan teleflerin miktarı ve MDTA cihazı ile niteliği ve lif içeriği konusunda araştırma yapılmıştır. Daha sonra AFIS ölçüm cihazı ile balya açıcıya giren pamuk ile kaba temizleyici, hassas temizleyici, tarak altı ve şapka atıklarının karşılaştırılması yapılmıştır. Atıkların durumu incelendiğinde neps ve kısa lif oranı açısından en yüksek değerlerin tarak altı teleflerde olduğu görülmüştür. Tarak altı telefleri, şapka telefleri, hassas temizleyici ve kaba temizleyici takip etmiştir. Ortalama lif uzunluğuna da en düşük tarak altı teleflerde ulaşılmıştır. Lif uzunluğu açısından sıralama aynı şekilde şapka telefleri, hassas temizleyici ve kaba temizleyici şeklinde olmuştur. Böylelikle yapılan ölçümler en iyi temizleme etkinliğinin %60 ile tarak makinesinde olduğunu göstermiştir. Bu teleflerin karışımdan üretilen ipliklerde ise atık oranının %100'e kadar kullanımında mukavemette %23'e varan bir kayıp söz konusudur. %25'e kadar eklemelerde ise mukavemetteki kayıp %11,6 civarlarındadır. Yine %25'e kadar pamuk telefi ilave edilen ipliklerin kopma uzamasında %1,6'lık bir azalma olurken düzgünsüzlükte önemli bir değişim gözlenmemiştir. %CV değerlerinin %25 geri dönüşüm malzemenin üzerine çıktığı durumlarda ise geometrik bir artış söz konusudur.

Halimi ve ark (2009) çalışmalarında, geri kazanılmış pamuk atıklarının ve farklı eğirme parametrelerinin rotor ipliğinin tüylülük, düzgünsüzlük ve iplik hataları değerlerine etkisini incelemişlerdir. Tüylülük verileri incelendiğinde en önemli etkiye rotor tipinin sahip olduğu görülmüştür. U46 tip rotor yerine T40 rotor kullanıldığında tüylülükte %31'e kadar bir düşüş gözlenmiştir. Sırasıyla tüylülük üzerinde rotor tipi, iplik numarası, büküm faktörü ve açıcı silindir hızı faktörlerinin etkili olduğu belirtilmiştir. İplik düzgünsüzlüğü açısından ise etkili faktörler sırasıyla iplik numarası, atık oranı, rotor hızı ve rotor tipi olarak belirlenmiştir. T40 ve T46 rotorların U40 ve U46 rotorlara göre daha iyi düzgünsüzlük sonuçları verdiği, rotor geometrisinin rotor çapına göre daha etkili olduğu görülmüştür. İnce yer ve kalın yer sayıları üzerine ise iplik numarası ve rotor tipinin etkili olduğu belirtilmiştir. Neps sayısı üzerine de en etkili faktörün iplik numarası olduğu, açıcı silindir hızının 7.000 dev/dak'dan 8.800 dev/dak 'ya çıkarılmasıyla %43 oranında bir azalma sağlandığı vurgulanmıştır. Sonuç olarak optimum üretim parametrelerinde %25 atık oranının

rotor ipliklerinin uniformite ve görüntüsünde ciddi bir azalmaya neden olmadığına ulaşılmıştır.

Hasani ve ark (2010) çalışmalarında, üç farklı pamuk atık oranı için optimum eğirme şartları araştırılmıştır. Üretilen ipliklerin kopma mukavemeti, kopma uzaması ve düzgünsüzlük ölçümleri yapılmıştır. Bu üç değeri baz alan toplam kalite indeksi sonuçlarına göre optimum parametreler belirlenmiştir. İplik kalitesi üzerine en önemli etkiyi iplik numarası ve rotor çapı göstermiştir. %65'e kadar atık oranı ile çalışılmış ve atık durumuna göre farklı optimum şartlar önerilmiş olsa da, veriler Ne16 iplik numarasında 8 çentikli düze, düşük rotor çapı, 48.000 dev/dak rotor devri, 8.400-9.700 dev/dak açıcı silindir aralığında çalışmanın toplam kalite indeksi açısından daha olumlu sonuçlar vereceğini göstermektedir.

Hasani ve Tabatabaei (2011) yaptıkları çalışmada, çırçırlama işlemi sırasında oluşan atık liflerden üretilen rotor ipliklerinin tüylülüğünü azaltmak için optimum eğirme şartları araştırılmıştır. Taguchi metodunu kullanarak, ürettikleri 27 iplikte rotor tipi, düze tipi, açıcı silindir hızı ve iplik numarasına odaklanmışlardır. Çalışmada üç farklı rotor çapı, üç farklı rotor hızı, üç farklı büküm, üç faklı açıcı silindir hızı, üç tip düze ve üç farklı iplik numarası tercih edilmiştir. Tüylülük ölçümlerinde Zweigle S3 değerleri baz alınmıştır. Farklı atık oranlarında üretilen ipliklerin, atık oranları için en önemli etkiyi rotor çapı ve düze tipinin gösterdiği anlaşılmıştır. Açıcı silindir hızı ise tahmin edilen etkiyi göstermemiştir. Çalışma sonucunda optimum eğirme şartları olarak 36,9 tex iplik numarasıyla 53.000 dev/dak rotor hız, 48 mm çaplı rotor, çentiksiz düze ve 7350-9700 dev/dak aralığında açıcı silindir hızı tavsiye edilmiştir.

Hamilton ve ark (2012) yaptıkları araştırmada, iplik üreticileri açısından iplik kalite özelliklerinin yanı sıra makine ve işçilikte de verimliliğin önemli olmasından yola çıkmışlardır. Bu nedenle yapılacak çalışmalarda üretimdeki kayıp zamanların, kopuşların da göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtilen araştırmacılar iki veri seti kullanmışlardır. Öncelikle iplik üretimindeki ara işlemlerde sekiz farklı noktada AFIS cihazı ile ölçümler almışlardır. Neps sayısı ve kısa lif içeriklerini inceleyen araştırmacılar, balya yolucudan tarağa kadar olan işlemlerde neps sayısının arttığı tarakta ise neps sayısında %75'e kadar bir temizlenmenin gerçekleştiğini

belirtmişlerdir. Kısa lif içeriğinde işlemler sırasında artış ve azalmalar olmakla birlikte girişteki kısa lif miktarı ile fitildeki yaklaşık değerler almıştır. Daha sonra ilk veri seti olan 93 farklı balyadan alınan HVI değerleri ile bu liflerden üretilen ring ve open-end iplik özellikleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Nihai ipliği en fazla etkileyen faktörün lif inceliği daha sonra ise kısa lif indeksi olduğunu belirtmişlerdir. İkinci veri setinde ise 13270 balyadan aldıkları lifler ile iplik üretimi sırasındaki kopuş sayıları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sonuç olarak iplik kopuşlarını minimize etmek ve üretimde verimliliği yakalamak için en önemli lif parametrelerinin sırasıyla lif inceliği, lif uzunluğu, sarılık, parlaklık ve pamuktaki çepel miktarı olduğuna ulaşılmıştır.

Pınarlık ve Şenol (2012) araştırmalarında, hammadde olarak şifanözde açılmış %50 Pamuk/%50 Sentetik içerikteki ikinci kullanım tekstil lifleri ile üretilen open-end iplik özelliklerini test etmişlerdir. %100 akrilik yapıdaki bandlar ile %80 geri dönüşüm %20 polyester içerikteki bandlar karıştırılarak 5 farklı harman oluşturulmuş ve 65mm çaplı rotorlar ile üç farklı numarada iplikler üretilmiştir. Çalışmada şifanözden geçirilmiş telef ürünlerden elde edilen liflerin karışımdaki oranı arttıkça iplik kopma mukavemeti, kopma uzaması ve optik düzgünsüzlük değerlerini olumsuz etkilediği, kapasitif düzgünsüzlük değerlerinde ise önemli bir değişim bulunmadığı ifade edilmiştir.

Telli ve Özdil (2013) yaptıkları çalışmada, r-PET lifi ve bu liflerin orijinal pamuk ve polyester lifleri ile karışımlarından elde edilen ipliklerin özellikleri kıyaslamalı olarak incelenerek tekstil endüstrisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Farklı karışım oranlarındaki dokuz farklı ipliğin kopma mukavemeti ve kopma uzaması, ince-kalın yer ve neps sayısı, düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri değerlendirilmiştir. İplik üretim işlemleri açısından değerlendirildiğinde r-PET lif kullanılarak yapılan iplik üretimlerinde olağan sorunlar dışında bir sorunla karşılaşılmadığı belirtilmiştir. Test sonuçlarında %100r-PET ipliklerin %100PES ipliklere göre daha düşük mukavemette ancak daha yüksek uzama yüzdesine sahip olduğu tespit edilmiştir. Pamuk ve polyester karışımı kumaşlarda r-PET oranının artmasının mukavemette azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. İplik düzgünsüzlüğü değerlerlerine bakıldığında varyasyon katsayısı, ince yer, kalın yer ve neps açısından

%100r-PET iplikler %100PES ipliklere göre daha kötü değerler verdiği görülmüştür. Ancak r-PET'in polyester ve pamuk ipliklerindeki karışımlarında daha iyi sonuçlar alınmış ve belirgin bir fark tespit edilmemiştir. Tüylülük açısından %100r-PET iplikler %100PES'e göre daha yüksek tüylülüğe neden olmuş ancak yine karışımlardaki etki önemsiz bulunmuştur. Mevcut durumda, r-PET liflerden üretilen ipliklerin giyim endüstrisinde orta kalite olarak sınıflandırılabilecek alanlarda PES lifine alternatif olarak düşünülebileceği sonucuna ulaşılmıştır. %100 olarak kullanmak yerine diğer liflerle düşük oranlarda karıştırılarak istenilen performans yakalanabileceği belirtilmiştir. Geri dönüşüm polyester lif özelliklerindeki iyileşmelerin kullanılacak alanları genişletebileceği ifade edilmiştir.

Ruzzante ve ark (2014) çalışmalarında, büyük çoğunluğu tüketici sonrası PET şişe atıkları ile polyester üretimi sırasında oluşan endüstriyel atıklardan üretilen r-PET granüllerini kullanmışlardır. Bu granüller ile multifilament iplik üreten araştırmacılar, v-PET granüller ile üretilen multifilamentlerin özelliklerini karşılaştırmışlardır. Çalışmada kopma uzamaları benzer özellikte (%20) bulunurken, r-PET filamentlerin kopma mukavemetleri daha düşük (20 cN/tex) olarak bulunmuştur.

2.3. Tez konusu ile ilgili kumaşlar üzerine yapılan çalışmalar

Özdil ve ark (2003) yaptıkları çalışmada, %100 pamuklu Ne 30 farklı eğirme sistemlerinde ring karde, ring penye ve open-end sistemlerinde üretilmiş ipliklerden düz örgü kumaşlar oluşturulmuştur. Endüstriyel jet boyama makinesinde %1 asidik selülaz ile 50 derecede 45 dakika üç farklı şekilde (ön işlemden sonra, boyamadan sonra, ön işlem ve boyamadan sonra) kumaşlara bio-parlatma uygulanmıştır. Çalışmada, enzimatik işlemler sonrasında kumaş gramajında kayıpların olduğu ve bu kayıpların işlemler arttıkça çoğaldığı belirtilmiştir. Kısa lif uçlarının hidrolize edilmesi ile ortalama olarak %3-5 aralığında kayıplar olduğu, en fazla kaybın penyelerde en az kayba ise open-end ipliklerde karşılaşıldığı tespit edilmiştir. Patlama mukavemeti açısından işlem öncesi penye kumaşların daha iyi değerlerde olmasına karşılık, en fazla mukavemet düşüşüne sahip olduğu belirtilmiştir. Yaklaşık

olarak her enzimatik işlem %11'lik bir mukavemet düşüşüne neden olmuş, ikinci enzimatik işlem sonrası bu değer %25'lere ulaşmıştır. Çalışmanın esasını oluşturan ve örme kumaşlarda önde gelen problemlerden olan boncuklanma noktasında ise, enzim işlem sayısı arttıkça farklı devirlerdeki (500, 1000, 2000, 5000) boncuklanma dirençlerinin geliştiği belirlenmiştir. İşlem öncesi penye ring ve open-end benzer boncuklanma değerlerinde iken, işlem sonrası open-end'ten üretilmiş kumaşların daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Araştırmacılar, her üç tip kumaşın da iki enzimatik işlem sonunda en iyi boncuklanma direncine (5) sahip olduklarını, genel olarak değerlendirildiğinde kaba tekstil ürünleri için tercih edilen open-end ipliklerden örme kumaşlara enzimatik işlemlerin gayet olumlu etkide bulunduğu, ince ve modaya uygun kumaşlarda kullanılabilmesinin önünü açtığını ifade etmişlerdir.

Tarhan ve Sarıışık (2009) denim kumaşlarda kumlama ve lazer gibi soldurma işlemlerinden sonraki farklı yıkama türlerinin kumaşların fiziksel özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada %100 pamuklu denim kumaşa farklı üretim şartlarında haşıl sökme, taş yıkama, nötral enzim yıkama, asidik enzim yıkama, lakkaz enzim yıkama, taş ve nötral enzim yıkama, hipoklorit ağartması gibi yıkama türleri ile muamelede bulunulmuştur. Lazer ve kumlama işlemlerinin yoğunluğu ve süresi arttıkça ağırlık kaybının arttığı belirtilmiştir. Lazer işlemleri nedeniyle mukavemet kaybının %60'lara kadar ulaştığı, yıkama türü olarak da ağartma işleminin en fazla etkiyi gerçekleştirdiği anlatılmıştır. En fazla renk değişimi de ağartma işlemi ile taş ve nötral yıkamanın birlikte uygulandığı yıkamalarda görülmüştür. Yıkama işlemlerinden sonra bir problem olarak ortaya çıkan geri boyanma durumunun en fazla lakkaz enziminin uygulandığı durumda gerçekleştiği CIE b değerleri ile ortaya konmuştur.

Khedher ve ark (2009) çalışmalarında dört farklı karakterdeki denim kumaşa dört farklı yıkama ve altı farklı özel işlem uygulamışlardır. Kopma ve yırtılma mukavemetlerindeki değişimini araştıran ekip üyeleri, uygulanan işlemlerin bu iki özellik üzerindeki ayrı ayrı ve birlikte etkilerini incelemişlerdir. Mekanik özelliklerde düşüş olduğu ve bu azalmanın çözgü yönünde atkı yönünden daha fazla gerçekleştiği belirlenmiştir.

Kaplan ve Sülar (2011) çalışmalarında, yıkama ve aşındırıcı etkilerin denim kumaşların estetik yönüne katkı yaparken mukavemet ve dayanıklılık gibi yönlerden zarar verdiğini literatürden örneklerle açıklamışlardır. %100 pamuklu ve %98,5 pamuk %1,5 elastanlı olmak üzere iki farklı kumaşa üç farklı ön işlem altı farklı yıkama ve iki farklı ağartma işlemi uygulamışlardır. Taş yıkama ve ağartma uygulanmış kumaşların en fazla ağırlık kaybına ve kalınlık artışına sebep olduğu belirtilmiştir. 3/1 örgü yapısından dolayı kopma ve yırtılma mukavemetlerinin çözgü yönünde daha fazla etkilendiği ifade edilmiştir. Taş yıkama ve ağartmanın kombine edildiği durumların kumaşlar için en agresif ve mekanik zarara uğratıcı olduğu belirlenmiştir. Enzim yıkamanın kopma mukavemeti üzerinde etkisi bulunmazken, ön işlem olarak uygulanan reçine ve kumlama işlemlerinin yırtılma mukavemetini olumsuz etkilediği belirtilmiştir. Sonuçta optimum yıkama işlemi olarak enzim yıkama tavsiye edilmiştir.

Tayyar ve Çetin (2012) çalışmalarında, PET şişelerin geri kazanımı ile elde edilen r-PET liflerinden üretilen dokusuz yüzeylerin ısıl özelliklerini incelemişlerdir. Çevreye yük olan katı atıkların en başında gelenlerden PET atıklarının geri dönüşümünün önemini vurgulayan araştırmacılar, inşaat alanında yalıtım ve izolasyon malzemesi olarak kullanılmakta olan r-PET ile v-PET (virgin-yeni) elyaflardan üç farklı tülbent katsayısı ve beş farklı harmandan oluşan on beş farklı dokusuz yüzey üretmişlerdir. Üretilen dokusuz yüzeylerin ısıl özellikleri üzerine çalışmışlardır. Isıl iletkenliğin hem tülbent katı sayısından hem de harman oranlarından etkilediği bulmuşlardır. Tülbent katı sayısı arttıkça kalınlık artacağından kumaş içinde hapsolan durgun havanın da arttığı ve kumaşın ısıya karşı direnci arttığı ifade edilmiştir. Isıl direnç tüm harman gruplarında tülbent kat sayısının artmasıyla artmıştır. %100 r-PET ve %100 v-PET elyaftan üretilmiş yüzeylerin ısıl dirençleri arasında 6 katlı kumaşlarda arasında fark yok iken, 10 ve 14 katlı v-PET kumaşların ısıl dirençleri ise daha fazla bulunmuştur. Maliyetlerin ikinci planda olduğu ve 10-14 katlı kumaşların izolasyon amaçlı kullanılması gerektiği durumlarda orijinal PET'in; diğer durumlarda ve daha az katlarda geri dönüşüm PET'in kullanılmasını tavsiye etmişlerdir.

Alan ve ark (2012) yaptıkları çalışmada, geri dönüşüm hammaddelerden üretilen battaniyelerin kopma mukavemeti performanslarını ve orijinal battaniyeler ile birlikte incelemişlerdir. Geri dönüşüm hammaddeden üretilen atkı ipliğinin içeriği %63CO%33PES%4PAC şeklinde iken, orijinal battaniye ipliğinin %46CO%10PES%44PAC şeklinde olmuştur. Sonuçlara göre her iki battaniye tipi arasında kopma mukavemet değerleri açısından, beklendiği üzere atkı yönünde önemli bir farklarla karşılaşılmış ve orijinal battaniyenin kopma mukavemet değeri daha yüksek çıkmıştır. Bu durum geri dönüşüm lif boylarının kısa olması ve geri dönüşüm prosesinde yaşadığı mukavemet kaybının iplik haline yansımış olmasıyla açıklanmıştır. Bununla birlikte geri dönüşüm elyaftan üretilmiş battaniyelerin kabul edilebilir seviyede mukavim oldukları belirtilerek orijinal battaniyelere alternatif olarak kullanılmaları mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Bunun ise battaniyelerin ısıl performanslarının olumsuz etkilenmemesiyle sağlanacağını öngörmüşlerdir.

Celep ve Yüksekkaya (2012) yaptıkları araştırmada, geri dönüşüm liflerden ve orijinal liflerden üretilen battaniyelerin ısıl konfor özelliklerini incelemişlerdir. Konfeksiyon ve giysi atıklarının geri dönüşümü ve battaniye konforu üzerine bilgi veren araştırmacılar, Nm9 olarak open-end sisteminde ürettikleri iplikleri battaniyelerin atkısında kullanmışlardır. Geri dönüşüm hammaddeden üretilen atkı ipliğinin içeriği %63CO%33PES%4PAC şeklinde iken, orijinal battaniye ipliğinin %46CO%10PES%44PAC şeklinde olmuştur. Geri dönüşüm hammaddeden üretilen battaniyenin ısıl konfor özelliklerinin standart battaniye ile karşılaştırıldığı bu çalışmada, battaniyeler arasında ısıl direnç ve ısıl iletkenlik özellikleri açısından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Battaniyeler arasında ısıl soğurganlık parametresi açısından fark bulan araştırmacılar, ısıl soğurganlık değerinin geri dönüşüm battaniyede daha düşük olduğunu ve bu sayede ilk temasta standart battaniyeye göre daha sıcak hissi vereceği belirtmişlerdir. Bu durumun soğuk havalarda kullanılan battaniyelerin olumlu katkı yapacağını ve daha düşük maliyetlerde üretilmesi hem tüketiciler hem de üreticiler açısından büyük avantaj oluşturduğunu vurgulamışlardır.

Fettahov ve ark (2012) çalışmalarında, havlu dokuma sektöründe faaliyet gösteren dokuma işletmelerinin çözgü hazırlama, haşıllama ve dokuma dairelerinde

meydana gelen iplik teleflerinin dağılımı incelemişlerdir. Ayrıca üretim aşamalarında oluşan iplik telefleri üzerine veriler toplanarak bunların analizi yapılmış ve teleflerin azaltılması doğrultusunda öneriler sunulmuştur. En fazla telefin çözgü hazırlama işlemlerinde karşılaşıldığı, yöntem olarak çözgü hazırlama işleminde iplik teleflerinin azaltılabilmesi için yedek bobinli ve yedek sargılı çözgü çözme yöntemlerinin uygulanması gerektiği belirtilmiştir.

Toksöz ve Mezarcıöz (2013) denim terbiyesinde kullanılan yıkama işlemlerini açıkladıkları çalışmalarında, 1/1 bezayağı ve 3/1 Z dimi konstrüksiyonlarında %100 pamuklu iki farklı denim kumaşa rinse, enzim ve taş yıkama olmak üzere üç farklı yıkama işlemleri uygulamışlardır. Elde edilen kumaşların boyutsal stabilite ve kopma mukavemetlerini karşılaştırmışlardır. Kumaşlarda çözgü yönünde daha fazla olmak üzere hem atkı hem de çözgü yönlerinde boyut değişimi (kısalma) gerçekleşmiştir. Kopma mukavemeti değerleri üzerinde hem atkı hem de çözgü yönünde rinse yıkamanın en düşük mukavemet kaybına, taş yıkama uygulamasının ise en yüksek mukavemet kaybına neden olduğu belirtilmiştir. Bu durum enzim uygulamalarının yüzey pürüzlülüğünü giderirken, lif yapısına da zarar verip mukavemet kaybına sebep olmasıyla, taş yıkama da ise ponza taşları ile muamele gören numunelerin mekanik olarak yıpranmaya maruz kalmasıyla açıklanmıştır.

Necef ve ark (2013) çalışmalarında hazır giyim üretimi sırasında oluşan kumaş kırpıntılarından elde edilen pamuk liflerinin polyester karışımıyla üretilen iplikler ile normal pamuk liflerinin polyester lifleriyle karışımından üretilen iplikler ve bu ipliklerden üretilen süprem kumaşlar karşılaştırılmıştır. Ne28 olarak iki adet üretilen ipliklerin geri dönüşüm karaktere sahip olana yüksek büküm kullanılmış, sonuçta düzgünsüzlük değerleri orijinal iplikten düşük, tüylülük değerleri daha yüksek çıkmıştır. Kumaşta ise geri dönüşüm örgülerin boncuklanma değerleri daha kötü sonuç vermiştir. Araştırmacılar kumaş kırpıntılarından elde edilen geri dönüşüm iplik ve kumaşların hazır giyim sanayiinde kullanımına yönelik hissedilebilir bir fark oluşturmadığı belirtmişlerdir.

Gün ve ark (2014) yaptıkları çalışmada, geri dönüşüm liflerden üretilen çorapların fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. %50 oranında pamuklu giysi

teleflerinden üretilen lifler ile %50 oranında orijinal polyester lifleri harmanlanarak Ne 20 geri dönüşüm içerikli iplikler üretilmiştir. Bu iplikler aynı numarada %100 pamuklu orijinal pamuk iplikleri ile kıyaslanmıştır. Telef katkılı ipliklerin düzgünsüzlük ve kopma uzaması değerleri yüksek bulunmuştur. Daha sonra bu iplikler ile elastan içerikli ve elastan içermeyen çoraplar üretilmiştir. Elastan içermeyen örgülerde geri dönüşüm lif içeren ipliklerin boncuklanma, patlama mukavemeti ve hava geçirgenliği değerleri; elastan içerikli olanlarda ise boncuklanma ve hava geçirgenliği değerleri daha düşük çıkmıştır. Aşınma sonrası kütle kaybı değerlerine bakıldığında ise orijinal pamuklu çoraplar daha yüksek aşınma göstermiştir. Ayrıca çalışmada lifler geri dönüşüme girmeden önce siyah renkli giysi telefleri tercih edilmiş ve bu teleflerden üretilen iplikler boyanmamıştır. Karşılığında kullanılan orijinal iplikler ise siyah renkte boyanmıştır. Daha sonra üretilen çorapların aşınma sonrasındaki renk değerleri kıyaslandığında, geri dönüşüm içerikli ipliklerin aşınma öncesine göre daha iyi renk değerleri (K/S) ve daha düşük renk farklılıklarına sahip olduğu belirtilmiştir.

Yıldırım ve ark. (2014) çalışmalarında, elastan içerikli altı farklı denim kumaşa üç farklı yıkama türü (rinse, taş yıkama ve ağartma) uygulayarak fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Farklı atkı ve çözgülerle üretilen tüm kumaş numunelerinde işlemler sonrası gramajlarda artış gözlenmiştir. Kalınlık değerleri incelendiğinde, her üç işlem sonrası da kalınlık değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum yıkama işlemleri sırasında iplik içindeki lifleri bir arada tutan haşılın kumaş üzerinden uzaklaştırmasının lif–su etkileşimini kolaylaştırdığı ve ipliklerin hacim kazanmasına sebep olmasıyla açıklanmıştır. Hava geçirgenliği ölçüm sonuçlarına göre, yıkanmamış kumaşların hava geçirgenlik değerleri tüm yıkanmış kumaşların hava geçirgenliği değerlerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan yıkama işlemlerinde haşılın sökülmesi ve kullanılan yumuşatıcılar kumaşların gözenekliliğinin azalmasına neden olduğu ve bu durumun hava geçirgenliğinin azalmasına katkı sağladığı düşünülmüş, ayrıca artan gramajların etkisi vurgulanmıştır. Renk değişimi açısından incelendiğinde ise, ağartma yıkamanın lif yapısındaki pigmentleri uzaklaştırmasından dolayı tüm kumaş tipleri için, en fazla renk değişimine sebep olan yıkama türü olduğu belirlenmiştir.

Mir ve ark (2014) yaptıkları çalışmada, %100 pamuklu denim kumaşlara farklı yıkama işlemleri uygulamışlardır. Kumaş yüzeyinde en agresif ve korozyonik etkiyi sıvı ve toz enzimlerin birlikte kullanıldığı türlerin oluşturduğunu belirten araştırmacılar, tüm yıkama türlerinin boyutsal stabilite açısından bir fark oluşturmazken gramaj, kopma mukavemetinde kayba neden olduğunu ifade etmişlerdir. Yıkama işlemlerinin kumaşların yumuşaklığına katkı sağladığı da belirlenmiştir.

Mezarcıöz ve Toksöz (2014) yaptıkları çalışmada, %100 pamuklu üç farklı konstrüksiyondaki kumaşlara rinse, enzim, taş ve taş+hipo olmak üzere dört farklı yıkama işlemi uygulamışlardır. Taş+hipo yıkama türünün kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve renk değişiminde en önemli etkiyi gösterdiği belirlenmiştir.

Karazincir ve Duru Baykal (2014) %98 Pamuk %2 Elastan içeriğindeki denim kumaşlarda yıkama türünün kopma mukavemeti ve uzaması üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada denim kumaşa rinse, enzim yıkama ve enzimli taş yıkama olmak üzere üç farklı yıkama uygulanmıştır. Rinse yıkama sadece bir durulamadan ibaret iken, enzim yıkamada çeşitli kimyasalların kullanılmasının, enzimli taş yıkamada ise küçük taşlarla fiziksel sürtünme yaratılmasının kumaş yapısını daha fazla etkilediği belirtilmiştir. Enzim ve enzimli taş yıkama işlemlerinin kumaş üzerinde benzer etkiler bıraktığı, kumaş mukavemeti üzerindeki en büyük olumsuz etkiyi, yıkamada kullanılan enzimin selülozu parçalamasının oluşturduğu ifade edilmiştir. Enzim ve enzimli taş yıkama işlemlerinin kumaş mukavemetini belirgin derecede düşürürken, rinse yıkamanın ise hem atkı hem de çözgü yönünde mukavemetler üzerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir etkisi görülmemiştir. En çok mukavemet kaybı ise enzimli taş yıkama ile oluşmuştur. Kopma uzamalarında ise hem çözgü hem atkı yönünde rinse yıkamanın anlamlı bir etki olmamıştır. Enzim ve enzimli taş yıkama işlemleri hem atkı hem çözgü yönünde uzama değerlerini düşürmüş, en düşük uzama değeri çözgü yönünde enzim yıkama sonrası görülmüştür. Atkı yönünde bulunan elastanın yıkamalar sırasında zarar görmesi nedeniyle uzama değerleri atkı yönünde daha fazla düşüş gösterdiği belirtilmiştir.

Mondal ve Khan (2014) yaptıkları araştırmada, sürdürülebilir ve çevre dostu giysi tasarımında denimde uygulanan çeşitli ağartma tekniklerinin insan vücuduna,

çevreye zarara verdiği ve yıkama makinelerinde ise korozyona sebep olduğu gerekçesiyle enzim yıkamanın öne çıktığı vurgulamışlardır. Ancak arzu edilen moda efekti, tuşe, sertlik azaltma işleminin uzun süre kullanımı sağlayacak ve mekanik özellikleri minimum etkileyecek şekilde olması için işlem parametrelerinin öneminden bahsetmişlerdir ve bu kapsamda enzim yıkamanın optimizasyonuna yönelmişlerdir. Çalışmada %100 pamuklu denim kumaşa 40-70 °C sıcaklık ve 20-60 dak işlem süresi aralıklarında %0,5- %3,5 aralığında enzim yoğunluğu ile muamele edilmiştir. %0,5 enzim yoğunluğunda üretim sırasındaki gerilimlerden kurtulmanın etkisiyle boyutsal stabilite açısından çekme gerçekleşerek gramajda artış olduğu, enzim yoğunluğu arttıkça kumaş yapısından liflerin ayrılması nedeniyle doğal olarak gramajın azaldığı belirlenmiştir. Enzim yoğunluğu arttıkça mukavemet kaybının arttığı, sertlik değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. %3,5 enzim konstrasyonunda, sertliğin %44,6 azaldığı, %2'de ise bu değerin %41,8 olduğu belirtilmiştir. Fiziksel ve mekanik özellikler göz önüne alındığında %2'lik enzim yoğunluğu 55°C sıcaklık ve 40 dakikalık işlem süresinin optimum proses şartları olduğu ifade edilmiştir. Bahsedilen işlem şartlarında muamele edildikten sonra alınan SEM görüntülerinde, kumaş yüzeyinin ilk duruma göre hidrolizasyon, aşınma ve çözgü ipliklerinden haşıl maddelerinin uzaklaştırılması nedeniyle daha kararsız, daha açık ve çıkıntılı hale geldiği ve liflerin yüzeyde daha fazla görünmeye başladığı belirlenmiştir.

Telli ve Özdil (2015) geri dönüşüm polyesterin, klasik pamuk ve klasik polyester ile ikili karışımlarından üretilen örme kumaşların performans özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre r-PET liflerinden üretilen kumaşların özellikleri % 100PES'e göre incelenen özellikleri açısından daha düşük değerler vermiştir. Kumaş tutum özellikleri açısından değerlendirdiğimizde %100r-PET kumaşlar %100PES'e göre, pamuk r-PET karışımı kumaşlar PES/r-PET karışımı kumaşlara göre daha sert bir tutum göstermiştir. Ancak pamuk karışımlarda r-PET oranının artması kumaş yumuşaklığını artırmıştır. Yüzey pürüzlülüğü açısından polyester r-PET karışım kumaşlar ile %100r-PET kumaş arasındaki fark kumaş istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Pamuk karışımlarında da benzer durum söz konusudur. Patlama ve aşınma mukavemeti açısından %100r-PET ipliklerden üretilen kumaşlar %100PES ipliklerden üretilenlere göre daha düşük değerler

vermiştir. Karışım ipliklerden üretilen kumaşlarda aşınma testi sırasında meydana gelen gramaj kaybı açısından özellikle 10.000 turdan sonra aralarında belirgin bir görülmemiştir. Bu özellikler açısından pamuk ve PES liflerine belirli oranda r-PET ilavesi kumaş özelliklerini çok olumsuz etkilemediği söylenebilir. Benzer şekilde pamuk veya polyester ile karışımlarında uygun karışım oranlarında kullanıldıklarında boncuklanma açısından kumaş özelliklerini de geliştirebilecekleri görülmüştür. Örneğin boncuklanma direnci test sonuçlarına göre %100r-PET kumaşlar ile %100CO kumaşlar arasında belirgin bir boncuklanma direnci farkı olmasına rağmen, pamuk ile r-PET karışımlarının tümü %100CO ile yakın boncuklanma değerleri göstermektedir ve bu değerler "çok az boncuklanma" olarak ifade edilebilen bir kategoriye girmiştir. Alınan sonuçlar ile r-PET liflerinin pamuk lifleri ile karışımlarının giyim endüstrisinde orta kalite olarak sınıflandırabileceğimiz alanlarda kullanılabileceği belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Çalışmada hammadde olarak pamuk (CO), geri dönüşüm pamuk (r-CO) ve geri dönüşüm polyester (r-PET) lifleri kullanılmıştır. Klasik pamuk ve geri dönüşüm pamuk lif özelliklerinin ölçümleri "Uster HVI 1000" cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçümler beş tekrarlı olarak uygulanmış ve ortalamaları alınmıştır. Çizelge 3.1'de klasik pamuk liflerinin ve geri dönüşüm pamuk liflerinden elde edilen hammaddenin HVI lif özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 3.1. HVI test cihazından elde edilen lif özellikleri

Lif Özelliği	Pamuk (CO)			Geri Dönüşüm Pamuk (r-CO)		
	Ortalama	Std. Sapma	CV%	Ortalama	Std. Sapma	CV%
SCI	126,4	4,7	3,7	102,8	5,2	5,03
Mst Dry (%)	8,22	0,1	1,0	8,02	0,2	2,98
Mic	4,54	0,2	3,5	4,64	0,1	1,31
Mat	0,88	0,0	0,6	0,89	0,0	0,00
UHML (mm)	29,38	0,7	2,4	25,53	0,6	2,16
UI (%)	82,1	0,5	0,6	75,8	1,1	1,5
SFI (12,7 mm)	11,5	0,7	6,0	20,5	1,3	6,5
Str (g/tex)	32,96	1,2	3,6	31,34	1,0	3,32
Elg (%)	5,1	0,4	8,8	3,9	0,4	10
Rd	68,3	0,7	1,0	75,8	0,2	0,25
+b	10,3	0,1	1,4	10,2	0,2	1,61
C Gr	43-1	-	-	22-2	-	-
Tr Cnt	68,4	13,0	19,1	15,6	1,1	7,31
Tr Ar %	0,77	0,2	27,6	0,08	0,0	7,21

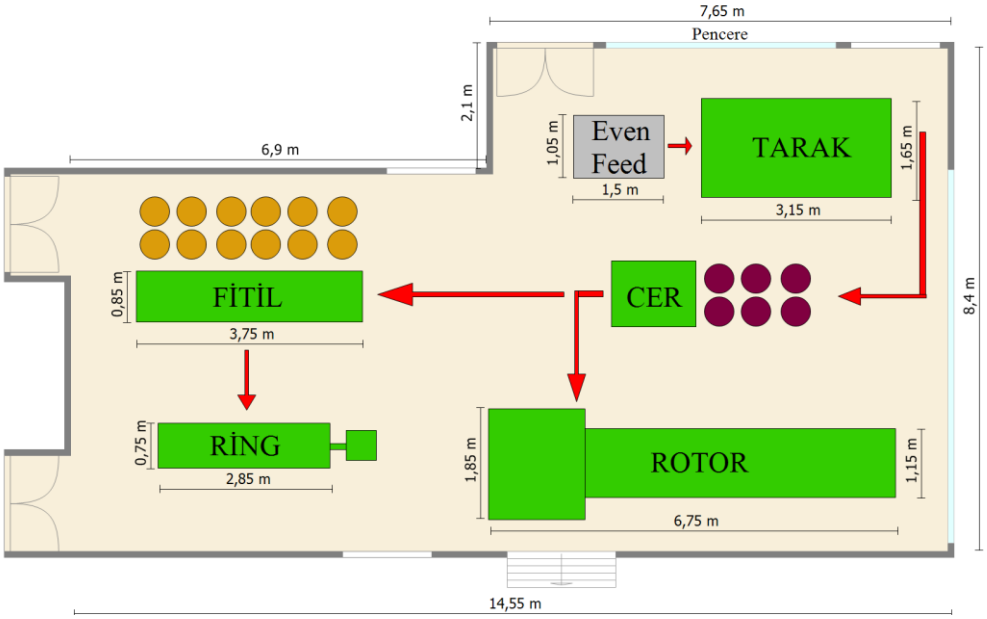
Geri dönüşüm polyester liflerinin lif inceliği, lif kopma mukavemeti/uzaması değerlerini görebilmek amacıyla Favigraph test cihazında ASTM D3822 standardına göre (Yük hücresi=100cN Ölçüm aralığı=10mm Test hızı=20mm/dak Ön Gerilim=0,70 cN/tex) ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçümler tek lif ölçüm prensibine göre 50 adet olarak yapılmıştır. Lif uzunluk ölçümleri TS 715 ISO 6989 standardına göre kesikli haldeki liflerin lif uzunluğunun kıvrımsız olarak teker teker lif uzunluklarının ölçülmesi metoduna göre belirlenmiştir. Ölçümler 50 adet olarak gerçekleştirilmiştir. Ortalama ölçüm sonuçları Çizelge 3.2'de yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Geri dönüşüm polyester lif özellikleri

	Lif İnceliği (dtex)	Kopma Mukavemeti (cN/tex)	Kopma Uzaması (%)	Uzunluk (mm)
Ortalama	1,56	46,20	24,28	38,00
Std. Sapma	0,05	6,76	5,63	0,04
CV%	3,30	14,63	23,19	0,01

3.1. Geri Dönüşüm İplik Üretimi

Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de özellikleri verilen üç farklı lif kullanılarak Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü İplik Laboratuvarı'nda 3 ayrı tipte %100 CO, %100 r-CO ve %100 r-PET olarak tarak şeritleri üretilmiştir. Tarak şeritleri üretimi, sabit topak besleme ünitesi (Evenfeed) ile desteklenmiş Ingolstadt KB–8 marka tarak makinesinde gerçekleştirilmiştir. Bu aşamadan sonra tarak makinesinde taranarak paralelleştirilen liflerden oluşan şeritler 1990 model Ingolstadt RSB–51 cer makinesinden iki pasaj geçirilerek farklı karışım oranlarında karıştırılmasıyla 16 tip cer bandı elde edilmiştir.



Şekil 3.1. Karde esnek iplik üretim hattı makine parkı yerleşimi (Erbil, 2012)

Bu cer bandları 1983 model Schlafhorst Autocoro SE–8 marka otomatik bağlayıcılı Open-End iplik eğirme makinesinde iplik formuna dönüştürülmüştür. İplik üretimleri için Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde kurulu bulunan Karde Esnek İplik Üretim Hattı'nın yerleşim planı Şekil 3.1'de verilmektedir. Elde edilen 16 farklı ipliğin karışım oranı detayları Çizelge 3.3'de yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Üretimi gerçekleştirilen ipliklere ait karışım oranları

Tip	**Karışım Oranı**	**Lif Karışım Oranları**		
		CO	r-CO	r-PET
01	**100/0/0**	**100**	**0**	**0**
02	75/0/25	75	0	25
03	75/25/0	75	25	0
04	50/0/50	50	0	50
05	50/25/25	50	25	25
06	50/50/0	50	50	0
07	25/0/75	25	0	75
08	25/25/50	25	25	50
09	25/50/25	25	50	25
10	25/75/0	25	75	0
11	**0/0/100**	**0**	**0**	**100**
12	0/25/75	0	25	75
13	0/50/50	0	50	50
14	0/75/25	0	75	25
15	**0/100/0**	**0**	**100**	**0**
16	*33/33/33*	*33*	*33*	*33*

Çalışmada üretilen ipliklerden denim kumaş üretiminde ve kumaşın sadece atkı yönünde kullanılacağından dolayı, üretilen kumaştaki geri dönüşüm malzeme oranı azalmasının etkisini kırmak amacıyla artış oranı %25 olarak sınırlandırılmıştır. İplik karışımlarındaki karışım oranları her üç lifi de içeren %25'lik aralıklar halinde oluşturulmuştur. Buna ilave olarak her bir lif çeşidinin eşit ağırlıkta katkısı olması açısından bir tip daha (Tip 16) çalışmaya eklenmiştir. Bu karışım oranı ise liflerin %33 oranında katkısıyla oluşmaktadır.

İplik üretimlerine geçilmeden önce ara aşamalarda da kontrol amaçlı olarak tarak şeritleri ve cer bandlarının düzgünsüzlükleri ölçülmüştür. Ölçümler "Uster

Tester 4” cihazında ISO 16549 standardına göre kapasitif ölçüm prensibiyle gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.4’de tarak şeridi ve cer bandı düzgünsüzlükleri verilmektedir. Çalışmada kullanılan iplik üretim parametreleri Çizelge 3.5’de verilmektedir. Tez konusunun birincil amacı lif karakteristiklerinin etkisini belirlemek olduğu için 16 farklı harman kullanılmış olmasına karşın iplik üretim parametreleri sabit tutulmuştur. Aynı şekilde üretilecek dokuma kumaşlarda da üretim parametreleri sabit tutulmuştur. İplik üretim parametreleri, kullanılan hammadde türüne ve özelliklerine göre değişmektedir. Çünkü söz konusu bu parametreler, iplik kalite özelliklerini ve eğirme performansını etkilemektedir. Bu nedenle çalışılan hammaddeye en uygun üretim parametrelerinin seçilmesi gerekmektedir. Lif özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, tüm karışım oranlarına hitap edecek ama daha ziyade çalışmanın en büyük kıstı olan %100 geri dönüşüm pamuk liflerinde problem yaşatmayacak üretim parametreleri tercih edilmiştir.

Çizelge 3.4. Tarak şeridi ve cer bandı düzgünsüzlükleri

Sıra	**Lif Karışım Oranları**			**Tarak**		**1.Pasaj Cer**		**2.Pasaj Cer**	
	CO	r-CO	r-PET	%U	%CV	%U	%CV	%U	%CV
01	100	0	0	2,97	3,69	4,72	5,91	6,51	8,03
02	75	0	25	-	-	5,06	6,33	6,72	8,36
03	75	25	0	-	-	7,50	9,38	9,90	12,64
04	50	0	50	-	-	4,97	6,21	6,96	8,80
05	50	25	25	-	-	7,04	8,81	9,79	12,24
06	50	50	0	-	-	8,82	11,03	12,00	15,56
07	25	0	75	-	-	6,42	8,03	8,99	12,04
08	25	25	50	-	-	7,95	9,94	10,72	13,42
09	25	50	25	-	-	8,99	11,24	12,05	15,04
10	25	75	0	-	-	13,12	16,39	17,45	21,42
11	0	0	100	3,52	4,4	3,54	4,43	4,85	5,92
12	0	25	75	-	-	8,87	11,09	11,71	15,13
13	0	50	50	-	-	9,81	12,26	12,75	16,31
14	0	75	25	-	-	10,96	13,71	14,36	17,90
15	0	100	0	9,85	12,3	13,59	16,98	17,53	20,76
16	33	33	33	-	-	8,89	11,12	11,39	14,66

Çizelge 3.5. İplik üretim parametreleri

Parametre	**Tercih**
İplik Numarası (tex / Ne)	49 / 12
Büküm Katsayısı (α_e / α_m)	4,8 / 145
Rotor Tipi	T40
Rotor Devri (d/dk)	60.000
Açıcı Silindir Hızı (d/dk)	8.800
Açıcı Silindir Tipi	SN21DN
Düze	K4KK

Öncelikle geri dönüşüm içerikli ipliklerin ticari önem kazanabilmeleri bakımından en az problem ile çıkılabilecek en ince iplik numarası Ne12 olarak belirlenmiştir. Üretim parametrelerinin seçiminde literatür bilgisinden yola çıkılmış ve önemli kazanımlar elde edilmiştir. Bu tür geri dönüşüm ve üniversal kullanımlarda daha iyi düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri için yapılan araştırmalarda tavsiye olarak "T" tipi rotorların daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Halimi ve ark, 2007; Halimi ve ark, 2009). Ayrıca bu tür hammaddelerde rotor yivi dar olduğunda yabancı madde ve tozların buralara birikerek problem oluşturma olasılığı ve çepel etkisi nedeniyle daha geniş yiv için lif uzunluğu da göz önünde bulundurularak rotor çapı yüksek (40 mm) seçilmiştir (Kadoğlu, 2004; Halimi ve ark, 2009). Açıcı silindir olarak yapay lif ve karışımları için uygun diş formuna sahip (S21) nikel elmas kaplı (DN) tipler tercih edilmiştir (Yapıcılar, 2005; Rieter, 2015). Nispeten kalın numarada çalışıldığı ve açıcı silindir hız artışının düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer ve neps üzerinde olumlu etkileri bilindiği için açıcı silindir hızı olarak 8.800 d/dk kullanılmıştır (Duru ve Babaarslan, 2003; Kadoğlu, 2004; Yapıcılar, 2005; Halimi ve ark, 2007; Halimi ve ark, 2009). Çalışmada öncelikli olarak denim kumaş üretiminde atkı ipliği olarak kullanılacak ipliklerde mukavemet açısından problem yaşanmaması için %100 geri dönüşüm pamuk ipliklerin gerekli mukavemet değerine sahip olması gerektiği görüşünden hareket edilmiştir. Yukarıda verilen bilgilerden yola çıkılarak %100 geri dönüşüm pamuk içeren ipliklerde mukavemet değeri olarak Rkm=10 değerine ulaşıncaya kadar ön deneme çalışmaları yapılmıştır. Mukavemetin yakalanmasında ve ayarlamasında öncelikli olarak büküm parametresi kullanılmıştır. Denim kumaş

üretimine de uygun olarak büküm katsayısı α_e=4,8 olarak belirlenmiştir. Yaklaşık olarak metredeki büküm 655 tur/m şeklinde gerçekleşmiştir. Yüksek mukavemet ve düşük tüylülük için kalın-orta numara denim iplikleri için uygun düz yüzeyli 4 çentikli seramik düzeler tercih edilmiştir (Rieter, 2015). Geniş rotor çapı ve yüksek büküm uygulandığı için daha iyi düzgünsüzlük değerleri alınması amacıyla büküm durdurucu kullanılmamıştır. İplik üretim denemelerinde optimum üretim parametreleri açısından rotor hızı olarak en yüksek 60.000 dev/dk'ya ulaşılabilmiştir. Bu durumda ortalama iplik çıkış hızı 91,6 m/dk olmuştur. Elde edilen ipliğin bir kısmı iplik özelliklerin tayini için ayrılmış, geri kalan kısmı ise dokuma kumaş (denim) üretiminde kullanılmıştır.

3.2. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi

Çalışmada üretilen ipliklerde performans testleri olarak iplik kopma mukavemeti/uzaması, iplik düzgünsüzlüğü ve iplik tüylülüğü testleri gerçekleştirilmiştir. İplik kopma mukavemeti ve uzaması testleri "Uster Tensorapid 3 V7.0" cihazında gerçekleştirilmiştir. İplik düzgünsüzlük ölçümleri "Uster Tester 4-FX" cihazında, iplik tüylülüğü ölçümleri ise "Zweigle G 567" cihazında gerçekleştirilmiştir.

İpliklere uygulanan tüm testler numuneler 24 saat süreyle TS EN ISO 139`a göre kondüsyonlandıktan sonra standart atmosfer koşullarında (20ºC±2 sıcaklık, %65±4 bağıl nem) nem dengesine getirildikten sonra gerçekleştirilmiştir.

3.2.1. İplik Kopma Mukavemeti ve Uzaması Ölçümleri

Eğrilen ipliğin dokuma makinelerinde verimli ve sorunsuz olarak çalışabilmesi için belli bir mukavemet değerine sahip olması gerekmektedir. Günümüzde iplik işletmelerinde çeşitli mukavemet ölçüm cihazlarıyla mukavemet testleri periyodik olarak gerçekleştirilmektedir. Tez kapsamında iplik kopma mukavemeti ve uzaması ölçümleri TS 245 EN ISO 2062 standardına göre "Uster Tensorapid 3 V7.0" cihazında gerçekleştirilmiştir.

Tensorapid ölçme cihazında, numune iplik iki tutucu uç arasında otomatik olarak tutulmakta, belirli bir gerginlik altında ve belli bir uzunlukta sabitlenmektedir. Ölçme sırasında bir uç sabit tutulmakta, diğer uç ise numuneyi aşağı çekmektedir. Çekme esnasında sabit uca göre önce uzama oranı ölçülmekte, daha sonra kopma anındaki kuvvet ölçülmektedir. Cihaz ölçüm sonunda kopma kuvveti (gf), kopma işi (gf.cm), kopma mukavemeti (kgf*Nm) ve kopma uzaması (%) sonuçlarını vermektedir. İplik mukavemeti, ipliğin kopma kuvvetinin ipliğin inceliğine (numarasına) oranı olarak ifade edilmekte ve g/tex, cN/tex, Rkm(kgf.Nm) gibi birimlerle gösterilmektedir. İplik mukavemetinin ifadesinde Rkm yaygın olarak kullanılmaktadır. Rkm, numunenin kendi ağırlığı ile koptuğu uzunluğun kilometre cinsinden miktarı olarak tanımlanmakta ve "kgf.Nm" birimiyle gösterilmektedir. Burada; kgf: ipliğin kopma kuvveti, Nm: metrik sistemde iplik numarasıdır.

Tez kapsamında üretilen ipliklerin ölçümleri 500 mm ölçüm aralığında 5000mm/dk hızla gerçekleştirilmiştir. 16 farklı iplikte her bir iplik tipi için 20 kopuş gerçekleştirilmiş ve ortalama değerleri alınmıştır. Sonuçlar kopma mukavemeti (Rkm) ve kopma uzaması (%) olarak verilmiştir.

3.2.2. İplik Düzgünsüzlüğü ve Hatalarının Ölçümü

İplik düzgünsüzlüğü, ipliğin uzunluğu boyunca görülen kütlesel değişim olarak tanımlanmakta ve iki şekilde ifade edilmektedir. Bunlardan biri % U ile gösterilen ortalama sapma yüzdesi, diğeri ise % CVm ile ifade edilen değişim katsayısıdır ve aralarında "% CVm=1. 25x % U" şeklinde bir ilişki vardır**.** İplik işletmelerinde periyodik olarak kontrol edilmesi gereken diğer bir kalite değeri ise, iplik düzgünsüzlüğü ölçümleridir. İplik düzgünsüzlükleri nihai ürününün görüntüsü ve ipliğin genel performansını üzerinde direkt olarak etkili olduğu için kontrol edilmesi büyük önem arz etmektedir.

Üretilen ipliklerin düzgünsüzlük ölçümleri ISO 16549 standardına göre "Uster Tester 4- FX" Düzgünsüzlük Ölçme cihazında, 400 m/dk hızda 2,5 dakika süre ile gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde her bir iplik tipi için 1000m iplik uzunluk üzerinden ölçüm alınmıştır. Her bir numunede 10'ar adet ölçüm gerçekleştirilmiş ve

ortalamaları alınmıştır. Bu cihaz ile şerit, fitil, iplik düzgünsüzlüğü, iplik hataları (ince yer, kalın yer, neps) ve iplik tüylülüğü tespit edilebilmektedir. Kapasitif yönteme göre ölçüm yapılan cihazda, numune iplik kapasitörün plakaları arasından geçirilmekte ve bu esnada iplikteki kütle değişimlerine bağlı olarak ortaya çıkan dielektrik alandaki dalgalanmalar ölçülmektedir. Deney için; ölçüm hızı, test süresi, test sayısı, ölçümü yapılacak numunenin numarasına göre kondansatör plaka aralığı ve istenen sonuçlar gibi bilgiler bilgisayardan seçilebilmektedir. Tez kapsamında cihazdan ipliklerin düzgünsüzlüğü (CVm), ince yer (-%50), kalın yer (+%50), neps (+%280) ve tüylülük (H) değerleri alınmıştır.

3.2.3. İplik Tüylülüğünün Ölçülmesi

Yumuşak tuşe istenen havlularda hav ipliği olarak veya hava jetli dokuma makinelerinde hava tasarrufu sağlamak amacıyla atkı ipliği olarak kullanımlar gibi özel durumlar haricinde iplik tüylülüğünün düşük olması istenmektedir. Özellikle dokumada kullanılacak ipliklerin tüylü olması istenmemektedir. İplik tüylülüğü, kullanılan cihaza göre birim uzunluk boyunca iplik yüzeyinden dışarı doğru çıkan liflerin sayısı veya lif uzunluğu olarak ifade edilmektedir.

Numune ipliğin tüylülük derecesinin tespit edilmesi, iplik düzgünsüzlüğü ve hataların ölçümü sırasında Uster cihazında otomatik olarak yapılmaktadır. Uster Tester-4 cihazında sisteme bütünleştirilmiş ayrı bir parça, optik olarak tüylülük ölçümünü gerçekleştirmektedir. Uster Tester 4 cihazında ölçüm alanı homojen paralel ışık ışınlarından oluşmaktadır. Ölçüm alanında bulunan iplik üzerindeki tüylerin üzerinden yansıyan ışık ölçüm sensörü üzerine düşmekte ve bu ışığın miktarı elektronik olarak ölçülmektedir. Sensör sadece tüylerden yansıyan ışığı görmekte, iplik gövdesi karanlık olduğu için yansıma olmamaktadır. Sensöre ulaşan ışık elektrik sinyaline çevrilerek veri elde edilmektedir. İplik tüylülüğü, Uster Tester–4 cihazında "H" ile gösterilen tüylülük indeksi ile ifade edilmektedir. İplik yüzeyinden sarkan bütün liflerin toplam uzunluğunun, ölçüm yapılan iplik uzunluğuna oranı “Tüylülük İndeksini (H)”vermektedir.

Tez çalışması kapsamında, tüylülük ölçümleri sektörde yaygın bir kullanım alanı bulan diğer bir ölçüm cihazı "Zweigle G 567" test cihazında da gerçekleştirilmiştir. Bu cihazda, ölçüm prensibi optoelektronik ışık bariyer sistemi şeklindedir. Numune iplik aynı anda 12 ışık bariyeri ile ölçülmekte ve bu sayede farklı uzunluktaki lifler aynı anda sayılabilmektedir. İplik yüzeyinden çıkan 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15mm uzunluğundaki tüyleri ölçüp sayan ayrı ayrı optik okuyucular mevcuttur. İplik testleri, 50m/dak hızda 100m'lik 10'ar adetlik ölçümler alınarak gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında tüylülük sonuçlarının değerlendirilmesinde "S3" sonuçları esas alınmıştır. İplik yüzeyinden çıkan 3mm ve üzerindeki uzunluklardaki lif sayılarının toplamını ifade eden "S3", 3 mm altındaki sarkan lif uzunluklarının rahatsız edici olmadığı düşüncesinden hareketle belirlenmiştir.

3.3. Denim Kumaş Üretimleri

Üretimi gerçekleştirilen ipliklerin atkı yönünde kullanıldığı denim kumaş üretimleri BOSSA T.A.Ş. denim işletmelerinde tamamlanmıştır. Dokuma kumaş üretimleri Picanol marka rapierli dokuma makinelerinde 420 d/dk'da gerçekleştirilmiştir. Kumaş üretim parametrelerine ait bilgilere Çizelge 3.6'da yer verilmektedir.

Çizelge 3.6. Kumaş üretim parametreleri

Parametre	**Tercih**
Çözgü İpliği	Ne 20/2, Ring Karde
Atkı İpliği	Ne 12, OE-Rotor
Tarak No	85/4
Kumaş Eni (cm)	150
Çözgü Sıklığı (tel/cm)	37,5
Atkı Sıklığı (tel/cm)	22,5
Toplam Çözgü Tel Sayısı	5624+40 (kenar)
Kumaş Konstrüksiyonu	Dimi 3/1 Z
Kumaş Gramajı (g/m^2)/(oz/yd^2)	~390 / 11,5

Geri dönüşüm karakterli ipliklerin hatalarını kapatabilecek sıklıkta bir çözgü ve herhangi bir efekt içermeyen %100 Pamuk Ne 20/2 bir çözgü ipliği tercih edilmiştir. Bu durumda üretimi gerçekleştirilen kumaşlarda oluşan yaklaşık lif karışım oranları Çizelge 3.7'de verilmektedir.

Çizelge 3.7. Kumaşlarda oluşan yaklaşık lif karışım oranları

TİP	**Atkı İpliğindeki Lif Karışım Oranları**			**Kumaşta Oluşan Nihai Lif Karışım Oranları**		
	CO	r-CO	r-PET	CO	r-CO	r-PET
01	100	0	0	100	0	0
02	75	0	25	92	0	8
03	75	25	0	92	8	0
04	50	0	50	84	0	16
05	50	25	25	84	8	8
06	50	50	0	84	16	0
07	25	0	75	75	0	24
08	25	25	50	75	8	16
09	25	50	25	75	16	8
10	25	75	0	75	24	0
11	0	0	100	67	0	33
12	0	25	75	67	8	24
13	0	50	50	67	16	16
14	0	75	25	67	24	8
15	0	100	0	67	33	0
16	33	33	33	78	11	11

Çözgü yönünde varyasyon ile karşılaşmamak için çözgü ipliklerinin şantuklu olmamasına dikkat edilmiştir. Konstrüksiyon olarak ise sıklıkla kullanılan Dimi 3/1 Z yapının tercihi söz konusudur. Kullanılan çözgü ipliğinin tek kat ve çift kat durumundaki iplik özellikleri Çizelge 3.8'de verilmektedir.

Çizelge 3.8. Çözgü ipliklerin özellikleri

Özellik	Ne 20/1 Tek Kat	Ne 20/2 Çift Kat
Kopma Kuvveti (gF)	598,9	1082
Kopma Mukavemeti (Rkm)	20,33	18,02
Kopma Uzaması (%)	6,12	6,55
İplik Düzgünsüzlüğü	14,59	11,04
İnce Yer Hataları (-50%)	1,5	0,00
Kalın Yer Hataları (+50%)	121,50	7,5
Neps Hataları (+280%)	3,00	1,5
Uster Tüylülüğü (H)	6,62	6,36
Zweigle Tüylülüğü (S3)	2507,4	1214,3

Belirtilen şartlarda üretimi yapılan ham kumaşlara; sırasıyla yakma, yıkama, kurutma ve sanforizasyon işlemleri uygulanmıştır. Bilindiği üzere denim ürünler, kumaş mamul haline geldikten sonra sertliklerini almak ve efekt vermek amaçlı bazı mekanik ve yıkama yöntemleriyle çeşitlendirilebilmektedir. Bahsedilen ekstra işlemler kumaşlarda katma değer sağlayabilmektedir. Tez kapsamında üretilen kumaşların geri dönüşüm olmaları nedeniyle büyük bölümünde iplik IPI hataları ve düzgünsüzlük verileri yüksek çıkması beklenmiştir. Bu iplik hataları büyük bölümü kumaş arka yüzünde olmakla birlikte ön yüzde de rahatsız edici bir görüntü verebilmektedir. Bu nedenle mamul kumaşlara uygulanacak yıkama işlemleriyle kumaş yüzeyinde kullanıcıyı rahatsız edici görüntülerin azaltılabileceği ve kumaşlara farklı bir karakter kazandırabileceği fikri ortaya çıkmıştır. Böylelikle bu kumaşlarda görülen bazı olumsuz özelliklerin elimine edilmesiyle tüketicinin gözünde bu ürünlerin klasik bir üründen farkı kalmayacağı düşüncesinden hareket edilmiştir. Bu kapsamda mamul hale gelen kumaşlara enzim ve taş yıkama işlemleri uygulanmıştır.

Yıkama işlemleri GAP Güneydoğu Tekstil A.Ş. Ar-Ge Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışma Yılmak HBM575 marka 10 kg kapasiteli numune yıkama makinesinde yürütülmüştür. Toplam gramajı 10 kg bulan 16 farklı tipteki kumaşlar birlikte işleme tabi tutulmuşlardır. Öncelikle haşıl sökme işlemi uygulanmış kumaşların yıkama işlemleri gerçekleştirilmiş, daha sonrasında yumuşatma ve kurutma yapılmıştır. Kumaşlara uygulanan enzim yıkama reçetesi Çizelge 3.9, taş yıkama reçetesi de Çizelge 3.10'da verilmektedir.

Çizelge 3.9. Enzim yıkama reçetesi

İşlem Adı		Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Kimyasal	Dozaj	Dozaj Birimi
HAŞIL SÖKME	Durulama	60	10	Su	80	l
				Haşıl sökme Enzimi	160	ml
				Dispergatör	40	ml
	Tahliye	-	2	-	-	-
	Durulama	25	2	Su	80	l
	Tahliye	-	2	-	-	-
ENZİM YIKAMA	Yıkama	50	30	Su	80	l
				Taş Enzimi	160	ml
				Dispergatör	40	ml
	Tahliye	-	2	-	-	-
	Durulama	25	2	Su	80	l
	Tahliye	-	2	-	-	-
YUMUŞATMA	Yıkama	40	5	Su	80	l
				Asetik asit	40	ml
				Yumuşatıcı	400	ml
	Tahliye	-	2	-	-	-
BİTİM	Santrifüj	-	15	-	-	-
	Kurutma	80	30	-	-	-
TOPLAM SÜRE			104			

Çalışmada Dystar marka Lavacell NBH nötral taş enzimi, yardımcı malzeme olarak haşıl sökme amacıyla Dystar marka Lava Zyme DEZ01 amilaz enzimi, geri boyamayı azaltmak için İndigo Kimya markalı Premdis 100 dispergatör kullanılmıştır. Yumuşatma işlemleri için ise Dystar marka LavaSoft MSA silikon yumuşatıcı tercih edilmiştir. Çalışma geri dönüşüm kumaşlardan oluştuğu için asidik selülazların daha fazla mukavemet kaybına neden olması ve ponza taşı ile çalışmada daha uyumsuz (geri boyama problemi) olması nedeniyle nötral selülaz enzimi tercih edilmiştir. Ponza taşı kullanımını azaltmak amacıyla da taş yıkama nötral enzim ile desteklenmiştir.

Çizelge 3.10. Taş yıkama reçetesi

İşlem Adı		Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Kimyasal	Dozaj	Dozaj Birimi
HAŞIL SÖKME	Durulama	60	10	Su	80	l
				Haşıl sökme Enzimi	160	ml
				Dispergatör	40	ml
	Tahliye	-	2	-	-	-
	Durulama	25	2	Su	80	l
	Tahliye	-	2	-	-	-
TAŞ YIKAMA	Yıkama	60	60	Su	60	l
				Dispergatör	30	ml
				Ponza Taşı	2	kg
				Taş Enzimi	120	ml
	Tahliye	-	2	-	-	-
	Durulama	25	2	Su	80	l
	Tahliye	-	2	-	-	-
YUMUŞATMA	Yıkama	40	5	Su	80	l
				Asetik asit	40	ml
				Yumuşatıcı	400	ml
	Tahliye	-	2	-	-	-
BİTİM	Santrifüj	-	15	-	-	-
	Kurutma	80	30	-	-	-
TOPLAM SÜRE			134			

3.4. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi

Mamul hale gelmiş yıkama öncesi kumaşlar, enzim yıkama uygulanmış kumaşlar ve taş yıkama uygulanmış kumaşlara, güvenilir karşılaştırmalar yapabilmek için kontrol amaçlı gramaj; karşılaşacakları etkilere karşı mekanik davranışlarını görmek amacıyla kopma mukavemeti (atkı/çözgü), kopma uzaması (atkı/çözgü), yırtılma mukavemeti (atkı) testleri uygulanmıştır. Ayrıca fiziksel konforu hakkında bilgi edinmek için yumuşaklık tayini ve hava geçirgenliği testleri gerçekleştirilmiştir. Kumaş testleri Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Kumaşlara uygulanan tüm testler numuneler 24 saat süreyle TS EN ISO 139`a göre kondüsyonlandıktan sonra standart atmosfer koşullarında (20ºC±2 sıcaklık, %65±4 bağıl nem) nem dengesine getirildikten sonra gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Kumaş Gramajlarının Ölçümü

Kumaşın bir metrekaresinin gram olarak ağırlığına o kumaşın metrekare ağırlığı denilmektedir. Kumaş gramajı pek çok performans özelliğini direkt olarak etkileyebilmektedir. Mamul hale gelmiş yıkama öncesi kumaşlar, enzim yıkama uygulanmış kumaşlar ve taş yıkama uygulanmış kumaşların karşılaştırılmasının daha sağlıklı yapılabilmesi için üretim parametreleri sabit tutulup, daha sonrasında da sanforizasyon işlemine tabi tutularak kendi içlerinde benzer gramaj değerlerine sahip olması esas alınmıştır. Bu nedenle kontrol amacıyla, kumaş numunelerinde gramaj tayini TS 251'e göre yapılmıştır. 10 x 10 cm'lik kesilerek hazırlanan numuneler dijital göstergeli hassas terazide tek tek tartılarak gram olarak kaydedilir ve 100 ile çarpılır. Ölçümler 5 kez gerçekleştirilmiştir ve ölçüm sonuçları ortalama değerleri g/m^2 ve onz/yd^2 cinsinden bulunmuştur.

3.4.2. Kumaş Kopma Mukavemeti ve Uzamasının Ölçümü

Kopma mukavemetini, bir kumaş şeridinin uzun eksenine yük uygulandığında kumaşın taşıyabildiği maksimum yük değeri olarak tanımlanabilir. Kopma mukavemeti denemelerinde kumaşın boyunda ilk uzunluğuna göre bir artış meydana gelecektir. Bu artışı uzama yüzdesi olarak ifade edilmektedir. Bir kopma mukavemeti deneyinde boyda gelen uzamanın ilk boya oranının yüzde olarak verilmektedir.

Kumaşlarda mukavemet, materyalin kullanım ya da giyim sırasında dışarıdan gelen kuvvetlerce uygulanan gerilim ve kopmaya dayanma kabiliyetidir. Kumaşın dayanıklılık özellikleri uzun süre giyilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bilindiği üzere, iplik mukavemeti kumaş mukavemetini etkileyen önemli bir parametredir. Daha yüksek mukavemete sahip ipliklerden üretilen dokuların mukavemeti de

yüksek olmaktadır. Ayrıca kumaşa yapılan bitim işlemlerinin de kopma mukavemeti üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle üretilen 48 farklı kumaşta TS EN ISO 13934-1: 2002 şerit metoduna göre kopma mukavemeti ve uzaması testleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde; 200 mm çeneler arası mesafe ve 100 mm/dak ölçüm hızı kullanılmıştır. Ölçümler atkı ve çözgü yönlerinde ayrı ayrı yapılmıştır. Ölçümlerde TİTAN marka çekme cihazı kullanılmıştır. Ölçümler 5 kez tekrarlanmış ve ortalamaları alınmıştır.

Deney parçaları kesilirken aynı atkı ve çözgüleri ihtiva etmemesine dikkat edilir. Şerit metodunda her bir deney parçası uzun kenarı kumaşın atkı veya çözgü doğrultusuna paralel olacak şekilde kesilir ve kumaşın her iki kenarından saçaklandırılır. Her deney parçasının eni 50 mm (saçaklar hariç) ve boyu 200 mm'lik bir gösterge uzunluğuna yetecek kadar olması gerekmektedir. Bu yüzden numuneden deney parçası eni 60 mm ve boyu 300 mm (çene payları ile beraber) olacak şekilde kesilir. Deney parçasının her iki kenarından iplikler sökülerek saçaklar oluşturulur ve eni 50 mm'ye ayarlanır. Böylece deney parçası içerisinde kuvvete maruz kalmayan iplik kalmamış olur. Hazırlanan deney numunesi çeneleri ortalayacak şekilde çekme cihazının çenelerine yerleştirilir. Numune çenelere yerleştirildikten sonra çekme cihazındaki hareketli çene harekete geçirilir ve deney parçası kopma noktasına kadar uzatılır. Deney numunesi koptuktan sonra Newton cinsinden maksimum kuvvet, % cinsinden uzama yüzdesi değerleri cihazdan alınır.

3.4.3. Kumaş Yırtılma Mukavemeti Ölçümü

Kumaşların giysiye dönüştürülmesi ve kullanımları esnasında görecekleri etkilere karşı dayanımı hakkında en detaylı bilgileri veren mukavemet testlerinden birisi de yırtılma mukavemet testleridir. Yırtılmaya karşı dayanıklılık genelde tüm kumaşlarda istenen bir özelliktir. Yırtılma mukavemeti belirli koşullar altında bir yırtığı başlatmak, sürdürmek veya yaymak için gereken karşı koyma kuvvetidir. Yırtma işlemi kesiklerin doğrultusu boyunca devam etmiyorsa yani yük uygulanan yöne dik olarak meydana geliyorsa veya yırtılma yerine iplikler çekilip çıkıyor ise kumaşın bu deney ile ilgili doğrultuda "yırtılmaz" olduğu kabul edilir (Özdil, 2003).

Yırtılma mukavemeti testi yapılırken, uygulanan tüm kuvvet yırtılma noktasında bulunan birkaç iplik üzerine etki etmektedir. Aynı kumaşla yapılan kopma mukavemeti deneyinde ise, uygulanan yük kumaş numunesinin eni boyunca yayıldığından, aynı kumaşa ait yırtılma mukavemeti değerleri, kopma mukavemeti değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük çıkmaktadır.

Yırtılma mukavemeti; kumaşta yer alan statik ve dinamik kuvvetlere karşı ve yırtılma testinde uygulanan gerilime karşı materyalin mukavemetini belirleyici önemli bir faktördür. Yırtılma sırasında iplikler tek tek ya da gruplar oluşturacak biçimde kopmaktadır. Bu nedenle yırtılmada tek ipliklerin mukavemeti önemlidir. Genelde yırtılma işleminde, kumaş konstrüksiyonuna bağlı olarak iplikler birbirlerinin üzerinden kayarak küçük gruplar teşkil etmekte ve sonra kopmaktadır. İplikler ne kadar yumuşak ve kayma özelliği ne kadar çoksa grup oluşturmaları da o kadar kolaydır. Bunun dışında kumaşın konstrüksiyonuna bağlı olarak, kumaş yapısına katılan ipliklerin yırtılma esnasındaki grup oluşturma yetenekleri de kumaşın yırtıma mukavemetinde doğrudan etki etmektedir. Kumaşa uygulanan terbiye işlemi de kumaşın yırtılma mukavemeti üzerinde önemli rol oynayan bir faktördür. Şayet kumaşa ipliklerin gruplaşmasını önleyen bir işlem yapılırsa onun daha kolay yırtılması sağlanmış olur. Örneğin buruşmazlık işlemi ipliklerin gruplaşmasını azalttığı için yırtılma mukavemeti daha düşük ölçülmektedir. Kaplanmış kumaşlarda, ipliklerin hareketleri tamamen ortadan kaldırıldığı için yırtılma mukavemetinde düşüş olmaktadır. Kumaşın atkı-çözgü sıklığı da yırtılma mukavemeti üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Daha yüksek kumaş sıklığına sahip olan kumaşlar, yüksek kopma mukavemetine ve düşük yırtılma mukavemetine sahiptir. Düşük sıklıktaki kumaşlar ise, düşük kopma mukavemeti ve yüksek yırtılma mukavemetine sahiptir. Sıkı bir kumaş yapısında, iplikler arasındaki sürtünme kuvvetleri artmaktadır ve bu durumda yırtılma mukavemetinde azalma beklenmektedir. Özetle, yırtılma mukavemeti ipliklerin mukavemetlerinin yanı sıra, ipliklerin doku içerisindeki hareket edebilme yetenekleri ile de alakalı olmaktadır.

Tez çalışması kapsamında kumaş yırtılma mukavemeti testleri TİTAN çekme cihazında TS EN ISO 13937-4 çift yırtmalı dil metoduna göre atkı yönünde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Esasında bu metotta 5'i atkı, 5'i çözgü olmak üzere 2 takım test

numunesi hazırlanır. Numunelerin aynı atkı ve çözgü ipliklerini içermeyecek şekilde alınmasına dikkat edilir. Ancak bu çalışmada kumaş yapısı sağlam ve sık çözgü iplikleri ile geri dönüşüm atkı iplikleri dengeli olmadığı için çözgü yönünde yırtılma başlamadan atkı yönünde yırtılmalar gerçekleşmiştir. Bu nedenle çözgü yönünde ölçüm almak mümkün olmamıştır. Aynı cihazdaki tek yırtmalı dil metodunda ayrıca Elmatear ve Elmandorf yırtılma test cihazları ile ölçüm denemeleri yapılmış olsa da yırtılma mukavemet ölçümleri her iki yönde de gerçekleştirilememiştir. Tez çalışmasında öncelik atkıda kullanılan iplikler olduğu için yırtılma mukavemeti testinin atkı yönü sonuçları ile yetinilmiştir.

Çift yırtmalı dil metoduna göre yapılan yırtılma mukavemeti deneyleri için deney numunesinde bir dil şekli oluşturulur. Bunun için test numunesi olarak 220 mm x 150 mm ebatlarında dikdörtgen şeklinde numuneler işaretlenir. Test numunesinin uzun kenarından önce 20 mm sonra 70 mm aşağıda eni boyunca işaretlenir. Daha sonra test numunesi enden 50 mm olacak şekilde 3 eşit parçaya bölünür ve 20 mm'nin altından uzunluğu boyunca 100 mm cetvelle çizilir. Ortada dil şekli oluşur. Makas yardımıyla işaretlenmiş 100 mm çizgiden başlayarak kesilir. Dikdörtgen test numunesini kesilmemiş alt kenarından 25 mm yukarıda yırtılmanın sona erdirileceği yırtık sonu işaretlenir. Uzun kenarı çözgüye paralel olan test numunesi için yırtılma doğrusu "Atkı Boyuna" ve uzun kenarı atkıya paralel olan test numunesi için de yırtılma "Çözgü Boyuna" test edilir.

Dil şeklinde hazırlanan test numuneleri çekme cihazında teste tabi tutulur. Çekme cihazı, tutucularından biri hareketsiz diğeri sabit hızda hareket eden bir cihazdır. İlgili test metodunda ölçüm uzunluğu 100 mm, ölçüm hızı ise 100 mm/s olarak kullanılmıştır. Dil şeklindeki parça, çekme cihazının sabit tutucu çenesine tutturulur ve deney numunesinin diğer parçası, cihazın hareketli diğer tutucu çenesine parçaların kesilmiş kenarları 70 mm işaretli kısımlarından birbirine paralel bir hat oluşturacak şekilde simetrik olarak tutturulur. Test esnasında çekme cihazının hareketli üst çenesi yukarı doğru harekete geçer ve pikler oluşturarak yırtılmaya başlamaktadır. Deney başlangıcında herhangi bir ön gerilme olmadan, bir çekme kuvveti iki paralel yırtık oluşturmak üzere kesikler boyunca uygulanmaktadır. Yırtılma işlemi alt kenardan 25 mm olarak ayarlanan noktaya gelindiğinde test

durdurulmaktadır. Her iki yırtığı bu uzunluğa getirmek için uygulanan kuvvet Newton cinsinden kaydedilir. Kaydedilen tüm verilerin aritmetik ortalaması bize Newton cinsinden test sonucunu verir.

3.4.4. Kumaşların Yumuşaklık Derecesi Ölçümü

Kumaş yumuşaklığı/sertliği ölçümü, kumaş tutumunun objektif olarak değerlendirilebilmesi için yapılmaktadır. Kumaş sertliği ve dökümlülüğü birbirleriyle ters orantılı kavramlardır. Kumaş tutumu sertleştikçe dökümlülüğü azalmaktadır. Tez kapsamında kumaş yumuşaklığının çok yönlü olarak belirlenebilmesi için, ölçümler ASTM D 4032- 94 standardına göre "A&T 200-A Digital Pneumatic Stifness Tester" dairesel eğilme ölçeri cihazında yapılmıştır.

Test edilecek numuneler 102 mm x 204 mm boyutlarında kısa kenarı çözgü ipliklerine paralel olacak şekilde 5 adet hazırlanmıştır. Örnekler yüzleri aşağı gelecek şekilde serildikten sonra 102 mm x 102 mm'lik bir kare oluşturacak şekilde katlanmış ve kat yeri metal bir şablon ile düzeltilmiştir. Dairesel eğilme direnci ölçerinde, katlanan numuneler cihaz üzerindeki 102 mm x 102 mm x 6 mm boyutlu tablanın üzerine 38,1 mm çapındaki deliğe merkezlenecek şekilde yerleştirilir. Kumaşı bu delikten aşağı itmek için cihaza 25,4 mm çaplı bir bastırma silindiri (itenek) yerleştirilmiştir. Cihaz çalıştırılarak bastırma silindirinin kumaşı 57 mm'lik kurs boyunca aşağı itecek şekilde hareket etmesi sağlanmaktadır. Bu hareket gerçekleşmesi için gerekli itme kuvveti digital göstergeden kgf cinsinden okunmaktadır. Bu çalışmada sonuçlar dönüşüm yapılarak (1 kgf= 9,80665) Newton cinsinden kaydedilmiştir.

3.4.5. Kumaş Hava Geçirgenliği Ölçümleri

Hava geçirgenliği, "havanın lif, iplik ve kumaş yapısı içerisinden geçebilme yeteneğidir" şeklinde tanımlanırken, birim basınçta, birim alandan belirli bir zamanda geçen havanın miktarını ifade etmektedir. Vücut ve giysi arasında kalan havanın dışarı iletilmesi ile de ilgili bir kavramdır. Bir kumaşın hava geçirgenliği

termal özellikleri ile ilgili olup kumaşların konfor faktörünü ifade eden ısıyı, nemi tutma ve geçirme özelliklerini belirlemektedir. Giysilik kumaşların havayı gerekenden az veya çok geçirmesi kişinin fizyolojik ve psikolojik durumunda rahatsızlıklara dolayısıyla konfor açısından yetersiz olarak nitelendirilmesine yol açacaktır.

Tez kapsamında kumaşların hava geçirgenliği ölçümleri "Prowhite EP08M Hava Geçirgenliği Test Cihazı" kullanılarak TS 391 EN ISO 9237 standardına göre yapılmıştır. Ölçümler, 20cm^2'lik ölçüm alanında 10 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Farklı kumaşlar için elde edilen deney sonuçlarının kıyaslanabilmesi için aynı basınç farkının ve aynı büyüklükte deney alanının kullanılması gereklidir.

Bu cihazda kumaş, belirli bir alana sahip olan dairesel numune tutucunun altına yerleştirilmekte ve bu test kafası kumaşın üzerine bastırılarak kompresörden gelen havanın kumaşın içerisinden geçmesi sağlanmaktadır. Deney numunesi üzerinde kırışıklık olmayacak şekilde yeterli germe kuvveti uygulanarak, düzgün olarak tutucuya yerleştirilmektedir. Numune alınırken, kumaş kenarlarından, katlı ve kırışık yerlerden numune alınmamasına dikkat edilir. Hava emme tertibatı çalıştırıldıktan sonra, deney numunesinin 20 cm^2'lik ölçüm alanından geçirilen hava akımı kademeli olarak arttırılarak kumaşın iki yüzü arasında 100 Pascal basınç farkına erişilinceye kadar devam edilmektedir. Doğru bir ölçüm için ilgili alandan ilgili basınçta geçen havanın süresinin en az 1 dakika olması gerekmektedir. Bu nedenle hava geçirgenliği ölçme işlemine geçmeden önce uygun hava miktarı dm^3 olarak cihaza girilir. Tez kapsamındaki kumaşlarda bu değer 10 dm^3/sn olarak alınmıştır. Test başlatıldıktan sonra numune kesmeksizin kumaşın farklı atkı ve çözgülerini içeren toplam 10 bölgesi üzerinde deney yapılmaktadır. Hava geçirgenliği (R), $R = q_v * 167 / A$ eşitliği kullanılarak mm/s olarak hesaplanmaktadır. Burada; $q_{v,}$ hava akış hızının dm^3/dk olarak aritmetik ortalamasıdır. A, cm^2 olarak deneye tabi tutulan kumaş alanıdır. 167 katsayısı ise dm^3/(dk x cm^2) biriminden mm/s birimine geçiş için dönüştürme faktörüdür.

3.5. İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada elde edilen verilerin istatistikî olarak değerlendirilmesi amacıyla SPSS istatistik paket programı kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılıkların tespiti için varyans analizleri yapılmıştır. Gruplar arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasında varyans eşitliği durumunda "Tukey HSD" yöntemi, varyans eşitliği olmadığı durumlarda ise "Tamhane's T2" yöntemi tercih edilmiş ve % 95 güven aralığında çalışılmıştır. Varyans analiz sonuçlarının karşılaştırılmasında önemlilik seviyeleri p=0,05 ve üzeri olduğu durumlarda fark anlamlı bulunmamıştır.

Ayrıca elde edilen ölçüm sonuçları ile çalışmada kullanılan lifler arasındaki ilişki bağıntı analizi kullanılarak istatistiki olarak incelenmiştir. Veri setine uygun olarak, bağıntının incelenmesinde Spearman bağıntı (korelasyon) analizi ve karşılaştırmalar için bağıntı katsayısı (r) kullanılmıştır. Yapılan analizde bağıntı katsayısının anlamını ifade eden sınır değerler Çizelge 3.11'de verilmektedir.

Çizelge 3.11. Bağıntı (korelasyon) katsayısının anlamı (Özdemir, 2005)

Bağıntı katsayısı (r)	**Anlamı**
0-0,25	Hiç ilişki yok ya da çok zayıf
0,25-0,50	Zayıf-orta derecede ilişki
0,50-0,75	İyi derecede ilişki
0,75-1,00	Çok iyi derecede ilişki

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Doktora tez çalışması kapsamında hammadde olarak kullanılan liflerden üretilen iplikler ve bu iplikler kullanılarak geliştirilen denim kumaşlara ilgili kalite kontrol standartları dâhilinde performans testleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu testler neticesinde ulaşılmış olan verilerin değerlendirilmesine yönelik analizler yapılmıştır. Bu bölümde söz konusu veriler kullanılarak gerekli değerlendirme ve tartışmalara yer verilmiştir.

Yapılacak değerlendirmelerde öncelikle geliştirilen iplik ve kumaşlara ait test sonuçlarının sunulması (4.1 ve 4.2 başlıkları altında) daha sonra da iplik ve kumaş test sonuçlarının değerlendirilmesi ve tartışılması (4.3.1 ve 4.3.2 başlıkları altında) şeklinde planlama yapılmıştır. Ayrıca hem iplik hem de kumaşlarda maliyet analizlerine (4.3.1.8 ve 4.3.2.7 başlıkları altında) de yer verilmiştir.

4.1. İplik Testlerine ait Bulgular

Bu kısımda ipliklere yapılan fiziksel testler sonrasında elde edilen bulgulara **[**kopma mukavemeti (cN/tex), kopma uzaması (%), iplik düzgünsüzlüğü (%CVm), ince yer (-50%), kalın yer (+50%), neps (+280%), Uster tüylülüğü(H) ve Zweigle tüylülüğü (S3) **]** yer verilmektedir.

4.1.1. İplik Kopma Mukavemeti ve Uzaması Test Sonuçları

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin TİTAN çekme cihazından elde edilen kopma mukavemeti ve uzaması ölçüm sonuçları ortalama değerleri Çizelge 4.1'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. İplik kopma mukavemeti ve uzaması ölçüm sonuçları

Materyal				Kopma Mukavemeti (Rkm)	Kopma Uzaması (%)
TİPLER	**CO**	**r-CO**	**r-PET**		
Tip 01	100	0	0	13,58	5,51
Tip 02	75	0	25	12,23	6,17
Tip 03	75	25	0	12,29	5,49
Tip 04	50	0	50	13,50	8,61
Tip 05	50	25	25	11,64	6,56
Tip 06	50	50	0	11,94	6,14
Tip 07	25	0	75	14,21	12,41
Tip 08	25	25	50	12,08	7,58
Tip 09	25	50	25	11,53	7,84
Tip 10	25	75	0	11,52	7,12
Tip 11	0	0	100	15,83	12,92
Tip 12	0	25	75	13,54	11,36
Tip 13	0	50	50	12,74	8,09
Tip 14	0	75	25	11,16	7,88
Tip 15	0	100	0	10,35	6,75
Tip 16	33	33	33	11,23	6,60

En yüksek kopma mukavemeti değerleri “11” kodlu %100 r-PET iplikte görülmüştür. En düşük kopma mukavemeti değerleri ise “15” kodlu %100 r-CO iplikte ölçülmüştür. “01” kodlu %100 CO iplik, bu iki karışımsız tipin arasında kopma mukavemeti değerine sahip olmuştur (Çizelge 4.1). Mukavemet değerleri bütün olarak düşünüldüğünde, karışımsız ipliklerde lif özelliklerine benzer iplik karakteristikleri elde edildiği görülmektedir. Karışımlarda ise durum farklı bir hal almaktadır.

En yüksek kopma uzaması değerleri de “11” kodlu %100 r-PET iplikte ölçülmüştür En düşük kopma uzaması değerleri ise “03” kodlu %75 CO/%25 r-CO iplikte görülmüştür. Karışımsız tiplerde %100 r-PET iplik en yüksek uzamayı göstermiştir. %100 r-CO ipliğin kopma uzaması değerleri %100 CO iplikten yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.1).

4.1.2. İplik Düzgünsüzlüğü, Tüylülüğü, Sık görülen İnce yer, Kalın yer ve Neps Hataları Test Sonuçları

Uster Tester 4-FX düzgünsüzlük ölçme aletinden elde edilen iplik düzgünsüzlüğü (%CVm), ince yer (-50%), kalın yer (+50%), neps (+280%), tüylülük (H) test sonuçları ortalama değerleri Çizelge 4.2'de verilmektedir. Zweigle G567 cihazından elde edilen 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15 mm uzunluğundaki iplik yüzeyinden çıkan tüy sayıları ve S3 sonuçları ortalama değerleri de Çizelge 4.3'de yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Uster Tester 4-FX cihazından elde edilen ölçüm sonuçları

Materyal	İplik Düzgünsüzlüğü (%CVm)	İnce yer (-50%)	Kalın Yer (+50 %)	Neps (+280 %)	Tüylülük (H)
Tip 01	15,79	12	55	24	6,47
Tip 02	15,95	7	53	17	6,58
Tip 03	19,08	72	123	32	5,84
Tip 04	15,09	3	29	9	6,39
Tip 05	19,54	57	110	23	6,30
Tip 06	19,76	118	118	19	6,75
Tip 07	16,02	14	46	16	6,41
Tip 08	18,90	31	68	18	6,78
Tip 09	20,27	110	96	21	6,88
Tip 10	22,83	396	191	23	7,20
Tip 11	15,38	3	24	11	7,20
Tip 12	19,82	41	43	17	6,20
Tip 13	22,39	163	77	20	6,21
Tip 14	24,17	456	232	46	8,05
Tip 15	25,08	808	306	33	8,66
Tip 16	20,06	115	122	30	6,63

En yüksek iplik düzgünsüzlük değerleri, en fazla ince yer hatası ve en fazla kalın yer hatası "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur. En düşük düzgünsüzlük sonuçları ise "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET iplikte görülürken; en az ince ve kalın yer hataları "11" kod numaralı %100 r-PET iplikte ölçülmüştür (Çizelge 4.2).

İpliklerdeki neps hataları incelendiğinde, en fazla hata "14" kod numaralı %75 r-CO/%25 r-PET iplikte görülmüştür. En az neps hatası ise "04" kod numaralı %50 CO/%50 r-PET iplikte bulunmuştur. Karışımsız tiplerde en yüksek neps değerleri %100 r-CO iplikte görülürken, %100 r-PET iplik ise en düşük neps değerini vermiştir (Çizelge 4.2).

İpliklerdeki Uster tüylülükleri (H) incelendiğinde, en yüksek tüylülük değeri "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.7). En düşük tüylülük değerleri ise "03" kod numaralı %50 CO/%50 r-CO iplikte bulunmuştur. Karışımsız tiplerde en düşük tüylülük değerlerine %100 CO iplikte ulaşılmıştır. %100 r-CO iplik ise tüm ipliklerden daha yüksek tüylülüğe sahiptir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.3. Zweigle G567 cihazından elde edilen ölçüm sonuçları

Tip	**1 mm**	**2 mm**	**3 mm**	**4 mm**	**6 mm**	**8 mm**	**10 mm**	**12 mm**	**15 mm**	**S3**
01	3205	715	244	158	66	20	3	0	0	490
02	3817	1008	345	274	131	36	3	0	0	788
03	3792	763	236	141	56	19	2	0	0	455
04	3524	1170	464	446	279	57	3	0	0	1249
05	3641	1003	375	317	177	53	4	0	0	926
06	7187	1941	608	385	141	48	11	0	0	1192
07	5994	1478	488	323	120	25	3	1	0	960
08	6427	1609	493	360	128	23	2	1	0	1007
09	6984	1970	633	523	287	64	6	0	0	1513
10	15472	4681	1292	640	194	51	13	2	0	2192
11	11639	2055	464	224	53	11	6	1	1	759
12	8186	2381	720	495	196	30	2	0	0	1444
13	4647	1403	479	450	242	48	2	0	0	1221
14	7775	2258	764	643	371	101	7	1	0	1888
15	17916	4870	1334	655	197	52	11	1	0	2250
16	4660	1260	444	403	229	46	3	0	0	1125

Zweigle "S3" tüylülük sonuçlarındaki en yüksek ve en düşük değerler Uster "H" tüylülüğü ile benzer sonuçlar vermektedir. En yüksek S3 değeri "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte ölçülmüştür. En düşük S3 değeri ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO iplikte ölçülmüştür. Karışımsız tiplerde en düşük tüylülük değerlerine %100 CO iplikte ulaşılmıştır. En yüksek S3 değerleri ise %100 r-CO

iplikte görülmüştür. Diğer noktalarda ise Zweigle tüylülük sonuçları Uster tüylülüğü sonuçlarından bir nebze farklılık göstermektedir (Çizelge 4.3).

4.2. Kumaş Testlerine ait Bulgular

Bu kısımda denim kumaş yapısında dokunmuş mamul kumaşların yıkama öncesi, enzim yıkama ve taş yıkama sonrası gramaj, kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık derecesi ve hava geçirgenliği test sonuçları verilmiştir.

4.2.1. Kumaş Gramajı Test Sonuçları

Çizelge 4.4'de kumaşların gramaj tayini test sonuçlarının ortalama değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.4. Gramaj tayini ölçüm sonuçları

Materyal				**Gramaj (g/m^2)**		
TİPLER	**CO**	**r-CO**	**r-PET**	**Mamul**	**Enzim**	**Taş**
Tip 01	100	0	0	388,14	377,68	372,01
Tip 02	75	0	25	388,31	372,72	367,29
Tip 03	75	25	0	388,47	372,13	372,16
Tip 04	50	0	50	390,51	377,71	369,67
Tip 05	50	25	25	390,17	372,25	369,42
Tip 06	50	50	0	389,83	369,49	366,07
Tip 07	25	0	75	390,95	374,89	372,13
Tip 08	25	25	50	390,85	371,12	370,48
Tip 09	25	50	25	391,19	374,40	371,84
Tip 10	25	75	0	389,15	369,56	366,33
Tip 11	0	0	100	391,76	373,51	366,65
Tip 12	0	25	75	391,69	371,58	368,13
Tip 13	0	50	50	391,53	374,16	371,04
Tip 14	0	75	25	390,92	373,79	368,63
Tip 15	0	100	0	388,81	368,89	366,90
Tip 16	33	33	33	389,49	375,93	372,63

Gramaj açısından mamul kumaşlar ile enzim ve taş yıkama kumaşların kendi aralarında önemsiz seviyede ufak farklılıklar olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra yıkamaların aşındırıcı etkisiyle kumaş gramajlarında bir miktar azalma gözlenmektedir (Çizelge 4.4)

4.2.2. Kumaş Kopma Mukavemeti Test Sonuçları

Çizelge 4.5'de kumaşların çözgü ve atkı yönlerindeki ortalama kopma mukavemeti test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kopma mukavemeti ölçüm sonuçları

Materyal	Çözgü Yönü Kopma Mukavemeti (Newton)			Atkı Yönü Kopma Mukavemeti (Newton)		
	Mamul	Enzim	Taş	Mamul	Enzim	Taş
Tip 01	2010,96	1688,98	1400,69	773,36	661,52	515,01
Tip 02	2089,33	1639,38	1418,70	796,27	715,39	600,28
Tip 03	2039,82	1678,45	1371,03	737,63	639,38	507,72
Tip 04	2069,47	1675,82	1504,11	957,33	766,34	735,94
Tip 05	2025,86	1629,86	1445,13	861,73	682,07	583,48
Tip 06	1939,69	1637,22	1432,11	878,42	645,12	497,33
Tip 07	1916,48	1691,14	1438,01	1021,07	850,87	793,40
Tip 08	2007,10	1689,49	1465,92	867,76	743,06	689,19
Tip 09	1957,56	1708,65	1435,40	879,21	714,52	648,95
Tip 10	1981,77	1645,10	1448,95	784,75	588,81	493,60
Tip 11	1999,83	1681,76	1532,08	1058,84	855,12	812,25
Tip 12	2006,79	1629,19	1452,13	1066,85	878,09	858,29
Tip 13	1987,32	1638,02	1474,18	912,52	761,58	670,31
Tip 14	2004,41	1655,37	1436,17	853,78	682,96	580,87
Tip 15	2018,04	1601,40	1422,08	743,06	528,83	460,00
Tip 16	1916,50	1606,89	1486,51	869,34	709,84	658,10

Çalışmada üretilen iplikler denim kumaş yapısında sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Tüm kumaş numunelerinde çözgü ipliği ve sıklığı sabit tutulmuştur. Bu nedenle çözgü yönünde mamul kumaşlarda kopma mukavemetleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Yıkama işlemleri sonrasında oluşan aşınma

nedeniyle mukavemette önemli kayıplar yaşanmıştır. Bu kayıplar taş yıkama işleminde daha fazla gerçekleşmiştir. Genel olarak bakıldığında her iki yıkama işlemleri de çözgü yönü kopma mukavemetinin tüm tiplerde azalmasına sebebiyet vermiştir fakat tipler arasında çok büyük farklılıklar oluşmamıştır. Atkı yönü kopma mukavemeti verileri genel olarak incelendiğinde ise, atkı yönünde tipler arasında önemli farklılıklar gözlenmektedir. Ayrıca çözgü yönünde olduğu gibi yıkama işlemlerinin mukavemeti önemli oranda düşürdüğü görülmüştür. Mukavemette azalma taş yıkama işlemlerinde daha fazla olmuştur. Ancak r-PET oranının artışı mukavemetteki düşüşleri sınırlandırdığı gözlenmektedir (Çizelge 4.5).

4.2.3. Kumaş Kopma Uzaması Test Sonuçları

Çizelge 4.6'da kumaşların çözgü ve atkı yönlerindeki ortalama kopma uzaması test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kopma uzaması ölçüm sonuçları

Materyal	Çözgü Yönü Kopma Uzaması (%)			Atkı Yönü Kopma Uzaması (%)		
	Mamul	Enzim	Taş	Mamul	Enzim	Taş
Tip 01	29,08	33,14	31,53	13,49	13,51	12,65
Tip 02	28,91	32,41	31,55	14,95	15,83	15,53
Tip 03	33,76	34,20	32,29	12,26	13,53	12,15
Tip 04	35,86	35,47	35,04	17,80	17,53	18,66
Tip 05	35,79	34,64	33,88	15,74	16,53	16,15
Tip 06	35,76	34,52	33,00	13,19	13,52	12,81
Tip 07	35,83	36,55	34,24	22,95	22,73	23,57
Tip 08	36,21	36,03	34,33	17,98	18,84	19,71
Tip 09	37,08	36,33	34,87	14,94	15,77	16,11
Tip 10	35,92	34,34	32,92	13,45	13,94	12,93
Tip 11	38,15	36,51	35,42	24,16	23,23	22,58
Tip 12	38,17	35,61	34,45	23,16	22,67	24,15
Tip 13	38,12	35,41	34,61	19,05	19,32	19,77
Tip 14	36,96	34,18	32,68	17,27	17,73	16,58
Tip 15	36,41	33,36	32,43	14,18	13,78	12,99
Tip 16	34,89	33,82	32,98	16,22	16,87	16,59

Kopma uzaması verileri genel olarak değerlendirildiğinde, ilk bakışta hem çözgü hem de atkı yönü için kesin bir eğilimden bahsetmek mümkün görünmemektedir. Yıkamalarda da aynı şekilde bir eğilim görülmezken, bazı tiplerde artış bazılarında bir miktar azalma tespit edilmiştir. Ancak pamuk lifinin kopma uzamalarını olumsuz yönde etkilerken, r-PET lifinin olumlu katkılar sağladığını söylemek mümkündür (Çizelge 4.6).

4.2.4. Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

Çizelge 4.7'de kumaşların atkı yönlerindeki ortalama yırtılma test sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.7. Yırtılma mukavemeti ölçüm sonuçları

Materyal				**Yırtılma Mukavemeti (Newton)**		
TİPLER	**CO**	**r-CO**	**r-PET**	**Mamul**	**Enzim**	**Taş**
Tip 01	100	0	0	38,16	53,64	37,53
Tip 02	75	0	25	42,07	57,89	45,23
Tip 03	75	25	0	39,85	50,35	36,53
Tip 04	50	0	50	50,45	68,47	64,05
Tip 05	50	25	25	39,83	50,91	45,42
Tip 06	50	50	0	35,57	47,58	35,99
Tip 07	25	0	75	66,27	87,42	84,31
Tip 08	25	25	50	48,04	66,92	60,34
Tip 09	25	50	25	40,13	54,28	46,61
Tip 10	25	75	0	35,21	45,23	37,37
Tip 11	0	0	100	84,53	110,47	109,86
Tip 12	0	25	75	65,66	85,09	79,21
Tip 13	0	50	50	47,87	64,19	54,82
Tip 14	0	75	25	38,77	52,49	45,57
Tip 15	0	100	0	34,21	41,98	35,49
Tip 16	33	33	33	40,10	56,00	52,58

Yırtılma mukavemetleri genel olarak incelediğinde, hem mamul kumaşlarda hem de yıkamalar sonrası en yüksek değerler "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. En düşük değerlere ise "15" kodlu %100 r-CO atkılı kumaş

sahip olmuştur. Enzim yıkama işlemleri tüm tiplerde farklılık getirmiştir. Bu farklılık tüm tiplerde yırtılma mukavemetinde artış şeklindedir. Taş yıkama sonrasında ise 01 ve 03 kodlu kumaş dışında tüm tiplerde mukavemette artış görülmüştür (Çizelge 4.7).

4.2.5. Kumaşların Yumuşaklık Dereceleri Test Sonuçları

Çizelge 4.8'de A&T 200-A Digital Pneumatic Stifness Tester cihazından Newton olarak elde edilmiş ortalama dairesel eğilme direnci test sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 4.8. Dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları

Materyal				**Dairesel Eğilme Direnci (Newton)**		
TİPLER	**CO**	**r-CO**	**r-PET**	**Mamul**	**Enzim**	**Taş**
Tip 01	100	0	0	62,98	7,20	6,43
Tip 02	75	0	25	58,54	7,87	6,89
Tip 03	75	25	0	55,97	7,74	7,31
Tip 04	50	0	50	63,74	8,75	9,44
Tip 05	50	25	25	50,74	7,32	8,35
Tip 06	50	50	0	53,49	7,62	7,33
Tip 07	25	0	75	58,04	9,37	9,19
Tip 08	25	25	50	60,23	8,45	8,62
Tip 09	25	50	25	55,08	8,65	8,62
Tip 10	25	75	0	63,27	7,24	7,40
Tip 11	0	0	100	59,56	9,76	8,57
Tip 12	0	25	75	67,12	10,13	8,47
Tip 13	0	50	50	60,64	8,80	8,27
Tip 14	0	75	25	51,66	8,49	8,00
Tip 15	0	100	0	42,67	7,78	7,31
Tip 16	33	33	33	55,56	8,31	7,87

Mamul kumaşların yumuşaklık dereceleri incelendiğinde, en yüksek dairesel eğilme direncinin "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET atkılı kumaşta olduğu görülmektedir. En düşük dairesel eğilme direnci ise "05" kodlu %50 CO/%25 r-CO/%25 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Enzim yıkama sonrası tüm kumaşların

dairesel eğilme direnci düşmüş ve daha yumuşak hale gelmiştir. Taş yıkama sonrası kumaş yumuşaklık dereceleri enzim yıkama sonrası değerler ile benzerlik göstermektedir. Mamul kumaşlara göre taş yıkama sonrası dairesel eğilme direnci büyük oranda düşüş göstermiştir (Çizelge 4.8).

4.2.6. Hava Geçirgenliği Test Sonuçları

Çizelge 4.9'da Prowhite EP08M Hava Geçirgenliği test cihazından mm/sn olarak elde edilmiş ortalama hava geçirgenliği test sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 4.9. Hava geçirgenliği ölçüm sonuçları

Materyal				**R (mm/sn)**		
TİPLER	**CO**	**r-CO**	**r-PET**	**Mamul**	**Enzim**	**Taş**
Tip 01	100	0	0	52,74	49,58	51,93
Tip 02	75	0	25	56,65	48,48	54,03
Tip 03	75	25	0	69,11	52,61	55,13
Tip 04	50	0	50	65,47	49,92	54,95
Tip 05	50	25	25	60,35	52,14	54,55
Tip 06	50	50	0	55,43	55,00	55,12
Tip 07	25	0	75	74,72	54,93	56,42
Tip 08	25	25	50	64,50	51,39	52,86
Tip 09	25	50	25	57,60	52,38	52,88
Tip 10	25	75	0	62,08	54,33	57,98
Tip 11	0	0	100	83,78	55,88	57,18
Tip 12	0	25	75	58,48	54,71	58,14
Tip 13	0	50	50	60,17	55,60	53,11
Tip 14	0	75	25	57,70	51,67	50,13
Tip 15	0	100	0	59,01	56,39	53,49
Tip 16	33	33	33	67,02	54,61	50,68

Hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde, mamul kumaşlarda en yüksek değer "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşta olduğu görülmektedir. Mamul kumaşlardaki en düşük hava geçirgenliği ise "01" kodlu %100 CO kumaşta ölçülmüştür. Enzim ve taş yıkama sonrasında tüm tiplerin hava geçirgenliğinde mamul kumaşlara göre azalma kaydedilmiştir (Çizelge 4.9). Sentetik esaslı bir lif olan r-PET lifinin mamul kumaşların hava geçirgenliği üzerindeki etkisinin yıkamalar sonrasında kalmadığı görülmektedir.

4.3. İplik ve Kumaş Testlerine ait Sonuçların Değerlendirilmesi

Günümüz üretim sistemlerinde gerek hammadde gerekse teknolojik açıdan yapılan yeniliklerin doğurduğu/doğuracağı etkiyi gözlemlemek sadece salt verilerin kıyaslanması ile mümkün olmamaktadır. Bunun için elde edilen verilerin anlamlılık ya da etki düzeylerinin de ortaya konması gerekmektedir. Bu amaçla son yıllarda çeşitli istatistiki yöntemlere başvurulmaktadır.

Bu bölümde çalışmada üretilen 16 farklı iplik ve 48 farklı kumaş üzerinde yapılan test sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. İlerleyen bölümlerde birbirlerinden ayrı olarak test sonuçları değerlendirilirken, 16 grup arasındaki farkların tespiti amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizlerine ek olarak, elde edilen ölçüm sonuçları ile çalışmada kullanılan lifler arasındaki ilişki, bağıntı analizi kullanılarak istatistiki olarak incelenmiştir. Veri setine uygun olarak, bağıntının incelenmesinde Spearman bağıntı analizi ve karşılaştırmalar için bağıntı/korelasyon katsayısı (r) kullanılmıştır. İplik sonuçları ile lif karışımları arasında yapılan bağıntı analizi sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmektedir. Çizelge 4.11'de ise kumaş test sonuçları ile lifler arasındaki bağıntı analizi sonucu elde edilen bağıntı katsayısı değerleri yer almaktadır. Ayrıca varyans analizleri her bir kumaş tipinin gördüğü yıkama işlemleri için gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların arasındaki farkların istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.12'de özet olarak verilmektedir.

Çizelge 4.10. İplik performansları ile lifler arasındaki ilişki

İplik Testleri	**Bağıntı Katsayısı Değerleri (r)**		
	CO	**r-CO**	**r-PET**
Kopma Mukavemeti	-0,001	-0,489	0,391
Kopma Uzaması	-0,648	-0,128	0,751
Düzgünsüzlük	-0,503	0,930	-0,363
İnce yer	-0,383	0,952	-0,501
Kalın Yer	-0,115	0,813	-0,655
Neps	-0,088	0,500	-0,414
H	-0,373	0,403	-0,146
S3	-0,591	0,749	-0,104

Kullanılan hammaddelerin özellikleri üretilecek iplik özelliklerini belirleyen ana etmenlerdir. Lif özellikleri incelendiğinde ilk bakışta geri dönüşüm pamuk liflerinin ortalama lif uzunluğu, uzunluk uniformitesi ve kısa lif indeksi açısından olumsuz yönde pamuk liflerinden ayrıştığı görülmektedir. r-PET liflerinin ise bu iki life göre daha yüksek lif kopma mukavemeti ve kopma uzamasına sahip olduğu görülmektedir. Ancak ölçülen kopma mukavemeti ve uzamasındaki varyasyon göze çarpmaktadır (Çizelge 3.1, Çizelge 3.2).

Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'den elde edilen veriler 16 farklı iplik ve 48 farklı kumaş sonuçlarının değerlendirilmesinde daha detaylı karşılaştırmalar ve açıklamalar yapabilmek amacıyla ilerleyen bölümlerde ilişkilendirilmektedir.

Çizelge 4.11. Kumaş performansları ile lifler arasındaki ilişki

Kumaş Testleri	**Bağıntı Katsayısı Değerleri (r)**		
	CO	**r-CO**	**r-PET**
Mamul Çözgü Kopma Mukavemeti	0,155	-0,192	-0,044
Enzim Çözgü Kopma Mukavemeti	0,115	-0,299	0,139
Taş Çözgü Kopma Mukavemeti	-0,283	-0,106	0,448
Mamul Atkı Kopma Mukavemeti	-0,422	-0,325	0,847
Enzim Atkı Kopma Mukavemeti	-0,316	-0,556	0,936
Taş Atkı Kopma Mukavemeti	-0,361	-0,500	0,947
Mamul Çözgü Kopma Uzaması	-0,810	0,316	0,475
Enzim Çözgü Kopma Uzaması	-0,401	-0,182	0,659
Taş Çözgü Kopma Uzaması	-0,447	-0,170	0,716
Mamul Atkı Kopma Uzaması	-0,606	-0,322	0,955
Enzim Atkı Kopma Uzaması	-0,574	-0,323	0,948
Taş Atkı Kopma Uzaması	-0,542	-0,334	0,956
Mamul Yırtılma Mukavemeti	-0,229	-0,656	0,919
Enzim Yırtılma Mukavemeti	-0,243	-0,663	0,924
Taş Yırtılma Mukavemeti	-0,400	-0,497	0,971
Mamul Yumuşaklık Derecesi	0,085	-0,255	0,196
Enzim Yumuşaklık Derecesi	-0,401	-0,183	0,604
Taş Yumuşaklık Derecesi	-0,303	-0,086	0,514
Mamul Hava Geçirgenliği	-0,166	-0,281	0,495
Enzim Hava Geçirgenliği	-0,306	0,183	0,104
Taş Hava Geçirgenliği	-0,031	-0,142	0,101

Çizelge 4.12. Yıkama performansları açısından gruplar arasındaki varyans analizi sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

Test	Tip	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
Kopma Mukavemeti (Çözgü)	M*E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	M*T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E*T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03
Kopma Mukavemeti (Atkı)	M*E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	M*T	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	E*T	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04	0,67	0,00	0,03	0,00	0,00
Kopma Uzaması (Çözgü)	M*E	0,00	0,00	0,63	0,89	0,04	0,01	0,10	0,90	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
	M*T	0,00	0,00	0,02	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
	E*T	0,00	0,05	0,00	0,86	0,19	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,00	0,15	0,02	0,05	0,28
Kopma Uzaması (Atkı)	M*E	1,00	0,01	0,01	0,94	0,10	0,46	0,78	0,21	0,11	0,13	0,21	0,67	0,73	0,47	0,43	0,02
	M*T	0,01	0,10	0,94	0,27	0,48	0,35	0,17	0,01	0,02	0,11	0,02	0,22	0,14	0,19	0,01	0,61
	E*T	0,00	0,50	0,00	0,09	0,53	0,04	0,06	0,20	0,63	0,00	0,44	0,05	0,42	0,02	0,06	0,80
Yırtılma Mukavemeti	M*E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	M*T	0,83	0,00	0,04	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34	0,00
	E*T	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,96	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
Kumaş Yumuşaklığı	M*E	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	M*T	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
	E*T	0,27	0,09	0,92	0,80	0,50	0,98	1,00	0,98	1,00	0,97	0,41	0,25	0,86	0,94	0,46	0,74
Hava Geçirgenliği	M*E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,59	0,06	0,30	0,00
	M*T	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,98	0,02	0,01	0,01	0,00
	E*T	0,04	0,00	0,36	0,04	0,74	0,99	0,24	0,58	0,89	0,08	0,81	0,14	0,92	0,82	0,23	0,03

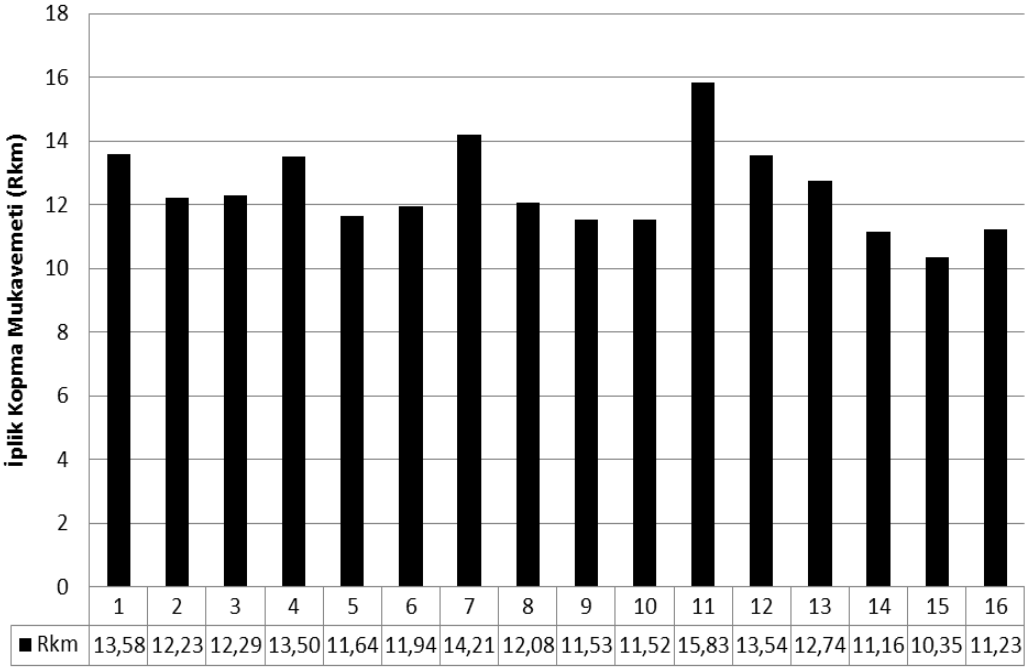
4.3.1. İpliklere ait Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu kısımda ipliklere yapılan fiziksel testler sonrasında elde edilen bulguların [kopma mukavemeti (cN/tex), kopma uzaması (%), iplik düzgünsüzlüğü (%CVm),

ince yer (-50%), kalın yer (+50%), neps (+280%), Uster tüylülüğü(H) ve Zweigle tüylülüğü (S3)] istatistiki olarak değerlendirilmesine yer verilmektedir.

4.3.1.1. İpliklerin Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin kopma mukavemeti ölçüm sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kopma mukavemeti sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin kopma mukavemetleri arasındaki fark **[**F (15, 319)=13,168; p=0,0002] önemli seviyede bulunmuştur. İpliklere uygulanan kopma mukavemeti testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.1'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0004<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.13'de verilmektedir.



Şekil 4.1. İplik kopma mukavemeti ölçüm sonuçları grafiği

En yüksek kopma mukavemeti değerleri “11” kodlu %100 r-PET iplikte görülmüştür (Şekil 4.1). Aynı zamanda “11” kodlu iplik ile “07” kod numaralı %75 r-PET/%25 CO iplik arasındaki fark da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13).

En düşük kopma mukavemeti değerleri “15” kodlu %100 r-CO iplikte görülmüştür. %100 r-CO iplik ile “03”, “05”, “06”, “08”, “09”, “10”, “13”, “14” ve “16” kodlu iplikler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). Bu iplikler incelendiğinde, tiplerin hepsinin de geri dönüşüm pamuk (r-CO) içerdiği görülmektedir.

Çizelge 4.13. İplik kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,27	0,93	1,00	0,53	0,07	1,00	0,12	0,20	0,07	0,04	1,00	1,00	0,03	0,00	0,00
02	0,27	-	1,00	0,06	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,04	1,00	1,00	0,03	0,85
03	0,93	1,00	-	0,88	1,00	1,00	0,06	1,00	1,00	1,00	0,00	0,81	1,00	1,00	0,17	1,00
04	1,00	0,06	0,88	-	0,49	0,01	1,00	0,02	0,16	0,04	0,01	1,00	1,00	0,02	0,00	0,00
05	0,53	1,00	1,00	0,49	-	1,00	0,04	1,00	1,00	1,00	0,00	0,42	1,00	1,00	1,00	1,00
06	0,07	1,00	1,00	0,01	1,00	-	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,01	1,00	1,00	0,18	1,00
07	1,00	0,00	0,06	1,00	0,04	0,00	-	0,00	0,01	0,00	0,47	1,00	0,82	0,00	0,00	0,00
08	0,12	1,00	1,00	0,02	1,00	1,00	0,00	-	1,00	1,00	0,00	0,01	1,00	1,00	0,07	0,99
09	0,20	1,00	1,00	0,16	1,00	1,00	0,01	1,00	-	1,00	0,00	0,13	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,07	1,00	1,00	0,04	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	-	0,00	0,03	1,00	1,00	1,00	1,00
11	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
12	1,00	0,04	0,81	1,00	0,42	0,01	1,00	0,01	0,13	0,03	0,01	-	1,00	0,02	0,00	0,00
13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	-	0,95	0,06	0,84
14	0,03	1,00	1,00	0,02	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,02	0,95	-	1,00	1,00
15	0,00	0,03	0,17	0,00	1,00	0,18	0,00	0,07	1,00	1,00	0,00	0,00	0,06	1,00	-	1,00
16	0,00	0,85	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,99	1,00	1,00	0,00	0,00	0,84	1,00	1,00	-

“01” kodlu %100 CO iplik, “11” kodlu %100 r-PET iplikten düşük mukavemete sahipken, “15” kodlu %100 r-CO iplikten yüksek değerler almıştır ve aralarındaki fark önemli seviyelerdedir. Çizelge 3.1’deki pamuk ve geri dönüşüm pamuk lif özellikleri ile Çizelge 3.2’deki geri dönüşüm polyester lif özellikleri incelendiğinde (aynı ölçüm birimine çevrildiklerinde lif mukavemetleri CO için 32,32 cN/tex, r-CO için 30,73 cN/tex ve r-PET için 46,20 cN/tex olmaktadır) pamuk

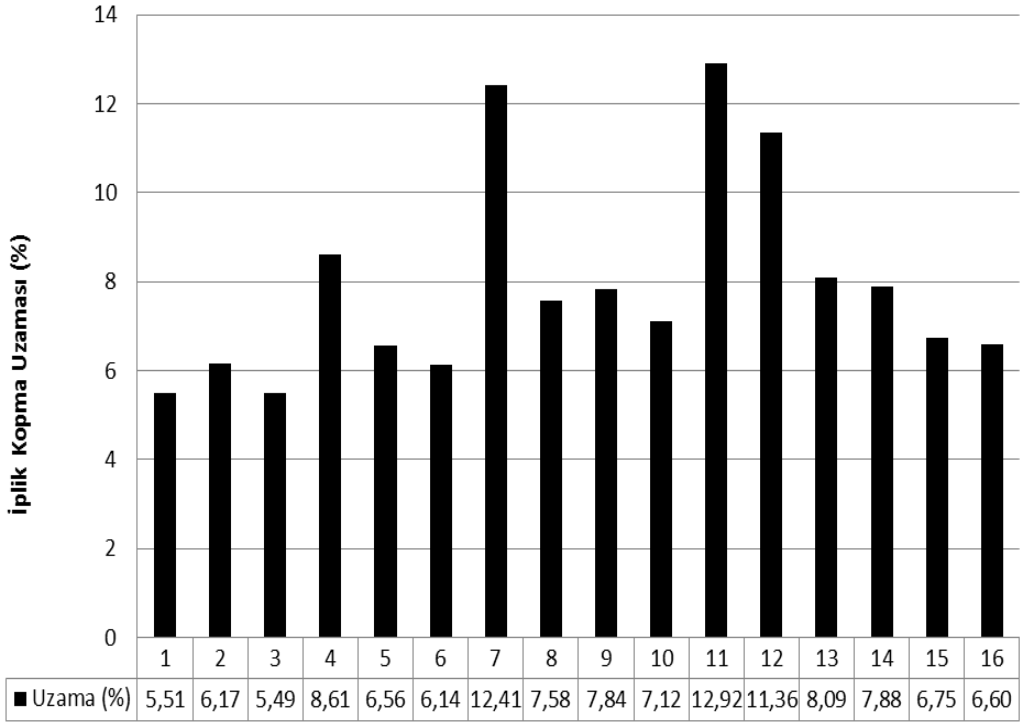
ve geri dönüşüm pamuk yakın değerler alırken, r-PET lifi bariz bir şekilde yüksek değere sahiptir. %100 r-PET ipliğin yüksek mukavemetli olması lif mukavemetiyle ilişkili görülmektedir. Pamuk ve geri dönüşüm pamuk lif mukavemetleri arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, iplikler arasındaki fark oluşmasının sebebi diğer lif özelliklerinden uniformite indeksi ve kısa lif indeksi değerlerinin geri dönüşüm pamukta düşük olmasıyla ilişkili görülmüştür. Uzunluk dağılımının bozulması iplik mukavemetini olumsuz etkilemiştir (Halimi ve ark, 2007). Ancak önceki çalışmalardan farklı olarak CO/r-CO karışımlarında (“03”, “06”, “10” kodlu iplikler) r-CO oranı arttıkça mukavemet azalma eğiliminde olmasına karşılık, bu iplikler ile %100 CO iplik arasındaki fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.13).

CO/r-PET karışımları “02”, “04”, “07” kodlu iplikler ile “01” kodlu %100 CO iplik arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde Telli ve Özdil (2011) yaptıkları çalışmada %100 r-PET ipliğin %100 CO iplikten yüksek mukavemet gösterdiğini, ancak CO/r-PET karışım ipliklerin %100 CO iplik ile benzer mukavemet gösterdiklerini belirtmişlerdir. r-CO/r-PET karışımlarda (“12”, “13”, “14” kodlu iplikler) ise r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimindedir. Ancak “13” kodlu %50 r-CO/%50 r-PET ve “14” kodlu %75 r-CO/%25 r-PET iplikler ile %100 r-CO iplik arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). Üçlü karışımlarda (“05”, “08”, “09”, “16” kodlu iplikler) ise r-PET oranının fazla olduğu “08” kodlu %25 CO/%25 r-CO/%50 r-PET iplikler en yüksek mukavemete sahip olsa da bu dört iplik arasındaki mukavemet farkı önemsiz seviyededir.

Mukavemet değerleri bütün olarak düşünüldüğünde lifler karışımsız olarak kullanıldıklarında lif özelliklerine benzer iplik karakteristikleri elde edilirken, karışımlarda durum farklı bir hal almaktadır. Bu nedenle Çizelge 4.10’a bakıldığında iplik kopma mukavemeti performansına r-PET liflerinin olumlu, r-Co liflerinin ise olumsuz katkı yaptıkları ancak bu etkilerin zayıf olduğu görülmektedir. Bu sonuç bu üç lifin ikili ve üçlü karışımlarda farklı sonuçlar vermesiyle bağlantılı görülmektedir. Böylelikle korelasyon sonuçlarında lif etkileri zayıf seviyede çıkmaktadır. Karışımlarda lif haricinde üretim parametreleri gibi başka etkenlerin devreye girdiği açıkça görülmektedir.

4.3.1.2. İpliklerin Kopma Uzaması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin kopma uzaması ölçüm sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kopma uzaması sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin kopma uzamaları arasındaki fark **[**F (15, 319)=138,112; p=0,0007] önemli seviyede bulunmuştur. İpliklere uygulanan kopma uzaması testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.2'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin kopma uzaması ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0001<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.14'de verilmektedir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
■ Uzama (%)	5,51	6,17	5,49	8,61	6,56	6,14	12,41	7,58	7,84	7,12	12,92	11,36	8,09	7,88	6,75	6,60

Şekil 4.2. İplik kopma uzaması ölçüm sonuçları grafiği

En yüksek kopma uzaması değerleri "11" kodlu %100 r-PET iplikte ölçülmüştür (Şekil 4.2). Bu iplik ile "07" kodlu %25 CO/%75 r-PET iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir (Çizelge 4.14). En düşük kopma uzaması

değerleri “03” kodlu %75 CO/%25 r-CO iplikte görülmüştür. “03” kod numaralı iplik ile “01” kodlu %100 CO iplik arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemsiz seviyededir.

Karışımsız tiplerde %100 r-PET iplik en yüksek uzamayı göstermiştir. %100 r-CO ipliğin kopma uzaması değerleri %100 CO iplikten yüksek bulunmuştur. Tüm karışımların dikkate alındığı Çizelge 4.10’daki iplik kopma uzaması performansları üzerindeki lif etkilerine bakıldığında ise pamuk lifleri ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunurken, r-PET lifleri ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunduğu görülmektedir.

Çizelge 4.14. İplik kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

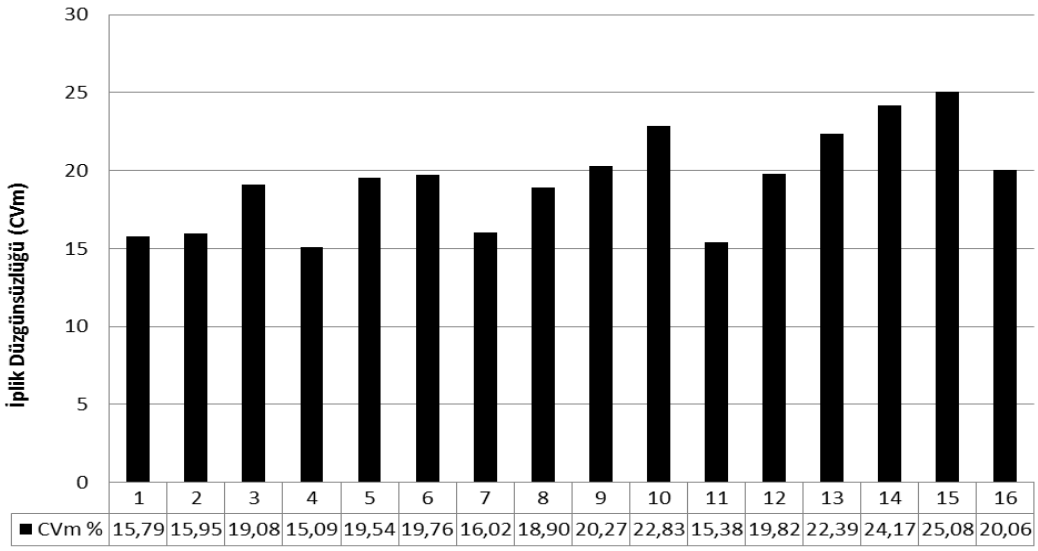
TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,01	1,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	0,01	-	0,00	0,00	0,82	1,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,97
03	1,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,97	0,96	0,00	0,00	0,00	1,00	0,98	0,00	0,00
05	0,00	0,82	0,00	0,00	-	0,68	0,00	0,73	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
06	0,02	1,00	0,00	0,00	0,68	-	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,93
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,08	0,00	0,97	0,73	0,07	0,00	-	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,98	0,87
09	0,00	0,00	0,00	0,96	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,04	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	1,00	0,04	-	0,00	0,00	0,03	0,02	0,95	0,84
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,03	0,00	0,00	-	1,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,02	0,00	0,00	1,00	-	0,00	0,00
15	0,00	0,02	0,00	0,00	1,00	0,01	0,00	0,98	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,00	-	1,00
16	0,00	0,97	0,00	0,00	1,00	0,93	0,00	0,87	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-

CO/r-PET ikili karışımlarında (“02”, “04”, “07” kod numaralı iplikler) kopma uzamaları artış eğilimindedir. r-CO/r-PET ikili karışımlarında (“12”, “13”, “14” kodlu iplikler) yine r-PET oranı arttıkça kopma uzaması artış eğilimindedir. CO/r-CO karışımlarda ise, r-CO’nun uzamayı bir miktar artırdığı görülmektedir. Çizelge 3.1 ve 3.2’deki lif uzama yüzdeleri incelendiğinde (CO için %5,1 r-CO için %3,9 r-PET için %24,28 olarak ölçülmüştür), r-PET lif uzaması bariz bir şekilde pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinden yüksektir. Bu durum lif özelliklerinin iplik

sonuçlarına yansımasının bir kanıtı olarak görülmektedir. Ancak lif özelliklerinde r-CO uzama yüzdesi bir miktar düşük olmasına rağmen ipliklerde bir miktar daha yüksek uzama değerleri göstermiştir. Üçlü karışımlar ise ("05", "08", "09", "16" kodlu iplikler) %100 r-CO ipliğe yakın sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar tercih edilen üretim parametrelerinin kopma uzaması açısından r-CO içeren iplikler için olumlu katkı sağlarken, pamuk içeren iplikleri olumsuz etkilediğini göstermektedir.

4.3.1.3. İplik Düzgünsüzlüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin düzgünsüzlük ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. İplik düzgünsüzlüğü sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin düzgünsüzlükleri arasındaki fark [F (15, 159)=157,442; p=0,0002] önemli seviyededir. İpliklere uygulanan iplik düzgünsüzlüğü testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.3'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin düzgünsüzlük ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0002<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.15'de verilmektedir.



Şekil 4.3. İplik düzgünsüzlüğü ölçüm sonuçları grafiği

En yüksek iplik düzgünsüzlük değerleri “15” kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.3). Bu iplik ile “14” kodlu %75 r-CO/%25 r-PET iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir (Çizelge 4.15). En düşük düzgünsüzlük sonuçları ise “04” kodlu %50 CO/%50 r-PET iplikte elde edilmiştir. Bu iplikler ile “01”, “02”, “07” ve “11” kod numaralı iplikler arasında istatistiksel açıdan fark önemsiz seviyededir.

Karışımsız tiplerde %100 r-CO iplik en yüksek düzgünsüzlüğü göstermiştir. %100 r-PET ipliğin %100 CO ipliğe göre düzgünsüzlüğü bir miktar düşük olsa da, bu fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir. Daha önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar kaydedilmiştir (Halimi ve ark, 2007; Hasani ve ark, 2010; Telli ve Özdil, 2011). Aynı şekilde CO/r-PET ikili karışımları 02, 04 ve 07 kod numaralı iplikler ile %100 r-PET ve %100 CO iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir.

Çizelge 4.15. İplik düzgünsüzlüğü çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	0,00	0,11	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	1,00	-	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
03	0,00	0,00	-	0,00	1,00	0,77	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00	0,89	0,00	0,00	0,00	0,03
04	0,11	1,00	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	1,00	0,00	-	1,00	0,00	0,99	0,82	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,98
06	0,00	0,00	0,77	0,00	1,00	-	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
07	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	1,00	0,00	0,99	0,50	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,62	0,00	0,00	0,00	0,04
09	0,00	0,00	0,02	0,00	0,82	1,00	0,00	0,01	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,78	0,00	0,00
11	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,89	0,00	1,00	1,00	0,00	0,62	1,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	-	0,22	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,22	-	1,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,00
16	0,00	0,00	0,03	0,00	0,98	1,00	0,00	0,04	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-

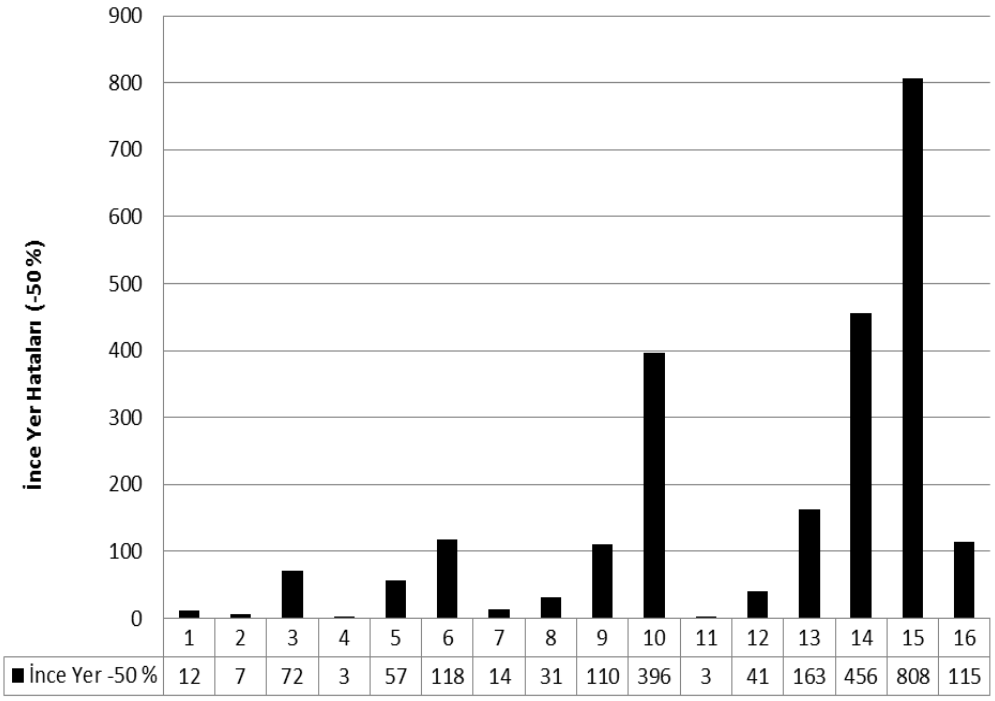
r-PET/r-Co ikili karışımlarda (“12”, “13”, “14” kodlu iplikler) ise, karışımdaki geri dönüşüm pamuk miktarı arttıkça düzgünsüzlük artış eğilimindedir. Aynı şekilde CO/r-CO ikili karışımlarda da (“03”, “06”, “10” kodlu iplikler) karışımdaki r-CO miktarı arttıkça düzgünsüzlük artış eğilimindedir. Üçlü karışımlarda da en yüksek

düzgünsüzlük, r-CO oranının en yüksek olduğu "09" kodlu ipliklerde görülmüştür. Çizelge 3.4'deki tarak şeridi ve cer bandı düzgünsüzlükleri incelendiğinde geri dönüşüm pamuğun karışımsız olarak %100 formda bulunduğu tarak şeridinde ve karışım halinde olduğu tiplerin 1. Pasaj ve 2. Pasaj Cer sonrası ölçümlerinde de daha yüksek düzgünsüzlükler kaydedilmiştir. Malzemedeki bu sonuçların da iplik sonuçlarına yansımış olacağı düşünülmektedir. Aslında tüm bu sonuçlara geri dönüşüm pamuk liflerinin yeniden kazanım işlemleri sırasında bozulan lif uniformitesi ve kısa liflerin fazlalığı sebebiyet vermektedir (Çizelge 3.1).

Çizelge 4.10'daki iplik düzgünsüzlüğü performansları üzerindeki lif etkilerine bakıldığında, sonuçlar ile pamuk lifi arasında negatif önemli bir korelasyon, geri dönüşüm pamuk lifi ile de pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunmuştur. Geri dönüşüm polyester lifinin de pamuk lifi kadar negatif bir etki göstermesi beklenirken, tüm karışımların dâhil edildiği sistemde bu etki sınırlı kalmıştır. Bunun sebebi r-PET'in tek başına gösterdiği etkiyi karışımlarda gösterememiş olmasıdır.

4.3.1.4. İpliklerdeki İnce Yer Hatası Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin ince yer hatası ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. İplik ince yer hatası sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin ince yer hataları arasındaki fark [F (15, 159)=177,282; p=0,0009] önemli seviyede bulunmuştur. İpliklere uygulanan ince yer hatası testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.4'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin ince yer hatası ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için ($p=0,0001<0,05$) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.16'da verilmektedir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
İnce Yer -50 %	12	7	72	3	57	118	14	31	110	396	3	41	163	456	808	115

Şekil 4.4. İpliklerdeki ince yer hataları ölçüm sonuçları grafiği

En fazla ince yer hatası “15” kod numaralı %100 r-CO iplikte görülmüştür. En az ince yer hatası ise “11” kod numaralı %100 r-PET ipliktedir (Şekil 4.4). %100 r-PET iplik ile “01”, “02”, “04” ve “07” kodlu iplikler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz seviyededir. Bu sonuçlar %100 r-PET, %100 CO ve CO/r-PET ikili karışımları arasında ince yer hatası açısından fark olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.16).

İnce yer hataları üzerine üç lifin genel etkisine bakıldığında, geri dönüşüm pamuk lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon, r-PET lifi ile de negatif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur. Pamuk lifinin etkisi ise negatif yönde ancak zayıf seviyededir (Çizelge 4.10).

r-CO/r-PET ikili karışımlarda ise, r-CO oranı arttıkça ince yer hataları artış göstermektedir. Aynı şekilde CO/r-CO karışımlarda r-CO oranı arttıkça ince yer hataları artış eğilimindedir. Üçlü karışımlarda da r-CO oranı %25’in üzerine olduğu “09” ve “16” kodlu ipliklerde daha fazla olumsuz etki görülmektedir.

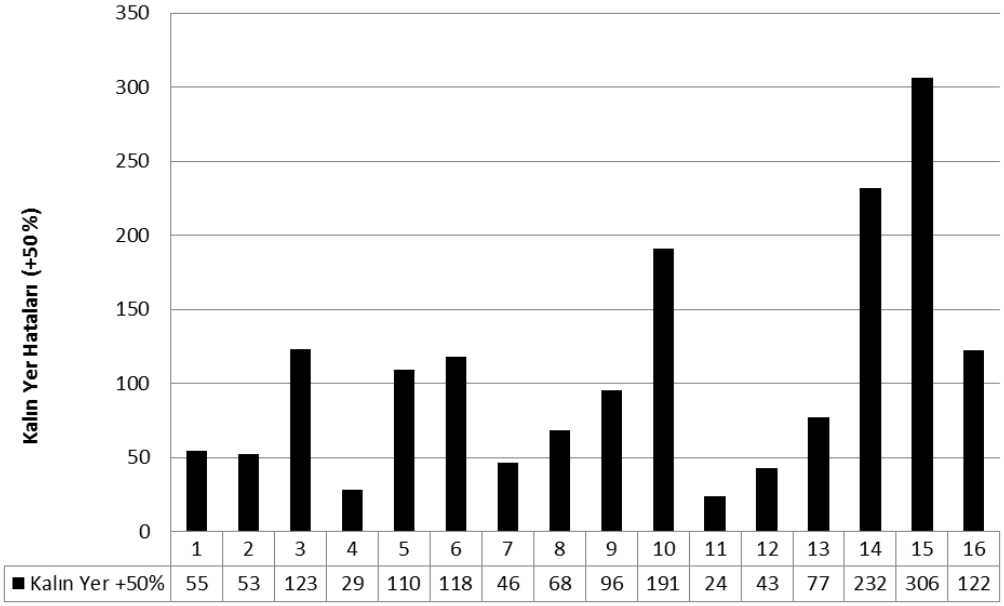
Çizelge 4.16. İplik ince yer hatası çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,97	0,01	0,04	0,00	0,00	1,00	0,13	0,00	0,00	0,20	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
02	0,97	-	0,00	0,99	0,00	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
03	0,01	0,00	-	0,00	1,00	0,08	0,00	0,10	0,88	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,18
04	0,04	0,99	0,00	-	0,00	0,00	0,98	0,01	0,00	0,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	1,00	0,00	-	0,00	0,00	0,04	0,13	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	1,00
07	1,00	1,00	0,00	0,98	0,00	0,00	-	0,75	0,00	0,00	0,99	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,13	0,02	0,10	0,01	0,04	0,00	0,75	-	0,01	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	0,00	0,00	0,88	0,00	0,13	1,00	0,00	0,01	-	0,00	0,00	0,02	0,57	0,00	0,00	1,00
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
11	0,20	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,99	0,01	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,08	0,02	0,68	0,01	1,00	0,00	0,20	1,00	0,02	0,00	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,63	0,00	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,51
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,01	-	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
16	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	-

4.3.1.5. İpliklerdeki Kalın Yer Hatası Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin kalın yer hatası ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. İplik kalın yer hatası sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin kalın yer hataları arasındaki fark [F (15, 159)=58,671; p=0,0001] önemli seviyede bulunmuştur. İpliklere uygulanan kalın yer hatası testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.5'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin kalın yer hatası ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0001<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.17'de verilmektedir.

En fazla kalın yer hatası "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.5). Bu iplik ile "14" kodlu %75 r-CO/%25 r-PET iplik arasında istatistiksel açıdan fark önemsizdir (Çizelge 4.17).



Şekil 4.5. İpliklerdeki kalın yer hataları ölçüm sonuçları grafiği

En az kalın yer hatası ise “11” kod numaralı %100 r-PET iplikte bulunmuştur.

Bu iplik ile “01”, “02”, “04”, “07”, “08” ve “12” kodlu iplikler arasındaki fark önemsiz seviyededir.

Çizelge 4.17. İplik kalın yer hatası çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	0,00	0,08	0,04	0,00	1,00	1,00	0,01	0,00	0,79	1,00	0,33	0,00	0,00	0,00
02	1,00	-	0,00	0,85	0,04	0,00	1,00	1,00	0,06	0,00	0,98	1,00	0,84	0,00	0,00	0,00
03	0,00	0,00	-	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,49	0,03	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	1,00
04	0,08	0,85	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,04	0,04	1,00	0,00	-	1,00	0,01	0,27	1,00	0,01	0,00	0,01	0,76	0,06	0,00	1,00
06	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	-	0,00	0,00	0,86	0,01	0,00	0,00	0,01	0,11	0,00	1,00
07	1,00	1,00	0,00	1,00	0,01	0,00	-	0,90	0,01	0,00	1,00	1,00	0,26	0,00	0,00	0,00
08	1,00	1,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,90	-	0,12	0,00	0,12	0,08	1,00	0,01	0,00	0,00
09	0,01	0,06	0,49	0,00	1,00	0,86	0,01	0,12	-	0,00	0,00	0,00	0,89	0,03	0,00	0,83
10	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,02	0,03
11	0,79	0,98	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,12	0,00	0,00	-	1,00	0,03	0,00	0,00	0,00
12	1,00	1,00	0,00	0,96	0,01	0,00	1,00	0,08	0,00	0,00	1,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,33	0,84	0,00	0,00	0,76	0,01	0,26	1,00	0,89	0,00	0,03	0,00	-	0,01	0,00	0,02
14	0,00	0,00	0,15	0,00	0,06	0,11	0,00	0,01	0,03	1,00	0,00	0,00	0,01	-	0,96	0,14
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,96	-	0,00
16	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,83	0,03	0,00	0,00	0,02	0,14	0,00	-

Karışımsız tiplerde %100 r-CO iplik en yüksek kalın yer hatası göstermiştir. %100 r-PET ipliğin %100 CO ipliğe göre daha az kalın yer hatasına sahip olmasına rağmen, aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir. Aynı şekilde Co/r-PET ikili karışımları "02", "04" ve "07" kod numaralı iplikler ile %100 r-PET ve %100 CO iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir.

r-PET/r-CO ikili karışımlarda ("12", "13", "14" kodlu iplikler) ise karışımdaki r-CO oranı arttıkça kalın yer hataları artış eğilimindedir. Aynı şekilde CO/r-CO ikili karışımlarda ("03", "06", "10" kodlu iplikler) da r-CO oranı arttıkça kalın yer hatalarında artış görülmektedir.

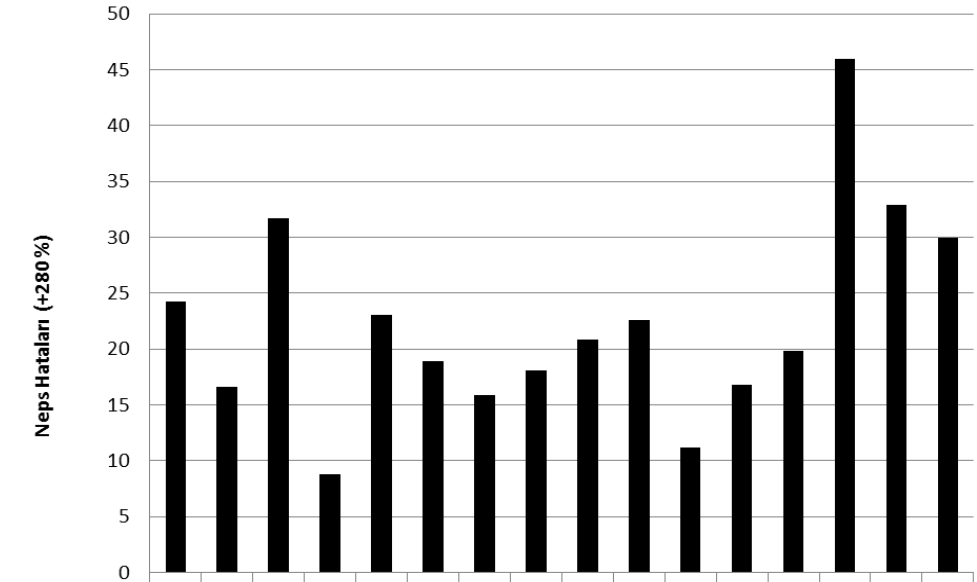
Çizelge 4.10'daki kalın yer hataları üzerindeki lif etkilerine bakıldığında ise r-CO lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon, r-PET lifi ile ise negatif yönde önemli bir korelasyon görülmektedir. r-PET lifinin pamuk lifinden ayrışarak daha önemli bir korelasyon vermesi, r-PET' in üçlü karışımlarda daha etkili olmasıyla ilişkili olmasıyla açıklanabilmektedir.

Üçlü karışımlarda ("05", "08", "09" ve "16" kodlu iplikler) yüksek r-PET oranının ("08" kodlu %25 CO/%25 r-CO/%50 r-PET iplik) hataları azaltma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

4.3.1.6. İpliklerdeki Neps Hatası Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin neps hatası ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. İplik neps hatası sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin neps hataları arasındaki fark [F (15, 159)=9,135; p=0,0001] önemli seviyededir. İpliklere uygulanan neps hataları testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.6'da verilmektedir. 16 farklı ipliğin neps hatası ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için ($p=0,0002<0,05$) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.18'de verilmektedir.

İpliklerdeki neps hataları incelendiğinde, en fazla hata "14" kod numaralı %75 r-CO/%25 r-PET iplikte görülmüştür (Şekil 4.6). Bu iplik ile "03", "15" ve "16" kodlu iplikler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir (Çizelge 4.18). En az neps hatası ise "04" kod numaralı %50 CO/%50 r-PET iplikte bulunmuştur. Bu ipliklerin "01", "02", "03", "06", "07", "08", "11" ve "12" kod numaralı iplikler arasındaki farkı istatistiki açıdan önemsizdir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
■ Neps +280 %	24	17	32	9	23	19	16	18	21	23	11	17	20	46	33	30

Şekil 4.6. İpliklerdeki neps hataları ölçüm sonuçları grafiği

Karışımsız tiplerde en yüksek neps değerleri %100 r-CO iplikte görülürken, bu ipliğin %100 CO iplik ile arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir. %100 r-PET iplik ise en düşük neps değerini vermiştir. Ancak %100 r-PET ipliğin %100 CO iplik ile arasındaki fark önemsiz seviyededir.

CO/r-PET ve CO/r-CO ikili karışımları arasında fark önemsiz seviyededir. Ancak r-PET/r-CO ikili karışımlarda r-CO oranının artmasıyla neps değerlerinde artış eğilimi görülmektedir. Çizelge 4.10'daki iplik neps performansları ile lifler arasındaki ilişki genel olarak incelendiğinde r-CO lifi ile pozitif yönde önemli bir korelasyon bulunmaktadır. Geri dönüşüm polyester lifi ile korelasyon negatif yönde

kısmen zayıf seviyededir. Geri dönüşüm pamuk miktarının artmasıyla neps değerlerinde artış eğilimi beklenmektedir.

Çizelge 4.18. İplik neps hatası çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

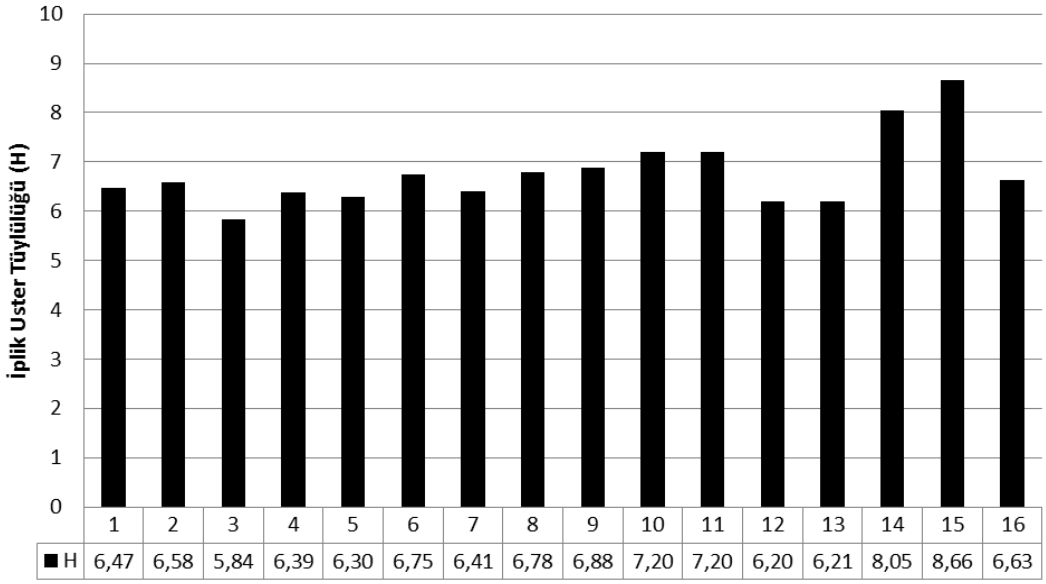
TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	1,00	0,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,61	1,00	1,00	0,02	0,93	1,00
02	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,08	0,80
03	1,00	1,00	-	0,49	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
04	0,05	1,00	0,49	-	0,02	0,07	1,00	0,20	0,00	0,01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,02
05	1,00	1,00	1,00	0,02	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,65	1,00	1,00	0,01	0,35	1,00
06	1,00	1,00	1,00	0,07	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,88
07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,07	0,72
08	1,00	1,00	1,00	0,19	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,78
09	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,89	1,00	1,00	0,00	0,01	0,99
10	1,00	1,00	1,00	0,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,65	1,00	1,00	0,00	0,13	1,00
11	0,61	1,00	0,78	1,00	0,65	1,00	1,00	1,00	0,89	0,65	-	1,00	0,97	0,00	0,00	0,11
12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,00	0,14	0,88
13	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	-	0,00	0,00	0,93
14	0,02	0,00	1,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,48	0,47
15	0,93	0,08	1,00	0,00	0,35	0,00	0,07	0,00	0,01	0,13	0,00	0,14	0,00	0,48	-	1,00
16	1,00	0,80	1,00	0,02	1,00	0,88	0,72	0,77	0,99	1,00	0,11	0,88	0,93	0,47	1,00	-

4.3.1.7. İplik Tüylülüğü Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin Uster tüylülük (H) ölçüm sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. İplik Uster "H" sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin tüylülükleri arasındaki fark [F (15, 159)=14,049; p=0,0002] önemli seviyededir. İpliklere uygulanan Uster tüylülük testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.7'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin Uster tüylülük ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0001<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.19'da verilmektedir.

İpliklerdeki Uster tüylülükleri incelendiğinde, en yüksek tüylülük değeri "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.7). Bu iplik ile "14" kodlu

%75 r-CO/%25 r-PET içerikli iplik arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir (Çizelge 4.19). En düşük tüylülük değerleri ise "03" kod numaralı %50 CO/%50 r-CO iplikte bulunmuştur. Bu iplik ile "01", "02", "04", "05", "07", "12", "13", "14" ve "16" kod numaralı iplikler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
H	6,47	6,58	5,84	6,39	6,30	6,75	6,41	6,78	6,88	7,20	7,20	6,20	6,21	8,05	8,66	6,63

Şekil 4.7. İpliklerdeki Uster "H" tüylülüğü ölçüm sonuçları grafiği

Karışımsız tiplerde en düşük tüylülük değerlerine %100 CO iplikte ulaşılmıştır. İstatistiksel açıdan bu iplik ile %100 r-PET iplik arasında fark bulunmamaktadır. %100 r-CO iplik ise tüm ipliklerden daha yüksek tüylülüğe sahiptir.

CO/r-PET ikili karışımlar arasındaki fark önemsiz seviyededir. CO/r-CO karışımlarda r-CO oranı arttıkça tüylülük artış eğilimindedir. Aynı şekilde r-PET/r-CO karışımlarda da r-CO oranının artması tüylülüğü artırmaktadır. Üçlü karışımlarda da en yüksek tüylülük r-CO'nun en fazla olduğu "09" kodlu iplikte görülmüştür.

Tüm karışımlar birlikte düşünüldüğünde, "H" değerleri bakımından Çizelge 4.10' daki korelasyon sonuçları geri dönüşüm pamuk etkisinin pozitif yönde ancak zayıf olduğunu göstermektedir. Bu durum r-CO lifinin pamuk ile karışımlarında r-PET lifi ile karışımına göre beklenenden düşük tüylülük göstermesi ile ilgilidir. Örneğin "03" kodlu %50 CO/%50 r-CO iplik en düşük tüylülük değerlerini vermiş

ve bu değerlerin %100 CO iplik sonuçları ile arasındaki fark önemsiz seviyede olmuştur. Pamuk lifinin etkisi de korelasyon sonuçlarına göre negatif yönde ancak zayıf seviyededir.

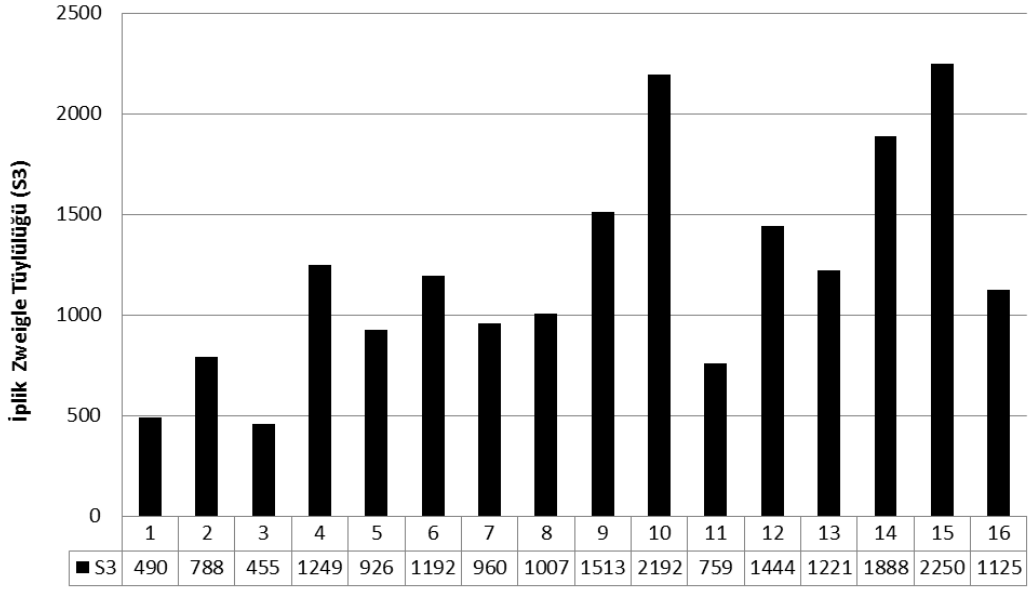
Çizelge 4.19. İplik Uster "H" tüylülüğü çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	1,00	0,93	0,00	1,00
02	1,00	-	0,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,55	0,81	1,00	1,00	0,96	0,00	1,00
03	1,00	0,26	-	0,66	0,33	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,98	0,28	0,00	0,19
04	1,00	1,00	0,66	-	1,00	0,99	1,00	1,00	0,73	0,03	0,11	1,00	1,00	0,81	0,00	1,00
05	1,00	1,00	0,33	1,00	-	0,00	1,00	0,18	0,01	0,00	0,01	1,00	1,00	0,71	0,00	1,00
06	1,00	1,00	0,00	0,99	0,00	-	0,07	1,00	1,00	0,06	0,83	0,97	0,07	0,99	0,00	1,00
07	1,00	1,00	0,07	1,00	1,00	0,07	-	0,75	0,07	0,00	0,04	1,00	1,00	0,83	0,00	1,00
08	1,00	1,00	0,00	1,00	0,18	1,00	0,75	-	1,00	0,65	0,99	0,97	0,18	1,00	0,00	1,00
09	1,00	1,00	0,00	0,73	0,01	1,00	0,07	1,00	-	0,92	1,00	0,74	0,02	1,00	0,00	1,00
10	0,97	0,55	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	0,65	0,92	-	1,00	0,09	0,00	1,00	0,00	0,77
11	0,99	0,81	0,00	0,11	0,01	0,83	0,04	0,99	1,00	1,00	-	0,14	0,01	1,00	0,00	0,94
12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	1,00	0,97	0,74	0,09	0,14	-	1,00	0,63	0,00	1,00
13	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	0,07	1,00	0,18	0,02	0,00	0,01	1,00	-	0,62	0,00	1,00
14	0,93	0,965	0,28	0,81	0,71	0,99	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	0,63	0,62	-	1,00	0,98
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,00
16	1,00	1,00	0,19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,77	0,94	1,00	1,00	0,98	0,00	-

Çalışmada üretilen 16 farklı ipliğin Zweigle "S3" tüylülük ölçüm sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. İplik Zweigle tüylülüğü sonuçları için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin tüylülükleri arasındaki fark [F (15, 159)=154,043; p=0,0001] önemli bulunmuştur. İpliklere uygulanan Zweigle "S3" tüylülük testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.8'de verilmektedir. 16 farklı ipliğin Zweigle "S3" sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0005<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.20'de verilmektedir.

Zweigle tüylülüğü sonuçları Uster tüylülüğü sonuçlarından bir nebze farklılık göstermektedir. Çizelge 4.10'daki korelasyon sonuçlarına bakıldığında; ipliklerdeki

"S3" tüylülük performansları ile geri dönüşüm pamuk lifi arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon, pamuk lifi ile de negatif yönde önemli bir korelasyon görülmektedir. Uster "H" tüylülüğüne bu sonuçlar paralel olsa da, liflerin etkisi burada daha belirgin seviyede kaydedilmiştir.



Şekil 4.8. İpliklerdeki Zweigle "S3" tüylülüğü ölçüm sonuçları grafiği

En yüksek S3 değeri "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte ölçülmüştür. Bu ipliğin "10" kod numaralı %25 CO/%75 r-CO iplik ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.8, Çizelge 4.20). En düşük S3 değeri ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO iplikte ölçülmüştür. Bu ipliğin %100 CO iplik ile arasındaki farkı istatiksel açıdan önemsizdir. S3 tüylülük sonuçlarındaki en yüksek ve en düşük değerler Uster "H" tüylülüğü ile aynı sonucu vermektedir.

Karışımsız tiplerde en düşük tüylülük değerlerine %100 CO iplikte ulaşılmıştır. Ancak "H" değerlerinden farklı olarak bu ipliğin %100 r-PET ile aralarındaki fark istatistiki olarak önemli seviyededir. En yüksek S3 değerleri ise %100 r-CO iplikte görülmüştür.

CO/r-PET karışımları karışımsız tiplerden daha yüksek tüylülükler göstermişlerdir. Aralarındaki en yüksek tüylülük değeri "04" kod numaralı %50 CO/%50 r-PET iplikte ölçülmüştür.

Çizelge 4.20. İplik Zweigle "S3" tüylülüğü çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
02	0,02	-	0,01	0,00	0,97	0,00	0,91	0,22	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
03	1,00	0,01	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	0,00	0,00	0,00	-	0,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	1,00	0,00	0,00	1,00
05	0,00	0,97	0,00	0,00	-	0,00	1,00	0,89	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
06	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	1,00
07	0,00	0,91	0,00	0,01	1,00	0,03	-	1,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00
08	0,00	0,22	0,00	0,00	0,89	0,00	1,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,10
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,60	1,00	0,00
11	0,00	1,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
12	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	-	0,04	0,00	0,00	0,38
13	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	-	0,00	0,00	1,00
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	-	0,00
16	0,00	0,33	0,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,10	0,00	0,16	0,38	1,00	0,00	0,00	-

Önceki çalışmalara benzer şekilde CO/r-CO karışımlarda, karışımdaki r-CO oranı %25' i geçtiğinde tüylülük geometrik bir artış göstermiştir (Halimi ve ark, 2009; Hasani ve Tabatabaei, 2011). r-CO/r-PET karışımlarda ise r-CO oranı arttıkça tüylülük artış eğilimindedir. Üçlü karışımlarda ise "09" kod numaralı geri dönüşüm pamuk oranının %50 olduğu durum en yüksek tüylülüğü göstermiştir.

4.3.1.8. Geri Dönüşüm İplik Tiplerinin Maliyet Analizi

İplik maliyetleri, üreticiler için rekabet açısından büyük önem arz etmektedir. Çevresel olarak önemli katkılar sunan geri dönüşüm hammaddeler, işletmelerin maliyetlerini düşürmesine imkân sunarak ekonomik açıdan da sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır. Literatürde iplik maliyetinin hesaplanmasına yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur (Kaplan, 2004; Öksüz, 2008). Maliyetlerin karşılaştırılabilmesi için üretim maliyetleri 1 kg iplik üretimi esas alınarak yapılmaktadır. İplik maliyetine etki eden unsurlar genel olarak hammadde, işçilik, yardımcı madde, enerji, amortisman ve diğer faktörler olarak düşünülmektedir. Ancak bu unsurların birim

iplik maliyetindeki payı iplik üretim yöntemine, cinsine, üretim koşullarına, işletmenin teknolojik yapısı ve ekonomik durumuna göre değişiklik göstermektedir. Doğrudan maliyetler hesaplama yolu ile belirlenebilirken, dolaylı maliyetler iplik maliyetine dağıtım yoluyla yansıtılmaktadır (Koç ve Kaplan, 2006). Örneğin enerji tüketimi ile ilgili bir kural olarak, üretilecek iplik inceldikçe enerji maliyetleri artmaktadır. Ancak bu eğirme sistemine, sistemin verimliliğine, mevsime vb. gibi birçok faktöre göre değişebilmektedir (Koç ve Kaplan, 2007a; Kaplan ve Koç, 2010). Bölgesel farklılıklar farklı maliyet unsurlarının farklı ağırlıklarının olmasına neden olabilmektedir (Ernst, 2011). Tekstil işletmelerinde; üretim sırasında tüketilen enerji; kullanılacak hammaddeden üretilecek ürüne, işletme şartlarından yerleşim planına, kullanılan makinelerden, iş akışına kadar her türlü parametreden etkilenmekte ve maliyeti değişmektedir. Üretilen mamulün birim miktarı için gerekli olan enerji; mamul yapısına, üretim basamaklarına ve makinalara göre değişeceğinden, üretimin gerçekleştirildiği alt bölümlerde farklılık göstermektedir (Koç ve Kaplan, 2005; Koç ve Kaplan, 2007b). Benzer şekilde iplik maliyetini oluşturan tüm kalemler farklılık arz edebilmektedir. Çizelge 4.21'de Uluslararası Tekstil Üreticileri Federasyonu (ITMF) tarafından hazırlanan, seçilmiş ülkeler için oluşturulmuş "Uluslararası Üretim Maliyetleri Karşılaştırılması" 2012 ve 2014 raporlarına göre %100 pamuk Ne 20/1 karde Open-End Rotor iplik maliyetlerindeki maliyeti oluşturan kalemlerin dağılımları verilmektedir (ITMF, 2012; ITMF, 2014).

Çizelge 4.21'deki veriler incelendiğinde, tüm ülkelerde iplik maliyeti üzerindeki en önemli unsurun hammadde kalemi olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Ülkemizde ise Ne 20/1 karde Open-end iplik maliyetinin %22'sinin iplik üretim maliyetlerinden %78'inin ise hammadde maliyetlerinden oluştuğu tahmin edilmiştir. Ancak her işletmenin sahip olduğu çalışma koşulları, üretim tipi, makine parkı vb. çeşitli faktörler çok değişkenlik gösterebilmektedir. Ayrıca iplik numarası inceldikçe iplik üretim maliyetlerinin artması, iplik numarası kalınlaştıkça da iplik üretim maliyetlerinin düşmesi genel geçer bir kuraldır.

Çizelge 4.21. OE Rotor ipliği için maliyet unsurları (%)

Ülkeler	Telef		İşçilik		Enerji		Yardımcı Malzeme		Sermaye		Hammadde	
	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014	2012	2014
Brezilya	5	6	2	1	8	7	4	3	11	11	70	72
Çin	6	6	1	1	5	5	3	2	5	6	81	80
Mısır	6	7	0	0	2	1	3	2	7	5	82	85
Hindistan	5	6	1	0	7	5	4	3	11	10	72	76
Endonezya	6	6	1	0	5	5	4	3	8	8	76	78
İtalya	5	5	7	7	11	10	4	3	11	11	65	64
Kore	6	6	2	3	4	5	4	3	9	8	75	75
ABD	5	5	6	5	3	3	5	4	12	11	69	72
Türkiye	**4**	**6**	**1**	**1**	**6**	**4**	**3**	**3**	**8**	**8**	**78**	**78**

Tez çalışması kapsamında yapılan numune iplik üretimleri de laboratuvar şartlarında Ne 12 iplik numarasında gerçekleştirilmiştir. 2015 yılı verilerine göre tez çalışması kapsamında tedarik edilen liflerin ortalama fiyatları, Pamuk: 4,25 TL/kg, r-PET: 3,25 TL/kg ve r-CO: 2 TL/kg şeklindedir. Piyasa verilerine göre Ne 12 numarada %100 Pamuk Open-end iplik maliyeti 5 TL/kg baz alınacak olursa, bu iplik numarasında maliyetlerin %15'inin iplik üretim maliyetlerinden %85'inin ise hammadde maliyetlerinden oluştuğunu söylemek mümkündür. Literatür bilgisi ve deneyimler ışığında tezde yapılacak tahmini iplik maliyetleri için, bu oranlar ve iplik maliyeti dikkate alınarak Çizelge 4.22'de yaklaşık maliyetler oluşturulmuştur.

Öncelikle hammadde/lif fiyatları göz önünde bulundurularak, numune iplik içerisindeki oranlarına göre hammadde maliyetleri belirlenmiştir. Daha sonra tüm tipler aynı iplik numarasına sahip olduğu için Tip 01 %100 CO iplik maliyeti 5 TL/kg olarak baz alındığında oluşan iplik üretim maliyetleri, diğer iplikler için de yaklaşık sonuç vereceği için sabit tutulmuştur.

Bunun yanı sıra, yapılacak hesaplamalarda deneyimler ışığında geri dönüşüm lif kullanımının sebep olacağı randıman kaybı nedeniyle birim zamanda üretilen iplik miktarındaki azalmanın iplik üretim maliyetlerine ek yük getireceği düşüncesinden hareketle, tez çalışmasındaki her %25'lik geri dönüşüm pamuk lif artış oranına bağlı olarak iplik üretim maliyetlerine %10 ekstra maliyet eklenmiştir.

Çizelge 4.22. Geri dönüşüm ipliklerin yaklaşık maliyeti

Materyal				Yaklaşık İplik Maliyeti (TL/kg)			
Tipler	**CO**	**r-CO**	**r-PET**	**Hammadde Maliyeti**	**Üretim Maliyeti**	**Ekstra Maliyet**	**Toplam Maliyet**
Tip 01	100	0	0	4,250	0,75	-	5,000
Tip 02	75	0	25	4,000	0,75	-	4,750
Tip 03	75	25	0	3,687	0,75	0,075	4,512
Tip 04	50	0	50	3,750	0,75	-	4,500
Tip 05	50	25	25	3,437	0,75	0,075	4,262
Tip 06	50	50	0	3,125	0,75	0,150	4,025
Tip 07	25	0	75	3,500	0,75	-	4,250
Tip 08	25	25	50	3,187	0,75	0,075	4,012
Tip 09	25	50	25	2,875	0,75	0,150	3,775
Tip 10	25	75	0	2,562	0,75	0,225	3,537
Tip 11	0	0	100	3,250	0,75	-	4,000
Tip 12	0	25	75	2,937	0,75	0,075	3,762
Tip 13	0	50	50	2,625	0,75	0,150	3,525
Tip 14	0	75	25	2,312	0,75	0,225	3,287
Tip 15	0	100	0	2,000	0,75	0,300	3,050
Tip 16	33	33	33	3,135	0,75	0,099	3,984

Elde edilen yaklaşık iplik maliyetleri incelendiğinde, hammadde fiyat farklılıkları nedeniyle geri dönüşüm lif içeren ipliklerde toplam maliyet daha düşük çıkmıştır.

Maliyetler 01>02>03>04>05>07>06>08>11>16>09>12>10>13>14>15 şeklinde sıralanmıştır. En yüksek iplik maliyetine "01" kodlu %100 CO iplik sahip olurken, en düşük iplik maliyeti "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte görülmüştür. Ancak %100 r-CO iplik, iplik performansları açısından en kötü değerlere sahip olmuştur. En düşük kopma mukavemeti, en yüksek düzgünsüzlük ve tüylülük, en fazla ince ve kalın yer hatası %100 r-CO iplikte ölçülmüştür. Bu nedenle söz konusu ipliklerin yalnızca kalitenin tamamen göz ardı edildiği durumlarda kullanılabileceği düşüncesi hâkim olmaktadır.

%100 r-Co iplikten sonra en düşük iplik maliyetlerine r-PET/r-CO karışımlarının sahip olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla CO/r-CO ve CO/r-PET karışımları gelmektedir. r-PET/r-CO karışımlarına yakın iplik maliyetine sahip olan "10" kod numaralı %25 CO/%75 r-CO iplik ise, %100 r-CO iplikte olduğu gibi

diğer karışımlara göre daha düşük kopma mukavemeti, daha yüksek düzgünsüzlük ve tüylülük, daha fazla ince ve kalın yer hatasına sahip olmuştur.

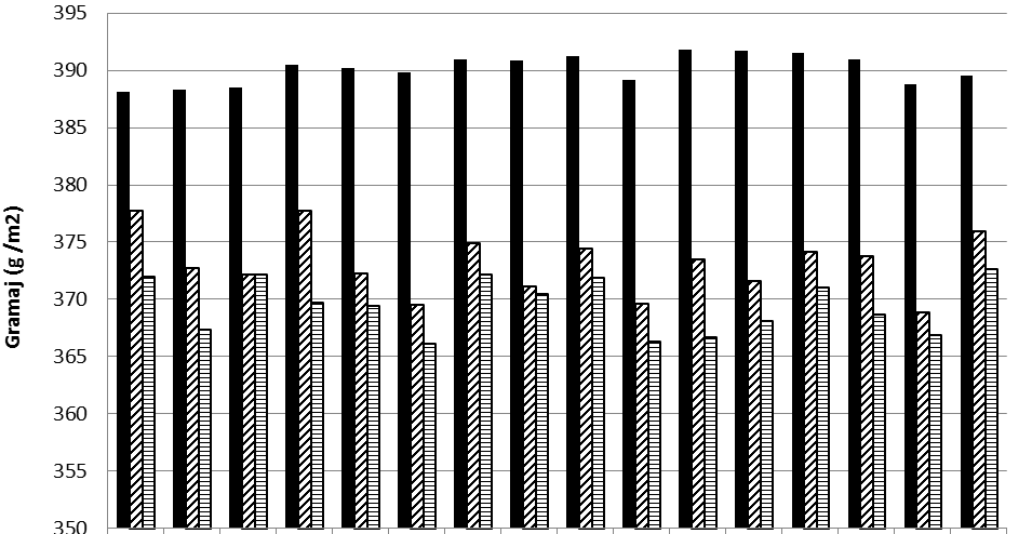
İplik performansları ile iplik maliyetleri birlikte düşünüldüğünde CO/r-PET karışımlarından "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET ve "07" kodlu %25 CO/%75 r-PET karışımlarının piyasada kullanılan CO/PES karışımlarına iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Kısmen daha düşük kaliteli uygulamalar için ise r-CO/r-PET karışımlı ipliklerden "12" kodlu %25 r-CO/%75 r-PET ve "13" kodlu %50 r-CO/%50 r-PET'in daha uygun seçenek olarak görülmektedir.

4.3.2. Kumaş Testlerine ait Bulgular

Bu kısımda denim kumaş yapısında dokunmuş mamul kumaşların yıkama öncesi, enzim yıkama ve taş yıkama sonrası gramaj, kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık derecesi ve hava geçirgenliği test sonuçlarından elde edilen bulguların istatistiki olarak değerlendirilmesine yer verilmektedir.

4.3.2.1. Kumaş Gramaj Tayini Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 48 farklı mamul, enzim yıkama işlemi görmüş ve taş yıkama işlemi görmüş kumaşların ağırlık ölçüm sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Kumaşlara uygulanan gramaj testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.9'da verilmektedir. 16 farklı mamul kumaş için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların ağırlığı arasındaki fark [F (15, 79)=0,802; p=0,671] önemsiz bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama kumaş için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların ağırlığı arasındaki fark [F (15, 79)=2,316; p=0,055] önemsiz bulunmuştur. Aynı şekilde 16 farklı taş yıkama kumaş için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların ağırlığı arasındaki fark [F (15, 79)=2,974; p=0,078] önemsiz bulunmuştur.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	388,1	388,3	388,4	390,5	390,1	389,8	390,9	390,8	391,1	389,1	391,7	391,6	391,5	390,9	388,8	389,4
Enzim	377,6	372,7	372,1	377,7	372,2	369,4	374,8	371,1	374,4	369,5	373,5	371,5	374,1	373,7	368,8	375,9
Taş	372,0	367,2	372,1	369,6	369,4	366,0	372,1	370,4	371,8	366,3	366,6	368,1	371,0	368,6	366,9	372,6

Şekil 4.9. Gramaj ölçüm sonuçları grafiği

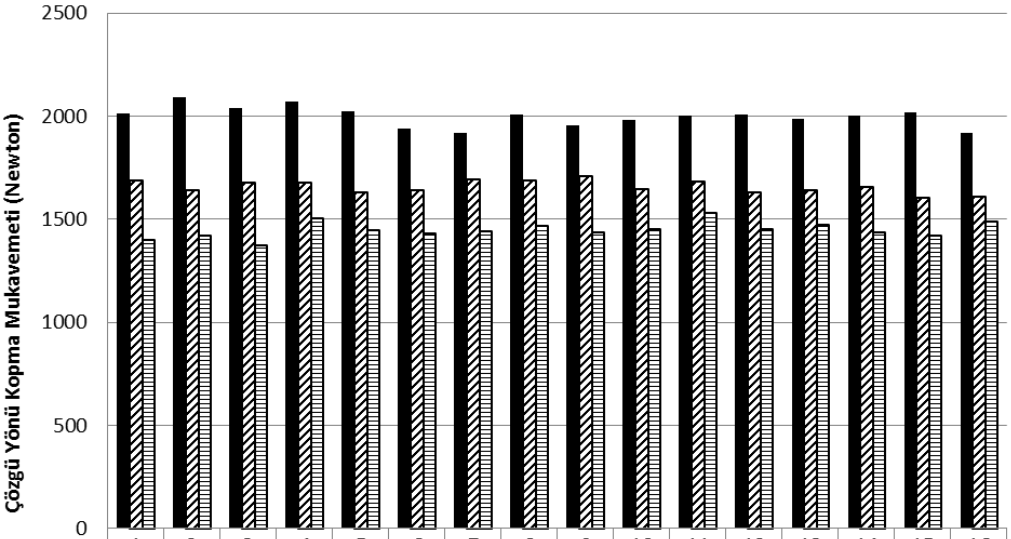
Mamul kumaşlar ile enzim ve taş yıkama kumaşların kendi aralarında oluşan ufak farklılıkların istatistiki açıdan önemsiz olduğu görülmektedir. Kumaş gramajı tüm kumaş özelliklerini direkt olarak etkileyebilmektedir. Bu nedenle çalışmada bu etkiyi kırmak amaçlanmıştır. Üretilen ipliklerin kumaşların sadece atkısında kullanılması ve kumaşların ramözden geçirildikten sonra sanforizasyon işlemine tabi tutulması nedeniyle beklenen bir durum gerçekleşmiştir. Aynı şekilde yapılan yıkamaların etkisiyle kumaşlarda oluşan aşınmanın gramaj değerlerini azaltması da beklenen bir durumdur. Kumaş gramajlarının kendi aralarında önemli farklılıklar göstermemesi yapılacak değerlendirmelerin daha güvenilir olmasını sağlamaktadır.

4.3.2.2. Kumaş Kopma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bu kısımda yıkama öncesi mamul kumaş, enzim yıkama işlemi görmüş ve taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü ve atkı yönlerindeki kopma mukavemeti ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

4.3.2.2.(1). Kumaş Çözgü Kopma Mukavemeti Sonuçları

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=1,879; p=0,069] önemsiz bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan çözgü yönündeki kopma mukavemeti testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.10'da verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,495>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.23'de verilmektedir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	2010	2089	2039	2069	2025	1939	1916	2007	1957	1981	1999	2006	1987	2004	2018	1916
Enzim	1688	1639	1678	1675	1629	1637	1691	1689	1708	1645	1681	1629	1638	1655	1601	1606
Taş	1400	1418	1371	1504	1445	1432	1438	1465	1435	1448	1532	1452	1474	1436	1422	1486

Şekil 4.10. Çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları grafiği

Çalışmada üretilen iplikler denim kumaş yapısında sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Tüm kumaş numunelerinde çözgü ipliği ve sıklığı sabit tutulmuştur.

Bu nedenle çözgü yönünde mamul kumaşta kopma mukavemetleri arasında istatistiki açıdan bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Mamul kumaş çözgü kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87
02	0,97	-	1,00	1,00	1,00	0,21	0,07	0,95	0,40	0,73	0,91	0,95	0,80	0,94	0,99	0,07
03	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,82	0,51	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,51
04	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,42	0,18	1,00	0,67	0,92	0,99	1,00	0,95	0,99	1,00	0,18
05	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,93	0,71	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71
06	0,99	0,21	0,82	0,42	0,93	-	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,97	1,00
07	0,87	0,07	0,51	0,18	0,71	1,00	-	0,90	1,00	0,99	0,95	0,91	0,99	0,92	0,80	1,00
08	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99	0,90	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,90
09	1,00	0,40	0,95	0,67	0,99	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	1,00	0,73	1,00	0,92	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
11	1,00	0,91	1,00	0,99	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95
12	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	0,99	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	0,91
13	1,00	0,80	1,00	0,95	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,99
14	1,00	0,94	1,00	0,99	1,00	0,99	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,92
15	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	0,97	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,80
16	0,87	0,07	0,51	0,18	0,71	1,00	1,00	0,90	1,00	0,99	0,95	0,91	0,99	0,92	0,80	-

Yıkama işlemleri sonrasında oluşan aşınma nedeniyle mukavemette önemli kayıplar yaşanmıştır. Bu kayıplar taş yıkama işleminde daha fazla gerçekleşmiştir (Şekil 4.10). Çizelge 4.12' deki yıkama performanslarının karşılaştırılmasında enzim yıkama sonrası tüm tiplerde farklılık oluştuğu görülmektedir (M*E). Aynı şekilde taş yıkama ile de tüm tiplerde farklılık oluşmuştur (M*T). Enzim yıkama işlemi ve taş yıkama işlemi sonrası çözgü kopma mukavemetleri karşılaştırıldığında ise, tüm gruplar arasında farklılık oluştuğu görülmektedir (E*T). Literatürde bu sonuçları destekleyici benzer çalışmalarda mevcuttur (Kaplan ve Sülar, 2011; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014; Mondal ve Khan, 2014).

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=2,792; p=0,002] önemli

bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,056>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.24'de verilmektedir.

Bu durum incelendiğinde "09", "15" ve "16" kod numaralı kumaşların sonuçlara etki ettiği görülmektedir (Çizelge 4.24). Enzim yıkama kumaşların arasındaki en yüksek mukavemet 1708 N ile "09" kodlu %25 CO/%50 r-CO/%25 r-PET atkılı kumaşta görülürken, en düşük mukavemet ise "15" kod numaralı %100 r-CO atkılı kumaşta 1601 N olarak ölçülmüştür. "16" kod numaralı kumaşta da %100 r-CO atkılı kumaşa benzer şekilde 1606 N olarak ölçülmüştür (Şekil 4.10). Daha agresif yapıda olduğu bilinen taş yıkama işlemi sonrasında da çözgü yönünde kopma mukavemeti açısından farklılık oluşmuştur.

Çizelge 4.24. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,90	1,00	1,00	0,72	0,87	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	0,70	0,88	1,00	0,12	0,20
02	0,90	-	0,99	0,99	0,96	0,96	0,87	0,89	0,46	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
03	1,00	0,99	-	1,00	0,91	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,91	0,98	1,00	0,28	0,40
04	1,00	0,99	1,00	-	0,94	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,99	1,00	0,34	0,47
05	0,72	0,96	0,91	0,94	-	1,00	0,66	0,71	0,25	1,00	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
06	0,87	0,96	0,98	0,99	1,00	-	0,83	0,86	0,41	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
07	1,00	0,87	1,00	1,00	0,66	0,83	-	1,00	1,00	0,94	1,00	0,65	0,84	0,99	0,10	0,17
08	1,00	0,89	1,00	1,00	0,71	0,86	1,00	-	1,00	0,96	1,00	0,69	0,87	1,00	0,12	0,19
09	1,00	0,46	1,00	1,00	0,25	0,41	1,00	1,00	-	0,61	1,00	0,24	0,43	0,14	0,02	0,03
10	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94	0,96	0,61	-	0,99	1,00	1,00	1,00	0,96	0,99
11	1,00	0,97	1,00	1,00	0,87	0,96	1,00	1,00	1,00	0,99	-	0,85	0,96	1,00	0,22	0,33
12	0,70	1,00	0,91	0,94	1,00	1,00	0,65	0,69	0,24	1,00	0,85	-	1,00	1,00	1,00	1,00
13	0,88	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00	0,84	0,87	0,43	1,00	0,96	1,00	-	1,00	0,99	1,00
14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	0,14	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,83	0,92
15	0,12	0,99	0,28	0,34	1,00	0,99	0,10	0,12	0,02	0,96	0,22	1,00	0,99	0,83	-	1,00
16	0,20	1,00	0,40	0,47	1,00	1,00	0,17	0,19	0,03	0,99	0,33	1,00	1,00	0,92	1,00	-

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=2,447; p=0,007] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın çözgü yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,618>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.25'de verilmektedir.

Çizelge 4.25. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	1,00	0,24	1,00	1,00	1,00	0,89	1,00	0,99	0,03	0,98	0,77	1,00	1,00	0,54
02	1,00	-	0,99	0,55	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,13	1,00	0,97	1,00	1,00	0,86
03	1,00	0,99	-	0,03	0,76	0,93	0,87	0,37	0,90	0,69	0,00	0,63	0,24	0,89	0,98	0,11
04	0,24	0,55	0,03	-	0,95	0,80	0,88	1,00	0,85	0,97	1,00	0,98	1,00	0,86	0,62	1,00
05	1,00	1,00	0,76	0,95	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,52	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
06	1,00	1,00	0,93	0,80	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,28	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97
07	1,00	1,00	0,87	0,88	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	0,38	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
08	0,89	0,99	0,37	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
09	1,00	1,00	0,90	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,34	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98
10	0,99	1,00	0,69	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,59	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	0,03	0,13	0,00	1,00	0,52	0,28	0,38	0,88	0,34	0,59	-	0,66	0,96	0,35	0,16	0,99
12	0,98	1,00	0,63	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	-	1,00	1,00	1,00	1,00
13	0,77	0,97	0,24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	-	1,00	0,98	1,00
14	1,00	1,00	0,89	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,35	1,00	1,00	-	1,00	0,99
15	1,00	1,00	0,98	0,62	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,16	1,00	0,98	1,00	-	0,90
16	0,54	0,86	0,11	1,00	1,00	0,97	0,99	1,00	0,98	1,00	0,99	1,00	1,00	0,99	0,90	-

Ancak buradaki farklılığı enzim yıkamadaki kumaşlar sağlamamıştır. Taş yıkama kumaşlar arasındaki en yüksek mukavemet 1532 N ile "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. En düşük mukavemet ise %75 CO/%25 r-CO atkılı kumaşta 1371 N' dur (Şekil 4.10, Çizelge 4.23). Burada oluşan 161 newtonluk fark sonuçlara etki etmektedir.

Çizelge 4.11'deki çözgü kopma mukavemetleri üzerindeki lif etkilerine bakıldığında, iki yıkama türünde oluşan farklılık açıklanabilmektedir. Mamul çözgü kopma mukavemetine göre r-CO lifinin negatif yöndeki ilişkisi enzim yıkamada bir miktar artış gösterirken, r-PET liflerinin pozitif yönde zayıf bir korelasyona gittiği görülmektedir.

Mukavemetlerde daha fazla düşüşe sebebiyet veren daha agresif yıkama türü taş yıkamanın etkisinde ise pamuk lifinin etkisinin pozitiften negatife yön değiştirdiği görülmektedir. r-PET lifinin pozitif yönde korelasyonu ise önemli seviyeye yaklaşmıştır. Bu durum daha agresif çeşitli yıkama türlerinde (çeşitli ağartma yöntemleri) r-PET içerikli kumaşların pamuk içeriklilere göre daha dayanıklı olacağını göstermektedir.

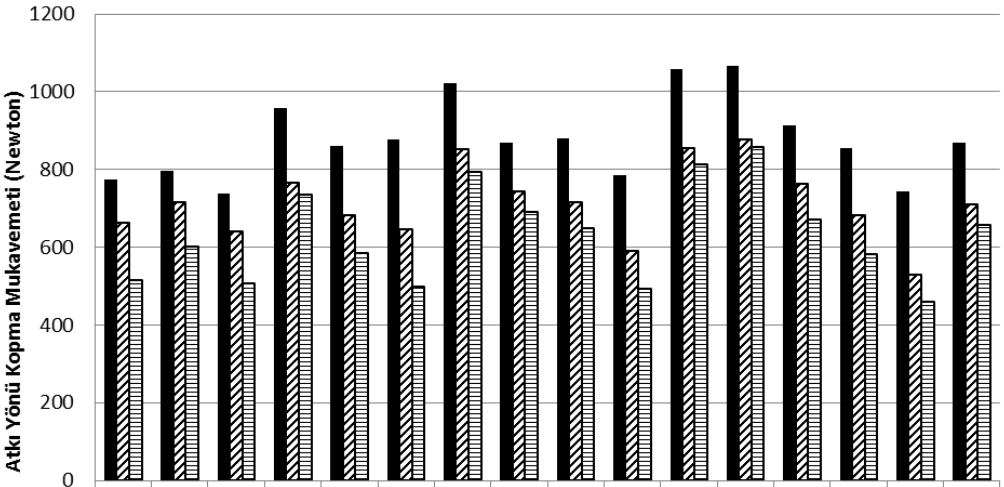
Genel olarak bakıldığında her iki yıkama işlemleri de mukavemetin tüm tiplerde azalmasına sebebiyet vermiştir fakat tipler arasında çok büyük farklılıklar oluşmamıştır.

4.3.2.2.(2). Kumaş Atkı Kopma Mukavemeti Sonuçları

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların atkı kopma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=78,372; p=0,0003] önemli bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan atkı yönündeki kopma mukavemeti testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.11'de verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,171>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.26'da verilmektedir.

Mamul kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemetlerinde en yüksek değer "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.11). Bu kumaşın "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET ve "11" kodlu %100 r-PET

atkılı kumaşlar arasındaki fark önemsiz seviyededir. Bu durum r-PET oranının %75 ve üzerinde olduğu durumlarda en yüksek mukavemeti sağladığını göstermektedir. Mamul kumaşlardaki en düşük değerler ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO kumaşta kaydedilmiştir. Bu kumaşların "01", "02", "10" ve "15" kodlu kumaşlar ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir (Çizelge 4.26).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	773,3	796,2	737,6	957,3	861,7	878,4	1021,	867,7	879,2	784,7	1058,	1066,	912,5	853,7	743,0	869,3
Enzim	661,5	715,3	639,3	766,3	682,0	645,1	850,8	743,0	714,5	588,8	855,1	878,0	761,5	682,9	528,8	709,8
Taş	515,0	600,2	507,7	735,9	583,4	497,3	793,4	689,1	648,9	493,6	812,2	858,2	670,3	580,8	460,0	658,1

Şekil 4.11. Atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları grafiği

Mamul kumaşlarda atkıların karışımsız olduğu durumlarda en yüksek mukavemet %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. %100 CO atkılı kumaş ile %100 r-CO atkılı kumaş arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.26. Mamul kumaş atkı kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,99	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,00
02	0,99	-	0,05	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,12	0,00
03	0,72	0,05	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
04	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,02	0,00	0,00	-	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,17	1,00	0,00	1,00
06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,78	0,98	0,00	1,00
07	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,64	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	-	1,00	0,00	0,00	0,00	0,35	1,00	0,00	1,00
09	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	-	0,00	0,00	0,00	0,81	0,97	0,00	1,00
10	1,00	1,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,47	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	0,00	-	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,35	0,17	0,78	0,00	0,35	0,81	0,00	0,00	0,00	-	0,05	0,00	0,41
14	0,00	0,06	0,00	0,00	1,00	0,98	0,00	1,00	0,97	0,01	0,00	0,00	0,05	-	0,00	1,00
15	0,90	0,12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,41	1,00	0,00	-

CO/r-PET ikili karışımlarda r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimindedir. Aynı şekilde r-CO/r-PET ikili karışımlarda da r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimdedir. Çizelge 4.11' deki korelasyon sonuçları incelendiğinde mamul atkı kopma mukavemeti sonuçları ile pamuk ve geri dönüşüm pamuk lifleri arasında negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunmuştur. r-PET lifleri ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Enzim atkı kopma mukavemeti sonuçlarında ise r-PET lifinin pozitif yöndeki güçlü etkisi pekişirken, geri dönüşüm pamuk lifinin negatif yönde korelasyonu önemli seviyeye gelmiştir.

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların atkı kopma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=87,600; p=0,0001] önemli bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,084>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu

karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.27'de verilmektedir.

Enzim yıkama sonrası en yüksek atkı kopma mukavemeti, mamul kumaşlarda olduğu gibi "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.11). Bu kumaşın "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET ve "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşlar arasındaki fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.27). Bu durum r-PET oranının %75 ve üzerinde olduğu durumlarda en yüksek mukavemeti sağladığını göstermektedir.

Enzim yıkama sonrası en düşük atkı kopma ise "15" kodlu %100 r-CO atkılı kumaşta kaydedilmiştir. Enzim yıkamada bu kumaşın diğer kumaşlardan daha fazla etkilendiğini söylemek mümkündür. Çünkü bu atkıdan üretilen mamul kumaşlardan farklı olarak "01", "02", "03" ve "10" kod numaralı kumaşların arasında istatistiki olarak farklar bulunmaktadır.

Çizelge 4.27. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,03	0,97	0,00	0,99	1,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,09
02	0,03	-	0,00	0,05	0,62	0,00	0,00	0,86	1,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,66	0,00	1,00
03	0,97	0,00	-	0,00	0,21	1,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00
04	0,00	0,05	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,96	0,04	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,02
05	0,99	0,62	0,21	0,00	-	0,44	0,00	0,01	0,66	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,85
06	1,00	0,00	1,00	0,00	0,44	-	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,86	0,00	0,96	0,01	0,00	0,00	-	0,83	0,00	0,00	0,00	0,99	0,01	0,00	0,62
09	0,04	1,00	0,00	0,04	0,66	0,00	0,00	0,83	-	0,00	0,00	0,00	0,11	0,70	0,00	1,00
10	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,96	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,12	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,11	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,04
14	0,98	0,66	0,19	0,00	1,00	0,40	0,00	0,01	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,88
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
16	0,09	1,00	0,00	0,02	0,85	0,00	0,00	0,62	1,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,88	0,00	-

CO/r-PET ikili karışımlarda r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimdedir. r-CO/r-PET ikili karışımlarda da aynı durum söz konusudur. CO/r-CO ikili karışımlarda ise r-CO oranının %50' nin üzerinde mukavemeti olumsuz etkilemeye başladığı görülmektedir. Çizelge 4.12 incelendiğinde tüm tiplerde enzim yıkamanın mamul kumaşa göre atkı yönündeki kopma mukavemeti açısından farklılaştığı görülmektedir. Aynı durum taş yıkama içinde geçerlidir. Çizelge 4.11' deki korelasyon sonuçlarına göre yıkamalar sonrası ise r-PET lifinin pozitif yöndeki güçlü etkisi artarken, r-CO lifinin negatif yönde korelasyonu önemli seviyeye gelmiştir. Yıkama işlemlerinin agresifliği arttıkça pamuk içerikli kumaşlara göre r-CO içerikli kumaşların daha fazla, r-PET içerikli kumaşların ise daha az etkileneceği görülmektedir.

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların atkı kopma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=88,780; p=0,0007] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için ($p=0,036<0,05$) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.28'de verilmektedir.

Çizelge 4.28. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,00	1,00	0,00	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,01	1,00	0,59	0,02
02	0,00	-	0,35	0,02	1,00	0,07	0,00	0,00	0,28	0,02	0,00	0,00	0,25	1,00	0,01	0,50
03	1,00	0,35	-	0,00	0,96	1,00	0,00	0,02	0,03	1,00	0,00	0,00	0,01	1,00	1,00	0,01
04	0,00	0,02	0,00	-	0,09	0,00	0,69	0,89	0,09	0,00	0,28	0,01	0,50	0,14	0,00	0,24
05	0,99	1,00	0,96	0,09	-	0,80	0,02	0,57	0,99	0,74	0,01	0,00	0,79	1,00	0,26	0,94
06	1,00	0,07	1,00	0,00	0,80	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,94	1,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,69	0,02	0,00	-	0,02	0,00	0,00	1,00	0,26	0,01	0,04	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,02	0,89	0,57	0,00	0,02	-	0,57	0,00	0,02	0,00	1,00	0,69	0,00	1,00
09	0,00	0,28	0,03	0,09	0,99	0,00	0,00	0,57	-	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00
10	1,00	0,02	1,00	0,00	0,74	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,90	1,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,28	0,01	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00	-	0,93	0,00	0,02	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	0,00	0,93	-	0,00	0,01	0,00	0,00
13	0,01	0,25	0,01	0,50	0,79	0,00	0,01	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,88	0,00	1,00
14	1,00	1,00	0,99	0,14	1,00	0,94	0,04	0,69	1,00	0,90	0,02	0,01	0,88	-	0,44	0,98
15	0,59	0,01	1,00	0,00	0,26	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,44	-	0,00
16	0,02	0,50	0,01	0,24	0,94	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,98	0,00	-

Taş yıkama kumaşlarda en yüksek atkı kopma mukavemeti, mamul kumaş ve enzim yıkama kumaşlarda olduğu gibi "12" kodlu kumaşta görülmektedir. Bu kumaşın yine "07" ve "11" kodlu kumaşlar arasındaki farkı önemsiz seviyededir (Çizelge 4.28). En düşük kopma mukavemeti değeri "15" kod numaralı %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Ancak bu kumaşın "01", "03", "05", "06", "10" ve "14" kodlu kumaşlar ile arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir (Çizelge 4.28). Ayrıca taş yıkama ile "04" ve "12" kod numaralı kumaşların enzim yıkamadan farklı ekstra bir mukavemet kaybı göstermemiştir. Diğer numuneler taş yıkamada, enzim yıkama sonrasına göre 60-100 N daha düşük mukavemetlere sahip olurken, bu iki tipte 20-30 N'luk bir düşüş gerçekleşmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.11).

Taş yıkama korelasyon sonuçlarında da görüleceği üzere, hem pamuk ile ikili karışımlarında hem de r-CO ile ikili karışımlarında karışımdaki r-PET oranı arttıkça mukavemete katkı sağlamıştır. CO/r-CO karışımların ise taş yıkama sonrası atkı kopma mukavemeti açısından farkları istatistiksel açıdan önemsiz seviyede olmuştur. Üçlü karışımlarda da r-PET oranının yüksek olduğu "08" kod numaralı ipliğin atkı olarak kullanıldığı kumaş en yüksek değeri vermiştir.

Genel olarak veriler incelendiğinde, çözgü yönünde olduğu gibi yıkama işlemleri kumaşların mukavemeti önemli oranda düşürmüştür. Mukavemette azalma taş yıkama işlemlerinde daha fazla olmuştur (Kaplan ve Sülar, 2011; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014; Mondal ve Khan, 2014). Ancak r-PET oranının artışı mukavemetteki düşüşleri sınırlandırdığı görülmektedir. Mamul-enzim ile mamul-taş atkı kopma mukavemetleri incelendiğinde tüm tiplerde azalma önemli seviyede olmuştur. Ancak enzim-taş karşılaştırıldıklarında "04" kodlu ve "12" kodlu kumaşlarda fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.12).

4.3.2.3. Kumaş Kopma Uzaması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

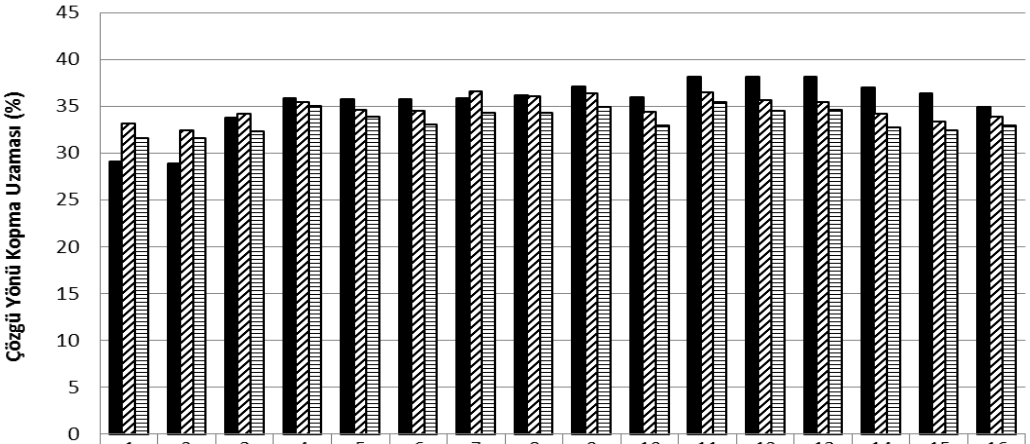
Bu kısımda yıkama öncesi mamul kumaş, enzim yıkama işlemi görmüş ve taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü ve atkı yönlerindeki kopma uzaması ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda kopma uzamaları konusunda farklı bilgiler bulunmaktadır. Karazincir ve Baykal (2014) yıkama işlemlerinin kopma uzamalarını düşürdüğü, atkı yönünde elastanların zarar gördüğü için azalmanın daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Kaplan ve Sülar (2011) çalışmalarında hem elastanlı hem de elastansız denim kumaşların yıkama sonrası kopma uzamalarının arttığını belirtmişlerdir. Mondal ve Khan (2014) çalışmalarında yıkama sonrası hem atkı hem de çözgü yönünde kopma uzamasının arttığını ancak bunun gramajdaki artıştan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çünkü ilk uyguladıkları işlem şartlarında üretim sırasındaki gerilimlerden kurtulmanın etkisiyle boyutsal stabilite açısından çekme gerçekleşerek gramajda bir miktar artış olduğunu belirlemişlerdir. Ancak ilerleyen işlem şartlarında farklı sonuçlar elde etmişlerdir. İşlem sıcaklığının daha fazla artışı ile çözgü yönünde önce artış sonra azalma, atkı yönünde ise artış kaydetmişlerdir. İşlem süresinin daha fazla artışı ile çözgü yününde önce artış sonra azalma, atkı yönünde ise artış tespit etmişlerdir. Enzim yoğunluğunun daha fazla artışı ile de çözgü yönünde azalma, atkı yönünde önce artış sonra azalma belirlemişlerdir.

4.3.2.3.(1). Kumaş Çözgü Kopma Uzaması Sonuçları

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma uzamaları arasındaki fark [F (15, 79)=62,280; p=0,0002] önemli bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan çözgü yönündeki kopma uzaması testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.12'de verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için ($p=0,002<0,05$) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.29'da verilmektedir.

Mamul kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer "12" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 4.12). Bu kumaşların "05", "08", "09", "11", "13", "14" ve "16" kod numaralı kumaşlar ile istatistiksel açıdan kopma uzaması noktasında bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.29).

Mamul kumaşlarda çözgü yönünde en düşük kopma uzaması değeri "02" kod numaralı %75 CO/%25 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. Bu kumaşların "01" kod numaralı %100 CO atkılı kumaş ile arasındaki fark önemsiz seviyededir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	29,08	28,91	33,76	35,86	35,79	35,76	35,83	36,21	37,08	35,92	38,15	38,17	38,12	36,96	36,41	34,89
Enzim	33,14	32,41	34,20	35,47	34,64	34,52	36,55	36,03	36,33	34,34	36,51	35,61	35,41	34,18	33,36	33,82
Taş	31,53	31,55	32,29	35,04	33,88	33,00	34,24	34,33	34,87	32,92	35,42	34,45	34,61	32,68	32,43	32,98

Şekil 4.12. Çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları grafiği

Karışımsız tipler incelendiğinde en yüksek uzama %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. Bu kumaş ile %100 r-CO atkılı kumaş arasında istatistiki fark önemsiz seviyededir. %100 CO atkılı kumaş ise en düşük uzamaya sahiptir.

Çizelge 4.29. Mamul kumaş çözgü kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
02	1,00	-	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
03	0,01	0,03	-	0,48	0,73	0,56	0,55	0,34	0,08	0,43	0,01	0,04	0,01	0,20	0,35	1,00
04	0,00	0,00	0,48	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,07	0,03	0,02	1,00	1,00	1,00
05	0,00	0,01	0,73	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,28	0,37	0,28	1,00	1,00	1,00
06	0,00	0,00	0,56	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,99	1,00	0,05	0,02	0,02	1,00	1,00	1,00
07	0,00	0,00	0,55	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	0,07	0,00	0,01	1,00	0,96	1,00
08	0,00	0,00	0,34	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,48	0,51	0,45	1,00	1,00	1,00
09	0,00	0,00	0,08	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,69
10	0,00	0,00	0,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,09	0,04	0,04	1,00	1,00	1,00
11	0,00	0,00	0,01	0,07	0,28	0,05	0,07	0,48	1,00	0,09	-	1,00	1,00	1,00	0,43	0,08
12	0,00	0,00	0,04	0,03	0,37	0,02	0,00	0,51	1,00	0,04	1,00	-	1,00	1,00	0,00	0,18
13	0,00	0,00	0,01	0,02	0,28	0,02	0,01	0,45	1,00	0,04	1,00	1,00	-	1,00	0,16	0,10
14	0,00	0,01	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,91
15	0,00	0,00	0,35	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	0,43	0,00	0,16	1,00	-	0,98
16	0,01	0,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,69	1,00	0,08	0,18	0,10	0,91	0,98	-

Çizelge 4.11'deki mamul çözgü kopma uzaması üzerindeki bu üç lifin etkisi incelendiğinde r-PET ve r-CO lifleri ile uzama arasında pozitif yönde zayıf derecede bir korelasyon bulunurken, pamuk lifleri ile negatif yönde güçlü bir korelasyon görülmektedir.

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma uzamaları arasındaki fark [F (15, 79)=23,835; p=0,0001] önemli bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,080>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.30'da verilmektedir.

Çizelge 4.30. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,81	0,25	0,00	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,28	1,00	0,88
02	0,81	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,02
03	0,25	0,00	-	0,06	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,02	0,10	1,00	0,62	1,00
04	0,00	0,00	0,06	-	0,65	0,43	0,22	0,97	0,59	0,16	0,26	1,00	1,00	0,05	0,00	0,00
05	0,01	0,00	1,00	0,65	-	1,00	0,00	0,03	0,00	1,00	0,00	0,39	0,77	0,99	0,06	0,66
06	0,03	0,00	1,00	0,43	1,00	-	0,00	0,01	0,00	1,00	0,00	0,21	0,54	1,00	0,13	0,86
07	0,00	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	-	0,99	1,00	0,00	1,00	0,44	0,15	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	0,97	0,03	0,01	0,99	-	1,00	0,00	0,99	1,00	0,93	0,00	0,00	0,00
09	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	1,00	1,00	-	0,00	1,00	0,83	0,47	0,00	0,00	0,00
10	0,11	0,00	1,00	0,16	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,06	0,23	1,00	0,37	0,99
11	0,00	0,00	0,00	0,26	0,00	0,00	1,00	0,99	1,00	0,00	-	0,50	0,19	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,02	1,00	0,39	0,21	0,44	1,00	0,83	0,06	0,50	-	1,00	0,02	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,10	1,00	0,77	0,54	0,15	0,93	0,47	0,23	0,19	1,00	-	0,08	0,00	0,00
14	0,28	0,00	1,00	0,05	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,02	0,08	-	0,67	1,00
15	1,00	0,42	0,62	0,00	0,06	0,13	0,00	0,00	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00	0,67	-	1,00
16	0,88	0,02	1,00	0,00	0,66	0,86	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	-

Enzim yıkama kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer “07” kod numaralı %25 CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların “04”, “08”, “09”, “11”, “12” ve “13” kodlu kumaşlarla farkı istatistiksel açıdan önemsizdir (Şekil 4.12, Çizelge 4.30).

Enzim yıkama kumaşların çözgü yönündeki en düşük uzaması “02” kod numaralı %75 CO/%25 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın “01” ve “05” kodlu kumaşlar ile arasında istatistiki olarak bir fark görülmemektedir.

Karışımsız tipler incelendiğinde en yüksek uzama %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. En düşük uzama %100 CO atkılı kumaşta tespit edilmiştir. %100 CO atkılı kumaş ile %100 r-CO atkılı kumaş arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir.

Çizelge 4.11’deki korelasyon sonuçlarına göre enzim yıkama sonrası pamuk lifindeki negatif yönlü korelasyon etkisinin azalarak zayıf seviyeye geldiği görülmektedir. Geri dönüşüm pamuk lifinin önemli bir etkisi görülmezken, r-PET lifinin uzamaya katkısının önemli seviyeye geldiği görülmektedir.

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma uzamaları arasındaki fark [F (15, 79)=24,382; p=0,0008] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın çözgü yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,914>0,05) çoklu karşılaştırma testi “Tukey HSD” yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.31’de verilmektedir.

Taş yıkama kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde en yüksek değer “11” kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta elde edilmiştir. Bu kumaşların “04”, “07”, “08”, “09”, “12” ve “13” kodlu kumaşlar arasında istatistiki bir fark yoktur. Taş yıkama sonrası en düşük değer ise %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların “02”, “03”, “14” ve “15” kodlu kumaşlar ile arasında önemli seviyede bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların çözgü kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	0,75	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,12	0,48	0,01
02	1,00	-	0,78	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,14	0,51	0,01
03	0,75	0,78	-	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,85
04	0,00	0,00	0,00	-	0,11	0,00	0,66	0,83	1,00	0,00	1,00	0,95	1,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,00	0,00	0,11	-	0,51	1,00	1,00	0,31	0,36	0,00	0,96	0,79	0,08	0,01	0,46
06	0,01	0,01	0,81	0,00	0,51	-	0,07	0,03	0,00	1,00	0,00	0,01	0,00	1,00	0,96	1,00
07	0,00	0,00	0,00	0,66	1,00	0,07	-	1,00	0,91	0,04	0,09	1,00	1,00	0,00	0,00	0,05
08	0,00	0,00	0,00	0,83	1,00	0,03	1,00	-	0,98	0,02	0,18	1,00	1,00	0,00	0,00	0,03
09	0,00	0,00	0,00	1,00	0,31	0,00	0,91	0,98	-	0,00	0,97	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
10	0,02	0,02	0,91	0,00	0,36	1,00	0,04	0,02	0,00	-	0,00	0,01	0,00	1,00	0,99	1,00
11	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,09	0,18	0,97	0,00	-	0,33	0,64	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,95	0,96	0,01	1,00	1,00	1,00	0,01	0,33	-	1,00	0,00	0,00	0,01
13	0,00	0,00	0,00	1,00	0,79	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,64	1,00	-	0,00	0,00	0,00
14	0,12	0,14	1,00	0,00	0,08	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	1,00	1,00
15	0,48	0,51	1,00	0,00	0,01	0,96	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	1,00	-	0,97
16	0,01	0,01	0,85	0,00	0,46	1,00	0,05	0,03	0,00	1,00	0,00	0,01	0,00	1,00	0,97	-

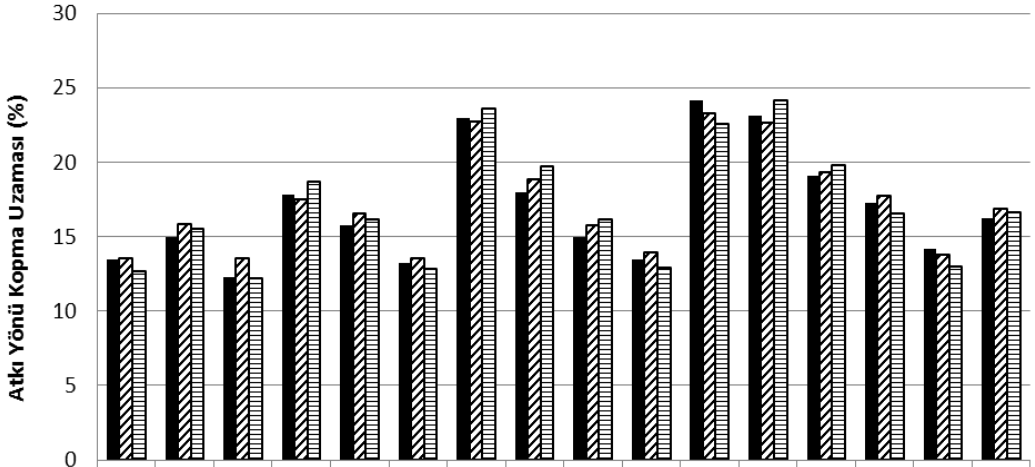
Karışımsız tiplerde en yüksek değeri %100 r-PET atkılı kumaş verirken, en düşük değer %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın %100 r-CO atkılı kumaş ile arasında önemli seviyede bir fark bulunmamaktadır.

Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçlarında, r-PET lifinin pozitif yöndeki korelasyon katsayısı artarken, pamuk lifinin negatif yöndeki korelasyon katsayısı artmıştır. Çizelge 4.12'deki yıkamalar arasındaki varyans analizleri incelendiğinde yıkama işlemlerinin farkı tiplerde farklı eğilimler gösterdiği görülmektedir. Örneğin, "04" kod numaralı kumaşta ise hem enzim hem de taş yıkama işlemlerinin kopma uzamalarını istatistiksel olarak önemli seviyede değiştirmediği tespit edilmiştir.

Çözgü yönünde kopma uzaması sonuçlarına genel olarak bakıldığında pamuk lifinin uzamaları olumsuz yönde etkilerken, r-PET lifinin olumlu katkılar sağladığını söylemek mümkündür (Çizelge 4.11). Ayrıca taş yıkama sonrası kopma uzaması değerleri "02", "04", "05, "13", "15" ve "16" kodlu kumaşlarda istatistiksel olarak önemsiz seviye de olmakla birlikte, enzim yıkamaya göre azalma eğilimi göstermektedir (Çizelge 4.12).

4.3.2.3.(2). Kumaş Atkı Kopma Uzaması Sonuçları

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların atkı kopma uzamaları arasındaki fark [F (15, 79)=254,681; p=0,0005] önemli bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan atkı yönündeki kopma uzaması testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.13'de verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,003<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.32'de verilmektedir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	13,49	14,95	12,26	17,80	15,74	13,19	22,95	17,98	14,94	13,45	24,16	23,16	19,05	17,27	14,18	16,22
Enzim	13,51	15,83	13,53	17,53	16,53	13,52	22,73	18,84	15,77	13,94	23,23	22,67	19,32	17,73	13,78	16,87
Taş	12,65	15,53	12,15	18,66	16,15	12,81	23,57	19,71	16,11	12,93	22,58	24,15	19,77	16,58	12,99	16,59

Şekil 4.13. Atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları grafiği

Mamul kumaşların atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.13). Bu kumaşın, "07" ve "12" kod numaralı kumaşlar ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (Çizelge 4.32).

Çizelge 4.32. Mamul kumaş atkı kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,04	0,08	0,01	0,00	1,00	0,00	0,01	0,04	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00
02	0,04	-	0,00	0,07	0,65	0,02	0,00	0,50	1,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61	0,07
03	0,08	0,00	-	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
04	0,01	0,07	0,00	-	0,33	0,02	0,00	1,00	0,07	0,01	0,00	0,01	0,95	1,00	0,05	0,74
05	0,00	0,65	0,00	0,33	-	0,00	0,00	0,24	0,60	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,01	0,97
06	1,00	0,02	0,05	0,02	0,00	-	0,00	0,02	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,17	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,01	0,50	0,00	1,00	0,24	0,02	0,01	-	0,05	0,01	0,00	0,01	0,99	1,00	0,04	0,60
09	0,04	1,00	0,00	0,07	0,60	0,02	0,00	0,05	-	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,05
10	1,00	0,04	0,10	0,01	0,00	1,00	0,00	0,01	0,03	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	-	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	1,00	0,01	0,00	0,00	1,00	-	0,09	0,02	0,01	0,02
13	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,09	-	0,02	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	1,00	0,02	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	-	0,00	0,20
15	0,83	0,61	0,00	0,05	0,01	0,00	0,00	0,04	0,59	0,72	0,00	0,01	0,00	0,00	-	0,00
16	0,00	0,07	0,00	0,74	0,97	0,00	0,00	0,60	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,20	0,00	-

Mamul kumaşların atkı yönündeki kopma uzamalarında en düşük değer “02” kod numaralı %75 CO/%25 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların “04”, “05”, “08”, “09”, “15” ve “16” kod numaralı kumaşlar ile arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamaktadır.

Karışımsız tiplerde incelendiğinde en düşük değer “01” kodlu %100 CO atkılı kumaşta ölçülürken, bu kumaşın “15” kod numaralı %100 r-CO ile arasındaki fark önemsiz seviyede bulunmuştur. %100 r-PET atkılı kumaş ise iplik kopma uzamasındaki verilere benzer şekilde en yüksek kopma uzaması değerine sahiptir.

Çizelge 4.11’deki mamul kumaşların atkı yönü çözgü uzamaları üzerindeki lif etkileri incelendiğinde, pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur. Geri dönüşüm pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir ilişki bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunmaktadır.

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların atkı kopma uzamaları arasındaki fark [F (15, 79)=168,608; p=0,0002] önemli bulunmuştur. 16

farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,262>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.33'de verilmektedir.

Çizelge 4.33. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
02	0,00	-	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29
03	1,00	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
04	0,00	0,00	0,00	-	0,35	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,91
05	0,00	0,87	0,00	0,35	-	0,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	1,00
06	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,99	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,20	0,00	0,00
09	0,00	1,00	0,00	0,00	0,78	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21
10	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	-	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,97	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,00	0,00	1,00	0,11	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,59
15	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
16	0,00	0,29	0,00	0,91	1,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	-

Enzim yıkama kumaşların atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer mamul kumaşlarda olduğu gibi "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.13). Bu kumaşların yine "07" ve "12" kod numaralı kumaşlar ile arasında istatistiki bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.33). Enzim yıkama kumaşların atkı yönündeki kopma uzamalarında en düşük değer "01" kod numaralı %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "03", "10" ve "15" kodlu kumaşlar arasındaki farkı istatistiki olarak önemsiz seviyededir.

Karışımsız tipler incelendiğinde, en düşük değer %100 CO atkılı kumaşta ölçülürken, bu kumaşların %100 r-CO atkılı kumaş ile arasındaki fark önemsiz

seviyede bulunmuştur. %100 r-PET atkılı kumaş ise en yüksek kopma uzaması değerine sahiptir.

Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçlarına göre enzim yıkama sonrası lif etkileri mamul kumaşlara göre önemli bir farklılık göstermemiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12'deki atkı yönünde kopma uzamaları verilerinde enzim yıkama sonrası "02", "03" ve "16" kodlu tipler dışında önemli bir fark gözlenmemiştir. Bu kumaşlarda mamul kumaşlara göre uzama değerleri bir miktar artış göstermiştir.

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların çözgü kopma uzamaları arasındaki fark [F (15, 79)=199,241; p=0,0001] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın atkı yönündeki kopma uzamaları ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,187>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.34'de verilmektedir.

Taş yıkama kumaşların atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde en yüksek değer "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.13). Bu kumaşların "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET atkılı kumaş ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir (Çizelge 4.34). En düşük değer ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "06", "10" ve "15" kod numaralı kumaşlar ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir.

Çizelge 4.34. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların atkı kopma uzaması çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
02	0,00	-	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	0,00	0,39
03	1,00	0,00	-	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,76	0,00
04	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00
05	0,00	0,97	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
06	1,00	0,00	0,95	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,51	0,98	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
09	0,00	0,98	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
10	1,00	0,00	0,84	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51	0,00	0,00	0,00	-	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	0,00	0,02	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,41	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	1,00
15	1,00	0,00	0,76	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
16	0,00	0,39	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-

Karışımsız tipler incelendiğinde en düşük değer %100 CO atkılı kumaşta ölçülürken, bu kumaşın %100 r-CO atkılı kumaş ile arasındaki fark önemsiz seviyede bulunmuştur. %100 r-PET atkılı kumaş ise en yüksek kopma uzaması değerine sahiptir.

Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçlarına göre taş yıkama sonrası lif etkileri mamul ve enzim yıkama kumaşlara göre önemli bir farklılık göstermemiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir.

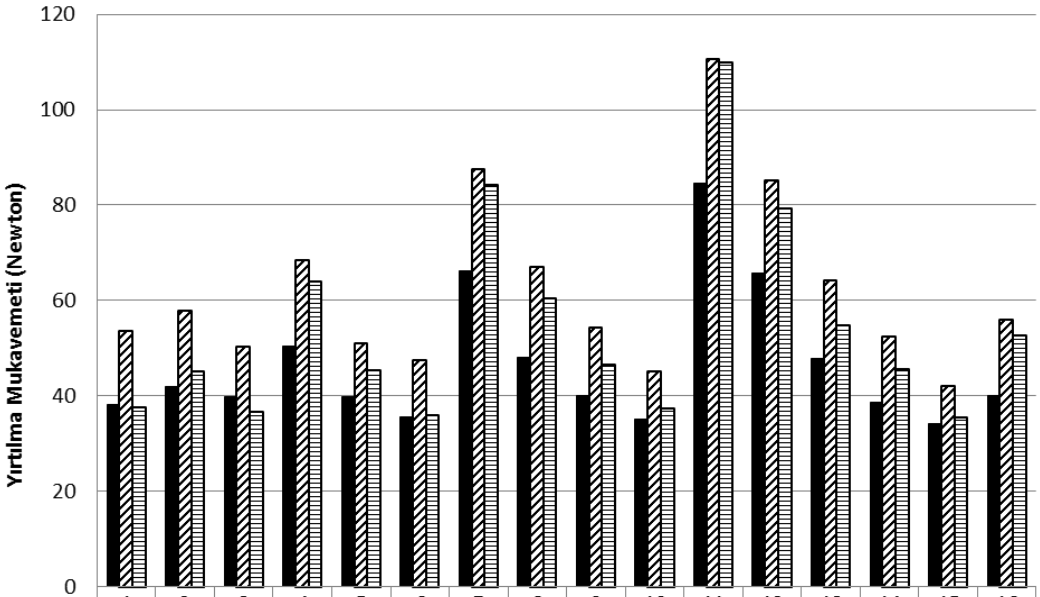
Çizelge 4.12'deki atkı yönünde kopma uzamalarının yıkama performansları açısından karşılaştırılmasında, enzim yıkamaya benzer şekilde taş yıkama sonrası mamul kumaşlara göre "01", "08", "09", "11" ve "15" kodlu kumaşlar dışında önemli bir farklılık oluşmamıştır. Yıkamaya bağlı olarak, artış ve azalış yönünde net bir eğilim bulunmamaktadır.

Enzim ve taş yıkamalar karşılaştırıldığında ise benzer şekilde bir eğilim tespit edilmemiştir. Ancak kopma uzamasında artış görülen kumaşlarda farklılık

istatistiksel olarak önemsiz seviyede, azalma görülen “01”, “03”, “06”,”10” ve “14” kodlu kumaşlarda farklılık önemli seviyede kaydedilmiştir (Çizelge 4.12).

4.3.2.4. Kumaş Yırtılma Mukavemeti Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın atkı yönündeki yırtılma mukavemeti ölçüm sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların yırtılma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=634,405; p=0,0001] önemli bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan yırtılma mukavemeti testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.14’de verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın yırtılma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,002<0,05) çoklu karşılaştırma testi “Tamhane T2” yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.35’de verilmektedir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	38,16	42,07	39,85	50,45	39,83	35,57	66,27	48,04	40,13	35,21	84,53	65,66	47,87	38,77	34,21	40,10
Enzim	53,64	57,89	50,35	68,47	50,91	47,58	87,42	66,92	54,28	45,23	110,4	85,09	64,19	52,49	41,98	56,00
Taş	37,53	45,23	36,53	64,05	45,42	35,99	84,31	60,34	46,61	37,37	109,8	79,21	54,82	45,57	35,49	52,58

Şekil 4.14. Kumaş yırtılma mukavemetleri ölçüm sonuçları grafiği

Mamul kumaşların yırtılma mukavemetleri incelediğinde, en yüksek değer "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.14). Mamul kumaşlardaki en düşük değer ise "15" kodlu %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "05", "10" ve "14" kodlu kumaşlar ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz seviyededir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Mamul kumaş yırtılma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,00	1,00	0,01	0,10	0,02	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,15	0,04
02	0,00	-	0,98	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
03	1,00	0,98	-	0,00	1,00	0,23	0,00	0,01	1,00	0,23	0,00	0,00	0,01	1,00	0,04	1,00
04	0,01	0,07	0,00	-	0,03	0,00	0,00	1,00	0,01	0,01	0,00	0,00	1,00	0,01	0,00	0,04
05	0,10	0,01	1,00	0,03	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,04	1,00
06	0,02	0,00	0,23	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,02	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
09	0,81	0,83	1,00	0,01	1,00	0,02	0,00	0,00	-	0,03	0,00	0,00	0,00	1,00	0,01	1,00
10	0,00	0,00	0,23	0,01	0,00	1,00	0,00	0,00	0,03	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00
14	1,00	0,00	1,00	0,01	0,80	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,07	0,38
15	0,15	0,01	0,04	0,00	0,04	1,00	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00	0,07	-	0,04
16	0,04	0,02	1,00	0,04	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,04	-

Karışımsız tipler incelendiğinde, en yüksek değere %100 r-PET atkılı kumaş sahip olurken, %100 CO ve %100 r-CO kumaşlar arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır.

Co/r-PET karışımlı mamul kumaşlarda r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemeti artış göstermektedir. Aynı şekilde r-PET/r-CO ikili karışımlarda da r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemeti artmıştır. CO/r-CO karışımlarda ise r-CO miktarının artışı ile yırtılma mukavemetinde bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Üçlü karışımlarda da r-PET oranının fazla olduğu "08" kodlu kumaş en yüksek yırtılma mukavemeti değerini vermiştir.

Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçları, mamul kumaşlarda r-PET lifi ile yırtılma mukavemeti arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki gösterirken, geri dönüşüm pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon göstermiştir. Enzim yıkama kumaşlarda da benzer şekilde korelasyon sonuçları alınmıştır.

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın yırtılma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların yırtılma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=436,279; p=0,0002] önemli bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın yırtılma mukavemetleri ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,0002<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.36'da verilmektedir.

Çizelge 4.36. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların yırtılma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,29	0,85	0,00	0,92	0,05	0,00	0,00	1,00	0,03	0,00	0,00	0,11	1,00	0,00	1,00
02	0,29	-	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,78	0,01	0,00	1,00
03	0,85	0,01	-	0,00	1,00	0,87	0,00	0,00	0,93	0,17	0,00	0,00	0,03	0,99	0,00	0,06
04	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00
05	0,92	0,00	1,00	0,00	-	0,04	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	0,08	0,92	0,00	0,06
06	0,05	0,00	0,87	0,00	0,04	-	0,00	0,00	0,24	0,23	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	1,00	0,00	0,00	0,00
09	1,00	0,97	0,93	0,00	0,99	0,24	0,00	0,00	-	0,11	0,00	0,00	0,13	1,00	0,01	1,00
10	0,03	0,00	0,17	0,00	0,00	0,23	0,00	0,00	0,11	-	0,00	0,00	0,03	0,00	0,10	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00	0,01	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,11	0,78	0,03	1,00	0,08	0,03	0,00	1,00	0,13	0,03	0,00	0,00	-	0,14	0,01	0,37
14	1,00	0,01	0,99	0,00	0,92	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,14	-	0,00	0,37
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00	-	0,00
16	1,00	1,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,37	0,00	-

Enzim yıkama işlemleri Çizelge 4.12'den de görüleceği üzere tüm tiplerde farklılık getirmiştir. Bu farklılık tüm tiplerde yırtılma mukavemetinde artış şeklindedir.

Enzim yıkama kumaşların yırtılma mukavemeti ölçümlerinde en yüksek değer mamul kumaşlarda olduğu gibi %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür (Şekil 4.14). En düşük değer ise mamul kumaşlarda olduğu gibi %100 r-CO kumaşta ölçülmüştür. Ancak burada "15" kodlu %100 r-CO kumaş ile sadece "10" kod numaralı %25 CO/%75 r-CO kumaş arasındaki fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.34).

Karışımsız tipler incelendiğinde enzim yıkama sonrası %100 r-PET atkılı kumaş en yüksek yırtılma mukavemetine sahip olurken, daha sonra %100 CO ve en son %100 r-CO şeklinde bir sıralama olmuştur.

CO/r-PET karışımlarda r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemeti artış eğilimi göstermiştir. Aynı şekilde r-CO/r-PET ikili karışımlarda da r-PET oranı arttıkça mukavemette artış eğilimi bulunmaktadır. CO/r-CO karışımların arasında ise önemli bir fark oluşmamıştır. Üçlü karışımlarda ise r-PET oranının yüksek olduğu "08" kodlu kumaş en yüksek yırtılma mukavemetini göstermiştir.

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın yırtılma mukavemetleri ölçüm sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların yırtılma mukavemetleri arasındaki fark [F (15, 79)=628,082; p=0,0002] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın yırtılma mukavemeti ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,168>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.37'de verilmektedir.

Taş yıkama sonrası yırtılma mukavemetleri incelendiğinde "01" ve "03" kodlu kumaş dışında tüm tiplerde mukavemette artış görülmüştür. Mamul kumaşa göre bu değişimler "01", "06" ve "15" kodlu kumaşlar dışında önemli seviyede ölçülmüştür (Çizelge 4.12). Korelasyon sonuçları pamuk ve geri dönüşüm pamuk

lifleri ile yırtılma mukavemeti arasında negatif yönlü zayıf bir ilişki gösterirken, r-PET lifleri ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.37. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların yırtılma mukavemeti çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,00	1,00	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00
02	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
03	1,00	0,00	-	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
04	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
05	0,00	1,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
06	0,99	0,00	1,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
09	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,87
14	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00
15	0,93	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	-

Taş yıkama kumaşlar enzim yıkama kumaşlar ile karşılaştırıldığında “07” ve “11” kodlu kumaşlarda istatistiki olarak önemsiz seviyede olsa da tüm tiplerin yırtılma mukavemeti düşük çıkmıştır (Çizelge 4.12, Şekil 4.14).

Taş yıkama sonrası en yüksek yırtılmaya mamul ve enzim yıkama kumaşlarda olduğu gibi %100 r-PET atkılı kumaş sahip olmuştur. En düşük değer ise yine %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın “01”, “03”, “06” ve “10” kodlu kumaşlar ile arasında istatistiki açıdan önemli seviyede bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.37). Bu durum CO/r-CO ikili karışımlar arasında fark olmadığını da göstermektedir. CO/r-PET ve r-CO/r-PET ikili karışımlarda ise r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemetinde artış eğilimi bulunmaktadır. Üçlü karışımlarda da r-PET oranının yüksek olduğu “08” kodlu kumaşta en yüksek yırtılma mukavemeti ölçülmüştür.

Genel olarak bakıldığında, korelasyon sonuçlarından yırtılma mukavemeti üzerinde r-PET lifinin etkisi net olarak görülmektedir (Çizelge 4.11). Kumaşı oluşturan ipliklerin kopma uzaması, yırtılma testleri sırasında, kopma noktasındaki iplikler arasındaki açıklığı ve dolayısıyla yırtılma noktasındaki üçgen şeklindeki oluşan boşluğun büyüklüğünü ve kopacak toplam iplik sayısını etkilemektedir (Bozdoğan, 2009). r-PET liflerinin sahip olduğu yüksek kopma uzaması, iplik kopma uzamalarının yüksek olmasını sağlamıştır. Böylelikle yüksek bir kopma uzaması yüksek bir yırtılma mukavemeti oluşmasına katkıda bulunmaktadır.

Yıkamaların etkisi açısından bakıldığında ise, daha önceki çalışmalarda denim yıkama işlemleri sonrası yırtılma mukavemetinde düşüş gerçekleşeceği kaydedilmiştir (Kaplan ve Sülar, 2011; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014). Ancak bu çalışmada enzim yıkama sonrası tüm tiplerin yırtılma mukavemetinde artış gerçekleşmiştir (Şekil 4.11, Çizelge 4.12). Taş yıkamada ise %100 CO kumaş dışında tüm tiplerde yırtılma mukavemeti artmıştır.

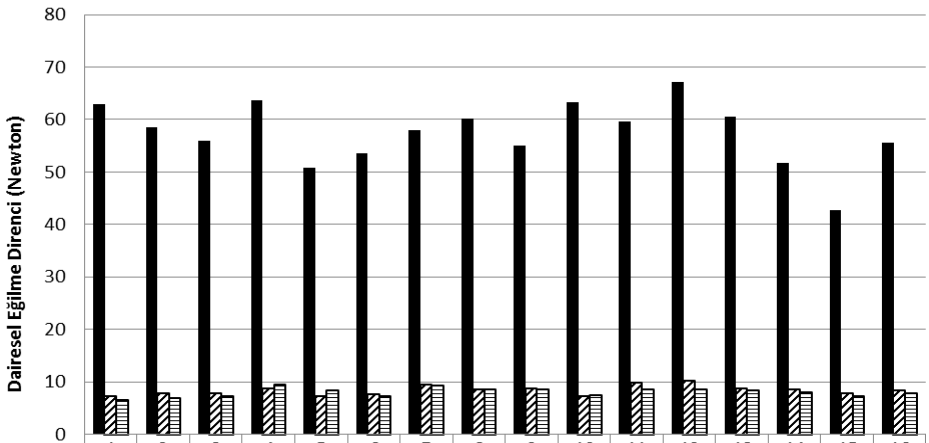
Yırtılma mukavemetini etkileyen en önemli faktör iplik mukavemetleridir. Buna ek olarak kopma mukavemetinden ayrılan birçok yönleri vardır. Yırtılma mukavemeti ipliklerin doku içerisindeki hareket edebilme kabiliyetleri ile de ilgilidir. Mamul denim kumaşlar yüksek sertlik değerlerine sahiptir. Yıkama işlemlerinin amacı, kumaşa efekt kazandırırken bu sertliği de almaktır. Sık kumaş yapısı ve yüksek sertlik değerleri mamul kumaşı kırılgan ve esnemeyen bir hale getirmektedir. Yıkama sonrası sertlik önemli oranda düşmektedir. Böylelikle ipliklerin yırtılma mukavemetine karşı gruplaşması kolaylaşmaktadır (Bozdoğan, 2009). Daha esnek ve gevşek hale gelen yapı daha fazla ipliğin kaymasına ve hareket etmesine neden olduğu için yüksek yırtılma dayanımı sağlamıştır. Çizelge 4.11'deki lif etkileri incelendiğinde bu durum daha net anlaşılmaktadır. Mamul kumaş üzerindeki lif etkileri ile enzim yıkama sonrası kumaşlar üzerindeki lif etkilerinde bir değişiklik olmamıştır. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf korelasyon, r-Co lifi ile negatif yönde önemli korelasyon ve r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü korelasyon bulunmuştur.

Ancak yıkama agresifleştikçe iplik ve kumaş mukavemeti yüksek oranda azalmaya başladığı için yırtılma mukavemeti de bundan olumsuz etkilenecektir. Enzim yıkamaya göre daha agresif yapıda olan taş yıkama sonrası yırtılma

mukavemetleri daha düşük bulunmuştur. Taş yıkama sonrası %100 pamuk originli "01", "06" ve "15" kodlu kumaşlarda mamul kumaşa göre fark önemsiz seviyede bulunmuştur (Çizelge 4.12). Bu çalışma önceki çalışmalara bu noktada katkı sağlamıştır. Ağartma gibi daha agresif yöntemler veya daha ağır çalışma şartlarında (daha fazla sıcaklık ve işlem süresi) önceki çalışmalara benzer sonuçlar çıkacağı görülmektedir.

4.3.2.5. Kumaş Yumuşaklığı Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların yumuşaklığı arasındaki fark [F (15, 79)=1,085; p=0,388] önemsiz bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan dairesel eğilme direnci testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.15'de verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,024<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.38'de verilmektedir.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	62,98	58,54	55,97	63,74	50,74	53,49	58,04	60,23	55,08	63,27	59,56	67,12	60,64	51,66	42,67	55,56
Enzim	7,20	7,87	7,74	8,75	7,32	7,62	9,37	8,45	8,65	7,24	9,76	10,13	8,80	8,49	7,78	8,31
Taş	6,43	6,89	7,31	9,44	8,35	7,33	9,19	8,62	8,62	7,40	8,57	8,47	8,27	8,00	7,31	7,87

Şekil 4.15. Kumaş yumuşaklık dereceleri ölçüm sonuçları grafiği

Mamul kumaşların yumuşaklık dereceleri incelendiğinde, en yüksek dairesel eğilme direncinin "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET atkılı kumaşta olduğu görülmektedir. En düşük dairesel eğilme direnci ise "05" kodlu %50 CO/%25 r-Co/%25 r-PET üçlü karışım iplik atkılı kumaşta ölçülmüştür. Ancak çalışmada üretilen tüm kumaşların mamul hallerinde dairesel eğilme dirençleri arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır (Şekil 4.15, Çizelge 4.38).

Çizelge 4.38. Mamul kumaş dairesel eğilme direnci çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
02	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
03	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00
04	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00
05	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00
06	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
09	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,73	1,00
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00
11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00
12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,99	1,00
13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,98	1,00
14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
15	1,00	1,00	0,70	0,86	0,93	1,00	0,99	1,00	0,73	1,00	0,93	0,99	0,98	1,00	-	1,00
16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-

Çizelge 4.11'de mamul kumaşların yumuşaklık dereceleri ile lifler arasındaki ilişkiye bakıldığında her üç lifinde yumuşaklık üzerinde bir etkisi olmadığı görülmektedir. Kumaşlar enzim ile işlem gördüğünde ise, liflerin etkisi belirginleşmiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur.

Enzim yıkama sonrası tüm kumaşların dairesel eğilme direnci düşmüş ve daha yumuşak hale gelmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.15). Literatürde yıkama sonrası sertlik değerlerinde düşüş olacağı belirtilmektedir (Mondal ve Khan, 2014). Benzer şekilde bu çalışmada kumaş sertliği büyük oranda düşmüştür.

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların dairesel eğilme direnci arasındaki fark [F (15, 79)=3,336; p=0,0003] önemli bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit bulunduğu için (p=0,098>0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tukey HSD" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.39'da verilmektedir.

Çizelge 4.39. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların dairesel eğilme direnci çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	1,00	0,66	1,00	1,00	0,14	0,90	0,75	1,00	0,03	0,01	0,61	0,87	1,00	0,96
02	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,70	1,00	1,00	1,00	0,32	0,10	0,99	1,00	1,00	1,00
03	1,00	1,00	-	0,98	1,00	1,00	0,57	1,00	0,99	1,00	0,22	0,06	0,97	1,00	1,00	1,00
04	0,66	1,00	0,98	-	0,77	0,95	1,00	1,00	1,00	0,69	0,98	0,81	1,00	1,00	0,99	1,00
05	1,00	1,00	1,00	0,77	-	1,00	0,20	0,95	0,84	1,00	0,05	0,01	0,72	0,94	1,00	0,98
06	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	-	0,44	1,00	0,98	1,00	0,15	0,04	0,93	1,00	1,00	1,00
07	0,14	0,70	0,57	1,00	0,20	0,44	-	0,99	1,00	0,15	1,00	1,00	1,00	0,99	0,60	0,97
08	0,90	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	0,99	-	1,00	0,92	0,86	0,52	1,00	1,00	1,00	1,00
09	0,75	1,00	0,99	1,00	0,84	0,98	1,00	1,00	-	0,78	0,96	0,73	1,00	1,00	0,99	1,00
10	1,00	1,00	1,00	0,69	1,00	1,00	0,15	0,92	0,78	-	0,04	0,01	0,64	0,89	1,00	0,97
11	0,03	0,32	0,22	0,98	0,05	0,15	1,00	0,86	0,96	0,04	-	1,00	0,99	0,89	0,24	0,75
12	0,01	0,10	0,06	0,81	0,01	0,04	1,00	0,52	0,73	0,01	1,00	-	0,85	0,57	0,07	0,38
13	0,61	0,99	0,97	1,00	0,72	0,93	1,00	1,00	1,00	0,64	0,99	0,85	-	1,00	0,98	1,00
14	0,87	1,00	1,00	1,00	0,94	1,00	0,99	1,00	1,00	0,89	0,89	0,57	1,00	-	1,00	1,00
15	1,00	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,60	1,00	0,99	1,00	0,24	0,07	0,98	1,00	-	1,00
16	0,96	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	0,97	1,00	1,00	0,97	0,75	0,38	1,00	1,00	1,00	-

Enzim yıkama sonrası en yüksek dairesel eğilme direnci "12" kodlu %25 r-CO/%75 r-PET kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "05", "06" ve "10" kodlu kumaşlar dışında diğer kumaşlar ile arasında istatistiki bir fark yoktur (Çizelge 4.39). Enzim yıkama sonrası en düşük değer "01" kodlu %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Enzim yıkama sonrası en düşük değer ile en yüksek değer arasındaki fark sadece 3 newton kadar olmuştur. Çizelge 4.39'daki çoklu karşılaştırma sonuçları

incelendiğinde “11” ve “12” kodlu r-PET oranının yüksek olduğu iki tipin diğer kumaşlardan ayrıştığı görülmektedir.

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların dairesel eğilme direnci arasındaki fark [F (15, 79)=3,248; p=0,0001] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın dairesel eğilme direnci ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar homojen olduğu için (p=0,09>0,05) çoklu karşılaştırma testi “Tukey HSD” yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.40’da verilmektedir.

Çizelge 4.40. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların dairesel eğilme direnci çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	0,99	0,00	0,23	0,99	0,01	0,09	0,09	0,98	0,11	0,16	0,29	0,56	0,99	0,70
02	1,00	-	1,00	0,02	0,68	1,00	0,06	0,39	0,39	1,00	0,48	0,55	0,76	0,94	1,00	0,98
03	0,99	1,00	-	0,11	0,96	1,00	0,26	0,81	0,81	1,00	0,85	0,92	0,98	0,99	1,00	1,00
04	0,00	0,02	0,11	-	0,95	0,12	1,00	1,00	1,00	0,15	0,99	0,98	0,91	0,70	0,11	055
05	0,23	0,68	0,96	0,95	-	0,97	0,99	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00
06	0,99	1,00	1,00	0,12	0,97	-	0,27	0,83	0,83	1,00	0,87	0,93	0,98	1,00	1,00	1,00
07	0,01	0,06	0,26	1,00	0,99	0,27	-	1,00	1,00	0,33	1,00	1,00	0,99	0,90	0,26	0,81
08	0,09	0,39	0,81	1,00	1,00	0,83	1,00	-	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	1,00
09	0,09	0,39	0,81	1,00	1,00	0,83	1,00	1,00	-	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	1,00
10	0,98	1,00	1,00	0,15	0,98	1,00	0,33	0,88	0,88	-	0,91	0,95	0,99	1,00	1,00	1,00
11	0,11	0,48	0,85	0,99	1,00	0,87	1,00	1,00	1,00	0,91	-	1,00	1,00	1,00	0,86	1,00
12	0,16	0,55	0,92	0,98	1,00	0,93	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	-	1,00	1,00	0,92	1,00
13	0,29	0,76	0,98	0,91	1,00	0,98	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	-	1,00	0,98	1,00
14	0,56	0,94	0,99	0,70	1,00	1,00	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
15	0,99	1,00	1,00	0,11	0,96	1,00	0,26	0,82	0,82	1,00	0,86	0,92	0,98	1,00	-	1,00
16	0,70	0,98	1,00	0,55	1,00	1,00	0,81	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-

Taş yıkama sonrası en yüksek dairesel eğilme direnci “04” kodlu %50 CO/%50 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların “01” ve “02” kodlu kumaşlar dışında kumaşların tümüyle arasında istatistiki bir fark yoktur (Çizelge 4.40). Taş yıkama sonrası en düşük dairesel eğilme direnci %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Taş yıkama sonrası en düşük değer ile en yüksek değer arasındaki fark

enzim yıkamada olduğu gibi yaklaşık 3 N'dur. Çizelge 4.40'daki çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde "04" ve "07" kodlu kumaşların diğer kumaşlardan ayrıştığı görülmektedir.

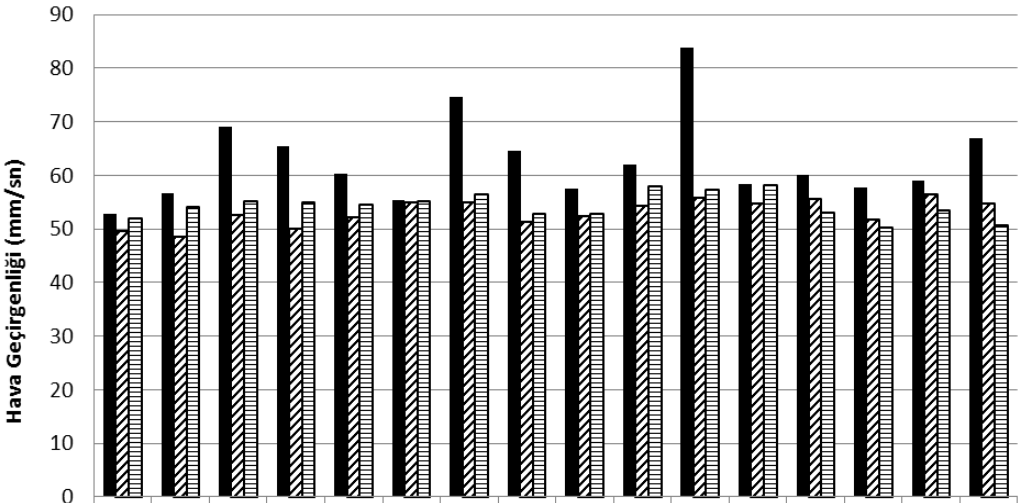
Taş yıkama sonrası kumaş yumuşaklık dereceleri enzim yıkama sonrası değerler ile benzerlik göstermektedir. Mamul kumaşlara göre taş yıkama sonrası dairesel eğilme direnci büyük oranda düşüş göstermiştir. Ancak enzim yıkama sonrası yumuşaklık değerleri arasında tüm tipler bakımından istatistiki bir fark bulunmamıştır (Şekil 4.15, Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11'deki taş yıkama sonrası lifler ile yumuşaklık dereceleri arasındaki ilişki de enzim yıkama kumaşlara benzer sonuçlar göstermiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur. Pamuk lifine göre daha sert yapıda lif karakterine sahip r-PET lifi, kumaşlarda bir miktar sertlik eğilimine neden olabileceğini göstermiştir.

4.3.2.6. Kumaş Hava Geçirgenliği Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmada üretilen 16 farklı mamul kumaşın hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Mamul kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların hava geçirgenliği arasındaki fark [F (15, 159)=69,913; p=0,0002] önemli bulunmuştur. Kumaşlara uygulanan hava geçirgenliği testlerinden elde edilen sonuçların grafiksel gösterimi Şekil 4.16'da verilmektedir. 16 farklı mamul kumaşın hava geçirgenliği ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar homojen olmadığı için ($p=0,001<0,05$) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.41'de verilmektedir.

Mamul kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerin "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşta olduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Mamul kumaşlardaki en düşük hava geçirgenliği ise "01" kodlu %100 CO kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "02", "06" ve "12" kodlu kumaşlar arasında istatistiki açıdan fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.41).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Mamul	52,74	56,65	69,11	65,47	60,35	55,43	74,72	64,50	57,60	62,08	83,78	58,48	60,17	57,70	59,01	67,02
Enzim	49,58	48,48	52,61	49,92	52,14	55,00	54,93	51,39	52,38	54,33	55,88	54,71	55,60	51,67	56,39	54,61
Taş	51,93	54,03	55,13	54,95	54,55	55,12	56,42	52,86	52,88	57,98	57,18	58,14	53,11	50,13	53,49	50,68

Şekil 4.16. Kumaş hava geçirgenlikleri ölçüm sonuçları grafiği

Karışımsız tipler incelendiğinde, en yüksek hava geçirgenliği %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. %100 r-CO atkılı kumaşın hava geçirgenlikleri %100 CO kumaşa göre daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.41. Mamul kumaş hava geçirgenliği çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,15	0,00	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,16	0,00	0,02	0,02	0,00
02	0,15	-	0,00	0,00	0,04	1,00	0,00	0,00	1,00	0,22	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00
03	0,00	0,00	-	0,98	0,00	0,00	0,13	0,79	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
04	0,00	0,00	0,98	-	0,10	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,04	1,00
05	0,00	0,04	0,00	0,10	-	0,01	0,00	0,58	0,71	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00
06	0,95	1,00	0,00	0,00	0,01	-	0,00	0,00	0,99	0,05	0,00	1,00	0,00	0,89	0,66	0,00
07	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	-	0,00	000	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
08	0,00	0,00	0,79	1,00	0,58	0,00	0,00	-	0,02	1,00	0,00	0,23	0,42	0,02	0,22	1,00
09	0,04	1,00	0,00	0,00	0,71	0,99	0,00	0,02	-	0,64	0,00	1,00	0,54	1,00	1,00	0,00
10	0,00	0,22	0,10	1,00	1,00	0,05	0,00	1,00	0,64	-	0,00	1,00	1,00	0,64	1,00	0,39
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	0,16	1,00	0,00	0,05	1,00	1,00	0,00	0,23	1,00	1,00	0,00	-	1,00	1,00	1,00	0,00
13	0,00	0,00	0,00	0,06	1,00	0,00	0,00	0,42	0,54	1,00	0,00	1,00	-	0,20	1,00	0,00
14	0,02	1,00	0,00	0,00	0,50	0,89	0,00	0,02	1,00	0,64	0,00	1,00	0,20	-	1,00	0,00
15	0,02	1,00	0,00	0,04	1,00	0,66	0,00	0,22	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	-	0,00
16	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-

CO/r-PET ikili karışımlarda r-PET oranı arttıkça hava geçirgenliğinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. r-CO/r-PET ikili karışımlarda ise önemli bir farklılık oluşmamıştır. CO/r-CO ikili karışımlarda da bir eğilim bulunmamaktadır.

Çizelge 4.11'deki mamul kumaşların hava geçirgenliği ile lifler arasındaki ilişki incelendiğinde pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinin önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Geri dönüşüm polyester lifleri ile pozitif yönde zayıf bir korelasyon bulunmuştur.

Çalışmada üretilen 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Enzim yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların hava geçirgenliği arasındaki fark [F (15, 159)=2,194; p=0,009] önemli bulunmuştur. 16 farklı enzim yıkama işlemi görmüş kumaşın hava geçirgenliği ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar eşit olmadığı için (p=0,004<0,05) çoklu karşılaştırma testi "Tamhane T2" yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.42'de verilmektedir.

Çizelge 4.42. Enzim yıkama işlemi görmüş kumaşların hava geçirgenliği çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,02	0,00	1,00	0,93	0,67	0,03	0,36	1,00	1,00	0,07	0,20
02	1,00	-	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,48	0,18	0,24	0,01	0,10	1,00	1,00	0,02	0,04
03	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
04	1,00	1,00	1,00	-	1,00	0,06	0,02	1,00	1,00	0,86	0,07	0,57	1,00	1,00	0,12	0,39
05	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
06	0,02	0,00	1,00	0,06	1,00	-	1,00	0,56	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
07	0,00	0,00	1,00	0,02	1,00	1,00	-	0,24	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
08	1,00	0,48	1,00	1,00	1,00	0,56	0,24	-	1,00	1,00	0,47	1,00	1,00	1,00	0,54	0,98
09	0,93	0,18	1,00	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	-	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00
10	0,67	0,24	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
11	0,03	0,01	1,00	0,07	1,00	1,00	1,00	0,47	0,97	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
12	0,36	0,10	1,00	0,57	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00
13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00
14	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00
15	0,07	0,02	1,00	0,12	1,00	1,00	1,00	0,54	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00
16	0,20	0,04	1,00	0,39	1,00	1,00	1,00	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-

Enzim yıkama sonrasında tüm tiplerin hava geçirgenliğinde mamul kumaşlara göre azalma gözlenmiştir. Gözlenen bu azalmalar “06”, “12”, “13”, “14” ve “15” kod numaralı kumaşlarda önemsiz seviyede olmuştur (Çizelge 4.12).

Enzim yıkama kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde en yüksek değer “15” kod numaralı %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların “02” kod numaralı %75 CO/%25 r-PET kumaş dışındaki tipler ile arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.42). En düşük değer ise “02” kod numaralı kumaşta görülmüştür. Bu kumaşların “06”, “07”, “11”, “15” ve “16” kod numaralı kumaşlar ile farkı istatistiksel olarak önemli seviyededir (Çizelge 4.42).

Çizelge 4.11’deki enzim ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği ile lifler arasındaki ilişki incelendiğinde r-PET ve geri dönüşüm pamuk liflerinin önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunmuştur.

Çalışmada üretilen 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın hava geçirgenliği ölçüm sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir. Taş yıkama kumaşlar için gerçekleştirilen varyans analizine göre kumaşların hava geçirgenliği arasındaki fark [F (15, 159)=4,467; p=0,0007] önemli bulunmuştur. 16 farklı taş yıkama işlemi görmüş kumaşın hava geçirgenliği ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar homojen olmadığı için ($p=0,004<0,05$) çoklu karşılaştırma testi “Tamhane T2” yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Çizelge 4.43’de verilmektedir.

Taş yıkama kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde en yüksek değer “12” kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın “14” ve “16” kod numaralı kumaşlar dışındaki tipler ile arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.43). En düşük değer ise “14” kod numaralı kumaşta görülmüştür. Bu kumaşın “03”, “06”, “07”, “10” ve “12” kod numaralı kumaşlar ile farkı istatistiksel olarak önemli seviyededir (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. Taş yıkama işlemi görmüş kumaşların hava geçirgenliği çoklu karşılaştırma test sonuçlarının istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

TİP	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
01	-	0,35	0,11	1,00	0,94	0,08	0,00	1,00	1,00	0,00	0,69	0,06	1,00	1,00	1,00	1,00
02	0,35	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,71	1,00	1,00	0,02	1,00	0,62	1,00	0,17	1,00	0,10
03	0,11	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,58	1,00	1,00	1,00	0,03	1,00	0,02
04	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
05	0,94	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66	1,00	0,98	1,00	0,28	1,00	0,38
06	0,08	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	0,98	0,51	1,00	0,99	1,00	0,03	1,00	0,01
07	0,00	0,71	1,00	1,00	1,00	1,00	-	0,87	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
08	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,87	-	1,00	0,18	0,99	0,45	1,00	1,00	1,00	1,00
09	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	0,98	0,20	1,00	-	0,01	0,98	0,20	1,00	0,96	1,00	0,99
10	0,00	0,02	0,58	1,00	0,66	0,51	1,00	0,18	0,01	-	1,00	1,00	1,00	0,00	0,63	0,00
11	0,69	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	1,00	-	1,00	1,00	0,19	1,00	0,29
12	0,06	0,62	1,00	1,00	0,98	0,99	1,00	0,45	0,20	1,00	1,00	-	1,00	0,01	0,86	0,01
13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00
14	1,00	0,17	0,03	1,00	0,28	0,03	0,00	1,00	0,96	0,00	0,19	0,01	1,00	-	1,00	1,00
15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,63	1,00	0,86	1,00	1,00	-	1,00
16	1,00	0,10	0,02	1,00	0,38	0,01	0,00	1,00	0,99	0,00	0,29	0,01	1,00	1,00	1,00	-

Taş yıkama sonrası tüm tiplerin hava geçirgenliğinde mamul kumaşa göre bir azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.16). Ancak bu farklılık "01", "06" ve "12" kodlu kumaşlarda istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir. Enzim yıkama kumaşlar ile karşılaştırıldıklarında ise, bir miktar daha yüksek hava geçirgenliği gösteriyor olsalar da "01", "02", "04" ve "16" kodlu kumaşlar dışında istatistiksel açıdan önemli seviyede bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.11'deki taş ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği ile lifler arasındaki ilişki incelendiğinde hava geçirgenliği üzerinde her üç lifinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Esasında rejenere ve sentetik esaslı liflerin hava geçirgenliğinin yüksek olduğu bilinmektedir (Frydrych ve ark., 2002). Sentetik esaslı bir lif olan r-PET lifinin hava geçirgenliği de mamul kumaşlarda önemli seviyeye yakınken, yıkama sonrası etkisi önemsiz seviyeye gelmiştir (Çizelge 4.11). Mondal ve Khan (2014) çalışmalarda haşıl sökme işlemi nedeniyle kumaş gözenekliğinin azaldığı, liflerin yüzeyde daha fazla göründüğü ve pürüzlü bir hale geldiği belirtmişlerdir. Sonuçlara

baktığımızda bu nedenle mamul kumaşlara göre hava geçirgenliği tüm tiplerde ve her iki yıkama türünde de azalmıştır (Şekil 4.16).

4.3.2.7. Denim Kumaş Tiplerinin Maliyet Analizi

Dokuma kumaş üretim maliyetine etki eden unsurlar; dokuma hazırlık, hammadde, işçilik, enerji, amortisman ve genel üretim giderleri gibi birçok faktörden oluşmaktadır. Ancak bu unsurların birim kumaş maliyetindeki payı kumaş cinsine, yapısı ve özelliklerine, üretim koşullarına, işletmenin teknolojik yapısı ve ekonomik durumuna, fireye, randımana ve dahi birçok faktöre göre değişiklik gösterebilmektedir. İplik üretim maliyetlerinde olduğu gibi denim kumaş üretim maliyetinde de hammadde ana unsurdur.

Denim kumaş maliyet hesaplamaları g/mtul üzerinden yapılmaktadır. Çizelge 3.6'da tez kapsamında üretilen denim kumaşların, kumaş üretim parametreleri verilmiştir. Bu üretim parametreleri ile yaklaşık olarak 390 g/m^2, bir başka ifade ile 585 g/mtul ağırlığa sahip denim kumaşlar üretilmiştir. Belirtilen g/mtul ağırlığın, yaklaşık 394 gramını çözgü iplikleri 191 gramını da atkı iplikleri oluşturmuştur. Literatür ve işletme bilgisine bağlı olarak, dokuma hazırlık ve dokuma işlemleri esnasında çözgü ipliğinin %10, atkı ipliğinin %1,5 fire vereceği hesaplamalara dâhil edilmektedir. Bu durumda 1 mtul kumaş üretimi için gerekli çözgü ipliği 433,4 g ve atkı ipliği 193,9 g olmaktadır.

Çözgü ipliği olarak tüm kumaş tiplerinde Ne 20/2 Ring Karde iplik tercih edilmiştir. 2015 yılı verilerine göre tez çalışması kapsamında kullanılan bu çözgü ipliğinin ortalama fiyatı 9 TL/kg şeklindedir. Bu maliyetin 1,2 TL'si katlama büküm maliyetlerinden oluşmaktadır. Atkı ipliği olarak Çizelge 4.44'de yaklaşık maliyetleri verilen, tez kapsamında üretilen Ne 12 Open-End iplikler kullanılmıştır.

Dokuma kumaş maliyetini, hammaddenin dışında dokuma hazırlık işlemleri etkilemektedir. İşletmelerden alınan bilgiler ışığında çözgü çekme, haşıl, boya ve kimyevi maddeden oluşan dokuma hazırlık işlemleri, 2015 yılı için denim kumaş maliyetinde yaklaşık olarak 0,80 TL'lik bir yer tutmaktadır.

Denim kumaş maliyetine etki eden işçilik, enerji, amortisman, yedek parça ve faaliyet giderleri gibi diğer faktörler ise nazari (hiç durmaksızın) atılabilen atkı sayısı ve randımana bağlı olarak değişen fiili atkı sayısına göre değişmektedir. Günümüzde tek bir işletmede dahi çok farklı yapı ve özelliklerde kumaşlar üretilebilmektedir. Bahsedilen maliyet kalemleri fiili atkı sayısına göre hesaplanarak, atılan bir atkının işletmeye maliyeti hesaplanmaktadır. Ancak her işletmenin sahip olduğu çalışma koşulları, makine parkı vb. çeşitli faktörler değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle tez kapsamında dokuma kumaş üretim maliyeti için, 2015 yılı piyasa verilerine göre dokuma işçiliği fason ücreti atkı başına 0,1 TL olarak alınmıştır. Bu durumda tez kapsamında 22,5 atkı sıklığındaki üretim maliyeti 2,25 TL olarak kabul edilmiştir.

Ayrıca, yapılacak hesaplamalarda deneyimler ışığında geri dönüşüm pamuk içerikli iplik kullanımının sebep olacağı artan duruş sayıları/süreleri ve randıman kaybı nedeniyle atılacak fiili atkı sayısındaki azalmanın üretim maliyetlerine yansıtılması gerekmektedir. Literatürde 10^5 atkı atımında ilave her çözgü kopuşunun randımanda %1,5, her atkı kopuşunun ise %1,375 kayba neden olabileceği belirtilmektedir (Uster, 2016). Bahsedilen bilgiler ve deneyimler ışığında, zayıf nokta seviyesini artıran ince yer hataları başta olmak üzere geri dönüşüm iplik özellikleri de göz önünde bulundurulduğunda, tez çalışmasındaki her %25'lik geri dönüşüm pamuk lif artış oranına bağlı olarak 10^5 atkı atımında ilave 2 adet kopuşa neden olacağı düşünülmektedir. Her atkı kopuşunun ise %1,375 kayba neden olabileceği düşüncesinden hareketle, kumaş üretim maliyetlerine %25'lik geri dönüşüm pamuk lif artış oranına bağlı olarak %2,75 ekstra maliyet eklenmiştir.

Terbiye maliyeti olarak piyasadan elde edilen bilgiler ışığında 1,5 TL maliyet yüklenmiştir. Yıkama işlemleri sektörde genellikle konfeksiyonu yapılmış ürünlere uygulanmaktadır. Metre tül olarak düşünüldüğünde yaklaşık olarak enzim yıkama için 2,25 TL, taş yıkama için ise 3,25 TL civarında maliyete ek yük getireceği belirtilmektedir.

Bahsedilen noktalar sonucunda oluşan geri dönüşüm iplik içerikli denim mamul kumaşların yaklaşık maliyetleri Çizelge 4.44'de verilmektedir.

Elde edilen yaklaşık kumaş maliyetleri incelendiğinde, hammadde fiyat farklılıkları nedeniyle geri dönüşüm iplik içeren kumaşlarda toplam maliyet bir miktar daha düşük çıkmıştır. Ancak geri dönüşüm iplikler sadece atkı yönünde kullanıldığı ve 1 mtul kumaş üretimi için gerekli atkı ağırlığı oranı nispeten düşük olduğu için oluşan fark sınırlı seviyede olmuştur. Bunun yanı sıra, geri dönüşüm pamuk içerikli iplik kullanımının sebep olacağı artan duruş sayıları ve randıman kaybı nedeniyle atılacak fiili atkı sayısındaki azalmanın üretim maliyetlerine yansıtılması ile aradaki fark daha da azalmıştır.

Çizelge 4.44. Geri dönüşüm iplik içerikli denim mamul kumaşların maliyeti

Materyal				**Yaklaşık Kumaş Maliyeti**								
Tip	**Co**	**r-Co**	**r-PET**	**Çözgü İplik Fiyatı (TL/kg)**	**Çözgü Maliyeti (TL)**	**Atkı İplik Fiyatı (TL/kg)**	**Atkı Maliyeti (TL)**	**Dokuma Hazırlık (TL)**	**Üretim Maliyeti (TL)**	**Ekstra Maliyet (TL)**	**Terbiye Maliyeti (TL)**	**Toplam Maliyet (TL/mtul)**
01	100	0	0	9	**3,9**	5,000	**0,969**	0,8	2,25	-	1,5	**9,419**
02	75	0	25	9	**3,9**	4,750	**0,921**	0,8	2,25	-	1,5	**9,371**
03	75	25	0	9	**3,9**	4,512	**0,875**	0,8	2,25	0,062	1,5	**9,387**
04	50	0	50	9	**3,9**	4,500	**0,872**	0,8	2,25	-	1,5	**9,322**
05	50	25	25	9	**3,9**	4,262	**0,826**	0,8	2,25	0,062	1,5	**9,338**
06	50	50	0	9	**3,9**	4,025	**0,780**	0,8	2,25	0,124	1,5	**9,354**
07	25	0	75	9	**3,9**	4,250	**0,824**	0,8	2,25	-	1,5	**9,274**
08	25	25	50	9	**3,9**	4,012	**0,778**	0,8	2,25	0,062	1,5	**9,290**
09	25	50	25	9	**3,9**	3,775	**0,732**	0,8	2,25	0,124	1,5	**9,306**
10	25	75	0	9	**3,9**	3,537	**0,686**	0,8	2,25	0,186	1,5	**9,322**
11	0	0	100	9	**3,9**	4,000	**0,776**	0,8	2,25	-	1,5	**9,226**
12	0	25	75	9	**3,9**	3,762	**0,729**	0,8	2,25	0,062	1,5	**9,241**
13	0	50	50	9	**3,9**	3,525	**0,683**	0,8	2,25	0,124	1,5	**9,257**
14	0	75	25	9	**3,9**	3,287	**0,637**	0,8	2,25	0,186	1,5	**9,273**
15	0	100	0	9	**3,9**	3,050	**0,591**	0,8	2,25	0,248	1,5	**9,289**
16	33	33	33	9	**3,9**	3,984	**0,772**	0,8	2,25	0,082	1,5	**9,304**

Maliyetler 01>03>02>06>05>04=10>09>16>08>15>07>14>13>12>11 şeklinde sıralanmıştır. En yüksek kumaş maliyetine “01” kodlu %100 CO atkılı

kumaş sahip olurken, en düşük kumaş maliyeti “11” kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür.

Tez fikrinin doğruluğunu kanıtlar nitelikte, üretilen tüm kumaş tiplerinde performans özellikleri gerekli asgari şartları sağlamıştır. Bu nedenle kumaş maliyeti ile kumaş performansları birlikte düşünüldüğünde daha yüksek kumaş performansı ve daha düşük kumaş maliyeti ile tipler arasında r-CO/r-PET kumaşların öne çıktığı görülmektedir. Daha sonra sırasıyla CO/r-PET ve CO/r-CO karışımlar gelmektedir.

Çalışmada geri dönüşüm iplikler sadece atkı yönünde kullanıldığı için mtul kumaş maliyetindeki hammaddenin payı düşük olmuştur. Aslında maliyet içerisinde hammadde kalemi daha büyük öneme haizdir. Örneğin değerlendirmede kullanılan “01” kod numaralı %100 CO referans kumaşta hammadde kaleminin maliyet içerisindeki payı %51,7 olarak bulunmaktadır. Geri dönüşüm ipliklerin çözgü yönünde kullanılması ile toplam maliyet içerisinde getireceği avantaj daha net olarak ortaya çıkacaktır. Ancak geri dönüşüm pamuk içerikli ipliklerin çözgü yönünde de kullanıldıklarında sebep olacakları randıman kaybı daha fazla olacaktır. Ayrıca dokuma hazırlık aşamaları da bu durumdan etkileneceği için, bu maliyetlerde de artış getirecektir. Buna ek olarak çözgü yönündeki iplik kopuşları, verimliliği ve işletme masraflarını etkilediği gibi mamul kalitesini de daha fazla olumsuz etkileyecektir.

Bu durumda sürdürülebilir bir denim kumaş üretimi için en uygun seçenek; Çizelge 4.22’de bulunan iplik maliyetleri, Çizelge 4.44’de verilen kumaş maliyetleri ve ulaşılan iplik/kumaş performanslarının birlikte düşünülmesidir.

Buradan hareketle denim kumaş üretiminde; iplik performansı ve iplik maliyetleri açısından ön plana çıkan CO/r-PET karışımlarından “04” kodlu %50 CO/%50 r-PET ve “07” kodlu %25 CO/%75 r-PET ipliklerin denim kumaş yapısında çözgü yönünde kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Çözgü yönünde istenilen renk efektinin elde edilemediği durumlarda, r-PET lif içermeyen “03” kod numaralı %75 CO/%25 r-CO ipliğe öncelik verilebileceği görülmektedir. İplik performans/maliyet açısından daha düşük kaliteli uygulamalar için önerilen r-CO/r-PET karışımlı ipliklerden “12” kodlu %25 r-CO/%75 r-PET ve “13” kodlu %50 r-CO/%50 r-PET ipliklerin ise kumaş performansları/maliyetleri ile birlikte düşünüldüğünde atkı yönünde kullanılmalarının daha uygun olacağı görülmektedir.

Böylelikle düzeltilemeyecek seviyede hataların önüne geçilerek ikinci kalite ürün oluşumu asgariye indirilebilecek ve bu sırada kabul edilebilir denim kumaş performansları düşük maliyetlerde üretilebilecektir. Sonuçta sürdürülebilir bir denim kumaş üretiminin yolu açılarak maksimum seviyede çevreye katkı yapılmış olacaktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çeşitli gelişmeleri kullanarak moda haline dönüştürmek ve bunu yaymak, moda ve modacının temel tavrıdır. Modacılar toplumda mevcut olan bir takım eğilimleri ve genel yaklaşımları değerlendirerek, bunları giyside bütünlemektedir. Modacı, kendi zevki ile birlikte etrafında oluşmakta ya da oluşmuş olan bir takım sosyal olayları değerlendirerek bir yere getirmektedir. Moda, bir hayal ve fantezi ürünü olmaktan ziyade, toplumda o anda mevcut olan bir takım olayları sentezleme mantığına dayanır. Sosyolojik açıdan modada; bir özenti, statü kazanma, kendini kabul ettirme ve kişilik kazanma gibi bir takım faktörler esastır. Psikolojik açıdan bakıldığında ise, modanın esası, toplumda üste çıkma ve üstünlük duygularının tatminidir. Modayı yakından izleyen ve uygulayan kişi, kendisini sıradan insanlardan ayırmış ve farklılaştırmıştır. Kendisini topluma farklı bir biçimde empoze etme imkânına sahiptir. Kültürel ve sosyal bir olay haline gelen moda, günün iletişim araçları ile dünya çapında hızla yayılmaktadır (Gürsoy, 2010). Anlatılanlardan hareketle günümüzde çevreye duyarlı ürünlerin bir moda haline gelmeye başladığı görülmektedir. Tüketiciler, şirketler ve karar alıcılar çevre konusunda daha duyarlı hale gelmiştir. Tüketicilerde oluşan bilinç sayesinde, büyük hazır giyim markalarının faaliyet gösterdikleri alanlarda sürdürülebilirlik kavramını uygulama yoluna gittikleri ve ürün koleksiyonlarını sürdürülebilir malzemelerden oluşturmaya çalıştıkları bilinmektedir. Karar alıcıların da katkılarıyla, şirketler normal üretimin yanı sıra; enerji tüketiminin azaltılmasına, daha az atık oluşumuna, atıkların geri kazanımına ve sürdürülebilir hammaddelerin kullanımına odaklanmaktadırlar. Gelecek planlarını sürdürülebilir ürünler üzerine inşa etmektedir. Tasarımcılar tasarımlarını çevre ile ilgili kavramlar üzerinden şekillendirmektedirler.

Son yıllarda küresel ölçekte karşılaşılan çevresel sorunlar, yadsınamayacak boyuta ulaşmıştır. Bu nedenle tüm dünyada çevresel konularda farkındalık oluşmuştur. Tekstil ve hazır giyim sektöründen de çevreye verdiği zararı minimize etmesi beklenmektedir. Atık su, zararlı kimyasallar, ısı verimliliği gibi konularda sektör temsilcileri ilerlemeler kaydetmiş olsa da, tekstil ve hazır giyim üretimi sırasında oluşan önlenemez atıklar büyük bir çevresel yük oluşturmaktadır (Altun,

2012a). Bunun yanı sıra nüfus artışı ve gelir seviyelerinin yükselmesiyle kişi başına lif tüketimi de her geçen gün artmaktadır. Bu noktada çözüm olarak karşımıza geri dönüşüm çıkmaktadır.

Geri dönüşüm lif kullanımındaki artışların devamı ve geri kazanım çalışmalarının başarı kazanması için araştırmalar yapılmaktadır. Endüstriyel atık pamuk liflerinin (r-CO) iplik üretiminde kullanılmasına ve kaliteli iplik üretimi için optimum makine parametrelerine yönelik çalışmalar yapılmıştır (Duru ve Babaarslan, 2003; Halimi ve ark, 2007; Halimi ve ark, 2009, Hasani ve ark, 2010; Hasani ve Tabatabaei, 2011). Polyester lif üretimi dışında PET esaslı polimerler büyük oranda ambalaj sanayinde kullanılmaktadır. Sıvı ürünlerde kullanılan PET ambalajlar, hacimli yapıları nedeniyle atık depolama sahaları için ekstra bir problem kaynağıdır. Günümüzde bu atıklar geri dönüşüm tesislerinde PET talaşlarına dönüştürülebilmektedir. Bu PET talaşları ile polyester lif üretimi sırasında oluşan %5-10 arasındaki atıklar ile yeniden cipsler üretilmektedir. Bu cipslerden eriyikten lif çekim prensibi kullanılarak lif çekilmesi ile geri dönüşüm polyester liflerinin (r-PET) üretimi gerçekleşebilmektedir (Telli ve ark, 2012). Yeni bir lif olan r-PET lifleri üzerine de son yıllarda çalışmalar yürütülmüştür. Kesikli lif özellikleri ve polyester lifleriyle karşılaştırılmaları, filament halindeki performansları, bu liflerden üretilen iplikler ve kumaşlar üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır (Telli ve Özdil, 2013; Ruzzante ve ark, 2014, Telli ve Özdil, 2015; He ve ark, 2015).

Geri dönüşüm liflerden üretilen ipliklerin (Halimi ve ark, 2007; Hasani ve ark, 2010; Telli ve Özdil; 2013) ve kumaşların (Necef ve ark, 2013; Gun ve ark, 2014; Telli ve Özdil, 2015) bazı olumsuz özelliklerinin olabileceği daha önceki çalışmalarda tartışılmıştır. Geri dönüşüm ipliklerin daha düşük mukavemet, yüksek düzgünsüzlük ve IPI hataları gösterdikleri bilinmektedir. Denim sektöründe geri dönüşüm liflerin getirebileceği bu gibi olumsuz özelliklerini yadsıyabilecek kalın iplik numaralarında çalışılmaktadır. Bunun yanı sıra denim kumaşlara uygulanan efekt kazandırma amaçlı bitim işlemleri sayesinde, fiziksel ve mekanik özellikler bakımından kabul değerleri karşıladığı durumlarda iplikler görüntü açısından daha alt roller üstlenebilmektedir.

Denim yıkama işlemlerinde aşındırıcı etkiler denim kumaşların estetik yönüne renk efektleri, tuşe ve yumuşaklık açısından katkı yapmaktadır. Ancak yıkama işlemlerinin mukavemet gibi mekanik özellikleri olumsuz etkilediği literatürde belirtilmektedir. Ayrıca yıkama işlemleri agresiflektikçe, işlem süresi ve yoğunluğu arttıkça kumaşların uzun süre kullanıma zarar verecek etkiler gösterebilmektedir (Tarhan ve Sarıışık, 2009; Sülar ve Kaplan, 2011; Mondal ve Khan, 2014; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014; Karazincir ve Baykal, 2014). Denim sektöründe daha kalın numara aralığında çalışılsa da, yıkama işlemlerinin aşındırıcı etkisi nedeniyle geri dönüşüm liflerin olumsuz etkilerin yeniden ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Ancak literatürde bu konuda bir araştırma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada iplik üretimi sırasında oluşan atıklardan üretilen geri dönüşüm pamuk lifleri (r-CO) ile PET şişe atıklarından geri dönüştürülen lifler (r-PET) kullanılarak iplikler üretilmiştir. Bu iki lifin birbirlerinin olumsuz özellikleri tamamlayabileceği fikrinden hareket edilmiştir. Üretilen ipliklerin performansları ölçülerek, bu liflerin pamuk lifleriyle karışımları karşılaştırılmıştır. Üretilen ipliklerde kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük performans testleri uygulanmıştır. Üretilen iplikler ile denim kumaşlar üretilmiştir. Mamul hale gelen kumaşlarda enzim ve taş yıkama işlemleri uygulanmıştır. Kumaşların gramaj, kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık dereceleri ve hava geçirgenlik özellikleri test edilmiştir.

Numune üretimleri laboratuvar şartlarında gerçekleştirildiği için tez çıktılarından yola çıkılacak bilgilerle işletme şartlarında bu değerlerin optimize edilmesi durumu da oluşacaktır. Çünkü her işletmenin sahip olduğu çalışma koşulları, üretim tipi, makine parkı vb. çeşitli faktörler çok değişken olduğundan dolayı, bu tez çalışmanın çıktılarını işletme bünyesinde tekrarlanacak çalışmalarda referans almaları firmalarımız için vakit, emek ve nakdi açıdan tasarruf sağlayacaktır. Örneğin tez çalışmasında üretimler laboratuvar ortamında yapıldığı için karışımlar cer makinesinde gerçekleştirilmiştir. Elyaf haline yapılacak karışımlar daha uniform şekilde olacağı için bir miktar daha kaliteli iplikler üretilebileceğini bilinmektedir. Bu şekilde örnekleri çoğaltmak mümkündür.

5.1. Çalışmanın Sonuçları

Geri dönüşüm pamuk, r-PET ve karışımlarının denim kumaş üretiminde kullanılmasını hedefleyen bu doktora çalışmasında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

1. En yüksek kopma mukavemeti değerleri "11" kodlu %100 r-PET iplikte görülmüştür (Şekil 4.1). Aynı zamanda "11" kodlu iplik ile "07" kod numaralı %75 r-PET/%25 CO iplik arasındaki fark da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). En düşük kopma mukavemeti değerleri "15" kodlu %100 r-CO iplikte görülmüştür. %100 r-CO iplik ile "03", "05", "06", "08", "09", "10", "13", "14" ve "16" kodlu iplikler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). Bu iplikler incelendiğinde, tiplerin hepsinin de geri dönüşüm pamuk (r-CO) içerdiği görülmektedir. "01" kodlu %100 CO iplik, "11" kodlu %100 r-PET iplikten düşük mukavemete sahipken, "15" kodlu %100 r-CO iplikten yüksek değerler almıştır ve aralarındaki fark önemli seviyelerdedir. Çizelge 3.1'deki pamuk ve geri dönüşüm pamuk lif özellikleri ile Çizelge 3.2'deki geri dönüşüm polyester lif özellikleri incelendiğinde (aynı ölçüm birimine çevrildiklerinde lif mukavemetleri CO için 32,32 cN/tex, r-CO için 30,73 cN/tex ve r-PET için 46,20 cN/tex olmaktadır) pamuk ve geri dönüşüm pamuk yakın değerler alırken, r-PET lifi bariz bir şekilde yüksek değere sahiptir. %100 r-PET ipliğin yüksek mukavemetli olması lif mukavemetiyle ilişkili görülmektedir. Pamuk ve geri dönüşüm pamuk lif mukavemetleri arasında önemli bir fark olmamasına rağmen, iplikler arasındaki fark oluşmasının sebebi diğer lif özelliklerinden uniformite indeksi ve kısa lif indeksi değerlerinin geri dönüşüm pamukta düşük olmasıyla ilişkili görülmüştür. Uzunluk dağılımının bozulması iplik mukavemetini olumsuz etkilemiştir (Halimi ve ark, 2007). Ancak önceki çalışmalardan farklı olarak CO/r-CO karışımlarında ("03", "06", "10" kodlu iplikler) r-CO oranı arttıkça mukavemet azalma eğiliminde olmasına karşılık, bu iplikler ile %100 CO

iplik arasındaki fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.13). CO/r-PET karışımları "02", "04", "07" kodlu iplikler ile "01" kodlu %100 CO iplik arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Benzer şekilde Telli ve Özdil (2011) yaptıkları çalışmada %100 r-PET ipliğin %100 CO iplikten yüksek mukavemet gösterdiğini, ancak CO/r-PET karışım ipliklerin %100 CO iplik ile benzer mukavemet gösterdiklerini belirtmişlerdir. r-CO/r-PET karışımlarda ("12", "13", "14" kodlu iplikler) ise r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimindedir. Ancak "13" kodlu %50 r-CO/%50 r-PET ve "14" kodlu %75 r-CO/%25 r-PET iplikler ile %100 r-CO iplik arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13). Üçlü karışımlarda ("05", "08", "09", "16" kodlu iplikler) ise r-PET oranının fazla olduğu "08" kodlu %25 CO/%25 r-CO/%50 r-PET iplikler en yüksek mukavemete sahip olsa da bu dört iplik arasındaki mukavemet farkı önemsiz seviyededir. Mukavemet değerleri bütün olarak düşünüldüğünde lifler karışımsız olarak kullanıldıklarında lif özelliklerine benzer iplik karakteristikleri elde edilirken, karışımlarda durum farklı bir hal almaktadır. Bu nedenle Çizelge 4.10'a bakıldığında iplik kopma mukavemeti performansına r-PET liflerinin olumlu, r-CO liflerinin ise olumsuz katkı yaptıkları ancak bu etkilerin zayıf olduğu görülmektedir. Bu sonuç bu üç lifin ikili ve üçlü karışımlarda farklı sonuçlar vermesiyle bağlantılı görülmektedir. Böylelikle korelasyon sonuçlarında lif etkileri zayıf seviyede çıkmaktadır. Karışımlarda lif haricinde üretim parametreleri gibi başka etkenlerin devreye girdiği açıkça görülmektedir.

2. En yüksek kopma uzaması değerleri "11" kodlu %100 r-PET iplikte ölçülmüştür (Şekil 4.2). Bu iplik ile "07" kodlu %25 CO/%75 r-PET iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir (Çizelge 4.14). En düşük kopma uzaması değerleri "03" kodlu %75 CO/%25 r-CO iplikte görülmüştür. "03" kod numaralı iplik ile "01" kodlu %100 CO iplik arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemsiz seviyededir. Karışımsız tiplerde %100 r-PET iplik en yüksek uzamayı göstermiştir. %100 r-CO ipliğin kopma uzaması değerleri %100 CO iplikten yüksek bulunmuştur. Tüm karışımların dikkate alındığı Çizelge 4.10'daki iplik kopma uzaması performansları üzerindeki lif

etkilerine bakıldığında ise pamuk lifleri ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunurken, r-PET lifleri ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunduğu görülmektedir. CO/r-PET ikili karışımlarında (“02”, “04”, “07” kod numaralı iplikler) kopma uzamaları artış eğilimindedir. r-CO/r-PET ikili karışımlarında (“12”, “13”, “14” kodlu iplikler) yine r-PET oranı arttıkça kopma uzaması artış eğilimindedir. CO/r-CO karışımlarda ise, r-CO’nun uzamayı bir miktar artırdığı görülmektedir. Çizelge 3.1 ve 3.2’deki lif uzama yüzdeleri incelendiğinde (CO için %5,1 r-CO için %3,9 r-PET için %24,28 olarak ölçülmüştür), r-PET lif uzaması bariz bir şekilde pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinden yüksektir. Bu durum lif özelliklerinin iplik sonuçlarına yansımasının bir kanıtı olarak görülmektedir. Ancak lif özelliklerinde r-CO uzama yüzdesi bir miktar düşük olmasına rağmen ipliklerde bir miktar daha yüksek uzama değerleri göstermiştir. Üçlü karışımlar ise (“05”, “08”, “09”, “16” kodlu iplikler) %100 r-CO ipliğe yakın sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar tercih edilen üretim parametrelerinin kopma uzaması açısından r-CO içeren iplikler için olumlu katkı sağlarken, pamuk içeren iplikleri olumsuz etkilediğini göstermektedir.

3. En yüksek iplik düzgünsüzlük değerleri “15” kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.3). Bu iplik ile “14” kodlu %75 r-CO/%25 r-PET iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir (Çizelge 4.15). En düşük düzgünsüzlük sonuçları ise “04” kodlu %50 CO/%50 r-PET iplikte elde edilmiştir. Bu iplikler ile “01”, “02”, “07” ve “11” kod numaralı iplikler arasında istatistiksel açıdan fark önemsiz seviyededir. Karışımsız tiplerde %100 r-CO iplik en yüksek düzgünsüzlüğü göstermiştir. %100 r-PET ipliğin %100 CO ipliğe göre düzgünsüzlüğü bir miktar düşük olsa da, bu fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir. Daha önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar kaydedilmiştir (Halimi ve ark, 2007; Hasani ve ark, 2010; Telli ve Özdil, 2011). Aynı şekilde CO/r-PET ikili karışımları 02, 04 ve 07 kod numaralı iplikler ile %100 r-PET ve %100 CO iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir. r-PET/r-CO ikili karışımlarda (“12”, “13”, “14” kodlu iplikler) ise, karışımdaki geri dönüşüm pamuk miktarı arttıkça düzgünsüzlük

artış eğilimindedir. Aynı şekilde CO/r-CO ikili karışımlarda da (“03”, “06”, “10” kodlu iplikler) karışımdaki r-CO miktarı arttıkça düzgünsüzlük artış eğilimindedir. Üçlü karışımlarda da en yüksek düzgünsüzlük, r-CO oranının en yüksek olduğu “09” kodlu ipliklerde görülmüştür. Çizelge 3.4’deki tarak şeridi ve cer bandı düzgünsüzlükleri incelendiğinde geri dönüşüm pamuğun karışımsız olarak %100 formda bulunduğu tarak şeridinde ve karışım halinde olduğu tiplerin 1. Pasaj ve 2. Pasaj Cer sonrası ölçümlerinde de daha yüksek düzgünsüzlükler kaydedilmiştir. Malzemedeki bu sonuçların da iplik sonuçlarına yansımış olacağı düşünülmektedir. Aslında tüm bu sonuçlara geri dönüşüm pamuk liflerinin yeniden kazanım işlemleri sırasında bozulan lif uniformitesi ve kısa liflerin fazlalığı sebebiyet vermektedir (Çizelge 3.1). Çizelge 4.10’daki iplik düzgünsüzlüğü performansları üzerindeki lif etkilerine bakıldığında, sonuçlar ile pamuk lifi arasında negatif önemli bir korelasyon, geri dönüşüm pamuk lifi ile de pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunmuştur. Geri dönüşüm polyester lifinin de pamuk lifi kadar negatif bir etki göstermesi beklenirken, tüm karışımların dâhil edildiği sistemde bu etki sınırlı kalmıştır. Bunun sebebi r-PET’in tek başına gösterdiği etkiyi karışımlarda gösterememiş olmasıdır.

4. En fazla ince yer hatası “15” kod numaralı %100 r-CO iplikte görülmüştür. En az ince yer hatası ise “11” kod numaralı %100 r-PET ipliktedir (Şekil 4.4). %100 r-PET iplik ile “01”, “02”, “04” ve “07” kodlu iplikler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz seviyededir. Bu sonuçlar %100 r-PET, %100 CO ve CO/r-PET ikili karışımları arasında ince yer hatası açısından fark olmadığını göstermektedir (Çizelge 4.16). İnce yer hataları üzerine üç lifin genel etkisine bakıldığında, geri dönüşüm pamuk lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon, r-PET lifi ile de negatif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur. Pamuk lifinin etkisi ise negatif yönde ancak zayıf seviyededir (Çizelge 4.10). r-CO/r-PET ikili karışımlarda ise, r-CO oranı arttıkça ince yer hataları artış göstermektedir. Aynı şekilde CO/r-CO karışımlarda r-CO oranı arttıkça ince yer hataları artış eğilimindedir. Üçlü karışımlarda da r-CO oranı

%25'in üzerine olduğu "09" ve "16" kodlu ipliklerde daha fazla olumsuz etki görülmektedir.

5. En fazla kalın yer hatası "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.5). Bu iplik ile "14" kodlu %75 r-CO/%25 r-PET iplik arasında istatistiksel açıdan fark önemsizdir (Çizelge 4.17). En az kalın yer hatası ise "11" kod numaralı %100 r-PET iplikte bulunmuştur. Bu iplik ile "01", "02", "04", "07", "08" ve "12" kodlu iplikler arasındaki fark önemsiz seviyededir. Karışımsız tiplerde %100 r-CO iplik en yüksek kalın yer hatası göstermiştir. %100 r-PET ipliğin %100 CO ipliğe göre daha az kalın yer hatasına sahip olmasına rağmen, aralarındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir. Aynı şekilde CO/r-PET ikili karışımları "02", "04" ve "07" kod numaralı iplikler ile %100 r-PET ve %100 CO iplikler arasındaki fark da önemsiz seviyededir. r-PET/r-CO ikili karışımlarda ("12", "13", "14" kodlu iplikler) ise karışımdaki r-CO oranı arttıkça kalın yer hataları artış eğilimindedir. Aynı şekilde CO/r-CO ikili karışımlarda ("03", "06", "10" kodlu iplikler) da r-CO oranı arttıkça kalın yer hatalarında artış görülmektedir. Çizelge 4.10'daki kalın yer hataları üzerindeki lif etkilerine bakıldığında ise r-CO lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon, r-PET lifi ile ise negatif yönde önemli bir korelasyon görülmektedir. r-PET lifinin pamuk lifinden ayrışarak daha önemli bir korelasyon vermesi, r-PET' in üçlü karışımlarda daha etkili olmasıyla ilişkili olmasıyla açıklanabilmektedir. Üçlü karışımlarda ("05", "08", "09" ve "16" kodlu iplikler) yüksek r-PET oranının ("08" kodlu %25 CO/%25 r-CO/%50 r-PET iplik) hataları azaltma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.
6. İpliklerdeki neps hataları incelendiğinde, en fazla hata "14" kod numaralı %75 r-CO/%25 r-PET iplikte görülmüştür (Şekil 4.6). Bu iplik ile "03", "15" ve "16" kodlu iplikler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir (Çizelge 4.18). En az neps hatası ise "04" kod numaralı %50 CO/%50 r-PET iplikte bulunmuştur. Bu ipliklerin "01", "02", "03", "06", "07", "08", "11" ve "12" kod numaralı iplikler arasındaki farkı istatistiki açıdan önemsizdir. Karışımsız tiplerde en yüksek neps değerleri %100 r-CO iplikte görülürken,

bu ipliğin %100 CO iplik ile arasındaki fark istatistiki olarak önemsizdir. %100 r-PET iplik ise en düşük neps değerini vermiştir. Ancak %100 r-PET ipliğin %100 CO iplik ile arasındaki fark önemsiz seviyededir. CO/r-PET ve CO/r-CO ikili karışımları arasında fark önemsiz seviyededir. Ancak r-PET/r-CO ikili karışımlarda r-CO oranının artmasıyla neps değerlerinde artış eğilimi görülmektedir. Çizelge 4.10'daki iplik neps performansları ile lifler arasındaki ilişki genel olarak incelendiğinde r-Co lifi ile pozitif yönde önemli bir korelasyon bulunmaktadır. Geri dönüşüm polyester lifi ile korelasyon negatif yönde kısmen zayıf seviyededir. Geri dönüşüm pamuk miktarının artmasıyla neps değerlerinde artış eğilimi beklenmektedir.

7. İpliklerdeki Uster tüylülükleri incelendiğinde, en yüksek tüylülük değeri "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte bulunmuştur (Şekil 4.7). Bu iplik ile "14" kodlu %75 r-CO/%25 r-PET içerikli iplik arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsizdir (Çizelge 4.19). En düşük tüylülük değerleri ise "03" kod numaralı %50 CO/%50 r-CO iplikte bulunmuştur. Bu iplik ile "01", "02", "04", "05", "07", "12", "13", "14" ve "16" kod numaralı iplikler arasında istatistiksel açıdan fark bulunmamaktadır. Karışımsız tiplerde en düşük tüylülük değerlerine %100 CO iplikte ulaşılmıştır. İstatistiksel açıdan bu iplik ile %100 r-PET iplik arasında fark bulunmamaktadır. %100 r-CO iplik ise tüm ipliklerden daha yüksek tüylülüğe sahiptir. CO/r-PET ikili karışımlar arasındaki fark önemsiz seviyededir. CO/r-CO karışımlarda r-CO oranı arttıkça tüylülük artış eğilimindedir. Aynı şekilde r-PET/r-CO karışımlarda da r-CO oranının artması tüylülüğü artırmaktadır. Üçlü karışımlarda da en yüksek tüylülük r-CO'nun en fazla olduğu "09" kodlu iplikte görülmüştür. Tüm karışımlar birlikte düşünüldüğünde, "H" değerleri bakımından Çizelge 4.10' daki korelasyon sonuçları geri dönüşüm pamuk etkisinin pozitif yönde ancak zayıf olduğunu göstermektedir. Bu durum r-CO lifinin pamuk ile karışımlarında r-PET lifi ile karışımına göre beklenenden düşük tüylülük göstermesi ile ilgilidir. Örneğin "03" kodlu %50 CO/%50 r-CO iplik en düşük tüylülük değerlerini vermiş ve bu değerlerin %100 CO iplik sonuçları

ile arasındaki fark önemsiz seviyede olmuştur. Pamuk lifinin etkisi de korelasyon sonuçlarına göre negatif yönde ancak zayıf seviyededir.

8. Zweigle tüylülüğü sonuçları Uster tüylülüğü sonuçlarından bir nebze farklılık göstermektedir. Çizelge 4.10'daki korelasyon sonuçlarına bakıldığında; ipliklerdeki "S3" tüylülük performansları ile geri dönüşüm pamuk lifi arasında pozitif yönde güçlü bir korelasyon, pamuk lifi ile de negatif yönde önemli bir korelasyon görülmektedir. Uster "H" tüylülüğüne bu sonuçlar paralel olsa da, liflerin etkisi burada daha belirgin seviyede kaydedilmiştir. En yüksek S3 değeri "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte ölçülmüştür. Bu ipliğin "10" kod numaralı %25 CO/%75 r-CO iplik ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.8, Çizelge 4.20). En düşük S3 değeri ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO iplikte ölçülmüştür. Bu ipliğin %100 CO iplik ile arasındaki farkı istatiksel açıdan önemsizdir. S3 tüylülük sonuçlarındaki en yüksek ve en düşük değerler Uster "H" tüylülüğü ile aynı sonucu vermektedir. Karışımsız tiplerde en düşük tüylülük değerlerine %100 CO iplikte ulaşılmıştır. Ancak "H" değerlerinden farklı olarak bu ipliğin %100 r-PET ile aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz seviyededir. En yüksek S3 değerleri ise %100 r-CO iplikte görülmüştür. CO/r-PET karışımları karışımsız tiplerden daha yüksek tüylülükler göstermişlerdir. Aralarındaki en yüksek tüylülük değeri "04" kod numaralı %50 CO/%50 r-PET iplikte ölçülmüştür. Önceki çalışmalara benzer şekilde CO/r-CO karışımlarda, karışımdaki r-CO oranı %25' i geçtiğinde tüylülük geometrik bir artış göstermiştir (Halimi ve ark, 2009; Hasani ve Tabatabaei, 2011). r-CO/r-PET karışımlarda ise r-CO oranı arttıkça tüylülük artış eğilimindedir. Üçlü karışımlarda ise "09" kod numaralı geri dönüşüm pamuk oranının %50 olduğu durum en yüksek tüylülüğü göstermiştir.
9. Elde edilen yaklaşık iplik maliyetleri incelendiğinde, hammadde fiyat farklılıkları nedeniyle geri dönüşüm lif içeren ipliklerde toplam maliyet daha düşük çıkmıştır. En yüksek iplik maliyetine "01" kodlu %100 CO iplik sahip olurken, en düşük iplik maliyeti "15" kod numaralı %100 r-CO iplikte görülmüştür. Ancak %100 r-CO iplik, iplik performansları açısından en kötü

değerlere sahip olmuştur. En düşük kopma mukavemeti, en yüksek düzgünsüzlük ve tüylülük, en fazla ince ve kalın yer hatası %100 r-CO iplikte ölçülmüştür. Bu nedenle yalnızca kalitenin tamamen göz ardı edildiği durumlarda kullanılabileceği düşüncesi hâkim olmaktadır. %100 r-CO iplikten sonra en düşük iplik maliyetlerine r-PET/r-CO karışımlarının sahip olduğu görülmektedir. Daha sonra sırasıyla CO/r-CO ve CO/r-PET karışımları gelmektedir. r-PET/r-CO karışımlarına yakın iplik maliyetine sahip olan "10" kod numaralı %25 CO/%75 r-CO iplik ise, %100 r-CO iplikte olduğu gibi diğer karışımlara göre daha düşük kopma mukavemeti, daha yüksek düzgünsüzlük ve tüylülük, daha fazla ince ve kalın yer hatasına sahip olmuştur. İplik performansları ile iplik maliyetleri birlikte düşünüldüğünde CO/r-PET karışımlarından "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET ve "07" kodlu %25 CO/%75 r-PET karışımlarının piyasada kullanılan CO/PES karışımlarına iyi bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Kısmen daha düşük kaliteli uygulamalar için ise r-CO/r-PET karışımlı ipliklerden "12" kodlu %25 r-CO/%75 r-PET ve "13" kodlu %50 r-CO/%50 r-PET'in daha uygun seçenek olarak görülmektedir.

10. Çalışmada üretilen iplikler denim kumaş yapısında sadece atkı ipliği olarak kullanılmıştır. Tüm kumaş numunelerinde çözgü ipliği ve sıklığı sabit tutulmuştur. Bu nedenle çözgü yönünde mamul kumaşta kopma mukavemetleri arasında istatistiki açıdan bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.23). Yıkama işlemleri sonrasında oluşan aşınma nedeniyle mukavemette önemli kayıplar yaşanmıştır. Bu kayıplar taş yıkama işleminde daha fazla gerçekleşmiştir (Şekil 4.10). Çizelge 4.12' deki yıkama performanslarının karşılaştırılmasında enzim yıkama sonrası tüm tiplerde farklılık oluştuğu görülmektedir (M*E). Aynı şekilde taş yıkama ile de tüm tiplerde farklılık oluşmuştur (M*T). Enzim yıkama işlemi ve taş yıkama işlemi sonrası çözgü kopma mukavemetleri karşılaştırıldığında ise, tüm gruplar arasında farklılık oluştuğu görülmektedir (E*T). Literatürde bu sonuçları destekleyici benzer çalışmalarda mevcuttur (Kaplan ve Sülar, 2011; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014; Mondal ve Khan, 2014). Enzim yıkama kumaşların arasındaki en yüksek

mukavemet 1708 N ile "09" kodlu %25 CO/%50 r-CO/%25 r-PET atkılı kumaşta görülürken, en düşük mukavemet ise "15" kod numaralı %100 r-CO atkılı kumaşta 1601 N olarak ölçülmüştür. "16" kod numaralı kumaşta da %100 r-CO atkılı kumaşa benzer şekilde 1606 N olarak ölçülmüştür (Şekil 4.10). Daha agresif yapıda olduğu bilinen taş yıkama işlemi sonrasında da çözgü yönünde kopma mukavemeti açısından farklılık oluşmuştur. Taş yıkama kumaşlar arasındaki en yüksek mukavemet 1532 N ile "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. En düşük mukavemet ise %75 CO/%25 r-CO atkılı kumaşta 1371 N' dur (Şekil 4.10, Çizelge 4.23). Burada oluşan 161 newtonluk fark sonuçlara etki etmektedir. Çizelge 4.11'deki çözgü kopma mukavemetleri üzerindeki lif etkilerine bakıldığında, iki yıkama türünde oluşan farklılık açıklanabilmektedir. Mamul çözgü kopma mukavemetine göre r-CO lifinin negatif yöndeki ilişkisi enzim yıkamada bir miktar artış gösterirken, r-PET liflerinin pozitif yönde zayıf bir korelasyona gittiği görülmektedir. Mukavemetlerde daha fazla düşüşe sebebiyet veren daha agresif yıkama türü taş yıkamanın etkisinde ise pamuk lifinin etkisinin pozitiften negatife yön değiştirdiği görülmektedir. r-PET lifinin pozitif yönde korelasyonu ise önemli seviyeye yaklaşmıştır. Bu durum daha agresif çeşitli yıkama türlerinde (çeşitli ağartma yöntemleri) r-PET içerikli kumaşların pamuk içeriklilere göre daha dayanıklı olacağını göstermektedir. Genel olarak bakıldığında her iki yıkama işlemleri de mukavemetin tüm tiplerde azalmasına sebebiyet vermiştir fakat tipler arasında çok büyük farklılıklar oluşmamıştır.

11. Mamul kumaşların atkı yönündeki kopma mukavemetlerinde en yüksek değer "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.11). Bu kumaşın "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET ve "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşlar arasındaki fark önemsiz seviyededir. Bu durum r-PET oranının %75 ve üzerinde olduğu durumlarda en yüksek mukavemeti sağladığını göstermektedir. Mamul kumaşlardaki en düşük değerler ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO kumaşta kaydedilmiştir. Bu kumaşların "01", "02", "10" ve "15" kodlu kumaşlar ile arasındaki fark istatistiksel

açıdan önemsizdir (Çizelge 4.26). Mamul kumaşlarda atkıların karışımsız olduğu durumlarda en yüksek mukavemet %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. %100 CO atkılı kumaş ile %100 r-CO atkılı kumaş arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. CO/r-PET ikili karışımlarda r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimindedir. Aynı şekilde r-CO/r-PET ikili karışımlarda da r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimdedir. Çizelge 4.11' deki korelasyon sonuçları incelendiğinde mamul atkı kopma mukavemeti sonuçları ile pamuk ve geri dönüşüm pamuk lifleri arasında negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunmuştur. r-PET lifleri ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Enzim atkı kopma mukavemeti sonuçlarında ise r-PET lifinin pozitif yöndeki güçlü etkisi pekişirken, geri dönüşüm pamuk lifinin negatif yönde korelasyonu önemli seviyeye gelmiştir. Enzim yıkama sonrası en yüksek atkı kopma mukavemeti, mamul kumaşlarda olduğu gibi "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.11). Bu kumaşın "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET ve "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşlar arasındaki fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.27). Bu durum r-PET oranının %75 ve üzerinde olduğu durumlarda en yüksek mukavemeti sağladığını göstermektedir. Enzim yıkama sonrası en düşük atkı kopma ise "15" kodlu %100 r-CO atkılı kumaşta kaydedilmiştir. Enzim yıkamada bu kumaşın diğer kumaşlardan daha fazla etkilendiğini söylemek mümkündür. Çünkü bu atkıdan üretilen mamul kumaşlardan farklı olarak "01", "02", "03" ve "10" kod numaralı kumaşların arasında istatistiki olarak farklar bulunmaktadır. CO/r-PET ikili karışımlarda r-PET oranı arttıkça mukavemet artış eğilimdedir. r-CO/r-PET ikili karışımlarda da aynı durum söz konusudur. CO/r-CO ikili karışımlarda ise r-CO oranının %50'nin üzerinde mukavemeti olumsuz etkilemeye başladığı görülmektedir. Çizelge 4.12 incelendiğinde tüm tiplerde enzim yıkamanın mamul kumaşa göre atkı yönündeki kopma mukavemeti açısından farklılaştığı görülmektedir. Aynı durum taş yıkama içinde geçerlidir. Çizelge 4.11' deki korelasyon sonuçlarına göre yıkamalar sonrası ise r-PET lifinin pozitif yöndeki güçlü etkisi artarken, r-CO lifinin negatif yönde korelasyonu

önemli seviyeye gelmiştir. Yıkama işlemlerinin agresifliği arttıkça pamuk içerikli kumaşlara göre r-CO içerikli kumaşların daha fazla, r-PET içerikli kumaşların ise daha az etkileneceği görülmektedir. Taş yıkama kumaşlarda en yüksek atkı kopma mukavemeti, mamul kumaş ve enzim yıkama kumaşlarda olduğu gibi "12" kodlu kumaşta görülmektedir. Bu kumaşın yine "07" ve "11" kodlu kumaşlar arasındaki farkı önemsiz seviyededir (Çizelge 4.28). En düşük kopma mukavemeti değeri "15" kod numaralı %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Ancak bu kumaşın "01", "03", "05", "06", "10" ve "14" kodlu kumaşlar ile arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir (Çizelge 4.28). Ayrıca taş yıkama ile "04" ve "12" kod numaralı kumaşların enzim yıkamadan farklı ekstra bir mukavemet kaybı göstermemiştir. Diğer numuneler taş yıkamada, enzim yıkama sonrasına göre 60-100 N daha düşük mukavemetlere sahip olurken, bu iki tipte 20-30 N'luk bir düşüş gerçekleşmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.11). Taş yıkama korelasyon sonuçlarında da görüleceği üzere, hem pamuk ile ikili karışımlarında hem de r-CO ile ikili karışımlarında karışımdaki r-PET oranı arttıkça mukavemete katkı sağlamıştır. CO/r-CO karışımların ise taş yıkama sonrası atkı kopma mukavemeti açısından farkları istatistiksel açıdan önemsiz seviyede olmuştur. Üçlü karışımlarda da r-PET oranının yüksek olduğu "08" kod numaralı ipliğin atkı olarak kullanıldığı kumaş en yüksek değeri vermiştir. Genel olarak veriler incelendiğinde, çözgü yönünde olduğu gibi yıkama işlemleri kumaşların mukavemeti önemli oranda düşürmüştür. Mukavemette azalma taş yıkama işlemlerinde daha fazla olmuştur (Kaplan ve Sülar, 2011; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014; Mondal ve Khan, 2014). Ancak r-PET oranının artışı mukavemetteki düşüşleri sınırlandırdığı görülmektedir. Mamul-enzim ile mamul-taş atkı kopma mukavemetleri incelendiğinde tüm tiplerde azalma önemli seviyede olmuştur. Ancak enzim-taş karşılaştırıldıklarında "04" kodlu ve "12" kodlu kumaşlarda fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.12).

12. Mamul kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer "12" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçüldüğü görülmektedir (Şekil 4.12). Bu kumaşların "05", "08", "09", "11",

"13", "14" ve "16" kod numaralı kumaşlar ile istatistiksel açıdan kopma uzaması noktasında bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.29). Mamul kumaşlarda çözgü yönünde en düşük kopma uzaması değeri "02" kod numaralı %75 CO/%25 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. Bu kumaşların "01" kod numaralı %100 CO atkılı kumaş ile arasındaki fark önemsiz seviyededir. Karışımsız tipler incelendiğinde en yüksek uzama %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. Bu kumaş ile %100 r-CO atkılı kumaş arasında istatistiki fark önemsiz seviyededir. %100 CO atkılı kumaş ise en düşük uzamaya sahiptir. Çizelge 4.11'deki mamul çözgü kopma uzaması üzerindeki bu üç lifin etkisi incelendiğinde r-PET ve r-CO lifleri ile uzama arasında pozitif yönde zayıf derecede bir korelasyon bulunurken, pamuk lifleri ile negatif yönde güçlü bir korelasyon görülmektedir. Enzim yıkama kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "04", "08", "09", "11", "12" ve "13" kodlu kumaşlarla farkı istatistiksel açıdan önemsizdir (Şekil 4.12, Çizelge 4.30). Enzim yıkama kumaşların çözgü yönündeki en düşük uzaması "02" kod numaralı %75 CO/%25 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01" ve "05" kodlu kumaşlar ile arasında istatistiki olarak bir fark görülmemektedir. Karışımsız tipler incelendiğinde en yüksek uzama %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. En düşük uzama %100 CO atkılı kumaşta tespit edilmiştir. %100 CO atkılı kumaş ile %100 r-CO atkılı kumaş arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir. Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçlarına göre enzim yıkama sonrası pamuk lifindeki negatif yönlü korelasyon etkisinin azalarak zayıf seviyeye geldiği görülmektedir. Geri dönüşüm pamuk lifinin önemli bir etkisi görülmezken, r-PET lifinin uzamaya katkısının önemli seviyeye geldiği görülmektedir. Taş yıkama kumaşların çözgü yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde en yüksek değer "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta elde edilmiştir. Bu kumaşların "04", "07", "08", "09", "12" ve "13" kodlu kumaşlar arasında istatistiki bir fark yoktur. Taş yıkama sonrası en düşük değer ise %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "02",

"03", "14" ve "15" kodlu kumaşlar ile arasında önemli seviyede bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.31). Karışımsız tiplerde en yüksek değeri %100 r-PET atkılı kumaş verirken, en düşük değer %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın %100 r-CO atkılı kumaş ile arasında önemli seviyede bir fark bulunmamaktadır. Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçlarında, r-PET lifinin pozitif yöndeki korelasyon katsayısı artarken, pamuk lifinin negatif yöndeki korelasyon katsayısı artmıştır. Çizelge 4.12'deki yıkamalar arasındaki varyans analizleri incelendiğinde yıkama işlemlerinin farkı tiplerde farklı eğilimler gösterdiği görülmektedir. Örneğin, "04" kod numaralı kumaşta ise hem enzim hem de taş yıkama işlemlerinin kopma uzamalarını istatistiksel olarak önemli seviyede değiştirmediği tespit edilmiştir. Çözgü yönünde kopma uzaması sonuçlarına genel olarak bakıldığında pamuk lifinin uzamaları olumsuz yönde etkilerken, r-PET lifinin olumlu katkılar sağladığını söylemek mümkündür (Çizelge 4.11). Ayrıca taş yıkama sonrası kopma uzaması değerleri "02", "04", "05, "13", "15" ve "16" kodlu kumaşlarda istatistiksel olarak önemsiz seviye de olmakla birlikte, enzim yıkamaya göre azalma eğilimi göstermektedir (Çizelge 4.12).

13. Mamul kumaşların atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.13). Bu kumaşın, "07" ve "12" kod numaralı kumaşlar ile aralarındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (Çizelge 4.32). Mamul kumaşların atkı yönündeki kopma uzamalarında en düşük değer "02" kod numaralı %75 CO/%25 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "04", "05", "08", "09", "15" ve "16" kod numaralı kumaşlar ile arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamaktadır. Karışımsız tiplerde incelendiğinde en düşük değer "01" kodlu %100 CO atkılı kumaşta ölçülürken, bu kumaşın "15" kod numaralı %100 r-CO ile arasındaki fark önemsiz seviyede bulunmuştur. %100 r-PET atkılı kumaş ise iplik kopma uzamasındaki verilere benzer şekilde en yüksek kopma uzaması değerine sahiptir. Çizelge 4.11'deki mamul kumaşların atkı yönü çözgü uzamaları üzerindeki lif etkileri incelendiğinde, pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir

korelasyon bulunmuştur. Geri dönüşüm pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir ilişki bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon bulunmaktadır. Enzim yıkama kumaşların atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde, en yüksek değer mamul kumaşlarda olduğu gibi "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.13). Bu kumaşların yine "07" ve "12" kod numaralı kumaşlar ile arasında istatistiki bir fark bulunamamıştır (Çizelge 4.33). Enzim yıkama kumaşların atkı yönündeki kopma uzamalarında en düşük değer "01" kod numaralı %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "03", "10" ve "15" kodlu kumaşlar arasındaki farkı istatistiki olarak önemsiz seviyededir. Karışımsız tipler incelendiğinde, en düşük değer %100 CO atkılı kumaşta ölçülürken, bu kumaşların %100 r-CO atkılı kumaş ile arasındaki fark önemsiz seviyede bulunmuştur. %100 r-PET atkılı kumaş ise en yüksek kopma uzaması değerine sahiptir. Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçlarına göre enzim yıkama sonrası lif etkileri mamul kumaşlara göre önemli bir farklılık göstermemiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir. Çizelge 4.12'deki atkı yönünde kopma uzamaları verilerinde enzim yıkama sonrası "02", "03" ve "16" kodlu tipler dışında önemli bir fark gözlenmemiştir. Bu kumaşlarda mamul kumaşlara göre uzama değerleri bir miktar artış göstermiştir. Taş yıkama kumaşların atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde en yüksek değer "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.13). Bu kumaşların "07" kod numaralı %25 CO/%75 r-PET atkılı kumaş ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir (Çizelge 4.34). En düşük değer ise "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "06", "10" ve "15" kod numaralı kumaşlar ile arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir. Karışımsız tipler incelendiğinde en düşük değer %100 Co atkılı kumaşta ölçülürken, bu kumaşın %100 r-CO atkılı kumaş ile arasındaki fark önemsiz seviyede bulunmuştur. %100 r-PET atkılı kumaş ise en yüksek kopma uzaması değerine sahiptir. Çizelge 4.11'deki korelasyon

sonuçlarına göre taş yıkama sonrası lif etkileri mamul ve enzim yıkama kumaşlara göre önemli bir farklılık göstermemiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon tespit edilmiştir. Çizelge 4.12'deki atkı yönünde kopma uzamalarının yıkama performansları açısından karşılaştırılmasında, enzim yıkamaya benzer şekilde taş yıkama sonrası mamul kumaşlara göre "01", "08", "09", "11" ve "15" kodlu kumaşlar dışında önemli bir farklılık oluşmamıştır. Yıkamaya bağlı olarak, artış ve azalış yönünde net bir eğilim bulunmamaktadır. Enzim ve taş yıkamalar karşılaştırıldığında ise benzer şekilde bir eğilim tespit edilmemiştir. Ancak kopma uzamasında artış görülen kumaşlarda farklılık istatistiksel olarak önemsiz seviyede, azalma görülen "01", "03", "06","10" ve "14" kodlu kumaşlarda farklılık önemli seviyede kaydedilmiştir (Çizelge 4.12).

14. Mamul kumaşların yırtılma mukavemetleri incelediğinde, en yüksek değer "11" kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür (Şekil 4.14). Mamul kumaşlardaki en düşük değer ise "15" kodlu %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "05", "10" ve "14" kodlu kumaşlar ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz seviyededir (Çizelge 4.35). Karışımsız tipler incelendiğinde, en yüksek değere %100 r-PET atkılı kumaş sahip olurken, %100 CO ve %100 r-CO kumaşlar arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır. CO/r-PET karışımlı mamul kumaşlarda r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemeti artış göstermektedir. Aynı şekilde r-PET/r-CO ikili karışımlarda da r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemeti artmıştır. CO/r-CO karışımlarda ise r-CO miktarının artışı ile yırtılma mukavemetinde bir miktar azalma olduğu görülmektedir. Üçlü karışımlarda da r-PET oranının fazla olduğu "08" kodlu kumaş en yüksek yırtılma mukavemeti değerini vermiştir. Çizelge 4.11'deki korelasyon sonuçları, mamul kumaşlarda r-PET lifi ile yırtılma mukavemeti arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki gösterirken, geri dönüşüm pamuk lifi ile negatif yönde önemli bir korelasyon göstermiştir. Enzim yıkama kumaşlarda da benzer şekilde korelasyon sonuçları alınmıştır. Enzim yıkama işlemleri Çizelge 4.12'den de

görüleceği üzere tüm tiplerde farklılık getirmiştir. Bu farklılık tüm tiplerde yırtılma mukavemetinde artış şeklindedir. Enzim yıkama kumaşların yırtılma mukavemeti ölçümlerinde en yüksek değer mamul kumaşlarda olduğu gibi %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür (Şekil 4.14). En düşük değer ise mamul kumaşlarda olduğu gibi %100 r-CO kumaşta ölçülmüştür. Ancak burada "15" kodlu %100 r-CO kumaş ile sadece "10" kod numaralı %25 CO/%75 r-CO kumaş arasındaki fark önemsiz seviyededir (Çizelge 4.34). Karışımsız tipler incelendiğinde enzim yıkama sonrası %100 r-PET atkılı kumaş en yüksek yırtılma mukavemetine sahip olurken, daha sonra %100 CO ve en son %100 r-CO şeklinde bir sıralama olmuştur. CO/r-PET karışımlarda r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemeti artış eğilimi göstermiştir. Aynı şekilde r-CO/r-PET ikili karışımlarda da r-PET oranı arttıkça mukavemette artış eğilimi bulunmaktadır. CO/r-CO karışımların arasında ise önemli bir fark oluşmamıştır. Üçlü karışımlarda ise r-PET oranının yüksek olduğu "08" kodlu kumaş en yüksek yırtılma mukavemetini göstermiştir. Taş yıkama sonrası yırtılma mukavemetleri incelendiğinde "01" ve "03" kodlu kumaş dışında tüm tiplerde mukavemette artış görülmüştür. Mamul kumaşa göre bu değişimler "01", "06" ve "15" kodlu kumaşlar dışında önemli seviyede ölçülmüştür (Çizelge 4.12). Korelasyon sonuçları pamuk ve geri dönüşüm pamuk lifleri ile yırtılma mukavemeti arasında negatif yönlü zayıf bir ilişki gösterirken, r-PET lifleri ile pozitif yönde güçlü bir korelasyon göstermiştir (Çizelge 4.11). Taş yıkama kumaşlar enzim yıkama kumaşlar ile karşılaştırıldığında "07" ve "11" kodlu kumaşlarda istatistiki olarak önemsiz seviyede olsa da tüm tiplerin yırtılma mukavemeti düşük çıkmıştır (Çizelge 4.12, Şekil 4.14). Taş yıkama sonrası en yüksek yırtılmaya mamul ve enzim yıkama kumaşlarda olduğu gibi %100 r-PET atkılı kumaş sahip olmuştur. En düşük değer ise yine %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "03", "06" ve "10" kodlu kumaşlar ile arasında istatistiki açıdan önemli seviyede bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.37). Bu durum CO/r-CO ikili karışımlar arasında fark olmadığını da göstermektedir. CO/r-PET ve r-CO/r-PET ikili karışımlarda ise r-PET oranı arttıkça yırtılma mukavemetinde artış

eğilimi bulunmaktadır. Üçlü karışımlarda da r-PET oranının yüksek olduğu "08" kodlu kumaşta en yüksek yırtılma mukavemeti ölçülmüştür. Genel olarak bakıldığında, korelasyon sonuçlarından yırtılma mukavemeti üzerinde r-PET lifinin etkisi net olarak görülmektedir (Çizelge 4.11). Kumaşı oluşturan ipliklerin kopma uzaması, yırtılma testleri sırasında, kopma noktasındaki iplikler arasındaki açıklığı ve dolayısıyla yırtılma noktasındaki üçgen şeklindeki oluşan boşluğun büyüklüğünü ve kopacak toplam iplik sayısını etkilemektedir (Bozdoğan, 2009). r-PET liflerinin sahip olduğu yüksek kopma uzaması, iplik kopma uzamalarının yüksek olmasını sağlamıştır. Böylelikle yüksek bir kopma uzaması yüksek bir yırtılma mukavemeti oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Yıkamaların etkisi açısından bakıldığında ise, daha önceki çalışmalarda denim yıkama işlemleri sonrası yırtılma mukavemetinde düşüş gerçekleşeceği kaydedilmiştir (Kaplan ve Sülar, 2011; Mezarcıöz ve Toksöz, 2014). Ancak bu çalışmada enzim yıkama sonrası tüm tiplerin yırtılma mukavemetinde artış gerçekleşmiştir (Şekil 4.11, Çizelge 4.12). Taş yıkamada ise %100 CO kumaş dışında tüm tiplerde yırtılma mukavemeti artmıştır. Yırtılma mukavemetini etkileyen en önemli faktör iplik mukavemetleridir. Buna ek olarak kopma mukavemetinden ayrılan birçok yönleri vardır. Yırtılma mukavemeti ipliklerin doku içerisindeki hareket edebilme kabiliyetleri ile de ilgilidir. Mamul denim kumaşlar yüksek sertlik değerlerine sahiptir. Yıkama işlemlerinin amacı, kumaşa efekt kazandırırken bu sertliği de almaktır. Sık kumaş yapısı ve yüksek sertlik değerleri mamul kumaşı kırılgan ve esnemeyen bir hale getirmektedir. Yıkama sonrası sertlik önemli oranda düşmektedir. Böylelikle ipliklerin yırtılma mukavemetine karşı gruplaşması kolaylaşmaktadır (Bozdoğan, 2009). Daha esnek ve gevşek hale gelen yapı daha fazla ipliğin kaymasına ve hareket etmesine neden olduğu için yüksek yırtılma dayanımı sağlamıştır. Çizelge 4.11'deki lif etkileri incelendiğinde bu durum daha net anlaşılmaktadır. Mamul kumaş üzerindeki lif etkileri ile enzim yıkama sonrası kumaşlar üzerindeki lif etkilerinde bir değişiklik olmamıştır. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf korelasyon, r-CO lifi ile negatif yönde önemli

korelasyon ve r-PET lifi ile pozitif yönde güçlü korelasyon bulunmuştur. Ancak yıkama agresifleştikçe iplik ve kumaş mukavemeti yüksek oranda azalmaya başladığı için yırtılma mukavemeti de bundan olumsuz etkilenecektir. Enzim yıkamaya göre daha agresif yapıda olan taş yıkama sonrası yırtılma mukavemetleri daha düşük bulunmuştur. Taş yıkama sonrası %100 pamuk originli "01", "06" ve "15" kodlu kumaşlarda mamul kumaşa göre fark önemsiz seviyede bulunmuştur (Çizelge 4.12). Bu çalışma önceki çalışmalara bu noktada katkı sağlamıştır. Ağartma gibi daha agresif yöntemler veya daha ağır çalışma şartlarında (daha fazla sıcaklık ve işlem süresi) önceki çalışmalara benzer sonuçlar çıkacağı görülmektedir.

15. Mamul kumaşların yumuşaklık dereceleri incelendiğinde, en yüksek dairesel eğilme direncinin "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET atkılı kumaşta olduğu görülmektedir. En düşük dairesel eğilme direnci ise "05" kodlu %50 CO/%25 r-Co/%25 r-PET üçlü karışım iplik atkılı kumaşta ölçülmüştür. Ancak çalışmada üretilen tüm kumaşların mamul hallerinde dairesel eğilme dirençleri arasında istatistiksel açıdan bir fark bulunmamaktadır (Şekil 4.15, Çizelge 4.38). Çizelge 4.11'de mamul kumaşların yumuşaklık dereceleri ile lifler arasındaki ilişkiye bakıldığında her üç lifinde yumuşaklık üzerinde bir etkisi olmadığı görülmektedir. Kumaşlar enzim ile işlem gördüğünde ise, liflerin etkisi belirginleşmiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur. Enzim yıkama sonrası tüm kumaşların dairesel eğilme direnci düşmüş ve daha yumuşak hale gelmiştir (Çizelge 4.12, Şekil 4.15). Literatürde yıkama sonrası sertlik değerlerinde düşüş olacağı belirtilmektedir (Mondal ve Khan, 2014). Benzer şekilde bu çalışmada kumaş sertliği büyük oranda düşmüştür. Enzim yıkama sonrası en yüksek dairesel eğilme direnci "12" kodlu %25 r-CO/%75 r-PET kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "01", "05", "06" ve "10" kodlu kumaşlar dışında diğer kumaşlar ile arasında istatistiki bir fark yoktur (Çizelge 4.39). Enzim yıkama sonrası en düşük değer "01" kodlu %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Enzim yıkama sonrası en düşük değer ile en yüksek değer arasındaki fark sadece 3 newton

kadar olmuştur. Çizelge 4.39'daki çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde "11" ve "12" kodlu r-PET oranının yüksek olduğu iki tipin diğer kumaşlardan ayrıştığı görülmektedir. Taş yıkama sonrası en yüksek dairesel eğilme direnci "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "01" ve "02" kodlu kumaşlar dışında kumaşların tümüyle arasında istatistiki bir fark yoktur (Çizelge 4.40). Taş yıkama sonrası en düşük dairesel eğilme direnci %100 CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Taş yıkama sonrası en düşük değer ile en yüksek değer arasındaki fark enzim yıkamada olduğu gibi yaklaşık 3 N'dur. Çizelge 4.40'daki çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde "04" ve "07" kodlu kumaşların diğer kumaşlardan ayrıştığı görülmektedir. Taş yıkama sonrası kumaş yumuşaklık dereceleri enzim yıkama sonrası değerler ile benzerlik göstermektedir. Mamul kumaşlara göre taş yıkama sonrası dairesel eğilme direnci büyük oranda düşüş göstermiştir. Ancak enzim yıkama sonrası yumuşaklık değerleri arasında tüm tipler bakımından istatistiki bir fark bulunmamıştır (Şekil 4.15, Çizelge 4.12). Çizelge 4.11'deki taş yıkama sonrası lifler ile yumuşaklık dereceleri arasındaki ilişki de enzim yıkama kumaşlara benzer sonuçlar göstermiştir. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunurken, r-PET lifi ile pozitif yönde önemli bir korelasyon bulunmuştur. Pamuk lifine göre daha sert yapıda lif karakterine sahip r-PET lifi, kumaşlarda bir miktar sertlik eğilimine neden olabileceğini göstermiştir.

16. Mamul kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerin "11" kodlu %100 r-PET atkılı kumaşta olduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Mamul kumaşlardaki en düşük hava geçirgenliği ise "01" kodlu %100 CO kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "02", "06" ve "12" kodlu kumaşlar arasında istatistiki açıdan fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.41). Karışımsız tipler incelendiğinde, en yüksek hava geçirgenliği %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. %100 r-CO atkılı kumaşın hava geçirgenlikleri %100 CO kumaşa göre daha yüksek bulunmuştur. CO/r-PET ikili karışımlarda r-PET oranı arttıkça hava geçirgenliğinin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. r-CO/r-PET ikili karışımlarda ise önemli bir farklılık oluşmamıştır. CO/r-CO

ikili karışımlarda da bir eğilim bulunmamaktadır. Çizelge 4.11'deki mamul kumaşların hava geçirgenliği ile lifler arasındaki ilişki incelendiğinde pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinin önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Geri dönüşüm polyester lifleri ile pozitif yönde zayıf bir korelasyon bulunmuştur. Enzim yıkama sonrasında tüm tiplerin hava geçirgenliğinde mamul kumaşlara göre azalma gözlenmiştir. Gözlenen bu azalmalar "06", "12", "13", "14" ve "15" kod numaralı kumaşlarda önemsiz seviyede olmuştur (Çizelge 4.12). Enzim yıkama kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde en yüksek değer "15" kod numaralı %100 r-CO atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşların "02" kod numaralı %75 CO/%25 r-PET kumaş dışındaki tipler ile arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.42). En düşük değer ise "02" kod numaralı kumaşta görülmüştür. Bu kumaşların "06", "07", "11", "15" ve "16" kod numaralı kumaşlar ile farkı istatistiksel olarak önemli seviyededir (Çizelge 4.42). Çizelge 4.11'deki enzim ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği ile lifler arasındaki ilişki incelendiğinde r-PET ve geri dönüşüm pamuk liflerinin önemli bir etkisi olmadığı görülmektedir. Pamuk lifi ile negatif yönde zayıf bir korelasyon bulunmuştur. Taş yıkama kumaşların hava geçirgenliği sonuçları incelendiğinde en yüksek değer "12" kod numaralı %25 r-CO/%75 r-PET atkılı kumaşta ölçülmüştür. Bu kumaşın "14" ve "16" kod numaralı kumaşlar dışındaki tipler ile arasında istatistiki açıdan bir fark bulunmamaktadır (Çizelge 4.43). En düşük değer ise "14" kod numaralı kumaşta görülmüştür. Bu kumaşın "03", "06", "07", "10" ve "12" kod numaralı kumaşlar ile farkı istatistiksel olarak önemli seviyededir (Çizelge 4.43). Taş yıkama sonrası tüm tiplerin hava geçirgenliğinde mamul kumaşa göre bir azalma kaydedilmiştir (Şekil 4.16). Ancak bu farklılık "01", "06" ve "12" kodlu kumaşlarda istatistiksel açıdan önemsiz seviyededir. Enzim yıkama kumaşlar ile karşılaştırıldıklarında ise, bir miktar daha yüksek hava geçirgenliği gösteriyor olsalar da "01", "02", "04" ve "16" kodlu kumaşlar dışında istatistiksel açıdan önemli seviyede bir farklılık oluşmamıştır (Çizelge 4.12). Çizelge 4.11'deki taş ile işlem görmüş kumaşların hava geçirgenliği ile

lifler arasındaki ilişki incelendiğinde hava geçirgenliği üzerinde her üç lifinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. Esasında rejenere ve sentetik esaslı liflerin hava geçirgenliğinin yüksek olduğu bilinmektedir (Frydrych ve ark., 2002). Sentetik esaslı bir lif olan r-PET lifinin hava geçirgenliği de mamul kumaşlarda önemli seviyeye yakınken, yıkama sonrası etkisi önemsiz seviyeye gelmiştir (Çizelge 4.11). Mondal ve Khan (2014) çalışmalarda haşıl sökme işlemi nedeniyle kumaş gözenekliğinin azaldığı, liflerin yüzeyde daha fazla göründüğü ve pürüzlü bir hale geldiği belirtmişlerdir. Sonuçlara baktığımızda bu nedenle mamul kumaşlara göre hava geçirgenliği tüm tiplerde ve her iki yıkama türünde de azalmıştır (Şekil 4.16).

17. Elde edilen yaklaşık kumaş maliyetleri incelendiğinde, hammadde fiyat farklılıkları nedeniyle geri dönüşüm iplik içeren kumaşlarda toplam maliyet bir miktar daha düşük çıkmıştır. Ancak geri dönüşüm iplikler sadece atkı yönünde kullanıldığı ve 1 mtul kumaş üretimi için gerekli atkı ağırlığı oranı nispeten düşük olduğu için oluşan fark sınırlı seviyede olmuştur. Bunun yanı sıra, geri dönüşüm pamuk içerikli iplik kullanımının sebep olacağı artan duruş sayıları ve randıman kaybı nedeniyle atılacak fiili atkı sayısındaki azalmanın üretim maliyetlerine yansıtılması ile aradaki fark daha da azalmıştır. En yüksek kumaş maliyetine “01” kodlu %100 CO atkılı kumaş sahip olurken, en düşük kumaş maliyeti “11” kod numaralı %100 r-PET atkılı kumaşta görülmüştür. Tez fikrinin doğruluğunu kanıtlar nitelikte, üretilen tüm kumaş tiplerinde performans özellikleri gerekli asgari şartları sağlamıştır. Bu nedenle kumaş maliyeti ile kumaş performansları birlikte düşünüldüğünde daha yüksek kumaş performansı ve daha düşük kumaş maliyeti ile tipler arasında r-CO/r-PET kumaşların öne çıktığı görülmektedir. Daha sonra sırasıyla CO/r-PET ve CO/r-CO karışımlar gelmektedir.

İplik sonuçlarına genel olarak bakıldığında, ilk bakışta pamuk lifine göre geri dönüşüm pamuk lifinin daha fazla düzgünsüzlüğe, iplik hatalarına ve tüylülüğe neden olduğu görülmektedir. Aynı zamanda kopma mukavemetini de olumsuz etkilemiştir. Geri dönüşüm polyester lifinin ise pamuk lifine göre kopma uzamasına

katkı sağladığı ve daha az iplik hatasına sahip olduğu görülmektedir. Geri dönüşüm pamuk lifleri düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük değerlerini artırmıştır. r-PET lifleri kopma uzamasında artış, ince yer ve kalın yer hatalarında azalma sağlamıştır. Pamuk lifleri ise kopma uzamasını olumsuz etkilerken, düzgünsüzlük ve S3 tüylülüğüne olumlu katkı yapmıştır. Çalışmadaki liflerden üretilen karışımsız tipte iplikler, lif karakteristiklerine benzer sonuçlar göstermiştir. Karışımlarda ise farklı sonuçlar ortaya çıkmıştır. Çalışmadaki CO/r-CO ve CO/r-PET ikili karışımlarından elde edilen sonuçlar literatürde yer alan bilgileri doğrulamıştır. Literatürde herhangi bir bilgi olmayan r-CO/r-PET karışımlarda ise r-PET oranı arttıkça kopma mukavemeti ve kopma uzaması artış, düzgünsüzlük, iplik hataları ve tüylülük değerleri azalış göstermiştir.

Kumaş sonuçlarına genel olarak bakıldığında, geri dönüşüm liflerden üretilen ipliklerin denim kumaş yapısında atkıda kullanıldıklarında original kumaşlara yakın sonuçlar verdikleri görülmüştür. Geri dönüşüm pamuk liflerinin kopma ve yırtılma mukavemetini olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Geri dönüşüm polyester lifi ise kopma mukavemeti, kopma uzaması ve yırtılma mukavemetine katkı sağlarken, yumuşaklığı olumsuz etkilemiştir. Genel olarak yıkama işlemleri sonrası gramaj, kopma mukavemeti, yumuşaklık dereceleri ve hava geçirgenliği azalmıştır. Mamul kumaşlara göre yıkama sonrası kumaş özellikleri üzerinde liflerin etkileri farklılık göstermiştir. Daha agresif çeşitli yıkama türlerinde (çeşitli ağartma yöntemleri) r-PET içerikli kumaşların pamuk ve geri dönüşüm liflere göre daha dayanıklı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada geri dönüşüm iplikler sadece atkı yönünde kullanıldığı için mtul kumaş maliyetindeki hammaddenin payı düşük olmuştur. Aslında maliyet içerisinde hammadde kalemi daha büyük öneme haizdir. Örneğin değerlendirmede kullanılan “01” kod numaralı %100 CO referans kumaşta hammaddenin kaleminin maliyet içerisindeki payı %51,7 olarak bulunmaktadır. Geri dönüşüm ipliklerin çözgü yönünde kullanılması ile toplam maliyet içerisindeki getireceği avantaj daha net olarak ortaya çıkacaktır. Ancak geri dönüşüm pamuk içerikli ipliklerin çözgü yönünde de kullanıldıklarında sebep olacakları randıman kaybı daha fazla olacaktır. Ayrıca dokuma hazırlık aşamaları da bu durumdan etkileneceği için, bu maliyetlerde

de artış getirecektir. Buna ek olarak çözgü yönündeki iplik kopuşları, verimliliği ve işletme masraflarını etkilediği gibi mamul kalitesini de daha fazla olumsuz etkileyecektir.

Bu durumda sürdürülebilir bir denim kumaş üretimi için en uygun seçenek; Çizelge 4.22'de bulunan iplik maliyetleri, Çizelge 4.44'de verilen kumaş maliyetleri ve ulaşılan iplik/kumaş performanslarının birlikte düşünülmesidir.

Buradan hareketle denim kumaş üretiminde; iplik performansı ve iplik maliyetleri açısından ön plana çıkan CO/r-PET karışımlarından "04" kodlu %50 CO/%50 r-PET ve "07" kodlu %25 CO/%75 r-PET ipliklerin denim kumaş yapısında çözgü yönünde kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Çözgü yönünde istenilen renk efektinin elde edilemediği durumlarda, r-PET lif içermeyen "03" kod numaralı %75 CO/%25 r-CO ipliğe öncelik verilebileceği görülmektedir. İplik performans/maliyet açısından daha düşük kaliteli uygulamalar için önerilen r-CO/r-PET karışımlı ipliklerden "12" kodlu %25 r-CO/%75 r-PET ve "13" kodlu %50 r-CO/%50 r-PET ipliklerin ise kumaş performansları/maliyetleri ile birlikte düşünüldüğünde atkı yönünde kullanılmalarının daha uygun olacağı görülmektedir.

Böylelikle düzeltilemeyecek seviyede hataların önüne geçilerek ikinci kalite ürün oluşumu asgariye indirilebilecek ve bu sırada kabul edilebilir denim kumaş performansları düşük maliyetlerde üretilebilecektir. Sonuçta sürdürülebilir bir denim kumaş üretiminin yolu açılarak maksimum seviyede çevreye katkı yapılmış olacaktır.

5.2. Sonraki Çalışmalar için Öneriler

Daha sonraki çalışmalarda r-PET liflerinin kesiksiz formda kullanılması konu üzerine katkı sağlayacaktır. Filament formdaki r-PET lifleri çıplak veya özlü iplik formlarında çeşitli karışım oranlarda denim kumaş yapısında kullanılabilir. Ayrıca hedeflenen ürüne göre enzim ve taş yıkama haricinde daha agresif yıkama türleri, bitim işlemleri, ağartma tekniklerinin etkisini incelemek faydalı olacaktır. Bunların yanı sıra r-PET ve r-CO lifleri pamuk dışında diğer tekstil lifleri ile de farklı oranlarda karıştırılarak benzer çalışmalar yürütülebilir.

KAYNAKLAR

ACAR, A., 2005. Denim Kumaş Hatalarının Optimizasyonuna Yönelik Çözüm Önerileri. Marmara Üniversitesi Tekstil Eğitimi Programı- Yüksek Lisans Tezi 102 sayfa.

ALAN, G., KOÇLU, A., ve YÜKSEKKAYA, M.E., 2012. Geri Dönüşüm Hammaddeden Üretilmiş Olan Battaniyelerin Kopma Mukavemeti Performansının İncelenmesi Üzerine Bir Çalışma. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 276-278, Uşak, Türkiye.

ALTUN, Ş., 2012a. Prediction of Textile Waste Profile and Recycling Opportunities in Turkey. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(94): 16-20.

ALTUN, Ş., 2012b. Türkiye'deki Tekstil ve Hazır Giyim Atık Miktarları ve Geri Kazanım İmkanları. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 2-4, Uşak, Türkiye.

ALTUN, Ş., ve ULCAY, Y., 1999. Klasik Tekstil Üretimi Esnasında Ortaya Çıkan Atıklar, Nedenleri ve Geri Kazanım Yöntemlerine Genel Bir Bakış. *Tekstil Maraton,* 4: 48-64.

BAĞIRAN, İ.C., 2011. Denim Yıkamada Karşılaşılan Sorunlar ve Bunlara Yönelik Çözüm Önerileri. Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü- Yüksek Lisans Tezi 293 sayfa.

BBC, "Ozon Tabakası Kalınlaşıyor", http://www.bbc.com/turkce/haberler/2014/09/140911_ozon_tabakasi (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

BHATIA, D., SHARMA, A., and MALHOTRA, U., 2014. Recycled fibers: An Overview. *International Journal of Fiber and Textile Research,* 4(4): 77-82.

BLUE JEANS GO GREEN, "See What We've Done", http://www.bluejeansgogreen.org/Our-Impact/ (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

BOZDOĞAN, F., 2009, Fiziksel Tekstil Muayeneleri (Kumaş Testleri). Ege Üniverstesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını. İzmir, 162s.

CARMICHAEL, A., 2015. Polyester Continues to Lead Growth. ITMF Annual Conference, Sep, 10–12, San Francisco, USA.

CELEP, G., ve YÜKSEKKAYA, M.E., 2012. Geri Dönüşüm Liflerden ve Orijinal Liflerden Üretilen Battaniyelerin Isıl Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 2-4, Uşak, Türkiye.

DURU, N.P., and BABAARSLAN, O., 2003. Determining an Optimum Opening Roller Speed for Spinning Polyester/Waste Blend Rotor Yarns. *Textile Research Journal*, 73 (10): 907-911.

EL-NOUBY, G.M., 2007. Hairiness of Yarns Made of Recycled Waste Fabric. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (10): 972-976.

EL-NOUBY, G.M., and KAMEL, M.M., 2007. Comparison between Produced Yarn from Recycle Waste and Virgin Fibres in Tenacity and Elongation. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (10): 977-982.

ERBİL, Y., 2005. Karışım OE-Rotor İpliği Üretiminde Eğirme Elemanlarından Düzenin İplik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Çukurova Ünivertesi Tekstil Mühendisliği Bölümü- Yüksek Lisans Tezi 170sayfa.

ERBİL, Y., 2012. Open-End Rotor İplikçiliğinde Farklı Karışım Oranı ve Tiplerinin İplik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. Çukurova Ünivertesi Tekstil Mühendisliği Bölümü- Doktora Tezi 191sayfa.

ERNST, H., 2011, Rieter İplikçilik El Kitabı (Cilt 5- Rotor İplikçiliği). Rieter Machine Works Ltd. Wintherthur, 111 s.

ERYÜRÜK, S.H., 2012. Greening of the Textile and Clothing Industry. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20 (95): 22-27.

FETTAHOV, R., AKAYDIN, M., ve ERDOĞAN, M.T., 2012. Pamuklu Dokumada İplik Teleflerinin İncelenmesi. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 270-275, Uşak, Türkiye.

FETTAHOV, R., ve CAHANGİROVA, M., 2012. Dokuma ve Örmeye Hazırlık Aşamalarında İplik Teleflerinin Tespiti . 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 2-4, Uşak, Türkiye.

FRYDRYCH, I., DZİWORSKA, G. and BİLSKA, J., 2002, Comparative Analysis of the Thermal Insulation Properties of Fabrics Made of Natural and Man-Made Cellulose Fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, October/December, 40-44.

GAM, H.J., and BANNING, J., 2011. Addressing Sustainable Apparel Design Challenges with Problem-Based Learning. *Clothing & Textiles Research Journal*, 29 (3): 212-215.

GÖKSEL, N., ve GÖKMENOĞLU, M., 2012. Geri Dönüşüm Kavramının Bayan Giyim Tasarımına Yansıması. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 2-4, Uşak, Türkiye.

GUN, A.D., AKTURK, H.N., MACIT, A.S., and ALAN, G., 2014. Dimensional and Physical Properties of Socks Made from Reclaimed Fibre. *The Journal of The Textile Institute*, 105(10): 1108-1117.

GÜRSOY, A.T., 2010. Giyim Kültürü ve Moda- Mesleki Bilgiler. Umar İletişim Hizmetleri, İstanbul, 704s.

H & M, "H & M Conscious Actions- Sustainability Report 2014", http://sustainability.hm.com/en/sustainability.html (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

HALİMİ, M.T., HASSEN, M.B., and SAKLİ, F., 2008. Cotton waste recycling: Quantitative and Qualitative Assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 52: 785-791.

HALİMİ, M.T., HASSEN, M.B., AZZOUZ, B., and SAKLİ, F., 2007. Effect of Cotton Waste and Spinning Parameters on Rotor Yarn Quality. *Journal of The Textile Institute*, 98 (5): 437-442.

HALİMİ, M.T., HASSEN, M.B., AZZOUZ, B., and SAKLİ, F., 2009. Influence of Spinning Parameters and Recovered Fibers from Cotton Waste on the Uniformity and Hairiness of Rotor Spun Yarn. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(3): 36-44.

HAMİLTON, B.J., OXENHAM, W., HODGE, G.L., and THONEY, K.A., 2012. Optimal Data Use in Staple Yarn Manufacturing. *Journal of The Textile Institute*, 103 (5): 499-507.

HASANI, H., and TABATABAEI, S.A., 2011. Optimizing Spinning Variables to Reduce the Hairiness of Rotor Yarns Produced from Waste Fibers Collected from the Ginning Process. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19 (86): 21-25.

HASANI, H., SEMNANI, D., and TABATABAEI, S., 2010. Determining the Optimum Spinning Conditions to Produce the Rotor Yarns from Cotton Wastes. *Industria Textile*, 61(6): 59-64.

HE, S., WEI, M., LIU, M., and XUE, W., 2015. Characterization of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate) (PET) fibers. *The Journal of The Textile Institute*, 106 (8): 800-806.

İTKİB, "İstatistiklere Göre Türkiye'nin Denim Kumaş ve Konfeksiyon Dış Ticareti 2013", http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/2013/DENIM_RAPOR_2013.pdf (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

ITMF, 2012, International Production Cost Comparison 2012- Spinning Texturing Weaving Knitting, International Textile Manufacturer Federation, Zurich, 31p.

ITMF, 2014, International Production Cost Comparison 2014- Spinning Texturing Weaving Knitting, International Textile Manufacturer Federation, Zurich, 31p.

JORDEVA, S., TOMOVSKA, E., TRAJKOVIC, D., and ZAFIROVA, K., 2015. Current State of Pre-Consumer Apparel Waste Management in Macedonia. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 23 (109): 13-16.

KADOĞLU, H., 2004, Open-End Rotor İplik Eğirme Teknolojisi. Ege Üniverstesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını. İzmir, 141s.

KAPLAN, E., 2004. Tekstil Sektöründe Maliyet Unsurları- Enerji Maliyetlerinin Genel Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü- Yüksek Lisans Tezi 353 sayfa.

KAPLAN, E., and KOÇ, E., 2010. Investigation of Energy Consumption in Yarn Production with Special Reference to Open-End Rotor Spinning. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(79): 7-13.

KARAGÖZ, G., 2009. Denim Yıkama İşlemlerinde Ortaya Çıkan Zararlar Nedenleri ve Çözüm Olanakları. Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü- Yüksek Lisans Tezi 143 sayfa.

KARAZİNCİR, E., ve DURU BAYKAL, P., 2014. Seçilmiş Denim Kumaşta Yıkama Türünün Kumaş Mukavemeti ve Uzaması Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Tekstil ve Mühendis,* 21(94): 18-30.

KAYAALP, T., ve TOPRAK, D., 2011, Sürdürülebilirlik için İletişim. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları- VII. Bölgesel Çevre Merkezi- REC Türkiye. Ankara, 21 s.

KHEDHER, F., DHOUIB, S., MSAHLI, S., and SAKLI, F., 2009. The Influence of Industrial Finishing Treatments and Their Succession on the Mechanical Properties of Denim Garment. *Autex Research Journal,* 9(3): 93-100.

KOÇ, E., and KAPLAN, E., 2007a. An Investigation on Energy Consumption in Yarn Production with Special Reference to Ring Spinning. *Fibres & Textiles in Eastern Europe,* 15(63): 18-25.

KOÇ, E., ve KAPLAN, E., 2005. İplik Üretim Sistemlerinde Enerji Kullanımı Ring İplik Eğirme Sistemi Örneği. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 20(2): 45-58.

KOÇ, E., ve KAPLAN, E., 2006. Tekstil İşletmelerinde Maliyet Hesaplamaları- İplik Maliyeti. *Tekstil ve Mühendis,* 13(64): 38-47.

KOÇ, E., ve KAPLAN, E., 2007b. İplik Üretim Sistemlerinde Enerji Kullanımı Open-End Rotor Eğirme Sistemi Örneği. *Tekstil & Teknik,* 23(273): 130-138.

KÖRLÜ, A.E., DURAN, K., BAHTİYARİ, İ., ve PERİNÇEK, S., 2008. Selülaz Enziminin Selülozik Esaslı Kumaşlar Üzerine Etkisi. *Tekstil ve Konfeksiyon,* 1: 35-41.

LEVI STRAUSS, "Levi's® Waste‹Less™ Collection", http://levistrauss.com/sustainability/products/wasteless/ (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

MARKS & SPENCER, "About Plan A", http://corporate.marksandspencer.com/plan-a/our-stories/about-plan-a (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

MEZARCIOZ, S. and TOKSÖZ, M., 2014. Investigation of Effect of Special Washing Processes On Denim Fabrics' Properties. *Tekstil ve Konfeksiyon,* 24 (1): 86-95.

MIR, S., HOSSAIN, M., BISWAS, P., HOSSAIN, A., and IDRIS, A.M., 2014. Evaluation of Mechanical Properties of Denim Garments after Enzymatic Bio-Washing. *World Applied Sciences Journal,* 31 (9): 1661-1665.

MONDAL, H.I., and KHAN, R.M., 2014. Characterization and Process Optimization of Indigo Dyed Cotton Denim Garments by Enzymatic Wash. *Fashion and Textiles,* 1(19): 1-12.

MUTHU, S.S., LI, Y., HU, J., and MOK, P., 2012, Recyclability Potential Index (RPI): The Concept and Quantification of RPI for Textile Fibres. *Ecological Indicators,* 18: 58-62.

NECEF, Ö.K., SEVENTEKİN, N., and PAMUK, M., 2013. A Study on Recycling the Fabric Scraps in Apparel Manufacturing Industry, *Tekstil ve Konfeksiyon,* 23 (3): 286-289.

ÖKSÜZ, A., 2008. Tekstil Sektöründe Ürün Maliyetinin Hesaplanması ve Maliyet Kontrolü. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı- Yüksek Lisans Tezi 58 sayfa.

ÖZÇUHADAR, T., 2011. Eko-Tasarım. Sürdürülebilir Üretim ve Tüketim Yayınları-VI. Bölgesel Çevre Merkezi- REC Türkiye. Ankara, 53 s.

ÖZDEMİR, Ö., 2005. Medikal İstatistik. İstanbul Medikal Yayıncılık. İstanbul, 314s.

ÖZDİL, N., 2003, Kumaşlarda Fiziksel Kalite Kontrol Yöntemleri. Ege Üniverstesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını. İzmir, 136s.

ÖZDİL, N., ÖZDOĞAN, E., and ÖKTEM, T., 2003. Effects of Enzymatic Treatment on Various Spun Yarn Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe,* 11 (43): 58-61.

PINARLIK, G., ve ŞENOL, M.F., 2012. İkinci Kullanım Tekstil Liflerinden Yapılan Open-End Rotor İpliklerin Özellikleri. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 2-4, Uşak, Türkiye.

PRWEB, “Textile Exchange Releases Second Annual Preferred Fiber and Materials Report”, http://ww1.prweb.com/prfiles/2015/07/14/12849061/2014%20PFMR%20Press%20Release.pdf (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

RİETER, “Open end İplikçiliğinde Yenilik- Eğirme Elemanları ve Teknoloji Kitleri”, http://www.rieter.com/tr/satis-sonrasi/teknolojik-yedek-parcalar/open-end-iplikcilik/rotorlartam-otomatik/?tx_damdownloadcenter_pi1%5Bfile%5D=170133&cHash=480090146a (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

RUZZANTE, M., FATARELLA, E., COLL, T., and ROMEI, M., 2014. Partially Oriented Recycled Polyester Yarns: A Benefit for The Environment. 14th AUTEX World Textile Conference. May, 26-28, Bursa, TURKEY.

SEVENTEKİN, N., 2003, Kimyasal Lifler. Ege Üniverstesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Uygulama Merkezi Yayını. İzmir, 130s.

SHEN, B., WANG, Y., LO, K.Y.C., and SHUM, M., 2012. The Impact of Ethical Fashion on Consumer Purchase Behavior. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 16 (2): 234-245.

SHEN, B., ZHENG, J., CHOW, P. and CHOW, K., 2014. Perception of Fashion Sustainability in Online Community. *The Journal of The Textile Institute*, 105 (9): 971-979.

SÜLAR, V., and KAPLAN, S., 2011. Effect of Different Finishing Processes on Some Performance Characteristics of Denim Fabrics. *Industria Textila*, 62 (6): 281-288.

SUSTAINABLE APPAREL COALITION, “Our Vision”, http://sacoalition.wpengine.com/our-vision/ (Erişim Tarihi: 24 Ağustos 2015)

TARAKÇIOĞLU, I., 2008, Organik Pamuk ve Tekstil Sanayii. İstanbul Ticaret Odası. İstanbul, 247s.

TARHAN, M., and SARIIŞIK, M., 2009. A Comparison Among Performance Characteristics of Various Denim Fading Processes. *Textile Research Journal*, 79 (4): 301-309.

TAYYAR, A.E., ÇETİN, S.Ü., 2012. R-PET Elyaftan Üretilen Dokusuz Yüzey Kumaşların Isıl Özellikleri. 1. Ulusal Geri Kazanım Kongre ve Sergisi. Mayıs, 2-4, Uşak, Türkiye.

TELLİ, A., and ÖZDİL, N., 2013. Properties of the Yarns Produced from r-PET Fibers and Their Blends. *Tekstil ve Konfeksiyon,* 23(1): 3-10.

TELLİ, A., and ÖZDİL, N., 2015. Effect of Recycled PET Fibers on the Performance Properties of Knitted Fabrics. J*ournal of Engineered Fibers and Fabrics,* 10(2): 47-60.

TELLİ, A., ÖZDİL, N., ve BABAARSLAN, O., 2012. PET Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı. *Tekstil ve Mühendis,* 19 (86): 49-55.

TOKSÖZ, M. ve MEZARCIÖZ, S., 2013. Denim Kumaşlara Uygulanan Özel Yıkama Uygulamaları. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 28(2):141-147.

ÜREYEN, M.E., ve KADOĞLU, H., 2006. Ring Pamuk İplikleri İle HVI Lif Özellikleri Arasındaki İnteraksiyonlar. *Tekstil ve Konfeksiyon,* 3: 180-184.

USTER, "Uster Statistics Uygulama Raporu-Tekstil Endüstrisi için Ortak Bir Kalite Dili",
http://www.uster.com/fileadmin/stats_data_2013V1/PDF/Uyagulama%20raporu_Tekstil%20end%C3%BCstrisi%20i%C3%A7in%20ortak%20bir%20kalite%20dili.pdf (Erişim Tarihi: 10 Ocak 2016)

YAPICILAR, C., 2005, Open-End İplik Teknolojisi. TYT Tekstil Makinaları Mümessillik Ltd. İstanbul, 198 s.

YILDIRIM, N., ÜSTÜNTAĞ, S. ve ÖRTLEK, H.G., 2014. Yıkama İşlemlerinin Denim Kumaşların Fiziksel Özellikleri Üzerindeki Etkileri. Tekstil ve Mühendis, 21(95): 16-29.

ÖZGEÇMİŞ

02.01.1988 yılında Kastamonu/Tosya'da dünyaya gelen Abdurrahman TELLİ, Türkiye Cumhuriyeti vatandaşıdır. İlk, orta ve lise öğrenimlerini Kastamonu/Tosya'da tamamladıktan sonra 2005 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümünü kazanarak yükseköğrenimine başlamıştır. 2009 yılında mezun olarak "Tekstil Mühendisi" unvanı almaya hak kazanmıştır. 2009-2011 yılları arasında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yüksek lisans eğitimini başarıyla tamamlayan Abdurrahman TELLİ, Yüksek Öğretim Kurulu'nun ÖYP programı çerçevesinde Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atanmış ve doktora öğrenimine başlamıştır. Uzmanlık alanları Tekstil Teknolojisi, Ekolojik Tekstiller, Tekstilde Geri Dönüşüm, Teknik Tekstiller ve Tekstilde Kalite Kontrol olarak sıralanmaktadır.