ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Bestem ESİ

r-PET İPLİKLERİN ŞÖNİL DÖŞEMELİK KUMAŞLARDA KULLANILABİLİRLİĞİ VE ÜRETİM MALİYETİNİN OPTİMİZASYONU

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA- 2020

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

r-PET İPLİKLERİN ŞÖNİL DÖŞEMELİK KUMAŞLARDA KULLANILABİLİRLİĞİ VE ÜRETİM MALİYETİNİN OPTİMİZASYONU

Bestem ESİ

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 10/07/2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

……	……..	…….....
Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL	Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL	Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

……..	…….
Doç. Dr. İlhami İLHAN	Doç. Dr. Seval UYANIK
ÜYE	ÜYE

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

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç.Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FDK-2018-10067

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

r-PET İPLİKLERİN ŞÖNİL DÖŞEMELİK KUMAŞLARDA KULLANILABİLİRLİĞİ VE ÜRETİM MALİYETİNİN OPTİMİZASYONU

Bestem ESİ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
Yıl: 2020, Sayfa: 209
Jüri : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Doç. Dr. İlhami İLHAN
: Doç. Dr. Seval UYANIK

Bu tez çalışması ile atık PET (Polietilen tereftalat) şişelerden elde edilen geri dönüşüm (r-PET) ipliklerin, şönil iplik ve döşemelik kumaş yapısında kullanılması ve dokunan kumaşların birim üretim maliyetinin optimizasyonu amaçlanmıştır. Tez çalışması kapsamında r-PET ve standart poliester iplikler kesikli ve filament formlarda, şönil ipliklerin yapısında bağ ve/veya hav ipliği olarak kullanılmış ve iki farklı hav yüksekliğinde 32 adet şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında, üretilen ipliklerin tümünün atkıda kullanıldığı şönil döşemelik kumaş üretimleri yapılmıştır. Dokunan kumaşların fiziksel ve performans özelliklerinin tayini için standartlara uygun olarak testler uygulanmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; standart PES ipliklere kıyasla bazı olumsuz özelliklerine rağmen, r-PET ipliklerin şönil iplik yapısında kullanılması durumunda yeterli performans özelliklerini sağladığı görülmüştür. Döşemelik sektöründe yaygın kullanım alanı olan şönil iplik yapılarında geri dönüşüm ipliklerin kullanılması, sektörde daha düşük hammadde maliyetleri ile daha sürdürülebilir üretimlerin yapılmasını sağlayacaktır. Şönil döşemeliklerde üretim maliyetinin ve bazı fiziksel ve performans özelliklerinin üretim öncesi tahminlenebilmesi için matematiksel modelin kurulması, çalışmanın bir diğer amacı olmuştur. Bu kapsamda, modelde amaç fonksiyonu olarak kullanılması için ham şönil döşemelik kumaşın birim maliyetini veren bir eşitlik elde edilmiştir. Performans özelliklerine ait regresyon denklemleri ise modelde kısıtlayıcılar olarak kullanılmıştır. Oluşturulan modelin çözümü Lingo 18.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelin çözümünde, kısıtlar dahilinde maliyet minimize edilirken, kumaşların belirli fiziksel ve performans özelliklerinin optimum değerleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm, r-PET iplik, şönil iplik, döşemelik kumaş, optimizasyon.

ABSTRACT

PhD THESIS

THE USAGE OF r-PET YARNS IN CHENILLE UPHOLSTERY FABRICS AND COST OPTIMIZATION OF THE PRODUCTION

Bestem ESİ

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

Supervisor : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
Yıl: 2020, Sayfa: 209
Jury : Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Prof. Dr. Belkıs ZERVENT ÜNAL
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Assoc. Prof. Dr. İlhami İLHAN
: Assoc. Prof. Dr. Seval UYANIK

In this thesis work, it is aimed to use recycled PET (r-PET) yarns obtained from waste PET (Polyethylene terephthalate) bottles in chenille yarn and upholstery fabric structure and to optimize the unit production cost of woven fabrics. In this thesis scope, r-PET and standard polyester yarns are used in staple and filament forms as binder and/or pile yarns in the structure of chenille yarns and 32 chenille yarns are produced in two different pile lenghts. Then, these chenille yarns were used as weft yarn to produce chenille upholstery fabrics. For the determination of the physical and performance properties of the woven fabrics, tests were performed in accordance with the standards and the results were evaluated statistically. As a result, despite some negative properties compared to standard PES yarns, r-PET yarns were found to provide sufficient performance properties when used in the chenille yarn structure The use of recycled yarns in chenille yarn structures, which are widely used in the upholstery industry, will enable more sustainable production in the industry with lower raw material costs. Another aim of the study was to establish a mathematical model in order to estimate the production cost and some physical and performance properties of chenille upholstery fabrics before production. In this context, an equation was obtained that gives the unit cost of the raw chenille upholstery fabric to be used as an objective function of purpose in the model. Regression equations for performance properties were used as constraints in the model. Lingo 18.0 software was used to solve the model. In the solution of the model, while the cost was minimized within the constraints, the optimum values of certain physical and performance properties of the fabrics were obtained.

Key Words: Recycling, r-PET yarn, chenille yarn, upholstery fabric, optimization.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Teknolojinin gelişmesi ve katma değerli ürünlerin üretimindeki artış, değişen moda eğilimleri ve iç-dış pazarda rekabetin artması sadece hazır giyim sektörünü değil ev tekstilleri içerisinde yer alan döşemelik kumaş sektörünü de etkilemiştir. Döşemeliklerde farklı hammaddeler ile farklı tasarımlardaki kumaşların üretilmesi, farklı bitim işlemlerinin uygulanması, fantezi iplik kullanımının yaygınlaşması söz konusu nedenlere bağlı olarak son yıllarda daha sık görülmektedir.

Günümüzde birçok firma üretim faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltacak, daha sürdürülebilir ve minimum atıkla gerçekleştirilecek temiz üretim yaklaşımları göstermektedir. Fakat bu yaklaşımların genellikle hazır giyim sektörüne yönelik olduğu görülmektedir. Ülkemizde ihracat rakamları ile önemli bir paya sahip ev tekstillerine yönelik ürün gruplarında da daha çevreci ve temiz üretimlerin yaygınlaşması gerekmektedir. Burdan yola çıkılarak döşemeliklerde yaygın kullanıldığı bilinen, bir fantezi iplik çeşidi olan şönil ipliklerin yapısında geri dönüşüm ipliklerin kullanımının araştırılması çalışmanın amaçlarından olmuştur.

Tez çalışması ile atık PET (Polietilen tereftalat) şişelerden elde edilen geri dönüşüm (r-PET) ipliklerin şönil iplik ve şönil döşemelik kumaş yapısında kullanılabilirliği araştırılmış ayrıca şönil döşemelik kumaşların birim üretim maliyetinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında r-PET ve standart PES hammaddeli kesik elyaf ve filament iplikler şönil yapısında bağ ve hav ipliklerinde kullanılarak 0,8 ve 1,2 mm hav yüksekliklerine sahip Nm 3,6-4 numaralarda ve yaklaşık 900 t/m büküm değerlerine sahip, 8 ayrı tip grubunda 32 farklı şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Şönil ipliklerde bağ ipliğinde Nm 68/2 ve Nm 47/1; hav ipliğinde 150 denye, 300 denye ve Nm 68/1 numaralarda iplikler kullanılmıştır. Tüm şönil iplik numunelerinin sabit bir numaraya sahip olabilmesi için rotor

devrinde gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Tüm ipliklere iplik testleri (numara, büküm, kopma mukavemeti ve uzaması ve iplik aşınma dayanımı) uygulandıktan sonra şönil ipliklerin atkıda kullanıldığı döşemelik kumaş üretimleri gerçekleştirilmiş ve bu şekilde 32 adet, 5/5 çözgü ripsi örgü tipinde kumaş numunesinin üretimi tamamlanmıştır. Kumaşlarda çözgü iplikleri (150 denye poliester iplik) ve sıklıkları sabit tutulmuştur. Elde edilen kumaşlara gramaj, iplik sıklığı, krimp oranı, kopma mukavemeti-uzaması, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık, dikiş kayması, boncuklanma ve aşınma dayanımı testleri uygulanmıştır.

Testler sonucunda, genel olarak bağ iplik yapısında r-PET kullanılan kumaş tiplerinde atkı yönlerinde kopma ve yırtılma dayanımlarının düştüğü, kopma uzamalarının ise bağda standart PES kullanılan kumaşlara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Bağ ipliği olarak daha ince olan Nm 47/1 iplik kullanılan kumaşlarda, Nm 68/2 iplik kullanılan kumaşlara göre atkı numunelerinde kopma ve yırtılma mukavemetlerinin daha düşük olduğu, bununla birlikte hav ipliği olarak filament kullanılan tiplerde sürtünme ile kütle kaybı değerlerinin, kesik elyaf kullanılan tiplere göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Çalışmanın diğer amacı ise r-PET iplikler kullanılarak üretilen şönil döşemeliklerinin üretim maliyetlerini en iyilemek olmuştur. Bu kapsamda, birim ham şönil döşemelik kumaş maliyetini veren eşitlik oluşturulmuş ve amaç fonksiyonu olarak optimizasyon modelinde kullanılmıştır. Ayrıca kumaş performans testlerinden elde edilen veriler kullanılarak regresyon analizleri yapılmış ve elde edilen regresyon denklemleri ile modeldeki kısıtlayıcılar oluşturulmuştur. Matematiksel modelin çözümü Lingo 18.0 optimizasyon yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve çözüm raporu yorumlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Başta üzerimde en büyük emeğe sahip, öğrenimim süresince her türlü destek ve yardımları ile daima yanımda olan ailem olmak üzere,

Doktora çalışmam süresince bana zaman ayırıp her konuda yardımcı olan, bilgi ve tecrübeleri ile yönlendiren, değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Pınar Duru Baykal'a,

Tez çalışmasının tüm aşamalarında bilgi, destek ve önerilerini esirgemeyen doktora tez izleme komitesi üyelerinden değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Belkıs Zervent Ünal ve Sayın Prof. Dr. Ali Kokangül'e,

Fikir ve önerilerini paylaşarak destek sağlayan doktora tezi jüri üyelerinden Sayın Doç. Dr. İlhami İlhan ve Sayın Doç. Dr. Seval Uyanık'a

Tez çalışması kapsamında tüm şönil iplik ve kumaş numunelerinin üretilmesinde ve bazı iplik testlerinin yapılmasında yardımcı olan Kadifeteks Mensucat San. A.Ş. Ar-Ge Şefi Sayın Mahir Torsun'a ve emeği geçen tüm işletme çalışanlarına,

Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Test Laboratuvarında iplik ve kumaş testlerinin uygulanması için destek sağlayan değerli hocam Sayın Prof. Dr. İsmail Usta'ya, laboratuvardaki çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Oğuz Eryılmaz ve Laboratuvar Teknikeri Sayın Petek Yörükcü'ye,

Bölümümüz laboratuvarında bazı kumaş testlerinin geçekleşmesi için destek ve yardım sağlayan bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. R. Tuğrul Oğulata ve Tekstil Yüksek Müh. Muhittin Özkan'a,

Çalışma süresince yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Merve Doğruel Anuşlu'ya,

İpliklerin temininde yardımcı olan Gama Recycle Elyaf ve İplik Sanayi A.Ş. ve Göl İplik Şeremet Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ye,

Doktora tez çalışmamda maddi desteklerinden dolayı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FDK-2018-10067),

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ŞEKİLLER DİZİNİ X
ÇİZELGELER DİZİNİ XIV
1. GİRİŞ 1
1.1. Tekstilde Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm 3
1.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı 3
1.1.2. Tekstil Atıkları ve Tekstil Atık İşleme Stratejileri 7
1.1.3. Tekstilde Geri Dönüşüm Stratejileri 11
1.2. Şönil İplikler 17
1.2.1. Şönil İpliklerin Yapısı, Özellikleri ve Kullanım Alanları 18
1.2.2. Şönil İplik Üretimi 21
1.3. Döşemelik Kumaşlar 24
1.3.1. Döşemelik Kumaşların Özellikleri ve Sınıflandırılması 27
1.3.2. Döşemelik Kumaşların Üretimi 29
1.3.3. Döşemelik Kumaşlara Uygulanan Performans Testleri 30
1.4. Modelleme ve Optimizasyon 32
1.4.1. Modelleme Yaklaşımı 32
1.4.2. Optimizasyon Modelleri 36
1.5. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu 39
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 43
2.1. Tekstilde Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Konuları Üzerine Yapılmış Çalışmalar 43
2.2. Şönil İplikler ve Şönil Kumaşlar Üzerine Yapılmış Çalışmalar 53

2.3. Tekstil Üretiminde Kullanılan Optimizasyon Teknikleri Üzerine Yapılmış Çalışmalar 65
3. MATERYAL VE METOD 71
3.1. Materyal 71
3.1.1. Poliester (PES) Lifleri 71
3.1.2. Geri Dönüşüm Poliester (r-PET) Lifleri 73
3.1.3. İplik Özellikleri 75
3.2. Metod 77
3.2.1. Şönil İplik Üretimi 77
3.2.2. Şönil İplik Testleri 81
3.2.2.1. İplik Numarası Tayini 81
3.2.2.2. İplik Bükümü Tayini 81
3.2.2.3. İplik Mukavemeti ve Uzaması Tayini 82
3.2.2.4. İplik Aşınma Dayanımı Tayini 82
3.2.3. Döşemelik Kumaş Üretimi 83
3.2.4.1. Kumaşlarda Gramaj (m^2 ağırlığı) Tayini 84
3.2.4.2. Kumaşlarda İplik Sıklığı Tayini 84
3.2.4.3. Kumaşlarda Kıvrım Oranlarının Tayini 84
3.2.4.4. Kumaşlarda Kopma Mukavemeti ve Uzaması Tayini 85
3.2.4.5. Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Tayini 87
3.2.4.6. Kumaşlarda Yumuşaklık Tayini 87
3.2.4.7. Kumaşlarda İpliklerin Kaymaya Karşı Mukavemetinin Tayini 89
3.2.4.8. Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini 90
3.2.4.9. Kumaşların Boncuklanma Derecesinin Tayini 92
3.3. Şönil Döşemelik Kumaşlarda Üretim Maliyeti 93
3.3.1. Hammadde (Direkt İlk Madde ve Malzeme) Maliyetinin Hesaplanması 93
3.3.2. Direkt İşçilik Maliyetinin Hesaplanması 98

3.3.3. Genel Üretim Maliyetlerinin Hesaplanması 98
3.3.4. Toplam Üretim Maliyeti 101
3.4. İstatistiksel Analiz 102
3.5. Matematiksel Modellerin Kurulması ve Üretim Maliyetinin Optimizasyonu 102
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 105
4.1. Şönil İplik Testlerine Ait Bulgular 105
4.1.1. İplik Numarası Test Sonuçları 105
4.1.2. İplik Bükümü Test Sonuçları 106
4.1.3. İplik Kopma Mukavemeti ve Uzaması Test Sonuçları 107
4.1.4. İplik Aşınma Dayanımı Test Sonuçları 111
4.2. Kumaş Testlerine Ait Bulgular 112
4.2.1. Kumaş Gramajı Test Sonuçları 113
4.2.2. Kumaşlarda İplik Sıklığı Test Sonuçları 113
4.2.3. Kıvrım Oranları Test Sonuçları 114
4.2.4. Kumaş Kopma Mukavemeti ve Uzaması Test Sonuçları 115
4.2.5. Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları 120
4.2.6. Kumaşların Yumuşaklık Dereceleri Test Sonuçları 123
4.2.7. Kumaşlarda Dikiş Kayması Test Sonuçları 124
4.2.8. Kumaşlarda Aşınma Dayanımı Test Sonuçları 128
4.2.9. Kumaşlarda Boncuklanma Test Sonuçları 131
4.3. İstatistiksel Analizler ve Sonuçları 131
4.3.1. Normal Dağılım Testleri 136
4.3.2. Wald-Wolfowitz Diziler (Runs) Testi 140
4.3.3. Korelasyon Analizi 141
4.3.4. Bağımsız Örneklemler için t-testi 144
4.3.4.1. Bağ İplik Hammaddesi ile Kumaş Performans Özellikleri Arasındaki İlişki 145

4.3.4.2. Hav İplik Hammaddesi ile Kumaş Performans Özellikleri Arasındaki İlişki 147
4.3.4.3. Hav İplik Türü ile Kumaş Performans Özellikleri Arasındaki İlişki 148
4.3.5. Regresyon Analizleri 150
4.3.5.1. Performans Özelliklerine Ait Regresyon Analizi Sonuçları 154
4.3.6. Regresyon Denklemlerinden Elde Edilen Sonuçlar İle Ölçüm Sonuçları Arasındaki Korelasyon Analizi 169
4.4. Kurulan Optimizasyon Modeli 170
4.4.1. Üretim Maliyeti Optimizasyonu 170
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 181
5.1. Çalışmanın Sonuçları 182
5.2. Sonraki Çalışmalar için Öneriler 190
KAYNAKLAR 193
ÖZGEÇMİŞ 209

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Atık tekstil ürünleri toplama kutuları 9
Şekil 1.2. Tüketici öncesi ve sonrası tekstil atıkları 10
Şekil 1.3. Atık yönetimi hiyerarşisi 11
Şekil 1.4. Hazır giyim tedarik zinciri 13
Şekil 1.5. PET (Polietilen tereftalat) şişelerden açık döngü geri dönüşüm ile tişört üretimi 13
Şekil 1.6. Geri dönüşüm PET'in kullanıldığı ürün grupları 15
Şekil 1.7. PET şişelerin mekanik yöntem ile geri kazanımı 16
Şekil 1.8. Şönil ipliğin temel yapısı 19
Şekil 1.9. Şönil iplik örnekleri 20
Şekil 1.10. Kalibre 22
Şekil 1.11. Şönil iplik makinesinde bir üretim biriminde iplik oluşumu 23
Şekil 1.12. Flok yöntemi ile şönil iplik üretimi 24
Şekil 1.13. 2019 yılı ev tekstili kumaşları ihracatı 26
Şekil 1.14. 2019 yılı ürün grupları bazında tekstil sektörü ihracatı 26
Şekil 1.15. Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması 36
Şekil 3.1. PET'in molekül yapısı 73
Şekil 3.2. PET atıklarından r-PET iplik üretimi 75
Şekil 3.3. MİSPA RB104 şönil iplik makinası 79
Şekil 3.4. FRM / F0 1500B fikse makinası 80
Şekil 3.5. İplik aşınma dayanımı test cihazı 82
Şekil 3.6. Instron 4411 mukavemet ölçüm cihazı 86
Şekil 3.7. Yırtılma dayanımı testinin yapıldığı Instron 4411 cihazı ve kanat şeklinde deney numunesinin boyutları 87
Şekil 3.8. Dijital pnömatik stiffness tester 88

Şekil 3.9. Dikiş kayması tayininde kullanılan Instron 4411 mukavemet test cihazı ve dikiş kayması testi için hazırlanan numunelerin şematik görünümü..... 89
Şekil 3.10. James H. Heal martindale test cihazı..... 92
Şekil 3.11. ATAÇ martindale test cihazı..... 93
Şekil 4.1. İplik kopma mukavemeti değerleri..... 109
Şekil 4.2. İplik kopma uzaması değerleri..... 110
Şekil 4.3. İplik aşınma dayanımı sonuçları..... 112
Şekil 4.4. Atkı yönündeki kumaş kopma mukavemeti değerleri..... 117
Şekil 4.5. Çözgü yönündeki kumaş kopma mukavemeti değerleri..... 117
Şekil 4.6. Atkı yönündeki kumaş kopma uzaması değerleri..... 119
Şekil 4.7. Çözgü yönündeki kumaş kopma uzaması değerleri..... 119
Şekil 4.8. Atkı yönündeki kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri..... 122
Şekil 4.9. Çözgü yönündeki kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri..... 122
Şekil 4.10. Kumaşların yumuşaklık dereceleri..... 124
Şekil 4.11. Atkı yönündeki dikiş kayması değerleri..... 126
Şekil 4.12. Çözgü yönündeki dikiş kayması değerleri..... 127
Şekil 4.13. Kumaşların kütle kaybı değerleri (Bağ ipliği Nm 68/2 olan şönil iplikleri içeren kumaşlar)..... 129
Şekil 4.14. Kumaşların kütle kaybı değerleri (Bağ ipliği Nm 47/1 olan şönil iplikleri içeren kumaşlar)..... 129
Şekil 4.15. SPSS veri sayfasına girilen ölçüm değerleri..... 134
Şekil 4.16. Atkı kopma mukavemeti (AKM) verilerinin histogram grafiği..... 137
Şekil 4.17. Atkı yırtılma mukavemeti (AYM) verilerinin histogram grafiği..... 137
Şekil 4.18. Yumuşaklık (Y) verilerinin histogram grafiği..... 137
Şekil 4.19. Atkı dikiş kayması(ADK) verilerinin histogram grafiği..... 137
Şekil 4. 20. Çözgü dikiş kayması (CDK) verilerinin histogram grafiği..... 138
Şekil 4.21. Aşınma dayanımı (AD) verilerinin histogram grafiği..... 138
Şekil 4.22. AKM Bağımlı değişkeninin analiz sonuçları..... 156

Şekil 4.23. AYM bağımlı değişkeninin analiz sonuçları 159
Şekil 4.24. Y bağımlı değişkeninin analiz sonuçları 161
Şekil 4.25. ADK bağımlı değişkeninin analiz sonuçları..... 163
Şekil 4.26. CDK bağımlı değişkeninin analiz sonuçları..... 165
Şekil 4.27. AD bağımlı değişkeninin analiz sonuçları..... 167

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Döşemelik kumaşlar 28
Çizelge 1.2. Döşemelik kumaşların performans değerlendirilmesinde kullanılan test metotları 31
Çizelge 3.1. Kesik elyaf r-PET ve PES iplik özellikleri 76
Çizelge 3.2. Kesik elyaf r-PET ve PES iplik düzgünsüzlük ve hata değerleri 76
Çizelge 3.3. r-PET ve PES filament iplik özellikleri 76
Çizelge 3.4. Çözgü ipliği özellikleri 77
Çizelge 3.5. Şönil İplik Üretim Planı 78
Çizelge 3.6. Şönil iplik makinasının teknik özellikleri 80
Çizelge 3.7. Döşemelik kumaşların teknik değerleri ve makina parametreleri 83
Çizelge 4.1. İplik numara tayini ölçüm sonuçları 106
Çizelge 4.2. İplik büküm tayini ölçüm sonuçları 107
Çizelge 4.3. İplik kopma mukavemeti ölçüm sonuçları 108
Çizelge 4.4. İplik kopma uzaması ölçüm sonuçları 109
Çizelge 4.5. İplik aşınma dayanımı ölçüm sonuçları 111
Çizelge 4.6. Gramaj tayini ölçüm sonuçları 113
Çizelge 4.7. İplik sıklığı ölçüm sonuçları 114
Çizelge 4.8. Kıvrım oranları ölçüm sonuçları 115
Çizelge 4.9. Kumaş kopma mukavemeti ölçüm sonuçları 116
Çizelge 4.10. Kumaşların kopma uzaması ölçüm sonuçları 118
Çizelge 4.11. Kumaşların yırtılma mukavemeti ölçüm sonuçları 121
Çizelge 4.12. Kumaşların yumuşaklık testi ölçüm sonuçları 123
Çizelge 4.13. Atkı yönündeki dikiş kayması ölçüm sonuçları 125
Çizelge 4.14. Çözgü yönündeki dikiş kayması ölçüm sonuçları 126
Çizelge 4.15. Aşınma dayanımı test sonuçları 128

Çizelge 4.16. Normallik testi sonuçları 136
Çizelge 4.17. Verilere ait skewness-kurtosis değerleri 139
Çizelge 4.18. Verilere ait Runs testi sonuçları 140
Çizelge 4.19. Şönil iplik üretim parametreleri ile iplik performans özellikleri ilişkisine ait korelasyon analizi sonuçları 142
Çizelge 4.20. Şönil iplik üretim parametreleri ile kumaş performans özellikleri ilişkisine ait korelasyon analizi sonuçları 143
Çizelge 4.21. Bağ iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları 146
Çizelge 4.22. Hav iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları 147
Çizelge 4.23. Hav iplik türü ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları 149
Çizelge 4.24. Üç şıklı nitel değişkenler için kukla değişken gösterimi 154
Çizelge 4.25. Korelasyon Analizi Sonuçları 169
Çizelge 4.26. Modelde kullanılan kısıtlar ve alt-üst limit değerleri 171
Çizelge 4.27. Modelin çözümü sonucu elde edilen optimum değerler 179

1. GİRİŞ

Günümüzün en yaşamsal sorunu haline gelen çevrenin bozulması, M.Ö. on bin yıldan bu yana insanın doğaya hakim olma çabasının kaçınılmaz bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Özdemir, 2016). Çevresel yıkım, günümüz dünyası için yeni olmamakla beraber yazılı tarih boyunca özellikle ekolojik sorunlardan dolayı kaynaklandığı tahmin edilen devasa yıkımları deneyimlemiş Mezopotamya ve Maya uygarlıkları gibi birçok antik uygarlık için şiddetli olumsuz sonuçlarla birlikte süregelmiş bir olgudur. Ormansızlaştırma, toprak erozyonu ve sulanmış arazilerin tuzlanmasına ilişkin problemler antik çağ boyunca mevcuttur (Foster ve Magdoff, 2014). Uygarlık tarihini kabaca tarımsal yerleşik yaşama geçiş (M.Ö. 10000 yıl), sanayileşme (17. yy) ve teknoloji ve bilişim çağı (20. yy ve devamı) şeklinde üç aşamada özetlemek mümkündür. Yerleşik yaşama geçişe kadar insanın doğayla ilişkisine temel gereksinimlerin anlık şekilde karşılama güdüsü yön vermiştir. Bu şekilde insanoğlu ulaşabildiği doğal kaynaklarla temel ihtiyaçlarını karşılamış, bunun ötesinde daha fazla elde edip bunu kâra dönüştürme yoluna gitmemiştir. Ancak kentleşme ve bunu takip eden toplumsal ve ekonomik örgütlenme süreçleri insanın doğal kaynaklara yaklaşımında köklü dönüşümün başlangıcı olmuştur. Zira o andan itibaren temel ihtiyaçları karşılamanın ötesine çıkılarak daha fazlasını elde etme ve kâra dönüştürerek maksimum fayda sağlama anlayışı hakim olmaya başlamıştır. Bu durum, doğal kaynaklar üzerinde sonu gelmeyen sömürü sürecini tetiklemiştir. Kuşkusuz bunda insan türünü diğer canlı türlerinin üstünde tutan, doğayı kendi istek ve ihtiyaçları doğrultusunda sınırsız şekilde kullanma hakkını veren ve insanı merkezde gören etik yaklaşım önemli bir paya sahiptir. Modern bilimin doğuşuyla hakim olan mekanik dünya görüşünün insan merkezci etik yaklaşımla desteklenmesi ile evren insan arzusu ve ihtiyaçları doğrultusunda istenildiği gibi yön verilecek adeta işleyen bir makine olarak görülmüş ve bunun sonucunda eski uygarlıklardan bu yana gelen insan ile doğa arasındaki duygusal bağ büyük ölçüde kopmuştur (Özdemir, 2016).

Çevresel yıkımların modern çağda öne çıkmasına neden olan şey çok daha fazlamızın yeryüzünün çok daha geniş bir alanına yerleşmiş oluşudur; çok daha ciddi boyutlu bir tahribatı çok daha hızlı bir biçimde yaratabilecek bir teknolojimiz ve sınır tanımayan bir ekonomik sistemimiz vardır. Günümüzde gezegene verdiğimiz zararlar öylesine geniş çaplı ki geçmiş uygarlıklarda olduğu gibi yalnızca yerel ve bölgesel ekolojileri değil, aynı zamanda üzerinde yaşadığımız gezegeni de etkilemektedir ve bu durum bizler de dahil olmak üzere gezegendeki türlerin büyük bir çoğunluğunun varlığını tehdit etmektedir (Foster ve Magdoff, 2014).

Günümüzde çevresel problemlerin nedenleri ne kadar kapsamlı olursa olsun tek bir olaya indirgenmesi mümkün değildir. Bu sorunlar, birbirleriyle ilişkili birçok problemin bir bileşimini içermektedir. Dünya sistemi bilimi alanındaki öncü bilim adamlarınca geliştirilen, son ve en önemli gelişmelerden biri 'gezegensel sınırlar' kavramıdır. Buna ilişkin olarak, dünya sisteminde dokuz kritik sınır/eşik dikkate alınmaktadır. Bunlar; iklim değişikliği, okyanus asitlenmesi, stratosferdeki ozon eksilmesi, biyojeokimyasal akım sınırı (azot ve fosfor döngüleri), küresel tatlı su kullanımı, toprak kullanımındaki değişiklikler, biyoçeşitliliğinin azalması, atmosferik aerosol yüklemesi ve kimyasal kirlilik olarak nitelendirilmektedir (Foster ve Magdoff, 2014).

İnsan nesli devam ettikçe dünya tarihinin her döneminde üretim ve tüketim kaçınılmaz olmuştur. Ancak sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkan, sürekli tüketimden beslenen ve bu şekilde gelişen yenidünya düzeninde insanlar ihtiyaçlarından çok isteklerini tatmin etmek için tüketir olmuşlardır (Koç, 2012). Günümüzde üretim ve buna bağlı olarak tüketimin artması ile doğa, çevre, hayvanlar ve bitkiler, yok olmasında sakınca görülmeyen sınırsız ve değersiz metalar haline gelmişlerdir. Son gelinen noktada sadece çevre, doğa değil insan sağlığı ve insani/ toplumsal kıymetler de hoyratça kullanılır bir hal almıştır. Mevcut dünya düzeni sebebiyle kaynaklar hızla tükenmekte, doğa yok olmakta, insan sağlığı giderek bozulmakta bunun sonucunda birçok ekonomik, ekolojik ve

sosyal problem oluşmaktadır. Bunların yanında; üretimlerde bol miktarda su ve kimyasal madde kullanılması, kaynakların sınırsızmış gibi tüketilip atıkların doğaya terk edilmesi; su, hava, toprak gibi hayati kaynaklara zarar vermekte ve dünyanın sürdürülebilirliğine olumsuz etki etmektedir (Can ve Ayvaz, 2017).

Doğanın kaynaklarının sınırlı olmasına rağmen tüketimin, çevre tahribinin ve atık miktarlarının günden güne artması bazı kavramların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Çevre bozulmasının gezegende insan yaşamının yanında diğer bütün canlılık sistemlerini tehdit eder duruma gelmesi, çevre eğitiminin, sürdürülebilir üretimlerin, geri dönüşüm teknolojilerinin önem kazanmasını ve giderek yaygınlaşmasını beraberinde getirmiştir (Özdemir, 2016).

Üretimde sürdürülebilirlik kavramı genellikle üretim sürecinde çevreye verilen zarar ve olumsuzluklar karşısında ortaya atılmıştır. İşletmelerin sosyal sorumlulukları gereği bu olumsuzlukların giderilmesi amacıyla geliştirdikleri stratejiler ve yaklaşımlar uzun vadede işletme faaliyetlerinin devamlılığı göz önüne alındığında sürdürülebilirliği gündeme getirmiştir. Bu anlamda, üretim fonksiyonu çerçevesinde ürünün tasarımından malzemenin geri kazanımına kadar süren aşamalarda farklı yaklaşımlar ve stratejiler geliştirilmesinin gerekliliği kaçınılmaz olmuştur. Bu yaklaşımların bütünü sürdürülebilir üretim kavramıyla ifade edilmektedir. Sürdürülebilir üretim yaklaşımları, üretim sürecinin insan unsuruna etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılması, üretim sürecindeki atıkların azaltılması, üretilen ürünlerin geri dönüştürülebilirliğinin arttırılması ve tasarım süreçlerinin bu bakış açısıyla yönlendirilmesi, malzeme ve enerji tasarruf edici üretim süreçlerinin geliştirilmesi konularını içermektedir (Yavuz, 2010).

1.1. Tekstilde Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm

1.1.1. Sürdürülebilirlik Kavramı

Sürdürülebilirlik kavramı genel anlamıyla belirsiz bir süre boyunca bir durum veya sürecin sürdürülebilme kapasitesini ifade eder. Çevre açısından ele alındığında sürdürülebilirlik, temelde ekoloji ve ekolojik sistemlerin

fonksiyonlarını, süreçlerini ve üretkenliğini uzun vadede devam ettirebilme yeteneğidir (Chapin ve ark., 1996). Dünya kaynaklarının ve çevrenin insan faaliyetleri sonucu tükenme sınırına doğru ilerlediği konusunda artık genel bir görüş birliği bulunmaktadır. Bu açıdan ele alındığında sürdürülebilirlik ancak doğanın sunduğu kaynakların kendiliğinden yenilenebilmelerine olanak tanıyacak hızda kullanılmasıyla sağlanabilmektedir (Yavuz, 2010). Latince kökü olan "subtenir", "korumak" ya da "aşağıdan desteklemek" anlamına gelmektedir. Yeni bir kavram olmayan sürdürülebilirlik, çevre, insan ve şimdiki kuşakların gelecek kuşaklar için sorumlulukları arasındaki ilişkiyi tanımlamak için yeniden adlandırılmış bir anlatımdır (Özmehmet, 2008). Kavram kısaca, gezegende yaşamın devamlılığı anlamına gelmektedir. Sürdürülebilirlik fikrinin esin kaynağını, 'Biz dünyayı atalarımızdan miras almadık, tersine çocuklarımızdan ödünç aldık' şeklindeki ünlü Kızıldereli atasözü oluşturmaktadır. Kavram, 'doğanın taşıma kapasitesi', 'ekonomik taşınabilirlik' ve 'sosyal adalet' olmak üzere birbirini tamamlayan üçlü saç ayağı üzerine oturmaktadır (Özdemir, 2016).

Sürdürülebilirliğin düşünceden kavrama geçişi, yirminci yüzyılda yaşanan ekonomik ve sosyal gelişmelerin ekosisteme verdiği büyük boyutlu tahribatın bir sonucudur. Küresel toplumun ontolojik devamlılığının yok olma tehdidi ile karşı karşıya bulunması, 70'li yıllarda güçlü bir çevreci akımın doğmasına neden olmuştur. Sürdürülebilir kalkınma kavramı, çevreci dünya görüşünün kalkınmacı görüş ile bir uzlaşısı temeline dayanmaktadır (Bozlağan, 2010). 1970'li yıllardan sonra yapılan birçok çalışma ve uluslararası platformda gerçekleştirilen birçok etkinlik sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya çıkmasının zeminini oluşturmuş ve kavramın kavramsallaştırılmasına katkı sağlamıştır. Sürdürülebilirlik kavramı daha çok 1980'li yıllardan sonra daha geniş alanda kullanılmaya başlanmıştır (Erdoğan, 2016).

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ilk kez Dünya Koruma Stratejisi'nde (The World Conservation Strategy) yer almıştır. Doğal kaynakların korunmasını sağlayarak sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşmaya yardım etmeyi amaçlayan

Dünya Koruma Stratejisi, 1980 yılında Uluslararası Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (International Union for the Conservation of Nature and Naturel Resources – IUCN) öncülüğünde Dünya Yaban Hayatı Koruma Fonu (World Wildlife Fund – WWF) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environmental Programme – UNEP)' nın ortak çalışması sonucunda hazırlanmıştır. Bu strateji temelde doğal kaynakların korunmasının insan yaşamına ve sürdürülebilir kalkınmaya sağlayacağı katkıyı açıklamaktadır. Doğal kaynakların korunması için ise üç temel strateji ortaya konmuştur; temel ekolojik süreçlerin ve yaşama destek sağlayan sistemlerin muhafaza edilmesi, genetik çeşitliliğin korunması ile türlerin ve ekosistemlerin sürdürülebilir kullanımının garanti altına alınmasıdır. Bu strateji, sürdürülebilir kalkınma düşüncesinin toplum tarafından benimsenmesine katkı sağlaması, kaynakların korunması ve aynı anda kalkınmanın da sağlanabileceği düşüncesine vurgu yaptığından dolayı önemlidir (Erdoğan, 2016).

1987 yılında 'değişim için küresel ajanda' hazırlamak ve gezegenimizdeki çevre ve kalkınma ile ilgili kritik problemleri ortaya koymak için Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (World Commission on Environment and Development – WCED) bir rapor hazırlamıştır (Erdoğan, 2016). Brundland raporu olarak da bilinen bu rapora göre sürdürülebilir kalkınma, bugünün gereksinimlerini gelecek nesillerin gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılama olarak tanımlanmıştır (Koltuniewicz, 2014). Bu rapor ile birlikte sürdürülebilir kalkınmayla ilgili çalışmalar birçok alanda kendini göstermeye başlamış ve dünyanın farklı bölgelerinde varolan uluslararası organizasyonlar ve örgütler sürdürülebilir kalkınma kavramını kullanmaya başlamışlardır (Erdoğan, 2016).

Sürdürülebilirlikte dönüm noktası ise 1992 yılında Brezilya'nın Rio de Janerio şehrinde Birleşmiş Milletler tarafından düzenlenen 'Dünya Zirvesi (The Earth Summit) ile olmuştur. Toplumun geniş düzeyde katılımının sağlandığı Rio Konferansı, 182 dünya liderini bir araya getirmiş ve sürdürülebilirlik kavramını uluslararası sahneye taşımıştır (Cebeci, 2013).

Tekstil ve konfeksiyon sektörü üretim ve işgücü açısından dünyadaki en büyük ve en önemli endüstrilerden bir tanesini oluşturmaktadır. Bu sektör sadece 7 milyar insanın ikinci derisi olan giysileri değil aynı zamanda insanların üçüncü derisi olan evlerine de oldukça büyük katkıda bulunmaktadır (Özdoğan ve ark., 2007).

Halihazırda yaklaşık 7,7 milyar olan dünya nüfusunun, 2055'te 10 milyara, yüzyılın sonunda ise 11,2 milyara yükseleceği tahmin edilmektedir (https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunya-nufusu-2055te-10-milyari-bulabilir).
Nüfusun artması tekstil ürünlerine olan talebin de artmasına neden olmuştur. Dünyamız, istenilen taleplerin üstesinden gelmekte zorlanmaktadır. Sadece tekstil değil tüm endüstriler, insanların tüketim hırsının sonucu olarak artan yükünün sorumluluğunu paylaşmak zorunda kalacaktır (Horrocks ve Anand, 2002; Özdoğan ve ark., 2007).

Tüm sektörlerde olduğu gibi tekstil, konfeksiyon ve moda sektörü için de sürdürülebilirlik kavramı büyük önem taşımaktadır. Tekstillerin üretim ve kullanımının diğer birçok sektör gibi dünyamıza çeşitli etkilerinin olduğu görülmektedir. Küresel iklim değişikliği, asit yağmurları, toksik kimyasal maddeler ve zararlı atık miktarlarındaki artış, hava ve su kirliliklerinin artışı son yıllarda daha da belirgin görülmeye başlanmıştır. Tekstil üretimi de bu çevresel problemlerin görülmesinde katkıya sahiptir.

Tekstil sektörü en fazla su, hava, kimyasal madde ve enerji tüketen, dünyanın en eski sanayi dallarından birisidir. Üretim süreçlerinden dolayı çok fazla su ve enerji tüketilmekte ve aynı zamanda büyük miktarlarda atık oluşumu görülmektedir. Günümüzde geçmişe kıyasla çevre duyarlılığının ve insan sağlığına dair bilincin artması, tüm sanayi kolları ile beraber tekstil sektörünü de etkilemiştir. Tekstil mamullerinin çevre ve insan sağlığına zarar vermeden, ekolojiye duyarlı bir şekilde, geri dönüşüm elyaf ve iplikler kullanılarak üretilmeleri gittikçe daha da önem kazanmaktadır (Ar, 2011).

Tekstil sektöründe üretim aşamalarında kullanılan malzeme, kimyasal madde ve doğal kaynakların kullanımının fazla olması, sektörde faaliyet gösteren firmaların sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm çalışmalarının artmasında etkili olmuştur. Küresel çevresel problemlerin de artmasıyla beraber hem bireylerin tüketim davranışlarında farkındalıklar artmış hem de sektördeki firmalar daha sürdürülebilir ürünler üretmeye, özellikle tekstil ve hazır giyim sektörü hızlı moda yaklaşımı yerine daha çevreci, geri dönüştürülebilir ve kaliteli ürünlerin elde edilebileceği yavaş moda, yeşil moda gibi yaklaşımları uygulamaya başlamıştır.

Lif üretiminde kullanılan pestisitlerin azaltılması ve pestisit ihtiyacı en az olan lif üretimlerinin tercih edilmesi, kimyasal madde kullanımının azaltılması, tekstil ürünlerinin üretimi ve tasarımı aşamasında geri dönüştürülebilir malzemeler veya geri dönüşüm liflerin kullanımına dikkat edilmesi, ürün yaşam süresinin uzun olması ve üretimden önce ürün yaşam döngüsü tasarımlarının yapılması, doğrusal değil de döngüsel malzeme akış ve üretim yöntemlerinin uygulanması, tekstil ürünlerinin yeniden kullanımının (reuse) teşvik edilmesi, tekstilde atık azaltma veya sıfır atık stratejilerini benimseyen üretim sistemlerinin kurulması sektörde sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir.

1.1.2. Tekstil Atıkları ve Tekstil Atık İşleme Stratejileri

Katı atık, sahibinin istemediği ancak ekonomik değeri olan ve toplumun menfaati gereği toplanıp bilimsel esaslara ve mühendislik kurallarına göre bertaraf edilmesi gereken katı maddelerdir. Katı atıklar bütün atıklar gibi insanlar tarafından oluşturulan, kullanılan ve işe yaramaz hale getirilen katı her şeydir (Armağan ve ark., 2006). Katı atıklar kaynaklarına göre 4 grupta incelenmektedir. Bunlar; evsel nitelikli katı atıklar (konutlardan atılan mutfak çöpleri, park, bahçe ve piknik alanları gibi yerlerden gelen, normal belediye hizmeti ile toplanıp taşınan, evsel çöp depolama sahalarında bertaraf edilebilen, ayırma yolu ile geri kazanılabilen, kompost yapılabilen veya yakılabilen evsel veya endüstri kökenli atıklar), endüstriyel nitelikli katı atıklar (her türlü endüstri tesisleri ile çeşitli

imalathanelerden açığa çıkan istenmeyen nitelikteki katı madde ve çamurlar), tıbbi katı atıklar (patolojik ve patolojik olmayan, enfekte, kimyasal ve farmasotik atıklar ile kesici-delici malzemeler ve sıkıştırılmış kaplar) ve tehlikeli katı atıklardır (radyoaktif atıklar, piller, aküler, atık yağlar) (Kayalak, 2007).

Ekolojik sürdürülebilirliğin ortaya çıkardığı en önemli kavramlardan biri şüphesiz ki atık üretim ve yönetimidir. Atık üretimi en az insanlar kadar eskiye dayanır. İnsanların ürettiği atıklar uzun bir süre boyunca doğadaki dönüşüme katıldığından dolayı problem teşkil etmemiştir. Ancak yüzyıllar geçtikçe, nüfus ve doğal kaynakların tüketimindeki artışa bağlı olarak atık bir problem haline gelmiştir. Ev atıklarının yanı sıra, elektrik santrallerinin çıkardığı küller, hayvan gübresi, sokak çöpleri, eski evlerin moloz atıkları da dahil tekstil atıkları gibi diğer sanayi atıklar da mevcuttur. Eğer tüm bu atıkları bir araya getirirsek, her birimizin yılda kişi başına 3 tondan fazla atık ürettiğini söyleyebiliriz. Bunların halen tamamen geri dönüştürülmediğini düşünüldüğünde, bu atıklardan kaynaklanan, hava, su ve toprak kirliliği gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Nowak ve ark., 2009).

Katı atık yönetiminin amacı her türlü atık ve artığın çevreye zarar vermeyecek şekilde uygun teknolojiler kullanılarak doğrudan veya dolaylı bir şekilde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması ve uzaklaştırılmasıdır. Katı atık yönetimi ile çevreye zarar verebilecek, insan yaşamını olumsuz etkileyecek, suda ve toprakta uzun süreli etki gösteren katı atıkların, biyoçeşitliliği ve ekolojik dengeyi bozması önlenerek buna yönelik prensip, politika ve programlar belirlenmekte, uygulanmakta ve geliştirilmektedir (Kayalak, 2007). Atık yönetimi; atık miktarının azaltılması, üretilen atıkların geri kazanımı, kirliliğin önlenmesi ve atıkların çevreye zarar vermeden uygun teknolojiler yardımıyla bertaraf edilmesini kapsamaktadır. Atık minimizasyonu, üretim ve prosesler süresince açığa çıkan tehlikeli atıkların üretim sonrasında arıtılması, depolanması veya bertaraf edilmesiyle gerçekleştirilir (Marguglio, 1991).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2018 faaliyet raporuna göre yıl içerisinde ilçe belediyeler tarafından toplanarak katı atık transfer istasyonlarına getirilen evsel

atıkların düzenli depolama alanlarına taşınması çalışmaları kapsamında yıl içerisinde, İBB tarafından günlük ortalama 13.535 ton katı atığın, yaklaşık 12.961 tonunun düzenli depolama alanlarına, 574 tonunun ise bertaraf sahalarındaki geri kazanım tesislerine taşınması gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.1' de çeşitli belediyelerin yürüttüğü sürdürülebilirlik, atık toplama ve geri dönüşüm projeleri kapsamında konumlandırılan geri dönüşüm konteynerleri görülmektedir.



Şekil 1.1. Atık tekstil ürünleri toplama kutuları

Tekstil mamulleri günlük hayatımızda nevresimden havluya, giysilerden döşemelik kumaşlara kadar tekstil, hazır giyim ve ev tekstilindeki ihtiyaçlara ve değişen modaya da bağlı olarak sürekli tüketilen ürünlerdir. Tekstil ürünlerinin üretimi ve kullanımının çevre üzerinde birçok etkisi bulunmaktadır. Üretim prosesleri esnasında fazla miktarda su ve petrol gibi doğal kaynakların kullanılması ile beraber toksik kimyasallar ve karbondioksit açığa çıkmaktadır. Bu nedenle tekstil atık işleme stratejilerinin önemi büyüktür.

Genel olarak tekstil atıkları; iplik imalatından kaynaklanan atıklar, ipliğin bükülmesi ve iplik haline getirilmesinden kaynaklı atıklar, elyaf imalatından kaynaklanan atıklar, dokumadan kaynaklı atıklar, yün ve tiftik elyafının bükülmesi

ve iplik haline getirilmesinden kaynaklı atıklar ve kumaş imalatından kaynaklı atıklardır (Varır, 2017). Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu'na (Council for Textile Recycling) göre ise tekstil atıkları tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olmak üzere iki grupta yer almaktadır. (Cuc ve Vidovic, 2011). Tüketici öncesi tekstil atıkları her türlü tekstil ürününün (lif, iplik, hazır giyim ve ev tekstili, ayakkabı vs.) üretimi sırasında açığa çıkan tekstil atıklarıdır. Örnek olarak tekstil numunelerinden kalan parça kumaş atıkları, tekstil üretimleri sırasında açığa çıkan kesili-dikili parçalar, boya ve baskı hataları gibi kusurlar içeren hasarlı yarı mamüller, tasarım veya üretimdeki yarı mamül veya bitmiş haldeki giysi numuneleri ve satılmamış, giyilmemiş bitmiş giysiler veya tekstil mamulleridir (Eser ve ark., 2016). Tüketici sonrası tekstil atıkları ise kullananın yıpranma, küçük gelme veya modasını kaybetmiş olması gibi nedenlerden dolayı artık ihtiyaç duymadığı, hizmet süresi tamamlanıp atılan tekstil ürünleridir. Bu atıklar bazen hayır kurumlarına veya ikinci el tekstil malzemeleri satan yerlere verilmektedir, fakat çoğunlukla çöpe atılarak belediyelerin depolama alanlarına gitmektedir (Cuc ve Vidovic, 2011). Herhangi bir giysinin kullanım ömrünün yaklaşık olarak 3 yıl olduğu saptanmıştır, kullanım sonrası eski giysi kabul edilerek elden çıkarılmaktadır (Eryürük, 2012).



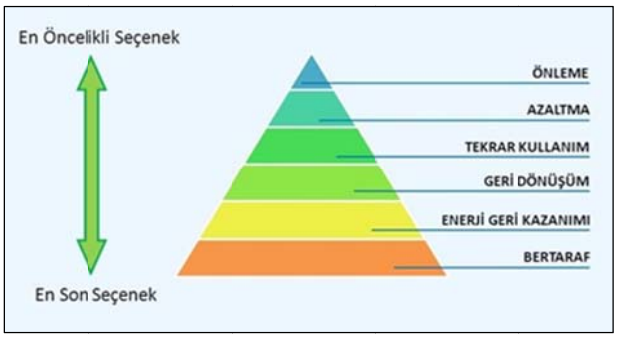
Şekil 1.2. Tüketici öncesi ve sonrası tekstil atıkları

Tekstil atık işleme stratejileri; azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüşüm (recycle) ve enerjinin geri kazanımı olmak üzere dört bölümde

incelenmektedir. Azaltma işlemi ile sınırlı kaynak, malzeme ve enerji kullanımı minimize edilmektedir. Azaltma için ürünün mümkün olduğunca fazla süre kullanılabilir olabilmesi, yenilenmesi ve tamir edilmesi gerekmektedir. Yeniden kullanma, ürünlerin gerekirse sağlam ve kullanılabilir duruma getirilip, aynı kullanım amacıyla tekrar değerlendirilmesidir. Geri dönüşüm ise malzemenin geri kazanılması için yapılan işlemleri ifade etmektedir (Farahani ve ark., 2009).

1.1.3. Tekstilde Geri Dönüşüm Stratejileri

Günümüzde moda olgusunun da gelişmesiyle beraber hazır giyimden ev tekstillerine kadar her alanda tekstil tüketiminin arttığı görülmektedir. Artık ihtiyaçtan çok modanın eğilimine göre tüketim alışkanlıkları şekillenmektedir. Bu durum dünya genelinde tekstil tüketiminin ve dolayısı ile tekstil atıklarının da artmasına yol açmıştır. Bu noktada geri dönüşüm büyük önem arz etmektedir. Şüphesiz ki çevresel açıdan faydası en yüksek olan durum tüketimi azaltmak, önlemek veya ürünleri yeniden kullanılabilir hale getirip ürün yaşam sürelerini uzatmaktır (Şekil 1.3). Fakat bunların mümkün olmadığı durumlarda geri dönüşümün önemi büyüktür.



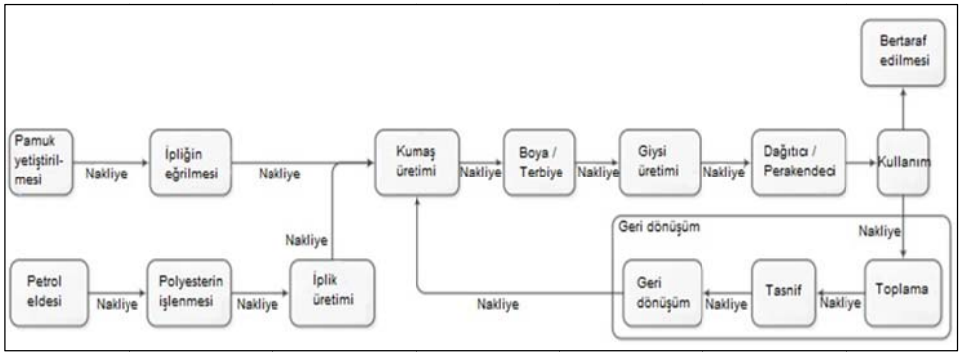
Şekil 1.3. Atık yönetimi hiyerarşisi (Akınç, 2016)

Geri dönüşüm, herhangi bir şekilde kullanılmış ve elden çıkarılmış atık malzemelerin geri kazanılabilecek nitelikte olanlarının farklı yöntemlerle

hammadde olarak üretim sürecine yeniden katılabilmesi şeklinde tanımlanabilmektedir. Böylece, atıklar bir hammadde gibi kullanılarak yeni bir maddeye dönüştürülebilmekte ve birçok farklı atık malzemelerin geri dönüşümü yapılabilmektedir (Büyükaslan ve ark., 2015; Türemen ve ark., 2018).

Geri dönüşüm teknolojileri birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül yaklaşımlar olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Wang, 2010; Payne, 2015). Tekstil üretiminde özellikle kesim dikim işlemleri esnasında tekstil atık parçaları ortaya çıkmaktadır. Birincil geri dönüşüm yaklaşımı genellikle endüstriyel tekstil atıklarının geri dönüştürülmesinde görülmektedir. İkincil geri dönüşüm, hazır giyim ve ev tekstillerinin kullanımı sonrası açığa çıkan tekstil atıklarının geri dönüşümüne yönelik izlenen bir yaklaşımdır (Payne, 2015). Tekstil atıkları toplanıp yeni mamullerde kullanılmak üzere iplik üretimi gerçekleştirilmektedir. Üçüncül geri dönüşüm, plastik atıklarının piroliz, gazlaştırma ve hidrolizle basit kimyasallara, monomerlere ve yakıtlara dönüştürülmesi yaklaşımıdır (Wang, 2006; Eser ve ark., 2016). Dördüncül yaklaşım ise gömülü enerjiyi geri kazanmak amacıyla atıkların yakılması esasına dayanmaktadır (Payne, 2015).

Tüm bu yaklaşımlar esas alınarak iki farklı geri dönüşüm yöntemi uygulanmaktadır. Kapalı çevrim geri dönüşüm (closed loop recycling), faydası yüksek bir geri dönüşüm yöntemi olmakla birlikte tüketici kullanımı sonrası ürünün yine aynı ürün üretiminde kullanılması amacıyla geri dönüştürülmesidir. Bu sistemde tüketici sonrası tekstil atıkları toplanıp mamullerde kullanılmak üzere yeniden lif ve iplik üretimi gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.4'te hazır giyime yönelik kapalı döngü tedarik zinciri örneği görülmektedir.



Şekil 1.4. Hazır giyim tedarik zinciri (Hagoort, 2013)

Diğer bir geri dönüşüm yöntemi günümüzde en yaygın kullanımı olan açık çevrim geri dönüşümdür (open loop recycling). Açık çevrim geri dönüşüm ile ürünün ürün yaşam döngüsü uzamakta ve farklı bir kullanım alanına sahip, farklı bir üretim sisteminde tekrar kullanılabilmesi için geri dönüştürülmektedir. Açık döngüde ürünlerin bertaraf edilme işlemleri gecikmektedir. Şekil 1.5'te bir açık çevrim geri dönüşüm örneği görülmektedir.



Şekil 1.5. PET (Polietilen tereftalat) şişelerden açık döngü geri dönüşüm ile tişört üretimi

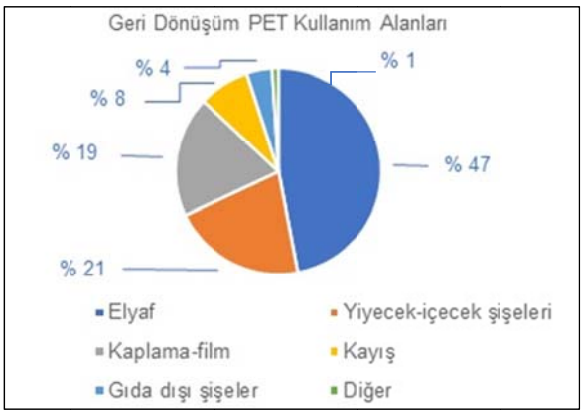
Tekstil ve hazır giyim endüstrisi için genel olarak açık çevrim geri dönüşüm yönteminde kullanılabilecek malzemeler:

- Tüketici öncesi tekstil atıkları – Hazır giyim üretimi sırasında açığa çıkan parçalar, kumaş artıkları
- Tüketici sonrası tekstil atıkları – Tüketici tarafından kullanılmış ve elden çıkarılmış ikinci el giysilikler ve ev tekstili ürünleri
- Geri dönüşüm PET elyaf (r-PET) üretilmek üzere tüketici sonrası açığa çıkan atık PET şişeler olmaktadır (Payne, 2015).

Tüketici öncesi ve sonrasında açığa çıkan tekstil atıklarının açık çevrim yöntemi ile geri dönüştürülmesi ile elde edilen malzemelerin kalitesinin yeni giysilerde kullanmak amacıyla çok düşük olması sebebiyle, daha düşük seviyedeki ürünlerde kullanımı tercih edilmektedir. Bu yöntemle geri dönüştürülmüş malzemeler çoğunlukla yapı sektöründe izolasyon malzemelerinde, araba döşemeliklerinde, kağıt endüstrisinde, dokusuz yüzey eldesinde, halıların taban kısımlarında kullanım alanı bulabilmektedir. Böylece tekstil atıklarından kısmen değer kazanılmaktadır (Hagoort, 2013).

Çevresel açıdan bakıldığında kapalı çevrim geri dönüşüm yani atık ürünün geri dönüştürülerek tekrar aynı ürün olarak kullanılması daha değerlidir. Fakat PET şişelerde bu durum daha farklıdır. Yapılan çalışmalarda mekanik geri dönüşüm işlemi sonrasında PET talaşlarına kimyasal yıkama uygulanmıştır. Bu işlem sonucu üretilen malzemede saflık değeri artmış fakat şişe üretimi için yeterli olan saflık değerleri elde edilememiştir (Mancini ve ark., 2009; Telli ve ark., 2012). Bu durum sağlık açısından tehlike oluşturmaktadır. Ayrıca PET şişe üretiminde yapısal viskozite önemlidir ve bu değer arttıkça malzemenin ticari değeri de yükselmektedir. Geri dönüşüm PET şişe üretiminde ideal viskozite değerinin (1 dl/g) altına düşüldüğü görülmektedir ve bu durum da PET şişenin tekrar elde

edilmesinin önündeki bir handikaptır (Telli, 2011). Tüm bu nedenlerden dolayı PET şişenin açık döngü geri dönüşüm sistemiyle farklı endüstrilerde kullanılmak üzere geri kazanılması yaygın olarak görülmektedir. Aşağıdaki grafikte 2017 yılında ürün grupları bazında geri dönüşüm PET'in kullanım alanları görülmektedir (https://www.plasticsnews.com/fyi-charts/recycled-pet-use-product-category). Görüldüğü gibi PET şişeler büyük oranda elyaf formuna dönüştürülmektedir.



Şekil 1.6. Geri dönüşüm PET'in kullanıldığı ürün grupları

Günümüzde yaygın olarak PET geri dönüşümü PET şişelerden elyaf üretimi ile gerçekleşmektedir. Ülkemizde PET geri kazanımı 1991 yılında yürürlüğe giren Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY)'nin 18. Maddesine göre 'yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren 10 yıl içinde sorumlu ekonomik işletmeler ambalaj atıklarının ağırlık itibariyle en az %60'ını geri kazanmakla yükümlüdür' maddesiyle başlamıştır (Tayyar ve Çetin, 2012).

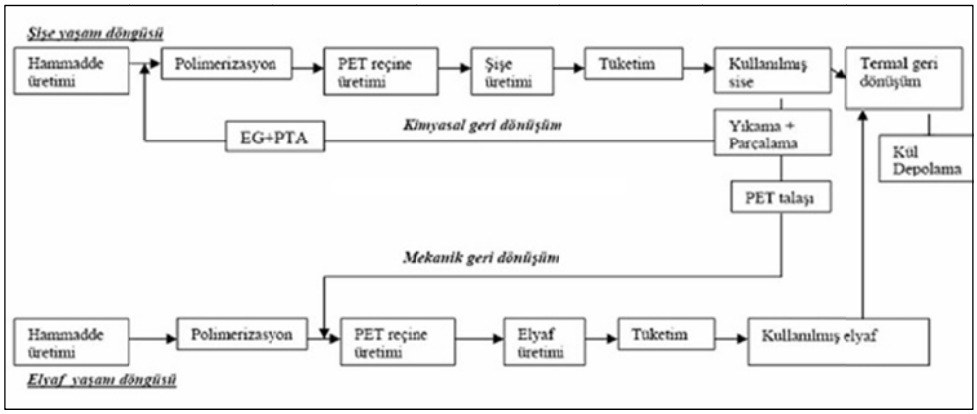
PET şişelerin geri dönüşümü mekanik ve kimyasal yöntemlerle yapılmaktadır. Kimyasal yöntemde, PET polimeri depolimerizasyon yoluyla monomer veya oligomerlerine ayrılabilmektedir. Bu yöntem, mekanik geri dönüşüm yöntemlerinden daha pahalıdır. Bu yöntemin en önemli avantajı, virgin PET kalitesinde PET polimerleri elde edilebilmesidir. Glikoliz, metanoliz ve

alkalin hidrolizi, şu anda piyasada ticari olarak kullanılan kimyasal geri dönüşüm yöntemleridir. (http://www. petcore.org, 2009; Shen ve ark., 2010).

PET'in geri dönüşümünde kullanılan bir diğer yöntem olan mekanik yöntemde ise genel olarak aşağıdaki adımlar takip edilmektedir:

- Şişeler toplanır, temizlenir ve renklerine göre ayrılır.
- Üzerindeki etiketler çıkarılır.
- Şişeler PET talaşlarına dönüştürülür.
- PET talaşları eriyikten lif çekim yöntemi ile düzelerden geçirilip lif formuna getirilir (Payne, 2015).

Şekil 1.7'de PET şişelerin mekanik geri dönüşüm yöntemiyle geri kazanım döngüsü görülmektedir.



Şekil 1.7. PET şişelerin mekanik yöntem ile geri kazanımı (Küçükgül ve Doğan, 2007; Tayyar ve Çetin, 2012)

Günümüzde mekanik yolla geri dönüşüm elyaf üretiminde 2 yöntem kullanılmaktadır, bunlar:

- Daha çok tercih edilen bir yöntem olan eriyikten lif çekimi ile PET talaşlarından direkt olarak elyaf elde edilmesi (Flake to fibre),
- İlk olarak PET talaşlarının cips haline dönüştürülüp sonrasında ekstrüde edilerek elyaf formuna getirilmesi (Flake to pellet, then to fibre) (Shen ve ark., 2010).

Açık döngüde PET'in geri dönüştürülmesinde kullanılan tüm bu yöntemlerle önceden plastik sektöründe üretilmiş bir ürünün kullanıldıktan sonra ürün yaşam döngüsü uzatılmış, elyaf veya iplik formunda yeniden kullanılabilir hale getirilmiş ve sonuç olarak tekstil sektörüne katkısı sağlanmıştır.

Piyasada ürünlerinde geri dönüşüm iplik kullanan tekstil firmaları bulunmaktadır. Patagonia, Levi's, H&M, Nike, Adidas, Asias, Esprit, Puma gibi birçok firma geri dönüştürülmüş tekstil atıklarını ürünlerinde kullanmaktadırlar. Patagonia, 1990'ların başında sürdürülebilirlik adına çalışmalar başlatan ilk hazır giyim firmalarındandır. Patagonia, 1993 yılında geri dönüştürülmüş plastik şişelerden geliştirdiği polar fleece giysileri ile çevre dostu üretimin öncüleri arasında yer almaktadır (Eser ve ark., 2016).

Hazır giyimin haricinde ev tekstilinde de geri dönüşüm ipliklerin kullanılmasına son yıllarda rastlanmaktadır. İsviçre'de 1819'dan beri faaliyet gösteren 'Christian Fischbacher' firması 2009'dan beri atık kumaşları değerlendirmektedir. Firmanın tüketici sonrası açığa çıkan PET şişe atıklarını iç mekan tekstillerine dönüştürerek kullandığı 'Benu Recycled' adlı koleksiyonu bulunmaktadır. Firma geri dönüşüm iplikleri perdelik ve döşemelik kumaşlarda kullanmaktadır (http://www.fischbacher.com/collections/en/fabrics/benu-recycled/).

1.2. Şönil İplikler

Son yıllarda teknolojinin de gelişmesiyle yüksek katma değerli ürünlerin üretilmesi, hammadde-mamul özelliklerinin geliştirilmesi, hızlı değişen moda

trendleri ve iç-dış pazarda artan rekabetle beraber ev tekstilleri içerisinde önemli bir yere sahip olan döşemelik kumaş sektörü de bu değişimlerden etkilenmiştir. Döşemelik kumaşlarda fantezi ipliklerin kullanımının yaygınlaşması ve farklı apre işlemi uygulamaları ile farklı desen ve tasarımlara sahip, farklı özelliklerde, yüksek katma değerli ürünler elde edilmiş ve bunlara bağlı olarak müşteri memnuniyetleri ve pazardaki rekabet olanakları artmıştır.

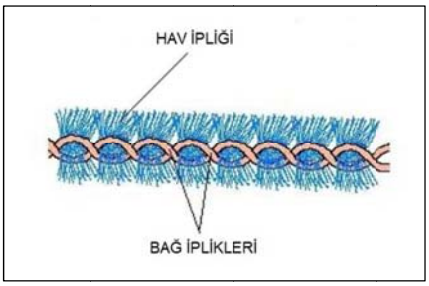
Fantezi iplikler, uzunluğu boyunca yapısında rastlantısal (gelişi-güzel) veya aralıklı olarak yerleştirilmiş çeşitli biçimlerde düzgünsüzlükler bulunan ipliklerdir. Bu düzgünsüzlükler ipliğin kalınlığı, bileşenleri, lif cinsi, rengi, bükümü ve diğer özellikleri ya da bunların birleşme biçimi değiştirilerek oluşturulur. Düzgünsüzlüklere örnek olarak düğümler, ilmekler, bukleler, balık şeklinde kalın yerler (şantuk) verilebilir. Fantezi iplikler eğirme, büküm, sarma, tekstüre, baskı, örme gibi yöntemler kullanılarak üretilmektedir (Babaarslan, 2006).

Fantezi iplik grubu içerisinde yer alan, döşemeliklerde yaygın kullanımı olan ve özel bir öneme sahip olan bir iplik türü de şönil ipliğidir. Şönil (chenille) köken olarak Fransızca bir sözcüktür ve 'tırtıl' anlamına gelmektedir. Anlamından da anlaşılacağı üzere şönil iplik tüylü, hacimli, yumuşak tuşeli, sıra dışı ve kadifeye benzer bir yüzeye sahiptir. Şönil, hem bir fantezi iplik çeşidini, hem de bu ipliklerden elde edilen kumaşları ifade etmektedir (Çeven, 2007). Şönil iplik yeni bir ipliktir, 300 yıldan fazla olmayan bir geçmişe sahiptir. Tekstil tarihçilerine göre şönil iplik eskiden leno cihazı bulunan dokuma tezgahlarında üretilmiştir. Şönil iplikler kullanılarak üretilen kumaşlar ilk olarak 1754 ila 1895 yılları arasında üç ülkede Fransa, İskoçya ve ABD'de ortaya çıkmıştır. Modern anlamda ise şönil ipliği tanıtan ülke Fransa'dır (https://selbysoftfurnishings.com).

1.2.1. Şönil İpliklerin Yapısı, Özellikleri ve Kullanım Alanları

Şönil iplik, yapısındaki iki temel bileşenin birlikte büküm alması ile üretilmektedir. İlk bileşen yani bağ (kilit, öz, çekirdek) ipliği birlikte bükülmüş iki veya daha fazla iplikten oluşmaktadır. Bağ ipliği şönil ipliğe mukavemet özelliği

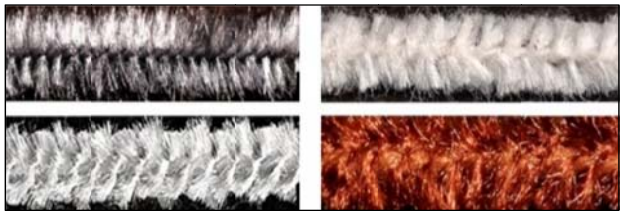
kazandıran, yüksek bükümlü bir ipliktir. İkinci bileşen ise belirli uzunluklarda kesilmiş hav (efekt) iplikleridir. Bu iplikler, bağ ipliklerinin arasına yerleşmekte ve şönil iplik yapısında enine çıkıntılar yapmaktadır (Tung ve Whitehead, 1997). İplik yapısında yer alan söz konusu bu iki temel bileşen Şekil 1.8'de görülmektedir. Şönil kumaşlar havlı yapıları sayesinde ışığı yansıtmaktadır. Bu özellikleri şönil ipliklerle dokunan kumaşların parlak kadifemsi bir görünüşe sahip olmalarını sağlamış ve böylece döşemelik sektörü için daha cazip hale gelmesine neden olmuştur (Erem, 2006).



Şekil 1.8. Şönil ipliğin temel yapısı (İlhan, 2004)

Hav (efekt) ipliği şönil ipliğe estetik değer kazandırıp ve yüzey görüntüsünü belirlemektedir. İpliğe hacim vermekte ve kütle olarak yapının %70-75'ini oluşturmaktadır. Hav ipliği olarak kesik elyaf iplikler veya filaman yumuşak bükümlü iplikler kullanılmaktadır. Hav ipliğinin kesilmesiyle oluşan kısa boydaki havlar, bağ iplik arasına atılarak şönil iplik yapısı elde edilmektedir. Hav ipliği sağlam bir yapıya sahip değildir. Şönil ipliklerden kumaş üretildiğinde hav iplikleri kumaş yüzeyinde görünmekte ve kumaşa estetik bir görünüm vermektedir (Çeven, 2007). Bağ (kilit) iplikleri ise hav ipliklerinden kesilen havları, üzerindeki büküm sayesinde tutmaktadır. Şönil ipliğin mukavim olmasını sağlamakta ve iplik kütlesinin %25-30'unu oluşturmaktadır. Şönil iplik yapımında yün, pamuk, viskon, akrilik, poliester, poliamid gibi doğal veya yapay her tür hammaddeden bağ iplikler kullanılmaktadır. Bazen karışım oluşturularak elyafın kaygan olması sebebiyle

meydana gelen üretim zorlukları ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Yüksek kalitede şönil iplik eldesi bağ ve hav bileşenlerinin doğru şekilde seçimi ile alakalıdır (Çeven, 2007). Şekil 1.9'da şönil iplik örnekleri görülmektedir.



Şekil 1.9. Şönil iplik örnekleri (Süle, 2014)

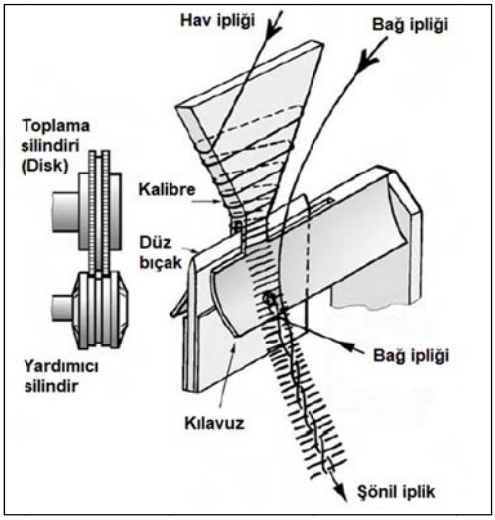
Şönil iplikler en fazla döşemelik sektöründe kullanım alanı bulmaktadır. Şönil kumaşların dolgun ve havlı yapısından ötürü kadife kumaşlara benzemesi, üretiminin kadife kumaşlara göre daha az maliyetli ve kolay olması bu ipliklerin tercih edilme nedenlerindendir. Döşemelik kumaşlar haricinde ev tekstilinin diğer alanlarında, konfeksiyonda ve oyuncak sektöründe bu kumaşların kullanıldığı bilinmektedir. Şönil iplikler düz, yuvarlak ve çözgülü örme makinalarında da kullanılarak şönil örme kumaşlar elde edilebilmektedir. Ayrıca son yıllarda hazır giyim ve moda sektöründe de kullanımı artmaktadır. Sweatshirt, ceket, hırka, kazak ve bornoz gibi giysilerde şönil ipliklerin kullanımı gittikçe yaygınlaşmaktadır.

Şönil kumaşların dolgun görünümü, dökümlülüğünün düşük olması, havlı yüzeyleri sayesinde kazandıkları yumuşak tuşe mobilya kaplamalarında yaygın tercih edilme nedenlerindendir. Bununla birlikte bu kumaşların aşınma dayanımlarının düşük olması ve sürtünme sonucu hav kayıplarının görülebilmesi gibi zayıf yönleri de bulunmaktadır. Aşınma dayanımları, uygun hammadde seçimi ve aşınma dayanımını arttıran bitim işlemleri ile iyileştirilebilmektedir (Erem, 2006).

1.2.2. Şönil İplik Üretimi

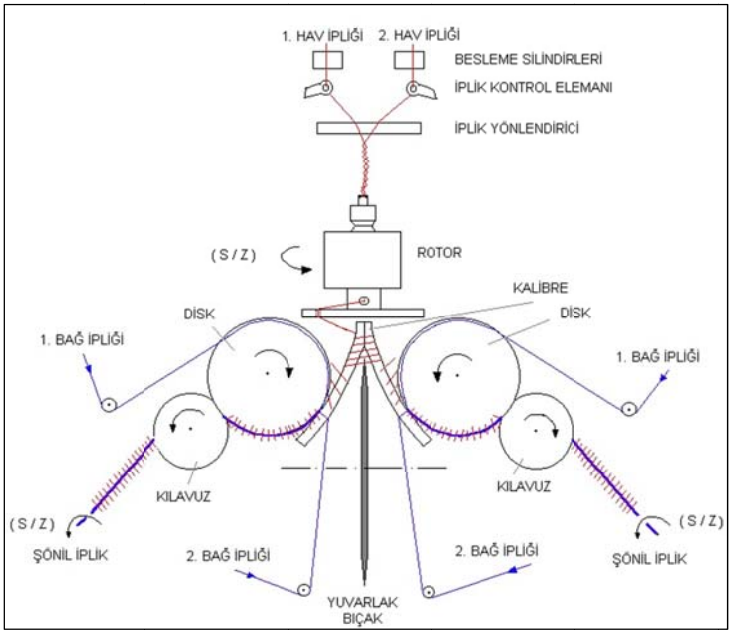
Şönil iplik üretimleri farklı üretim teknikleri ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu üretim yöntemlerine göre üretilen şönil ipliklerin genel yapısında değişiklik olmasa da bazı teknik özelliklerinde farklılıklar görülebilmektedir. Bu üretim teknikleri dokuma yöntemi, flok yöntemi, mock yöntemi ve eğirme yöntemidir (Gong ve Wright, 2002). Dokuma yöntemi, geçmişte henüz şönil iplik makinaları yeterli düzeyde değil iken uygulanmış bir yöntemdir (İlhan, 2004). Bu yöntem, atkı ipliği olarak yumuşak bir büküme sahip iplik kullanılarak leno konstrüksiyonuna sahip kumaşların dokunması esasına dayanmaktadır. Çözgü iplikleri genellikle 3-7 mm aralıklı olarak yerleştirilmektedir. Sonrasında kumaş çözgü yönünde, çözgü iplikleri arasından şeritler halinde kesilip, yumuşak atkı iplikleri çözgü ipliklerindeki büküm sayesinde tutularak şönil iplik karakteri verecek olan tüylü bir hav yüzeyi oluşumu sağlanmaktadır (Kalaoğlu ve Demir 2001; Çeven, 2007). Bu teknik zorlu, hızının az ve maliyetli olmasından dolayı yerini yeni üretim sistemlerine bırakmıştır (Çeven, 2007).

1977'de A. J. Mitchell.Co. döşemelik şönil ipliği üretimi için bir makina geliştirmiştir (Ruta, 1998; Çeven, 2007). Günümüzde kullanılan şönil iplik makinalarının çalışma prensibi bu makinaya dayanmaktadır. Bu prensibe göre; cağlıklardan silindirlere beslenen 2 adet bağ ipliğinin arasına hav iplikleri belli bir uzunlukta kesilerek yerleştirilmektedir. Bağ iplikleri tek ya da çift katlı olabilmektedir ve beslenen iplik sayıları elde edilecek şönil ipliğinin numarasına göre değişebilmektedir. Şekil 1.10'da görüldüğü gibi kalibrenin etrafına sarılan hav iplikleri, altında bulunan bıçak yardımı ile kesilmektedir. Bu noktada, kalibre genişliği hav uzunluğunu belirlemektedir.



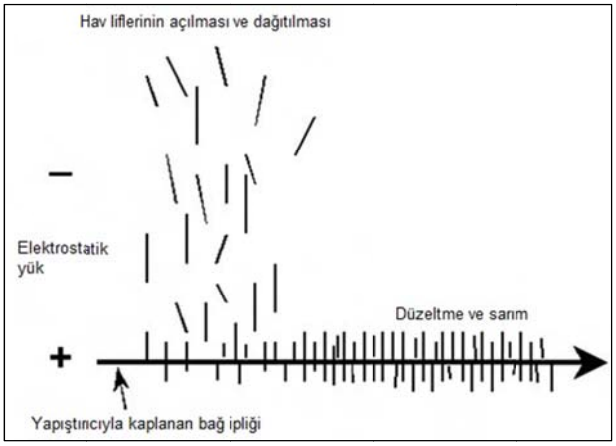
Şekil 1.10. Kalibre (Gong ve Wright, 2002)

Kesilen hav iplikleri, diske beslenen bağ ipliklerinin merkezine dik ve ortalayacak şekilde yerleşmektedir. Sonrasında ise ring büküm makinasına beslenerek büküm verilip hav liflerinin kilit iplikler arasında sıkışması sağlanmaktadır. Burada verilen büküm ile ipliğe mukavemet kazandırılmaktadır. Son olarak, oluşan iplik bir masuraya sarılmaktadır. Şönil iplik makinesinde her iki iğ bir üretim birimini oluşturmakta ve aynı anda iğ sayısı kadar iplik üretimi gerçekleşmektedir. İki adet şönil ipliğin üretilebilmesi için bir üretim birimine 4 adet bağ ipliği ve 2 adet hav ipliği kesintisiz, belli bir gerginlik altında beslenmektedir. Bu aşamada gerginlik önemlidir ve belirli bir düzeyde tutulmalıdır. Aksi taktirde iplik numarasının değişmesine neden olmaktadır. Şönil iplik makinesinde iplik oluşumu Şekil 1.11'de görülmektedir.



Şekil 1.11. Şönil iplik makinesinde bir üretim biriminde iplik oluşumu (İlhan, 2004)

Şönil iplik üretiminde kullanılan bir başka alternatif metod ise flok yöntemidir (Şekil 1.12). Bu yöntemde şönildeki havları oluşturacak lifler istenilen uzunlukta kesilerek hazırlanmaktadır. Bağ ipliklerinin (alt tabaka) üzeri yapıştırıcıyla kaplandıktan sonra belli uzunlukta kesilen hav lifleri elektrostatik bir ortamda bağ ipliklerinin üzerine dik bir konumda yönlendirilip yapıştırılmaktadır. Hav lifleri ile bağ iplikleri zıt elektrik yükü ile yüklenip ikisi arasında çekim kuvveti oluşmaktadır. Elektrostatik alanda serbest halde bulunan lifler aynı elektrik yükü ile yüklendiklerinden birbirine yapışma ve karışma görülmemektedir. Böylece bağ ipliklerinin üzerine dik bir konumda düzgünce yapışmaktadırlar (İlhan, 2004).



Şekil 1.12. Flok yöntemi ile şönil iplik üretimi (Gong ve Wright, 2002)

Yapıştırıcı olarak akrilat yapıştırma ajanı, akrilasit ester bazlı kopolimer ya da formaldehit melamin reçine bazlı kopolimer kullanılabilmektedir. Bu metod ile üretilen şönil ipliklerin aşınma dayanımları yüksek olup kullanım esnasında liflerin iplik yapısından ayrılması ve dolayısıyla iplikte havsız kısımların oluşması daha zordur. İplik üretim maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle bu metodla şönil iplik üretimi ticari bir öneme sahip olamamıştır (Çeven, 2007).

Taklit (mock) yöntemi ile de tam olarak şönil iplik olmasa da şönil ipliğe benzer iplikler üretmek mümkündür. Bu iplikler görünüşte şönil ipliğe benzememekte fakat kumaş olarak dokunduğunda şönile çok benzer bir etki vermektedir. Bununla birlikte, efekt ipliklerinin ilmekleri kesilmediğinden şönil dokuma kumaşlar gibi kadifemsi bir tuşeye sahip olmayıp daha sert bir yapıları vardır (https://textileapex.blogspot.com).

1.3. Döşemelik Kumaşlar

Döşemelikler doğal ve/veya yapay lifler kullanılarak dokuma, örme veya nonwoven yapılı üretilebilen, kullanım alanlarına göre aşınma dayanımı, tok tutumu, gramajı, kalınlığı ve haslık özellikleri gibi fiziksel ve performans

özellikleri diğer tekstil yapılarına kıyasla daha fazla olan, çoğunlukla ev tekstillerinde, mobilyalarda ve otomobil koltuklarında kullanılan kumaşlardır.

Ülkemizde tekstil sektöründe hem üretim hem ihracat açısından ev tekstilleri önemli konumda bulunmaktadır. Ev tekstillerinde yer alan tüm ürün grupları Türkiye'de tekstil ihracatı içerisinde önemli bir paya sahiptir. Ev tekstili ürün grupları perdelik ve döşemelik kumaşlar, havlular ve temizlik bezleri, yatak çarşafları, dokuma bornozlar, örme bornozlar, yastık, yorgan ve uyku tulumları, tüller ve işlemeler, masa örtüleri, yatak örtüleri ve elişi duvar halılarıdır. Döşemelik kumaşlar ise ihracatta perdeliklerden sonra yer alan önemli ürün gruplarından biridir.

2019 yılı Ocak-Aralık döneminde ülkemizde, ev tekstili kumaşları ihracatı %14,2 oranında azalarak 409 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2019 yılı Aralık ayında ise ev tekstili kumaşları ihracatı 32 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2019 yılı Ocak-Aralık döneminde ev tekstili kumaşları ihracatı incelendiğinde, en önemli ürün grubu olan perdelik mensucat ihracatının %14,8 oranında azalarak 287 milyon dolar değerinde gerçekleştiği görülmektedir. 2019 yılı Ocak-Aralık döneminde ev tekstili kumaşları ihracatında ikinci önemli ürün grubu, 106 milyon dolar değerinde gerçekleşen döşemelik mensucat grubudur. Yine aynı üç aylık dönemde havlu cinsi bukleli mensucat ürün grubu ihracatı ise %8,4 oranında artarak 16 milyon dolar değerinde gerçekleşmiştir. 2019 yılında gerçekleşen ev tekstili kumaşları ihracat rakamları Şekil 1.13'te görülmektedir (https://www.itkib.org.tr).

Ev Tekstili Kumaşları İhracatında Ülkeler

Birim: 1.000 ABD $		2018 Aralık	2019 Aralık	Değişim %	2018 Ocak - Aralık	2019 Ocak - Aralık	Değişim %	Pay %
	Perdelik Mensucat	**24.483**	**22.759**	**-7,0%**	**336.562**	**286.782**	**-14,8%**	**100%**
1	ALMANYA	1.989	1.572	-21,0%	28.107	24.227	-13,8%	8,4%
2	ABD	1.931	2.225	15,2%	24.646	22.821	-7,4%	8,0%
3	BEYAZ RUSYA	1.246	1.889	51,6%	13.130	18.715	42,5%	6,5%
	Döşemelik Mensucat	**9.783**	**7.648**	**-21,8%**	**125.510**	**106.372**	**-15,2%**	**100%**
1	İNGİLTERE	1.180	823	-30,2%	19.117	17.092	-10,6%	16,1%
2	ABD	722	663	-8,1%	9.823	9.281	-5,5%	8,7%
3	ROMANYA	821	398	-51,6%	7.048	6.826	-3,1%	6,4%
	Havlu Cinsi Bukleli Mensucat	**994**	**1.423**	**43,1%**	**14.705**	**15.936**	**8,4%**	**100%**
1	CEZAYİR	143	184	29,3%	2.283	1.841	-19,4%	11,6%
2	SIRBİSTAN	150	133	-11,4%	1.581	1.569	-0,8%	9,8%
3	BEYAZ RUSYA	55	240	N/A	257	1.008	292,9%	6,3%
EV TEKSTİLİ KUMAŞLARI İHRACATI		**35.259**	**31.830**	**-9,7%**	**476.777**	**409.090**	**-14,2%**	**100%**

Kaynak: İhracatçı Birlikleri Kayıt Rakamları /Ocak 2020

Şekil 1.13. 2019 yılı ev tekstili kumaşları ihracatı

Ev tekstili kumaşları ihracatı ülkeler bazında değerlendirildiğinde Şekil 1.13'ten görüldüğü üzere 2019 yılında döneminde, ülkemizden en fazla döşemelik kumaş ihracatı yapılan ülkenin 17 milyon dolar ile İngiltere olduğu görülmektedir. İngiltere'yi sırasıyla yaklaşık 9 milyon dolar ile ABD ve 7 milyon dolar ile Romanya izlemektedir.

Ürün Grupları İtibariyle Türkiye Tekstil Sektörü İhracatı

Birim: 1.000 ABD $	2018 Aralık	2019 Aralık	Değişim %	2018 Ocak - Aralık	2019 Ocak - Aralık	Değişim %	Pay %
Elyaf	59.597	48.720	-18,3%	739.445	638.099	-13,7%	6,4%
İplik	144.733	132.757	-8,3%	1.918.434	1.801.548	-6,1%	18,2%
Dokuma Kumaş	177.560	181.946	2,5%	2.501.546	2.336.488	-6,6%	23,5%
Örme Kumaş	105.069	106.861	1,7%	1.535.026	1.509.906	-1,6%	15,2%
Özel İplik ve Kumaşlar	45.260	49.767	10,0%	667.152	601.996	-9,8%	6,1%
Ev Tekstili Kumaşları	35.259	31.830	-9,7%	476.777	409.090	-14,2%	4,1%
Tekstil Sektörüne Dâhil Ev Tekstili	129.765	132.058	1,8%	1.606.234	1.581.712	-1,5%	15,9%
Tekstil Sektörüne Dâhil Teknik Tekstil	119.847	116.914	-2,4%	1.537.498	1.501.871	-2,3%	15,1%
TEKSTİL SEKTÖRÜ İHRACATI	**786.851**	**763.483**	**-3,0%**	**10.504.426**	**9.922.514**	**-5,5%**	**100%**
Toplam Ev Tekstili	151.885	154.927	2,0%	1.883.265	1.866.657	-0,9%	N/A
Toplam Teknik Tekstil	136.238	134.474	-1,3%	1.749.453	1.724.087	-1,4%	N/A
Konfeksiyon Yan Sanayi	63.390	58.471	-7,8%	756.736	760.381	0,5%	N/A

Kaynak: İhracatçı Birlikleri Kayıt Rakamları /Ocak 2020

Şekil 1.14. 2019 yılı ürün grupları bazında tekstil sektörü ihracatı

Şekil 1.14'teki veriler incelendiğinde, 2019 yılı tekstil ve hammaddeleri ihracatında üçüncü önemli ürün grubunun tekstil ve hammaddeleri ihracatının

%15,9'unu oluşturan tekstil sektörüne dahil ev tekstili grubu olduğu görülmektedir. Ev tekstillerinde ihracat, 2019 Ocak – Aralık döneminde 1,6 milyar dolar değerinde gerçekleşmiştir (https://www.itkib.org.tr).

1.3.1. Döşemelik Kumaşların Özellikleri ve Sınıflandırılması

Döşemelik kumaşlar özellikle mobilya ve otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanım alanlarına bağlı olarak bu kumaşların sahip olması gereken bazı özellikler bulunmaktadır. Bunlardan en önemlilerinden biri yüksek aşınma dayanımıdır. Kumaşların aşınma özellikleri büyük oranda dokuma veya örme konstrüksiyonuna, kullanılan liflerin tipine, tekstürizasyona, iplik inceliğine bağlı olmaktadır. Özellikle şönil döşemelik kumaşların havlı yapılarından dolayı bu özellik daha da önem kazanmaktadır. Bu özelliğe ek olarak ışık haslığı, dikiş kayması dayanımı, sürtme haslığı, yaş sürtme haslığı, bakım kolaylığı, tok tutum veya düşük dökümlülük, lekelenme dayanımı ve güç tutuşurluk gibi performans özelliklerinin de iyi olması gerekmektedir.

Günümüzde tekstil mamullerine kazandırılan fonksiyonel özellikler elyaf ve iplik formunda, dokuma veya örme konstrüksiyonunda, bitim işlemleri yardımı ile kazandırılabilmektedir. Döşemelik kumaşlarda fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesi amacıyla son yıllarda yapıda fantezi iplikler kullanılmaya ve farklı bitim işlemi uygulamaları yapılmaya başlanmıştır. Döşemelik kumaşlar için güç tutuşurluk, kolay kullanım/bakım ve su-kir-yağ iticilik apreleri yaygın olarak kullanılan bitim işlemleri arasındadır (Macunlu, 2010; Kartal, 2017).

'TS 11818 EN 14465 Tekstil-Döşemelik kumaşlar-Özellikler ve Deney Metodları' standardına göre döşemelik kumaş çeşit ve tanımlarının görüldüğü Çizelge 1.1'de söz konusu kumaşlar 7 kategoride sınıflandırılmıştır.

Çizelge 1.1. Döşemelik kumaşlar (TS 11818 EN 14465)

Döşemelik kumaşlar	Tanımları
Düz dokulu döşemelik kumaş	Birbirine dik açıda atkı ve çözgü ipliklerinden oluşmuş, iki iplik grubundan dokunmuş kumaş.
Şönil kumaş	Atkı ve/veya çözgüsü şönil iplik içeren dokunmuş kumaş.
Örme kumaş	İpliklerin birbiri içinden geçerek ilmekler oluşturmasıyla, yani örme işlemi ile üretilen kumaş.
Tafting kumaş	Zemin iplik yapısına ilave olarak, havları oluşturan üçüncü bir iplik sistemi bulunan dokunmuş veya örülmüş kumaş.
Floke kumaş	Havların (flok) tekstil zeminine tutturulduğu kumaş.
Şardonlu kumaş	Yüzeyinde tüylendirme işlemi yapılmış (örneğin fırçalanmış yüzey) döşemelik kumaş.
Nonwoven kumaş	Kısa ve ince liflerin, mekanik, ısıl veya kimyasal yöntemleri ile birbirine bağlanması ile üretilen, kadifeye benzer yüzeyi bulunan kumaş.

Döşemelik kumaşlarda kullanım alanı ve istenilen performans özelliklerine göre doğal ve sentetik lifler kullanılabilmektedir. En yaygın kullanılan hammaddeler poliester, viskon, pamuk, akrilik, polipropilen ve ketendir. 90'ların sonundan itibaren özellikle otomobil döşemeliği olarak dünya üretiminin % 95'inde poliester lifleri kullanılmaktadır. Poliesterin mükemmel UV direnci, iyi aşınma dayanımı ve nispeten pahalı olmayan fiyatı kullanımının yaygın olmasındaki etkenlerdir. Otomobil koltuk döşemeliklerinde poliesteri ideal yapan diğer özellikleri ise yüksek yırtılma dayanımı, küfe dayanımı, daha kolay temizlenmesini sağlayan düşük nem absorbsiyonu, mükemmel esnekliği ve kırışma dayanımıdır (Fung ve Hardcastle, 2001; Yavuzkasap, 2011).

1.3.2. Döşemelik Kumaşların Üretimi

Döşemelik kumaşların üretiminde klasik ve modern dokuma makinaları kullanılmakta olup genellikle mekikçikli ve kancalı dokuma tezgahlarında üretimleri yapılmaktadır. Ayrıca kadife döşemelik kumaş üretimleri için kadife dokuma makinaları kullanılmaktadır. Kadife kumaşların üretimleri klasik 2 iplikli dokumadan faklı olarak 3 iplikle gerçekleşmektedir. İpliklerden ikisi klasik dokumalardaki gibi atkı ve çözgü iplikleri diğer üçüncü iplik ise kadife kumaşın havlı yapısını oluşturan hav ipliği olmaktadır (Kartal, 2017).

Mekikçikli dokuma makinalarında atkı, mekikçik ya da projektil adı verilen bir metal eleman yardımı ile doğrudan bobinden çekilerek ağıza yerleştirilmektedir. Atkı mekikçiğin arka ucundaki kıskaca tutulmakta, mekikçik ise bir burulma çubuğu aracılığı ile vuruş mekanizması tarafından depo edilen burulma enerjisinin serbest bırakılmasıyla çok hızlı bir şekilde harekete geçirilmektedir. Burulma çubuğunun serbest ucuna bağlı vuruş kolunun üst ucundaki elemanın mekikçiğin arkasına çarpması ile atkı atımı gerçekleştirilmektedir (Başer, 2004). Mekikçiğin yapısı mekiğe kıyasla küçük ve hafif olduğundan dolayı atkı atma hızı mekikli sistemlere göre daha yüksektir. Mekikçikli sistemler günümüzde geniş enlerde çalışılacağı zaman tercih edilmektedir. Bu sistemde çalışma enleri 190 cm'den 540 cm'e kadar ulaşabilmektedir. Ayrıca döşemelik sektöründe mekikçikli dokuma makinalarında armürlü ve jakarlı desenlendirme mekanizmaları tercih edilmektedir (Erem, 2006).

Kancalı dokuma makinalarında ise atkı atma, esnek veya sert kollarla yerleştirilen verici ve alıcı kancalarla yapılmaktadır. Atkı ipliği doğrudan bobinden çekilerek ucunda bir yakalayıcı kanca veya ipliğin geçtiği bir göz bulunan bir şişle ağızlık içinde yerleştirilir. Gözlü şişlerin kullanıldığı sistemlere 'İğneli', kancalı sistemlerin kullanıldığı sistemlere 'Kancalı' ya da 'Tığlı' atkı atım sistemleri denilmektedir. İğneli sistemler tek şişlidir ve atkı atımında ağızlığa iki atkı girmektedir. Şişin gözlü ucu tezgahın karşı tarafında geldiğinde atkı ipliği gözün gerisindedir ve şiş atkı ipliğinin üzerinden kayarak geri çekilmektedir. Kancalı

sistemler ise ‘Tek Şişli’ ve ‘Çift Şişli’ olmak üzere iki çeşittir. Günümüzde tezgahın eninin gereksiz artmasının önüne geçen çift şişli tezgahlar üretilmektedir. İki şişten atkı atım tarafında olanın ucundaki kanca, şişin ileri hareketi sırasında atkı ipliğinin ucunu yakalamakta ve tezgahın orta noktasına getirmektedir. Bu esnada karşıdaki şiş de boş olarak tezgah ortasına gelmiştir. Şişin ucundaki kanca atkıyı getiren kancadan iplik ucunu alıp şişlerin geri hareketleri sırasında karşı tarafa götürerek atkı atımını tamamlamaktadır. Atkı ipliğinin verici kancadan alıcı kancaya aktarılması işlemine ‘Atkı Transferi’ denilmektedir (Başer, 2004). Piyasada Kancalı sistemlere ‘Rapierli’ veya ‘Şişli’ sistemler de denilmektedir. Bu sistemde çalışma enleri 150 cm ila 460 cm arasında olabilmektedir. Desenlendirme ise jakarlı veya armürlü mekanizmalar ile yapılabilmektedir (Erem, 2006).

1.3.3. Döşemelik Kumaşlara Uygulanan Performans Testleri

Döşemelik kumaşların performans değerlendirmesinde kullanılan deney metodları ve standart numaraları Çizelge 1.2’de görülmektedir.

Çizelge 1.2. Döşemelik kumaşların performans değerlendirilmesinde kullanılan test metotları (TS 11818 EN 14465)

Test Standartları	TS No	EN, ISO, IEC vb. No
Tekstil- Renk Haslığı Deneyleri- Bölüm B02: Yapay Işığa Karşı Renk Haslığının Tayini- Ksenon Ark Soldurma Lambası Deneyi	TS 1008 EN ISO 105-B02	EN ISO 105-B02
Tekstil- Renk Haslığı Deneyleri-Bölüm C06: Evsel Yıkamaya ve Ticari Müesseselerde Yıkamaya Karşı Renk Haslığı	TS EN ISO 105-C06	EN ISO 105-C06
Tekstil Mamulleri-Renk Haslığı Deneyleri Bölüm D01-Kuru Temizlemeye Karşı Renk Haslığı Tayini	TS 473 EN ISO 105-D01	EN ISO 105-D01
Tekstil-Renk Haslığı Deneyleri- Bölüm E01 Suya Karşı Renk Haslığı Tayini	TS 396 prEN ISO 105-E01	EN ISO 105-E01
Tekstil- Renk Haslığı Deneyleri Bölüm X12: Sürtünmeye Karşı Renk Haslığı Tayini	TS 717 EN ISO 105-X12	EN ISO 105-X12
Tekstil- Tekstil Deneyleri İçin- Ev Tipi Çamaşır Makinesi İle Yıkama ve Kurutma İşlemleri	TS 5720 EN ISO 6330	EN ISO 6330
Tekstil- Kumaşlarda Yüzey Tüylenmesi ve Boncuklanma Yatkınlığının Tayini- Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale Metodu	TS EN ISO 12945-2	EN ISO 12945-2
Tekstil- Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini- Bölüm 1: Martindale Aşındırma Deney Cihazı	TS EN ISO 12947-1	EN ISO 12947-1
Tekstil - Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini- Bölüm 2: Numune Kopmasının Tayini	TS EN ISO 12947-2	EN ISO 12947-2
Tekstil- Kumaşların Gerilme Özellikleri- Bölüm 1:En Büyük Kuvvetin Ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Tayini- Şerit Metodu	TS EN ISO 13934-1	EN ISO 13934-1
Tekstil-Dokunmuş Tekstil Mamullerindeki İpliklerin Kaymaya Karşı Mukavemetinin Tayini-Dikiş Metodu	TS 1412	EN ISO 13936-2
Tekstil- Kumaşların Yırtılma Özellikleri Bölüm 3: Kanat Biçimindeki Deney Numunelerinin Yırtılma Kuvvetinin Tayini (Tek Yırtma Metodu)	TS EN ISO 13937-3	EN ISO 13937-3
Tekstil Mamulleri-Yıkama ve Kurutmadan Sonra Boyut Değişmesinin Tayini	TS 392 EN 25077	ISO 5077

1.4. Modelleme ve Optimizasyon

Optimal sözcüğü köken olarak Latince ‘optimus’ sözcüğünden gelmektedir ve anlam olarak ‘en iyi’ demektir. Herhangi bir problemin çözümünde birden fazla seçenek varsa veya değişkenler arasında alternatifler bulunuyorsa insanlar bunlar içerisinden en iyisini seçmektedir. Doğadaki süreçlerin çoğunluğu da optimizasyon karakterlidir. Bir problemde optimal veya en iyi çözümü bulmak için minimum veya maksimum problemi çözmek gerekmektedir. Maksimum (en büyük) ve minimum (en küçük) sözcükleri yerine ortak bir terim olan ekstremum (uç) sözcüğü de kullanılabilmektedir (Azimli, 2011).

Optimizasyon, bir sistemde varolan kaynakların (işgücü, zaman, sermaye, süreçler, hammaddeler, kapasite, ekipman vb.) en verimli şekilde kullanılarak belirli amaçlara (maliyetin en azaltılması, kârın en çoklanması, kapasite kullanımının en yükseltilmesi ve verimliliğin en çoklanması vb.) ulaşmayı sağlayan bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Gass, 2000; Türkay, 2011). Optimizasyon modelleri, temel bilimlerde ve mühendislik alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Optimizasyonda modelleme ve çözümleme iki önemli bileşen olarak nitelendirilmektedir. Modelleme gerçek yaşamda karşılaşılan problemin matematiksel olarak ifade edilmesini, çözümleme ise bu modeli sağlayan en iyi çözümün elde edilmesini kapsamaktadır (Türkay, 2011).

1.4.1. Modelleme Yaklaşımı

Model Latince’de ‘modus’ sözcüğünden türetilmiş olup ölçü anlamına gelmektedir. Model, incelenmekte olan sistemin simgelenmesidir veya bir sistemin algılanması ve biçimleştirilmesidir. Başka bir ifadeyle, model gerçek bir olayın temsilcisi ve özetidir. Model sistemin veya sürecin tam bir kopyası olmamakla birlikte bazı ayrıntıları bünyesinde taşıdığından sürecin kendisi yerine modeli kullanılabilmektedir. Modeller, ele alınan konuya bağlı olarak çok basit veya karmaşık olabilmektedir. Modellerin en geniş sınıflandırılması J.W. Forrester tarafından yapılmıştır. Forrester modelleri ilk olarak soyut ve fiziki modeller olarak

ele almış, sonrasında ise soyut modelleri matematik, dinamik ve statik olarak üçe ayırdıktan sonra her birini doğrusal ve doğrusal olmama özelliklerine göre ayrıntılı şekilde sınıflandırmıştır. Yapılarına göre yapılan bir başka sınıflandırma ise; Fiziki (İkonik modeller), analog modeller ve matematiksel modeller şeklindedir. Fiziki modeller, gerçek durumun belirli bir ölçeğe göre küçültülmüş halidir. Analog modeller, gerçek sistemin görünümünde olmayan ancak gerçek sistemi algılatan modellerdir. Matematiksel modeller ise gerçek sistemin kavram, şekil ve matematiksel ifadelerle gösterimidir. Nicel karar vermede veya yöneylem araştırmasında daha çok bu modeller tercih edilmektedir (Öztürk, 2016).

Matematiksel modeller gerçek dünyada varolan bir problemin çözümüne yönelik oluşturulan modellerdir. Model kurulurken dikkat edilmesi gereken bir husus, modelin ne çok basit ne de çok karmaşık hale getirilmemesidir. Modelin çok basit olması problemdeki bazı faktörleri dikkate alınmadığını gösterebilmektedir. Modelin çok karmaşık olması ise çözümü ve çözümün değerlendirme aşamalarını zora sokup imkansız hale getirebilmektedir (Baş, 2017).

Bir optimizasyon modelinin çözümünde izlenecek adımlar, bazı temel yaklaşımlar bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla;

1. Problemin tanımlanması
2. Modelin kurulması
3. Modelim çözülmesi
4. Modelin geçerliliğinin onaylanması
5. Çözümün uygulanması

Problem tanımlama aşaması, ele alınan problemin incelenip izlenerek tanımlanmasını kapsamaktadır. Kapsamlı inceleme ve araştırmalar sonucunda karar probleminin üç temel elemanı belirlenmektedir. Bunlar, karar alternatiflerinin tanımlanması (karar değişkenleri), çalışmanın amacının netleştirilmesi (amaç

fonksiyonu) ve modeli kurulan sistemin çalışması esnasındaki sınırlandırmaların (kısıtlar) belirlenmesidir (Taha, 2014).

Model kurma aşamasında problem matematiksel olarak ifade edilmektedir. Matematiksel modeller statik veya dinamik olabilmektedir. Statik modellerde modelin çözümü için sadece bir zaman dilimi dikkate alınırken dinamik modellerde birden fazla zaman dönemi için çözüm bulunmaktadır. Aynı zamanda matematiksel modeller doğrusal (linear), doğrusal olmayan (nonlinear), tamsayılı veya tamsayılı olmayan modeller olarak da tanımlanabilmektedir. Doğrusal modellerde amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusal olmaktadır. En az bir fonksiyonu doğrusal olmadığında ise doğrusal olmayan modeller olarak ifade edilmektedir. Tamsayılı modellerde en az bir karar değişkeni tamsayı değeri almaktadır. Tamsayılı olmayan modellerde ise karar değişkenlerinin gerçel sayı değeri alması yeterli olmaktadır. Aynı zamanda matematiksel modeller deterministik veya stokastik olabilmektedir. Deterministik modellerde, modelin kurulmasında gerekli bilgilerin kesin olarak bilindiği varsayılırken, stokastik modellerde çeşitli nedenlerden dolayı modelin kurulması için toplanan bilgilerde bir belirsizlik olduğu düşünülmektedir (Baş, 2017). Aşağıda görüldüğü üzere matematiksel modeller sistemin ölçülebilen özelliklerini belirleyen parametreler, en iyi sonuçları verecek karar değerlerini belirleyen değişkenlerden, sistemin en iyilenecek performans ölçütünden ve sistemin özelliklerini ve sınırlarını belirleyen kısıtlardan oluşmaktadır:

$$\max Z = f(x,y)$$
$$\text{k.s.} \quad g(x,y)=0$$
$$h(x,y)\leq 0$$
$$x \in R^n$$
$$y \in \{0,1,2,\ldots,m\}$$

Yukarıdaki optimizasyon probleminde sistemin performans ölçütü (amaç fonksiyonu) Z ile ifade edilmiş ve karar değişkenleri x ve y'nin bu ölçütü en

çoklayacak değerlerinin bulunması hedeflenmektedir. Sistemin özelliklerini ise *g(x,y)* eşitliği ve *h(x,y)* eşitsizlikleri (kısıtlar) belirlemektedir. Ayrıca, n boyutlu uzayda herhangi bir reel değeri alabilen sürekli değişkenler *(x)* ve herhangi bir tamsayı değeri alabilen tamsayılı değişkenler *(y)* olmak üzere karar değişkenleri iki türlü ifade edilmiştir (Türkay, 2011).

Modelin çözümü aşamasında optimizasyon algoritmaları kullanılmaktadır. Bu aşamada duyarlılık analizleri önemlidir. Bazı parametrelerin değişmesi durumunda, modelin ne zaman optimum çözümden uzaklaşacağı ile ilgili bilgiler duyarlılık analizi yardımı ile elde edilebilmektedir.

Modelin geçerliliği aşamasında, geliştirilmiş modelle sistemin çalışması karşılaştırılmakta ve modelin beklenen davranışları gösterip göstermeyeceği incelenmektedir.

Tutarlılığı kanıtlanmış bir modelin çözümünün uygulanması, önerilen sistemi uygulayacak olan kişilere anlaşılacak şekilde verilecek çalışma talimatlarında yer alan model sonuçlarının aktarılmasını içermektedir (Taha, 2014).

Matematiksel modellerin diğer modellere göre belirli üstünlükleri bulunmaktadır. Bunlar:

- Problemde değişkenler arasındaki ilişki sayısal olarak ifade edildiğinden karmaşık durumlar bile kolayca anlaşılabilir ve uygulanabilir bir hale gelmektedir.
- Yanlış yorumlama olasılığı azalmaktadır.
- Problemin tümüyle ilgilenmeye ve temel değişkenlerin tümünün aynı zamanda ele alınmasına olanak sağlamaktadır.
- Açıklık, tutarlılık ve esneklik gibi özellikleri bulunmaktadır.
- Karar probleminden elde edilecek sonuçlar daha iyi gösterilmektedir (Öztürk, 2016).

1.4.2. Optimizasyon Modelleri

Optimizasyon, tüm koşullar ve mevcut imkanlar çerçevesinde mümkün olan en iyi sonucu elde etme işlemi olarak ifade edilmektedir. Bir optimizasyon probleminde, bir dizi kısıtlamaya tabi olan bir dizi değişkeni içeren bir matematiksel fonksiyon minimize veya maksimize edilmektedir. Söz konusu bu matematiksel fonksiyon amaç fonksiyonudur. Yerine getirilmesi gereken diğer koşullar ise kısıtlayıcılar olarak adlandırılmaktadır. Aşağıdaki şekilde optimizasyon problemlerine ait bir sınıflandırma görülmektedir (Ghosh ve ark., 2019).



Şekil 1.15. Optimizasyon problemlerinin sınıflandırılması (Majumdar ve ark., 2011)

Doğrusal programlama modellerinde amaç mevcut kısıtlar dahilinde herhangi bir parametreyi (kâr, üretim hacmi, maliyet, vb.) maksimize veya minimize etmektir. Karar değişkenleri, girdi veya çıktı miktarları olmaktadır. Kısıtlayıcılar ise yapılan faaliyeti veya üretimi sınırlayan faktörler olmaktadır. Bu modellerde parametreler nümerik değerler almaktadır. Bu modellerde amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusal ifadelerdir. Doğrusal programlamada kullanılan varsayımlar aşağıda sıralanmıştır:

1.Doğrusallık (Linearity): Karar değişkenlerinin amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılardaki etkisinin doğrusal olmasıdır. Başka bir ifadeyle, amaç fonksiyonu ve her bir kısıtlayıcı denklemin birinci dereceden yani doğrusal olması gerekmektedir.

2.Bölünebilirlik (Divisibility): Karar değişkenlerinin tam sayılı değerler alması için sınırlandırılmayıp, küsüratlı değerler alabilmesidir.

3.Belirlilik (Certainty): Parametre değerlerinin sabit ve biliniyor olmasıdır.

4.Negatif Olmama (Non-negativity): Doğrusal programlama modellerinde karar değişkenleri negatif değer almamaktadır (Kokangül, 2013).

Tüm bu varsayımlar dikkate alındığında doğrusal programlama modelinin matematik yazılımı aşağıdaki gibi olacaktır.

$$Maksimum\ (z) = c_1x_1 + c_2x_2 + \cdots + c_nx_n$$

Kısıtlayıcılar

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n &\leq b_2 \\ \vdots \qquad\qquad\qquad\quad \vdots \quad &\quad \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n &\leq b_m \quad \text{ve} \end{aligned}$$

$$x_1 \geq 0 \quad x_2 \geq 0 \quad \ldots \quad x_n \geq 0$$

Formülasyonu verilen modele, maksimum amaçlı ve kısıtlayıcıları $\leq$ biçiminde olduğundan aynı zamanda normal maksimizasyon doğrusal programlama modeli de denilmektedir.

c_j, b_i ve a_{ij} modelin parametreleri olup $x_j \geq 0$ kısıtlamasına da negatif olmama kısıtlayıcısı (veya negatif olmama koşulu) adı verilmektedir. $x_1, x_2, \ldots, x_n$

ise kontrol edilebilen değişkenler veya karar değişkenleri olarak adlandırılmaktadır.

Normal minimizasyon doğrusal programlama modelinde ise amaç fonksiyonu minimum ve kısıtlayıcılar da '≥' yapısındadır.

Özetlenecek olursa, herhangi bir doğrusal programlama modeli belirlenen amaç foksiyonunu en büyükleyecek veya en küçükleyecek kontrol edilebilen (karar) değişkenlerini bulmak için kurulmaktadır (Öztürk, 2016).

Doğrusal programlama modelinde karar değişkenlerinin sayısı 3 veya 3'ten az ise grafik çözüm yöntemi ile modelin çözümü yapılabilmektedir. Eğer problemde daha fazla karar değişkeni varsa modelin çözümünde 'Simpleks algoritması' adı verilen bir algoritma kullanılabilmektedir. Bunların dışında doğrusal programlama modellerinin çözümünde geliştirilmiş bilgisayar yazılım paketleri de kullanılarak kolaylıkla çözüm elde edilebilmektedir. Bu kapsamda 'Lingo' modellerin çözümü için kullanılabilecek en bilinen yazılım paketlerinden biridir.

Modelde amaç fonksiyonu veya kısıtlardan en az birisi doğrusal değilse problem doğrusal olmayan programlama (NLP) ile çözülebilmektedir. Bu modeller genellikle bilim ve mühendislik ile ilgili problemlerde görülmektedir. NLP'de kısıtlayıcılar doğrusal veya doğrusal olmazken amaç fonksiyonu da doğrusal olmayabilmektedir. NLP modellerinin optimal çözümünü bulmak doğrusal programlama modellerine göre daha zor olmaktadır. Bunun nedenleri; global optimalden yerel optimali ayırma zorluğu, problem hakkında sınırlı bilgiye sahip olma ve uygun bir başlangıç noktasını bulma zorluğu gibi durumlar olabilmektedir. NLP modellerinin oluşturulması, çözümleri ve yorumlanması doğrusal programlama modelleri ile benzerlik göstermektedir.

Tamsayılı programlama modelleri ise karar değişkenlerinin gerçel sayı almadığı durumlarda kullanılmaktadır. Çözümleri doğrusal programlama modellerine göre daha zordur. Gelişen bilgi teknolojileri ve özel algoritmalar ile günümüzde bu modellerin daha hızlı çözülmesi mümkün hale gelmektedir. Bazı

problemlerde karar değişkenlerinin bir kısmının tamsayı değerleri alması gerekirken, bir kısmının gerçel sayı değerleri alması gerekebilmektedir. ‘Karma Tamsayılı Programlama (MIP)’ olarak adlandırılan bu modellerin de uygulamam alanlarının son derece yaygın olduğu görülmektedir (Baş, 2017).

1.5. Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Organizasyonu

Dünyada 21. yüzyılda etkilerinin daha net görüldüğü en büyük tehlikelerden biri çevre problemleridir. Bu problemlerin ortaya çıkmasındaki en büyük etkenler şüphesiz ki hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak günden güne üretim ve tüketim miktarlarının artmasıdır. Bununla birlikte, tüketicilerde çevre bilinci düzeyinin giderek artması, yasal düzenlemeler ile üretici firmaların daha çevre dostu üretimler yapması gelecek için umut verici olmaktadır.

Tekstil, hazır giyim ve moda sektörü; üretimleri esnasında kullanılan su, kimyasal madde ve enerjinin fazla olması, özellikle doğal liflerin üretimleri esnasında çevreye verilen zararın fazla olması ve gerek üretimi esnasında, gerekse tüketimi sonrasında ortaya çıkan atık miktarlarının fazla olması gibi birçok nedenden dolayı dünyayı en fazla kirleten sektörler arasında yer almaktadır. Bu nedenle sektörde sürdürülebilirlik ve geri dönüşümün önemi gittikçe daha iyi kavranmaktadır.

Tekstil ve moda sektöründe yoğun görülen hızlı moda (fast fashion) anlayışı ile beraber ucuz işgücü ve az maliyet ile üretimlerin eskiye oranla arttığı, kalitenin ise düştüğü görülmektedir. Tasarım ve üretim süreçlerinin kısalması ile yıl içerisinde sürekli piyasaya sürülen koleksiyonlar, insanların da süregelen tüketim alışkanlıklarını değiştirmiş, kullan-at mantığını geliştirmiş ve bu durum tüketimin artmasında büyük rol oynamıştır. Hızlı modanın etkileri sadece hazır giyimde değil, ev tekstillerinde de karşımıza çıkmaktadır. Ev tekstili sektöründe hammadde tüketimini azaltmak, geri dönüşüm ve çevre dostu elyafların kullanılması çevresel açıdan büyük fayda sağlayacaktır. Bu nedenle bu sektörde de

sürdürülebilirlik çalışmalarının günümüz ve gelecekte büyük önem arz edeceği açıktır.

Yapılan literatür taramaları sonucunda, tekstil sektörünün neden olduğu çevresel zararlar ve sektörde geri dönüşüm ile ilgili çalışmaların genellikle geri dönüşüm elyafların konfeksiyon ve hazır giyimde giysiliklerde kullanımına ve üretim süreçlerinde ortaya çıkan kimyasal atıkların ve suların arıtılmasına yönelik olduğu görülmüştür. PET şişe atıklarından elde edilen r-PET iplik eldesinin fantezi ipliklerde ve bu ipliklerin ev tekstilinde döşemelik kumaşlarda kullanılabilirliği üzerine yapılmış akademik çalışmalara rastlanmamıştır.

Tez çalışmasında ilk amaç, PET şişe atıklarının geri dönüşümü ile elde edilen r-PET ipliklerin şönil iplik yapısında ve sonrasında şönil döşemelik kumaş yapısında kullanılabilirliğini ve performans özelliklerini araştırmaktır. Böylece hem r-PET iplik sektörüne yeni kullanım alanları yaratılarak (fantezi iplikler, döşemelik kumaşlar gibi) ve ürün çeşitliliğini arttırarak katma değer yaratmak, hem de çevresel açıdan, atık şişelerin ürün yaşam döngüleri uzatılıp yeni kullanım alanlarında değerlendirilmesini sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmadaki bir diğer amaç ise üretim planı çerçevesinde r-PET ve PES (Poliester) ipliklerin, şönil ipliklerde bağ ve hav yapısında kullanılmasıyla elde edilen ipliklerle dokunan farklı döşemelik kumaşların, üretim öncesinde maliyet ve performans özelliklerini, oluşturulan matematiksel model yardımıyla tahminlemektir.

Tez çalışması kapsamında öncelikle üretim planına uygun olarak bağ ve hav iplik yapısında r-PET ve standart PES iplik bulunan 32 farklı şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu ipliklere numara, büküm, kopma mukavemeti ve aşınma dayanımlarının tespiti için standartlara uygun olarak iplik testleri yapılmıştır. Sonrasında uygun makine parametrelerinde, bu ipliklerin her atkıda atıldığı 32 farklı şönil döşemelik kumaş numuneleri elde edilmiştir. Tüm kumaşların çözgülerinde 150 denye 48 filament standart poliester iplik kullanılmıştır. Üretimleri tamamlanan döşemelik kumaşlara TS 11818 EN 14465 standardına dayanarak ilgili performans testleri uygulanmıştır. Şönil ipliklerde r-

PET iplik kullanımının etkileri, kumaşlara uygulanan performans testlerinin sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonraki aşamasında ise şönil döşemelik kumaşlara ait üretim maliyeti hesaplamalarında kullanılacak bir maliyet eşitliği çıkarılmıştır. Ayrıca kumaş performans testlerinin sonuçlarından yararlanılarak istatistiksel analizler yapılmış, regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Tüm bu eşitlikler, maliyet optimizasyonu modelinde amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıların belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Modeldeki sabit ve değişken büyüklükler de tespit edildikten sonra modelin çözümü için 'Lingo' programı kullanılmıştır. Oluşturulan matematiksel model sayesinde maliyet minimize edilip, bazı fiziksel özelliklerle birlikte performans özelliklerinin en iyi değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte, modelde sabit fiyat büyüklüklerinin değiştirilmesi ile r-PET iplik kullanımının maliyet üzerindeki etkileri de değerlendirilmiştir.

Doktora tez çalışması Çukurova Üniversitesi BAP Birimi tarafından proje (Proje no: FDK-2018-10067) ile desteklenmiştir. Şönil ipliklerinin üretimi, bazı şönil iplik testleri ve döşemelik kumaş üretimleri Kadifeteks Mensucat San. A.Ş'nin katkıları ile gerçekleşmiştir. Döşemelik kumaş testleri ise Marmara Üniversitesi ve Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü fiziksel test laboratuvarlarında uygulanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Tez çalışması süresince, konunun netleşebilmesi ve çalışmaya katkı sağlayabilmesi için ulusal ve uluslararası tez, makale, kitap vb. yayınlar taranmıştır. Bu kapsamda; tekstilde sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm, şönil iplikler ve şönil kumaşlar ve tekstil üretiminde kullanılan optimizasyon teknikleri başlıkları altında üç gruba ayrılarak literatür taraması yapılmıştır.

2.1. Tekstilde Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Konuları Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Duru ve Babaarslan (2003), çalışmalarında OE Rotor eğirme sistemini kullanarak, 60/40 karışım oranında standart poliester ve geri dönüşüm pamuk lifleri ile Ne 20 iplikler üretmişlerdir. Çalışmada bu liflerin karışımı için en uygun açıcı silindir hızlarını belirlemek amaçlanmıştır. Sonuç olarak, açıcı silindirdeki yüksek hızın iplik mukavemetini olumsuz etkilerken, iplik düzgünsüzlük ve tüylülük değerlerini olumlu etkilediği belirtilmiştir.

El-Nouby (2007), tekstil atıklarından elde edilen geri dönüşüm lifler ile pamuk liflerinin karışımları ile üretilen ipliklerin tüylülüğü üzerine çalışmıştır. Farklı karışım oranında üretilen ipliklerde karıştırma, harman-hallaç, tarak ve cer makinasında yapılmıştır. Yapılan test sonuçlarına göre iplik numarası arttıkça iplik tüylülüğünün azaldığı, ayrıca geri dönüşüm lif oranları arttıkça tüylülüğün arttığı, %100 pamuk lifi ile çalışılan iplikte ise en az tüylülük değerinin saptandığı belirtilmiştir.

El-Nouby ve Kamel (2007), çalışmalarında tekstil atıklarından elde edilen geri dönüşüm lifler ile atık %100 pamuk liflerini karışım halinde kullanarak üç farklı numara ve büküm değerinde iplikler üretmişlerdir. Üretilen ipliklere mukavemet ve uzama testleri uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre geri dönüşüm lif oranı arttıkça ve aynı tip karışımlarda iplik numarası arttıkça iplik mukavemet

değerlerinin düştüğü görülmüştür. Bununla birlikte tüm iplik tipleri için büküm faktörünün artmasıyla iplik kopma uzaması değerlerinin düştüğü belirtilmiştir.

Sevencan ve Vaizoğlu (2007), yaptıkları derleme çalışmada plastiklerin genel özellikleri ve plastik türlerinden, plastiklerin geri dönüşümünden bahsetmişlerdir. Plastiklerin geri dönüşümünün sağlıklı bir şekilde sağlanabilmesi için tüketicilerin bilgi ve sorumluluk sahibi olması gerektiğine de dikkat çekilmiş, tüketicinin plastikleri geri dönüşüm kutusuna, torbasına veya konteynerine koymadan önce neler yapması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Wang (2010), çalışmasında iyileşen hayat şartları ile birlikte tüketici öncesi ve sonrası endüstriyel ve evsel atık miktarının arttığını vurgulayıp, tekstil atıklarının büyük bir kısmını oluşturan halıların geri dönüşüm işlemlerini incelemiştir. Bunun yanı sıra çalışmasında geri dönüşüm teknolojileri ve prosesleri belirtilmiştir. Gelecekte beklenen değişimler, trendler ve ihtiyaçlardan da bahsedilmiştir.

Telli (2011), tez çalışmasında r-PET ve standart PES kullanılarak üretilen iplik ve kumaşların özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Bu amaçla, Ne 20 numara ve 634 T/m bükümlü, %100 pamuk; %70 pamuk-%30 r-PET; %50 pamuk-%50 r-PET; %30 pamuk-%70 r-PET; %100 r-PET; %100 PES; %70 PES-%30 r-PET; %50 PES-%50 r-PET; %30 PES-%70 r-PET ring iplik üretimleri gerçekleştirilmiş ve üretilen bu iplikler kullanılarak interlok örgü yapısında kumaş üretimleri yapılmıştır. Kumaşlara patlama mukavemeti, aşınma dayanımı, boncuklanma, hava geçirgenliği, boyutsal stabilite, dairesel eğilme direnci testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, patlama ve aşınma mukavemeti açısından %100 r-PET ipliklerden üretilen kumaşların %100 PES ipliklerden üretilenlere göre daha düşük değerlerde olduğu; kumaş tutum özellikleri açısından %100 r-PET kumaşların %100 PES'e göre, pamuk r-PET karışımı kumaşların PES/r-PET karışımı kumaşlara göre daha sert tutum gösterdiği; genel olarak r-PET elyaftan üretilen iplik ve kumaşların % 100 PES'e göre incelenen özellikleri açısından düşük değerler verdiği fakat bu liflerden üretilen iplik ve kumaşların giyim

endüstrisinde orta kalite olarak sınıflandırabileceğimiz alanlarda kullanılmasında sakınca olmadığı belirtilmiştir.

Gam ve Banning (2011), çalışmalarında problem tabanlı öğrenme tekniği ile sürdürülebilir giyim tasarımı zorluklarını ele almışlardır. Lisans seviyesindeki tasarım öğrencilerinden orijinal sürdürülebilir giysiler tasarlamaları ve üretmeleri istenmiştir. Öğrencilerin çalışmada organik, geri dönüştürülebilir, yenilenebilir malzemeler kullandıkları görülmüştür. Çalışma sonucunda organik malzemeler kullanılarak yapılması düşünülen tasarımların daha pahalı olması nedeni ile geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanılmasının daha uygun olacağı görüşü belirtilmiştir. Bununla birlikte çalışma boyunca öğrencilerin geri dönüşleri genellikle pozitif olmuştur. Birçok tasarım öğrencisi gelecekteki çalışmalarına sürdürülebilirliği dahil edeceğini ifade etmiştir.

Göksel ve Gökmenoğlu (2012), yaptıkları çalışmada tekstilde geri dönüşümün bayan giyim tasarımına yansımasından bahsetmişlerdir. Çalışmada öncelikle geri dönüşüm kavramı ve modaya etkisi, geri dönüşüm konusunda çalışmaları olan tasarımcılar ele alınmıştır. Ayrıca geleneksel tekniklerle yeni ve farklı teknikler kullanılarak yapılan deneysel tasarımlardan bahsedilmiştir.

Telli ve ark. (2012), yaptıkları araştırmada PET talaşlarının tekstil sektöründe kullanımını açıklayarak, Türkiye'deki PET talaş ve bu talaşlardan lif üreten işletmelerin durumu hakkında bilgi vermişlerdir. Çalışmada Türkiye'de kurulu işletmeler, bu alanda sahip oldukları teknolojik düzey bakımından, yurtdışındaki emsalleriyle karşılaştırılmıştır. Geleceğe yönelik bu alanda yapılması gereken yenilikler ve izlenmesi gereken stratejiler üzerine tavsiyelerde bulunulmuştur.

Tayyar ve Çetin (2012), çalışmalarında PET şişelerin geri dönüştürülmesi ile elde edilen r-PET ile v-PET (virgin/standart) elyaflardan farklı karışım oranı ve kalınlıklarda 15 farklı dokusuz yüzey kumaş numunesi üretmişlerdir. İğneleme yöntemi ile üretilen numunelerin ısıl özelliklerini incelemek amaçlanmıştır. 6, 10 ve 14 tülbent katından oluşan kumaşlardan, %100 r-PET ve %100 v-PET elyaftan

üretilmiş dokusuz yüzeylerin ısıl dirençleri 6 katlı kumaşlar arasında farklı değilken, 10-14 katlı v-PET kumaşların ısıl direncinin daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Eryürük (2012), tüketicilerin çevresel konularda farkındalıklarının artması sonucu, üreticilerin de sundukları mal ve hizmette daha çevreci olmaya başladıkları konusuna dikkat çekmiştir. Ürünlerde 'çevre dostu, doğa dostu, yeşil' gibi ifadelerin yer almaya başladığını ve bu durumun tekstil ve konfeksiyon sektöründe de görüldüğünü vurgulamıştır. Çalışmada genel olarak sürdürülebilirlik açısından tekstil üretiminde hammaddeden tasarım, üretim ve lojistik aşamalarına kadar tüm proseslerde nasıl çevreci ve yeşil yaklaşımların görüldüğü analiz edilmiştir.

Necef ve ark. (2013), tekstil atıklarından üretilen giysilerin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Kumaş artıklarından elde edilen Ne 28, 50/50 geri dönüşüm pamuk/geri dönüşüm poliester iplik, yine aynı numarada Ne 28, 50/50 pamuk/poliester iplikler ve bunlarla üretilen kumaş ve giysilerin performans özellikleri kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda geri dönüşüm ve orijinal ipliklerle elde edilen kumaşlar arasında önemli farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir.

Telli ve Özdil (2013), çalışmalarında PET şişe atıklarından geri dönüştürülerek elde edilen r-PET lif ve karışımlarından elde edilen ipliklerin özelliklerini kıyaslamalı olarak inceleyerek tekstil endüstrisinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada farklı karışım oranlarında pamuk, poliester ve geri dönüşüm poliester içeren 9 farklı ipliğin kopma mukavemeti ve kopma uzaması, ince-kalın yer ve neps sayısı, düzgünsüzlük ve tüylülük değerleri ölçülerek değerlendirmeler yapılmıştır. Sonuç olarak, %100 r-PET ipliklerin %100 PET ipliklere göre kopma mukavemetinin daha düşükken, kopma uzamalarının daha fazla olduğu; düzgünsüzlük değerlerinin %100 r-PET ipliklerde daha kötü olduğu; tüylülük değerlerinin ise %100 r-PET ipliklerde daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Altun (2014), Türkiye'de tekstil atık profilinin tahmini ve geri dönüşüm olanakları ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Hanelerde ve endüstriyel tesislerde açığa çıkan tekstil katı atık miktarının, fabrika araştırmaları ve resmi veriler

yardımıyla tahminlemesi yapılmıştır. Geri dönüşüm metotları, ürünleri ve sektörün geri dönüşüm profili araştırılmıştır.

Bhatia ve ark. (2014), çalışmalarında tekstil endüstrisinde farklı üretim aşamalarında ortaya çıkan atık tiplerini ve bunların ekonomik bir şekilde yeniden kazanımlarını sağlayabilmek için geri dönüşüm prosesleri hakkında bilgi vermeyi amaçlamışlardır. Ayrıca bu atıklardan yüksek kalitede yeni ürün elde edilebilmesi için farklı üretim metotlarından bahsedilmiştir.

Üçgül ve Elibüyük (2014), çalışmalarında akrilik, pamuk ve yün elyaf atıkları piroliz işlemine tabii tutmuşlardır ve bu işlem sonucu oluşan katı ürünlerin değerlendirilmesini yapmışlardır. Yapılan piroliz işlemi sırasında pamuk elyafının katı ürün oluşturmadığı, akrilik ve yünün katı atıklarının oluştuğu gözlemlenmiştir.

Lu ve Hamouda (2014), çalışmalarında tekstil atıklarının geri dönüşüm yöntemlerindeki son teknolojileri incelemişlerdir. Özellikle PET ve naylon liflerinin eldesinde kullanılan geri dönüşüm yöntemlerinden çözünme ve depolimerizasyon tekniklerinin üzerinde durulmuştur. Çalışmanın sonunda tekstil geri dönüşümü ile ilgili gelişimler ve trendlerden bahsedilmiştir. Düşük katma değerli tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi ve tüketiciye sunulması ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

Vadicherla ve Saravanan (2014) yaptıkları çalışmada tekstil endüstrisinde sürdürülebilirliği genel olarak ele almışlardır. Tekstil atıklarını sınıflandırıp, geri dönüşüm yöntemlerinden bahsetmişlerdir. Çalışmalarında, sentetik ve doğal liflerin geri dönüşüm teknolojileri incelenmiş ve tekstil endüstrisinde sürdürülebilirlik ve geri dönüşüme önem veren firmalardan bahsedilmiştir.

He ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada geri dönüşüm PET (r-PET) ile standart PET (virgin PET/v-PET) elyafların yüzey morfolojileri, mekanik özellikleri ve lif yapıları arasındaki benzerlik ve farklılıkları incelemişlerdir. Aynı kalınlık ve uzunlukta (1,6 dtex, 38 mm) seçilen liflerden r-PET liflerinin v-PET liflerine göre daha yüksek kopma mukavemeti ve kopma uzamasına sahip olduğu, yüzey morfolojilerinde ise farklılık olmadığını belirtmişlerdir.

Mecit ve ark. (2015), çalışmalarında geri dönüştürülmüş kumaşların otomotiv döşemeliklerinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Son yıllarda otomotiv endüstrisinde geri dönüşüm ürünlerin kullanımının ilgi gördüğü belirtilmiştir. Çalışmalarında orijinal poliester yerine geri dönüşüm poliester kullanıldığında, otomotiv döşemeliklerinde yüksek performanslı olması beklenen aşınma dayanımı, ışık haslığı gibi özelliklerin ne ölçüde değişeceği araştırılmıştır. Orijinal PES filament liflerinin geri dönüşüm PES liflerine oranla performans özelliklerinde farklılıklar olsa da bu değerlerin müşteri spesifikasyonları için kabul edilebilir seviyede olduğu belirtilmiştir.

Payne (2015), yaptığı derleme çalışmada tekstil, hazır giyim ve moda sektörüne yönelik açık ve kapalı çevrim geri dönüşüm yaklaşımlarını incelemiştir. Ayrıca yaşam döngü analizi kavramından ve ürün tasarımı yaparken yaşam döngü analizlerinin belirlenmesi gerektiğinin öneminden bahsedilmiştir. Hazır giyim sektöründe açık ve kapalı döngü geri dönüşümün önündeki bazı engellerden ve gelecekte beklenen yeniliklerden bahsedilmiştir.

Telli (2016), tez çalışmasında pamuk lifi, iplik üretimi sonucu oluşan atıklardan geri dönüşüm pamuk lifi (r-CO) ve r-PET lifi kullanarak iplikler ve bu ipliklerin atkıda kullanıldığı denim kumaşlar üretmiştir. Elde edilen denim kumaşlara enzim ve taş yıkama işlemleri uygulanıp gramaj, kopma mukavemeti, yırtılma mukavemeti, yumuşaklık ve hava geçirgenlik testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, kumaşlardaki r-CO lifinin kopma ve yırtılma mukavemetini olumsuz etkilediği; r-PET lifinin yumuşaklığı olumsuz yönde etkilediği; enzim yıkama kumaşlar arasındaki en yüksek kopma mukavemeti değerinin %25 CO/%50 r-CO/%25 r-PET atkılı kumaşta görülürken; taş yıkama kumaşlar arasındaki en yüksek mukavemet değerinin ise %100 r-PET atkılı kumaşta ölçüldüğü belirtilmiştir.

Celep ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada orijinal (ORJ) ve geri dönüşümlü (GD) pamuk lifleri kullanılarak, %100 ORJ, %100 GD ve 50/50 ORJ/GD pamuk lifleri içeren iplikler üretilmiş ve bu iplikler ile üretilen süprem

kumaşların ısıl konfor özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla konfeksiyonda açığa çıkan kumaş kırpıntılarından elde edilen geri dönüşümlü pamuk lifleri ve orijinal pamuk lifleri open-end rotor iplik eğirme sisteminde eğrilmiş ve bu ipliklerden süprem kumaşlar üretilmiştir. Geri dönüşümlü ve orijinal pamuk ipliklerinden elde edilen bu kumaşların ısıl konfor özelliklerini karşılaştırmak amacıyla; ısıl iletkenlik, ısıl direnç, ısıl soğurganlık ve hava geçirgenlik özellikleri ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda geri dönüşümlü liflerinden örülmüş süprem kumaşların ısıl direnç değerlerinin yüksek olmasının ve ilk temasta daha sıcak bir his vermesinin orijinal liflerden üretilen kumaşlara göre kullanım alanına bağlı olarak daha üstün olduğu belirtilmiştir.

Eser ve ark. (2016), çalışmalarında tekstil ve hazır giyim sektörünün sürdürülebilirliğine ilişkin değerlendirmelere ek olarak, yaygın olarak kullanılan liflerin çevresel etkileri incelenmiştir. Bununla birlikte tekstil atıklarının özellikleri, atık yönetim stratejileri ve geri dönüşüm yöntemleri açıklanmaya çalışılmış, dünyada tekstil atıklarının geri dönüşümüne ilişkin uygulamalardan örnekler sunulmuştur.

Koca ve ark. (2016), giyim sektöründe sürdürülebilirlik konusunda yöneticilerin bakış açılarını belirlemeyi amaçlayan çalışmalarında; Ankara ve İstanbul'da hazır giyim üretimi yapan işletmelerin yöneticilerine, araştırmacılar tarafından geliştirilmiş anket formu uygulanmıştır. Elde edilen veriler Sosyal Bilimler İstatistik Paketi (SPSS) kullanılaramk analiz edilmiş, tablolar halinde sunularak yorumlanmış ve öneriler getirilmiştir.

Schuch (2016), çalışmasında rejenere yüksek kalitede lifler elde edebilmek için pamuğun ve diğer selülozik maddelerin geri dönüştürülmesini amaçlamıştır. Çalışması sırasında en büyük handikapın 'reuse' işleminden farklı olarak, kimyasal geri dönüşümde renklerin ve diğer kirliliklerin yol açtığı büyük problem olduğunu vurgulamıştır. Poliester endüstrisinde geri dönüşümde boyarmaddenin kumaştan CO_2 ile çıkarmanın mümkün olduğunu, fakat selüloz esaslı tekstillerin geri dönüşümünde şu an için bu teknolojinin var olmadığını belirtmiştir.

Telli ve Babaarslan (2016), çalışmalarında sıfır atık konseptine uygun olarak kaliteden ödün vermeden %100 geri dönüşüm denim üretimi gerçekleştirmişlerdir. Bu süreçte endüstriyel atıklar (denim sektöründe geri kazanılan pamuk lifleri) ve tüketici sonrası atıklardan (PET şişe atıklarından geri kazanılaenn lifler) denim kumaşlar üretilmiştir. Olumsuz yönleri elimine edebilmek için klasik pamuk lifleri ve rejenere selülozik Tencel® lifleri de taşıyıcı lifler olarak çalışmada kullanılmıştır. Tasarım ve konstrüksiyona bağlı olarak, lif tiplerinin iplik veya kumaş karakteristikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada lif miktarının iplik düzgünsüzlüğü, kalın yer, neps, tüylülük, kumaş hava geçirgenliği ve aşınma direnci üzerinde önemli etkiye sahip olduğunu vurgulamışlardır.

Dönmez ve Türker (2017), tekstil imalat atıklarının geri dönüşümüyle elde edilen tekstil yüzeylerinin, ses yalıtımı, ısı yalıtımı ve elektromanyetik kalkanlama testlerinde ne ölçüde etkin olduklarıyla ilgili yapılan çalışmaları derlemişlerdir. Yapılan literatür araştırması sonucunda, bu tekstil yüzeylerinin performansları değerlendirilerek, düşük maliyetli yalıtım ve kalkanlama özelliği gösteren ürünlerin tasarımında ve üretiminde ileride yapılacak çalışmalara katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

Leonas (2017), çalışmasında tekstil, konfeksiyon ve ev tekstili endüstrisinde günümüzde kullanılan atık yönetimi ve geri dönüşüm stratejilerini incelemiştir. Geri dönüştürülmüş içeriği olan programlar ve ürünler içeren markalar çalışmada tanımlanmıştır.

Mengüç ve ark. (2017), farklı üretim sistemlerinde (ring, kompakt, rotor, RoCoS kompakt, siro) üretilen ipliklerin döküntü oluşturma özelliklerini incelemeyi amaçlamışlardır. Üretim sistemlerinin etkisinin yanında, bobinleme işleminin döküntü oluşumuna etkisini incelemiş ve iplik tüylülüğü ve döküntü oluşumu arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda en fazla miktarda döküntü oluşumuna neden olan sistemin Ring Karde iplik üretim sistemi olduğu görülmüştür. Karde iplikler penye ipliklere göre daha

fazla kısa lif içerdiğinden dolayı daha fazla tüylülük ve döküntü oluşumuna neden olduğu belirtilmiştir.

Telli ve Babaarslan (2017), çalışmalarında pamuk lifi (CO), iplik üretimi sırasında oluşan atıklardan geri dönüşüm pamuk lifi (r-CO) ve PET şişe atıklarından geri dönüştürülen lif (r-PET) kullanarak iplikler üretilmişlerdir. Üretilen ipliklere kopma mukavemeti, kopma uzaması, düzgünsüzlük ve tüylülük performans testleri uygulamışlardır. Bu çalışmada geri dönüşüm pamuk ve poliester liflerinin open-end iplik eğirme sisteminde olumsuz özelliklerini elimine etmek amaçlanmıştır. Çalışmanın sonunda en iyi iplik özelliklerinin %25 r-CO/ %75 r-PET karışımında olduğu görülmüştür. Bu ipliklerin aynı zamanda %100 r-CO ipliklere göre daha yüksek kopma uzaması değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir.

Sarıoğlu (2017), çalışmasında atık PET şişelerden elde edilen r-PET ipliklerle pamuk/r-PET karışımı ring ipliklerin mukavemet ve uzama özelliklerini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada r-PET ve standart PES iplikler pamuk ile %100, %70/%30, %50/%50 ve %30/%70 karışım oranlarında kullanılmıştır. Üretim parametreleri sabit tutulup hammaddenin mukavemet ve uzama üzerindeki etkisinin tespiti amaçlanmıştır. Sonuçlar r-PET lifleri içeren ipliklerin standart PES ipliklere göre daha düşük mukavemet-uzama değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte teknolojik gelişmeler sayesinde r-PET liflerinin kalite parametrelerinin geliştirilmesi ile bu liflerin tercih edilebilirliğinin artacağı, böylece ekolojik dengeye katkıda bulunulabileceği vurgulanmıştır.

Sarıoğlu ve Kaynak (2018), yaptıkları çalışmada r-PET ve pamuk elyaflarından karışım ring ve kompakt iplik üretmişlerdir. Aynı zamanda çalışmada standart PES (v-PET/virgin poliester) ile pamuk karışım olarak kullanılmış ve r-PET elyaf kullanılan ipliklere göre avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda r-PET elyaf içeren ipliklerin v-PET içeren elyaflara göre gerilme kuvveti ve mukavemetlerinin daha düşük kaldığı görülmüştür. Ayrıca v-PET içeren ipliklerin düzgünsüzlük değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Atakan ve ark. (2018), çalışmalarında r-PET elyaflar kullanılarak üretilen otomotiv döşemeliklerinin aşınma dayanımını geliştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada ilk olarak, kullanılan elyafların lif özelliklerini belirleyebilmek için bazı testler uygulanmış ve r-PET elyafların kopma mukavemetlerinin standart PET elyaflara göre daha düşük, kopma uzaması değerlerinin ise daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Sonrasında ise r-PET ve standart PET elyafların karışımlarından belirli üretim parametrelerinde otomotiv için döşemelik kumaşlar üretilmiştir. Üretilen döşemeliklerin aşınma dayanımları karşılaştırılmış, lif kaybı ve görünüşü bakımından r-PET içeren döşemeliklerin diğerlerine göre neredeyse aynı performans özelliği gösterdiği belirtilmiştir. r-PET elyafların döşemeliklerde kullanımı ile daha düşük hammadde maliyetleri ve ekolojik avantajlar sağlayacağı vurgulanmıştır.

Türemen ve ark. (2018), geri dönüşüm, tekstilde geri dönüşüm ve geri dönüşüm yöntemleri, tekstil atıkları ve çevresel etkileri konularını içeren derleme bir çalışma yapmışlardır. Tekstil sektöründe geri dönüşümün önemini, üretimde tekstil atık kontrolünün sağlanması gerektiğini ve tekstil materyallerinin %95'inden fazlasının geri dönüştürülebilme ve değerlendirilebilme olanağının bulunduğunu vurgulamışlardır.

Uyanık (2019), çalışmasında farklı kalınlık ve karışım oranlarında r-PET lifleri kullanarak hangi numara ve karışım oranının daha uygun olacağını araştırmıştır. Bu amaçla geri dönüşüm PES (r-PET) lifleri, standart PES lifleri ve viskon lifleri içeren farklı numaralarda (Ne 10, Ne 20, Ne 30 ve Ne 40) ve karışım oranlarında 24 adet iplik üretimi yapılmıştır. Üretilen ipliklere iplik çapı, yoğunluğu, şekli, düzgünsüzlüğü, iplik hataları, tüylülüğü ve mukavemet-uzama testleri uygulanmıştır. Deneysel ve istatistiksel analizler sonucunda PET geri dönüştürülürken içerisindeki atık maddelerin fiziksel ve kimyasal bozulmalara neden olmasından dolayı, özellikle ince numaralarla çalışılırken geri dönüşüm poliester lifleri iplik özellikleri üzerinde negatif etkiye sebep olduğu belirtilmiştir. İplik numarası inceldikçe düzgünsüzlük ve iplik hataları artarken, tüylülük ve

mukavemetin düştüğü görülmüştür. Sonuç olarak Ne 10 ve Ne 20 gibi daha kalın ipliklerle çalışırken r-PET liflerini %100 olarak kullanmanın uygun olduğu, karışım olarak kullanılacak ise Ne 30 incelikte %65 oranında, Ne 40 incelikte ise %35 oranında r-PET elyaf kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir.

Ütebay ve ark. (2019), çalışmalarında pamuklu tekstil atıklarının geri dönüşümünde, geri dönüşüm ürünün düşük kaliteli olduğu vurgulanmıştır. Çalışma kapsamında, tüketici öncesi pamuklu örme tekstil atıkları toplanıp kumaşların sıkılıklarına (single-jersey-interlok) ve muamele edildiği bitim işlemlerine (ham pamuklu kumaş, boyanmış pamuklu kumaş) göre ayrılmıştır. Ayrıca atık kumaşların parçalanması sonucu oluşan parça büyüklüklerinin kalite üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Bu amaçla, geri dönüşüm liflerin atık oranı, geri dönüşüm lif uzunluğu, geri dönüşüm pamuk liflerinin eğrilebilirliği ve eğrilen ipliğin özellikleri araştırılmıştır. Genellikle boyanmış pamuklu kumaşların geri dönüşümü ile elde edilen kumaşların daha düşük kalite değerlerine sahip olduğu, en iyi değerlere ise single-jersey ham pamuklu kumaşların geri dönüşümü ile elde edilen kumaşlarda ulaşıldığı belirtilmiştir.

2.2. Şönil İplikler ve Şönil Kumaşlar Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Kalaoğlu ve Demir (2001), yaptıkları çalışmada şönil iplik özelliklerinin şönil dokuma kumaşların aşınma dayanımı ve dikiş kaymasına etkisini tarif etmişlerdir. Bunun için 23 farklı şönil döşemelik kumaş numunesi üretmişlerdir. Bu deneysel gözlemler sonucunda şönil ipliklerin malzeme ve bükümlerinin döşemelik kumaşların aşınma dayanımlarını etkilerken kumaş konstrüksiyonu ve dizaynının da dikiş kaymasını etkilediğini tespit etmişlerdir. Şönil ipliğin bükümünün azaldıkça kumaş yüzeyindeki aşınmanın arttığını; viskon şönil kumaşların akrilik ve pamuk kumaşlara göre daha fazla aşındığını; pamuk ve bir dereceye kadar akrilik şönil ipliklerin aşınmaya daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

Çeven (2002), yaptığı tez çalışmasında şönil iplik makinasında bazı üretim parametrelerinin değişmesinin iplik özelliklerine etkisini tespit etmeye çalışmıştır. Çalışma kapsamında üretim parametrelerinden hav hammaddesi, şönil iplik bükümü ve hav uzunluğu değiştirilerek Nm 4 ve Nm 6 numaralarında şönil iplikler üretilmiş ve bunların atkıda atıldığı döşemelik kumaşlar elde edilmiştir. Değiştirilen üretim parametrelerinin döşemelik kumaşlar üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla bazı testler uygulanmış ve analizi istatistiki yöntemler kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonunda değişen üretim parametrelerinin ipliklerde kaynar su çekmesi ve iplik aşınması, kumaşlarda ise aşınma dayanımları üzerinde etkili olduğu belirtilmiştir.

Nergis ve Candan (2003), çalışmalarında hav ve bağ ipliklerinde Ne 20, 24, 30 numaralarda akrilik iplik kullanarak şönil iplik üretimleri gerçekleştirip bu ipliklerden düz örme kumaşlar üretmişlerdir. Üretilen bu kumaşların aşınma dayanımlarını, bağ ve hav iplik numaralarına, hav uzunluklarına, yıkama ve kuru temizleme işlemlerine bağlı olarak incelemişlerdir. Nm 6 numarada ve üç farklı hav uzunluğunda (0.7, 0.8 ve 1 mm) olmak üzere 9 farklı akrilik şönil iplik üretimi yapılmıştır. Örme kumaşların bir kısmı ayrılmış, bir kısmı ise yıkama-santrifüj kurutma, yıkama-düz kurutma ve kuru temizleme işlemi için gruplara ayrılmıştır. Çalışma sonucunda, aşınma dayanımı testlerine tabii tutulan kumaşlar değerlendirmeye alınmış ve hav uzunluğu ve bileşen iplik numarasının, kuru temizleme yapılmış ve yıkanmış kumaşların aşınma dayanımlarına etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Ülkü ve ark. (2003), şönil ipliklerde hav uzunluğu, büküm miktarı ve dokuma kumaş yapısının döşemelik kumaşların aşınma dayanımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada numune döşemelik kumaş konstrüksiyonunda atkı iplikleri olarak Nm 4 numarada, %100 akrilik şönil iplikler ve Ne 10 numarada, %100 pamuk ipliği kullanılmıştır. Çözgü ipliği olarak da 150 denye kalınlıkta poliester iplik kullanılmıştır. Sonuç olarak, büküm, hav uzunluğu ve dokuma konstrüksiyonunun döşemelik kumaşlarda aşınma dayanımı üzerinde anlamlı

etkiye sahip olduğu görülmüştür. Şönil ipliklerin dokuma örgüsüne bağlı olarak kumaş yüzeyinde görünme oranı ya da bir başka deyişle atlama oranı önemli bir faktör olarak belirtilmiştir. Atlama artarsa aşınma dayanımının da arttığı vurgulanmıştır.

Ülkü ve ark. (2003), çalışmasında hammadde, hav uzunluğu ve bükümün şönil ipliklerin aşınma özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. 800, 850 ve 900 T/m olmak üzere üç farklı büküm değerinde, 0.7, 0.8 ve 1 mm hav uzunluklarında ve viskon, akrilik ve pamuk hammaddeleri kullanılarak 27 farklı şönil iplik üretimi yapılmıştır. Üretilen bu iplikler atkıda atılarak döşemelik kumaş üretimleri yapılmıştır. Çalışma sonunda bu üç üretim parametresinin de kumaş aşınma dayanımları üzerinde önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Aşınma dayanımı en yüksek çıkan döşemelik kumaşlarda pamuk şönil ipliklerin kullanıldığı, sonrasında ise sırasıyla akrilik ve viskon kullanıldığı belirtilmiştir.

İlhan (2004), tez çalışmasında şönil ipliğin en önemli problemlerinden olan sürtünmeye karşı aşınma direncini ele almış ve aşınma dayanımlarını etkileyen faktörleri incelemiştir. Bu amaçla, üretilen şönil ipliklerde akrilik hammadde olarak kullanılmış ve şönil iplik içerikli dokunan döşemelik kumaşlara aşındırma testleri yapılmıştır. Sonuç olarak, hav iplik türünün (ring ve OE rotor) kütle kaybı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş ve ring ipliklerin, OE-Rotor ipliklerinden daha düşük kütle kaybına yol açtığı; hav yüksekliğinin arttıkça kütle kaybının da arttığı ancak 1 mm'den sonra bir miktar düşüş gözlendiği, 0,7 mm hav yüksekliği ile en düşük kütle kaybının gerçekleştiği belirtilmiştir.

Çeven ve Özdemir (2004), şönil döşemeliklerde aşınma devirlerine bağlı olarak hav kaybı eğilimlerini araştırmışlardır. Çalışmada bağ ipliğnde Ne 24/1 akrilik iplik, hav ipliği olarak ise farklı numaralarda akrilik, penye pamuk, karde pamuk, open-end pamuk ve viskon kullanılmıştır. Nm 6 numarada şönil iplik üretimleri gerçekleşmiştir. Çalışmanın sonunda, akrilik ve viskon şönil iplikler ile üretilen kumaşların karde pamuk ve open-end pamuk şönil iplikli kumaşlara göre

aşınma devirlerine bakıldığında daha hızlı aşındığı; hav iplik malzemesinin hav kayıplarına etkisinin yüksek bükümlü şönillerde azaldığı belirtilmiştir.

Özdemir ve Çeven (2004), görüntü analizi ve aşınma testleriyle birlikte şönil kumaşların aşınma davranışlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar farklı lif inceliklerindeki % 50 yün-% 50 poliester karışımı ve % 100 yün, çift katlı ring ve sirospun ipliklerden şönil iplikler üretmiştir. Bu ipliklerden E7 incelikli düz örme makinesinde, aynı makine ayarlarında düz örgü yapıda örülen kumaş numunelerinin 5000 devir sonundaki aşınma davranışı incelenmiştir. Hav iplik tipi, hav iplik materyali ile hav iplik lif inceliğinin aşınma direnci üzerine istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Üretim esnasında harmanda poliester lif, uygun incelikte yün lifi ve sirospun hav iplik kullanılan kumaşların aşınma dayanımının daha yüksek olduğu, yüksek hav yoğunluğuna sahip şönil ipliklerin düşük hav yoğunluğuna sahip olanlara göre daha az aşındığı tespit edilmiştir. Şönil ipliklerin aşınma ölçüm sonuçlarından kumaşın aşınma dayanımlarının öngörülebileceği belirtilmiştir.

Babaarslan ve İlhan (2005), çalışmalarında şönil iplik üretiminde yaygın olarak kullanılan hav iplik türü ve doğrusal ağırlık seviyelerinin, %100 poliakrilik dralon şönil iplik kullanılarak üretilmiş olan döşemelik kumaşın aşınma direnci üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, hav iplik olarak ring ipliğinin kullanıldığı numunelerde, OE-Rotor ipliklerine göre daha az kütle kaybının gerçekleştiği ve bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür. İplik numarası farklı olan numunelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Bununla birlikte, daha uzun hav ipliklerinin aşınma sırasında sürtünme kuvvetlerinin artmasına ve böylece hav kayıplarının artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Özdemir ve Çeven (2005), çalışmalarında şönil ipliklerin hav hammaddesi, hav uzunluğu ve büküm değerlerinin kaynar su çekmesi davranışı üzerindeki etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışma kapsamında, Nm 4 ve 6 numarada üretilen hav ipliklerinde viskon, akrilik, penye, karde ve open-end pamuk iplikleri

kullanılmıştır. Ayrıca şöniller iki farklı hav uzunluğu (0,7 ve 1 mm) ve büküm değerinde (700 ve 850 T/m) üretilmiştir. Çalışma sonucunda hav hammaddesi, hav uzunluğu ve büküm değerlerinin şönil ipliklerin kaynar su çekmesi davranışı üzerinde önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Hav ipliğinde viskon ve open-end pamuk kullanılan şönillerin çekme davranışları iyiyken, havda akrilik kullanılan şönil ipliklerin yüksek kaynar su çekmesi değerine sahip olduğu ve iplikte büküm değerlerinin artması ile kaynar su çekmesi eğiliminin azaldığı belirtilmiştir.

Erem (2006), tez çalışmasında döşemelik sektöründe kullanılan şönil kumaşların kullanım performanslarına etki eden şönil iplik parametrelerini ve kumaş atkı sıklıklarını incelemiştir. Bu amaçla malzeme, numara, büküm ve hav uzunluğu bakımından farklılaşan altı çeşit iplik üretilmiştir. Üretilen şönil ipliklerin bağında %100 pamuk, hav ipliğinde ise %100 akrilik, poliester ve viskon hammaddeleri kullanılmıştır. İplik numaraları ise döşemelik sektöründe sık kullanılan Nm 4 ile Nm 5 arasında çeşitlenmiştir. Büküm değerleri 750 T/m ile 900 T/m ve hav uzunlukları da 0,8 mm ile 1,2 mm olarak üretilmiştir. Sonrasında bu ipliklerin her biri ile 13 tel/cm ve 18 tel/cm sıklıkta, tek tip desenlendirmede, atkıda atılarak dokunmuştur. Dokunan kumaşların performans özelliklerini belirlemek amacıyla testler uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda daha kaliteli ve uzun ömürlü döşemelik kumaşlar elde etmek için şönil ipliklerde kullanılması gereken hammadde, numara aralığı, büküm sınırları hav uzunluğu ve sıklık aralığı belirlenmiş ve bu parametrelerinin her birinin aşınma dayanımı, mukavemet ve boyutsal değişime etki dereceleri ortaya konulmuştur.

Çeven ve Özdemir (2006) şönil ipliklerde aşınma problemiyle ilgili deneysel çalışmaları derlemişlerdir. Ayrıca şönil ipliklerle ilgili genel bilgiler verilmiştir. Hav iplikleri olarak düşük bükümlü iplikler kullanıldığına, sağlam bir yapıya sahip olmadığına, kilit iplik olarak da yün, pamuk, viskon, akrilik, poliester, poliamid ve floş gibi her tür hammaddeden iplik yapılabileceğine değinilmiştir. Şönil kumaşlar kullanımları sırasında kolaylıkla aşındığını, bu durumun kumaşların ömrünü azalttığından bahsedilmiştir. Bu makalede derlenen çalışmalar şönil

ipliklerin aşınma özelliklerinin örme, dokuma kumaş ve iplik formunda tespit edilmesine yönelik ele alınmıştır.

Çeven (2007), doktora tez çalışmasında ilk olarak şönil iplik hav hammaddesi, bükümü ve hav uzunluklarının, şönil ipliklerle dokunan kumaşların aşınma dayanımlarına olan etkilerini farklı test metodlarına göre incelemiştir. Çalışmanın ikinci kısmında şönil ipliklerdeki hav iplik tipi ve inceliklerinin, iplik ve kumaş aşınmaları sonucu oluşan kütle kayıplarına etkisini araştırmıştır. Ayrıca iplik yapısal özelliklerine ve üretim parametrelerine bağlı olarak şönil ipliklerin numarasını tahmin edebilecek bir bağıntı geliştirmiştir. Çalışma kapsamında, şönil kumaşların aşınma özelliklerini etkileyen parametrelerin incelenmesi amacıyla Nm 4 numarada farklı özelliklerdeki şönil iplikler üretilmiştir. Şönillerin bağ ipliklerinde akrilik kesik elyaf, hav ipliklerinde ise viskon, akrilik, penye ve karde pamuk iplikleri kullanılmıştır. Şönil iplik aşınma özelliklerini incelemek için ise %100 yün ve %50/50 yün/poliester karışımlı şönil iplikler üretilmiş ve bunlar kullanılarak örme kumaşlar elde edilmiştir. Şönil iplik numarasının tahminlenmesi amacıyla geliştirilen bağıntının bulunduğu bölüm için ise Nm 4 ve Nm 6 numarada farklı özelliklerde şöniller üretilmiş ve bu iplikler kullanılarak dokuma kumaşlar elde edilmiştir. Dördüncü bölümde ise vakumlu buharlama işlem parametrelerinin şönil iplik özelliklerine etkilerini tespit etmek amacıyla farklı üretim parametrelerine sahip viskon ve akrilik şönil iplikler üretilmiş ve bu ipliklerle dokuma kumaşlar üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda hav malzemesi, şönil iplik büküm miktarı, hav boyunun iplik ve kumaş aşınma dayanımları üzerinde etkili olduğu; kütle kaybı değerlerinin havda sirospun iplik bulunması ile azalma, iki katlı ring iplik bulunması ile artma gösterdiği; vakumlu buharlama işleminin şönil iplikler boyanmayacaksa önerildiği ve bu işlem sonucu iplikte mukavemet ve aşınma dayanımlarında artış olduğu belirtilmiştir.

Çeven ve Özdemir (2007), şönil ipliklerin iplik parametrelerinin kaynar su çekmesi davranışlarına olan etkisini belirlemek amacıyla bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Bu amaçla farklı numaralarda (237 ve 158 tex), hav

uzunluklarında (0,7 ve 1 mm) ve büküm değerlerinde (750-800 tur/m, S büküm) şönil iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. Şönil iplik yapılarında havda viskoz, bağda ise akrilik iplikler kullanılmıştır. Üretilen şönillerin boyutsal stabilitesini tespit etmek için kaynar su çekmesi testleri uygulanmıştır. Test sonuçları bulanık mantık yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonunda iplik numarasının iplik çekme davranışları üzerinde önemli etkisinin olduğu, yüksek büküm ve düşük hav uzunluklarında daha düşük çekme değerleri elde edildiği belirtilmiştir. Ayrıca bulanık mantık modellerinden ve deneysel çalışmadan elde edilen sonuçların karşılaştırılmasıyla, ölçülen ve tahminlenen iplik çekme değerlerinin arasında güçlü bir doğrusal ilişki olduğu saptanmıştır.

Tekoğlu (2007), tez çalışmasında fantezi iplik kullanımının örme ve dokuma kumaş performansına etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla akrilik, poliester, pamuk ve viskon hammaddeleri kullanarak Nm 3 numarada, makarna ve şönil iplikleri üretilmiştir. Elde edilen fantezi iplikler düz örme makinasında RL düz örgü yapısında örülmüştür. Ayrıca 150 denye çözgü ipliği kullanılarak çözgü ribsi örgüsünde döşemelik kumaş üretimleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan testler sonucunda, aşınma dayanımı en düşük olan kumaşların viskon hammaddeli olanlardan oluştuğu; kumaşlara uygulanan yıkama-kurutma sayısı arttıkça enden ve boydan çekme yüzdesinin arttığı, en düşük enden ve boydan çekme yüzdesinin akrilik kumaşlarda görülürken en yüksek enden ve boydan çekme yüzdesinin ise viskon kumaşlarda görüldüğü; en düşük patlama mukavemeti değerlerini viskon, en yüksek patlama mukavemeti değerlerini ise akrilik ipliklerden üretilen kumaşların verdiği; makarna ipliklerden üretilen kumaşların şönil ipliklerden üretilen kumaşlarla kıyaslandığında daha yüksek aşınma dayanımı, patlama mukavemeti ve eğilme dayanımı değerleri verdiği belirtilmiştir.

Tekoğlu ve Kavuşturan (2007), çalışmalarında akrilik, poliester, pamuk ve viskon iplikler kullanarak şönil ve makarna fantezi iplik üretimleri gerçekleştirmiş ve bu ipliklerden düz örme kumaşlar elde etmişlerdir. Üretilen örme kumaşların

aşınma dayanımı, patlama mukavemeti ve eğilme dayanımları incelenmiş ve sonuçlar istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Nm 3 incelikte üretilen şönil ve makarna ipliklerinden şönillerde 2 zemin, 3 efekt ipliği, makarna ipliklerinde ise 2 zemin, 1 efekt ipliği ve 2 fitil kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre en düşük aşınma dayanımını viskon şönil iplikler vermiştir. Makarna ipliklerinin ise şönillere göre daha yüksek aşınma dayanımı ve patlama mukavemeti değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Eğilme dayanımlarına bakıldığında ise makarna iplikleri kullanılarak üretilen kumaşların sıra ve çubuk yönlü eğilme dayanım rijitliği, şönil ipliklerden üretilen kumaşlara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Çeven (2009), çalışmasında şönil ve flok iplikleri ile dokunmuş kumaşların aşınma dayanımları incelenmiştir. Bu amaçla, şönil iplikler şönil iplik makinalarında, farklı büküm seviyelerinde (820, 860, 900 ve 940 T/m) üretilmiştir. Flok iplikler poliester temel ipliğin üzerine yapıştırıcı kaplanıp, poliester hav iplikleri ile çevrilmesiyle oluşturulmuştur. Sonrasında ise şönil ve flok ipliklerin (270 tex) atkıda atıldığı dokuma kumaş üretimleri yapılmıştır. Kumaşların üretimleri farklı sıklık (10, 12 ve 14 tel/cm) ve örgü tiplerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, flok iplikleri ile üretilmiş kumaşların, şönil kumaşlara göre aşınma dayanımlarının daha iyi olduğu, yüksek bükümlü şönil iplikleri kullanılarak dokunan kumaşlarda daha iyi aşınma dayanımı değerleri elde edildiği belirtilmiştir.

Tayyar (2010), çalışmasında ev tekstili olarak kullanılan döşemelik, perdelik ve nevresimlik dokuma kumaşların bazılarının farklı üretim parametrelerinin kumaş patlama mukavemetine etkilerini araştırmıştır. Döşemelik kumaşların çözgüsünde poliester, atkısında ise pamuk/akrilik, viskon/pamuk/akrilik karışımlı iplikler kullanılmıştır. Tekstil materyallerinin işlenmeleri ve kullanılmaları sırasında göstermiş oldukları performanslarını değerlendirmek amacıyla mukavemet testlerine başvurulmuştur. Sonuç olarak, atkı ve çözgü ipliklerinin sıklık ve kalınlık değerlerinin kumaş patlama mukavemetini etkilediği görülmüştür.

Tekoğlu ve Kavuşturan (2011), çalışmalarında dört farklı hammaddedeki (% 100 akrilik, pamuk, poliester, viskon) şönil ve makarna ipliklerinden elde edilen döşemelik kumaşların aşınma ve gerilme dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda malzeme tipi ve fantezi iplik yapısının aşınma direnci ve mukavemet değerlerini etkilediği görülmüştür. Makarna ipliklerde şönil ipliklere göre daha az ağırlık ve mukavemet kayıplarına rastlanmıştır. Şönil kumaşların kalınlık değerleri ise makarna ipliklerinden elde edilen kumaşlara göre daha yüksektir. Pamuk ve poliester ipliklerin diğerlerine göre daha az aşındığı saptanmıştır.

Yavuzkasap (2011), yaptığı çalışmada döşemelik dokuma kumaşlar, üretim teknikleri ve uygulanan performans testleri hakkında bilgiler vermiş ve numune olarak ürettirilen döşemelik kumaşların mekanik özelliklerini incelemiştir. Piyasada döşemelik kumaşlarda genel olarak doğal liflerden pamuk, yün, kaşmir, tiftik, keten liflerinin, kimyasal liflerden ise poliester, poliakrilnitril, naylon, viskon, tencel gibi liflerin kullanıldığını belirtmiştir. Çalışmadaki numune kumaşlarda ise çözgüde poliester ve sürtünme test sonuçlarının iyi olması nedeniyle rayon, atkıda ise poliester ve pamuk kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin metrekare ağırlığı, kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma mukavemeti, ipliklerin dikiş kaymasına karşı mukavemeti, aşınma dayanımı, yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığı olmak üzere fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre lif cinsi, örgü yapısı ve atkı sıklığının kumaşların mekanik özellikleri üzerinde meydana getirdiği etkiler, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, atkı ipliğinde kesikli poliester kullanılarak dokunan kumaşların pamuk ile dokunanlara göre daha yüksek mukavemet değerleri gösterdiği; poliester çözgülü kumaşlarda atkı sıklığı artışı ile kopma uzaması değerlerinin arttığı; poliester çözgülü döşemelik kumaşlarda atkıda pamuk kullanılan kumaşların kesikli poliester kullanılan kumaşlara göre aşınma ile daha fazla kütle kaybı gerçekleştiği belirtilmiştir.

Turan (2011), tez çalışmasında ham, bobin boyalı ve çile boyalı şönil iplikler üretmiş ve bu iplikleri dokumada atkı ipliği olarak kullanmıştır. Çalışmada,

şönillerin yapısal özelliklerinin bu iplikler kullanılarak dokunan kumaşların boncuklanma, aşınma dayanımı ve haslıkları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Aynı numara ve büküm değerindeki aynı hammaddeye sahip şönil iplikler kendi arasında ham ve boyalı olarak mukayese edildiğinde genel olarak boyalı ipliklerin mukavemet değerlerinde düşüş olduğu; şönil ipliklerinin ham veya boyalı oluşunun ICI Pilling Box yöntemine göre yapılan boncuklanma değeri üzerinde etkisi olmadığı; ipliği boyalı kumaşların hepsinde ham hallerine göre kütle kaybının daha fazla olduğu gibi sonuçlara ulaşılmıştır.

Babaarslan ve Telli (2013), yaptıkları çalışmada şönil ipliklerin giyim konforunu geliştirerek denimde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada %100 pamuk şönil ve ring iplikleri kullanılmıştır. Aynı gramajdaki klasik denim kumaşla, atkısında şönil ipliği kullanılmış denim kumaşın kopma mukavemeti, kopma uzaması, yırtılma mukavemeti ve aşınma dirençleri arasındaki fark incelenmiştir. Sonuç olarak şönil ipliğin tipik özelliği olan düşük aşınma değerlerinin aksine, tahmin edilenlerden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen kumaşın yırtılma mukavemeti, kopma mukavemeti ve uzaması bakımından da kabul edilebilir seviyelerde değerler aldığı görülmüştür.

İlhan ve Yarar (2016), çalışmalarında şönil iplikte büküm kısalmasını matematiksel ve istatistiksel metodlar kullanarak üretim öncesi tahminlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla, 27 farklı şönil iplik üretimi gerçekleştirmişlerdir. Teorik yaklaşımda, geometrik metodlar ile bazı varsayımlara dayanarak matematiksel bir model geliştirilmiştir. İstatistiksel yaklaşımda veriler iki parçaya ayrılmış, bunlardan 20'sine aşamalı regresyon analizi uygulanmıştır. Kalan 7 veri ise doğrulama amaçlı kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda sözkonusu iki yaklaşımla elde edilen modellerin, kabul edilebilir seviyede şönil iplikte büküm kısalma değerleri verdiği belirtilmiştir.

İlhan (2017), çalışmasında teorik ve istatistiksel yaklaşımlar kullanarak şönil ipliklerin mukavemet-uzama özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın amacı bazı şönil iplik üretim parametreleri göz önüne alınarak, üretim öncesinde şönil iplik

mukavemetini matematiksel modeller yardımıyla tahminlemektir. Çalışma kapsamında %100 penye pamuk iplikler kullanılarak 27 adet şönil iplik üretimi yapılmıştır. Bağ ve hav ipliklerinde Ne 30, 36, 40 olmak üzere üç farklı numarada çalışılmıştır. Büküm seviyeleri ise 650, 700, 900 T/m olarak seçilmiştir. Matematiksel ve istatistiksel modeller değerlendirilip mukavemet özelliklerini tahminlemek amacıyla performans özellikleri karşılaştırılmış, şönil ipliğin kopma kuvvetinin teorik ve istatistiksel modeller ile tahmin edilebileceği kanıtlanmıştır.

Çeven ve Şardağ (2017), çalışmalarında fantezi ipliklere uygulanan genel kalite kontrol test yöntemlerini derlemişlerdir. Fantezi ipliklere uygulanan standart test yöntemleri olarak doğrusal yoğunluk testi, büküm testi, mukavemet testi, iplik profili testi, iplik görünümü tespiti, efekt dayanıklılığının takibi konularına değinilmiştir. Ayrıca tekstil sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan şönil, flok, şantuk iplik gibi bazı fantezi iplik çeşitlerine uygulanan spesifik testlerden de bahsedilmiştir.

Kartal (2017), tez çalışmasında şönil döşemelik kumaşlarda konstrüksiyon ve su iticilik apresinin kumaş performans özelliklerine etkisini araştırmıştır. Bu amaçla, poliester, akrilik ve viskon havlı 6 adet şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Şönil ipliklerin bağ ipliklerinde pamuk kullanılmış ve 0,8 ve 1,2 mm olmak üzere 2 farklı hav yüksekliğinde çalışılmıştır. Üretilen şöniller atkıda kullanılarak döşemelik kumaş üretimleri yapılmıştır. Sonrasında bu kumaşlara %60 ve %80 emdirme oranında su iticilik apresi uygulanmıştır. Sonuç olarak, su iticilik apre uygulamasının aşınma dayanımı, dikiş kayması ve yumuşaklık özelliklerini olumlu olarak etkilediği, söz konusu özelliklerin hav hammaddesi, hav yüksekliği ve emdirme oranı gibi parametrelerden farklı şekillerde etkilendiği belirtilmiştir.

Özkan ve İlhan (2019) yaptıkları çalışmada metal kompozit şönil iplik üretimi gerçekleştirmiş ve bu şönillerden örme kumaşlar elde edip performans özelliklerini araştırmışlardır. Bu amaçla üretilen kompozit şönil ipliğin hav ipliğinde Ne 30/1 penye pamuk ring ipliği, bağ ipliğinde ise Ne 30/1 penye pamuk

ring ipliği ile gümüş kaplı PA 6 multifilamentin katlanıp bükülmesi ile elde edilen kompozit iplikleri kullanmışlardır. Kontrol grubunu oluşturan şönilde ise bağ ve hav yapılarında Ne 30/1 penye pamuk ring ipliklerini kullanmışlardır. Elde edilen şönillerle süprem örgü yapısında kumaşlar üretilmiştir ve bazı performans testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, kompozit kumaşın kontrol kumaş örneğinden 6 kat fazla aşınma dayanımına sahip olduğu, daha düşük yüzey özdirenci gösterdiği ve yapısında gümüş kullanılmasına rağmen antibakteriyel özellik göstermediği görülmüştür.

Zervent Ünal ve ark. (2019), çalışmalarında su iticilik apresinin şönil döşemelik kumaşların performans özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla hav hammaddesi poliester, akrilik ve viskon olan ve iki faklı hav yüksekliğinde (0,8 ve 1,2 mm) 6 farklı şönil iplik üretimi yapılmış ve bu ipliklerin atkıda atıldığı şönil döşemelik kumaş üretimleri gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ise kumaşlara florokarbon esaslı su iticilik apre kimyasalı ile %60 ve %80 emdirme oranlarında su iticilik apre uygulaması yapılmış ve kumaşların aşınma dayanımı ve su iticilik performans özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda su iticilik apre uygulaması uygulanan tüm kumaşlarda aşınma dayanımlarının pozitif yönde etkilendiği ve dolayısıyla kütle kayıplarının daha az olduğu görülmüştür. Ayrıca, apre işlemi sonrasında hav hammaddesi akrilik ve hav yüksekliği 0,8 mm olan kumaşlarda emdirme oranı arttıkça kütle kaybının azaldığı görülmüş, hav yüksekliği 1,2 mm olan kumaşlarda ise emdirme oranı ile kütle kaybı arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmemiştir.

Bilgin Yücel (2019), tez çalışmasında havlı yapısından ötürü giysi konforunu etkileyebilecek özellikte olmasından dolayı şönil iplikleri denim kumaş üretiminde kullanmayı amaçlamıştır. Bu amaçla, 6 farklı tip şönil ipliği ile 8 farklı tip elastan içerikli toplam 14 adet şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada termal viskon olarak adlandırılan Viloft lifleri ve farklı oranlardaki karışımları kullanılarak üretilen iplikler, şönil iplik yapısına dahil edilmiştir. Sonrasında ise şönil ipliklerin atkıda kullanılmasıyla şönil içerikli denim kumaş üretimleri

gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kumaşların fiziksel özelliklerinin yanı sıra hava, su buharı geçirgenliği, ısıl direnç ve ön kol testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, denim kumaşların hava geçirgenliğinin, kumaş yapısında daha pürüzlü ve hacimli şönil ipliklerin kullanımı ile azaldığı, ayrıca geliştirilen denim kumaşların ısıl direnç özelliği üzerinde şönil ipliklerde tercih edilen hav ipliği tipinin önemli etkisinin olduğu belirtilmiştir.

Kaplan ve ark. (2020), çalışmalarında hav ipliklerinde poliester filamentler, poliester ile termal viskon olarak bilinen viloft karışımları ve akrilik kullanılan şönil iplik üretimleri yapmış ve bu ipliklerin atkıda kullanıldığı denim kumaş üretimlerini gerçekleştirmişlerdir. Sonrasında ise üretilen denim kumaşların termal konfor parametrelerini incelemişlerdir. Çalışmada objektif ölçümlerin yanı sıra ön kol testleri de uygulanmıştır. Sonuç olarak, şönillerde kalın ve kaba hav malzemesi kullanılarak üretilen kumaşlarda hava ve su geçirgenliğinin azaldığı; termal direncin ise kesitteki filament sayısından etkilendiği belirtilmiştir.

2.3. Tekstil Üretiminde Kullanılan Optimizasyon Teknikleri Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Chen ve Leaf (2000), çalışmalarında endüstriyel ve evsel uygulamalar için tasarladıkları kumaşlara ait bazı yapısal parametrelerin ve maliyetin en iyilenmesini amaçlamışlardır. Bu kapsamda, dokuma kumaş maliyetini veren eşitlik amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Kumaşın fiziksel ve mekanik özelliklerinden yola çıkarak elde edilen 8 adet eşitlik ise kısıtlayıcı olarak problemde ele alınmıştır. Çalışmada optimal sonuçları elde edebilmek için MECHFAB yazılımı kullanılmıştır.

Majumdar ve Majumdar (2004), çalışmalarında pamuklu ring ipliklerin kopma uzamalarını tahminlemek için matematiksel, istatistiksel ve YSA modellerini kullanmış ve tahmin güçlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak en yüksek korelasyon katsayısı R=0,938 ile YSA modellerinde elde edilmiş, bu modelleri sırası ile matematiksel ve istatistiksel modeller izlemiştir. Dolayısıyla

YSA modellerinin tahmin gücünün diğer modellerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Zervent Ünal (2007), tez çalışması kapsamında havlu kumaşların birim üretim maliyetinin ve performans özelliklerinin en iyilenmesinin amaçlandığı optimizasyon modelleri oluşturulmuştur. Bu amaçla, farklı fiziksel özelliklerde 47 adet havlu kumaş üretimi yapılıp bu kumaşların fiziksel ve performans özellikleri belirlenmiştir. Sonrasında, testlerden elde edilen veriler kullanılarak istatistiksel analizler yapılmış ve matematiksel modellerde kullanılmak üzere eşitlikler elde edilmiştir. Çalışmada maliyet minimizasyonu ile birlikte farklı performans özelliklerinin en iyilenmesinin sağlandığı 16 adet non-lineer model oluşturulmuş ve çözümleri yorumlanmıştır.

Zeydan (2008), çalışmasında jakarlı dokuma yatak örtüsü kumaşlarının mukavemetinde etkili olan lif, iplik ve kumaş parametrelerinin arasındaki çoklu doğrusal ilişkiyi yapay sinir ağları (YSA) ve Taguchi deney tasarımı metodu kullanarak karşılaştırmalı olarak modellemeyi amaçlamıştır. Sonuç olarak, YSA modelinin minimum karekök ortalama hatası (91,24) ile daha iyi bir yaklaşım sağladığı belirtilmiştir.

Demiryürek (2009), tez çalışmasında poliester/viskon karışımlı open-end rotor iplik özelliklerinin üretim öncesi tahminlenmesi için Yapay Sinir Ağları (YSA) ve istatistiksel modeller oluşturmuştur. Bu kapsamda, 7 farklı karışım oranında üretilen şeritler open-end rotor iplik makinasında 4 farklı rotor hızında ve 4 farklı numarada eğrilmiş ve 112 farklı özellikte toplam 224 adet bobin üretilmiştir. Sonrasında bu ipliklerin kopma kuvveti, mukavemet, kopma işi, uzama, düzgünsüzlük, ince yer, kalın yer, neps, tüylülük değerleri ilgili test cihazları ile tespit edilmiştir. Çalışmada YSA modeli olarak ileri beslemeli, geriye yayılmalı, momentum öğrenme kuralının ve sigmoid transfer fonksiyonun uygulandığı modeller kullanılmıştır. İstatistiksel modeller için simpleks kafes tasarım yapılıp karışım*proses çapraz model oluşturulmuştur. Modellerden elde edilen regresyon denklemleri kullanılarak iplik özelliklerinin tahmini yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, YSA'nın istatistiksel modellere göre daha başarılı sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Mezarcıöz ve Oğulata (2010), çalışmalarında süprem kumaşların patlama mukavemeti değerinin Taguchi ortogonal dizayna göre optimizasyonu amaçlanmıştır. Çalışmada ilk olarak neden-sonuç diyagramından süprem kumaşların patlama mukavemetine etki eden parametreler seçilmiş ve bu parametreler Taguchi ortogonal dizayna göre planlanıp, analiz ve onaylama işlemleri yapılmıştır. Çalışmada kontrol faktörleri; relaksasyon türü, iplik türü ve ilmek iplik uzunluğu olarak belirlenmiş ve örgü yapılarında %100 pamuklu Ne 30/1 ring, open-end ve kompakt iplikler kullanılmıştır. Sonuç olarak, patlama mukavemetine en çok etki eden faktörün iplik üretim tipi olduğu ve faktörü sırasıyla relaksasyon türü ve ilmek iplik uzunluğunun takip ettiği görülmüştür. Süprem kumaşlarda en iyi performans değerini veren kombinasyonun ise Ne 30/1 kompakt iplikten 0,25 cm ilmek iplik uzunluğunda (sık) ve yıkama relaksasyonlu kumaş olduğu belirtilmiştir.

Majumdar ve ark. (2011), çalışmalarında fonksiyonel giysilerin tasarımına yönelik çeşitli modelleme, optimizasyon ve karar verme tekniklerinin kısa bir özetini sunmaktadır. Modelleme kısmında, giysilerin termal özellik ve su iticilik özelliklerine ait modelleme örnekleri regresyon ve yapay sinir ağları yaklaşımları ile açıklanmıştır. Sonrasında, optimizasyon bölümünde ise doğrusal programlama ve genetik algoritma teknikleri kullanılmıştır. Çalışmada, ultraviyole radyasyon koruyucu giysilerin optimizasyonu bir vaka çalışması olarak ele alınmıştır.

Zervent Ünal ve Koç (2011), çalışmalarında havlu kumaşlar için seçilmiş performans özelliklerinden hidrofilite, yumuşaklık ve kopma mukavemetinin aynı anda optimizasyonunun yapıldığı çok amaçlı bir optimizasyon modelinin yanı sıra 4 adet tek amaçlı optimizasyon modelleri oluşturulmuştur. Modellerin çözümü için Lingo 8.0 paket programı kullanılmıştır. Sonuç olarak, seçilen kısıtlar doğrultusunda optimum Yumuşaklık 3,15 kgf; atkı kopma mukavemeti 525,36 N; çözgü kopma mukavemeti 390,93 N; hidrofilite 26,78 sn olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca Lingo 8.0 yazılımı çözüm raporuna göre yumuşaklık, hidrofilite ve mukavemet değerleri belirlenen kısıtlar doğrultusunda mümkün olan en iyi değerlerde olan havlu kumaşın üretilebilmesi için gramaj değerinin 630,97 gr/m^2; hav yüksekliğinin 10,87; atkı ve çözgü sıklıklarının sırasıyla 38,11 tel/2cm ve 58,22 tel/2cm vb. özelliklere sahip olarak dokunması gerektiği belirtilmiştir.

Majumdar ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada poliester-gümüş nanokompozit liflerden elde edilen örgü antibakteriyal malzemelerin performans özelliklerininin optimizasyonunu amaçlamışlardır. Antibakteriyel poliester-gümüş nanokompozit elyaflar, ipliklerin hazırlanması için farklı ağırlık oranlarında normal poliester elyaflarla harmanlanmıştır. Çalışmada, doğrusal programlamada simplex metodu kullanılarak maliyet minimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon modeli için kısıtlayıcı denklemlerin oluşturulmasında kullanılan bağımsız değişkenler nanokompozit liflerin karışım yüzdesi, iplik sayısı ve makine inceliğidir. Bağımlı değişkenler ise antibakteriyal aktivite, hava geçirgenliği ve kumaş gramajı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda performans parametrelerinin değerleri, hedeflenen, optimize edilen ve gerçekleştirilen değerler olarak belirtilmiştir. Amaç fonksiyonunun değeri ise 6,23 $/kg olarak tespit edilmiştir.

Hussain ve ark. (2017), çalışmalarında open-end rotor iplik eğirme sistemi kullanılarak üretilen ipliklerin özelliklerini Taguchi Metodu ve Gri İlişkisel Analiz yöntemiyle optimize etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada, Taguchi deney tasarımına göre open-end rotor iplik makinasında farklı büküm seviyelerinde (500, 550, 600 ve 700 T/m) ve farklı rotor hızlarında (70000, 80000, 90000 ve 100000 d/dk) 30 tex pamuk ipliği üretilmiştir. Sonuç olarak, çalışmada kullanılan pamuk lifleri ve iplik numarasına göre optimum iplik özellikleri 9000 d/dk rotor hızı, 700 T/m büküm seviyesinde gerçekleştiği belirtilmiştir.

Ghosh ve ark. (2019), tekstil üretimi ve yönetiminde kullanılan ileri optimizasyon ve karar verme tekniklerini incelemişlerdir. Kitap 12 başlığa ayrılmış ve tekstil sektöründen örneklerle analitik hiyerarşi süreci (AHP), bulanık AHP, TOPSIS (Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution) gibi

çok kriterli karar verme tekniklerinden; doğrusal programlama, bulanık doğrusal programlama, kuadratik programlama gibi optimizasyon tekniklerinden bahsedilmiştir. Ayrıca kitapta çok amaçlı optimizasyon problemlerine yer verilmiştir.

Türksoy ve ark. (2019), denim kumaşların aşınması sonrası görülen renk farklılıkları için çeşitli kaplama işlem parametrelerinin optimizasyonu üzerine çalışmışlardır. Optimizasyonda seçilen parametreler; sıkma basıncı, kaplama maddesinin viskozitesi, kumaş geçiş hızı, kurutma sıcaklığı ve atkı sıklığı olarak belirlenmiştir. Çalışmada Taguchi metodu kullanılarak değerlendirmeler yapılmış ve bu kapsamda sinyal-gürültü oranı ve varyans analizi kullanılmıştır. Sonuç olarak minimum renk farkı için optimum kombinasyon; 17 tel/cm atkı sıklığı, 30 dPa.s viskozite, 120 ˚C kurutma sıcaklığı, 5 bar sıkma basıncı ve 10 m/dk kumaş geçiş hızı olarak tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Tez çalışması kapsamında atık PET şişelerden elde edilen geri dönüşüm (r-PET) poliester ipliklerin döşemelik kumaşlarda kullanılabilirliğinin araştırılması ve üretim maliyetinin optimizasyonu amaçlanmıştır. Bu kapsamda ilk olarak şönil iplik üretimleri yapılmıştır. Şönil iplik yapılarında bağ ve hav ipliği olarak standart PES iplikler ile aynı numaralarda ve benzer üretim parametrelerinde üretilen r-PET iplikler stapel ve filament formlarda kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan standart %100 PES iplikler Piramit Sentetik İplik San. ve Tic. A.Ş., Göl İplik Şeremet Tekstil Sanayi ve Tic. A.Ş. ve Korteks Mensucat Sanayi Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Geri dönüşüm %100 r-PET poliester iplikler ise Gama Recycle Elyaf ve İplik San. Tic. A.Ş. ve Ertona Tekstil Plastik Kimya Geri Dönüşüm San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan ipliklerin yapısındaki elyaflar ile ilgili genel bilgiler ve iplik özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

3.1.1. Poliester (PES) Lifleri

İngiliz araştırmacılar J.R. Whinfield ve J.T. Dickson 1941'de etilen glikol ve dimetil teraftalattan yola çıkarak lif eldesine uygun bir polimer olan uygun olan polietilen tereftalatı (Terylene) sentezlemişlerdir. Amerika'da ise 1953'de etilen glikol teraflatik asitten Dacron adı verilen poliester lif üretilmiştir. Çıkış maddeleri ayrı olsa da Dacron ve Terylene temelde aynı kimyasal yapıdadır ve her ikisinin de polimeri polietilen teraftalattır. Genel olarak poliester lifler, ağırlıkça en az %85 oranında diol ve diasitin esterini içeren lifler olarak tanımlanırlar (Saçak, 2002: Babaoğul ve ark., 2010).

Poliester lifler, petrolün bir yan ürünü olan polietilen teraftalattan yumuşak çekim metodu ile üretilirler. Polietilen teraftalatın erime sıcaklığı yaklaşık 260˚C'dir. Eriyik hale gelen elyaf hammaddesi hava ile temas etmeden düzelere

pompalanır ve elyaf çekimi gerçekleşir. Düzeden çıkan filament haldeki elyaf sertleşir ve bobinlere sarılmadan önce gerdirilip çekilir. Bu işlem genellikle yüksek sıcaklıkta uygulanır. Böylece üniform filamentler elde edilir. Poliester lifleri filament halinde kullanılacak ise doğrudan bobinlere sarılır. Stapel halde kullanılacak ise istenilen boylarda kesilerek kesik elyaf iplikçiliğinde %100 poliester olarak veya diğer elyaflarla (pamuk, viskon, akrilik vb.) harmanlanarak iplik üretimi gerçekleştirilir (Banazılı, 2006).

Poliester pürüzsüz bir yüzeye ve yuvarlak bir kesite sahip olup, istenildiği taktirde farklı kesitlerde de üretilebilir. Parlak bir liftir, istenildiğinde mat veya yarı mat olarak da üretilebilir. Mukavemetleri üretim şekillerine bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 4.5-5.5 g/denye, kopma anındaki uzama yüzdesi ise %15-25 arasındadır. Aşınma mukavemeti çok iyidir. Esneme yetenekleri normal filament elyafında %15-30, kesikli elyafta %30-50 arasında değişir. Termoplastik bir elyaftır, termofikse olma kabiliyeti iyidir. Bu nedenle çok iyi tekstüre olur. Hidrofobiktir, nem alma değeri %0,4'tür. Sert bir tuşesi vardır. Statik elektriklenme ve pilling elyaftaki en önemli problemdir. Özgül ağırlığı 1,38 g/cm^3'tür (Babaoğul ve ark., 2010).

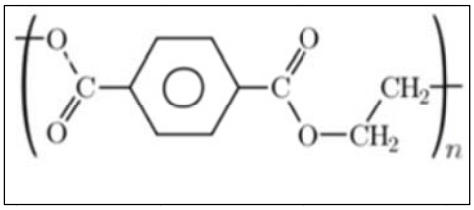
Poliester liflerinin hava, ışık, ağartma maddelerine karşı dayanımı yüksektir. Kuvvetli alkaliler ise liflere zarar verir. Genel olarak asitlere karşı iyi bir dayanıklılık gösterir. Ancak bu dayanıklılık sınırlıdır, yüksek sıcaklıklarda derişik kuvvetli asitlerin etkisiyle poliester lifleri tümüyle parçalanabilmektedir. Güneş ışığına karşı dayanıklılığı birçok liften iyidir, perdelik kumaş olarak kullanılabilir. Bakteri, mantar, küf, güve ve diğer zararlı böcekler liflere zarar vermez.

Poliester lifleri tekstilde oldukça geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tek başına kullanılacağı gibi diğer liflerle de karıştırılarak da kullanılabilir. En çok pamuk lifiyle karıştırılan poliester lifleri yün, akrilik, ipek, viskon ve keten lifi ile de kullanılmaktadır. Giyim alanında takım elbise, iç giyim, gömlek ve dış giyimde mont, kaban, pardösü vb. ürünlerde kullanılırlar. Ev tekstili olarak yatak örtüsü, masa örtüsü, yastık, nevresim, perdelik kumaş, döşemelik kumaş ve halı

yapımında, endüstriyel ürün olarak ise balık ağı, otomobil lastikleri, halat, dikiş ipliği ve yelken bezi yapımında kullanılırlar (https://tekstilbilgi.net/polyester-lifleri.html).

3.1.2. Geri Dönüşüm Poliester (r-PET) Lifleri

PET (Polietilen tereftalat), poliester ailesinden olup polikondenzasyon metodu ile üretilen termoplastik bir malzemedir ve 1941 yılında J.R. Whinfield ve J.T. Dickson tarafından bulunmuştur. Molekül yapısı Şekil 3.1'de görülmektedir (Anabal, 2007; Tayyar ve Üstün, 2009). Polietilen teraftalatın yoğunluğu 1,33-1,37 g/cm³'dür. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 60ºC'dir. Orta sertlikte en çok kullanılan plastiklerden biridir. Açık veya hafif renkli, yarı saydam, suda yüzebilir ve erime sıcaklığı 250ºC'dir. Hızlı yanar, alevleri renksizdir. Yanarken mum kokusu ve sönerken beyaz duman vermektedir. PET kullanılarak çeşitli boyutlarda içme suyu, meyve suyu, soda ve bitkisel yağ şişeleri üretilebilmektedir. Şişeler, günümüzde çoğunlukla PET'in reçine halinin kalıba dökülmesi ile yapılmaktadır. Yüksek ısıya dirençli ve kimyasal olarak kararlı, sağlam, dağılmaya, parçalanmaya ve gaz geçişine dayanıklıdır. Absorbsiyonu düşük olan bir ısıl yumuşar poliesterdir. PET aside, çeşitli çözücülere, petrol ve yağa karşı dirençlidir. Biçimlendirmek güçtür ve yüksek dirençli bir kap olarak kullanılmaktadır (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007). PET tekstil sektöründe yaygın kullanım alanına sahiptir ve üretimi eriyikten lif çekim yöntemi ile yapılmaktadır. Önemli avantajlarından biri yüksek geri dönüşüm kabiliyetine sahip bir polimer olmasıdır.



Şekil 3.1. PET'in molekül yapısı

İlk PET geri dönüşüm projesi 1976 yılında St. Jude Polymers adında bir şirket tarafından başlatılmıştır. Kullanıcı tarafından kullanılıp atılan PET ambalajı PET atığı haline gelmektedir. Geri dönüşüm endüstrisinde bu post-consumer PET olarak adlandırılır. POSTC-PET (post-consumer PET/tüketici sonrası PET) veya r-PET (recyled PET)'in ilk geri dönüşümü 1977 yılında yapılmıştır (Tayyar ve Üstün, 2010).

Günümüzde atık PET şişeler açık çevrim geri dönüşüm yöntemi (open-loop recycling) ile geri dönüştürülerek r-PET iplikler elde edilebilmektedir. Bu yöntem ile ürün farklı üretim sisteminde geri dönüştürülüp, farklı bir kullanım alanına sahip olabilmektedir (Payne, 2015). Açık çevrim geri dönüşüm sistemi çevresel açıdan büyük faydalar sağlamaktadır. Bu yöntemle ürünlerin yaşam döngüsü uzayıp bertaraf işlemleri gecikmektedir.

Geri dönüşüm PET elyafı, kimyasal yöntemlerle yıkanarak temizlenen ve mekanik yöntemlerle parçalanan PET şişe ve ambalaj atıklarından elde edilen PET talaşlarının termal proseslerle elyafa dönüştürülmesi ile üretilmektedir. Kullanılmış PET atıklar diğer atıklardan ayıklanarak ayırma, parçalama, sıcak & soğuk yıkama ve kurutma işlemlerinden geçirilerek PET talaşları elde edilmektedir (Kaplan ve ark., 2019). Elyaf üretimi için PET talaşları eriyikten lif çekim yöntemi ile düzelerden geçirilerek kullanılabilir lif formuna dönüştürülmektedir. Böylece tüketici sonrası/kullanılmış PET'ler açık çevrim geri dönüşüm yöntemi ile mekanik olarak geri dönüştürülebilmektedir. Bu sayede tekstil endüstrisinden farklı bir alanda üretilen bir ürünün (gıda veya içecek endüstrisi), ürün yaşam döngüsü uzatılarak tekstil ve hazır giyim endüstrisine katkısı sağlanmaktadır (Payne, 2015).

PET liflerinin geri dönüşüm ile elde edilmesinde mekanik (flake to fibre) ve yarı mekanik (flake to pellet) yöntemler kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de lifler elde edilirken eriyikten çekim işlemi yapılmaktadır fakat mekanik yöntemde PET talaşlarından doğrudan lif elde edilirken, yarı mekanik yöntemde PET talaşları tekrar ince kıyım işlemine tabi tutulduktan sonra cips haline dönüştürülüp ekstrude edilmektedir. Ayrıca, mekanik metotta %99'luk (1,01 kg flake-1 kg lif) bir

malzeme verimi varken yarı-mekanik metotta %94 (1,07 kg flake-1 kg cips) verimle çalışılmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak r-PET lif eldesinde %60'a varan enerji tasarrufları gerçekleşmektedir (Shen ve ark., 2010; Telli, 2011).



Şekil 3.2. PET atıklarından r-PET iplik üretimi (Kaplan ve ark., 2019)

3.1.3. İplik Özellikleri

Bu kısımda çalışmada üretilen döşemelik kumaşlardaki şönil ipliklerin yapısında kullanılan standart (virgin) poliester (PES) ve geri dönüşüm (r-PET) poliester ipliklerin ve çözgü ipliğinin özellikleri verilmiştir. Bu kapsamda bu ipliklere sırasıyla numara, büküm, mukavemet-uzama ve iplik düzgünsüzlüğü testleri uygulanmıştır. Çizelge 3.1 ve 3.2 ve 3.3'de kesikli ve filament ipliklere ait elyaf ve iplik özellikleri görülmektedir.

Çizelge 3.1. Kesik elyaf r-PET ve PES iplik özellikleri

İplik No (Nm) ve hammadde	Elyaf Özellikleri	İplik Üretim Sistemi	Büküm (T/m)	Kopma Mukavemeti (cN/tex)	Kopma Uzaması (%)
Nm 68/1 r-PET	1,3 dtex, 38 mm	Zinser 351 Ring İplik Makinası	860	17.6	12,02
Nm 47/1 r-PET	1,3 dtex, 38 mm	Zinser 351 Ring İplik Makinası	750	18.2	11,9
Nm 68/1 PES	1,2 dtex, 38 mm	Rieter G33 Ring İplik Makinası	896	29.5	11,7
Nm 47/1 PES	1,2 dtex, 38 mm	Rieter G33 Ring İplik Makinası	725	30.3	11,35

Çizelge 3.2. Kesik elyaf r-PET ve PES iplik düzgünsüzlük ve hata değerleri

İplik No (Nm) ve hammadde	Düzgünsüzlük (%CVm)	Kalın yer (+50%)	İnce yer (-50%)	Neps (+200%)
Nm 68/1 r-PET	16,78	66	92	30
Nm 47/1 r-PET	20,23	406	637	453
Nm 68/1 PES	19,05	987	1697	371
Nm 47/1 PES	15,57	46	62	61

Çizelge 3.3. r-PET ve PES filament iplik özellikleri

İplik inceliği ve hammaddesi	Kopma Mukavemeti (cN/tex)	Kopma Uzaması (%)
150 denye 36 filament PES	36,2	19,76
300 denye 72 filament PES	35,52	19,79
150 denye 36 filament r-PET	35	24,2
300 denye 72 filament r-PET	33,79	28,87

Çizelge 3.2 incelendiğinde Nm 68/1 PES ipliğin normal kesitinin kütlesinden %50 daha az yer kaplayan bölge sayısının, başka bir ifadeyle ince yer sayısının fazla olduğu görülmektedir. Bu iplikler, Çizelge 3.5'te yer alan üretim

planına göre şönil ipliklerin bağ iplik yapısında katlı olarak çalışılmıştır ve katlanan ipliklerde düzgünsüzlük azalmıştır.

Çalışmada üretilen döşemelik kumaşlarda atkıda şönil iplikler, çözgüde ise 150 denye 48 filament poliester filament iplik kullanılmıştır. Söz konusu çözgü ipliğine ait iplik özellikleri Çizelge 3.4'te görülmektedir.

Çizelge 3.4**.** Çözgü ipliği özellikleri

İplik inceliği ve hammaddesi	**Kopma Mukavemeti (cN/tex)**	**Kopma Uzaması (%)**
150 denye PES filament	38,94	23,09

3.2. Metod

Bu kısımda çalışmada elde edilen numunelerin üretim yöntemleri ve numunelere uygulanan testler hakkında bilgi verilmiştir.

Üretim aşaması; şönil iplik üretimi ve döşemelik kumaş üretimi şeklinde iki ana başlık altında toplanarak üretimde kullanılan makineler ve üretim parametreleri izleyen çizelge ve şekiller yardımıyla ortaya konulmuştur.

Numunelere uygulanan testler ise iplik testleri ve kumaş testleri olarak iki bölümde verilmiş ve ilgili standartlar belirtilerek testlerin yapılışı ve kullanılan alet, cihaz, malzeme vb. ile ilgili bilgiler ayrıntılı şekilde sunulmuştur.

3.2.1. Şönil İplik Üretimi

Çalışma kapsamında kesik elyaf ve filament standart PES ile geri dönüşüm (r-PET) iplikler kullanılarak Çizelge 3.5'deki üretim planı oluşturulmuştur ve bu doğrultuda 8 ayrı tip grubunda ve toplamda 32 adet şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretim planına göre şönil ipliklerin yapısındaki bağ ve hav ipliklerinde Nm 68/2, Nm 47/1 ve Nm 68/1 kesik elyaf %100 PES iplikler ile 150 denye 36 filament ve 300 denye 72 filament PES tekstüre iplikler ve tüm bu ipliklerle aynı numaralarda ve benzer üretim parametrelerinde üretilen r-PET

iplikler kullanılmıştır. Üretimlerde 2 farklı hav uzunluğunda (0,8 ve 1,2 mm) çalışılmıştır. Ayrıca, Çizelge 3.5'te görüldüğü üzere şönil ipliklerin üretiminde sabit numara değerinde çalışabilmek için bazı tiplerde rotora beslenen hav iplik sayısı 2, bazı tiplerde ise 3 adet olarak belirlenmiştir. Şönil ipliklerin üretimleri ve testleri Kadifeteks Mensucat San. A.Ş.'de gerçekleştirilmiştir. Ayrıca firmanın ürün gamına dikkat edilerek hazırlanan üretim planında kesik elyaf Nm 68/1 PES ve r-PET iplikler katlı olarak (Nm 68/2) kullanılmıştır.

Çizelge 3.5. Şönil İplik Üretim Planı

Şönil İplik Tipi	**Bağ (Kilit) İpliği**	**Hav İpliği**	**Hav Yüksekliği (mm)**
1A	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	1,2
1B	Nm 68/2 PES (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	1,2
1C	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	1,2
1S (Standart)	Nm 68/2 PES (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	1,2
2A	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	0,8
2B	Nm 68/2 PES (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	0,8
2C	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	0,8
2S (Standart)	Nm 68/2 PES (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	0,8
3A	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	150 denye r-PET (2 adet)	1,2
3B	Nm 68/2 PES (2 adet)	150 denye r-PET (2 adet)	1,2
3C	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	150 denye PES (2 adet)	1,2
3S (Standart)	Nm 68/2 PES (2 adet)	150 denye PES (2 adet)	1,2
4A	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	150 denye r-PET (2 adet)	0,8
4B	Nm 68/2 PES (2 adet)	150 denye r-PET (2 adet)	0,8
4C	Nm 68/2 r-PET (2 adet)	150 denye PES (2 adet)	0,8
4S (Standart)	Nm 68/2 PES (2 adet)	150 denye PES (2 adet)	0,8
5A	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	300 denye r-PET (2 adet)	1,2
5B	Nm 47/1 PES (2 adet)	300 denye r-PET (2 adet)	1,2
5C	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	300 denye PES (2 adet)	1,2
5S (Standart)	Nm 47/1 PES (2 adet)	300 denye PES (2 adet)	1,2

Çizelge 3.5'in devamı

Şönil İplik Tipi	Bağ (Kilit) İpliği	Hav İpliği	Hav Yüksekliği (mm)
6A	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	300 denye r-PET (2 adet)	0,8
6B	Nm 47/1 PES (2 adet)	300 denye r-PET (2 adet)	0,8
6C	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	300 denye PES (2 adet)	0,8
6S (Standart)	Nm 47/1 PES (2 adet)	300 denye PES (2 adet)	0,8
7A	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	1,2
7B	Nm 47/1 PES (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	1,2
7C	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	1,2
7S (Standart)	Nm 47/1 PES (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	1,2
8A	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	0,8
8B	Nm 47/1 PES (2 adet)	Nm 68/1 r-PET (3 adet)	0,8
8C	Nm 47/1 r-PET (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	0,8
8S (Standart)	Nm 47/1 PES (2 adet)	Nm 68/1 PES (3 adet)	0,8

Şönil ipliklerin üretimlerinde Şekil 3.3'de görülen 128 adet kafa ünitesine sahip MİSPA RB104 model şönil iplik makinası kullanılmıştır.



Şekil 3.3. MİSPA RB104 şönil iplik makinası

Şönil iplik numaralarının tüm ipliklerde Nm 3,8 olmasını sağlamak için rotor devrinde gerekli ayarlamalar yapılmıştır. İpliğe uygulanan teorik büküm değeri S yönünde 900 T/m olarak ayarlanmıştır. Şönil iplik makinesinde ortalama üretim hızı 7,6 m/dk, ortalama rotor devri 11900 d/dk, ortalama iğ devri 6460 d/dk olarak uygulanmıştır. Kullanılan şönil iplik makinasının teknik özellikleri Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Şönil iplik makinasının teknik özellikleri

Bilezik çapı	11,5-13 cm
Maksimum üretim hızı	9,6 m/dk
Maksimum iğ hızı	9000 d/dk
İğ sayısı	128
Şönil iplik numara aralıkları	Nm 1,4-8
Kesim tipi	Döner bıçaklı

Şönil iplik makinesinde üretilen şönil ipliklerin aktarma ve elektronik temizleyiciden geçirilmesinin ardından Şekil 3.4'de görülen FRM / F0 1500B model fikse makinasında 60˚C' sıcaklıkta doymuş buhar ile 30 dk süreyle muamele edilerek fikse edilmiştir.



Şekil 3.4. FRM / F0 1500B fikse makinası

3.2.2. Şönil İplik Testleri

Tez çalışması kapsamında üretilen şönil ipliklere Kadifeteks Mensucat San. A.Ş. ve Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü fiziksel test laboratuvarlarında bulunan ilgili test cihazlarında iplik numara, büküm, mukavemet ve uzama, iplik aşınma dayanımı uygulanmıştır.

Testler öncesinde şönil iplikler "TS EN ISO 139 Tekstil-Kondisyonlama ve deneyler için standart atmosfer şartları" standardına göre kondisyonlanmış ve sonrasında testler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. İplik Numarası Tayini

TS 244 EN ISO 2060 Tekstil-İplikler-Doğrusal Yoğunluk (Birim Uzunluk Başına Kütle) Tayini – Çile Metodu' standardı esas alınmış ve üretimi yapılan tüm şönil ipliklerin numarası tayin edilmiştir. Deney standart atmosfer şartlarında (20 ± 2ºC, % 65 ± 2) yapılmıştır. Numara tayini için Alfred Suter marka numara çıkrığı kullanılmıştır ve standarda göre doğrusal yoğunluğu 100 tex'ten büyük olan şönil iplikler için 10 m uzunluğunda olacak şekilde çile halinde 20 adet numune alınmıştır. Çileler çıkrıktan alınıp hassas terazide ağırlıkları tespit edilmiş ve gerekli dönüşümler yapılarak numaraları belirlenmiştir.

3.2.2.2. İplik Bükümü Tayini

İplik bükümü tayini için şönil ipliklere 'TS EN ISO 2061 Tekstil-İpliklerde Büküm Tayini-Doğrudan Sayma Metodu' standardı esas alınmış ve 'çift katlı ipliklerde büküm tayini' testi uygulanmıştır. Büküm tayini için James H. Heal marka cihaz kullanılmış ve üretimi yapılan her şönil iplik için 50 cm uzunluğunda 10 adet numune test edilmiştir. Şönil ipliklerin bağ iplikleri birbirinden tamamen ayrıldığında, büküm açıldığında cihaz durdurulmuş ve sonuçlar tur/m olarak kaydedilmiştir.

3.2.2.3. İplik Mukavemeti ve Uzaması Tayini

Çalışmada yer alan şönil iplik numunelerinin mukavemetlerini ölçmek amacıyla 'TS EN ISO 2062 Tekstil-Paketlerden alınan iplikler- Tek ipliğin kopma kuvvetinin ve kopma anındaki uzamasının sabit hızlı uzama cihazı (CRE) kullanılarak tayini' standardı esas alınarak testler uygulanmıştır. Çalışmada Uster Tensorapid 4 ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazda çeneler arasındaki mesafe 500 mm, çene hızı 5000 mm/dk olarak ayarlanmıştır. Üretimi yapılan her şönil iplik için 10 ölçüm yapılmış ve ortalama değerler elde edilmiştir. Test sonucunda mukavemet (cN/tex), uzama (%) ve %CV değerleri belirlenmiştir.

3.2.2.4. İplik Aşınma Dayanımı Tayini

İpliklerin aşınma dayanımının tespiti için belirlenen herhangi bir standart bulunmamaktadır. Fakat iplik aşınma dayanımları ile ilgili yorum yapabilmek için piyasada bazı test cihazları mevcuttur. Çalışma kapsamındaki şönil ipliklerin aşınma dayanımlarının tespiti için SDL Atlas Y07 Yarn Abrasion Tester cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.5). Test için cihazın çeneleri arasına 5 adet iplik takılmış ve bu iplikler zımparalı bir döner silindir yardımıyla aşındırılmıştır. Zımpara olarak English Abravis & Chemicals Limited firmasına ait su geçirmez özellikteki silikon carbid esaslı Supraflex Paper 180 numara kağıt kullanılmıştır. Tüm iplikler aşınıp koptuğu anda cihaz durmuş ve o andaki tur sayısını her bir iplik için vermiştir. Çıkan 5 değerin ortalaması alınarak aşınma değeri bulunmuştur.



Şekil 3.5. İplik aşınma dayanımı test cihazı

3.2.3. Döşemelik Kumaş Üretimi

Şönil iplik numunelerinin üretimleri gerçekleştikten sonra Kadifeteks Mensucat San. A.Ş.'de 32 farklı döşemelik kumaş üretimi yapılmıştır. Döşemelik kumaşlar Dornier HTVJ model, Jakarlı tezgahlarda işletme şartlarında dokunmuştur. Dokuma makinasında, mevcut durumdaki çözgü ipliklerine üretilen şönil iplikleri atkı olarak atılarak üçer metrelik bölümler halinde dokuma işlemi yapılmıştır. Üretilen dokuma kumaşların teknik değerleri ve makina parametreleri Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7**.** Döşemelik kumaşların teknik değerleri ve makina parametreleri

Dokuma tezgahı modeli ve türü	Dornier Model HTVJ, Jakarlı
Tezgah devri	400 d/dk
Dokuma tezgahı eni	190 cm
Kumaş eni	140 cm
Tel adedi	9600
Örgü tipi	5/5 Çözgü ripsi
Atkı tipi	Şönil iplik
Çözgü tipi	Poliester iplik
Atkı iplik no	Nm 3.6 - Nm 4
Çözgü iplik no	150 denye
Atkı iplik sıklığı	10 tel/cm
Çözgü iplik sıklığı	69 tel/cm
Gramaj (Ortalama)	417,34 g/m^2
Metre-tül (Ortalama)	584,27 g/m

3.2.4. Döşemelik Kumaş Testleri

Tez çalışması kapsamında üretilen 32 adet döşemelik kumaş için performans testleri ilgili standartlara göre uygulanmıştır. Söz konusu testler; Marmara Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü ve Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fiziksel Test Laboratuvarlarında standart atmosfer şartlarında (20±2ºC sıcaklık, %65±2 bağıl nem) gerçekleştirilmiştir.

3.2.4.1. Kumaşlarda Gramaj (m^2 ağırlığı) Tayini

Gramaj tayini, kumaşların yapısal özelliklerinin belirlenebilmesi için önemlidir. Gramaj, kumaşın 1 m^2' sinin gram olarak ağırlığını ifade etmektedir. 'TS 251 Dokunmuş kumaşlar- Birim uzunluk ve birim alan kütlesinin tayini' standardına göre dokunmuş veya örülmüş her çeşit kumaşın birim ağırlığı tespit edilebilmektedir. Çalışma kapsamında gramaj tayini için şönil döşemelik kumaşları 100 cm^2'lik kesebilen numune kesici dairesel şablon kullanılmıştır. Her bir kumaştan 3 adet numune alınmış ve hassas terazide tartılmıştır. Ortalama değerler alınıp elde edilen değerlerden hareketle kumaşların 1 m^2' sinin ağırlığı hesaplanmıştır.

3.2.4.2. Kumaşlarda İplik Sıklığı Tayini

TS 250 EN 1049-2 standardına göre kumaşların birim boyundaki atkı ve birim enindeki çözgü ipliği sayıları belirlenmiştir. Sıklık deneyi, lüp kullanarak veya kolaylığına göre birim uzunluktaki atkı ve çözgü tellerini el ile sayarak yapılabilmektedir. Tayin için atkı ve çözgü yönünde 3 ölçüm yapılmış ve elde edilen verilerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır.

3.2.4.3. Kumaşlarda Kıvrım Oranlarının Tayini

Kumaşların kıvrım oranlarının tayini için 'TS 254 Dokunmuş kumaşlar - İmal tarzı - Analiz metotları - Kumaştaki ipliğin kısalma oranının tayini' standardı esas alınmıştır. Dokuma kumaş yapısı içerisinde atkı ve çözgüler birbiri üzerinden atlama yaptıkları için dalgalı bir yol izlemektedir. Bu nedenle atkı ve çözgü ipliklerinin gerçek boyu ile kumaş içerisindeki boyu farklılık göstermektedir. Kıvrım değeri % olarak ifade edilmektedir. Dokumanın örgüsüne, iplik gerginliklerine ve sıklıklarına bağlı olarak değişebilmektedir (Doba Kadem, 2007).

Kıvrım değerlerinin tayini için belirli uzunluktaki kumaşların her iki yönünden çekilen ipliklerin (10 adet) düzeltilmiş ortalama iplik uzunluğu

belirlenerek atkı ve çözgü kıvrım oranları hesaplanmıştır. Kıvrım oranları aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilmektedir.

$$k = (\frac{L2-L1}{L1}) * 100$$

Burada;
k: Kıvrım değeri (%)
L_2: İpliğin gerçek uzunluğu
L_1: İpliğin kumaştaki uzunluğu (kumaş uzunluğu)
olarak ifade edilmektedir.

3.2.4.4. Kumaşlarda Kopma Mukavemeti ve Uzaması Tayini

Bir kumaşın kopma mukavemeti kumaşa çözgü ve atkı doğrultusunda bir yük uygulandığındaki direncidir. Kumaşı oluşturan hammaddelerin özellikleri, iplik özellikleri, kumaş yapısal özellikleri ve kumaşa uygulanan bitim işlemleri kumaşın kopma dayanımını etkileyen önemli parametrelerdir. Kopma mukavemeti ve uzaması deneylerinde geçen teknik terimlerin tanımları aşağıdaki gibidir:

Kopma mukavemeti: Kopma ile sonuçlanan bir çekme deneyinde, deney numunesine uygulanan en büyük kuvvettir. Birimi Newton veya kilogram kuvvet olarak verilir.

Kopma Uzaması: Bir çekme deneyinde boyna meydana gelen uzamanın, ilk boya oranının yüzde olarak verilmesidir.

Uzama (%) = (ΔL / L) × 100 ΔL: Kopma anındaki uzama (mm)
L: Numune ölçme uzunluğu (mm)

Kopma süresi: Ön gerilim verilmiş deney numunesi ile deneye başlandıktan sonra, kuvvetin, en büyük kuvvetin elde edildiği değere gelinceye kadar geçen ve saniye birimi ile ifade edilen süredir.

Test kapsamında TS EN ISO 13934-1 standardı esas alınarak numune kumaşlara çeneler aracılığıyla kuvvet uygulanması ve numunede kopma meydana getiren kuvvet değerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Kumaş kopma dayanımı ve uzamalarının tespiti için Şekil 3.6'da görülen Instron 4411 model mukavemet test cihazı kullanılmıştır.



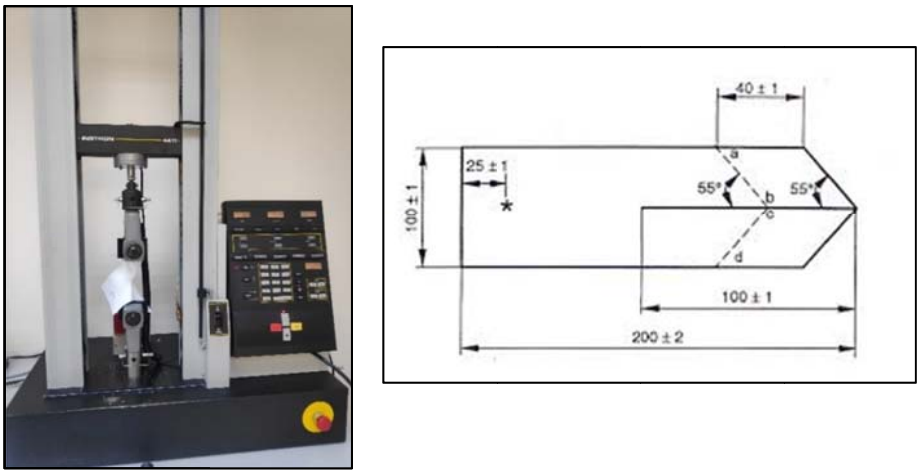
Şekil 3.6. Instron 4411 mukavemet ölçüm cihazı

Kumaşların mukavemet tayini şerit metodu ile sökülmüş şerit yöntemine uygun yapılmıştır. Bu yönteme göre 300×60 mm atkı ve çözgü yönünde 5'er adet alınan numuneler her iki uzun kenarı boyunca 5 mm saçaklandırılmıştır. Cihazda gerekli ayarlamalar yapılıp, hazırlanan numuneler aralarında 200 mm mesafe bulunan biri sabit, diğeri hareketli çeneler arasına yerleştirilmiştir. Hareketli çenenin belirli bir sabit hızda hareket etmesiyle kumaşlara yük uygulanmakta, kopma meydana geldiği anda ise üst hareketli çene durmaktadır. Kopma anındaki değer kopma mukavemeti değeridir. Test kapsamında atkı ve çözgü yönündeki tüm numunelere bu işlem uygulanmış ve kopma mukavemeti ve uzaması değerleri belirlenmiştir.

TS 11818 EN 14465 standardına göre döşemelik kumaşlarda minimum kopma mukavemeti değerinin 250 N olması istenmektedir.

3.2.4.5. Kumaşlarda Yırtılma Mukavemeti Tayini

TS EN ISO 13937-3 Yırtılma Özellikleri – Bölüm 3: Kanat Biçimindeki Deney Numunelerinin Yırtılma Kuvvetinin Tayini (Tek Yırtılma Metodu) test standardına göre kumaşların yırtılma dayanımları tayin edilmiştir. 5 adet atkı, 5 adet çözgü yönünde olmak üzere her deney numunesinden 10 adet ölçüm yapılmıştır. Test için Instron 4411 mukavemet ölçüm cihazı kullanılmıştır. Çeneler arası mesafe 100 mm olarak ayarlanmış ve 100 mm/dk yırtma hızında numune üzerindeki işaretli yere kadar yırtma işlemi yapılmıştır. Elde edilen yük değişimi ve hareket mesafesi grafiğine göre yırtılma mukavemeti değerleri elde edilmiştir. Yırtılma mukavemeti tayini için hazırlanan kanat biçimindeki deney numunesinin boyutları ve testin yapıldığı cihaz Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7. Yırtılma dayanımı testinin yapıldığı Instron 4411 cihazı ve kanat şeklinde deney numunesinin boyutları

3.2.4.6. Kumaşlarda Yumuşaklık Tayini

ASTM D 4032-08 Dairesel Eğme Test Metoduna göre yapılan yumuşaklık tayini test standardına göre döşemelik kumaş numunelerinin yumuşaklık dereceleri tespit edilmiştir. Yumuşaklık testi, belirli ölçülerdeki numuneyi cihaz üzerindeki bir delikten geçirmek için uygulanması gereken yük miktarının belirlenmesi

esasına dayanmaktadır. Dairesel eğilme ölçeri (Stiffness tester) ile kumaşlarda çok yönlü eğilme direnci belirlenebilmektedir (Zervent Ünal, 2007). Test kapsamında döşemelik kumaşların farklı ve kırışıksız yerlerinden 102×204 mm ölçülerinde, 5 adet numune kesilmiştir.

Test için Şekil 3.8'de görülen Dijital Pnömatik Stiffness Tester kullanılmıştır. Bu cihaz, numuneyi değişebilen bir yüke maruz bırakan bir deney parmağından, numunenin söz konusu yük etkisi ile geçtiği bir delikten ve uygulanan yükün büyüklüğünün okunduğu bir göstergeden oluşmaktadır. Cihazın çalışma prensibi; 25,4 mm (1 inç) çapındaki bir parmağın kumaşı 38 mm (1,5 inç) çapındaki deliğe 57 mm (2,25 inç) yükseklikten 1,7 sn'de ve maksimum kuvvetle itmesi esasına dayanmaktadır (Zervent Ünal, 2007).

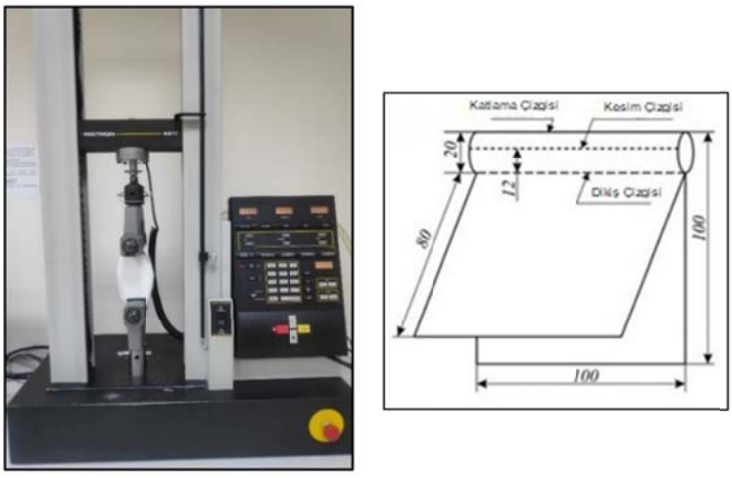


Şekil 3.8. Dijital pnömatik stiffness tester

Kumaş numuneleri ikiye katlanmış ve cihazdaki delikli yüzeyi örtecek şekilde yerleştirilmiştir. Parmak kumaşlara belirli bir yük uygulamış ve delikten geçmelerini sağlamıştır. Bu esnada cihaz göstergesi 'kg' cinsinden uygulanan yük değerini göstermiştir. Kumaşın delikten geçmesi için gereken yükün yüksek olması kumaşın yumuşaklık derecesinin düşük olduğu anlamına gelmektedir.

3.2.4.7. Kumaşlarda İpliklerin Kaymaya Karşı Mukavemetinin Tayini

Tez çalışması kapsamında 'TS EN ISO 13936-2 Tekstil-Dokunmuş tekstil mamullerindeki ipliklerin kaymaya karşı mukavemetinin tayini-Dikiş metodu' standardı esas alınarak numune döşemelik kumaş yapılarındaki ipliklerin kaymaya karşı mukavemetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Test için 100×200 mm boyutlarında her bir kumaştan 5 adet atkı, 5 adet çözgü olmak üzere toplamda 10 adet numune hazırlanmış ve uzun kenarlarından ikiye katlanmıştır. Sonrasında numuneler %100 poliester core spun dikiş ipliği ve 110 metrik numaralı dikiş iğnesi ile kat yerine 20 mm mesafeden cm'de üç dikiş olacak şekilde, sanayi tipi Brother DB2-B706-3 model dikiş makinasında dikilmiştir. Son olarak, dikilen numune kumaşlar kat yerinden 8 mm mesafeden kesilip teste hazır hale getirilmiştir. Numune döşemelik kumaşların, Şekil 3.9'da görülen Instron 4411 mukavemet test cihazının çeneleri arasında 180 N'luk yük altında dikiş açılma miktarları kumpas yardımıyla belirlenmiştir. Ayrıca, Şekil 3.9'da ilgili standarda uygun olarak hazırlanan numunelerin şematik görünümü görülmektedir (Paşayev ve ark., 2012).



Şekil 3.9. Dikiş kayması tayininde kullanılan Instron 4411 mukavemet test cihazı ve dikiş kayması testi için hazırlanan numunelerin şematik görünümü

3.2.4.8. Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini

Aşınma, herhangi bir materyalin başka bir yüzeye sürtünmesi sonucu oluşan deformasyondur. Aşınma sonucunda kumaş mukavemet özelliklerinde, gramajında ve kalınlığında azalma, hava geçirgenliğinde artma, renkte değişim ve kumaş yüzeyinde boncuklanma meydana gelmektedir. Aşınma dayanımı ise kumaşın sürtünme kuvveti etkisiyle aşınmaya karşı gösterdiği direnci ifade etmekte olup, aşındırıcı kumaşın test uygulanan numuneye belirli basınç altında, belirli düzendeki hareketlerle sürtünmesiyle kumaşta oluşan aşınmayı tayin etme esasına dayanmaktadır (Zervent Ünal, 2013).

Aşınma mukavemetini etkileyen faktörler:

- Lif özellikleri (Lif inceliği, lif uzunluğu, lifin kopma mukavemeti ve lifin eğilme direnci kullanıldığı kumaşın aşınma direncini etkileyen faktörlerdendir. Hammadde olarak poliester, poliamid, polipropilen lifleri yüksek; yün, pamuk lifleri orta; viskon, asetat lifleri ise düşük derecede aşınma mukavemetine sahiptir. Genel olarak uzun liflerden oluşan tekstil yüzeylerinin aşınma dayanımı, kısa liflerden oluşan yüzeylerden daha yüksektir.)
- İplik özellikleri (İplik inceliği, iplik bükümü ve kullanılan eğirme sistemi kumaş aşınma dayanımını etkilemektedir.)
- Kumaş özellikleri (Kumaşın yapısal parametrelerinden atkı ve çözgü sıklıkları, numaraları, kıvrımları, örgü tipi kumaşların aşınma direncini etkileyen parametrelerdir. Atkı ve çözgü kıvrım miktarlarının fazla olduğu kumaşlarda iplik taçları çıkıntı yaratacağından aşınma daha fazla olur. Yüzeyde baskın bulunan iplik grubu daha fazla aşınmaktadır. Kumaş sıklığı da aşınmayı etkilemektedir. Sıklık arttıkça iplik başına düşen aşınma azalacağından genel aşınma azalacaktır. Ancak, iplikler çok sıkışık

haldeyken hareket kabiliyetleri olmadığından üzerlerindeki yükü savuşturamayıp deformasyona uğrarlar.) (Tayyar ve ark., 2011).

Kumaşlarda aşınma dayanımının tespiti için çeşitli test yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlar; Accelerotor (pervaneli) döner aşındırıcı ile aşınma dayanımı testi, Taber Abraser (Döner Platformlu aşındırıcı) ile aşınma dayanımı testi ve Martindale aşınma dayanımı testidir. Martindale cihazı, alt kısımda bulunan kafalardaki aşındırıcı kumaşın, üst kısımdaki kafalara yerleştirilen test numunesine belirli geometrik şekil çizerek cihaz tarafından sayılan devirlerde sürtünmesiyle çalışmaktadır. Kumaşlarda hem aşınma, hem de boncuklanma testleri için kullanılan bir cihazdır.

Çalışma kapsamında kumaşların aşınma dayanımlarını tespit etmek için Martindale aşınma dayanımı testi uygulanmıştır. Testler 'TS EN ISO 12947-3 Tekstil-Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini-Bölüm 3: Kütle Kaybının Tayini' standardı esas alınarak yapılmıştır. Aşınma dayanımının tespiti için Şekil 3.10'da görülen James H. Heal marka, Nu-Martindale model aşınma ve boncuklanma test cihazı kullanılmıştır. Martindale metodu ile aşınma direnci belirlenirken döşemelikler, yatak-nevresimler, iş kıyafetleri ve teknik amaçlı kumaşlar için 12 kPa, diğer ev tekstili ve konfeksiyon ürünü kumaşlar için 9 kPa'lık yük kullanılmaktadır. Numune döşemelik kumaşlar cihaz üzerindeki tutuculara yerleştirildikten sonra 12 kPa yük altında aşındırıcı yün kumaşa sürtünerek aşındırma işlemi başlatılmıştır. Belirlenen ara devirlere göre (10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000, 70000) cihaz çalıştırılmış ve kumaşların ilk ağırlıkları göz önüne alınarak toplam kütle kaybı (%) ve devir aralıklarındaki kütle kaybı (%) oranları tespit edilmiştir.



Şekil 3.10. James H. Heal martindale test cihazı

3.2.4.9. Kumaşların Boncuklanma Derecesinin Tayini

Boncuklanma, giysi yüzeyine bir veya daha fazla lifle tutunan küçük, karmaşıklaşmış lif kümeleriyle karakterize edilen ve giysiye hoş olmayan bir görünüm veren kumaş yüzey hatasıdır. Kumaş yüzeyinde görülen gevşek lif karmaşıklıklarına da boncuk denilmektedir. Boncuklanma oluşumu üç ana süreç sonrası meydana gelmektedir. Bu süreçler sırasıyla, mekanik etkileşim sonucu liflerin kumaş yüzeyine çekilmesi ve hav oluşumu, havların dolanarak boncuk oluşturması ve son olarak sürekli mekanik hareket altında oluşan boncukların kumaş yüzeyinden uzaklaştırılmasıdır (Candan, 2000). Boncuklanma derecesi, kumaşın yapısındaki lifin özelliklerinden, iplik özelliklerinden, kumaş özelliklerinden ve kumaşa uygulanan apre işlemlerinden etkilenmektedir.

Çalışmada boncuklanma derecesinin tayini için 'TS EN ISO 12945-2:2002 Tekstil- Kumaşlarda yüzey tüylenmesi ve boncuklanma yatkınlığının tayini- Bölüm 2: Geliştirilmiş Martindale metodu' standardı esas alınmıştır. Cihaz olarak Şekil 3.11'de görülen ATAÇ marka MD-04 model martindale test cihazı kullanılmıştır. Standart metot gereği tüm kumaşlara 7000 devire kadar boncuklanma testi uygulanmıştır. 125, 500, 1000, 2000, 5000 ve 7000 devir sonlarında cihaz durdurulmuş ve boncuklanma seviyesi, EMPA 198525 W3 serisi standart fotoğraflarla karşılaştırılarak kontrol edilmiştir.



Şekil 3.11. ATAÇ martindale test cihazı

3.3. Şönil Döşemelik Kumaşlarda Üretim Maliyeti

Çalışma kapsamında kurulacak optimizasyon modelinde amaç, birim döşemelik kumaş üretim maliyetini minimum yapacak en iyi kumaş üretim parametrelerinin belirlenmesidir. Amaç fonksiyonu olarak toplam birim maliyeti verecek ifadenin belirlenmesi gerekmektedir. Üretim maliyeti (3.1) nolu eşitlikte görüldüğü gibi direkt ilk madde ve malzeme, direkt işçilik ve genel üretim maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır (Küçüksavaş, 2006).

$$M_T = M_H + \frac{M_İ}{Ü} + \frac{GÜM}{Ü} \quad (3.1)$$

Burada; M_T: Toplam birim üretim maliyeti (TL/m^2)

M_H: Hammadde birim maliyeti (Direkt ilk madde ve malzeme) (TL/m^2)

$M_İ$: Direkt işçilik birim maliyeti (TL/sa)

GÜM: Genel üretim birim maliyetleri (TL/sa)

Ü: Dokuma tezgahında 1 saatlik üretim miktarı (m^2/sa)

olarak ifade edilmektedir.

3.3.1. Hammadde (Direkt İlk Madde ve Malzeme) Maliyetinin Hesaplanması

Hammadde maliyeti, birim (1 m^2) döşemelik kumaşın üretilmesi için gerekli olan ipliklerin toplam maliyetidir. Atkıda şönil ipliklerin kullanıldığı

döşemelik kumaşlarda, atkıda atılan şönillerdeki bağ ve hav ipliklerini ve çözgü ipliklerini kapsamaktadır. Her bir iplik tipinin maliyeti ihtiyaç duyulan ipliğin ağırlığı ile birim fiyatı kullanılarak belirlenmektedir. Atkı (bağ ve hav ipliği) ve çözgü ipliklerinin maliyetlerinin hesaplanmasında izlenecek adımlar aşağıda verilmiştir.

Çözgü İpliği Maliyeti:

1 m^2 döşemelik kumaşın dokunması için gereken çözgü ipliğinin maliyetini belirleyebilmek için öncelikle gerekli olan toplam çözgü uzunluğunun ve buradan hareketle çözgü ağırlığının tespit edilmesi gerekmektedir. Sonrasında gerekli iplik ağırlığı ile birim çözgü ipliği fiyatının çarpılmasıyla maliyet elde edilebilmektedir.

Toplam çözgü uzunluğu, kumaş içerisindeki çözgü tel sayısı ile bir çözgü telinin uzunluğunun çarpılmasıyla belirlenmektedir. Fakat doku içerisinde iplikler kıvrımlı bir yol izlemektedir ve çözgü telinin uzunluğu belirlenirken kıvrım yüzdesinin dikkate alınması gerekmektedir. Kıvrım değeri (%) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$k_{ç} = (\frac{L_2 - L_1}{L_1}) \times 100$$

$$L_2 = L_1 + (L_1 \frac{k_{ç}}{100}) \quad (3.2)$$

$k_{ç}$: Çözgü ipliği kıvrım değeri (%)

L_2: Çözgü ipliğinin gerçek uzunluğu

L_1: Çözgü ipliğinin kumaştaki uzunluğu (kumaş uzunluğu)

1 m^2 kumaşın maliyeti hesaplanacağından, kumaşın en ve boyu 100 cm alınıp ifade metreye çevrilmiş ve aşağıdaki (3.3) nolu eşitlik elde edilmiştir.

$$L_{Ç} = S_{Ç} \times (100 + k_{ç}) \quad \text{(m)} \quad (3.3)$$

$L_Ç$: m^2'deki toplam çözgü ipliği uzunluğu (m)

$S_Ç$: Çözgü sıklığı (tel/cm)

Birim döşemelik kumaş üretimi için gerekli olan çözgü ağırlığı belirlenirken iplik numarası dikkate alınmış ve (3.4) nolu eşitlik elde edilmiştir.

$$Ç_A = \frac{[S_Ç\ (100 + k_Ç)]}{Ç_{Nm}} \quad (g/m^2) \tag{3.4}$$

$Ç_A$: m^2'deki toplam çözgü ipliği ağırlığı (g/m^2)

$Ç_{Nm}$: Çözgü ipliğinin Nm cinsinden numarası (m/g)

Son olarak çözgü ipliği birim maliyeti belirlenmek üzere 1 m^2 döşemelik kumaş üretimini gerçekleştirmek için gerekli olan çözgü ipliği ağırlığı (g) ve söz konusu ipliğin birim fiyatı (TL/kg) çarpılarak çözgü ipliği maliyeti hesaplanmaktadır. İplik fiyatı 1000'e bölünerek 1 g ipliğin fiyatı dikkate alınmıştır.

$$M_Ç = [\frac{S_Ç(100+k_Ç)}{Ç_{Nm}}] \times \frac{Ç_F}{1000} \tag{3.5}$$

$M_Ç$: Çözgü ipliğinin birim maliyeti (TL/m^2)

$Ç_F$: Çözgü ipliği birim fiyatı (TL/kg)

Atkı İpliği (Şönil İplik) Maliyeti:

Çalışma kapsamında üretilen tüm kumaş numunelerinde atkı ipliği olarak şönil iplikler kullanılmıştır. Bu nedenle birim maliyeti ifade eden eşitlikler oluşturulurken bağ ve hav iplikleri ayrı ayrı göz önüne alınmıştır. Öncelikle atkı ipliğinin uzunluğu belirlenirken, aynı çözgü iplik uzunluğundaki gibi benzer işlem adımları izlenmiş ve aşağıdaki (3.6) nolu atkı iplik uzunluğunu veren eşitlik elde edilmiştir.

$$L_A = S_A \times (100 + k_a) \quad \text{(m)} \tag{3.6}$$

L_A : m^2'deki toplam atkı ipliği uzunluğu (m)

k_a : Atkı ipliği kıvrım değeri (%)

S_A : Atkı sıklığı (atkı/cm)

Atkı iplik (şönil iplik) uzunluğunun belirlenmesinin ardından sırasıyla bağ ve hav iplik ağırlıkları tespit edilmiştir. 1 metre şönil iplik içerisindeki bağ iplik ağırlığı aşağıdaki (3.7) nolu eşitlik ile belirlenmektedir (Çeven, 2007).

$$W_C = \frac{2}{Nm_C} \times (1 + \frac{R}{100}) \quad \text{(g)} \tag{3.7}$$

W_c: 1 m şönil iplik uzunluğu için bağ iplik ağırlığı (g)

Nm_c : Bağ iplik numarası (m/g)

R: Şönil iplikte büküm nedeniyle kısalma (%)

1 m^2 kumaşta yer alan şönil ipliklerin (L_A metre şönil iplikteki bağ iplik ağırlığı) yapısındaki bağ iplik ağırlığı (B_A) ise (3.8) nolu eşitlikte ifade edilmiştir.

$$B_A = \frac{2}{Nm_C} \times [(S_A(100 + k_a) + S_A(100 + k_a)\frac{R}{100}] \quad \text{(g/m}^2\text{)} \tag{3.8}$$

1 metre uzunluğundaki şönil iplikteki hav iplik ağırlığı;

$$W_p = (h \times n_{rh} \times k)/(2 \times L \times Nm_p) \quad \text{(g)} \tag{3.9}$$

eşitliği ile belirlenmektedir (Çeven, 2007).

Burada;

W_P : 1 m şönil iplik uzunluğu için hav iplik ağırlığı (gr)

h : Rotora beslenen hav iplik sayısı

n_{rh} : Rotor hızı (d/dk)

k : Kalibre çevresi (m)

L : Üretim hızı (m/dk)

Nm_p : Hav iplik numarası (m/g)

olarak ifade edilmektedir.

1 m^2 kumaşta yer alan şönil ipliklerin (L_A metre şönil iplikteki hav iplik ağırlığı) yapısındaki hav iplik ağırlığı (H_A) ise (3.10) nolu eşitlikte görülmektedir.

$$H_A = [\frac{h \times n_{rh} \times k}{2 \times L \times Nm_p}] \times [S_A(100 + k_a)] \quad (g/m^2) \tag{3.10}$$

Şönil iplikteki bağ ve hav iplik ağırlıkları tespit edildikten sonra birim (1 m^2) şönil döşemelik kumaşa ait hammadde maliyeti aşağıdaki (3.11) nolu eşitlikte görüldüğü gibi oluşturulmuştur.

$M_A = B_A \times B_F + H_A \times H_F$

M_A = Atkı (şönil) ipliğinin birim maliyeti (TL/m^2)

B_F = Bağ ipliğinin birim fiyatı (TL/kg)

H_F = Hav ipliğinin birim fiyatı (TL/kg)

$$M_A = \frac{2}{Nm_c} \times [(S_A(100 + k_a) + S_A(100 + k_a)\frac{R}{100}] \times (\frac{B_F}{1000}) + [(\frac{h \times n_{rh} \times k}{2 \times L \times Nm_p}) \times S_A(100 + k_a)] \times (\frac{H_F}{1000}) \tag{3.11}$$

1 m^2 şönil döşemelik kumaş üretimi için hammadde (direkt ilk madde ve malzeme) maliyeti, (3.5) ve (3.11) nolu eşitliklerin toplanmasıyla elde edilmiş olup aşağıdaki (3.12) nolu eşitlikte görülmektedir.

$$M_H = [\frac{S_Ç(100+k_ç)}{Ç_{Nm}}] \times (\frac{Ç_F}{1000}) + \frac{2}{Nm_c} \times [(S_A(100+k_a) + S_A(100+k_a) \times \frac{R}{100}] \times (\frac{B_F}{1000}) + [(\frac{h \times n_{rh} \times k}{2 \times L \times Nm_p}) \times S_A(100+k_a)] \times (\frac{H_F}{1000}) \quad (3.12)$$

3.3.2. Direkt İşçilik Maliyetinin Hesaplanması

Bir işletmede ürün ya da hizmetin üretilmesinde kullanılıp ürün ya da hizmetin maliyetine doğrudan yüklenebilen maliyetler direkt işçilik maliyeti olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada ham dokuma kumaş maliyeti esas alındığından dolayı sadece dokuma dairesinde çalışan işçinin işçilik maliyeti dikkate alınacaktır. Direkt işçilik maliyetleri dışında kalan ve genel imalat maliyetleri içinde yer alan endirekt işçilik maliyetleri hesaba katılmayacaktır.

Çalışmada dokuma dairesindeki bir işçinin haftada 6 gün toplamda 45 saat çalıştığı varsayılmıştır ve 1 saatlik çalışma maliyeti hesaplanmıştır. Buna göre işçilerin aylık çalışma saati 26×7,5 olarak belirlenmiştir. Çalışmada her işçinin birden fazla makina ile ilgilendiği düşünülüp aşağıdaki (3.13) nolu direkt işçilik maliyetini veren eşitlik elde edilmiştir (Zervent Ünal, 2007).

$$M_İ = \frac{(İÜ/MS)}{26 \times 7,5} \quad \text{(TL/sa)} \quad (3.13)$$

Burada; $M_İ$: Direkt İşçilik maliyeti (TL/sa)

İÜ: İşçilik ücreti (TL/ay)

MS: Bir işçinin sorumlu olduğu makine sayısı

olarak ifade edilmektedir.

3.3.3. Genel Üretim Maliyetlerinin Hesaplanması

Bir işletmede ürün veya hizmetin üretiminde ortaya çıkan hammadde ve direkt işçilik maliyetlerinin dışında kalan, ürün veya hizmetin üretimi ile doğrudan ilişkilendirilemeyen maliyetler genel üretim maliyetleri olarak adlandırılmaktadır.

Endirekt malzeme, endirekt işçilik, enerji, amortisman ve üretim ile ilgili diğer maliyetler genel üretim maliyetleri içerisinde yer almakta olup büyük bir bölümünü amortisman ve enerji maliyetleri oluşturmaktadır. Bu nedenle genel üretim maliyetinin hesaplanmasında sadece amortisman ve enerji maliyetleri dikkate alınmıştır.

$$G\ddot{U}M = M_{AS} + M_E \quad (3.14)$$

GÜM: Genel üretim maliyetleri (TL/sa)
M_{AS}: Amortisman maliyeti (TL/sa)
M_E: Enerji maliyeti (TL/sa)

Genel üretim maliyetleri kapsamında belirtilen maliyetler aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Amortisman Maliyeti:

Amortisman; eskimeye, kırılmaya, tükenmeye, demode olmaya maruz sabit kıymetlerin bedellerinin amortisman dönemi içerisinde belirli metotlar uygulayarak hesaplanacak bölümlerinin gider olarak yazılmasıdır (Okka, 2011). Çalışmada dokuma makinasının amortisman maliyeti normal amortisman metodu kullanılarak verilmiştir. Bu metotta dokuma makinasının alış maliyeti, amortisman ömrüne bölünerek söz konusu maliyet ifade edilmiştir. Ancak, maliyet hesaplanırken amorti edilen süre yıl cinsinden belirtileceği için bunun saate dönüştürülmesi gerekmektedir. Aşağıda (3.15) nolu eşitlikte amortisman maliyetini veren ifade görülmektedir. İşletmede dokuma makinalarının yılda 300 gün, günde 22,5 saat çalıştığı varsayılmıştır (Zervent Ünal, 2007).

$$M_{AS} = \frac{MF}{AS \times 300 \times 22{,}5} \quad \text{(TL/sa)} \quad (3.15)$$

M_{AS}: Amortisman maliyeti (TL/sa)

MF: Dokuma makinasının fiyatı (TL)

AS: Amortisman süresi (yıl)

Enerji Maliyeti:

Dokuma dairesinde elektrik enerjisi; üretim için dokuma makinasında, aydınlatmada ve iklimlendirmede kullanılmaktadır. Enerji maliyeti, makinanın motor gücü, aydınlatma ve iklimlendirmede kullanılan enerji sarfiyatları toplamının birim elektrik fiyatı ile çarpılmasıyla elde edilmektedir (Zervent Ünal, 2007). Enerji maliyetlerini ifade eden (3.16) nolu eşitlik aşağıda görülmektedir.

$$M_E = (MG + AE + \text{İ}E)EF \quad \text{(TL/sa)} \tag{3.16}$$

M_E: Enerji maliyeti (TL/sa)

MG: Dokuma makinasının motor gücü (kW)

AE: Aydınlatmada kullanılan enerji (kW)

İE: İklimlendirmede kullanılan enerji (kW)

EF: Elektriğin birim fiyatı (TL/kWsa)

(3.15) nolu eşitlikteki amortisman ve (3.16) nolu eşitlikteki enerji maliyetlerinin toplanmasıyla elde edilen genel üretim maliyetlerini veren ifade ise aşağıda görülmektedir.

$$G\text{Ü}M = M_{AS} + M_E$$

$$G\text{Ü}M = \frac{MF}{AS \times 300 \times 22{,}5} + (MG + AE + \text{İ}E)EF \tag{3.17}$$

3.3.4. Toplam Üretim Maliyeti

Önceki bölümlerde, toplam maliyetin hesaplanabilmesi için hammadde maliyeti, direkt işçilik maliyeti ve genel üretim maliyetleri ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Tüm bu maliyetlerin toplanması ile toplam birim üretim maliyeti elde edilmiştir.

$$M_T = M_H + \frac{M_İ}{Ü} + \frac{GÜM}{Ü} \quad (3.18)$$

Buradaki Ü, dokuma tezgahındaki 1 saatlik üretim miktarını (m^2/sa) ifade etmektedir. Tezgah hızı n ise bu ifade aynı zamanda 1 dakikada atılan atkı sayısıdır. 1 cm'de bulunan atkı sayısı S_A olduğundan, 1 saatte 60n adet atkı atıldığında ($60n/S_A$) cm kumaş üretilmektedir. Tarak eni ve dokuma makinasının randımanı da göz önüne alındığında birim zamanda gerçekleştirilen üretimi veren bu ifade (Ü) yerine aşağıdaki eşitlik yazılarak toplam maliyet denklemi elde edilmiştir (Zervent Ünal, 2007). (3.19) nolu eşitlikte toplam maliyet denklemi görülmektedir. Söz konusu eşitlik, çalışma kapsamında kurulacak olan maliyet minimizasyonu modelinde amaç fonksiyonu olarak kullanılacaktır.

$$Ü = \frac{60*n*V*TE}{100*S_A} \quad (m^2/sa)$$

Ü: Üretim miktarı (m^2/sa)
n: Tezgah devri (dev/dk)
V: Dokuma makinasının randımanı (%)
TE: Tarak eni (m)
S_A: Atkı sıklığı (atkı/cm)

$$M_T = [(\frac{S_Ç(100+k_ç)}{Ç_{Nm}}) \times \frac{Ç_F}{1000} + \frac{2}{Nm_c}] \times [[(S_A(100+k_a) + S_A(100+k_a)\frac{R}{100}] \times (\frac{B_F}{1000})] + [[(\frac{h \times n_{rh} \times k}{2 \times L \times Nm_p}) \times S_A(100+k_a)] \times (\frac{H_F}{1000})] + [\frac{\frac{(İÜ/MS)}{26 \times 7,5}}{\frac{60*n*V*TE}{100*S_A}}] + [\frac{\frac{MF}{AS \times 300 \times 22,5} + (MG + AE + İE)EF}{\frac{60*n*V*TE}{100*S_A}}] \quad (3.19)$$

3.4. İstatistiksel Analiz

Tez çalışmasında verilerin istatistiksel analizleri için SPSS 24 istatistik paket programı kullanılmıştır. Kumaşların fiziksel özelliklerinin, performans özellikleri ile ilişkilerinin tespit edilmesi amacıyla korelasyon analizi ve bağımsız örneklem t-testleri uygulanmıştır. Söz konusu analizlerden yararlanarak regresyon denklemleri oluşturulmuş ve bu eşitlikler optimizasyon modellerinde kısıt olarak kullanılmıştır. Tüm bu analizlerin uygun şekilde yapılabilmesi için ise ilk olarak verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığının kontrolü yapılmıştır. Bu kapsamda ölçüm sonuçları ile elde edilen verilerin histogram grafikleri oluşturulmuş, Shapiro-Wilk normallik testleri ve Skewness-Kurtosis değerleri incelenmiştir. Bununla birlikte, rastgelelik durumlarının tespiti için Wald-Wolfowitz diziler (RUNS) testi uygulanmıştır.

3.5. Matematiksel Modellerin Kurulması ve Üretim Maliyetinin Optimizasyonu

Tez çalışmasında üretim maliyetini minimize etmek amacıyla oluşturulan modelin çözümünde Lingo 18.0 optimizasyon paket programı kullanılmıştır. Lingo, Lindo Systems Inc. Şirketi tarafından üretilmiş, doğrusal, tamsayılı ve doğrusal olmayan matematiksel modelleri çözebilen, duyarlılık analizi yapabilen bir optimizasyon yazılımı ve modelleme dilidir. Programda ana menü File, Edit, Solver, Window ve Help olmak üzere 5 alt menüden oluşmaktadır. File menüsü girdi ve çıktılarla ilgili komutları, Edit menüsü yazımla ilgili komutları, Solver

menüsü modelin çözümü ve sonuçların türetilmesi ile ilgili komutları içermektedir. Window menüsü farklı pencerelere geçişi sağlamakta, Help menüsü ise yazılım ile ilgili yardım hizmeti vermektedir. Lingo'ya model girişi yapılmak istendiğinde ekrana boş bir pencere açılmaktadır. Bu pencereye model açık veya kapalı formda yazılabilmektedir. Model değişken ve kısıt sayısı olarak küçük boyutlu ise açık formda yazmak, büyük boyutlu ise kapalı formda yazmak tercih edilmektedir. Modeli açık veya kapalı formda girmenin farklı kuralları bulunmaktadır.

Çalışmada maliyet minimizasyonu modelinde amaç fonksiyonu olarak kullanılacak toplam maliyet denklemi, kısıtlarda kullanılacak regresyon analizlerinden elde edilen eşitlikler ve sabit büyüklükler Lingo'nun açık formda yazımına uygun olacak şekilde tanımlanmış ve çözümü gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında üretilen şönil iplikler ve bu ipliklerin atkıda atılarak elde edildiği şönil döşemelik kumaşlarla ilgili kalite kontrol standartları dahilinde performans testleri yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uygulanan testler sonucunda ulaşılan verilere ve bu verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesine yönelik analiz ve tartışmalara yer verilmiştir. Son olarak ise istatistiksel analizler sonucu elde edilen veriler kullanılarak bir matematiksel model oluşturulmuş ve bu model kullanılarak kalite-maliyet optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

4.1. Şönil İplik Testlerine Ait Bulgular

Bu kısımda şönil ipliklere uygulanan fiziksel testlerin (Numara, büküm, kopma mukavemeti ve uzaması, aşınma dayanımı) sonuçlarına yer verilmiştir.

4.1.1. İplik Numarası Test Sonuçları

Çalışmada üretilen 32 farklı şönil ipliğe ilgili standart kapsamında iplik numara testi yapılmış, ortalama iplik numarası (Nm) ve %CV değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İplik numara tayini ölçüm sonuçları

Şönil İplik Tipleri	Numara (Nm)	Numara (%CV)	Şönil İplik Tipleri	Numara (Nm)	Numara (%CV)
1A	3,61	0,86	**5A**	3,83	0,76
1B	3,62	1,67	**5B**	3,41	0,82
1C	3,70	0,67	**5C**	3,73	0,64
1S	3,99	0,75	**5S**	3,91	0,78
2A	3,80	0,36	**6A**	3,74	0,68
2B	3,76	0,88	**6B**	3,75	0,61
2C	3,78	1,60	**6C**	3,48	1,63
2S	3,78	1,54	**6S**	3,48	1,41
3A	3,64	1,52	**7A**	3,59	1,71
3B	3,75	1,93	**7B**	3,63	1,47
3C	3,97	0,63	**7C**	3,77	1,00
3S	3,70	0,68	**7S**	3,57	2,20
4A	3,59	0,51	**8A**	3,57	0,41
4B	3,60	0,60	**8B**	3,71	1,48
4C	3,81	1,83	**8C**	3,64	0,66
4S	3,73	1,32	**8S**	3,59	1,23

4.1.2. İplik Bükümü Test Sonuçları

Çalışmada üretilen şönil ipliklere ilgili standart kapsamında yapılan büküm testi sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Test sonucunda elde edilen ortalama büküm (T/m) ve %CV değerleri aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.2**.** İplik büküm tayini ölçüm sonuçları

Şönil İplik Tipleri	Büküm (T/m)	Büküm (% CV)	Şönil İplik Tipleri	Büküm (T/m)	Büküm (% CV)
1A	953	2,67	**5A**	898	2,92
1B	938	3,21	**5B**	958	3,28
1C	953	3,50	**5C**	926	2,19
1S	951	3,10	**5S**	886	1,94
2A	966	2,45	**6A**	951	2,29
2B	963	2,48	**6B**	935	1,42
2C	957	2,66	**6C**	933	1,68
2S	934	2,64	**6S**	938	2,25
3A	942	3,46	**7A**	948	2,79
3B	941	3,00	**7B**	942	2,58
3C	955	3,38	**7C**	942	2,44
3S	956	3,84	**7S**	944	3,66
4A	941	3,33	**8A**	947	2,94
4B	930	3,72	**8B**	937	2,48
4C	934	4,31	**8C**	944	2,61
4S	946	4,26	**8S**	936	2,70

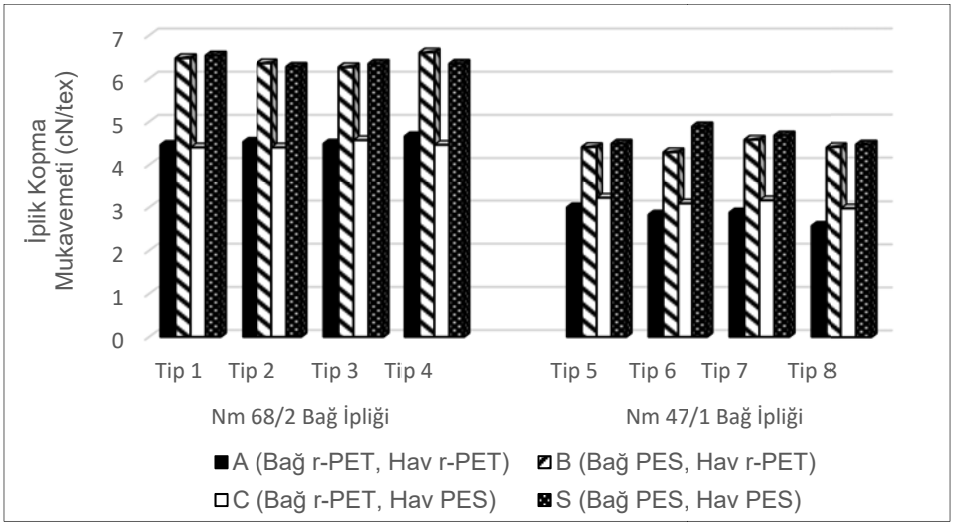
Çizelge 4.2'deki büküm sonuçları incelendiğinde üretim öncesi belirlenen 900 T/m değerine yakın büküm değerlerinin ölçüldüğü görülmektedir. İpliklerin büküm değerlerinin birbirine oldukça yakın ve çalışmada üretilen şöniller için büküm parametresinin sabit olduğu söylenebilmektedir.

4.1.3. İplik Kopma Mukavemeti ve Uzaması Test Sonuçları

Çalışmada üretilen şönil ipliklere ilgili standart kapsamında yapılan kopma mukavemeti ve kopma uzaması testi sonuçlarına ait ortalama ve %CV değerleri sırasıyla Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'de görülmektedir.

Çizelge 4.3. İplik kopma mukavemeti ölçüm sonuçları

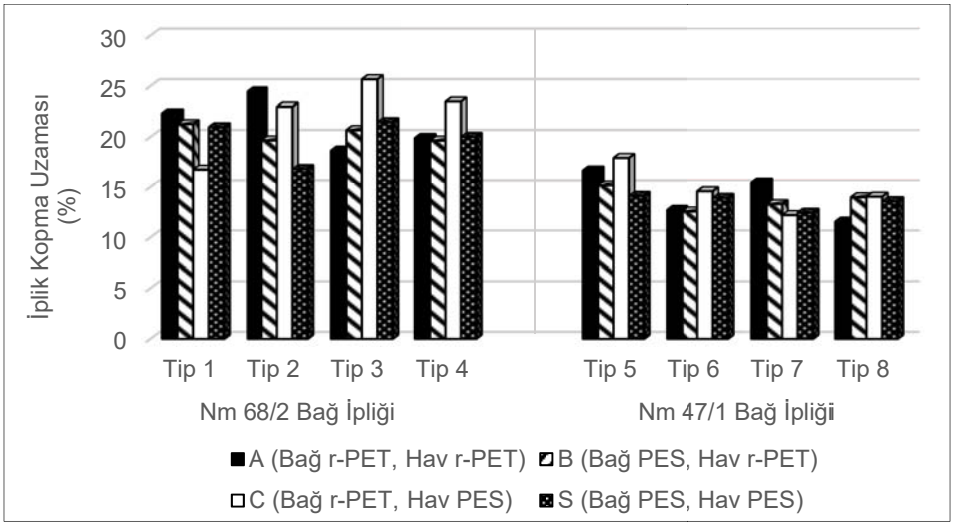
Şönil İplik Tipleri	Kopma Mukavemeti (cN/tex)		Şönil İplik Tipleri	Kopma Mukavemeti (cN/tex)	
	Ortalama	% CV		Ortalama	% CV
1A	4,46	6,97	**5A**	3,00	8,27
1B	6,47	6,14	**5B**	4,41	7,84
1C	4,40	6,56	**5C**	3,22	4,86
1S	6,53	4,12	**5S**	4,49	4,23
2A	4,53	6,29	**6A**	2,83	7,85
2B	6,35	4,59	**6B**	4,29	8,65
2C	4,40	7,24	**6C**	3,09	5,36
2S	6,27	4,61	**6S**	4,89	5,48
3A	4,49	4,19	**7A**	2,88	6,63
3B	6,26	5,71	**7B**	4,58	7,82
3C	4,57	4,47	**7C**	3,16	5,72
3S	6,34	5,56	**7S**	4,68	3,79
4A	4,66	7,03	**8A**	2,57	8,86
4B	6,60	7,71	**8B**	4,40	6,40
4C	4,46	6,58	**8C**	2,99	7,25
4S	6,34	4,43	**8S**	4,46	5,48



Şekil 4.1. İplik kopma mukavemeti değerleri

Çizelge 4.4. İplik kopma uzaması ölçüm sonuçları

Şönil İplik Tipleri	Kopma Uzaması (%)		Şönil İplik Tipleri	Kopma Uzaması (%)	
	Ortalama	% CV		Ortalama	% CV
1A	22,33	7,60	**5A**	16,67	6,99
1B	21,26	4,61	**5B**	15,16	8,55
1C	16,75	9,07	**5C**	17,92	7,18
1S	20,96	4,38	**5S**	14,11	2,70
2A	24,47	7,85	**6A**	12,72	5,15
2B	19,65	4,14	**6B**	12,56	7,22
2C	22,97	6,81	**6C**	14,57	6,48
2S	16,82	4,48	**6S**	13,91	7,14
3A	18,65	7,80	**7A**	15,47	4,65
3B	20,67	6,17	**7B**	13,29	6,57
3C	25,67	8,11	**7C**	12,20	3,22
3S	21,47	5,12	**7S**	12,44	2,75
4A	19,90	5,37	**8A**	11,56	6,86
4B	19,64	9,09	**8B**	13,97	1,55
4C	23,47	7,66	**8C**	14,03	8,80
4S	20,01	7,67	**8S**	13,58	5,69



Şekil 4.2. İplik kopma uzaması değerleri

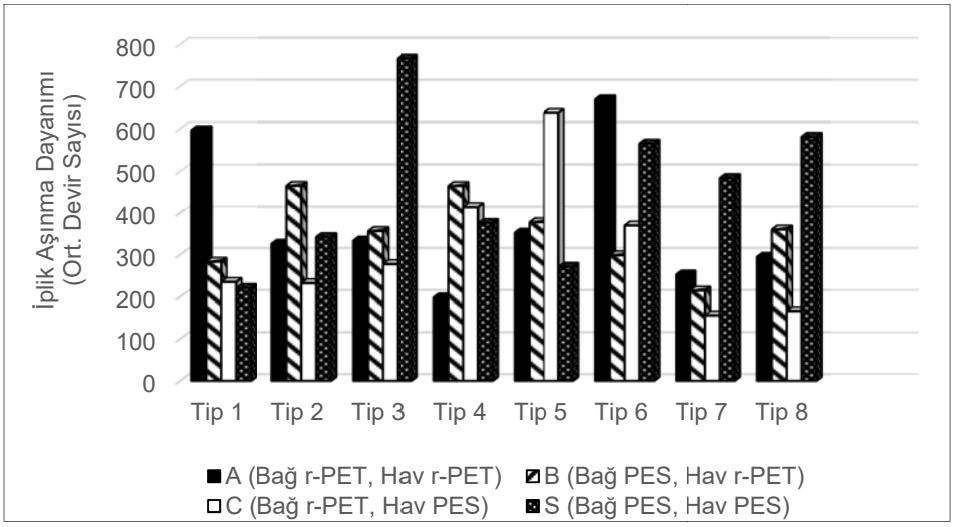
Şekil 4.1 ve 4.2' de yer alan iplik kopma mukavemeti ve uzaması grafiklerine göre şönil ipliklerdeki bağ iplik numarasının artması yani daha ince bağ ipliği ile çalışılması durumunda mukavemet ve uzama değerlerinin düştüğü görülmektedir. İplik inceldikçe kesitteki lif sayısı azalmakta ve mukavemet düşüşleri görülmektedir. Şönil iplik mukavemetini bağ iplikleri belirlediğinden, bağ iplik numarasının artması ile bu durum beklenmektedir. Bununla birlikte, bağ iplik yapısında r-PET iplik kullanılan şönil iplik tiplerinin (A ve C), standart PES kullanılan tiplere (B ve S) göre kopma mukavemetlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. Atık PET'lere uygulanan geri dönüşüm işlemleri esnasında PET'in maruz kaldığı yabancı maddelerin etkisi ile kontaminasyona uğraması sonucu lifin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde bozulmalar görülmektedir. Özellikle ince ipliklerle çalışıldığında elyaf moleküler ağırlığının düşmesinden dolayı mukavemet kayıplarının etkisi daha büyük dezavantaj oluşturmaktadır (Awaja ve Pavel, 2005; Uyanık, 2019). Bu nedenle şönil ipliklerde bağda r-PET iplik kullanımı mukavemette düşüşlere yol açmıştır.

4.1.4. İplik Aşınma Dayanımı Test Sonuçları

Çalışma kapsamında üretilen şönil ipliklere yapılan iplik aşınma dayanımı testi sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. İplik aşınma dayanımı ölçüm sonuçları

Şönil İplik Tipleri	Ortalama Devir Sayısı	Std. Sap.	Şönil İplik Tipleri	Ortalama Devir Sayısı	Std. Sap.
1A	596,8	273,62	**5A**	352,4	65,28
1B	283,0	103,57	**5B**	377,4	139,38
1C	235,0	270,67	**5C**	637,2	376,19
1S	220,8	67,45	**5S**	271,2	162,90
2A	325,8	152,44	**6A**	669,6	317,69
2B	465,0	276,73	**6B**	298,4	90,99
2C	232,0	98,91	**6C**	369,6	178,06
2S	341,8	104,17	**6S**	565,4	216,55
3A	333,4	123,61	**7A**	252,8	70,11
3B	356,2	132,73	**7B**	214,4	154,72
3C	277,4	69,56	**7C**	155,8	50,08
3S	766,0	300,74	**7S**	483,6	106,48
4A	198,2	77,25	**8A**	294,8	79,64
4B	464,6	210,66	**8B**	360,0	350,91
4C	414,6	297,76	**8C**	166,0	80,45
4S	375,6	87,57	**8S**	581,4	184,35



Şekil 4.3. İplik aşınma dayanımı sonuçları

Şönil ipliklerin sürtünmeye karşı aşınma dirençleri düşüktür fakat, dikkatli hammadde seçimi ile bu durum iyileştirilebilmektedir. Poliester aşınma dayanımı yüksek bir elyaftır. Şekil 4.3'teki grafik incelendiğinde, şönil iplik yapısında r-PET veya standart PES iplik kullanımı ile genel olarak benzer aşınma dayanımlarının elde edildiği görülmüştür. Bazı tiplerde bağ ve havda standart poliester iplik kullanımı aşınma dayanımını yükseltmiştir.

4.2. Kumaş Testlerine Ait Bulgular

Çalışmanın bu bölümünde şönil döşemelik kumaşlara uygulanan gramaj, iplik sıklığı, kıvrım oranları, kopma mukavemeti ve uzaması, yırtılma dayanımı, yumuşaklık, dikiş kayması, boncuklanma ve aşınma dayanımı testlerinin sonuçları çizelge ve grafikler halinde verilmiştir.

4.2.1. Kumaş Gramajı Test Sonuçları

Kumaşların gramaj tayini test sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi numune kumaşların gramaj değerleri 369,3 ile 478,3 g/m^2 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.6. Gramaj tayini ölçüm sonuçları

Kumaş Tipi	Gramaj (g/m^2)	Kumaş Tipi	Gramaj (g/m^2)
1A	424,6	**5A**	396,3
1B	369,3	**5B**	406,6
1C	425,3	**5C**	393,3
1S	369,3	**5S**	399,3
2A	478,3	**6A**	424,6
2B	382,0	**6B**	418,0
2C	413,3	**6C**	448,6
2S	390,3	**6S**	451,0
3A	430,3	**7A**	433,6
3B	411,0	**7B**	418,6
3C	423,3	**7C**	431,6
3S	391,0	**7S**	426,0
4A	404,0	**8A**	434,3
4B	442,3	**8B**	433,3
4C	402,6	**8C**	425,3
4S	426,3	**8S**	431,3

4.2.2. Kumaşlarda İplik Sıklığı Test Sonuçları

Kumaşların iplik sıklığı test sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir. Üretim öncesi tüm kumaş tiplerinde atkı için 10 tel/cm, çözgü için 69 tel/cm olarak belirlenen sabit sıklık değerlerine yakın değerlerin ölçüldüğü aşağıdaki çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.7. İplik sıklığı ölçüm sonuçları

Kumaş Tipi	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Kumaş Tipi	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözgü Sıklığı (tel/cm)
1A	11,00	69,33	**5A**	11,00	70,33
1B	11,00	68,66	**5B**	10,00	68,33
1C	11,66	66,66	**5C**	11,33	69,00
1S	11,00	69,66	**5S**	10,66	68,33
2A	12,00	68,66	**6A**	10,33	68,00
2B	10,66	67,33	**6B**	11,00	70,00
2C	10,66	69,33	**6C**	11,00	67,00
2S	11,00	68,66	**6S**	11,00	69,33
3A	11,66	68,33	**7A**	11,00	68,66
3B	11,00	67,33	**7B**	10,66	70,00
3C	10,66	69,00	**7C**	10,00	69,00
3S	11,00	67,00	**7S**	10,33	68,66
4A	10,66	68,66	**8A**	11,00	69,00
4B	11,00	67,00	**8B**	10,66	69,33
4C	11,00	69,33	**8C**	10,00	68,33
4S	11,33	68,33	**8S**	11,00	69,66

4.2.3. Kıvrım Oranları Test Sonuçları

Atkı ve çözgü kıvrım değerleri Çizelge 4.8'de görülmektedir. Tüm kumaş numunelerinde atkı numarası, çözgü numarası, atkı sıklıkları ve çözgü sıklıkları sabit tutulduğundan atkı ve çözgü kıvrım oranlarında birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Kıvrım oranları ölçüm sonuçları

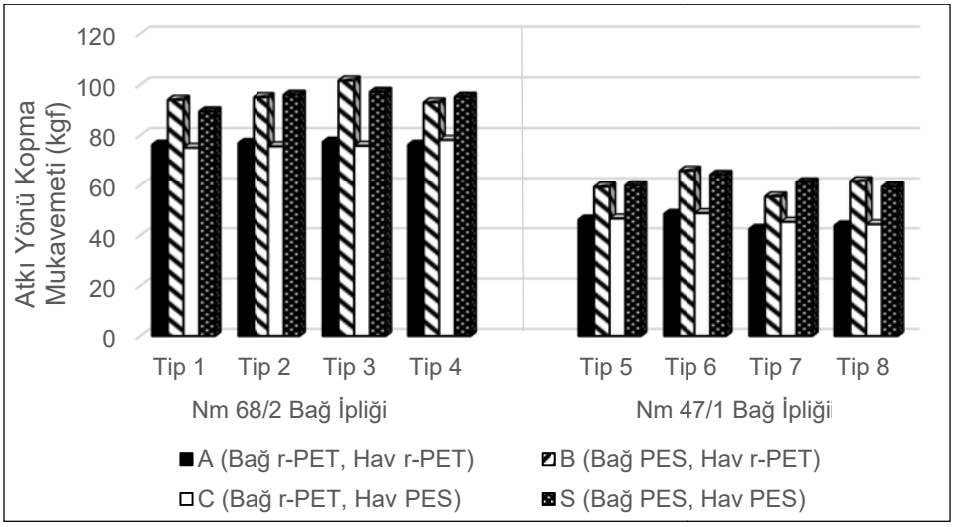
Kumaş Tipi	Atkı Kıvrımı (%)	Çözgü Kıvrımı (%)	Kumaş Tipi	Atkı Kıvrımı (%)	Çözgü Kıvrımı (%)
1A	2,5	13,1	**5A**	1,7	7,4
1B	2,9	12,5	**5B**	1,4	7,2
1C	3,3	10,2	**5C**	2,6	8,7
1S	2,9	13,7	**5S**	2,6	8,0
2A	3,3	13,3	**6A**	3,7	8,6
2B	3,3	14,8	**6B**	3,8	9,3
2C	3,3	11,5	**6C**	3,5	8,0
2S	2,9	11,0	**6S**	3,3	10
3A	3,0	14,2	**7A**	3,7	7,1
3B	2,2	12,5	**7B**	2,5	7,6
3C	3,2	11,4	**7C**	2,4	7,4
3S	4,1	12,6	**7S**	3,3	7,5
4A	3,4	13,1	**8A**	1,8	8,5
4B	3,3	13,3	**8B**	2,7	9,4
4C	3,8	12,0	**8C**	1,8	8,0
4S	4,7	12,5	**8S**	2,8	8,8

4.2.4. Kumaş Kopma Mukavemeti ve Uzaması Test Sonuçları

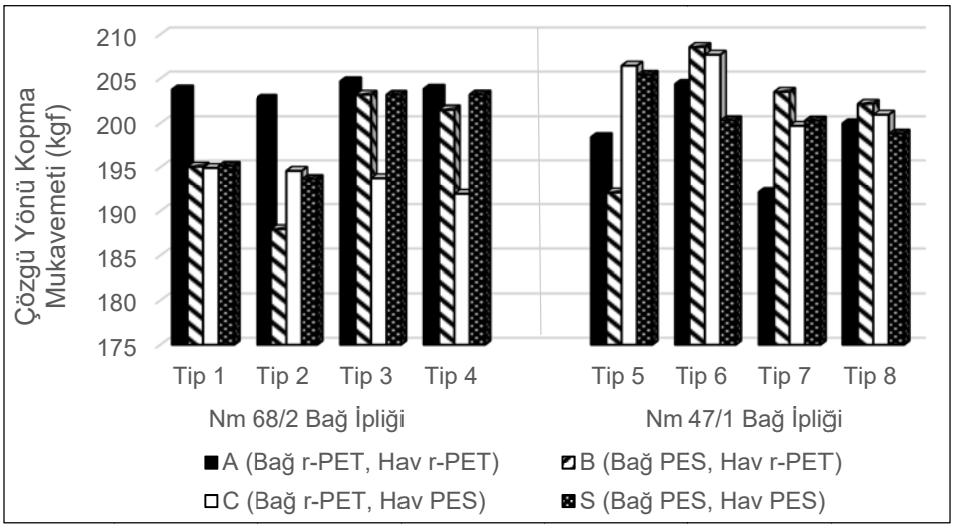
Döşemelik kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki ortalama kopma mukavemeti test sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Şekil 4.4 ve 4.5'te ise sırasıyla atkı ve çözgü yönündeki kopma mukavemeti sonuçları grafiklerle gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Kumaş kopma mukavemeti ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Kopma Kuvveti (kgf)				Kumaş Kodu	Kopma Kuvveti (kgf)			
	Atkı Yönü		Çözgü Yönü			Atkı Yönü		Çözgü Yönü	
	Ort.	Std. Sap.	Ort.	Std. Sap.		Ort.	Std. Sap.	Ort.	Std. Sap.
1A	76,18	2,42	203,75	1,75	**5A**	46,21	1,73	198,42	8,85
1B	93,92	1,97	195,07	12,72	**5B**	59,29	4,54	192,08	5,04
1C	74,96	4,30	194,92	12,90	**5C**	46,64	2,67	206,45	2,82
1S	89,32	1,84	195,16	5,84	**5S**	59,87	3,42	205,40	4,40
2A	76,84	2,30	202,69	5,45	**6A**	48,48	2,29	204,37	5,31
2B	94,93	2,60	187,95	12,30	**6B**	65,86	1,62	208,56	4,72
2C	75,54	2,01	194,59	4,72	**6C**	48,80	1,23	207,69	4,18
2S	95,90	2,97	193,66	8,79	**6S**	64,23	1,62	200,33	7,01
3A	77,35	4,21	204,68	2,36	**7A**	42,52	3,16	192,14	15,33
3B	101,51	3,44	203,15	4,00	**7B**	55,44	1,04	203,48	8,07
3C	75,77	1,59	193,75	0,41	**7C**	45,32	0,86	199,70	4,56
3S	97,06	2,40	203,15	5,31	**7S**	61,20	1,82	200,29	3,68
4A	76,15	3,28	203,83	3,13	**8A**	43,88	2,07	199,98	4,54
4B	92,87	3,01	201,50	3,27	**8B**	61,64	2,60	202,12	6,81
4C	78,07	1,46	191,94	16,55	**8C**	44,34	1,18	200,96	5,85
4S	95,11	2,55	203,18	3,06	**8S**	59,38	1,18	198,81	7,01



Şekil 4.4. Atkı yönündeki kumaş kopma mukavemeti değerleri

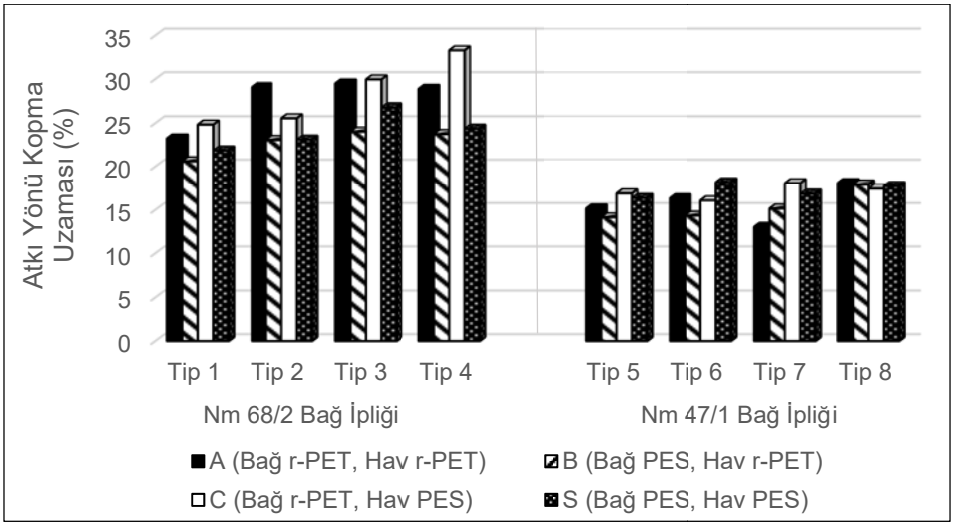


Şekil 4.5. Çözgü yönündeki kumaş kopma mukavemeti değerleri

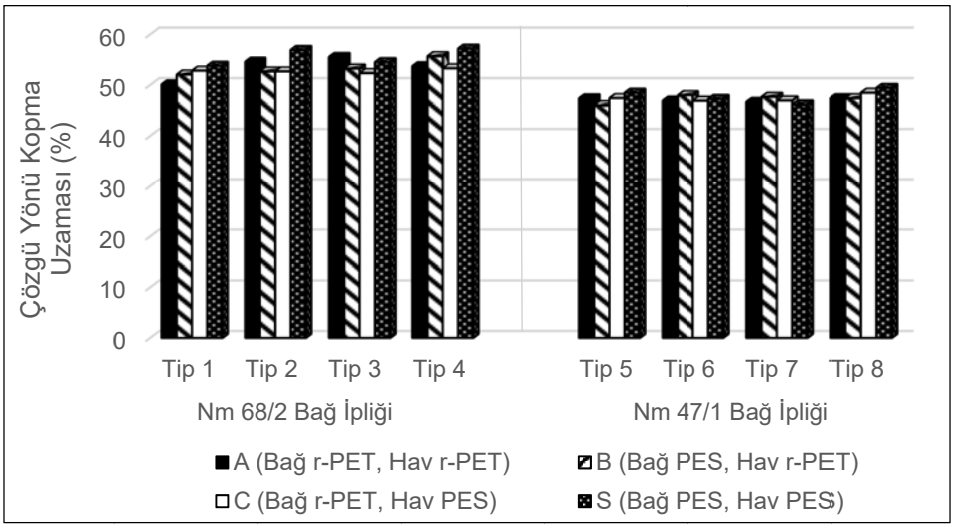
Numune kumaşların kopma uzamalarına ait test sonuçları Çizelge 4.10'da, atkı ve çözgü yönündeki kumaş kopma uzaması değerleri grafik halinde ise Şekil 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Kumaşların kopma uzaması ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Atkı Yönü		Çözgü Yönü		Kumaş Kodu	Atkı Yönü		Çözgü Yönü	
	Kopma Uzaması (%)		Kopma Uzaması (%)			Kopma Uzaması (%)		Kopma Uzaması (%)	
	Ort.	Std. Sap.	Ort.	Std. Sap.		Ort.	Std. Sap.	Ort.	Std. Sap.
1A	23,24	2,06	50,12	0,98	**5A**	15,17	0,76	47,37	1,81
1B	20,61	0,77	52,06	3,91	**5B**	14,14	0,60	46,02	1,45
1C	24,84	1,40	52,82	3,28	**5C**	16,91	0,45	47,41	1,59
1S	21,86	0,61	53,80	2,95	**5S**	16,38	1,12	48,47	1,73
2A	29,07	2,96	54,62	2,60	**6A**	16,36	0,82	46,92	0,95
2B	23,07	0,59	52,67	3,96	**6B**	14,34	0,51	47,99	1,54
2C	25,56	0,87	52,68	2,31	**6C**	16,09	0,73	46,89	1,10
2S	23,11	1,04	56,92	3,60	**6S**	18,17	0,51	47,24	2,89
3A	29,49	1,73	55,54	1,12	**7A**	13,04	1,48	46,66	3,11
3B	24,02	1,03	53,25	1,94	**7B**	15,16	0,73	47,66	2,21
3C	29,96	0,55	52,35	0,75	**7C**	18,07	1,01	46,94	2,01
3S	26,75	1,46	54,52	2,58	**7S**	16,88	0,55	46,17	2,40o
4A	28,87	1,15	53,72	1,61	**8A**	18,09	1,18	47,40	1,57
4B	23,74	1,00	55,69	2,01	**8B**	17,92	0,60	47,39	2,34
4C	33,30	0,53	53,30	1,54	**8C**	17,46	0,94	48,46	1,46
4S	24,37	0,45	57,19	1,53	**8S**	17,74	0,41	49,42	2,12



Şekil 4.6. Atkı yönündeki kumaş kopma uzaması değerleri



Şekil 4.7. Çözgü yönündeki kumaş kopma uzaması değerleri

Şekil 4.4.'teki atkı yönü kopma mukavemeti grafiğinde görüldüğü üzere kumaşların atkılarında kullanılan şönil ipliklerden bağ iplik yapısında standart PES iplik kullanımına kıyasla r-PET iplik kullanımının (A ve C) atkı yönündeki kumaş mukavemetini azalttığı görülmektedir. Çizelge 3.1 incelendiğinde, aynı numara ve

benzer üretim parametrelerine sahip r-PET ipliklerin standart PES ipliklere kıyasla kopma mukavemetinin daha düşük olduğu görülmektedir. Aynı zamanda Şekil 4.1'teki grafiğe göre şönillerin bağ ipliklerinde r-PET iplik kullanımının şönil iplik mukavemetini düşürdüğü görülmektedir. Şönil iplik mukavemeti, atkı yönü kumaş mukavemetini etkilediğinden bağ yapısında r-PET iplik kullanımının kumaş mukavemetini düşürdüğü görülmektedir.

r-PET elyaflar, standart PES elyaflara göre daha düşük dikroik oran ve oryantasyon fonksiyonuna sahiptir, başka bir deyişle oryantasyonları daha kötüdür. Buna bağlı olarak r-PET elyaflar genellikle daha yüksek kopma uzaması değerlerine sahiptir (He ve ark., 2015). Şekil 4.6'daki grafikte atkı yönündeki kopma uzamaları incelendiğinde bağ iplik yapısında r-PET iplik kullanılan tiplerde (A ve C) kopma uzamalarının genel olarak daha fazla olduğu görülmektedir.

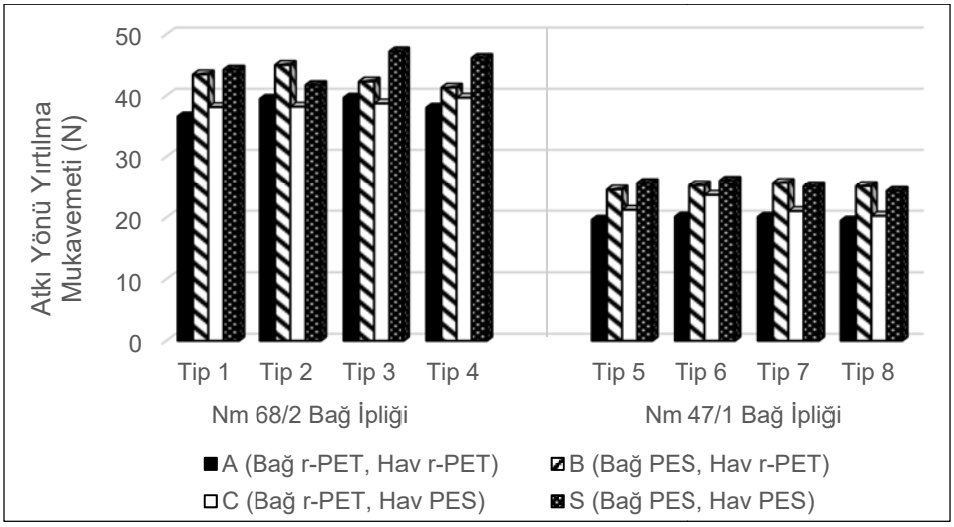
Bununla birlikte Şekil 4.4 ve Şekil 4.6'daki garfikler incelendiğinde, atkıda kullanılan şönil ipliklerin bağ iplik numarası arttığında (Tip 5,6,7,8) atkı yönündeki kumaş kopma mukavemetleri ve uzamalarının da düştüğü görülmektedir. Daha ince bağ ipliği kullanılan tiplerde (Tip 5,6,7,8) bağ ipliklerinin kesitindeki lif sayısı azaldığından daha düşük iplik mukavemeti ve dolayısıyla daha düşük kumaş mukavemeti değerleri elde edilmiştir.

4.2.5. Kumaşların Yırtılma Mukavemeti Test Sonuçları

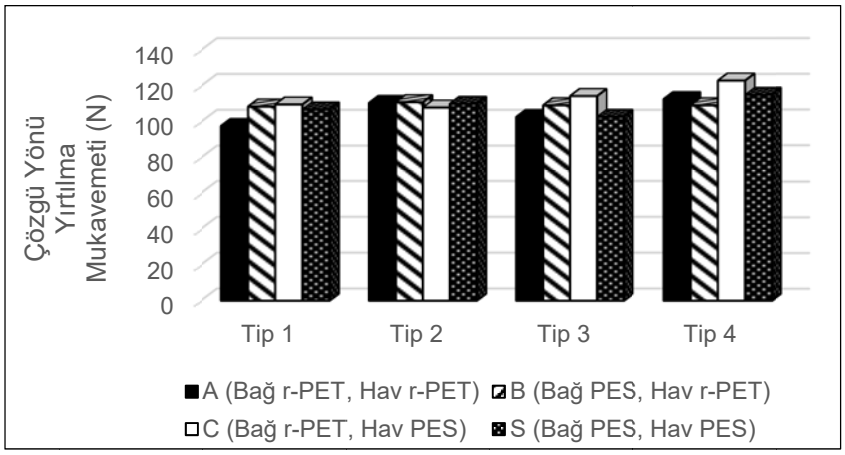
Çalışmadaki numune döşemelik kumaşların atkı ve çözgü yönlerindeki ortalama yırtılma mukavemeti test sonuçları Çizelge 4.11'de verilmiştir. Ayrıca sonuçlar Şekil 4.8 ve 4.9'da grafikler halinde görülmektedir.

Çizelge 4.11. Kumaşların yırtılma mukavemeti ölçüm sonuçları

Kumaş Kodu	Yırtılma Mukavemeti (N)				Kumaş Kodu	Yırtılma Mukavemeti (N)		
	Atkı Yönü		Çözgü Yönü			Atkı Yönü		Çözgü Yönü
	Ort.	Std. Sap.	Ort.	Std. Sap.		Ort.	Std. Sap.	
1A	36,59	1,61	97,79	8,75	**5A**	19,64	0,68	Çözgü yönündeki yırtılmalar, yırtılma doğrultusunda gerçekleşmemiştir
1B	43,45	0,48	110,67	3,70	**5B**	24,58	0,84	
1C	38,12	1,65	102,81	8,16	**5C**	21,27	0,57	
1S	44,23	1,30	112,79	3,28	**5S**	25,64	0,90	
2A	39,46	1,75	108,62	2,86	**6A**	20,15	0,97	
2B	45,00	1,13	111,08	5,44	**6B**	25,27	0,57	
2C	38,18	0,81	109,34	1,95	**6C**	23,70	0,79	
2S	41,71	1,31	109,33	3,23	**6S**	26,04	0,64	
3A	39,65	1,60	109,78	3,62	**7A**	20,11	0,46	
3B	42,29	2,08	108,06	1,81	**7B**	25,67	1,66	
3C	38,71	1,10	114,49	3,14	**7C**	21,07	2,36	
3S	47,21	1,26	123,12	4,60	**7S**	25,11	1,44	
4A	38,02	1,28	107,01	5,34	**8A**	19,49	0,60	
4B	41,29	1,06	110,14	4,20	**8B**	25,15	0,34	
4C	39,65	1,02	102,90	3,93	**8C**	20,27	0,61	
4S	46,14	1,14	115,15	9,69	**8S**	24,35	0,28	



Şekil 4.8. Atkı yönündeki kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri



Şekil 4.9. Çözgü yönündeki kumaşların yırtılma mukavemeti değerleri

Kumaşların yırtılma mukavemetine ait çizelge ve grafikler incelendiğinde bağ iplik numarası arttığında atkı doğrultusundaki yırtılma dayanımlarının düştüğü anlaşılmaktadır. Şönillerin bağ ipliklerinde Nm 68/2 iplik kullanılan kumaşların (Tip 1,2,3 ve 4) Nm 47/1 kullanılan kumaşlara (Tip 5,6,7 ve 8) göre atkı yönündeki yırtılma mukavemetlerinin daha yüksek olduğu Şekil 4.8'deki grafikte görülmektedir. Ayrıca bağda r-PET kullanılan tiplerde (A ve C), yırtılma

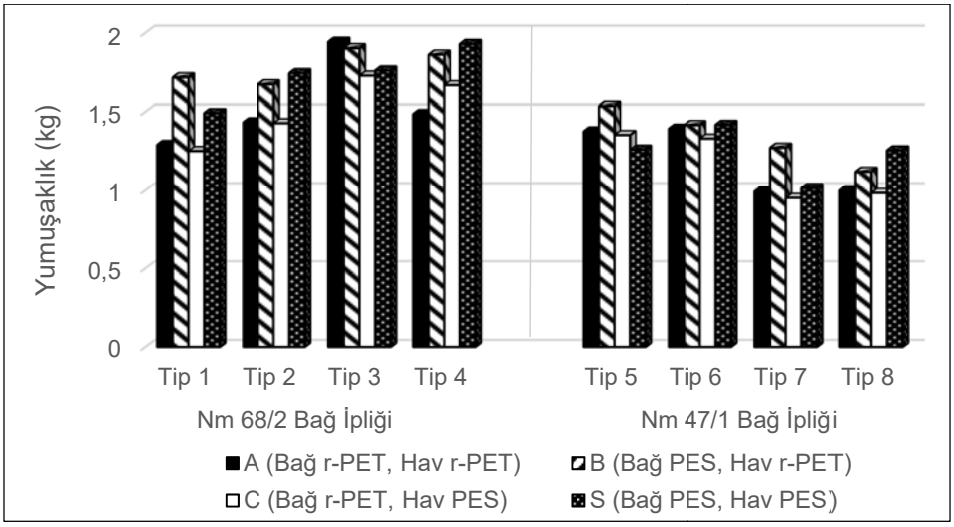
mukavemetleri PES kullanılan tiplere göre (B ve S) daha düşük değerlerde elde edilmiştir. Bununla birlikte, tüm kumaşların çözgü iplikleri ve sıklıkları sabit olduğundan (150 denye poliester iplik) çözgü yönü yırtılma dayanımlarının birbirine yakın değerlerde olduğu görülmektedir (Şekil 4.9). Ayrıca Tip 5, 6, 7 ve 8'de yer alan çözgü numunelerindeki yırtılmalar, yırtılma yönüne dik görüldüğünden bu tiplerdeki kumaşlar çözgü yönünde yırtılmaz olarak kabul edilmiştir.

4.2.6. Kumaşların Yumuşaklık Dereceleri Test Sonuçları

Kumaşların yumuşaklık değerlerinin ortalamaları Çizelge 4.12'de ve grafik halinde Şekil 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.12. Kumaşların yumuşaklık testi ölçüm sonuçları

Kumaş Tipi	Yumuşaklık (kg)		Kumaş Tipi	Yumuşaklık (kg)	
	Ortalama	Std. Sapma		Ortalama	Std. Sapma
1A	1,2894	0,1189	**5A**	1,3750	0,1548
1B	1,7174	0,0690	**5B**	1,5358	0,1461
1C	1,2502	0,1374	**5C**	1,3522	0,0256
1S	1,4912	0,0627	**5S**	1,2594	0,0785
2A	1,4328	0,1778	**6A**	1,3920	0,0963
2B	1,6730	0,0986	**6B**	1,4152	0,1254
2C	1,4274	0,2569	**6C**	1,3294	0,1422
2S	1,7434	0,0990	**6S**	1,4166	0,2029
3A	1,9428	0,3179	**7A**	0,9924	0,0683
3B	1,9016	0,1940	**7B**	1,2714	0,4070
3C	1,7278	0,1570	**7C**	0,9510	0,0405
3S	1,7604	0,1482	**7S**	1,0132	0,0795
4A	1,4854	0,1248	**8A**	0,9994	0,0820
4B	1,8610	0,1107	**8B**	0,1180	0,1226
4C	1,6674	0,1176	**8C**	0,9828	0,0723
4S	1,9286	0,1615	**8S**	1,2544	0,3678



Şekil 4.10. Kumaşların yumuşaklık dereceleri

Şekil 4.10'daki yumuşaklık grafiğinde hav iplik numarası aynı (Nm 68/1) olan tipler (Tip 1 ile Tip 7; Tip 2 ile Tip 8) kendi arasında incelendiğinde, şönillerdeki bağ iplik numarası arttığında genel olarak yumuşaklık dereceleri de artmaktadır. Bağ iplik numaraları aynı olan tipler kendi aralarında değerlendirildiğinde ise rotora beslenen hav iplik sayısına bağlı olarak değişen hav yoğunluklarının ve hav iplik türünün kesik elyaf veya filament olmasının yumuşaklık dereceleri üzerinde etkilerinin olabileceği görülmüştür. Hav yoğunluklarının azalmasıyla ve havda filament iplikler kullanılmasıyla yumuşaklık derecelerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Şönil kumaşlarda hav yoğunluklarının ve bileşen iplik numaralarının artmasıyla (ipliğin incelmesiyle) yumuşaklık dereceleri iyileşmektedir.

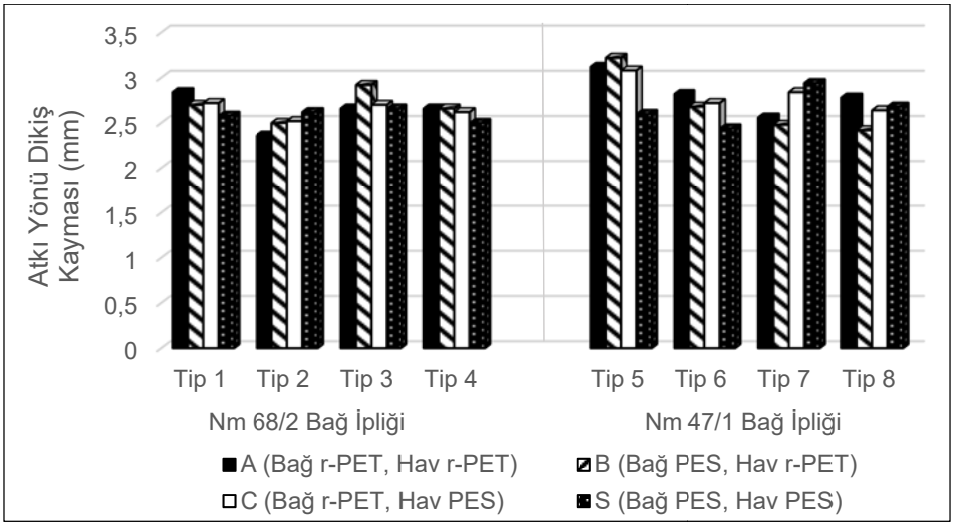
4.2.7. Kumaşlarda Dikiş Kayması Test Sonuçları

Kumaşların atkı yönündeki ortalama dikiş kayması değerleri Çizelge 4.13'de, çözgü yönündeki ortalama dikiş kayması değerleri ise Çizelge 4.14'de

verilmiştir. Ayrıca, atkı ve çözgü yönündeki dikiş kayması değerleri grafik halinde sırasıyla Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görülmektedir.

Çizelge 4.13. Atkı yönündeki dikiş kayması ölçüm sonuçları

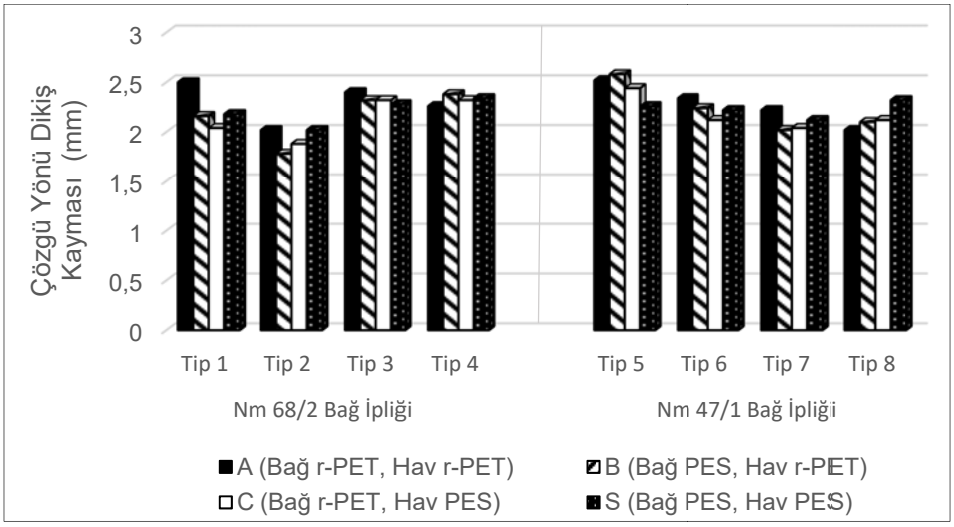
Kumaş Tipi	Dikiş kayması (mm)		Kumaş Tipi	Dikiş kayması (mm)	
	Ortalama	Std. Sap.		Ortalama	Std. Sap.
1A	2,84	0,11	**5A**	3,12	0,16
1B	2,70	0,25	**5B**	3,22	0,16
1C	2,72	0,19	**5C**	3,08	0,16
1S	2,58	0,23	**5S**	2,60	0,27
2A	2,36	0,13	**6A**	2,82	0,10
2B	2,50	0,10	**6B**	2,68	0,13
2C	2,52	0,31	**6C**	2,72	0,14
2S	2,62	0,29	**6S**	2,44	0,15
3A	2,66	0,27	**7A**	2,56	0,25
3B	2,92	0,23	**7B**	2,48	0,19
3C	2,70	0,23	**7C**	2,84	0,33
3S	2,66	0,08	**7S**	2,94	0,19
4A	2,66	0,16	**8A**	2,78	0,37
4B	2,66	0,18	**8B**	2,42	0,04
4C	2,62	0,14	**8C**	2,64	0,20
4S	2,50	0,25	**8S**	2,68	0,32



Şekil 4.11. Atkı yönündeki dikiş kayması değerleri

Çizelge 4.14. Çözgü yönündeki dikiş kayması ölçüm sonuçları

Kumaş Tipi	Dikiş kayması (mm)		Kumaş Tipi	Dikiş kayması (mm)	
	Ortalama	Std. Sap.		Ortalama	Std. Sap.
1A	2,28	0,23	**5A**	2,52	0,20
1B	2,16	0,20	**5B**	2,58	0,21
1C	2,04	0,35	**5C**	2,44	0,11
1S	2,18	0,10	**5S**	2,26	0,20
2A	2,02	0,16	**6A**	2,34	0,21
2B	1,78	0,19	**6B**	2,24	0,11
2C	1,88	0,17	**6C**	2,12	0,08
2S	2,02	0,17	**6S**	2,22	0,16
3A	2,40	0,18	**7A**	2,22	0,14
3B	2,32	0,08	**7B**	2,02	0,14
3C	2,32	0,14	**7C**	2,04	0,33
3S	2,28	0,21	**7S**	2,12	0,23
4A	2,26	0,18	**8A**	2,02	0,20
4B	2,38	0,14	**8B**	2,10	0,17
4C	2,32	0,13	**8C**	2,12	0,20
4S	2,34	0,15	**8S**	2,32	0,36



Şekil 4.12. Çözgü yönündeki dikiş kayması değerleri

Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'deki dikiş kayması değerlerine ait grafiklere göre tip gruplarının çoğunda hav yüksekliği düştükçe dikiş kayması değerlerinin de düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte, rotora beslenen hav iplik sayısının az olduğu tiplerde (Tip 5 ve 6) şönil ipliğin bir bükümünde bulunan hav iplik sayısı da daha az olduğundan kumaş iplikleri arasındaki sürtünme katsayısının azaldığı ve böylece dikiş açılma miktarlarının arttığı düşünülmektedir.

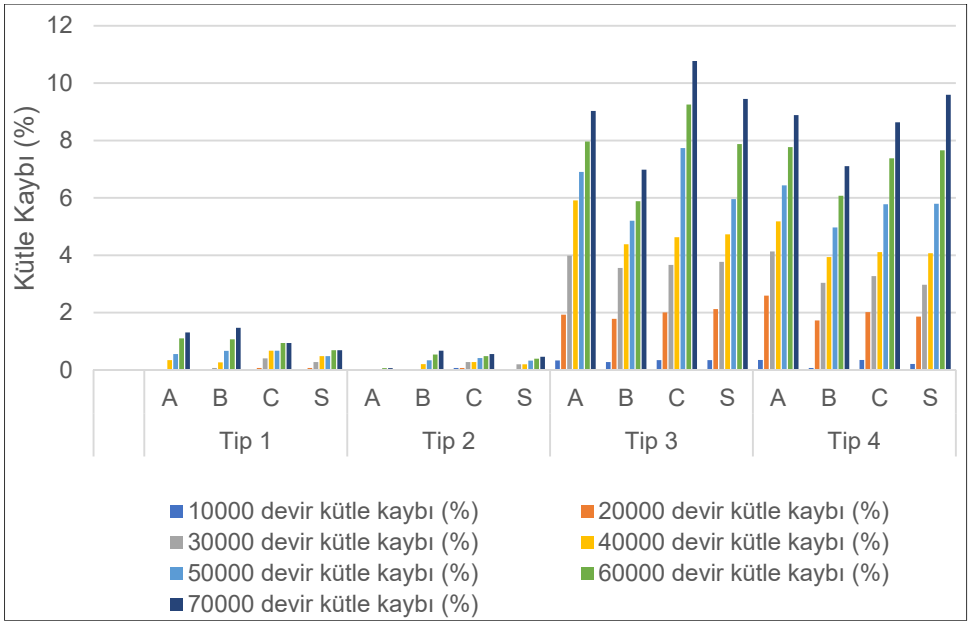
Her iki grafik incelendiğinde genel olarak atkı yönündeki dikiş kayması değerlerinin, çözgü yönündeki değerlere göre daha yüksek olduğu söylenebilmektedir. Dikişler çözgü yönünde olduğu zaman daha düşük dikiş kayması değerleri ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle şönil döşemelik kumaşlarda dikişin, mümkün olduğu kadar çözgü yönünde kullanılması önerilmektedir (Başpınar, 2010).

4.2.8. Kumaşlarda Aşınma Dayanımı Test Sonuçları

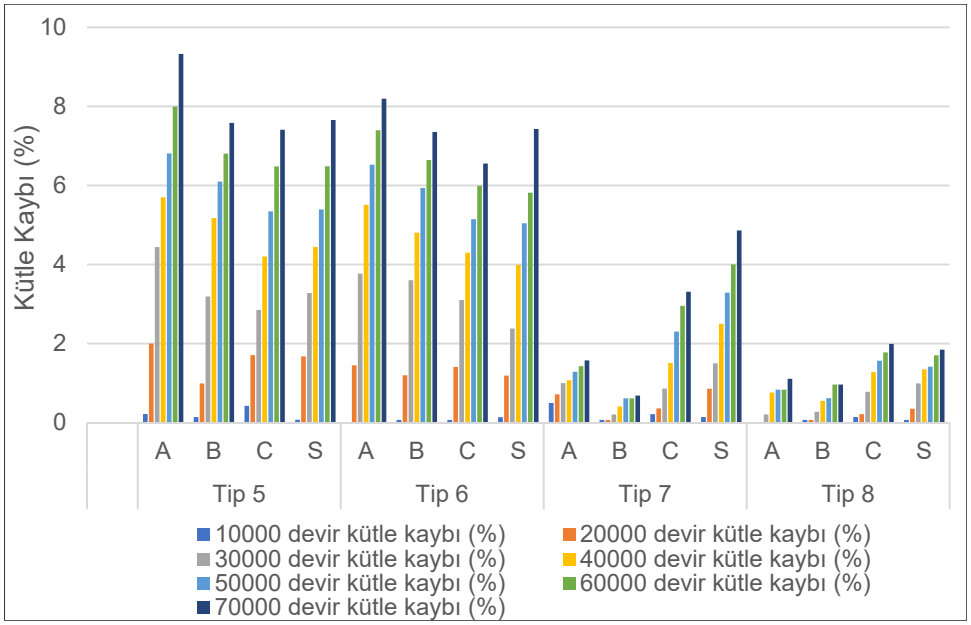
Kumaşların aşınma dayanımlarını tespit etmek amacıyla sırasıyla 10000, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000 ve 70000 devir sonrası kumaşlardaki toplam kütle kaybı değerleri (%) Çizelge 4.15'te, grafik halinde ise Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te görülmektedir.

Çizelge 4.15. Aşınma dayanımı test sonuçları

Kumaş Tipi	10000 devir kütle kaybı (%)	20000 devir kütle kaybı (%)	30000 devir kütle kaybı (%)	40000 devir kütle kaybı (%)	50000 devir kütle kaybı (%)	60000 devir kütle kaybı (%)	70000 devir kütle kaybı (%)
1A	0	0	0	0,345	0,552	1,103	1,310
1B	0	0	0,067	0,267	0,668	1,070	1,471
1C	0	0,067	0,403	0,672	0,672	0,941	0,941
1S	0	0,069	0,275	0,482	0,482	0,689	0,689
2A	0	0	0	0	0	0,066	0,066
2B	0	0	0	0,202	0,337	0,539	0,674
2C	0,069	0,069	0,277	0,277	0,415	0,484	0,554
2S	0	0	0,196	0,196	0,326	0,392	0,457
3A	0,332	1,926	3,984	5,910	6,906	7,968	9,031
3B	0,274	1,780	3,559	4,381	5,202	5,886	6,982
3C	0,345	2,003	3,660	4,627	7,735	9,254	10,773
3S	0,342	2,123	3,767	4,726	5,959	7,877	9,452
4A	0,350	2,589	4,129	5,178	6,438	7,768	8,887
4B	0,069	1,725	3,037	3,934	4,969	6,073	7,108
4C	0,348	2,019	3,273	4,109	5,780	7,382	8,635
4S	0,207	1,863	2,968	4,072	5,797	7,660	9,593
5A	0,222	1,999	4,441	5,699	6,810	7,994	9,326
5B	0,142	0,992	3,189	5,174	6,095	6,804	7,583
5C	0,427	1,709	2,849	4,202	5,342	6,481	7,407
5S	0,073	1,676	3,280	4,446	5,394	6,487	7,653
6A	0	1,450	3,771	5,511	6,526	7,397	8,194
6B	0,071	1,201	3,604	4,806	5,936	6,643	7,350
6C	0,070	1,409	3,101	4,299	5,144	5,990	6,554
6S	0,14	1,191	2,383	3,994	5,046	5,816	7,428
7A	0,501	0,716	1,002	1,074	1,288	1,432	1,575
7B	0,069	0,069	0,206	0,412	0,617	0,617	0,686
7C	0,216	0,360	0,865	1,513	2,305	2,954	3,314
7S	0,143	0,858	1,501	2,502	3,288	4,003	4,861
8A	0	0	0,208	0,764	0,834	0,834	1,112
8B	0,069	0,069	0,275	0,550	0,619	0,963	0,963
8C	0,142	0,214	0,783	1,281	1,566	1,779	1,993
8S	0,071	0,355	0,994	1,349	1,420	1,705	1,847



Şekil 4.13. Kumaşların kütle kaybı değerleri (Bağ ipliği Nm 68/2 olan şönil iplikleri içeren kumaşlar)



Şekil 4.14. Kumaşların kütle kaybı değerleri (Bağ ipliği Nm 47/1 olan şönil iplikleri içeren kumaşlar)

Kumaşların kütle kaybı grafiklerinden görüldüğü üzere hav ipliklerinde kesik elyaf kullanılan tiplerdeki (Tip 1, 2, 7 ve 8) kumaşların havda filament iplik kullanılan (Tip 3, 4, 5 ve 6) kumaşlara göre 70000 devir sonundaki toplam kütle kaybı değerinin daha az olduğu görülmektedir. Havda filament kullanılan tiplerde bağ ve hav iplikleri arasında oluşan sürtünme kuvvetinin daha az olmasından dolayı aşınma ile hav kayıpları daha fazla gerçekleşmektedir. Ayrıca, hav iplik numaraları aynı olan tipler (Tip 1, 2, 7 ve 8) kendi aralarında kıyaslandığında, bağ iplik numaralarının küçülmesiyle yani ipliğin kalınlaşmasıyla kütle kayıplarının da azaldığı görülmektedir. Bağ ipliğinin kalınlaşması ile hav oranları azalmaktadır. Böylece daha ince bağ ipliğine sahip şönil ipliklere kıyasla aşınma sonucu daha az kütle kayıpları gerçekleşmektedir.

Hav iplik boylarının kütle kayıplarına etkisine bakılırsa, 1,2 mm hav yüksekliğine sahip tiplerin, 0,8 mm hav yüksekliğine sahip tiplere göre kütle kayıplarının daha fazla olduğu görülmektedir. Daha uzun hav iplikleri kullanılan şönil kumaş numunelerinde (1,2 mm hav uzunluğuna sahip tiplerde) numune ile aşındırıcı kumaş arasındaki temas alanı ve buna bağlı olarak sürtünme kuvvetleri artmaktadır. Bu nedenle kumaş yüzeyinden hav kayıpları görülebilmektedir. Bununla birlikte hav kayıpları, sadece havların bağ ipliklerinin arasından sıyrılması ile gerçekleşmemekte, aynı zamanda kopma yoluyla da olabilmektedir. Kısa havların kopmaya zorlanması neredeyse imkansızdır, bu nedenle hav uzunlukları düştükçe kütle kayıpları azalmaktadır (Babaarslan ve İlhan, 2005).

Aynı şönil iplik numarası, bağ iplik numarası, büküm değeri ve hav uzunluğuna sahip olan Tip 1 ile 3 kendi arasında değerlendirildiğinde daha kalın hav iplik numarası kullanılarak üretilen şönillerde (Tip 3) hav sıklığı daha az, daha ince hav iplikleri ile üretilen şönillerde (Tip 1) ise hav sıklığı daha fazla olmakta, başka bir ifadeyle havlar birbirini daha sıkı tutmaktadır. Böylece Tip 1'deki şönillerin aşınma dayanımları daha iyi, kütle kayıpları daha az olmaktadır. Aynı şekilde Tip 2 ile 4; Tip 5 ile 7; Tip 6 ile 8'de yer alan şöniller için de aynı değerlendirmeleri yapmak mümkündür.

4.2.9. Kumaşlarda Boncuklanma Test Sonuçları

Tez çalışması kapsamında standart metod gereği olarak tüm kumaşlara 7000 devire kadar boncuklanma testi uygulanmıştır. 125, 500, 1000, 2000, 5000 ve 7000 devir sonlarında cihaz durdurulmuş ve boncuklanma seviyesi, EMPA 198525 W3 serisi standart fotoğraflarla karşılaştırılarak kontrol edilmiştir.

Sonuç olarak tüm kumaşlarda herhangi bir boncuklanma oluşmamıştır. Şönillerdeki bağ ve hav iplik özelliklerinin (bağ ve hav iplik numarası, hav yüksekliği) ve hammaddesinin geri dönüşüm veya standart poliester olmasının boncuklanma üzerinde etkisinin olmadığı görülmüştür. Sadece tüm kumaşların 1000 devir kontrollerinde sürtme hareketinin etkisiyle kumaş yüzey görüntülerinin orijinal kumaşa göre çok az değiştiği ve çok hafif tüylenme olduğu gözlenmiş ve sonuç 4/5 olarak değerlendirilmiştir.

4.3. İstatistiksel Analizler ve Sonuçları

Çalışma kapsamında bu bölümde, şönil döşemelik kumaşların performans özelliklerini üretime geçmeden tahminleyebilmek için kurulacak olan optimizasyon modelinde kısıt olarak kullanılacak regresyon denklemleri oluşturulmuştur. İstatistik analizler için SPSS 24 istatistiksel paket programı kullanılmıştır. Analizler için ilk olarak çalışmadaki değişken tipleri tespit edilmiştir. Doğrusal regresyon analizinde yaygın olarak kullanılan değişken tipleri şunlardır:

1) Sürekli (Continuous) değişkenler
2) Kesikli (Discrete) değişkenler:

* Sayılabilen (counts) değişkenler (kaydedilen çalışan sayısı, vb.)
* Sıralayıcı (ordinal) değişkenler (küçük, orta, büyük, vb.)
* Sınıflayıcı (nominal) veya kategorik değişkenler (cinsiyet, ırk, vb.)

Sürekli değişkenler sıfır başlangıç değerine ve bir ölçüm birimine sahiptir. Kesikli değişkenler içerisinde yer alan sayılabilen değişkenlerin, ölçüm birimi ya da bir başlangıç noktasına sahip olduğu açıktır. Sürekli ve sayılabilen değişkenler birlikte 'nicel (quantitative) değişkenler' olarak adlandırılır. Sıralayıcı değişkenler ölçüm birimi ve bir başlangıç noktasına sahip değildir ancak, burada bir sıralama vardır. Sınıflayıcı değişkenler ise ne bir ölçüm birimi ve başlangıç noktasına ne de bir sıralamaya sahiptir. Sıralayıcı ve sınıflayıcı değişkenler 'nitel (qualitative) değişken' olarak adlandırılmaktadır (Aydın, 2014).

Çalışmada döşemelik kumaşların performans özelliklerinden atkı kopma mukavemeti (AKM), atkı yırtılma mukavemeti (AYM), yumuşaklık (Y), atkı dikiş kayması (ADK), çözgü dikiş kayması (CDK), aşınma dayanımı (AD) verileri; fiziksel özelliklerinden bağ iplik numarası (Nm_c), hav iplik numarası (Nm_p), hav yüksekliğine bağlı olarak hesaplanan kalibre çevresi (k) değeri ve rotora beslenen hav iplik sayısı (h) sürekli değişken olarak; bağ iplik hammaddesi (BH), hav iplik hammaddesi (HH) ve hav iplik türü (HT) ise kategorik değişken olarak Şekil 4.15'te görüldüğü gibi SPPS veri sayfasına girilmiştir. Kalibre çevresi; kalibre kalınlığı (c_t), bıçak kalınlığı (c_{kt}) ve kalibre genişliği (c_w) değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilmektedir (Çeven, 2007):

$$k = 2c_w + 4c_t + 2c_{kt} \qquad \text{(m)} \tag{4.1}$$

Burada;

k: Kalibre çevresi (m)

c_t: Kalibre kalınlığı (m)

c_{kt}: Bıçak kalınlığı (m)

c_w: Kalibre genişliği (m)

olarak ifade edilmektedir.

Kalibre genişliği, şönillerin hav yüksekliğini belirlediğinden çalışmadaki 0,8 mm hav yüksekliğine sahip şönillerin üretiminde k_1; 1,2 mm hav yüksekliğine sahip şönillerin üretiminde k_2 kalibre çevresi değeri (m) elde edilmiştir.

$$k_1 = (2 \times 0{,}8 \times 10^{-3}) + (4 \times 0{,}5 \times 10^{-3}) + (2 \times 0{,}6 \times 10^{-3}) = 4{,}8 \times 10^{-3}$$
$$k_2 = (2 \times 1{,}2 \times 10^{-3}) + (4 \times 0{,}5 \times 10^{-3}) + (2 \times 0{,}6 \times 10^{-3}) = 5{,}6 \times 10^{-3}$$

Atkı sıklığı (S_A), çözgü sıklığı (S_C), çözgü iplik numarası (CN), atkı kıvrımi (k_a), çözgü kıvrımi (k_c) verileri ise sabit değişkenler olup SPSS'te yer almamış fakat optimizasyon modelinde kullanılmıştır. Kumaşların ölçülen fiziksel özelliklerinden gramajları ve kumaş performans özelliklerinden çözgü kopma mukavemeti, atkı ve çözgü uzaması ve çözgü yırtılma mukavemeti değerleri, çözgü yönündeki parametrelerin (çözgü iplik numarası, çözgü sıklığı vs.) sabit olmasından ve döşemelik kumaşların üretimlerinde fazla göz önüne alınan özellikler olmamasından dolayı istatistiksel analizlere ve dolayısıyla optimizasyon modeline dahil edilmemiştir.

KT	Nmc	Nmp	AKM	AYM	Y	ADK	CDK	AD	BH	h	k	HT	HH
1A	34	68	76,18	36,59	1,2894	2,84	2,28	1,310	1	3	,0056	1	1
1B	34	68	93,92	43,45	1,7174	2,70	2,16	1,471	2	3	,0056	1	1
1C	34	68	74,96	38,12	1,2502	2,72	2,04	,941	1	3	,0056	1	2
1S	34	68	89,32	44,23	1,4912	2,58	2,18	,689	2	3	,0056	1	2
2A	34	68	76,84	39,46	1,4328	2,36	2,02	,066	1	3	,0048	1	1
2B	34	68	94,93	45,00	1,6730	2,50	1,78	,674	2	3	,0048	1	1
2C	34	68	75,54	38,18	1,4274	2,52	1,88	,554	1	3	,0048	1	2
2S	34	68	95,90	41,71	1,7434	2,62	2,02	,457	2	3	,0048	1	2
3A	34	60	77,35	39,65	1,9428	2,66	2,40	9,031	1	2	,0056	2	1
3B	34	60	101,51	42,29	1,9016	2,92	2,32	6,982	2	2	,0056	2	1
3C	34	60	75,77	38,71	1,7278	2,70	2,32	10,773	1	2	,0056	2	2
3S	34	60	97,06	47,21	1,7604	2,66	2,28	9,452	2	2	,0056	2	2
4A	34	60	76,15	38,02	1,4854	2,66	2,26	8,887	1	2	,0048	2	1
4B	34	60	92,87	41,29	1,8610	2,66	2,38	7,108	2	2	,0048	2	1
4C	34	60	78,07	39,65	1,6674	2,62	2,32	8,635	1	2	,0048	2	2
4S	34	60	95,11	46,14	1,9286	2,50	2,34	9,593	2	2	,0048	2	2
5A	47	30	46,21	19,64	1,3750	3,12	2,52	9,326	1	2	,0056	2	1
5B	47	30	59,29	24,58	1,5358	3,22	2,58	7,583	2	2	,0056	2	1
5C	47	30	46,64	21,27	1,3522	3,08	2,44	7,407	1	2	,0056	2	2
5S	47	30	59,87	25,64	1,2594	2,60	2,26	7,653	2	2	,0056	2	2
6A	47	30	48,48	20,15	1,3920	2,82	2,34	8,194	1	2	,0048	2	1
6B	47	30	65,86	25,27	1,4152	2,68	2,24	7,350	2	2	,0048	2	1
6C	47	30	48,80	23,70	1,3294	2,72	2,12	6,554	1	2	,0048	2	2
6S	47	30	64,23	26,04	1,4166	2,44	2,22	7,428	2	2	,0048	2	2
7A	47	68	42,52	20,11	,9924	2,56	2,22	1,575	1	3	,0056	1	1
7B	47	68	55,44	25,67	1,2714	2,48	2,02	,686	2	3	,0056	1	1
7C	47	68	45,32	21,07	,9510	2,84	2,04	3,314	1	3	,0056	1	2
7S	47	68	61,20	25,11	1,0132	2,94	2,12	4,861	2	3	,0056	1	2
8A	47	68	43,88	19,49	,9994	2,78	2,02	1,112	1	3	,0048	1	1
8B	47	68	61,64	25,15	,1180	2,42	2,10	,963	2	3	,0048	1	1
8C	47	68	44,34	20,27	,9828	2,64	2,12	1,993	1	3	,0048	1	2
8S	47	68	59,38	24,35	1,2544	2,68	2,32	1,847	2	3	,0048	1	2

Şekil 4.15. SPSS veri sayfasına girilen ölçüm değerleri

Değişkenlere ait ölçümler SPSS veri sayfasına girildikten sonra istatistiksel testler yapılmıştır. Genel olarak bu testler parametrik veya parametrik olmayan (nonparametrik) testler olarak ikiye ayrılmaktadır. 'Parametrik' kelimesi, 'parametre' ya da bir 'evrenin özelliğinden' gelmektedir. Parametrik testler (Örneğin, t-testleri, varyans analizi, korelasyon analizi, regresyon analizi) örneklemin alındığı evren hakkında varsayımlar yapar. Bu varsayımlar genellikle evrenin dağılım biçimi hakkındaki varsayımları içerir. Bu nedenle, normal dağılıma sahip verilerin analizinde parametrik testler kullanılmaktadır. Parametrik olmayan testler (Örneğin, Ki-kare testi, Mann-Whitney U testi, Kruskal-Wallis testi, Wilcoxon testi) ise bu türden katı gerekliliklere sahip değildir ve temelde

yatan evrenin dağılımı hakkında varsayımlarda bulunmaz (Pallant, 2017). İstatistikte her parametrik testin alternatifi bir nonparametrik test bulunmaktadır. Genellikle parametrik testler nonparametrik testlere göre daha güçlü ve esnek testlerdir. İstatistiksel testlerin seçimi bir çalışmanın sonucunu tamamiyle etkileyebileceği için araştırmacıların test seçimini dikkatli yapması gerekmektedir.

Parametrik testlerin uygulanabilmesi için verilerin bazı şartları taşıması gerekmektedir:

- Verilerin normal dağılıma uyması,
- Varyansların homojen olması,
- Deneklerin evrenden rastgele seçilmiş olması,
- Deneklerin birbirinden bağımsız olması,
- Denek sayılarının yeterli olması.

Çalışmada verilerin öncelikle SPSS programı kullanılarak normal dağılıma uygunlukları ve rastgelelik durumları analiz edilmiştir. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığının tespiti için histogram grafiklerine, Shapiro-Wilk normallik testlerine ve Skewness-Kurtosis değerlerine bakılmıştır. Uygulanan istatistiksel testler aşağıda sırasıyla belirtilmiştir:

1) Histogram grafiklerinin incelenmesi
2) Shapiro-Wilk normallik testi
3) Skewness-Kurtosis değerlerinin incelenmesi
4) Wald-Wolfowitz diziler (RUNS) testi
5) Korelasyon Analizi
6) Bağımsız örneklemler için t-testi
7) Regresyon analizi

4.3.1. Normal Dağılım Testleri

Çalışma kapsamında tüm veri gruplarının normal dağılıp dağılmadığının tespit edilebilmesi için ilk olarak SPSS'te normallik testleri uygulanmıştır. Normallik testlerinden, her bir veri grubunda örneklem büyüklüğü 35'den küçük olduğu için Shapiro-Wilk testi esas alınarak değerlendirme yapılmıştır (Shapiro ve Wilk, 1965; Demir ve ark., 2016). Tüm veri gruplarına ait normallik testi sonuçları Çizelge 4.16'da görülmektedir.

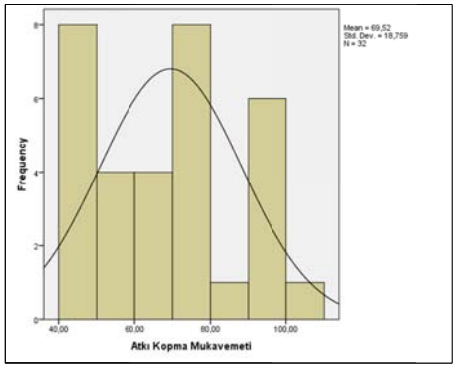
Çizelge 4.16**.** Normallik testi sonuçları

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	**df**	**Sig.**
Atkı Kopma Mukavemeti	0,924	32	0,026
Atkı Yırtılma Mukavemeti	0,865	32	0,001
Yumuşaklık Derecesi	0,907	32	0,009
Atkı Dikiş Kayması	0,942	32	0,086
Çözgü Dikiş Kayması	0,981	32	0,830
Aşınma Dayanımı	0,853	32	0,000

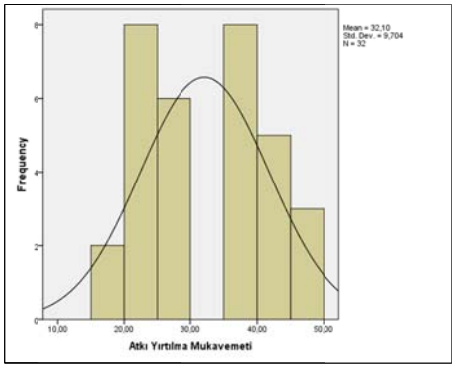
Shapiro-Wilk testi verilerin dağılımının normalliğini ölçmektedir. Çizelge 4.16'da istatistiksel olarak anlamlı olmayan değerler (Sig.>0,05) verilerin normal dağıldığını işaret etmektedir (Pallant, 2017). Çalışmada atkı kopma mukavemeti (AKM), atkı yırtılma mukavemeti (AYM), yumuşaklık derecesi (Y) ve aşınma dayanımı (AD) verilerinin $p<0,05$ olduğundan normal dağılım göstermediği görülmektedir. Atkı dikiş kayması (ADK) ve çözgü dikiş kayması (CDK) verileri ise normal dağılıma sahiptir. Fakat sadece normallik testlerine bakarak yorum yapmak doğru değildir. Grafiksel yöntemlere de başvurarak histogram grafiklerini incelemek daha doğru bir normallik analizi yapılması için gereklidir.

Histogram grafiklerinde, normal dağılım eğrisi, ölçüm sonuçlarının orta noktalarda yoğunlaştığı, uç noktalarda seyrekleştiği bir dağılım şeklini ifade etmektedir. Normal dağılımda, eğrinin simetrik veya simetriğe yakın olması, diğer bir deyişle verilerin frekanslarını temsil eden çubukların çan eğrisine benzer bir görünüme sahip olması gerekmektedir.

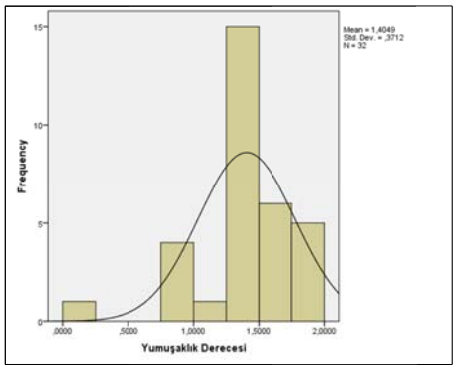
Çalışmada döşemelik kumaşlara uygulanan performans testleri sonucu elde edilen verilere ait histogram grafikleri Şekil 4.16,…4.21'de görülmektedir.



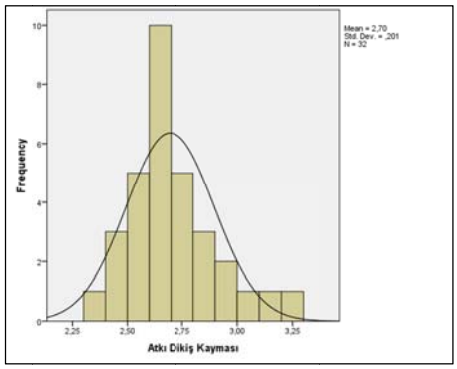
Şekil 4.16. Atkı kopma mukavemeti (AKM) verilerinin histogram grafiği



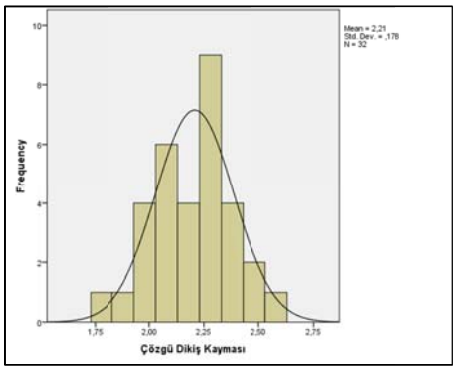
Şekil 4.17. Atkı yırtılma mukavemeti (AYM) verilerinin histogram grafiği



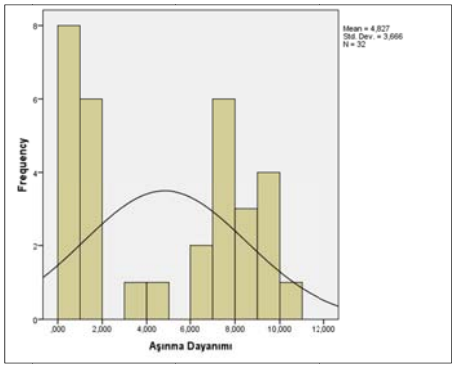
Şekil 4.18. Yumuşaklık (Y) verilerinin histogram grafiği



Şekil 4.19. Atkı dikiş kayması(ADK) verilerinin histogram grafiği



Şekil 4. 20. Çözgü dikiş kayması (CDK) verilerinin histogram grafiği



Şekil 4.21. Aşınma dayanımı (AD) verilerinin histogram grafiği

Shapiro-Wilk testi sonucu p<0,05 değeri elde edilen AKM, AYM, Y ve AD değişkenlerinin histogram grafikleri incelendiğinde Y (Yumuşaklık) verilerinin dağılımının yaklaşık simetrik olduğu, tek tepe noktasına ve geniş dağılım aralığına sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu verilerin normal dağıldığı söylenebilmektedir (Akgül ve Çevik 2003; Zervent Ünal, 2007).

Son olarak, normal dağılıma uymadığı düşünülen AKM, AYM ve AD verilerinin dağılımını, betimsel istatistiklerden Skewness (Çarpıklık)-Kurtosis (Basıklık) değerlerine bakarak yorumlamak gerekmektedir. Çizelge 4.17'de tüm verilere ait çarpıklık-basıklık değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.17**.** Verilere ait skewness-kurtosis değerleri

Descriptives			
		Statistic	Std. Error
Atkı Kopma Mukavemeti	Skewness	0,137	0,414
	Kurtosis	-1,254	0,809
Atkı Yırtılma Mukavemeti	Skewness	0,066	0,414
	Kurtosis	-1,719	0,809
Yumuşaklık Derecesi	Skewness	-1,216	0,414
	Kurtosis	-3,331	0,809
Atkı Dikiş Kayması	Skewness	0,862	0,414
	Kurtosis	0,728	0,809
Çözgü Dikiş Kayması	Skewness	-0,217	0,414
	Kurtosis	0,067	0,809
Aşınma Dayanımı	Skewness	0,032	0,414
	Kurtosis	-1,766	0,809

Çarpıklık (skewness) dağılımın simetrisi, basıklık (kurtosis) ise dağılımın sivriliği hakkında bilgi vermektedir. Eğer verilerin dağılımı mükemmel derecede normal dağılım gösteriyorsa basıklık ve çarpıklık değerleri 0 olarak hesaplanmaktadır. Pozitif çarpıklık değeri, dağılımın düşük değerlerde grafiğin solunda toplandığını ifade etmektedir. Negatif çarpıklık değeri ise dağılımın yüksek değerlerde grafiğin sağ tarafında toplandığını göstermektedir. Pozitif basıklık değeri, dağılımın oldukça sivri olduğuna, verilerin merkezde toplandığına, grafiğin ince ve kuyrukların uzun olduğuna işaret etmektedir. Negatif basıklık değerleri ise dağılımın nispeten düz olduğunu (uç noktalarda çok fazla verinin olduğunu) göstermektedir (Pallant, 2017). Literatürde farklı değer aralıkları ve yorumlamalar olmakla birlikte, Skewness-kurtosis değerleri -2 ve +2 arasında yer alıyorsa, verilerin normal dağıldığı söylenebilmektedir (George ve Mallery, 2010). Çizelge 4.17'de AKM, AYM ve AD verileri incelendiğinde skewness-kurtosis

değerlerinin -2 ve +2 aralığı içerisinde yer aldığı görülmektedir. Dolayısıyla bu değişkenlere ait verilerin de normal dağılım gösterdiği söylenebilmektedir.

4.3.2. Wald-Wolfowitz Diziler (Runs) Testi

Deneklerin evrenden rastgele seçilmiş olması ve birbirinden bağımsız olması parametrik testlerin uygulanabilme şartlarındandır. Bir ölçümün kendisinden sonra gelen ölçümü etkilememesi ve bağımsız olması, ardı ardına gelmenin (dizinin) rastgele olması anlamına gelmektedir. Çalışmadaki verilerin rassallığının ölçülebilmesi için tüm değişkenlere ait verilere Wald-Wolfowitz diziler (Runs) testi uygulanmıştır. Test sonucu elde edilen Sig. değerinin 0,05'ten büyük olması verilerin rastgele seçildiği anlamına gelmektedir (Akgül ve Çevik, 2003; Zervent Ünal, 2007). Test sonuçları Çizelge 4.18'de görülmektedir.

Çizelge 4.18**.** Verilere ait Runs testi sonuçları

Runs Test						
	AKM	**AYM**	**Y**	**ADK**	**CDK**	**AD**
Test Value[a]	101,51[b]	39,65	1,9428[b]	2,66	2,32[b]	10,773[b]
Cases < Test Value	31	22	31	13	21	31
Cases >= Test Value	1	10	1	19	11	1
Total Cases	32	32	32	32	32	32
Number of Runs	3	13	3	11	8	3
Z	0,000	-0,526	0,000	-1,841	-2,773	0,000
Asymp. Sig. (2-tailed)	1,000	0,599	1,000	0,066	0,006	1,000
a. Mode						
b. There are multiple modes. The mode with the largest data value is used.						

Çizelge 4.18'deki Runs testi sonuçlarına göre çözgü dikiş kayması (CDK) verileri hariç diğer tüm veri gruplarının rastgele dağıldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında belirlenen üretim planı çerçevesinde bazı değişkenlerin sabit olarak belirlenmesi sonucu (çözgü iplik numarası, atkı ve çözgü sıklığı gibi) bazı performans testlerinde geniş dağılma aralığına sahip ölçümler elde edilememiştir. Kısacası CDK verilerinin rastgele dağılmaması beklenen bir durumdur. Bu durum iyileştirilemeyeceğinden normal dağılıma uyan verilerin aynı zamanda rastgele dağıldığı kabul edilerek bu verilere korelasyon ve regresyon analizleri yapılmış yani parametrik testler uygulanmıştır.

4.3.3. Korelasyon Analizi

İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ve yönünü tanımlamak için korelasyon analizi kullanılmaktadır. İlişkinin yönü ve derecesini belirten katsayı korelasyon katsayısıdır. Korelasyon katsayısı 'r' harfi ile gösterilmekte ve -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Eğer 'r' değeri -1'e yakınsa iki değişken arasında negatif yönde, +1'e yakınsa pozitif yönde doğrusal bir ilişki olduğu söylenmektedir. Eğer 'r' değeri sıfıra yakın değerler alıyorsa iki değişken arasında doğrusal bir ilişki yok veya yok denecek kadar az yorumu yapılmaktadır.

Literatürde farklı sınıflandırmalar olmakla birlikte, değişkenler arasındaki ilişkinin düzeyi:

- $r = 0$ ise ilişki yok
- $0,01 < r < 0,29$ ise düşük düzeyde, çok zayıf ilişki
- $0,30 < r < 0,70$ ise orta düzeyde ilişki
- $0,71 < r < 0,99$ yüksek düzeyde, kuvvetli ilişki
- $r = 1$ ise mükemmel ilişki şeklinde yorumlanmaktadır (Köklü ve ark., 2006).

En yaygın kullanılan korelasyon analizleri Pearson ve Spearman korelasyon analizleridir. Değişkenlerin hangi ölçek düzeyinde ölçüldüğüne, sürekli veya kesikli olmalarına ve verilerin doğrusal olup olmamasına bağlı olarak incelenecek korelasyon katsayısı da değişmektedir. Genel olarak veriler normal dağılıma uyup parametrik test koşullarını sağlıyorsa Pearson korelasyon analizi, sağlamıyorsa Spearman korelasyon analizi kullanılmaktadır (Çolak, 2014).

Çalışmada şönil ipliklerin bazı fiziksel özellikleri ve üretim parametrelerinin iplik performans özellikleri ile arasındaki ilişki korelasyon analiziyle değerlendirilmiştir. Korelasyon analizi sonuçları Çizelge 4.19'da görülmektedir.

Çizelge 4.19. Şönil iplik üretim parametreleri ile iplik performans özellikleri ilişkisine ait korelasyon analizi sonuçları

Correlations					
		Bağ İplik Numarası	Hav İplik Numarası	Kalibre çevresi	Rotora beslenen hav iplik sayısı
İplik Kopma Mukavemeti	Pearson Correlation	-,694**	0,315	0,021	-,021
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,079	0,911	0,911
	N	32	32	32	32
İplik Kopma Uzaması	Pearson Correlation	-,859**	0,299	0,087	-,119
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,097	0,636	0,515
	N	32	32	32	32
İplik Aşınma Dayanımı	Pearson Correlation	0,034	-,299	-,064	-,312
	Sig. (2-tailed)	0,855	0,096	0,730	0,082
	N	32	32	32	32
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					

Korelasyon analizinde Sig. (2-tailed) değeri 0,05'in altında olan değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olduğu söylenebilmektedir. İlişkinin yönü ve gücü ise pearson korelasyon katsayısı değerlerine göre yorumlanmaktadır.

Çizelge 4.19'a göre bağ iplik numarası ile iplik kopma mukavemeti arasında negatif yönde, orta düzeyde bir ilişki (0,30 < r < 0,70); iplik kopma uzaması ile arasında ise negatif yönde yüksek düzeyde, kuvvetli bir ilişki (0,71 < r < 0,99) bulunmaktadır.

Çalışmada şönil ipliklerin bazı fiziksel özellikleri ve üretim parametrelerinin kumaş performans özellikleri ile arasındaki ilişki ise Çizelge 4.20'deki korelasyon analizi sonuçlarından görülebilmektedir.

Çizelge 4.20. Şönil iplik üretim parametreleri ile kumaş performans özellikleri ilişkisine ait korelasyon analizi sonuçları

Correlations					
		Bağ İplik Numarası	Hav İplik Numarası	Kalibre çevresi	Rotora beslenen hav iplik sayısı
Atkı Kopma Mukavemeti	Pearson Correlation	-,877**	,361*	-0,033	-0,071
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,042	0,858	0,699
	N	32	32	32	32
Atkı Yırtılma Mukavemeti	Pearson Correlation	-,956**	,433*	-0,002	-0,037
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,013	0,992	0,841
	N	32	32	32	32
Yumuşaklık Derecesi	Pearson Correlation	-,654**	-0,099	0,060	-0,491
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,591	0,743	0,004
	N	32	32	32	32
Atkı Dikiş Kayması	Pearson Correlation	0,266	-,417*	,443**	-0,278
	Sig. (2-tailed)	0,141	0,018	0,011	0,124
	N	32	32	32	32
Çözgü Dikiş Kayması	Pearson Correlation	0,082	-,495**	0,329	-,651**
	Sig. (2-tailed)	0,654	0,004	0,066	0,000
	N	32	32	32	32
Kumaş Aşınma Dayanımı	Pearson Correlation	0,011	-,622**	0,101	-,948**
	Sig. (2-tailed)	0,954	0,000	0,583	0,000
	N	32	32	32	32
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).					
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).					

Çizelge 4.20'ye göre bağ iplik numarası ile atkı kopma mukavemeti, atkı yırtılma mukavemeti arasında negatif yönde, kuvvetli bir ilişki ($0,71 < r < 0,99$ olduğundan dolayı), yumuşaklık derecesi ile arasında negatif yönde, orta düzeyde ilişki ($0,30 < r < 0,70$ olduğundan dolayı); hav iplik numarası ile atkı kopma ve yırtılma mukavemeti arasında pozitif yönde, orta düzeyde ilişki, atkı ve çözgü dikiş kayması ve aşınma dayanımı ile arasında ise negatif yönde, orta düzeyde ilişki; hav yüksekliklerine göre değişen kalibre çevresi ile atkı dikiş kayması arasında pozitif yönde, orta düzeyde ilişki; rotora beslenen hav iplik sayısı ile yumuşaklık derecesi arasında negatif yönde orta düzeyde, çözgü dikiş kayması ve aşınma dayanımı ile arasında ise negatif yönde, yüksek düzeyde ilişki olduğu görülmektedir.

4.3.4. Bağımsız Örneklemler için t-testi

Farklı gruplardan elde edilen veri değerlerinin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını tespit edebilmek için bağımsız (ilişkisiz) örneklemler için t-testi (Independent Sample t-test) uygulanmaktadır. Bu test son derece güçlü bir testtir. Dağılımı normal olmayan 15'er veriden oluşan gruplarda bile oldukça doğru p değerleri vermektedir (Green ve Salkind, 2005; Can, 2016). Bu testin güvenilir sonuçlar verebilmesi için bazı koşullar gereklidir:

- Ortalamaları kıyaslanacak verilerin her birisinin dağılımı normal dağılım özelliklerini taşımalıdır.
- Grupların varyansları eşit olmalıdır.
- Her bir veri diğerinden bağımsız olmalıdır (Evrenden rastgele seçilmelidir) (Can, 2016).

Grup sayısı ikiden fazla ise grupların ortalamaları arasındaki farkların kontrolü için Tek Yönlü ANOVA (Analysis of variance) kullanılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında bağ iplik hammaddesi, hav iplik hammaddesi ve hav iplik türü ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişki t-testi ile belirlenmiştir. Söz konusu tüm bu t-testi ve korelasyon analizlerin uygulanma amacı regresyon analizlerinde her bir bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenlerin saptanmasında kolaylık sağlamasından dolayıdır. Normal dağılımları ve rastgelelikleri incelenen tüm veri grupları arasındaki ilişkiler aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

4.3.4.1. Bağ İplik Hammaddesi ile Kumaş Performans Özellikleri Arasındaki İlişki

Çalışma kapsamında üretilen döşemeliklerdeki şönil ipliklerdeki bağ iplik yapılarında r-PET ve PES olmak üzere iki farklı hammaddede çalışılmıştır. Bu kapsamda, bağ iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlılığının tespiti için t-testi uygulanmıştır. Testin sonuçları Çizelge 4.21'de görülmektedir.

Çizelge 4.21. Bağ iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları

Independent Samples Test						
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
AKM	Equal variances assumed	3,983	0,055	-2,820	30	0,008
	Equal variances not assumed			-2,820	29,556	0,008
AYM	Equal variances assumed	0,802	0,378	-1,467	30	0,153
	Equal variances not assumed			-1,467	29,923	0,153
Y	Equal variances assumed	1,278	0,267	-0,836	30	0,410
	Equal variances not assumed			-0,836	25,298	0,411
ADK	Equal variances assumed	0,017	0,898	0,914	30	0,368
	Equal variances not assumed			0,914	29,743	0,368
CDK	Equal variances assumed	0,256	0,617	0,020	30	0,985
	Equal variances not assumed			0,020	29,998	0,985
AD	Equal variances assumed	0,910	0,348	0,231	30	0,819
	Equal variances not assumed			0,231	29,726	0,819

Çizelge 4.21'deki analiz sonuçlarına göre bağ iplik hammaddesi ile atkı kopma mukavemeti arasında (Sig.(2-tailed)<0,05) istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu, bunların dışında kalan performans özellikleri ile arasında ise anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir. Çizelge 3.1'deki r-PET ve PES iplik özelliklerinin bulunduğu tablodan da görüldüğü üzere iplik mukavemeti PES ipliklere göre daha düşük olan r-PET ipliklerin bağ iplik yapısında kullanılmasıyla atkı yönündeki kopma dayanımlarının da düşmesine neden olmuştur. Dolayısıyla bağ iplik hammaddesinin atkı kopma mukavemeti üzerinde etkisi bulunmaktadır.

4.3.4.2. Hav İplik Hammaddesi ile Kumaş Performans Özellikleri Arasındaki İlişki

Çalışmada üretilen döşemeliklerdeki şönillerin hav ipliklerinde r-PET ve PES olmak üzere iki farklı hammaddede çalışılmıştır. Bu kapsamda, hav iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlılığının tespiti için t-testi uygulanmıştır. Testin sonuçları Çizelge 4.22'de görülmektedir.

Çizelge 4.22. Hav iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları

Independent Samples Test						
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
AKM	Equal variances assumed	0,078	0,781	0,014	30	0,989
	Equal variances not assumed			0,014	29,904	0,989
AYM	Equal variances assumed	0,003	0,960	-0,280	30	0,782
	Equal variances not assumed			-0,280	29,996	0,782
Y	Equal variances assumed	0,432	0,516	-0,072	30	0,943
	Equal variances not assumed			-0,072	26,101	0,943
ADK	Equal variances assumed	1,866	0,182	0,452	30	0,654
	Equal variances not assumed			0,452	26,601	0,655
CDK	Equal variances assumed	0,927	0,343	0,609	30	0,432
	Equal variances not assumed			0,609	27,332	0,547
AD	Equal variances assumed	0,342	0,563	-0,468	30	0,548
	Equal variances not assumed			-0,468	29,999	0,643

Çizelge 4.22'deki t-testi sonuçlarına göre hav iplik hammaddesi ile kumaşlara ait performans özellikleri arasında Sig.(2-tailed) değeri 0,05'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Diğer bir deyişle, atkıdaki şönillerde bulunan hav ipliklerinin geri dönüşüm PET veya PES olmasının, çalışma kapsamında incelenen kumaş performans özellikleri üzerinde etkisi bulunmamaktadır. Bu nedenle hav iplik hammaddesi değişkeni regresyon analizlerine dahil edilmemiştir.

4.3.4.3. Hav İplik Türü ile Kumaş Performans Özellikleri Arasındaki İlişki

Çalışma kapsamında üretilen döşemeliklerdeki şönillerin hav ipliklerinde kesikli ve filament olmak üzere iki farklı iplik türünde çalışılmıştır. Hav iplik türü ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlılığının tespiti için t-testi uygulanmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.23'te görülmektedir.

Çizelge 4.23. Hav iplik türü ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları

Independent Samples Test						
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
AKM	Equal variances assumed	0,033	0,856	-0,390	30	0,699
	Equal variances not assumed			-0,390	29,994	0,699
AYM	Equal variances assumed	0,005	0,944	-0,202	30	0,841
	Equal variances not assumed			-0,202	29,997	0,841
Y	Equal variances assumed	1,114	0,300	-3,089	30	0,004
	Equal variances not assumed			-3,089	24,550	0,005
ADK	Equal variances assumed	1,158	0,291	-1,707	30	0,098
	Equal variances not assumed			-1,707	27,521	0,099
CDK	Equal variances assumed	0,603	0,443	-5,620	30	0,000
	Equal variances not assumed			-5,620	28,986	0,000
AD	Equal variances assumed	0,438	0,513	-16,279	30	0,000
	Equal variances not assumed			-16,279	29,986	0,000

Çizelge 4.23'teki t-testi sonuçlarına göre hav iplik türü (kesik elyaf ve filament iplik) ile kumaşlara ait yumuşaklık, çözgü dikiş kayması ve aşınma dayanımı verileri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin (Sig.(2-tailed) < 0,05) olduğu görülmektedir. Şekil 4.12 ve 4.13'teki kütle kaybı grafikleri incelendiğinde hav iplik türü filament olan tiplerin diğerlerine göre daha fazla kütle kaybı değerine sahip olduğu dolayısıyla da aşınma dayanımlarının daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Böylece hav iplik türünün aşınma dayanımları üzerinde etkisinin bulunduğu anlaşılmaktadır.

4.3.5. Regresyon Analizleri

Aralarında ilişki olan iki ya da daha fazla değişkenden birisinin, ilgilenilen değişken (bağımlı değişken/yanıt değişkeni) olarak ele alınıp, diğerinin ya da diğerlerinin bağımsız değişkenler (açıklayıcı değişken) şeklinde tanımlanarak, aralarındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyon ile açıklamaya regresyon analizi denir (Büyüköztürk, 2005).

Regresyon analizi ile;

- Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni ne şekilde etkilediği,
- Bağımlı değişken üzerindeki değişkenin ne kadarının bağımsız değişken(ler) nedeniyle ortaya çıktığı,
- Bağımsız değişkenin(lerin) alacağı değerlere göre bağımlı değişkenin değerinin ne olacağı belirlenmeye çalışılmaktadır.

Bir bağımsız değişkenin, bir bağımlı değişkenle ilişkisinin incelendiği regresyon analizine ‘basit doğrusal regresyon’ denilmektedir. Basit doğrusal regresyon analizinin doğru sonuçlar verebilmesi için bazı koşulların sağlanmış olması gerekmektedir:

- En az aralık ölçeğinde sürekli değişken olan bağımsız ve bağımlı değişken, normal dağılım özelliği göstermelidir.
- Bağımsız ve bağımlı değişken arasında doğrusal bir ilişki olmalıdır (Can, 2016).

Basit doğrusal regresyon modeli; $Y=\alpha + \beta X + \varepsilon$ şeklinde bir bağımlı ve bir de bağımsız değişken içermektedir.

Burada; Y : Bağımlı değişken,

X : Bağımsız değişken,

α : Sabit değer,

β : Regresyon katsayısı,

ε : Tesadüfi hata terimi

olarak ifade edilmektedir.

Birden fazla bağımsız değişken ile yapılan regresyon analizleri 'çoklu regresyon analizi' olarak adlandırılmaktadır. Çoklu regresyon, bir sürekli bağımlı değişken ile bir dizi bağımsız değişken arasındaki ilişkinin incelenmesi için kullanılan bir tekniktir. Çoklu regresyon korelasyon temellidir, değişkenler grubu arasındaki karşılıklı ilişkinin daha gelişmiş şekilde keşfedilmesine olanak tanımaktadır. Çoklu regresyon rastgele yürütülebilecek bir süreç olmayıp, analizde modele girecek değişkenlerin mantıklı, bilimsel, sağlam bir kuramsal ya da kavramsal nedene dayanması gerekmektedir. Çoklu regresyon ile:

- Bir dizi değişkenin, belirli bir çıktıyı ne kadar iyi açıklayabildiğini,
- Bir dizi değişken içindeki hangi değişkenin çıktıyı en iyi şekilde açıkladığını,
- Diğer bir değişkenin etkisi kontrol altında tutulurken, belirli bir bağımsız değişkenin bir çıktıyı hala açıklayıp açıklamadığı gibi temel sorulara yanıt bulunabilmektedir (Pallant, 2017).

Y bağımsız değişken ve X_1 , X_2 ,…,X_k bağımsız değişkenleri arasındaki ilişkinin doğrusal bir model olarak gösterildiği genel çoklu doğrusal regresyon modeli,

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \ldots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i , \quad i = 1,2,\ldots,n$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada $E(\varepsilon) = 0$ olduğundan, Y'nin ortalama değeri,

$$E(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta_k X_k$$

biçiminde yazılabilir. Bu durumda bağımsız değişkenin beklenen değeri, açıklayıcı değişkenlerle ilgili fonksiyonel bir ilişkidir.

Basit doğrusal regresyon modelinden de bilindiği gibi burada β_0 , sabit terim olarak adlandırılır ve hem X_1 hem de X_2 sıfır olduğunda, Y'nin aldığı ortalama değeri göstermektedir. β_1 ve β_2 kısmi eğimler veya kısmi regresyon katsayısı olarak adlandırılmaktadır. β_1 kısmi eğimi X_2 sabitken, X_1' de bir birimlik artışa karşılık ortalama yanıt değişkeninde beklenen değişmeyi göstermektedir. Aynı şekilde, β_2 kısmi regresyon katsayısı ise X_1 sabitken, X_2' de bir birimlik artışa karşılık E(Y)'de beklenen değişmeyi göstermektedir (Aydın, 2014).

Çoklu regresyon analizi yapılmadan önce bazı varsayımların kontrolü gerekmektedir. Bu varsayımlar SPSS'te artık saçılım grafiklerinden (residuals scatterplot) kontrol edilebilmektedir. Artıklar, elde edilen ve tahmin edilen değişken değerleri arasındaki farklılıklardır. Artık saçılım grafikleri aşağıdaki varsayımları kontrol etmemize olanak tanımaktadır:

- Normallik: Artıklar, tahmin edilmiş olan bağımlı değişken değerleri üzerinde normal olarak dağılmalıdır.
- Doğrusallık: Artıklar ve tahmin edilen bağımlı değişken değerleri arasındaki ilişki, düz bir çizgi ortaya koymalıdır.
- Eş varyanslık: Artıkların varyansı, tahmin edilen bağımlı değişken değerleri üzerinde tüm tahmin edilen değerler için aynı olmalıdır (Pallant, 2017).
- Çoklu ortak doğrusallık (Multicollienarity): Bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Bu durum, bağımsız değişkenler arasında oldukça yüksek korelasyon olduğunda (r=0.9 ve daha yüksek) ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle bağımsız değişkenler seçilirken, bunların bağımlı değişkenlerle basit doğrusal korelasyon katsayısının yüksek (1'e yakın) ancak birbirleri arasındaki basit doğrusal korelasyon katsayısının

düşük (0 veya 0'a yakın) olmasına dikkat etmek gerekmektedir (Orhunbilge, 2017).

Regresyon analizi yapılmadan önce bağımlı ve bağımsız değişkenlerin belirlenmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında SPSS'te regresyon analizinde kullanılacak bağımlı değişkenler AKM, AYM, Y, ADK, CDK ve AD; bağımsız değişkenler ise Nm_c, Nm_p, k, h, BH ve HT değişkenleridir. Ayrıca bağımsız değişkenler arasında yer alan BH ve HT değişkenleri kategorik (nitel) değişkenler olarak analize dahil edilmiştir. Bu değişkenlerden birinin bağımsız değişken olarak regresyon analizinde kullanılması gerektiği durumlarda, dummy (kukla) değişken oluşturulmuştur.

Regresyon analizlerinde bağımsız değişkenler nicel yani iyi tanımlanmış bir ölçüm ölçeğine sahip değişkenler olabileceği gibi nitel ya da kategorik değişkenler de olabilmektedir. Örneğin, cinsiyet (kadın veya erkek), vardiya (gündüz, akşam ya da gece), yerleşim bölgeleri (kentsel veya kırsal) gibi değişkenler bu sınıfa girmektedir. Aynı zamanda bu değişkenler, indikatör veya dummy (kukla) değişken olarak da bilinmektedir (Aydın, 2014). Bu değişkenler de bağımsız değişkenler olarak büyük önem taşımakta ve regresyon analizlerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu tür nitel değişkenlerin regresyon analizi formül ve çözümlerinde nümerik olarak ifade edilmeleri gerekmektedir. Bu durumlarda ikili (binary) sistemle kukla değişkenler (dummy variables) tanımlanmaktadır. Genellikle D harfi ile gösterilen kukla değişkenlerin sayısını, kategorik (nitel) değişkenlerin şık sayısı (p) belirlemektedir. Kategorik değişkenin şık sayısı p ise (p-1) adet kukla değişken tanımlanması gerekmektedir (Orhunbilge, 2017). Burada amaç, her defasında bir değişkene ilişkin yalnızca bir kategoriyi analize dâhil etmek, diğer kategorilerin etkisini dışarıda bırakmaktır. Bu şekilde, analize giren kategorinin etkisi, dışta tutulan kategoriye göre yorumlanmaktadır (Büyüköztürk, 2005). Örneğin, cinsiyet gibi iki şıklı nitel değişkenler için tek (2-1), işletme büyüklüğü

(küçük, orta veya büyük) gibi üç şıklı nitel değişkenler için iki (3-1) adet kukla değişken tanımlanarak modele dahil edilmesi gerekmektedir. Kukla değişkenler sadece 0 ve 1 değerleri alabilirler. Örnek olarak, cinsiyet kukla değişkeninde ister kadınlara 0, ister erkeklere 0, diğerine de 1 değeri verilir. Üç şıklı olan işletme büyüklüğü değişkeni için ise (3-1) yani iki kukla değişken (D_1 ve D_2) tanımlandıktan sonra aşağıdaki çizelgede değerler verilmektedir:

Çizelge 4.24**.** Üç şıklı nitel değişkenler için kukla değişken gösterimi

	D_1	D_2
Küçük İşletme	1	0
Orta İşletme	0	1
Büyük İşletme	0	0

Böylece D_1'i 1 olan küçük, D_2'si 1 olan orta, D_1 ve D_2'si 0 olan işletmeler büyük işletme sayılmaktadır. Tam tersi bir uygulama yapılarak D_1'i 1 olana büyük, D_2'si 1 olana orta, D_1 ve D_2'si 0 olana küçük işletme denebilir (Orhunbilge, 2017).

Çalışma kapsamında kullanılacak açıklayıcı değişkenlerden bağ iplik hammaddesi (BH) ve hav iplik türü (HT) kategorik değişkenler olup bunlar, kukla değişkenler kullanılarak regresyon analizlerine dahil edilmişlerdir.

4.3.5.1. Performans Özelliklerine Ait Regresyon Analizi Sonuçları

Bu bölümde, t-testi ve korelasyon analizi sonuçlarından da yararlanılarak her bir bağımlı değişken üzerinde etkisi olabilecek bağımsız değişkenler belirlenmiş ve regresyon analizlerinde kullanılmıştır. Bilinen bazı fiziksel özellikler yardımıyla, şönil döşemelik kumaşlara ait maliyet ve performans özelliklerini, üretim öncesi tahmin edebilmek amacıyla kullanılacak eşitliklerin oluşturulması için uygulanacak regresyon analizleri aşağıda özetlenmiştir.

1) Atkı Kopma Mukavemetinin (AKM) bağımlı değişken olması durumu:

Üretim öncesi atkı yönündeki kopma mukavemetini (AKM) tahmin edebilmek için korelasyon ve t-testi sonuçlarını da göz önüne alarak atkı kopma mukavemetini etkilediği düşünülen bağ iplik numarası (Nm_c), hav iplik numarası (Nm_p) ve bağ iplik hammaddesi (BH) değişkenleri açıklayıcı değişken olarak seçilerek regresyon analizine dahil edilmiş ve SPSS'te Şekil 4.22'de görülen çıktı görüntüsü elde edilmiştir.

Variables Entered/Removed[a]			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	BH, Nm_p, Nm_c[b]		Enter
a. Dependent Variable: AKM			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,992[a]	0,984	0,982	2,49438
a. Predictors: (Constant), BH, HN, BN				

ANOVA[a]						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10734,314	3	3578,105	575,081	,000[b]
	Residual	174,214	28	6,222		
	Total	10908,528	31			
a. Dependent Variable: AKM						
b. Predictors: (Constant), BH, Nm_p, Nm_c						

Coefficients[a]								
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	171,460	4,351		39,409	0,000		
	Nm_c	-2,598	0,077	-0,915	-33,609	0,000	0,770	1,298
	Nm_p	-0,092	0,032	-0,078	-2,853	0,008	0,770	1,298
	BH	16,905	0,882	0,458	19,169	0,000	1,000	1,000
a. Dependent Variable: AKM								

Şekil 4.22. AKM Bağımlı değişkeninin analiz sonuçları

Şekil 4.22'deki 'Model Summary' tablosundan 'R' değeri, bağımsız değişkenlerin hepsi ele alındığında bağımlı değişken ile aralarındaki çoklu ilişkinin derecesini, bir başka ifadeyle bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonu göstermektedir. Tabloda görülen bu değerin R=0,992 olması bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında oldukça yüksek ve sıkı bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. Aynı tablodan 'Adjusted R Square' bölümü incelendiğinde, modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %98,2'sini açıkladığı görülmektedir ($R = 0,992$; $R^2 = 0,984$; $R^2_d = 0,982$). Ayrıca 'ANOVA' tablosudan (Sig.<0,05) modelin anlamlı olduğu, diğer bir deyişle modeldeki açıklayıcı değişkenlerden en az birinin bağımlı değişken üzerinde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

'Coefficients' tablosunda ise ilk olarak çoklu ortak doğrusallık probleminin olup olmadığını anlayabilmek için Tolerance (Tolerans) ve VIF (Varyans Büyütme Faktörü) bölümleri incelenmiştir. Bu iki değer, açıklayıcı değişkenler arasındaki çoklu korelasyonun derecesini göstermektedir. En büyük VIF değerinin 10'dan küçük, Tolerance değerinin de 0,2'den büyük olması durumu, sorun teşkil edecek bir çoklu korelasyon probleminin olmadığı anlamına gelmektedir (Field, 2005; Can, 2016). Şekil 4.22'deki Tolerance ve VIF değerlerine göre çoklu ortak doğrusallık problemi tespit edilmemiştir. Aynı tabloda B değerlerine bakıldığında ise modeldeki sabit değerin 171,460 olduğu görülmektedir. Ayrıca bağ iplik numarasındaki 1 birimlik artışın, atkı kopma mukavemetinde 2,598 birimlik azalmaya; hav iplik numarasındaki 1 birimlik artışın ise atkı kopma mukavemetinde 0,092 birimlik azalmaya yol açtığı söylenebilmektedir. Bağ iplik hammaddesi (BH) kategorik değişkenini regresyon analizine bağımsız değişken olarak dahil edebilmek için kukla (dummy) değişkenler oluşturulmuştur. Diğer açıklayıcı değişkenler sabit tutulduğunda PES hammaddeli (PES iplikler referans alındığı için) bağ iplikler, atkı kopma mukavemeti değişkeninde 16,905 kgf'lik bir artışa neden olmuştur.

Şekil 4.22'deki regresyon analizi sonuçlarına göre AKM değerini yüksek güvenilirlikle tahmin edebilmek için Nm_c, Nm_p ve BH değerlerinin bilinmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması yeterlidir.

$$AKM = 171{,}460 - 2{,}598*Nm_c - 0{,}092*Nm_p + 16{,}905*BH \quad (4.2)$$

2) Atkı Yırtılma Mukavemetinin (AYM) bağımlı değişken olması durumu:

Atkı yönündeki yırtılma mukavemetini (AYM) üretim öncesi tahmin edebilmek için korelasyon ve t-testi sonuçlarını da göz önüne alarak atkı yırtılma mukavemetini etkileyebileceği düşünülen fiziksel özelliklerden bağ iplik numarası (Nm_c) ve bağ iplik hammaddesi (BH) bağımsız değişken olarak seçilerek analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçları Şekil 4.23'te görülmektedir.

Variables Entered/Removed[a]			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	BH, Nm_c[b]		Enter
a. Dependent Variable: AKM			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,990[a]	0,981	0,979	1,38949
a. Predictors: (Constant), BH, Nm_c				

ANOVA[a]						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2863,247	2	1431,623	741,508	,000[b]
	Residual	55,990	29	1,931		
	Total	2919,237	31			
a. Dependent Variable: AYM						
b. Predictors: (Constant), BH, Nm_c						

Coefficients[a]								
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	86,523	1,569		55,131	0,000		
	Nm_c	-1,405	0,038	-0,956	-37,174	0,000	1,000	1,000
	BH	4,941	0,491	0,259	10,057	0,000	1,000	1,000
a. Dependent Variable: AYM								

Şekil 4.23. AYM bağımlı değişkeninin analiz sonuçları

Şekil 4.23'teki 'Model Summary' tablosundan 'R' değeri, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonu göstermektedir. Tabloda görülen bu değerin R=0,990 olması bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında oldukça yüksek ve sıkı bir ilişki olduğunu ifade etmektedir. Aynı tablodan 'Adjusted R Square' bölümü incelendiğinde, modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %97,9'unu açıkladığı görülmektedir (R = 0,990; R^2 = 0,981; R^2_d = 0,979). Ayrıca 'ANOVA' tablosudan (Sig.<0,05) modelin anlamlı olduğu yani modeldeki açıklayıcı değişkenlerden en az birinin bağımlı değişken üzerinde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

'Coefficients' tablosunda Tolerance ve VIF bölümleri incelendiğinde, en büyük VIF değerinin 10'dan küçük, Tolerance değerinin de 0,2'den büyük olması nedeniyle çoklu ortak doğrusallık problemi bulunmadığı söylenebilmektedir. Aynı tabloda, B değerleri incelendiğinde ise modeldeki sabit değerin 86,523 olduğu görülmektedir. Ayrıca bağ iplik numarasındaki 1 birimlik artışın, atkı yırtılma mukavemetinde 1,405 birimlik azalmaya yol açtığı söylenebilmektedir. Analize bağ iplik hammaddesi kategorik değişkenini eklemek için kukla değişken kullanılmıştır. Tablodan, PES hammaddeli (bağ iplik hammaddesi PES iplikler referans alındığı için) bağ ipliklerinin, atkı yırtılma mukavemeti değişkeninde 4,941 N artışa neden olduğu görülmektedir.

Şekil 4.23'teki regresyon analizi sonuçlarına göre AYM değerini tahmin edebilmek için Nm_c ve BH değerlerinin bilinmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması yeterlidir.

$$AYM = 86,523 - 1,405 * Nm_c + 4,941 * BH \quad (4.3)$$

3) Yumuşaklık Derecesinin (Y) bağımlı değişken olması durumu:

Korelasyon analizi ve t-testi sonuçları da göz önüne alınarak yumuşaklık derecesini (Y) etkilediği düşünülen fiziksel özellikler bağ iplik numarası (Nm_c) ve

rotora beslenen hav iplik sayısı (h) bağımsız değişken olarak seçilerek analize tabi tutulmuştur. Analiz sonuçları Şekil 4.24'te görülmektedir.

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	h, Nm_c[b]		Enter

a. Dependent Variable: Y

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,818[a]	0,669	0,646	0,2209534

a. Predictors: (Constant), h, Nm_c

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2,856	2	1,428	29,246	,000[b]
	Residual	1,416	29	0,049		
	Total	4,271	31			

a. Dependent Variable: Y

b. Predictors: (Constant), h, Nm_c

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	3,790	0,314		12,052	0,000		
	Nm_c	-0,037	0,006	-0,654	-6,114	0,000	1,000	1,000
	h	-0,359	0,078	-0,491	-4,595	0,000	1,000	1,000

a. Dependent Variable: Y

Şekil 4.24**.** Y bağımlı değişkeninin analiz sonuçları

Şekil 4.24'teki 'Model Summary' tablosundan 'R' değerine bakılarak bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun R=0,818 olduğu, başka bir ifadeyle bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında önemli bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Aynı tablodan 'Adjusted R Square' bölümü incelendiğinde, modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %64,6'sını açıkladığı görülmektedir ($R = 0,818$; $R^2 = 0,669$; $R^2_d = 0,646$).

'ANOVA' tablosuda ise Sig.<0,05 olduğundan modelin anlamlı olduğu yani modeldeki açıklayıcı değişkenlerden en az birinin bağımlı değişken üzerinde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

'Coefficients' tablosunda Tolerance ve VIF bölümleri incelendiğinde çoklu ortak doğrusallık problemi bulunmadığı görülmektedir. Aynı tabloda, B değerleri incelendiğinde ise modeldeki sabit değerin 3,790 olduğu görülmektedir. Ayrıca bağ iplik numarasındaki 1 birimlik artışın, yumuşaklık derecesi üzerinde 0,037 birimlik azalmaya; rotora beslenen hav iplik sayısında 1 birimlik artışın ise yumuşaklık derecesi üzerinde 0,359 birimlik azalmaya yol açtığı söylenebilmektedir.

Şekil 4.24'teki regresyon analizi sonuçlarına göre Y değerini tahmin edebilmek için Nm_c ve h değerlerinin bilinmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması yeterlidir.

$$Y= 3,790 – 0,037* Nm_c – 0,359* h \quad (4.4)$$

4) Atkı Dikiş Kaymasının (ADK) bağımlı değişken olması durumu

Korelasyon analizi sonuçlarından yararlanarak atkı dikiş kaymasını etkileyebileceği düşünülen hav iplik numarası (Nm_p) ve kalibre çevresi (k) bağımsız değişkenler olarak seçilerek analize tabi tutulmuştur. Regresyon analizinin sonuçları Şekil 4.25'te görülmektedir.

Variables Entered/Removed[a]			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Nm_p, k[b]		Enter
a. Dependent Variable: ADK			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,609[a]	0,370	0,327	0,17621
a. Predictors: (Constant), k, Nm_p				

ANOVA[a]						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,530	2	0,265	8,532	,001[b]
	Residual	0,900	29	0,031		
	Total	1,430	31			
a. Dependent Variable: ADK						
b. Predictors: (Constant), k, Nm_p						

Coefficients[a]								
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	1,807	0,323		4,288	0,000		
	Nm_p	-0,006	0,002	-0,417	-2,829	0,008	1,000	1,000
	k	234,375	77,873	0,443	3,010	0,005	1,000	1,000
a. Dependent Variable: ADK								

Şekil 4.25. ADK bağımlı değişkeninin analiz sonuçları

Şekil 4.25'teki 'Model Summary' tablosundan 'R' değerine bakılarak bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun R=0,609 olduğu, başka bir ifadeyle bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında orta düzeyde bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Aynı tablodan 'Adjusted R Square' bölümü incelendiğinde, modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %32,7'sini açıkladığı görülmektedir ($R = 0,609$; $R^2 = 0,370$; $R^2_d = 0,327$).

Kumaş numunelerinde çözgü yönünde birçok parametre sabit tutulduğundan atkı yönü dikiş açılması bağımlı değişkenini etkileyen açıklayıcı değişkenler tam olarak tespit edilememiş ve modelin açıklayıcılık gücü azalmıştır. Şönil iplik üretim parametreleri ile ilgili değişiklikler, çözgülerin atkılarla (şönil ipliklerle) temasından dolayı genellikle çözgü yönü dikiş kayması değerlerini etkilemiştir. Bu nedenle atkı dikiş kayması (ADK) bağımlı değişkenine ait regresyon denklemi optimizasyon modeline kısıtlayıcı denklem olarak dahil edilmemiştir.

5) Çözgü Dikiş Kaymasının (CDK) bağımlı değişken olması durumu

Çözgü dikiş kaymasını etkileyebileceği düşünülen rotora beslenen hav iplik sayısı (h) ve kalibre çevresi (k) bağımsız değişkenler olarak seçilerek analize tabi tutulmuştur. Regresyon analizinin sonuçları Şekil 4.26'da görülmektedir.

Variables Entered/Removed[a]			
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	k, h[b]		Enter
a. Dependent Variable: CDK			
b. All requested variables entered.			

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,730[a]	0,533	0,501	0,13088
a. Predictors: (Constant), k, h				

ANOVA[a]						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	0,566	2	0,283	16,535	,000[b]
	Residual	0,497	29	0,017		
	Total	1,063	31			
a. Dependent Variable: CDK						
b. Predictors: (Constant), k, h						

Coefficients[a]								
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients			Collinearity Statistics	
Model		B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Tolerance	VIF
1	(Constant)	2,029	0,323		6,279	0,000		
	h	-0,238	0,046	-0,651	-5,133	0,000	1,000	1,000
	k	150,000	57,841	0,329	2,593	0,015	1,000	1,000
a. Dependent Variable: CDK								

Şekil 4.26**.** CDK bağımlı değişkeninin analiz sonuçları

Şekil 4.26'daki 'Model Summary' tablosundan 'R' değerine bakılarak bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun R=0,730 olduğu, başka bir ifadeyle bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında önemli bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Aynı tablodan 'Adjusted R Square' bölümü incelendiğinde, modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %50,1'ini açıkladığı görülmektedir ($R = 0,730$; $R^2 = 0,533$; $R^2_d = 0,501$). Çözgü dikiş kayması modelinin açıklayıcılık gücünün diğer modellere göre daha düşük olması dikiş kayması üzerinde en çok etkisi olduğu bilinen kumaş sıklığı, örgü tipi, ilmek adımı gibi faktörlerin numunelerde sabit olmasından kaynaklanmaktadır.

'ANOVA' tablosuda ise Sig.<0,05 olduğundan modelin anlamlı olduğu yani modeldeki açıklayıcı değişkenlerden en az birinin bağımlı değişken üzerinde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

'Coefficients' tablosunda B değerleri incelendiğinde modeldeki sabit değerin 2,029 olduğu görülmektedir. Ayrıca rotora beslenen hav iplik sayısındaki bir birimlik artış, çözgü dikiş kaymasında 0,238 birimlik azalmaya; kalibre çevresindeki bir birimlik artış ise çözgü dikiş kaymasında 150 birimlik artışa neden olmaktadır.

Şekil 4.26'daki regresyon analizi sonuçlarına göre CDK değerini tahmin edebilmek için h ve k değerlerinin bilinmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması yeterlidir.

$$CDK = 2,029 - 0,238*h + 150*k \quad (4.5)$$

6) Aşınma Dayanımının (AD) bağımlı değişken olması durumu:

Korelasyon analizi ve t-testi sonuçları da dikkate alınarak aşınma dayanımını (AD) etkileyebileceği düşünülen fiziksel özellikler bağ iplik numarası (Nm_c), hav iplik numarası (Nm_p), kalibre çevresi (k) ve hav iplik türü (HT) bağımsız değişkenler olarak seçilerek analize tabi tutulmuştur ve Şekil 4.27'deki regresyon analizi sonuçları elde edilmiştir.

Variables Entered/Removed[a]

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	HT, k, Nm_c, Nmp[b]		Enter

a. Dependent Variable: AD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,968[a]	0,936	0,927	0,993059

a. Predictors: (Constant), HT, k, Nm_c, Nm_p

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	390,051	4	97,513	98,881	,000[b]
	Residual	26,626	27	0,986		
	Total	416,678	31			

a. Dependent Variable: AD

b. Predictors: (Constant), HT, k, Nm_c, Nm_p

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-12,716	3,698		-3,438	0,002		
	Nm_c	0,098	0,038	0,176	2,565	0,016	0,500	2,000
	Nm_p	0,080	0,023	0,346	3,410	0,002	0,230	4,351
	k	909,297	438,874	0,101	2,072	0,048	1,000	1,000
	HT	8,676		1,202	0,000	0,000	0,298	3,351

a. Dependent Variable: AD

Şekil 4.27**.** AD bağımlı değişkeninin analiz sonuçları

Şekil 4.27'daki 'Model Summary' tablosundan 'R' değerine bakılarak bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki korelasyonun R=0,968 olduğu, başka bir ifadeyle bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasında kuvvetli ve sıkı bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Aynı tablodan 'Adjusted R Square' bölümü incelendiğinde, modeldeki bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %92,7'sini açıkladığı görülmektedir ($R = 0,968$; $R^2 = 0,936$; $R^2_d = 0,927$).

ANOVA tablosuda ise Sig.<0,05 olduğundan modelin anlamlı olduğu yani modeldeki açıklayıcı değişkenin bağımlı değişken üzerinde etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

'Coefficients' tablosunda, B değerleri incelendiğinde ise modeldeki sabit değerin -12,716 olduğu görülmektedir. Hav iplik türü kategorik değişkenini regresyon analizine bağımsız değişken olarak kullanabilmek için kukla değişken oluşturulmuştur. Diğer açıklayıcı değişkenler sabit tutulduğunda filament (filament iplikler referans alındığı için) hav iplikler, aşınma dayanımı değişkeninde 8,676 birimlik bir artışa neden olmuştur. Diğer bir deyişle, %6,840 daha fazla kütle kaybına neden olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, bağ iplik numarasındaki bir birimlik artış kütle kaybında 0,098 birimlik artışa; hav iplik numarasındaki bir birimlik artış kütle kaybında 0,080 birimlik artışa ve kalibre çevresi değerindeki bir birimlik artış ise kütle kaybı üzerinde 909,297 birimlik artışa neden olmaktadır.

Şekil 4.27'deki regresyon analizi sonuçlarına göre aşınma dayanımı (AD) değerini tahmin edebilmek için Nm_c, Nm_p, k ve HT değerlerinin bilinmesi ve aşağıdaki eşitliğin kullanılması yeterlidir.

$$AD = -12,716 + 0,098 * Nm_c + 0,080 * Nm_p + 909,297 * k + 8,676 * HT \quad (4.6)$$

4.3.6. Regresyon Denklemlerinden Elde Edilen Sonuçlar İle Ölçüm Sonuçları Arasındaki Korelasyon Analizi

Çalışmada regresyon analizlerinden elde edilen eşitlikler kullanılarak her şönil döşemelik kumaş tipi için performans sonuçları hesaplanmış ve bu değerlerin testlerde ölçülen değerlerle arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Söz konusu korelasyon analizinin sonuçları Çizelge 4.25'te görülmektedir.

Çizelge 4.25. Korelasyon Analizi Sonuçları

Correlations						
		AKM_ö	AYM_ö	Y_ö	CDK_ö	AD_ö
AKM_h	Pearson Correlation	0,992**				
	Sig. (2-tailed)	0,000				
	N	32				
AYM_h	Pearson Correlation		0,990**			
	Sig. (2-tailed)		0,000			
	N		32			
Y_h	Pearson Correlation			0,720**		
	Sig. (2-tailed)			0,000		
	N			32		
CDK_h	Pearson Correlation				0,730**	
	Sig. (2-tailed)				0,000	
	N				32	
AD_h	Pearson Correlation					0,968**
	Sig. (2-tailed)					0,000
	N					32
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).						
h : Performans özelliklerine ait hesaplanan değerler						
ö : Performans özelliklerinin ölçülen değerleri						

Çizelge 4.25'te görüldüğü üzere tüm performans özelliklerine ait regresyon denklemleri kullanılarak hesaplanan sonuçlar ile performans ölçüm sonuçlarının

arasındaki ilişki %99 güvenilirlikle anlamlı bulunmuştur. Başka bir deyişle, hesaplanan değerler ile ölçülen değerler arasında yüksek düzeyde korelasyon olduğu saptanmış ve %99 güvenilirlikle anlamlı olduğu belirlenmiştir.

4.4. Kurulan Optimizasyon Modeli

4.4.1. Üretim Maliyeti Optimizasyonu

Tez çalışması kapsamında işletmeler açısından da en önemli amaç kabul edilen maliyetin minimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kurulan modelde maliyet minimize edilirken, kumaş performans özelliklerinin de optimum değerleri elde edilmiştir.

Çalışmada 1 m^2 ham şönil döşemelik kumaşın üretim maliyetini en küçükleyecek modelin çözümü Lingo 18.0 optimizasyon paket programı kullanılarak yapılmıştır. Modelde, 3. Bölümde elde edilen toplam maliyet (M_T) eşitliği amaç fonksiyonu olarak, regresyon analizleri sonucu elde edilen denklemler ise kısıt olarak kullanılmıştır. Oluşturulan nonlineer matematiksel model, programdaki yazım sayfasına Lingo formatına uygun olarak yazılmış ve çözümü gerçekleştirilmiştir. Aşağıda modele ait amaç fonksiyonu görülmektedir.

$$Z_{min} = [(\frac{S_Ç(100+k_ç)}{Ç_{Nm}}) \times \frac{Ç_F}{1000} + \frac{2}{Nm_c}] \times [[(S_A(100+k_a) + S_A(100+k_a)\frac{R}{100}] \times (\frac{B_F}{1000})] + [[(\frac{h \times n_{rh} \times k}{2 \times L \times Nm_p}) \times S_A(100+k_a)] \times (\frac{H_F}{1000})] + [\frac{\frac{(İÜ/MS)}{26 \times 7,5}}{\frac{60*n*V*TE}{100*S_A}}] + [\frac{\frac{MF}{AS \times 300 \times 22,5} + (MG + AE + İE)EF}{\frac{60*n*V*TE}{100*S_A}}] \quad (3.19)$$

Döşemelik kumaş üretiminde göz önünde bulundurulması gereken kalite parametreleri düşünülerek performans kısıtları belirlenmiştir. Aynı zamanda numunelerin çözgü doğrultusundaki fiziksel büyüklüklerinin (çözgü iplik numarası, çözgü sıklığı, çözgü kıvrım değeri vs.) üretim planında sabit olarak belirlenmesinden dolayı çözgü yönündeki çözgü kopma ve yırtılma mukavemeti gibi performans özellikleri kısıtlarda yer almamıştır.

Kurulan modelde belirlenen kısıtlar ve kısıtların alt ve üst limit değerleri Çizelge 4.26'da görülmektedir. Limit değerleri belirlenirken test standartlarından ve literatür taramalarından yararlanılmıştır. Çizelgede görülen BH (bağ iplik hammaddesi) ve HT (hav iplik türü) değişkenleri, önceki bölümlerde belirtildiği gibi regresyon analizlerinde kategorik değişken olarak kullanılmıştır. BH için 1 kodu analizde referans alınan PES iplikleri, 0 ise r-PET iplikleri temsil etmektedir. Aynı şekilde HT için 1 kodu referans kabul edilen filament iplikleri, 0 ise kesik elyaf iplikleri temsil etmektedir.

Çizelge 4.26. Modelde kullanılan kısıtlar ve alt-üst limit değerleri

Kısıtlar		**Alt Sınır**	**Üst Sınır**
Atkı kopma mukavemeti (kgf)	AKM = 171,460 – 2,598*Nm_c – 0,092*Nm_p + 16,905*BH	25,49	-
Atkı yırtılma mukavemeti (N)	AYM= 86,523 – 1,405*Nm_c + 4,941*BH	15	-
Yumuşaklık (kg)	Y= 3,790 – 0,037*Nm_c – 0,359*h	0,1	-
Çözgü dikiş kayması (mm)	CDK = 2,029 + 150*k – 0,238*h	-	6
Aşınma dayanımı (%)	AD = -12,716 + 0,098*Nm_c + 0,080*Nm_p + 909,297*k + 8,676*HT	-	35
Bağ iplik numarası (Nm)	Nm_c	34	47
Hav iplik numarası (Nm)	Nm_p	30	68
Rotora beslenen hav iplik sayısı (adet)	h	2	3
Kalibre çevresi (m)	k	0,0048	0,0056
Bağ iplik hammaddesi	BH	0	1
Hav iplik türü	HT	0	1
Bağ iplik fiyatı	BF	17,49	22,20

Amaç fonksiyonunda yer alan fiyat, makina ve dokuyla ilgili bazı parametreler modele sabit büyüklükler olarak dahil edilmiştir. Bu büyüklükler: $S_Ç$ (Çözgü sıklığı), $k_ç$ (Çözgü kıvrımı), $Ç_{Nm}$ (Çözgü iplik numarası), $Ç_F$ (Çözgü iplik fiyatı), S_A (Atkı sıklığı), k_a (Atkı kıvrımi), R (Şönillerde büküm nedeniyle kısalma miktarı), n_{rh} (Rotor hızı), L (Üretim hızı), İÜ (İşçilik ücreti), MS (Makine sayısı), n (Tezgah devri), V (Dokuma makinasının randımanı), TE (Tarak eni), M_F (Makine fiyatı), AS (Amortisman süresi), MG (Dokuma makinasının motor gücü), AE (Aydınlatmada kullanılan enerji), İE (İklimlendirmede kullanılan enerji), E_F (Elektriğin birim fiyatı), H_F (Hav iplik fiyatı) olarak belirlenmiştir. HH (Hav iplik hammaddesi) değişkeninin kumaş performans özellikleri üzerinde anlamlı bir etkisinin olmamasından dolayı hav iplik hammaddesinde maliyeti düşürmek amacıyla r-PET iplikler kullanıldığı düşünülüp H_F sabit büyüklüğü r-PET iplik fiyatı esas alınarak belirlenmiştir. İplik fiyatları büyük oranda hammaddeye bağlı olarak değiştiğinden dolayı bağ iplik hammaddesi kısıtına göre bağ iplik fiyatı kısıtı düzenlenmiştir. Sabit büyüklüklerin değerleri ise genellikle üretimlerin gerçekleştirildiği işletmeden ve literatür taramalarından elde edilmiştir.

Lingo'ya tanımlanan sabit büyüklüklerin değerleri aşağıda görülmektedir.

$S_Ç$: 69 tel/cm
$k_ç$: % 3
$Ç_{Nm}$: Nm 60
$Ç_F$: 11,41 TL/kg
S_A: 10 tel/cm
k_a: % 10
R: % 9
n_{rh}: 11900 d/dk
L: 7,6 m/dk
İÜ: 2324 TL
MS: 8 adet
n: 400 d/dk
V: % 80
TE: 1.45 m
M_F: 732000 TL
AS: 10 yıl
MG: 5,5 kW
AE: 2,18 kW
İE: 5,47 kW
E_F: 0,527 kW
H_F: 22,20 TL/kg

Modelde yer alan değişken büyüklükler ise Nm_c (Bağ iplik numarası), Nm_p (Hav iplik numarası), h (Rotora beslenen hav iplik sayısı), k (Kalibre çevresi), BH (Bağ iplik hammaddesi), HT (Hav iplik türü) ve B_F (Bağ iplik fiyatı) olarak belirlenmiştir.

Tüm bu veriler doğrultusunda Lingo 18.0 programının yazım formatına uygun olarak açık formda yazılan maliyet minimizasyonu modeli aşağıda görülmektedir. Modele sırasıyla amaç fonksiyonu, kısıtlar ve sabit büyüklükler tanımlanmıştır.

```
Min=((((SC*(100+kc))/CNm)*(CF/1000))+(((2/Nmc)*((SA*(100+ka))+(SA*(100
+ka))*(R/100)))*(BF/1000))+((((h*nrh*k)/(2*UH*Nmp))*(SA*(100+ka)))*(HF/1
000))+((((IU/MS)/(26*7.5))+(MF/(AS*300*22.5))+((MG+AE+IE)*EF))/((60*n*V
*TE)/(100*SA))));

!Atkı kopma mukavemeti kısıtı;
171.460-2.598*Nmc+16.905*BH-0.092*Nmp>=25.49;
AKM=171.460-2.598*Nmc+16.905*BH-0.092*Nmp;

!Atkı yırtılma mukavemeti kısıtı;
86.523-1.405*Nmc+4.941*BH>=15;
AYM=86.523-1.405*Nmc+4.941*BH;

!Yumuşaklık kısıtı;
3.774-0.037*Nmc-0.015*Nmp>=0.1;
Y=3.774-0.037*Nmc-0.015*Nmp;

!Çözgü dikiş kayması kısıtı;
2.029+150*k-0.238*h<=6;
CDK=2.029+150*k-0.238*h;
```

```
!Aşınma dayanımı kısıtı;
-12.716+0.098*Nmc+0.08*Nmp+909.297*k+8.676*HT<=35;
AD=-12.716+0.098*Nmc+0.08*Nmp+909.297*k+8.676*HT;

!Bağ iplik numarası kısıtı;
@GIN(Nmc);
Nmc>=34;
Nmc<=47;

!Hav iplik numarası kısıtı;
@GIN(Nmp);
Nmp>=30;
Nmp<=68;
!Kalibre çevresi kısıtı;
@FREE(k);
k>=0.0048;
k<=0.0056;

!Rotora beslenen hav iplik sayısı kısıtı;
@GIN(h);
h>=2;
h<=3;

!Bağ iplik hammaddesi kısıtı;
@BIN(BH);

!Hav iplik türü kısıtı;
@BIN(HT);
```

```
!Bağ iplik fiyatı;
BF>=17.49+4.04*BH;

Data:
SC=69;
kc=3;
ka=10;
CNm=60;
CF=11.41;
SA=10;
R=9;
nrh=11900;
UH=7.6;
IU=2324;
MS=8;
n=400;
V=80;
TE=1.45;
MF=732000;
AS=10;
MG=5.5;
AE=2.18;
IE=5.47;
EF=0.527;
HF=22.20;

End data
```

Modelin Lingo'da çözümü sonrasında aşağıdaki çözüm raporu elde edilmiştir.

```
Global optimal solution found.
  Objective value:                              4.949849
  Objective bound:                              4.949849
  Infeasibilities:                              0.000000
  Extended solver steps:                               1
  Total solver iterations:                             5
  Elapsed runtime seconds:                          0.24
  Model Class:                                     MINLP

  Total variables:                    12
  Nonlinear variables:                 5
  Integer variables:                   5

  Total constraints:                  20
  Nonlinear constraints:               1

  Total nonzeros:                     46
  Nonlinear nonzeros:                  5

Variable           Value        Reduced Cost
SC              69.00000            0.000000
KC              3.000000            0.000000
CNM             60.00000            0.000000
CF              11.41000            0.000000
NMC             47.00000       -0.1898643E-01
SA              10.00000            0.000000
KA              10.00000            0.000000
R               9.000000            0.000000
BF              17.49000        0.5102128E-01
H               2.000000            0.000000
NRH             11900.00            0.000000
K              0.4800000E-02        0.000000
UH              7.600000            0.000000
NMP             68.00000       -0.3969195E-01
HF              22.20000            0.000000
IU              2324.000            0.000000
MS              8.000000            0.000000
MF              732000.0            0.000000
AS              10.00000            0.000000
MG              5.500000            0.000000
AE              2.180000            0.000000
IE              5.470000            0.000000
EF              0.527000            0.000000
```

N	400.0000	0.000000
V	80.00000	0.000000
TE	1.450000	0.000000
BH	0.000000	0.000000
AKM	43.09800	0.000000
AYM	20.48800	0.000000
Y	1.333000	0.000000
CDK	2.273000	0.000000
HT	1.000000	0.000000
AD	10.37063	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	4.949849	-1.000000
2	17.60800	0.000000
3	0.000000	0.000000
4	5.488000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	1.233000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	3.727000	0.000000
9	0.000000	0.000000
10	24.62937	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	24.62937	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	38.00000	0.000000
15	0.000000	0.000000
16	0.000000	-562.3026
17	0.8000000E-03	0.000000
18	0.000000	-1.349526
19	1.000000	0.000000
20	0.000000	0.000000

Problem 5 iterasyon sonucu ‘Global Optimum’ çözümü ile sonuçlanmıştır. Bu sonuç, modele ait yerel en iyi çözümün elde edildiği anlamına gelmektedir. Çözümün sonucunun (Objective Value) ya da bulunması amaçlanan minimum maliyet değerinin 4,949849 TL olduğu görülmektedir. Bu değer 1 m^2 ham şönil döşemelik kumaş maliyetini vermektedir. Başka bir ifadeyle, elde edilen çözüm direkt ilk madde ve malzeme maliyeti, dokuma dairesinin genel üretim maliyeti (dokuma dairesine ait enerji maliyeti ve dokuma makinasının amortisman maliyeti) ve dokuma dairesine ait direkt işçilik maliyeti hesaba katılarak bulunmuştur.

Lingo programı, modele ait çözüm raporunu (Solution Report), Value, Reduced Cost, Slack or Surplus ve Dual Price olmak üzere 4 ayrı bölümde gruplandırarak vermektedir. Çalışmada kurulan modelin çözüm raporunun yorumundan aşağıda ayrıntılı bir şekilde bahsedilmiştir:

- Çözüm raporunda 'Variable' sütununda modele ait tüm sabit ve değişken büyüklükler görülmektedir.
- 'Value' sütununda modeldeki değişkenlerin global optimum çözümde aldıkları değerler görülmektedir, başka bir ifadeyle modelin çözümü sonucu elde edilen optimum değerlerin görüldüğü sütundur. Çözüm raporunda görüldüğü gibi bağ iplik numarası (Nm_c) Nm 47; hav iplik numarası (Nm_p) Nm 68; atkı kopma mukavemeti (AKM) 43,098 kgf; yumuşaklık (Y) 1,333 kg vb. değerler aldığında amaç fonksiyonunun yani üretim maliyetinin değeri yaklaşık 4,95 TL/m^2 olmaktadır. Aşağıdaki çizelgede modele giren tüm değişkenlerin minimum maliyet karşısında aldığı optimum değerler görülmektedir.

Çizelge 4.27. Modelin çözümü sonucu elde edilen optimum değerler

Değişkenler	Optimum Değerler
AKM (Atkı kopma mukavemeti)	43,098 kgf
AYM (Atkı yırtılma mukavemeti)	20,488 N
Y (Yumuşaklık)	1,333 kg
CDK (Çözgü dikiş kayması)	2,273 mm
AD (Aşınma dayanımı-kütle kaybı)	% 10,37
Nm_c (Bağ iplik numarası)	Nm 47
Nm_p (Hav iplik numarası)	Nm 68
h (Rotora beslenen hav iplik sayısı)	2 adet
k (Kalibre çevresi)	0,0048 m
BH (Bağ iplik hammaddesi)	r-PET
HT (Hav iplik türü)	Filament
B_F (Bağ iplik fiyatı)	17,49 TL

- ‘Row’ sütunu ilk satır amaç fonksiyonunun olmak üzere sırasıyla kısıtların sıra numaralarını göstermektedir.
- ‘Slack or Surplus’ sütunu kısıtları eşitlik haline getirmek için eklenen aylak ve artık değişkenlerin en iyi çözümde aldıkları değerleri ifade etmektedir. İlk satır amaç fonksiyonunu, ikinci satır ise birinci kısıtı göstermektedir. Eşitlik halindeki kısıtlarda bu değer 0 olmaktadır ve bu kısıtlara herhangi bir aylak/artık değişken eklenmemektedir (Sipahioğlu ve Saraç, 2002). Çalışmada modelin çözüm raporunda, ilk satırdaki değer 4,949849 yani amaç fonksiyonunun çözüm sonucu aldığı değerdir. Ayrıca, 3 ve 5 numaralı satırda yer alan AKM (atkı kopma mukavemeti) ve AYM (atkı yırtılma mukavemeti) gibi eşitlik halindeki kısıtların değerlerinin 0 olduğu görülmektedir. Örneğin çözümde 8 numaralı satırdaki CDK (çözgü dikiş kayması) kısıtının Slack or Surplus değeri 3,727’dir. Yani bu kısıtın sağ

tarafındaki değerden 3,727 birimin çözümde kullanılmadığı anlaşılmaktadır. Atkı dikiş kayması kısıtının sağ tarafındaki değerinin 6, 'Value' sütununa bakıldığında ise çözümdeki optimum değerinin 2,273 olduğu görülmektedir. Bu iki değerin farkı olan 3,727 değeri ise söz konusu kısıtın Slack or Surplus değerini doğrulamaktadır. Kısıtın sağ tarafındaki değerin (6) tamamının kullanılmıyor olmasından dolayı bu değerin arttırılması veya çözümdeki değerine kadar azaltılması durumunda çözümdeki optimum değerlerin değişmeyeceği anlaşılmaktadır. Kısacası sağ taraftaki değerin 2,273 (6-3,727=2,273) ile $+\infty$ arasında değişmesiyle çözümde değişiklik olmayacaktır.

- Çözüm raporundan modelin türünün 'MINLP-Mix Integer Nonlinear Programming' yani 'Tamsayı Karışık Nonlineer Programlama' olduğu görülmektedir. Tamsayılı modeller için çözüm raporunun yorumlanması doğrusal ve doğrusal olmayan modellere göre biraz daha farklıdır. Bu problemlerde sadece 'Value' sütununda görülen asıl değişkenlerin çözümde aldıkları değerler ile aylak/artık değişkenlerin değerlerini gösteren 'Slack or Surplus' sütunundaki değerler anlamlıdır. Tamsayılı modellerde, çözüm raporundan modelin en iyi çözümü öğrenilmekte fakat doğrusal programlamada olduğu gibi dual değişkenlere ait yorumlar yapılamamaktadır (Sipahioğlu ve Saraç, 2002).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. İlkinde amaç, şönil iplik yapısında bağ ve/veya hav ipliklerinde geri dönüşüm (r-PET) iplik kullanıldığı taktirde bu ipliklerle dokunan şönil döşemelik kumaşlarda yeterli performans özelliklerinin sağlanıp sağlanmadığını tespit etmek olmuştur. Bu kapsamda, çeşitli numaralarda bağda kesik elyaf, havda ise hem kesikli hem de filament formunda iplikler kullanılmış, iki faklı hav yüksekliğinde ve bazı üretim parametreleri sabit tutularak 32 adet şönil iplik üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu ipliklere standartlara uygun olarak numara, büküm, mukavemet-uzama ve aşınma dayanımı testleri uygulanmış ve yeterli kalite değerlerini sağladıkları tespit edilmiştir. Sonrasında ise dokuma tezgahı üretim parametreleri sabit tutularak, şönillerin atkıda kullanılması ile örgü tipi 5/5 çözgü ripsi olacak şekilde döşemelik kumaş üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tüm döşemelik kumaşlarda 150 denye poliester çözgü ipliği kullanılmıştır. Dokunan 32 adet şönil döşemelik kumaşa performans testleri uygulanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci aşamasında, kumaşlara uygulanan testler sonucunda elde edilen veriler SPSS 24 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. İlk olarak uygulanacak testlerin (parametrik veya nonparametrik) belirlenebilmesi için tüm verilerin normal dağılıma uyup uymadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Normal dağılıma sahip ve rastgele seçilmiş verileri analiz etmek için parametrik testler kullanılmaktadır. Bu amaçla tüm verilere Shapiro-Wilk normallik testi uygulanmış, histogram grafiklerine bakılmış ve Skewness (Çarpıklık)-Kurtosis (Basıklık) değerleri incelenmiştir. Normallik analizlerinin ardından verilerin rastgelelik durumlarının tespiti için Wald-Wolfowitz diziler (Runs) testleri uygulanmıştır. Sonrasında değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü ve yönünü tanımlamak amacıyla korelasyon analizleri, farklı gruplardan elde edilen verilerin ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını tespiti amacıyla bağımsız örneklem t-testleri uygulanmıştır. Bilimsel değerlendirmelerin yanı sıra

söz konusu analizlerin sonuçları da göz önüne alınarak performans testlerinden elde edilen verileri bağımlı değişken olarak ele alıp, her bir bağımlı değişkeni etkileyen bağımsız değişkenler belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerin yapıldığı bu aşamada son olarak regresyon analizleri yardımıyla matematiksel modelde kullanılmak üzere regresyon denklemleri elde edilmiş, sonrasında bu denklemler esas alınarak her şönil döşemelik kumaş tipi için performans sonuçları hesaplanmış ve sözkonusu değerlerin testlerde ölçülen değerlerle arasındaki ilişkinin ortaya koyulabilmesi için korelasyon analizi yapılmıştır.

Son aşamada ise 1 m^2 ham şönil döşemelik kumaşın üretim maliyeti minimize edilecek şekilde, bazı fiziksel ve performans özelliklerinin en iyi değerlerinin tespit edildiği matematiksel model oluşturulmuştur. Hammadde, direkt işçilik ve genel üretim birim maliyetleri esas alınarak toplam birim (TL/m^2) maliyet eşitliği oluşturulmuş ve bu eşitlik minimizasyon probleminde amaç fonksiyonu olarak kullanılmıştır. Modelde yer alacak kısıtlayıcı denklemler ise regresyon analizleri ile elde edilmiştir. Kısıtların alt ve üst limit değerleri genellikle literatür taraması ve ilgili test standartlarından yararlanılarak belirlenmiştir. Son olarak, sabit büyüklükler ve aldıkları değerler de tespit edilip model oluşturulmuştur. Oluşturulan model Lingo 18.0 optimizasyon programına açık formda yazım formatına uyacak şekilde girilmiş ve bir çözüm raporu elde edilmiştir. Çözüm sonucu model türü karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama (MINLP/Mixed Integer Nonlinear Programming) olup global optimum sonuç bulunmuş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde elde edilen tüm sonuçlar toplu olarak verilmiş, ayrıntılı şekilde değerlendirilmiş ve gelecekteki çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

5.1. Çalışmanın Sonuçları

Çalışma sonucu ilk olarak, şönil iplik yapısında, bağ ve/veya hav ipliklerinde r-PET ipliklerin kullanılabileceği görülmüştür. Sonrasında bağ ve/veya

hav ipliklerinde r-PET ipliklerin kullanıldığı şönil ipliklere standartlara göre testler yapılmış ve uygun performans özellikleri gösterdikleri saptanmıştır.

Tez çalışması sonucunda elde edilen performans testlerinin, istatistiksel analizlerin ve çözülen matematiksel modelin sonuçları aşağıda özetlenmektedir.

- Şönil ipliklerin kopma mukavemeti ve uzaması sonuçları incelendiğinde, şönil iplik mukavemetini bağ ipliği mukavemeti belirlediğinden daha ince bağ ipliği ile çalışılması durumunda (Tip 5,6,7,8) iplik kesitindeki lif sayısının azalmasına bağlı olarak mukavemet ve uzama değerlerinin düştüğü görülmüştür. Bununla birlikte bağ iplik yapısında r-PET ipliklerin bulunduğu tiplerde, standart PES bulunan tipteki ipliklere kıyasla daha düşük iplik mukavemet-uzama değerleri elde edilmiştir. PET'in geri dönüşümü sırasında gördüğü işlemlere bağlı olarak yapısında fiziksel ve kimyasal bozulmalar meydana gelmekte, moleküler ağırlığı düşmekte ve bu nedenle bu elyaflarla üretilen ipliklerde mukavemette düşüşler görülebilmektedir (Awaja ve Pavel, 2005; Uyanık, 2019). Aynı zamanda Çizelge 3.1'den de görüldüğü üzere çalışmada kullanılan r-PET iplikler, benzer üretim parametrelerine sahip ve aynı numaradaki standart PES ipliklere kıyasla daha düşük kopma dayanımlarına sahiptir. Söz konusu ipliklerin bağ iplik yapısında kullanılmasıyla şönil iplik mukavemetleri de benzer şekilde etkilenmiştir.
- Kumaşların atkı doğrultusundaki kopma mukavemetleri incelendiğinde, şönillerin bağ ipliklerinde Nm 68/2 numarada iplikler kullanılarak üretilen tiplerin (Tip 1, 2, 3 ve 4), Nm 47/1 kullanılan tiplere (Tip 5, 6, 7 ve 8) göre kopma mukavemetlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bağ iplik yapısında daha kalın iplikler ile çalışmak mukavemeti arttırmıştır. Şönillerde bağ iplik mukavemeti şönil iplik mukavemetini etkilemektedir. Dolayısı ile bu durum atkı yönündeki kumaş kopma mukavemetinin de artmasına yol açmıştır. Bununla birlikte tüm tip gruplarında A ve C

tiplerinde yer alan kumaşların B ve S tiplerindeki kumaşlara göre mukavemetlerinin daha düşük olduğu görülmektedir. A tiplerinde bağ ve hav ipliklerinde; C tiplerinde ise bağ ipliklerinde r-PET iplik kullanılmıştır. Bu noktada, şönil yapısında mukavemete katkı sağlayan bağ ipliklerinde r-PET iplik kullanımının atkı yönündeki kopma dayanımlarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Tüm kumaşlarda çözgü ipliği ve sıklıklar sabit tutulduğundan dolayı çözgü kopma mukavemeti değerleri birbirine yakın elde edilmiştir.

- Kumaşların atkı doğrultusundaki kopma uzamaları incelendiğinde, genel olarak A ve C tiplerinde daha yüksek değerlerin olduğu görülmektedir. Geri dönüşüm poliester elyaflar, standart poliester elyaflara kıyasla daha düşük dikroik oran ve oryantasyon fonksiyonuna sahiptir. Başka bir ifadeyle, daha kötü oryantasyona sahiptir ve bu nedenle r-PET elyaflarda daha yüksek kopma uzamaları görülmektedir (He ve ark., 2015). Bu nedenle, bağda r-PET ipliklerin kullanıldığı A ve C tiplerinde kumaş kopma uzaması değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Çözgü yönündeki kumaş kopma uzamalarına bakıldığında, şönillerdeki bağ iplik numaraları arttıkça kopma uzamalarında bir miktar düşüş olduğu görülmektedir. Çözgü yönünde tüm numunelerde kullanılan iplik ve sıklık değerleri sabitken, uzama değerlerindeki düşüşün çözgü ipliklerinin, daha ince bağ ipliği kullanılan şönil iplikleriyle (Tip 5,6,7,8) arasındaki temas alanı ve sürtünmenin azalması nedeniyle gerçekleşmiş olabileceği düşünülmektedir.
- Atkı doğrultusundaki kumaş yırtılma mukavemetleri incelendiğinde, şönil ipliklerde bağda kullanılan iplik numarası arttıkça yırtılma dayanımlarının düştüğü görülmüştür. Başka bir ifadeyle Tip 1, 2, 3 ve 4'te yer alan kumaşların yırtılma mukavemetleri Tip 5, 6, 7 ve 8'deki kumaşlara kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bunula birlikte kopma mukavemetlerine benzer

şekilde, bağda r-PET kullanılan A ve C tiplerinde yırtılma mukavemetlerinin, B ve S tiplerine göre bir miktar daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Çözgü yönündeki yırtılmalar incelendiğinde, Tip 5, 6, 7 ve 8'de yer alan kumaşlarda yırtılmalar, yırtılma yönüne dik gerçekleştiğinden bu tiplerdeki kumaşlar çözgü yönünde yırtılmaz olarak kabul edilmiştir.

- Kumaşların yumuşaklık test sonuçlarına bakıldığında, hav iplik numarası aynı (Nm 68/1) olan tiplerden Tip 1 ile Tip 7 ve Tip 2 ile Tip 8 kendi arasında değerlendirildiğinde, şönil ipliklerdeki bağ iplik numarası arttığında genellikle yumuşaklık değerleri de artmaktadır. Bağ iplik numaraları aynı olan tipler kendi aralarında değerlendirildiğinde ise rotora beslenen hav iplik sayısına bağlı olarak değişen hav sıklıklarının ve hav iplik türünün (kesik elyaf veya filament) yumuşaklık dereceleri üzerinde etkilerinin olabileceği görülmüştür.
- Atkı ve çözgü yönündeki dikiş kayması değerleri incelendiğinde, genellikle atkı yönündeki dikiş kayması değerlerinin, çözgü yönündeki değerlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Şönil döşemeliklerde dikişler çözgü yönünde olduğu taktirde daha düşük dikiş kayması değerleri tespit edilmiştir, bu nedenle bu kumaşlarda dikişlerin mümkün olduğunca çözgü yönünde olması önerilmektedir (Başpınar, 2010). Ayrıca kumaşların çoğunda düşük hav boylarında, daha az dikiş kayması değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte, Tip 5 ve 6'daki kumaşlarda olduğu gibi rotora beslenen hav iplik sayısının az olduğu tiplerde, şönil iplikte hav yoğunluğu daha az olduğundan kumaş iplikleri arasındaki sürtünme katsayısının düştüğü ve buna bağlı olarak dikiş açılma miktarlarının da artmış olabileceği düşünülmektedir.
- Kumaşların aşınma dayanımlarını değerlendirebilmek için kütle kaybı değerlerine bakıldığında, hav ipliklerinin kesikli olduğu Tip 1, 2, 7 ve

8'deki kumaşların, hav ipliklerinin filament olduğu Tip 3, 4, 5 ve 6'daki kumaşlara göre 70000 devir sonundaki toplam kütle kaybı değerinin daha az olduğu görülmüştür. Hav iplik numaralarının (Nm 68/1) aynı olduğu Tip 1, 2, 7 ve 8'deki kumaşlar kendi aralarında kıyaslandığında, bağ ipliğinin kalınlaşmasıyla kütle kayıplarının da azaldığı yani aşınma dayanımlarının arttığı görülmektedir. İplik çapının ve kesitteki lif sayısının artması sonucu lifler arasındaki kohezyonun da artması nedeniyle aşınma dayanımları artmıştır (Erem, 2006). Ayrıca, havda filament kullanılan Tip 3, 4, 5 ve 6'daki kumaşlarda bağ ve hav iplikleri arasında oluşan sürtünme kuvvetinin daha az olmasından dolayı aşınma ile hav kayıpları daha fazla gerçekleşmiş ve aşınma dayanımları daha düşük çıkmıştır. Hav uzunlarının aşınma dayanımlarına etkisi incelendiğinde, 1,2 mm hav uzunluğuna sahip tiplerin, 0,8 mm hav uzunluğuna sahip tiplere göre aşınma dayanımlarının daha kötü, kütle kayıplarının daha fazla olduğu görülmüştür. 1,2 mm hav uzunluğuna sahip tiplerde numune ile aşındırıcı kumaş arasındaki temas alanı ve sürtünme kuvvetlerinin artması sonucu daha fazla kütle kayıpları gerçekleşmiştir (Babaarslan ve İlhan, 2005). Bununla birlikte, tüm üretim parametreleri aynı, sadece hav iplik numaraları farklı olan tipler kendi arasında değerlendirildiğinde (Tip 1 ile 3; Tip 2 ile 4; Tip 5 ile 7; Tip 6 ile 8) hav iplik numarası arttıkça hav sıklığı daha fazla olmakta ve havlar birbirini daha sıkı tutmaktadır. Örnek olarak, hav ipliği daha ince olan Tip 1'deki şönillerin, Tip 3'teki şönillere kıyasla aşınma dayanımları daha iyi, kütle kayıpları daha az gerçekleşmiştir.

- Kumaşlarda herhangi bir boncuklanma oluşmamıştır. 1000 devir kontrollerinde sürtme hareketinin etkisiyle kumaş yüzey görüntüleri orijinal kumaşa göre çok az değişiklik göstermiş ve hafif bir tüylülük görülmüştür. Bu nedenle boncuklanma test sonucu 4/5 olarak değerlendirilmiştir.

- Çalışmada bazı fiziksel özelliklerin ve üretim parametrelerinin performans özellikleri ile arasındaki ilişkinin gücü ve yönü korelasyon analizi ile değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre pearson korelasyon katsayısı (r) değeri $0,30 < r < 0,70$ olduğundan, bağ iplik numarası ile iplik kopma mukavemeti arasında negatif yönde, orta düzeyde bir ilişki; iplik kopma uzaması ile arasında ise $0,71 < r < 0,99$ olduğundan negatif yönde yüksek düzeyde, kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Bununla birlikte, r değeri $0,71 < r < 0,99$ olduğundan, bağ iplik numarasının atkı kopma mukavemeti ve atkı yırtılma mukavemeti ile arasında yüksek düzeyde, kuvvetli bir ilişki; $0,30 < r < 0,70$ olduğundan dolayı yumuşaklık derecesi ile arasında orta düzeyde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Hav iplik numarasının, atkı kopma ve yırtılma mukavemeti, atkı ve çözgü dikiş kayması ve aşınma dayanımı ile arasında orta düzeyde ilişki görülmüştür. Hav yüksekliklerine göre değişen kalibre çevresinin atkı dikiş kayması ile arasında orta düzeyde ilişki ve rotora beslenen hav iplik sayısının, çözgü dikiş kayması ve aşınma dayanımı ile arasında yüksek düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir.
- Çalışmada bağ iplik hammaddesi, hav iplik hammaddesi ve hav iplik türü kategorik değişkenleri ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişki t-testi ile belirlenmiştir. Bu noktada, kumaş testlerinden elde edilen sonuçların bilimsel yorumlamaları, istatistiksel analiz sonuçları ile desteklenmiştir. Bağ iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları incelendiğinde, bağ iplik hammaddesi ile atkı kopma mukavemeti arasında Sig.(2-tailed)<0,05 olduğundan, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu, diğer performans özellikleri ile arasında anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. r-PET ipliklerin kopma mukavemetleri standart PES ipliklere göre daha düşük olduğundan, bu ipliklerin şönil yapısında bağda kullanılması ile kumaşlarda da atkı yönünde mukavemetin daha düşük çıkmasına yol açmıştır. Hav iplik hammaddesi ile kumaş performans özellikleri

arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçlarına bakıldığında, hav iplik hammaddesi ile kumaşlara ait performans özellikleri arasında Sig.(2-tailed)>0,05 olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olmadığı görülmektedir. Beklendiği üzere, atkıdaki şönillerde bulunan hav ipliklerinin geri dönüşüm PET veya standart PES olması kumaş performans özelliklerini etkilememiştir. Son olarak hav iplik türü ile kumaş performans özellikleri arasındaki ilişkiye ait t-testi sonuçları incelendiğinde, hav iplik türü ile kumaşlara ait yumuşaklık, çözgü dikiş kayması ve aşınma dayanımı verileri arasında Sig.(2-tailed) < 0,05 olduğundan, istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Başka bir ifadeyle, hav ipliklerinin kesik elyaf veya filament iplik olarak tercih edilmesi durumunda söz konusu kumaş performans özellikleri etkilenmiştir.

- Sonraki adımda, korelasyon analizi ve t-testi sonuçları da göz önüne alınarak kumaşların performans özelliklerini etkileyen kumaş fiziksel özellikleri ve üretim parametreleri belirlenmiştir. Sırasıyla her bir performans özelliği bağımlı değişken kabul edilip, bu değişkenleri etkileyen bağımsız (açıklayıcı) değişkenler tespit edilmiş ve regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu noktada, kumaşın çözgü yönündeki üretim parametrelerinin sabit olmasından ve uygulanan her performans testinin döşemelik kumaş üretimlerinde gerekli görülmemesinden dolayı tüm veriler regresyon analizine dahil edilmemiştir. Analizlerde bağımlı değişken olarak atkı kopma mukavemeti, atkı yırtılma mukavemeti, çözgü dikiş kayması, yumuşaklık ve aşınma dayanımı verileri kullanılmıştır. Söz konusu analiz sonucunda 6 adet eşitlik elde edilmiştir. Örnek olarak, kumaş atkı kopma mukavemetini etkileyecek bağımlı değişkenler; bağ iplik numarası (Nm_c), hav iplik numarası (Nm_p) ve bağ iplik hammaddesi (BH) olarak belirlenmiş ve analiz sonucunda AKM = 171,460 – 2,598*Nm_c – 0,092*Nm_p + 16,905*BH (R = 0,992; R^2 = 0,984; R^2_d =

0,982) elde edilmiştir. Analiz sonucu 'Model Summary' tablosundaki Adjusted (düzeltilmiş) R^2 değerine (R^2_d) bakılarak bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkendeki varyansın %98,2'sini açıkladığı yani, AKM değerinin %98,2'lik doğruluk payı ile Nm_c, Nm_p ve BH değeleri ile tahmin edilebileceğini göstermektedir. Bu nedenle eşitlik %98,2 açıklayıcılıkla yüksek bir geçerliliğe sahiptir. Analizler sonucu elde edilen tüm eşitlikler, kurulan matematiksel modelde kısıtlayıcılar olarak kullanılmıştır.

- İstatistiksel analizler sonrasında, ham şönil döşemelik kumaş birim maliyetinin kısıtlar doğrultusunda en iyilenmesini sağlayacak matematiksel model kurulmuştur. Bu model yardımıyla maliyet minimize edilecek şekilde, bazı kumaş fiziksel özelliklerinin ve performans özelliklerinin optimum değerlerinin üretim öncesi tahminlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 1 m^2 ham döşemelik kumaş maliyetini ifade eden amaç fonksiyonu olarak, regresyon analizlerinden elde edilen eşitlikler ise kısıtlar olarak modele dahil edilmiş ve kısıtların alt-üst limit değerleri belirlenmiştir. Amaç fonksiyonu oluşturulurken direkt ilk madde ve malzeme maliyeti, dokuma dairesinin genel üretim maliyeti (dokuma dairesine ait enerji maliyeti ve dokuma makinasının amortisman maliyeti) ve dokuma dairesine ait direkt işçilik maliyeti göz önüne alınmıştır. Sabit büyüklükler ve alabilecekleri değerler tespit edildikten sonra model Lingo 18.0 programına açık formda yazılmıştır.
- Model, karma tamsayılı doğrusal olmayan yapıya sahip olup, çözümü neticesinde 'global optimum' yani, kısıtlar doğrultusunda yerel en iyi çözüm elde edilmiştir. Maliyetin kısıtlar dahilinde minimizasyonunun amaçlandığı modelin çözüm raporu değerlendirildiğinde, bağ iplik numarası (Nm_c) Nm 47/1; hav iplik numarası (Nm_p) Nm 68/1; kalibre çevresi (k) 0,0048 m yani hav yüksekliği 0,8 mm olan bir ham şönil döşemelik kumaşın birim üretim maliyetinin 4,95 TL/m^2 olduğu tespit edilmiştir. Bu şekilde yapılan bir kumaş üretiminde atkı kopma

mukavemeti (AKM) 43,098 kgf; atkı yırtılma mukavemeti (AYM) 20,488 N; yumuşaklık (Y) 1,333 kg, çözgü dikiş kayması (CDK) 2,273 mm vb. değerler almıştır. Ayrıca modelde havda r-PET ipliklerin kullanıldığı düşünülmüş ve iplik fiyatları r-PET iplik fiyatına göre modele dahil edilmiştir. Rapora göre en iyi çözümde, bağ iplik hammaddesi 0 kodlu yani r-PET iplik, hav iplik türü ise 1 kodlu yani filament iplik bulunmuştur. Modelde bazı makine parametreleri ve fiyatlar sabit büyüklük olarak tanımlanmıştır. Bu büyüklükler, zaman içerisinde değişen şartlara ve ihtiyaçlara uygun olarak değişebileceğinden, model yenilenerek çözümün tekrar gerçekleştirilebilmesi mümkündür.

5.2. Sonraki Çalışmalar için Öneriler

Yapılan tez çalışması esas alınarak daha sonra yapılacak çalışmalar için aşağıda bazı öneriler sunulmuştur:

- Çalışmada üretim planında hammaddelerde, bağ ve hav iplik numaralarında, hav yüksekliklerinde ve rotora beslenen hav iplik sayılarında değişiklik yapılmış, diğer üretim parametreleri sabit tutulmuştur. Şönillerin yapısında r-PET iplikler kullanılıp kumaşlara ait sıklıklar, konstrüksiyon gibi özelliklerin değiştirilmesi ile performans özelliklerindeki değişimler incelenebilir.
- r-PET ipliklerin haricinde geri dönüşüm pamuk (r-CO) veya farklı hammaddelerdeki ipliklerin şönil yapısına dahil edilmesi ile farklı sürdürülebilir döşemelik kumaş üretimlerinin yapıldığı çalışmalar yürütülebilir.
- Çalışmada birim üretim maliyetinin minimizasyonunun yapıldığı tek amaçlı modelin çözümü gerçekleştirilmiştir. İşletme ve müşteri istekleri göz önüne alınarak farklı çok amaçlı modellerin çözümü

gerçekleştirilebilir. Örneğin, hem üretim maliyetinin hem de şönil döşemelik kumaşlar için önemli bir performans özelliği olan aşınma dayanımlarının (kütle kaybının) minimize edildiği çok amaçlı modeller oluşturularak çözümleri gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

Akgül, A., Çevik, O., 2003. İstatistiksel Analiz Teknikleri-SPSS'te İşletme Uygulamalar. Emek Ofset, Ankara, 456s.

Akınç, O., 2016. Atık Yönetimi Yönetmeliği ve Atık Sınıflandırma. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Altun, S., 2014. Tekstil Geri Kazanım Sektörü Raporu, Uşak TSO.

Anabal, F.Y., 2007. PET Atıkların Endüstride Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi, FBE Çevre Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Ar, A.A., 2011. Yeşil Pazarlama – Tekstil Sektöründen Örneklerle. Beta Yayınevi, İstanbul, 230s.

Armağan, B., Demir, Ö., Gök, N., 2006. Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi, İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.

Atakan, R., Sezer, S., Karakas, H., 2020. Development of Nonwoven Automotive Carpets Made of Recycled PET Fibers with Improved Abrasion Resistance. Journal of Industrial Textiles, 49(7): 835-857.

Aydın, D., 2014. Uygulamalı Regresyon Analizi – Kavramlar ve R Hesaplamaları. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 560s.

Awaja, F., Pavel, D., 2005. Recycling of PET. European Polymer Journal, 41(7), 1453–1477.

Azimli, A., 2011. Matematiksel optimizasyon. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 304s.

Babaarslan, O., İlhan, İ., 2005. An Experimental Study on The Effect of Pile Lenght on The Abrasion Resistance of Chenille Fabric. Journal of the Textile Institute, 96(3): 193-197.

Babaarslan O., 2006. Fantezi İplik Üretimi Ders Notu. Çukurova Üniversitesi, Adana, 89s.

Babaarslan O., Telli, A., 2013. Şönil İpliklerin Denim Kumaş Üretiminde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma. Tekstil ve Mühendis, 20:92, 1-10.

Babaoğul, M., Şener, A., Öztop, H., 2010. Tekstil Lifleri-Temel Özellikler, Kullanım ve Bakım. Gazi Kitabevi, Ankara, 337s.

Baş, E., 2017. 50 Soruda Endüstri Mühendisliği. 7 Renk Basım Yayım, İstanbul, 302s.

Başer, G., 2004. Dokuma Tekniği ve Sanatı: Cilt 1: Temel Dokuma Tekniği ve Kumaş Yapıları. Punto Yayıncılık, İzmir, 290s.

Başpınar, D., 2010. Kumaş ve Dikiş Parametrelerinin İplik Dikişlerine Sağlamlığının Etkisinin Araştırılması. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 101s.

Banazılı, M., 2006. Tekstilcinin El Kitabı. Alfa Aktüel Yayınları, İstanbul, 202s.

Bhatia, D., Ankush S., Urvashi M., 2014. Recycled Fibers: An Overview. International Journal of Fiber and Textile Research, 4(4): 77-82.

Bilgin Yücel, S., 2019. Termal Özellikleri Geliştirilmiş Şenil İplik İçerikli Yenilikçi Denim Kumaşların Geliştirilmesi, Erciyes Üniversitesi, Doktora Tezi, Kayseri, 164s.

Bozlağan, R., 2010. Sürdürülebilir Gelişme Düşüncesinin Tarihsel Arka Planı. Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi, 50:1011-1028.

Büyükaslan, E., Jevšnık, S., Kalaoğlu, F., 2015. A Sustainable Approach to Collect Post-Consumer Textile Waste in Developing Countries. Marmara Fen Bilimleri Dergisi, 27:107-111.

Büyüköztürk, Ş., 2005. Sosyal Bilimler için Veri Analizi El Kitabı: İstatistik Araştırma Deseni, SPSS Uygulamaları ve Yorum. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara, 224s.

Can, A., 2016. SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi. Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara, 430s.

Can, Ö., Ayvaz, K.M., 2017. Tekstil ve Modada Sürdürülebilirlik. Tekstil, 1(3), 110-119.

Candan, C., 2000. Yünlü Örme Kumaşlarda Boncuklanmaya Tesir Eden Faktörler. Tr J Engin Environ Sci, 24(2000): 35-44.

Cebeci, D., 2013. Ekolojik Tekstillerin Moda Tasarımı Üzerine Etkileri. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul, 350 s.

Celep, G., Doğan, G., Yüksekkaya, M., Tercan, M., 2016. Geri Dönüşüm Lifler İçeren Süprem Kumaşların Isıl Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(1): 104-112.

Chapin, F.S., Torn, M.S. Tateno, M., 1996. Principles of Ecosystem Sustainability. American Naturalist, 148(6): 1016-1037.

Chen, X., Leaf, G.A.V., 2000. Engineering Design of Woven Fabrics for Specific Properties. Textile Research Journal, 70(5), 437-442.

Cuc, S., and Vidovic, M., 2011. Environmental Sustainability through Clothing Recycling. Operations and Supply Chain Management, 4(2/3): 108-115.

Çeven, E.K., 2002. Şenil İplik Makinalarında Bazı Üretim Parametrelerinin İplik Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 145s.

Çeven, E.K., Özdemir, Ö., 2004. Investigation of Pile Loss in Chenille Upholstery Fabrics. Proceedings of 2 nd. International Istanbul Textile Congress, 22-24.

Çeven, E.K., Özdemir, Ö., 2006. Şenil İpliklerde Aşınma Probleminin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1): 127-134.

Ceven, E.K., 2007. Şenil İplik Özelliklerini Etkileyen Parametreler Üzerine Bir Çalışma. Uludağ Üniversitesi, Doktora Tezi, 218s.

Çeven, E.K., Özdemir, Ö., 2007. Using Fuzzy Logic to Evaluate and Predicte Chenille Yarn's Shrinkage Behaviour. Fibres and Textiles in Eastern Europe, 15(3): 55-59.

Ceven, E.K., 2009. Comparative Study of Abrasion Resistance Property Between Woven Fabrics Produced with Chenille and Flock Yarns. Industria Textila, 60(2): 59-63.

Çeven, E.K., Şardağ, S., 2017. Fantazi İpliklere Uygulanan Kalite Kontrol Testleri. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, *22*(1): 1-12.

Çolak, E., 2014. Korelasyon Analizi. Erişim adresi: http://www.eczfak.anadolu.edu. tr, (Erişim tarihi: 16.01.2020).

Demir, E., Saatçioğlu, Ö., İmrol, F., 2016. Uluslararası Dergilerde Yayımlanan Eğitim Araştırmalarının Normallik Varsayımları Açısından İncelenmesi. Current Research in Education, 2(3): 130-148.

Demiryürek, O., 2009. Polyester/Viskon Karışımlı Open-End Rotor İplik Özelliklerinin Yapay sinir Ağları ve İstatistiksel Modeller Kurularak Tahmin Edilmesi. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 227s.

Doba Kadem, F., 2007. İpliği Boyalı Pamuklu Kumaşlarda Bazı Fiziksel Özelliklerin Seçilmiş Performans Özellikleriyle İlişkisinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 219s.

Dönmez, E.T., Türker, E., 2017. Tekstil Atıkları İçeren Yüzeylerin Sahip Olduğu Elektromanyetik Kalkanlama, Ses ve Isı İzolasyonu Özellikleriyle İlgili Literatür İncelemesi. Tekstil ve Mühendis, 24(106): 124-135.

Duru, N.P., 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., 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.

Erdoğan, M., 2016. Çevre Eğitiminin Doğuşu ve Gelişimine Kaynaklık Eden Hareketler ve Çalışmalar (A.A. Kocaeren editör). Çevre ve Enerji, 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, s.21-39.

Erem, A.D., 2006. Döşemelik Kumaşların Kullanım Performanslarını ve Aşınma Dayanımlarını Etkileyen Şönil İplik Parametrelerinin İncelenmesi. İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 89s.

Eryürük, S.H., 2012. Greening of the Textile and Clothing Industry. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 6A(95): 22-27.

Eser, B., Çelik, P., Çay, A., Akgümüş, D., 2016. Tekstil Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Olanakları. Tekstil ve Konfeksiyon, 23(101): 43-60.

Farahani, R.Z., Asgari, N., Davarzani, H., 2009. Supply Chain and Logistics in National, International and Governmental Environment: Concepts and Models. Springer Science & Business Media.

Field, A., 2005. Discovering Statistics Using SPSS. Sage Publication, London.

Fung, W., Hardcastle, M., 2001. Product Engineering–Interior Trim, Textiles in Automotive Engineering. Textiles in automotive engineering, 194-211.

Foster, J.B., Magdoff, F., 2014. Her Çevrecinin Kapitalizm Hakkında Bilmesi Gerekenler – Kapitalizm ve Çevre Üzerine Bir Rehber. Patika Kitap Yayınları, İstanbul, 199s.

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

Gass, S.I., 2000. Making Decisions with Precision, Business Week October 30, 2000 (http://www.businessweek.com/archives/2000/b3705139.arc.htm?campaign_id=search#B37051 39).

George, D., Mallery, M., 2010. SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference, 17.0 update (10a ed.) Boston: Pearson, 386s.

Ghosh, A., Mal, P., Majumdar, A., 2019. Advanced Optimization and Decision-Making Techniques in Textile Manufacturing. CRC Press, 301s.

Gong, R.H., Wright R.M., 2002. Fancy Yarns, Their Manufacture and Application. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, U.K., 151s.

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

Green, S.B., Salkind, N.J., 2005. Using SPSS for Windows and Macintosh: Analyzing and Understanding Data (4th Edition) New Jersey: Pearson.

Hagoort, S., 2013. Evaluating the Impact of Closed Loop Supply Chains on Nike's Environmental Performance and Costs. Eindhoven University of Technology, MSc Thesis, Eindhoven.

He, S., Weı, M., Lıu, M., Xue, W., 2015. Characterization of Virgin and Recycled Poly(ethylene terephthalate) (PET) Fibers. The Journal of The Textile Institute, 106(8): 800-806.

Horrocks, A.R., Anand, S., 2002. Teknik Tekstiller El Kitabı. Türk Tekstil Vakfı.

Hussain, T., Arain, F.A., Malik, Z.A., 2017. Use of Taguchi Method and Grey Relational Analysis to Optimize Multiple Yarn Characteristics in Open-End Rotor Spinning. AUTEX Research Journal, 17(1): 67-72.

İlhan, İ., 2004. Şönil İpliğin Aşınma Direncini Etkileyen Parametreler, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 128s.

İlhan, İ., Yarar, A. Y., 2016. Predicting twist contraction in chenille yarn using mathematical and statistical approaches. The Journal of The Textile Institute, 107(9), 1185-1192.

İlhan, İ., 2017. An Experimental Investıgatıon on Strength and Elongation Properties of Chenille Yarn. Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 27(2).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi 2018 Faaliyet Raporu, 2018. Erişim adresi: https://www.ibb.istanbul/Uploads/2019/4/IBB-FAALIYET-RAPORU-2018-new.pdf

Kartal, B., 2017. Şönil Döşemelik Kumaşlarda Konstrüksiyonun ve Su İticilik Apresinin Performans Özelliklerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 115s.

Kalaoğlu, F., Demir, E., 2001. Chenille Yarn Properties and Performance of Chenille Upholstery Fabrics. Textile Asia, (3): 37-40.

Kaplan, Z., Daşdemir M., Köleoğlu, N., 2019. Tekstil ve Plastik Atıklarından Sürdürülebilir Tekstillerin Oluşturulmasında Yeni Yaklaşımlar: Gama Recycle Örneği. 12. Uluslararası Ekoteks Tekstil Sempozyumu, İstanbul.

Kaplan, S., Üstüntağ, S., Yücel, S. B., Türksoy, H. G., 2020. Improving end use potential of denim fabric in cold climates by chenille yarn. The Journal of The Textile Institute, 1-7.

Kayalak, T.Ç., 2007. Kırıkkale İlinin Evsel Katı Atıklarının Bertarafının Çevresel ve Ekonomik Boyutuyla İncelenmesi, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 81s.

Koca, E., Öz, C. Artaç, B.Y., 2016. Hazır Giyim Sektöründe Sürdürülebilirliğin Yöneticiler Açısından Değerlendirilmesi. Journal of Textiles & Engineers/Tekstil ve Mühendis, 23(103): 220-230.

Koç, E., 2012. Tüketici Davranışı ve Pazarlama Stratejileri. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 504s.

Kokangül, A., 2013. Optimizasyon Modelleme Ders Notu. Çukurova Üniversitesi, Adana.

Koltuniewicz, A.B., 2014. Sustainable Process Engineering: Prospects and Opportunities. De Gruyter, Poland, 400s.

Köklü, N., Büyüköztürk, Ş., Çokluk-Bökeoğlu, Ö., 2006. Sosyal Bilimler İçin İstatistik, Pegem Akademi Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, 280s.

Küçüksavaş, N., 2006. Yönetim Açısından Maliyet Muhasebesi, Kare Yayınları, 2. Baskı, 860s.

Küçükgül, E., Kırşen Doğan, S., 2007. Pet Şişenin Yaşamsal Döngü Analizi, 7. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi, 491-501.

Leonas, K.K., 2017. The Use of The Recycled Fibers in Fashion and Home Products. Textiles and Clothing Sustainability. Springer Singapore, 55-77.

Lu, J.J., and Hamouda, H., 2014. Current Status of Fiber Waste Recycling and Its Future. Advanced Materials Research, 878: 122-131.

Macunlu, N., 2010. Döşemelik Kumaşlarda İleri Terbiye Teknolojileri ile Kazandırılan Fonksiyonel Özellikler Hakkında Tüketici Tutumları, Gazi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 111s.

Majumdar, P.K., Majumdar, A., 2004. Predicting the Breaking Elongation of Ring Spun Cotton Yarns Using Mathematical, Statistical and Artificial Neural Network Models. Textile Research Journal, 74(7), 652-655.

Majumdar, A., Singh, S.P., Ghosh, A., 2011. Modelling, Optimization and Decision Making Techniques in Designing of Functional Clothing. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 36: 398-409.

Majumdar, A., Butola, B.S., Thakur, S., 2015. Development and Performance Optimization of Knitted Antibacterial Materials Using Polyester–Silver Nanocomposite Fibres. Materials Science and Engineering: C(54): 26-31.

Mancini, S.D., Schwartzman, J.A.S., Nogueira, A.R., Kagohara, D.A., Zanin, M., 2009. Additional Steps in Mechanical Recycling of Pet, Journal of Cleaner Production, 18: 92-100.

Marguglio, B., 1991. Environmental Management Systems. CRC Press, 208s.

Mecit, D., Berber, O., Boyacı, B., 2015. A Study on the Application of Recycled Fabrics as Automotive Seat Upholstery. Industria Textila 66(5): 278.

Mengüç, G.S., Kayseri, G.Ö., Özdil, N., 2017. Döküntü Oluşumu: İplik Üretim Sistemlerinin Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon, 27(3), 309-315.

Mezarcıöz, S., Oğulata, R.T., 2010. Süprem Kumaşlarda Patlama Mukavemeti Değerinin Taguchi Ortogonal Dizayna Göre Optimizasyonu. Journal Of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 20(4): 320-328.

Necef, Ö.K., Seventekin, N., Pamuk, M., 2013. A Study on Recycling Fabric Scraps in Apparel Manufacturing Industry. Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 23(3): 286-289.

Nergis, B.U., Candan, C., 2003. Properties of Plain Knitted Fabrics from Chenille Yarns. Textile Research Journal, 73(12): 1052-1056.

Nowak, P.O., Steiner, M., Wiegel, U., 2009. Waste Management Challenges for the Construction Industry. Construction Information Quarterly, 11(1):5-11.

Okka, O., 2011. Mühendislik Ekonomisi: Prensipler ve Uygulamalar. 3. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 563s.

Orhunbilge, N., 2017. Uygulamalı Regresyon ve Korelasyon analizi. Nobel Akademik Yayıncılık, 385s.

Özdemir, Ö., Çeven, E.K., 2004. Influence of Chenille Yarn Manufacturing Parameters on Yarn and Upholstery Fabric Abrasion Resistance. Textile Research Journal 74(6): 515-520.

Özdemir, O., Ceven, E.K., 2005. Effect of Chenille Yarn Parameters on Yarn Shrinkage Behavior. Textile Research Journal, 75(3): 219-222.

Özdemir, O., 2016. Çevre Eğitiminin Günümüzde Değişen Yüzü: Sürdürülebilir Yaşam Eğitimi (A.A. Kocaeren editör). Çevre ve Enerji, 1. Baskı, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, s.1-19.

Özdoğan, E., Korkmaz, A., Seventekin, N., 2007. Eko-Teks ve AB Çevre Etiketi, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, 17(3), 148-152.

Özkan, İ., İlhan, İ., 2019. Metal Kompozit Şönil İpliklerden Üretilmiş Örme Kumaşların Elektriksel, Antibakteriyel ve Performans Özelliklerinin Araştırılması. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24(2), 115-126.

Özmehmet, E., 2008. Dünyada ve Türkiye'de Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları. Journal of Yaşar University, 3(12): 1853-1876.

Öztürk, A., 2016. Yöneylem Araştırması. Ekin Yayın Dağıtım, Bursa, 878s.

Pallant, J., 2017. SPSS Kullanma Kılavuzu-SPSS ile Adım Adım Veri Analizi. (Çeviren: Sibel Avcı, Berat Ahi), Anı Yayıncılık, 383s.

Paşayev, N., Korkmaz, M., Baspinar, D., 2012. Investigation of the Techniques Decreasing the Seam Slippage in Chenille Fabrics (Part I). Textile research journal, 82(9), 855-863.

Payne, A., 2015. Open- and Closed-Loop Recycling of Textile And Apparel Products. Handbook of life cycle assessment (LCA) of textiles and clothing, Elsevier Ltd., Amsterdam, The Netherlands, 103-123.

Ruta, D., 1998. Chenille, Colour and Core of the Yarn, Rivista Della Tecnologie Tessili, 4:102-105.

Sarıoğlu, E., 2017. Ecological Approaches in Textile Sector: The Effect of r-PET Blend Ratio on Ring Spun Yarn Tenacity. Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN), 5(2): 176-180.

Sarıoğlu, E., Kaynak H.B., 2018. Pet Bottle Recycling for Sustainable Textiles. Polyester-Production, Characterization and Innovative Applications. InTech, London, 5-20.

Schuch, A.B., 2016. The Chemical Recycle of Cotton. Revista Produção e Desenvolvimento, 2: 64–76.

Sevencan, F., Vaizoğlu S.A., 2007. Pet ve Geri Dönüşümü. TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, 6(4), 307-312.

Shapiro, S.S., Wilk, M.B., 1965. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete samples). Biometrika, 52(3/4):591-611.

Shen, L., Worrell, E. Patel, M., 2010. Open-Loop Recycling: A LCA Case Study of Pet Bottle-to-Fibre Recycling, Resources Concervation and Recycling Journal, 55:34-52

Sipahioğlu, A. Saraç, T., 2002. LINGO 6.0 Kullanım Kılavuzu. Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, 30s.

Süle, İ., 2014. The Determination of the Twist Level of the Chenille Yarn Using Novel Image Processing Methods: Extraction of Axial Grey-level Characteristic and Multi-step Gradient Based Thresholding. Digital Signal Processing, 29, 78-99.

Taha, H.A., 2014. Yöneylem Araştırması. (Çeviren: S. Alp Baray, Sakir Esnaf), Literatür Yayıncılık, 910s.

Tayyar, A.E., Üstün, S., 2010. Geri Kazanılmış Pet'in Kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(1), 53-62.

Tayyar, A.E., Sarı, F. Yağız, İ., 2011. Gömleklik Kumaşlarda Yapısal Parametrelerin Kumaşın Aşınma Direncine Etkileri. Tekstil ve Mühendis, 18(84):23-26.

Tayyar, A.E., 2010. Ev Tekstillerinde Kumaş Özelliklerinin Patlama Mukavemetine Etkileri. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(2): 165-172.

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

Tekoğlu, O., 2007. Fantazi İplik Kullanımının Örme Kumaş Performansına Etkileri. Uludağ Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 146s.

Tekoğlu, O., Kavuşturan, Y., 2007. Abrasion, Bursting and Bending Properties of Plain Knitted Fabrics from Chenille and Macaroni Yarns. Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering, 12(2):109-122.

Tekoğlu, O., Kavuşturan, Y., 2011. Abrasion Resistance and Tensile Strenght of Chenille and Macaroni Upholstery Fabrics. Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, 21(4):336-342.

Telli, A., 2011. Pet Şişe Geri Dönüşüm PES ile Klasik PES Liflerinden Üretilen İplik ve Kumaş Özelliklerinin Karşılaştırılması Üzerine Bir Çalışma. Ege Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 96s.

Telli, A., Özdil, N., Babaarslan, O., 2012. Pet Şişe Atıklarının Tekstil Endüstrisinde Değerlendirilmesi ve Sürdürülebilirliğe Katkısı. Journal of Textiles & Engineers/Tekstil ve Mühendis, 19(86): 49-55.

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

Telli, A., 2016. Geri Dönüşüm Pamuk, r-PET ve Karışımlarının Denim Kumaş Üretiminde Kullanılması. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, Adana, 177s.

Telli, A., Babaarslan, O., 2016. Endüstriyel ve Tüketici Sonrası Atıklar ile Ticarileşebilir Denim Kumaş Üretimi. Tekstil ve Konfeksiyon, 26(2): 213-220.

Telli, A., Babaarslan, O., 2017. Sürdürülebilir Kısa Lif İplik Teknolojisi için Geri Dönüşüm Pamuk ve Polyester Liflerinin Kullanımı. Tekstil ve Konfeksiyon, 27(3), 224-233.

Tung, P., Whitehead, D., 1997. Abrasion Resistant Chenille Yarn and Fabric and Method for Its Manufacture. U.S. Patent No. 5,651,168. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.

Turan, G., 2011. Tekstilde Boyama İşleminin Şönil İplikli Dokuma Kumaşların Performans Özelliklerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 79s.

Türkay, M., 2011. Optimizasyon Modelleri ve Çözüm Metodları. Koç Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü. (URL: http://home. ku. edu. tr/~ mturkay/indr501/Optimizasyon. Pdf)

Türemen, M., Demir, A., Özdoğan, E., 2018. Tekstil Endüstrisi için Geri Dönüşüm ve Önemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(7), 805-809.

Türksoy, H.G., Üstüntağ, S., Avcı, M.E., 2019. Optimization of Coating Process Parameters for Color Difference After Abrasion of Denim Fabrics by Using Taguchi Method. Tekstil ve Mühendis, 26(116), 324-329.

Uyanık, S., 2019. A Study on the Suitability of which Yarn Number to Use for Recycle Polyester Fiber. The Journal of The Textile Institute, 1-20.

Üçgül, İ., Elibüyük, U., 2014. Tekstil Atıklarının Piroliz ile Değerlendirilmesi. SDÜ Teknik Bilimler Dergisi, 4(2): 40-46.

Ülkü, Ş., Örtlek H.G., Ömeroğlu, S., 2003. The Effect of Chenille Yarn Properties on the Abrasion of Upholstery Fabrics. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 11(3), 38-41.

Ütebay, B., Çelik, P., Çay, A., 2019. Effects of Cotton Textile Waste Properties on Recycled Fibre Quality. Journal of cleaner production, 222, 29-35.

Vadicherla, T., and Saravanan, D., 2014. Textiles and Apparel Development Using Recycled and Reclaimed Fibers. Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing. Springer Singapore, 139-160.

Varır, A., 2017. Döngüsel Ekonomi ve Sıfır Atık Yaklaşımı. 10. Uluslararası Ekoteks Tekstil Sempozyumu, İstanbul.

Wang, Y., 2006. Chapter 1. Introduction, in "Recycling in Textiles", Ed. Wang Y., Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.

Wang, Y., 2010. Fiber and Textile Waste Utilization. Waste and Biomass Valorization, 1(1), 135-143.

Yavuz, V.A., 2010. Sürdürülebilirlik Kavramı ve İşletmeler Açısından Sürdürülebilir Üretim Stratejileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(14): 63-86.

Yavuzkasap, D., 2011. Döşemelik Kumaşların Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. DEÜ, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 119s.

Zervent Ünal, B., 2007. Dokunmuş Havlu Kumaşların Üretim Parametreleri ve Performans Özelliklerinin Optimizasyonu. Çukurova Üniversitesi, Doktora Tezi, 232s.

Zervent Ünal, B., Koç, E., 2011. Havlu Kumaşlarda Hidrofilite, Yumuşaklık ve Mukavemetin Optimizasyonu Özet. E-Journal Of New World Sciences Academy, 6(2), 1A0172.

Zervent Ünal, B., Kartal, B., Yılönü, S., 2019. The Effect of Water Repellency Finishing on Selected Performance Properties of Upholstery Fabrics Produced from Chenille Yarns. The Journal of The Textile Institute, 1-9.

Zervent Ünal, B., 2013. Tekstilde Kalite Kontrol II Ders Notu. Çukurova Üniversitesi, Adana.

Zeydan, M., 2008. Modelling the Woven Fabric Strength Using Artificial Neural Network and Taguchi Methodologies. International Journal of Clothing Science and Technology, 20(2): 104-118.

TS EN ISO 139, Mart 2006. Tekstil-Kondisyonlama ve Deneyler için Standart Atmosfer Şartları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 244 EN ISO 2060, Nisan 1999. Tekstil-İplikler-Doğrusal Yoğunluk (Birim Uzunluk Başına Kütle) Tayini – Çile Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO 2061, Ekim 2015. Tekstil-İpliklerde Büküm Tayini-Doğrudan Sayma Metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO 2062, Mart 2010. Tekstil-Paketlerden Alınan İplikler- Tek İpliğin Kopma Mukavemetinin ve Kopma Uzamasının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 11818 EN 14465, Mart 2009. Tekstil-Döşemelik Kumaşlar-Özellikler ve Deney Metotları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 251, Şubat 1991. Dokunmuş Kumaşlar- Birim Uzunluk ve Birim Alan Kütlesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 250 EN 1049-2, Şubat 1996. Tekstil Dokunmuş Kumaşlar-Yapı Analiz Metotları-Kısım 2-Birim Uzunluktaki İplik Sayısının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO 13934-1, Haziran 2013. Tekstil- Kumaşların Gerilme Özellikleri-Bölüm 1: En Büyük Kuvvetin ve En Büyük Kuvvet Altında Boyca Uzamanın Şerit Yöntemiyle Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO 13937-3, Mart 2002. Yırtılma Özellikleri – Bölüm 3: Kanat Biçimindeki Deney Numunelerinin Yırtılma Kuvvetinin Tayini (Tek Yırtılma Metodu). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN ISO 12947-3, Nisan 2001. Tekstil- Martindale Metoduyla Kumaşların Aşınmaya Karşı Dayanımının Tayini-Bölüm 3: Kütle Kaybının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

ASTM D 4032-08, 2016. Standard Test Method for Stiffness of Fabric by the Circular Bend Procedure. American Society for Testing and Materials, Pennsylvania.

http:// http://www.tuik.gov.tr, (Erişim Tarihi : 12.01.2017)

http://www.fischbacher.com/collections/en/fabrics/benu-recycled/, (Erişim Tarihi: 15.01.2017)

https://www.itkib.org.tr, (Erişim Tarihi: 28.07.2017)

https://selbysoftfurnishings.com, (Erişim tarihi: 30.07.2017)

https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunya-nufusu-2055te-10-milyari-bulabilir/1527644 (Erişim tarihi: 25.08.2019)

https://tekstilbilgi.net/polyester-lifleri.html, (Erişim tarihi: 09.10.2019)

https://textileapex.blogspot.com, (Erişim tarihi: 20.08.2019)

https://www.plasticsnews.com/fyi-charts/recycled-pet-use-product-category, (Erişim tarihi: 18.04.2020)

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Elazığ'da doğdu. 2008 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği bölümünde öğrenimine başladı. 2010 yılında Endüstri Mühendisliğinde çift anadal programına kabul edildi. 2013 yılında her iki bölümden mezun oldu. 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalında bütünleşik doktora programına başladı.