

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

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MATERYAL VE BAZI EĞİRME PARAMETRELERİNİN AKRİLİK İÇEREN  
TEKSTİL ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN OPEN END İPLİKLERİNİN KALİTE  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EMİNE SONGÜL YİĞİT**

**OCAK 2020  
UŞAK**

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

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**MATERYAL VE BAZI EĞİRME PARAMETRELERİNİN AKRİLİK İÇEREN  
TEKSTİL ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN OPEN END İPLİKLERİNİN KALİTE  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**EMİNE SONGÜL YİĞİT**

**UŞAK 2020**

Emine Songül YİĞİT tarafından hazırlanan Materyal ve Bazı Eğirme Parametrelerinin Akriklik İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerinin Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

.....

Tez Danışmanı, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sema PALAMUTÇU

.....

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi

Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

.....

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr. Öğretim Üyesi Eren ÖNER

.....

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Tarih: 07/01/2020

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Murat Kemal KARACAN

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Emine Songül YİĞİT

# **MATERYAL VE BAZI EĞİRME PARAMETRELERİNİN AKRİLİK İÇEREN TEKSTİL ATIKLARINDAN ELDE EDİLEN OPEN END İPLİKLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Emine Songül YİĞİT**

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Ocak 2020**

## **ÖZET**

Bu tez kapsamında akrilik içeren tekstil atıklarından farklı lif içeriklerinde ve eğirme parametrelerinde open end iplikler üreterek, materyal ve eğirme parametrelerinin iplik kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. İplik kalite özellikleri olarak iplik düzgünsüzlüğü (CVm), IPI hataları (ince yer, kalın yer ve neps sayıları), tüylülük (H), mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeksi (TQI) değerleri ele alınmıştır.

İpliklerin üretiminde materyal olarak tops, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen üç farklı tipteki geri dönüşüm akrilik lifleri, geri dönüşüm pamuk lifi ve orijinal poliester lifi kullanılmıştır. Üç farklı tipteki geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 olarak kullanılması ve akrilik lif tiplerinin farklı karışım oranlarında geri dönüşüm pamuk, orijinal poliester ve bu iki lif tipinin beraber karıştırılması ile farklı eğirme parametrelerinde open end iplikler üretilmiştir. Bu şekilde, materyal olarak geri dönüşüm akrilik lif tipinin ve karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin geri dönüşüm akrilik ipliklerinin kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Eğirme parametrelerinin iplik kalite üzerindeki etkisi için ise iplik numarası, büküm katsayısı ve navel tipinden oluşan parametreler göz önüne alınmıştır.

DeneySEL ve istatistikî sonuçlar geri dönüşüm akrilik lif tipinin, karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ile orijinal poliester liflerinin ve incelenen eğirme

parametrelerinin iplik kalite parametreleri üzerinde önemli derecede etkili olduğunu göstermiştir.

Tops atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik iplik tipinin en düşük CVm ve IPI hata değerleri ile en yüksek mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeks değerleri gösterdiği, bu bakımdan tüm farklı geri dönüşüm akrilik lif tipinden üretilen iplik tipleri içinde en iyi iplik kalitesine sahip olduğu görülmüştür. Diğer iplik ve kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik iplik tipleri birbirlerine yakın iplik kalite değerleri göstermiştir. İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik iplik tipi kumaş atıklarından elde edilen iplik tipinden biraz daha düşük CVm ve IPI hata değerleri ve daha yüksek mukavemet değerleri göstermiştir. Tüylülük değerlerinin ise düşükten yükseğe doğru sırası ile kumaş, iplik ve tops atıkları içeren iplik tipleri şeklinde sıralandıkları görülmüştür.

**Bilim Kodu:** 621.01.01

**Anahtar Kelimeler:** Akrilik lifi, geri dönüşüm akrilik, tekstil atıkları, geri dönüşüm, iplik kalite özellikleri, poliester, geri dönüşüm pamuk

**Sayfa Adedi:** 133

**Tez Yöneticisi:** Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF MATERIALS AND SOME SPINNING  
PARAMETERS ON THE QUALITY PROPERTIES OF OPEN END YARNS  
MADE FROM TEXTILE WASTES CONTAINING ACRYLIC**

**(M.Sc. Thesis)**

**Emine Songül YİĞİT**

**UNIVERSITY OF UŞAK  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**January 2020**

**ABSTRACT**

Within the scope of this thesis, it is aimed to investigate the effects of material and spinning parameters on the yarn quality properties by producing open end spun yarns from acrylic containing textile wastes in different fibre contents and spinning parameters. As yarn quality characteristics, yarn irregularity (CVm), IPI faults (the numbers of thin places, thick places and neps), hairiness (H), strength, breaking elongation and total quality index (TQI) values are considered.

As material, three different types of recycled acrylic fibres, recycled cotton fibre and virgin polyester fibre were used in the production of the yarns. By using of three different types of the recycled acrylic fibres as 100% ratios and by blending these acrylic fibre types with the recycled cotton and virgin polyester fibres and both of these fibres together in different blend ratios, the open end spun yarns were produced in different spinning parameters. In this way, the effects of the recycled acrylic fibre type and the recycled cotton and virgin polyester fibres used as blend on the quality properties of the recycled acrylic yarns were investigated. For the effect of spinning parameters on yarn quality, the parameters of yarn count, twist coefficient and navel type were considered.

The experimental and statistical results showed that the recycled acrylic fibre type, the recycled cotton and the virgin polyester fibres used as the blend and the spinning parameters investigated affected the yarn quality parameters significantly.

The recycled acrylic yarn type obtained from the top wastes had the lowest CVm and IPI fault values and the highest strength, breaking elongation and total quality index values. In this respect, it had the best yarn quality among the yarn types produced from all different types of the recycled acrylic fibres. The recycled acrylic yarn types obtained from the yarn and fabric wastes showed close yarn quality values to each other. The recycled acrylic yarn type obtained from the yarn wastes showed slightly lower CVm and IPI fault values and higher strength values than that obtained from fabric wastes. It was seen that the hairiness values of the yarns from the lowest to the highest were ranked as the yarn types containing with fabric, yarn and top wastes respectively.

**Science Code:** 621.01.01

**Keywords:** Acrylic fibre, Recycled acrylic fibre, textile wastes, recycling, yarn quality properties, polyester, recycled cotton

**Number of Page:** 133

**Supervisor:** Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN



## TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca zengin bakış açısıyla beni aydınlatan, bu tezin ortaya çıkmasında sabır, anlayış, bilgi birikimi ile yol gösterici olan, bilgilerini benden esirgemeyen ve yüksek lisans tez çalışmamda bana gösterdiği emeklerinden dolayı çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahu DEMİRÖZ GÜN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İpliklerin üretildiği AVS Tekstil San. Tic. A.Ş.'ne, iplik testlerinin gerçekleştirildiği Kaynak İplik San. Tic. A.Ş. ve Gülçağ Tekstil San. Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkürü borç bilirim.

Son olarak lisansüstü eğitimimin sürdürülmesinde maddi ve manevi her konuda beni destekleyen, gösterdiği sabır ve anlayış için sevgili eşim Halil'e ve her zaman yanımda olan, bana güç veren sevgili annem Hatice Şeker, babam İsmail Şeker, ablalarım Bahar Yağcı ve Pınar Çakın'a sonsuz teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ .....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. KONU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER VE DAHA ÖNCE YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	7
2.1 Tekstil Geri Dönüşümü Hakkında Genel Bilgiler.....	7
2.1.1 Tekstil atıklarının geri dönüşüm yöntemleri .....	8
2.1.2 Mekanik geri dönüşüm yöntemi.....	9
2.2 Open End Rotor İplikçiliğinde Üretim Sistemi.....	12
2.2.1 Open end rotor iplik makinasında temel eğirme elemanları .....	13
2.2.2 Open end ipliklerinin kalitesini etkileyen faktörler .....	20
2.3 Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite Özellikleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	23

2.3.1 Pamuk içeren tekstil atıklarından elde edilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar .....	24
2.3.1.1 İplik atıklarından elde edilen open end ipliklerin kalite özellikleri .....	24
2.3.1.2 Kumaş atıklarının geri dönüştürülmesi ile elde edilen open end ipliklerin kalite özellikleri .....	30
2.3.2 Akrilik içeren tekstil atıklarından elde edilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar .....	31
3. MATERYAL VE METOT .....	32
3.1 İplik Üretiminde Kullanılan Malzeme Tipleri .....	32
3.2 Üretilen İplik Çeşitlerini İçeren Deney Planı .....	34
3.3 Geri Dönüşüm Akrilik İplik Üretiminde İzlenen İşlem Akışı ve Kullanılan Makinalar .....	37
3.3.1 Harman odası .....	38
3.3.2 Karıştırma makinası .....	39
3.3.3 İnce temizleyici .....	40
3.3.4 Besleme ünitesi ve pin açıcı .....	40
3.3.5 Tarak makinası .....	41
3.3.6 Cer makinası .....	42
3.3.7 Open end iplik eğirme makinası .....	43
3.4 Geri Dönüşüm Lif ve İpliklere Uygulanan Testler .....	45
3.4.1 Geri dönüşüm liflere uygulanan testler .....	45

3.4.2 Üretilen geri dönüşüm ipliklere uygulanan kalite testleri .....	47
3.4.2.1 İplik numara testi .....	47
3.4.2.2 İplik büküm sayısı ölçümü.....	48
3.4.2.3 Gerçek iplik numara ve büküm sayıları değerleri.....	48
3.4.2.4 İplik düzgünsüzlüğü, ııı iplik hataları ve iplik tüylülüğü testi .....	49
3.4.2.5 İplik mukavemeti ve kopma uzaması ölçümü .....	52
3.5. Toplam Kalite İndeks Değerlerinin Hesaplanması .....	53
3.6 Sonuçların İstatistiksel Analizinde Kullanılan Metotlar .....	53
4 BULGULAR VE TARTIŞMA.....	55
4.1 İplik Düzgünsüzlüğü, IPI Hataları ve Tüylülük Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi55	
4.1.1 CVM test sonuçlarının değerlendirilmesi.....	56
4.1.1.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin cvm sonuçları üzerindeki etkisi .....	56
4.1.1.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin cvm sonuçları üzerindeki etkisi .....	59
4.1.1.3 Büküm katsayısının CVM sonuçları üzerindeki .....	62
4.1.1.4 İplik numarasının CVM sonuçları üzerindeki etkisi .....	63
4.1.1.5 Navel tipinin CVM sonuçları Üzerindeki Etkisi .....	64
4.1.2 IPI hataları test sonuçlarının değerlendirilmesi.....	65
4.1.2.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin IPI hataları üzerindeki etkisi.....	65
4.1.2.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin ııı hataları üzerindeki etkisi .....	66
4.1.2.3 Büküm katsayısının IPI hataları üzerindeki etkisi .....	68

4.1.2.4 İplik numarasının IPI hataları üzerindeki etkisi.....	70
4.1.2.5 Navel tipinin IPI hataları üzerindeki etkisi .....	70
4.1.3 Tüylülük (H) test sonuçlarının değerlendirilmesi .....	71
4.1.3.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi .....	71
4.1.3.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi .....	72
4.1.3.3 Büküm katsayısının tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi .....	75
4.1.3.4 İplik numarasının tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi .....	76
4.1.3.5 Navel tipinin tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi .....	76
4.2 Mukavemet ve Kopma Uzaması Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi .....	77
4.2.1 Mukavemet test sonuçlarının değerlendirilmesi .....	78
4.2.1.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi .....	78
4.2.1.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi .....	81
4.2.1.3 Büküm katsayısının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi.....	84
4.2.1.4 İplik numarasının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi .....	85
4.2.1.5 Navel tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi.....	86
4.2.2 Kopma uzaması test sonuçlarının değerlendirilmesi.....	87
4.2.2.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi .....	87
4.2.2.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi .....	89

4.2.2.3 Büküm katsayısının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi .....	91
4.2.2.4 İplik numarasının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi .....	92
4.2.2.5 Navel tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi .....	93
4.3 Toplam Kalite İndeksi (TQI) Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	94
4.3.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin toplam kalite indeksi sonuçları üzerindeki etkisi	95
4.3.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin toplam kalite indeksi sonuçları üzerindeki etkisi .....	96
5 SONUÇ.....	98
KAYNAKLAR.....	102
EKLER .....	107
EK-1%100 Pamuk İpliğinin Kalite Parametreleri için Verilen Uster 2013 Dünya İstatistik Grafikleri .....	108
ÖZGEÇMİŞ.....	112

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1 Çeşitli açıcı silindir diş yapıları ile ilgili teknik veriler.....	14
Çizelge 2.2 Bazı rotor tipleri ve kullanım özellikleri .....	16
Çizelge 2.3 Bazı düze çeşitleri ve kullanım yerleri .....	19
Çizelge 3.1 Üretilen iplik çeşitlerini içeren deney planı .....	35
Çizelge 3.2 Tarak makinası üretim parametreleri .....	42
Çizelge 3.3 Cer makinası üretim parametreleri .....	43
Çizelge 3.4 Open end iplik makinaları üretim parametreleri .....	45
Çizelge 3.5 Geri dönüşüm pamuk lifinin HVI test değerleri.....	46
Çizelge 3.6 Geri dönüşüm akrilik lif tiplerinin lif incelik ve uzunluk değerleri .....	46
Çizelge 3.7 Geri dönüşüm malzemesinin lif içerikleri .....	47
Çizelge 3.8 Gerçek iplik numara ve büküm sayısı ölçüm değerleri.....	48
Çizelge 4.1 Geri dönüşüm akrilik ipliklerin düzgünsüzlük, IPI hataları ve tüylülük test sonuçları .....	55
Çizelge 4.2 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	57
Çizelge 4.3 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	60
Çizelge 4.4 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin H sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	72

**Çizelge****Sayfa**

Çizelge 4.5 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin H sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	75
Çizelge 4.6 Geri dönüşüm akrilik ipliklerinin mekanik özelliklerine ait test sonuçları .....	78
Çizelge 4.7 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	80
Çizelge 4.8 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin mukavemet üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	83
Çizelge 4.9 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları .....	88
Çizelge 4.10 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları ...	91
Çizelge 4.11 Tüm geri dönüşüm akrilik ipliklerin hesaplanan toplam kalite indeksi (TQI) sonuçları .....	95



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Tekstil atıklarının sınıflandırılması .....	7
Şekil 2.2 Tekstil atıklarının yönetimi .....	9
Şekil 2.3 Open end eğirme prensibi.....	12
Şekil 2.4 OE rotor iplik makinasında iplik oluşumu .....	13
Şekil 2.5 Sabit rotor çapında rotor devrinin iplik kalite değerlerine etkisi.....	17
Şekil 2.6 Rotorda büküm alma bölgesi.....	18
Şekil 2.7 Yalancı bükümün oluşumu.....	18
Şekil 2.8 Düzede yuvarlanma hareketi .....	18
Şekil 2.9 Rotor iplik makinesinde oluşan gerçek ve yalancı büküm.....	19
Şekil 3.1 Geri dönüşüm iplik üretimde kullanılan işlem akış şeması.....	38
Şekil 3.2 Kütle değişimi a) Ortalama sapma yüzdesi (%U) b) Değişim (varyasyon) katsayısı (%CV) .....	50
Şekil 3.3 IPI hataları a) İnce yer b) Kalın yer c) Neps .....	50
Şekil 4.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin CVM sonuçları üzerindeki etkisi.....	56
Şekil 4.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin CVM sonuçları üzerindeki etkisi .....	59
Şekil 4.3 Büküm katsayısının CVM sonuçları üzerindeki etkisi .....	62
Şekil 4.4 İplik numarasının CVM sonuçları üzerindeki etkisi.....	63

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.5 Navel tipinin CVM sonuçları üzerindeki etkisi .....	64
Şekil 4.6 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin IPI hataları üzerindeki etkisi .....	65
Şekil 4.7 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin ince yer hata sonuçları üzerindeki etkisi .....	66
Şekil 4.8 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kalın yer hata sonuçları üzerindeki etkisi .....	67
Şekil 4.9 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin neps hata sonuçları üzerindeki etkisi.....	68
Şekil 4.10 Büküm katsayısının ince yer hata sonuçları üzerindeki etkisi .....	68
Şekil 4.11 Büküm katsayısının kalın yer hata sonuçları üzerindeki etkisi .....	69
Şekil 4.12 Büküm katsayısının neps hata sonuçları üzerindeki etkisi.....	69
Şekil 4.13 İplik numarasının IPI hataları üzerindeki etkisi .....	70
Şekil 4.14 Navel tipinin IPI hataları üzerindeki etkisi.....	70
Şekil 4.15 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin H sonuçları üzerinde etkisi.....	71
Şekil 4.16 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin H sonuçları üzerindeki etkisi .....	73
Şekil 4.17 Büküm katsayısının H sonuçları üzerindeki etkisi .....	75
Şekil 4.18 İplik numarasının H sonuçları üzerindeki etkisi.....	76
Şekil 4.19 Navel tipinin H sonuçları üzerindeki etkisi.....	77
Şekil 4.20 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi.....	79
Şekil 4.21 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi .....	81

<b>Şekil</b>	<b>Sayfa</b>
Şekil 4.22 Büküm katsayısının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi .....	84
Şekil 4.23 İplik numarasının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi.....	85
Şekil 4.24 Navel tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi .....	86
Şekil 4.25 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması sonuçları üzerinde etkisi.....	87
Şekil 4.26 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi.....	89
Şekil 4.27 Büküm katsayısının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi.....	92
Şekil 4.28 İplik numarasının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi .....	93
Şekil 4.29 Navel tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi.....	94
Şekil 4.30 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin toplam kalite indeksi üzerindeki etkisi.....	95
Şekil 4.31 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin toplam kalite indeksi sonuçları üzerindeki etkisi .....	96

## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1 Befama firmasına ait AC39A döner kesim makinası.....	10
Resim 2.2 Balkan DT30 mega şifanöz .....	110
Resim 2.2. Befama firmasına ait garnet makinası .....	11
Resim 2.4 Rotor.....	115
Resim 3.1 Harman odası.....	38
Resim 3.2 Rieter B 7/3R Unimix karıştırma makinası .....	39
Resim 3.3 Rieter B 60 Uniflex ince temizleyici .....	40
Resim 3.4 Balkan B30 model besleme ünitesi ve B50 model pin açıcı .....	41
Resim 3.5 Trützschler DK803 model tarak makinesi.....	42
Resim 3.6 Rieter RSB-D45 model cer makinası .....	43
Resim 3.7 Schlafhorst Saurer BD-380 open end iplik makinası .....	44
Resim 3.8 Schlafhorst Saurer Autocoro 8 open end iplik makinası .....	45
Resim 3.9 Çıkırcık ve hassas terazi.....	47
Resim 3.10 Mesdan Lab büküm test cihazı.....	48
Resim 3.11 Uster tester 4 düzgünlük test cihazı .....	49
Resim 3.12 Tüylülük ölçüm prensibi .....	52
Resim 3.13 Uster Tensorapid 3 .....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### **Simgeler**

CVm

### **Açıklama**

İplik Düzgünsüzlüğü

Gf

Kopma Kuvveti

Gf.cm

Kopma İşi

H

Tüylülük

Rkm

Mukavemet

S

Kopma Zamanı

TQI

Toplam Kalite İndeksi

%

Kopma Uzaması

### **Kısaltmalar**

RA

Geri dönüştürülmüş akrilik

RC

Geri dönüştürülmüş pamuk

P

Orjinal poliester

RA-T

Tops atıklarından elde edilen akrilik lifleri

RA-Y

İplik atıklarından elde edilen akrilik lifleri

RA-F

Kumaş atıklarından elde edilen akrilik lifleri

# 1 GİRİŞ

Artan dünya nüfusu, yaşam standartlarındaki yükselme ve son yıllarda tüketici davranışlarının hızlı moda yönüne doğru kayması nedenleri ile tekstil tüketiminde ve buna bağlı olarak tekstil üretiminde önemli derecede artış meydana gelmiştir. Tekstil üretimi ve tüketiminde artan talep, doğal kaynakların ve hammadde kaynaklarının tükenmesine yol açmakta, aynı zamanda birçok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir.

Tekstil malzemelerinin üretimi sırasında kaçınılmaz bir şekilde katı atıklar meydana gelmektedir. Bu atıkların iyi bir şekilde yönetilmesi özellikle ekonomik ve çevresel olarak önem taşımaktadır. Gelişmiş ülkelerde, çevre kirliliği konusunda artan farkındalık, sosyal sorumluluk ve yasal düzenlemeler etkili atık yönetim stratejileri geliştirilmesini ortaya çıkarmaktadır.

Tekstil malzemelerinin üretimi bilindiği üzere genellikle çevreye zarar veren işlemleri kapsamaktadır. Tekstil liflerinin %63'ü gerek üretimi ve gerekse bertarafı sırasında önemli miktarlarda karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) salımı yapan petrokimyasaldan üretilmektedir. Geriye kalan %37 oranındaki lif üretiminin büyük miktarını pamuk lifi (%24) oluşturmaktadır [1]. Pamuk lifinin yetiştirilmesi sırasında zehirli tarımsal ilaçların ve kimyasal gübrelerin kullanılması ve yapılan sulamanın su kaynaklarında tükenmeye neden olması bakımından pamuk lifi de sentetik lifler gibi çevre üzerinde negatif etkiye sahiptir. Ayrıca, tekstil üretim işlemlerinin sonraki aşamalarının büyük bir kısmı da hem çevreye önemli derecede zarar vermekte hem de enerji kaynaklarının tükenmesine yol açmaktadır. Boyama, bitim işlemleri, baskı vs. gibi yaş terbiye ve bitim işlemleri enerji ve su kaynaklarının tüketilmesine yol açmakta ve aynı zamanda zehirli salınımlara neden olmaktadır. Yine ipliklerin eğilmesi ve dokuma/örme kumaş üretimi de CO<sub>2</sub> salınımlarına neden olan fosil kaynaklı enerjiye dayanmaktadır. Yine katı atıkların depolanması ve bertarafı da önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır. Sentetik lifler doğada parçalanmayarak çevreye zarar verirken, doğada parçalanan doğal lifler ise küresel ısınmaya sebep olan metan gazı açığa çıkararak çevreye zarar vermektedir. Sera gazı salınımları, su kullanımı, zehirli kimyasallar ve atıklar tekstil endüstrisinin neden olduğu önemli çevresel sorunlardır.

Tüm bahsedilen sorunların üstesinden gelebilmek için en etkili yollardan biri, hammadde ihtiyacını ekonomik değeri olan geri dönüştürülebilir tekstil atıklarından

karşılacaktır. Tekstil atıkları genel olarak tüketici öncesi ve tüketici sonrası olmak üzere iki grup altında sınıflandırılmaktadır [2, 3]. Tekstil endüstrisinden gelen atıkları tüketici öncesi atıklar, insan kaynaklarından gelen atıkları ise tüketici sonrası atıkları oluşturmaktadır [2, 3]. Yapılan araştırmalarda [4, 5], Türkiye’de yılda yaklaşık olarak 430 bin tekstil atığının evlerde, 490 bin ton tekstil atığının ise tekstil endüstrisinde ortaya çıktığını belirtmiştir. Tüketici sonrası atıkların toplanmasının, temizlenmesinin ve sınıflandırılmasının zor olması ve Türkiye’de tüketici sonrası kullanılmış tekstil ürünlerinin geri dönüştürülmesine yönelik uygulama bulunmamasından dolayı Türkiye’de tüketici öncesi atıkların geri dönüşümü yapılmaktadır [6]. Yine yapılan araştırmada [4, 6], Türkiye’de tekstil işletmelerinde 1 yılda ortaya çıkan toplam 489 563 ton tekstil atığının 363 707 tonunu lif/iplik atıklarının ve 125 856 tonunu kumaş/kırpıntı atıklarının meydana getirdiği belirtilmiştir.

Değerlendirilebilen tekstil katı atık malzemelerinin geri dönüşümü mekanik, kimyasal ve ısıl yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Mekanik geri dönüşüm yönteminde tekstil atıkları açılarak lif haline getirilmekte, kimyasal yöntemde tekstil atıkları kimyasal çözücüler içinde çözdürülmekte, ısıl yöntemde ise daha çok petrol kökenli polimer ürünler (poliester iplik atıkları, genellikle pet şişeler) tekrar eritilerek lif çekimiyle lif ve iplik haline getirilmektedir [2-3]. İnsan yapımı hammadde içeren tekstil atık malzemelerinin geri dönüşümünde tüm geri dönüşüm metotları, pamuk, yün vs. gibi doğal lif ve karışımlarını içeren tekstil atıklarının geri dönüşümünde ise mekanik geri dönüşüm metotları kullanılmaktadır [2]. Mekanik geri dönüşüm tüm metotlar içerisinde en ucuz, kolay ve çevreye en az zarar veren yöntem olduğu için, bu yöntem daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Mekanik geri dönüşüm metodunda, lif yumağı, iplik parçaları ve kumaş kırıntıları halindeki tekstil atıkları öncelikle sınıflandırılmakta, daha sonra küçük parçalara kesilmekte ve en son olarak da bu kesilen küçük parçalar keskin metalik teller ile kaplanmış silindirleri olan garnet ve şifanöz makineleri olarak adlandırılan tarak makinası benzeri açıcı makineler ile açılarak lif haline getirilmektedir.

İplik, örme, dokuma ve konfeksiyon sektörlerindeki tekstil üretim işlemlerinin farklı aşamalarından gelen tekstil katı atıklarının çoğu tekrar geri kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir formdadır. Özellikle iplik üretim işlemleri sırasındaki iplik makinelerinden toplanan ve büküm almamış lifler direkt olarak veya az bir temizleme işlemi ile tekrar kullanılabilir. Gerek tekrar kullanılabilen gerekse geri dönüşüm işlemi ile geri

dönüştürülen lifler iplik üretim teknolojisinde ve dolayısı ile kumaş üretiminde yıllardır hammadde olarak kullanılmaktadır.

Mekanik geri dönüşüm işleminin dezavantajı, lif açma işlemleri sırasında uygulanan mekanik işlemlerin liflere zarar vererek liflerin kırılmasına neden olması ve lif uzunluklarının orijinal liflere göre oldukça kısalmasıdır. Açma işlemi sonunda, liflerin yalnızca %25-55 oranındaki bölümünün lif uzunluğu 10 mm'den daha uzun olmaktadır. Ayrıca, açma işlemi sonunda lifler arasında bazı tam olarak açılmamış küçük iplik ve kumaş parçaları da kalabilmektedir [7]. Sonuç olarak, geri dönüşüm lifler kısa lifler gibi veya tamamen açılmamış iplik veya kumaş parçaları gibi farklı lif uzunluklarında olabilmektedir.

Lif uzunluğuna bağlı olarak geri dönüşüm lifler iplik haline ring, kompakt, friksiyon ve open end iplik eğirme sistemleri kullanılarak getirilebilmektedirler. İçlerinde barındırdıkları yüksek orandaki kısa lifler nedeni ile geri dönüşüm lifler iplik haline yaygın olarak kısa ve daha düşük kalitedeki liflerin eğrilmesini sağlayan open end iplik eğirme sistemi kullanılarak dönüştürülmektedir.

Tekstil atıkları çok farklı kaynaklardan gelebildiği için çok farklı hammadde içeriğinde, yapıda, renklerde, durumda olabilmektedir. Bu nedenle, iplik üretiminde kullanılmadan önce aynı özelliklerde hammadde elde edebilmek için sınıflandırma önem taşımaktadır. Mekanik geri dönüşüm metodu uygulamadan önce tekstil atık malzemeleri öncelikle renk, hammadde, geldiği kaynak vs. gibi parametreler göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. Geri dönüşümde tekstil atıkları renklerine göre ayrıldığında, boyar madde, kimyasal madde, su ve enerji kullanımı olmadan belli renklerde boyalı pamuk veya renkli lifler elde edilebilmektedir.

Geri dönüşüm open end iplik sektöründe işletmeler pamuk, viskoz, kesikli poliester, yün, akrilik vs. gibi kesikli liflerden oluşan tekstil atıklarını geri dönüştürmektedir. İplik üretiminde tekstil atıkları hammadde içeriklerine göre genel olarak pamuk, akrilik ve yün olarak sınıflandırılmaktadır.

Akrilik lifleri minimum %85 oranında akrilonitril polimerlerini içeren monomerlerden oluşan uzun zincirli sentetik polimerlerden üretilmektedir [8]. Hammaddesi petroldür. Filament ve kesikli lif halinde kullanılabilir. Sentetik lifler içinde yüne lifine benzemesi nedeniyle çok fazla kullanılmaktadır. Akrilik lifleri poliester (%70), polipropilen (%13), naylondan (%12) sonra %5 üretim oranı ile dünyada en fazla kullanılan dördüncü sentetik lifdir [8].



Akrilik lifleri yüne benzemesi, hafif, hacimli, sıcak ve yumuşak tutumlu bir lif olması, parlak renklerde boyanabilmesi, renk haslık değerlerinin yüksek olması, yüksek derecede elastikiyete sahip olması, gün ışığına, kimyasallara ve mikro organizmalara karşı oldukça dayanıklı olması, buruşmaması, leke tutmaması, kolay yıkanması, yüksek sıcaklıklara dayanması ve poliester kadar olmasa da orta ile iyi derece mukavemete sahip olması, düşük oranda nem çekmesi ve çabuk kuruması gibi birçok avantajlı özelliklere sahip olması nedenleri ile çok sıklıkla birçok alanda kullanılmaktadır [8-9, 10]. Akrilik liflerinin gerek klasik tekstil gerekse teknik tekstil olmak üzere geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Özellikle yün lifinin pahalı olmasından dolayı, el örme, çorap, triko, battaniye, kilim, halı vs. gibi, yün lifinin kullanıldığı birçok alanda yün lifinin yerine kullanılmaktadır.

Akrilik lifleri geniş ve yüksek miktarlarda kullanım alanı bulduğu için akrilik liflerinden elde edilen ürünlerin üretimi sırasında yüksek miktarlarda tekstil atıkları meydana gelmektedir. Pamuk içeren tekstil atıklarında olduğu gibi, akrilik içeren atıklarının geri dönüştürülmesi için mekanik geri dönüşüm yöntemi tercih edilmektedir. Pamuk içeren atıklardan sonra en çok akrilik ve yün atıklarının geri dönüşümü yapılmaktadır. Akrilik içeren tekstil atıkları pamuk atıklarında olduğu gibi öncelikle lif açma makinalarında açılarak lif haline getirilmekte, daha sonra open end iplik eğirme sistemi ile Nm 10-28 (Ne 6-16) arasındaki numara aralığında iplik haline getirilmektedir. Akrilik içeren tekstil atıklarının mekanik geri dönüşüm metodunda lif açma makinası olarak garnet makinası, pamuk içeren tekstil atıklarında ise şifanöz makinaları kullanılmaktadır. Elde edilen iplikler halı, kilim, battaniye, üst giyim, çorap vs. gibi ürünlerin üretiminde kullanım alanı bulmaktadır.

Akrilik atıklarından elde edilen iplikler özellikle kalitenin önemli olduğu kazak, hırka, yelek, süeter, gömlek vs. gibi örme üst giysilerin üretiminde kullanıldığında, ipliğin kalite özellikleri önemli hale gelmektedir. Literatürde geri dönüşüm iplik konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde yapılan çalışmaların daha çok daha çok pamuk lifi içeren tekstil atıklarından open end iplik eğirme sistemi ile üretilen iplikler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Atık malzemesi ile orjinal pamuk ve poliester lif karışımları kullanılarak üretilen open end iplik kalite özellikleri ile ilgili yapılan önceki çalışmalar, atık malzeme tipinin, karışım oranlarının ve eğirme parametrelerinin geri dönüşüm iplik kalite özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Orjinal lif oranındaki artış genellikle iplik kalitesi

özelliklerini iyileştirmiştir. Bununla birlikte, geri dönüşüm ipliklerde yüksek miktarlarda orijinal lif kullanılması iplik maliyetini artırdığı ve atık tüketimini azalttığı için ticari olarak tercih edilmemektedir [2]. Akrilik lifleri pamuktan sonra geri dönüşümü en çok yapılan lif olmasına rağmen, akrilik içeren tekstil atıklarından elde edilen geri dönüşüm open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili bizim bildiğimiz kadarı ile literatürde çok sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, malzeme ve bazı eğirme parametrelerinin akrilik içeren tekstil atıklarından üretilen open end ipliklerin düzgünsüzlük, IPI hataları, tüylülük, kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerinden oluşan iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Akrilik içeren atıklar lif üretimi, iplik üretimi, kumaş üretimi ve konfeksiyon gibi tekstil üretimin farklı aşamalarından gelebilmektedir. Her farklı üretim aşamasından gelen akrilik liflerinden farklı özelliklerde geri dönüşüm akrilik lifleri elde edilmektedir. Lif ve iplik aşamalarından gelen akrilik atıkları kumaş atıklarından elde edilen akrilik liflerine göre daha temiz, daha uzun lif boylarına ve daha homojen lif cinsi dağılımına sahiptir. Bu geri dönüşüm akrilik liflerinden daha iyi kalitede iplik üretebilmek için akrilik içeren tekstil atıkları tops, iplik ve kumaş olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, geri dönüşüm akrilik lifleri olarak tops, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen üç farklı geri dönüşüm akrilik tipi kullanılmıştır.

Daha ince iplikler üretmek, diğer eklenecek karışım liflerin kendine özgü özelliklerinden yararlanılarak akrilik atıklarından elde edilen geri dönüşüm ipliklere farklı özellikler kazandırmak, ipliğin kalite değerini yükseltmek ve ürün çeşitliliği sağlamak gibi nedenlerden dolayı, geri dönüşüm akrilik lifleri ayrıca orijinal poliester ve geri dönüşüm pamuk lifleri ile karıştırılmıştır. Malzeme etkisi olarak geri dönüşüm akrilik lif tipinin etkisi ile orijinal poliester, geri dönüşüm pamuk ve her iki lifin beraber etkisi olmak üzere diğer farklı cinslerde karışım liflerinin ve karışım oranlarının iplik kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Eğirme parametreleri olarak iplik numarası, büküm katsayısı ve navel tipinin etkileri incelenmiştir.

Bu tez çalışmasının; 1. Bölümünü konunun önemini, literatür araştırmasını, diğer literatür çalışmasından olan farkını tezin amacını ve yapılan çalışmanın özetini içeren “Giriş” Bölümü oluşturmaktadır. 2. Bölümde tekstil geri dönüşüm ile ilgili genel bilgiler, geri dönüşüm ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili yapılan önceki çalışmalar, akrilik liflerinin

genel özellikleri ile ilgili genel bilgiler yer almaktadır. ‘Materyal ve Metot’ Bölümünü oluşturan 3. Bölümde ipliklerin üretilmesinde kullanılan malzeme ve metotlar tanıtılmıştır. ‘Bulgular ve Tartışma’ başlıklı 4. Bölümde elde edilen deney bulguları ve bu deney bulgularının tartışılmasına yer verilmiştir. Son olarak 5. ‘Sonuç’ Bölümde ise elde edilen deney sonuçları özetlenmiştir.



## 2 KONU İLE İLGİLİ GENEL BİLGİLER VE DAHA ÖNCE YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1 Tekstil Geri Dönüşümü Hakkında Genel Bilgiler

İnsanın varoluşu ile birlikte atık oluşumu da başlamıştır. İhtiyaç duymadığımız ve uzaklaştırdığımız her tür madde atık olarak tanımlanabilmektedir [11]. Tekstil atıkları; lif, tekstil ve hazır giyim üretim sanayii, tüketiciler, ticari ve hizmet endüstrilerine ilişkin çok sayıda süreçten kaynaklanan atıklardır [12].

Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu'na (Council for Textile Recycling) göre tekstil geri dönüşüm malzemeleri Şekil 2.1'de gösterildiği gibi, tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır [13, 2].



Şekil 2.1 Tekstil atıklarının sınıflandırılması [2]

Tüketici öncesi atıkları, otomotiv, havacılık, ev bina, mobilya, yatak, kaba iplik, ev eşyaları, kâğıt, giyim ve diğer sanayiler için yeniden üretilen tekstil, lif ve pamuk sanayi yan ürünü malzemelerden oluşmaktadır. Tüketici sonrası atıklar, tüketicinin artık ihtiyaç duymadığı ve atmaya karar verdiği, herhangi bir giysi ya da tekstil materyallerinden yapılan

ev eşyaları olarak tanımlanır. Bu materyaller ya çok eskidikleri ve yıprandıkları için ya da modası geçtiği için atılmaktadırlar [14].

Ülkemizde ve dünyadaki katı atıkların yönetiminin üç temel ilkesi vardır. Bunlar az atık üretilmesi, atıkların geri kazanılması ve atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesidir [15].

Atık yönetiminde kaynakların korunmasına yönelik diğer bir seçenek geri dönüşümdür. Tekstil atıklarının geri dönüştürülmesi, tekstil ürününün parçalanması ve bileşenlerinin yeni ürünler için kullanılmasını ifade etmektedir [12].

Diğer bir ifade ile geri dönüşüm, yeniden değerlendirilme imkanı olan atıkların çeşitli kimyasal ve fiziksel işlemlerden geçirilerek ikincil üretim sürecine dahil edilip, yeniden üretim sürecine katılmasına denmektedir [16].

Geri dönüşüm, doğal kaynaklarımızın korunmasında oldukça önemlidir. Çünkü nüfusun gün geçtikçe artması ve doğal kaynakların yerine yenilerinin gelememesi onların miktarını iyice azaltmıştır. Bu nedenle, doğal kaynakları mümkün olduğunca tasarruflu kullanılmak ve kullanıldıktan sonra yeniden kazanılması oldukça önemlidir [17].

Geri dönüşümün öneminin sebeplerinden bazıları aşağıda verilmektedir:

- Ekonomik sebepler: Yüksek miktarda su, enerji ve üretim tüketimleri nedeniyle, geri dönüşüm ürünleri yeni ürünler üretmeye göre çok daha ucuzdur. Geri dönüşüm finansal olarak ödüllendirilmekte, insanlar geri dönüştürülebilir ürünler tüketmeye maddi olarak teşvik edilmektedir.

- Sosyal sebepler: Geri dönüşüm iş hacmi yaratmaktadır. Geri dönüşüm merkezleri kişilere istihdam sağlayabilmekte, küçük veya aile işletmelerine fırsatlar verebilir. Çevresel sorunlar ortak bir neden olarak insanları bir araya getirerek topluluk oluşturur.

- Çevresel sebepler: Su, petrol, doğal gaz gibi doğal kaynaklar korunmaktadır. Daha az su tüketimi gerçekleşir. Yeni ürünlerin üretimine kıyasla daha az enerji tüketildiğinden enerji korunmaktadır. Daha az fosil yakıt yakılmasından dolayı daha az sera gazı açığa çıkmaktadır. Doğal yaşam alanlarının yok olması önlenmektedir [13].

### **2.1.1 Tekstil Atıklarının Geri Dönüşüm Yöntemleri**

Geri dönüşüm liflerin üretimi, diğer liflere göre çevreye daha az zarar vermekte ve doğal kaynak tüketimini azaltmaktadır. Tüm tekstil malzemeleri geri dönüştürülebilmekte

ve düşük kaliteli nihai ürünlerde, özellikle de takviye amaçlı ürünlerde kullanılabilirler [18].



Şekil 2.2 Tekstil atıklarının yönetimi [2]

Atıkların azaltılmasının önlenememesi geri dönüşüm teknolojisine daha fazla dikkat verilmesinin temel nedenidir. Şekil 2.2’de verilen şemaya göre, tekstil katı atıkları mekanik, kimyasal ve ısıl yöntemleri kullanılarak geri dönüştürülmektedir. İnsan yapımı malzemelerden oluşan tekstil atıklarının geri dönüşümünde tüm geri dönüşüm metotları kullanılırken, doğal lif veya karışımları içeren tekstil atıklarının geri dönüşümünde sadece mekanik geri dönüşüm kullanılmaktadır [2].

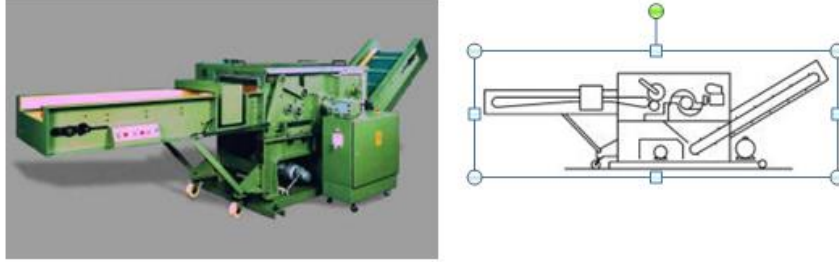
### 2.1.2 Mekanik Geri Dönüşüm Yöntemi

Mekanik geri dönüşüm yönteminde atıklar, iplik, kumaş ve dokusuz yüzeyler elde etmek için lifli forma getirilir. Lifli forma getirmek için parçalama ve açma makinelerinden geçirilmesi gerekir. Tekstil atıkları öncelikle renk, hammadde, yeniden geri dönüşüm derecesine göre çok iyi bir şekilde sınıflandırılmalıdır. Bu sınıflandırma harmanlama için büyük önem taşır. Özellikle rengine göre ayrılan tekstil atıkları ön terbiye ve boya gerektirmez.

Sınıflandırılan atıklar diğer işlemlerde yıpranmaları önlemek amacıyla yumuşatma işlemine tabii tutulmaktadır. Tekstil atıkları yumuşatıcı sonrasında kesme makinasına beslenir. Temel olarak üç farklı kesme makinesi bulunmaktadır.

- Döner bıçaklı kesme makinesi
- Giyotin kesme makinesi
- Kesme değirmeni

Genelde en çok döner bıçaklı kesme makinası kullanılır. Döner bıçaklı kesme makinası Resim 2.1’de gösterilmiştir. Tekstil atıkları kesme makinasına beslenir ve küçük parçalara (20-260 mm uzunluk) getirildikten sonra şifanöz ve/veya garnet makinasından geçirilir, lif formuna getirilerek işleme dahil edilir.



Resim 2.1 Befama firmasına ait AC39A döner kesim makinası [19]

### • Şifanoz Makinesi

Tekstil atıklarını parçalayarak tekrar işlenebilmesi için lif formuna getirmek amacıyla kullanılan makinelerden biri şifanoz makinesidir. Şifanoz makinasının resmi Resim 2.2’de verilmiştir.



Resim 2.2 Balkan DT30 mega şifanoz [20]

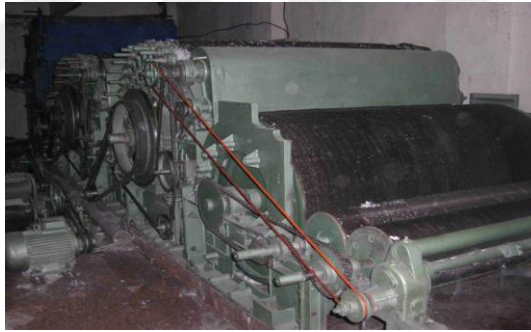
Şifanozden çıkan parçalar tam açılma sağlanması ve işlenmeye uygun olması için ikinci bir açıcıda geçirilmesi gerekir. Pes, pamuk, likra içeren üstübü (iplik parçası atıkları) ve konfeksiyon atıklarında kullanılabilir. Şifanoz makinesi elle ya da besleme ünitesi vasıtasıyla gelen malzemeyi alır, baskı besleme silindiri giriş bandı tarafından sevk edilen malzemeyi sıkıştırarak besleme boğazına aktarır, bu esnada bastırılmış olan malzeme iğneli tambur tarafından açılır. Açılan malzeme kondenser elek girişine aktarılır ve burada toz fanı

tarafından tozu emilir, elek tarafından malzeme çıkış silindirine doğru taşınır. Çıkış silindirleri açılan malzemeyi düzenli olarak ya ikinci bir şifonöz makinesine ya da son çıkış hattına gönderir. Makinenin çalışma esnasında tambur alt bıçağından kaçan parçalar altta bulunan geri dönüşüm bandı ile tekrar besleme girişine taşınır.

#### • Garnet Makinesi

Garnet makinesi testere dişi biçiminde metalik dişlerle kaplı davul ve silindirleri bulunan az veya çok bükülü döküntüleri açmak için kullanılan bir tarak tipidir. Garnet makinası resmi Resim 2.3’de gösterilmiştir. Bu makinenin açabildiği bazı maddeler şunlardır: naylon paraşüt ipi telefi, akrilik olmayan halı telefi, polipropilen halı ipi telefi, yumuşak akrilik kırıkları, halının arkasındaki iplik telefleri, kord bezi iplik telefi, örülmüş dokunmuş poliester bez parçaları, örgü kumaş parçaları, viskon filament telefi, poliester vatka kırıntıları, yün kumaş kırıkları, yün keçe kırıkları, yapay ipek iplikleri, kot kumaş kırıntıları, sentetik saçak artıkları vs.

Şifanozdan farklı olarak tek safhadan oluşur. Daha ince bir açım yapar.



Resim 2.3 Befama firmasına ait garnet makinası [21]

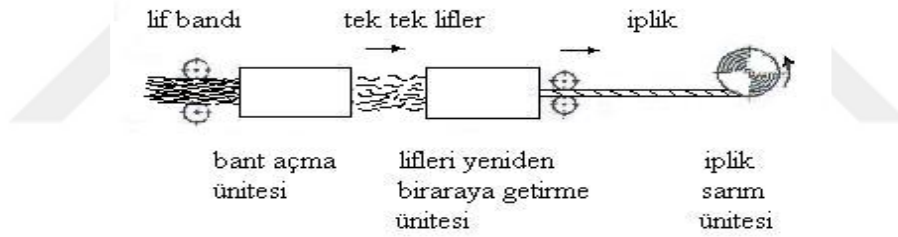
Şifanoz ile garnet makineleri arasındaki farklar, garnet makinesinde uzun liflerden elde edilen kumaşların, şifanozda ise kısa liflerden elde edilen kumaşların açılması, garnette tambur üzerinde tellerin, şifanozda ise çivilerin kullanılması, garnet tek safhadan var iken, şifanozda ise 4-6 safha bulunması, garnette düşük devirlerde çalışılırken şifanozda daha yüksek devirlerde çalışılır olması ve son olarak garnetin şifanoza göre daha ince açım yapmasıdır.



## 2.2 Open End Rotor İplikçiliğinde Üretim Sistemi

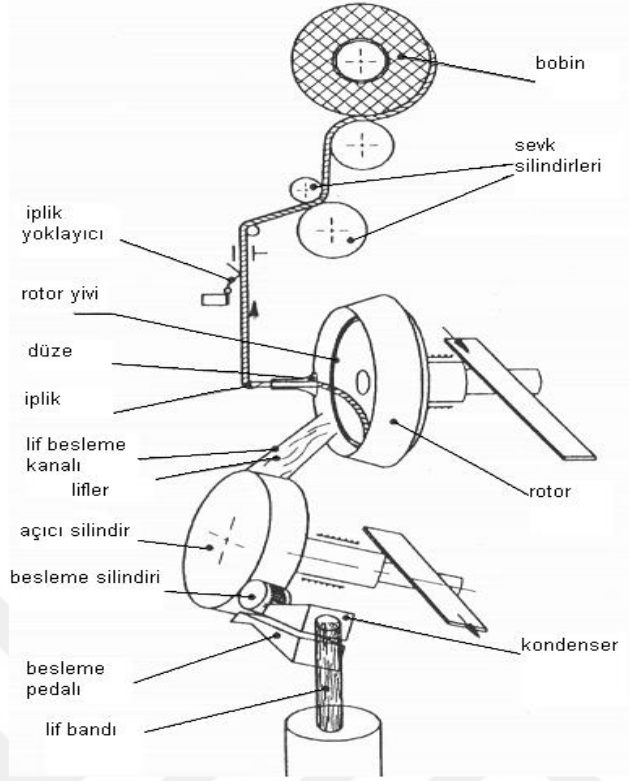
Rotor eğirme tekniği ile iplik üretimi düşüncesi günümüzden epeyce önceki yıllara dayanmaktadır. 1955 yılında Bremen’de kurulu Spinnbau firmasından J. Meimberg, Brüksel’deki fuarda tanıtmıştır. Ancak yeterli performansın sağlanamamasından dolayı çalışmalar yarıda kesilmiştir. Rotor eğirme ile ilgili çalışmalar 1960’lı yıllarda Çekoslovakya’da yeniden başlatılmış, 1967’de ilk kez iplikhanelerde kullanılmaya başlanmıştır [22]. Rotor eğirme sistemi aynı zamanda open-end eğirme sistemi olarak da bilinmektedir [23].

Şekil 2.3’de open end iplik eğirme prensibi şematik olarak verilmiştir. Bu proseste şekilden de görüleceği üzere lifler istenilen inceliğe kadar çekilerek ve büküm verilerek istenilen mukavemete ulaşır. Günümüzde bu eğirme sistemiyle 160.000 dev/dak’ya varan rotor devirleriyle, 150-350 m/dak üretim hızlarına ulaşabilmektedir [23]. Rotor iplik eğirmeciliğin ana prensibi, beslenen lif bandını (şerit), tek tek lif haline gelecek şekilde açtıktan sonra lifleri tekrar toplayıp ucu açık olan ipliğe tutturup büküm vermektir [24].



Şekil 2.3 Open end eğirme prensibi [22]

Şekil 2.4’de rotor iplik eğirme makinasında iplik oluşumu ile ilgili elemanlar görülmektedir. Şekilden de görüleceği üzere, lif bandı bir besleme silindiri vasıtası ile makine içine doğru çekilir. Besleme silindirinden sonra hızla dönen bir açıcı silindir vardır. Açıcı silindir önüne gelen lifleri taramak yoluyla üzerine alır. Daha sonra bu lifler silindirin dönüşü ile içinden hava emilmekte olan besleme kanalının önünden geçerlerken bu hava akımına kapılırlar ve kanal içine girerler. Besleme kanalı uç kısmı gittikçe daralan formda olduğundan hava akım hızı burada en fazla olmaktadır. Dolayısı ile hava akımının yarattığı çekim nedeniyle lifler birbirinden ayrılarak tek tek lif haline gelirler.



Şekil 2.4 OE rotor iplik makinasında iplik oluşumu [25]

Ayrışan bu lifler kanalın bitiminde rotor adı verilen büküm elemanına ulaşırlar. Lifler rotora geldiklerinde yüksek hız nedeniyle oluşan merkezkaç kuvvetinin etkisi ile rotor iç kenarı boyunca açılmış bulunan yivde bir bilezik halinde toplanırlar. Bilezik formunu alan bu lifleri almak ve iplik oluşumunu başlatmak için tohum ipliği de çıkış borusundan rotor yüzeyine sarkıtılır. Sarkıtılan ipliğin açık olan ucu da rotor yivine doğru yönelir ve lif bileziği ile bir bağlantı kurar. Bağlantı meydana gelir gelmez beslenen iplik bu defa geriye doğru çekilerek iplik oluşu başlatılır [22].









### 2.2.1 Open End Rotor İplik Makinasında Temel Eğirme Elemanları

Rotor iplikçiliğinde eğirme kutusunun ve eğirme elemanlarının dizaynı iplik kalitesi ve çalışma randımanı üzerine etkileri bulunmaktadır. Open-end rotor iplikçiliğinde, iplik özelliklerine etkisi bakımından üç önemli eğirme elemanı bulunmaktadır. Bunlar açıcı silindir, rotor ve düze'dir [26].

• **Açıcı Silindir**

Açma silindirinin fonksiyonu, şerit formundaki elyaf kitlesini tek lif formuna açmak ve besleme kanalına ileterek rotora ulaşmasını sağlamaktır.

Çizelge 2.1 Çeşitli açıcı silindir diş yapıları ile ilgili teknik veriler [28]

Diş tipi ve formu	Lifler	Hız sınırı (dev/dak)	Özellikler
B 174 	Pamuk Viskoz Pamuk/viskoz	7.000-8.000 7.000-8.500 7.000-8.500	-pamuk için önerilir -viskoz için uygundur -lif tutamının tamamen açılması -iyi derecede lif ayrımı -düşük diş aşınması
B 174-4,8 	Pamuk Viskoz Pamuk/viskoz	7.800-8.600 8.000-9.000 8.000-9.000	-pamuk için önerilir -viskoz için uygundur -lif tutamının tamamen açılması -iyi derecede lif ayrımı -düşük diş aşınma
B 187 	Pamuk Viskoz Pamuk/viskoz	7.000-8.000 7.000-8.500 7.000-8.500	-lif tutamının tamamen açılması -20 tex (Nm 50, Ne 30) 'ten ince iplikler için tercih edilir
B 20 	Pamuk	7.000-8.000	-pamuk için önerilir -lif tutamının tamamen açılması -düşük diş aşınması
S 21 	PES, PAC, PA, Viskoz  Pamuk/yapay Lifler  Pamuk	7.500-9.000  7.500-9.000  7.500-8.500	-yapay lifler için uygundur -pamuk ve keten ile sentetik lif karışımları için uygundur -orta uzunlukta lif boyu, düşük oranda yabancı madde içeren saf pamuk için uygundur
S 22 	Viskoz	7.500-8.500	-Viskoz lifleri için tercih edilir
S 25 	Yapay lifler / Pamuk (sınırlı kullanım)	7.500-8.500	-yumuşak bir açılma -besleme kanalına lif geçişinde hassasiyet -açıcı silindir etrafına sarılma eğiliminin ortadan kalkması
S 43 	PES, PAC, PA, Viskoz	8.000-9.000	-PES için uygun - hassas açılma -dişler üzerinde lif birikmesi olmadan açılım

Besleme silindiri vasıtasıyla açma silindirine iletilen şerit formundaki elyaf kitlesi, besleme silindirine göre daha yüksek hızda dönen açma silindirinin garnitür telleri tarafından besleme silindirinden alınır. Açılma işlemi, elyaf kitlesinin bu yer değişimi sırasında silindirler arasındaki hız farkından dolayı gerçekleşir. Lifler arası mesafe oldukça açıldığından elyaf kitlesi içerisindeki toz, çer-çöp vs. yabancı maddeler bu aşamada dökülerek açma işleminin yanında eğirme performansını direkt olarak etkileyen temizleme işlemi de gerçekleşmiş olur. Yabancı maddelerin uzaklaştırılması, iplik kalitesi ve makine randımanı için çok önemlidir [24, 27]. Açıcı silindirine ait teknik veriler Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

#### • Rotorlar

Rotor örneği Resim 2.4’de verilmiştir. Rotor çapının seçimi hammaddenin durumuna ve iplik numarasına göre yapılmalıdır. Rotor çapını belirleyen en önemli faktör lifin uzunluğudur. Lif uzunluğunun mutlaka rotor çapından düşük olması gerekmektedir. İplik numarası kalınlaştıkça, rotor çapı artar. Rotor çapı azaldıkça yabancı maddelerin olumsuz etkileri de artmaktadır. Bu durum da kopuş artışına etken olmaktadır [29].

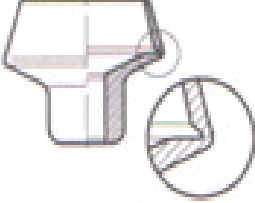
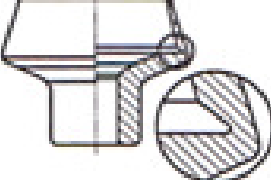

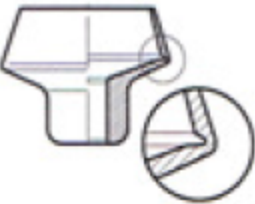




Resim 2.4 Rotor [30]

Rotor iplikçiliğinde en fazla kullanılan hammaddeler pamuk, geri kazanılmış pamuk telef lifleri, uzunluğu 60 mm’ye kadar olan viskoz, poliester, akrilik, poliamid, polipropilen gibi yapay liflerle, pamuk/yapay veya yapay/yapay lif karışımlarıdır. Özellikle poliester/pamuk ve akrilik/pamuk karışımları son yıllarda büyük bir gelişme ve artış kaydetmişlerdir [31].

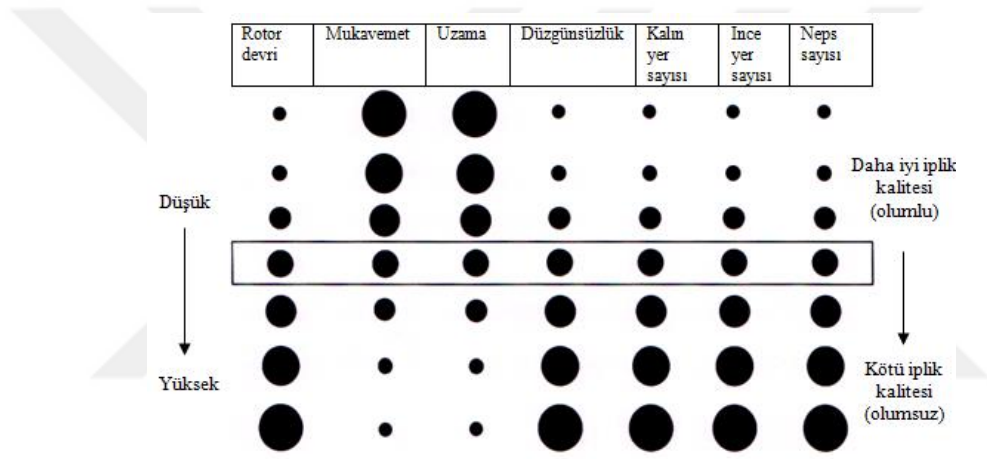
OE-Rotor iplik eğirme sisteminde rotor temel eğirme elemanı olup, ipliğin eğrilerek oluştuğu kısımdır. Çizelge 2.2’de bazı rotor tipleri ve kullanım özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.2 Bazı rotor tipleri ve kullanım özellikleri [27-28, 32]

Rotor tipi	Kullanım alanları
<p><b>T tipi</b></p> 	<p>Sivri kanallı ve tabana dayanmalı rotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• İpliğin yapısı ve hacmi ring ipliğine benzer.</li> <li>• Dokuma ve örme iplikler için uygun</li> <li>• Yüksek orandaki boncuklanma yatkınlığı nedeniyle, çile boyama yöntemiyle indigo çözgü boyamaya elverişli değil</li> <li>• Yüksek oranda telef içerikli lif materyali için elverişli değil.</li> </ul>
<p><b>K tipi</b></p> 	<p>Kısa T-Kanallı rotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kullanım alanı için T-Rotor'a bakınız</li> <li>• Düz iplikler için uygun</li> <li>• Moire hatası az görülür</li> <li>• Sadece temiz elyaf materyalleri için. Rotor, kirlenmelere (çepel ve telefe) karşı aşırı derecede hassas</li> </ul>
<p><b>U tipi</b></p> 	<p>Geniş kanallı rotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Denim iplikleri için özel rotor, çite boyama yöntemiyle İndigo çözgü boyamaya elverişli.</li> <li>• Rotor kanalının yerel kirlenmeleri nedeniyle, yüksek oranda çepel içeriğinde muare oluşum tehlikesi.</li> <li>• İplik mukavemeti T-Rotoru'ndan daha az</li> </ul>
<p><b>G tipi</b></p> 	<p>Dar kanallı rotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daha hacimli bir iplik üretir.</li> <li>• Sentetik elyaflar için</li> <li>• Yüksek oranda telef içerikli elyaf için elverişli değil.</li> <li>• Özellikle küçük rotorlarda olmak üzere, ince (mikro) toz içerikli elyaf materyalinde moire oluşum tehlikesi söz konusudur.</li> </ul>
<p><b>S tipi</b></p> 	<p>Kanalsız, keskin köşeli rotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yabancı madde miktarı yüksek olan pamuklar ve keten için uygundur.</li> <li>• İplik hacimliliği fazla</li> <li>• Şardonlanmaya yatkın iplikler için elverişli.</li> </ul>
<p><b>V tipi</b></p> 	<p>V-Kanallı rotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Özellikle % 100 Poliakrilik'ten, elyafın alan kaymasına karşı dayanıklı iplikler için</li> <li>• Sentetik lifler için uygundur</li> <li>• Fevkalade iyi iplik düzgünlüğü.</li> <li>• İplik mukavemeti T-Rotorunki'nden daha az.</li> </ul>

İplik kalitesi, iplik karakteri, çalışma performansı, verimlilik, maliyet ve benzeri tüm parametreler tamamen rotora bağlıdır. Rotorla ilgili önemli parametreler; rotor formu, rotor yivinin geometrisi, rotor çapı, rotorun dönme hızı, rotorun yataklanması, rotor yivinin ve rotor duvarının pürüzlülüğü, rotor duvarının eğimi ve yüzey kalitesi, rotora lif besleme koşulları, rotor içerisindeki hava akımı koşulları ve kirlenmeye olan eğilimidir [27].

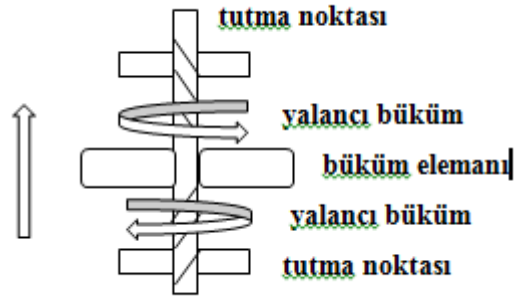
Şekil 2.5’de sabit rotor hızında rotor çapı değişiminin iplik kalite parametreleri üzerine etkisi verilmektedir. Rotor çapı arttıkça üretilen ipliğin mukavemeti ve kopma uzaması azalmakta, düzensizlik, ince yer, kalın yer ve neps artış göstermektedir. Rotor çapı sabit tutulup devri arttırıldığı zaman ise rotor hızının artışına bağlı olarak iplik mukavemeti ve kopma uzaması azalmakta, düzensizlik, ince yer, neps artmaktadır [22].



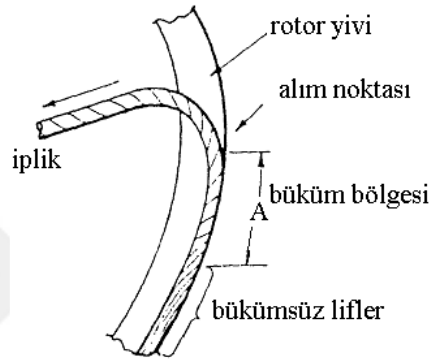
Şekil 2.5 Sabit rotor çapında rotor devrinin iplik kalite değerlerine etkisi [32, 35]

### • İplik Çıkış Düzesi

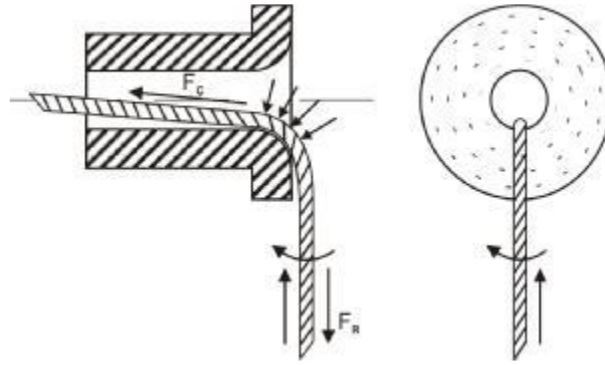
Rotor yivinde dönmekte olan açık iplik ucuna dahil olan lifler büküm olarak iplik haline geldikten sonra yaklaşık 90°'lik bir açı ile düzeye sürtünerek çıkış kanalını takip eder ve bobin halinde sarılır. İplik çıkış düzesinin iplik özelliklerine etkisi; ipliğin düzeden geçişi esnasında oluşan ‘yalancı büküm’ neticesinde olmaktadır. İpliğin ucu rotor tarafından sürekli döndürüldüğü için oluşan iplik bu düzenin üzerinde sürekli yuvarlanma kayma hareketi yapmaktadır. İplik yuvarlanması; liflerin açık iplik ucuna birleştiği nokta ile düze arasında yalancı büküm oluşmaktadır [32]. Rotordaki büküm alma bölgesi, yalancı bükümün oluşumu, düzede meydana gelen yuvarlanma hareketi ve rotor iplik makinesinde oluşan gerçek ve yalancı büküm sırası ile Şekil 2.6, 2.7, 2.8 ve 2.9’da gösterilmiştir.



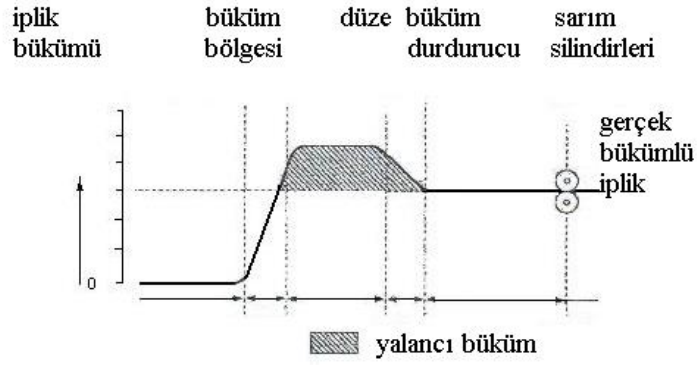
Şekil 2.6 Rotorda büküm alma bölgesi [22]



Şekil 2.7 Yalancı bükümün oluşumu [22]



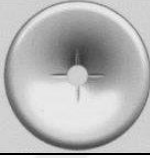

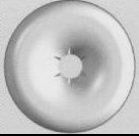


Şekil 2.8 Düzedeyuvarlanma hareketi [22]



Şekil 2.9 Rotor iplik makinesinde oluşan gerçek ve yalancı büküm [22]

Çizelge 2.3’de bazı düze çeşitleri ve kullanım yerleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 Bazı düze çeşitleri ve kullanım yerleri [26]

Düze tipi	Düze özellikleri	Kullanılan hammaddeler	Kullanım yeri
K4KK 	dört çentikli kısa seramik	pamuk, rejenere, viskon, poliestere/akrilik, poliestere/pamuk	örme ve dokuma
K4KS 	dört çentikli yivli ve seramik	pamuk,	örme
		poliestere/akrilik, poliestere/pamuk	Örme ve dokuma
K6KF 	altı çentikli düz seramik	pamuk, viskon, poliestere/akrilik, poliestere/pamuk	örme ve dokuma
K8KK 	sekiz çentikli kısa seramik	Pamuk	örme
		viskon, poliestere/akrilik	Örme ve dokuma
KSNX 	spiral, yivli ve seramik	pamuk	Örme ve dokuma



Yüzeyleri düz, çentikli veya kanallı olarak imal edilen çıkış düzeleri iplik üzerindeki kalıcı büküm seviyesini değiştirerek ipliğin yumuşaklık, tüylülük ve hacimliliği etkilemektedir. Düzeler genel olarak çelik ve seramik olmak üzere iki ayrı malzemenin yapılmaktadır. Seramik düzeler uzun ömürlü olmaları nedeniyle daha geniş kullanım alanı bulmakta olup, çelik düzeler ısı yayılım özelliklerinin daha iyi olması nedeniyle ihtiyaç duyulan yerlerde tercih edilmektedirler [25].

### 2.2.2 Open End İpliklerinin Kalitesini Etkileyen Faktörler

İplik kalitesi denildiğinde akla gelen ilk özellik ipliğin mukavemetidir. Bilindiği gibi rotor ipliklerinin mukavemeti ring ipliklerine göre bir miktar daha düşüktür ve bu dezavantajın giderilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Genel olarak rotor ipliklerinin kalitesine etki eden faktörler; hammadde özellikleri, hazırlık işlemleri ve eğirme stabilitesidir.

#### • Hammadde Özellikleri

Rotor iplikçiliğinde bazı parametreler göz önüne alındığında esasen 40 mm uzunluğa kadar lifler için yaygın olarak kullanılmaktadır. Lif özellikleri eğirme sonuçlarına farklı etkiler yapmaktadır. Bu konuda sayabileceğimiz önemli lif özellikleri; lif mukavemeti/kopma uzaması, lif inceliği, lif uzunluğu, yabancı madde içeriği, olgunluk, lifin kıvrımlılığı, lifin sertliği, ısıya karşı dayanımı, finish uygulaması ve sürtünme katsayısıdır.

Lif mukavemeti iplik mukavemetine etki yapan en önemli bir özelliktir. Günümüzde sağlanan yüksek üretim hızlarında dokuma ve örmede kopuşların yaratacağı kayıplar göz önüne alındığında iplik mukavemeti daha fazla önem kazanmaktadır [22].

Lif mukavemeti ve lif kopma uzaması fazla olan lifler, yüksek rotor devirlerinde meydana gelebilecek kuvvetlere (merkezkaç) karşı istenilen direnci gösterebilmekte, böylelikle iplik eğirme sırasında kopuşlarda da azalma görülmektedir. İplik mukavemeti ile lif kopma uzaması arasındaki ilişki, lif kopma uzamasındaki sapma varyasyonu ne kadar düşük olursa, iplik mukavemetinin de o derece yüksek olacağı görülmektedir. Aksi takdirde liflerin açılması esnasındaki lif kopmaları, iplik mukavemetini olumsuz etkileyecektir [32].

Lif inceliği eğirme stabilitesini ve iplik kalite değerlerini rotor iplikçiliğinde ring iplikçiliğinden daha fazla etkilemektedir. İnce numara iplik eğirmek için, ince liflerin kullanılması gerekmektedir. İnce lifler kullanıldığı takdirde, kesitteki lif sayısı artacağı için

iplik kalite değerleri (iplik mukavemeti, iplik düzgünlüğü vs.) olumlu yönde etkilenecektir. Open-end rotor iplik işletmelerinde genellikle aşağıdaki lif incelikleri kullanılmaktadır:

- Pamuk 1,2-2,2 dtex (3-5 Mic) (1 Mikroner = 0,39 dtex)
- Poliester 0,9-2,5 dtex
- Viskon 0,9-2,8 dtex
- Akrilik 0,6-3,3 dtex

İnce liflerle daha iyi sonuçları alınabilmesinin temel nedeni, rotor yivindeki eğirme noktasında ince liflerin burularak büküm alabilmesinin kolay olması ve hata meydana gelme olasılığının daha düşük olmasıdır. İplikte kopuş miktarı lif inceliğinden başka bir ifade ile kesitteki lif sayısından etkilenmektedir. Fakat normalin dışında çok ince lif kullanıldığı zaman, hazırlama esnasında tarakta nepsler oluşacak, bu da iplik kalitesini olumsuz yönde etkileyecektir. İplik kesitindeki lif sayısı arttığı takdirde, açık bükümlü iplikler üretilebilir ve dolayısıyla üretimin artması sağlanabilir. Ayrıca iplik daha hacimli olur [22, 32]

Lif olgunluk derecesi, kaliteli bir iplik üretimi ve sonraki bitim işlemleri için en az digger parametreler kadar önemlidir. Olgunlaşmamış liflerden eğrilen ipliklerin mukavemeti düşmekte, mukavemet varyasyonu, düzgünlüğü, iplik kopuşları, iplik üretimi ve dokuma prosesinde uçuntu ve hav birikimi artmaktadır. Ayrıca iplikte ve kumaşta boya almamış yerler, abraj, boya dalgalanması olma tehlikesi de söz konusudur. Olgunluk derecesi düşük olan lifler, eğirme esnasında neps olmaya meyilli olup, bu liflerin kısa lif oranı da yüksektir [32].

Lif uzunluğunu sınırlayan en önemli etken rotor çapıdır. Rotor çapına göre uzunluğu çok fazla olan lifler kullanılacak olursa liflerin üst üste binme derecesi artacağı için kopuşlar yükselmekte ve iplik değerleri bozulmaktadır. Çok kısa liflerin iplik mukavemetini azalttığı, %U değerini yükselttiği, kopuşları arttırdığı gözlenmiş olaylardır. 32-38 mm uzunluğunda ve 1,3 dtex inceliğindeki yapay lifler rotor iplikçiliğinde birçok uygulama için kullanılabilir standart lifler [22, 32].

Open-end rotor iplikçiliğinde pamuk harmanlarının içerisinde bulunan çepel döküntü, toz, kum ve yabancı maddeler, iplik üretiminde makine randımanına ve iplik kalitesine yüksek derecede negatif etki yapmaktadır. Rotorda eğirme süresi arttıkça ipliğin mukavemeti ve kopma uzaması azalmakta, düzgünlük, IPI hataları ve türlülük değeri artmaktadır. Bunun nedeni rotor içinde yabancı madde birikiminin artışı ve belli bir süre

sonunda iplik oluşumunun bozularak kopuncaya kadar devam etmesidir. Yani kirlenme derecesine bağlı olarak kopuşlar meydana gelmektedir. Bunun için lif hazırlama aşamasında liflerin paralel hale getirilme işlemleri kadar çepel, döküntü, toz, kum ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması işleminin de gerçekleştirilmesi gerekmektedir [22, 32].

İplik işletmelerinde kullanılan doğal, suni ve sentetik lifler, hazırlama ve eğirme işlemleri sırasında çeşitli darbelere maruz kalırlar. Liflerin, tüm eğirme proses aşamalarını mümkün olduğunca az hasarla geçirmeleri gerekmektedir. Bu da ancak liflerin içerisinde bulunan yardımcı maddelere bağlıdır. Kullanılan lif çeşitleri arasında, iplik hammaddesi için en uygun finish (avivaj) doğanın pamuk lifine vermiş olduğu pektindir. Finis, eğirme proseslerini olduğu kadar iplik kalitesini de çok etkilemektedir. Eğirme işlemlerinde lifler arası veya lif-metal arası sürtünmelerin, life en düşük oranda zarar vermesi istenmektedir. Lifler, tarak makinesinde tarama silindirindeki veya düze yüzeyindeki iplik sürtünmeleri nedeniyle yüksek ısılara maruz kalmaktadır. Ayrıca rotor hızlarının artması ile birlikte termik ve mekanik kuvvetlerde de artma olmuş ve liflerin maruz kaldıkları dolaylı ısınma artmıştır. Bu durum iplik kalitesini (mukavemet, staff değerinin artması vs.) ve makine randımanını olumsuz etkilemektedir [32].

#### • Uygulanan Hazırlık İşlemleri

Open-end rotor iplik eğirme makinasında iyi bir eğirme performansı ve kaliteli iplik elde edilmesinde makina ayarları ve hammadde özellikleri kadar hammaddeye uygulanan hazırlık işlemleri (harman hallaç, tarak ve cer makinasında yapılan işlemler) de büyük ölçüde etkilidir. Çünkü makina ayarları ne kadar iyi yapılırsa yapılsın, iyi hazırlanmamış bir şerit ile kaliteli iplik elde edilmesi mümkün değildir [33].

#### • Eğirme Stabilitesi

Rotor içindeki eğirme stabilitesi çepel, yabancı lif ya da lif kümeleşmeleri gibi rahatsız edici etkenlerin bir iplik kopuşuna neden olup olmayacağı hususunda çok belirleyici olan faktördür. Eğirme bölgesinde ortaya çıkan kopuşlarda esas neden bandın kalitesi ve özellikle çepel ayıklama noktasında uygun olmayan bir temizlemenin yapılması durumundaki kontrolsüz lif birikimidir.

Sorunsuz bir eğirme işlemi için rotor yivinde iplik oluşum noktasında bütün liflerin büküm alarak iplik ile bütünleşmesi gerekir. Rotor iplikçiliğinde eğirme stabilitesi esasen

dört farklı faktör tarafından etkilenmektedir. Bunlar; iplik enine kesitindeki lif adedi, rotor çevresi ve lif uzunluğu, rotor yivinde büküm alma bölgesinin uzunluğu, liflerin rotor duvarından rotor yivine geçiş hızı ve güvenliği şeklinde sayılabilir.

İplik enine kesitinde lif sayısı azaldıkça eğirme stabilitesi de bununla birlikte azalmaktadır. Yaklaşık 120 lifin altına düştüğünde iplik kopuşları artmaktadır.

Eğirme stabilitesi lif uzunluğu rotor çevresine göre çok uzun olduğu takdirde olumsuz etkilenir. Bu nedenle rotor çapının fazla azaltılması mümkün olmamaktadır.

Güvenli ve devamlı bir eğirme işlemi için bükümün liflerin rotordan ayrıştığı noktaya kadar gelmesi ve birkaç mm de içe doğru geçmesi gerekmektedir. Büküm alma bölgesinin uzaması ile iplik oluşumu sırasında ortaya çıkabilecek rahatsız edici faktörlerin etkisi o kadar azaltılmış olacaktır. Büküm alma bölgesinin uzunluğu 2-12mm arasında değişmektedir.

İplik eğirme hızı iplik kopuncaya kadar arttırılırsa bu anda belirlenen büküm katsayısı değerini vermektedir. Bu da eğirme stabilitesinin bir ölçüsü olarak nitelendirilebilir. Bu değer ne kadar düşük olursa eğirme stabilitesi o kadar iyi demektir.

İyi bir iplik eğirme stabilitesi için ipliğin rotorda oluşum bölgesinde mümkün olduğunca yüksek bir büküm miktarı olmasında yarar vardır. Bu şekilde rotor yivi içinde büküm ilerleme olanağı artmaktadır ve burada birikmiş olan liflerin daha güvenilir bir şekilde büküm alarak ipliğe dönüşmesi sağlanmaktadır [22].

İplik kalitesi denildiğinde akla gelen ilk özellik ipliğin mukavemetidir. Bilindiği gibi rotor ipliklerinin mukavemeti ring ipliklerine göre bir miktar daha düşüktür ve bu dezavantajın giderilmesi için çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Genel olarak rotor ipliklerinin kalitesine etki eden faktörler; hammadde özellikleri, hazırlık işlemleri ve eğirme stabilitesidir.

### **2.3 Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite Özellikleri İle İlgili Yapılan Çalışmalar**

Tekstil atıklarından elde edilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili literatürde çok sayıda gerçekleştirilmiş çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda daha çok pamuk içeren tekstil atıklarının geri dönüşümünün yapıldığı görülmektedir. Çalışmanın kapsamı içindeki akrilik atıklarının geri dönüşümü ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Şimdiye kadar yapılan open end iplik kalite özellikleri ile ilgili yapılan bu önceki çalışmalar sınıflandırılarak aşağıda verildiği gibi özetlenmiştir.

### **2.3.1 Pamuk İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite zellikleri İle İlgili Yapılan alışmalar**

Pamuk içeren tekstil atıklarından elde edilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde atık malzemesi olarak iplik makinalarının çeşitli kısımlarından toplanan büküm almamış lif atıkları ile büküm almış iplik atıklarının ve kumaş üretim ve konfeksiyon işletmelerinden gelen kumaş atıklarının ele alındığı görülmektedir. Pamuk içeren tekstil atıklarından elde edilen iplikler ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda atık malzemesinin pamuk ve poliester gibi orijinal lifler ile karışım halinde kullanıldığı görülmektedir. Atık malzemesinin iplik üretiminde %100 olarak kullanıldığı sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

#### **2.3.1.1 İplik Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite zellikleri**

Geri dönüştürülmüş pamuk liflerin %100 kullanılması ile open end iplik üretildiğinde elde edilen ipliğin kalitesi düşük olmaktadır. Atık malzemesinin %100 olarak kullanılması ile iplik üretildiğinde hammadde olarak daha çok ırır, açma, temizleme ve tarak makine atıkları, penye atıkları, pnömatik atıklar gibi iplik üretiminde büküm oluşumuna kadar olan makinalardan toplanan büküm almamış lif halinde bulunan pamuk atıklarının kullanıldığı görülmektedir. İplik makinasının çeşitli bölümlerinden gelen bu atıklara mekanik açma işlemi uygulanmadığı veya daha düşük derecelerde uygulandığı için ve homojen lif tipine sahip oldukları için atıkların kalitesi de nispeten daha yüksek olmaktadır.

El Nouby ve Kamel (2007) [34] çalışmasında geri dönüştürülmüş atık ile iplik üretim işlemlerinden toplanmış tekrar kullanılabilir nitelikteki sadece pamuk atıklarından farklı karışım oranlarında, üç farklı iplik numarasında (Ne 12, Ne 14 ve Ne 16) ve üç farklı büküm katsayısı değerinde (4, 4,5 ve 5) elde ettikleri open end ipliklerin mukavemet ve kopma uzaması değerlerini %100 pamuk atıklarından elde edilen benzer ipliklerin mukavemet ve kopma uzama değerleri ile karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Geri dönüştürülmüş atık ve pamuk atıkları %50/50 oranında harman hallaç, tarak ve cer olmak üzere üç farklı yerde karıştırılarak iplik haline getirilmiştir. Ayrıca bu üç iplik çeşitine ilave olarak %90/10 oranında geri dönüşüm atık/pamuk atık kullanılarak iplik üretilmiş ve toplam farklı karışım oranlarında ve farklı karışım yerlerinde olmak üzere dört farklı geri dönüşüm iplikler elde edilmiştir. Geri dönüşüm atık oranı arttığa ve karışım yapılan işlem sayısı arttığa, iplik mukavemeti azalma göstermiştir. İplik numarasının iplik mukavemeti üzerinde önemli

derecede etkili olduğu ve iplik numarası arttıkça iplik mukavemetinin azaldığı belirtilmiştir. Büküm katsayısı ve geri dönüşüm atık miktarı arttıkça ipliklerin kopma uzaması değerleri azalma göstermiştir.

El Nouby (2007) [35] bir sonraki çalışmasında aynı hammadde ile aynı karışım oranlarında, büküm ve iplik numaralarında ürettikleri open end ipliklerin tüylülük özelliklerini incelemiştir. İplik numarası arttıkça tüylülük azalma göstermiş, geri dönüşüm atık miktarı arttıkça tüylülük artış göstermiştir. Pamuk atıklarından elde edilen iplikler düşük tüylülük değerleri göstermiştir. Geri dönüşüm atık içeren ipliklerde büküm katsayısı arttıkça tüylülük artarken, pamuk atıklarından elde edilen ipliklerde büküm katsayısı arttıkça tüylülük azalmıştır. Karışımında kullanılan mekanik işlemlerin arttıkça tüylülük artış göstermiştir.

Kaplan ve Göktepe (2006) [36] yapı, malzeme, çentik sayısı, yiv yerleşimi, seramik kısmın uzunluğu gibi özellikler bakımından farklılık gösteren navellerin (düze) %100 pamuk atıklarından üretilen open end ipliklerin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Atık malzemesi olarak %40 penye makinasından, %30 tarak makinasından, %20 harman hallaç dairesinden ve %10 hava emişi ile elde edilen atıklar kullanılmıştır. İplikler Ne 12 numarada üretilmiştir. En iyi düzgünsüzlük ve iplik hata değerleri düz çelik (SGF) navel tipi kullanılarak elde edilmiştir. Spiral seramik (KS) navel düz çelik (SGF) navelden tüylülük, mukavemet ve uzama bakımından daha iyi performans göstermiştir.

Pamuk atıklarının %100 oranında kullanılması zayıf ve düşük kalitede iplik oluşumuna neden olmaktadır. Bu nedenle, pamuk atıkları içeren ipliklerin kalitesini artırmak için, tekstil atıkları yaygın olarak pamuk ve poliester gibi orijinal lifler ile karıştırılmaktadır. Bu şekilde, kısa lifler orijinal lifler tarafından taşınmakta ve tekstil atığı içeren ipliğin kalitesi iyileştirilmiş olmaktadır.

Halimi, Hassen, Azzouz ve Sakli (2007) [37] açma, temizleme ve tarak gibi iplik makinalarının çeşitli kısımlarından toplanan pamuk atıkları ve orijinal pamuk lifi karışımlarından farklı eğirme parametrelerinde open end iplikler üretmişler ve karışım oranı ile eğirme parametrelerinin toplam kalite indeksi (TQI) üzerindeki etkilerini incelemiştir. Atık malzemesinin iplik içindeki oranını %0 değerinden %100 değerine kadar %12,5 artırarak sekiz farklı seviyede belirlemiştir. Eğirme parametreleri olarak rotor tipi (U40, T40, U46 ve T46), açıcı silindir hızı (7000, 7500, 8200 ve 8800 dev/dak), rotor hızı (40000, 52500, 57500 ve 60000 dev/dak), büküm faktörü ( $\alpha_m=130$ ,  $\alpha_m=140$ ,  $\alpha_m=150$  ve  $\alpha_m=160$ ) ve

iplik numarası (50 tex, 66,67 tex, 83,33 tex ve 100 tex) parametrelerini ve değerlerini göz önüne almışlardır. Deneysel sonuçlardan, iplikteki atık oranı ile rotor parametrelerinin iplik kalite indeksi üzerinde en etkili faktörler olduğu gösterilmiştir. İplikte bulunan pamuk atık oranı arttıkça, kısa lif oranı artacağı ve pamuk olgunluk değerleri düşeceği için ipliğin mekanik özelliklerinde ve düzgünsüzlük değerlerinde kötüleşme meydana geleceği ve bunun sonucunda iplik kalite indeksinin azalacağı belirtilmiştir. Rotor hızındaki artış da toplam kalite indeks değerini azaltmıştır. Çap, şekil ve hız olarak rotor parametrelerinin toplam etkisinin atık oranından daha etkili olduğu belirtilmiştir. Büküm katsayısındaki artış ve tex olarak iplik numarasındaki artış yani ipliğin kalınlaşması kalite indeks değerinde iyileşme sağlamıştır. Açıcı silindir hızındaki artış kalite indeks değerlerini artırmış, fakat açıcı silindirin diğer incelenen parametrelerden daha az derecede etkili olduğu belirtilmiştir. T40 yerine U46 rotor tipi kullanmak kalite indeks değerini artırmıştır.

Halimi, Azzouz, Hassen ve Faouzi (2009) [38] bir önceki çalışmasında kullandığı open end iplikleri ele almış ve önceki çalışmasında incelediği karışım oranların ve eğirme parametrelerinin open end ipliklerin düzgünsüzlük, IPI hataları ve tüylülük değerleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İplikte kullanılan pamuk atık oranı, iplik numarası ve rotor tipinin iplik düzgünsüzlük ve tüylülük değerlerini daha fazla etkilediği belirtilmiştir. %25 atık pamuk kullanmanın ipliğin görünümünü ve düzgünsüzlüğünü pek fazla etkilemediği belirtilmiştir. İplik numarası arttıkça yani iplik kalınlaştıkça tüylülük azalmış ve hata sayısı artmıştır. U40 ve U46 rotor tipleri yerine T40 ve T46 rotor tiplerini kullanmak düzgünsüzlük ve hata sayılarının azalmasını sağlamıştır.

Hasani, Semnani ve Tabatabaei (2010) [39] çırçır makinalarından toplanan pamuk atıklarını orijinal pamuk lifleri ile %65/35, %50/50 ve %35/65 olmak üzere üç farklı karışım halinde kullanarak farklı eğirme parametrelerinin open end iplikler üzerindeki etkilerini Taguchi yöntemi kullanarak incelemişlerdir. Eğirme parametreleri olarak rotor hızı (41000, 48000 ve 53000 dev/dak), rotor çapı (48, 54 ve 66 mm), açıcı silindir hızı (7350, 8400 ve 9700 dev/dak), navel tipi (8 çentikli, 4 çentikli ve çentiksiz), ayırıcı açısı (15°, 45° ve 60°) ve iplik numarası (Ne 12, Ne 16 ve Ne 20) göz önüne alınmıştır. İplikte kullanılan atık miktarı arttıkça toplam kalite indeksi azalma göstermiştir. İplik numarası Ne 16 olan iplikler en yüksek toplam kalite indeksi değerleri göstermiştir. En yüksek iplik kalitesine 8 çentikli navel ve en küçük rotor çapı (48 mm) kullanıldığında ulaşılmıştır. Yüksek rotor hızları iplik düzgünsüzlüğünü artırmış, iplik mukavemetini ve kopma uzamasını azaltmıştır. Açıcı

silindir hızının hammadde içeriğine göre belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Yüksek atık miktarı kullanılarak üretilen iplikte optimum açıcı silindir hızının 8400 dev/dak, daha düşük atık miktarı içeren ipliklerde açıcı silindir hızının 9700 dev/dak olması gerektiği belirtilmiştir. Ayırıcı açısının etkisi incelendiğinde, en yüksek toplam kalite indeksinin en düşük ayırıcı açısı (15°) kullanıldığında elde edilebileceği belirtilmiştir.

Hasani ve Tabatabaei (2011) [40] çalışmanın devamı niteliğindeki bir sonraki çalışmasında yine bir önceki çalışmasındaki çırçır makinasından topladığı pamuk atıklarını orjinal pamuk lifleri ile yine %65/35, %50/50 ve %35/65 karışım oranlarında karıştırmış ve bir önceki çalışmasında kullandığı eğirme parametrelerinin iplik tüylülüğü üzerindeki etkilerini incelemiştir. Daha sonra, çırçır işlemi atıklarından elde edilen pamuk ipliğini en düşük tüylülük değerinde elde etmek için, bu bahsedilen rotor iplik eğirme parametrelerini optimize etmiştir. Hammaddenin iplik tüylülüğü üzerinde önemli derecede etkisi olduğu belirtilmiştir. Daha düşük atık miktarı kullanılarak üretilen iplikler daha az derecede tüylülük değerleri göstermiştir. İplik tüylülüğü rotor çapı ve rotor hızı arttıkça artış göstermiştir. En düşük tüylülük değerleri çentiksiz navel kullanıldığında, maksimum tüylülük değerlerine 4 çentikli navel kullanıldığında elde edilmiştir. Açıcı hızının iplik tüylülüğü üzerinde çok az derecede etkisi olduğu belirtilmiştir.

Khan ve Rahman (2015) [41] %100 geri dönüşüm iplik atıkları kullanarak açıcı silindir hızının (8500, 9000 ve 9500 dev/dak), rotor hızının (75000, 80000 ve 85000 dev/dak) ve pnömofil atık yüzdesinin (%0 ve %15) open end iplik kalitesi üzerindeki etkilerini yanıt yüzey yöntemi yardımı ile incelemiştir. İplik atıkları olarak ring iplik üretim tesislerinden elde edilen %65 oranında düz tarak şeridi atıkları, %0 ile %15 oranlarında penye atıkları, %20 oranında filtre atıkları ve %0 ile %15 oranında pnömofil iplik atıkları kullanılmıştır. İplikler Ne 16 numarada üretilmiştir. En iyi mukavemet ve uzama değerleri 85000 dev/dak rotor hızı ve 8500 dev/dak açıcı silindir hızı değerlerinde elde edilmiştir. İplik kopuşları artan rotor hızı ve açıcı hızı ile artış göstermiştir. Penye atıkları yerine %15 oranında pnömofil atıklarının karışım olarak kullanımı iplik kalitesini %5-25 oranında iyileştirmiştir.

Khan, Hossain ve Sarker (2015) [42] bir sonraki çalışmalarında karışım oranı (67/33 ve 83/17 atık/orijinal pamuk), karışım yöntemi (harman hallaç dairesi ve cer makinasında karışım), tarak makinası silindir hızı (800 ve 850 dev/dak) ve rotor hızının (80000 ve 85000 dev/dak) orijinal pamuk ve atık karışımı open end ipliklerin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini Taguchi yöntemi kullanarak incelemiştir. İplikler Ne 16 numarada üretilmiştir.



Deneysel sonuçlardan, yüksek iplik kalitesi elde edilmesinde karışım oranı ve rotor hızının etkili faktörler olduğu belirtilmiştir. Yüksek rotor hızları düzgünsüzlük, iplik hataları ve mukavemet değerlerinde önemli derecede kötüleşmeye neden olmuştur. Yüksek atık miktarı ile iplik üretiminde, harman hallaç dairesi yerine cer makinasında yapılan karışımın her ne kadar iplik mukavemetinde kötüleşmeye neden olsa da, iplik hatalarını, düzgünsüzlüğü ve uzama değerlerini azaltması bakımından daha iyi olduğu belirtilmiştir. Yüksek silindir hızı cerde yapılan karışımında ve yüksek miktarlarda atık kullanıldığında tavsiye edilmiştir.

Khan, Sarker ve Rahman (2015) [43] temizleme derecesinin (0,3, 0,4 ve 0,5), tarak silindir hızının (800, 825 ve 850 dev/dak) ve açıcı silindir hızının (8000, 8500 ve 9000 dev/dak) %100 geri dönüşüm iplik atıklarından elde edilen open end ipliklerin IPI hataları ve mukavemet özellikleri üzerindeki etkilerini Box ve Behnken deney tasarım yöntemi ile incelemiştir. İplikleri Ne 10 numarada üretmişlerdir. Temizleme derecesi olarak Uniclean makinasındaki vurucu silindiri ayarlarını değiştirmişlerdir. Tarak silindir hızı artıca kalın yer ve neps hataları azalmıştır. Düşük temizleme derecesinde, açıcı silindir hızını artırmak kalın yer hatalarında iyileşme sağlamıştır. Buna karşın, yüksek temizleme derecesinde, açıcı silindir hızını artırmak kalın yer hatalarında artışa neden olmuştur. Düşük temizleme derecesinde ve açıcı silindir hızında daha iyi iplik mukavemet sonuçları elde edilmiştir.

Yılmaz, Yelkovan ve Tirak (2017) [44] iplik üretiminin çeşitli aşamalarından toplanan üç farklı tipteki iplik atıklarının (harman hallaç dairesi atıkları, tarak şerit atıkları ve pnömofil atıklar) orijinal pamuk lifleri ile %0-40 arasında değişen farklı karışım oranlarında karıştırılması ile elde edilen open end ve ring ipliklerin kalite özelliklerini incelemiştir. İplikler Ne 16 numarada üretilmiştir. Deneysel sonuçlardan, hem ring ve hem de open end iplik eğirme sistemlerinde atık türü ve karışım oranının iplik kalite özellikleri üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir. İplikteki atık miktarı artıca iplik kalitesi azalmıştır. Pnömofil atık içeren ipliklerin kalite özelliklerinin diğer atık tiplerinden üretilen ipliklerin kalite özelliklerinden daha iyi olduğu ve hatta orijinal pamuk ipliklerine yakın kalite özelliklerinde olduğu belirtilmiştir. Harman hallaç atıklarından elde edilen ipliklerin kalite özellikleri ise en düşük iplik kalite özellikleri göstermiştir. Open end iplik eğirme sistemi ile karşılaştırıldığında, ring iplik eğirme sisteminde atık malzemesinin tipi ve karışım oranı iplik kalite değerlerinde daha fazla farklara neden olmuştur.

Wanassi, Azzouz ve Hassen (2015) [45] öncelikle iplik atıklarını mekanik olarak geri dönüştürmüş ve geri dönüşüm sırasında uyguladıkları pasaj sayısının geri dönüşüm liflerinin

özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İplik atıkları olarak sarım makinasından alınan hatalı iplikleri kullanmışlardır. En iyi lif kalitesi 7. pasajdan sonra elde edilmiştir. Geri dönüşüm sonucu elde ettikleri en yüksek kalitedeki geri dönüşüm liflerini daha sonra %100 oranında kullanarak farklı rotor hızları (6500, 7000 ve 8000 dev/dak), farklı açıcı silindir hızları (7700, 8200 ve 8700 dev/dak) ve farklı büküm faktörü  $\alpha_m$  (137, 165 ve 183) değerlerinde open end iplikler üretmişler ve iplik parametrelerinin ürettikleri ipliklerin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Rotor hızı ve açıcı silindir hızındaki artış iplik mukavemetinde ve kopma uzamasında azalmaya, iplik düzgünsüzlüğü ve tüylülükte artışa neden olmuştur. Büküm katsayısının ise iplik kalitesi üzerinde etkisi bulunamamıştır.

Wanassi, Azzouz ve Hassen (2016) [46] boyanmış iplik atıklarını kesme uzunluğu (5 cm ve 10 cm) ve pasaj sayısı (1, 2, 3 ve 4) parametrelerini göz önüne alarak geri dönüştürmüştür. Daha sonra en yüksek kalitedeki geri dönüşüm liflerini seçerek, bu liflerin %100 olarak kullanılması ve %50/50 oranında orijinal pamuk lifleri ile karıştırılması ile üç farklı numarada (Ne 10, Ne 15 ve Ne 20) ürettikleri open end ipliklerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. %100 orijinal pamuk lifleri ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm lif içeren iplik benzer kalite özellikleri göstermiştir. Geri dönüşüm ipliğin daha düşük maliyet ile üretildiği göz önüne bulundurulduğunda, ipliğin değerinin %33,5 oranında değer kazandığı belirtilmiştir.

Çoğunluğu pamuk olan lif şeklindeki ve iplik parçası şeklindeki iplik atıkları ve kumaş kırıntıları gibi tekstil atıklarının açılması ile elde edilen geri dönüştürülmüş lifler orijinal pamuk lifleri ile karıştırılarak iplik üretiminde kullanılabildiği gibi, yüksek mukavemet değerine sahip poliester gibi lifler ile de yaygın olarak karıştırılabilmektedir. Poliester gibi lifler daha yüksek mukavemet değerlerine sahip olduğu için, bu lifler ile karıştırılmış geri dönüştürülmüş liflerden elde edilen ipliğin mukavemetini de yükseltmiş olacaktır. Ayrıca, bu şekilde yeterli kalitede iplik üretiminde, geri dönüştürülmüş lifler daha yüksek oranlarda kullanılabilmektedir. Geri dönüştürülmüş lif ve poliester karışımlarından oluşan open end iplik eğirme sistemi ile üretilen ipliklerin özellikleri ile ilgili çalışmalar da mevcuttur.

Duru ve Babaarslan (2003) [47] yaptıkları çalışmada open end iplik eğirme sisteminde kullanılan açıcı silindir hızının (6000 ila 9000 dev/dak arasında) %60/40 oranında poliester ve tekstil atıkları karışımından üretilen ipliklerin kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tekstil atıkları olarak penye atığı, geri dönüşüm lif, tarak atıkları vs. gibi çoğunluğu iplik üretim işlemleri sırasında ortaya çıkan iplik atıkları kullanılmıştır. Deneysel

sonuçlardan, açıcı silindiri hızındaki artışın iplik mukavemet değerlerini negatif yönde, düzgünsüzlük ve tüylülük değerlerini pozitif yönde etkilediği belirtilmiştir. 7000 dev/dak açıcı hızının iplik mukavemeti ve iplik hataları açısından en uygun hız olduğu gösterilmiştir.

Telli ve Babaarslan (2017) [48] pamuk lifi (CO), iplik sırasında oluşan atıklardan elde edilen geri dönüşüm pamuk (r-CO) ve PET şişe atıklarından elde edilen geri dönüşüm poliester lifi (r-PET) kullanarak 15 farklı karışım oranlarında open end iplikler üretmişler ve bu üretilen ipliklerin kalite özelliklerini karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Üretilen iplik numarası Ne 12 değerindedir. İplikte karışım oranı olarak %25 oranının katları kullanılmıştır. r-CO/r-PET karışımlı ipliklerde, r-PET miktarı arttıkça, iplik düzgünsüzlüğü, IPI hataları ve tüylülük değerleri azalmıştır. r-CO/r-PET karışımlı iplikler %100 CO iplikten daha fazla kopma uzaması değerleri göstermiştir. Beklenenin aksine, r-CO/r-PET karışımlı iplikler ile %100 CO ipliğın arasında mukavemet, IPI hataları ve tüylülük bakımından önemli farklar görülmemiştir. %50/50 CO/r-PET karışımından oluşan iplik en düşük düzgünsüzlük ve IPI hataları göstermiştir.

### **2.3.1.2 Kumaş Atıklarının Geri Dönüştürülmesi İle Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite Özellikleri**

Yüksekkaya, Celep, Doğan, Tercan ve Urhan (2016) [49] orijinal pamuk, geri dönüşüm pamuk, orijinal poliester ve geri dönüşüm poliester liflerinin %100 olarak ve bu liflerin %50/50 oranında birbirleri ile karışım halinde kullanılması ile ürettikleri open end ipliklerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. Geri dönüşüm pamuk lifleri pamuk içeren kumaş parçalarından elde edilmiştir. Tüm iplikler Ne 10 iplik numarasında üretilmiştir. Orijinal liflerden üretilen ipliklerin geri dönüşüm liflerden üretilen ipliklerden daha iyi kalite özellikleri gösterdiği belirtilmiştir. Geri dönüşüm poliester liflerinden üretilen iplikler geri dönüşüm pamuk liflerinden üretilen ipliklerden daha yüksek düzgünsüzlük, mukavemet ve uzama değerleri göstermiştir.

İchim ve Sava (2016) [50] geri dönüşüm ve orijinal pamuk liflerinin üç farklı karışım oranlarında (%20/80, %40/60 ve %60/40) kullanılması ile üç farklı iplik numarasında (37, 29,4 ve 25 tex) ürettikleri open end ipliklerin kalite özelliklerini incelemişlerdir. Geri dönüşüm lifleri giysi üretimi sırasında meydana gelen kumaş parçalarının geri dönüştürülmesi ile elde edilmiştir. Atık miktarı arttıkça iplik mukavemeti ile kopma uzaması azalma, iplik düzgünsüzlüğü ise artış göstermiştir.

### **2.3.2 Akrilik İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerin Kalite zellikleri İle İlgili Yapılan alışmalar**

Akrilik atıklarından elde edilen iplikler ile ilgili literatürde çok sınırlı çalışma bulunmaktadır. Pınarlık [51] yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında geri dönüşüm akrilik tekstil atıklarından yapılan open end ipliklerin kalite özelliklerini incelemiştir. Yarı kamgarn tarak bantlarının cer makinasında karışımı yapılarak, farklı atık oranları içeren bantlar elde edilmiş ve daha sonra üç farklı iplik numarasında (Ne 6, Ne 8 ve Ne 10) open end iplikler üretilmiştir. Çalışmada cer bantlarında kullanılan liflerin oranları %100 akrilik, %80/4/16 akrilik/poliester/geri dönüşüm lif, %40/12/48 akrilik/poliester/geri dönüşüm lif, %20/16/64 akrilik/poliester/geri dönüşüm lif ve %80/20 poliester/geri dönüşüm lif olacak şekilde seçilmiştir. İpliklerde atık miktarının artması ile iplik mukavemetini azalma göstermiştir.

### 3 MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada malzeme ve bazı eğirme parametrelerinin akrilik içeren tekstil atıklarından elde edilen open end ipliklerinin kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla, farklı tiplerde geri dönüşüm akrilik lifleri kullanılarak geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester lifleri ile farklı karışım oranlarında ve eğirme parametrelerinde open end iplikler üretilmiş ve kullanılan malzemenin ve eğirme parametrelerinin iplik kalitesi üzerindeki etkileri istatistiksel yöntemler yardımı ile incelenmiştir.

Bu bölümde, iplik üretiminde kullanılan lif tipleri ve liflere uygulanan testler, üretilen iplik tipleri, iplik üretiminde kullanılan makinalar, iplik kalite özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan test cihazları, yöntemler ve test standartları aşağıda verilmiştir.

#### 3.1 İplik Üretiminde Kullanılan Malzeme Tipleri

Bu çalışmada iplik üretiminde malzeme (lif ) olarak tops, iplik ve kumaş atıklarının geri dönüştürülmesi ile elde edilen üç farklı tipte geri dönüşüm akrilik lifleri, geri dönüşüm pamuk lifleri ve orijinal poliester lifleri kullanılmıştır.

Akrilik lif içeren tekstil ürünlerin üretimi sırasında yüksek miktarlarda tekstil atıkları meydana gelmekte ve bu tekstil atıklarının geri dönüştürülerek ekonomiye kazandırılması önem taşımaktadır. Lif, iplik ve kumaş üretim işletmeleri ile konfeksiyon işletmelerinden lif, iplik ve kumaş parçası gibi farklı şekillerde akrilik atıkları meydana gelebilmektedir. Akrilik atıkları atığın geldiği kaynağa, çeşidine, durumuna, rengine vs. gibi parametreler göz önüne alınarak sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırma atıklardan daha iyi yararlanmak için özellikle önem taşımaktadır. Renk sınıflandırması benzer renklerde ürün üretimi için yapılmaktadır. Renk sınıflandırması ile terbiye ve boya işlemlerine gerek kalmadan renkli iplikler elde edilmektedir. Geri dönüşüm sektöründe renk dışında akrilik atıkları oluşum şekline ve geldiği kaynağa göre tops atıkları, iplik atıkları ve kumaş atıkları olmak üzere üç kategoride sınıflandırılmaktadır.

Lif bandı şeklindeki topslar kamgarn ve yarı kamgarn iplik üreten işletmelerde kopartma veya kesme işlemleri ile iplik üretimine uygun hale getirilmektedir. Bu sırada lif şeklinde akrilik atıkları meydana gelebilmekte ve meydana gelen bu atıklar tops atıkları

olarak isimlendirilmektedir. Tops atıkları lif halinde olduğu için diğer iplik ve kumaş atıklarında olduğu gibi yoğun mekanik açma işlemi gerektirmemektedirler. Lif açma işlemi garnet makinalarında yapılmaktadır. Yoğun mekanik açma işlemlerine maruz kalmadıkları için daha az yıpranmaktadırlar. İçlerinde yün, pamuk, poliester vs. gibi farklı diğer lif cinsleri barındırmamakta veya daha az miktarlarda barındırmakta olup, temiz ve homojen lif cinsi dağılımına sahiptirler. Bu nedenle, en kaliteli ve orjinal akrilik ipliğine yakın özelliklerde iplik akrilik tops atıklarından elde edilmektedir.

Akrilik iplik atıkları akrilik iplik üretimi sırasında iplik büküm aldıktan sonra meydana gelen akrilik içeren büküm almış fitil ve iplik parçalarından oluşmaktadır.

Akrilik kumaş atıkları da dokuma ve örme kumaş üretimi ve konfeksiyon işlemleri sırasında meydana gelen kumaş parçaları şeklindeki atıklardan oluşmaktadır.

İplik atıkları ile kumaş atıklarının, geri dönüşüm iplik üretimi için mutlaka lif halinde açılması gerekmektedir. Açma işleminden önce, renklerine göre sınıflandırılan iplik ve kumaş atıkları daha öncede belirtildiği gibi kesim makinalarında kesilerek küçük parçalara ayrılmaktadır. Daha sonra garnet olarak adlandırılan üzerinde metallere teller olan tarak benzeri makinalarda açılarak lif haline getirilmektedir. Akrilik iplik atıkları kumaş atıkları gibi zorlu mekanik açma işlemleri gerektirmediği için, iplik atıklarından elde edilen akriliğin lif boyları akrilik kumaş atıklarından daha uzun olabilmektedir. Ayrıca akrilik iplik atıklarının geri dönüştürülmesi ile akrilik ağırlıklı, temiz ve iyi kalitede geri dönüşüm akrilik lifleri elde edilmektedir. Kumaş atıklarını lif şeklinde açmak iplik atıklarını açmaktan daha zor olduğu için, akrilik kumaş atıkları daha fazla mekanik açma işlemlerine maruz kalmaktadırlar. Açma işlemindeki mekanik işlemlerin şiddeti liflerin kırılmasına neden olmakta ve bunun sonucunda lif boylarında önemli ölçüde kısalma meydana gelmektedir. Ayrıca, bazen açma işlemi ile bazı küçük iplik ve kumaş parçaları tam olarak açılmamaktadır. Sonuç olarak, akrilik kumaş atıklarından geri dönüştürülmüş lifler, içlerinde barındırdıkları kısa lifler ve kısmen açılmış iplik veya kumaş parçaları nedeni ile farklı lif uzunluklarında olabilmektedir. Genellikle kumaş üretiminde akrilik lifleri farklı liflerle karışım halinde kullanılmaktadır. Akrilik kumaş atıkları geri dönüşüm işletmelerine çok farklı kaynaklardan gelebildiği için, içlerinde akrilik dışında çok farklı cinslerde lifler de barındırabilmektedir. Homojen lif cinsine sahip olmaması ve farklı uzunluklardaki lifler içermesi nedeni ile, kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik lifler daha düşük kalitedeki ipliklerin üretiminde kullanılmaktadır.

Yukarıda bahsedildiği gibi, geri dönüşüm akrilik lif tipi içerdiği lif cinsleri ve lif uzunlukları ile iplik kalitesini büyük ölçüde etkilediği ve bu konuda literatürde bizim bildiğimiz kadarı ile hiç bilgi olmadığı için, bu çalışmada tops, iplik ve kumaş atıklarının geri dönüştürülmesi elde edilen üç farklı tiplerdeki geri dönüşüm akrilik lifleri ele alınmıştır.

Bu çalışmada kullanılan geri dönüşüm pamuk lifleri iplik atıklarının geri dönüştürülmesi ile elde edilmiştir.

Orijinal poliester lifleri 1,3 dtex lif inceliğinde ve 38 mm lif uzunluğuna sahiptir.

Deney sonuçlarına ait grafik ve tablolarda, farklı tiplerdeki geri dönüşüm akrilik, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerini ve iplikleri ayırt etmek için kodlama kullanılmıştır. Kodlamada İngilizce isimlerin baş harfleri kullanılmıştır. Geri dönüşüm (Recycled) akrilik (Acrylic) için RA kısaltması, Geri dönüşüm (Recycled) pamuk (cotton) lifleri için RC harfleri ve orijinal poliester için P harfleri kullanılarak kısaltma yapılmıştır. Tops atıklarından elde edilen akrilik lifleri için RA-T, iplik atıklarından elde edilen akrilik lifleri için, RA-Y ve kumaş atıklarından elde edilen akrilik lifleri için RA-F kod isimleri kullanılmıştır.

### **3.2 Üretilen İplik Çeşitlerini İçeren Deney Planı**

Bu çalışmada öncelikle tops, iplik ve kumaş atıklarını içeren üç farklı geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 oranında ve bu liflerin geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester lifleri ile farklı oranlarda karışım halinde kullanılması ile iki farklı numarada (Nm 15 ve Nm 25), iki farklı büküm katsayısı ( $\alpha_m=130$  ve  $\alpha_m=200$ ) değerlerinde ve iki farklı navel tipi (düz ve çentikli) kullanılarak toplam 19 farklı çeşit iplik üretilmiştir.

Malzeme ve eğirme parametrelerinin değerleri geri dönüşüm ipliklerin üretildiği firmanın üretim parametrelerine uygun olacak şekilde seçilmiştir.

Üretilen iplik tipleri ile geri dönüşüm akrilik iplik kalite özelliklerine malzeme olarak geri dönüşüm akrilik lif tipinin etkisi ile geri dönüşüm akrilik lifinin, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester lifleri ile karışımının ve oranlarının etkisi araştırılmıştır. Yine aynı şekilde elde edilen iplikler ile geri dönüşüm akrilik iplik kalite özelliklerine eğirme parametreleri olarak iplik numarası, iplik büküm katsayısı ve navel tipinin etkileri incelenmiştir. Tüm üretilen iplik çeşitleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Üretilen iplik çeşitlerini içeren deney planı

No	Geri dönüşüm akrilik tipi	Geri dönüşüm akrilik oranı (%)	Geri dönüşüm pamuk oranı (%)	Orijinal poliester oranı (%)	İplik Numarası (Nm)	Büküm katsayısı ( $\alpha_m$ )	Navel tipi	Lif içeriği kodu		
1	Tops	100	-	-	15	130	Çentik	RA-T		
2	İplik	100	-	-				RA-Y		
3	İplik	50	50	-				RA-Y/RC		
4	İplik	50	-	50				RA-Y/P		
5	İplik	50	20	30				RA-Y/RC/P		
6	Kumaş	100	-	-				RA-F		
7	Kumaş	50	-	50				RA-F/P		
8	İplik	100	-	-				Düz	RA-Y	
9	Kumaş	100	-	-					RA-F	
10	Tops	100	-	-		200	Çentik	RA-T		
11	İplik	100	-	-				RA-Y		
12	İplik	50	50	-				RA-Y/RC		
13	İplik	50	-	50				RA-Y/P		
14	İplik	50	20	30				RA-Y/RC/P		
15	Kumaş	100	-	-				RA-F		
16	Kumaş	50	-	50				RA-F/P		
17	İplik	50	50	-				25	130	RA-Y/RC
18	İplik	50	-	50						RA-Y/P
19	İplik	50	20	30		RA-Y/RC/P				

Çizelge 3.1'den görüleceği üzere, çalışmada geri dönüşüm akrilik liflerinin iplik kalite özelliklerine olan etkisinin incelenmesi için, öncelikle tops atıklarından elde edilen RA-T, iplik atıklarından elde edilen RA-Y ve kumaş atıklarından elde edilen RA-F olmak üzere üç farklı geri dönüşüm akrilik lif tiplerinin %100 olarak kullanılması ile Nm 15 iplik numarasında ve iki farklı büküm katsayısında ( $\alpha_m=130$  ile  $\alpha_m=200$ ) iplikler üretilmiştir.

Geri dönüşüm akrilik iplik sektöründe, open end iplik eğirme sisteminde geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 olarak kullanımı ile Nm 15 numaradan daha ince iplik üretimi yapılmamaktadır. Geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 kullanılması ile genelde Nm 10-15 (Ne 6-9) arasındaki numaralarda iplik üretilmektedir. Bunun nedeni, akrilik liflerinin lif boylarının uzun ve lif inceliklerinin yüksek yani liflerin kalın olmasıdır. Bilindiği üzere open end iplik üretim sistemi pamuk gibi ince ve kısa liflerin eğilmesi için uygundur. Lif uzunluğunu ve lif inceliğini rotor çapı sınırlamaktadır. Lif boyu arttıkça rotor çapının artması gerekmektedir [22, 52].

Doğal bir lif olan orijinal pamuk liflerinin ortalama lif uzunluğu 25 ve 37 mm arasında değişirken [9], orijinal akrilik lifleri staple (kesikli) lif olarak 25 ve 150 mm arasında



kullanılmaktadır [53]. Pamuk liflerinin inceliği metrik numara cinsinden Nm 5000 ile 7000 (0,5-0,7 dtex) arasında [9], akrilik liflerinin lif incelikleri ise 1-7 dtex arasında değişmektedir [53]. Orijinal akrilik liflerinin lif uzunlukları orijinal pamuk liflerinden daha uzun olduğu için, iplik ve kumaş parçalarından oluşan tekstil atıklarının açılması sırasında her ne kadar mekanik işlemler liflere zarar verse de, geri dönüşüm akrilik liflerinin lif boyları pamuk lifine göre daha uzun kalmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada üç farklı akrilik lif tipinin %100 olarak kullanıldığı iplikler sadece Nm 15 kalın iplik numarasında üretilmiştir.

Geri dönüşüm sektöründe daha ince numaralarda iplik üretmek için geri dönüşüm akrilik lifleri belirli karışım oranlarında geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester lifleri ile karışım halinde kullanılmaktadır. Orijinal poliester lifleri aynı zamanda üretilen geri dönüşüm ipliğin iplik mukavemetinin artırılmasını da sağlamaktadır.

Bu çalışmada, ince numaralarda iplik üretmek, iplik mukavemetini artırmak, pamuk ve poliester liflerinin kendine özgü özelliklerinden yararlanmak için geri dönüşüm akrilik lifleri orijinal poliester ve geri dönüşüm pamuk lifleri ile de karışım halinde kullanılmıştır. Bilindiği gibi, her lif cinsinin kendine özgü kimyasal ve fiziksel özellikleri olduğu için, elde edilen ipliğin ve kumaşın özellikleri de farklılık göstermektedir. Bu şekilde pamuk lifinin kendine özgü avantajlı özelliklerinden yararlanılarak, hem ince iplik numaraları elde edebilmek hem de daha ucuz bir şekilde farklı performans özelliklerinde ipliklerin ve kumaşların elde edilmesi sağlanmış olacaktır. Ayrıca, özellikle ürün çeşitliliği az olan geri dönüşüm akrilik ipliklerin çeşitliliği de artırılmasına katkı sunulmuş olacaktır.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında ve Çizelge 3.1'den görüleceği üzere, iplik atıklarından elde edilen %50 oranındaki geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lifleri %50 oranında geri dönüşüm pamuk (RC) lifleri ile karıştırılarak %50/50 RA-Y/RC, %50 oranında orijinal poliester (P) lifleri ile karıştırılarak %50/50 RA-Y/P ve %20 geri dönüşüm pamuk (RC) ve %30 orijinal poliester (P) lifleri ile karıştırılarak %50/20/30 RA-Y/RC/P iplikler elde edilmiştir. RA-Y lifleri kullanılarak üretilen karışım iplikler Nm 15 ve Nm 25 olmak üzere iki farklı iplik numarasında üretilmiştir. Ayrıca kumaş atıklarının geri dönüştürülmesi ile elde edilen %50 oranındaki geri dönüşüm akrilik (RA-F) lifleri %50 oranında orijinal poliester lifleri ile karıştırılarak Nm 15 iplik numarasında %50/50 RA-F/P iplikler elde edilmiştir.

Çizelge 3.1’de verildiği gibi, Nm 15 iplik numarasında üretilen yedi farklı hammadde içeriğindeki (RA-T, RA-Y, RA-F, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P, RA-F/P) iplikler 130 ve 200 olmak üzere iki farklı  $\alpha_m$  büküm katsayılarında üretilmiştir.

Nm 25 iplik numarasında üretilen üç farklı karışım (RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P) içeren iplikler 130  $\alpha_m$  büküm katsayısında üretilmiştir. Firmanın ürettiği Nm 15 iplik numarasındaki ipliklerden 130 büküm katsayısındaki iplikler örme kumaş üretiminde ve 200 büküm katsayısındaki iplikler ise dokuma kumaş üretiminde kullanılmaktadır. Nm 25 iplik numarasında 130 büküm katsayısında üretilen iplik dokuma kumaş üretiminde kullanılmaktadır.

Navel tipinin etkisinin incelenmesi için iplikler düz ve çentikli olmak üzere iki farklı tipte navel kullanılarak üretilmiştir. RA-Y ve RA-F iplikler haricindeki tüm iplikler geri dönüşüm sektöründe kullanılan değere uygun olarak çentikli navel kullanılarak üretilmiştir. RA-Y ve RA-F iplikler hem düz hem de çentikli naveller kullanılarak üretilmiştir. Geri dönüşüm ipliklerin üretiminde çentikli navel kullanılmıştır.

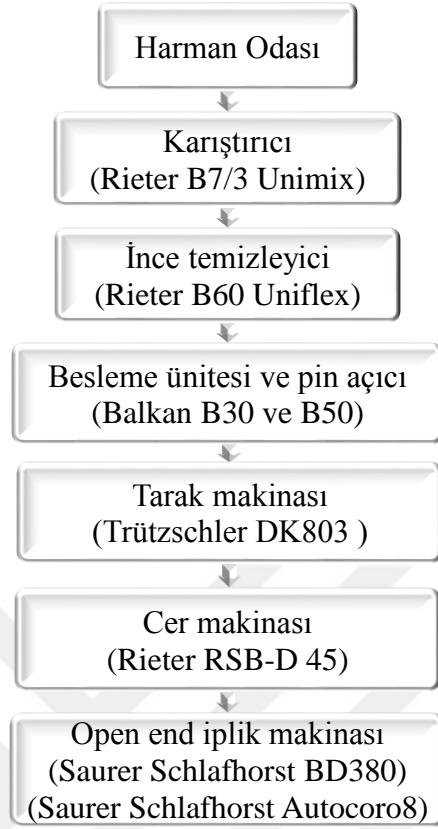
### **3.3 Geri Dönüşüm Akrilik İplik Üretiminde İzlenen İşlem Akışı ve Kullanılan Makinalar**

Geri dönüşüm iplikleri üretmek için kullanılan iplik akış şeması Şekil 3.1’de verilmiştir.

Tez çalışmasında kullanılan geri dönüşüm iplikler Uşak Tekstil Sanayi Bölgesi’nde faaliyet gösteren A.V.S. Tekstil San. ve Tic. Ltd. Şti.’ de üretilmiştir.

A.V.S Tekstil Firması 1989 yılında ilk olarak ring iplik üretmek amacı ile kurulmuştur. Uşak Organize Sanayi Bölgesi’nde faaliyet gösteren fabrikada geri dönüşüm pamuk, geri dönüşüm akrilik, geri dönüşüm yün, poliester ve bu liflerin karışımlarından open-end beyaz, ekru, renkli ve melanj iplik üretimi yapılmaktadır. Havlu, çorap, yuvarlak örgü, triko, gömlek imalatçıları ve farklı kumaş üreticilerine Ne 8-30 arasında iplikler üretilmektedir.

Geri dönüşüm ipliklerin üretiminde A.V.S firmasında bulunan iplik makineleri ve ayarları ve işlem akışı kullanılmıştır. Şekil 3.1’de verilen işlem akış şemasına göre, kullanılan makinalar ve makine ayarları aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 3.1 Geri dönüşüm iplik üretimde kullanılan işlem akış şeması

### 3.3.1 Harman Odası

Harman odasının fotoğrafı Resim 3.1’de gösterilmiştir.



Resim 3.1 Harman odası

Harmanlama işlemi için yukarıda belirtildiği gibi, tops atıkları içeren akrilik (RA-T), iplik atıkları içeren akrilik (RA-Y), kumaş atıkları içeren akrilik (RA-F), iplik atıkları içeren pamuk (RC) ve orijinal poliester (P) lifleri olmak üzere beş farklı hammadde kullanılmıştır.

Bu beş farklı hammadde ile %100 RA-T, %100 RA-Y, %100 RA-F, %50/50 RA-Y/RC, %50/50 RA-Y/P, %50/20/30 RA-Y/RC/P, %50/50 RA-F/P olmak üzere toplam yedi farklı harman yapılmıştır.

Harmanı yapılan liflere içeriğinde antistatik yağ, yumuşatıcı ve nem tutucu olan kimyasal madde eşit miktarda olacak şekilde püskürtülmüştür. Bu işlemin amacı liflerin iplik üretim aşamalarından geçerken kolaylık sağlaması, statik elektriklenmenin önlenmesi ve kopuşların azaltılmasıdır. Kimyasal madde uygulanan lifler harman odasında 24 saat bekletilerek kondisyonlanmıştır.

### 3.3.2 Karıştırma Makinası

Harman odasında kondisyonlanan lifler fan yardımı ile karıştırma makinasına gönderilmiştir. Karıştırma makinasında lifler iyi bir harmanlama ve homojen karışım sağlayabilmek amacıyla birbirleri ile karıştırılmaktadır. Bu çalışmada karıştırma işlemi Resim 3.2’de gösterildiği gibi, Rieter firmasının B7/3R Unimix kombine karıştırma ve temizleme makinasında gerçekleştirilmiştir.



Resim 3.2 Rieter B 7/3R Unimix karıştırma makinası

Rieter Unimix B 7/3R makinası bir depolama bölümü, bir ara oda ve bir çıkış bölümü olmak üzere üç bölümden meydana gelmektedir. Lifler fanlar yardımı ile depolama bölümünde bulunan ard arda sıralanmış altı dikey odacığa eş zamanlı olarak beslenmektedir. Daha sonra, konveyör bant ile malzeme bu ara odadan çıkarılmakta ve çivili besleme hasırı ve sıyrıcı silindirleri arasında kısa periyotlu karıştırma yapılmaktadır [54]. Rieter Unimix B 7/3R’nin kapasitesi maksimum 600 kg/sa’dır.

### 3.3.3 İnce Temizleyici

İnce temizleyiciler lifler üzerinde bulunan küçük yabancı maddelerin temizlenmesini sağlamaktadırlar. Resim 3.3’de gösterildiği gibi, bu çalışmada ince temizleyici olarak Rieter B 60 Uniflex makinası kullanılmıştır.



Resim 3.3 Rieter B 60 Uniflex ince temizleyici

Uniflex makinaları besleme, ayarlama ve açma bölümlerinden oluşmaktadır. Lif sevki hava (fan) ile gerçekleştirilmektedir. Lif tutamları bir fan ile bir önceki makinadan çekilmekte ve daha sonra bir dağıtım elemanı bu tutamları bir besleme kanalına boşaltmaktadır. Kanalın arka tarafı havanın çıkışına uygun olacak şekilde alüminyum lamellerden oluşmuştur. Lifler delikli bir silindir ile ileriye doğru ikinci toz alma ünitesine taşınır. Bir besleme silindiri materyali açıcı silindire besler. Açıcı silindir lifler alır ve taraklama bölümleri olan bir ızgara ve bıçaklar temizleme yüzeylerine şekil verir ve yabancı maddeleri çıkarır [54]. Maksimum üretim 500 kg/sa’dir.

### 3.3.4 Besleme Ünitesi ve Pin Açıcı

İnce açıcıdan sonra lifler yine fanlar ile bir besleme ünitesi ve pin açıcısı olan temizleme makinasına gelmektedir. Balkan marka B30 besleme ünitesi ve B50 pin açıcıya sahip son temizleme makinası Resim 3.4’de gösterilmiştir.



Resim 3.4 Balkan B30 model besleme ünitesi ve B50 model pin açıcı

Besleme ünitesinin üstünde bir rezerve kulesi bulunmaktadır. Buradaki fotosel düzeniyle, liflerin seviyesi kontrol edilmektedir. Rezervuar ünitesinin tabanında bir çift besleme silindiri bulunmaktadır. Bu silindirler yardımıyla, lifler rulo olmadan iğneli dövücü silindire gönderilmektedir. İğneli silindirin altında dışarıdan ayarlanan ızgaralar bulunmaktadır ve bu sayede lifler içerisindeki yabancı maddeler temizlenmektedir. Burayı terk eden lifler, kondenser tarafından taşınır ve tozlardan arınmış olur. Daha sonra lifler silindiri iğneli olan açıcıya gelmektedir. Dövücünün altında bulunan ayarlı ızgaralar ile temizlik yapılmaktadır. Dövücüden çıkan pamuk tutamları kondenser tarafından emilerek, içerisindeki tozlardan da arındırılmış olmaktadır [55].

### 3.3.5 Tarak Makinası

Bir dizi karıştırma ve temizleme aşamalarından geçen lifler daha sonra hava ile tarak makinasına sevk edilmiştir. Tarak makinasında liflerin işlem görmesi ile, topak halindeki liflerin tek tek liflere ayrılması, yabancı madde ve tozlardan arındırılması, nepslerin açılması, kısa liflerin ayrılması, daha iyi harmanlamanın sağlanması ve cer makinasına hazırlık olarak şerit bant haline getirilmesi amaçlanmaktadır. Tarak makinasında taranarak paralel hale getirilen lifler tarak şeritleri olarak tarak kovalarına alınmışlardır. Bu çalışmada taraklama işlemi için Resim 3.5’de gösterildiği gibi, Trützchler firmasının DK 803 model tarak makinası kullanılmıştır.



Resim 3.5 Trützschler DK803 model tarak makinesi

Tarak makinasında geri dönüşüm ipliklerin üretilmesinde kullanılan üretim parametreleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Tarak makinası üretim parametreleri

Üretim hızı (m/dak)	130
Çıkış hızı (m/dak)	130
Üretim miktarı (kg/saat)	46,8
Tarak şerit numarası (g/m)	5

### 3.3.6 Cer Makinası

Tarak makinası kovalarına doldurulan tarak şeritleri daha sonra cer makinelerine alınmıştır. Bu çalışmada cer makinasına 6 tarak kovası beslenmiştir. Cer makinasında dublajlama (katlama) ile tarak şeritleri çapraz bir şekilde birleştirilerek homojen bir cer bandı haline getirilmiş, elde edilen cer bantları open end iplik makinasına beslenmek üzere tekrar cer kovalarına doldurulmuştur. Bu çalışmada fotoğrafı Resim 3.6’da verilen Rieter firmasının RSB-D45 model cer makinası kullanılmıştır.

Cer işleminin amacı tarak şeritlerinin düzgünleştirilmesini sağlama, lifleri paralel hale getirme ve lif bandını daha homojen hale getirmektir. Orijinal pamuk lifleri ile çalışıldığında cer işlemi ile lifin doğal yapısından kaynaklanan kanca uçları da açılmaktadır. Orijinal pamuk lifleri ile çalışıldığında önce bir taraftaki kanca uçlarını sonra diğer taraftaki kanca uçlarını açmak için iki pasaj cer işlemi uygulanmaktadır. Geri dönüşüm iplik üretiminde kanca uçlarını açmak gerekmediği için tek pasaj cer işlemi uygulanmaktadır. Bu çalışmada

da geri dönüşüm akrilik iplik üretim işlemine uygun olarak tek pasaj cer işlemi uygulanmıştır.



Resim 3.6 Rieter RSB-D45 model cer makinası

Çalışmada ipliklerin üretiminde kullanılan cer makinasının üretim parametreleri Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3 Cer makinası üretim parametreleri

Üretim hızı (m/dak)	400
Ekartmen ayarı	3,1-7,2
Giriş bant numarası (g/m)	6
Çıkış bant numarası (g/m)	5,7

### 3.3.7 Open End İplik Eğirme Makinası

Bu çalışmada her birisi farklı malzeme içeren yedi farklı tipte elde edilen cer bantları open end iplik makinalarına sevk edilerek iplikler üretilmiştir. Her farklı iplik tipinden iki bobin üretilmiştir. Geri dönüşüm ipliklerin üretiminde A.V.S. firmasının kullandığı open end iplik eğirme makine modelleri ve çalıştığı makine ayarlar değerleri kullanılmıştır.

Farklı büküm katsayılarına sahip Nm 15 numara ipliklerin üretiminde farklı çapta rotoru olan open end iplik makinası kullanılmıştır. Yukarıda belirtildiği ve Çizelge 3.1’de ki deney planında verildiği gibi, Nm 15 iplik numarasında 130 ve 200  $\alpha_m$  büküm katsayılarında



Üretilen tüm 16 farklı tipteki iplikler Saurer Schlafhorst firmasının farklı rotor çaplarına sahip aynı BD-380 makine modelindeki open end iplik makinasında üretilmiştir.

Büyük rotor çapları ipliklerin daha yumuşak, küçük rotor çapları ise ipliklerin daha sert olmasını sağlamaktadır. 130  $\alpha_m$  büküm katsayısındaki iplikler örme kumaş üretiminde kullanıldığı için ve örme kumaş üretiminde daha yumuşak iplikler istendiği için firmanın üretim işlemine uygun olarak bu çalışmada 130  $\alpha_m$  büküm katsayısındaki iplikler 66 mm rotor çapına sahip iplik makinasında, 200  $\alpha_m$  büküm katsayısındaki iplikler ise 43 mm rotor çapına sahip iplik makinasında üretilmiştir.

Saurer Schlafhorst firmasının BD-380 open end iplik makinasının fotoğrafı Resim 3.7’de gösterilmiştir.



Resim 3.7 Schlafhorst Saurer BD-380 open end iplik makinası

Nm 15 iplik numarasında ve 130  $\alpha_m$  büküm katsayısında üretilen üç farklı tipteki iplik ise Resim 3.8’de verilen Schlafhorst Saurer firmasının Autocoro 8 makine modelindeki open end iplik makinasında üretilmiştir.



Resim 3.8 Schlafhorst Saurer Autocoro 8 open end iplik makinası

İpliklerin üretiminde kullanılan üç open end iplik makinasına ait üretim parametreleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Open end iplik makinaları üretim parametreleri

İplik makinası tipi	BD-380 makine modeli		Autocoro 8 makine modeli
	İplik parametreleri		
	Nm 15		Nm 25
	$\alpha_m = 130$	$\alpha_m = 200$	$\alpha_m = 130$
Rotor çapı (mm)	66	43	40
Rotor devri (dev/dak)	34 000	61 000	80 000
Büküm sayısı (Tur/m)	510	790	670
Açıcı hızı (dev/dak)	8500	8500	9500
Navel tipi	8 çentikli ve düz	8 çentikli	6 çentikli

### 3.4 Geri Dönüşüm Lif ve İpliklere Uygulanan Testler

Tüm lif ve iplik standart atmosfer şartlarında (% 65  $\pm$  2 nem ve 20 $\pm$ 2 °C sıcaklık) test edilmiştir. Ölçüm işlemlerinden önce, lif ve ipliklerin standart atmosfer koşullarında 24 saat bekletilerek kondisyonlanması sağlanmıştır.

#### 3.4.1 Geri Dönüşüm Liflere Uygulanan Testler

Çalışmada kullanılan geri dönüşüm pamuk lifinin özellikleri Uşak ilinde faaliyet gösteren Kaynak İplik San. ve Tic. A.Ş firmasında bulunan Uster HVI (High Volume

Instrument) test cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Çalışmada kullanılan geri dönüşüm akrilik ve pamuk malzemesinin ölçülen fiziksel özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5 Geri dönüşüm pamuk lifinin HVI test değerleri

İncelik-Mic (Mikroner)	4,34
Mukavemet-Str (g/tex)	25,4
Kopma uzaması-Elg (%)	9,5
Üst yarı ortalama uzunluk-UHML (mm)	26,39
Üniformite indeksi-UI (%)	77,7
İplik eğrilebilirlik indeksi-SCI	90
Kısa lif indeksi-SFI (%)	12,5
Parlaklık-Rd	75,3
Sarıklık-+b	9,6
Yabancı madde miktarı-Cnt	2

Uster HVI test cihazı pamuk gibi kısa lif uzunluğuna sahip liflerin fiziksel özelliklerini ölçmektedir. Geri dönüşüm akrilik liflerinin lif boyları pamuk lifine göre uzun olduğu için Uster HVI cihazında bu liflerin fiziksel özellikleri ölçülemediği için. Bu liflerin sadece incelik değerleri mikroskop kullanarak, uzunluk değerleri ise TS 1140 standardına uygun olarak Tek Liflerde Uzunluk Tayini yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Tops, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen akrilik liflerine ait lif incelik ve uzunluk değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Geri dönüşüm akrilik lif tiplerinin lif incelik ve uzunluk değerleri

Akrilik lif tipi	Lif inceliği (mikron)	Lif uzunluğu (cm)
RA-T	14,62 (4,12)	2,72 (0,61)
RA-Y	17,95 (4,10)	5,42 (2,40)
RA-F	13,44 (3,36)	3,43 (1,69)

\* Standart sapma değerleri parantez içinde verilmiştir.

Geri dönüşüm malzemesi daha öncede belirtildiği gibi, mekanik geri dönüşüm yapan işletmelere çok farklı yerlerden gelebilmektedir. Günümüzde akrilik lifleri farklı liflere karışım halinde kullanıldığı için içlerinde çok farklı özelliklerde lifler barındırabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada kullanılan geri dönüşüm malzemesinin lif içeriği kimyasal kantitatif analiz yöntemlerinden dimetilformamid ve sülfürikasit yöntemi ile geri dönüşüm akrilik ve pamuk liflerinin lif içerikleri tespit edilmiştir. Bu analizler için, numunenin çeşitli yerlerinden 1 gramlık deney numuneleri alınmıştır. Geri dönüşüm pamuk için sülfürik asit

yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde deney numunesi  $50 \pm 5$  °C ‘de %75’lik sülfürikasit çözeltisi ile işleme sokulup bütün numunenin çözünmesi amaçlanmıştır. Üç farklı tipte geri dönüşüm akrilik lifleri için ilk olarak deney numunesi 100 °C’de 100 ml dimetilformamid çözeltisi ile işleme sokulup akrilik liflerinin çözünmesi sağlanmıştır. Sonrasında sülfürikasit yöntemi ile pamuk liflerinin çözünmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Geri dönüşüm malzemesinin lif içerikleri

Malzeme tipi	Lif içeriği (%)
RA-C	%100 pamuk
RA-T	%80 akrilik %20 poliester
RA-Y	%70 akrilik, %20 pamuk %10 poliester
RA-F	%40 akrilik, %30 pamuk %30 poliester

### 3.4.2 Üretilen Geri Dönüşüm İpliklere Uygulanan Kalite Testleri

Üretilen ipliklerin kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla numara, büküm, düzgünlük, IPI hataları (ince yer, kalın yer ve neps sayısı), tüylülük, kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

#### 3.4.2.1 İplik Numara Testi

İplik numara testi TS 244 EN ISO 2060 standardına göre yapılmıştır. Çevresi 1 m olan çıkırıktaki 100 tur iplik sarımı yapıp çileler oluşturulmuş ve bu iplik çileleri hassas terazide tartılarak iplik numaraları Nm olarak tayin edilmiştir. Numara testleri yapılırken, her bir iplik tipi için beşer ölçüm alınmıştır. İplik numara ölçümünde kullanılan çıkırık ve hassas terazi Resim 3.9’da gösterilmiştir.



Resim 3.9 Çıkırık ve hassas terazi

### 3.4.2.2 İplik Büküm Sayısı Ölçümü

İpliklerin büküm ölçümü TS EN ISO 2061 standardına göre yapılmıştır. İplik numunelerinin büküm sayıları (T/m) Resim 3.10'da verilen Mesdan Lab-Twist iplik büküm test cihazı kullanılarak ölçülmüştür.



Resim 3.10 Mesdan Lab büküm test cihazı

Tüm ipliklerin büküm ölçümlerinde açma kapama yöntemi kullanılmıştır. İplik büküm sayısı ölçümünde, her bir iplik numunesi için beşer ölçüm alınmıştır.

### 3.4.2.3 Gerçek İplik Numara ve Büküm Sayıları Değerleri

Çizelge 3.8 Gerçek iplik numara ve büküm sayısı ölçüm değerleri

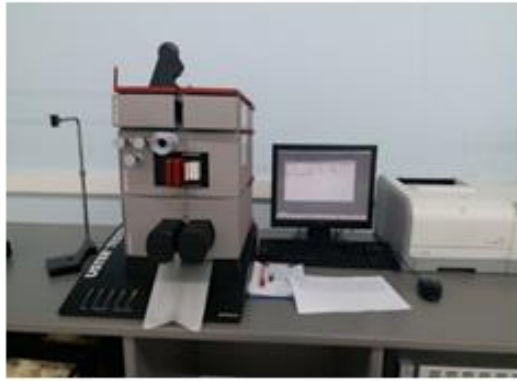
No	Nm	$\alpha_m$	Navel tipi	Lif içeriği	İplik numarası (Nm)	Büküm sayısı (T/m)
1	15	130	çentik	RA-T	9,235 (0,036)	462,8 (11,454)
2				RA-Y	8,889 (0,084)	518,8 (10,849)
3				RA-Y/RC	8,750 (0,065)	519,2 (9,731)
4				RA-Y/P	8,999 (0,324)	460,4 (10,407)
5				RA-Y/RC/P	9,081 (0,121)	487,6 (12,720)
6				RA-F	8,718 (0,048)	515,6 (27,346)
7				RA-F/P	8,483 (0,030)	467,4 (20,744)
8				düz	RA-Y	9,055 (0,047)
9		RA-F	8,742 (0,040)		528,6 (30,312)	
10		200	çentik	RA-T	7,766 (0,078)	526,2 (5,630)
11				RA-Y	9,090 (0,061)	710,4 (17,658)
12				RA-Y/RC	9,009 (0,122)	700 (19,494)
13				RA-Y/P	10,72 (0,15)	617,6 (5,595)
14				RA-Y/RC/P	10,50 (0,14)	612,2 (17,655)
15				RA-F	9,075 (0,161)	756,2 (10,941)
16				RA-F/P	10,19 (1,14)	586 (10,794)
17	25			130	çentik	RA-Y/RC
18		RA-Y/P	15,86 (0,14)			571 (27,595)
19		RA-Y/RC/P	15,10 (0,21)			572,6 (26,529)

\* Standart sapma değerleri parantez içinde verilmiştir.

Tüm geri dönüşüm ipliklerin numune üzerinden gerçekleştirilen gerçek numara ve büküm sayısı ölçüm sonuçları Çizelge 3.8’de verilmiştir.

#### 3.4.2.4 İplik Düzensüzlüğü, IPI İplik Hataları ve İplik Tüylülüğü Testi

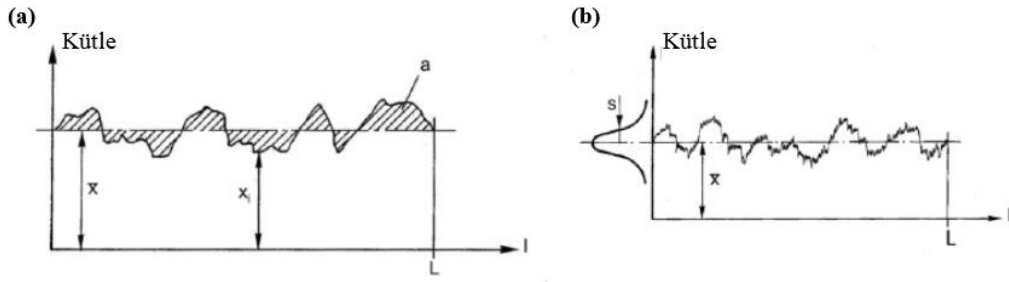
Üretilen geri dönüşüm akrilik ipliklerin iplik düzensüzlüğü, IPI iplik hataları (ince yer, kalın yer ve neps) ve tüylülük testleri Uster Tester 4 cihazında yapılmıştır. Cihazın test hızı 400 m/dak olup test süresi 2,5 dakikadır. Farklı her bir iplik numunesi için beşer ölçüm alınmıştır. Uster Tester 4 düzensüzlük test cihazının fotoğrafı Resim 3.11’de gösterilmiştir.



Resim 3.11 Uster tester 4 düzensüzlük test cihazı

Uster test cihazında düzensüzlüğün ölçümünde kapasitif ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde prensip olarak, ipliğin uzunluğu boyunca kütlede meydana gelen değişimler incelenmektedir. Kapasitif ölçüm yönteminde test materyali ölçüm kapasitörünün elektrik alanı içinden geçirilmektedir. Materyaldeki kütle değişimleri elektrik alanında değişimlere neden olmaktadır. Malzemenin kütle değişimi ile orantılı olan bu değişimler elektrik sinyallerine dönüştürülmekte ve düzensüzlük diyagram olarak kayıt edilmektedir [56].

İplik uzunluğu boyunca meydana gelen kütleli değişim olarak tanımlanan iplik düzensüzlüğü ortalama sapma yüzdesi (%U), değişim (varyasyon) katsayısı (%CV), IPI iplik hataları (ince yer, kalın yer ve neps) ile ifade edilmektedir. %U değeri ve %CV değerleri Şekil 3.2’de verilen grafikte gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Kütle değişimi a) Ortalama sapma yüzdesi (%U) b) Değişim katsayısı (%CV) [57]

%U ve %CVm değerleri aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır [57].

$$U = \frac{a}{\bar{x}L} \quad (3.1)$$

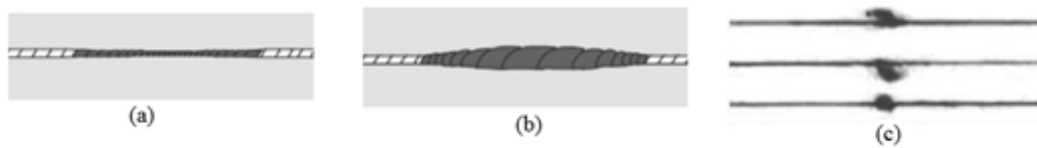
$$\%CVm = \frac{s}{\bar{x}} \quad (3.2)$$

Yukarıdaki ifadelerde verilen a: taralı alan,  $\bar{x}$ : ortalama değer,  $x_i$ : verilen noktadaki anlık kütle değeri, L: test uzunluğu, s: standart sapmadır.

%CVm ve %U arasında aşağıda verildiği gibi bir ilişki bulunmaktadır.

$$\%CV=1,25.\%U \quad (3.3)$$

IPI hataları 1000 m uzunluğundaki iplikte 10 ile 5000 arasında meydana gelen hatalardır. Şekil 3.3'de gösterildiği gibi, iplik hataları ince yer, kalın yer ve neps olarak üç grup altında sınıflandırılmaktadır.



Şekil 3.3 IPI hataları a) İnce yer b) Kalın yer c) Neps [56]

İnce yer ipliğin ortalama kesit alanının -%30 ile -%60 arasındaki büyüklüğüdür. Uzunluğu 4 ile 25 mm arasındadır. İnce yerlerde kesit alanı ortalama kesit alanına göre %30 ile %60 arasında azalma göstermektedir [56].

Kalın yer ipliğin ortalama kesit alanının +%30 ile +%100 arasındaki büyüklüğüdür. Uzunluğu 4 ile 25 mm arasındadır. Kalın yerlerde kesit alanı ortalama iplik kesitine göre %35'ten %100 arasında artış göstermektedir [56].

Uster cihazı ile aşağıda verilen hassaslık seviyelerinde iplik hataları ölçülebilmektedir [58].

İnce yer: -%30, -%40, -%50, -%60

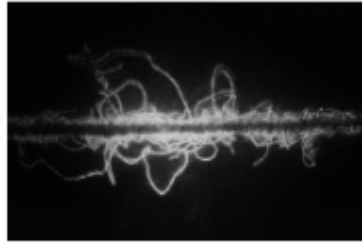
Kalın yer: +%35, +%50, +%70, +%100

Neps : +%140, +%200, +%280, +%400

Standart iplikte ise hassaslık seviyeleri ince yer için -%50, kalın yer için +%50 ve neps için +%200 ve open end iplik için +%280 değerindedir. Bu çalışmada standart iplik hassaslık seviyelerindeki iplik hataları sonuçları kullanılmıştır.

Üretilen ipliklerin tüylülük değerleri düzgünsüzlük ve IPI hataları ile birlikte Uster 4 test cihazı ile ölçülmüştür.

İplik tüylülüğü birim uzunluk veya alan başına iplik yüzeyinden dışarı çıkan liflerin sayısı ya da iplik yüzeyine dik olarak ölçülen lif uzunluğu olarak tanımlanmaktadır [59].



Resim 3.12 Tüylülük ölçüm prensibi [57]

Tüylülük test cihazında iplik, bir ışık kaynağından iplik eksenine dik bir şekilde gönderilen ışık hüzmesi tarafından yoklanmaktadır. Bir alıcı dışarı çıkan lifler tarafından iletilen ışığı algılamaktadır (Şekil 3.4). İplik gövdesi siyah olarak kalmakta ve ışığı iletmemektedir. Alıcı iplik tüylülüğü ile orantılı olarak değişen ışık yoğunluğunu ölçerek iplik tüylülüğünü belirlemektedir [57].

Tüylülük test cihazı ile H ile gösterilen tüylülük indeksi ve bu değerlerin standart sapması sH değerleri ölçülmektedir.

Tüylülük indeksi H 1cm sensör uzunluğunda iplik gövdesinden dışarı çıkan liflerin toplam uzunluğu olarak ifade edilmektedir. Birimi bulunmamaktadır.

sH tüylülük değerinin standart sapmasıdır.



### 3.4.2.5 İplik Mukavemeti ve Kopma Uzaması Ölçümü

Üretilen ipliklerin mukavemeti ve % olarak uzama değerleri Resim 3.12’de verilen Uster Tensorapid 3 cihazında ölçülmüştür. Mukavemet ve kopma uzaması testleri TS 245 EN ISO 2062 standardına göre yapılmıştır.



Resim 3.13 Uster Tensorapid 3

Cihazın test hızı 5000 mm/dak ve test uzunluğu 500 mm olarak seçilmiştir. Her bir farklı iplik numunesi için 10 tekli 5 ölçüm olmak üzere toplam 50 ölçüm yapılmıştır.

Tensorapid cihazı ile kopma zamanı (s), kopma kuvveti (cN), kopma uzaması (%), mukavemet (Rkm) ve kopma işi (gf.cm) değerleri ölçülmüştür.

Kopma kuvveti: İplik mukavemet testlerinde ipliğe kopuncaya kadar kuvvet uygulanmakta ve ipliğin koptuğu andaki kuvvete kopma kuvveti adı verilmektedir.

Kopma zamanı: Ölçümün başlangıcından ipliğin koptuğu ana kadar geçen zamandır.

Kopma uzaması: Yüzde olarak kopma anındaki uzama miktarıdır.

Mukavemet: Numaraları farklı ipliklerin kopma kuvvetlerinin karşılaştırılması için kullanılmaktadır. İpliğin kopma kuvvetinin iplik numarasına oranlanması ile hesaplanmaktadır. Mukavemet genellikle g/tex, cN/tex, Rkm vs. gibi birimler kullanılarak ifade edilmektedir. Son yıllarda mukavemet birimi olarak Rkm kavramı yaygın olarak kullanılmaktadır. İpliğin kendi ağırlığı ile koptuğu kilometre cinsinden uzunluk olarak ifade edilmektedir. Örneğin, 10 Rkm mukavemet değerine sahip iplik ele alındığında, bu ipliğin 10 kilometresinin ağırlığının ipliği kopma noktasına getireceği anlaşılmalıdır. kgf kopma kuvvetine ve Nm iplik numarasına sahip iplikte Rkm aşağıda verildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$Rkm = kgf.Nm \quad (3.4)$$

Kopma işi: İpliğin kopması için gerçekleştirilen iş olarak ifade edilmektedir.

### 3.5 Toplam Kalite İndeks Değerlerinin Hesaplanması

Mukavemet, uzama ve düzgünlük iplik kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli kalite parametreleridir. İpliğin toplam kalitesini belirlemek için, bu üç değeri tek bir sayısal değer ile ifade etmek mümkündür. Mukavemet, uzama ve düzgünlük değerlerinin kombine edilerek, iplik kalitesinin tek bir değer ile değerlendirildiği ifade Toplam Kalite İndeksi (TQI) olarak aşağıda verildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$TQI = \frac{Mukavemet \left( \frac{CN}{tex} \right) \times Uzama(\%)}{\%CV} \quad (3.5)$$

Bu çalışmada da, mukavemeti, uzaması ve düzgünlük ölçüm sonuçları kullanılarak geri dönüşüm ipliklerin ayrıca toplam kalite indeksi (TQI) değerleri hesaplanmış ve sonuçlar analiz edilmiştir.

### 3.6 Sonuçların İstatistiksel Analizinde Kullanılan Metotlar

Üretilen geri dönüşüm ipliklerin kalite parametrelerine ait ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi için SPSS 23.0 paket programı kullanılmıştır.

Malzeme olarak geri dönüşüm akrilik lif tipinin ve geri dönüşüm akrilik liflerine karıştırılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin ipliklerin kalite özelliklerine olan etkilerinin istatistiksel olarak incelenmesi amacı ile varyans (ANOVA) analizi yapılmıştır. Varyans analizi genel olarak iki ya da daha fazla gruba ait ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olup olmadığı ile ilgili hipotezleri test etmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Bu çalışmada, varyans analizi ile farklı akrilik tipine ve farklı lif karışımlarına sahip iplik tiplerinin kalite özelliklerine ait veriler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olup olmadığını tespit edilmiştir.

Varyans analizinden sonra fark bulunan gruplarda hangi grup ortalamasının diğerlerinden farklı olduğunu tespit etmek için çoklu karşılaştırma testi (post hoc) olan SNK (Student-Newman-Keuls) testi uygulanmıştır. Çoklu karşılaştırma testleri ile genel olarak ikiden fazla gruplarda grupların ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olduğu durumlarda farklı olan ortalamanın hangi grupta olduğunu belirlemek için uygulanan istatistiksel test yöntemidir.

Eğirme parametreleri olarak büküm katsayısı ( $\alpha_m = 130$  ve  $\alpha_m = 200$ ), iplik numarası (Nm 15 ve Nm 25) ve navel tipinin (düz çentikli) iplik kalite değerleri üzerindeki etkileri bağımsız örneklem t testi kullanılarak incelenmiştir. t testi iki grup verinin ortalamaları arasında belirgin bir farklılık olup olmadığını istatistiksel olarak belirlemeye çalışan bir istatistiksel yöntemdir. Tüm sonuçlar  $\alpha=0,05$  (%95 güvenilirlik) seviyelerinde değerlendirilmiştir.



## 4 BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1 İplik Düzensüzlüğü, IPI Hataları ve Tüylülük Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Ger dönüşüm akrilik iplik tiplerine ait Uster test sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ger dönüşüm akrilik ipliklerin düzensüzlük, IPI hataları ve tüylülük test sonuçları

No	Nm	$\alpha_m$	Navel tipi	Lif İçeriği	Düzensüzlük		IPI Hataları			Tüylülük		
					U (%)	CVm (%)	İnce yer (-%50)	Kalın yer (+%50)	Neps (+%280)	H	sh	
1	15	130	çentik	RA-T	8,68 (0,15)	10,87 (0,14)	0 (0)	1,5 (1,4)	2,5 (1,8)	24,88 (0,27)	5,63 (0,05)	
2				RA-Y	9,87 (0,06)	12,54 (0,08)	0 (0)	48,5 (18,5)	38,0 (8)	13,69 (0,23)	4,52 (0,03)	
3				RA-Y/RC	10,99 (0,16)	13,92 (0,20)	4,0 (2,2)	73,0 (15,4)	46,0 (8,4)	13,35 (0,30)	3,95 (0,05)	
4				RA-Y/P	12,79 (1,85)	17,08 (2,75)	76,5 (56,9)	736,5 (397,5)	490,5 (251,4)	12,76 (0,29)	3,54 (0,29)	
5				RA-Y/RC/P	13,98 (0,83)	18,68 (1,06)	51,5 (34,3)	951,5 (200,4)	625,5 (129,7)	12,68 (0,26)	3,92 (0,05)	
6				RA-F	9,98 (0,13)	12,64 (0,15)	1,0 (1,4)	31,0 (1,4)	19,5 (7,8)	10,69 (0,04)	3,49 (0,09)	
7				RA-F/P	9,44 (0,14)	11,99 (0,18)	0 (0)	33,5 (12,3)	37,0 (9,4)	11,08 (0,15)	3,27 (0,03)	
8				düz	RA-Y	10,43 (0,22)	13,28 (0,29)	5,5 (7,4)	74,0 (12,8)	39,5 (7,8)	13,37 (0,31)	4,00 (0,08)
9					RA-F	11,38 (0,24)	14,43 (0,30)	4,5 (2,7)	63,5 (7,2)	32,5 (6,1)	10,12 (0,12)	3,04 (0,11)
10				200	çentik	RA-T	7,25 (0,04)	9,10 (0,07)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	15,27 (0,24)
11		RA-Y	10,82 (0,11)			13,89 (0,18)	8,5 (7,6)	120,5 (32,9)	91,5 (21,9)	10,02 (0,08)	3,13 (0,06)	
12		RA-Y/RC	10,71 (0,14)			13,65 (0,20)	3,5 (1,4)	70,5 (17,4)	54,0 (12,4)	9,10 (0,06)	2,90 (0,03)	
13		RA-Y/P	12,93 (0,47)			16,84 (0,72)	62,0 (29,5)	547,5 (144,8)	384,5 (77,0)	8,56 (0,04)	2,35 (0,03)	
14		RA-Y/RC/P	13,30 (0,70)			17,64 (0,92)	28 (18,0)	843,0 (127,7)	574,0 (103,5)	7,29 (0,03)	1,96 (0,04)	
15		RA-F	11,31 (0,04)			14,35 (0,08)	11,5 (8,2)	53,0 (16,6)	61,5 (13,3)	8,01 (0,08)	2,50 (0,01)	
16	RA-F/P	9,27 (0,04)	11,73 (0,06)			0,5 (1,1)	23,0 (6,01)	17,5 (6,4)	7,45 (0,08)	2,08 (0,02)		
17	25	130	çentik	RA-Y/RC	11,19 (0,11)	14,25 (0,15)	6,5 (4,2)	106,0 (20,7)	64,0 (12,8)	8,92 (0,18)	2,83 (0,02)	
18				RA-Y/P	10,89 (0,81)	14,30 (1,24)	8,0 (5,1)	183,5 (64,3)	128,0 (36,0)	6,86 (0,10)	1,82 (0,05)	
19				RA-Y/RC/P	11,42 (0,81)	14,80 (1,02)	9,0 (8,8)	226,5 (68,4)	146,0 (13,5)	7,30 (0,05)	2,15 (0,05)	

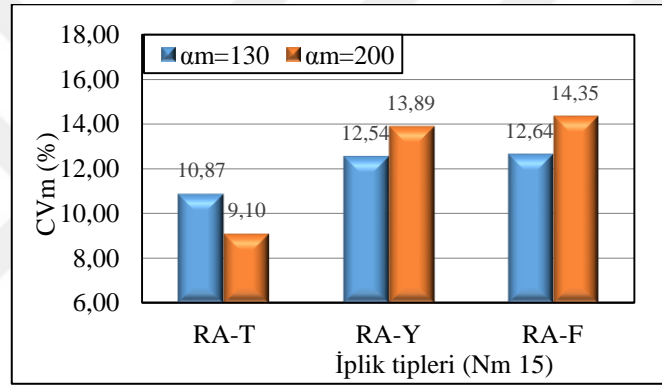
\* Standart sapma değerleri parantez içinde verilmiştir.

Çizelge 4.1’de Uster test ölçümleri olarak düzgünsüzlük (%U ve CVm), IPI hataları (ince yer, kalın yer ve neps) ve iplik tüylülük (H ve sh) test sonuçları verilmiştir. Çizelgede verilen test sonuçlarından düzgünsüzlük değerlendirmesi için %CVm, IPI iplik hataları değerlendirmesi için -%50 ince yer, +%50 kalın yer ve +%280 neps ve tüylülük değerlendirmesi için H test sonuçlarının analizleri yapılmıştır.

#### 4.1.1 CVm Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

##### 4.1.1.1 Geri Dönüşüm Akrilik Lif Tipinin CVm Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lif tipinin CVm düzgünsüzlük sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.1’de verilen CVm değerleri incelendiğinde, her iki büküm katsayısı ( $\alpha_m$ ) değerinde (örme ve dokuma büküm) CVm değerlerinin düşükten (en iyi) yükseğe doğru sırası ile RA-T, RA-Y ve RA-F şeklinde sıralandıkları görülmektedir. En iyi CVm değerleri lif kalitesinin nispeten en iyi olduğu tops atıklarından elde edilen RA-T iplik tipi için elde edilmiştir. Orijinal akrilik lif kalitesine en yakın kalitedeki akrilik tops atıklarından elde edilen RA-T iplik tipinin CVm değerleri referans olarak alındığında, RA-Y ipliklerinin CVm değerleri  $\alpha_m=130$  için %15,5 ve  $\alpha_m=200$  için %52,6 oranlarında, aynı şekilde RA-F ipliklerinin CVm değerleri ise  $\alpha_m=130$  için %16,3 ve  $\alpha_m=200$  için %57,7 oranlarında RA-T ipliklerinin CVm değerlerinden daha yüksek olarak elde edilmiştir. RA-T iplik tipinin CVm değeri ile RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin CVm değerleri arasındaki fark oldukça fazla iken, RA-Y ile RA-F iplik tiplerinin CVm değerleri arasındaki farkın daha az olduğu görülmektedir.

Varyans analiz sonuçları geri dönüşüm akrilik lif tipinin CVm değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p<0,05$ ). Hangi geri dönüşüm akrilik lif tipine sahip ipliklerin CVm değerleri arasında fark olduğunu tespit etmek için uygulanan SNK çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )		
	1	2	3
RA-T	9,99		
RA-Y		13,22	
RA-F			13,49
Önem seviyesi	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.2’de verilen SNK test sonuçlarından görüleceği üzere, geri dönüşüm akrilik lif tipi etkisine göre CVm değerleri üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bu sonuç üç farklı tipte geri dönüşüm akrilik lif içeren tüm iplik tiplerinin CVm değerleri arasında fark bulunduğunu göstermektedir.

İpliklerin üretiminde kullanılan liflerin geri dönüşüm olmasına ve bu geri dönüşüm liflerin %100 oranda kullanılmasına rağmen her üç tipteki iplikler için de neredeyse orijinal pamuk ipliklerin CVm değerlerine yakın yani oldukça düşük düzensizlik değerleri elde edilmiştir. Nm 15 numara %100 pamuk open end ipliklerin CVm değerleri için Uster 2013 Dünya istatistik değerlerine bakılacak olursa, örme bükümlü iplikler %5’lik dilimde 11,9 ve %95’lik dilimde 15,3 CVm değerlerini göstermekte, dokuma bükümlü iplikler ise %5’lik dilimde 11,5 ve %95’lik dilimde 14,6 CVm değerlerini göstermektedir. Uster Dünya istatistiklerine göre RA-T iplik tipinin her iki büküm katsayısı değerinde CVm değerlerinin %5’lik dilimin altında kaldığı görülecektir. RA-Y iplik tipi örme bükümlü olduğunda %22 ve dokuma bükümlü olduğunda %80’lik dilimde yer alırken, RA-F iplik tipi ise örme ve dokuma bükümlü olduğunda sırası ile %24 ve %91’lik dilimde yer almıştır.

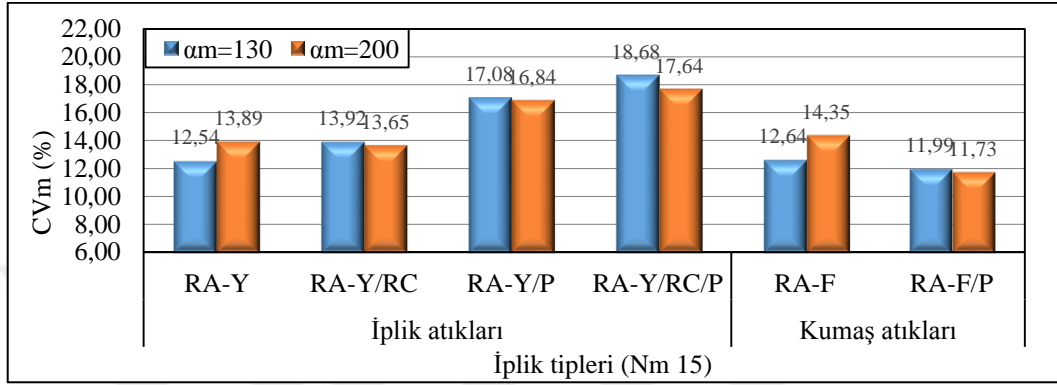
CVm sonuçları akrilik lif tipi etkisine göre genel olarak değerlendirildiğinde, CVm sonuçları üzerinde geri dönüşüm akrilik lif tipi kalitesinin etkili olduğu görülmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi, aynı özelliklerde lifler içermesi ve lif şeklinde olduğu için daha düşük şiddette mekanik açma işlemleri uygulanması bakımından tops atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik lif tipinin (RA-T) kalitesi en yüksektir. İplik ve kumaş atıkları

ise lif şeklinde olmadığı için tops atıklarına göre daha şiddetli mekanik işlemler uygulayarak açılmaktadır. Bu nedenle, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen RA-Y ve RA-F geri dönüşüm akrilik lif tipleri değişken uzunlukta ve daha kısa lifler içerebilmektedir. Yine, iplik ve kumaş atıkları içerisinde tops atıklarına göre daha fazla miktarlarda farklı cinslerde lif barındırabilmektedir. Verilen bilgiler ışığında, tops atıklarından elde edilen en yüksek kalitedeki geri dönüşüm akrilik lif tipinden elde edilen RA-T iplik tipi en düşük yani en iyi CVm değerlerini göstermiştir. Bu sonucu lif kalitesine göre RA-Y iplik tipinin CVm sonuçları izlemiş ve kumaş atıklarından elde edilen en düşük kalitedeki geri dönüşüm akrilik lif tipinden üretilen RA-F iplik tipi ise en yüksek yani en düşük derecede CVm değerleri göstermiştir.

İplik düzgünsüzlüğü genel olarak iplik kesitinde bulunan lif sayısına bağlı olarak değişmektedir. İplik kesitinde bulunan lif sayısı arttıkça, düzgünsüzlük azalmakta yani iyileşmektedir [60-61]. Lif inceliği iplik kesitinde bulunan lif sayısını etkilediği için, verilen bir iplik numarası için düzgünsüzlük daha çok lif inceliğine bağlı olmaktadır. İnce lif kullanımı ipliğin daha düzgün olmasını sağlamaktadır [60-61]. Lif uzunluğunun yüksek olması özellikle de lif uzunluğunun üniform yani düzgün olması open end iplik eğirmede lif inceliğine göre daha az önem taşımaktadır. İpliğin dış kısmında ipliği kemer gibi saran yüksek oranda sarmal liflerin oluşmasına (wrapper fibre) ve zayıf lif oryantasyonuna neden olduğu için, uzun lifler iplik düzgünsüzlüğünü negatif yönde etkilemektedir [61]. Bu çalışmada tops atıkları olarak ince lif yapısına sahip dralon akrilik liflerinden oluşan atıklar kullanılmıştır. Bu liflerin ortalama çapı 14,6 mikron olarak ölçülmüştür. Yine RA-Y ve RA-F iplikte kullanılan akrilik liflerin çapları sırası ile 17,6 ve 13,4 mikron olarak ölçülmüştür. RA-T ve RA-F iplik tipleri içinde bulunan geri dönüşüm akrilik lifi diğer RA-Y iplik tipi içindeki akrilik liflerinden daha incedir. RA-T ipliğin CVm değerlerinin en iyi olmasında lif kalitesi yanında lif inceliğinin de etkili olduğu görülmektedir. İnce lif yapısı RA-T iplik tipinin CVm değerlerinin RA-Y iplik tipinin CVm değerlerinden daha iyi olmasını sağlamış olabilir. RA-F lifleri de ince olmasına rağmen, bu liflerden üretilen RA-F iplik tipi düşük lif kalitesi nedeni ile en yüksek CVm değerleri göstermiştir.

#### 4.1.1.2 Geri Dönüşüm Akrilik Lifleri ile Karışım Olarak Kullanılan Geri Dönüşüm Pamuk ve Orijinal Poliester Liflerinin CVm Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin CVm düzgünlük sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk (RC) lifinin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin CVm değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk lifinin karışım olarak kullanılması CVm değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %11,0 oranında artırmış,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %1,7 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-Y ve RA-Y/RC iplik tiplerinin CVm değerleri arasındaki istatistiksel fark  $\alpha_m=130$  için anlamlı olarak bulunmuş ( $p<0,05$ ),  $\alpha_m=200$  için ise anlamlı olarak bulunamamıştır ( $p>0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin CVm değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması CVm değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %36,2 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %21,2 oranında artırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin CVm değerleri arasındaki istatistiksel farklar anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %20 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk lifinin ve %30 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik



tiplerinin CVm değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karışım olarak kullanılması CVm değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %49,0 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %27,0 oranında artırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin CVm değerleri arasındaki istatistiksel farklar anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Son olarak kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-F) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-F ile RA-F/P iplik tiplerinin CVm değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması CVm değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %5,14 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %18,7 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-F ve RA-F/P iplik tiplerinin CVm değerleri arasındaki istatistiksel fark her iki  $\alpha_m$  değeri için anlamlı olarak elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Varyans analizi sonuçları geri dönüşüm akrilik lifi ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin CVm değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ( $p<0,05$ ) göstermiştir. Geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin karışım olarak kullanılmasının hangi iplik tiplerinin CVm değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermek için, RA-Y, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P, RA-F, RAF/P iplik tiplerinin CVm değerleri arasında uygulanan SNK testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )			
	1	2	3	4
RA-F/P	11,86			
RA-Y		13,22		
RA-F		13,49		
RA-Y/RC		13,78		
RA-Y/P			16,96	
RA-Y/RC/P				18,16
Önem seviyesi	1,00	0,36	1,00	1,00

Çizelge 4.3’de verilen SNK test sonuçları, incelenen geri dönüşüm akrilik iplik tipleri için CVm değerlerinin dört farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. İplik atıklarının %100 olarak kullanıldığı RA-Y iplik ile geri dönüşüm pamuk karıştırılan RA-Y/RC iplik tipinin

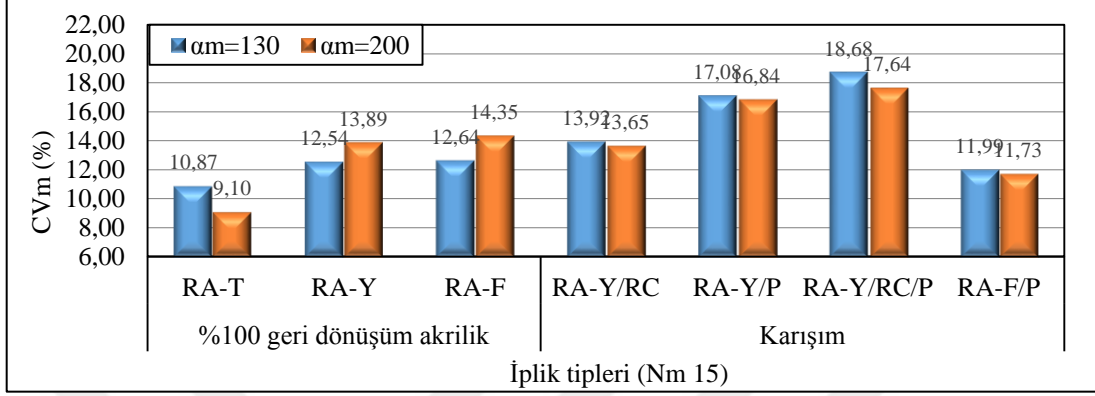
CVm değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken, RA-Y iplik ile orijinal poliester liflerinin karıştırıldığı RA-Y/P iplik ve geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karıştırıldığı RA-Y/RC/P ipliklerin CVm değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. Benzer şekilde, kumaş atıklarının %100 olarak kullanıldığı RA-F iplik ile, orijinal poliester lifleri içeren RA-F/P ipliklerinin CVm değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılık saptanmıştır.

%100 pamuk open end iplikler için verilen Uster 2013 Dünya istatistiklerine göre, RA-Y/P, RA-Y/RC/P iplik tiplerinin %CVm değerleri her iki büküm katsayısı değerlerinde %95'lik dilimin üzerinde kalmıştır. RA-F/P örme ve dokuma bükümlü iplikler sırası ile %8 ve %12'lik dilimlerde ve RA-Y/RC örme ve dokuma bükümlü iplikler ise sırası ile %61 ve %74'lük dilimlerde yer almıştır.

Şekil 4.2'de verilen CVm sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, en düşük CVm değerlerinin RA-F/P iplik tipi için elde edildiği görülmektedir. Kumaş atıklarından elde edilen RA-F lif tipine orijinal poliester lifi karıştırmak iplik düzensizliğinde iyileşme sağlamıştır. Buna karşın, RA-Y ile RA-Y/P ipliklerin CVm sonuçları karşılaştırıldığında, iplik atıklarından elde edilen RA-Y lif tipine orijinal poliester lifi karıştırmak CVm değerlerinde artışa neden olmuştur. Ayrıca RA-Y, RA-Y/RC ve RA-Y/RC/P ipliklerin CVm sonuçlarından, RA-Y lif tipine poliester dışında geri dönüşüm pamuk veya bu iki lifin birlikte karıştırılması da CVm değerlerini artırmıştır. Geri dönüşüm akrilik sektöründe orijinal poliester lifleri daha çok ipliklerin mukavemet değerlerini artırmak için kullanılırken, geri dönüşüm pamuk lifleri ise pamuk lifinin kendine özgü özelliklerinden yararlanmak ve daha ince iplikler üretmek için kullanılmaktadır. Daha çok pamuk gibi kısa liflerin eğrilmesinde kullanılan open end iplikçilikte nispeten kalın ve uzun olan RA-Y liflerine yine 38 mm uzunluğundaki poliester liflerini %50 oranında karıştırmak, RA-Y/P iplikte CVm değerlerinde artışa neden olmuştur. Buna karşın RA-Y lifini yine kısa ve ince lif yapısındaki geri dönüşüm pamuk lifi ile birlikte kullanmak CVm değerlerinde çok fazla artışa neden olmamış, hatta  $\alpha_m=200$  değerinde düşüşe neden olmuştur. RA-Y ipliklerin her iki  $\alpha_m$  değerlerinde de CVm değerleri oldukça iyi olduğu için, RA-Y lifine orijinal poliester lifi daha az oranlarda karıştırılabilir. RA-F ipliklerdeki akrilik lifleri RA-Y ipliklerdeki akrilik liflerine göre daha kısa olduğu için orijinal poliester liflerinin bu ipliklerde CVm değerlerini iyileştirdiği düşünülmektedir.

#### 4.1.1.3 Büküm Katsayısının CVm Sonuçları Üzerindeki

Büküm katsayısının CVm düzgünlük sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Büküm katsayısının CVm sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.3’de verilen grafikte büküm katsayısının (örme ve dokuma büküm) CVm değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, büküm katsayısındaki artışın farklı tipte akrilik lif tiplerinin %100 kullanılması ile elde edilen RA-Y ve RA-F iplikler dışında diğer RA-T, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P ipliklerin CVm değerlerinde çok az derecede düşüşe neden olduğu görülmektedir. Büküm katsayısındaki artışın ipliklerin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı büküm katsayısına sahip ipliklerin CVm değerleri arasındaki fark tüm RA-T, RA-Y, RA-F and RA-F/P iplik tipleri için anlamlı olarak bulunmuştur ( $p < 0,05$ ), diğer iki farklı büküm katsayısına sahip RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ipliklerin CVm değerleri arasında istatistiksel olarak önem taşıyan bir fark bulunamamıştır.

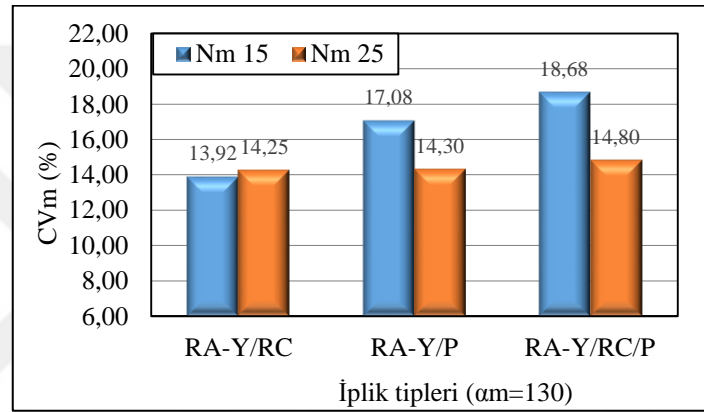
Uster tarafından yayınlanan raporda [60] bükümün iplik düzgünlüğü üzerinde etkili olmadığı belirtilmiştir. Belli oranlarda pamuk atıkları ve orijinal pamuk liflerinin karışımları içeren open end ipliklerin düzgünlük özellikleri ile ilgili Halimi, Azzouz, Hassen ve Sakli (2009) [38] tarafından yapılan çalışmada büküm katsayısındaki artışın iplik düzgünlüğü üzerinde etkili olmadığı ifade edilmiştir.

Genelde liflerin daha sıkı bir şekilde bir arada tutulmasını sağladığı için, büküm katsayısındaki artışın bu çalışmada yukarıda belirtildiği gibi bazı ipliklerin CVm sonuçları üzerinde az miktarda da olsa azalma yani iyileşme sağlaması beklenebilir. Büküm katsayısındaki artışın RA-Y ve RA-F ipliklerin düzgünlük değerini artırmasının nedeni

RA-Y ve RA-F ipliklerde bulunan daha kalın ve kısa liflerden kaynaklanmış olabileceği şeklinde açıklanabilir. RA-Y iplikteki geri dönüşüm akrilik lif tipinin kalın ve RA-F iplikteki akrilik lif tipinin ise kısa olması artan büküm katsayısı değerlerinde bu liflerin ipliklerin dış katmanında liflerin büküm almasını zorlaştırabileceği için CVm değerlerinde artışa neden olmuş olabilir.

#### 4.1.1.4 İplik Numarasının CVm Sonuçları Üzerindeki Etkisi

İplik numarasının CVm düzensüzlük sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 İplik numarasının CVm sonuçları üzerindeki etkisi

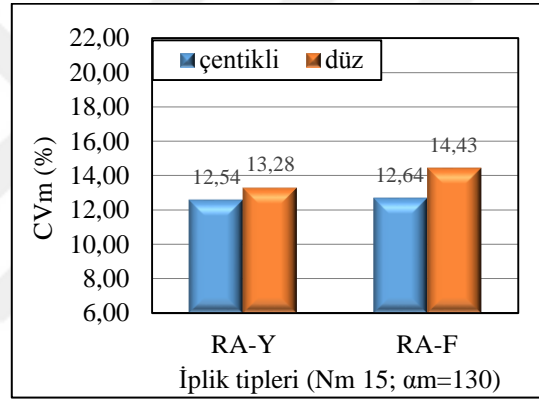
Şekil 4.4'de verilen grafikten, iplik numarasının CVm değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, iplik numarasındaki artışın veya iplik numarasının incelmesinin RA-Y/RC iplik tipinin CVm değerinde artışa, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin CVm değerlerinde ise azalmaya neden olmuştur. İplik numarasındaki artışın RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı iplik numarasındaki ipliklerin CVm değerleri arasındaki fark incelenen tüm RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tipleri için anlamlı olarak elde edilmiştir.

İplik düzensüzlüğü daha çok iplik kesitinde bulunan lif sayısına bağlıdır. İplik kesitlerinde daha az sayıda lif olduğu için, ince numara ipliklerin düzensüzlük değerlerinin kalın numara ipliklerden daha yüksek olması beklenmektedir [60]. Halimi, Azzouz, Hassen ve Sakli (2009) [38] ile Wanassi, Azzouz ve Hassen (2016) [46] tarafından yapılan geri dönüşüm pamuk içeren ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili yapılan çalışmalarda ince iplik

numaralarındaki iplikler kalın numaradaki ipliklere göre RA-Y/RC ipliğin CVm sonuçlarında olduğu gibi, daha yüksek yani daha düşük kalitede CVm sonuçları göstermiştir. Buna karşın, orijinal poliester lifi içeren RA-Y/P ve RA-Y/RC/P geri dönüşüm akrilik ipliklerde iplik numarası incelidikçe beklenenin aksine düşük yani daha iyi CVm değerleri elde edilmiştir. Aynı numaraya sahip farklı malzeme içeriğindeki iplikler aynı makine kullanılarak üretildiği için RA-Y/RC ipliğin iplik numarası incelirken RA-Y/P ve RA-Y/RC/P ipliklerden farklı yönde CVm değerleri göstermesi geri dönüşüm liflerinin düzensiz bir yapıya sahip olmasından kaynaklanmış olabilir.

#### 4.1.1.5 Navel Tipinin CVm Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Navel tipinin CVm düzgünlük sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5 Navel tipinin CVm sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.5’de verilen grafikten RA-Y ve RA-F ipliklerde navel tipinin CVm değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, her iki RA-Y ve RA-F ipliklerde düz navel kullanmanın CVm değerlerinde artışa neden olduğu görülecektir. Çentikli veya düz navel tipi kullanmanın RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin CVm değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı navel tipi kullanılarak üretilen ipliklerin CVm değerleri arasındaki fark her iki RA-Y ve RA-F iplikler için anlamlı olarak bulunmuştur.

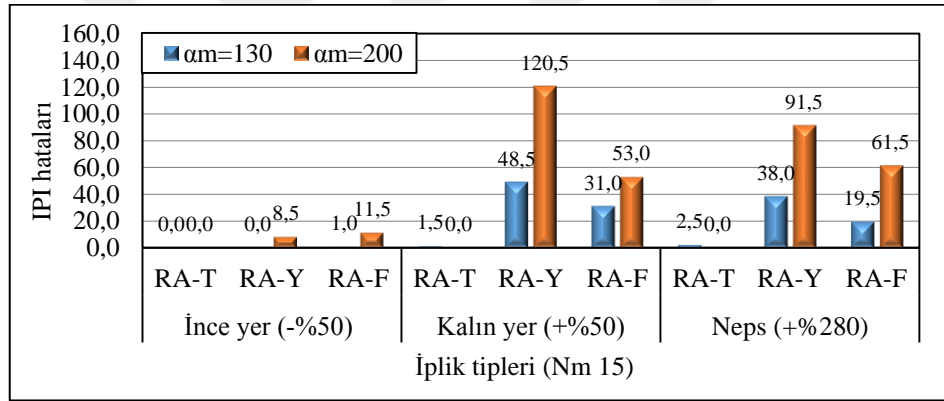
Birçok araştırmacının [62-64] belirttiği gibi, kullanılan navel tipinin düz veya çentikli olması open end ipliklerin daha çok tüylülük özelliklerini etkilemektedir. Navel tipinin aynı zamanda ipliklerin düzgünlük özelliklerini de etkilediğini araştırmacılar belirtilmiştir. Bu önceki çalışmalarda naveldeki çentik sayısı arttıkça düzgünlük artış göstermiştir [36,61-62]. Navel tipinin iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada, navelin

iplik düzgünsüzlüğü üzerinde önemli derecede etkisinin bulunmadığı çalışmalar da bulunmaktadır [65]. Bu çalışmada, diğer araştırmacıların tersi olarak düz navel kullanmak, iplik tüylülüğünü artırmıştır. Çentikli navelin yüzeyi çentiklerden dolayı daha kaba yapıdadır. Navelin kaba yüzey özellikleri nedeni ile iplikten kısa lifleri uzaklaştırmada pozitif yönde etkisi bulunduğu ifade edilmiştir [36]. Bu nedenle, çentikli navel geri dönüşüm akrilik lifleri içinde bulunan kısa lifleri uzaklaştırarak ipliğin düzgünsüzlük değerlerinin daha düşük olarak elde edilmesini sağlamış olabilir.

#### 4.1.2 IPI Hataları Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

##### 4.1.2.1 Geri Dönüşüm Akrilik Lif Tipinin IPI Hataları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lif tipinin ince yer, kalın yer ve neps sayılarını içeren IPI hataları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin IPI hataları üzerindeki etkisi

Şekil 4.6'da verilen IPI hataları incelendiğinde her iki  $\alpha_m$  değerinde ince yer hata sayılarının düşükten (en iyi) yükseğe doğru sırası ile RA-T, RA-Y ve RA-F şeklinde, kalın yer ve neps hata sayılarının düşükten (en iyi) yükseğe doğru sırası ile RA-T, RA-F ve RA-Y şeklinde sıralandıkları görülmektedir.

%100 pamuk open end iplikler için verilen Uster 2013 Dünya istatistik değerlerine göre, RA-T, RA-Y ve RA-F örme bükümlü ve RA-T dokuma bükümlü iplik tiplerinin ince yer sayıları %5'lik dilimin altında, diğer dokuma bükümlü RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin ince yer sayıları ise %95'lik dilimin üzerinde yer almaktadır.

Aynı ipliklerin Uster kalın yer sayılarına bakılacak olursa RA-T iplik tipinin her iki büküm katsayısı değerinde %5'lik dilimin altında, RA-Y örme ipliğin %72 ve dokuma

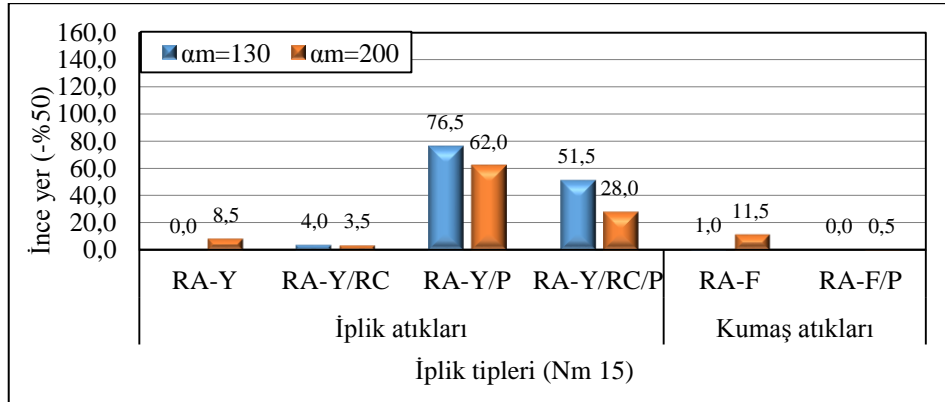
ipliğin %53 dilimlerinde ve RA-F örme ipliğın %53 ve dokuma ipliğın %90 dilimlerinde yer aldığı görülecektir.

Son olarak Uster istatistikleri neps sayıları göz önüne alındığında, RA-T örme bükümlü ipliğın %25'lik dilimde, RA-T dokuma bükümlü ipliğın %5'lik dilimin altında, RA-F örme bükümlü ipliğın %90'lık dilimde, bu iplikler haricindeki diğeri RA-Y örme ve dokuma ve RA-F dokuma bükümlü ipliğın %95'lik dilimin üzerinde kaldıkları görülmüştür.

CVm sonuçlarında olduğu gibi, IPI hatalarında da geri dönüşüm akrilik lif kalitesinin en yüksek olduğu RA-T iplik tipi en düşük ve en iyi IPI hataları değeri göstermiştir. RA-Y iplik tipinin en yüksek kalın yer ve neps sayıları göstermesinin nedeni içerdiği geri dönüşüm akrilik lif tipinin diğeri lif tiplerinden biraz daha kalın olması ve lif kalitesinin daha düşük olmasından kaynaklanmış olabilir.

#### 4.1.2.2 Geri Dönüşüm Akrilik Lifleri ile Karışım Olarak Kullanılan Geri Dönüşüm Pamuk ve Orijinal Poliester Liflerinin IPI Hataları Üzerindeki Etkisi

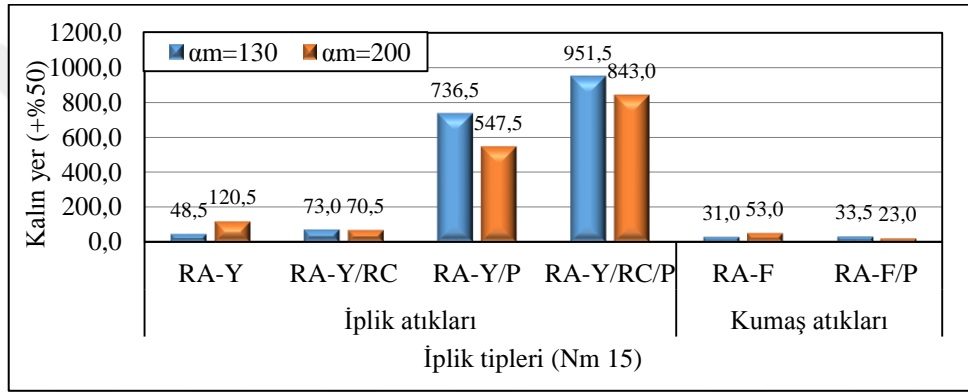
Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin ince yer, kalın yer ve neps hata sayılarını içeren IPI hataları üzerindeki etkilerini gösteren grafikler sırası ile Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.7 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin ince yer hata sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.7'de verilen ince yer sayılarına ait sonuçlar incelendiğinde, en düşük ince yer sayısının RA-F/P iplik tipi için elde edildiği görülmektedir. Kumaş atıklarından elde edilen RA-F lif tipine orijinal poliester lifi karıştırmak ince yer sayılarında iyileşme sağlamıştır.

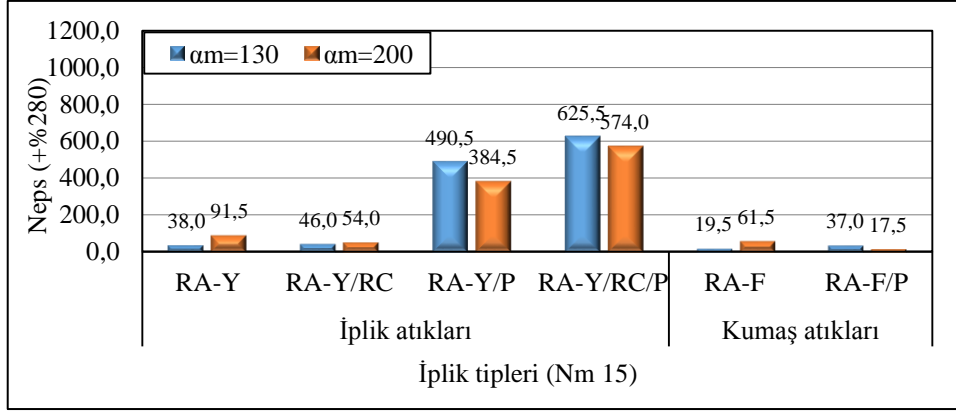
Orijinal poliester lifi RA-F lif tipi ile karışım halinde kullanıldığında ince yer sayısı üzerinde gösterdiği etkiyi RA-Y lifi ile karışım halinde kullanıldığında aynı yönde göstermemiştir. RA-Y ile RA-Y/P ve RA-Y/RC/P ipliklerin ince yer sayılarına ait sonuçlar karşılaştırıldığında, iplik atıklarından elde edilen RA-Y lif tipine orijinal poliester lifi veya orijinal poliester ve geri dönüşüm pamuk liflerini birlikte karıştırmak iplikte ince yer sayılarında artışına sebep olmuştur. Ayrıca RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin ince yer sayıları karşılaştırıldığında iplik atıklarından elde edilen RA-Y lif tipine geri dönüşüm pamuk lifi karıştırmak RA-Y/RC iplik tipinin ince yer sayılarını  $\alpha_m=130$ 'da çok az da olsa arttırırken,  $\alpha_m=200$ 'de az da olsa azaltmıştır.



Şekil 4.8 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kalın yer hata sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.8'de verilen kalın yer sayılarına ait sonuçlar incelendiğinde, en düşük kalın yer sayısının RA-F/P iplik tipi için elde edildiği görülmektedir. Kumaş atıklarından elde edilen RA-F lif tipine orijinal poliester lifi karıştırmak kalın yer sayılarını  $\alpha_m=130$ 'da çok az da olsa arttırırken,  $\alpha_m=200$ 'de azaltarak sonuçlarda iyileşme sağlamıştır. Buna karşın, RA-Y ile RA-Y/P ve RA-Y/RC/P ipliklerin kalın yer sonuçları karşılaştırıldığında, iplik atıklarından elde edilen RA-Y lif tipine orijinal poliester lifi veya orijinal poliester ile geri dönüşüm pamuk liflerini birlikte karıştırmak iplikte kalın yer sayılarının artışına sebep olmuştur. Ayrıca iplik atıklarından elde edilen RA-Y lif tipine geri dönüşüm pamuk lifi karıştırmak RA-Y/RC iplik tipinin kalın yer sayılarını  $\alpha_m=130$ 'da arttırırken,  $\alpha_m=200$ 'de azaltmıştır.



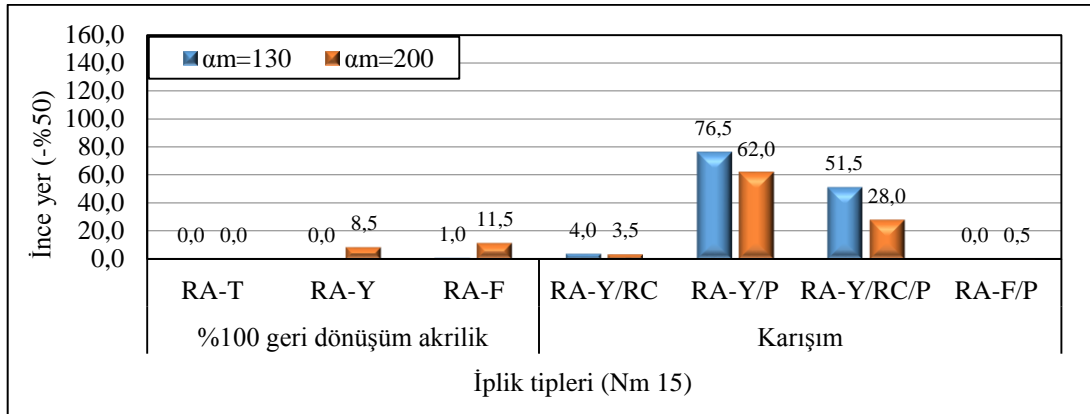


Şekil 4.9 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin neps hata sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.9’da verilen neps sonuçları incelendiğinde, en düşük neps değerinin RA-F/P iplik tipi için elde edildiği görülmektedir. Kumaş atıklarından elde edilen RA-F lif tipine orijinal poliester lifi karıştırmak neps değerini  $\alpha_m=130$ ’da arttırırken,  $\alpha_m=200$ ’de azaltarak sonuçlarda iyileşme sağlamıştır. Buna karşın, RA-Y ile RA-Y/P ve RA-Y/RC/P ipliklerin neps sonuçları karşılaştırıldığında, iplik atıklarından elde edilen RA-Y lif tipine orijinal poliester lifleri veya orijinal poliester ile geri dönüşüm pamuk liflerinin birlikte karıştırılması iplikte nepslerin artışına sebep olmuştur. Ayrıca iplik atıklarından elde edilen RA-Y lifine geri dönüşüm pamuk karıştırmak RA-Y/RC ipliğin neps değerini  $\alpha_m=130$ ’da arttırırken,  $\alpha_m=200$ ’de azaltmıştır.

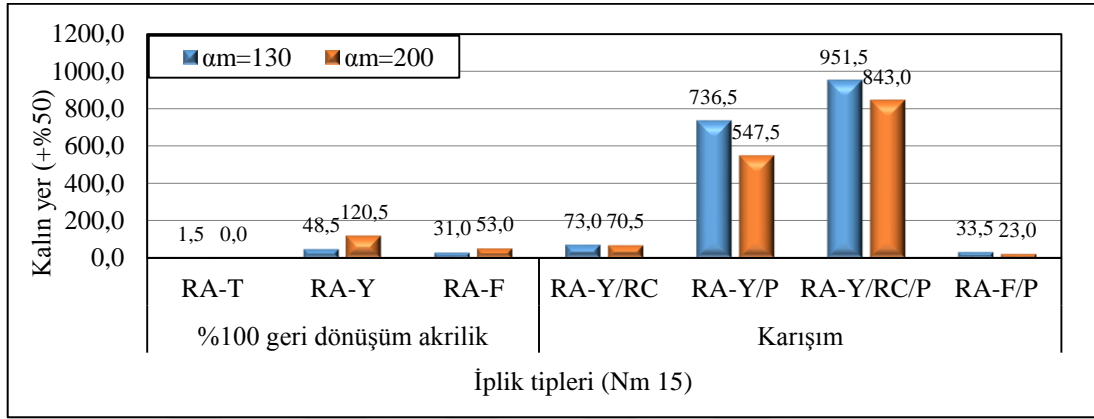
#### 4.1.2.3 Büküm Katsayısının IPI Hataları Üzerindeki Etkisi

Büküm katsayısının ince yer, kalın yer ve neps hata sayıları üzerindeki etkilerini gösteren grafikler sırası ile Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilmiştir.



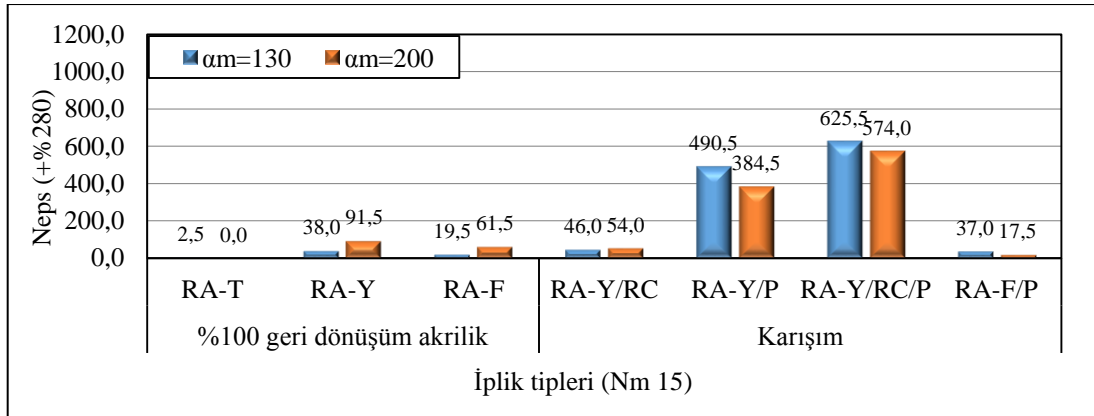
Şekil 4.10 Büküm katsayısının ince yer hata sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.10’da verilen grafikte, büküm katsayısının ince yer değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, büküm katsayısındaki artışın RA-T ipliğinin ince yer sayılarını etkilemezken, RA-Y, RA-F ve RA-F/P ipliklerin ince yer sayılarında artışa neden olduğu, RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P ipliklerinin ince yer sayılarında ise düşüşe neden olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11 Büküm katsayısının kalın yer hata sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.11’de verilen grafikte, büküm katsayısının kalın yer sayıları üzerindeki etkisi incelenecek olursa, büküm katsayısındaki artışın, RA-Y ve RA-F ipliklerinin kalın yer sayısında artışa neden olduğu, RA-T, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P ipliklerinin kalın yer sayılarında ise düşüşe neden olduğu görülmüştür.



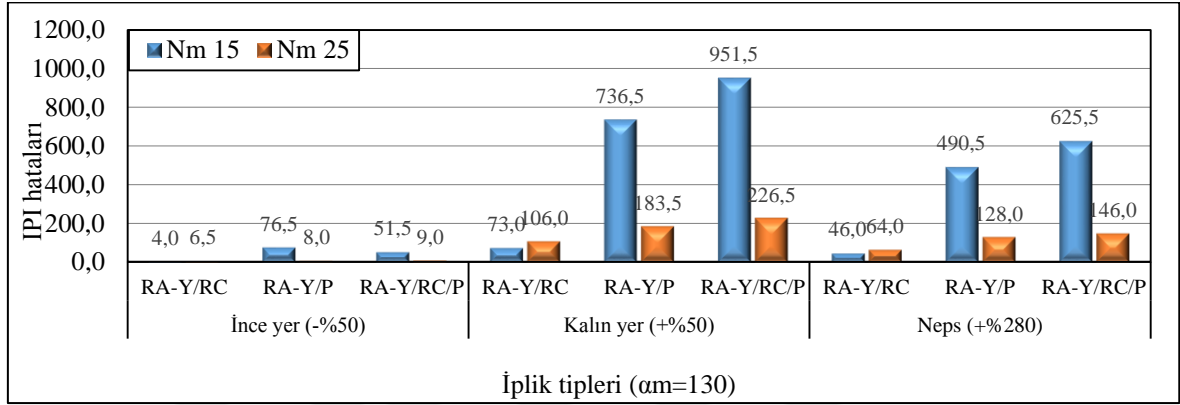
Şekil 4.12 Büküm katsayısının neps hata sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.12’de verilen grafikte, büküm katsayısının neps değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, büküm katsayısındaki artışın, RA-Y, RA-Y/RC ve RA-F ipliklerinde

artışa neden olduğu, RA-T, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P ipliklerinde ise düşüşe neden olduğu görülmüştür.

#### 4.1.2.4 İplik Numarasının IPI Hataları Üzerindeki Etkisi

İplik numarasının IPI hataları üzerindeki etkileri Şekil 4.13’de verilmiştir.

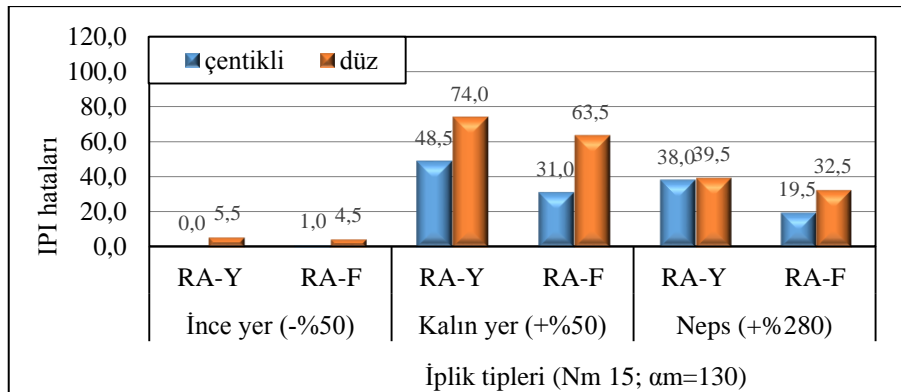


Şekil 4.13 İplik numarasının IPI hataları üzerindeki etkisi

Şekil 4.13’de verilen grafikten, iplik numarasının IPI hataları değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, iplik numarasındaki artışın veya iplik numarasının incelmelerinin RA-Y/RC iplik tipinin IPI hataları değerlerinde çok az miktarda artışa, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin IPI hataları değerlerinde ise azalmaya neden olmuştur. IPI hatalarına ait sonuçlar Cvm sonuçları ile uyumludur.

#### 4.1.2.5 Navel Tipinin IPI Hataları Üzerindeki Etkisi

Navel tipinin IPI hataları üzerindeki etkileri Şekil 4.14’de verilmiştir.



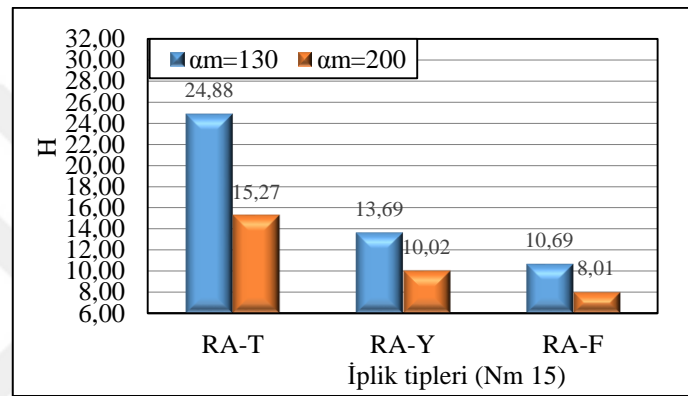
Şekil 4.14 Navel tipinin IPI hataları üzerindeki etkisi

Şekil 4.14’de verilen grafikten, RA-Y ve RA-F ipliklerde navel tipinin IPI hata değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, her iki RA-Y ve RA-F ipliklerde düz navel kullanmanın IPI hatları değerlerinde artışa neden olduğu görülecektir.

#### 4.1.3 Tüylülük (H) Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

##### 4.1.3.1 Geri Dönüşüm Akrilik Lif Tipinin Tüylülük (H) Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lif tipinin tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin H sonuçları üzerinde etkisi

Şekil 4.15’de verilen tüylülük (H) değerleri incelendiğinde, her iki  $\alpha_m$  değerinde tüylülük değerlerinin düşükten (en iyi) yükseğe doğru sırası ile RA-F, RA-Y ve RA-T şeklinde sıralandıkları görülmektedir. Lif kalitesinin en iyi olduğu tops atıklarından elde edilen RA-T iplik en iyi derecede düzgünlük ve IPI hataları gösterirken, tüylülük bakımından özellikle de  $\alpha_m$  değerinin düşük olduğu örme bükümlü iplikte oldukça yüksek değerler göstermiştir. RA-T iplik tipinin H değeri ile RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin H değerleri arasındaki fark oldukça fazla iken, RA-Y ile RA-F iplik tiplerinin H değerleri arasındaki farkın daha az olduğu görülmektedir.

Orijinal pamuk liflerinden elde edilen open end ipliklerin H değerleri ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm akrilik lif tiplerinden üretilen ipliklerin H değerlerinin özellikle de RA-T iplik için oldukça yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Nm 15 numara %100 pamuk open end ipliklerin H değerleri için Uster 2013 Dünya istatistik değerlerine bakılacak olursa, örme bükümlü iplikler %5’lik dilimde 5 ve %95’lik dilimde 8,3 H değerlerini göstermekte, dokuma bükümlü iplikler ise %5’lik dilimde 5,3 ve %95’lik

dilimde 8,4 değerlerini göstermektedir. Uster istatistiklerine göre Nm 15 numara iplik için %100 pamuk open end ipliklerin H değerleri en yüksek 8,4 değerinde olup, dokuma bükümlü RA-T iplik hariç (dokuma bükümlü RA-T iplik H değerinin bulunduğu dilim %85) bu çalışmada elde edilen diğer RA-T örme, RA-Y ve RA-F örme ve dokuma iplik tiplerinin H değerleri %95'lik dilimin üstünde yani standart dışında kalmaktadır.

Uster 2013 Dünya istatistiklerinde verilen H değerlerinden de görüleceği üzere akrilik lifleri ile open end iplik üretildiğinde tüylü iplik yapısı oluşmaktadır. Geri dönüşüm akrilik liflerinin orijinal pamuk liflerinden kalın ve uzun olması ve ipliklerin tüylü olmasını sağlayan çentikli navel kullanılması yüksek H değerleri üzerinde etkili olmuş olabilir. Geri dönüşüm akrilik lifleri daha çok kazak, süeter vs. gibi kışlık üst giyimde kullanıldığı için yüksek tüylülük değerleri talep edilmektedir.

Varyans analiz sonuçları geri dönüşüm akrilik lif tipinin H değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p<0,05$ ). Hangi geri dönüşüm akrilik lif tipine sahip ipliklerin H değerleri arasında fark olduğu tespit etmek için uygulanan SNK çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

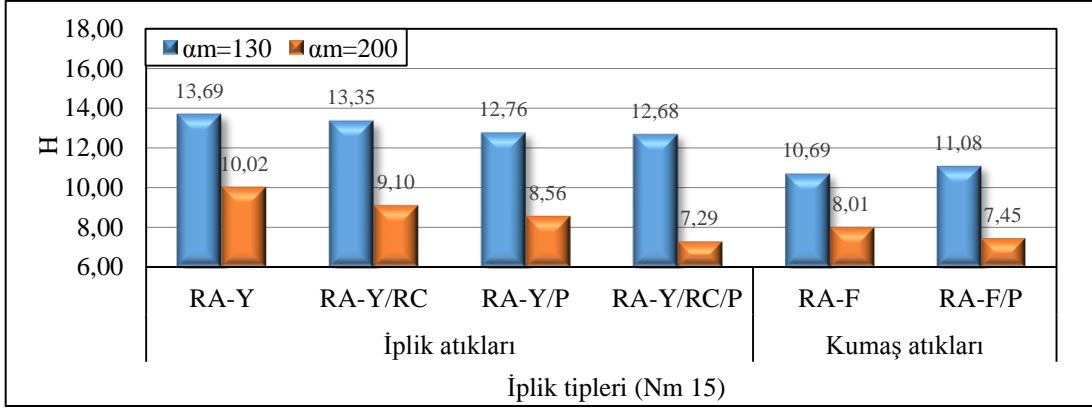
Çizelge 4.4 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin H sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )		
	1	2	3
RA-F	9,35		
RA-Y		11,86	
RA-T			20,08
Önem seviyesi	1,00	1,00	1,00

Çizelge 4.4'de verilen SNK test sonuçlarından görüleceği üzere geri dönüşüm akrilik lif tipi etkisine göre H değerleri üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bu sonuca göre, üç farklı tipte geri dönüşüm akrilik lif içeren tüm iplik tiplerinin H değerleri arasında fark bulunduğunu göstermektedir.

#### **4.1.3.2 Geri Dönüşüm Akrilik Lifleri ile Karışım Olarak Kullanılan Geri Dönüşüm Pamuk ve Orijinal Poliester Liflerinin Tüylülük (H) Sonuçları Üzerindeki Etkisi**

Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin H sonuçları üzerindeki etkisi

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk (RC) lifinin H değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin H değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk lifinin karışım olarak kullanılması H değerlerini her iki büküm katsayısı değerlerinde ( $\alpha_m=130$  ve  $\alpha_m=200$ ) sırası ile %2,5 ve %9,2 oranlarında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-Y ve RA-Y/RC iplik tiplerinin H değerleri arasındaki istatistiksel fark  $\alpha_m=130$  için anlamlı olarak bulunamazken ( $p>0,05$ ),  $\alpha_m=200$  için anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin H değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin H değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması H değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %6,8 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %14,6 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin H değerleri arasındaki istatistiksel farklar anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine % 20 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk lifinin ve %30 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin H değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin H değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karışım olarak kullanılması H değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %7,4 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %27,2 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin H değerleri arasındaki istatistiksel farklar anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Son olarak kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-F) lif tipine %50 oranında karıştırılan orjinal poliester (P) lifinin H değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-F ile RA-F/P iplik tiplerinin H değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması H değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %3,6 oranında arttırmış,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %7 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-F ve RA-F/P iplik tiplerinin H değerleri arasındaki istatistiksel fark her iki  $\alpha_m$  değeri için anlamlı olarak elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Şekil 4.16'da verilen H sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde ve yukarıda belirtildiği gibi, RA-Y lif tipine geri dönüşüm pamuk, orijinal poliester ve her iki lifin birlikte karıştırılması ipliklerin tüylülük (H) değerlerinde özellikle de dokuma bükümlü ipliklerde düşüşe yani iyileşmeye neden olmuştur. Aynı şekilde, RA-F lif tipine orjinal poliester lifi karıştırmak dokuma bükümlü ( $\alpha_m=200$ ) ipliğin tüylülük değerinde az miktarda iyileşme sağlamıştır. Geri dönüşüm akrilik liflerinin geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinden uzun olması, bir önceki bölümde de belirtildiği gibi, geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 olarak kullanılması ile elde edilen ipliklerin tüylülük değerlerinin oldukça yüksek olmasına neden olmuştur. Uster 2013 istatistiki değerlerinden ve yukarıda ifade edildiği gibi pamuk liflerinden veya kesikli poliester liflerinden elde edilen ipliklerin tüylülük değerleri akrilik liflerinden elde edilen ipliklere göre oldukça düşüktür. Bu nedenle, geri dönüşüm akrilik liflerine gerek pamuk gerekse poliester lifleri karıştırarak bu ipliklerin tüylülük değerleri iyileştirilebilmektedir.

Varyans analizi sonuçları gerek geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin H değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p<0,05$ ). Geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin karışım olarak kullanılmasının hangi iplik tiplerinin H değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermek için, RA-Y, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P, RA-F, RAF/P iplik tiplerinin H değerleri arasında uygulanan SNK testi sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5'de verilen SNK test sonuçları, incelenen geri dönüşüm akrilik iplik tipleri için, H değerlerinin beş farklı gruba ayrıldığını göstermektedir. Kumaş atıklarının %100 olarak kullanıldığı RA-F iplik ile, orijinal poliester lifleri içeren RA-F/P ipliklerin H değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken, RA-Y iplik ile orijinal poliester liflerinin karıştırıldığı RA-Y/P iplik, geri dönüşüm pamuk karıştırılan RA-Y/RC ve geri dönüşüm

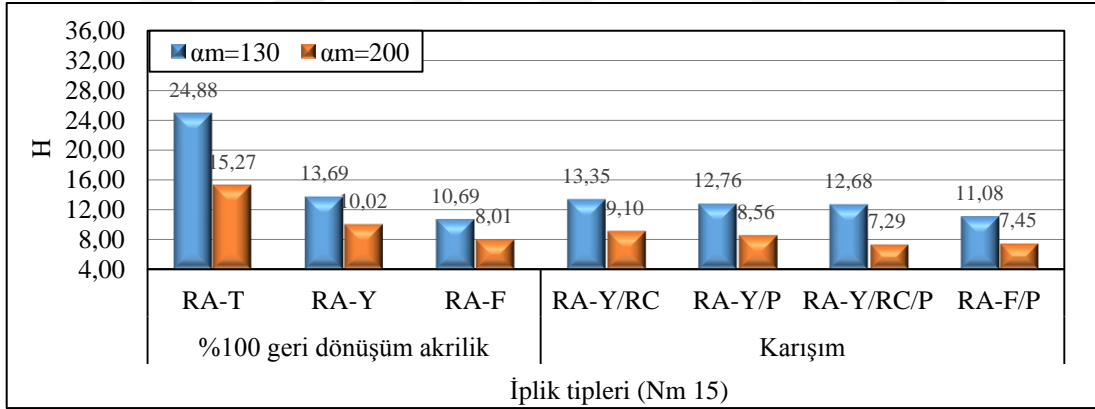
pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karıştırıldığı RA-Y/RC/P ipliklerin H değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.5 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin H sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

İplik tipi	Farklı olan gruplar (p<0,05)				
	1	2	3	4	5
RA-F/P	9,26				
RA-F	9,35				
RA-Y/RC/P		9,99			
RA-Y/P			10,66		
RA-Y/RC				11,22	
RA-Y					11,86
Önem seviyesi	0,271	1,00	1,00	1,00	1,00

#### 4.1.3.3 Büküm Katsayısının Tüylülük (H) Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Büküm katsayısının tüylülük (H) sonuçları üzerindeki etkisi grafik Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17 Büküm katsayısının H sonuçları üzerindeki etkisi

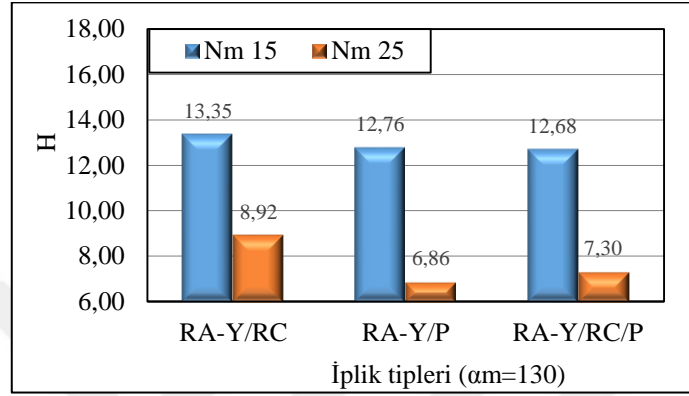
Şekil 4.17'de verilen grafikte büküm katsayısının H değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, büküm katsayısındaki artışın tüm farklı malzeme tipi içeren ipliklerin tüylülük değerlerinde düşüşe neden olduğu görülecektir. t-testi sonuçlarına göre, iki farklı büküm katsayısına sahip ipliklerin H değerleri arasındaki fark tüm incelenen RA-T, RA-Y, RA-F, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P iplik tipleri için anlamlı olarak bulunmuştur (p<0,05). Düşük büküm katsayısına sahip ipliklerde lifler ipliğe daha gevşek



bir şekilde tutunduğu için bu ipliklerde liflerin iplik yapısından dışarı çıkma olasılığı artmış olabilir [60].

#### 4.1.3.4 İplik Numarasının Tüylülük (H) Sonuçları Üzerindeki Etkisi

İplik numarasının H tüylülük sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.18’de verilmiştir.

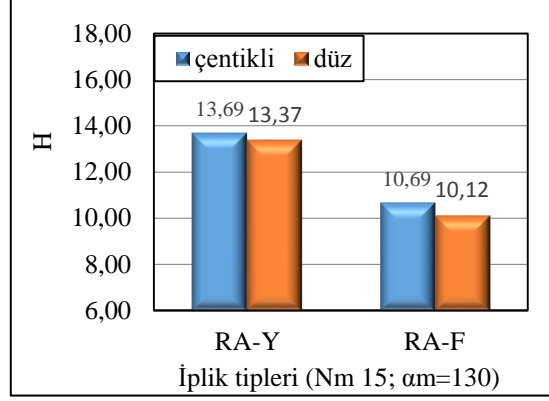


Şekil 4.18 İplik numarasının H sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.18’de verilen grafikten, iplik numarasının H değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, iplik numarasındaki artışın veya iplik numarasının incelmesinin RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin H değerlerinde oldukça fazla miktarda azalmaya neden olduğu görülecektir. İplik numarasındaki artışın RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin H değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı iplik numarasındaki ipliklerin H değerleri arasındaki fark RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin tümü için anlamlı olarak elde edilmiştir ( $p<0,05$ ). Kalın iplik numaralarının daha yüksek tüylülük sonuçları göstermesi geri dönüşüm pamuk lifleri içeren open end ipliklerin özellikleri ile ilgili yapılan Halimi, Azzouz, Hassen ve Sakli (2009) [38] ve El-Nouby (2007) [35] tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda H sonuçları ile de uyumludur. Her iki çalışmada daha kalın numaralardaki geri dönüşüm iplikler daha ince numaradaki ipliklerden daha yüksek H değerleri göstermiştir. Bu sonucun nedeni olarak kesitinde daha fazla lif sayısına sahip kalın iplikte lif uçlarının dışarı çıkma olasılığının daha yüksek olması gösterilebilir [60].

#### 4.1.3.5 Navel Tipinin Tüylülük (H) Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Navel tipinin H tüylülük sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19 Navel tipinin H sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.19’da verilen grafikten RA-Y ve RA-F ipliklerde navel tipinin H değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, her iki RA-Y ve RA-F ipliklerde düz navel kullanmanın beklenildiği gibi, H değerlerinde düşüşe neden olduğu görülecektir. Çentikli navellerin pürüzlü yüzeyi iplik tüylülük değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Çentikli veya düz navel tipi kullanmanın RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin H değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı navel tipi kullanılarak üretilen ipliklerin H değerleri arasındaki fark RA-Y için anlamlı bulunmaz iken, RA-F iplikler için anlamlı olarak bulunmuştur. Navel tipinin geri dönüşüm pamuk lifleri içeren open end ipliklerin tüylülük özellikleri üzerindeki etkisinin incelendiği Hasani ve Tabatabaei (2011) [40] ile Kaplan ve Göktepe (2006) [36] tarafından gerçekleştirilen iki çalışma sonuçlarında da bu çalışmada olduğu gibi çentikli navel kullanmak ipliklerin H değerlerini artırmıştır.

#### 4.2 Mukavemet ve Kopma Uzaması Test Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Uster Tensorapid 3 test cihazında ölçülen tüm geri dönüşüm akrilik iplik tiplerine ait mukavemet (Rkm), kopma uzaması (%), kopma zamanı (s), kopma kuvveti (gf) ve kopma işi (gf.cm) sonuçlarından oluşan iplik mekanik özellikleri Çizelge 4.6’ da verilmiştir.

Çizelgede verilen mekanik test sonuçlarından mukavemet (Rkm) ve kopma uzaması (%) sonuçlarının analizleri yapılmıştır.

Çizelge 4.6 Geri dönüşüm akrilik ipliklerinin mekanik özelliklerine ait test sonuçları

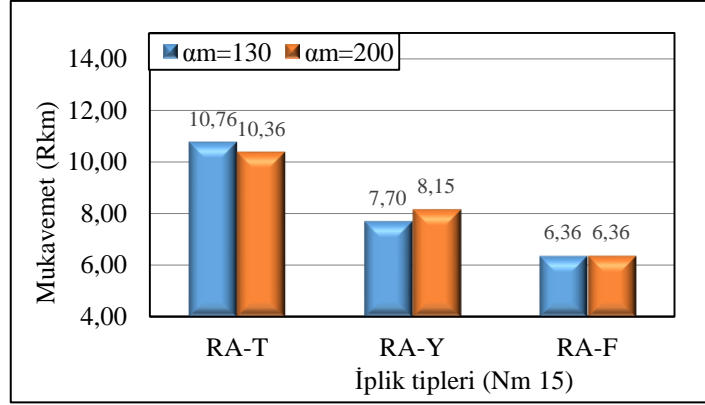
No	Nm	$\alpha_m$	Navel tipi	Lif içeriği	Mukavemet (Rkm)	Kopma uzaması (%)	Kopma zamanı (s)	Kopma kuvveti (gf)	Kopma işi (gf.cm)
1	15	130	çentik	RA-T	10,76 (0,83)	20,09 (1,28)	1,2	706,1 (54,5)	4422,8 (530,0)
2				RA-Y	7,70 (0,57)	13,85 (1,15)	0,8	505,3 (37,1)	2229,4 (302,1)
3				RA-Y/RC	7,32 (0,77)	10,37 (0,96)	0,6	480,1 (50,5)	1581,5 (298,9)
4				RA-Y/P	13,08 (1,07)	14,93 (1,09)	0,9	858,2 (70,3)	3311,4 (460,5)
5				RA-Y/RC/P	10,22 (0,85)	14,27 (1,07)	0,9	670,9 (56,0)	2675,1 (410,7)
6				RA-F	6,36 (0,59)	14,91 (1,41)	0,9	417,5 (38,9)	2119,1 (357,3)
7				RA-F/P	11,40 (0,88)	17,75 (1,09)	1,1	747,9 (58,1)	3933,0 (436,1)
8				düz	RA-Y	8,16 (0,94)	14,31 (1,60)	0,9	535,4 (61,9)
9		RA-F	6,24 (0,68)		15,43 (1,29)	0,9	409,5 (44,6)	2137,6 (369,1)	
10		200	çentik	RA-T	10,36 (0,80)	19,38 (2,29)	1,2	765,1 (58,9)	4567,8 (790,0)
11				RA-Y	8,15 (0,66)	14,89 (1,52)	0,9	535,0 (43,0)	2521,9 (425,0)
12				RA-Y/RC	7,92 (0,75)	9,63 (0,69)	0,6	519,9 (49,5)	1437,3 (231,7)
13				RA-Y/P	12,05 (0,99)	16,15 (1,09)	1,0	790,7 (65,0)	3285,9 (474,2)
14				RA-Y/RC/P	9,70 (0,79)	14,06 (1,26)	0,8	636,4 (51,9)	2501,0 (413,6)
15				RA-F	6,36 (0,53)	14,12 (1,55)	0,9	417,0 (34,6)	1906,8 (360,6)
16				RA-F/P	10,34 (0,74)	16,55 (1,51)	1,0	678,5 (48,9)	3424,0 (504,9)
17	25			130	çentik	RA-Y/RC	8,02 (0,81)	7,58 (0,58)	0,5
18		RA-Y/P	14,14 (2,05)			13,61 (1,49)	0,8	556,6 (80,8)	2034,4 (433,2)
19		RA-Y/RC/P	12,51 (1,04)			12,17 (1,01)	0,7	492,7 (40,9)	1704,5 (272,6)

\*Standart sapma değerleri parantez içinde verilmiştir.

#### 4.2.1 Mukavemet Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

##### 4.2.1.1 Geri Dönüşüm Akrilik Lif Tipinin Mukavemet Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Ger i dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.20’de verilen mukavemet değerleri incelendiğinde, her iki  $\alpha_m$  değerinde mukavemet değerlerinin yüksekten (en iyi) düşük değere doğru sırası ile RA-T, RA-Y ve RA-F şeklinde sıralandıkları görülmektedir. Düzgünsüzlük sonuçlarında olduğu gibi, en iyi mukavemet değerleri lif kalitesinin nispeten en iyi olduğu tops atıklarından elde edilen RA-T iplik tipi için elde edilmiştir. Orijinal akrilik lif kalitesine en yakın kalitedeki akrilik tops atıklarından elde edilen RA-T iplik tipinin mukavemet değerleri referans olarak alındığında, RA-Y ipliklerinin mukavemet değerleri  $\alpha_m=130$  için %28,4 ve  $\alpha_m=200$  için %21,3 oranlarında, aynı şekilde RA-F ipliklerinin mukavemet değerleri ise  $\alpha_m=130$  için %40,9 ve  $\alpha_m=200$  için %38,6 oranlarında RA-T ipliklerinin mukavemet değerlerinden daha düşük olarak elde edilmiştir. RA-T iplik tipinin mukavemet değeri ile RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki fark yüksek iken, RA-Y ile RA-F iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki farkın daha az olduğu görülmektedir. RA-T iplik tipinin en yüksek mukavemet değeri göstermesi içerdiği geri dönüşüm akrilik lif tipinin diğer geri dönüşüm akrilik lif tiplerine göre daha iyi kalitede olması ile açıklanabilmektedir. RA-T lif tipinin özellikle ince yapıda olması liflerin daha iyi büküm alarak birbirine tutunmasını sağlayarak iplik mukavemetini artırmış olabilir. RA-T ipliklerin en yüksek mukavemet değeri göstermesinin diğer bir nedeni de bu ipliklerin düzgünsüzlük değerlerinin en iyi olması ile açıklanabilir. Düzgün ipliklerde zayıf nokta bulma olasılığı azalmaktadır. RA-Y ve RA-F ipliklerin üretildiği tekstil atıkları lif şeklinde olmadığı için bu atıklar açılması için yoğun mekanik açma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Ayrıca içlerinde barındırdıkları farklı lif çeşitlerinden veya mekanik işlemlerden dolayı RA-Y ve RA-F geri dönüşüm liflerinin RA-T lifine göre daha düzensiz bir yapısı bulunmaktadır. Bu nedenle RA-Y ve RA-T

liflerinden üretilen iplik tipleri için daha düşük ve birbirine daha yakın mukavemet değerleri elde edilmiştir.

Varyans analiz sonuçları geri dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p<0,05$ ). Farklı geri dönüşüm akrilik lif tipi içeren ipliklerin mukavemet değerlerinden hangileri arasında fark olduğunu tespit etmek için uygulanan SNK çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )		
	1	2	3
RA-F	6,36		
RA-Y		7,93	
RA-T			10,56
Önem seviyesi	1,00	1,00	1,00

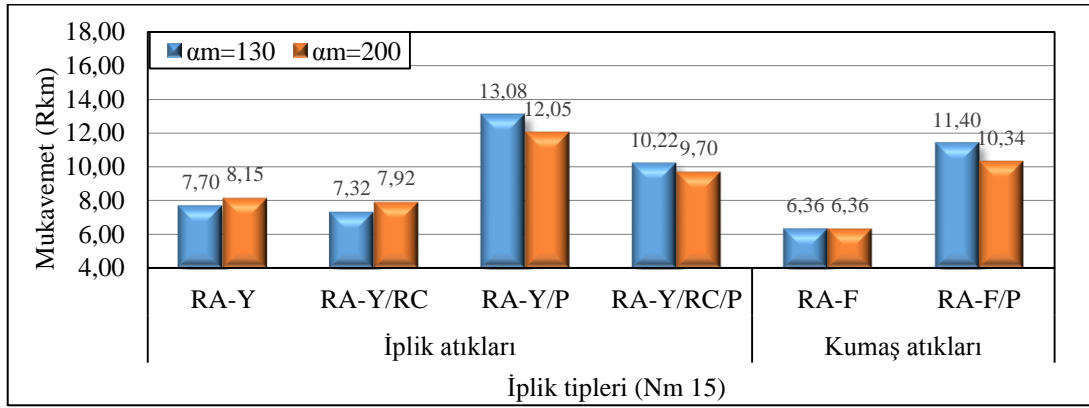
Çizelge 4.7’de verilen SNK test sonuçlarına göre, geri dönüşüm akrilik lif tipi için mukavemet değerleri üç farklı gruba ayrılmaktadır. Bu sonuç, üç farklı tipte geri dönüşüm akrilik lif içeren tüm iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasında fark bulunduğunu göstermektedir.

Geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 olarak kullanıldığı bu iplik tiplerinin mukavemet değerleri yine orijinal pamuk iplikler için Uster Dünya istatistik değerlerinde verilen mukavemet değerleri ile karşılaştırılacak olursa, geri dönüşüm akrilik iplik tiplerinin mukavemet değerlerinin biraz düşük olduğu görülecektir. Nm 15 numara % 100 pamuk open end ipliklerin mukavemet değerleri için Uster 2013 Dünya istatistik değerlerine bakılacak olursa, örme bükümlü iplikler %5’lik dilimde 12,9 cN/tex (12,33 rkm) ve %95’lik dilimde 9,2 cN/tex (9,38 rkm) mukavemet değerlerini göstermekte, dokuma bükümlü iplikler ise %5’lik dilimde 15,5 cN/tex (15,81 rkm) ve %95’lik dilimde 11,1 cN/tex (11,32 rkm) mukavemet değerlerini göstermektedir. Uster istatistiklerine göre, RA-T örme bükümlü ipliğin mukavemet değeri %57’lik dilimde yer alırken, diğer RA-T dokuma bükümlü ipliğin ve RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin mukavemet değerleri her iki büküm katsayısı değerinde de %95’lik dilimin altında kalmaktadır. Bu sonuca göre, geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 kullanılmasıyla elde edilen geri dönüşüm akrilik iplikler düzgünlük bakımından

dünya istatistiklerindeki kaliteye ulaşabilirken, tüylülük ve mukavemet bakımından dünya istatistikleri kalitesi altında kalmaktadır. Bu nedenle, geri dönüşüm akrilik liflerine poliester gibi mukavemeti yüksek liflerin ilave edilmesi iplik mukavemetini yükseltmede faydalı olacaktır.

#### 4.2.1.2 Geri Dönüşüm Akrilik Lifleri ile Karışım Olarak Kullanılan Geri Dönüşüm Pamuk ve Orijinal Poliester Liflerinin Mukavemet Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk (RC) lifinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin mukavemet değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk lifinin karışım olarak kullanılması mukavemet değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %4,9 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %2,8 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-Y ve RA-Y/RC iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki istatistiksel fark  $\alpha_m=130$  için anlamlı bulunmuş ( $p<0,05$ ),  $\alpha_m=200$  için ise anlamlı olarak bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması mukavemet değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde

%69,9 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %32,4 oranında arttırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki istatistiksel farklar anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine % 20 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk lifinin ve %30 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karışım olarak kullanılması mukavemet değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %32,7 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %19,0 oranında arttırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki istatistiksel fark  $\alpha_m=130$  için anlamlı bulunmuş ( $p<0,05$ ),  $\alpha_m=200$  için ise anlamlı olarak bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

Son olarak kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-F) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-F ile RA-F/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması mukavemet değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %79,2 oranında,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %62,6 oranında arttırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-F ve RA-F/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki istatistiksel fark her iki  $\alpha_m$  değeri için anlamlı olarak elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester lifleri içeren geri dönüşüm ipliklerin mukavemet sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, poliester lifinin hem RA-Y hem de RA-F iplik tiplerinin mukavemet değerleri üzerinde pozitif olarak oldukça etkili olduğu ve bu ipliklerin mukavemet değerlerini %30 ile %80 arasında artırdığı sonucu elde edilmiştir. Geri dönüşüm pamuk liflerinin ise mukavemet üzerinde etkisinin daha düşük derecede ve negatif yönde olduğu görülmüştür. Lif mukavemeti iplik mukavemetini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir. Beklenildiği üzere, yüksek mukavemetli lif yüksek mukavemetli iplik anlamına gelmektedir [61]. Akrilik, pamuk ve poliester lifleri sırası ile 2,2-4,4 cN/dtex, 2,6-4,3 cN/dtex ve 3,8-5,3 cN/dtex mukavemet değerlerine sahiptir [9]. Poliester lifinin mukavemetinin akrilik lifinin ve pamuk lifinin mukavemetinden yüksek olması içerdiği geri dönüşüm ipliklerin mukavemet değerlerini oldukça fazla derecede arttırmıştır. Özellikle RA-F ipliklerdeki akrilik lif tipi RA-Y ipliklerdeki akrilik lif tipine göre daha düşük kalitede ve

kısa olduğu için, RA-F ipliklerin düşük mukavemet değerleri orijinal poliester lifleri ile iyileştirilmiş olmaktadır.

%100 open end pamuk iplikler için verilen Uster Dünya istatistikî değerlerine göre, %100 RA-Y lifi kullanılarak üretilen RA-Y iplik tipinin mukavemet değerleri her iki büküm katsayısı değerinde %95'lik dilimin üzerinde yer alırken, RA-Y lifine orijinal poliester lifi karıştırıldığında elde edilen RA-Y/P iplik tipinin mukavemet değerleri örme büküm için %7 ve dokuma için %78 ve RA-Y/RC/P örme bükümlü ipliğin mukavemet değeri %72 gibi üst seviyelere çıkarak dünya standart seviyelerine ulaşmıştır.

Benzer şekilde %100 RA-F lifi kullanılarak üretilen RA-F iplik tipinin mukavemet değerleri her iki büküm katsayısı değerinde yine %95'lik dilimin üzerinde yer alırken, RA-F lifine orijinal poliester lifi karıştırıldığında elde edilen RA-F/P iplik tipinin mukavemet değerleri örme büküm için %41 gibi oldukça yüksek seviyelere çıkarak dünya standart seviyesini yakalamıştır.

Varyans analizi sonuçları geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan liflerin (geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester) mukavemet değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p<0,05$ ). Geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin karışım olarak kullanılmasının hangi iplik tiplerinin mukavemet değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermek için, RA-Y, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P, RA-F, RAF/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasında uygulanan SNK testi sonuçları Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin mukavemet üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

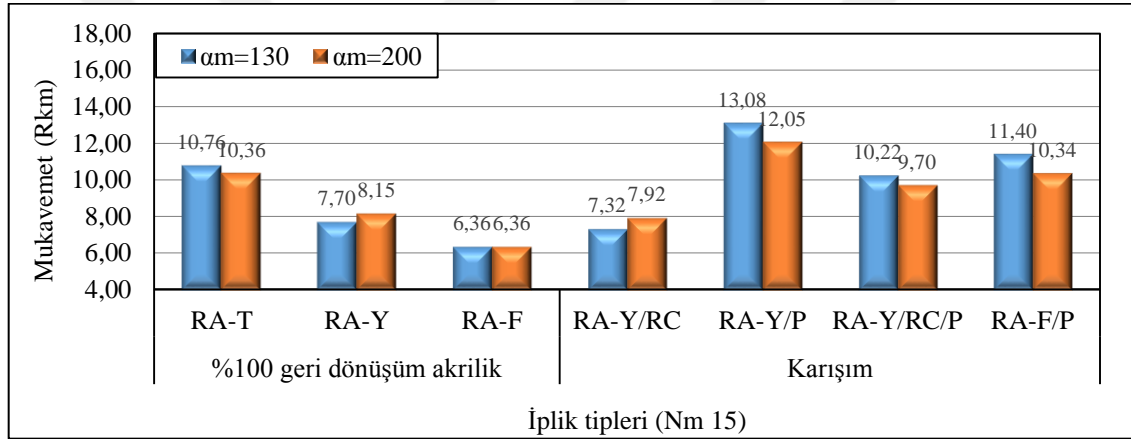
İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )					
	1	2	3	4	5	6
RA-F	6,36					
RA-Y/RC		7,62				
RA-Y			7,93			
RA-Y/RC/P				10,01		
RA-F/P					10,87	
RA-Y/P						12,57
Önem seviyesi	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



Çizelge 4.8’de verilen SNK test sonuçlarına göre, incelenen geri dönüşüm akrilik iplik tiplerinin mukavemet değerleri altı farklı gruba ayrılmaktadır. Bu sonuç, farklı malzeme içeren tüm incelenen iplik tiplerinin mukavemet değerleri arasındaki istatistiksel olarak önemli farklar bulunduğunu göstermektedir. Tüm farklı malzeme içeren iplikler içinde en düşük mukavemet değerini lif kalitesinin en düşük olduğu kazak atıklarından elde edilen RA-F iplik göstermiştir. En yüksek mukavemet değeri ise lif kalitesinin daha iyi olduğu iplik atıklarından elde edilen akrilik lif tipine poliester lifinin karıştırılması ile üretilen RA-Y/P iplik için elde edilmiştir.

#### 4.2.1.3 Büküm Katsayısının Mukavemet Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Büküm katsayısının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22 Büküm katsayısının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.22’de verilen grafiğe göre, büküm katsayısındaki artış RA-Y ve RA-Y/RC iplik tiplerinde mukavemet değerlerinde artışa, RA-F ipliğinde de sabit kalmasına ve beklenenin aksine RA-T, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P ipliğın mukavemet değerlerinde çok az miktarda düşüşe neden olmuştur.

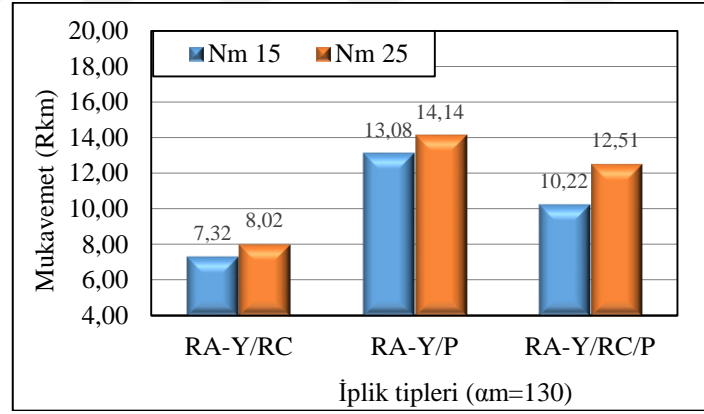
Büküm katsayısındaki artışın incelenen iplik tiplerinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı büküm katsayısına sahip ipliklerin mukavemet değerleri arasındaki fark RA-T, RA-Y, RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-F/P iplik tipleri için anlamlı olarak bulunmuş ( $p < 0,05$ ), buna karşın RA-Y/RC/P ve RA-F iplik tipleri için anlamlı bulunamamıştır ( $p > 0,05$ ).

Gerek orijinal liflerden üretilen [66-69] gerekse tekstil atıklarından [34] üretilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili birçok çalışma sonuçlarında da belirtildiği gibi, belirli

bir seviyeye kadar olan büküm artışının iplik mukavemetine pozitif etkisi olduğu bilinmektedir. Büküm artışı lif sürtünmesini artırmakta ve dolayısı ile liflerin birbirine daha iyi tutunmasını sağlayarak mukavemete katkı sağlamaktadır [66,69]. Bu çalışmada diğer araştırmacılardan farklı olarak büküm katsayısının geri dönüşüm akrilik lifleri içeren ipliklerin mukavemet üzerinde RA-Y ve RA-Y/RC iplik tipleri dışındaki diğer iplik tiplerinin mukavemeti üzerinde pozitif etkisi bulunamamıştır. Bu sonucun nedeninin geri dönüşüm liflerinin düzensiz yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Büküm katsayısı artışının RA-T, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P iplik tiplerinin mukavemet değerlerini düşürmesinin bir diğer nedeni de büküm katsayısının biraz yüksek olmasından kaynaklanmış olabilir. Dokuma ipliklerde büküm katsayısı  $\alpha_m=200$  ( $\alpha_e=6,6$ ) değerinde yani biraz olması gerekenden yüksek olarak seçilmiştir. Yüksek büküm katsayılarında lifler büküm açısı ile daha gevşek bir temas yapmakta ve sonuç olarak iplik kopuşları artmakta ve iplik mukavemeti düşürmektedir [66].

#### 4.2.1.4 İplik Numarasının Mukavemet Sonuçları Üzerindeki Etkisi

İplik numarasının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.23’de verilmiştir.



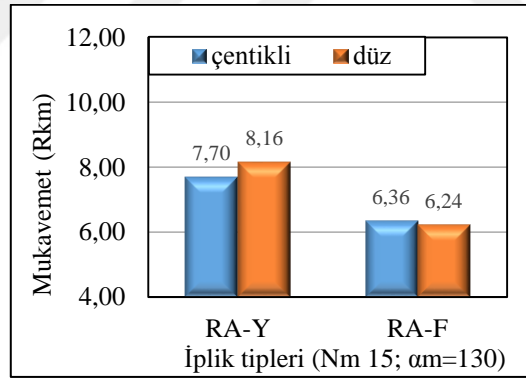
Şekil 4.23 İplik numarasının mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.23’de verilen grafikten, iplik numarasının mukavemet değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, iplik numarasındaki artışın veya iplik numarasının incelmesinin RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin mukavemet değerlerinde artmasına neden olmuştur. İplik numarasındaki artışın RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı iplik numarasındaki ipliklerin mukavemet değerleri arasındaki fark RA-Y/RC ve RA-Y/RC/P iplik tipleri için anlamlı olarak elde edilirken, RA-Y/P iplik tipi için anlamlı

sonuç elde edilememiştir. Uster tarafından yayınlanan raporda [60] iplik numarasının iplik mukavemeti üzerinde etkisinin olmadığı belirtilse de, birçok bilimsel yayınlarda [66,69-70] iplik numarası kalınlaştıkça iplik mukavemeti artış göstermiştir. Kalın numara ipliklerin kesitinde daha fazla sayıda lif olduğu için iplik mukavemetine daha fazla sayıda lif katkıda bulunmakta ve ayrıca kalın ipliklerde zayıf nokta bulma olasılığı da azalmaktadır. Bu çalışmada, ince ipliklerin daha yüksek mukavemet değerleri göstermesi ince iplikler için daha düşük CVM değerleri elde edilmesi ve ince ipliklerin üretiminde daha küçük rotor çaplarının (ince iplik: 43 mm ve kalın iplik: 66 mm rotor çapları) kullanılması gibi nedenlerden kaynaklanmış olabilir. Literatürde ve birçok çalışma sonuçlarında belirtildiği gibi, küçük rotor çapları kullanımının iplik mukavemetini üzerinde artırıcı etkisi bulunmaktadır [39, 61-62,71]. Küçük rotor çapları ipliği kemer gibi sıkıca sardığı için iplik mukavemeti üzerinde pozitif etkisi bulunan sarmal lif sayısının artışına neden olarak iplik mukavemetini artırmaktadır [61].

#### 4.2.1.5 Navel Tipinin Mukavemet Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Navel tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.24’de verilmiştir.



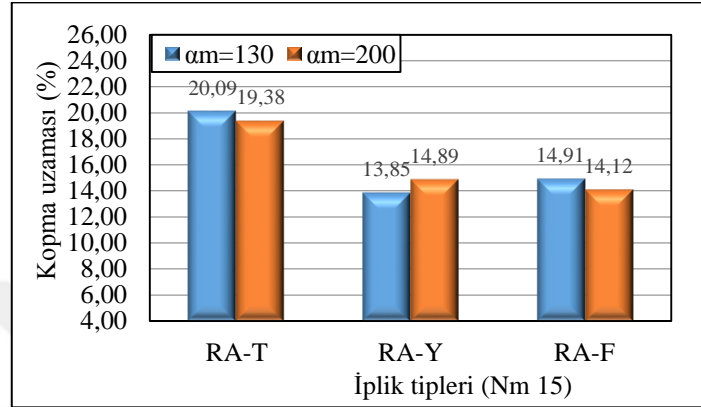
Şekil 4.24 Navel tipinin mukavemet sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.24’de verilen grafikten RA-Y ve RA-F ipliklerde navel tipinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, her iki RA-Y ve RA-F ipliklerde düz navel kullanmanın mukavemet değerlerinde düşüşe neden olduğu görülecektir. Çentikli veya düz navel tipi kullanmanın RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin mukavemet değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı navel tipi kullanılarak üretilen ipliklerin mukavemet değerleri arasındaki fark RA-Y ve RA-F iplikleri için anlamlı olarak bulunmamıştır.

## 4.2.2 Kopma Uzaması Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

### 4.2.2.1 Geri Dönüşüm Akrilik Lif Tipinin Kopma Uzaması Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.25’de verilmiştir.



Şekil 4.25 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması sonuçları üzerinde etkisi

Şekil 4.25’de verilen kopma uzaması değerleri incelendiğinde,  $\alpha_m=130$  değerinde kopma uzaması değerlerinin yüksekte düşüğe doğru sırası ile RA-T, RA-F ve RA-Y şeklinde,  $\alpha_m=200$  değerinde ise RA-T, RA-Y ve RA-F şeklinde sıralandıkları görülmektedir. En yüksek kopma uzaması değerleri lif kalitesinin nispeten en iyi olduğu tops atıklarından elde edilen RA-T iplik tipi için elde edilmiştir. Bu sonuç mukavemet sonuçları ile uyumludur. Yüksek mukavemetli ipliklerde kopma uzama değerleri de artış göstermektedir. RA-T ipliklerinin yüksek kopma uzaması değerleri göstermesi içerdiği geri dönüşüm malzemesinin daha öncede belirtildiği gibi akrilik dışında yapısında fazla miktarlarda farklı cinslerde lifler barındırmamasından kaynaklanmış olabilir. Akrilik lifinin kopma uzaması değeri, akrilik tekstil atıklarının içermesi muhtemel diğer pamuk (%3-7), viskoz (%18-24), poliester (%20-32) vs. gibi liflerin kopma uzaması değerleri ile karşılaştırıldığında, akrilik liflerinin %25-50 arasında değişen oldukça yüksek kopma uzaması değerlerine sahip olduğu bilinmektedir [9]. Bu nedenle, Çizelge 3.7’de verildiği gibi, %80 akrilik lif içeriği ile RA-T lif tipi yapısında diğer lif cinsleri barındırma olasılığı daha düşük olduğu için RA-T iplik tipi akrilik liflerinin sahip olduğu yüksek kopma uzaması değerlerini yansıtmış olabilir. Orijinal akrilik lif kalitesine en yakın kalitedeki akrilik tops atıklarından elde edilen RA-T iplik tipinin kopma uzaması değerleri referans olarak alındığında, RA-Y ipliklerinin kopma

uzaması değerleri  $\alpha_m=130$  için %31,1 ve  $\alpha_m=200$  için %23,2 oranlarında, aynı şekilde RA-F ipliklerinin kopma uzaması değerleri ise  $\alpha_m=130$  için %25,8 ve  $\alpha_m=200$  için %27,1 oranlarında RA-T ipliklerinin kopma uzaması değerlerinden daha düşük olarak elde edilmiştir. RA-T iplik tipinin kopma uzaması değeri ile RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasındaki fark oldukça fazla iken, RA-Y ile RA-F iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasındaki farkın daha az olduğu görülmektedir.

Varyans analiz sonuçları geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması değerleri üzerinde anlamlı etkiye sahip olduğunu göstermiştir ( $p<0,05$ ). Hangi geri dönüşüm akrilik lif tipine sahip ipliklerin kopma uzaması değerleri arasında fark olduğu tespit etmek için uygulanan SNK çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )	
	1	2
RA-Y	14,37	
RA-F	14,52	
RA-T		19,74
Önem seviyesi	0,430	1,00

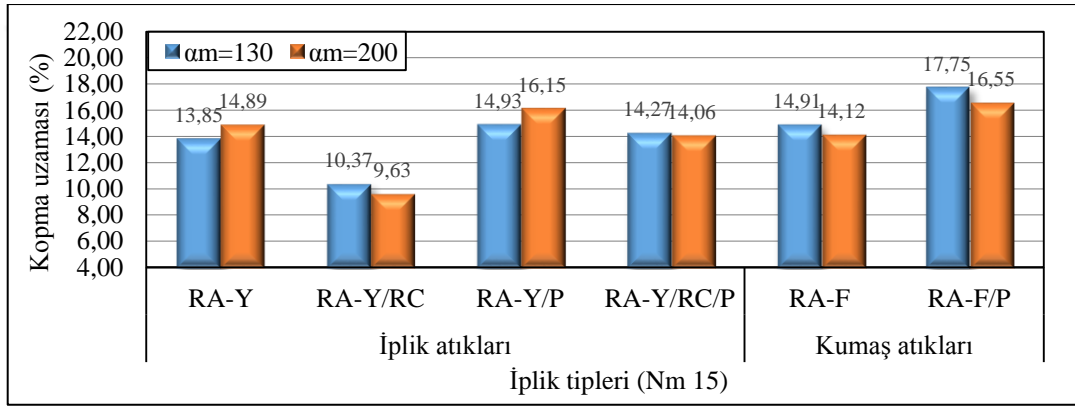
Çizelge 4.9’da verilen SNK test sonuçlarına göre, geri dönüşüm akrilik lif tipi etkisine göre kopma uzaması değerleri iki farklı gruba ayrılmaktadır. Bu sonuca göre, RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasında fark bulunmadığı, RA-T iplik tipinin kopma uzaması değerlerinin ise diğer iki RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin kopma uzaması değerlerinden farklı olduğunu göstermektedir.

Orijinal pamuk liflerinden elde edilen open end ipliklerin kopma uzaması değerleri ile karşılaştırıldığında, geri dönüşüm akrilik lif tiplerinden üretilen ipliklerin kopma uzaması değerlerinin akrilik lifinin pamuk lifinden daha yüksek kopma uzama değerlerine sahip olmasından dolayı oldukça yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür. Nm 15 numara %100 pamuk open end ipliklerin kopma uzaması değerleri için Uster 2013 Dünya istatistik değerlerine bakılacak olursa, örme bükümlü iplikler %5’lik dilimde %8,3 ve %95’lik dilimde %4,9 değerlerini göstermekte, dokuma bükümlü iplikler ise %5’lik dilimde %8,8 ve %95’lik dilimde %6 değerlerini göstermektedir. Uster istatistiklerine göre Nm 15 numara iplik için %100 pamuk open end ipliklerin kopma uzama değerleri en yüksek 8,8 ve en düşük

%4,9 değeri arasında değişmektedir. Bu çalışmada elde edilen %24,88 ile %8,01 arasında değişen yüksek uzama değerleri ile her üç RA-T, RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin kopma uzama değerleri %5'lik dilimin altında kalmaktadır.

#### 4.2.2.2 Geri Dönüşüm Akrilik Lifleri ile Karışım Olarak Kullanılan Geri Dönüşüm Pamuk ve Orijinal Poliester Liflerinin Kopma Uzaması Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk (RC) lifinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk lifinin karışım olarak kullanılması kopma uzaması değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %25,1 oranında ve  $\alpha_m=200$  değerinde ise %35,3 oranında azaltmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-Y ve RA-Y/RC iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasındaki istatistiksel fark her iki  $\alpha_m$  değeri için anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması kopma uzaması

değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %7,8 oranında ve  $\alpha_m=200$  değerinde ise %8,5 oranında arttırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, her iki  $\alpha_m$  değerinde RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasındaki istatistiksel farklar anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine % 20 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk lifinin ve %30 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karışım olarak kullanılması kopma uzaması değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %3,0 oranında arttırmış,  $\alpha_m=200$  değerinde ise %5,6 oranında düşüşe neden olmuştur. t- testi sonuçlarına göre, RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasındaki istatistiksel fark  $\alpha_m=130$  için anlamlı bulunmamış ( $p>0,05$ ),  $\alpha_m=200$  için ise anlamlı olarak bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

Son olarak kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-F) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-F ile RA-F/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması kopma uzaması değerlerini  $\alpha_m=130$  değerinde %19,0 oranında ve  $\alpha_m=200$  değerinde %17,2 oranında arttırmıştır. t- testi sonuçlarına göre, RA-F ve RA-F/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasındaki istatistiksel fark her iki  $\alpha_m$  değeri için anlamlı olarak elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Şekil 4.26'de verilen kopma uzaması sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, geri dönüşüm akrilik lif tiplerine karıştırılan poliester lifinin ipliklerin kopma uzaması değerlerini oldukça yüksek derecede artırdığı, buna karşın geri dönüşüm pamuk lifinin ipliklerin kopma uzaması değerlerini düşürdüğü görülecektir. Bu sonuçlara göre ipliklerin kopma uzaması değerleri büyük ölçüde karışımda kullanılan liflerin kopma uzaması değerlerini yansıtmaktadır. Akrilik, pamuk ve poliester lifleri sırası ile %25-50, %3-7 ve %20-32 arasında kopma uzaması değerlerine sahiptir [9]. Poliester lifinin pamuk lifine göre oldukça yüksek derecede kopma uzaması göstermesi içinde bulunduğu ipliklerin kopma uzaması değerlerini artırmıştır. Yine pamuk lifinin sahip olduğu düşük kopma uzaması değeri RA-Y/RC ipliğin kopma uzaması değerini düşürmüştür.

Varyans analizi sonuçları geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu ( $p<0,05$ ) göstermiştir. Geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin karışım olarak kullanılmasının hangi iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermek için, RA-Y, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P, RA-F, RAF/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasında uygulanan SNK testi sonuçları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi için SNK çoklu karşılaştırma test sonuçları

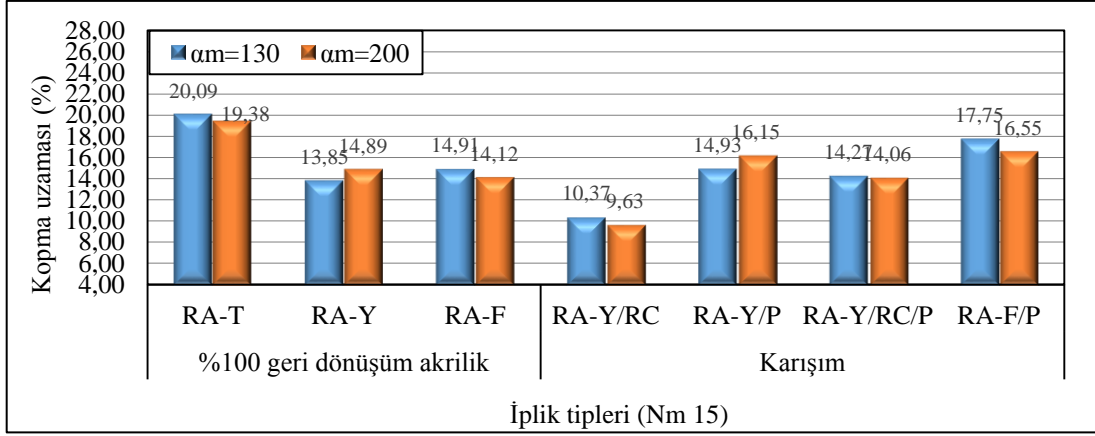
İplik tipi	Farklı olan gruplar ( $p<0,05$ )			
	1	2	3	4
RA-Y/RC	10,00			
RA-Y/RC/P		14,16		
RA-Y		14,37		
RA-F		14,52		
RA-Y/P			15,54	
RA-F/P				17,15
Önem seviyesi	1,00	0,12	1,00	1,00

Çizelge 4.10’da verilen SNK test sonuçları, incelenen geri dönüşüm akrilik iplik tipleri için, kopma uzaması değerlerinin dört farklı grupta toplandığını göstermektedir. Pamuk lifinin düşük kopma uzaması değeri nedeni ile RA-Y/RC iplik en düşük kopma uzama değeri göstermiştir. RA-Y/RC/P, RA-Y ve RA-F ipliklerin kopma uzaması değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmadığı için bu ipliklerin kopma uzaması değerleri aynı grupta yer almıştır. RA-F/P iplik ise en yüksek kopma uzaması değeri göstermiştir.

#### 4.2.2.3 Büküm Katsayısının Kopma Uzaması Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Büküm katsayısının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.27’de verilmiştir.





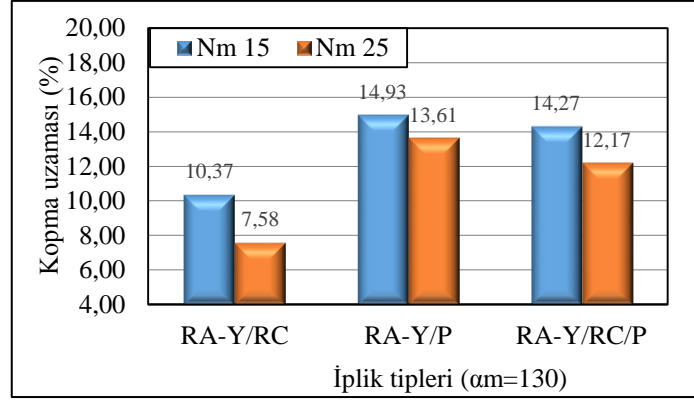
Şekil 4.27 Büküm katsayısının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi

Büküm katsayısındaki artış RA-Y ve RA-Y/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerinde çok az miktarda artışa neden olurken, RA-T, RA-F, RA-Y/RC, RA-Y/RC/P ve RA-F/P iplik tiplerinde çok az miktarda düşüşe neden olmuştur. Büküm katsayısındaki artışın ipliklerin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı büküm katsayısına sahip ipliklerin kopma uzaması değerleri arasındaki fark RA-Y/RC/P iplik tipi hariç diğer RA-T, RA-Y ve RA-F, RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-F/P iplik tipleri arasında istatistiksel olarak önem taşıdığı sonucuna ulaşılmıştır ( $p < 0,05$ ).

Uster raporunda da belirtildiği gibi [60], iplikler düşük büküm katsayılarında düşük kopma uzaması değerleri, yüksek büküm katsayılarında yüksek kopma uzaması değerleri göstermektedir. Yüksek bükümlerde lif ile iplik eksenindeki açı artmakta ve lifler yay benzeri davranış göstererek elde edilen ipliğin kopma uzaması değerlerinin artmasına neden olmaktadır [66]. Geri dönüşüm pamuk liflerinden üretilen ipliklerin mekanik özelliklerinin incelendiği El-Nouby ve Kamel (2007) [34] tarafından çalışmada büküm katsayısı arttıkça ipliklerin kopma uzaması değerleri azalmıştır. Bu çalışmada, diğer araştırmacılardan farklı olarak RA-Y iplik dışında, büküm katsayısındaki artış ipliklerin kopma uzaması değerlerinin artmasını sağlamamış olup, aynı zamanda büküm katsayısının kopma uzaması üzerindeki istatistiksel anlamlı etkisi de bulunamamıştır.

#### 4.2.2.4 İplik Numarasının Kopma Uzaması Sonuçları Üzerindeki Etkisi

İplik numarasının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi Şekil 4.28'de verilmiştir.

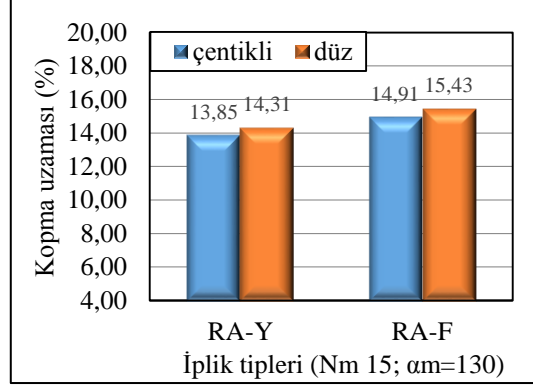


Şekil 4.28 İplik numarasının kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.28’de verilen grafikten, iplik numarasının kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, iplik numarasındaki incelmenin RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerlerinin azalmasına neden olmuştur. Bahsedilen iplik tipleri ince numaralardan kalın numaralardan daha düşük mukavemet değerlerine sahip olduğu için (Şekil 4.17), bu iplikler ince numaralardan mukavemet sonuçları ile uyumlu olarak daha düşük kopma uzaması değerleri göstermiştir. İplik numarasındaki incelmenin RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı iplik numarasındaki ipliklerin kopma uzaması değerleri arasındaki fark incelenen tüm RA-Y/P, RA-Y/RC ve RA-Y/RC/P iplik tipleri için anlamlı olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, Uster tarafından yayınlanan rapordaki [60] kopma uzaması ile iplik numarası arasında elde edilen sonuçlar ile uyumludur. Yine orijinal pamuk liflerinden üretilen open end ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili Ghanmi, Ghith ve Banameur (2015) [69] tarafından yapılan çalışmada ve pamuk atıklarından orijinal pamuk karışımı olarak üretilen ipliklerin kalite özellikleri ile ilgili Wanassi, Azzouz ve Hassen (2016) [46] tarafından yapılan çalışmada da ince iplik numaralı iplikler daha düşük uzama değerleri göstermiştir. İnce numara ipliklerde iplik çapı küçük olduğu için lifler ipliği daha sıkı bir şekilde sarmaktadır. Bu durum, liflerin birbiri üzerinde kaymasını zorlaştırarak kopma uzama değerlerinde azalmaya neden olmaktadır.

#### 4.2.2.5 Navel Tipinin Kopma Uzaması Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Navel tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.29’da verilmiştir.



Şekil 4.29 Navel tipinin kopma uzaması sonuçları üzerindeki etkisi

Şekil 4.29’da verilen grafikten RA-Y ve RA-F ipliklerde navel tipinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisi incelenecek olursa, her iki RA-Y ve RA-F ipliklerde düz navel kullanmanın kopma uzaması değerlerinde artışa neden olduğu görülecektir. Çentikli veya düz navel tipi kullanmanın RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri üzerindeki etkisini incelemek için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre, iki farklı navel tipi kullanılarak üretilen ipliklerin kopma uzaması değerleri arasındaki fark RA-Y ve RA-F iplikleri için anlamlı olarak bulunmamıştır.

#### 4.3 Toplam Kalite İndeksi (TQI) Sonuçları ve Değerlendirilmesi

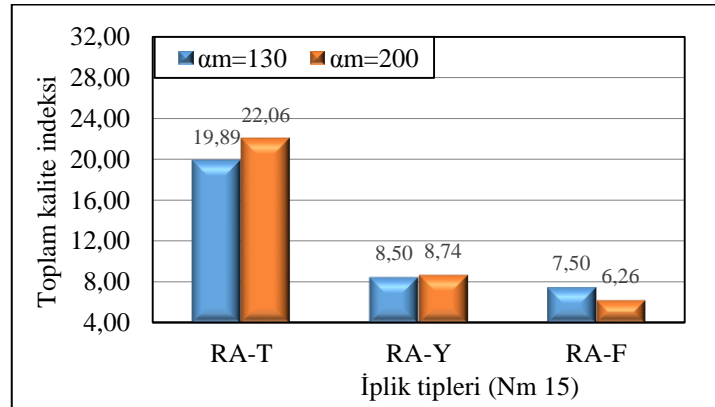
Tüm geri dönüşüm akrilik ipliklerin düzgünlük, mukavemet ve kopma uzaması değerlerinin tek sayısal değer ile ifade eden toplam kalite indeksi (TQI) değerleri Çizelge 4.11’de verilmiştir. TQI değeri ‘Materyal ve Metot’ bölümünde verilen Eş. 3.5’de verilen ifade ile hesaplanmıştır. Farklı malzeme içeren ipliklerin toplam kalite indeksi sonuçları değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.11 Tüm geri dönüşüm akrilik ipliklerin hesaplanan toplam kalite indeksi (TQI) sonuçları

No	Nm	$\alpha_m$	Navel tipi	Lif içeriği	Toplam Kalite İndeksi (TQI)	
1	15	130	çentik	RA-T	19,89	
2				RA-Y	8,50	
3				RA-Y/RC	5,45	
4				RA-Y/P	11,43	
5				RA-Y/RC/P	7,81	
6				RA-F	7,50	
7				RA-F/P	16,88	
8				düz	RA-Y	8,79
9					RA-F	6,67
10		200	çentik	RA-T	22,06	
11				RA-Y	8,74	
12				RA-Y/RC	5,59	
13				RA-Y/P	11,56	
14				RA-Y/RC/P	7,73	
15				RA-F	6,26	
16				RA-F/P	14,59	
17				25	130	çentik
18		RA-Y/P	13,46			
19		RA-Y/RC/P	10,29			

#### 4.3.1 Geri Dönüşüm Akrilik Lif Tipinin Toplam Kalite İndeksi Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lif tipinin toplam kalite indeksi üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.30'da verilmiştir.



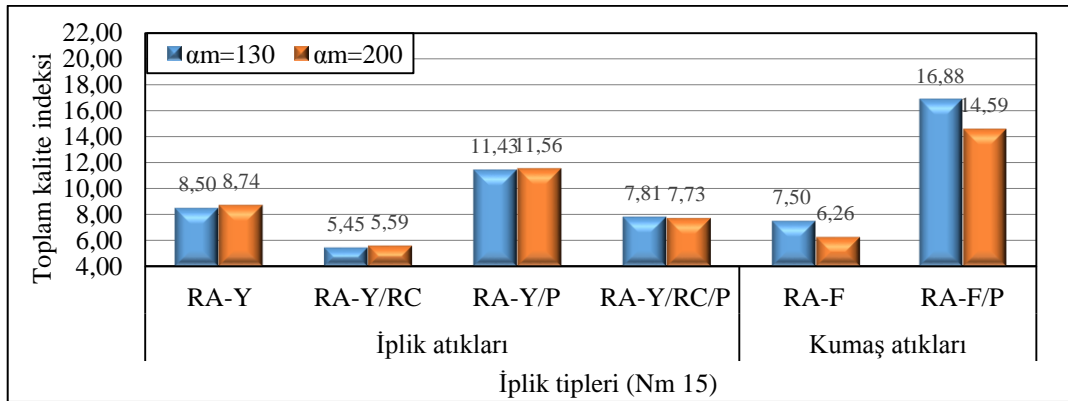
Şekil 4.30 Geri dönüşüm akrilik lif tipinin toplam kalite indeksi üzerindeki etkisi

Şekil 4.30’da verilen toplam kalite indeksi sonuçlarına göre, her iki örme ve dokuma büküm katsayısı değerlerinde RA-T iplik tipinin diğer RA-Y ve RA-F iplik tiplerine göre içerdiği geri dönüşüm malzemesinin yüksek kalitede olmasından dolayı en yüksek toplam kalite indeksine sahip olduğu görülecektir. RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin toplam kalite indeks değerleri ise birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. Bununla birlikte, RA-Y iplik tipinin toplam kalite indeks değeri RA-F iplik tipinden biraz daha yüksek bulunmuştur.

#### 4.3.2 Geri Dönüşüm Akrilik Lifleri ile Karışım Olarak Kullanılan Geri Dönüşüm Pamuk ve Orijinal Poliester Liflerinin Toplam Kalite İndeksi Sonuçları Üzerindeki Etkisi

Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin toplam kalite indeksi sonuçları üzerindeki etkisini gösteren grafik Şekil 4.31’de verilmiştir.

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk (RC) lifinin toplam kalite indeks değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin kalite indeks değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk lifinin karışım olarak kullanılması ipliklerin kalite değerlerinin azalmasına neden olmuştur.



Şekil 4.31 Geri dönüşüm akrilik lifleri ile karışım olarak kullanılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin toplam kalite indeksi sonuçları üzerindeki etkisi

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin toplam kalite indeks değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/P iplik tiplerinin toplam kalite indeks değerleri

karşılaştırıldığında, orijinal poliester lifinin karışım olarak kullanılması ipliklerin kalite indeks değerlerinin yükselmesini sağlamıştır.

İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-Y) lif tipine % 20 oranında karıştırılan geri dönüşüm pamuk lifinin ve %30 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin toplam kalite indeks değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin toplam kalite indeks değerleri karşılaştırıldığında, geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin birlikte karışım olarak kullanılması ipliklerin kalite indeks değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Son olarak kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik (RA-F) lif tipine %50 oranında karıştırılan orijinal poliester (P) lifinin toplam kalite indeks değerleri üzerindeki etkisini incelemek için RA-F ile RA-F/P iplik tiplerinin toplam kalite indeks değerleri karşılaştırıldığında, ipliklerin kalite indeks değerleri oldukça fazla oranda yaklaşık iki katından daha fazla miktarda artış göstermiştir. Hem RA-Y hem de RA-F akrilik lif tiplerinin orijinal poliester lifleri ile birlikte kullanılmasının iplik kalitesi üzerinde pozitif etkisi olduğu görülmüştür.

## 5 SONUÇ

Bu bölümde akrilik lifleri içeren tekstil atıklarından farklı materyal içeriklerinde ve eğirme parametrelerinde üretilen open end iplik tiplerinin iplik düzgünsüzlüğü (CVm), IPI hataları (ince yer sayısı, kalın yer sayısı ve neps sayısı), tüylülük (H), mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeksi (TQI) değerlerini içeren iplik kalite özelliklerine ait ölçülen test sonuçları sunulmuş ve daha sonra incelenen malzeme tipi ve eğirme parametrelerinin iplik kalite özellikleri üzerindeki etkileri istatistiksel yöntemler yardımı ile tartışılmıştır. Materyal tipinin ve incelenen eğirme parametrelerinin iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisi için bağımsız örnek t-testi, varyans (ANOVA) ve SNK çoklu karşılaştırma (post-hoc) istatistiksel yöntemleri kullanılmıştır.

Materyal veya lif içeriği olarak tops, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen üç farklı tipteki geri dönüşüm akrilik lifleri ile geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester lifleri kullanılmıştır. Bu şekilde, malzeme olarak akrilik lif tipinin ve geri dönüşüm akrilik liflerine karıştırılan geri dönüşüm pamuk lifinin, orijinal poliester lifinin ve her iki lifin beraber kullanılarak karıştırılmasının geri dönüşüm akrilik ipliklerin kalite özellikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Eğirme parametrelerinin etkisi için ise iplik numarası, büküm katsayısı ve navel tipi göz önüne alınmıştır. İplik kalite özellikleri ile elde edilen deneysel ve istatistiksel sonuçlar materyal tipinin ve eğirme parametrelerinin iplik kalite özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

Akrilik lif tipinin etkisinin incelenmesi için tops, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen üç farklı tipte geri dönüşüm akrilik lifleri (RA-T, RA-Y ve RA-F) göz önüne alınmıştır. Üç farklı tipteki geri dönüşüm akrilik lifleri %100 olarak kullanılarak iki farklı büküm katsayısı değerinde open end iplikler üretilmiştir. Elde edilen deneysel ve istatistiksel sonuçlar, akrilik lif tipinin tüm iplik kalite özellikleri üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Tops atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik iplik tipi (RA-T) için en düşük CVm ve IPI hata sayısı değerleri ile en yüksek tüylülük, mukavemet, kopma uzama ve toplam kalite indeks değerleri elde edilmiştir. Diğer iplik ve kumaş atıklarından elde edilen RA-Y ve RA-F iplik tipleri her ne kadar birbirlerine daha yakın iplik kalite özellikleri gösterse de, iplik atıklarından elde edilen RA-Y iplik tipi RA-F iplik tipinden az da olsa daha düşük CVm ve IPI hata sayısı ile yine biraz daha yüksek tüylülük, mukavemet ve toplam kalite indeks

değerleri göstermiştir. RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin kopma uzama değerleri arasında istatistiksel fark bulunamamıştır. Elde edilen CVm, IPI hataları, mukavemet, kalite indeks değerlerine göre, iplikler en yüksek kalite değerinden en düşük kalite değerine göre RA-T, RA-Y ve RA-F şeklinde sıralanmışlardır.

Geri dönüşüm akrilik lif tiplerine karıştırılan geri dönüşüm pamuk ve orijinal poliester liflerinin iplik kalite özelliklerine olan etkilerinin incelenmesi için, dört farklı karışımda geri dönüşüm akrilik iplik tipleri elde edilmiştir. İplik atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik lif tipine (RA-Y) geri dönüşüm pamuk (RC) lifi, orijinal poliester (P) lifi ve her iki lifin birlikte karıştırılması ile iki farklı büküm katsayısı değerinde %50/50 RA-Y/RC, %50/50 RA-Y/P ve %50/20/30 RA-Y/RC/P iplik tipleri ve kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik lif tipine (RA-F) orijinal poliester (P) lifinin karıştırılması ile yine iki farklı büküm katsayısı değerinde %50/50 RA-F/P iplik tipi elde edilmiştir.

Orijinal poliester lifinin RA-Y geri dönüşüm akrilik lif tipi ile beraber karışım olarak kullanılmasının iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi için RA-Y ile RA-Y/P ipliklerinin kalite değerleri karşılaştırıldığında, RA-Y/P iplik tipi RA-Y iplik tipinden daha yüksek CVm, IPI hataları, mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeksi değerleri, buna karşın daha düşük H değerleri göstermiştir.

Orijinal poliester lifinin RA-F lif tipi ile beraber karışım olarak kullanılmasının iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi için RA-F ile RA-F/P ipliklerinin kalite değerleri karşılaştırıldığında RA-F/P iplik tipi RA-F iplik tipinden daha düşük CVm ve IPI hataları, buna karşın daha yüksek mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeksi değerleri göstermiştir. RA-F ile RA-F/P iplik tiplerinin H değerleri arasında istatistiksel fark bulunamamış olmasına rağmen RA-F/P iplik tipi için çok az derecede daha düşük H değerleri elde edilmiştir.

Orijinal poliester liflerinin karışım olarak kullanılması her iki RA-Y ve RA-F lif tipleri için ipliklerin tüylülük, mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeks değerlerini iyileştirmiştir. Orijinal poliester lifleri RA-F lif tipi için CVm değerlerini iyileştirirken, RA-Y lif tipi için CVm değerlerinin aksine kötüleşmesine neden olmuştur. Orijinal poliester lifi ipliklerin daha çok mukavemet, kopma uzaması ve tüylülük sonuçlarını pozitif yönde etkilediği görülmüştür.



Geri dönüşüm pamuk lifinin RA-Y lif tipi ile beraber karışım olarak kullanılmasının iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi için RA-Y ile RA-Y/RC ipliklerinin kalite değerleri karşılaştırıldığında RA-Y/RC iplik tipi RA-Y iplik tipinden daha düşük H, mukavemet, kopma uzaması ve toplam kalite indeks değerleri göstermiştir. RA-Y ile RA-Y/RC iplik tiplerinin CVm değerleri arasında istatistiksel fark bulunamamış olmasına rağmen, RA-Y/RC iplik tipi için biraz daha yüksek CVm değerleri elde edilmiştir. Geri dönüşüm pamuk liflerinin iplik kalite özellikleri üzerinde tüylülük dışında orijinal poliester lifinde olduğu gibi pozitif etkisi bulunamamıştır.

Orijinal poliester ve geri dönüşüm pamuk lifinin RA-Y lif tipi ile beraber karışım olarak kullanılmasının iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisinin incelenmesi için RA-Y ile RA-Y/RC/P ipliklerinin kalite değerleri karşılaştırıldığında RA-Y/RC/P iplik tipi RA-Y iplik tipinden daha yüksek CVm, IPI hataları, mukavemet ve toplam kalite indeks değerleri, buna karşın daha düşük H değerleri göstermiştir. RA-Y ile RA-Y/RC/P iplik tiplerinin kopma uzaması değerleri arasında istatistiksel fark bulunamamış olmasına rağmen RA-Y/RC/P iplik tipi için çok az miktarda daha düşük kopma uzama değerleri elde edilmiştir.

Eğirme parametrelerinin iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisi olarak,  $\alpha_m=130$  ve  $\alpha_m=200$  değerlerinden oluşan iki farklı büküm katsayısı, Nm 15 ve Nm 25 değerlerinden oluşan iki farklı iplik numarası ve çentikli ve düz olmak üzere iki farklı navel tipi seçilmiştir. Eğirme parametrelerinin materyal kadar iplik kalite özellikleri üzerinde etkili olmadığı görülmüştür.

Büküm katsayısının etkisi yedi farklı materyal içeren RA-T, RA-Y, RA-F, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P iplik tipleri için incelenmiştir. Büküm katsayısındaki artış incelenen tüm iplik tiplerinin CVm, mukavemet ve kopma uzaması sonuçları üzerinde aynı yönde etki oluşturmamıştır. Büküm katsayısındaki artış RA-Y ve RA-F iplik tiplerinin CVm değerleri haricindeki diğer RA-T, RA-Y/RC, RA-Y/P, RA-Y/RC/P ve RA-F/P ipliklerin CVm değerlerinde düşüşe neden olarak ipliklerin CVm değerlerinde iyileşme sağlamıştır. Büküm katsayısı artırıldığında RA-Y ve RA-Y/RC iplik tipleri hariç diğer iplik tiplerinin mukavemet sonuçları ve RA-Y ve RA-Y/P iplik tipleri hariç diğer iplik tiplerinin kopma uzama sonuçları beklenildiği gibi iyileşme göstermemiştir. Büküm katsayısının H üzerindeki etkisi incelendiğinde, büküm katsayısındaki artışın tüm tüylülük değerlerinde azalma sağladığı görülmüştür.

İplik numarasının etkisi RA-Y geri dönüşüm akrilik lif karışımı RA-Y/RC, RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tipleri için incelenmiştir. İplik numarası incelendiğinde, RA-Y/RC iplik tipinin C<sub>Vm</sub> değeri hariç diğer RA-Y/P ve RA-Y/RC/P iplik tiplerinin C<sub>Vm</sub> değerleri beklenenin aksine artış gösterirken, buna karşın her üç iplik tipinin H değerleri azalma göstermiştir. İnce iplikler kalın ipliklerden daha yüksek mukavemet ve daha düşük kopma uzama sonuçları göstermiştir.

Çentikli ve düz navel kullanımının iplik kalite özellikleri üzerindeki etkisi RA-Y ve RA-F iplik tipleri için incelenmiştir. Çentikli navel kullanmak beklenildiği gibi her iki iplik tipinin H değerlerini artırmıştır. Navel tipi ipliklerin C<sub>Vm</sub> değerlerini aynı yönde etkilememiştir. Navel tipinin iplik mekanik özelliklerinden mukavemet ve kopma uzama değerleri üzerinde anlamlı etkisi bulunamamıştır.

Tüm bulgular ışığında akrilik içeren tops, iplik ve kumaş atıklarından elde edilen geri dönüşüm akrilik liflerinin %100 olarak veya geri dönüşüm pamuk ve/veya orijinal poliester gibi farklı lif tipleri ile karışım halinde kullanılması ile open end iplik eğirme sisteminde kabul edilebilir kalitede iplik üretilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Geri dönüşüm akrilik lifleri %100 olarak kullanıldığında dahi özellikle C<sub>Vm</sub>, IPI hataları ve kopma uzaması bakımından dünya seviyesinde iplik kalitesine ulaşmanın mümkün olabileceği görülmüştür. Özellikle geri dönüşümde tekstil atıklarının sınıflandırılmasının çok önemli olduğu akrilik içeren tekstil atıklarının geldiği kaynağa göre lif, iplik ve kumaş atıkları olarak sınıflandırılarak farklı kalitelerde iplik üretilebileceği belirlenmiştir. Bu çalışmanın bulguları, geri dönüşüm akrilik open end ipliklerin kalite özelliklerini tanımak, anlamak ve karşılaştırma yapmak açısından hem bilimsel literatüre hem de işletmelere faydalı olabilecektir.

Bu tez çalışmasının devamında elde edilen iplikler örme veya dokuma bükümlü olma durumuna göre örme ve dokuma kumaş haline getirilip, elde edilen kumaşların patlama mukavemeti, aşınma direnci ve boncuklanma vs. gibi kumaş performans özellikleri incelenebilir. Bu şekilde akrilik lif tipinin ve karışım olarak kullanılan pamuk ve poliester liflerinin kumaş performans özellikleri üzerindeki etkisi ortaya çıkarılmış olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Sandin, G. and Peters, G.M., 2018, "Environmental impact of textile reuse and recycling", *Journal of Cleaner Production*, 184: 353-365.
2. El-Nouby, G.M., Azzam, H.A., Mohamed, S.T. and El-Sheikh, M.N., 2005, "Textile waste-material recycling part I: ways and means", *2nd International Conference of Textile Research Division NRC, Cairo, Egypt*.
3. Wang, Y., 2006, "Recycling in textiles", *Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, England*, 10-10.
4. Altun, S., 2012, "Prediction of textile waste profile and recycling opportunities in Turkey", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20, 5 (94): 16-20.
5. Altun, Ş., 2011, "Tekstil üretim ve kullanım atıklarının geri kazanımı, çevresel ve ekonomik etkileri", *Uşak Ticaret ve Sanayi Odası Raporu*, 1-29.
6. Altun, Ş., 2010, "Türkiye'deki tekstil ve hazır giyim atıklarının ve geri kazanım imkanlarının genel profilinin çıkarılması", *TÜBİTAK projesi*, Proje No:109Y008, 1-50.
7. Letcher T.M. and Vallero, D.A., 2011. "Waste: Handbook for management", *Elsevier, USA*, 174-174.
8. Bunsell, A.R., 2009, "Handbook of tensile properties of textile and technical fibres", *Woodhead Publishing Ltd, England*, 15-15, 486-486, 508-509.
9. Sinclair, R., 2015, "Textiles and fashion materials, design and technology", *Woodhead Publishing Ltd, England*, 35-35, 123-128.
10. Bajaj, P. and Paliwal, D.K., 1991, "Some recent advances in the production of acrylic fibres for specific and uses", *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 16: 89-99.
11. Kozak, M., 2010, "Tekstil atıkların yapı malzemesi olarak kullanım alanlarının araştırılması", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6, 65-68.
12. Eser, B., Çelik, P., Çay, A. ve Akgümüş, D., 2016, "Tekstil ve konfeksiyon sektöründe sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm olanakları", *Tekstil ve Mühendis*, 23 (101), 43-60.
13. Cuc, S. and Vidovic, M., 2011, "Environmental sustainability through clothing recycling", *Operations and Supply Chain Management*, 4 (2/3): 108-115.
14. Kurnaz, M. ve Oktay, B.M., 2017, "Ekolojik malzemeler kullanılarak üretilen ısı yalıtım levhalarının özelliklerinin incelenmesi", *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 1 (1): 15-17.

15. Yıldızbaş, F., 2007, “Karaman ilinde atık geri dönüşümü ve faydaları”, *Selçuk Üniversitesi Karaman İ.İ.B.F. Dergisi, Yerel Yönetimler Özel Sayısı*, 185-194.
16. <http://cevreonline.com/geri-donusum/>
17. Yelkovan, S., 2015, “Pamuk ve geri dönüşüm pamuk liflerinden eğrilen ipliklerin özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 24.
18. Telli, A., Özdil, N. ve Babaarslan, O., 2012, “PET şişe atıklarının tekstil endüstrisinde değerlendirilmesi ve sürdürülebilirliğe katkısı”, *Tekstil ve Mühendis*, 19 (86): 49-55.
19. [http://www.befama.com.pl/angielska/rotary\\_cutter\\_AC39A.htm](http://www.befama.com.pl/angielska/rotary_cutter_AC39A.htm)
20. <http://www.balkan.com.tr/tekstil/page/dt30-mega-sifonez/>
21. <http://www.makinatorkiye.com/Makina/111895/Elyaf-Garnet-Makinalari/Garnet-Makinasi#imgBigImage>
22. Kadoğlu, H., 2004, “Open-End Rotor Eğirme Teknolojisi”, *E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma ve Uygulama Merkezi*, 16. baskı, İzmir, 7-76.
23. Kılıç, M., Balcı Kılıç, G. ve Okur, A., 2011, “Eğirme sisteminin iplik özelliklerine etkileri”, *Tekstil ve Mühendis*, 18 (81): 23-26.
24. Yapıcılar, C., 2005, “Open end iplik teknolojisi”, *TYT Tekstil Makinaları Mümesillik Ltd.*, İstanbul.
25. Palamutçu, S., 2003, “Open end rotor iplik makinasında açıcı silindir özelliklerinin pes iplik eğirme prosesi ve iplik özelliklerine etkisi üzerine bir araştırma”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
26. Çoruh, E., 2011, “Farklı düze tipleri kullanılarak eğrilmiş open-end rotor ipliklerinden örme süprem kumaş özelliklerinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
27. Erbil, Y., 2005, “Karışım open-end rotor ipliği üretiminde eğirme elemanlarından düzenin iplik kalitesi üzerindeki etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
28. Suessen, 2000, “Open End Premium Parts”, 2nd edition’, *Federal Republic of Germany*, 16.
29. Gemci, R. ve Kapuçam, A., 2004, “Open-end iplikçiliğinde farklı çapta rotor kullanımının iplik kalitesine etkilerinin incelenmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9 (1): 11-17.
30. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Open%20end%20C4%B0plik%20Makinesi.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Open%20end%20C4%B0plik%20Makinesi.pdf)

31. Topalbekiroğlu, M., 2007, "Pamuk/poliester ve pamuk/akrilik Karışımli O.E. rotor ipliklerinde karışım oranının iplik O.E. rotor ipliklerinde karışım oranının iplik kalite değerlerine etkisi", *Tekstil ve Konfeksiyon*, 17 (2): 104-105.
32. Buharalı, G., 2012, "Open-end rotor iplik özelliklerine etki eden faktörler", Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi*, Bursa, 11-79.
33. Kaplan, S., 2003, "Open-end rotor iplik kalitesine etki eden makine ve proses parametrelerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
34. El-Nouby, G.M. and Kamel M.M., 2007, "Comparison between produced yarn from recycle waste and virgin fibres in tenacity and elongation", *Journal of Applied Science Research*, 3 (10): 977-982.
35. El-Nouby, G.M., 2007, "Hairiness of Yarns Made of Recycled Waste Fabric" *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (10): 972-976.
36. Kaplan, S. and Goktepe, O., 2006, "Investigation into navel selection for rotor spinning machine using cotton waste", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14 (3/57): 58-62.
37. Halimi, M.T., Hassen, M.B., Azzouz, B. and Sakli, F., 2007, "Effect of cotton waste and spinning parameters on rotor yarn quality", *Journal of the Textile Institute*, 98 (5): 437-442.
38. Halimi, M. T., Azzouz, B., Hassen, M. B. and Sakli, F., 2009, "Influence of spinning parameters and recovered fibers from cotton waste on the uniformity and hairiness of rotor spun yarn", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4 (3): 36-44.
39. Hasani, H., Semnani, D. and Tabatabaei S., 2010, "Determining the optimum spinning conditions to produce the rotor yarns from cotton wastes", *Industria Textila*, 61 (6): 259-264.
40. Hasani, H. and Tabatabaei, S., 2011, "Optimizing the spinning variables to reduce the hairiness of rotor yarns produced from waste fibers collected from ginning process", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19 (3): 21-25.
41. Khan, K.R. and Rahman, H., 2015, "Study of effect of rotor speed, combing-roll speed and type of recycled waste on rotor yarn quality using response surface methodology", *Journal of Polymer and Textile Engineering*, 2 (1): 47-55.
42. Khan, K.R., Hossain, M.M., and Sarker, R.C., 2015, "Statistical analyses and predicting the properties of cotton/waste blended open-end rotor yarn using Taguchi OA design", *International Journal of Textile Science*, 4: 27-35.
43. Khan, K.R., Sarker, R.C. and Rahman, H., 2015, "The influence of some process parametres on rotor spun yarn quality produced from recycled cotton spinning wastes", *International Journal of Textile Science*, 4 (1): 9-19.

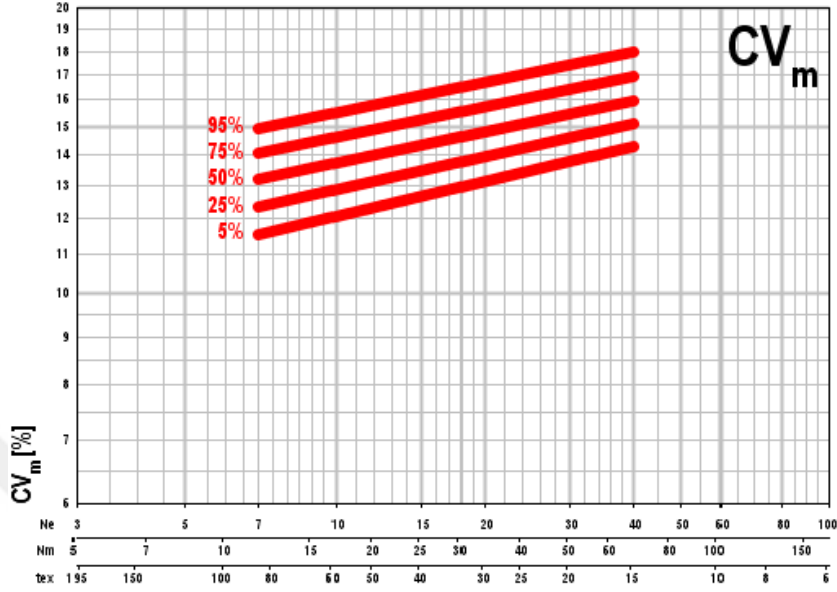
44. Yilmaz, D., Yelkovan, S. and Tirak, Y., 2017, "Comparison of the effects of different cotton fibre wastes on different yarn types", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 25, (4/124): 19-30.
45. Wanassi, B., Azzouz, B. and Hassen M.B., 2015, Recycling of post-industrial cotton wastes: Quality and rotor spinning of reclaimed fibers, *International Journal of Advanced Research*, 3 (6): 94-103.
46. Wanassi, B., Azzouz, B. and Hassen M. B., 2016, "Value-added waste cotton yarn: optimization of recycling process and spinning of reclaimed fibers", *Industrial Crops and Products*, 87: 27-32.
47. Duru, P.N. and Babaarslan, O., 2003, "Determining an optimum opening roller speed for spinning polyester/waste blend rotor yarns", *Textile Research Journal*, 73 (10): 907-911.
48. Telli, A. and Babaarslan, O., 2017, Usage of recycled cotton and polyester fibers for sustainable staple yarn technology, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 27 (3): 224-233.
49. Yuksekkaya, M.E., Celep, G., Dogan, G., Tercan, M. and Urhan, B., 2016, "A comparative study of physical properties of yarns and fabrics produced from virgin and recycled fibers", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 11 (2): 68-76.
50. Ichim, M. and Sava C., 2016, "Study on recycling cotton fabric scraps into yarns", *Buletinul Agir*, 3: 65-68.
51. Pınarlık, G., 1998, "İkinci kullanımın yarı kamgarn ipliklere etkisi hakkında araştırma", Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 1-54.
52. Buharalı, G. ve Ömeroğlu, S., 2013, "Open-end rotor iplik özelliklerine etki eden faktörler", *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18 (2): 19-35.
53. McIntyre, J. E., 2000, "Synthetic fibres: nylon, polyester, acrylic, polyolefin", *Woodhead Publishing Ltd*, England, 206-206.
54. Klein, W., 2011, "The Rieter iplikçilik el kitabı, Cilt 2", *Rieter Machine Works Ltd*, 33-35.
55. [Balkan.com.tr/tekstil/](http://Balkan.com.tr/tekstil/)
56. Amutha, K., 2016, "A practical guide to textile testing", *Woodhead publishing*, India, 57-59, 62-64.
57. Uster statistics application handbook, 2013, *Uster Technologies A.G*, 19-20.
58. Thilagavathi, G. and Karthik, T., 2016, "Process control and yarn quality in spinning", *Woodhead publishing*, India, 220-220.

59. Alay, S. ve Goktepe, F., 2006, "Farklı iplik tüylülüğü test cihazlarından elde edilen sonuçların karşılaştırılması", *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10 (3): 422-427.
60. Further, R., 2009, "Application report: physical properties of spun yarn", *Uster Technologies A.G.*, İsviçre, 1-36.
61. Lawrence, C.A., 2010, "Advances in yarn spinning technology", *Woodhead Publishing Ltd*, England, 128-129.
62. Kumar, R.S., 2015, "Process management in spinning", *CRC Press*, U.S.A. 264-265.
63. Lawrence, C.A., 2003, "Fundamentals of spun yarn technology", *CRC Press*, U.S.A., 412-412.
64. Erbil, Y. and Babaarslan, O., 2005, "Open end rotor iplikçiliğinde navel'in iplik tüylülüğü üzerindeki etkisi", *TMMOB Tekstil Mühendisleri Odası, Tekstil Teknolojileri ve Tekstil Makinaları Kongresi*, Gaziantep.
65. Coruh, E. and Celik, N., 2013, "Influence of nozzle type on yarn quality in open-end rotor spinning", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 21 (2), 38-42.
66. Miremble, J. and Mwasiagi, J.I., 2017, "The effect of count, twist, opening roller speed and rotor speed on yarn tensile properties on rotor spun yarns", *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 2 (1): 33-42.
67. Salhotra, K.R. and Alaiban, T.S., 1986, "The effect of twist factor on twist loss and quality of rotor yarns", *Indian Journal of Textile Research*, 11 (3): 7-10.
68. Arain, F.A., Tanwari, A., Hussain, T. and Malik, Z.A., 2012, "Multiple response optimization of rotor yarn for strength, unevenness, hairiness and imperfections", *Fibers and Polymers*, 13 (1): 118-122.
69. Ghanmi, H., Ghith, A. and Benameur, T., 2015, "Open-end yarn properties prediction using HVI fibre properties and process parameters", *AUTEX Research Journal*, 17 (1): 6-11.
70. Das, A. and Ishtiaque, S.M., 2004, "End breakage in rotor spinning: effect of different variables on cotton yarn end breakage", *AUTEX Research Journal*, 4 (2): 52-59.
71. Koc, E., Lawrence, A.A. and Iype, C., 2005, "Wrapper fibres in open-end rootr-spun yarns: Yarn properties and wrapper fibres", *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 13 (2): 8-15.

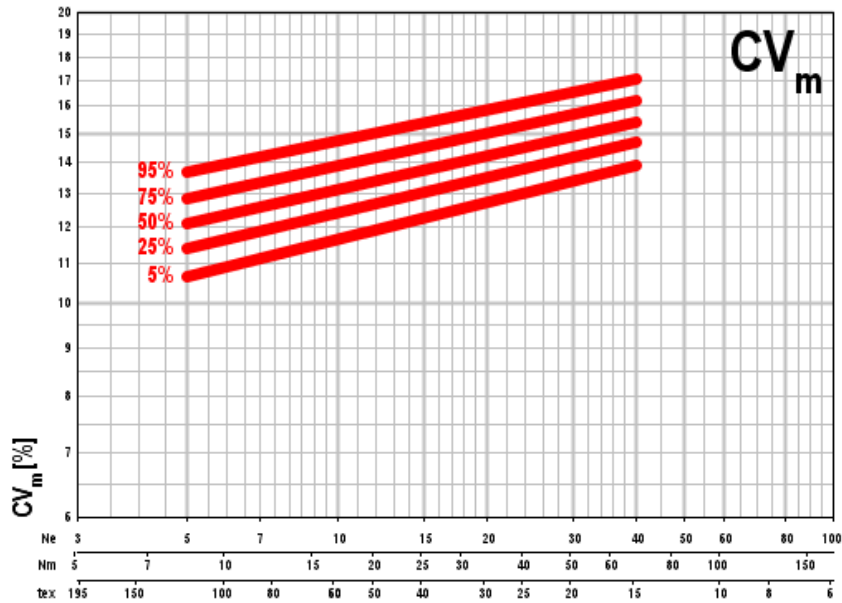




## EK-1 %100 Pamuk İpliğinin Kalite Parametreleri için Verilen Uster 2013 Dünya İstatistik Grafikleri

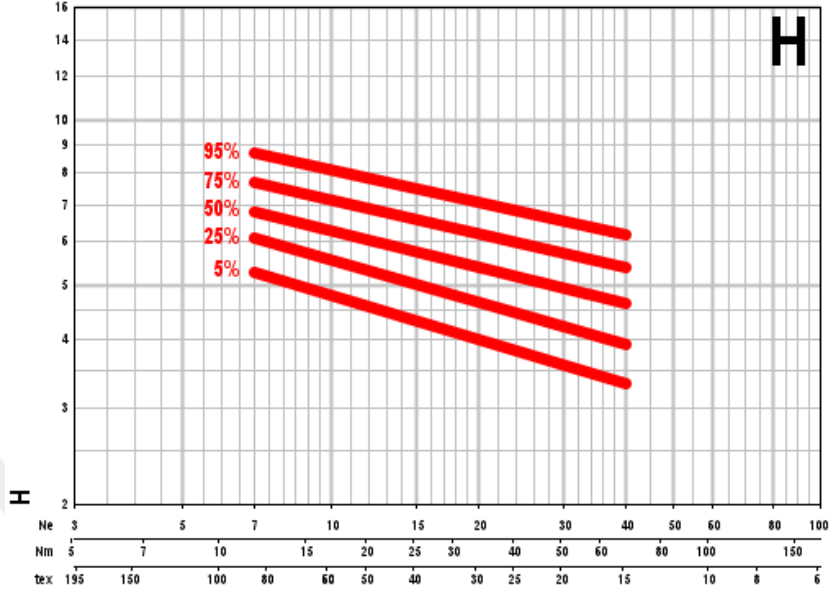


Şekil 1.1 Örme bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin CVm değerleri için Uster 2013 Dünya İstatistikleri

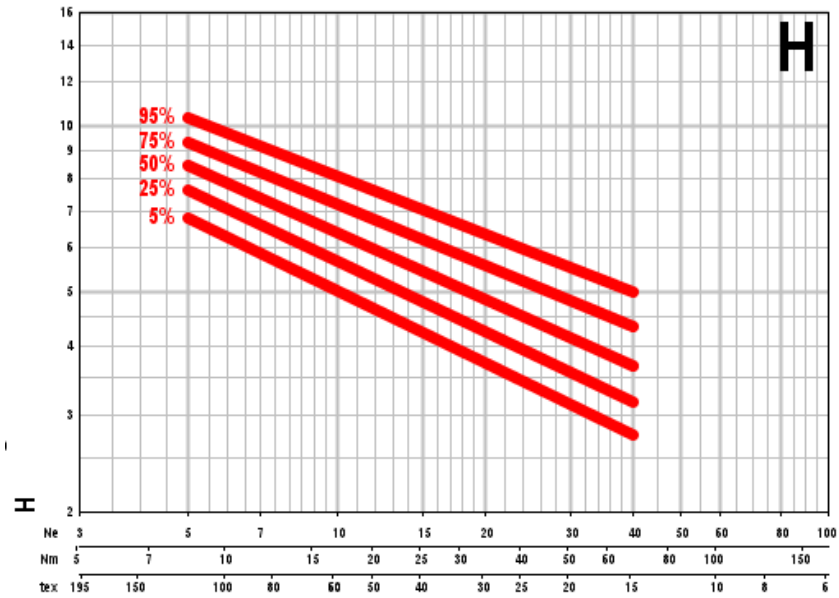


Şekil 1.2 Dokuma bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin CVm değerleri için Uster 2013 Dünya İstatistikleri

**EK-1 (Devam) %100 Pamuk İpliğinin Kalite Parametreleri için Verilen Uster 2013 Dünya İstatistik Grafikleri**

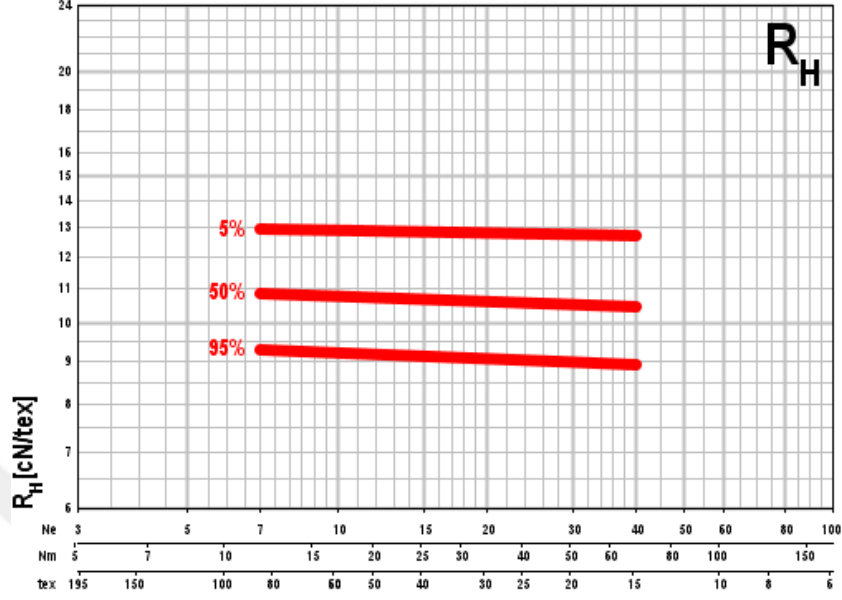


Şekil 1.3 Örme bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin H değerleri için Uster 2013 Dünya istatistikleri

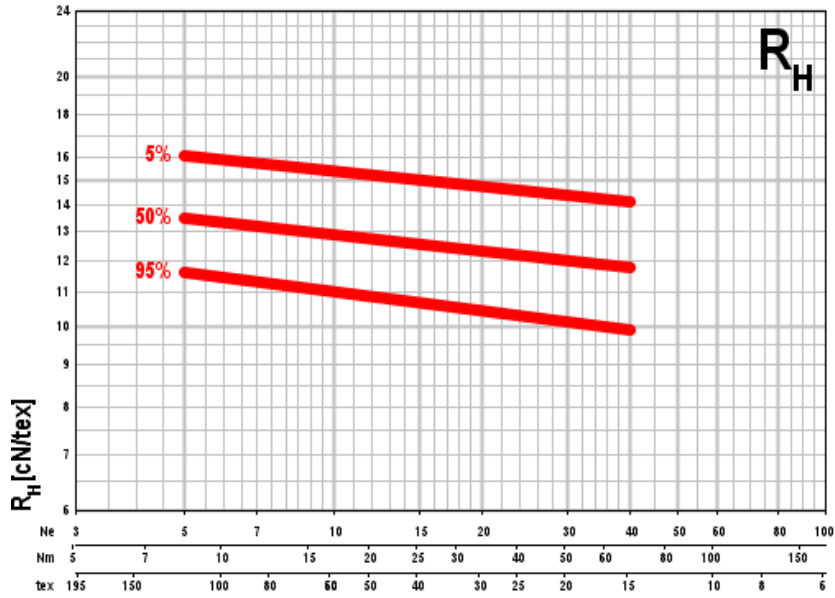


Şekil 1.4 Dokuma bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin H değerleri için Uster 2013 Dünya istatistikleri

## EK-1 (Devam) %100 Pamuk İpliğinin Kalite Parametreleri için Verilen Uster 2013 Dünya İstatistik Grafikleri

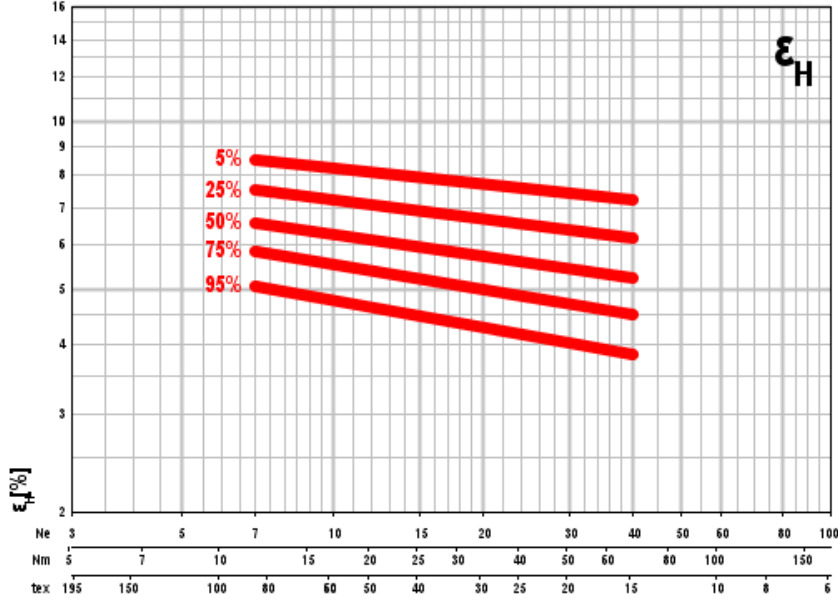


Şekil 1.5 Örme bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin kopma mukavemeti değerleri için Uster 2013 Dünya istatistikleri

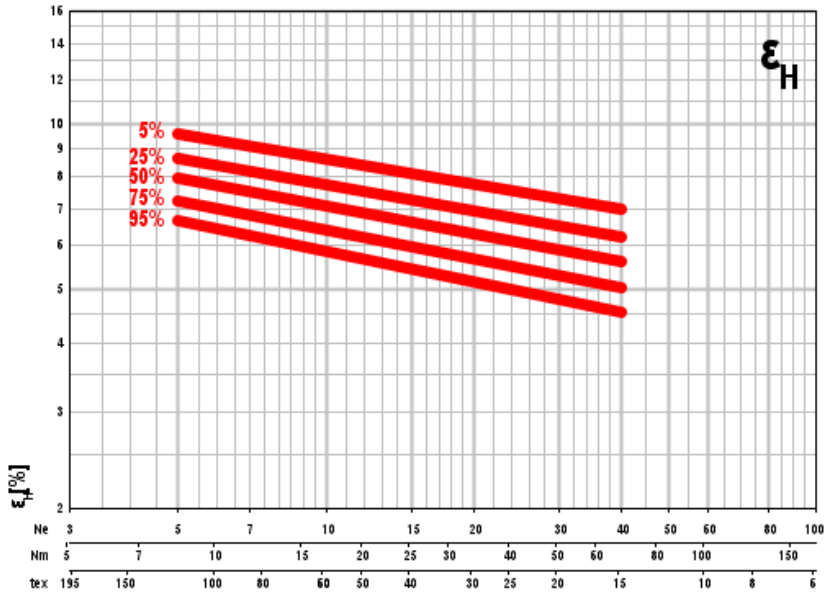


Şekil 1.6 Dokuma bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin kopma mukavemeti değerleri için Uster 2013 Dünya istatistikleri

**EK-1 (Devam) %100 Pamuk İpliğinin Kalite Parametreleri için Verilen Uster 2013 Dünya İstatistik Grafikleri**



Şekil 1.7 Örme bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin kopma uzaması değerleri için Uster 2013 Dünya İstatistikleri



Şekil 1.8 Dokuma bükümlü %100 pamuk open end ipliğinin kopma uzaması değerleri için Uster 2013 Dünya İstatistikleri

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı: Yiğit, Emine Songül

Uyruğu: T.C.

Doğum tarihi ve yeri: 1993/Uşak

Medeni hali: Evli

Telefon : 05306470064

e-mail : sekerrsongul@gmail.com

## Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği	2016
Lise	Uşak Necati Özen Lisesi	2011

## Yabancı Dil

İngilizce

## Staj

Bölümümüzde Opsiyon Seçimine Yardımcı Olmak İçin Yapılan 3 Haftalık

Staj Deneyimi (2013)

Söktaş Dokuma Sanayi ve Ticaret A.Ş. (2014)