

## Araştırma Makalesi

# PES/CO Kumaşlarda Geri Dönüştürülmüş PES ve Virjin PES Kullanımının Etkisi

Rıza ATAV<sup>1,\*</sup>, Selma SOYSAL<sup>2</sup>, Fatma YILDIZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Textile Engineering, Çorlu Engineering Fakültesi, Tekirdağ Namık Kemal University, Tekirdağ, Türkiye, 59860

<sup>2,3</sup>Gülle Tekstil A.Ş., Tekirdağ, Türkiye, 59870

<sup>1</sup>[ratav@nku.edu.tr](mailto:ratav@nku.edu.tr), <sup>2</sup>[selma.soysal@gulletekstil.com.tr](mailto:selma.soysal@gulletekstil.com.tr),  
<sup>3</sup>[fatma.tok@gulletekstil.com.tr](mailto:fatma.tok@gulletekstil.com.tr)

Geliş: 02.11.2023

Kabul: 06.12.2023

DOI: 10.55581/ejeas.1385246

**Öz.** Bu çalışmada, PES kısmında virjin lif veya geri dönüştürülmüş lif kullanılması yoluyla üretilen belirli bir renge sahip PES/CO karışımı kumaşın iplik ve kumaş performans özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Virjin elyaftan kumaş üretimi ile geri dönüştürülmüş elyaftan kumaş üretimi arasında ürün performans özelliklerinin karşılaştırılmasının ötesinde, bu üretim rotasının çevresel etkilerinin ortaya çıkarılması da amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, PES/CO karışımı kumaş üretimi sırasında virjin elyaf yerine geri dönüştürülmüş poliester kullanılabilirliği ve renk ve haslık açısından olduğu kadar, kumaşın genel görünümü ve fiziksel-teknolojik özellikleri açısından da %100 virjin liflerden elde edilen kumaşın sahip olduğu standartlara yakın olacağı belirtilebilir. Ayrıca geri dönüştürülmüş lif kullanılması durumunda bir atık geri dönüştürüldüğü için önemli çevresel faydalar sağlanacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Poliester/pamuk karışımı, virjin lif, geridönüşüm, çevresel fayda.

## Effect of Using Recycled PES versus Virgin PES in PES/CO Fabrics

**Abstract:** In this study, it was aimed to compare the yarn and fabric performance properties of a certain color PES/CO blended fabric produced using virgin fiber or recycled fiber in the PES component. Beyond comparing the product performance characteristics between the production of fabric from virgin fiber and the production of fabric from recycled fiber, it was also aimed to reveal the environmental effects of this production route. According to the obtained results, it can be said that recycled polyester can be used instead of virgin fiber during the production of PES/CO blended fabric and that it will be close to the standards provided by the fabric produced from 100% virgin fiber in terms of color and fastness, as well as the general appearance and physical-technological properties of the fabric. It is also thought that if recycled fiber is used, significant environmental benefits will be achieved due to the recycling of waste.

**Keywords:** Polyester/cotton blend, virgin fiber, recycled, environmental benefit.

## 1. Giriş

Çevrenin korunması ve atıkların geri dönüşümü, bilimsel ve endüstriyel topluluğun karşı karşıya olduğu en önemli zorluklardan ikisi hâline gelmiştir [1]. Bu nedenle tekstil

sektöründe geri dönüşüm konusu giderek artan bir önem kazanmıştır.

Tekstil atıkları, uygun bir geri dönüşüm metodolojisi ile katma değeri yüksek ürünlerin geliştirilmesi için hammadde olabilir [2]. Tekstil endüstrisinde yaygın kullanımı ve mükemmel

\* Corresponding author:

E-mail address: [ratav@nku.edu.tr](mailto:ratav@nku.edu.tr) (R.Atav)

performansı nedeniyle tüm dünyada poli(etilen tereftalat) (PET) liflerine büyük bir talep vardır. PET lifleri her yıl dünyadaki tüm lif türlerinin neredeyse %40'ını oluşturmaktadır. PET atıklarının kullanılmasıyla rejenere PET üretim prosesinin daha az kirlilik ve düşük üretim maliyeti gibi avantajları vardır. Virjin liflerle karşılaştırıldığında, geri dönüştürülmüş liflerin kalitesi, geçmiş yıllarda bu liflerin pazardaki yayılımı açısından büyük bir kısıtlayıcı faktör olmuştur [3]. Öte yandan karışım kumaşlar çeşitli avantajlarından dolayı tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

Karışımlar, fiziksel veya kimyasal özellikleri bakımından farklılık gösteren birçok lif polimerinin oluşturabileceği popülasyon olasılıklarını ifade eder [4]. Karışımlar, giyim konforunu optimize etmek ve ayrıca moda sektörüne yeni trendler sunmak amacıyla tüketicilerin yükselen taleplerini karşılamak için anahtar kelime hâline gelmiştir. Poliester liflerinin pamuk veya viskon ile karışımları daha fazla miktarda üretilmektedir [5].

Poliester lifleri, yüksek mukavemet, kolay yıkanabilirlik, iyi dayanıklılık ve aşınma ile kırılmama gibi üstün mekanik özellikleri nedeniyle tüm sentetik lifler arasında birinci sırayı almıştır [6]. Öte yandan poliester kumaşların neme karşı çok az ilgisi vardır, yani oleofiliktirler ve tüylenmeye eğilimlidirler [7]. Poliesterin selülozik liflerle karışımındaki amaç esas olarak su emiciliği ve giysi konforunu artırmaktır [8].

Literatürde geri dönüştürülmüş liflerin kullanımına ilişkin çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [9-14]. Ancak geri dönüştürülmüş pamuk ve poliester liflerinin PES/CO karışımı kumaş üretiminde kullanımına yönelik çalışmaların sayısının fazla olduğu söylenebilir. Geri dönüştürülmüş kumaşın performans özelliklerinin virjin kumaşla karşılaştırılması, virjin elyaf yerine geri dönüştürülmüş elyaf kullanabilme potansiyelini anlamak için faydalı olacaktır. Dolayısıyla bu çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı söylenebilir.

Önceki çalışmamızda PES/CO karışımı kumaşlarda virjin pamuk elyafı veya geri dönüştürülmüş pamuk elyafı kullanımına ilişkin sonuçlar verilmiştir [15]. Bu çalışmada, PES kısmında virjin lif veya geri dönüştürülmüş lif kullanılması yoluyla üretilen belirli bir renge sahip PES/CO karışımı kumaşın iplik ve kumaş performans özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Virjin elyaftan kumaş üretimi ile geri dönüştürülmüş elyaftan kumaş üretimi durumunda elde edilen ürün performans özelliklerinin karşılaştırılmasının ötesinde, bu üretim rotasının çevresel etkilerinin de ortaya koyulması amaçlanmaktadır.

## 2. Materyal ve Yöntem

%50/50 PES/CO karışımı kumaşlar, virjin ve geri dönüştürülmüş poliester kullanılarak üretilmiştir. Bu kumaşların boyanmasında iki banyolu boyama yöntemi kullanılmıştır. İlk aşamada PES bileşeni dispers boyalarla, ikinci aşamada ise pamuk bileşeni reaktif boyalarla boyanmıştır. Daha sonra patlama mukavemeti (ISO 13938-2), haslık (yıkama ISO-105 C06, kuru ve yaş sürtme (ISO 105-X12), su (ISO 105-E01), alkali ve asidik ter (ISO 105-E04), tükürük haslığı (GB/T 1886-2009)) testleri tüm kumaş numunelerine uygulanmıştır. Ayrıca numunelerin refleksiyon (R%) değerlerinin belirlenmesi için Datacolor 850

spektrofotometre (D 65/10°) kullanılmıştır. Ardından Kubelka-Munk denklemi kullanılarak renk verimi (K/S) değerleri aşağıda verilen formüle göre bulunmuştur;

$$K/S = (1 - R)^2 / 2R \quad (1)$$

R: Maksimum absorpsiyon dalga boyundaki refleksiyon değeri

K: Absorpsiyon katsayısı

S: Saçılma katsayısı

## 3. Bulgular ve Tartışma

Üretilen ipliklerin USTER test değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

**Tablo 1.** İpliklerin USTER test değerleri

Özellik	50% Virjin Pamuk / 50% Virjin Poliester	50% Virjin Pamuk / 50% Geri Dönüştürülmüş Poliester
Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	169	195
Um %	10,4	14,9
İnce yer (- 50%)	0,5	41,5
Kalın yer (+50%)	148,5	1230
Neps (-200)	479,3	3075
Neps (+280)	207,3	1050
Tüylülük (H)	5,71	7,28
Mukavemet (cN/tex)	21,14	19,98
Elastikiyet	8,75	8,11
İplik numarası (Ne)	30	30,2
İplik CV (Ne)	0,83	1,5
Büküm T/m	797	768
Büküm % CV	4,54	4,07
Parafin Ortalaması [μ]	0,09	0,29
Nem	5	6,30

Tablo 1 incelendiğinde, virjin PES kullanılarak üretilen 50/50 PES/CO karışımı iplik için ince yer-kalın yer, tüylülük, neps gibi değerlerin oldukça iyi olduğu ancak %50 geri dönüştürülmüş poliester elyaf kullanıldığında bu değerlerin bozulduğu görülmektedir. Ancak iplik bükümü, iplik numarası, mukavemet ve elastikiyet değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

Üretilen kumaşların fotoğrafları Şekil 1'de verilmektedir. Virjin ve geri dönüştürülmüş poliester liflerinden üretilen kumaşların renk verimi (K/S) ve CIE L\*a\*b\* değerleri Tablo 2'de verilmektedir.



**Şekil 1.** Virjin ve geri dönüştürülmüş poliester lifleri kullanılarak üretilen kumaş numunelerinin fotoğrafları

**Tablo 2.** Virjin ve geri dönüştürülmüş poliester liflerinden üretilen kumaşların renk verimi (K/S) ve CIE L\*a\*b\* değerleri

Kumaş	L*	a*	b*	C*	h°	K/S
Virjin	40,89	50,91	17,91	53,97	19,38	11,39
Geri Dönüştürülmüş	43,04	51,52	19,96	55,25	21,18	13,51

Tablo 2’de verilen değerlerden geri dönüştürülmüş poliester kullanılarak üretilen kumaşın renk nüansının, virjin poliesterden üretilen kumaşa göre daha kırmızı (daha yüksek a\* değeri) ve daha sarı (daha yüksek b\* değeri) olduğu söylenebilir.

Numunelerin yıkama, su, kuru ve yaş sürtme, alkali ve asidik ter ve tükürük haslığı testi (lekelenme) sonuçları Tablo 3-5’te verilmektedir. Her bir haslık testi için renk değişim değerleri her iki kumaş tipi için de 4/5 olarak bulunmuştur.

**Tablo 3.** Geri dönüştürülmüş ve virjin poliester liflerinden üretilen kumaşların yıkama ve su haslığı test değerleri

	Yıkama Haslığı						Su Haslığı					
	WO	PAC	PES	PA	CO	CA	WO	PAC	PES	PA	CO	CA
50% Virjin Pamuk / 50% Virjin PES	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
50% Virjin Pamuk / 50% Geri Dönüştürülmüş PES	4/5	4/5	4/5	2/3	4	3/4	4/5	4/5	4/5	4	4	4

**Tablo 4.** Geri dönüştürülmüş ve virjin poliester liflerinden üretilen kumaşların alkali ve asidik ter haslığı test değerleri

	Asidik Ter Haslığı						Alkali Ter Haslığı					
	WO	PAC	PES	PA	CO	CA	WO	PAC	PES	PA	CO	CA
50% Virjin Pamuk / 50% Virjin PES	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
50% Virjin Pamuk / 50% Geri Dönüştürülmüş PES	4/5	4/5	4/5	3/4	4	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4	4	4/5

**Tablo 5.** Geri dönüştürülmüş ve virjin poliester liflerinden üretilen kumaşların tükürük ve sürtünme haslığı testi değerleri

	Tükürük Haslığı						Sürtünme Haslığı	
	WO	PAC	PES	PA	CO	CA	Kuru	Yaş
50% Virjin Pamuk / 50% Virjin PES	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3/4
50% Virjin Pamuk / 50% Geri Dönüştürülmüş PES	4	4/5	4	3/4	3/4	3/4	4/5	3/4

Genel olarak virjin PES veya geri dönüştürülmüş PES kullanılarak üretilen kumaşların haslık değerlerinin oldukça iyi olduğu söylenebilir ancak geri dönüştürülmüş elyaf kullanılması durumunda haslık değerlerinin özellikle PA üzerindeki lekelenmede bir miktar düştüğü söylenebilir. Kumaş numuneleri aynı zamanda patlama mukavemeti açısından da test edilmiştir ve sonuçlar Tablo 6’da verilmektedir.

**Tablo 6.** Geri dönüştürülmüş ve virjin poliester liflerinden üretilen kumaşların patlama mukavemeti değerleri

	Patlama Mukavemeti		
	KPA	mm	Saniye
50% Virjin Pamuk / 50% Virjin PES	233	28,42	19
50% Virjin Pamuk / 50% Geri Dönüştürülmüş PES	195	59,52	20,4

Tablo 6’dan görülebileceği gibi, geri dönüştürülmüş lif kullanılan kumaşların patlama mukavemeti daha düşüktür.

Ayrıca kumaş tutumları da subjektif yöntemle karşılaştırıldığında, tutumun terbiye işlemleriyle iyi dengelendiği ve virjin elyaftan üretilen kumaşa eşit olmasa da ona benzer bir performans elde edilebileceği söylenebilir.

Üretilen kumaşların (%50 Pamuk / %50 Poliester) maliyet analizleri de yapılmış olup sonuçlar Tablo 7’de verilmektedir.

**Tablo 7.** Geri dönüştürülmüş ve virjin poliester liflerinden üretilen kumaşların maliyet karşılaştırması

Maliyet Kalemi	Virjin poliester yerine geri dönüştürülmüş poliester kullanılması durumunda maliyet değişimi
Pamuk (\$/kg)	0
Poliester (Virjin/Geri Dönüştürülmüş) (\$/kg)	+%13
İplik (\$/kg)	+%10
Örme (\$/kg)	0
Boyama/Yıkama (\$/kg)	0
Apri (\$/kg)	0
Toplam (\$/kg)	+%10

Tablo 7 incelendiğinde geri dönüştürülmüş lif içeren kumaşların üretim maliyetlerinin %100 virjin lif kullanımına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni geri dönüştürülmüş PES lifinin daha pahalı olması ve dolayısıyla geri dönüştürülmüş PES’ten iplik üretim maliyetinin daha yüksek olmasıdır. Örme, boyama ve terbiye işlemleri her iki kumaşta da aynı olduğundan bu işlemler açısından maliyet farkı oluşmamaktadır.

#### 4. Sonuç

Yapılan çalışmalar sonucunda PES/CO karışımı kumaş üretimi sırasında virjin elyaf yerine geri dönüştürülmüş poliester kullanılabilirliği ve bu kumaşın özelliklerinin renk ve haslık açısından olduğu kadar kumaşın genel görünümü ve fiziksel-teknolojik özellikleri açısından da %100 virjin liften üretilen kumaşın sağladığı standartlara yakın olacağı söylenebilir. Ayrıca geri dönüştürülmüş lif kullanılması durumunda atıkların geri dönüştürülmesi nedeniyle önemli çevresel faydalar elde edileceği düşünülmektedir.

Deneyel sonuçlara göre, PES/CO karışımı kumaşların PES bileşeninde geri dönüştürülmüş lif kullanılması durumunda, PES/CO karışımı kumaşta geri dönüştürülmüş pamuk kullanılan önceki çalışmamıza [12] kıyasla mekanik performans açısından daha başarılı sonuçlar alınabileceği söylenebilir.

#### Yazar Katkısı

Biçimsel analiz - Rıza ATAV (RA), Selma SOYSAL (SS), Fatma YILDIZ (FY); Araştırma – RA, SS, FY; Deneyel performans - SS; Veri toplama – SS, FY; Veri işleme – RA, SS; Literatür taraması – RA, SS; Yazan – RA, SS; İnceleme ve düzenleme - RA

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu makalenin araştırılması, yazarlığı ve/veya yayınlanması ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması beyan etmemiştir.

#### Kaynaklar

- [1] M.T. Halimi, M.B. Hassen, F. Sakli Cotton waste recycling: Quantitative and qualitative assessment, *Resour. Conserv. Recycl.*, 52 (2008), pp. 785-791
- [2] Vadicherla, T., & Saravanan, D. (2014). Textiles and Apparel Development Using Recycled and Reclaimed Fibers,

Book Chapter in “Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing”, 139-160.

[3] S.S. He, M.Y. Wei, M.H. Liu, W.L. Xue Characterization of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate) (PET) fibers, *J. Text. Inst.*, 106 (8) (2015), pp. 800-806

[4] Anış, P., & Eren, H.A. (2003). Poliester/Pamuk Karışımlarının Boyanması: Uygulamalar ve Yeni Yaklaşımlar. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1): 131-139.

[5] Shore, J. (1998). Blends Dyeing. *Society of Dyers & Colourists*, 169.

[6] Almetwally, A.A. (2022). Alkaline Hydrolysis of Polyester Woven Fabrics and Its Influence on Thermal Comfort Properties, *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(12): 259-274.

[7] Zeronian, S.H., Collins, M.J. (1989). Surface Modification of Polyester By Alkaline Treatments, *Textile Progress*, 20(2): 1-26.

[8] Kazan, C. (2015). Liflerin Kimyasal Modifikasyonu Yoluyla Poliester/Pamuk Karışımlarının Tek Banyoda Boyanabilirliğini Sağlayacak Yeni Bir Yöntem Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ-Türkiye

[9] Inoue, M., & Yamamoto, S. (2004). Performance and Durability of Woven Fabrics Including Recycled Polyester

Fibers, *Journal of Textile Engineering*, 50.

[10] Kurtoğlu Necef, Ö., Seventekin, N., & Pamuk, M. (2013). A Study on Recycling the Fabric Scraps in Apparel Manufacturing Industry, *Journal of Textile & Apparel*, 23(3), 286-289.

[11] Telli, A., Özdil, N. (2015). Effect of Recycled PET Fibers on the Performance Properties of Knitted Fabrics, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(2), 47-60.

[12] Yuksekkaya, M. E., Celep, G., Dogan, G., Tercan, M., 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.

[13] Ütebay, B., Çelik, P., & Çay, A. (2019). Effects of cotton textile waste properties on recycled fibre quality. *Journal of Cleaner Production*, 222, 29-35.

[14] Liu, Y., Huang, H., Zhu, L., Zhang, C., Ren, F., & Liu, Z. (2020). Could the recycled yarns substitute for the virgin cotton yarns: a comparative LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(10), 2050-2062.

[15] Atav, R., Soysal, S., Yıldız, F. (2022). Could Dyeing Process Be Eliminated for PES/CO Fabrics Through Recycling?. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 5(1), 57-6