
PET, GERİ DÖNÜŞÜMLÜ PET (r-PET) ve BİYOBOZUNABİLİR PET (bio-PET) İÇERİKLİ KUMAŞLARIN MEKANİK VE YAPISAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Semiha EREN *

Aliye AKARSU ÖZENÇ *

Zeynep ATLAS **

Cansu İŞBİLİR SALİH **

Alınma: 24.08.2023; düzeltme: 07.10.2023; kabul: 11.10.2023

Öz: Poliester (PET) lifleri tekstil endüstrisinde dünya genelinde en çok kullanılan sentetik liftir. Dünya genelinde çevresel ve ekolojik kaygıların artmasıyla sentetik liflerin geri dönüştürülmesi, biyobozunurluğunun sağlanması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu deneysel çalışmada poliester, geri dönüştürülmüş poliester (r-PET) ve biyobozunur poliester (bio-PET) içerikli kumaşların boyama ve fiziksel performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda r-PET ve bio-PET içerikli numunelerin en az PET içerikli kumaşlar kadar iyi boyandığı haslık ve mukavemet değerlerinde belirgin farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda r-PET ve bio-PET liflerinin PET liflerine alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Poliester, geri dönüştürülmüş poliester, biyobozunur poliester, boyama

A Study on the Investigation of Mechanical and Structural Properties of PET, Recycled PET (r-PET) and Biodegradable PET (bio-PET) Containing Fabrics

Abstract: Polyester (PET) fibers are the most widely used synthetic fiber in the textile industry worldwide. With the increasing environmental and ecological concerns around the world, efforts are being made to recycle synthetic fibers and to ensure their biodegradability. In this experimental study, the dyeing and physical performances of polyester, recycled polyester (r-PET) and biodegradable polyester (bio-PET) fabrics were compared. In the results obtained, it was determined that the samples containing r-PET and bio-PET were dyed at least as well as the fabrics containing PET, and there were no significant differences in fastness and strength values. In this context, it is thought that r-PET and bio-PET fibers can be alternatives to PET fibers.

Keywords: Polyester, recycled polyester, biodegradable polyester, dyeing

* Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, Görükle Kampüsü, Nilüfer, Bursa

** Barutçu Tekstil A.Ş., Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi, Bursa

İletişim Yazarı: Aliye Akarsu Özenç (aakarsu@uludag.edu.tr)

1. GİRİŞ

Dünya genelinde 20. yüzyılın başlarından itibaren etkin bir şekilde kullanılan sentetik lifler mükemmel mekanik ve fiziksel özellikleri sebebiyle tekstil endüstrisinin vazgeçilmez hammaddelerinden biri olmuştur. Polietilen tereftalat (PET) lifi dünya genelinde en çok üretilen sentetik liftir; dünya çapında yıllık 22,67 milyar tondan fazla üretimi olan PET lifi giyim endüstrisini kontrol etmektedir (Sharma ve diğ., 2020). Maliyetinin uygun olması, işlenebilir olması ve pamuk gibi doğal lifler ile kolay karıştırılabilir olması, kolay geri dönüşüm özelliklerine sahip olması PET liflerinin öne çıkan önemli özelliklerindedir (Jaffe ve diğ., 2020). PET liflerinin doğal lifler gibi doğada kaybolmaması (Edge ve diğ., 1991) bu liflerin en büyük dezavantajlarından biridir. Bu durum doğa üzerinde bir tehdit oluşturur ve çevresel etkiyi artırır (Leng ve diğ., 2018). Dünya genelinde çevre, ekoloji ve kirlilik kontrolüne verilen önemin artmasıyla PET liflerinin geri dönüştürülmesi, biyobozunurluğunun sağlanması yönünde yapılan çalışmalar artmıştır. Günümüzde PET lifleri mekanik ve kimyasal olarak geri dönüştürülebilmektedir (Park ve Kim, 2014). Yapılan çalışmalarda PET atıklarının geri dönüştürülmesi ile üretilmiş liflerin, ipliklerin ve kumaşların orijinal PET lifleri ile benzer fiziksel özellikler olduğu belirtilmiştir (Leonas, 2017). Genel döngüsellik kapsamında sürdürülebilir kaynakların kullanılması büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda PET liflerinin üretim yöntemlerinde, petrol hammaddeli kaynakların kullanımından biyo bazlı hammaddelerin kullanımı gündemdedir (Pang ve diğ., 2016). Biyobozunur poliestерler, hammaddelerin çeşitlendirilmesi prensibine dayanır biyobazlı hammaddeler fosil bazlı girdilerin yerini almaktadır (Babu ve diğ., 2013; Ivanović ve diğ., 2021).

Bu çalışmada poliestер (PET), geri dönüştürülmüş poliestер (r-PET) ve biyobozunur poliestер (bio-PET) içerikli kumaşların boyama performansları araştırılmıştır. Bu kapsamda tekstil işletmelerinde en çok kullanılan karışımlardan biri olan pamuk poliestер kumaş karışımlarının kullanılması planlanmıştır. Poliestер buruşmazlık, hızlı kuruma ve yüksek mukavemet özelliklerine sahipken; pamuk nem yönetimi, yüksek gözeneklilik ve ısı iletimi özellikleri ile katkı sağlamaktadır (Wang ve Salmon, 2022). Poliestер lifleri hidrofobik ve kristalin bir yapıya sahip oldukları için genellikle yüksek sıcaklık ve basınçta dispersiyon boya ile 130 °C'de pH 4-4,5 aralığında boyanmaktadır (Li ve diğ., 2015; Ketema ve Worku, 2020). Pamuk lifleri ise hidrofilik karakterlidir ve genellikle pH 10-11 aralığında 60 °C'de reaktif boyar maddeler ile boyanmaktadır (Ahmed ve diğ., 2018). Poliestер/pamuk karışımı kumaşların boyama prosesinde genellikle çift banyolu yöntem tercih edilmektedir. İlk olarak poliestер seçilen prosedüre göre boyanmakta ve ardından redüktif yıkama işlemi yapılmaktadır. Ardından pamuk boyanmakta ve sabunlamalar yapılmaktadır, gerçekleşen bu işlemler birbirinden bağımsızdır (Aniş ve Eren, 2003). Bu deneysel çalışmada tekstil endüstrisinde sık kullanılan poliestер/pamuk karışımı kumaşlar tercih edilmiştir.

PET geri dönüşümlerinden veya türevlerinden elde edilen kumaşların performans özelliklerinin kıyaslanması, sürdürülebilirlik potansiyelini değerlendirmek, kalite ve dayanıklılığı belirlemek ve pazar değerini analiz etmek için önemlidir. Bu amaçla literatürde PET ve r-PET liflerinin kimyasal özelliklerinin karşılaştırılması (Awaja ve Pavel, 2005). PET ve r-PET iplik özelliklerinin kıyaslanması (Özgül ve Telli, 2013), PET ve r-PET liflerden üretilen kumaşların performans özelliklerinin incelenmesi (McCullough, ve Sun, 2019; Hatamlou ve diğ., 2020; Karadağ, 2022), PET ve r-PET kumaşların boya-baskı işlemleri öncesi ve sonrası özelliklerinin kıyaslanması (Özgül ve diğ., 2018), r-PET liflerinin boyanabilirliği (Bernava, 2021) üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır.

Literatür çalışmaları incelendiğinde PET, r-PET ve bio-PET içerikli kumaşların boyama performanslarının kıyaslanması üzerine bir çalışmaya rastlanmamıştır. Yenilikçi ve sürdürülebilir malzeme seçenekleri, tekstil endüstrisinde çevresel etkileri azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Yürütülen bu çalışmada, r-PET ve bio-PET içerikli kumaşların boyama performansının PET kumaşlarla aynı seviyede veya daha iyi olduğunu göstererek, bu malzemelerin sürdürülebilirlik açısından tercih edilebilir bir seçenek olduğunu vurgulanmaktadır.

Bu bulgular, gelecekteki sürdürülebilir tekstil üretimi ve çevresel etkilere yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacağı inanılmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu deneysel çalışma kapsamında Barutçu Tekstil San. firmasından temin edilen %62 pamuk-%38 poliester; %62 pamuk- %38 geri dönüştürülmüş poliester ve %62 pamuk- %38 biyobozunur poliester dokuma kumaşlar ile çalışılmıştır. Poliester ipliğin numarası 75 Denye ve pamuk ipliğin numarası 36 Denye'dir. Kumaş sıklıkları 35 atkı/cm ve 36 çözgü/cm'dir. Kumaş gramajları PET içerikli pamuk, r-PET içerikli pamuk ve bio-PET içerikli numuneler için sırasıyla; 92,5 g/m², 90 g/m² ve 94 g/m²'tür. Numunelere ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Numune özellikleri

Numune Adı	Numune İçeriği		İplik Numarası		Kumaş Sıklığı		Kumaş Gramajı (g/m ²)
	Pamuk (%)	Poliester (%)	Pamuk	Poliester	Atkı/cm	Çözgü/cm	
PET+Pamuk	62	38	36	75	35	36	92,5
r-PET+Pamuk	62	38	36	75	35	36	90
bio-PET+Pamuk	62	38	36	75	35	36	94

2.2. Metot

Kumaşların ön terbiye ve boyama işlemleri Dilmenler DMS 11 DIL-DYE JUMBO HT model jet makinesinde gerçekleştirilmiştir. Ön terbiye ve boyama prosesleri adımları aşağıda Tablo 2'de verilmiştir. Boyama ve ön terbiye işlemleri 1:40 flote oranında yapılmıştır. Poliester boyama işlemi 130°C'de 45 dakika, pamuk boyama işlemi ise 70°C'de 60 dakikada yapılmıştır.

Tablo 2. Boyama adımları

Üretim Prosesi	Kimyasal /Boya	Kimyasal/Boya Fonksiyonu	Konsantrasyon
Poliester Boyama	Rustol STOP	Köpük Kesici	0,2 g/L
	Asitex TAV	pH ayarlama	0,7 g/L
	Setalan BKF NEW	Egalizatör/Dispergatör	0,5 g/L
	Bemacron Yellow HP-LTD 01	Boyar madde	% 0,2
	Bemacron Blue HP- LTD	Boyar madde	%0,14
	Bemacron Turquoise S-GF	Boyar madde	%0,5
	Soda	pH ayarlama	3 g/L

Redüktif Yıkama	DNG Clean AR	Alkali redüktif yıkama	3 g/L
Nötralize	Asetik Asit	pH ayarlama	0,7 g/L
Pamuk Boyama	Marla LUB-ACA	Kırık Önleyici	1 g/L
	Toradye GOLD	Dispergator	1 g/L
	Bezaktiv Yellow S-8GN	Boyar madde	% 1,3
	Bezaktiv Blue S-Matrix 150-01	Boyar madde	% 0,436
	Remazol Turquoise Blue G	Boyar madde	% 2,4
	Sodyum Sülfat	Boya Absorbsiyonu	80 g/L
	Soda	Boya Migrasyonu	13 g/L
Nötralize	Asetik Asit	pH ayarlama	0,7 g/L
Sabunlama	Rucogen DURU	Yıkama Sabunu	1 g/L
Nötralize	Asitex TAC	pH ayarlama	1 g/L

Kumaşlara uygulanan testler ve standartları Tablo 2’de verilmiştir. Kumaşların renk ölçümleri (ΔE değerleri, L^* , a^* , b^*) Konica Minolta CM3600D model reflektans spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Burada;

L^* : Açıklık/koyuluk değeri(+ daha açık, - daha koyu)

a^* : Kırmızılık/yeşillik değeri(+ daha kırmızı, - daha yeşil)

b^* : Sarılık/mavilik değeri (+ daha sarı, - daha mavi) değerlerini ifade etmektedir.

Numunelerin K/S_{sum} değerleri (ölçüm dalgaboyu aralığında 10 nanometre aralıklarla ölçülen tüm K/S değerlerinin toplamıdır) ölçülmüştür. K/S değerleri Kubelka-Munk denklemine göre hesaplanmıştır.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R)^2}{2R} \quad (1)$$

Burada R gözlenen yansıma, K/S absorpsiyon katsayısı ve S ışık saçılma katsayısıdır. Numunelere uygulanan testler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Numunelere uygulanan testler

Test No	Test Adı	Test Standartı
1	Kopma Mukavemeti	TS EN ISO 13934-1
2	Yıkama Haslığı	TS EN ISO 105 C06
3	Sürtünme Haslığı	TS EN ISO 105-X12
4	Su Haslığı	TS EN ISO 105E04
5	Eğilme Rijitliği	TS EN ISO 1409

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

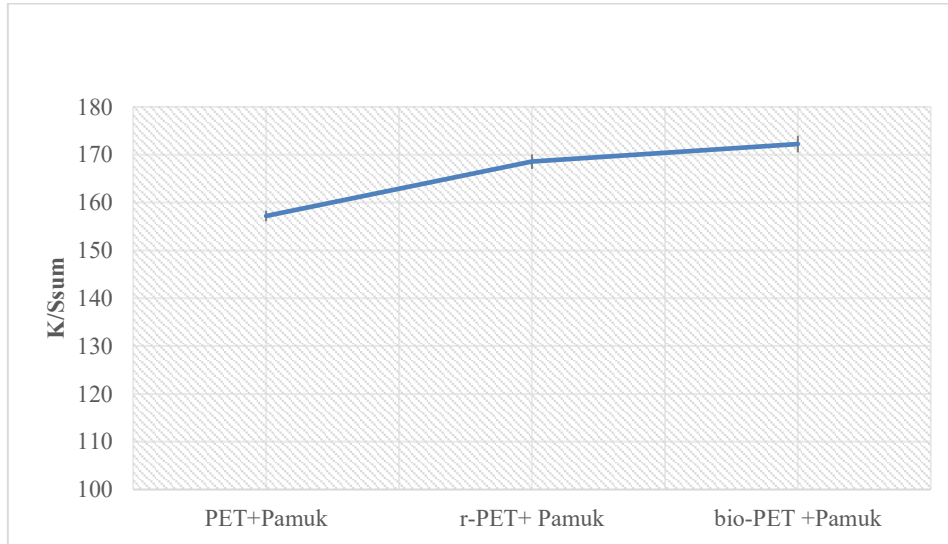
3.1. Renk Ölçüm Sonuçları

Boyama sonrası kumaşların renk ölçümleri Konica Minolta CM3600D model reflektans spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümlerinde PET+Pamuk içerikli numuneler

referans alınmıştır. Tablo 4’te verilen renk ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde r-PET ve bio-PET içerikli numuneleri ΔE değerlerinin referans numunesinden farklı olduğu görülmektedir. Şekil 1’de bulunan K/S_{sum} grafikleri incelendiğinde en koyu boyanan numunelerin sırasıyla bio-PET, r-PET ve PET içerikli numuneler olduğu gözlemlenmektedir. Dispers boyalar ve poliester arasında elektrostatik etkileşim olmadığı için, boya alımını artırmak amacıyla boyama işlemi sırasında genellikle çeşitli yüzey aktif maddelerin eklenmesi önerilmiştir (Mu ve diğerleri, 2017). Polyester liflere dispers boyaların sabitlenmesi, absorpsiyon ve çözünme süreçlerinin birlikte değerlendirilmesi ile gerçekleşir (Lallam ve diğerleri, 1997). Boya molekülleri poliester lifinin amorf bölgesine hapsedilebilir, bu da boyama verimliliği ile amorf bölge oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu gösterir (Babaarslan ve diğerleri, 2019). Bu bölgelere, boya molekülleri hidrojen bağı ve Van Der Waals kuvvetleri ile elyafa bağlanabilir (Dhouib ve diğerleri, 2006). Literatür araştırmaları, biyobozunur PET liflerinin amorf bölgelerinin PET liflerine göre daha geniş olduğunu bildirmiştir (Mecozzi ve Nisini, 2019). Bu bulgular, yürütülen deneysel çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu görünmektedir. Şekil 2’nin analizine göre, PET içerikli numunelerin maksimum reflektans değerinin 490 nm, r-PET ve bio-PET içerikli numunelerin maksimum reflektans değerlerinin 500 nm dalga boyunda olduğu gözlenmiştir. Bu 10 nanometrelik küçük farkın nüans kaymasından kaynaklandığı söylenebilir. Tablo 5’te K/S_{sum} değerlerinin varyans analizi (ANOVA) sonuçları verilmiştir. H_0 : Farklı içerikli numunelerin aynı reçete ile boyanmasında K/S_{SUM} değerleri arasında %5 anlamlılık değerinde fark vardır; H_1 : Farklı içerikli numunelerin aynı reçete ile boyanmasında K/S_{SUM} değerleri arasında %5 anlamlılık değerinde fark yoktur, hipotezi ile kurgulanan ANOVA sonuçlarına göre, kumaş tiplerinin K/S_{sum} değerleri üzerinde etkisi olmadığı görülmektedir. Şekil 3’te boyanan numunelere ait görseller yer almaktadır.

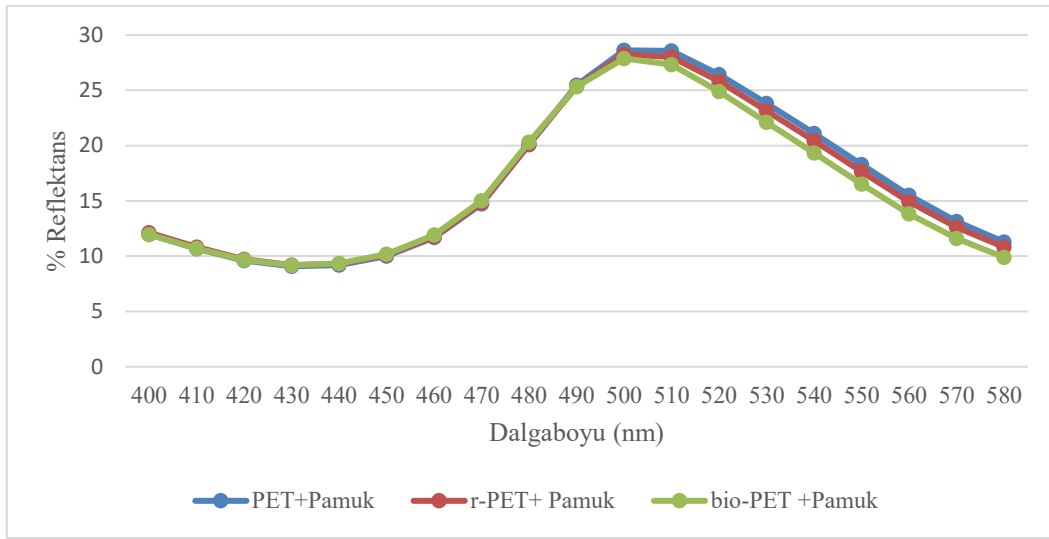
Tablo 4. Renk ölçüm sonuçları

Numune Adı	DL*	Da*	Db*	ΔE	KARAR
r-PET+ Pamuk	-0,891	-0,120	-1,175	1,479	Daha koyu
bio-PET +Pamuk	-1,439	-0,442	-2,946	3,309	Daha koyu



Şekil 1:

Numunelerin K/S_{sum} grafikleri



Şekil 2:
Numunelerin Dalgaboyu- Reflektans Grafikleri



Şekil 3:
Numunelere ait görseller

Tablo 5. Renk ölçümlerine ait ANOVA analizi

Varyans Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Beklenen Varyans	F	H ₀
K/S _{sum}	2	513,827	256,814	118,045	<0,001
Hata	9	19,588	2,176		
Toplam	11	533,415			

3.2. Haslık Sonuçları

İşletme şartlarında boyanan üç farklı kumaşın yıkama haslığı sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Yıkamaya karşı renk haslığı altı farklı hammaddeli refakat bezindeki lekelenmeye bağlı olarak kumaştaki renk değişimi gri skalası kullanılarak belirlenmektedir. Tablo 6 incelendiğinde yıkama haslığı değerlerinin üç kumaş türünde de benzer çıktığı ve hammaddelerinden etkilenmediği belirlenmiştir. Yıkama haslığı test sonuçlarının; ticari olarak kabul edilebilir, yüksek yıkama haslığı değerlerine (4/5 gri tonlama değerleri) sahip olduğu gözlemlenmektedir.

Tablo 6. Numunelerin yıkama haslık değerleri

Kumaş	Asetat	Pamuk	Poliamid	Poliester	Akrilik	Yün
PET+Pamuk	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
r-PET+Pamuk	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
bio-PET+Pamuk	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5

PET, r-PET ve bio-PET içerikli numunelerin su haslığı sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. PET ve bio-PET içerikli kumaşlar sırasıyla pamuk ve poliamid hammaddeli refakat bezlerinde daha çok lekelenmeye (4) yol açmış olsa da sonuçlar her üç numune içinde su haslık değerlerinin kalite referanslarında kabul edilebilir olduğunu göstermektedir. Genel olarak sonuçların hammaddede içeriğinden etkilenmediği düşünülmektedir.

Tablo 7. Numunelerin su haslık değerleri

Kumaş	Asetat	Pamuk	Poliamid	Polester	Akrilik	Yün
PET+Pamuk	4/5	4	4/5	4/5	4/5	4/5
r-PET+Pamuk	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
bio-PET+Pamuk	4/5	4/5	4	4/5	4/5	4/5

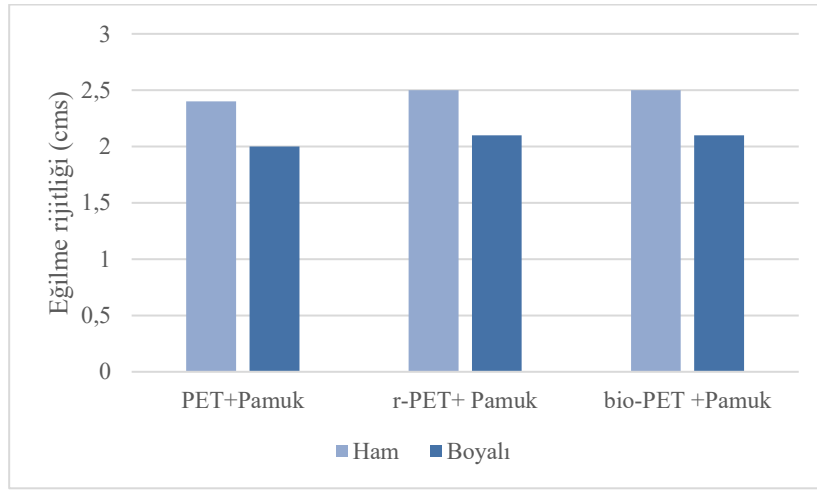
Tablo 8’de PET, r-PET ve bio-PET içerikli numunelerin yaş ve kuru sürtme haslığı test sonuçlarına yer verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, bio-PET içerikli numunelerin yaş sürtme haslık sonuçlarının PET ve r-PET içerikli numunelerin sonuçlarından daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, biyobozunur PET liflerinin amorf bölge yoğunluğunun daha yüksek olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Mecozzi ve Nisini, 2019). Bu yoğunluk artışı, boyar maddenin lif yüzeyinde daha az birikmesine ve dolayısıyla daha yüksek bir sürtme haslığına yol açtığı düşünülmektedir. Bu duruma ek olarak dispers boyaların termal migrasyonu, boya ve elyaf arasındaki etkileşimin azalması sonucunda boyanın elyaf yüzeyinde birikmesi ve bazı durumlarda çevreye sınırlı miktarlarda buharlaşmasıyla sonuçlanan bir süreçtir. Özellikle polyester ve dispers boyalar arasındaki zayıf bağlar nedeniyle, bu migrasyon ısı işlem sırasında gerçekleşebilir. Bu süreç, kumaşların haslık özelliklerini etkileyebilir. Yaş sürtme haslık değerleri incelendiğinde PET ve r-PET içerikli kumaşların boyar madde fiksesinin yaş durumunda daha fazla olduğu gözlemlenmektedir (Suesat ve Suwanruji,2011).

Tablo 8. Numunelerin sürtme haslık değerleri

Kumaş	Kuru	Yaş
PET+Pamuk	3/4	4/5
r-PET+Pamuk	3/4	4/5
bio-PET+Pamuk	4/5	4

3.3. Eğilme Rijitliği Sonuçları

Kumaşların eğilme rijitliği, kumaşın bükülme veya eğilme esnasında ne kadar direnç gösterdiğini ifade etmektedir. Eğilme özellikleri tekstil malzemesinin seçimini, tasarımını ve görünümünü etkilemektedir (Plattürk ve Kılıç, 2014). Eğilme rijitliği pamuklu dokuma kumaşlar için önemli bir özelliktir (Okur, 1995). Şekil 4'te ham ve boyanmış numunelerin eğilme rijitliği sonuçları yer almaktadır. r-PET içerikli kumaşların eğilme rijitliklerinin PET içerikli kumaşların eğilme rijitlikliğinden fazla olması literatür çalışmaları ile uyumludur (Telli ve Özdil, 2015; McCullough ve Sun, 2019). Boyama sonrası her üç numune için de eğilme dayanımlarının azaldığı ancak aralarında belirgin farklılıklar olmadığı gözlemlenmektedir. Literatür çalışmalarında sıklık ile eğilme dayanımı arasında doğrusal bir ilişki olduğu bilinmektedir. (Bolat ve Yılmaz, 2021). Numunelerin sıklık değerleri incelenmiş ve boyama sonrası sıklık değerlerinin (35 atk/cm; 36 çözgü/cm), boyama sonrası sıklık değerlerinden (30 atk/cm; 28 çözgü/cm) fazla olduğu bu durumun da eğilme rijitliğinde bir miktar artışa sebep olduğu düşünülmektedir.

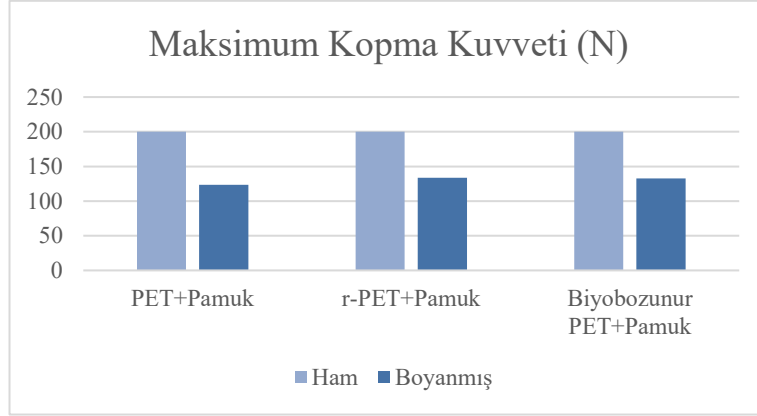


Şekil 4:

Numunelerin eğilme rijitlikleri

3.4. Kopma Mukavemeti Sonuçları

Şekil 5'te PET, r-PET ve bio-PET içerikli kumaşların ham ve boyanmış numunelerinin mukavemet sonuçları verilmiştir. Kopma mukavemeti; uzunlamasına yöndeki çekme kuvvetine karşı tekstil materyalinin dayanma yeteneğidir. Her üç içerik içinde boyanmış numunelerin mukavemet değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Bu durum terbiye işlemleri sırasında kullanılan kimyasallar ve işlemlerin lifin mekanik özelliklerini etkilemesi ile ilişkilendirilebilir. Bu durum literatürdeki çalışmalar ile uyumludur (Gül ve diğ., 2022). PET, r-PET ve bio-PET içerikli boyanmış kumaşların dayanım değerleri incelendiğinde kopma mukavemetleri arasında anlamlı bir değişiklik söz konusu olmadığı gözlemlenmektedir.



Şekil 5:

Numunelerin kopma mukavemeti

4. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışmada PET, r-PET ve bio-PET içerikli kumaşlar işletme şartlarında boyanmış ve boyama performansları kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere göre bio-PET içerikli numunelerin en koyu boyandığı tespit edilmiştir. Bu durum, bio-PET içerikli kumaşların amorf bölge oranının PET ve r-PET içerikli kumaşlardan daha fazla olması ile ilişkilendirilmiştir. Numunelerin yıkama, su ve sürtme haslıkları incelenmiş sonuçlar arasında belirgin farklılıklar olmadığı belirlenmiştir. Numunelerin eğilme rijitliği ve çekme dayanımları incelenmiş ve sonuçlar ham halleri ile kıyaslanmıştır. Eğilme rijitliği ve çekme dayanımlarına kumaş içeriğinin belirgin bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Her üç içerik içinde boyanmış numunelerin eğilme rijitliği ve çekme dayanım değerlerinin ham numunelerden daha az olduğu belirlenmiş bu durum kumaş sıklıklarının değişmesi ve boyama esnasında kullanılan kimyasallar ile ilişkilendirilmiştir.

Çevre kirliliğinin, enerji ve su tüketimlerinin azaltılması tekstil endüstrisine yön veren önemli parametrelerdir. Bu bağlamda, yenilikçi ve sürdürülebilir malzeme tercihleri büyük bir önem arz etmektedir. Geleneksel tekstil üretim süreçleri, doğal kaynakların yoğun kullanımına, zararlı kimyasal maddelerin kullanımına ve atık oluşumuna neden olabilir. Ancak, yenilikçi ve sürdürülebilir malzemeler, çevresel etkileri en aza indirmek ve endüstriyel süreçlerin daha sürdürülebilir hale getirilmesini sağlamak için büyük bir potansiyele sahiptir. Yapılan deneysel çalışmada, r-PET ve bio-PET içerikli kumaş numunelerinin boyama performansının, PET içerikli kumaşlarla en az aynı derecede başarılı olduğu hatta bio-PET içerikli numunelerin PET içerikli numunelerden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, PET, r-PET ve bio-PET içerikli numunelerin haslık ve mukavemet değerleri arasında belirgin farklılıklar tespit edilmemiştir. Bu bulgular, r-PET ve bio-PET gibi geri dönüştürülmüş ve sürdürülebilir malzemelerin, PET içermeyen kumaşlarla aynı kalite ve performans özelliklerine sahip olabileceğini ve hatta bazı durumlarda daha iyi performans sergileyebileceğini göstermektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

YAZAR KATKISI

Çalışmanın yazarlarından Zeynep ATLAS çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, veri analizi ve yorumlama ayrıca eleştirel inceleme ve makale yazımı aşamalarında, Aliye AKARSU ÖZENÇ veri toplama, veri analiz ve yorumlama, eleştirel inceleme ve makale tasarımı konularında, Cansu İŞBİLİR SALİH literatür taraması, veri toplama, işleme ve analizinde ve makale tasarımında, Semiha EREN çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetimi, eleştirel inceleme ve makale kontrol kısımlarında katkı sağlamıştır. Çalışmanın son onay ve tam sorumluluğunu tüm yazarlar üstlenmektedir.

KAYNAKLAR

1. Ahmed, M. T., & An, S. K. (2018) Efficient dyeing mechanism of cotton/polyester blend knitted fabric. *Fibers and Polymers*, 19, 2541-2547. Doi: 10.1007/s12221-018-8255-3
2. Anış, P., & Eren, H. A. (2003) Poliester/pamuk karışımlarının boyanması: Uygulamalar ve yeni yaklaşımlar.
3. Avinc, O., Khoddami, A. (2010) Overview of poly (lactic acid)(PLA) fibre: Part II: Wet processing; pretreatment, dyeing, clearing, finishing, and washing properties of poly (lactic acid) fibres. *Fibre chemistry*, 42, 68-78.
4. Awaja, F., & Pavel, D. (2005) Recycling of PET. *European polymer journal*, 41(7), 1453-1477. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2005.02.005
5. Babaarslan, O., Telli, A., & Gören, A. G. (2019) FDY ile POY, CDPET ve Mikro POY polyester filamentlerin farklı tekstüre şartlarında birleştirilmesiyle elde edilen ipliklerin özellikleri ve örme kumaştaki görsel etkileri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(62), 409-418. doi: 10.21205/deufmd.2019216208.
6. Babu, R. P., O'connor, K., & Seeram, R. (2013) Current progress on bio-based polymers and their future trends. *Progress in biomaterials*, 2, 1-16.
7. Bernava, A. (2021) The Use of Disperse Dyes for Dyeing of Recycled Polyethylene Terephthalate Fibres. In *Key Engineering Materials* (Vol. 903, pp. 100-105). Trans Tech Publications Ltd.
8. Bolat, S., & Yılmaz, D. (2021) İplik inceliği ve atkı sıklığı parametrelerinin çift özlü ipliklerden dokunan kumaşların boyama sonrası çeşitli kumaş özelliklerine etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(4), 2315-2332. doi: 10.17341/gazimmfd.769438
9. Dhoub, S., Lallam, A., & Sakli, F. (2006) Study of dyeing behavior of polyester fibers with disperse dyes. *Textile Research Journal*, 76(4), 271-280. doi: 10.1177/0040517506061243
10. Edge, M., Hayes, M., Mohammadian, M., Allen, N. S., Jewitt, T. S., Brems, K., & Jones, K. (1991) Aspects of poly (ethylene terephthalate) degradation for archival life and environmental degradation. *Polymer degradation and stability*, 32(2), 131-153. doi: 10.1016/0141-3910(91)90047-U
11. Hatamlou, M., Özgüney, A. T., Özdil, N., & Mengüç, G. S. (2020) Performance of recycled PET and conventional PES fibers in case of water transport properties. *Industria Textila*, 71(6), 538-538. doi:10.35530/IT.071.06.1691
12. Gül, S. E. (2022) Konvansiyonel ve Geri Dönüştürülmüş Kumaşlarda Terbiye Etkinliğinin Karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).
13. Ivanović, T., Hischer, R., & Som, C. (2021) Bio-based polyester fiber substitutes: From GWP to a more comprehensive environmental analysis. *Applied Sciences*, 11(7), 2993. doi: 10.3390/app11072993
14. Jaffe, M., Easts, A. J., & Feng, X. (2020) Polyester fibers. In *Thermal analysis of textiles and fibers* (pp. 133-149). Woodhead Publishing doi:10.1016/B978-0-08-100572-9.00008-2

15. Karadağ, S. (2022) Geri Dönüşüm Polyester Ipliklerden Elde Edilen Dokuma Kumaşların Performans Özelliklerinin Araştırılması (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
16. Ketema, A., & Worku, A. (2020) Review on intermolecular forces between dyes used for polyester dyeing and polyester fiber. *Journal of Chemistry*, 2020, 1-7. [doi: 10.1155/2020/6628404](https://doi.org/10.1155/2020/6628404)
17. Lallam, A., Michalowska, J., Schacher, L., & Viallier, P. (1997) Diffusion and adsorption of dye by polyester microfibres. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 113(3), 107-110.
18. Leng, Z., Padhan, R. K., & Sreeram, A. (2018) Production of a sustainable paving material through chemical recycling of waste PET into crumb rubber modified asphalt. *Journal of cleaner production*, 180, 682-688. [doi:10.1016/j.jclepro.2018.01.171](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.171)
19. Leonas, K. K. (2017) The use of recycled fibers in fashion and home products. *Textiles and clothing sustainability: Recycled and Upcycled textiles and fashion*, 55-77. [Doi: 10.1007/978-981-10-2146-6](https://doi.org/10.1007/978-981-10-2146-6)
20. Li, M., Zhang, K., & Hou, A. (2015) Crystallographic study of two monoazo disperse dyes with a D- π -A system. *Coloration Technology*, 131(1), 38-42. [doi:10.1111/cote.12121](https://doi.org/10.1111/cote.12121)
21. McCullough, H., & Sun, D. (2019) An investigation into the performance viability of recycled polyester from recycled polyethylene terephthalate (R-PET). *J Text Sci Fash Technol*, 2(4), 1-8.
22. Mecozzi, M., & Nisini, L. (2019) The differentiation of biodegradable and non-biodegradable polyethylene terephthalate (PET) samples by FTIR spectroscopy: A potential support for the structural differentiation of PET in environmental analysis. *Infrared Physics & Technology*, 101, 119-126. [doi: 10.1016/j.infrared.2019.06.008](https://doi.org/10.1016/j.infrared.2019.06.008)
23. Mu, B., Xu, H., & Yang, Y. (2017) Improved mechanism of polyester dyeing with disperse dyes in finite dyebath. *Coloration Technology*, 133(5), 415-422.
24. Okur, A. (1995) Pamuklu Dokuma Kumaşların Eğilme Dirençleri ve Dökümlülük Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. *Tekstil ve Mühendis*, 9(48), 21-36.
25. Özdil, N., & Telli, A. (2013) Properties of the yarns produced from r-PET fibers and their blends. *Textile and Apparel*, 23(1), 3-10.
26. Özdil, N., Süpüren Mengüç, G., Hatamlou, M., & Özgüney, A. T. (2018) r-PET ve klasik PET liflerinden üretilen kumaşların boya-baskı işlemleri öncesi ve sonrası özelliklerinin karşılaştırılması.
27. Pang, J., Zheng, M., Sun, R., Wang, A., Wang, X., & Zhang, T. (2016) Synthesis of ethylene glycol and terephthalic acid from biomass for producing PET. *Green Chemistry*, 18(2), 342-359.
28. Park, S. H., & Kim, S. H. (2014) Poly (ethylene terephthalate) recycling for high value added textiles. *Fashion and Textiles*, 1(1), 1-17.
29. Plattürk, G., & Kılıç, M. (2014) Kumaş Dökümlülüğünün Görüntü Analizi Temelli Yöntemlerle Ölçülmesi. *Tekstil ve Mühendis*, 21(94). [doi: 10.7216/130075992014219404](https://doi.org/10.7216/130075992014219404)
30. Sharma, K., Khilari, V., Chaudhary, B. U., Jogi, A. B., Pandit, A. B., & Kale, R. D. (2020) Cotton based composite fabric reinforced with waste polyester fibers for improved mechanical properties. *Waste management*, 107, 227-234. [doi:10.1016/j.wasman.2020.04.011](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.011)
31. Suesat, J., & Suwanruji, P. (2011) Dyeing and fastness properties of disperse dyes on poly (lactic acid) fiber (pp. 351-372). Rijeka, Croatia: InTech.
32. 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), 155892501501000206.
33. Wang, S., & Salmon, S. (2022) Progress toward Circularity of Polyester and Cotton Textiles. *Sustainable Chemistry*, 3(3), 376-403. [doi:10.3390/suschem3030024030024](https://doi.org/10.3390/suschem3030024030024)

