



Konferans Bildirisi

Tekstil Tedarik Zincirinde İzlenebilirlik ve Sürdürülebilirlik için Pigment Teknolojisi ile İşaretlenmiş Güvenli Üretim Modeli

Seda Keskin Atak^{1*}, Sümeyra Demirtaş Özkaya², Hasan Tahsin Tataroğlu³

¹ Eren Perakende ve Tekstil A.Ş., Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9381-4278>, E-mail: seda.keskinatak@erenperakende.com,

² Devanlay-Eren Tekstil Sanayi A.Ş., Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-4332-035X>, E-mail: sumeyra.ozkaya@erenperakende.com

³ Eren Perakende ve Tekstil A.Ş., Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0000-1445-2575>, E-mail: hasantahsin.tataroglu@erenperakende.com,

* Sorumlu Yazar: seda.keskinatak@erenperakende.com; Tel.: (0540 662 30 40)

5th International Conference on Access to Recent Advances in Engineering and Digitalization
June 19 - 20, 2025

Received: 12 April 2025

Revised: 08 June 2025

Accepted: 11 June 2025

Published: 30 June 2025

This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Reference: Keskin Atak, S., Demirtaş Özkaya, S., & Tataroğlu, H. T. (2024). A secure production model marked with pigment technology for traceability and sustainability in the textile supply chain. *Orclever Proceedings of Research and Development*, 6(1), 1-13.

Özet

Tekstil sektörü, ekonomik büyüme ve istihdam açısından stratejik bir öneme sahiptir. Ancak, sektörün çevresel etkileri ve sürdürülebilirlik gereklilikleri, şeffaflık ve izlenebilirliğin önemini giderek artırmaktadır. Bu çalışmada, FibreTrace firmasına ait izlenebilir pigmentli elyaflar, organik pamuk elyafları ile farklı oranlarda karıştırılarak iplik ve kumaş üretimi gerçekleştirilmiş ve Lacoste markasına t-shirt uygulamaları yapılmıştır. Pigmentin varlığı, üretim sürecinin tüm aşamalarında FibreTrace Scanning Device ile doğrulanmıştır. Elde edilen bulgular, pigmentlerin üretim süreçleri üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını, aksine izlenebilirliğin sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağladığını göstermektedir. Sonuçlar, tekstil tedarik zincirinde izlenebilirlik



teknolojilerinin yaygınlaştırılmasının hem çevresel hem de sosyal sorumluluk açısından önemli avantajlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar: İzlenebilirlik, Sürdürülebilirlik, Tekstil, Tedarik zinciri



Conference Article

A Secure Production Model Marked with Pigment Technology for Traceability and Sustainability in the Textile Supply Chain

Abstract

The textile industry is of strategic importance in terms of economic growth and employment. Nevertheless, the industry's environmental impact and sustainability requirements are increasingly emphasising the significance of transparency and traceability. In this study, traceable pigmented fibres from FibreTrace were blended with organic cotton fibres at different ratios to produce yarn and fabric, which were then used to make t-shirts for the Lacoste brand. The presence of the pigment was verified at all stages of the production process using the FibreTrace Scanning Device. The findings indicate that pigments do not have a detrimental effect on production processes; rather, traceability contributes to sustainability goals. The results of the study demonstrate that the extensive implementation of traceability technologies within the textile supply chain confers considerable benefits with regard to environmental and social responsibility.

Keywords: Traceability, Sustainability, Textiles, Supply Chain



1. Giriş

Tekstil sektörü, ekonomik gelişme, istihdam yaratma ve global ticaret üzerindeki kritik etkileriyle bilinen temel endüstrilerden biridir. Türkiye, dünya tekstil ihracatında önemli bir konuma sahip olup, tekstil ve konfeksiyon sektöründe Avrupa'nın ikinci büyük tedarikçisi konumundadır. Sektör, Türkiye ekonomisinin lokomotiflerinden biri olarak değerlendirilmekte ve ülkenin ihracat gelirlerinde önemli bir paya sahiptir. Ancak sektörde yoğun kaynak kullanımı, çevre kirliliği ve işçi hakları gibi sürdürülebilirlik konuları ciddi tartışma konularıdır. Tekstil üretimi sırasında yoğun miktarda su ve enerji kullanımı ile yüksek seviyede kimyasal tüketimi çevresel baskılara sebep olmaktadır [1]. Özellikle hızlı moda akımıyla birlikte tüketimin artması, tekstil atıklarının çoğalmasına neden olarak atık yönetimini zorlaştırmakta, döngüsel ekonomiye geçiş ihtiyacını artırmaktadır [2].

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda tekstil sektöründe izlenebilirlik ve şeffaflık, kaynak kullanımının etkinliğini artırmak ve döngüsellliği sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. İzlenebilirlik sistemleri, tekstil üretim zincirinde çevresel ve sosyal etkilerin daha iyi yönetilmesini sağlamakta ve tüketiciye sürdürülebilirlik bilgileri sunarak bilinçli tercih yapmalarına yardımcı olmaktadır [3]. Bu sistemlerin etkin kullanımı, tekstil üretim süreçlerindeki kaynak tüketimini azaltmakta, atık yönetimini iyileştirmekte ve ürünlerin yaşam döngüsünü uzatarak çevresel etkileri minimize etmektedir. Ayrıca, şeffaflık ve izlenebilirlik sayesinde firmalar, sürdürülebilirlik politikalarını daha etkili bir şekilde yönetebilir ve paydaşlarıyla olan ilişkilerini güçlendirebilirler. Bu bağlamda izlenebilirlik, tekstil sektöründe sürdürülebilirliği sağlamanın temel bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır [4].

İzlenebilirlik uygulamaları için RFID, QR kod ve blockchain gibi teknolojiler geliştirilmiş ve bu teknolojiler, ürünlerin yaşam döngüsünde şeffaflığın artırılmasını hedeflemektedir [5]. RFID teknolojisi, yüksek veri taşıma kapasitesi ve uzaktan okunabilirliği ile tekstil ürünlerinin ayrıştırılması ve geri dönüşüm süreçlerinde etkin rol oynamakta ancak maliyetli olması ve özel okuma cihazlarına ihtiyaç duyulması dezavantaj yaratabilmektedir. QR kodları düşük maliyet, kolay uygulama ve basit okuma araçları ile yaygın bir kullanıma sahiptir ancak kolayca kopyalanabilir olmaları güvenlik açıkları yaratmaktadır [6]. Blockchain teknolojisi ise tekstil ürünlerinin üretimden tüketiciye ulaşımına kadar olan süreçte verilerin güvenli ve değiştirilemez şekilde kaydedilmesine olanak sağlayarak, değer zincirinde şeffaflık ve hesap verebilirliği artırmaktadır. Bu sistemin avantajları arasında yüksek güvenlik, verilerin bütünlüğü ve şeffaflık bulunmaktadır; fakat sistemin karmaşıklığı, yüksek enerji tüketimi ve teknik altyapı gereksinimleri gibi dezavantajları da mevcuttur [7].



Bu çalışma kapsamında, tekstil sektöründe izlenebilirliği artırmak için Fibretrace firmasının geliştirmiş olduğu Scanning Device ile izlenebilen izlenebilir pigmentleri ile işaretlenmiş viskon sentetik türevi bir elyafın konvansiyonel organik pamuk elyafıyla farklı oranlarda karıştırılarak iplik üretimi, kumaş üretimi ve Lacoste t-shirt üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, tekstil sektöründe sürdürülebilirlik ve izlenebilirlik uygulamalarını incelemek ve sektörde daha geniş çaplı uygulamalar için öneriler sunmaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışma kapsamında, FibreTrace firmasının ürettiği pigmentli elyaf ile konvansiyonel organik pamuk elyafı, Tablo 1’de belirtilen oran ve yöntemlerle karıştırılarak, Ne 30/1 iplik numarasında üç farklı iplik üretilmiştir.

Tablo 1: FibreTrace Pigmentli Elyaf ve Organik Pamuk Elyafının Farklı Karışım Yöntemleri

İplik Numarası	Elyaf Karıştırma Yöntemi	Oran
Ne 30/1	Harmandan karıştırma	1/1000 oranında pigmentli elyaf kullanılmıştır.
Ne 30/1	Harmandan karıştırma	5/1000 oranında pigmentli elyaf kullanılmıştır.
Ne 30/1	Cer makinesinden şerit olarak karıştırma	5/1000 oranında pigmentli elyaf kullanılmıştır.

Üretilen iplikler kullanılarak yuvarlak örme makinesinde pike ve süprem kumaşlar üretilmiştir. Elde edilen bu kumaşlara kasar ve reaktif boyarmadde ile boyama işlemleri uygulanmıştır. Toplamda altı adet numune elde edilmiş olup, numunelerin kodları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Numune Kodları

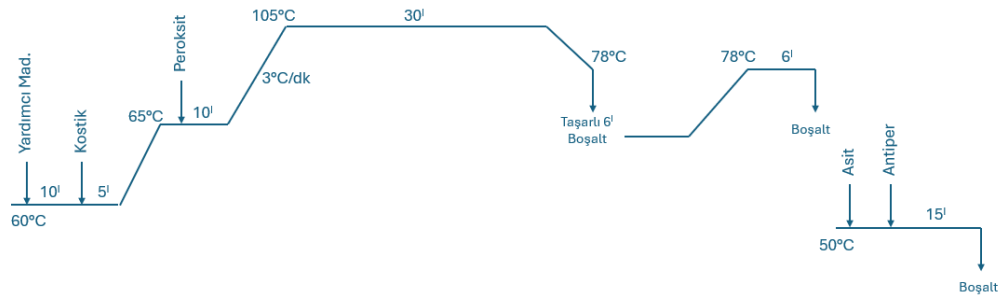
Kumaş No	Kumaş Konstrüksiyonu	İplik Numarası	Elyaf Karıştırma Yöntemi	Oran	Renk
P1	Pike	Ne 30/1	Harmandan karıştırma	1/1000	Naval Academy
P2	Pike	Ne 30/1	Harmandan karıştırma	5/1000	Elephant Skin
P3	Pike	Ne 30/1	Cer makinesinden şerit olarak karıştırma	5/1000	Nirvana
S1	Süprem	Ne 30/1	Harmandan karıştırma	1/1000	Naval Academy
S2	Süprem	Ne 30/1	Harmandan karıştırma	5/1000	Elephant Skin
S3	Süprem	Ne 30/1	Cer makinesinden şerit olarak karıştırma	5/1000	Nirvana



Tablo 3'te verilen kasar reçetesine göre tüm süprem ve pike kumaşlara Şekil 1'de ki grafik ile birlikte ağırtılmıştır.

Tablo 3: Kasar Reçetesi

Malzeme	Oran
Kasar Yardımcı Madde	1 gr/L
Sıvı Kostik (48 Be°)	%3
Hidrojen Peroksit	%2
Asetik Asit	1 gr/L
Antiper	0,03 gr/L

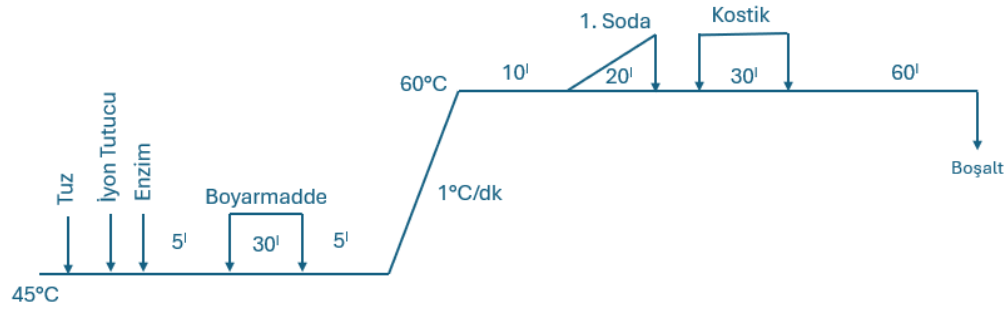


Şekil 1: Kasar Reçetesi

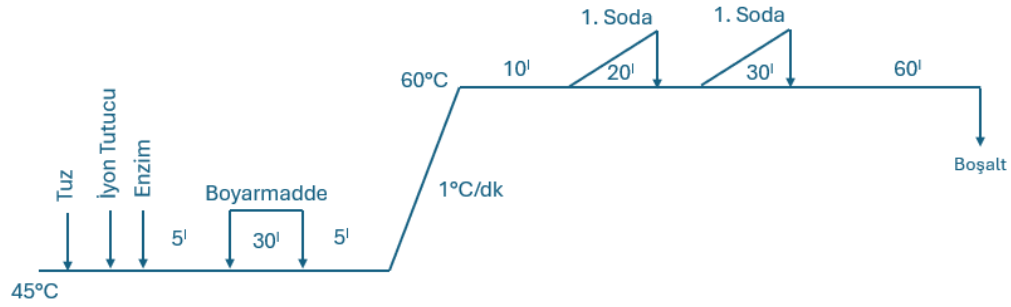
Kasar işleminden sonra; P1 ve S1 kumaşları, Şekil 2'de verilen boyama grafiğine uygun olarak, P2, S2, P3 ve S3 kumaşları ise Şekil 3'teki boyama grafiğine göre, Tablo 4'te belirtilen boyama reçeteleriyle boyanmıştır.

Tablo 4: Boyama Reçeteleri

Naval Academy- 19-3932 TCX		Elephant Skin- 17-0205 TCX		Nirvana- 17-3808 TCX	
P1 ve S1 Kumaşları		P2 ve S2 Kumaşları		P3 ve S3 Kumaşları	
Kimyasal	Oran	Kimyasal	Oran	Kimyasal	Oran
İyon Tutucu	0,8 gr/L	İyon Tutucu	0,8 gr/L	İyon Tutucu	0,8 gr/L
Likit Tuz	320 gr/L	Likit Tuz	100 gr/L	Likit Tuz	80 gr/L
Enzim	%0,15	Enzim	%0,15	Enzim	%0,15
Colorsol Yellow SP	%0,60433	Colorsol Yellow SP	%0,168	Colorsol Yellow SP	%0,04118
Colorsol Red SPL	%0,80998	Colorsol Red SPL	%0,11631	Colorsol Red SP	%0,13622
Colorsol Blue SPL	%3,94176	Colorsol Blue SPL	%0,204	Colorsol Blue MF-R	%0,0968
1. Soda	5 gr/L	1. Soda	1 gr/L	1. Soda	1 gr/L
Kostik	2,95 gr/L	2. Soda	11 gr/L	2. Soda	8 gr/L



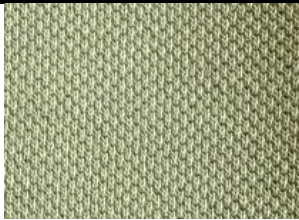
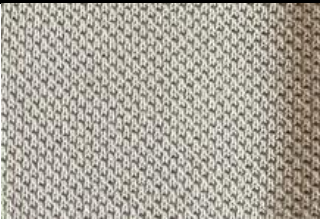
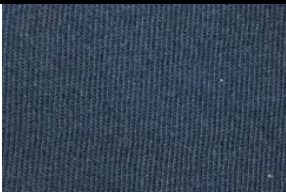
Şekil 2: Boyama Reçetesi 1



Şekil 3: Boyama Reçetesi 2

Elde edilen boyalı kumaşlar Tablo 5’te gösterilmektedir. Süprem kumaşlardan t-shirt ve pike kumaşlardan polo yaka t-shirt elde edilmiştir.

Tablo 5: Boyalı Kumaşlar Görüntüleri

P1	P2	P3
		
S1	S2	S3
		

2.1. İplik Özelliklerinin Belirlenmesi

- **İplik numarası:** İpliklerin doğrusal yoğunlukları TS 244 EN ISO 2060 (ISO 1999) [8] standardına göre çile metodu kullanılarak belirlenmiştir. Ölçümler Uster Autosorter 4 iplik numara cihazında yapılmıştır.
- **İplik bükümü:** İplik bükümü TS EN ISO 2061'e (ISO 2015) [9] göre açma-kapama yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler Zweigle D312 büküm ölçüm cihazında yapılmıştır.
- **İplik mukavemeti ve kopma uzaması (%):** İpliklerin mukavemet ve kopma uzaması (%) değerleri "TS EN ISO 2062" (ISO 2010) [10] standardına göre Uster Tensorapid cihazında ölçülmüştür.
- **İplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer ve neps sayısı:** İpliklerin düzgünsüzlük değerleri Uster Tester 4 iplik düzgünsüzlük test cihazında ölçülmüştür.

2.2. Kumaş Özelliklerinin Belirlenmesi

- **Haslık değerleri:** Numunelerin yıkama (60°C'ta), sürtme (kuru ve yaş), su ve ter (asit ve alkali) haslığı testleri sırasıyla ISO-105 C06 (ISO 2010) [11], ISO 105-X12 (ISO 2016) [12], ISO 105-E01 (ISO 2013) [13] ve ISO 105-E04 (ISO 2013) [14] standartlarına göre yapılmıştır.
- **Kumaş gramajı:** Kondisyonlanan kumaşların farklı bölgelerinden numune alınarak TS EN 12127 (TSE 1999) [15] standardına göre kumaş gramaj değerleri belirlenmiştir.

2.3. Ürün İzlenebilirliğinin Belirlenmesi

FibreTrace firmasının geliştirmiş olduğu Şekil 4'te ki Scanning Device ile tüm aşamalarda ürünlerin işaretlenmiş olup olmadığı test edilmiştir. Bu cihazın üzerinde 5 küçük led bulunmaktadır. Bu ledler mavi olduğunda içerisinde izlenebilir pigment olmadığını yeşil olduğunda ise izlenebilir pigment olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 4: FibreTrace Scanning Device [16].



3. Sonuçlar

Çalışmada farklı oranlarda pigmentli elyaf ve organik pamuk karıştırılarak Ne 30/1 numara iplik üretilmiştir. Öncelikle ipliklerin çeşitli özellikleri (mukavemet, elastikiyet (%), iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük) test edilmiştir. Sonuçlar Tablo 6 ve 7’de verilmektedir.

Tablo 6: İpliklerin Numara, Büküm, Mukavemet ve Elastikiyet ve Tüylülük Değeri

İplik Cinsi	Ne	Ne Cv	Büküm	Büküm Cv	Rkm	(%) Elast,	Tüylülük (H)
1/1000 Harmandan Karıştırma	30,35	0,69	774	3,38	17,68	5,17	4,47
5/1000 Harmandan Karıştırma	30,11	1,04	776	3,76	18,18	4,96	4,4
5/1000 Cer makinesinden şerit olarak karıştırma	30,03	0,90	763	4,01	18,28	5,10	4,39
%100 Organik Pamuk	29,59	1,31	718	2,09	17,91	4,29	5,08

Tablo 7: İpliklerin Düzgünsüzlük, İnce Yer, Kalın Yer ve Neps Değerleri

İplik Cinsi	U %	Cvm %	İnce (-30%)	İnce (-40%)	İnce (-50%)	Kalın (+35%)	Kalın (+50%)	Neps (+140%)	Neps (+200%)
1/1000 Harmandan Karıştırma	9,31	11,71	625	22	0	134	8	86	17
5/1000 Harmandan Karıştırma	9,1	11,47	574	17	1	131	10	88	19
5/1000 Cer makinesinden şerit olarak karıştırma	9,25	11,63	560	20	0	128	5	88	15
%100 Organik Pamuk	8,97	11,28	474	14	0	101	6	59	11

Tablo 6 ve 7 incelendiğinde üretilen ipliklerin konvansiyonel organik ipliğe kıyasla iplik numarası, büküm, mukavemet, elastikiyet, iplik düzgünsüzlüğü, ince yer, kalın yer, neps ve tüylülük değerlerinin oldukça benzer olduğu görülmektedir. Sadece cer makinesinde şerit olarak karıştırma yöntemi, lif dağılımını daha homojen hale getirdiği için ipliğin mukavemetini ve elastikiyetini artmış, tüylülük ve hata değerlerini azaltmıştır. İplik parametreleri arasında farkın az olması, pigmentli elyafın çok düşük oranlarda karıştırılmasından kaynaklanmış olabileceği ve ipliklerin benzer performans özelliklerine sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Ham ipliklerden üretilen kumaşların boyama işleminden sonra kumaşların en ve gramajları Tablo 8’de verilmektedir.



Tablo 8: Pike ve Süprem Kumaşların En ve Gramajları

Kumaş No	En	Gramaj
P1	210	185
P2	213	154
P3	210	164
S1	140	162
S2	142	153
S3	144	150

Boyalı kumaş numunelerine ait haslık sonuçları Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmektedir.

Tablo 9: Pike Kumaşların Haslık Sonuçları

Kumaş Cinsi	Lif	Yıkama Haslığı	Su Haslığı	Alkali Ter Haslığı	Asidik Ter Haslığı	Kuru Sürtme	Yaş Sürtme
P1	WO	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3
	PAC	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PES	4	4	4/5	4/5		
	PA	4	3/4	4/5	4		
	CO	3	3/4	4	4/5		
	CA	4/5	4/5	4/5	4/5		
P2	WO	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	PAC	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PES	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PA	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CO	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CA	4/5	4/5	4/5	4/5		
P3	WO	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	PAC	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PES	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PA	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CO	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CA	4/5	4/5	4/5	4/5		



Tablo 10: Süprem Kumaşların Haslık Sonuçları

Kumaş Cinsi	Lif	Yıkama Haslığı	Su Haslığı	Alkali Ter Haslığı	Asidik Ter Haslığı	Kuru Sürtme	Yaş Sürtme
S1	WO	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	3
	PAC	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PES	4	4/5	4/5	4/5		
	PA	4	3/4	4/5	4		
	CO	3	3/4	4	4		
	CA	4/5	4/5	4/5	4/5		
S2	WO	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	PAC	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PES	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PA	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CO	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CA	4/5	4/5	4/5	4/5		
S3	WO	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5	4/5
	PAC	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PES	4/5	4/5	4/5	4/5		
	PA	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CO	4/5	4/5	4/5	4/5		
	CA	4/5	4/5	4/5	4/5		

Tablo 9 ve 10 incelendiğinde her iki kumaşın da yıkama, sürtme, su ve ter haslıklarının iyi seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Sadece P1 ve S1 kumaşlarının haslık değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni kumaş numunesinin koyu renge boyanmış olmasıdır.

FibreTrace Scanning Device kullanılarak, ham iplik, ham kumaş ve boyalı kumaş numunelerinin pigment seviyeleri ölçülmüştür. Tüm prosesler cihaz üzerinde yeşil ışık yanmış ve bu durum, numunelerde pigment bulunduğunu göstermiştir. Numuneler yüksek sıcaklık, basınç, yaş işlemler gibi birçok farklı işleminden geçmiş olmasına rağmen, son üründe de cihazda yeşil ışığın yanmaya devam ettiği gözlemlenmiştir.

4. Tartışma

Bu çalışma, pigment teknolojisinin tekstil sektöründe izlenebilirlik ve sürdürülebilirlik açısından sunduğu avantajları ortaya koymaktadır. Pigmentli elyaf kullanımı, üretim proseslerinde kaliteyi olumsuz yönde etkilemeden, tüm tedarik zincirinde şeffaflık



sağlamaktadır. Özellikle son üründe de pigment varlığının doğrulanabilmesi, taklit ve sahtecilik riskini azaltmakta, ürünün orijinalliğini garanti altına almaktadır. Bu durum hem marka imajı hem de tüketici güveni açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, üretim süreçlerinde herhangi bir kalite kaybı olmadan izlenebilir pigmentlerin kullanılabilmesi, sektörde yaygın uygulamalar için olumlu bir referans oluşturmaktadır. Pigment teknolojisiyle izlenebilirlik uygulamalarının, sektör genelinde standardizasyonu ve daha geniş kapsamlı pilot projelerle desteklenmesi faydalı olacaktır. Bu tarz teknolojiler, tekstil atıklarının kaynağında ayrıştırılması ve döngüsel ekonomiye geçişte de önemli rol oynayacaktır.

Referanslar

- [1] Alkaya, E., & Demirer, G. N. (2014). Sustainable textile production: a case study from a woven fabric manufacturing mill in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 65, 595-603.
- [2] Tang, K. H. D. (2023). State of the art in textile waste management: A review. *Textiles*, 3(4), 454-467.
- [3] Rinaldi, F. R., Di Bernardino, C., Cram-Martos, V., & Pisani, M. T. (2022). Traceability and transparency: enhancing sustainability and circularity in garment and footwear. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, 18(1), 132-141.
- [4] Kumar, V., Agrawal, T. K., Wang, L., & Chen, Y. (2017). Contribution of traceability towards attaining sustainability in the textile sector. *Textiles and Clothing Sustainability*, 3(1), 5.
- [5] Schwarz Bour, L., & Jönsson, C. (2020). RFID for transparency, traceability and end-of-life handling of textiles – The importance of harmonized legislation. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, 6(1), 26-30.
- [6] Agrawal, T. K., Koehl, L., & Campagne, C. (2018). A secured tag for implementation of traceability in textile and clothing supply chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99, 2563-2577.
- [7] Alves, L., Sá, M., Cruz, E. F., Alves, T., Alves, M., Oliveira, J., Santos, M., & Rosado da Cruz, A. M. (2023). A traceability platform for monitoring environmental and social sustainability in the textile and clothing value chain: Towards a digital passport for textiles and clothing. *Sustainability*, 16(1), 82.
- [8] ISO 2060 Determination of linear density (mass per unit length) by the skein method. 1999.
- [9] ISO 2061 Determination of twist in yarns - Direct counting method. 2015.
- [10] ISO 2062 Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester. 2010.
- [11] ISO 105-C06 Textiles test for colour fastness. Part C06: Color fastness to domestic and commercial laundering. 2010.
- [12] ISO 105-X12 Textiles tests for color fastness. Part X12: Color fastness to rubbing. 2016.
- [13] ISO 105-E01 Textiles-Tests for color fastness, Part E01: Color fastness to water. 2013.



- [14] ISO 105-E04 Textiles-Tests for color fastness, Part E04: Color fastness to perspiration. 2013.
- [15] TS EN 12127 Textiles- Fabrics- Determination of mass per unit area using small samples.1999.
- [16] FibreTrace. (n.d.). *FibreTrace scanning device*. FibreTrace. <https://www.fibretrace.io>