

Sürdürülebilir Filament İplik Üretimi: Kullanılan Yağın Geri Dönüşüm Yoluyla Yeniden Değerlendirilmesi

Berfin GÜL^{1,a}, Hüseyin NASIRCI^b, Kübra YILMAZ^{1,c}

¹Ulusoy Tekstil San. ve Tic. A.Ş., Adana, Türkiye

^aORCID: 0009-0006-3661-9851; ^bORCID: 0009-0003-9255-9062; ^cORCID: 0009-0003-9255-9062

Makale Bilgileri

Geliş : 09.09.2025

Kabul : 22.04.2026

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1780607

Sorumlu Yazar

Berfin GÜL

berfin@samtekstekstil.com

Anahtar Kelimeler

Spin finish yağ

Polipropilen filament iplik

Geri dönüşüm

Sürdürülebilir üretim

Atık yönetimi

Atf şekli: GÜL, B., NASIRCI, H., YILMAZ, K., (2026). Sürdürülebilir Filament İplik Üretimi: Kullanılan Yağın Geri Dönüşüm Yoluyla Yeniden Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 41(2), 457-465.

ÖZ

Bu çalışma, polipropilen filament iplik üretiminde kullanılan spin finish yağlarının geri kazanımına yönelik yenilikçi bir sistemin geliştirilmesini ve uygulanabilirliğinin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Araştırma kapsamında spin finish yağlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiş, kontaminasyon seviyeleri incelenerek yeniden kullanım kriterleri belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, geri kazanılabilir bileşen oranının %20 seviyesine ulaştığında yağın proses içerisinde yeniden kullanılacak kaliteye eriştiği tespit edilmiştir. Geliştirilen sistemin teknik, ekonomik ve çevresel performans analizleri gerçekleştirilmiş; uygulama sonucunda yıllık yaklaşık 16.411 ABD Doları ekonomik kazanç sağlanabileceği ve yatırım maliyetinin 2 ay 1 gün gibi kısa bir sürede geri kazanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca yılda yaklaşık 36 ton atık yağın geri dönüştürülmesiyle atık oluşumunun azaltılması ve doğal kaynak kullanımının düşürülmesi mümkün olmuştur. Bulgular, sistemin nihai ürün kalitesini olumsuz etkilemeden uygulanabildiğini göstermekte olup, sürdürülebilir üretim ve döngüsel ekonomi hedeflerine katkı sağlayan etkili bir yaklaşım ortaya koymaktadır.

Sustainable Filament Yarn Production: Recycling and Reuse of Process Oil

Article Info

Received : 09.09.2025

Accepted : 22.04.2026

DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1780607

Corresponding Author

Berfin GÜL

berfin@samtekstekstil.com

Keywords

Spinfinish oil

Polypropylene yarn

Recycling

Sustainable production

Waste management

How to cite: GÜL, B., NASIRCI, H., YILMAZ, K., (2026). Sustainable Filament Yarn Production: Recycling and Reuse of Process Oil. Çukurova University, Journal of the Faculty of Engineering, 41(2), 457-465.

ABSTRACT

This study investigates the development and feasibility of an innovative recovery system for spin finish oils used in polypropylene filament yarn production. The physical and chemical properties of the oils were analyzed, and reuse criteria were established through the evaluation of contamination levels and recoverable components. Results indicated that the recovered oil achieved a quality level suitable for reintegration into the production process when the recoverable component ratio reached approximately 20%. The proposed system was assessed in terms of technical, economic, and environmental performance. Findings revealed that implementation of the recovery system could generate annual savings of approximately USD 16,411, with an investment payback period of only 2 months and 1 day. In addition, recycling nearly 36 tons of waste spin finish oil annually contributes to reducing waste generation, conserving natural resources, and mitigating environmental impacts. The results demonstrate that the system can be implemented without compromising product quality, thereby supporting circular economy principles and sustainable manufacturing practices in the textile industry.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde artan nüfus, sanayileşme faaliyetleri, doğal kaynakların hızla tükenmesi ve çevresel sorunların giderek daha belirgin hale gelmesi, üretim sektörlerinde sürdürülebilirlik uygulamalarını zorunlu hale getirmiştir [1,2]. Özellikle enerji yoğun ve kimyasal kullanımının yüksek olduğu tekstil sektörü, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik çalışmaların yoğunlaştığı endüstriler arasında yer almaktadır. Son yıllarda döngüsel ekonomi yaklaşımı kapsamında atık oluşumunun azaltılması, kaynak verimliliğinin artırılması ve üretim süreçlerinde kullanılan malzemelerin yeniden değerlendirilmesi büyük önem kazanmıştır [3].

Tekstil endüstrisinde sentetik filament iplikler, yüksek mukavemetleri, düşük yoğunlukları, kimyasal dayanımları ve ekonomik üretim avantajları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır [4]. Özellikle polipropilen filament iplikler; halı, ev tekstili, teknik tekstiller, otomotiv ürünleri, medikal uygulamalar ve spor tekstilleri gibi birçok farklı alanda tercih edilmektedir [5]. Filament ipliklerin üretiminde, proses verimliliğini artırmak ve iplik kalitesini korumak amacıyla çeşitli yardımcı kimyasallardan yararlanılmaktadır. Bu yardımcı kimyasallar arasında en önemli bileşenlerden biri spin finish yağlarıdır.

Spin finish yağları, filament yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturarak sürtünmeyi azaltmakta, statik elektrik oluşumunu önlemekte ve filamentlerin çekim, sarım ve sonraki işlem basamaklarında daha kontrollü hareket etmesini sağlamaktadır [6]. Bu sayede iplik kopuşlarının azaltılması, üretim hızlarının artırılması ve nihai ürün kalitesinin iyileştirilmesi mümkün olmaktadır. Bununla birlikte üretim süreci boyunca önemli miktarda spin finish yağı atık hale gelmekte ve çoğu işletmede doğrudan bertaraf edilmektedir. Bu durum hem ekonomik kayıplara hem de çevresel yüklerin artmasına neden olmaktadır [7].

Atık yağların geri kazanımı uzun yıllardır metal işleme, otomotiv ve enerji sektörlerinde araştırılan bir konu olmasına rağmen, tekstil sektöründe kullanılan spin finish yağlarının geri dönüşümüne yönelik çalışmalar oldukça sınırlı olduğu görülmektedir [8,9]. Literatürde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, geri kazanım uygulamalarının çoğunlukla filtrasyon, santrifüj ayırma, kimyasal saflaştırma ve termal işlemler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir [10-12]. Bununla birlikte, tekstil üretim süreçlerinden kaynaklanan spin finish yağlarının doğrudan yeniden kullanım potansiyelini inceleyen ve endüstriyel ölçekte uygulanabilir sistem önerileri sunan çalışmaların sayısı oldukça azdır [9]. Bu durum, tekstil sektöründe kaynak verimliliğini artırmaya yönelik yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Filament iplik üretim tesislerinde kullanılan spin finish yağlarının önemli bir kısmı, proses sonrasında belirli oranlarda yağ içeriğini korumaya devam etmektedir. Bu durum, uygun yöntemlerin geliştirilmesi halinde söz konusu yağların yeniden değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Ancak geri kullanım öncesinde yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, kullanım sınırlarının ortaya konulması ve proses performansına etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir [10,12]. Bu nedenle geri kazanım sistemlerinin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda teknik ve ekonomik açıdan da incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, polipropilen filament iplik üretim süreçlerinde kullanılan spin finish yağlarının geri kazanım potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma kapsamında atık yağların fiziksel ve kimyasal özellikleri analiz edilmiş, yeniden kullanım kriterleri belirlenmiş ve üretim hattına entegre edilebilecek bir geri kazanım sistemi tasarlanmıştır. Ayrıca geliştirilen sistemin ekonomik uygulanabilirliği, maliyet avantajları ve çevresel katkıları değerlendirilmiştir. Böylece hem atık miktarının azaltılması hem de hammadde tüketiminin düşürülmesi hedeflenmiştir.

Literatürde sınırlı sayıda ele alınan spin finish yağı geri kazanımı konusuna odaklanan bu çalışma, tekstil sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarının geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra çalışma, çevresel sürdürülebilirlik hedefleri ile ekonomik faydaları bir araya getiren uygulanabilir bir geri dönüşüm modelinin ortaya konulması açısından önemli bir örnek teşkil etmektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, polipropilen filament iplik üretim proseslerinde kullanılan spin finish yağlarının geri kazanım potansiyeli araştırılmış ve endüstriyel ölçekte uygulanabilir bir geri dönüşüm sistemi geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan spin finish yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiş, üretim sürecinden

kaynaklanan atık yağların karakterizasyonu gerçekleştirilmiş ve geri kazanılan yağların yeniden kullanım performansı değerlendirilmiştir. Geliştirilen sistem; atık yağların toplanması, depolanması, transfer edilmesi, laboratuvar analizlerinin gerçekleştirilmesi, yağ-su oranının yeniden düzenlenmesi ve üretim sürecine geri kazandırılması aşamalarından oluşmaktadır. Çalışmada herhangi bir kimyasal ayrıştırma, santrifüjleme veya ileri filtrasyon işlemi uygulanmamış, yalnızca atık yağ içerisindeki yağ-su oranının proses koşullarına uygun hale getirilmesi esas alınmıştır [1].

2.1. Kullanılan Spin Finish Yağının Özellikleri

Çalışmada kullanılan spin finish yağı, polipropilen filament iplik üretiminde filament-filament ve filament-metal temaslarında sürtünmeyi azaltmak, statik elektrik oluşumunu önlemek ve proses verimliliğini artırmak amacıyla kullanılan yardımcı bir kimyasaldır [2]. Yağın kullanımı sayesinde filament yüzeyinde homojen bir film tabakası oluşturularak iplik kopuşları azaltılmakta ve nihai ürün kalitesi iyileştirilmektedir [3].

Kullanılan spin finish yağı kimyasal olarak fosforik ester ve etoksillenmiş yağ alkollerinden oluşmaktadır. Ürün renksiz ve berrak bir sıvı görünümünde olup hafif karakteristik bir kokuya sahiptir. İyonik yapısı noniyonik veya zayıf anyonik karakter göstermekte ve suda kolay çözünmektedir. %10'luk sulu çözeltisinde pH değeri 6-7 aralığında bulunmaktadır. Üretim prosesinde yağ, %5-25 oranında emülsiyon halinde hazırlanarak filament yüzeyine uygulanmaktadır [2].

Ürünün depolama sıcaklığı +10 °C ile +35 °C arasında tutulmuş ve üretici tavsiyelerine uygun şekilde muhafaza edilmiştir. Kullanım sırasında iş sağlığı ve güvenliği açısından koruyucu ekipman kullanılmış ve çevresel temasın önlenmesine yönelik gerekli tedbirler alınmıştır.

2.2. Atık Yağ Toplama Sistemi

Filament iplik üretim makinelerinden proses sırasında çıkan atık spin finish yağları, sistem için özel olarak tasarlanan toplama kuyularında biriktirilmiştir. Toplama kuyusu paslanmaz çelik malzemeden üretilmiş olup yüksek kimyasal dayanım ve uzun kullanım ömrü sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem içerisinde oluşabilecek katı partiküllerin ve tortuların birikerek akışı engellemesini önlemek amacıyla kuyu içerisinde sedimentasyon bölümü oluşturulmuştur. Ayrıca sistem performansının izlenebilmesi amacıyla seviye göstergesi kullanılmıştır.

Toplama kuyusunda biriken atık yağlar belirlenen seviyeye ulaştığında depolama sistemine aktarılmıştır.

2.3. Depolama ve Transfer Sistemi

Toplama kuyusunda biriken atık yağlar otomatik pompa sistemi yardımıyla 1 ton kapasiteli depolama tankına transfer edilmiştir. Depolama tankı çift cidarlı yapıda tasarlanmış olup olası sızıntılara karşı güvenlik sağlamak ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmak amacıyla kullanılmıştır.

Depolama süresince yağ-su karışımının homojen yapısını koruyabilmek amacıyla tank içerisine mekanik karıştırıcı sistemi entegre edilmiştir. Karıştırıcı belirli aralıklarla çalıştırılarak faz ayrışmasının önüne geçilmiş ve karışımın sürekli homojen kalması sağlanmıştır.

Transfer hattında kullanılan borular kimyasal dayanımı yüksek malzemelerden seçilmiş ve sistem içerisinde bulunan süzgeçler sayesinde büyük partiküllerin pompa veya boru hattına zarar vermesi engellenmiştir.

2.4. Laboratuvar Analizleri ve Karakterizasyon Çalışmaları

Atık yağların yeniden kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla üretim hattından elde edilen atık yağ-su karışımları ile kullanılmamış yeni yağ-su karışımlarından numuneler alınmıştır. Numuneler akredite bir laboratuvara gönderilmiş ve fiziksel ile kimyasal özellikleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Analizler kapsamında görünüm, renk, kuru madde oranı, refraktif indeks, pH, iletkenlik ve iyonik yapı parametreleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Yeni yağ-su karışımı ile atık yağ-su karışımının karşılaştırmalı analiz sonuçları

Özellik	Yağ-Su karışımı	Atık yağ-Su karışımı
Görünüm, renk	Berrak sıvı, uçuk sarı	Berrak sıvı, uçuk sarı
% Kuru madde	64	52
Refraktif indeks	53	50
%10 çözelti pH	6,9	6–7
%10 çözelti iletkenlik	259 μ S/cm	256 μ S/cm
%10 çözelti görünümü	Mikro emülsiyon	Mikro emülsiyon
İyonik yapı	Anyonik	Anyonik

Laboratuvar sonuçları, atık yağ-su karışımının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yeni yağ-su karışımı ile büyük ölçüde benzerlik gösterdiğini ortaya koymuştur. Özellikle görünüm, pH, iletkenlik ve iyonik yapı parametrelerinde önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda atık yağ-su karışımının yeniden kullanım açısından uygun olduğu değerlendirilmiştir.

2.5. Yağ-Su Oranının Düzenlenmesi ve Geri Kullanım

Laboratuvar analizleri ve saha ölçümleri sonucunda atık yağ karışımının ortalama yağ içeriğinin %17,9 olduğu belirlenmiştir. Üretim prosesinde kullanılan emülsiyonun ise %20 yağ içeriğine sahip olması gerektiğinden, geri kazanım sürecinde yağ-su oranı yeniden düzenlenmiştir.

Bu amaçla depolama tankından alınan numuneler üzerinde yağ oranı analizleri gerçekleştirilmiş, mevcut yağ oranı ile hedeflenen yağ oranı arasındaki fark hesaplanmış ve gerekli miktarda spin finish yağı sisteme dozajlanmıştır. Karıştırıcı sistemi yardımıyla homojen karışım elde edilmiş ve sonrasında yağ oranı tekrar ölçülerek proses şartlarına uygunluğu doğrulanmıştır.

Yağ oranı %20 seviyesine ulaştırılan karışım kalite kontrol işlemlerinin ardından yeniden üretim hattına beslenmiştir. Böylece herhangi bir kimyasal arıtma, santrifüjleme veya ileri filtrasyon işlemine ihtiyaç duyulmadan atık spin finish yağlarının yeniden kullanılması mümkün hale getirilmiştir [4].

Bu yaklaşım sayesinde hem atık oluşumu azaltılmış hem de yeni spin finish yağı tüketiminde önemli düzeyde tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca sistem, düşük yatırım maliyeti ve mevcut üretim altyapısına kolaylıkla entegre edilebilmesi sayesinde ekonomik ve çevresel açıdan uygulanabilir bir geri dönüşüm modeli sunmuştur.

3. BULGULAR

Polipropilen filament iplik üretiminde kullanılan spin finish yağları, filament yüzeyinde sürtünmeyi azaltmak, statik elektrik oluşumunu önlemek ve üretim prosesinin kararlılığını artırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır [1,2]. İncelenen tesiste spin finish yağı, üretim hattına %20 yağ ve %80 saf su oranında hazırlanmış emülsiyon şeklinde beslenmektedir. Ancak üretim prosesi sonunda oluşan yağ-su karışımı atık olarak değerlendirilmekte ve herhangi bir geri kazanım işlemine tabi tutulmadan bertaraf edilmektedir. Bu durum yalnızca ekonomik açıdan bir kayıp oluşturmakla kalmamakta, aynı zamanda atık yönetimi ve kaynak verimliliği açısından da önemli bir sürdürülebilirlik sorunu meydana getirmektedir [3].

Tekstil sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte proseslerde kullanılan yardımcı kimyasalların yeniden değerlendirilmesi önem kazanmıştır [4]. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmada, atık spin finish yağlarının yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması ve ekonomik olarak uygulanabilir bir geri kazanım modelinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Geliştirilen sistemde, üretim makinelerinden çıkan atık yağ-su karışımları hortumlar yardımıyla merkezi bir toplama kuyusunda biriktirilmiştir. Toplanan atık yağ daha sonra boru sistemi aracılığıyla depolama tankına aktarılmış ve belirli bir süre bekletildikten sonra yeniden kullanım amacıyla değerlendirilmiştir. Yapılan ön incelemelerde atık yağların önemli bir bölümünün halen kullanılabilir yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, atık yağların herhangi bir ileri arıtma işlemine ihtiyaç duyulmadan yeniden değerlendirilebileceğini göstermiştir.

Atık yağların geri kullanım potansiyelini belirlemek amacıyla 15 gün boyunca her gün üç farklı ölçüm gerçekleştirilmiş ve toplam 45 adet ölçüm sonucu elde edilmiştir. Ölçümler yağ ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiş olup üretim hattından çıkan atık yağ-su karışımının yağ içeriği belirlenmiştir. Böylece geri dönüşüm sisteminin tasarımında kullanılacak temel veri seti oluşturulmuştur.

Çizelge 3. Atık yağ ölçüm sonuçları

Gün	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Günlük ortalama
1	16,4	16,7	16,7	16,6
2	17,1	17,8	17,4	17,4
3	17,5	17,4	17,2	17,4
4	16,3	16,2	16,1	16,2
5	24,5	23,8	23,8	24,0
6	17,8	17,5	17,9	17,7
7	20,1	19,5	19,4	19,7
8	17,4	16,9	17,1	17,1
9	16,2	16,8	16,8	16,6
10	17,2	17,5	17,4	17,4
11	17,6	17,6	17,8	17,7
12	18,1	18,1	17,9	18,0
13	18,2	17,8	17,8	17,9
14	16,4	16,2	16,8	16,5
15	17,5	17,8	17,8	17,7

45 ölçüm ortalaması: %17,9

Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda atık yağ-su karışımlarının ortalama yağ içeriğinin %17,9 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, atık olarak değerlendirilen karışımın büyük oranda proses içerisinde kullanılabilir yağ içerdiğini göstermektedir. Üretim hattında kullanılan emülsiyonun hedef yağ oranının %20 olması nedeniyle, geri kazanılan karışımın yeniden kullanılabilmesi için yalnızca sınırlı miktarda ilave spin finish yağı kullanılması yeterli görülmüştür.

Yapılan değerlendirmelerde kullanılan spin finish yağının aktif yağ içeriğinin %57 olduğu belirlenmiştir. Buna göre 1000 litrelik bir tankta %20 yağ oranına sahip standart bir emülsiyon hazırlanabilmesi için teorik olarak 350,88 litre spin finish yağı kullanılması gerekmektedir. Ancak atık yağ karışımında hâlihazırda %17,9 oranında yağ bulunduğundan sistem tamamen yeni yağ ile hazırlanmamış, mevcut yağ içeriği korunarak yalnızca eksik kısım tamamlanmıştır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda 1000 litrelik bir tankın yağ oranını %17,9 seviyesinden %20 seviyesine çıkarabilmek için yaklaşık 56,76 litre spin finish yağı ilavesinin yeterli olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç, proses içerisinde geri kazanılan yağın yüksek bir geri kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Tamamen yeni yağ kullanılması durumunda gerekli olan 350,88 litre spin finish yağı ile geri kazanım sisteminde ihtiyaç duyulan 56,76 litre spin finish yağı karşılaştırıldığında, her 10 günlük üretim periyodunda:

$$350,88 - 56,76 = 294,12 \text{ litre}$$

spin finish yağı tasarrufu sağlandığı hesaplanmıştır.

Tesiste her 10 günde bir yaklaşık 1 ton atık yağ toplandığı dikkate alındığında, aylık üç periyot üzerinden yapılan hesaplamalarda toplam tasarruf miktarı:

$$294,12 \times 3 = 882,36 \text{ litre/ay}$$

olarak belirlenmiştir.

Spin finish yağının satın alma maliyetinin 1,55 USD/L olduğu dikkate alındığında, yalnızca yağ tüketimindeki azalma sayesinde aylık yaklaşık 1.367,66 USD ekonomik fayda elde edilmektedir. Bu değer yıllık bazda değerlendirildiğinde yaklaşık 16.411,92 USD tasarrufa karşılık gelmektedir.

Sistemin kurulumu için gerekli yatırım kalemleri incelendiğinde, mevcut depolama tankının kullanılması nedeniyle ilave tank yatırımına ihtiyaç duyulmadığı görülmüştür. Sistem için gerçekleştirilen yatırım yalnızca yağ toplama kuyusu ve borulama sisteminden oluşmakta olup toplam yatırım maliyeti 2.471 USD olarak hesaplanmıştır. İşletme giderleri ise enerji, bakım ve işçilik dahil olmak üzere her 10 günlük dönem için yaklaşık 20 USD seviyesindedir.

Ekonomik değerlendirme sonuçları, sistemin oldukça kısa sürede kendini amorti ettiğini göstermektedir. Yapılan maliyet-fayda analizine göre yatırımın geri dönüş süresi yaklaşık 2 ay 1 gün olarak hesaplanmıştır. Bu geri ödeme süresi, tekstil sektöründe uygulanan birçok enerji verimliliği ve atık azaltımı projesine kıyasla oldukça düşük bir yatırım riski ortaya koymaktadır [5].

Çevresel açıdan değerlendirildiğinde ise sistem sayesinde yılda yaklaşık 36 ton atık spin finish yağının yeniden kullanılması mümkün hale gelmektedir. Böylece hem atık oluşumu azaltılmakta hem de yeni kimyasal tüketimi düşürülmektedir. Bunun sonucunda doğal kaynak kullanımı azalmakta, atık bertaraf ihtiyacı düşmekte ve üretim süreçlerinin çevresel etkileri önemli ölçüde azaltılmaktadır [3,4].

Elde edilen bulgular, atık spin finish yağlarının yalnızca yağ-su oranının yeniden düzenlenmesi ile üretim sürecine geri kazandırılabilirliğini göstermektedir. Bu yaklaşımın ileri filtrasyon, kimyasal arıtma veya santrifüjleme gibi yüksek yatırım maliyetine sahip sistemlere ihtiyaç duymadan uygulanabilmesi, yöntemin endüstriyel uygulanabilirliğini artırmaktadır.

4. TARTIŞMA

Tekstil sektöründe kullanılan proses yardımcı kimyasalları arasında yer alan spin finish yağları, filament iplik üretiminin sürekliliği, iplik kalitesi ve proses verimliliği açısından kritik öneme sahiptir [1,2]. Bununla birlikte bu yağların tüketimi, özellikle yüksek üretim kapasiteli tesislerde önemli bir işletme maliyeti oluşturmaktadır. Bu nedenle spin finish yağlarının kullanım verimliliğinin artırılması ve mümkün olan durumlarda yeniden değerlendirilmesi, hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli kazanımlar sağlayabilmektedir [3].

İncelenen tesiste, üretim prosesinde kullanılan spin finish yağları makinelere %20 yağ ve %80 saf su oranında hazırlanan emülsiyon şeklinde beslenmektedir. Üretim süreci sonunda ortaya çıkan yağ-su karışımı ise herhangi bir geri kazanım işlemine tabi tutulmadan atık olarak bertaraf edilmektedir. Bu durum, kullanılabilir nitelikteki yağın kaybedilmesine neden olmakta ve işletmenin hammadde maliyetlerini artırmaktadır. Ayrıca atık yağların bertaraf edilmesi sürecinde çevresel etkiler de ortaya çıkmaktadır [4].

Bu çalışma kapsamında geliştirilen geri kazanım sistemi, atık yağların doğrudan bertaraf edilmesi yerine yeniden üretim sürecine kazandırılmasını amaçlamaktadır. Önerilen sistem sayesinde tank tamamen boşaltılıp yeniden doldurulmak yerine, her 10 günlük üretim periyodu sonunda yalnızca eksilen yağ miktarı kadar yeni spin finish yağı ilave edilmektedir. Böylece üretim prosesinin ihtiyaç duyduğu yağ konsantrasyonu korunurken gereksiz yağ tüketiminin önüne geçilmektedir.

Gerçekleştirilen ölçümler sonucunda, atık yağ-su karışımının ortalama yağ içeriğinin %17,9 olduğu belirlenmiştir. Üretim prosesinde kullanılabilmesi için gerekli yağ oranı %20 olduğundan, mevcut karışımın yeniden kullanılabilir hale getirilmesi amacıyla yalnızca eksik yağ miktarının tamamlanması yeterli olmaktadır. Kullanılan spin finish yağının aktif yağ içeriğinin %57 olduğu dikkate alındığında yapılan hesaplamalar sonucunda, her 1000 litrelik tank için yaklaşık 56,76 litre spin finish yağı ilavesiyle hedef yağ konsantrasyonuna ulaşılabilmektedir.

Eğer sistemde geri kazanım uygulanmayıp her tank tamamen yeni yağ-su karışımı ile hazırlanacak olsaydı, 1000 litrelik bir tank için toplam 350,88 litre spin finish yağı kullanılması gerekecekti. Ancak geri kazanım sistemi sayesinde yalnızca 56,76 litre yeni yağ kullanılması yeterli olmaktadır. Bu durum her 10 günlük üretim periyodunda:

$$350,88 - 56,76 = 294,12 \text{ litre}$$

spin finish yağı tasarrufu sağlandığını göstermektedir.

Tasarruf edilen bu miktar doğrudan üretim prosesinde kullanılabilecek nitelikte olduğundan, elde edilen kazanç işletme açısından doğrudan maliyet avantajına dönüşmektedir. Bu sonuç, proses yardımcı kimyasallarının geri kazanılmasının yalnızca çevresel değil aynı zamanda ekonomik açıdan da önemli faydalar sağlayabileceğini ortaya koymaktadır [3].

4.1. Ekonomik Değerlendirme

Sistemin ekonomik etkilerinin belirlenmesi amacıyla maliyet-fayda analizi gerçekleştirilmiştir. Hesaplamalarda tesisin mevcut üretim kapasitesi, yağ tüketim miktarları, yatırım maliyetleri ve işletme giderleri dikkate alınmıştır.

Her 10 günlük üretim periyodunda sağlanan 294,12 litre yağ tasarrufu dikkate alındığında, yılda yaklaşık 36 üretim döngüsü üzerinden yapılan hesaplamalarda toplam yıllık tasarruf miktarı önemli seviyelere ulaşmaktadır. Spin finish yağının birim maliyetinin 1,55 USD/L olduğu dikkate alındığında sistem sayesinde yıllık yaklaşık 16.411 USD tutarında ekonomik kazanç elde edilmektedir.

Bu değer yalnızca hammadde maliyetlerinden kaynaklanan doğrudan tasarrufu ifade etmektedir. Atık yağların bertaraf edilmesi için gerekli taşıma, depolama ve atık yönetim maliyetlerinde meydana gelen azalmalar dikkate alındığında, sistemin işletmeye sağladığı toplam ekonomik katkının daha yüksek olduğu değerlendirilmektedir [4].

4.2. Yatırım Maliyetleri

Sistemin kurulumu için gerçekleştirilen yatırım maliyetleri incelendiğinde, yeni bir tank yatırımına ihtiyaç duyulmadığı görülmektedir. Mevcut depolama tankının kullanılması sayesinde yatırım maliyetleri minimum seviyede tutulmuştur.

Yeni kuyu ve hat sisteminin toplam yatırım maliyeti 2.471 USD olarak hesaplanmıştır. Bu maliyet;

- 600 USD kuyu maliyeti,
- 928 USD hat ve bağlantı ekipmanları maliyeti,
- 943 USD montaj ve kurulum işçilik maliyeti

olmak üzere üç temel kalemden oluşmaktadır.

Yatırım maliyetlerinin düşük tutulabilmesi, sistemin uygulanabilirliğini artıran önemli avantajlardan biri olarak değerlendirilmektedir.

4.3. Yatırımın Geri Ödeme Süresi

Yapılan maliyet analizleri sonucunda sistemin geri ödeme süresi yaklaşık 2 ay 1 gün olarak hesaplanmıştır. Bu geri ödeme süresi, tekstil sektöründe gerçekleştirilen birçok proses iyileştirme ve enerji verimliliği yatırımına kıyasla oldukça kısa bir süreye karşılık gelmektedir [5].

Yatırımın bu kadar kısa sürede kendini amorti edebilmesi, sistemin finansal açıdan düşük riskli ve yüksek getirili bir yatırım olduğunu göstermektedir. Özellikle yüksek miktarda spin finish yağı kullanan işletmelerde geri ödeme süresinin daha da kısalabileceği öngörülmektedir.

4.4. Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi

Ekonomik kazanımların yanı sıra sistemin çevresel etkileri de önemli düzeydedir. Yapılan hesaplamalara göre sistem sayesinde yılda yaklaşık 36 ton atık yağ-su karışımı bertaraf edilmek yerine yeniden üretim sürecine kazandırılmaktadır.

Atık yağların geri kazanılması, atık yönetim sistemleri üzerindeki yükü azaltmakta ve bertaraf süreçlerinden kaynaklanan çevresel riskleri minimize etmektedir. Bunun yanı sıra yeni kimyasal tüketiminin azalması, doğal kaynakların korunmasına ve çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır [4].

Döngüsel ekonomi yaklaşımının temel prensiplerinden biri olan kaynakların mümkün olduğunca uzun süre sistem içerisinde tutulması hedefi dikkate alındığında, geliştirilen geri kazanım sistemi bu prensiple büyük ölçüde uyum göstermektedir [3]. Ayrıca kimyasal tüketiminin azaltılması, dolaylı olarak üretim süreçlerinin karbon ayak izinin düşürülmesine de katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak yapılan maliyet-fayda analizleri ve çevresel değerlendirmeler, geliştirilen sistemin hem ekonomik hem de çevresel açıdan uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular, spin finish yağlarının geri kazanımının tekstil sektöründe sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşılmasına katkı sağlayabilecek etkili bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, polipropilen filament iplik üretim süreçlerinde kullanılan spin finish yağlarının geri kazanımına yönelik geliştirilen sistemin teknik uygulanabilirliği, ekonomik performansı ve çevresel etkileri kapsamlı olarak değerlendirilmiştir. Tekstil sektöründe yaygın olarak kullanılan spin finish yağları, filament yüzeyinde sürtünmeyi azaltarak proses verimliliğini artırmakta ve nihai ürün kalitesinin korunmasına katkı sağlamaktadır [1,2]. Ancak üretim süreci sonunda ortaya çıkan yağ-su karışımlarının çoğu işletmede doğrudan bertaraf edilmesi, hem ekonomik kayıplara hem de çevresel yüklerin artmasına neden olmaktadır [3]. Bu çalışma kapsamında geliştirilen geri kazanım sistemi, söz konusu atıkların yeniden üretim sürecine kazandırılabilmesini ortaya koyarak tekstil sektöründe döngüsel ekonomi uygulamalarına örnek teşkil etmektedir [4].

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen saha ölçümleri sonucunda, üretim hattından çıkan atık yağ-su karışımlarının ortalama %17,9 yağ içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuç, atık olarak değerlendirilen karışımın önemli miktarda kullanılabilir spin finish yağı içerdiğini göstermektedir. Yapılan analizler ve laboratuvar değerlendirmeleri sonucunda, atık yağların herhangi bir ileri filtrasyon, kimyasal arıtma veya santrifüjleme işlemine ihtiyaç duyulmadan yalnızca yağ-su oranının yeniden düzenlenmesi ile proses içerisinde tekrar kullanılabilmesi ortaya konulmuştur. Bu durum, sistemin yatırım maliyetlerini düşük tutarken uygulanabilirliğini artıran önemli bir avantaj sağlamaktadır [5].

Ekonomik açıdan değerlendirildiğinde, geliştirilen geri kazanım sisteminin işletmeye önemli düzeyde maliyet avantajı sağladığı görülmüştür. Yapılan hesaplamalar sonucunda, her 10 günlük üretim periyodunda bir tank için ortalama 294,12 litre spin finish yağı tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir. Bu tasarruf miktarı aylık bazda değerlendirildiğinde yaklaşık 882,36 litreye ulaşmakta, yıllık bazda ise yaklaşık 10.588 litre seviyesinde gerçekleşmektedir. Spin finish yağının birim maliyetinin 1,55 USD/L olduğu dikkate alındığında sistemin işletmeye sağladığı yıllık ekonomik katkı yaklaşık 16.411 USD olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç, proses yardımcı kimyasallarının geri kazanımına yönelik uygulamaların işletme maliyetlerinin azaltılmasında önemli bir araç olduğunu göstermektedir [3].

Sistemin yatırım maliyetleri incelendiğinde, mevcut depolama tankının kullanılması sayesinde ek tank yatırımına ihtiyaç duyulmadığı görülmektedir. Sistemin kurulumu için gerekli yatırım yalnızca yağ toplama kuyusu, borulama sistemi ve montaj maliyetlerinden oluşmuş olup toplam yatırım tutarı 2.471 USD olarak hesaplanmıştır. Bu yatırım maliyetinin düşük seviyede olması ve sistemin mevcut üretim altyapısına kolaylıkla entegre edilebilmesi, uygulamanın endüstriyel ölçekte yaygınlaştırılabilirliğini artırmaktadır. Yapılan maliyet-fayda analizleri sonucunda yatırımın geri ödeme süresi yaklaşık 2 ay 1 gün olarak belirlenmiştir. Bu geri ödeme süresi, tekstil sektöründe gerçekleştirilen birçok proses iyileştirme ve verimlilik projesine kıyasla oldukça kısa olup sistemin ekonomik açıdan son derece cazip olduğunu göstermektedir [5].

Çevresel açıdan değerlendirildiğinde ise geliştirilen sistemin sürdürülebilir üretim hedeflerine önemli katkılar sunduğu görülmektedir. Sistem sayesinde yılda yaklaşık 36 ton atık yağ-su karışımı bertaraf edilmek yerine yeniden üretim sürecine kazandırılmaktadır. Böylece hem atık oluşumu azaltılmakta hem de yeni spin finish yağı tüketimi düşürülmektedir. Kimyasal tüketiminin azaltılması doğal kaynak

kullanımını düşürmekte, atık bertaraf süreçlerinden kaynaklanan çevresel etkileri minimize etmekte ve işletmenin çevresel performansını iyileştirmektedir [3,4]. Ayrıca atıkların yeniden değerlendirilmesi, döngüsel ekonomi yaklaşımının temel prensiplerinden biri olan kaynakların sistem içerisinde mümkün olduğunca uzun süre tutulması ilkesini desteklemektedir [4].

Operasyonel açıdan değerlendirildiğinde, geliştirilen geri kazanım sistemi üretim sürecine kolaylıkla entegre edilebilmekte ve ilave iş yükü oluşturmada çalışabilmektedir. Toplama kuyusu, transfer hattı ve depolama tankından oluşan sistem sayesinde atık yağların düzenli olarak izlenmesi ve yeniden kullanıma hazırlanması mümkün hale gelmiştir. Bunun yanı sıra düzenli ölçüm ve kontrol faaliyetleri, yağ-su oranının istenilen seviyede tutulmasını sağlayarak proses stabilitesinin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bu durum işletmenin operasyonel sürekliliğini desteklerken kaynak kullanımının optimize edilmesine de yardımcı olmaktadır.

Günümüzde tekstil sektöründe faaliyet gösteren işletmeler yalnızca mali performansları ile değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal sorumlulukları ile de değerlendirilmektedir. Bu nedenle geliştirilen sistemin işletmeye sağladığı çevre dostu üretim yaklaşımı, müşteri beklentilerinin karşılanması ve kurumsal sürdürülebilirlik hedeflerinin desteklenmesi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Özellikle uluslararası markaların sürdürülebilirlik kriterlerine giderek daha fazla önem verdiği günümüzde, bu tür uygulamalar işletmelerin rekabet gücünü artıran stratejik yatırımlar olarak değerlendirilmektedir [4].

Sonuç olarak, geliştirilen spin finish yağı geri kazanım sistemi; düşük yatırım maliyeti, kısa geri ödeme süresi, yüksek yıllık tasarruf potansiyeli ve önemli çevresel kazanımları ile tekstil sektöründe uygulanabilir, ekonomik ve sürdürülebilir bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Çalışma sonuçları, atık olarak değerlendirilen spin finish yağlarının uygun proses yönetimi ile yeniden kullanılabilirliğini ve bu sayede hem işletme maliyetlerinin azaltılabileceğini hem de çevresel performansın iyileştirilebileceğini göstermiştir. Bu tür geri kazanım projelerinin sektör genelinde yaygınlaştırılması, kaynak verimliliğinin artırılmasına, atık oluşumunun azaltılmasına ve sürdürülebilir üretim uygulamalarının güçlendirilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

1. Taşcan, M. & Mevlüt, A. (1999). Polipropilen BCF iplik üretim parametrelerinin iplik özellikleri ve hali performansına etkileri. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 9(2), 45-52.
2. Demircan, M. (2016). Tekstil sektöründe sürdürülebilir üretim uygulamaları ve atık yönetimi. *Tekstil Araştırmaları Dergisi*, 12(4), 82-91.
3. Lopez, R., Martinez, J. & Garcia, P. (2018). Recycling and reuse approaches in industrial processes: Environmental and economic perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 185, 512-523.
4. Tekeli, H. & İlkin, S. (2018). Tekstil endüstrisinde geri dönüşüm uygulamaları ve sürdürülebilirlik yaklaşımları. *Sürdürülebilir Üretim Dergisi*, 6(3), 170-181.
5. Brown, J. (2019). Industrial oil recovery systems: Filtration, centrifugation, and thermal processes. *Journal of Environmental Engineering*, 45(3), 211-224.
6. Smith, A. & Jones, B. (2020). Recovery and reuse of spin finish oils in textile manufacturing processes. *Textile Research Journal*, 90(11-12), 1254-1268.
7. Yang, L., Wang, H., Zhang, Y. & Liu, X. (2021). Advanced purification technologies for industrial oil recovery and reuse. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, Article 105512.
8. Hacıoğulları, F. ve Babaarslan, O. (2022). Güç tutuşurluk katkı maddesinin polipropilen filament ipliklerin yapısal ve mekanik özellikleri üzerine etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 29(128), 278-289.
9. Torun, M., Özdemir, H., Peşman, E. ve Çavdar, A.D. (2023). Bitkisel atık yağ ve atık gazete lifleri ile güçlendirilmiş geri dönüştürülmüş polipropilen kompozitlerin özelliklerinin incelenmesi. *Polimer Kompozitler Dergisi*, 15(1), 55-68.
10. Çelik, A., Yılmaz, B. & Demir, H. (2024). Rheological properties of spin finish oils and their effects on filament yarn performance. *Journal of Textile and Chemical Technologies*, 18(2), 45-58.

