

PAMUK İPLİKHANESİNDEKİ TELEFLERİN ANALİZİ

Tuba BEDEZ ÜTE^{1*}, Pınar ÇELİK²

¹ Tekstil Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir/Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 05.12.2022 Kabul Tarihi/Accepted Date: 06.04.2023 DOI: 10.54365/adyumbd.1214876

ÖZET

Doğal kaynakların etkin kullanımı ile geri kazanılabilir teleflerin tekrar kullanımı, ekonomik ve çevresel boyutlar göz önünde bulundurulduğunda her geçen gün önem kazanmaktadır. İplik üretim maliyetleri içinde en önemli kalemi oluşturan hammadde maliyetini düşürmek avantaj sağlamaktadır. Tekstil endüstrisinde birçok üretim adımında teleflerin oluştuğu ve tekrar kullanılabilmesi görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, pamuk iplikhanesinde oluşan başlıca teleflerin içindeki yabancı madde (safsızlık) ve temiz lif oranlarının farklı cihazlarla incelenmesi ve elde edilen sonuçların arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Harman-hallaçta oluşan telefin içindeki yabancı madde miktarı yüksek olmasına rağmen, kirli telefler içinde iplik eğrilebilirlik indeksinin (SCI) en yüksek olduğu gözlenmiştir. Penye döküntüsünden yüksek oranda temiz lif elde edilmesine rağmen SCI değeri çok daha düşük çıkmıştır ve ortalama lif boyunun da diğer teleflerdeki temiz lif boylarına göre çok daha kısa olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *telef, geri dönüşüm, yabancı madde, iplikhane, pamuk.*

ANALYSES OF COTTON FIBER WASTES FROM A SPINNING MILL

ABSTRACT

Considering the economic and environmental aspects, the effective use of natural resources and the reuse of recyclable waste is gaining importance day by day.. It is advantageous to reduce the raw material cost, which is the most important item in yarn production costs. It is seen that wastes are formed in many production steps in the textile industry and can be reused. The aim of this study is to examine the ratio of impurity and clean fiber in the main wastes formed in a cotton spinning mill with different devices and to examine the relationships between the as-obtained results. Although the amount of impurity in the waste generated in the blow room is high, it was observed that the spinnability index was the highest among dirty wastes. Although a high rate of clean fiber is obtained from combed cotton waste, the SCI (yarn spinnability index) is much lower, and the fiber length is seen to be much shorter than the clean fiber lengths in other wastes.

Keywords: *waste, recycle, impurity, spinning mill, cotton.*

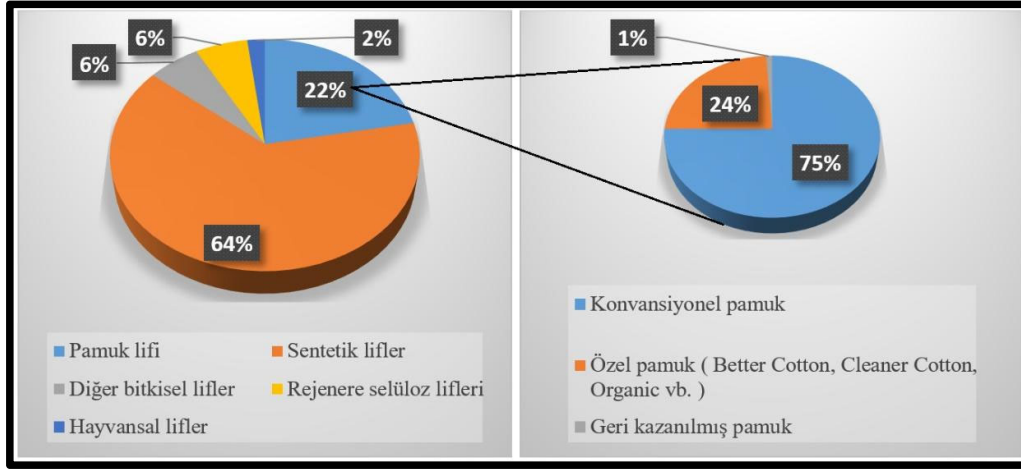
1. Giriş

Son yılların moda kavramı olan “sürdürülebilirlik” artık bir tercih değil, zorunluluk haline gelmiştir. Büyük markalar için, tekstilde geri dönüşüme katkı sağlamak onlara prestij sağlarken, aslında bu konu genel anlamda hayati bir önem de taşır. Dünyadaki doğal ya da insan yapımı her ürünün bir son kullanım tarihi bulunur. Hızla kirlenen dünyamızda, üretim ve tüketim miktarlarının artması bu durumu daha da kritik hale getirir. Dünya genelinde oluşan 40 milyon ton/yıl’lık tekstil ve konfeksiyon atığının işlenmesi, 250 milyar \$’lık bir ekonomik değer vadetmektedir. Ülkemizde ise yıllık tekstil ürünlerinin yaklaşık 1/3’ü çöpe ayrılmakta ve bu ürünlerin geri kazanımı ile 2,5 milyar \$’lık bir katma değer elde etme imkanı bulunmaktadır [1].

¹e-posta: tuba.bedeze@ege.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0574-2874> (Sorumlu Yazar)

²e-posta: pınar.celik@ege.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3558-4213>

Dünya lif üretimi, 2020 yılındaki COVID-19 pandemisi sürecinde yaşanan hafif bir düşüşün ardından 2021 yılında 113 milyon tona ulaşmıştır. Son 20 yılda küresel lif üretimi 58 milyon tondan neredeyse ikiye katlanmış olup, 2030'da ise 149 milyon tona çıkması beklenmektedir. Geri dönüştürülmüş liflerin de pazar payı artarak 2021 yılında %8,9'a ulaşmış olup, bu artış daha çok PET şişeden geri kazanılmış liflere dayanmaktadır. Halen küresel lif pazarının %1'inden daha azını tüketici öncesi ve sonrası geri dönüştürülmüş tekstiller oluşturmaktadır. 2020'de 60 milyon ton olan fosil bazlı sentetik liflerin üretimi ise 2021'de 63 milyon tona yükselmiştir (Şekil 1) [2].



Şekil 1. 2021 yılına ilişkin dünya lif üretim verileri [2].

Atıklar, farklı kategoriler altında incelenmekte olup, Avustralya Atık Raporuna (2016) göre, bu kategoriler; duvarcılık malzemeleri (asfalt, tuğla, moloz vb.), metaller (çelik, alüminyum vb.), organik atıklar (gıda, bahçe organikleri vb.), kâğıt ve karton (mukavva, dergiler vb.), plastikler (PET, HDPE, PP vb.), cam, tehlikeli-atıklar, uçucu kül ve diğer atıklardan (tekstil ve deri dahil) oluşur [3]. Bu atıkların bir kısmı geri kazanılarak aynı kategoride hammadde olarak veya farklı ürünler için değerlendirilebilir. Tekstil atıkları ise, üretim atıkları ve üretim sonrası atıklar olarak iki ana gruba ayrılır. Üretim atıkları, temel olarak, üretimin her adımında oluşan ve çeşitli nedenlerle nihai ürün haline getirilemeyen atıklar olup, bunlar iplikhanede, liflerin temizlenmesi veya taranması sırasında oluşabilir. Elyaf halinde olan veya olmayan bu temiz veya kirli atıklar yeniden kullanılabilir. İplikhaneden sonra da iplik ve kumaş formunda oluşan atıkların tekrar üretime kazandırılması için geri dönüşüme ihtiyaç duyulur.

Tekstil atıkları, tekstil veya diğer ürünlerin üretimi için geri dönüştürülerek, yeniden kullanılabilir. Benzer şekilde, başka ürün atıkları da tekstil üretiminde kullanılmak üzere değerlendirilebilir. Bu tip ürünlerin en bilinen örneklerinden biri polietilen tereftalat (PET) şişeler olup, bu şişeler toplanıp, geri dönüştürüldükten sonra tekstil ürünlerinde %100 olarak veya karışımlar halinde "r-PET elyafı" olarak kullanılır ki bu konuyla ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmı; elyafın özellikleri ve eğrilebilirliği ile iplik ve kumaş özelliklerini kapsar [4, 5, 6, 7]. Araştırmaların diğer bir kısmı ise tekstil atıklarının farklı ürünlerde kullanılmasına odaklanmıştır. Mishra ve ark. tekstil atıklarını kompozit üretiminde [6], Briga-Sa, Binici ve El Wazna ise yalıtım malzemesi olarak kullanarak, polistirene (XPS) ve mineral yününe benzer sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir [8-11]. Shukla ise, PET elyaf atıkları ile farklı alanlarda kullanılacak yeni kimyasallar sentezlemiştir [12].

Tekstil üretimi sırasında sıvı ve katı atıklar oluşur. Özellikle bu çalışmaya konu olan ve pamuk lifi tarımı ile iplik eğirme sırasında oluşan katı atıkların değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik ve çevre açılarından önemlidir. Artan dünya nüfusu ve azalan tarım alanları dikkate alındığında, bu konu gelecek için de oldukça önemlidir. Dünyada pamuk tarımı esnasında yıllık 300 milyar m³ su tüketilmekte ve ayrıca, pestisitler ve sentetik gübreler de kullanılmaktadır. Tüketicilerin çevre ve insan sağlığı

konularında her geçen gün daha bilinçli hale gelmesinin sonucunda çevre dostu “yeşil ürünleri” tercih etmeleri, üreticileri de bu konuda daha dikkatli olmaya yönlendirmektedir [13].

Tarlardan elde edilen kütlü pamuk, öncelikle lif ve tohumlarının birbirinden ayrılması için çırçır işletmelerine iletilir ki bu, pamuk telefinin olduğu ilk aşamadır. Pamuk çırçır telefleri sap, yaprak, toprak partikülleri, linter ve diğer bitkisel materyallerden oluşur [14]. Bu atıklar kimya sanayi (örn. sabun), hayvancılık endüstrisi (örn. yem, küspe) veya gıda endüstrisi (örn. pamuk yağı) gibi farklı alanlarda kullanılabilir. Boykin ve ark. (2008), farklı çırçır işletmelerinden tedarik edilen pamuk numunelerinde telefin ana bileşenlerini MDTA 3 cihazı ile incelemişler ve tüm bileşenlerin %81’ini; yaprak, tohum kabuğu neps ve sapların oluşturduğunu tespit etmişlerdir [15]. Çırçırdan sonra preslenip, balyalar haline getirilen pamuk lifleri, iplikhanede açma ve temizleme işlemleri ile üretim prosesine başlar. Açma ve temizlik işlemlerinden, harman-hallaç hattındaki makineler ile tarak makineleri sorumlu olduğundan en fazla telef bu aşamalarda oluşur. Telefin en yoğun olduğu bir başka proses ise, daha ince ve kaliteli iplik üretimi için kullanılan penye makinesidir [16].

Klein, kısa lif iplikhanesinde kullanılan pamuk liflerini; çırçırdan gelen lifler, temiz telef, penye telefi, kirli teleflerden geri kazanılmış lifler ve sert teleflerden (fitil, üstüğü ve bükümlü iplikler) elde edilmiş lifler olarak sınıflandırmıştır [17]. Kopmuş şerit, vatka ve tülbent parçaları ile cer, fitil, ring veya rotor iplik makinelerinin filtrelerinden gelen lifler %95’ten fazla kullanılabilir lif içeren “temiz telef” olarak bilinir. Penye ve fitil teleflerinde temiz lif oranı %95-97 civarında olup, harman-hallaç ve tarak makinelerinden gelen kirli teleflerde ise bu oran %35-55 arasındadır. Bir diğer kirli telef olan şapka teleflerinde ise %65-80 arasında kullanılabilir lif bulunur. Telef lifleri birçok makinede işlem görüp zorlandığı için, işlem görmemiş pamuk liflerine göre kullanılabilir oranları daha düşüktür. Bu nedenle iplikçiler, normal iplik üretiminde telefleri belli oranlarda ve kontrollü bir şekilde kullanır. Karde ipliklerinde ve ince rotor ipliklerinde %5, penye ipliklerinde ise %2,5’in altında telef kullanılırken, daha yüksek telef kullanım oranları (%10-20) orta ve kalın rotor ipliklerinde tercih edilir [18].

HVI (High Volume Instrument) ve AFIS (Advanced Fiber Information System) cihazlarıyla, iplik işletmesinden elde edilen söz konusu teleflerin analizleri yapılabilir. HVI cihazından, çepel ile ilgili olarak; çepel sayısı, çepel alanı ve çepel derecesi verileri elde edilirken, çepel sayısı (Tr Cnt) renk ölçümünün yapılması esnasında belirlenir. Ölçümü yapılan numune, bölmenin altından aydınlatılırken, siyah ve beyaz bir CCD kamerası da piksellerdeki değişiklikleri analiz eder. Bölme kaplayan tüm parçalar tek tek sayıldıktan sonra bulunan sonuçlar birim yüzey alanındaki çepel parçaları sayısı olarak ifade edilir. Çepel alanı (Tr Area); çepel parçalarının kapladığı kaplı alanın, tüm ölçüm alanına oranı olarak % ile ifade edilir ve çepel sayısı ölçümü esnasında belirlenir. Çepel derecesi, Trash (Leaf Grade-Tr ID) pamuk örneğinin çepel miktarını ifade eder ve USDA (United States Department of Agriculture)’ya göre 1 ile 8 arasında çepel sınıflandırması yapılır [19].

Çizelge 1. AFIS cihazının N modülündeki ölçüm açıklamaları.

Weight (gr)	Numune ağırlığı
Nep (μm)	Ortalama neps boyutu
Nep (Cnt/gr)	1 g’daki neps sayısı
SCN (μm)	Ortalama tohum kabuğu neps boyutu
SCN (Cnt/gr)	1 g’daki tohum kabuğu neps sayısı

AFIS’in N modülü de neps ve tohum kabuğu parçacıklarının ölçümünü yapar. Lif neps, liflerin birbirine dolanması olarak tanımlanır ve pamuğun toplanması, çırçırılması ve iplik işletmesinde açılıp, temizlenmesi esnasında maruz kaldığı mekanik işlemler nedeniyle oluşur. Tohum kabuğu neps ise, üzerinde elyaf bulunan pamuk tohumu parçaları olup, genellikle, liflerin tohumlarından ayrıldığı çırçırılama işlemi sırasında oluşur. Frydrych ve Matusiak (2002), nepsleri, büyüklükleri 800 μm ’nin altında ve 800 μm , 850 μm ve 850 μm ’nin üstünde olacak şekilde dört grupta değerlendirebilir. Tarak makinesi çıkışında büyüklüğü 850 μm ’nin üstünde olan büyük nepslerin oranı %30’dan %20’ye düşmekte iken, büyüklüğü 800 μm ’nin altında olan küçük nepslerin oranı %40’tan %50’ye

yükselmektedir [20, 21]. AFIS cihazının N modülünde ölçülen ayrıntılı neps verileri Çizelge 1’de açıklanmıştır.

Hammadde, iplik üretim maliyetindeki en önemli kalemi oluşturduğu için, birçok araştırmacı pamuk telefleri üzerinde çalışmalar yapmıştır. Wulforst, kabul edilebilir bir iplik kalitesi için telef kullanım oranının %20’yi geçmemesi gerektiğini belirtmiştir [22]. Duru ve Babaarslan 60/40 PET/telef karışımı rotor iplikleri için optimum açıcı silindir tipi ve hızı üzerinde çalışmışlardır [23]. Hasani ve ark. da rotor çapı, rotor hızı, düze tipi, açıcı silindir hızı ve iplik numarası gibi üretim parametrelerinin etkisini incelemişlerdir [24, 25]. Yine rotor ipliklerinde telef kullanımı üzerinde çalışan Khan ve Rahman, %5-25 arasında pnömofil telef kullanımının; ipliklerin mukavemet, uzama, düzgünsüzlük ve kopuş sayıları üzerinde olumlu etkisi olduğunu tespit etmişlerdir [26]. Khan ve ark., karışım oranı, karışım tekniği, tambur hızı ve rotor devri parametrelerini tahminleyici olarak kullanıp, işlenmemiş ve telef pamuk karışımı ipliklerin özelliklerini incelemişlerdir [27]. Halimi ve ark., telef oranının Yunan pamuğundan üretilen rotor ipliklerinin özelliklerine etkisini incelemişler ve telef oranının %25’e kadar çıkılabileceğini belirtmişlerdir [28, 29]. Celep ve ark. ise işlenmemiş ve telef pamuk karışımı ipliklerden elde edilen süprem kumaşların ısı konfor özelliklerini incelemiş ve telef pamuğun; daha yüksek ısı direnç, düşük soğurganlık, hava geçirgenliği ve sıcaklık hissi verdiğini ortaya koymuşlardır [30]. Geri kazanılmış pamuk ve PET liflerinin denim kumaşlardaki kullanımı incelendiğinde; iplik hatalarının arttığı, ancak bu durumun kumaşların fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz etkilemediği ve aşınma dayanımını da iyileştirdiği görülmüştür [31]. Yılmaz ve ark., farklı kaynaklardan elde edilen teleflerden ring ve rotor ipliği eğrilebilirliğini incelemiş ve bu ipliklerle örülen kumaşların performanslarını da kıyaslamışlardır [32]. Bechir ve ark. da telef lif oranı ve geri kazanım pasaj sayısının iplik özelliklerine olan etkilerini matematiksel bir yaklaşım ile tahminlemeye çalışmışlardır [33]. Gün ve ark., PET teleflerinden üretilmiş çorapların boyutsal ve fiziksel özelliklerini incelemişlerdir [34]. Yüksekaya ve ark. ise Yunus ve Rahman’ın tanımladığı iplik kalite indeksi (İplik kalite indeksi = $(\text{Mukavemet} \times \text{Uzama}) / \text{Düzensüzlük}$) aracılığıyla geri kazanılmış lifler kullanıldığında iplik kalite indeksinin daha yüksek olduğunu ve iplik mukavemeti ile kumaşların patlama mukavemetinin diğerlerine kıyasla daha düşük olduğunu bulmuşlardır [35, 36]. Uyanık ve ark., iplik atıklarından kapalı döngü geri dönüşüm iplik üretimi ve iplik fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, telefin iplik özelliklerini beklendiği kadar olumsuz etkilemediğini belirtmişlerdir [37].

Yapılan çalışmaların genelinde, farklı telef tipleri kullanılarak elde edilen ürünlerin performansları değerlendirilmiştir. Kullanılan teleflerin içindeki iyi lif ve yabancı madde oranının bilinmesinin, iplikçiler açısından oldukça önemli olduğu da bilinmektedir. Her iplikhanenin elinde bulunan laboratuvar cihazları ve test imkânları farklı olduğu için, bu çalışmada teleflerin farklı analiz yöntemlerinden elde edilen bulgular arasındaki ilişkiler ortaya konularak, iplikhaneler için fayda sağlaması amaçlanmıştır.

2. Materyal-Metot

İplik işletmesinde, üretim esnasında ortaya çıkan telefler içinde tekrar iplik üretiminde kullanılabilecek iyi lifler de bulunur ki bu çalışmada; pamuk iplikhanesinde harman-hallaç hattı, tarak makinesi, cer makinesi ve penye makinesinde oluşan teleflerin içindeki yabancı madde (çepel, kaba toz ve ince toz) ile iyi lif miktarları iki farklı yöntem ile analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Kullanılan telef materyalleri Şekil 2’de verilmiştir.

İplik işletmelerinde oluşan teleflerin yabancı madde analizi için Shirley Trash Analyser cihazı ile Microdust and Trash Analyser cihazları kullanılmıştır. Bununla beraber, HVI ve AFIS cihazları ile de teleflerin farklı lif özellikleri incelenmiştir.

AFIS ve HVI cihazları esasen iki yöntemle göre ölçüm yapmaktadır ki bunlardan, HVI cihazı demet haldeki liflerden, AFIS cihazı ise bireysel lifler üzerinden ölçüm yapar. HVI sistemi ile, uzunluk, uzunluk üniformitesi, mukavemet, uzama, incelik, parlaklık, sarılık ve yabancı madde gibi temel lif parametreleri belirlenmekte ve bu parametreler ile; pamuğun eğirme performansında bilinen varyasyonların %86’sını kapsayan veriler elde edilmektedir. HVI cihazında renk ölçümü yapılırken, çepel sayısı, çepel alanı ve çepel derecesi gibi çeşitli yabancı madde verileri incelenebilmektedir. Ölçüm

bölmesini kaplayan tüm parçalar tek tek sayılmakta ve sonuçlar birim yüzey alanındaki çepel parçaları sayısı (Tr Cnt) olarak ifade edilmektedir. Çepel alanı (Tr Area); çepel parçalarının kapladığı alanın tüm ölçüm alanına oranı olarak (%) ifade edilmektedir. Çepel derecesi (Trash Grade) ise USDA'ya göre çepel sınıflandırmasını ifade etmektedir. Tek lif ölçüm prensibine göre çalışan AFIS cihazında ise farklı modüller üzerinden tek lif uzunluk, incelik, olgunluk ölçümleri ile yabancı madde ve toz ölçümleri ve çeşitli istatistikî değerlendirmeleri yapılmaktadır. AFIS-T modülü ile pamuk liflerinin içerdiği toz ve çepel (adet ve büyüklük bakımından) miktarı, AFIS-N modülü ile de neps verileri (ortalama neps boyutu, neps sayısı, ortalama tophum kabuğu neps boyutu ve sayısı) belirlenmektedir [19].



Şekil 2. Çalışmada kullanılan iplik işletmesi telefleri.

TS 1104-Pamukta ve telefte yabancı madde miktarının tayini (Shirley Ayırıcı) metodu ile yapılan analizler 100 g'lık test numunelerine uygulanmıştır [38]. Test yapılacak laboratuvar denemeleri TS 240'a göre standart atmosfer koşullarında dört saat kondisyonlanmıştır. Shirley ayırıcı test cihazının kesit görünümü Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Shirley Trash Analyser cihazının görünümü.

Deney yapılırken numune dört kez makineden geçirilir. Birinci geçişte, bütün numune tamamen makineden geçirilir ve temiz lif haznesinden pamuk alınarak L1 olarak kaydedilir. Çepel haznesindekiler (T1) tepside bırakılır. L1 lifleri ikinci defa makineden geçirilir ve temiz lifler L2 olarak ayrılır. İkinci geçişte ayrılan T2 çepel vb. yabancı maddeler T1'in üzerine eklenerek birikir. Üçüncü geçişte yabancı madde tepsisinde birikmiş yabancı maddelerin (T1+T2) içindeki iyi liflerin ayrılması amaçlanır. Temiz lif haznesinde biriken bu lifler L3, yabancı madde haznesinde ayrılanlar ise T3 olarak kaydedilir. Dördüncü ve son geçişte L3 lifleri tekrar analiz edilir ve bu analizde elde edilen temiz lifler (L4), L2 lifleri ile birleştirilerek tartım için hazırlanır. Yabancı madde haznesinde biriken tozlar ve makinenin filtre kısmında bulunan kaba ve ince tozlar fırça ile toplanarak tartım için hazırlanır. TS 1104 standardına göre; sonuçların değerlendirilmesi için Şekil 5'te gösterilen diyagram kullanılır.

Toplam temiz lif miktarı (L) = L₂+L₄

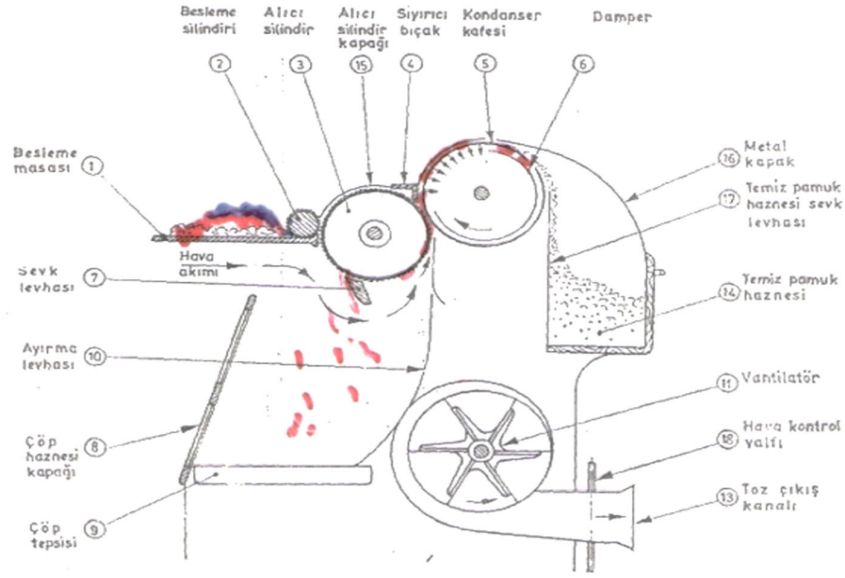
Çepel miktarı (T) = T₃+T₄

Yabancı madde miktarı (Y) (%) = $\left(\frac{T}{M}\right) \times 100$

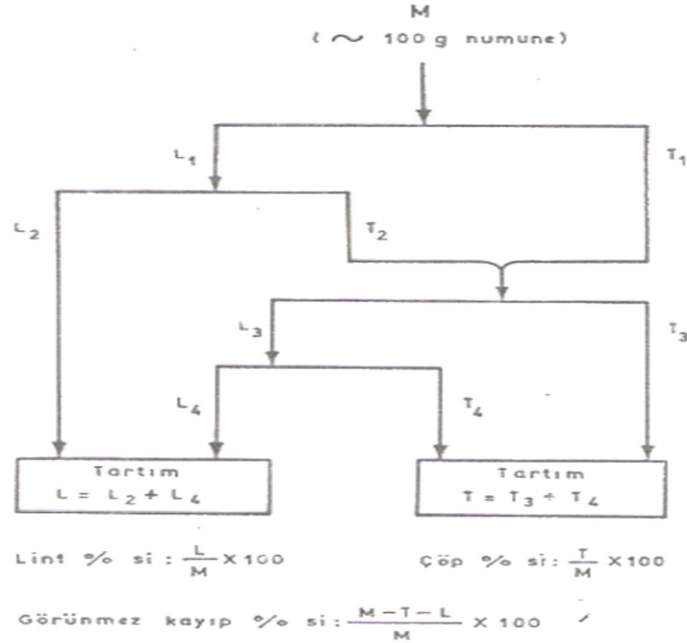
Lif miktarı (E) (%) = $\left(\frac{L}{M}\right) \times 100$

Görünmez kayıp (uçan lif, toz) miktarı (K) (%) = $\left(\frac{M-(T+L)}{M}\right) \times 100$

Bu hesaplamada; M, numunenin başlangıç ağırlığını (g), T de yabancı madde miktarını (g) ifade eder.

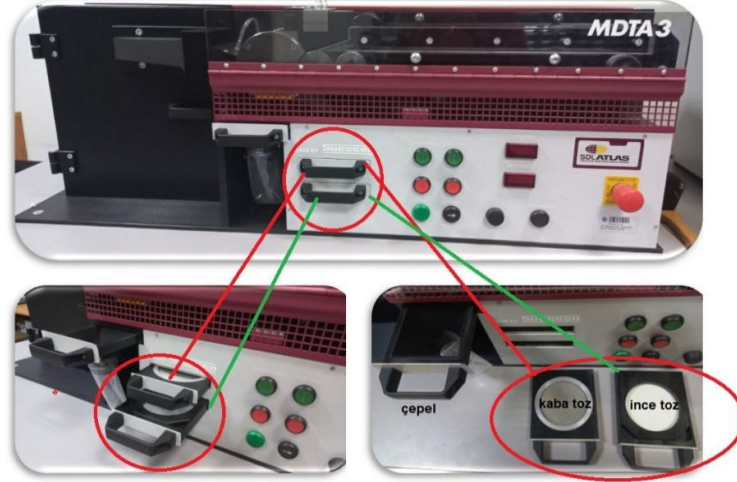


Şekil 4. Shirley Trash Analyser test cihazının kesit görünümü



Şekil 5. Shirley ayırıcı yöntemiyle telef miktarının hesaplanması

Elyafın içinde bulunan yabancı maddelerin analiz edilebildiği bir diğer cihaz ise Microdust and Trash Analyser (MDTA 3) cihazıdır (Şekil 6).



Şekil 6. MDTA 3-Microdust and Trash Analyser

Bu cihaza açık elyaf formunda beslenen ~5 g ağırlığındaki elyaf, açma ve temizleme işlemlerine tabi tutularak 1 m uzunluğunda ve inceliği 2-10 Ktex arasında ayarlanabilen şeritler haline getirilir. Elde edilen şerit, rotor iplik makinesine beslenerek numune iplik üretimi tamamlanabilir. Makinedeki temizleme işlemi esnasında yabancı maddeler; çepel, kaba toz ve ince toz olmak üzere üç farklı kategoriye ayrılır. Doğal liflerde kirlilik oranının tespit edilebildiği bu cihaz ile doğal ve/veya yapay liflerle karışım denemeleri, elyafı boyalı ipliklerle renk harmanı çalışmaları ve iplik üretim denemeleri için şerit hazırlığı yapılabilir [39].

3. Bulgular ve Değerlendirme

Bu çalışmada, iplikhanede oluşan üretim teleflerinden olan harman-hallaç, tarak, cer ve penye telefleri dört farklı cihaz ile analiz edilmiştir. Teleflerin AFIS ve HVI cihazlarında yapılan analiz sonuçları ise sırasıyla Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir.

Cer şeridi telefi olarak isimlendirilen telef türü aslında, üretim sırasında kopan cer şeritlerinden oluşur. HVI ve AFIS sonuçlarından da görüldüğü gibi bu telefin içindeki yabancı madde miktarı çok azdır ve lif uzunluğu değerleri (UHML 28,52 mm) de oldukça iyidir. İplik eğrilebilirlik indeksi (SCI) değeri (SCI = 149) de diğerlerine göre çok yüksektir. Bu verilere dayanarak, cer şeridi teleflerinin aslında orijinal harmanı temsil ettiği söylenebilir.

Çizelge 2. Teleflerin AFIS ölçüm sonuçları.

	Harman-hallaç	Tarak	Cer	Penye
Top. neps cnt (cN/g)	652	814	30	412
Top. neps ort. boyutu (µm)	775	715	619	652
Lif nepsi cnt (cN/g)	562	669	30	391
Lif nepsi ort. boyutu (µm)	780	733	619	653
SCNep sayısı	90	145	0	21
SCNep boyutu	752	629	0	649

L (w) mm	18,3	13,1	24,7	11,2
L (w) %Cv	51,6	65,2	34,1	53,2
SFC (w)	29,9	55,5	4,8	64,8
UQL (w)	25,2	18,3	31	14
L (n)	12,4	8,4	22,2	8,6
L (n) %Cv	68,9	75,2	39,6	55,7
SFC (n)% < 12,7 mm	58,1	80,4	12,3	81,6
%5 L (n) mm	29,3	22,3	36,1	17,9
İncelik mtex	165	164	187	160
Olgunluk	0,86	0,79	0,97	0,79
IFC (%)	4,7	4,6	4	4,8

Çizelge 2. Devamı

Çizelge 3. Teleflerin Uster HVI 1000 ölçüm sonuçları.

	Harman-hallaç	Tarak	Cer	Penye
SCI	68	54	149	5
Mst(5%)	7	7	6,6	7
Mic.	5,21	4,01	4,45	3,18
Olgunluk	0,88	0,85	0,87	0,82
UHML mm	25,86	23,74	28,51	18,69
UI%	74,8	70,7	84,1	61,9
SF (%)	20,8	29	7,1	49,3
Mukavemet (g/tex)	25,8	25,4	32,6	22,8
Elastikiyet %	6,6	7,3	6,3	7,7
Rd	75	74,9	81	7,9
(+) b	9	9	11,2	11,5
CGrd upland	31-4	31-4	12 (-) 1	12 (-) 1
TrCnt	65	65	5	12
TrAr (%)	0,81	0,82	0,07	0,11
TrID LeafGrd	4	4	1	2
Amt	442	396	665	484

Çizelge 4'te Shirley ayırıcı ile, Çizelge 5'te ise MDTA cihazı ile yapılan analiz sonuçları görülmektedir.

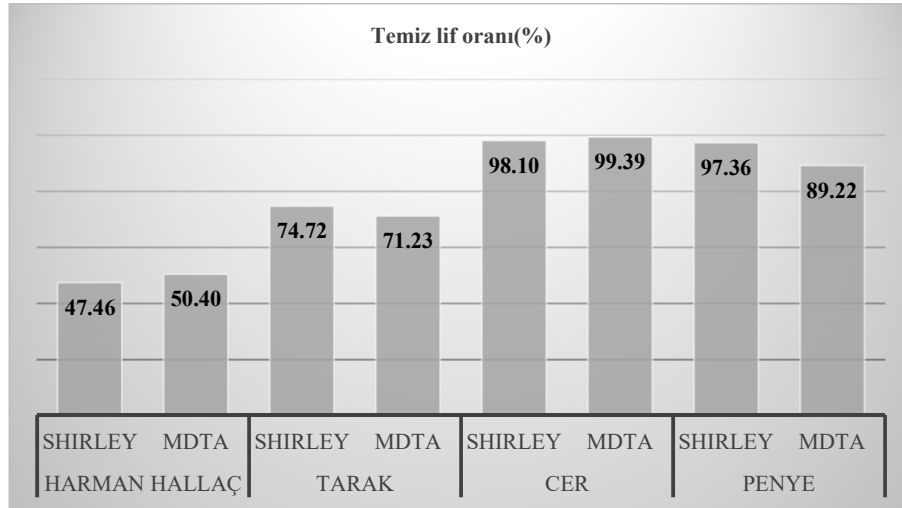
Çizelge 4. Shirley ayırıcı cihazı ile yapılan analiz sonuçları.

	Harman-hallaç	Tarak	Cer	Penye
Temiz lif miktarı (g)	47, 46	74,72	98,1	97,36
Çepel miktarı (g)	50,11	25,72	0,81	2,022
Kaba Toz Miktarı (g)	0,047	0,045	0,036	0,075
İnce Toz Miktarı (g)	0,377	0,326	0,145	0,026
Temiz lif (%)	47,46	74,72	98,1	97,36
Toplam Yabancı madde miktarı (%)	50,534	26,091	0,991	2,123
Görünmez kayıp (%)	2,006	-0,811	0,909	0,517

Çizelge 5. MDTA cihazı ile yapılan analiz sonuçları.

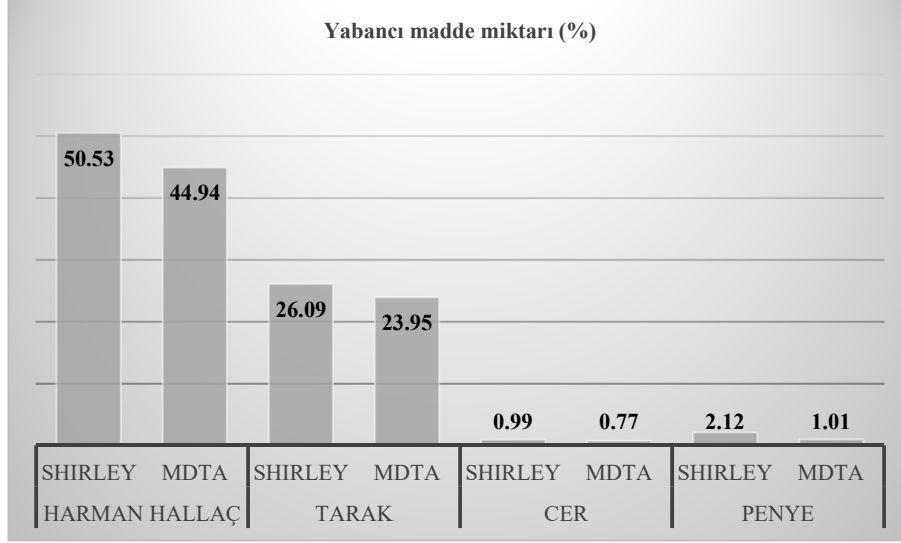
	Harman-hallaç	Tarak	Cer	Penye
Numune miktarı (g)	5,02	5,04	5,057	5,032
Temiz lif miktarı (g)	2,53	3,59	5,026	4,49
Çepel miktarı (g)	2,109	1,19	0,035	0,044
Kaba Toz Miktarı (g)	0,074	0,011	0,001	0,004
İnce Toz Miktarı (g)	0,073	0,003	0,003	0,003
Temiz lif (%)	50,39	71,23	99,39	89,22
Toplam yabancı madde miktarı (%)	44,940	23,948	0,771	1,014
Görünmez kayıp (%)	4,661	4,821	0,158	9,767

Shirley ayırıcı ve MDTA cihazlarında yapılan analizlerden elde edilen temiz lif oranları karşılaştırmalı olarak Şekil 7’de görülmekte olup, elde edilen sonuçların korelasyon katsayısı $r = 0,98$ olarak hesaplanmıştır. MDTA yöntemi de çok daha az test numunesi ile benzer sonuçları sağlamıştır.



Şekil 7. Shirley ayırıcı ve MDTA cihazlarında elde edilen temiz lif oranlarının karşılaştırmalı olarak incelemesi.

Shirley ayırıcı ve MDTA cihazları ile yapılan analizlerden elde edilen toplam yabancı madde oranları karşılaştırmalı olarak Şekil 8’de görülmektedir ki burada, elde edilen sonuçların korelasyon katsayısı $r = 0,99$ olarak hesaplanmıştır. MDTA yöntemi de çok daha az test numunesi ile benzer sonuçları sağlamıştır.



Şekil 8. Shirley ayırıcı ve MDTA cihazlarında elde edilen toplam yabancı madde oranlarının karşılaştırmalı incelemesi.

İplik işletmesinde oluşan teleflerin farklı cihazlarla incelenmesi sonucunda neps ve yabancı madde miktarı ile ilgili farklı değerler elde edilmiştir. Bu değerler arasındaki ikili ilişkiler korelasyon analizi ile incelenmiştir. Korelasyonun yön ve derecesi, korelasyon katsayısıyla belirlenir. Korelasyon katsayısının değeri -1 ile $+1$ arasında değişir. Korelasyon katsayısı 0 olduğunda değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olmadığı, korelasyon katsayısı $+1$ ise pozitif tam doğrusal ilişki, $r = -1$ ise negatif tam doğrusal ilişki olduğu ifade edilir. r değeri $0.30-0.70$ arasında orta düzeyde, $0.71-0.99$ arasında ise yüksek düzeyde ilişki olduğu bilinmektedir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Korelasyon katsayıları (r).

	Shirley	MDTA	HVI			AFIS		
	Y.M.M.*	Y.M.M.*	Tr Cnt	Tr Ar	TrID Leaf Grd	SC Nep sayısı	SC Nep boyutu	
Shirley	Y.M.M.*	1	0,99	0,90	0,90	0,88	0,70	0,64
MDTA	Y.M.M.*	0,99	1	0,91	0,91	0,88	0,72	0,63
HVI	TrCnt	0,90	0,91	1	0,99	0,98	0,94	0,68
	TrAr	0,90	0,91	0,99	1	0,97	0,94	0,65
	TrID LeafGrd	0,87	0,88	0,98	0,97	1	0,93	0,80
AFIS	SCNep sayısı	0,70	0,72	0,94	0,94	0,93	1	0,62
	SCNep boyutu	0,63	0,63	0,68	0,64	0,80	0,63	1

* Y.M.M. yabancı madde miktarını ifade etmektedir.

Yapılan korelasyon analizinden elde edilen r değerleri incelendiğinde; Shirley ayırıcı ve MDTA cihazlarıyla elde edilen yabancı madde miktarı verilerinin, HVI'dan elde edilen yabancı madde sayısı, yabancı maddelerin kapladığı alan (TrAr) ve pamuk örneğinin çepel miktarı (TrID Leafgrd) ile yüksek

korelasyona sahip olduğu ve ayrıca, AFIS'den elde edilen neps verileriyle de orta düzeyde ilişkileri olduğu görülmüş ve tüm ilişkilerin pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir.

4. Genel Değerlendirme

Aynı harmandan farklı işlem aşamalarında alınan telef numuneleri Shirley ayırıcı ve MDTA cihazlarında test edilmiştir. Temiz lif oranı (%), yabancı madde oranı (%) ve görünmez kayıp (uçan lif/toz) değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, diğer lif özelliklerini belirlemek için HVI ve AFIS cihazları ile de ölçümler yapılmıştır. Harman-hallaç ve tarak telefleri oldukça kirli telefler olup, içlerinde bol miktarda çepel vb. madde bulunur. Yabancı madde içeriği bakımından çok kirli hammaddelerde Shirley ayırıcı ya da MDTA cihazı ile daha hassas sonuç alınmaktadır [40]. Cer ve penye telefleri ise temiz teleflerdir. Ancak, penye döküntüsünden yüksek oranda temiz lif elde edilmesine rağmen SCI (iplik eğrilebilirlik indeksi) çok daha düşük çıkmıştır ki burada, lif boyunun da diğer teleflerdeki temiz lif boylarına göre çok daha kısa olduğu görülmektedir.

Penye tarama döküntüsü hariç iki cihazdan alınan temiz lif oranı % miktarları birbirine oldukça yakındır ki test sonuçlarına bakıldığında, MDTA cihazında görünmez kayıp oranı %'si, Shirley ayırıcı cihazından elde edilen sonuçlara göre daha yüksek çıkmıştır. Penye tarama döküntüleri için MDTA cihazında, yüksek oranda görünmez kayıp (%9,767) olduğu gözlenirken, diğer cihazda bu oran çok daha düşüktür. Aslında cer ve penye telefleri temiz teleflerdir ancak, penye makinesindeki tarama işlemi sırasında kısa lifler ile tozlar uzaklaştırıldığı ve penye telefleri de toz içerdiği için, cer teleflerine göre görünmez kayıp oranı daha yüksek çıkmıştır. Yapılan incelemelerde harman-hallaçta oluşan telefin içindeki yabancı madde miktarı yüksek olmasına rağmen, kirli telefler içinde eğrilebilirlik indeksinin en yüksek olduğu gözlenmiştir.

Özetle, elde edilen sonuçlar incelendiğinde; Shirley ayırıcı ve MDTA arasındaki yabancı madde içeriğinin korelasyon katsayısı $r = 0,99$ olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, her iki cihazın da teleflerin analizinde kullanılabileceği görülmüştür. MDTA cihazının avantajı ise çok daha düşük miktarlarda numune ile çalışabilmesidir.

Kaynaklar

- [1] <http://www.tekstilveren.org.tr/haberler/tekstilde-geri-doenuesuem-trend-degil-bir-zorunluluk> (Erişim tarihi 01.12.22)
- [2] Textile Exchange, "Preferred Fiber &Material Market Report", October 2022, https://textileexchange.org/app/uploads/2022/10/Textile-Exchange_PFMR_2022.pdf (Erişim tarihi 01.12.22)
- [3] Pickin J., Randell. P. 2017. Australian National Waste Report 2016. Department of the Environment and Energy & Blue Environment Pty Ltd.
- [4] Gurudatt .K, De P., Rakshit A.K., et al. 2003. Spinning fibers from poly (ethylene terephthalate) bottle-grade waste. *Journal of Applied Polymer Science*. 90:3536-3545. DOI: 10.1002/app.12969
- [5] Telli A, Babaarslan O. 2017. Usage of recycled cotton and polyester fibers for sustainable staple yarn technology. *Tekstil ve Konfeksiyon*. 27:224-233. WOS: 000419066000003
- [6] Uyanık S. 2021. The Bursting Strength Properties of Knitted Fabrics Containing Recycled Polyester Fiber, *The Journal of The Textile Institute*. 112(12), 1998-2003.
- [7] Uyanık S. A. 2019. Study on The Suitability of Which Yarn Number to Use for Recycle Polyester Fiber, *The Journal of The Textile Institute*. 110(7), 1012-1031.
- [8] Mishra R., Behera B.K., Militky J. 2014. 3D woven green composites from textile waste: Mechanical performance. *Journal of the Textile Institute*. 105:460-466. DOI: 10.1080/00405000.2013.820865

- [9] Briga-Sá A., Nascimento D., Teixeira N., et al. 2013. Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution. *Construction and Building Materials*. 38:155-160. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.08.037
- [10] Binici H., Eken M., Dolaz M., et al. 2014. An environmentally friendly thermal insulation material from sunflower stalk, textile waste and stubble fibres. *Construction and Building Materials*. 51:24-33. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.10.038
- [11] El Wazna M., El Fatihi M., El Bouari A., et al. 2017. Thermo physical characterization of sustainable insulation materials made from textile waste. *Journal of Building Engineering*. 12:196-201. DOI: 10.1016/j.jobbe.2017.06.008
- [12] Shukla S.R., Harad A.M., Jawale L.S. 2008. Recycling of waste PET into useful textile auxiliaries. *Waste Management*. 28:51-56. DOI: 10.1016/j.wasman.2006.11.002
- [13] Karthik T., Gopalakrishnan D. 2014. Environmental analysis of textile value chain: An overview. In: Muthu SS, editor. *Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing*. Singapore: Springer pp. 153-188. DOI: 10.1007/978-981-287-110-7_6
- [14] Agblevor F.A., Cundiff J.S, Mingle C., et al. 2006. Storage and characterization of cotton gin waste for ethanol production. *Resources, Conservation and Recycling*. 46:198-216. DOI: 10.1016/j.resconrec.2005.07.002
- [15] Boykin J. C., Derek P., Whitelock, et al. 2008, "Manual Fractionation of MDTA-3 Trash Samples from Cotton Lint", Rhode Island, June 29 – July 2, 084182. (doi:10.13031/2013.25207) Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers, www.asabe.org.
- [16] Lawrence C.A. 2003. *Fundamentals of Spun Yarn Tehnology*. Vol. 509. CRC Press.
- [17] Klein W., Stalder H. 1987. *A Practical Guide to Opening and Carding*. Textile Institute. 60 p.
- [18] Klein W. 2014. *Blowroom and Carding, The Rieter Manual of Spinning*. Vol. 2. Rieter Machine Works Ltd; 87 p.
- [19] Bedez Ute, T. 2012. Sirospun pamuk ipliklerinde iplik özellikleri ile lif özellikleri arasındaki ilişkinin fonksiyonel olarak tahminlenmesi üzerine bir araştırma (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi).
- [20] Frydrych I. and Matusak M., 2002, Predicting the Nep Number in Cotton Yarn—Determining the Critical Nep Size, *Textile Research Journal*, 72: 917-923.
- [21] Frydrych, I., & Matusiak, M. 2002. Trends of AFIS application in research and industry. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 10(3), 35-39.
- [22] Wulfhorst B. 1984. Technological and Economic-Aspects for The Waste Processing in Modern Cotton Spinning Plants. *Melliand Textilberichte International Textile Reports*. 65:730. WOS: A1984TR92800013
- [23] Duru P.N., Babaarslan O. 2003. Determining an optimum opening roller speed for spinning polyester/waste blend rotor yarns. *Textile Research Journal*. 73:907-911. DOI: 10.1177/004051750307301010
- [24] Hasani H., Semnani D., Tabatabaei S. 2010. Determining the optimum spinning conditions to produce the rotor yarns from cotton wastes. *Industria Textilă*. 61(6):259-264
- [25] Hasani H., Tabatabaei S.A. 2011. Optimizing spinning variables to reduce the hairiness of rotor yarns produced from waste fibres collected from the ginning process. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 86:21-25
- [26] Khan M.K.R., Rahman H. 2015. Study of effect of rotor speed, combing-roll speed and type of recycled waste on rotor yarn quality using response surface methodology. *IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering*. 2:2348-2181
- [27] Khan K.R., Hossain M.M., Sarker R.C. 2015. Statistical analyses and predicting the properties of cotton / waste blended open-end rotor yarn using Taguchi OA design. *International Journal of Textile Research*. 4:27-35. DOI: 10.5923/j.textile.20150402.01
- [28] Halimi M.T., Ben H.M., Azzouz B., et al. 2007. Effect of cotton waste and spinning parameters on rotor yarn quality. *Journal of the Textile Institute*. 98:437-442. DOI: 10.1080/00405000701547649
- [29] Halimi M.T., Azzouz B., Ben Hassen M., et al. 2009. Influence of spinning parameters and recovered fibers from cotton waste on the uniformity and hairiness of rotor spun yarn. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 4:36-44. DOI: 10.1177/155892500900400304

- [30] Celep G., Doğan G., Yüksekaya M.E., et al. 2006. Geri Dönüşümlü Lifler İçeren Süprem Kumaşların Isıl Konfor Özelliklerinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 4:104-112
- [31] Telli A., Babaarslan O. 2016. Commercialized denim fabric production with post-industrial and post-consumer wastes. *Tekstil ve Konfeksiyon*. 26:213-220. WOS:000386121800013
- [32] Yılmaz D., Yelkovan S., Tirak Y. 2017. Comparison of the effects of different cotton fibre wastes on different yarn types. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 25:19-30. DOI: 10.5604/01.3001.0010.2340
- [33] Béchir W., Béchir A., Mohamed B.H. 2018. Industrial cotton waste: Recycling, Reclaimed fiber behavior and quality prediction of its blend. *Tekstil ve Konfeksiyon*. 28: 14–20.
- [34] Gun A.D., Akturk H.N., Macit A.S., et al. 2014 Dimensional and physical properties of socks made from reclaimed fibre. *Journal of Textile Institute*. 2 105: 1108–1117.
- [35] Yüksekaya M.E., Celep G., Dogan G., et al. 2016. A comparative study of physical properties of yarns and fabrics produced from virgin and recycled fibers. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 68:68-76
- [36] Yunus M., Rahman F. 1990. Micronaire effects. *Textile Asia*. 13:58-61
- [37] Uyanık S., Parlakyiğit P., Ovalı S. 2022. Closed-Loop Recycled Yarn Production from Yarn Wastes and Investigation of Their Physical Properties Within the Scope of Sustainability, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*. 37(4): 1087-1101.
- [38] TS 1104-Pamukta ve telefte yabancı madde miktarının tayini (Shirley Ayırıcı) metodu
- [39] Babaarslan, O., Duru, P. N., & Erbil, Y. 2003. Elyaf Analiz, Şerit Hazırlık ve OE-Rotor İplik Eğirme Sistemi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(özel), 113-120.
- [40] Yurtaslan Ö., 2018. “Bir Tekstil İşletmesinde Üretilen Tekstil Teleflerinin Çevreci Bir Yaklaşımla Geri Kazanımı”, Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Polimer Mühendisliği Anabilim Dalı.