



**Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa
Bilimleri Dergisi**
Usak University Journal of Science and Natural Sciences
<http://dergipark.gov.tr/usufedbid>
<https://doi.org/10.47137/usufedbid.1591444>



Derleme Makalesi (Review Article)

İplik Düzgünsüzlüğünün Tarihsel Süreçte İncelenmesi

Nefise Gönül ŞENGÖZ, Hacer ACARTÜRK, Ayşe Ebru TAYYAR*

Uşak Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, Uşak, Türkiye

Geliş: 28 Kasım 2025
Received: 28 November 2025

Revizyon: 2 Şubat 2025
Revised: 2 February 2025

Kabul: 7 Mart 2025
Accepted: 7 March 2025

Özet

Tekstil endüstrisi, giyimden ev tekstiline kadar birçok alanda kullanılan ürünler üreten önemli bir sektördür. Üretim süreçlerinde sıkça karşılaşılan bir sorun olan iplik düzgünsüzlüğü, rakamsal olarak ifade edilen bir özelliktir. İplik düzgünsüzlüğü, hem üretim aşamasında hem de nihai ürüne ulaşıncaya kadar çeşitli problemlere yol açmaktadır. Bu çalışma ile iplik düzgünsüzlüğü özelliğinin zaman içindeki ifade edilme yöntemleri ve bu yöntemlerdeki gelişmeler detaylı bir şekilde incelenmektedir. Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren, 1951 sonrası literatür temel alınarak, bu alandaki tarihsel değişim ve yenilikler değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, iplik düzgünsüzlüğünün nedenleri, etkileri, üretim süreçlerindeki rolü ve kalite üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda, iplik düzgünsüzlüğünün daha iyi anlaşılması ve analiz edilmesi için rehberlik edilmesi hedeflenmektedir. Aynı zamanda, tekstil endüstrisinde optimizasyon sağlanmasına yönelik pratik öneriler sunulmaktadır. İplik düzgünsüzlüğü, üretim süreçlerinde karşılaşılan önemli bir problem olup, nihai ürünün kalitesine doğrudan etki etmektedir. Çalışmanın amacı, iplik düzgünsüzlüğü ölçümünde kullanılan yöntemlerin tarihsel gelişimini ve bu yöntemlerin temel özelliklerini incelemektir. İlk geliştirilen varyans-uzunluk eğrileri, sonrasında spektrogramlar ve günümüzde dijital görüntü analizi gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu bağlamda, iplik düzgünsüzlüğü analizinde dijital yöntemlerin doğruluğu ve uygulanabilirliği üzerine öneriler sunulmaktadır. Bu yöntemler, iplik üreticilerine ve kalite kontrol birimlerine değerli bilgiler sunarak, kaliteyi artırmak ve üretim süreçlerini optimize etmek için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Bu araştırma, iplik düzgünsüzlüğünün nedenleri ve giderilmesine yönelik kapsamlı bir yaklaşım sunarak tekstil endüstrisinde kalite standartlarının yükseltilmesine katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: İplik, iplik düzgünsüzlüğü, düzgünsüzlük ölçüm yöntemleri.

Historical Examination of Yarn Irregularity

Abstract

The textile industry is a significant sector producing products used in various fields, from clothing to home textiles. Yarn irregularity, a frequently encountered issue in production processes, is a property expressed numerically. Yarn irregularity causes various problems both during production and until the final product is achieved. With this study, the methods of expressing the yarn irregularity property over time and the developments in these methods are examined in detail. Particularly, historical changes and innovations in this field have been evaluated based on the literature, especially after 1951, during the second half of the 20th century. Additionally, the causes, effects, roles in production processes, and impacts on quality of yarn irregularity are comprehensively addressed. Based on the information obtained, the study aims to provide guidance for a better understanding and resolution of yarn irregularity. Furthermore, practical suggestions are offered to optimize the textile industry. Yarn irregularity is a significant problem encountered in production processes, directly affecting the quality of the final product. The aim of this study is to examine the historical development of the methods used to measure yarn irregularity and their fundamental characteristics. Initially developed methods like variance-length curves, followed by spectrograms, and more recently, digital image analysis methods are utilized. In this context, suggestions will be made on the accuracy and applicability of digital methods in yarn irregularity analysis. These methods provide valuable information to yarn manufacturers and quality control units, serving as an essential resource for improving quality and optimizing production processes. This research aims to provide a comprehensive approach to the causes and solutions of yarn irregularity, contributing to raising quality standards in the textile industry.

Keywords: Yarn, yarn irregularity, irregularity measurement methods.

©2025 Usak University all rights reserved.

*Corresponding author: Ayşe Ebru TAYYAR
E-mail: nefisegonul.sengoz@usak.edu.tr (ORCID ID:0000-0001-8688-1141)
E-mail: 2243073015@ogr.usak.edu.tr (ORCID ID:0000-0003-0363-4976)
E-mail: ayseebru.tayyar@usak.edu.tr (ORCID ID:0000-0001-9679-9926)

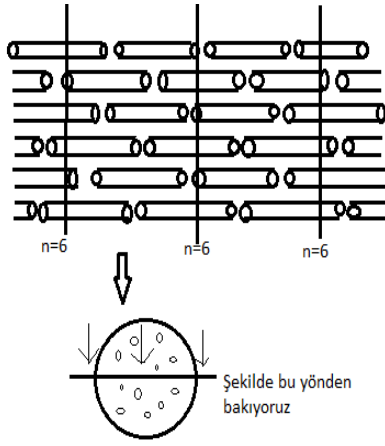
1. Giriş

İplik düzgünsüzlüğü, tekstil endüstrisinde önemli bir konudur ve kesikli iplik üretimi ve kullanımı sırasında karşılaşılan yaygın bir sorundur. İplik düzgünsüzlüğünün teorik ve pratik olarak incelenmesi, iplik endüstrisindeki kalite kontrolü ve iyileştirme süreçlerinde büyük önem taşımaktadır. İplik düzgünsüzlüğü, ipliğin kalitesini etkileyen ve son ürüne yansıyan bir faktör olmaktadır. Düzgünsüzlüğü az olan bir iplik, homojen bir yapıya ve düzgün bir yüzeye sahip olmaktadır ancak iplik üretimi sırasında çeşitli nedenlerle ipliklerde düzgünsüzlük sorunları ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle araştırmalar, iplik düzgünsüzlüğünün nedenlerini anlamaya, etkisini minimuma indirmeye ve kaliteyi artırmaya odaklanmaktadır.

Üretimde en etkili parametrelerden olan iplik düzgünsüzlüğü ipliğin kopma mukavemeti ve kopma uzamasının düşmesine, ince yer, kalın yer ve neps gibi sık rastlanan hataların artmasına ve iplik özelliklerinin olumsuz etkilenmesine ve sonraki işlem basamaklarında görüntü bozukluklarına sebep olmaktadır. İplikte düzgünsüzlüğü meydana getiren faktörler arasında iplik içerisindeki lif boylarının (uzun-kısa) farklı olmaları, harmanda kullanılan liflerin olgunluk farkları ve hayvansal liflerde liflerin hayvanın farklı kısımlardan elde edilmiş olması sayılabilmektedir [1]. Bunun yanında üretim aşamasında gerçekleşen seyrek rastlanan mekanik hatalar ve çekim işlemleri dolayısıyla liflerin gruplar oluşturarak rastgele yerleşmeleri de düzgünsüzlüklerin nedenlerindendir, ancak bu hatalar bobinleme sırasında kolaylıkla ayıklanabilmektedir [2, 28].

Sonlu uzunluktaki lifler, büküm ile, sonsuz uzunluktaki ipliği meydana getirmektedir. İpliğin oluşabilmesi için liflerin belli bir düzende yerleşmesi gerekmektedir. İdeal iplikteki liflerin yerleşim düzeni, gerçek iplikteki liflerin yerleşim düzeninden farklıdır. Liflerin ideal iplikteki yerleşim düzeninden ne kadar farklı olduğu, iplik düzgünsüzlüğü olarak ifade edilmektedir [3]. Tekstil ürünlerinde farklı özelliklerde tutarsızlıklar sıkça görülmektedir. İpliklerde ve lif karışımlarında mukavemet, su emilimi, aşınma direnci gibi özellikler bir bölgeden diğerine değişebilmektedir. Bu değişkenlik, özellikle ipliklerde incelik, büküm, kalınlık gibi özelliklerin uzunluk boyunca farklılık göstermesi sonucu oluşmakta ve ipliğin kalitesini etkilemektedir [4].

İdeal iplik, sembolik olarak Şekil 1'de görülmektedir. İdeal iplikteki varsayımlar; ipliğin kesitindeki lif sayısı n iplik boyunca alınan her kesitte hep aynıdır, liflerin uzunlukları aynıdır, liflerin incelikleri birbirleri arasında ve tek bir lif boyunca aynıdır, lifler silindirik yapıya sahiptir ve uçları kütür, bir lifin bittiği yerden öbür lif başlamaktadır, lif katmanları birbirine paralel durumdadır, bir lifin bitip öbür lifin başladığı noktalar diğer lif katmanlarında lif gövdesi ile sarılmaktadır şeklinde sıralanabilir. Ancak pratikte, lif boyları stapel diyagramından bilindiği üzere eşit değildir, liflerin incelikleri aynı değildir, liflerin uçları sivri veya yuvarlaktır, lifler biri bitip öbürü başlayacağına üst üste veya aralıklı olabilirler, lif katmanları paralel olmayabilir ve lifler diğer katmana geçip lif göçü oluşturabilirler. Pratikte ideal iplik varsayımlarından çok farklı bir iplik elde edilmektedir [3]. Ring iplikte bükümün havada gerçekleşmesi, balon açısı ve merkezkaç kuvveti, OE iplikte rotorda merkezkaç kuvveti iplik üzerinde bileşke kuvvet oluşturmakta ve iplik bu gerilme kuvvetleri altında eğilmektedir. Bu bileşke kuvvetleri tek tek liflere etki ederek ipliğin içinde liflerin yerleşme şekillerini etkilemektedir. Bu da ideal iplikten farklı lif yerleşimlerinin gerçek iplikte oluşmasına neden olmakta, bu sapma miktarına da iplik düzgünsüzlüğü denilmektedir. İplik düzgünsüzlüğü genel olarak kesitteki lif sayısının değişimi ($n+x$; $n-x$) olarak ifade edilmektedir. Kesitteki lif sayısının değişiminin sebebi, temel olarak, gerçek ipliğin içindeki liflerin ideal iplikten farklı lif yerleşiminin olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 2) [3]. Pamuk, sentetik ve kamgarn gibi ipliklerde yapılan uygulama örnekleri arasında, sabit lif kalınlığı varsayımına dayalı hesaplamalar, iplik düzgünsüzlüğünün istatistiksel modellenmesi ve analizi çalışmaları da bulunmaktadır [5]. Bu bilgiler ışığında, iplik düzgünsüzlüğünün etkilerinin azaltılması ve kaliteyi artıracak stratejilerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 1. İdeal iplik kesiti [3]



Şekil 2. Gerçek iplik [3]

Bu çalışmada, iplik düzgünsüzlüğü tekstil endüstrisinin önemli bir kalite kontrol parametresi olarak incelenmektedir. Tarihsel olarak iplik düzgünlüğündeki gelişmeler teknolojik ilerlemelerle paralel şekilde ele alınmakta, iplik kalitesini etkileyen çeşitli faktörler detaylandırılmaktadır. Sonuçlar göstermektedir ki iplik üretim süreçlerindeki yenilikler ve analitik yöntemlerin kullanımı, düzgünsüzlük kontrolünde kritik bir rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalar, iplik düzgünlüğünü daha hassas yöntemlerle azaltmaya odaklanarak tekstil ürünlerinin kalitesini artırmayı hedeflemektedir.

2. Düzgünsüzlüğün Rakamsal İfadesi İçin Yapılan Çalışmalar

İplik düzgünsüzlüğü, tekstil ürünlerinin birçok özelliğini olumsuz etkilemektedir. Düzgün olmayan ipliklerde, iplik incelidikçe mukavemet azalmakta ve kopma riski artmaktadır. Bu tür iplikler eğirme, dokuma veya örme işlemleri sırasında kolayca koparak üretim sürecini aksatmaktadır. Ayrıca, düzgünsüz iplikten üretilen kumaşlarda görsel hatalar ortaya çıkmakta ve bu hatalar, kumaş boyandığında ya da apre uygulandığında daha belirgin hale gelmektedir. Bu nedenle, düzgünsüzlük tekstil sektöründe önemli bir sorun durumundadır [4].

İplik düzgünsüzlüğünün ölçümü üzerine yapılan çalışmalar, 20. yüzyıl ortalarından bu yana önemli bir gelişim göstermiştir. Uster Tester gibi teknolojik cihazlar sayesinde ipliklerin düzgünsüzlük seviyeleri belirlenmektedir, araştırmacılar ise lif özellikleri, liflerin karışım oranları ve harmanlama homojenliğinin iplik kalitesi üzerindeki etkilerini incelemektedir. Bu alanda pek çok bilimsel çalışma bulunmaktadır ve elde edilen veriler, tekstil endüstrisinde kaliteyi artırma çabalarına katkıda bulunmaktadır.

1930'lardan itibaren Shirley Enstitüsü - İngiltere'de Foster ve meslektaşları tarafından gerçekleştirilen öncü çalışmalar, iplik düzgünsüzlüğü araştırmalarında önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmalarda geliştirilen teoriler, iplik ve iplik düzgünsüzlüğü, numara, çekim ve silindir ayarları gibi proses değişiklikleri arasındaki ilişkileri açıklamaktadır. Araştırmacılar, bazı pamuk türlerinin diğerlerinden daha iyi çekildiğini belirlemişler ve lif özelliklerinin iplik düzgünsüzlüğü üzerindeki etkisi üzerine birçok çalışmalar yapmışlardır. Diğer yandan, bu tarz çalışmalar ilerleyen zaman içinde ve halen günümüzde yapılmaktadır [6]. Uyanık ve Baykal, yaptıkları çalışmada Murata Vortex iplik sisteminde farklı lif türlerinin ve karışım oranlarının iplik düzgünsüzlüğü, tüylülük ve mukavemet gibi fiziksel özelliklere etkisini incelemişlerdir. Çeşitli lifler (viskon, modal, pamuk, naylon ve polyester) farklı oranlarda karıştırılarak iplikler üretilmiş ve her bir karışımın iplik kalitesine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, viskon ve modal liflerinin iplik düzgünsüzlüğünü azaltmada başarılı olduğu görülmüş; bu lifler tüylülüğü en aza indirerek ipliğin yapısal bütünlüğünü güçlendirmiştir. Diğer yandan, naylon ve polyester lifleri iplik düzgünsüzlüğü ve tüylülüğü artırmıştır. Çalışma, daha kaliteli ve homojen iplik üretiminde viskon ve modal liflerinin kullanımının avantajlı olduğunu vurgulamaktadır. Bu çalışmalar, lif özelliklerinin iplik düzgünsüzlüğü üzerinde net bir etkisi olduğunu göstermektedir [7].

2.1. Korelogram

Korelogram, L uzaklıkta ayrılan noktalardaki iki nokta arasındaki korelasyon katsayısını L değerine bağlayan matematiksel bir fonksiyon olarak tanımlanmaktadır. Bu fonksiyon, düzensiz salınan eğrilerin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır [8]. Korelogram, belirli bir mesafedeki iki ölçüm arasındaki korelasyonu incelemek için kullanılan ve tekstilde iplik düzgünsüzlüğünü anlamada faydalı bir araçtır. Korelogram ile iplikteki hata ve düzgünsüzlüklerin dağılımı analiz edilebilmekte; aynı zamanda, farklı iplik uzunluklarındaki düzgünsüzlüklerin

ölçülmesi, ipliğin genel düzgünsüzlüğü hakkında bilgi vermektedir. Korelogram, özellikle ipliğin farklı noktalarında değişiklik gösteren kütle, mukavemet gibi özelliklerin nasıl dağıldığını anlamamıza yardımcı olmaktadır [4].

Cox ve Townsend, iplik korelogramını $p(L)$ elde etmek için dört farklı yöntemden bahsetmişlerdir. Bunlar; çift entegre planimetre, optik korelograf, otomatik aktarma bilgisayarı ve Hollerith sistemidir. Hollerith yöntemini kullanarak Şekil 3'te bulunan iplik korelogramlarını elde etmişler ve sonrasında bu yöntemi kullanarak elde edilen sonuçları korelasyon katsayılarına dönüştürmüşlerdir. Cox ve Townsend çalışmalarında 1947 yılında üretilen S, T ve V harfleri ile kodlanmış iplikleri kullanmışlardır. Korelogramdan varyans-uzunluk ilişkisini $V(L)$ 'nin türetilmesi için Denklem 1'i kullanmışlardır. Korelogramların iplik düzgünsüzlüğü çalışmalarına uygulanması ilk olarak Cox ve Townsend tarafından yapılmıştır [9].

$$V(L) = V(\infty) \left[I - \frac{2}{L^2} \int_0^L (L-u)p(u)du \right]$$

(1)

Denklemden;

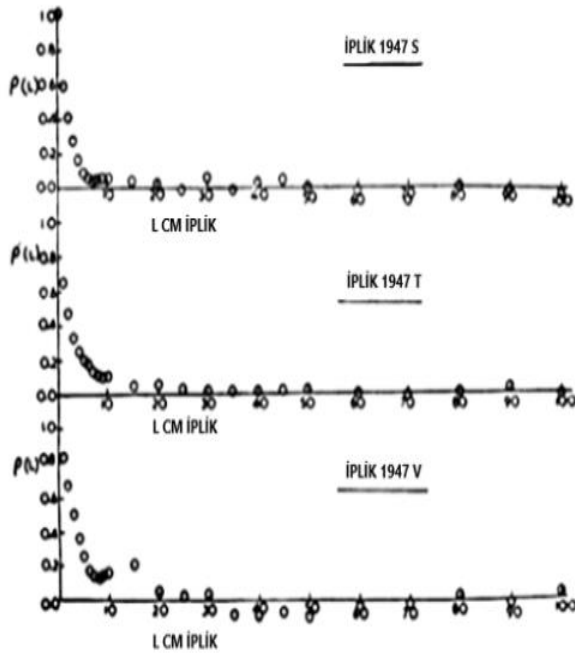
$V(L)$: L uzunlukları içindeki ortalama standartlaştırılmış varyans,

$V(\infty)$: genel standartlaştırılmış varyans,

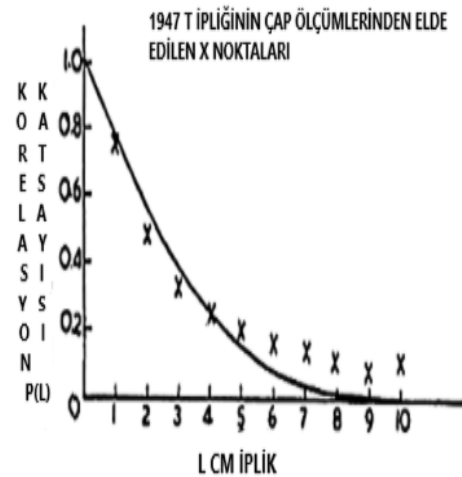
$p(u)$: iplik üzerinde u noktaları arasındaki korelasyon katsayısıdır [9].

Korelogram tarafından verilmeyen $V(\infty)$ için, $B(3m)$ olacak şekilde seksen adet üç metrelik uzunlukların ağırlıklarından hesaplamışlar ve çap değişimine dönüştürmek için bir düzeltme katsayısı uygulamışlardır. İplik üzerindeki çap ölçümlerinin sonuçlarının (Şekil 4), Ağırlık = $k(\text{Çap})^2$ olduğunu varsaydıklarında (Ağırlık değişim katsayısı) = 2 (Çap değişim katsayısı) olması şartıyla, iplik uzunluklarını doğrudan tartım sonuçları ile karşılaştırmanın mümkün olduğuna değinmişlerdir [9].

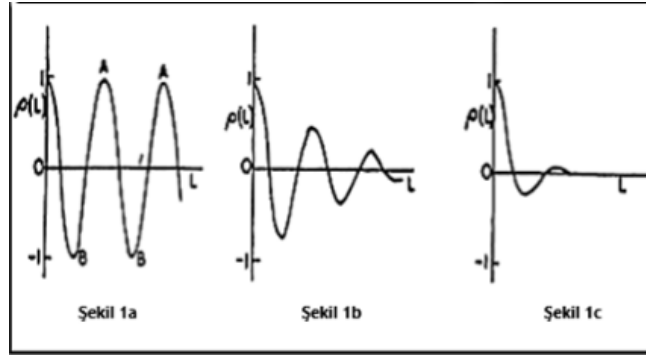
Cox ve Townsend tarafından iplik düzgünsüzlüğü ölçümünde kullanılan korelogram $p(L)$, L noktaları arasındaki korelasyon katsayısı olarak düşünüldüğünde, korelogram L arttıkça $p(L)$ 'nin değişimini göstermektedir. Korelogram genellikle sönümlü bir harmonik eğri olmakta, sırasıyla Şekil 5 Ib ve Ic'de gösterilen hafif ve ağır sönümlü eğriler şeklinde olmaktadır. Bu durumlarda çap değişimlerinde "yarı periyot" üretildiği söylenebilmektedir. Korelogram için sönümsüz bir sinüs eğrisi, yani $p(L)$ 'nin A, B, vb. noktalarında artı ve eksi maksimum ve minimum değerlerine sahip olduğu (Şekil Ia), periyodik bir hareketi temsil etmektedir. "Periyot" kelimesi, sönümlü eğriler için geçerli olmamakta çünkü bu durumlarda sabit bir periyotla salınım girişi olması rağmen, her salınım girişi, farklı bir fazdaki sonraki bir salınımla büyük ölçüde sönümlenmekte ve maskelenmekte olarak açıklamaktadırlar (Şekil 5) [9].



Şekil 3. İplik çaplarının korelogramları [9]



Şekil 4. İplik boyunca farklı noktalarda çap ölçümü [9]



Şekil 5. Varyans uzunluk eğrisi [9]

Cox ve Townsend, iplik düzgünsüzlüğünün ölçümü için tek bir ölçümün yeterli olmayacağını belirtmişler ve iplik çapının korelogramlarından matematiksel olarak çıkarılan ağırlık için $B(L)$ eğrilerinin, doğrudan tartılarak bulunan $B(L)$ eğrileri ile uyumlu olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Araştırmacılar korelogramın, çalışmanın yapıldığı dönemde iplik düzgünsüzlüğündeki yarı periyotları tespit etmenin en iyi yolu olduğunu belirtmişlerdir [9].

2.2. Varyans-Uzunluk Eğrileri

Varyans uzunluk eğrileri, iplik düzgünsüzlüğü analizinde kullanılan ve iplik üzerindeki kalın veya ince yerlerin frekansını ve uzunluğunu gösteren grafiklerdir. Bu eğriler, iplikteki düzgünsüzlüklerin hangi uzunluklarda daha belirgin olduğunu belirlemeye yardımcı olmaktadır. Yüksek düzgünsüzlük, eğrinin daha kısa uzunluklarda ve yüksek frekansta dalgalandığını gösterirken, düşük düzgünsüzlük daha uzun uzunluklarda ve düşük frekansta dalgalanma ile ifade edilmektedir. Bu analiz, iplik kalitesini iyileştirmek ve iplikler arasında karşılaştırma yapmak için kullanılmaktadır. Townsend ve Cox çalışmalarında, L uzunluğunda bir iplikten, rastgele alınan L uzunluğundaki numune ile ortalama standartlaştırılmış varyans $V(L)$ arasındaki ilişkiye değinmektedirler. Ortalama standartlaştırılmış varyans, değişim katsayısının karesidir. Araştırmacılar ortalama standartlaştırılmış varyans $B(L)$ 'nin, $V(L)$ 'den daha kullanışlı olduğunu ifade etmektedirler [10]. Varyans Analizi teorisinden aşağıdaki formüle yer vermektedirler.

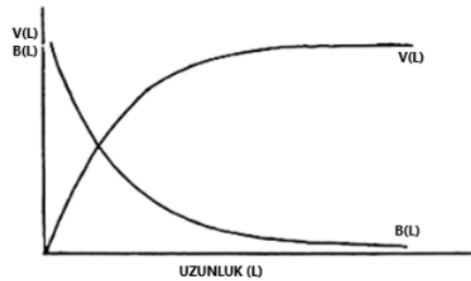
$$V(L) + B(L) = V(\infty) \quad (2)$$

$V(L)$ = iplik uzunluğu L ile uzunluğu L olan rastgele örneklerin içindeki ortalama standartlaştırılmış varyans

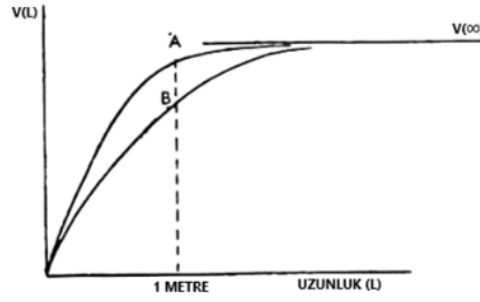
$B(L)$ = uzunlukları L olan ipliklerin ortalamaları arasındaki standartlaştırılmış varyans

$V(\infty)$ = genel varyans

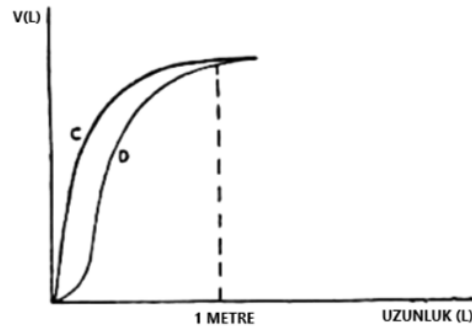
İplik özellikleri ile bağlantılı olabilen $V(L)$ eğrisi ile ilişkili parametreleri de değerlendirmişlerdir (Şekil 6). L 1 metreden daha büyük olduğunda, L 'deki büyük artışlara rağmen $V(L)$ yalnızca bir miktar artmakta ve asimptotik bir değere $V(\infty)$ yaklaşmaktadır. İplik üzerindeki varyansın çoğu, 2 veya 3 metreden daha uzun uzunluklarla belirlenmekte ve bu nedenle $V(\infty)$ 'e yakın değerler elde edilmektedir [10].

Şekil 6. $V(L)$ ve $B(L)$ eğrilerinin genel şekilleri [10]

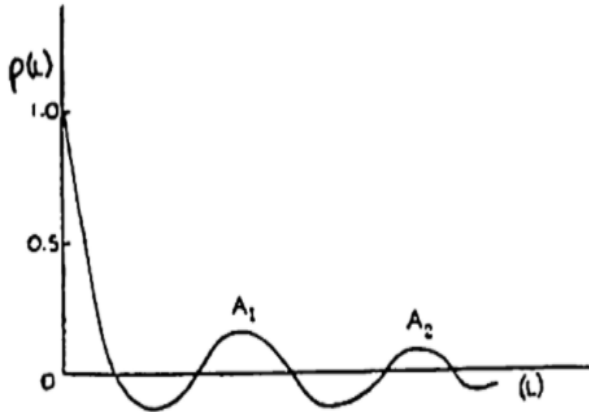
Şekil 7'de ise, A ve B iplikleri aynı $V(\infty)$ 'a sahip ve L 1m olduğu zaman, A ipliğinin $V_A(L)$ değerinin $V(\infty)$ 'a eşit olduğunu varsayılmışlar ancak bu L değerinde B ipliğinin $V_B(L)$ değerinin asimptotik değerden belirgin şekilde daha düşük olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu iki ipliğin farklı görünümlere sahip olacağını ve B ipliğinin A ipliğinde olmayan uzun dalga boyu bir varyasyona sahip olduğunu söylemektedirler. Bu farkı, iki eğrinin $V(\infty)$ 'a yaklaştığı oranlar arasındaki fark olarak tespit etmektedirler [10].

Şekil 7. $V(\infty)$ 'a Yaklaşan iki iplik farkı [10]

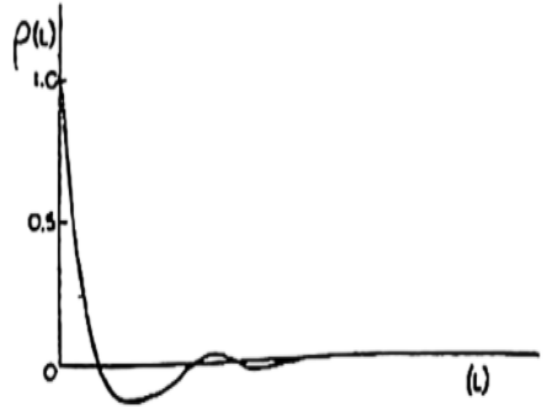
Şekil 8'de ise, C ve D iplikleri aynı $V(\infty)$ 'a yaklaşan iki iplik olarak ele almışlar ve $V(L)$ 'nin 1 metreden büyük L değerleri için sabit olduğunu varsaymışlardır. C ipliğinin orijindeki eğimi daha yüksek, B ipliğinin eğimi ise daha düşüktür. 1 cm uzunluklardaki ortalama standartlaştırılmış varyans C ipliğinde daha büyük gözlemlenmektedir. Denklem kullanılarak, 1 cm uzunluklar arasındaki ortalama varyansın D için C'den daha büyük olduğu sonucuna varmışlardır [10].

Şekil 8. Aynı $V(\infty)$ 'a sahip C ve D iplikleri [10]

$V(L)$ 'nin hesaplanması için popülasyondan rastgele farklı uzunluklar seçilerek onlara karşılık gelen grafik yüksekliklerinin varyansları ölçülebilmektedirler. $V(L)$ 'yi, grafiklerden veya doğrudan ipliklerden, standart sapmaların hesaplanması için kullanabilmektedirler ancak çok fazla varyans olması, rastgele uzunlukların seçilmesi ve 1 cm'lik ipliklerdeki standart sapmayı hesaplamamanın zor olması gibi sorunlar yaşanabilmektedirler. $V(L)$ hesabı, $V(L)$ ve korelagram arasındaki matematiksel ilişkiden de yapılabilir. Korelasyon grafikleri, Şekil 9 ve 10, iplik boyunca birbirinden uzak L noktaları arasındaki korelasyonu $p(L)$ göstermektedir. Şekil 9'daki A1, A2 noktalarındaki maksimum değerler L , $2L$, $3L$, vb. noktaları arasındaki maksimum pozitif korelasyonlardır. Bu korelasyonlar bütünlük oluştursalardı, L dalga boyunun periyodik bir hareketini gösterirlerdi ancak pratikte, katsayılar birden küçük değerlerdir ve kesin bir periyodiklik yoktur. Şekil 10'daki gibi aşırı sönümlü bir korelagram, $\frac{1}{2} L$ aralıklı noktalar arasında maksimum negatif korelasyonlardır ve L , $2L$, vb. noktalar arasında hiçbir korelasyon göstermemektedir. Bu, grafiklerin L dalga boyu ile salınım eğilimi gösterdiğini ancak her salınımın sönümlenmesi yüksek olduğu için döngünün tamamlanamadığını belirtmektedirler [10].



Şekil 9. Korelasyon grafiği [10]

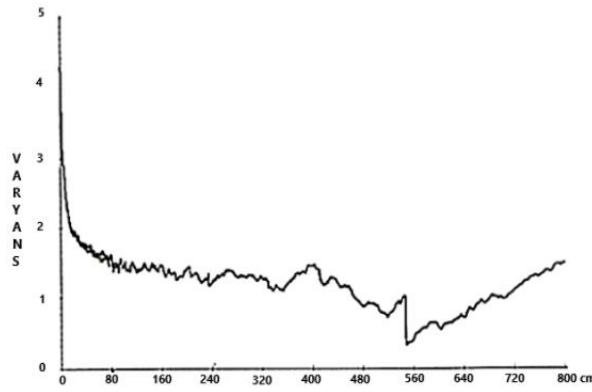


Şekil 10. Korelasyon grafiği [10]

Townsend ve Cox, korelogramda gösterilen yarı periyotları grafikte ve iplikte görsel olarak tespit edememişlerdir. Mekanik çekim işlemlerinin incelenmesinde önemli olsalar da, bir ipliğin veya kumaşın görünümüne katkılarını net olarak belirleyememişlerdir ve bu nedenle $V(L)$ ilişkisini daha uygun bir iplik düzgünsüzlüğü ölçüsü olarak kabul etmişlerdir. Diğer yandan, korelogramı, $V(L)$ eğrisini çizmek için kullanışlı bir yöntem olarak sunmuşlardır [10].

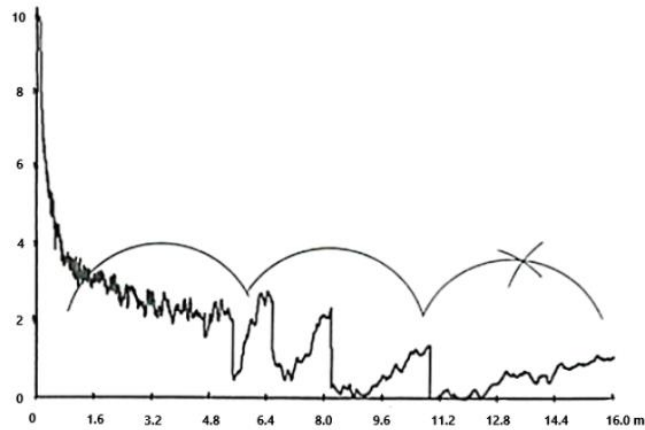
Masood ve Slater, iplik düzgünsüzlüğü ölçümünde kullanılan varyans-uzunluk $B(L)$ eğrisinin önemini ve ölçüm sürecini açıklamaktadır. Bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerle iplik düzgünsüzlüğü ölçüm hızını artırma çalışmaları yapılmaktadır. $B(L)$ eğrisini oluşturmak için üç yöntem vardır; kesme-tartma, teorik yöntem (lif özelliklerinden teorik eğri çıkarımı) ve elektronik yöntem (Uster Test Cihazı gibi cihazlarla hızlı ölçüm). Özellikle elektronik yöntem, ölçüm sürecini hızlandırarak hata riskini azaltmaktadır. Uster Tester, ipliğin kütlesini ölçmekte ve bu bilgi dijital olarak kaydedilmektedir. Verilerle ipliğin düzgünsüzlüğünü gösteren $B(L)$ eğrisi oluşturulmakta ve ekranda görüntülenmektedir. Otomatik çizim sayesinde, ölçümde zamandan büyük ölçüde tasarruf edilmektedir. Sonuç itibarı ile otomatik sistem, geleneksel yöntemlere göre çok daha hızlı ve hassas veri sağlamaktadır [11].

Masood ve Slater, tekstil materyalinde bulunan periyodiklikleri tespit edebilmek adına farklı işlem aşamalarında ve farklı eğirme sistemlerinde liflerin davranışlarını test etmişlerdir. Elde edilen $B(L)$ eğrileri, iplik üretimindeki farklı aşamaların etkilerini göstermektedir. Şekil 11'deki pamuk bandı, 5 metrede bir minimum nokta göstererek orta vadeli periyodikliğin varlığını ortaya koymaktadır, ancak kısa vadeli değişiklikler de gözlemlenmektedir [12].



Şekil 11. Pamuklu bir bant için $B(L)$ eğrisi [12]

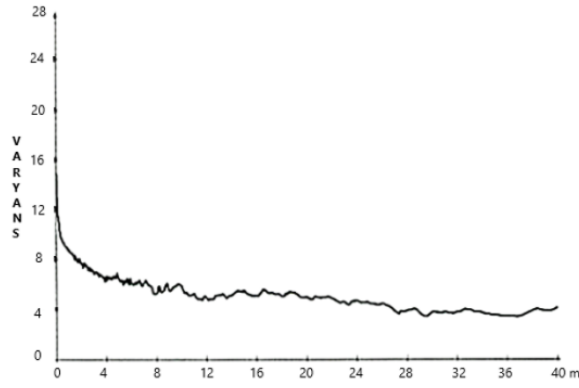
Bu bant, fitil makinesine beslenerek inceltilmiş ve bükülmüş, ve bu işlemle elde edilen $B(L)$ eğrisi (Şekil 12), daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu görülmektedir. Fitilin periyodikliklerinin, teorik olarak belirli dalga boylarında olması beklenirken bazı minimum değerler teoriden saparak rastgele varyasyonları göstermektedir [12].



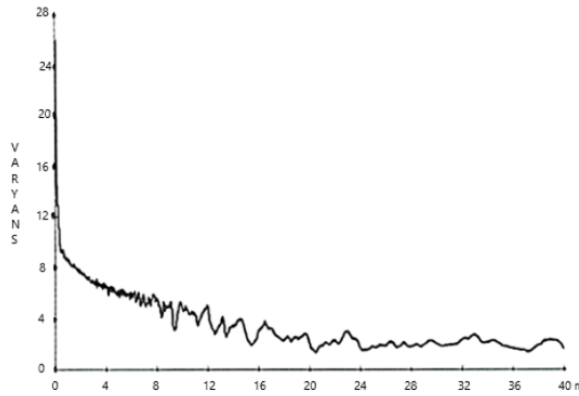
Şekil 12. Pamuk fitili için $B(L)$ eğrisi [12]

A, B ve C iplik numuneleri, farklı eksantrik silindir düzenekleriyle üretilmiştir ve elde edilen $B(L)$ eğrileri (Şekil 13, 14, 15) farklı varyasyonları ortaya koymaktadır. A numunesi, uzun vadeli varyasyonlarda daha belirgin, C daha az uzun vadeli varyasyon göstermektedir. B numunesi ise daha kısa vadeli varyasyonlara sahip görünmektedir.

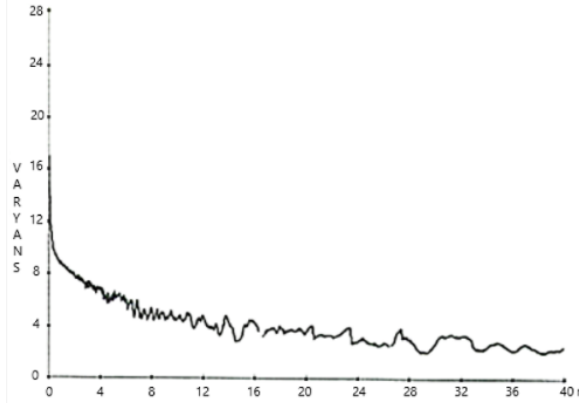
Sonuç olarak, eksantrik silindirlerin etkisiyle gerilim farkları, kısa ve uzun vadeli düzgünsüzlükleri etkilemekte ve her silindirin farklı periyodik etkiler oluşturduğunu göstermektedir [12].



Şekil 13. Pamuk ipliği A için $B(L)$ eğrisi [12]

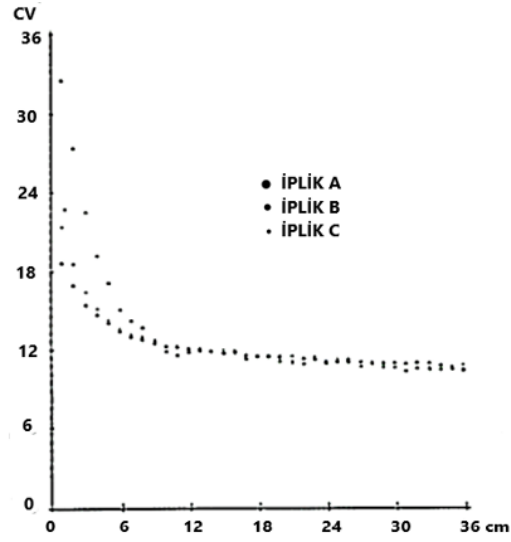


Şekil 14. Pamuk ipliği B için $B(L)$ eğrisi [12]



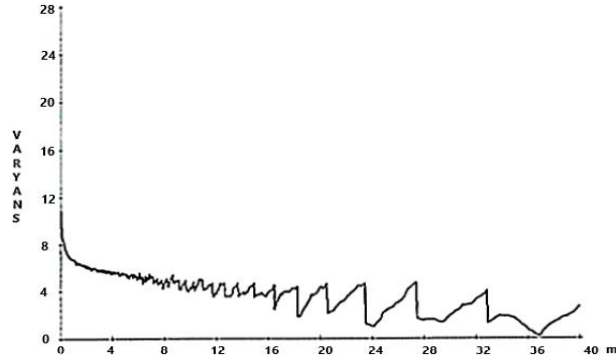
Şekil 15. Pamuk ipliği C için $B(L)$ eğrisi [12]

Şekil 16, A, B ve C ipliklerinin kısa vadeli varyasyonlarını karşılaştırarak, periyodikliklerin tespitinde eğrilerin nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. B ipliğinin varyansı yaklaşık 10 cm'de minimuma düşerken, C ipliği, arka silindir eksantrikliğinden dolayı teorik dalga boyunu göstermemektedir. Üç eğri, 13 cm'den büyük uzunluklarda benzer hale gelmektedir [12].

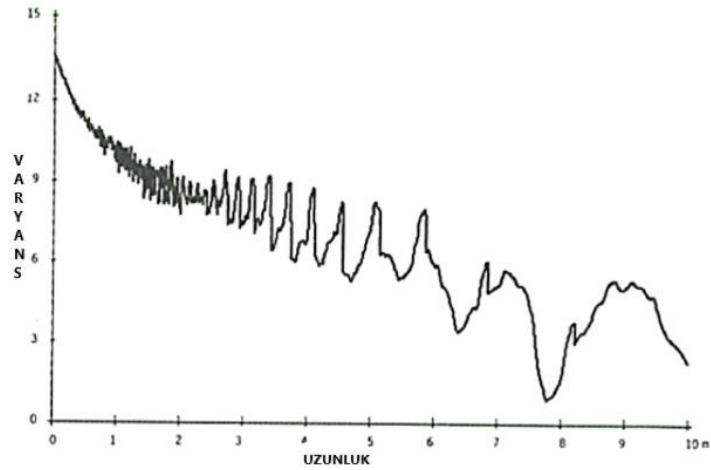


Şekil 16. Kısa uzunluklarda A, B ve C iplikleri için üst üste bindirilmiş eğriler [12]

Şekil 17'de, rotor iplik, daha düzenli olmasına rağmen orta ve uzun vadeli varyasyonlar içermektedir. Şekil 18, kamgarn sisteminde üretilen iplikte yüksek kısa vadeli varyasyonları göstermektedir. Uster spektrografi, 15 ve 60 cm'de periyodiklikleri saptamaktadır, ancak 8 m'lik periyodiklik tespit edilememektedir [12].

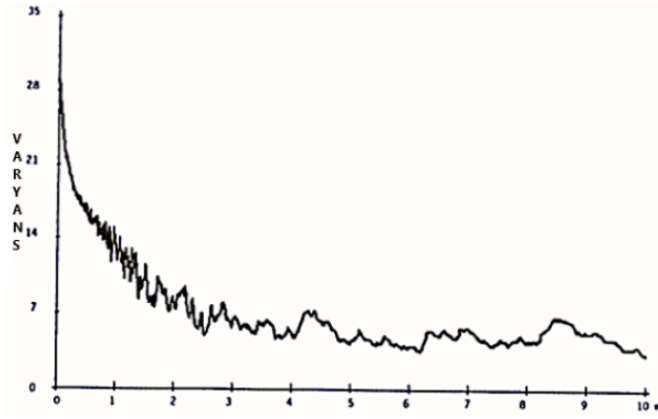


Şekil 17. Open-End bükülmüş bir iplik için B(L) eğrisi [12]



Şekil 18. Kamgarn çekilmiş bir bant için B(L) eğrisi [12]

Şekil 19'daki B(L) eğrisi, kamgarn ipliğinin orta ve uzun vadeli düzensizlikler içerdiğini ancak 7 m'lik periyodikliğin net bir şekilde görülmediğini göstermektedir. Ayrıca, silindir eksantrikliğinin kamgarn ipliğinin düzensizliği üzerindeki etkisi çok belirgin değildir [12].

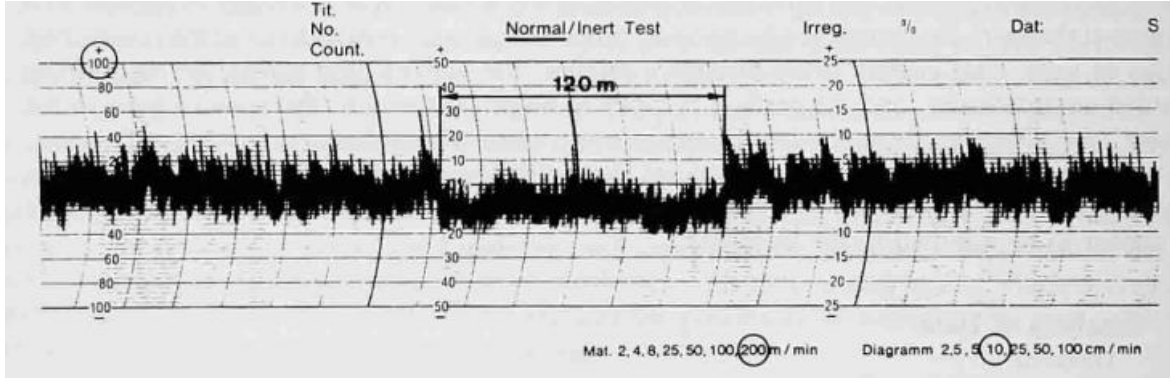


Şekil 19. Kamgarn iplik için B(L) eğrisi [12]

Yine bir yünlü sisteminden elde edilen eğriler, yün liflerinin düzgünsüzlük özelliklerinin kamgarn fitilinden çok daha iyi olduğunu göstermiştir. Yünlü iplik, beklenen şekilde yüksek kısa vadeli varyasyonlar sergilemektedir. Bu bulgular, B(L) eğrilerinin liflerin düzgünsüzlük özelliklerini etkili bir şekilde tanımladığını ve diğer geleneksel tekniklerden daha bilgilendirici olduğunu göstermektedir [12].

2.3. Diyagram ve İplik Düzgünsüzlüğü

Düzgünsüzlük ölçümünde diyagram, iplik gövdesi %0 kabul edildiğinde, buna göre iplik boyunca görülen tüm çap değişimlerinin +ya da -%100 olarak çizildiği grafiklerdir [13]. Diyagram; bir skala üzerinde belli ölçüm sınırları içinde tekstil materyalinin zamana karşı akışını gösteren grafiklerdir (Şekil 20). Diyagramlar, iplik üretimindeki makine ve süreçteki hataları tespit etmek için etkili bir yöntemdir. Bu hatalar, ipliğin kalitesinde periyodik değişimlere neden olmakta ve bu durum, son kumaşta da gözle görülür kalite kaybına yol açmaktadır. Diyagramlardaki sapmaların yüksek olması iplikte düzgünsüzlüğün fazla olduğu anlamına gelmektedir. Diyagram, iplikteki düzgünsüzlüklerin belirlenmesi ve giderilmesi hususunda üretime yardımcı olmaktadır [14].



Şekil 20. Bir dublaj işlemi sonucunda 120m uzunluğundaki ince bir yerin ortaya çıkması durumunda elde edilen diyagram [4].

2.4. Spektrogram ve İplik Düzgünsüzlüğü

Fujino ve Kawabata, liflerin bant içerisinde rastgele sıralanmalarının bant düzgünsüzlüğüne etkilerini değerlendirmeyi amaçlamışlar ve genel bir formül elde etmeye çalışmışlardır. Kalınlık düzgünsüzlüğünün spektral yoğunluğundan doğrudan türetilen bir varyans spektrumu, düzgünsüzlüğün özelliklerini tanımlamak için kullanılmaktadır [15].

Martindale'in, Foster'in formülünden yola çıkarak elde ettiğini belirttiği düzgünsüzlük formülü:

$$V_R^2 = \frac{(100)^2}{N} + \frac{V_m^2}{N} \quad (3)$$

V_R = birim uzunluğun ağırlık değişim katsayısı.

N = kesitteki ortalama lif sayısı.

V_m = Birim uzunluk başına lif ağırlığının değişim katsayısı Martindale [16].

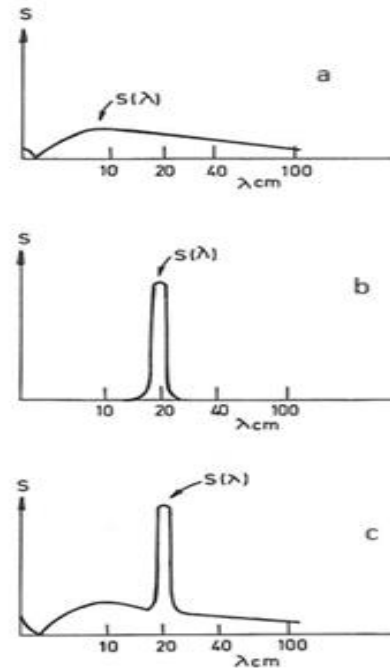
Spektroramlar, tekstil malzemelerinde tekrar eden hata veya değişimleri anlamaya yaramaktadır ve iplikte birim uzunluk başına kütle değişiklikleri, genellikle frekans ya da dalga boyuna göre incelenmektedir. Spektrogram sayesinde, iplikteki belirli periyodik değişimler açıkça görülebilmektedir. Diğer yöntemlerin gözden kaçırabileceği bu tür detaylar, spektral analizle daha net anlaşılabilir [4]. Düzgünsüzlük ölçümünde spektrogram; yatay ekseninde dalga boyu, dikey ekseninde frekans olan, iplikteki periyodik hataların (mekanik hatalar ve çekim hataları) yanısıra iplik içindeki liflerinin efektif uzunluğu, karışımlarda lif boylarının uyumu, karışımda sentetik liflerin stapel yöntemi hakkındaki bilgileri de veren çizimdir. 1954 yılında spektrograf cihazının geliştirilmesi ile elde edilmeye başlanmıştır. Bu analiz yöntemi, ipliklerdeki düzgünsüzlükleri tespit etmek ve üretim süreçlerini iyileştirmek için bilgi sağlamaktadır [17,18].

Narasimham ve ark. periyodik, rastgele ve kısmi periyodik hataların spektrogramlarını incelemiş ve güvenilir tahmin yöntemlerini geliştirmiştir. Periyodik hatalar, eksantrik makaralar veya kırık dişliler gibi faktörlerden kaynaklanmakta ve iplik boyunca düzenli dalga boylarında hatalar oluşturmaktadır. Rastgele hatalar tesadüfen oluşmakta, kısmi periyodik hatalar ise, periyodik olmayan ve rastgele olmayan hatalar olarak oluşmaktadır. Spektral yoğunluk fonksiyonunun grafiği, periyotları keskin tepe noktaları olarak göstermektedir [19].

Uster düzgünlük test cihazı, iplik düzgünsüzlüğünü, periyodik, kısmi periyodik ve noktasal hataları belirlemek için kullanılmaktadır. İpliğin çekim sürecindeki eksantriklik, düzgünsüzlük oranını etkilemektedir; yüksek eksantriklik iplik düzgünsüzlüğünü artırırken, düşük eksantriklik lif direnci nedeniyle düzgünsüzlük oranını azaltmaktadır [20].

Slater, Wegener ve Guse'nin bilgisayar teknikleriyle lif düzeni simülasyonunda spektrogram analizi yaptıklarını ve rastgele lif düzenine sahip materyalin yoğunluk spektrumunu tanımladıklarını aktarmaktadır. Çalışmasında, değişken lif uzunluğuna sahip ipliklerin, sabit lif uzunluğuna sahip ipliklerden daha az düzgünsüzlükte olabileceğini belirtmektedir [4].

Şekil 21a'da, ideal eğri şeklinde olan bir spektrogram ve Şekil 21b'de, dalga boyu 20cm'de bir mekanik hata olan spektrogram ve Şekil 21c'de ise, bu ikisinin birleşmesi ile elde edilen spektrogram görülmektedir. Spektrogramlar, periyodik düzgünsüzlüklere sahip bir ipliğin karakteristiklerini yansıtmaktadır [17,18].



Şekil 21. Spektrogram [17]

3. Düzgünsüzlük Test Cihazları

İplik kalitesinin belirlenmesi, bant formundan iplik formuna kadar her aşamada düzgünsüzlük kontrollerinin yapılması ve test cihazlarının yaygın olarak kullanılması ile mümkün olmaktadır. Düzgünsüzlük ölçüm cihazında

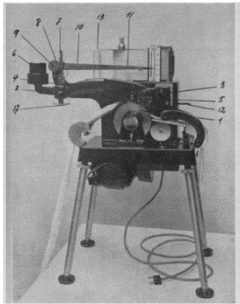
iplik belirli hızlarda kapasitörlerin arasından akmakta, ipliğin kesitindeki çap değişimleri cihazda kapasite değişimlerine sebep olmakta, böylece düzgünlük %U ve %CV birimleri elde edilmektedir [1,21].

Tarihsel süreçte geliştirilmiş olan farklı düzgünlük ölçüm cihazları ve bunların farklı modelleri bulunmaktadır.

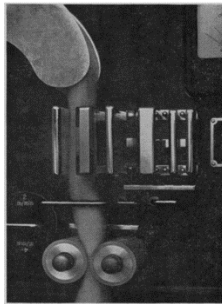
A) İlk Nesil Mekanik Cihazlar: Saco-Lowell Test Cihazı, ilk düzgünlük test cihazıdır, mekanik olarak çalışan ve bantlarda düzgünlük ölçümü yapan Saco-Lowell test cihazıdır (Resim 1). Bu cihaz pamuk bantları için tasarlanmıştır. Kontrol edilmek istenen bant veya fitil 2-3mm olarak yivli tekerleklerden geçirilerek sabit bir yük altında sıkıştırılmaktadır. Yük altında ölçülen enine kesit, bir tablo üzerinde büyütülmüş olarak görülmekte ve ölçekli olarak el ile belirlenmektedir. Geliştirildiği zamanlarda hem laboratuvarlarda hem de iplik hazırlık dairelerinde kullanılmıştır [5].

B) Uster Tester Serisi: UsterTester-1, ticari olarak geliştirilen ilk cihazdır tarak bantlarından en ince ipliklere kadar düzgünlük ölçümü yapılabilmektedir. Tekstil materyallerini farklı aralıklara sahip sekiz kapasitörden birinden geçirilerek ölçüm yapan kapasitif ölçüm prensibi ile çalışır ancak sınırlı özelliklere sahip olduğundan yaygın olarak kullanılmamıştır. Ardından gelen Uster Tester-2, otomatik işleme geçişiyle daha hassas, kesin ölçümler ve kapsamlı testler sunmuştur. Daha fazla test parametresini ölçebilen Uster Tester-2 piyasada yaygın olarak kullanılmıştır. Manuel iplik beslemesi yapılan Uster Tester-3, gerçek zamanlı izleme ve daha hızlı veri analizi sağlamıştır. Uster Tester-4 ise otomatik iplik besleme gibi özellikler ekleyerek kapsamlı kalite bilgileri sağlamıştır. Uster Tester-5, gelişmiş test hassasiyeti, daha yüksek örnekleme hızları, ileri veri görselleştirme ve otomasyon seçenekleri sunmaktadır. Yapay zeka ve makine öğrenimi desteği ile üretim optimizasyonuna katkı sağlamış. En son model olan Uster Tester-6, dijital kapasitif sensör CS ile donatılarak yüksek hızda ve hassasiyette entegre süreç kontrolü sunmaktadır [2,5,21-23]. Uster tester serisi, resim 2 - 8 arasında gösterilmiştir.

C) Diğer Cihazlar: PremierPt 7000, kapasitif ölçüm prensibi ile bant, fitil veya ipliklerin düzgünlüğünü otomatik bobin besleme sistemiyle ölçerken, Premier IQ serisi cihazları farklı hızlarda çalışma imkanı sağlamaktadır[24]. Keisokki KET 80-III/B ve KET80V/C & KET-QTV modelleri kapasitif ölçüm prensibiyle çalışmaktadır, KET-QTV dört ipliği aynı anda test edebilmektedir [25].



Resim 1. Saco-Lower bant test cihazı [5]



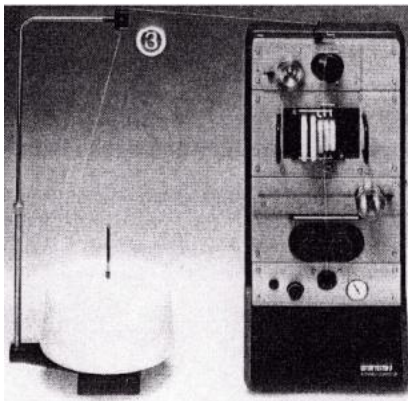
Resim 2. Uster Test Cihazı [5]



Resim 3. Uster Tester-1 [21]



Resim 4. Uster Tester-2 [26]



Resim 5. Uster Tester-3 [2]



Resim 6. Uster Tester-4 [2]



Resim 7. Uster Tester-5 [21]



Resim 8. Uster Tester-6 [13]



Resim 9. Premier düzgünsüzlük test cihazı [2]



Resim 10. Keisokki düzgünsüzlük cihazı Katı [2]



Resim 11. Ket QTV düzgünsüzlük test cihazı [25]



Resim 12. Ket 80V/C düzgünsüzlük test cihazı [25]

4. İplik Düzgünsüzlüğünü Tetikleyen Parametreler ve Alınan Önlemler Üzerine Yapılan Çalışmalar

İplik düzgünsüzlüğü (yarn irregularity), tekstil literatüründe büyük bir ilgiyle araştırılan konulardan biri olup, Google Akademik taramasında yaklaşık 19300 adet bilimsel yayına konu olmuştur. Bu sayısal veri, iplik düzgünsüzlüğünün tekstil sektörü için ne kadar önemli, güncel ve kapsamlı bir araştırma alanı olduğunun göstergesidir [27]. İplik üretim sürecinde meydana gelen düzgünsüzlükler, nihai ürünün kalitesi ve performansı üzerinde doğrudan etkili olduğu için bu konuda yapılan çalışmalar, sektörde verimliliği ve kaliteyi artırmayı hedefleyen mühendisler ve araştırmacılar açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu derlemenin amacı, iplik düzgünsüzlüğünün sayısal olarak ifade edilmesinin teknolojik gelişime paralel olarak gelmiş olduğu durumun anlaşılması ve çeşitli faktörlerin iplik düzgünsüzlüğüne etkilerinin incelenmesidir.

Bu konu ile ilgili literatür incelendiğinde, iplik düzgünsüzlüğü ile iplikte yer alan ince yer, kalın yer ve neps gibi hatalar arasındaki ilişkiye odaklanmış çalışmalar ile karşılaşılmaktadır. Karakor, iplik hataları ile iplik düzgünsüzlüğü arasındaki ilişkiyi anlayabilmek adına aynı harmandan gelen lifler ring ve rotor iplik eğirme makinesinde farklı numaralarda iplikler üretilmiştir. Üretimin her aşamasında iplikteki nepsler kontrol edilmiştir. Düzgünsüzlük ve iplik hataları arasındaki bağlantı Minitab programı ile analiz edilmiştir ve iplikte düzgünsüzlük, neps, ince yer ve kalın yer değerlerine ait grafikler ile korelasyon analizi yapılmıştır. Tarak makinesinin öncesi ve sonrasında yapılan sayım sonunda bu işlemin neps oluşumunu azalttığı, 1. ve 2. pasaj cer çekim işlemlerinden sonra ise neps miktarında artış olduğu gözlemlenmektedir. İplik incelidikçe, ince yer, kalın yer ve neps değerlerinde

artış elde edilmiştir ve eğirme sisteminin iplik düzgünsüzlüğü üzerinde farklı sonuçlar sunduğu sonucuna varılmaktadır [28]. Gemci ve Kapuçam, yaptıkları çalışmada, iplik üretiminde kullanılan önemli parametrelerin etkilerini incelemişler ve çeşitli eğirme sistemlerinin ve parametrelerinin kaliteyi ve verimliliği artırmadaki önemlerini vurgulamışlardır. Bu doğrultuda çalışmalarında 31-36mm çaplarında 2 farklı rotor çapı kullanılmıştır. Rotor çapı arttıkça %U ve %CV değeri artmaktadır. Rotor çapı artışları ince yer sayısında artışa neden olurken kalın yer sayısı azalmaktadır [29]. Örtlek ve Ülkü, yaptıkları çalışmada, Murata Vortex Spinner (MVS) sistemi üzerinde yeni bir iplik üretim yönteminde düze basıncının iplik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. MVS sisteminde düze basıncının iplik kalitesi üzerinde önemli bir rol oynadığını ve üretim hattıyla etkileşim halinde olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan varyans analizine göre vortex iplik düzgünsüzlük ve hata oranlarında üretim hattı ve düze basıncının istatistiksel anlamlı etkisi olduğu belirtilmektedir. Düze basıncı artışı düzgünsüzlüğü olumsuz etkilemektedir. Düze basıncının artmasıyla birlikte, iplik oluşumu sırasında uzaklaştırılan kısa lif miktarında artış ve bunun iplik kesitinde lif sayısında azalmaya yol açtığı gözlemlenmektedir. Düze basıncının artması kalın yer ve neps gibi iplik hatalarını da artırmaktadır. Tüylülük ölçümleri ise düze basıncının artmasıyla azalma eğilimi göstermektedir [30]. Öner ve Köle, yaptıkları çalışmada, tarak makinesinin ayarları, penye makinesinin ayarları, iplik çekim sisteminin manşon tipi ve boyutu, gibi faktörleri içeren parametreleri incelemişlerdir. Temizlik oranının tarak makinesinin üretim kapasitesinin artmasıyla azaldığını ve makara çapının azalması ile iplik düzgünsüzlüğü ve kopma mukavemeti değerlerinin arttığını vurgulamışlardır [31].

Bir grup çalışmada, kullanılan hammadde özellikleri, eğirme sistemi ve parametreleri ile iplik mukavemeti arasındaki ilişki tanımlanmaya çalışılmıştır. Korkut ve Karagüven, yapılan çalışmada rotor iplik makinesinde %100 pamuk lifinden Ne 20 numara iplik üretilerek, lif mukavemetinin iplik mukavemetine etkisi regresyon analizi ile hesaplanmıştır. Pamuk lifi mukavemeti ile rotor ipliği mukavemeti arasında pozitif korelasyon olduğu sonucuna varılmıştır. Rotor ipliğinin dayanıklılığı, kullanılan lifin dayanıklılığı ile paralel bir ilişki gösterir. Bununla birlikte, iplikteki yabancı madde oranının artışı, ipliğin dayanıklılığını düşürmektedir. Lif uzunluğunun iplik mukavemetiyle pek bir ilişkisi bulunmazken, lifin inceliği özellikle ince ipliklerin üretiminde dayanıklılığı artırıcı etki göstermektedir. Rotor hızının artışı, iplik mukavemetinin azalmasına neden olurken, rotor çapının küçülmesi bu mukavemeti artırmaktadır [32]. Vinzanekar ve ark. çalışmalarında lif mukavemetinin iplik mukavemetini artırdığına ve mikroner değerinin iplik mukavemeti ile ters orantılı olduğuna dikkat çekilmektedir. Araştırmada Hindistan'dan seçilen 32 pamuk türünden üretilen iplikler, mikroner değeri ve lif demeti mukavemeti gibi özellikler açısından incelenmektedir. Rieter MO/5 rotor ve Lakshmi-Rietering iplik makinelerinde üretilen bu ipliklerin kopma mukavemeti, kopma uzaması ve düzgünsüzlük gibi özellikleri faktör analiziyle değerlendirilmektedir. Analiz sonucunda rotor ipliklerde lif uzunluğunun etkisi ön plandayken, mikroner değerinin etkisinin daha az olduğu; ring ipliklerde ise kopma mukavemeti, kopma uzaması ve düzgünsüzlük gibi özelliklerin öne çıktığı görülmektedir. Sonuç olarak, lif uzunluğunun iplik özelliklerine etkisi rotor ipliklerde belirgin olsa da, bu etkinin ring ipliklerde daha baskın olduğu tespit edilmektedir [33]. Uzun, yaptığı çalışmada, ring eğirme yönteminde pamuk ipliği özelliklerine bilezik ve kopçaların etkisini incelemiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Flanş2 (4.0mm genişliğindeki flanşlar) bilezik ile üretilen iplik özelliklerine kıyasla Flanş1 (3.2mm genişliğindeki flanşlar) ile üretilen iplik özellikleri daha iyidir sonucuna varılmaktadır [33]. Altaş ve Kadoğlu, yaptıkları çalışmada, özlü iplik eğirme tekniğinin kompozit iplik yapılarının üretimindeki rolünü incelemişlerdir. Modifiye edilmiş ring iplik makinesinde üretilen özlü ipliklerin fiziksel özelliklerini klasik ring ipliklerle karşılaştırmışlardır. Çalışmada, filamentin besleme gerilimi ve büküm miktarının ipliklerin fiziksel özelliklerini nasıl etkilediği üzerinde durmuşlar ve özlü iplik yapısının sağlanması ile eğirme parametrelerinin iplik mukavemet özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Özde kullanılan filamentin oranı arttıkça iplik mukavemeti artmaktadır. Özlü ipliklerde artan filament oranı ile birlikte, ipliklerin kopma uzama oranları düşmektedir. Öz/manto oranının artması ile birlikte, mantodaki kesikli liflerin miktarı azalmakta ve iplik mukavemetine katkısı azalmaktadır. Eğirme silindir devrindeki artış, özlü iplikte mukavemeti düşürmektedir. Polyester-viskon karışımli ipliklerin üretiminde hava emiş basıncındaki artış, iplik mukavemetini ve iplik kopma uzama oranını arttırmaktadır. Hava emiş basıncındaki artışın iplik mukavemetinde önemli bir etkisi görülmemektedir [34].

Bir grup araştırmacı çalışmalarında, iplik kalite özelliklerinden iplik tüylülüğü üzerinde yoğunlaşmış ve bu parametreye etki eden faktörleri tespit etmeye çalışmıştır. Can ve Kırtay çalışmalarında, iplik tüylülüğünün, liflerin fiziksel yapısı, iplik kalınlığı, büküm derecesi, eğirme sürecindeki parametreler ve kullanılan makinelerin ayarları gibi çeşitli faktörlerden etkilendiğini bildirmişlerdir. İnce ipliklerde, lif uzunluğu, incelik ve büküm direnci tüylülük üzerinde daha büyük bir etki yaparken, pamuk iplikleri sentetik ipliklere kıyasla daha az tüylülük göstermektedir. İplikler, taşınabilir forma getirilmek için bobinleme işleminden geçirilir; bu işlem tüylülüğü artırılabilir, ancak katlama ve yakma işlemleri tüylülüğü kısmen azaltmaktadır. Haşılama işlemi de tüylülüğü azaltıcı etki

göstermektedir, fakat bu işlemin ardından uygulanan işlemler tüylülüğü yeniden artırabilmektedir. Üretim sürecinde sıcaklık ve nemin ideal seviyelerde tutulması tüylülüğün azaltılmasına katkı sağlamaktadır; ancak tüm önlemlere rağmen tüylülüğü tamamen ortadan kaldırmak mümkün olmamaktadır [35]. Gemci ve Bıçkı yaptıkları çalışmada, %100 pamuk ipliklerinin kalitesi üzerinde bilezik çapı değişimlerinin iplik kalitesine etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki iplik düzgünsüzlüğü, bilezik çapının artmasıyla kötüleşmektedir. Büküm arttıkça tüylülük azalmakta ve hafif kopçaların kullanımı tüylülüğü düşürmektedir. Tüylülük kopça hızı veya bilezik çapından etkilenmemektedir. Kopça formları neps özelliklerini etkilememektedir [36]. Ersoy ve Şenol yaptıkları çalışmada, geri dönüşüm liflerinden iplik üretimi üzerine odaklanmışlar ve çalışmanın sonuçlarına göre yüksek kalitede ve verimli iplik üretiminin mümkün olduğunu vurgulamışlardır. Tüylülük, rotor devrinin artmasıyla artış göstermektedir. İnce yer, iplik numarasının artmasıyla artmakta ve çekim artışıyla azalmaktadır. Ayrıca çıkış hızının ve iplik numarasının artması da ince yer sayısını artırmaktadır. Kalın yer, iplik numarasının artmasıyla artmakta ve rotor devri arttıkça da artmaktadır. İplik incelidikçe kalın yer hataları daha belirgin hale gelmektedir. Neps, iplik numarasının artmasıyla artmakta ve rotor devrinin artmasıyla da etkisi güçlenmektedir. Düzgünsüzlük değeri yüksek rotor devirlerinde artmakta ve pamuk miktarındaki artış düzgünsüzlüğü artırmaktadır [37].

Ring, open-end ve hava jeti gibi farklı eğirme sistemlerinin iplik kalite özelliklerine etkisi yine bir grup araştırmacının çalışmalarının amacı olmuştur. Ayan ve Sabır yaptıkları çalışmada, Diyarbakır pamuklarının kullanıldığı Ring ve Open-End Eğirme sistemlerinde karde ve penye üretim hattında iplik üretiminin incelenmesine odaklanmışlardır. Her iki sistemde de penye ipliklerin karde ipliklere göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ring eğirme sisteminde kopça ağırlığı artışıyla tüylülük azalmakta, penye ipliklerde kopma kuvveti artarken karde ipliklerde azalmaktadır. Open-End eğirme sisteminde rotor çapı CVM, ince yer, neps hususunda etkili olmakta, navel kopma mukavemeti dışındaki kalite parametrelerini etkilemektedir. Spiral ve 4 çentikli navel kullanımı iplik değerlerini olumlu etkilemektedir [38]. Buharalı ve Ömeroğlu yaptıkları derleme çalışmasında, tekstil sektöründeki iplik üretiminde open-end eğirme sistemlerinin önemini vurgulamışlar ve pamuk-polyester karışımı ipliklerin kalitesini incelerken çeşitli faktörlerin etkilerini ele almışlardır. Bunlar; hammadde, hazırlık işlemleri, eğirme elemanlarının etkisi şeklinde sıralanmaktadır. Sentetik liflerde ısıya dayanıklılık ve avivaj uygulamaları kritik önem taşıırken, hayvansal liflerin yağ ve ter içeriği rotor içinde sorunlara yol açmaktadır. Pamuk-polyester karışımı ipliklerde polyester oranının artması genellikle düzgünsüzlük, neps ve mukavemet değerlerinde artışa neden olurken, ince lifler daha yüksek kalite sunmaktadır. Open-end iplik eğirme makinelerinde, makine ayarları ve hammadde hazırlığı kaliteli iplik elde etmek için kritik öneme sahiptir. Penye rotor iplikleri, karde rotor ipliklerine göre genellikle daha düşük düzgünsüzlük ve iplik hataları ile daha yüksek kopma kuvveti ve kopma uzaması değerleri sunmaktadır. Açma silindirinin doğru hızı, iplik kalitesini etkileyen tozlanma ve lif hasarı gibi olumsuz etkileri azaltmaktadır. Rotorun çapı, yivinin geometrisi ve yüzey kaplaması gibi özellikler de iplik kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir [39]. Günaydın ve ark., yaptıkları çalışmada ring iplikçilikteki sınırlamalara alternatif olarak geliştirilen Hava Jetli (MJS), MVS ve Rieter Air Jet iplik eğirme sistemlerini karşılaştırmışlar ve yeni nesil iplik teknolojileri hakkında kapsamlı bir bakış sunmuşlardır. Her üç teknolojiyi de detaylı bir şekilde incelenmişler ve iplik yapısı üzerindeki parametrelerin etkisi ve iyileştirmeler gibi konuları ele almışlardır. Rieter ve MVS teknolojilerinde Ne 60numara iplikler çalışlabilmektedir, MJS teknolojisinde ise Ne 80 numaraya kadar iplik üretimi gerçekleştirilebilmektedir. MJS ile üretilen iplikler düşük mukavemet, düşük tüylülük ve pürüzlü dış yüzey özellikleri taşımaktadır. MVS, MJS'ye göre yüksek mukavemet ve daha iyi düzgünsüzlük değerlerine sahip iplikler üretmektedir. Rieter ile MJS'ye göre yüksek mukavemet, daha iyi düzgünsüzlük ve yüksek renk absorpsiyonuna sahip iplikler elde edilmektedir [40].

İplik üretim sistemi ne olursa olsun belirli kalitede iplik özelliklerine ulaşmak için makine ayarlarında bazı ayarlar yapmak gerekmektedir. Üretim ayarlarının iplik özellikleri üzerine etkisine yoğunlaşmış bazı çalışmalar incelenmiştir. Ünal ve Vurkır yaptıkları çalışmada, cer işleminde kütle değişimlerini düzeltmeyi hedeflemişlerdir. Farklı ekartman mesafelerinde üretilmiş cer bantlarından iplikler elde edilerek test etmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, ekartman mesafesinin artırılmasının iplik mukavemet değerlerinde düşüşe, düzgünsüzlük ve tüylülük değerlerinde de artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, kullandıkları pamuk türünde (GAP) kısa ekartman mesafesinin tercih edilmesinin iplik kalitesini artırdığı sonucuna varılmaktadır [41]. Akarslan ve Zeybek yaptıkları çalışmada, tarak makinesinin ring iplik üretimindeki etkilerini incelemişlerdir. Tarak makinesi, lifleri açarak temizlemekte ve mümkün olduğu kadar paralelleştirmektedir. Yüksek hızlarda çalışan tarak makinelerinin neps temizleme verimliliği düşmektedir, düşüşün sebebi, yüksek hızlarda tarak makinasındaki asıl açma ve temizleme işleminin gerçekleştiği tambur ve şapka arasında beslenen hammadde miktarının artmasına bağlı olarak neps temizleme yüzdesinin azalması olarak belirtilmektedir. Penye ring iplik parkurunda, kardedden farklı olarak, Unilap ve Penyöz makinalarının yer alması neps değerlerinin düşük çıkmasını sağlamaktadır. Düşük neps

değerleri düşük tarak çıkış hızlarında, en yüksek neps değerleri ise yüksek tarak bant çıkış hızlarından elde edilmektedir [42]. Zeybek yaptığı çalışmada, tarak makinesinde brizör hızının rolü üzerine odaklanmıştır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre brizör hızındaki artış ile iplik düzgünsüzlüğü artmakta, ince yer ve kalın yer hataları azalmaktadır. Çalışma kapsamında en düşük tüylülük seviyesinin elde edildiği en yüksek brizör hızı 1900 d/dk olarak belirtilmektedir [43].

5. Tartışma ve Sonuç

İplik düzgünsüzlüğü, tekstil endüstrisinin en kritik kalite kontrol parametrelerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu derlemede, tarihsel olarak iplik düzgünsüzlüğünün sayısal ifade edilışindeki gelişme basamakları teknolojiye paralel şekilde incelenmiştir ve iplik kalitesine etki eden parametrelerin konu olduğu güncel araştırmalar değerlendirilmiştir.

İplik düzgünlüğü, liflerin yerleşim düzeni, büküm, kullanılan lif türleri ve üretim makine ayarları gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu faktörlerin her biri, iplik kalitesine doğrudan etki ederek, tekstil endüstrisinde kalite kontrol parametrelerinin başında yer almaktadır. İplik düzgünlüğünü ölçmek için geliştirilen çeşitli matematiksel ve grafiksel yöntemler, üretim süreçlerinde karşılaşılan düzgünsüzlükleri anlamada önemli bilgiler sunmaktadır. Korelogramlar, varyans uzunluk eğrileri ve diyagramlar gibi araçlar, iplikteki hataların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, teknolojinin ve analitik yöntemlerin sürekli olarak geliştirilmesi, iplik üretiminde kaliteyi artırma ve düzgünsüzlükleri minimize etme amacını taşımaktadır. Çalışmalarda kullanılan farklı cihazlar ve parametreler, iplik düzgünlüğü üzerinde çeşitli etkiler yaratırken, her teknolojinin avantajları olduğu kadar bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. Özellikle yüksek hızda çalışan üretim süreçlerinde, kullanılan cihazların düzgünlük, mukavemet ve kalite üzerindeki etkilerinin dikkatlice değerlendirilmesi gerekmektedir. Örneğin, Uster Tester gibi cihazlar yüksek doğruluk sağlarken, maliyet ve zaman açısından daha fazla kaynak gerektirebilir. Üretim süreçlerinde kullanılan her bir parametrenin optimum seviyelerde ayarlanması, verimliliği artırmak için kritik öneme sahiptir ve endüstri standartlarının sürekli iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu konuda yapılan çalışmalarda; iplik düzgünsüzlüğüne etki eden bazı faktörler, parametreler, üretimde kullanılan makineler ve bunların birbirlerine kıyasla avantaj ve dezavantajları incelenerek bazı çıkarımlara ulaşılmaktadır. İplik düzgünsüzlüğü, hammadde özellikleri, makine parametreleri ve eğirme sistemlerinden etkilenmektedir. Ring eğirme sistemlerinde büküm sayısının, rotor eğirme sistemlerinde ise yüksek hızın iplik düzgünlüğünü iyileştirdiği, ancak rotor sisteminin liflerin düğümlenmesi nedeniyle daha fazla düzgünsüzlük oluşturabildiği rapor edilmiştir [38]. İplik incelidikçe periyodik hataların artışı gözlenmiştir [28]. Lif uzunluğu ve karışım oranlarının, özellikle kısa liflerin yüksek miktarda kullanılması durumunda düzgünsüzlüğe yol açtığı gözlemlenmiştir [21, 32, 33]. %100Pamuk iplikleri sentetiklere göre daha düşük düzgünsüzlük gösterirken, karışım ipliklerde pamuk oranı düzgünsüzlüğün artmasına sebep olmuştur [29, 30, 35]. Bilezik çapı artışı düzgünsüzlüğü olumsuz etkilerken, artan büküm ve hafif kopça kullanımı tüylülüğü azaltmaktadır [36]. Yeni teknolojik gelişmeler, özellikle yapay zeka ve makine öğrenimi tabanlı yöntemler, iplik düzgünlüğü üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Gelişmiş sensörler ve otomatik kontrol sistemleri ise üretim sırasında anlık hataları tespit ederek kaliteyi artırmaktadır. Bu bulgular, iplik üretiminde düzgünlük sorunlarını minimize etmek ve kaliteyi artırmak için çeşitli sistemlerin ve teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu derlemede, hammadde özellikleri ve proses parametrelerinin ring iplik üretimi sürecinde iplik düzgünsüzlüğü üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Gelecekteki araştırmaların, iplik düzgünsüzlüğünü daha da azaltmak ve tekstil ürünlerinin kalitesini artırmak amacıyla daha hassas ve etkili yöntemler geliştirmeye odaklanması, tekstil endüstrisinde en iyiye elde etmenin anahtarı olacaktır.

Bilgilendirme

Bu çalışma HA tarafından hazırlanan “İstatistik Yöntemler ve Yapay Sinir Ağları ile Lif Özelliklerinden İplik Özelliklerinin Tahminlenmesi ve Karşılaştırılması” başlıklı yüksek lisans tezinin literatür özeti kısmından üretilmiştir.

Etik Kurul Onayı

Yapılan bu çalışma etik kurul izni gerektirmemektedir. Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

Katkı Oranı

Tüm yazarlar, derlemenin araştırma, yazma ve düzenleme kısımlarında eşit katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

1. Gürkan, K. İplik düzgünlük analizi için kapasitif ölçüm devresi tasarımı: Matematiksel yaklaşım ve gerçekleştirme, Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences, 2020; 24(1): 5-11.
2. Katı, E. Farklı iplik düzgünlüğü test cihazlarından elde edilen sonuçların karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 2004.
3. Şengöz, N. G. İpliğin optik düzgünlük özelliğine genel bir bakış, Bölüm 1, Tekstil ve Konfeksiyon, 1999; 5: 366-371.
4. Slater, K. Yarn Evenness, Textile Progress, 1986; 14(3-4): 1-90.
5. Hasler, A., Honegger, E. Yarn evenness and its determination, Swiss Federal Institute of Technology, Textile Research Journal, 1954; 24(1): 1-12.
6. Ratnam, T. V., Seshan, K. N., Govindarajulu, K. Some factors affecting yarn irregularity, Journal of Textile Institute, 1974; 65(2), 61-67.
7. Uyanık, S., Baykal, P.D. Effects of fiber types and blend ratios on Murata Vortex yarn properties, The Journal of The Textile Institute, 2017; 109(8).
8. Şengöz, N. G. Kumaşın Tezgahta Dokunması Sırasında Meydana Gelen Atkı Sıklıkları Değişiminin İncelenmesi, Lisans Bitirme Tezi, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, 1983.
9. Cox, D. R., Townsend, M. W. The use of correlograms for measuring yarn irregularity, Journal of the Textile Institute Proceedings, 1951; 42(4): 145-151.
10. Townsend, M. W. H., Cox, D. R. The analysis of yarn irregularity, Journal of the Textile Institute Proceedings, 1951, 42(3), 107-113.
11. Masood, A., Slater, K., (1984). 8-The rapid derivation of variance-length curves by computer, Journal of the Textile Institute, 1984; 75(2);, 92-98.
12. Masood, A., Slater, K. The detection of irregularity sources by variance-length curves, Journal of the Textile Institute, 1985; (5): 377-383.
13. 15.05.2024(<https://www.uster.com/products/staple-yarn-testing/uster-tester/>)
14. Wang, H., Han, Z., Xiong, X., Song, X., Shen, C. Enhancing yarn quality wavelength spectrogram analysis: A semi-supervised anomaly detection approach with convolutional autoencoder, Machines, 2024; 12:309.
15. Fujino, K., Kawabata, S. Theoretical analysis on the spektral density of random slivers, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, 1959; 5(1): 1-9.
16. Martindale, J. G. A review of the causes of yarn irregularity, Journal of the Textile Institute Proceedings, 1950;41(7): 340-356.
17. Kırtay, E. Periyodik iplik düzgünlüklerinin analizi, Tekstil ve Makina, 1987; 1(2): 80-89.
18. Kırtay, E., Karakor, A. Periyodik iplik düzgünlüklerinin kontrolünde spektrogram analizinin kullanımı, Tekstil ve Makine 1987; 1(3): 176-187.
19. Narasimham, T., Ganesh, K., Kothari, N. R. A theoretical study of yarn irregularity through the spektrum, Indian Journal Research, 1976; 1: 104-107.
20. Sharieff, I., Vinzenekar, S.G., Narasimham, T. Spectral analysis of yarn irregularity and its relationship to other yarn characteristics, Textile Research Journal, 1983; 53(10): 606-614.
21. Uzun, M. Ring iplikçiliğinde kopça özellikleri ile iplik özellikleri ilişkisi, Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
22. Şengöz, N. G. İplik Düzgünlüğü Ders Notları, Uşak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak, 2023.
23. 3.11.2024. Şuradan erişilebilir: [Uster Çözümü İplikhanenin Kalbinde -Textilegence](https://www.uster.com/products/staple-yarn-testing/uster-tester/)
24. 30.06.2024. Şuradan erişilebilir: (<https://premierevolvic.com/overview.php?config=8&cid=1&sub=4>)
25. 30.06.2024. Şuradan erişilebilir: (<https://keisokki-thailand.blogspot.com/>)
26. 15.05.2024. Şuradan erişilebilir: (<https://www.wotol.com/product/uster-tester-ii-for-sliver/1980336>)
27. 19.01.2025. Şuradan erişilebilir: (https://scholar.google.com.tr/scholar?hl=tr&as_sdt=0%2C5&q=issn+%3D+%7B1308-6200%7D&btnG=)
28. Karakor, A. Pamuk ipliklerinde sık rastlanan hatalar ile iplik düzgünlüğü arasındaki ilişkiler üzerine bir araştırma, Tekstil ve Makine, 1987; 1(3): 128-137.
29. Gemci, R., Kapuçam, A. Open-end iplikçiliğinde farklı çapta rotor kullanımının iplik kalitesine etkilerinin incelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2004; 9(1): 11-17.
30. Örtlek, H., G., Ülkü, Ş. MSV sistemi ile pamuk ipliği üretiminde düze basıncı değişiminin iplik özelliklerine etkisinin incelenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2008; 13(1): 47-57.
31. Öner, E., Köle, D. E. Ring iplikçiliğinde makine ve konstrüksiyon ayarlarının bant ve iplik kalitesi üzerindeki etkisi, Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2019; 8 (Enar Özel Sayı): 111-117.

32. Korkut, E., Karagüven, R. Pamuk lif mukavemeti ile O.E rotor iplik mukavemeti arasındaki ilişki, *Tekstil ve Mühendis*, 1990; 4(24): 304 – 307.
33. Vinzanekar, S. G, Jogdeo, A. G.,Joshi, P. R.,Sundaram, V., Parthasarathy, M. S., Srinathan B. A study of the influence of fibre properties on the characteristics of rotor-spun yarns by factor analysis, *The Journal of The Textile Institute*, 1996; 87(1): 68-77.
34. Altaş, S., Kadoğlu, H. Bazı eğirme parametrelerinin filament özlü dref-3 ipliklerin mukavemet özellikleri üzerindeki etkisi, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2009; (2): 93-96.
35. Can, Y., Kırtay, E. Pamuk ipliklerinde iplik tüylülüğü ve tüylülüğe etki eden Faktörler (Kaynak Taraması), *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2003; 9(3): 379-385.
36. Gemci, R., Bıçkı, O. Ring iplikçiliğinde bilezik çapı değişiminin iplik kalitesine etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2003; 8(1): 39-44.
37. Ersoy, Y., Şenol, M. F. Ham madde cinsi ve üretim parametrelerinin iplik kalitesine etkisi: Open-end iplikçiliği üzerine bir uygulama, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2017; 8(1), 96-107.
38. Ayan, H. E., Sabır, E. C. Eğirme parametrelerinin iplik kalitesine etkisi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2013; 28(1): 111-118.
39. Buharalı, G., Ömeroğlu, S. Open-end rotor iplik özelliklerine etki eden faktörler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2013; 18(2): 19-36.
40. Günaydın, G., K., Erdem, R., Abdullah, G. MJS, MVS ve rieter air jet iplik eğirme sistemlerinin ve üretilen iplik özelliklerinin karşılaştırılması, *Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi*, 2015; 5(1): 8-19.
41. Ünal, B. Z., Vurkır, S. Cer makinasında ekartman ayarlarının iplik kalite özelliklerine etkisinin incelenmesi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2017; 32(1): 73-80.
42. Akarşlan, F., Zeybek, A. İplik üretim sürecinde tarak makinesi bant çıkış hızının neps değerler üzerindeki etkisi, *Yalvaç Akademi Dergisi*, 2021; 6(1): 27-37.
43. Zeybek, A., (2022). Tarak makinesi brizör hızının iplik kalitesi üzerindeki etkisi, *Teknik Bilimler Dergisi*, 2022; 12(2): 43-48.