





## Metal İçerikli Hibrid İplik Üretiminde Eş Karıştırma Yönteminin Kullanımı

### Usage of Co-mingling Process in Production of Metal Hybrid Yarn

Abdurrahman Telli <sup>1\*</sup>, İlkan Özkan <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana, TÜRKİYE  
Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: [atelli@cu.edu.tr](mailto:atelli@cu.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received: 03.09.2018

Kabul Tarihi / Accepted: 10.04.2019

Atıf şekli/ How to cite: TELLİ, A., ÖZKAN, İ. (2020). Metal İçerikli Hibrid İplik Üretiminde Eş Karıştırma Yönteminin Kullanımı. DEUFMD, 22(64), 1-9.

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2020226401

#### Öz

Çalışmada poliamid 6.6 iplikler ile bakır, gümüş ve paslanmaz çelik metal monofilamentler, puntalama makinesinde, eş karıştırma yöntemi ile birleştirilmiştir. Metal filamentler içeren hibrid ipliklerin üretimine hızlı ve düşük maliyetli alternatif bir yöntem oluşturulması amaçlanmıştır. Üretilen hibrid ipliklerin mikroskop görüntüleri alınmıştır. İpliklerde doğrusal yoğunluk tayini, kopma mukavemeti, kopma uzaması ve tüylülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Metal filament kullanımının iplik kalite değerlerini olumsuz etkilediği görülmüştür. En iyi iplik özellikleri, çelik içerikli hibrid iplikte ölçülmüştür. Gümüş ve özellikle bakır içerikli hibrid iplik üretimlerinde filament kopmaları gerçekleşmiştir. Bu filament kopmalarının, ipliklerin daha sonraki dokuma veya örme gibi işlem adımlarında problem oluşturabilecek düzeyde olduğu görülmüştür. Daha sonraki çalışmalarda puntalama makinesi işlem parametreleri ve metal filament özellikleri üzerinde yapılacak değişiklikler ile iplik özellikleri optimize edilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** puntalama, eş karıştırma, metal kompozit iplik, hibrid iplikler

#### Abstract

In this study, polyamide 6.6 yarns with copper, silver and stainless steel metal monofilaments were combined in intermingling machine by commingling method. The purpose of this paper is to develop a fast and cost-effective alternative method for production of hybrid yarns containing metal filaments. Microscope images of the produced hybrid yarns were taken. Linear density, breaking force, breaking elongation and hairiness were measured in these yarns. It has been observed that the use of metal filament has a negative effect on yarn quality values. The best yarn properties were obtained from hybrid yarn containing stainless steel. Filament breakage were determined in the production of hybrid yarns containing silver and especially copper metals. It was determined that this filament breakages can be an important problem for subsequent processing steps such as weaving or knitting. In the future studies, the hybrid yarn properties can be optimized by changes on process parameters of intermingling machine and metal filament properties.

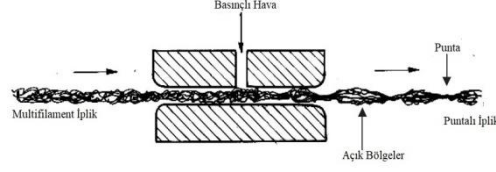
**Keywords:** intermingling, co-mingling, metal composite yarn, hybrid yarns

## 1. Giriş

Teknik tekstiller her geçen gün önem kazanmakta ve pazarı dünya genelinde artış göstermektedir. Teknik tekstiller kavramı içerisindeki teknik iplikler ise, mamullerden arzu edilen teknik performans veya fonksiyonel özelliğin kazandırılabilmesinde büyük önem arz etmektedir. Yenilikçi ürünlerin geliştirilmesinde çeşitli önemli teknik fonksiyonların bir arada istenmesi, aynı zamanda biraz daha estetik ve dekoratif kaygıların ön plana çıkması ile teknik iplikler kompozit bir yapıya bürünmüştür. Farklı özelliklerdeki kesikli liflere çeşitli sistemlerde kompozit iplik formu kazandırılırken, filament malzemelere birleştirme ve bu sırada modifikasyon teknikleri ile istenen yapı kazandırılmaktadır. Yansıtma, UV koruma, anti-bakteriyellik ve elektromanyetik kalkanlama gibi özellikler teknik ipliklerde öne çıkmaktadır. Diğer bilim alanlarındaki gelişmelerin, teknik ipliklerdeki gelişmeleri tetiklediği görülmektedir [1].

İstenilen kullanım alanına göre iki ya da daha fazla sayıda lif veya filamentin bir araya getirilerek kompozit bir yapı kazandırıldığı teknik iplikler, hibrid iplikler olarak isimlendirilmektedirler. Hibrid iplik üretim yöntemlerini özlü (core-spun) iplik üretimi, kaplama (cover) metodu, büküm metodu ve hava jetli sistemler olarak dört ana grupta sınıflandırmak mümkündür [2]. Temel hibrid yapıları; kesikli (matris) ve yüksek mukavemetli kesikli (güçlendirici) lifin bir araya getirilmesiyle, kesikli (matris veya güçlendirici) ve filament (matris veya güçlendirici) lifin bir araya getirilmesiyle, filament (matris) ve filament (güçlendirici) lifin bir araya getirilmesiyle elde edilebilmektedir. Hibrid ipliklerin üretiminde; ring eğirme, open-end rotor eğirme, friksiyon eğirme (Dref), sarmal (wrap) iplikçilik, katlamalı büküm, tow kırma, Twintex filament çekimi, Kemafil teknolojisi, Schappe teknolojisi, paralel sarma, hava jeti ile tekstüre ve puntalama gibi teknikler kullanılabilir [3, 4]. Puntalama pnömatik bir işlem olup, genellikle filament ipliklerde kullanılan bir ara işlemdir. Hem düz hem de tekstüre ipliklere uygulanabilmektedir. Filamentler arası kohezyon sağlamak için iplikte karışmış bölümler oluşturulmaktadır [2]. Şekil 1'de puntalama işlemi şematize edilmektedir [5]. Literatürde puntalama kalitesini belirleyen etkenler, sıklığı, stabilitesi ve işlem

parametreleri ile ilgili çalışmalar mevcuttur [6, 7].



**Şekil 1.** Puntalama (intermingling) işleminin şematik görünümü [5]

Bu prensipte puntalama jetleri kullanılmaktadır. Puntalama jeti vasıtasıyla iplik üzerine basınçlı hava uygulanmaktadır ve oluşan hava girdabı iplik boyunca değişen karışmış ve açık formda bölümlerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Puntalama jeti içerisine birden fazla iplik beslenirse bu işleme eş karıştırma (commingling) adı verilmektedir. Oluşan iplikte, iplik üzerindeki periyodik olarak devam eden puntalı kısımlar kompakt yapıda olup, açık bölümler birleştirici yapı olarak görev almaktadır. Çalışılabilen numara aralığının geniş ve üretim maliyetleri düşüktür. Getirdiği optimum teknik özellikler sayesinde, daha önceki çalışmalarda bu işlem için matris filamentler ve yüksek performanslı filamentlerin karıştırıldığı hibrid ipliklerin üretiminde öne çıktığı belirtilmiştir [2, 8].

Literatürde eş karıştırma yönteminde işlem parametrelerinin üretilen iplikler üzerindeki etkisi de incelenmiştir [9]. Bu yöntem ile yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu, tekstil takviyeli kompozitlerde kullanılmak üzere üretilen hibrid ipliklerden oluşmaktadır. Bu hibrid ipliklerde cam filamentler ile polyester, nylon ve polipropilen ipliklerin [10, 11, 12], karbon filamentler ile PEEK (polieter eter keton) ve PPS (polifenilin sülfür) ipliklerin [13, 14], keten ile polilaktasit liflerinin birleştirildiği [15] görülmektedir. Genellikle hammadde olarak cam ve karbon filamentler güçlendirici, termoplastik esaslı iplikler ise ana yapıyı oluşturmaktadır.

Elektromanyetik kalkanlama, anti-bakteriyel, anti-statiklik/iletkenlik vb. özellikleri ile öne çıkan metal filamentlerinin eş karıştırma yöntemi ile üretilmesine dair literatürde detaylı çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, daha önceki çalışmalardan farklı olarak, eş karıştırma

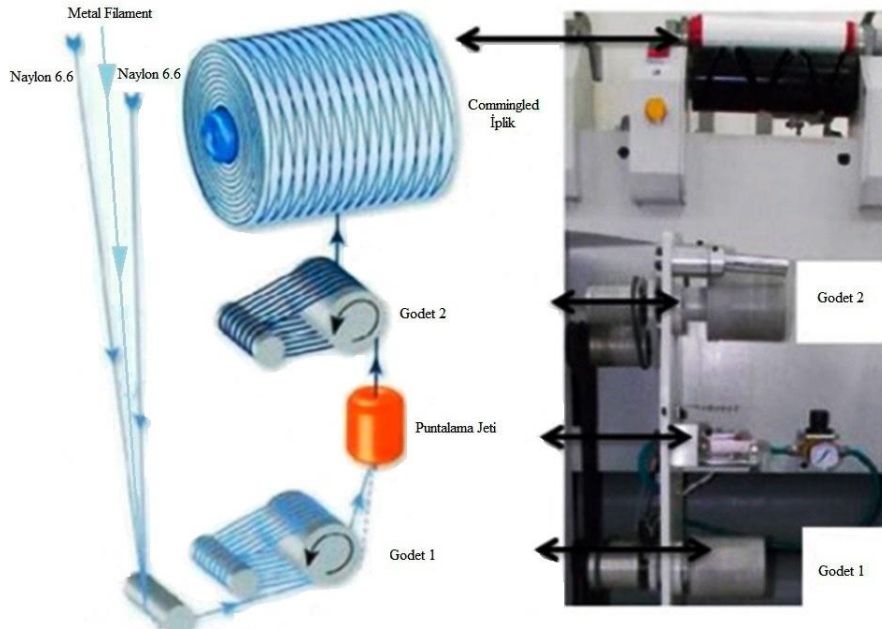
yöntemi ile bakır, gümüş ve paslanmaz çelik metal filamentler ile poliamid 6.6 iplikler birleştirilmiştir. Teknik amaçlı kullanımlar için metal monofilamentler ile poliamid multifilament ipliklerin hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde birbirleri üzerinden kaymadan bir arada tutulması amaçlanmıştır. Metal monofilament kullanımı ile kumaş yapısında ortaya çıkması muhtemel rijitliğin önüne geçmek amacıyla çalışmada çapı küçük metal teller tercih edilmiştir. Böylelikle üretilen ipliklerin teknik yapılara ek olarak hazır giyimde de kullanılabilmesi hedeflenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada 78 denye 68 filament poliamid 6.6 iplikler bakır, gümüş ve paslanmaz çelik metal

monofilamentler, Hemaks HMX114 marka puntalama makinesinde, puntalama jeti içerisinde birlikte beslenerek eş karıştırma yöntemi ile birleştirilmiştir. Eş karıştırma prensibi ve makine üzerindeki görüntüsü Şekil 2'de görülmektedir.

İplik üretimlerinde metal filamentler iki naylon iplik arasına merkezlenerek besleme yapılmıştır. Hibrid iplik üretimleri 150 m/mn çıkış hızında 5 bar basınç altında gerçekleştirilmiştir. İplik üretiminde işlem parametreleri sabit tutulmuştur. Tablo 1'de çalışmada kullanılan metal filamentlere ait yapısal özellikler sunulmaktadır.



Şekil 2. Puntalama makinesi ve eş karıştırma (commingling) prensibi [7]

Tablo 1. Metal monofilamentlere ait özellikler

Metal Türü	Ortalama İncelik (mm)	Ortalama Mukavemet (cN/tex)	Ortalama Uzama (%)
Paslanmaz Çelik	0,050	11,18	34,56
Bakır	0,050	3,24	8,18
Gümüş	0,047	5,64	18,75

Üretilen dört farklı bileşimdeki hibrid ipliklerde doğrusal yoğunluk tayini, kopma mukavemeti,

kopma uzaması ve tüylülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca Novel NSZ 808

marka stereomikroskop kullanılarak 20x (20 kat) büyütme oranında iplik görüntüleri alınmıştır. İpliklere uygulanan tüm testler, 24 saat süreyle TS EN ISO 139'a göre kondüsyonlanıp standart atmosfer koşullarında (20°C±2 sıcaklık, %65±4 bağıl nem) gerçekleştirilmiştir. Doğrusal yoğunluk tayini TS 244 EN ISO 2060 standardına göre çile metodu ile gerçekleştirilmiştir. İplik kopma mukavemeti ve uzaması ölçümleri TS 245 EN ISO 2062 standardına göre Titan Universal marka mukavemet cihazında 250 mm ölçüm aralığı esas alınarak yapılmıştır. 250 mm/mn ölçüm hızı ile her bir iplikten 20 adet ölçüm alınmıştır. Sonuçlar özgül mukavemet (cN/tex) ve kopma uzaması (%) olarak değerlendirilmiştir. Üretilen hibrid iplikler metal filamentler içerdikleri için kapasitif ölçüm prensibi ile çalışan cihazlarda değerlendirilememektedir. Bu nedenle tüylülük ölçümleri optoelektronik ışık bariyer sistemi kullanan "Zweigle G 567" test cihazında gerçekleştirilmiştir. Numune iplik aynı anda 12 ışık bariyeri ile ölçülmekte ve bu sayede farklı uzunluktaki lifler aynı anda sayılabilmektedir. İplik yüzeyinden çıkan 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 ve 15mm uzunluğundaki tüyleri ölçüp sayan ayrı

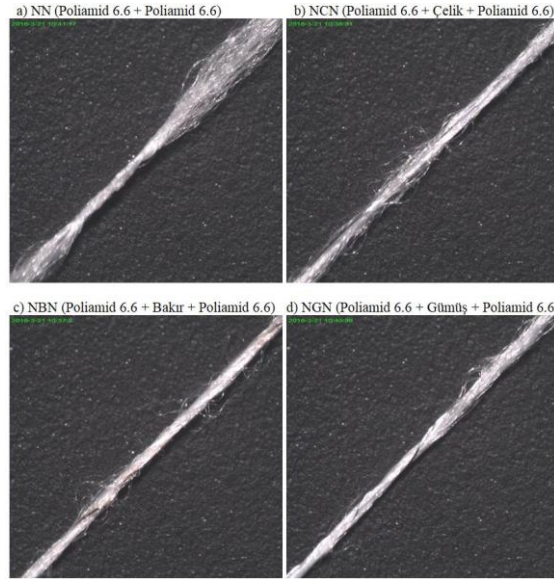
ayrı optik okuyucular mevcuttur. İplik testleri, 50m/mn hızda 100m'lik 5'er adet ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Tüylülük sonuçlarının değerlendirilmesinde "S3" ve "S12" sonuçları esas alınmıştır. İplik kopma mukavemeti, kopma uzaması ve tüylülük (S3) sonuçları SPSS paket programında %95 güven aralığında istatistiki olarak incelenmiştir.

### 3. Bulgular

Çalışmada üretilen dört farklı tipteki hibrid ipliklerin kompozisyonları Tablo 2'de görülmektedir. Şekil 3'de ise üretilen dört farklı ipliğe ait mikroskop görüntüleri yer almaktadır.

**Tablo 2.** Dört farklı tipteki ipliklerin kompozisyonları

İplik Kodu	Kat Adedi	İplik Kompozisyonu
NN	2	Poliamid 6.6 + Poliamid 6.6
NCN	3	Poliamid 6.6 + Çelik + Poliamid 6.6
NBN	3	Poliamid 6.6 + Bakır + Poliamid 6.6
NGN	3	Poliamid 6.6 + Gümüş + Poliamid 6.6



**Şekil 3.** Hibrid ipliklerin 20x (20 kat) büyütme oranında mikroskopik görüntüleri

Çalışmada kullanılan ipliklerin ilgili standartlara uygun kalite-kontrol testleri yapılmıştır. Bu testler neticesinde ulaşılan iplik doğrusal

yoğunluğu (tex), kopma mukavemeti (cN/tex), kopma uzaması (%), tüylülük "S3" (adet) ve

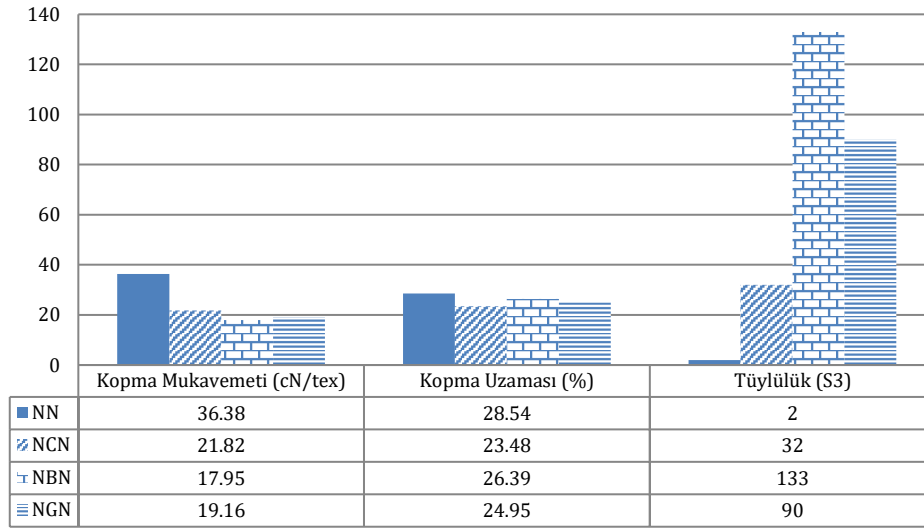
“S12” (adet) test sonuçlarının ortalama değerleri Tablo 3’de verilmektedir.

**Tablo 3.** Dört farklı tipteki ipliklerin ortalama test sonuçları

İplik Kodu	Doğrusal yoğunluk (tex)	Kopma Mukavemeti (cN/tex)	Kopma Uzaması (%)	Tüylülük (S12)	Tüylülük (S3)
NN	17,4	36,38	28,54	81	2
NCN	24,7	21,82	23,48	2388	32
NBN	34	17,95	26,39	2223	133
NGN	29	19,16	24,95	3665	90

Tablo 3’deki nihai katlı iplik doğrusal yoğunlukları incelendiğinde, iki kat poliamid 6.6’nın kullanıldığı NN kodlu ipliğe göre üç kat olan NCN, NBN ve NGN kodlu iplikler beklenildiği gibi yüksek değerler almıştır. Ancak metal monofilament çapları benzer seçilmesine rağmen (Tablo 1) üç kat hibrid ipliklerde farklı şekilde sonuçlar alınmıştır. En yüksek değer

bakır içerikli NBN kodlu iplikte görülürken, en düşük doğrusal yoğunluk ise NCN kodlu çelik içerikli hibrid iplikte ölçülmüştür. Üçüncü yapı olarak ipliğe katılan metaller arasındaki malzeme yoğunlukları farkları, bu durumu oluşturmuştur. Üç ana iplik kalite özelliği olan kopma mukavemeti, kopma uzaması ve tüylülük (S3) sonuçları ise Şekil 4’de görülmektedir.



**Şekil 4.** Kopma mukavemeti, kopma uzaması ve tüylülük (S3) sonuçları

İplikler için gerçekleştirilen varyans analizine göre ipliklerin kopma mukavemetleri [F (3, 79)=260,879; p=0,0006], kopma uzamaları [F (3, 79)=6,221; p=0,001] ve tüylülük sonuçları arasındaki fark [F (3, 19)=39,683; p=0,001] önemli bulunmuştur. Dört farklı iplik ölçüm sonuçları arasında varyanslarının eşit olup olmadığı Levene homojenlik testi ile incelenmiştir. Gruplar arasındaki varyanslar

kopma mukavemeti (p=0,0002<0,05), kopma uzaması (p=0,0001<0,05) ve tüylülük (p=0,0001<0,05) sonuçlarında eşit olmadığı için çoklu karşılaştırma testi “Tamhane T2” yöntemi kullanılmıştır. Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri Tablo 4’de verilmektedir.

**Tablo 4.** Çoklu karşılaştırma test sonuçlarından elde edilen istatistiksel anlamlılık (p) değerleri

	NN	NCN	NBN	NGN
NN	-----	cN/tex= <b>0,0006*</b> % = <b>0,018*</b> S3 = <b>0,005*</b>	cN/tex= <b>0,0001*</b> % = 0,640 S3 = <b>0,008*</b>	cN/tex= <b>0,0009*</b> % = 0,149 S3 = <b>0,003*</b>
NCN	cN/tex= <b>0,0006*</b> % = <b>0,018*</b> S3 = <b>0,005*</b>	-----	cN/tex= <b>0,0001*</b> % = <b>0,007*</b> S3 = <b>0,017*</b>	cN/tex= <b>0,0001*</b> % = 0,524 S3 = <b>0,007*</b>
NBN	cN/tex= <b>0,0001*</b> % = 0,640 S3 = <b>0,008*</b>	cN/tex= <b>0,0001*</b> % = <b>0,007*</b> S3 = <b>0,017*</b>	-----	cN/tex= <b>0,002*</b> % = 0,321 S3 = 0,296
NGN	cN/tex= <b>0,0009*</b> % = 0,149 S3 = <b>0,003*</b>	cN/tex= <b>0,0001*</b> % = 0,524 S3 = <b>0,007*</b>	cN/tex= <b>0,002*</b> % = 0,321 S3 = 0,296	-----

Kopma mukavemeti sonuçları incelendiğinde, en yüksek kopma mukavemeti değeri NN kodlu iplikte görülmüştür (Tablo 3, Şekil 4). Hibrid ipliklerde, NN kodlu ipliğe göre daha düşük mukavemetler elde edilmiştir. İplikler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). Hibrid ipliklerde metal malzeme kullanımının mukavemeti olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Bu sonuçlar metal monofilamentlerin kopmasıyla açıklanabilir. Hibrid iplik üretimleri esnasında eş karıştırma için gerekli hava basıncının etkisiyle belirsiz aralıklarla filamentlerde kopmalar gerçekleşmiştir. Bu kopmalar malzemelerin rijitliği ile ilişkilidir. Tablo 1'deki benzer ortalama incelik değerlerine sahip metal uzama özellikleri incelendiğinde, en rijit yapıya bakır filamentlerin sahip olduğu görülmektedir. En fazla kopma, en rijit yapıdaki bakır filamentlerde gerçekleşmiştir. Daha sonra sırasıyla gümüş ve çelik filamentler gelmektedir. Kopmalar, metal filamentlerin mukavemete katkı yapmasını engellemiştir. İpliğe direkt olarak yansarak kopma mukavemetini olumsuz anlamda etkilemiştir. Hibrid iplikler arasında en düşük kopma mukavemeti değeri, NBN kodlu bakır içerikli iplikte ölçülmüştür. En yüksek değer ise NCN kodlu çelik içerikli iplikte bulunmuştur. Aralarındaki farklar istatistiksel olarak önemli seviyededir (Tablo 4).

Tablo 3 ve Şekil 4'deki kopma uzaması sonuçları incelendiğinde ise, mukavemetteki kadar olmasa da NN kodlu ipliğe göre, hibrid ipliklerde metal malzeme kullanımının uzamayı olumsuz etkilediği görülmektedir. Benzer şekilde, farklı üretim tekniklerinin kullanıldığı daha önceki çalışmalarda hibrid iplik yapısında metal filament kullanımının kopma mukavemeti

ve uzamasını olumsuz etkilediği raporlanmıştır. Özlü iplik üretim tekniği kullanan Bedeloğlu vd. (2012) ve Telli vd. (2017) benzer sonuçlar elde etmiştir [16, 17]. Örtlek vd. (2003) ise farklı büküm teknikleri kullandıkları çalışmalarında bakır filamentler ile üretimde, iplik kopma mukavemeti ve uzamasında düşüş kaydetmişlerdir [18]. İplik kopma mukavemeti ve uzamasındaki bu düşümlere çözüm olarak literatürde çeşitli öneriler getirilmiştir. Bu çalışmalarda, özlü iplik üretim tekniğinde, öz oranı arttıkça kesitteki lif sayısı ve kesikli liflerden yararlanma oranı azaldığı için mukavemet ve uzamanın olumsuz etkilendiği belirtilmektedir. Liflerin merkezdeki öz üzerine homojen ve düzgün etki yapma eğiliminin artırılması için mantoda kullanılan kesikli lif oranının artırılması veya farklı liflerin tercih edilmesi önerilmektedir [16, 17, 19, 20]. Büküm teknikleri ile üretimlerde ise büküm miktarı değiştirilerek iplik özelliklerinin geliştirilebileceği belirtilmektedir [18, 20]. İçi boş iğ üretim tekniği ile üretimde ise kaplamada kullanılan ipliğin, hibrid ipliğin mukavemet ve uzamasında ana faktör olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca metal filamentin çapı artırılarak iplik değerlerinin düzeltilebileceği vurgulanmıştır [21].

Hibrid iplikler arasında en yüksek kopma uzaması değeri, NBN kodlu bakır içerikli iplikte ölçülmüştür. En düşük değer ise NCN kodlu çelik içerikli iplikte bulunmuştur. Kopma uzamalarında NBN kodlu bakır içerikli (p=0,640) ve NGN kodlu gümüş içerikli (p=0,149) hibrid ipliklerin, NN kodlu iplik ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz seviyededir. Sadece çelik içerikli iplik ile aralarındaki fark önemli seviyede bulunmuştur (p=0,018\*). Diğerlerine göre filament

kopmalarının çok daha az yaşandığı çelik içerikli hibrid ipliklerde, metal malzemenin iplik yapısına daha fazla katkı yapabilmesi hibrid ipliği daha kompakt ve kırılğan bir yapıya büründürmüştür. Gümüş ve özellikle bakır içerikli ipliklerde ise kopmalar nedeniyle metaller kaydığı için uzama yükünü hibrid iplik yapısındaki poliamid 6.6 multifilamentler iplikler üstlenmiş, uzama karakteristiği iplikte ön plana çıkmıştır. Literatürde de, metal filament içeren hibrid ipliklerde kopma mukavemeti ve uzaması açısından yapıdaki bileşenlerin birleşik etkisinin önemi vurgulanmıştır. Metal filamentin kopmasıyla, hibrid iplik özelliklerinin yapıdaki diğer bileşenin karakteristiğine göre şekil alacağı belirtilmektedir [21,22].

Üretimler esnasında gümüş ve özellikle bakır içerikli hibrid iplik üretimlerinde eş karıştırma için gerekli hava basıncının etkisiyle belirsiz aralıklarda gerçekleşen metal filament kopmaları, ipliğe direkt olarak yansiyarak iplik gövdesinde düzgünlüklere sebebiyet vermiştir. Bu kopmalar nedeniyle oluşan düzgünlük dokunarak ve gözle subjektif olarak nitelendirilebilmektedir. Ancak düzgünlük cihazları kapasitif prensipte çalıştığından metal içerik nedeniyle ölçüm alınamamaktadır. Bahsedilen metal kopmalarının verdiği düzgünlüğü objektif

olarak ifade etmek için optoelektronik ışık bariyer sistemi kullanan Zweigle tüylülük cihazı kullanılmıştır. Çünkü filament iplik yapılarında kesiksiz olduklarından dolayı, iplik yüzeyinden rahatsız edici lifler çıkmamaktadır. Çalışmada hibrid ipliği oluşturan tüm iplikler filamentlerden oluşmaktadır. Metal filamentlerin pürüzsüz yüzey yapısı da göz önünde bulundurulduğunda, tüm hibrid ipliklerde çok düşük miktarda tüylülük beklenir. Ancak üretimler sırasında metal filamentlerin önemli miktarda kopması burada farklı sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Dört farklı tipteki ipliklerin detaylı tüylülük ortalama test değerleri Tablo 5’de yer almaktadır.

İplik tüylülüğü, bu cihaza göre birim uzunluk boyunca iplik yüzeyinden dışarı doğru çıkan liflerin sayısı veya lif uzunluğudur. İplik yüzeyinden çıkan 3mm ve üzerindeki uzunluklardaki lif sayılarının toplamını ifade eden “S3”, 3 mm altındaki sarkan lif uzunluklarının rahatsız edici olmadığı düşüncesinden hareketle belirlenmiştir. Normalde cihazdan alınan tüylülük değerleri kesikli liflerden oluşan iplikler hakkında bilgi vermektedir. Kesiksiz liflerde rahatsız edici seviyede bir tüylülük oluşmaz. Tablo 5’deki “S3” değerleri incelendiğinde, beklenildiği gibi NN kodlu iplikte çok düşük (2 adet) tüylülük değeri elde edilmiştir.

**Tablo 5.** Dört farklı tipteki ipliklerin detaylı tüylülük ortalama test değerleri

İplik Kodu	1 mm	2 mm	S12	3 mm	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	15 mm	S3
NN	73	8	<b>81</b>	2	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
NCN	2176	212	<b>2388</b>	28	4	0	0	0	0	0	<b>32</b>
NBN	1810	413	<b>2223</b>	83	29	7	4	7	2	2	<b>133</b>
NGN	3127	539	<b>3665</b>	67	18	4	1	0	0	0	<b>90</b>

Metal içerikli hibrid ipliklerde de NN kodlu iplik ile benzer “S3” değerlerine ulaşılması beklenir. Ancak üretimler sırasında metal filamentlerin önemli miktarda kırıldığı bakır ve gümüş içerikli hibrid ipliklerde yüksek “S3” değerleri görülmüştür.

Sektörde kullanılan kesiksiz standart bir ipliğe göre yüksek olmayan bu “S3” değerlerinin “mm” olarak dağılımları, Tablo 5’deki verilerden detaylı olarak incelenerek NN kodlu iplik ile kıyaslandığında, söz konusu filament

kopmalarının etkisi bu şekilde kendini göstermektedir. NCN kodlu çelik içerikli ( $p=0,005^*$ ), NBN kodlu bakır içerikli ( $p=0,008^*$ ) ve NGN kodlu gümüş içerikli ( $p=0,003^*$ ) hibrid ipliklerin, NN kodlu iplik ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli seviyededir (Tablo 4). Hibrid iplik üretimleri sırasında en fazla kopma, metal uzama özellikleri nedeniyle en rijit yapıya sahip bakır filamentlerde gerçekleşmiştir. Daha sonra sırasıyla gümüş ve çelik filamentler gelmektedir. Bu nedenle hibrid

iplikler arasında en yüksek "S3" değeri 133 adet ile bakır içerikli iplikte görülürken, daha sonra sırasıyla gümüş (90 adet) ve çelik (32 adet) içerikli ipliklerde ölçülmüştür. En düşük değer çelik içerikli hibrid ipliklerde bulunmuştur. NCN kodlu ipliğin NBN kodlu bakır içerikli ( $p=0,017^*$ ) ve NGN kodlu gümüş içerikli ( $p=0,007^*$ ) hibrid iplikler ile arasındaki fark istatistiksel olarak önemli seviyelerde bulunmuştur (Tablo 4). Çelikten farklı olarak gümüş içerikli iplikte 6mm ve 8mm uzunluğundaki lifler mevcut iken, bakır içerikli iplikte 10mm, 12mm ve 15mm uzunluğunda dahi lifler ölçülmüştür (Tablo 5). Açık bir şekilde görülebilen bu lif kopmaları, metallerin doğası gereği iplikleri rahatsız edici bir yapıya ulaştırmaktadır. NBN ve NGN kodlu iplikler arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemsiz seviyededir ( $p=0,296$ ).

Sübjektif değerlendirmede ise, gümüş içerikli hibrid ipliğin bakıra göre bir miktar daha rahatsız ettiğini söylemek mümkündür. Bu durum ise Tablo 4'deki "S12" değerleri incelendiğinde açıklanabilir. "S12", 1 ve 2 mm uzunluğundaki tüylerin toplam değeridir. Sektörde rahatsız edici olmayan tüylülük olarak bilinen bu değer, metalin sert karakteri nedeniyle burada tutum açısından daha farklı bir anlam kazanmaktadır. Gümüş içerikli hibrid ipliğin diğer ipliklere nazaran daha yüksek değer aldığı net bir şekilde görülmektedir.

Metal filament özellikleri ile alınan tüm sonuçlar birlikte düşünüldüğünde, bu çalışmada elde edilen kopma mukavemeti ve kopma uzaması ölçüm değerleri, dokuma ve örme sektöründe kullanım açısından her üç hibrid iplik için de yeterli olarak görülmektedir. Benzer ortalama inceliğe sahip metal monofilamentler için tercih edilen makine parametrelerinde, gümüş ve özellikle bakır içerikli hibrid ipliklerde filament kopmaları gerçekleşmiştir. Çelik içerikli iplikte, bakır ve gümüş içerikli ipliklere nazaran daha verimli bir eş karıştırma gerçekleştirilmiştir. Monofilament mukavemet ve uzaması bakır ve gümüşe göre yüksek olan çelik içerikli hibrid ipliklerin üretimlerinde kayda değer bir problem ile karşılaşılmamıştır. Bunun yanı sıra diğer iki hibrid ipliğe göre daha iyi iplik sonuçları elde edilmiştir.

Bakır ve gümüş içerikli hibrid iplik üretimlerinde hem lif kopmalarının azaltılması

hem de iplik özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla bu iki tip için metal monofilament çaplarının artırılmasının bir çözüm sunabileceği düşünülmektedir. Ancak metal çapının artmasıyla mukavemet, uzama, düzgünlük ve tüylülük değerleri olumlu etkilenirken, sertlik değerlerinin rahatsız edici seviyeye gelebileceğini gözden kaçırmamak gerekmektedir. Literatürde metal çap artışlarının sertlik değerlerini artıracığı belirtilmektedir [21].

Hava basıncı, iplik gerilimi ve geçiş hızı vb. parametre değişikliklerinin, elde edilecek iplik özellikleri üzerinde etkili olduğu daha önceki çalışmalarda vurgulanmıştır [7]. Bu çalışmada kullanılan eş karıştırma tekniğiyle bakır ve gümüş içerikli hibrid iplik üretiminde, daha kalın monofilament tercihi ve puntalama makinesi işlem parametreleri üzerinde yapılacak değişiklikler ile iplik özelliklerinin bir miktar daha iyileştirilebileceği açıktır. Ayrıca metal filamentlerin iplik yapısında görünmesinin istenmediği durumlarda, filament sayısı ve doğrusal yoğunluğu daha fazla ve daha hacimli taşıyıcı filamentler kullanmak çözüm getirebilecektir. Bu şekilde metal filamentler içeren hibrid ipliklerin üretimine hızlı ve düşük maliyetli alternatif bir yöntem oluşacaktır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada daha önceki çalışmalardan farklı olarak, eş karıştırma yöntemi ile metal monofilament içerikli hibrid iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. Çeşitli teknik fonksiyonları ile öne çıkan metal filamentlerin kullanıldığı eş karıştırma tekniği ile üretimde, en iyi iplik kalite özelliklerini çelik içerikli hibrid iplikler vermiştir. Gümüş ve özellikle bakır içerikli hibrid iplik üretimlerinde filament kopmaları gerçekleşmiştir. Bu filament kopmalarının, ipliklerin daha sonraki dokuma veya örme gibi işlem adımlarında problem oluşturabilecek düzeyde olduğu görülmüştür. Ayrıca metallerin doğası gereği ipliklerin tutumunda ve görüntüsünde rahatsız edici bir yapı oluşmaktadır. Bu alanda daha sonra yapılacak çalışmalarda, eş karıştırma prensibi ile puntalama makinesinde üretimlerde hava basıncı, iplik gerilimi ve geçiş hızı vb. parametre değişiklikleri, farklı malzeme kullanımları, metal çapı ve filament özellikleri gibi değişkenlerin etkisini incelemek anlamlı olacaktır. Ayrıca bu prensipte üretilen ipliklerin



yüzey haline getirilerek, diğer yöntemlere göre, elektromanyetik kalkanlama, anti-bakteriyel, anti-statiklik/iletkenlik vb. özellikleri açısından incelenmesi kendine özgü ilginç sonuçlar ortaya çıkarabilecektir.

### Teşekkür

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Kodu: FBA-2018-10062).

### Kaynakça

- [1] Çukul, D. (2013). Teknik İpliklerde Son Yıllardaki Gelişmelere Örnekler. *Tekstil ve Mühendis*, 20(91).
- [2] Bursa Tekstil & Konfeksiyon Ar-Ge Merkezi. (2015). *Butekom Akademi-Tekstilde Özel Konular, Cilt 4- Kompozit İplik Üretimi ve İplik Kaplama Eğitim Kitapçığı*. 50 s.
- [3] Kaplan, M. (2016). Termoplastik Kompozitler için Hibrit İplik Üretimi. *Tekstil ve Mühendis*, 23(101).
- [4] Alagirusamy, R., & Das, A. (Eds.). (2010). *Technical textile yarns*. Elsevier.
- [5] Alagirusamy, R., & Ogale, V. (2004). Commingled and air jet-textured hybrid yarns for thermoplastic composites. *Journal of Industrial Textiles*, 33(4), 223-243.
- [6] Özkan, İ., & Baykal, P. D. (2012). Puntalama İşleminde Üretim Parametrelerinin ve Filament Özelliklerinin Punta Kalınlığına Etkisi. *Tekstil ve Mühendis*, 19(87).
- [7] Duru Baykal, P., & Özkan, İ. (2013). The effects of intermingling process parameters and number of filaments on intermingled yarn properties. *The Journal of The Textile Institute*, 104(12), 1292-1302.
- [8] Kannan, T. G., Wu, C. M., & Cheng, K. B. (2012). Effect of different knitted structure on the mechanical properties and damage behavior of Flax/PLA (Poly Lactic acid) double covered uncommingled yarn composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(7), 2836-2842.
- [9] Mankodi, H., & Patel, P. (2010). Study the effect of commingling parameters on glass/polypropylene hybrid yarns properties. *Autex Research Journal*, 9(3).
- [10] Alagirusamy, R., Ogale, V., Vaidya, A., & Subbarao, P. M. V. (2005). Effect of jet design on commingling of glass/nylon filaments. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 18(3), 255-268.
- [11] Alagirusamy, R., & Ogale, V. (2005). Development and characterization of GF/PET, GF/Nylon, and GF/PP commingled yarns for thermoplastic composites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 18(3), 269-285.
- [12] Long, A. C., Wilks, C. E., & Rudd, C. D. (2001). Experimental characterisation of the consolidation of a commingled glass/polypropylene composite. *Composites science and technology*, 61(11), 1591-1603.
- [13] Ye, L., Friedrich, K., Kästel, J., & Mai, Y. W. (1995). Consolidation of unidirectional CF/PEEK composites from commingled yarn prepreg. *Composites science and technology*, 54(4), 349-358.
- [14] Schäfer, J., Stolyarov, O., Ali, R., Greb, C., Seide, G., & Gries, T. (2016). Process-structure relationship of carbon/polyphenylene sulfide commingled hybrid yarns used for thermoplastic composites. *Journal of Industrial Textiles*, 45(6), 1661-1673.
- [15] Kannan, T. G., Wu, C. M., & Cheng, K. B. (2012). Effect of different knitted structure on the mechanical properties and damage behavior of Flax/PLA (Poly Lactic acid) double covered uncommingled yarn composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(7), 2836-2842.
- [16] Bedeloglu, A., Sunter, N., Yildirim, B., Bozkurt, Y., 2012, Bending and tensile properties of cotton/metal wire complex yarns produced for electromagnetic shielding and conductivity applications, *The Journal of The Textile Institute*, 103:12, 1304-1311.
- [17] Telli, A., Daşan, Y., Babaarslan, O. and Karaduman, S., (2017). Usage of Core and Dual-Core Yarns Containing Tungsten for Electromagnetic Shielding. *Advance Research in Textile Engineering*. 2(1): 1013.
- [18] Örtlek, H. G., Çalışkan, Ç., & Kurban, R. (2013). A comparative study on the physical properties of hybrid yarns containing copper wire. 2013 (Volume: 20), 89.
- [19] Babaarslan, O., 2001, Method of Producing a Polyester/Viscose Core-Spun Yarn Containing Spandex Using a Modified Ring Spinning Frame, *Textile Research Journal*, 71:4, 367-371.
- [20] Lou, C. W. (2005). Process of complex core spun yarn containing a metal wire. *Textile Research Journal*, 75(6), 466-473.
- [21] Çeven, E. K., & Aytas, H. (2016). Investigation of Tensile and Stiffness Properties of Composite Yarns with Different Parameters. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (4 (118)), 51-58.
- [22] Perumalraj, R., & Dasaradan, B. S. (2010). Tensile properties of copper core yarn. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29(11), 1688-1701.