Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi
Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Dijital baskı sürecinin pamuk ve viskoz kumaşların renk ve yapısal özelliklerine etkisi

The effect of the digital printing process on the color and structural properties of cotton and viscose fabrics

Aysel Kara[1*], *Enfal Kayahan*[2], *Demet Yılmaz*[3]

[1]Er-Ez Tekstil, Osmangazi, Bursa, Türkiye.
aysel.kara.textile@gmail.com
[2]Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye.
ekayahan@pau.edu.tr
[3]Tekstil Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
demetyilmaz@sdu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 14.08.2025 Düzeltme Tarihi/Revision: 27.11.2025 doi: 10.65206/pajes.99045
Kabul Tarihi/Accepted: 29.12.2025 Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada, Ne 60/1 ring iplikten üretilen pamuk ve viskoz dokuma kumaşların dijital baskı sonrası renk ve fiziksel performans özellikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Renk ölçüm verileri, viskoz kumaşların pamuk kumaşlara kıyasla daha yüksek renk doygunluğu ve K/S değeri sunduğunu göstermiştir. Yıkama sonrası renk haslığı benzer düzeyde kalmış; ancak viskozun daha yüksek boya alımı, renk stabilitesine olumlu yansımıştır. Mekanik testlerde ise bazı yönlerde baskı sonrası artış görülürken, viskoz çözgü ipliklerinde hafif mukavemet kaybı gözlenmiştir. Su absorpsiyon ve kuruma testleri, lif morfolojisindeki gözenekliliğin ve amorf içeriğin suyun buharlaşmasını kolaylaştırdığını ortaya koymuştur. Elde edilen veriler, dijital baskı uygulamalarında elyaf morfolojisinin dikkate alınmasının, baskı kalitesi ve nihai ürün performansını iyileştirme açısından kritik önem taşıdığını ortaya koymuştur. Ayrıca tekstil mamulünün yapısının detaylı analizi baskı parametrelerinin optimizasyonu açısından da belirleyici olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Dijital baskı, Lif morfolojisi, Pamuk ve viskoz kumaşlar.

Abstract

In this study, the post-digital printing color and physical performance properties of woven fabrics produced from 60/1 ring-spun cotton and viscose yarns were comparatively evaluated. Color measurement data revealed that viscose fabrics exhibited higher color saturation and K/S values compared to cotton fabrics. While wash fastness remained at similar levels for both fabrics, the higher dye uptake capacity of viscose contributed positively to its color stability. Mechanical tests showed an increase in certain directions after printing, although a slight decrease in strength was observed in the warp yarns of viscose fabrics. Water absorption and drying tests indicated that the porosity and amorphous content of fiber morphology facilitated moisture evaporation. The results highlighted that fiber morphology in digital printing applications is critically important for improving both print quality and final product performance. Furthermore, a detailed analysis of the textile material structure may also play a decisive role in optimizing printing parameters.

Keywords: Digital printing, Fiber morphology, Cotton and viscose fabrics.

1 Giriş

Dijital baskı, tekstil sektöründe baskı teknolojileri alanında kaydedilen en önemli yeniliklerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu yöntem, bilgisayar ortamında hazırlanan dijital desenlerin, renk ayrımına gerek duyulmadan, çok küçük boyutlu mürekkep damlacıkları aracılığıyla doğrudan kumaş yüzeyine aktarılması esasına dayanır. Baskı sırasında kumaş ile fiziksel temas gerçekleşmediğinden, bu teknik "temassız baskı" (non-contact printing) olarak da adlandırılmaktadır. Ayrıca püskürtme yoluyla uygulanması nedeniyle "püskürtme baskı" veya kullanılan yazıcı teknolojisine atıfla "ink-jet baskı" terimleri de kullanılmaktadır [1].

Dijital baskı, sınırsız renk ve desen seçeneği sunması, kişiye özel tasarım imkânı sağlaması, yüksek baskı kalitesi ve renk haslığı gibi avantajlarının yanı sıra, mürekkep ve su tüketiminin az olması sebebiyle çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir yöntemdir [2]. Son yıllarda dünya genelinde kullanım oranı hızla artan bu teknoloji; fotoğraf kalitesindeki görsellerin tekstil yüzeylerine aktarılabilmesi, çevre dostu renklendirme ihtiyacı, hızlı moda trendleri, kısa teslim süreleri ve düşük metrajlı üretim talepleri gibi etkenlerle popülerlik kazanmıştır. 1970'li yıllarda daha çok halı baskıcılığı ve sınırlı metrajlarda kullanılan dijital baskı, günümüzde çok daha geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Her ne kadar dijital baskı önde gelen tekniklerden biri olsa da, elde edilen nihai görünüm kumaşın fiziksel ve yapısal özelliklerinden etkilenmektedir. Kağıt gibi homojen yüzeyler için geliştirilen sistemler, yüzey dokusu değişken ve düzensizlik içeren tekstil malzemelerinde ekrandaki görüntü ile basılı görüntü arasında kalite farkına yol açabilir. Kumaş yüzeyinin yapısı, lif türü, dokuma veya örme özellikleri, yüzeyin üç boyutluluğu ve baskı öncesi uygulanan ön işlemler gibi pek çok faktör, baskının renk yoğunluğu ve netliğinde belirleyici rol oynar [3]. Bu nedenle pek çok araştırma, baskı öncesi yapılan ön terbiye işlemleri ile baskı patı bileşiminin ve hazırlanma yöntemlerinin baskı kalitesi üzerindeki etkisine odaklanmıştır [4]-[8].

Fan ve arkadaşları (2003), ön işlem uygulanmış kumaşların baskı kalitesini karşılaştırmak için dijital görüntü analizi ve

*Yazışılan yazar/Corresponding author

optik mikroskop yöntemlerinden yararlanmıştır [1],[9]. 2004 yılında yaptıkları başka bir çalışmada ise, pamuklu kumaşlarda dijital baskı kalitesini artırmak amacıyla UV ile kürlenebilir akrilik emülsiyon içinde β-siklodekstrin kullanarak ön işlem denemeleri gerçekleştirmişlerdir [1],[10]. Jong ve ekibi (2005), ön terbiye kimyasalları, anti-migrasyon ajanları ve fiksatör konsantrasyonlarının etkisini araştırmıştır. Yuen ve arkadaşları (2007), baskı patı formülasyonunda kitosan kullanımını değerlendirmiştir [6]. Selçuk (2009) [4], Kanık ve Selçuk (2010) [5], Noppakundilograt ve diğ. (2010) [7], Çatal ve diğ. (2012) [11], Wang ve diğ. (2012) [12], Ding ve diğ. (2018) [13], Çetin (2019) [8] ve Yazıcı (2020) [14] gibi araştırmacılar da farklı lif tipleri, kıvamlaştırıcılar ve baskı ön işlemlerinin renk verimi, haslık değerleri, kontür netliği ve kumaş tutumu üzerindeki etkilerini incelemiştir[1].

Baskı öncesi işlemlerin yanı sıra, dijital baskı kalitesine etki eden işlem parametreleri de incelenmiştir. Örneğin, Hajipour ve Shams-Nateri (2017) atkı yoğunluğunun polyester kumaşlara yapılan ink-jet baskıdaki etkisini ele almıştır [1],[15]. Güleçer (2020) transfer kâğıdı kalitesinin polyester kumaşlarda renk verimi ve baskı netliğine etkisini araştırmıştır [1],[16]. Toprak (2022) ise çözünürlük, baskı pasaj sayısı ve renk evreni (CMYK / RGB) gibi değişkenlerin görsel sonuçlara etkisini değerlendirmiştir [1],[17].

Son yıllarda dijital baskıda doğal boyarmadde kullanımı üzerine çalışmalar da artış göstermektedir. Savvidis ve ekibi (2013), annatto, cutch, nar kabuğu ve golden dock olmak üzere dört farklı doğal boyayı su bazlı ink-jet mürekkeplerin hazırlanmasında renklendirici olarak kullanmış ve bu mürekkeplerle dijital baskı uygulamaları yapmıştır [1], [19]. Topoyan (2022) ise biyobozunur özellikteki %100 keten ve %100 kenevir örme kumaşlara doğal boyarmaddeler ile boyama ve eko-baskı tekniklerini denemiştir [19]. Dijital baskı ile kumaş yüzeyi arasındaki ilişkiden yola çıkarak bu çalışmada, farklı elyaf türlerinden üretilen kumaşların dijital baskı sonrası renk ve çeşitli kumaş performans özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Literatürden farklı olarak pamuk ve viskoz olmak üzere iki farklı elyaf türünden üretilen konvansiyonel ring ipliklere ait dokuma kumaşların dijital baskı işlemi sonrası renk özellikleri ile çeşitli renk haslıkları analiz edilmiş ve farklı elyaf türünün renk özelliklerine etkisi analiz edilmiştir. Bununla birlikte, dikiş açma, yırtılma ve kopma mukavemeti, kopma uzaması, boncuklanma direnci gibi kumaş performans özellikleri baskı öncesi ve sonrası test edilmiş ve baskı işleminin söz konusu özelliklere etkisi değerlendirilmiştir.

2 Materyal ve metod

2.1 Materyal ve metod

Çalışmada, günlük giysiler ve ev tekstili ürünlerinde kullanılan Ne 60/1 pamuk ve viskoz konvansiyonel ring ipliklerden üretilen dokuma kumaşlar temin edilmiş ve ön terbiye işleminden geçirilmiştir. Ne 60/1 kumaşlar için kumaş sıklığı 27 atkı/cm*30 çözgü/cm olup, kumaş gramajı 83 g/m²'dir[1].

Çalışmada kullanılan kumaşlar baskı öncesinde ön terbiye, gazeleme ve kurutma gibi hazırlık işlemlerinden geçmiştir. Gazeleme, haşıl sökme, sodalı pişirme ve asitli yıkamadan oluşan ön terbiye işlemi yapılmıştır. Kurutma ve dijital pat işlemi sonrasında baskı işlemine geçilmiştir. İlgili ön işlemlere dair detaylar ve reçete terkipleri Tablo 1, 2 ve 3'te verilmiştir.

Gazeleme ve kurutma işlemlerinde her iki elyaf türü için de aynı prosedür takip edilmiştir. İlgili işlem akışına dair detaylar Tablo 3'te paylaşılmıştır.

Tablo 1. Pamuk lifi içerikli kumaşlar için ön terbiye işlemleri.

Table 1. Pretreatment processes for cotton fiber fabrics.

İşlem	Reçete	pH	Başlangıç Sıcaklığı	Sıcaklık Artışı	İşlem Süresi	Detay
Haşıl Sökme	Kırık önleyici, ıslatıcı, yağ sökücü, asit, haşıl	6-7	50 °C	1.5 °C/dk., 60 dk.. sonra 95 °C	45 dk.	80 °C 20 dk.. sıcak yıkama
Kasar İşlemi	Kostik, ıslatıcı, peroksit	-	50 °C	2 °C/dk., 25 dk.. sonra 95 °C	45 dk.	80 °C 20 dk.. anti-perleme
Asitli Yıkama	Asidik asit (1 g/L)	-	40 °C	-	10 dk.	Nötralizasyon

Tablo 2. Viskoz lifi içerikli kumaşlar için ön terbiye işlemleri.

Table 2. Pretreatment processes for viscose fiber fabrics.

İşlem	Reçete	pH	Başlangıç Sıcaklığı	Sıcaklık Artışı	İşlem Süresi	Detay
Haşıl Sökme	Kırık önleyici, ıslatıcı, yağ sökücü, asiti, haşıl	6-7	50 °C	1.5 °C/dk., 60 dk. sonra 95 °C	45 dk.	Haşıl kontrolü sonrası
Kasar/Pişirme	Kırık önleyici, sabun, sıvı soda	-	50 °C	1.5 °C/dk., 60 dk. sonra 95 °C	60 dk.	5dk. yıkama
Asitli Yıkama	Asidik asit (1 g/L)	-	40 °C	-	10 dk.	Nötralizasyon

Tablo 3. Gazeleme ve kurutma işlemleri.

Table 3. Singeing and drying processes.

İşlem	Makine	Parametreler
Gazeleme	Osthoff yakma makinası	Kumaş hızı: 100 m/dk., bekler arası mesafe: 10 mm, alev dik açı
Kurutma	10 kabinli ramöz makinesi	150 °C'de 60 m/dk., kumaşın sararmaması sağlanır
Dijital Pat	Ramöz fuları ile geçiş	Ludigol 20 kg, NaOH 20 kg, $NaHCO_3$ 20 kg, Üre 150 kg, Pat kıvamlaştırıcı 100 kg, pH 10, pick-up %70-80, sıcaklık 105 °C, hız 18 m/dk.

Çalışmada, siyah, mavi, turuncu, sarı, açık ve koyu mor gibi 11 renkten bir desen seçilip, Photoshop programında düzenlenmiştir. Baskı makinesine desenin transferini sağlayan ripleme programı ile desenin kumaşa göre en tekrarı ayarlanmıştır. Baskı işlemi öncesi baskı yapılacak makinede baskı kafa yüksekliği 3.5 mm, kumaş yüksekliği 0.5 mm olarak ayarlanmıştır. Basılacak desenin baskı ayarları yapılmıştır. Numuneler üzerinde baskı işlemi reaktif boyarmadde yapısındaki mürekkep kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Daha sonra Efi Reggani marka Colors modeli 24 kafa 11 renkli dijital baskı makinesinde baskı işlemi yapılmıştır. Baskı işlemi sonrası kumaşlar, açık en haline getirildikten sonra (halat açma) işleminden sonra 10 kabinli ramöz makinesinde 150 °C'de, 25-30 m/dk. hızla kurutulmuştur. Kurutulan kumaşlar daha sonra, 20 g/L yumuşatıcı ve 20 g/L nanosilikon apre içeren bir emdirme banyosundan geçirilmiş ve fikse edilmesi için ramöz makinesinde tekrar işleme tabi tutulmuştur. [1].

2.2 Test ve analizler

Baskı işlemi sonrası kumaşların dikiş açma, yırtılma ve kopma mukavemeti, kopma uzaması ile boncuklanma direnci gibi performans özellikleri yanında renk değerleri, renk haslıkları ve yıkama sonrası renk değerleri incelenmiştir. EN ISO 13936-1:2004'e standardına göre dikiş açma mukavemeti, EN ISO 13937-2 standardına göre yırtılma mukavemeti, EN ISO 13931-1 standardına göre kopma mukavemeti ve uzaması ve EN ISO 12945-2:2000 standardına göre boncuklanma direnci testleri yapılmıştır. AATCC 199 test standardına göre sıvı emme kapasitesi, ISO 105 C06:2010 Standardına göre yıkamaya karşı renk haslığı, ISO 105x12:2016 Standardına göre kuru ve yaş sürtünmeye karşı renk haslığı, ISO 105E01:2013 Standardına göre suya karşı renk haslığı ve ISO 105 E04:2013 Standardına göre tere karşı renk haslığı belirlenmiştir. Sıvı emme kapasitesi sonrasında numuneler kuru ağırlıklarına ulaşıncaya incelenmiştir. Her bir özellik için 3 adet numune test edilmiştir. Çalışmada ayrıca, yıkama işleminin baskılı kumaşların renk ve yüzey yapısına etkisini değerlendirmek amacıyla baskılı numuneler 10 cm*4 cm boyutunda kesilmiş ve deterjanlı ortamda önceden ısıtılmış Rotawash yıkama makinesinde 40 ºC'de 30 dakika 5 tekrarlı yıkama yapılarak renk değişimleri gözlenmiştir. Renk özellikleri spektrofotometre cihazında incelenmiş olup, karşılaştırma için kumaşta ağırlıklı olarak yer alan zemin rengi (lacivert) üzerinden ölçülmüştür. Yıkanmamış kumaşlar referans olarak alınmış ve yıkanmış kumaşlarla toplam renk farkı (ΔE) kontrol edilerek CIE L*a*b* ve K/S renk değerleri analiz edilmiştir. Renk değerlerinin incelenmesinde, desenin zemin kısmını oluşturan lacivert renk üzerinden yapılmıştır. CIE L*a*b* renk uzayında bunları temsil eden noktalar arasındaki Öklid mesafesi olarak tanımlanan ve iki renk arasındaki fark (ΔE) aşağıdaki şekilde (1) hesaplanmaktadır [1].

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (1)$$

3 Bulgular

Ne 60/1 pamuk ve viskoz konvansiyonel ring ipliklerden elde edilen dokuma kumaşlara ait test sonuçları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olup olmadığının değerlendirilmesi için SPSS istatistik programı kullanılarak t-testi yapılmıştır. t-testi pamuk ve viskoz dokuma kumaşlar için ayrı ayrı olarak baskı öncesi ve baskı sonrası test sonuçlarındaki farkın istatistiksel açıdan önemli düzeyde olup olmadığının analiz edilmesi (Tablo 4) ve pamuk ve viskoz kumaşlar arasındaki farkın baskı öncesi ve sonrası değerlendirilmesi (Tablo 5) için yapılmıştır [1].

3.1 Dikiş açma mukavemeti

Dijital baskı işlemi öncesi ve sonrasına ait dikiş açma mukavemeti sonuçları, Şekil 1'de görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde, istatistiksel açıdan önemli düzeyde olmasa da birtakım farklılıklar gözlenmiştir. Pamuklu kumaşlarda çözgü yönünde dikiş mukavemeti baskı sonrasında az da olsa artarken, atkı yönünde azalma meydana gelmiştir. Özellikle baskı öncesi yapılan işlemlerde çözgü yönünde kumaşın daha serbest durumda hareket etmesi nedeniyle çözgü yönünde mukavemet artışı, atkı yönünde ise azalmanın meydana geldiği düşünülmektedir. Viskoz kumaşlarda ise çözgü ve atkı yönünde belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Dolayısıyla, baskı öncesi ve sonrasında benzer dikiş mukavemetinin elde edildiği söylenebilir.

Tablo 4. Ne 60/1 numara pamuk ve viskoz ring ipliklere ait kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait t-testi istatistiksel analiz sonuçları [1].

Table 4. T-test statistical analysis results of fabrics made from Ne 60/1 cotton and viscose ring-spun yarns before and after printing [1].

Numune		Dikiş açma mukavemeti	Yırtılma mukavemeti	Kopma mukavemeti	Kopma uzaması	Sıvı emme kapasitesi	Gramaj
Pamuk	Çözgü	0.021*	<0.001*	0.032*	<0.001*	0.102	10.000
	Atkı	0.508	<0.001*	0.354	0.105		
Viskoz	Çözgü	0.119	0.001*	0.428	0.278	0.090	0.837
	Atkı	0.114	0.759	0.212	0.240		

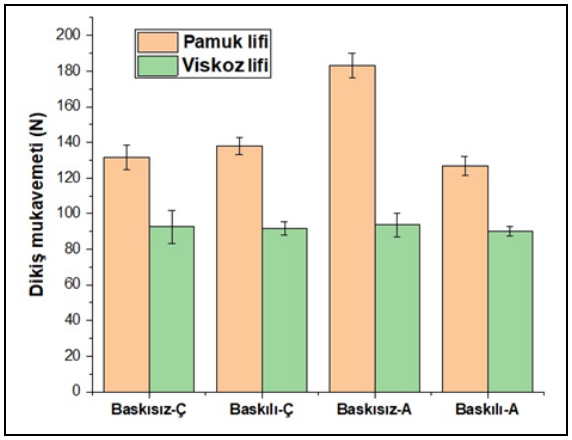
*: 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan fark vardır.

Tablo 5. Ne 60/1 numara pamuk ve viskoz ring ipliklere ait kumaşların t-testi istatistiksel analiz sonuçları [1].

Table 5. T-test statistical analysis results of fabrics made from Ne 60/1 cotton and viscose ring-spun yarns [1].

Numune		Dikiş açma mukavemeti	Yırtılma mukavemeti	Kopma mukavemeti	Kopma uzaması	Sıvı emme kapasitesi	Gramaj
Baskısız	Çözgü	0.026*	0.811	0.663	0.125	0.862	0.116
	Atkı	0.931	0.460	0.413	<0.001*		
Baskılı	Çözgü	0.669	0.004*	0.782	<0.001*	0.100	0.280
	Atkı	0.143	0.324	0.082	0.880		

*: 0.05 seviyesinde istatistiksel açıdan fark vardır.



Şekil 1. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait dikiş açma mukavemeti sonuçları [1].

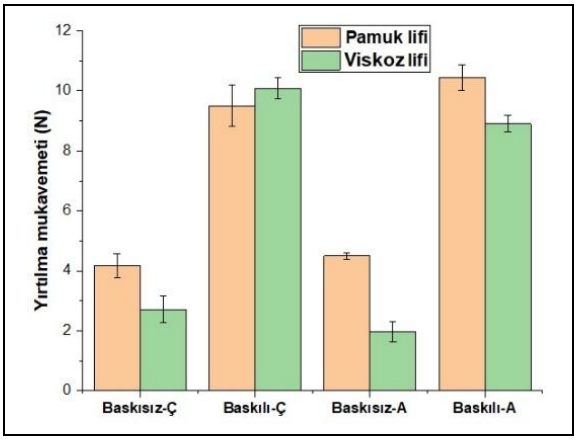
Figure 1. Seam strength results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Pamuk kumaşlar viskoz kumaşlara kıyasla daha yüksek mukavemet değerleri verse de istatistiksel açıdan çoğunlukla bu farkın önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir [1]. Pamuk ve viskoz kumaşlar arasındaki dikiş açma mukavemeti değerlerinde sayısal olarak belirgin farklılıklar bulunmasına rağmen, ANOVA analizinde bu farkların istatistiksel olarak anlamlı çıkmamasının temel nedeni gruplar içerisindeki yüksek varyasyondur. Özellikle pamuk numunelerinde (130-180 N aralığı) gözlenen geniş dağılım, ortalamalar arasındaki farkın istatistiksel testlerde anlamlılık eşiğini aşmasını engellemiştir. Bu durum güven aralıklarının büyük oranda örtüşmesine neden olmakta ve gözlenen farkın rastlantısal varyasyondan kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. Dolayısıyla, pratik olarak pamuk kumaşların daha yüksek mukavemet göstermesine rağmen, istatistiksel açıdan bu farklar anlamlı bulunmamıştır.

3.2 Yırtılma mukavemeti

Dijital baskı işlemi öncesi ve sonrasına ait yırtılma mukavemeti sonuçları Şekil 2'de sunulmaktadır. Elde edilen veriler incelendiğinde, her iki elyaf türünde de gerek çözgü gerekse atkı yönünde, baskı işlemi sonrasında yırtılma mukavemetinin çoğunlukla anlamlı düzeyde arttığı belirlenmiştir. Elyaf türleri karşılaştırıldığında ise pamuklu kumaşların genellikle daha yüksek yırtılma mukavemeti değerleri sergilediği tespit edilmiştir [1].

Literatürde de belirtildiği üzere hem pamuk hem de viskoz lifleri hidrofilik özellik göstermektedir. Bu nedenle, baskı patını kolaylıkla emebilmekte; bu durum da patın lifler arasına daha iyi nüfuz etmesine ve dolayısıyla lifler arası kaymanın sınırlandırılmasına katkı sağlayarak mukavemetin artmasına neden olabilmektedir Elyaf bazında yapılan değerlendirmede, viskoz ipliklerden üretilen kumaşların baskı öncesi ve baskı sonrası yırtılma mukavemeti arasındaki farkın, pamuklu kumaşlara kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir ifadeyle, her iki kumaş türü de baskı işlemi sonrasında mukavemet artışı göstermiş olmakla birlikte, viskoz kumaşlardaki artış oranı pamuklu kumaşlardan daha belirgin durumdadır. Ancak, mutlak değerler açısından değerlendirme yapıldığında, baskı öncesi ve sonrası tüm durumlarda pamuklu kumaşların viskoza kıyasla daha yüksek yırtılma mukavemeti sergilediği belirlenmiştir.



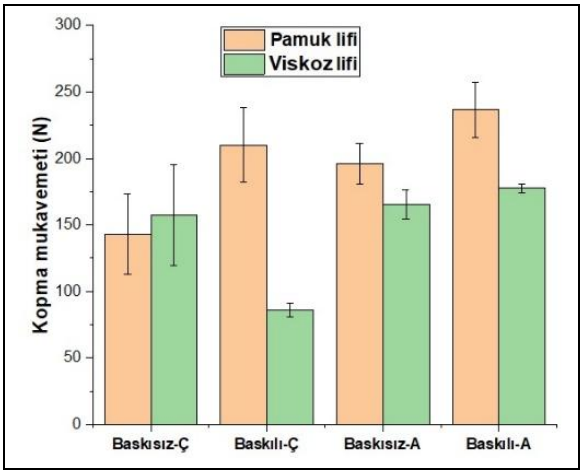
Şekil 2. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait yırtılma mukavemeti sonuçları[1].

Figure 2. Tearing strength results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Viskoz kumaşlardaki bu görece yüksek artış oranı, viskoz liflerinin pamuk liflerine göre daha fazla amorf bölge içermesine ve bu nedenle baskı patını daha fazla absorplamasına ve adhezyonun artmasına bağlanabilir. Bu durum, lifler arası bağların güçlenmesini sağlayarak mukavemet artışına katkıda bulunmuş olabilir [1]. Viskoz liflerinde çapraz bağlayıcı ajanların amorf bölgelere nüfuz ederek kohezyonu artırdığı ve yırtılma mukavemetini yükselttiği literatürde bildirilmektedir [20]. Bu mekanizma, sunulmakta olan çalışmada baskı patı ile artan adhezisyonun benzer bir etki yaratabileceği yönündeki iddiamızı desteklemektedir.

3.3 Kopma mukavemeti

Şekil 3'te verilen numunelere ait kopma mukavemeti değerleri incelendiğinde pamuk lifinden üretilen numunelerde baskı işlemi sonrasında hem atkı hem de çözgü yönlerinde mukavemetin arttığı gözlemlenmiştir. Viskoz lifinden üretilen numunelerde ise atkı yönünde benzer bir artış söz konusu olmakla birlikte, çözgü yönünde baskı işlemi sonrasında kopma mukavemeti değerinde bir azalma meydana gelmiştir [1].



Şekil 3. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait kopma mukavemeti sonuçları [1].

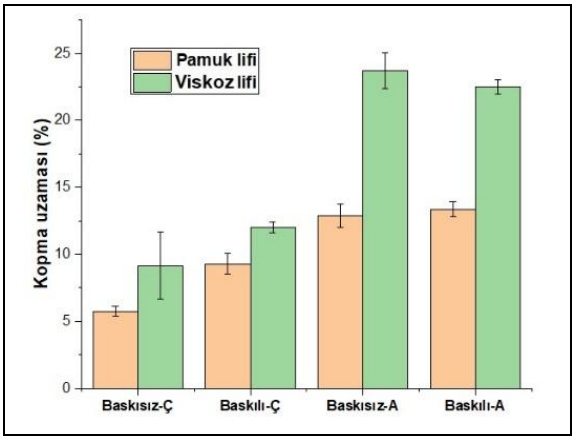
Figure 3. Tensile strength results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Çözgü yönünde viskoz kumaşlarda gözlenen kopma mukavemeti kaybının viskoz liflerinin suya karşı düşük dayanımıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Literatürde de belirtildiği üzere, viskoz lifleri sulu işlemler sırasında şişme eğilimindedir ve bu durum liflerin kristalin yapılarını zayıflatarak mekanik mukavemetin azalmasına neden olmaktadır [21],[22]. Öte yandan, çözgü iplikleri dokuma sırasında hem haşıl işlemine hem de yüksek mekanik gerilmelere daha fazla maruz kalmaktadır. Haşıl işlemi, iplik mukavemetini artırmak ve dokuma performansını iyileştirmek amacıyla uygulanmakla birlikte, baskı öncesi hazırlık aşamasında haşılın uzaklaştırılması amacıyla yapılan işlemler, özellikle viskoz gibi suya karşı duyarlılığı yüksek liflerde ilave bir stres kaynağı oluşturabilmektedir. Nişasta veya sentetik bazlı haşıl malzemelerinin çözülerek uzaklaştırılması hem sulu ortamda gerçekleşmekte hem de liflere fiziksel etkide bulunmaktadır. Bu durum, viskoz liflerinin zayıflamasına ve özellikle çözgü yönünde kopma mukavemetinin düşmesine katkıda bulunabilmektedir [1]. Nitekim, haşıl sökme işleminin viskoz kumaş mekanik dayanımını olumsuz etkileyebileceği rapor edilmiştir [23].

Buna karşılık, dijital baskı işlemi sırasında kumaş üzerine uygulanan baskı patı, doğrudan kumaş yüzeyine kaplanmakta ve fikse işlemiyle birlikte yapının içinde kalarak lifler arası boşlukları doldurabilmektedir. Bu durum, lifler arası kaymayı azaltarak kumaş yapısının bütünlüğünü artırmakta ve yırtılma ya da kopma mukavemetine pozitif yönde katkı sağlamaktadır. Bu bağlamda, haşıl sökme işlemi viskoz liflerinde mukavemet kaybına neden olurken, dijital baskı sonrası elde edilen pat kalıntısı lifler arası kohezyonu artırarak mukavemetin artmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir [1].

3.4 Kopma uzaması (%)

Şekil 4'te verilen değerlere gör viskoz kumaşların kopma uzaması değerleri genel olarak pamuk liflerinden üretilen kumaşlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, literatürde de belirtildiği gibi, viskoz liflerinin daha düşük kristallik oranına ve daha yüksek amorf bölge içeriğine sahip olması ile ilişkilendirilebilir. Kopma uzama değeri, lifin elastikiyetine ilişkin bir gösterge olmakla birlikte, lif yapısındaki deformasyon kapasitesine ve belirli koşullarda mekanik mukavemete dair dolaylı bir bilgi de sunmaktadır [22]-[25].



Şekil 4. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait kopma mukavemeti sonuçları [1].

Figure 4. Tensile strength results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Özellikle çözgü yönünde yer alan ipliklerde, baskı işlemi onrasında kopma uzamasında gözlenen artış, baskı patının lifler arasındaki boşluklara nüfuz ederek amorf bölgeleri doldurması ve böylece deformasyon sırasında yük dağılımını daha homojen hale getirmesiyle açıklanabilir. Bu durum, baskının lifler arası kaymayı sınırlandırarak kopma anına kadar daha fazla uzamaya izin vermesi ile de ilişkilendirilebilir. Litaratürde önerdiğimiz bu mekanizmayı destekleyen doğrudan bir çalışma bulunmamakla birlikte, bir çalışmada Polibütilen süksinat bazlı inkjet mürekkebin iplik iç boşluklarına nüfuz ettiği ve bu nüfuzun ipliklerin gerilme-uzama değerlerinde artışa yol açtığı rapor edilmiştir. Mekanizma olarak, mürekkep polimer zincirlerine nüfuz ederek lifler arası boşlukları doldurmakta ve gerilme sırasında yükün daha homojen dağılımını sağlayarak uzamayı artırmaktadır [26]. Bu çalışma, bizim gözlemlerimizle kısmen örtüşmekte ve baskı patının lifler arası etkileşimle mekanik performansa katkıda bulunduğunu desteklemektedir.

Ancak, viskoz atkı ipliklerinde benzer bir artış eğilimi gözlenmemiştir. Aksine, baskı işlemi sonrasında kopma uzaması değerlerinde istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da hafif bir azalma meydana gelmiştir [1]. Bu durum, aynı örneklerde baskı öncesi ve sonrası kopma mukavemeti değerlerinin neredeyse değişmemesiyle çelişmektedir. Kopma uzaması azalırken mukavemetin sabit kalması, lif yapısında olası mikro düzeyde kırılmalar, yönelme farklılıkları veya baskı patının atkı yönündeki ipliklerde elastik deformasyon davranışını kısıtlaması gibi nedenlere bağlı olabilir. Bu bulgunun açıklanabilmesi için daha ileri mekanik testler ve mikroyapısal analizlerin yapılması gerektiği düşünülmektedir.

3.5 Boncuklanma direnci

Tablo 6'da sunulan verilere göre, dijital baskı işlemi öncesi ve sonrası kumaşların boncuklanma direnci açısından anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Her iki elyaf türünden üretilen kumaşlar, baskı uygulaması sonrasında da boncuklanma eğilimini korumuş ve genel olarak 4 (iyi) seviyesinde değerlendirilmiştir. Boncuklanma davranışının başlıca iplik tüylülüğü ve liflerin stapel uzunluğu ile ilişkili olması nedeniyle, pamuk ve viskoz liflerinden üretilen kumaşlar arasında bu özellik açısından belirgin bir fark ortaya çıkmamıştır [1].

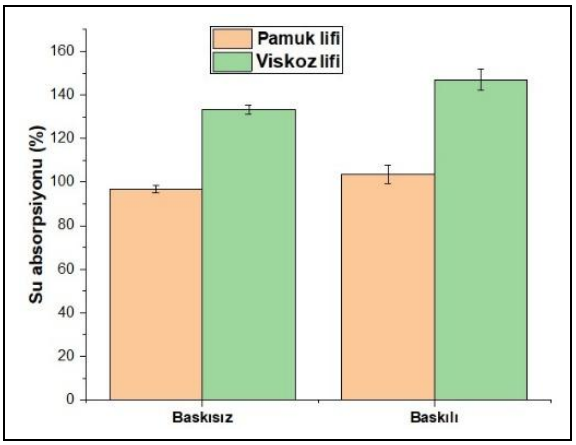
Tablo 6. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait boncuklanma direnci sonuçları [1].

Table 6. Pilling resistance results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Numune	Pamuk lifi	Viskoz lifi
Baskısız	4	4
Baskılı	4	4

3.6 Sıvı emme kapasitesi

Dijital baskı işlemi öncesi ve sonrasına ait su absorpsiyonu verileri Şekil 5'te sunulmuştur. Her iki lif türüne ait kumaşlarda, baskı işlemi sonrasında su absorpsiyon değerlerinde hafif bir artış gözlenmiş olup, bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Diğer yandan, hem baskı öncesinde hem de sonrasında, viskoz liflerinden üretilen kumaşların pamuk liflerine kıyasla daha yüksek su absorpsiyon değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu farklılık da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir. Bu sonuçlar hem fiziksel hem de kimyasal faktörlerle açıklanabilir.



Şekil 5. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait su absorpsiyonu sonuçları [1].

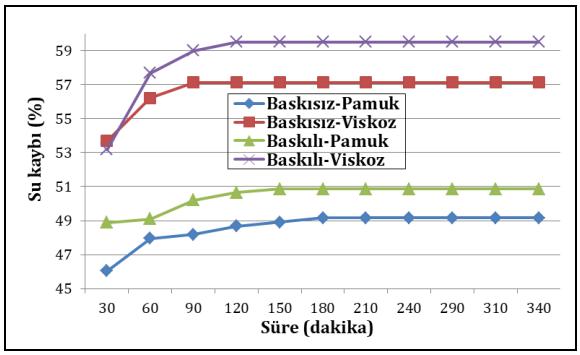
Figure 5. Water absorption results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Fiziksel olarak, baskı işlemi ve sonrasındaki fikse (termal) uygulamaları, kumaş yapısında ve lif yüzeyinde mikro düzeyde yapısal değişimlere veya çatlaklara neden olmuş olabilir. Bu tür yapısal düzensizlikler, suyun lif içine difüzyonunu kolaylaştırarak absorpsiyon miktarını artırabilir. Kimyasal açıdan bakıldığında ise, kullanılan baskı patı formülasyonunda yer alan amin veya hidroksil grupları, su molekülleriyle hidrojen bağı kurarak hidrofilik etkileşimleri artırabilir. Literatürde hidrofilitenin temel göstergelerinden biri, yüzeydeki serbest hidroksil ve amin gruplarının varlığıdır [20], [21]. Selülozik lifler doğal olarak hidroksil grupları içerir; ancak bunlara ek olarak uygulanan baskı sonrası yapıya dışarıdan amin veya benzeri polar fonksiyonel grupların dahil edilmesi, su tutma kapasitesini daha da artırabilir.

3.7 Kuruma davranışı

Su absorpsiyonu testinin ardından kumaş örnekleri oda sıcaklığında askıya alınarak kurumaya bırakılmış ve belirli zaman aralıklarında tartılarak kütle kayıpları kaydedilmiştir. İlk ölçülen yaş ağırlıklar esas alınarak, zaman içerisinde gerçekleşen su kaybı miktarları hesaplanmış ve bu veriler kuruma hızının bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Şekil 6'ta sunulan su kaybı verileri incelendiğinde hem baskısız hem de baskılı kumaşlarda başlangıçta hızlı bir su kaybı evresinin ardından daha yavaş ve sonrasında daha stabil bir kuruma eğiliminin gerçekleştiği gözlemlenmiştir [1].

Özellikle pamuk ve viskoz kumaşlar arasında belirgin bir su kaybı farkı ortaya çıkmıştır. Her iki lif türünde de baskı işlemi sonrasında su kaybı miktarında artış gözlenmiş ve bu artış daha hızlı bir kuruma davranışı ile ilişkilendirilmiştir. Örneğin, baskısız pamuklu kumaşlarda test süresince toplam su kaybı %46-49 arasında değişirken, baskı sonrası bu oran %49-51'e yükselmiştir. Viskoz kumaşlarda ise baskı öncesinde %53-57 olan su kaybı oranı, baskı sonrasında %53-60 aralığına çıkmıştır [1].



Şekil 6. Farklı liflere ait dokuma kumaşların baskı öncesi ve sonrasına ait su kaybı sonuçları [1].

Figure 6. Water loss results of woven fabrics made from different fibers before and after printing [1].

Bu durum, su emme kapasitesindeki artışa rağmen daha hızlı kuruma gözlemlenmesini açıklamak üzere fiziksel ve yapısal bazı etkenlerle ilişkilendirilebilir. Baskı patı uygulaması sonrasında lif yüzeyinde oluşan hidrofilik karakterli film tabakasının, suyu absorplasa da büyük ölçüde lif yüzeyi ve lifler arası bölgelerde tutulan serbest su şeklinde kalabileceği düşünülmektedir. Serbest su, bağlı suya göre daha kolay ve hızlı buharlaştığı için kuruma sürecini hızlandırabilir. Ayrıca, baskı işlemi sırasında uygulanan fikse ve yıkama aşamaları kumaş yapısında mikro düzeyde gözeneklilik artışına neden olmuş olabilir. Bu durum, hava ve buhar difüzyonunun artmasına katkı sağlayarak kuruma hızını olumlu yönde etkileyebilir.

3.8 Renk özellikleri

Ne 60/1 pamuk ve viskoz konvansiyonel ring ipliklerinden üretilen kumaşların dijital baskı işlemi sonrası renk ölçüm sonuçları Tablo 7'de verilmiştir.

Ölçüm sonuçları, viskoz kumaşın pamuk kumaşa kıyasla daha yoğun bir renklenme eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Renk koyuluğunu ifade eden L değerlerinin her iki kumaşta da pozitif olması, baskı sonrasında daha açık renkli tonların elde edildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, viskoz kumaşta L değerinin pamuk kumaşa göre daha düşük olması ($22.83 < 26.84$), viskozun daha fazla renk alma eğilimine sahip olduğunu düşündürmektedir. *Renk yönünü belirleyen a ve b* değerleri incelendiğinde, her iki kumaşta da renk yöneliminin kırmızı ($a^* > 0$) ve mavi ($b^* < 0$) tonlarına doğru olduğu görülmektedir. b^* değerlerinin daha düşük (negatif) olması, mavilik tonunun daha baskın olduğunu göstermekte olup, viskoz kumaşta mavilik etkisi pamuktan daha belirgindir (b^*: $-18.58 < -17.32$). Ayrıca, renk doygunluğunu ifade eden C (Chroma) değeri viskozda daha yüksektir ($19.12 > 17.87$), bu da viskozun daha canlı ve yoğun bir renk etkisi verdiğini göstermektedir. Renk tonu açısı (h) her iki kumaşta da oldukça benzerdir (yaklaşık 284°), bu da iki kumaşta da benzer tonlamaların oluştuğunu ifade eder.

Tablo 7. Farklı liflere ait dokuma kumaşların renk ölçüm sonuçları [1].

Table 7. Color measurement results of woven fabrics made of different fibers [1].

Numune	L	a	b	C	h	K/S
Ne 60/1 pamuk ring	26.8415	4.3735	-17.3243	17.8678	284.168	11.2753
Ne 60/1 viskoz ring	22.8342	4.4871	-18.5819	19.116	283.576	16.8711

Renk kuvvetini temsil eden K/S değeri, pamuklu kumaşta 11,28 iken viskoz kumaşta 16,87 olarak ölçülmüştür. Bu fark, viskozun daha fazla boyarmadde absorbe ettiğini göstermektedir. Bu durum, viskoz liflerinin pamuk liflerine göre daha yüksek amorf bölge içermesi ve daha gözenekli yapıya sahip olmasıyla açıklanabilir. Literatürde de belirtildiği üzere, bu yapısal özellikler viskozun hidrofilitesini artırmakta ve daha yüksek boyarmadde alımına imkân sağlamaktadır [23]. Nitekim su absorpsiyonu testlerinde viskoz kumaşların pamuk kumaşlara göre daha yüksek su çekme kapasitesi göstermesi, bu yorumu destekler niteliktedir [1]. Ayrıca selülozik elyaflarla yapılan boyama çalışmalarında, viskozun yapısal özellikleri olan gözenekli ve amorf yapısının, boyarmadde moleküllerinin difüzyonunu ve tutunmasını pamuktan daha kolay hale getirdiği rapor edilmiştir [27].

3.9 Yıkama sonrası renk özellikleri

Ne 60/1 pamuk ve viskoz konvansiyonel ring ipliklerinden üretilen dijital baskılı kumaşların 1. ve 5. yıkama sonrası renk özellikleri Tablo 8'de verilmiştir. L değerleri incelendiğinde hem pamuk hem de viskoz kumaşlarda yıkama sonrası artış gözlenmiş, bu da baskı uygulanan kumaşlarda rengin açıldığını ve koyuluğun azaldığı anlamına gelmektedir. Ancak bu artışlar, özellikle ilk yıkama sonrasında oldukça sınırlı kalmış ve renk açılması düşük seviyede olmuştur. Beş yıkama sonrası ise L değerlerindeki artış, özellikle pamuk kumaşta daha belirgin hâle gelmiştir (27.25 → 27.60), bu da pamuklu kumaşın yıkama kaynaklı renk açılmasına daha duyarlı olduğunu göstermektedir [1].

a* değeri incelendiğinde, pamuk kumaşta değer 4.27'den 2.66'ya düşerek kırmızı tondan yeşile doğru bir kayma olduğunu göstermektedir. Buna karşılık viskoz kumaşta a* değeri neredeyse sabit kalmıştır (4.28 → 4.29). b* değerleri her iki kumaşta da negatif olup mavi ton yönelimi göstermektedir; ancak pamuk kumaşta b* değeri −17.65'ten −14.96'ya yükselerek mavilik etkisinin azaldığını ortaya koymaktadır. Viskoz kumaşta ise b* değeri (−19.02 → −18.94) neredeyse sabit kalmıştır. Bu durum, viskoz liflerinin yapısal olarak renk stabilitesini pamuktan daha iyi koruduğunu göstermektedir [1]. Referans numuneye göre renk farkının ölçüsü olan ΔE değeri hem pamuk hem viskoz kumaşta 1. yıkama sonrası oldukça düşük (sırasıyla 0.53 ve 0.75) hesaplanmış, bu da yıkama sonrası algılanabilir düzeyde renk farkı oluşmadığını göstermektedir. Ancak 5. yıkama sonrası ΔE değeri her iki kumaşta da artmış, pamuk kumaşta bu fark viskoza göre çok daha fazla olmuştur (3.13 > 1.12). Bu durum, pamuk liflerinden boyarmaddenin daha fazla ayrıldığını, dolayısıyla renk değişiminin daha belirgin olduğunu göstermektedir [1].

Renk kuvvetini ifade eden K/S değeri, pamuk kumaşta 11,13'ten 10,81'e düşmüş; viskoz kumaşta ise 16,14'ten 15,46'ya azalmıştır. Her iki lif türünde de renk kuvvetinde azalma gözlense de pamuk kumaştaki düşüş daha belirgindir. Bu durum, viskoz liflerinin daha yüksek amorf yapı oranına sahip olması ve boyarmaddeyi yapısal olarak daha iyi absorbe etmesiyle ilişkilendirilebilir. Ancak aynı amorf yapı, yıkama sırasında su ve deterjanın boyarmaddeye daha kolay ulaşmasını sağlayarak solma eğilimini de artırabilir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, viskozun başlangıçta daha yüksek miktarda boyarmadde absorbe etmiş olması nedeniyle, renk açılmasının K/S değeri üzerindeki etkisinin pamuk kumaşa göre daha az hissedilir olmasıdır. Dolayısıyla, viskoz kumaş hem renk doygunluğu hem de yıkama sonrası renk stabilitesi açısından daha avantajlı bir performans sergilemiştir. Farklı liflere ait dokuma kumaşların tekrarlı yıkama sonrasına ait görüntüleri Şekil 7'de sunulmuştur [1].

3.10 Renk haslıkları

Ne 60/1 pamuk ve viskoz konvansiyonel ring ipliklerden elde edilen kumaşların dijital baskı işlemi sonrası çeşitli renk haslık sonuçları Tablo 9'da verilmiştir [1].

Her iki lif türü için yapılan renk haslığı testleri sonucunda, yıkama, sürtme, su ve ter haslığı gibi standart testlerde benzer performanslar elde edilmiştir. Renk haslığı testleri, referans numunelere göre ölçülen solma ve renk kaybı açısından pamuk ve viskoz kumaşlar arasında belirgin bir fark göstermemiştir. Bu durum, her iki lifin de temel kimyasal yapılarının selüloz esaslı olması ve boyarmadde ile benzer fonksiyonel gruplar (örneğin hidroksil grupları) üzerinden etkileşim kurmaları ile açıklanabilir. Renkli yapıların lif yüzeyine tutunmasında kimyasal bağ türlerinin benzer olması, testlerde uygulanan standart koşullar altında benzer derecelerde renk kaybı gözlenmesine neden olmuştur[1].

Tablo 8. Farklı liflere ait dokuma kumaşların renk ölçüm sonuçları [1].

Table 8. Color measurement results of woven fabrics made from different fibers [1].

İplik türü	Yıkama sayısı	L	a	b	C	ΔE	K/S
Ne 60/1	1	27.2503	4.2754	-17.6586	18.1688	0.537120	11.127
pamuk ring	5	27.6034	2.6655	-14.9618	15.1974	3.132372	10.814
Ne 60/1	1	23.4124	4.2816	-19.0188	19.4948	0.753278	16.138
viskoz ring	5	23.8769	4.2968	-18.939	19.4023	1.118462	15.463

Tablo 9. Renk haslık sonuçları [1].

Table 9. Color fastness results [1].

Elyaf Türü	Sürtme Haslığı Kuru	Sürtme Haslığı Yaş	Yıkama Haslığı (Renk Değişimi)	Pamuk Lekelenme	Asetat Lekelenme	PES Lekelenme	Akrilik Lekelenme	PA Lekelenme	Yün Lekelenme
Pamuk lifi	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5
Viskoz lifi	4-5	3-4	4-5	4-5	4-5	4	4-5	4-5	4-5

Pamuklu Numuneler	Yıkama Tekrar Sayısı	Viskoz Numuneler	Yıkama Tekrar Sayısı
	1		1
	2		2
	3		3
	4		4
	5		5

Şekil 7. Farklı liflere ait dokuma kumaşların tekrarlı yıkama sonrasına ait görüntüleri[1].

Figure 7. Images of woven fabrics made from different fibers after repeated washing [1].

Her ne kadar viskoz kumaş, yapılan renk ölçümleri (K/S ve ΔE) doğrultusunda pamuk kumaşa göre daha yüksek renk doygunluğu ve yıkama sonrası daha stabil bir renk performansı sergilemiş olsa da bu fark haslık testlerinin sonucu üzerinde belirgin bir etki yaratmamıştır. Haslık testleri esas olarak bağın kalıcılığını ve yıkama, sürtme, su ve ter gibi dış etkenler karşısındaki dayanımını ölçtüğü için, lif cinsi kaynaklı başlangıçtaki renk yoğunluğu farkları bu testlerde anlamlı

farklılık yaratmamıştır. Bu doğrultuda, viskozun yapısal avantajları daha çok renk şiddeti ve ton farklılıklarında etkili olurken, kimyasal bağlanma mekanizması benzerliği nedeniyle renk haslığı parametreleri açısından lif türleri benzer davranış sergilemiştir.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, konvansiyonel ring iplik sistemine göre üretilmiş Ne 60/1 pamuk ve viskoz ipliklerinden dokunmuş kumaşlar kullanılarak, bu iki selülozik elyafın dijital baskı işlemi öncesi ve sonrasındaki karşılaştırmalı performansları incelenmiştir. Çalışmamızın temel özgünlüğü, aynı fiziksel ön işlemlere ve baskı prosesine tabi tutulan ancak lif morfolojisi farklı olan bu iki temel selülozik elyaf türünün (pamuk ve viskoz) mekanik ve renk performanslarındaki değişimleri, yapısal farklılıklar ve literatür destekli mekanizmalar bağlamında detaylı biçimde ortaya koymasıdır. Çalışmada elde edilen bulgular değerlen dirildiğinde, dijital baskı işlemi ile kumaş yüzeyi arasındaki etkileşim, lifin kimyasal yapısı ve morfolojik özellikleriyle büyük ölçüde ilişkili olduğu kanaatine varılmıştır. Bu doğrultuda yapılan analizlerde, viskoz kumaşların pamuk kumaşlara kıyasla daha yüksek K/S (renk kuvveti) değerleri ve renk doygunluğu sunduğu tespit edilmiştir. Bu durum, viskoz liflerinin daha yüksek oranda amorf bölge içermesi ve daha fazla su/boyarmadde absorbe etme kapasitesine sahip olmasıyla açıklanabilir.

Renk haslığı testleri (yıkama, sürtme, su ve ter haslıkları) açısından ise her iki lif türünden elde edilen kumaşların benzer performans gösterdiği belirlenmiştir. Bu bulgu, her iki lifin de selülozik karakterde olması nedeniyle boyarmadde ile benzer fonksiyonel gruplar üzerinden kimyasal bağ oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

Mekanik performans özelliklerine yönelik değerlendirmelerde ise, dijital baskı sonrası hem pamuk hem de viskoz kumaşlarda genel olarak yırtılma ve kopma mukavemetlerinde artış gözlemlenmiştir. Bu artış, baskı patının lifler arası boşlukları doldurarak yapıdaki sürtünmeyi artırması ve böylece kaymayı azaltması ile ilişkilendirilmiştir. Viskoz kumaşlarda özellikle kopma uzamasındaki artış, liflerin yapısal olarak daha amorf ve esnek olması ile açıklanabilirken, çözgü yönünde viskoz kumaşlarda gözlemlenen kopma mukavemeti düşüşü, liflerin haşıl işlemi ve ardından gelen sulu baskı proseslerine karşı daha duyarlı olmasından kaynaklanmış olabilir. Nitekim makalenin bulgular kısmında, bu gözlemin açıklanması sırasında literatürdeki destekleyici çalışmalar uygun şekilde referanslandırılmıştır.

Boncuklanma direnci açısından baskı işlemi öncesi ve sonrası arasında anlamlı bir fark gözlenmemiş; her iki kumaş türü de "iyi" seviyede derecelendirilmiştir. Su absorpsiyonu testlerinde, viskoz kumaşların pamuk kumaşlara kıyasla daha yüksek su alma kapasitesine sahip olduğu, baskı sonrası ise her iki kumaşta da su emme miktarında artış olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, kuruma eğrileri incelendiğinde, baskı sonrası daha yüksek su kaybı oranları ölçülmüş ve bu durum, baskı işlemiyle oluşan daha gözenekli yapı ve serbest suyun kolay buharlaşması ile ilişkilendirilmiştir [1].

Çalışma kapsamında elde edilen veriler, aynı numaradaki pamuk ve viskoz ipliklerden üretilmiş dokuma kumaşlar arasında, dijital baskı öncesi ve sonrası fiziksel özellikler ile baskı performansı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, liflerin yapısal ve morfolojik farklılıklarının, nihai ürünün renk kalitesi ve fiziksel dayanımı üzerinde etkili olabileceği görülmüştür [1].

Bu doğrultuda, pamuk ve viskoz kumaşların dijital baskı sürecine verdikleri tepkilerin farklılık gösterebildiği; bu farklılıkların yalnızca kullanılan boya sistemi ve baskı koşullarından değil, aynı zamanda lif cinsi, lif morfolojisi ve iplik yapısından da kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, dijital baskı uygulamalarında yüksek ürün performansı elde edebilmek için, baskı patı formülasyonu ile fikse ve kurutma gibi işlem parametrelerinin, kullanılan ham materyalin özelliklerine göre uyarlanması gerektiği değerlendirilmektedir.

5 Conclusion

In this study, woven fabrics produced from Ne 60/1 cotton and viscose yarns using the conventional ring spinning system were comparatively analyzed in terms of their color properties and various physical performance parameters before and after digital printing. The interaction between the digital printing process and the fabric surface is directly related to the chemical structure and morphological characteristics of the fiber. In this context, the analyses revealed that viscose fabrics exhibited higher K/S (color strength) values and color saturation compared to cotton fabrics. This result can be attributed to the higher amorphous region content of viscose fibers and their greater capacity to absorb water/dyestuff.

In terms of color fastness tests (washing, rubbing, water, and perspiration fastness), both types of fabrics showed similar performance. This finding is due to the fact that both fibers are cellulosic in nature and form chemical bonds with dyestuff through similar functional groups.

With regard to mechanical performance properties, an overall increase in tearing and tensile strength was observed in both cotton and viscose fabrics after digital printing. This improvement is associated with the printing paste filling the inter-fiber voids, thereby increasing friction within the structure and reducing slippage. In viscose fabrics, the increase in elongation at break can be explained by the structurally more amorphous and flexible nature of the fibers, whereas the decrease in warp-direction tensile strength in viscose fabrics may be attributed to the fibers' higher sensitivity to sizing and subsequent aqueous printing processes.

No significant difference was observed in pilling resistance before and after the printing process, and both fabric types were rated as "good." In water absorption tests, viscose fabrics exhibited higher water uptake capacity compared to cotton fabrics, and after printing, an increase in water absorption was recorded in both fabric types. Furthermore, drying curves indicated higher water loss rates after printing, which can be associated with the formation of a more porous structure during printing and the easier evaporation of free water [1].

The results of the study revealed that there was no statistically significant difference between woven fabrics produced from cotton and viscose yarns of the same count in terms of physical properties and printing performance before and after digital printing. However, the structural and morphological differences of the fibers were shown to influence the final product's color quality and physical durability [1].

Accordingly, it can be concluded that cotton and viscose fabrics may respond differently to the digital printing process; these differences arise not only from the dyeing system and printing conditions used but also from the fiber type, fiber morphology,

and yarn structure. Therefore, to achieve high product performance in digital printing applications, it is considered necessary to adapt the printing paste formulation and processing parameters such as fixation and drying according to the properties of the raw material used.

6 Teşekkür

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında kumaş materyallerinin teminindeki katkıları ve sağladıkları teknik destek nedeniyle EREZ Group'a DOSAB, Osmangazi/Bursa, Türkiye teşekkür ederiz.

7 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Aysel Kara laboratuvar çalışmaları, tüm deney ve test prosedürlerinin uygulanması ile taslak metnin hazırlanması başlıklarında; Enfal Kayahan (sonuçların yorumlanması, makalenin düzenlenmesi, metin ve analiz sonuçlarına katkıda bulunma, Demet Yılmaz fikrin oluşması, tasarımın yapılması ve literatür taraması başlıklarında; katkı sunmuşlardır.

8 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur". "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

9 Kaynaklar

[1] Kara A. Farklı Elyaf Türü ve İplik Üretim Sistemleri ile Üretilen İpliklerden Mamul Kumaşların Dijital Baskı Sonrası Çeşitli Kumaş Performans Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2024.

[2] Gooby B, "The development of methodologies for color printing in digital inkjet textile printing and the application of color knowledge in the ways of making project". *Journal of Textile Design Research and Practice*, 8(3), 353-382, 2020.

[3] Tkalec M, Glogar M, Penava Ž, Forte Tavčer P, Kuščer D, Stojanoska I. "The complexity of colour/textile ınteraction in digital printing as an integral part of environmental design". *Arts,* 13(1), 29, 2024.

[4] Selçuk E. "Ink Jet Baskıda Kumaşa Uygulanan Ön İşlemlerin Baskı Kalitesi Üzerine Etkilerinin Araştırılması". Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 2009.

[5] Kanık M, Selçuk E. "Ön emdirme işleminde kullanılan kıvamlaştırıcı türünün reaktif ink jet baskı kalitesi üzerine etkileri". *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi,* 15(1), 41-51, 2010.

[6] Yuen CW M, Kan CW, Choi PSR, Wong KS, Sin KM. "A two-bath method for digital ink-jet printing of cotton fabric with chitosan". Fibers and Polymers, 8(6), 625-628, 2007.

[7] Noppakundilograt S, Kaewkannetra P, Pongprayoon T, Suchiva K. "Modified chitosan pretreatment of polyester fabric for printing by ink jet ink". *Carbohydrate Polymers*, 82(4), 1124–1135, 2010.

[8] Çetin MYA. Protein Liflerinin Baskısında Ink Jet Baskı Teknolojisinin Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, Türkiye, 2019.

[9] Fan Q, Kim KY, Kim PM, Leung A. "Fabric pretreatment and digital textile print quality". *Journal of Imaging Science and Technology*, 47(3), 400-407, 2003.

[10] Fan Q, Kim KY, Perruzzi MK. "UV-Curable pretreatments for digital printing textile substrates". NIP20: *International Conference on Digital Printing Technologies*, Salt Lake City, Utah, USA, 31 October-5 November 2004.

[11] Çatal O, Tutuş AÖ, Pekel EKA. "The influence of rheological properties of the pretreatment thickeners on ink-jet printing quality". *Textile and Apparel*, 22(4), 309-316, 2012.

[12] Chen L, Wang C, Tian A, Wu M. "An attempt of improving polyester inkjet printing performance by surface modification using β-cyclodextrin". *Surface and Interface Analysis*, 44(10), 1324-1330, 2012.

[13] Ding Y, Parrillo-Chapman L, Freeman HS. "A study of the effects of fabric pretreatment on color gamut from inkjet printing on polyester". *Journal of The Textile Institute*, 109(9), 1143-1151, 2018.

[14] Yazıcı B. Polyester Kumaşların Ink Jet Baskısında Ön İşlemlerin Baskı Kalitesine, Renk Verimine, Sürtme ve Yıkama Haslıklarına, Tutum ve Kontür Netliğine Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 2020.

[15] Hajipour A, Shams-Nateri A. "The effect of fabric density on the quality of digital printing on polyester". *Fibers and Polymers*, 18(12), 2462-2468, 2017.

[16] Güleçer M. Investigation of the Effect of Paper Quality on Color Yield in Digital Transfer Printing. Master's Thesis, Uludağ University, Bursa, Türkiye, 2020.

[17] Toprak G. Investigation of Parameters Affecting the Print Result in Textile Digital Printing. Proficiency in Art Thesis, Mimar Sinan Fine Arts University, İstanbul, Türkiye, 2022.

[18] Savvidis G, Karanikas E, Nikolaidis N, Eleftheriadis I, Tsatsaroni E. "Ink-jet printing of cotton with natural dyes". *Coloration Technology*, 130(3), 200-204, 2014.

[19] Topoyan Z. Sürdürülebilir Tekstiller Bağlamında Doğal Boyalar ve Deneysel Eko Tasarım Çalışmaları. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2022

[20] Sela SK, Nayab-Ul-Hossain AKM. "Effect of cross linking agents on the improvement of viscose fabric strength". Journal of Engineering Science, 10(2), 119-126, 2019.

[21] Woodings CR, *Regenerated Cellulose Fibres*. 1st ed. Cambridge, UK, Woodhead Publishing, 2001.

[22] Eichhorn S J, Young R J, Yeh WY. "Deformation processes in regenerated cellulose fibers". *Textile Research Journal*, 71(2), 121-129, 2001.

[23] Daberao AM, Gupta KK, Jain MM. "Effect of process (desizing, scouring and bleaching) chemicals on the properties of the fabrics used (cotton and viscose) during pre-treatment". *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*, 9(3), 1000200, 2021.

[24] Hearle JWS. *Physical Structure and Fibre Properties. In: Woodings* CR. Editor: Regenerated Cellulose Fibres, 199-234, Cambridge, UK, Woodhead Publishing, 2001.

[25] Eichhorn SJ, Young RJ, Davies GR, Miao M, Mondragon I, Thielemans W, Dufresne A, Peijs T. "Review: Current international research into cellulosic fibres and composites". *Journal of Materials Science*, 36(9), 2107-2131, 2001.

[26] Hossain I, Moniruzzaman M, Jalil MA. "Investigation of the effect of different process variables on color and physical properties of viscose and cotton knitted fabrics". *Heliyon,* 7(8), e07735, 2021.

[27] Simon M, Fulchiron R, Gouanvé F. "Water sorption and mechanical properties of cellulosic derivative fibers". *Polymers*, 14(14), 2836, 2022.