



---

## **Tekrarlı Eğim Hareketinin Dokuma Kumaşların Mukavemeti Üzerine Etkilerinin Araştırılması**

Serap Gamze SERDAR<sup>a\*</sup>, Gabil ABDULLA<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Tekstil Mühendisliği Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar e-posta adres: [serapgserdar@gmail.com](mailto:serapgserdar@gmail.com)

---

### **ÖZET:**

Kumaşlar kullanım ömürleri boyunca eğilme, bükülme, çekmeye maruz kalırlar. Bu kuvvetlerin sebep olduğu deformasyon, kuvvetlerin büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Küçük kuvvetler genelde kumaşın absorbe edebildiği elastik deformasyonlara sebep olur. Ancak kumaşın uzun vadede bu küçük kuvvetlere sürekli maruz kalması, kumaş özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Bu çalışmada pamuk, polyester ve viskon bezayağı dokuma kumaşların tekrarlı eğilme ve çekme gerilmesi sonrası mukavemet değişimleri incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonunda pamuk ve viskon dokuma kumaşlarda en büyük kopma kuvvetinde önemli bir değişiklik olmamış, ancak polyester kumaşta %5 oranında azaldığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Mukavemet, Eğilme, Deformasyon, Dokuma Kumaş

---

## **Investigation of the Effects of Repeated Bending Movements on the Strength of Woven Fabrics**

### **ABSTRACT:**

Fabrics are subjected to bending, twisting and tensile stress during their lifetime. The deformation caused by these forces is directly proportional to the magnitude of the forces. Small forces generally cause elastic deformations that the fabric can absorb. However, the long-term exposure of these small forces to the fabric can affect the fabric properties. In this study, strength properties of cotton, viscose and polyester fabrics were investigated after being exposed to repeated bending and tensile stresses. Results showed that there was no significant change in the maximum breaking force of cotton and viscose woven fabric, but there was 5% decrease in the maximum breaking force of polyester woven fabric after being exposed to repeated bending.

**Keywords:** Strength, Bending, Deformation, Woven Fabric

---

## 1. GİRİŞ

Mukavemet tekstil malzemesinin en temel özelliklerinden biridir ve kalite değerlendirmesi, uygun kumaş seçimi gibi durumlarda ilk göz önüne alınan parametrelerdendir. Kumaş mukavemeti iplik mukavemetinden doğrudan etkilense de iplik mukavemeti dışında kullanılan lif türüne, karışım oranına, büküm yönüne, iplik numarasına, eğirme sistemine, iplik eğilme davranışına, sürtünme vb. özelliklerine de bağlıdır. Deneyler mukavemetin yaş işlemler sırasında da işlem koşullarına bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Ayrıca testin gerçekleştiği ortamın sıcaklık ve nem değerleri, mukavemet cihazındaki çeneler arası mesafe, yük miktarı, test süresi gibi parametreler mukavemet değerlerinde varyasyona sebep olmaktadır [1].

Bir kumaşın çekme mukavemeti, gerçek kullanımda karşılaşılabilecek maksimum streten çok daha yüksek olmalıdır, çünkü kumaş, kullanım ömrü boyunca malzemeyi bozan ve mukavemet düşüşüne neden olan tekrarlanan gerilmelere maruz kalmaktadır. Dokuma kumaşın gerilme davranışının analizi, deformasyon sırasında kumaş parametreleri arasındaki ilişkinin anlaşılması için de gereklidir [2]. Düşük gerilmelerde esneklik, ipliklerin hareket özgürlüğüne bağlı olarak iplik kıvrımı ile sağlanırken, büyük gerilmelerde iplikler bir bütün olarak hareket edip, yüksek mukavemet sağlarlar [2].

Kumaş içinde iplik enine kesitleri farklı şekillerde olabilir. Kumaş geometrisi ile ilgili çok sayıda teori önerilmiştir. İplik enine kesitinin şeklini, iplik yoğunluğu ve ipliklerin kumaş

içerisindeki paketlenme yoğunluğu belirler. İpliklerin eğilmeye karşı direnci, ipliklerin kumaş içerisindeki formunu belirler. Olofsson ipliğin kumaş içinde maruz kaldığı kuvvetler tarafından şekillendiğini ve uygun boşluklara uyum sağladığını kabul eder [2]. Kumaşlar kolayca eğilip, bükülebilir. Kumaşların rijitliği metal malzemelerin rijitliğinin 1/10bininden daha azdır. Kumaşların eğilme özellikleri, iplik eğilme davranışları, dokuma kumaşın deseni ve uygulanan bitim işlemleri ile belirlenir. İplik eğilme özellikleri ise iplik yapısı ve lif özelliklerinden direkt olarak etkilenir [3]. Kumaş içindeki ipliğin farklı özelliklere sahip iki ayrı bölgesi bulunmaktadır. Bu durumda da iplik herhangi bir deformasyon karşısında anizotropik davranış sergiler [2].

Dokuma kumaş içindeki iplikler eğilme ve kırışma esnasında dokuma sırasında oluşanlara ek gerilmelere maruz kalır. Daha düşük yoğunluklu bir iplik, eğilme noktasında daha yoğun ve daha düz hale gelme eğiliminde olacaktır. Bu durum, iplik yapısında lif hareketini gösterir. Daha yoğun bir iplikte ise lifler arası hareket engellenir ancak iplik, lif-içi gerilmelere maruz kalır. Dahası kumaş eğmek ipliklerin de eğim yönü boyunca eğilmesine ve çapraz ipliklerin eğrisinde bir değişime neden olur. Bu değişim çapraz ipliklerin hareketini gerektirir. Bu yüzden eğim sırasında lif-içi, lifler arası ve iplikler arası yer değiştirmeler gözlenir. İplikteki elyaflar, iplikteki büküm sebebiyle çapraz basınca maruz kalırlar ve ayrıca iplik kesişim noktalarında ek çapraz kuvvetlere maruz kalırlar. Elyaf ve iplikteki eğilmeye dayalı bu tür yer değiştirmeler, sürtünme direnci ile kısıtlanacaktır. Elyafar arasındaki normal kuvvetleri, liflerin birlikte hareket etmesini sağlar ve böylece iplik eğirme rijitliğini artırır. Benzer şekilde, kesişme

noktalarındaki iplikler arası kuvvetler, kesişen iplik segmentlerinin eğilme rijitliğini önemli ölçüde artırır [2]. Tekstil ürünleri kullanım sırasında farklı yönlerde ve derecelerde oluşan esneme ve eğilmelere dayanmalıdır. Dokuma kumaşların özellikleri farklı yönlerde benzer değildir (non-uniform). Esneme sırasındaki kumaş davranışı büyük ölçüde kumaşın yapısına ve temel kumaş parametrelerine bağlıdır [4].

Deneysel yöntemlerle kumaşın eğilme rijitliğini tespit etmek için 2 standart test metodu bulunmaktadır. Bunlardan biri sabit açılı eğim ölçeri (cantilever test) diğeri ise Kawabata test cihazıdır (KES-FB). İlk metot elastik doğrusal davranış üzerine odaklanır ve eğilme rijitliğini ölçer. Ancak eğilme davranışı doğrusal-elastik değildir. Kawabata metodu ise test sırasında kumaşı eğmek için gerekli momenti kaydeder [5]. Kawabata kumaş değerlendirme sistemi (Kawabata Evaluation System for Fabric / KES-F) malzemelerin düşük gerilmeler altındaki mekanik özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [6]. Sistem, KES-F-1 Kesme/Gerilme ölçeri, KES-F-2 Eğilme ölçeri, KES-F-3 Sıkıştırma ölçeri ve KES-F-4 Yüzey ölçeri bölümlerinden oluşmaktadır. Eğilme ölçeri ile kumaşın eğrilik yarıçapı  $2,5 \text{ cm}^{-1}$  olan sabit bir yay içerisinde  $0,5 \text{ cm}^{-1}/\text{s}$  hız ile eğme yapılmaktadır. Eğilme esnasında meydana gelen momentler kaydedilmekte ve deformasyon bu verilerle hesaplanmaktadır.

Kumaşlar için geliştirilen bu test sistemleri, kompozitlerde güçlendirme amacıyla kullanılan kumaşları test etmek için kullanılamamaktadır. Bu amaçla farklı test cihazları geliştirilmiştir. Bilboa ve arkadaşları çalışmalarında farklı kalınlıklardaki kompozit güçlendirme malzemesi olarak kullanılacak kumaşların eğilme

davranışını test etmek için bir yöntem geliştirmek amacıyla, sabit açılı eğim testi cihazını modifiye etmiş ve optik ölçüm düzeneği yerleştirmişlerdir [5]. Kumaş bombelenme deformasyonunu ölçmek için kullanılan klasik test yönteminin çok uzun sürelerde tamamlanması, bu yöntem yerine alternatiflerinin arayışını doğurmuştur. Kisilak [7] bu amaçla, küresel kumaş deformasyonun değerlendirmek için yeni bir metot önermiştir. Giysinin diz ve dirsek bölümlerindeki deformasyonunu hesaplamak için bir algoritma geliştirmiş, atkı ve çözüğü uzamalarını hesaplamıştır. Ayrıca yöntem ipliklerin dayanabileceği limit kuvvet değerlerini de belirleyebilmektedir. %100 yün dimi ve bez ayağı dokuma kumaş ve %45 yün %55 polyester dimi ve bez ayağı kumaşlar test edilmiştir. Deneysel %100 yünlü kumaşın deformasyonun daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca dimi kumaşın deformasyonu da bez ayağı dokumadan daha büyüktür. Dimi kumaşta iplik kesişmeleri daha az olduğu için daha küçük kuvvetlerle deformasyon oluşabilmektedir. Yeni geliştirilen test yönteminde 78 mm çapında bir dokuma kumaş numunesi, 61 mm çapında bir yuvarlak kısıkaç içine sabitlenmektedir. 48 mm çapında bir küre, numune üzerine baskı uygulamakta ve böylece küresel uzamaya neden olmaktadır. Döngüsel yükleme sırasında, dinamometreye monte edilmiş küre, 15 dakika boyunca numuneye 100 N'lık bir kuvvet uygular ve daha sonra 15 dakika boyunca 0.6 N'lık bir kuvvetle numunenin yüzeyine temas eder. Bu döngü beş kez tekrarlanır, ardından 3 saat dinlendirme yapılır. Bu aşamadan sonra, bu döngü 2 kez daha tekrar eder ve 15 dakikalık bir son dinlendirme ile test sonlanır. Testin tamamı 13 saat sürmektedir. Test boyunca her dakika kuvvet ve uzama değerlerini kaydedilir. Küre formundaki kopma testinde ise kumaş kopana

kadar sürekli olarak kuvvet uygulanır ve kuvvet – uzama değerleri her 20 saniyede bir kaydedilir [7].

Kumaş deformasyonunu öngörebilmek kumaşların kullanım yerlerini ve ömürlerini belirlemek için oldukça önemlidir. Bu sebeple farklı algoritmalar kullanılarak kumaş davranışı tahminlenmeye çalışılmaktadır. Sonlu eleman metodu kullanılarak kumaş deformasyonun öngörülmesi amaçlanmıştır [8]. Başka bir çalışmada [9], dokuma kumaşta bombelenme deformasyonu sırasındaki liflerin viskoelastik davranışı, matematiksel bir modelle simüle edilmiştir. Deneysel ölçümlerin kumaşların öngörülen bombelenme davranışı ile karşılaştırılması, matematiksel modelin bombelenme davranışını makul bir doğrulukla tahmin edebildiğini ortaya koymaktadır [9]. Zhang ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada ise bombelenme deformasyonu, kumaşın iç enerjisini azaltan bir yorulma prosesi olarak tanımlanmış ve buradan yola çıkarak matematiksel bir model oluşturulmuştur [10].

Her ne kadar Poisson oranı (PR), tek eksenli gerilme altında mühendislik malzemelerinin deformasyonunu öngörebilse de kumaş deformasyonunu iyi tahmin edemediği görülmektedir. Bu nedenle Jeddı ve arkadaşları çalışmalarında, Poisson oranı yerine kumaş deformasyonunu ölçmek için Şekil oranı (shape ratio) adı verilen yeni bir geometrik indeks tanımlamıştır. Tanımlanan indeks, Trikot, Locknit ve Üç ve Dört iğneli saten gibi çeşitli yapılarla sahip çözümlü örme kumaşlarda test edilmiştir [11].

Teknik kumaşlar söz konusu olduğunda malzemenin fiziksel özellikleri ve bu özelliklerin doğru öngörülebilmesi hayati önem taşımaktadır.

Xiao ve arkadaşları çalışmalarında membran deformasyonu ile kıyaslayarak hava yastığı kumaşının basınç altında düzlem dışı deformasyonunu öngörmek amacıyla analitik bir yaklaşım sunmaktadır. Model, deforme olmuş kumaşta meydana gelen enerjileri, yani kumaş gerilimi enerjisini, bükülme enerjisini ve yapılan dış işleri birleştirmektedir. Kumaş deformasyonu, toplam kumaş enerjisini minimize ederek tahmin edilebilmektedir. Yapılan öngörülerin geğerliliği deneylerle doğrulanmıştır [12].

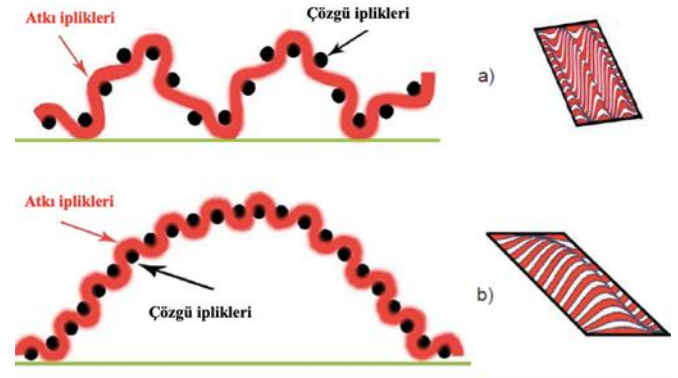
Kumaş davranışlarının doğru anlaşılabilmesi lif temelinde öngörüler gerektirmektedir. Bu amaçla farklı liflerin tekrarlı eğilmeye dayanımının incelendiği çalışmalar yapılmıştır [13]. Bu amaçla bir test cihazı geliştirilmiş ve 1 gm gerilim altında filament ipliklerin eğilme dayanımları ölçülmüştür. Yün, pamuk, naylon, ipek ve viskoz gibi farklı lifler teste tabi tutulmuştur. Yün ve naylonun, benzer gerilmelerin uygulandığı elyaflar arasında tekrarlayan bükülmeye dayanma kabiliyetinde en yüksek seviyede olduğu göze çarpmıştır [13]. Teknik liflerin özellikle tekrar eden kuvvetlere karşı deformasyonları da farklı olmaktadır. Bu liflerin davranışlarını gözlemek amacıyla yapılan bir çalışmada [14], Kevlar-29, cam lifi ve karbon lifinin esnemeye karşı yorulma davranışını incelenmiştir. Test sırasında numune, sadece esnetme, burulma, bir tel üzerinde döndürme ve dönen bir silindir ile aşındırma işlemlerine maruz kalmıştır. Kevlar-29 bu testlerde yüksek performans göstermiştir. Karbon ve cam elyafı yüksek gerilimlere karşı direnç göstermemiş olsalar da düşük eğilme ve gerilmelerde iyi performans sergilemişlerdir. Ayrıca Kevlar-29 lifinin aşınma dayanımının cam lifinden düşük olduğu görülmüştür. Esneme yorulmasının araştırıldığı testte, kopan elyaf uçları incelendiğinde, iplik uzunluğu boyunca geniş bir alana yayılan

deformasyon görülmüştür. Test sırasındaki aşınmanın etkileri açıkça seçilmektedir. Bu aşınma faktörünü ortadan kaldırmak test döner bir mil üzerine sarılan elyafıla tekrarlanmıştır. İkinci metotta aşınma ortadan kalktığı için Kevlar-29 yaklaşık iki katı daha fazla döngüye dayanmış ve daha sonra kopma görülmüştür [14]. Benzer şekilde yapılan bir başka çalışmada para-aramid lifinin tekrarlı eğilme sonrası dayanımında önemli düşüş olduğu görülmüştür [15].

Kumaş deformasyonunu etkileyen en önemli özellik kumaş yapı parametreleridir. Klevaité ve Masteikaité çalışmalarında [4] streç ve streç olmayan dokuma kumaşların deformasyonun anizotropisi araştırmıştır. Numunenin enindeki daralma ve kenar uzunluklarındaki değişimler gibi parametreleri kullanılarak kumaş deformasyonun türünü belirlemeye imkân veren yeni bir metot geliştirmişlerdir. Kumaşın deformasyon yönündeki yapısı daha rijit ise, kumaş, elyafın zayıf olduğu yönde deforme olmaktadır. Her iki yönde elastan elyafı dokunmuş kumaşlar, elastan lifi olmayan kumaşlara benzer bir anizotropi ile deforme olmuştur. Sadece atkı yönünde elastan elyaf içeren kumaşlar için farklı bir deformasyon anizotropisi tespit edilmiştir. Deney sonuçları, kumaşları çekme deneylerinde enindeki daralma oranının sadece kesim yönüne değil, aynı zamanda kumaştaki elastan elyaf yönüne de bağlı olduğunu göstermiştir [4].

Bir başka çalışmada kumaş eğilme davranışına iplik sıklığının etkisi araştırılmıştır [16]. Viskoz/polyester dokuma kumaşlar farklı atkı (20-28 atkı/cm) ve çözgü (24-32 çözgü/cm) sıklıklarında dokunmuş ve Kawabata, ekstraksiyon yöntemi ve yeni geliştirilen konsantre yöntem ile

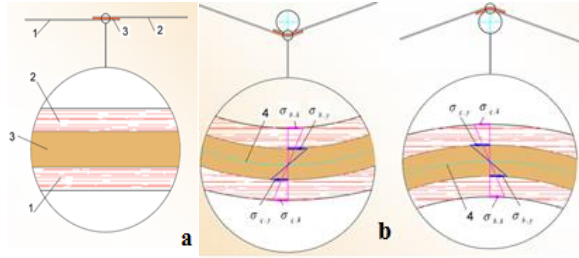
eğilme davranışları test edilmiş ve elde edilen test sonuçları karşılaştırılmıştır. Üç yöntemin nicel parametreleri arasındaki bir korelasyon, yeni önerilen konsantre yükleme yönteminin iplik sıklığı artışının etkisini daha iyi ortaya koyduğunu göstermiştir. Yeni geliştirilen test metodu dikdörtgen bir numunenin kenarlarından bir küçük noktadan 200 cN kuvvet uygulanması esasına dayanmaktadır. Numuneler, 24x5 cm ölçülerinde, çözgü yönüne 22,5°, 45° ve 67,5°lik açılarda kesilerek hazırlanmıştır. 10 mm/dak test hızıyla maksimum 200 g kuvvet uygulanmıştır. Yeni geliştirilen konsantre yöntemle, herhangi bir değişikliğin (iplik yoğunluğu gibi) kumaşların eğilme davranışı üzerindeki etkileri kolayca gözlenebilmektedir. Çözgü yönüne yakın kesilen numuneler atkı yönünde, atkı yönüne yakın kesilen numuneler ise çözgü yönünde eğilme özelliklerindeki değişiklikleri göstermektedir. Şekil 1'de görüldüğü gibi atkı ve çözgü sıklığı kumaşın test sonrası deformasyonu etkilemektedir [16].



Şekil 1. Dokuma kumaşlarda konsantre yükleme testi sonrası burulma çeşitleri a) düşük sıklık – çift eğri oluşumu b) yüksek sıklık – tek eğri oluşumu [16]

Arsoy, tekstilde yapıştırma bağlantısının oluşma ve kopma mekanizmalarını araştırdığı çalışmasında, yapıştırılmış kumaşların tekrarlı eğim davranışlarını tespit etmek için bir cihaz geliştirmiştir. Arsoy'a göre, eğim teorisi, eğime zorlanan katı cisimlerde nötr düzleminin üst ve alt kısımlarında oluşan gerilmelerin zıt yönlü eşit değerlere sahip olduğunu

söylenebilir. Dış yüzeyde çekme, iç yüzeyde ise basma gerilmesi oluşmaktadır. Şekil 2’te bu gerilmeler  $\sigma_c$  ve  $\sigma_b$  ile gösterilmiştir [17].



Şekil 2. Eğime maruz kalan yapılandırma bağlantılarında gerilme dağılımı (a) eğim öncesi (b) eğim sonrası [17]

Kumaşlar yapısal özelliklerine bağlı olarak gerilmelere karşı dayanım gösterirler. Lif mukavemeti, örgü yapısı, iplik düzgünsüzlüğü gibi parametreler son ürün dayanımını direkt olarak etkiler. Bu çalışmada pamuk, viskon ve polyester bezayağı dokuma kumaşların tekrarlı eğim hareketi sonucunda mukavemet değişimleri araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL – METOT

Bu çalışmada, 3 farklı elyaf türünde bez ayağı dokuma kumaşların tekrarlı eğim ve çekme gerilmesine maruz kaldıkları durumlardaki mukavemet değişimleri incelenmiştir.

### 2.1. Materyal

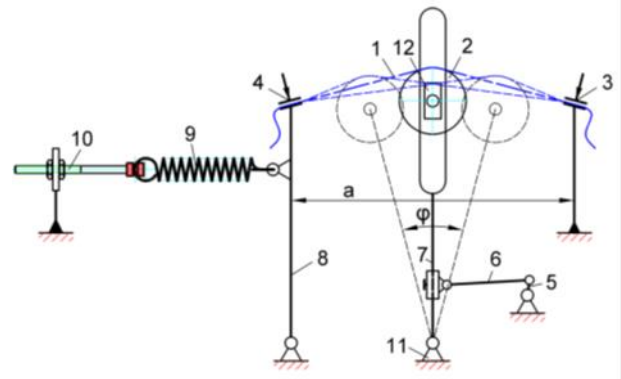
Çalışmada kullanılan kumaşların özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. %100 pamuk, polyester ve viskon bez ayağı dokuma kumaşlar, Arsoy’un [17] tez çalışması kapsamında geliştirdiği eğim test cihazı kullanılarak gerilmeye maruz bırakılmıştır.

Tablo 1. Deney numuneleri ve yapısal parametreleri

Numune kodu	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözümlü sıklığı (tel/cm)	Kumaş gramajı ( $g/m^2$ )	Elyaf türü
1	27	52	130	%100 Pamuk
2	20	26	95	%100 Viskon
3	36	38	50	%100 Polyester

### 2.2. Metot

Giysiler, sürekli olarak çift yönlü eğilme, bükülme, burkulma ve çekme gerilmelerine (deformasyonlarına) maruz kalmaktadırlar [17]. Arsoy [17] çalışmasında kumaşların bu gerilmeler altındaki davranışlarını incelemek için bir test cihazı tasarlanmıştır. Kumaşların maruz kaldığı bu kuvvetler göz önüne alınarak geliştirilen konstrüksiyon Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Arsoy tarafından tasarlanan eğim test cihazı [17]

Konstrüksiyon biri sabit (3) diğeri hareketli (4) iki çene, üzerinde 2-nolu tekerleğini taşıyan 7 kolu, bu kola salınım hareketi ileten dört kol mekanizmasından (5, 6, 7, 11) ve kumaşa gerilim verilmesini sağlayacak yay düzeneğinden (9, 10) oluşmaktadır. Konstrüksiyonda, kumaş numunesi çekme gerilmesi altında eğime maruz bırakılmaktadır [17]. 7 kolunun her salınım hareketi bir eğim olarak kabul edilmektedir.

Hazırlanan numuneler belirli sayılarda eğime maruz bırakıldıktan sonra kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları test edilmiş ve mukavemetlerindeki değişimler gözlenmiştir. 30 bin, 50 bin ve 100 bin



eğime maruz kalan kumaşların mukavemetleri tekrar ölçölmüş ve değişiklikler incelenmiştir. Eğim test cihazı 278 eğim/dk hızla çalıştırılmıştır. Kumaş numuneleri testlerden önce standart atmosfer koşullarında kondisyonlanmıştır. Numuneler tekrarlı eğim ve çekme gerilmelerine maruz kaldıktan sonra da standart atmosfer şartlarında bekletilmişlerdir. Mukavemet testleri BS EN ISO 13934-1:2013 "Textiles – Tensile Properties of Fabrics Part 1:Determination of maximum force and elongation at maximum force using the strip method" standardına göre şerit metodu kullanılarak yapılmıştır. Deney numuneleri, eni saçaklar hariç 50 mm ve boyu 200 mm çeneler arası mesafeye yetmesi için 50x300 mm ebatlarında hazırlanmıştır.

### 3. ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA

Tablo 2'de tekrarlı eğim ve çekme gerilmesine maruz kalan kumaşların mukavemet değerleri verilmiştir. 1 kodlu numune kumaş gerilme öncesi çözgü yönünde ortalama 660 N kopma kuvvetine ve yaklaşık %20 kopma uzamasına sahipken, 30 bin eğim sonrası bu değerler sırasıyla 668 N ve %20; 50 bin eğim sonrasında 688 N ve %20; 100 bin eğim sonrasında ise 673 N ve %20 olarak ölçölmüştür. Yine aynı numune gerilmeler öncesi atkı yönünde ortalama 355 N kopma kuvvetine ve yaklaşık %9,9 kopma uzamasına sahipken; 30 bin eğim sonrası 348 N kopma kuvveti ve %9,8 kopma uzaması; 50 bin eğim sonrası 354 N kopma kuvveti ve %9,7

kopma uzaması ve 100 bin eğim sonrası 350 N kopma kuvveti ve %9,8 kopma uzaması değerlerine sahiptir.

%100 viskon içerikli 2 kodlu kumaş mukavemet değerleri incelendiğinde gerilmeler öncesinde çözgü yönünde ortalama 307 N kopma kuvveti ve %18 kopma uzaması; 30 bin eğim sonrası 305 N kopma kuvveti ve %16 kopma uzaması; 50 bin eğim sonrası 317 N kopma kuvveti ve %16 kopma uzaması; 100 bin eğim sonrası 309 N kopma kuvveti ve %15 kopma uzaması değerleri ölçölmüştür. Atkı yönünde ise gerilmeler öncesi kopma mukavemeti 230 N ve kopma uzaması %16,8; 30 bin eğim sonrası kopma kuvveti 224 N ve kopma uzaması %15; 50 bin eğim sonrası kopma kuvveti 229 N ve kopma uzaması %15,5; 100 bin eğim sonrası kopma kuvveti 231 N ve kopma uzaması %15,7 olarak kaydedilmiştir.

3 kodlu numune için çözgü yönünde gerilme öncesi en büyük kopma kuvveti 263 N ve kopma uzaması %8,5 iken; 30 bin eğim sonrası kopma kuvveti 250 N ve kopma uzaması %9; 50 bin eğim sonrası kopma kuvveti 248 N ve kopma uzaması %8,3; 100 bin eğim sonrası kopma kuvveti 248 N ve kopma uzaması %9,9 olmuştur. Aynı kumaş numunesinin atkı yönündeki mukavemet değerleri ise şöyledir: gerilme öncesi kopma kuvveti 230, kopma uzaması %14; 30 bin eğim sonrası kopma kuvveti 217 N, kopma uzaması %15,8; 50 bin eğim sonrası kopma kuvveti 218 N, kopma uzaması %13,5; 100 bin eğim sonrası kopma kuvveti 218 N ve kopma uzaması %16.

Tablo 2. Deney numuneleri mukavemet testi sonuçları

Numune kodu	Numune adı	Eğim öncesi Kuvvet (N)	Eğim öncesi		30bin eğim		50bin eğim		100bin eğim	
			Uzama (%)	Kuvvet (N)	Uzama (%)	Kuvvet (N)	Uzama (%)	Kuvvet (N)	Uzama (%)	
1	Pamuk kumaş	Çözgü	666,70	20,32	688,89	20,67	657,99	20,05	581,37	18,78
		yönü	677,08	20,55	652,22	19,74	710,65	20,87	686,63	20,63

2	Viskon kumaş	Atkı yönü	652,12	19,68	654,25	19,64	690,24	20,63	708,06	20,90
			649,24	19,64	683,63	19,85	683,24	19,98	674,57	20,02
			660,64	19,72	663,19	20,17	701,02	19,89	716,71	20,26
			345,89	9,84	329,84	9,19	361,75	9,68	355,14	9,67
		355,36	9,92	361,74	9,87	364,44	9,73	346,47	9,93	
		362,46	10,05	351,02	10,01	348,80	9,59	360,96	10,06	
		359,46	9,91	347,35	9,87	348,27	9,93	352,23	9,96	
		349,71	9,69	349,39	9,86	346,63	9,83	329,93	9,57	
	Çözümlü yönü	279,10	16,72	297,52	16,08	320,58	16,22	312,84	15,69	
		303,51	17,76	316,38	16,07	300,89	15,53	316,21	15,56	
		310,36	18,19	294,19	15,14	307,84	16	292,61	15,89	
		322,10	17,62	305,93	15,73	336,54	16,54	298,6	15,07	
		318,42	18,45	310,94	16,35	320,85	16,12	325,68	15,81	
		233,51	16,58	237,94	15,06	230,77	14,82	221,23	15,57	
		Atkı yönü	226,45	16,59	213,00	15,00	224,64	14,87	236,27	15,93
			235,91	17,47	220,55	15,68	231,57	16,36	216,42	15,29
219,57	16,46		227,22	15,03	222,44	15,52	236,78	15,91		
230,47	16,93		222,35	15,4	234,56	15,88	244,81	15,87		
Polyester kumaş	Çözümlü yönü	254,08	8,42	241,49	8,89	195,87	7,23	251,34	9,75	
		263,23	8,57	261,35	9,24	275,20	8,48	236,72	9,73	
		271,44	8,63	245,44	8,84	268,36	9,34	258,18	10,21	
		269,53	8,54	-	-	253,29	8,25	-	-	
	Atkı yönü	256,08	8,46	-	-	-	-	-	-	
		218,93	13,88	211,98	15,58	219,42	13,48	221,31	16,01	
		225,83	14,10	221,80	16	177,04	12,29	219,18	16,50	
		231,50	14,30	-	-	247,13	13,97	214,51	15,87	
239,43	14,37	-	-	228,04	14,17	-	-			
237,27	14,32	-	-	-	-	-	-			

**Tablo 3.** %100 Pamuk beyaz kumaşın eğitim öncesi ve 100 bin eğitim sonrası ortalama kopma kuvveti ve ortalama kopma uzaması değerleri

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası		Değişim oranı - %	
	Kuvvet - N	Uzama - %	Kuvvet - N	Uzama - %	Kuvvet	Uzama
Çözümlü numunesi	661,16	19,98	673,47	20,12	-1,86	-0,7
Atkı numunesi	354,58	9,88	348,94	9,84	+1,59	+0,4

**Tablo 4.** %100 Viskon beyaz kumaşın eğitim öncesi ve 100 bin eğitim sonrası ortalama kopma kuvveti ve ortalama kopma uzaması değerleri

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası		Değişim oranı - %	
	Kuvvet - N	Uzama - %	Kuvvet - N	Uzama - %	Kuvvet	Uzama
Çözümlü numunesi	306,70	17,75	309,19	15,60	-0,81	+12,11
Atkı numunesi	229,18	16,81	231,10	15,71	-0,84	+ 6,54



**Tablo 5.** %100 Polyester beyaz kumaşın eğitim öncesi ve 100 bin eğitim sonrası ortalama kopma kuvveti ve ortalama kopma uzaması değerleri

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası		Değişim oranı - %	
	Kuvvet - N	Uzama - %	Kuvvet - N	Uzama - %	Kuvvet	Uzama
Çözümlü numunesi	262,87	8,52	248,75	9,89	+5,37	-19,8
Atkı numunesi	230,59	14,19	218,33	16,13	+5,32	-13,67

1 kodlu kumaş çözgü yönü numunesinin 30 bin eğitim sonrası kopma uzaması değişmezken, en büyük kopma kuvvetinde küçük bir artış görülmüştür. Aynı kumaşın 50 bin eğitime ve 100 bin eğitime maruz kalan numuneleri de yine benzer özellikler göstermiş, tüm testler sonunda kopma kuvvetinde %1.86, kopma uzamasında %0,7 oranında artış görülmüştür. Atkı yönündeki testlerde ise 30 bin, 50 bin ve 100 bin eğitim sonrası numunelerde büyük mukavemet farkları görülmemiş, kopma kuvvetinde yalnızca %1,59 ve kopma uzamasında %0.4 oranlarında azalma gözlenmiştir.

2 kodlu numunelerde eğitim öncesi ve eğitim sonrası kopma kuvveti değerlerinde önemli bir değişiklik görülmemiştir. Ancak kopma uzaması değerleri çözgü yönünde %12, atkı yönünde %6 azalmıştır. Eğilme ve çekme gerilmesine maruz kalan viskon içerikli kumaş numunelerinin esneme özelliklerinde bariz bir azalma görülmüştür.

3 kodlu kumaş çözgü numuneleri, 30 bin eğitim sonrasında yaklaşık %5 oranında mukavemet kaybetmiş, 50 bin ve 100 bin eğitim sonrası testlerinde bu düşüş görülmemiştir. Toplamda kaybettiği %5 oranındaki mukavemetin neredeyse tamamını ilk 30 bin eğitim sırasında kaybettiği söylenebilir. Buna rağmen kopma uzaması 100 bin eğitim sonrasında yaklaşık %20 oranında artmıştır. Kopma kuvveti açısından bakıldığında, atkı yönünde de benzer bir değişim görülmektedir. En büyük kopma kuvvetindeki yaklaşık %5'lik düşüş, ilk 30 bin eğitim sırasında

gerçekleşmiştir. 50 bin ve 100 bin eğitim testlerinde ise fazladan bir mukavemet kaybı yaşanmamıştır. Kopma uzaması ise 100 bin eğitim sonrası %13 oranında artmıştır.

Kumaşların gerilmeye maruz kaldığı alan 130 mm uzunluğundadır. Kopma kuvveti tayininde kullanılan standartta çeneler arası mesafe 200 mm olarak belirlenmiştir. Bu sebeple, kopma tayini sırasında test edilen numunelerin gerilmelere maruz kalmayan bölümleri bulunmaktadır. Eğitim sayısı arttıkça kumaş kopuşlarının gerilmeye maruz kalan alan içinde gerçekleşme oranları da artmıştır. Kopma kuvvetinde önemli bir değişiklik görülmemiş olsa bile kumaş kopuşları – özellikle 100 bin eğitim numunelerinde – eğitim cihazı test alanı içinden gerçekleşmiştir.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada aynı dokuma desenine, farklı iplik numarası, sıklık ve elyaf içeriğine sahip üç kumaş eğilme ve çekme gerilmesine maruz bırakılmış ve mukavemet değişimleri incelenmiştir. Pamuk, polyester ve viskon elyaftan dokunmuş bezayağı kumaşlar, eğitim test cihazı ile tekrarlı eğitime ve çekme kuvvetine maruz bırakılmış ve kopma kuvveti tayini yapılmıştır. Testler sonucunda pamuk kumaşta hem kopma kuvveti hem kopma uzaması bakımından önemli bir değişiklik kaydedilmemiştir. Viskon kumaşta kopma kuvveti bakımından önemli değişiklik görülmemiş ancak kopma uzamasında çözgü yönünde %12, atkı yönünde %6 oranında bir azalma görülmüştür. Polyester kumaşta kopma kuvveti hem atkı hem çözgü yönünde yaklaşık %5 oranında azalırken, kopma uzaması her iki yönde de

artış göstermiştir. Ayrıca özellikle eğim sayısı arttıkça kumaşların kopuşlarının, eğime maruz kalan alan içinde olma oranları da artmaktadır. Bu durum kumaş yapısı içindeki bu gerilmelerin bir etkisi olarak ortaya çıkmaktadır. Eğilme testi süresince, kumaş içerisindeki iplik ve elyaflar test yönü doğrultusunda çekme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bu kuvvetler etkisiyle ipliklerin ve iplik içerisindeki elyafların hareket ettikleri ve kuvvet yönünde oryante oldukları söylenebilir. Kopuş noktalarının eğim gerilmesinden etkilendiği görölmesine rağmen kopma kuvvetlerinin iki numunede değişmemiş olmasının bu iplik-elyaf hareketleri ile bağlantılı olabileceği düşünölmektedir. Kumaşlar günlük kullanımları sırasında defalarca eğme ve çekme gerilmelerine maruz kalmaktadır. Kumaşların bu alanda davranışlarının tahmin edilip modellenebilmesi, hem kumaş performansı hem kullanım ömrü hakkında önemli bilgiler sağlayacaktır.

#### **TEŐEKKÜR**

*Bu makale TÜBİTAK Bilim İnsanı Destek Programları Başkanlığı (BİDEB) tarafından desteklenen doktora tezi kapsamında yapılmıştır. Tez çalışması boyunca desteklerinden ötürü TÜBİTAK BİDEB'e teŐekkür ederim.*

#### **KAYNAKLAR**

- [1]. Hossain, M. M., Datta, E., & Rahman, S. (2016). A review on different factors of woven fabrics' strength prediction. *Science Research*, 4(3), 88-97.
- [2]. Behera, B.K., Hari, P.K. (2010). *Woven Textile Structure Theory and Applications*. Woodhead Publishing Limited. ISBN: 978-1-84569-718-5.
- [3]. Hu, J. (2004). *Structure and Mechanics of Woven Fabrics*. Woodhead Publishing Limited. ISBN 1 85573 904 6.
- [4]. Klevaitytė, R., & Masteikaitė, V. (2008). Anisotropy of woven fabric deformation after

stretching. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16(4), 69.

- [5]. De Bilbao, E., Soulat, D., Hivet, G., & Gasser, A. (2010). Experimental study of bending behaviour of reinforcements. *Experimental Mechanics*, 50(3), 333-351.
- [6]. Kan, C. W., Leung, M. H. M., & Mongkholrattanasit, R. (2016). Using KES-F System for Determining the Bending Properties of Paper Towels. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 848, pp. 170-173). Trans Tech Publications.
- [7]. Ksilak, D. (1999). A new method of evaluating spherical fabric deformation. *Textile Research Journal*, 69(12), 908-913.
- [8]. Gan, L., Ly, N. G., & Steven, G. P. (1995). A study of fabric deformation using nonlinear finite elements. *Textile research journal*, 65(11), 660-668.
- [9]. Zhang, X., Li, Y., Yeung, K. W., & Yao, M. (2000). Viscoelastic behavior of fibers during woven fabric bagging. *Textile Research Journal*, 70(9), 751-757.
- [10]. Zhang, X., Li, Y., Yeung, K. W., & Yao, M. (1999). Fabric bagging: Part II: Objective evaluation and physical mechanism. *Textile Research Journal*, 69(8), 598-606.
- [11]. Jeddi, A. A., Dabiryan, H., & Kalani, S. (2017). An explanation of warp knitted fabric deformation under uni-axial tension by a novel index as shape ratio. *The Journal of The Textile Institute*, 108(4), 500-506.
- [12]. Xiao, X., Long, A., Lin, H., & Zeng, X. (2015). Large deformation modelling of tight woven fabric under high air pressure. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 10(1), 155892501501000107.
- [13]. R. H. K. Thomson & David Traill (1947) 6—the bending fracture of fibres, *Journal of the Textile Institute Transactions*, 38:2, T43-T49, DOI:10.1080/19447024708659286.
- [14]. Hearle, J. W. S., & Wong, B. S. (1977). Flexural fatigue and surface abrasion of Kevlar-29 and other high-modulus fibres. *Journal of materials science*, 12(12), 2447-2455.
- [15]. Cai, G., Li, D., Fang, D., & Yu, W. (2014). A new apparatus to measure the effect of temperature

and light on the bending fatigue properties of Kevlar 49 and PBO fibers. *Polymer Testing*, 40, 143-148.

[16]. Alamdar-Yazdi, A., & Shahbazi, Z. (2006). Evaluation of the bending properties of viscose/polyester woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, (2), 1.

[17]. Arsoy, R. (2015). Hazır Giyim Üretiminde Yapıştırma Teknolojilerinin Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. s217.