

## Tekstil Atıklarının Kompozit Malzemelerde Takviye Elemanı Olarak Kullanımı

Setenay Gökçe Sultan Gül<sup>1</sup>, Beyza Aslan<sup>1</sup>, Ali Gürsel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Düzce, Türkiye.

<sup>2</sup>Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Düzce, Türkiye.

e-mail: setenaygokce5@gmail.com ORCID ID: 0009-0001-5233-6265, beyzaaslan772@gmail.com ORCID ID: 0009-0002-6923-7455, aligursel@duzce.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-5322-7941.

Geliş/Received : 05.03.2025 ; Kabul/Accepted : 01.05.2025 ; Revize/Revised : 25.04.2025

### Öz

Kompozit malzemeler geleneksel mühendislik malzemelerinin karşılayamadığı özellikleri elde etmek amacıyla üretilmektedir. Kullanılan takviye elemanları da malzemenin mukavemetini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Tekstil atıklarının takviye malzemesi olarak kullanımı, kompozit malzemelerin mukavemet özellikleri üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Bu etki, lif yapısının malzemenin dayanıklılığını artırma potansiyeline dayanır. Bu alandaki araştırmalar, tekstil atıklarının uygun şekilde yönlendirilmesi ve düzenlenmesiyle kompozit malzemelerin mekanik özelliklerinin iyileştirilebileceğini göstermektedir. Estetik tasarım, atıkların bertaraf edilmesi veya değerlendirilerek hammadde tasarrufu sağlama gibi sebepler tekstil atıklarının kompozit malzemelere kullanımının diğer avantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde takviye malzemesi olarak kullanımının mekanik özellikler üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Literatür taramasıyla farklı çalışmaların bulgularını sentezlenerek, tekstil atıklarının kompozit malzemelerin mekanik özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Çeşitli malzeme kombinasyonları ve üretim tekniklerinin uygulanması yoluyla tekstil atıklarının kompozit malzemelerdeki performansını optimize etmeye yönelik önerilen yaklaşımlar ele alınmıştır. Mevcut araştırma sonuçları, ilgili literatürle ilişkilendirilerek analiz edilmiş ve gelecekteki araştırmalar için öneriler sunulmuştur.

### Anahtar Kelimeler

Tekstil atıkları;  
Kompozit malzemeler;  
Sürdürülebilirlik.

## The Use of Textile Wastes as Reinforcements in Composite Materials

### Abstract

Composite materials are produced to obtain features that traditional engineering materials cannot meet. The reinforcement materials are also used to increase the strength of the material. The use of textile wastes as reinforcement material appears to have a significant effect on the strength properties of composite materials. This effect is based on the potential of the fiber structure to increase the durability of the material. Research in this field shows that the mechanical properties of composite materials can be improved by proper orientation and arrangement of textile waste. Aesthetic design, disposal of waste or saving raw materials by recycling are other advantages of using textile waste in composite materials. This study aims to investigate the effects of using textile waste as reinforcement material in composites on mechanical properties. By reviewing the literature, the effects of textile wastes on the mechanical properties of composite materials were investigated by synthesizing variety of study findings. The proposed approaches to optimize the performance of textile wastes in composite materials through the application of various material combinations and manufacturing techniques are discussed. The current research results are analyzed in relation to the relevant literature and suggestions for future research are presented.

### Keywords

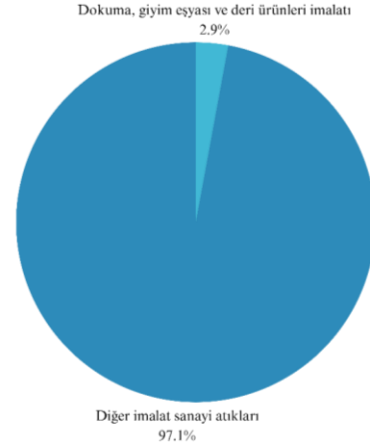
Textile waste,  
Composite material,  
Sustainability.

## 1. Giriş

Kompozit malzemeler, modern endüstrinin temel yapı taşlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Bu malzemeler, genellikle farklı özelliklere sahip birden fazla malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşturulur. Kompozit malzemeler, farklı bileşenlerden oluşan ve özelliklerini bu bileşenlerin birleşiminden kazanan malzemelerdir. Ana yapıyı oluşturan matris malzeme genel mühendislik malzemeleri polimerler, seramikler veya metallerden üretilir ve yükü eşit olarak dağıtarak takviye elemanlarını bir arada tutar. Takviye bileşenleri ise lifler, partiküller veya tabakalar şeklinde olup malzemenin mekanik özelliklerini artırır. Kompozitler, matris malzeme ve takviye elemanlarına göre sınıflandırılır. Polimer esaslı matris malzemeler korozyona dayanıklı ve işlenmesi kolayken, seramik esaslı matris malzemeler yüksek sıcaklık, mukavemet ve aşınma direnci gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. Kompozit malzemeler, farklı malzemelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulduğundan, bir malzemenin zayıf yönlerini diğer malzemelerin güçlü yönleriyle dengeleyerek daha gelişmiş özellikler elde edilmesini sağlarlar (Işık 2008, Şaşmaz 2022). Bu özellikleri nedeniyle, kompozit malzemeler inşaat, otomotiv, havacılık ve denizcilik gibi birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır.

Geleneksel kompozit malzemelerde kullanılan takviye elemanları genellikle yüksek mukavemet ve hafiflik gibi özelliklere sahip malzemelerdir. Cam elyaf, karbon elyaf ve aramid elyaf gibi malzemeler, endüstriyel uygulamalarda sıkça tercih edilir. Ancak, bu malzemelerin üretimi ve işlenmesi olumsuz çevresel etkilere yol açabilir (TÜİK 2024). Bu nedenle, atık malzemelerin kompozitlerde kullanılması çevre dostu bir çözüm sunabilir. Tekstil, ahşap ve plastik gibi atıklar, takviye elemanı olarak kullanılabilir potansiyele sahiptir. Alternatif takviye elemanları olarak doğal lifler ve kabuklar da dikkate alınabilir, böylece çevre dostu kompozit malzemelerin üretimi teşvik edilebilir (Işık 2008, Ertürk ve Kıratlı 2024).

Ancak, atık malzemelerin işlenmesi ve uygun hale getirilmesi bazı zorluklar doğurabilir. Şekil 1'deki TÜİK atık verilerine göre Türkiye'de 2022 yılında 26,3 milyon ton atık oluştuğu görülmekte olup bu atıkların % 2.9' unu tekstil atıkları oluşturmaktadır (TÜİK 2024).



Şekil 1. Türkiye'de oluşan atık miktarı 2022 (TÜİK 2024).

Son yıllarda, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde kullanılması, hem tekstil endüstrisinin sürdürülebilirlik sorunlarına çözüm olabilecek hem de çeşitli avantajlar sağlayan kompozit malzemelerin üretiminde çevre dostu bir alternatif sunabilecek önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Tekstil atıklarının geri dönüşümü, sadece atıkların azaltılmasına değil, aynı zamanda ekonomik açıdan da değerlendirilmesine olanak tanıırken, kompozit malzemelerin üretiminde çevre dostu bir alternatif sunmaktadır.

Mukavemet özelliklerinin yanında kaplama ve estetik görünüm kazandırma amacıyla da üretilen kompozit malzemelerde tekstil atıklarının kullanımı, iyi bir alternatif sunduğu gibi bu atıkların hem bertaraf edilmesinde hem de yeni ürünlerde hammadde tasarrufu başta olmak üzere birçok açıdan avantaj sağlama potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmada, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde kullanımıyla ilgili literatür taraması

yapılmış, literatürde yer alan mevcut araştırmalarda tekstil atıklarının kompozit malzemelerde kullanımının sağladığı fiziksel ve mekanik özelliklere katkısı incelenmiş, tekstil atıklarının kullanım potansiyeli ve bu alandaki geleceğe yönelik eğilimler değerlendirilmiştir. Tekstil atıklarının kompozit malzemelerde kullanımının çevresel ve ekonomik açıdan sağladığı avantajlar da ayrıca tartışılmıştır.

## 2. Tekstil Atıkları

Tekstil atıkları; lif, tekstil ve hazır giyim üretimi esnasında oluşan, ayrıca tüketiciler, ticari ve hizmet endüstrilerinden kaynaklanan atıklardır (Vishnoi 2013). Textile Recycling Council'un verilerine göre, tekstil geri dönüşüm malzemeleri, tüketici öncesi ve tüketici sonrası atıklar olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir (Cuc ve Vidovic 2011). Tüketici öncesi tekstil atıkları, lif, iplik, tekstil, teknik tekstil, dokusuz yüzey, hazır giyim ve ayakkabı üretimleri sırasında ortaya çıkan atıklardır (Vadicherla ve Saravanan 2014). Tüketici sonrası tekstil atıkları ise, kullanım ömrünü tamamlayan tekstil malzemeleridir.

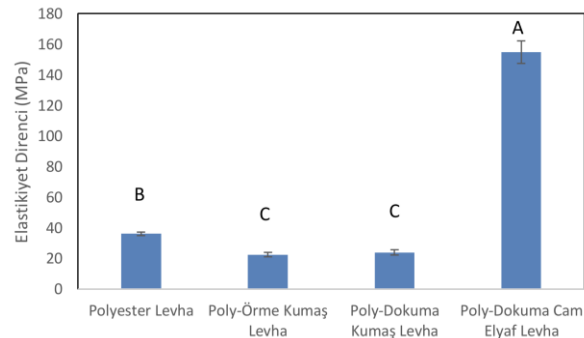
Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (United States Environmental Protection Agency – USEPA) tarafından yapılan açıklamada, çöplük alanlarının %5'ini tekstil atıklarının oluşturduğu tespit edilmiş ve yılda sadece %15'inin tekstil geri dönüşüm endüstrisi tarafından geri dönüştürülebildiği, geri kalan %85'lik bölümünün ise imha için gönderildiği ifade edilmiştir. Tekstil Geri Dönüşüm Kurumu (Council for Textile Recycling – CTR) dahil birçok organizasyon, hızla artan tekstil atıklarına dikkat çekmek ve farkındalık yaratmak için çalışmaktadır. Bu organizasyonlar, 2037 yılına kadar çöplüklerde hiç tekstil atığı kalmamasını hedeflemektedirler (Vadicherla ve Saravanan 2014). Avrupa Birliği (AB)'nde, yıllık ortalama 5,8 ton tekstil ürünü, tüketiciler tarafından atılır. Bu tekstil ürünlerinden 1,5 milyon tonu hayır kuruluşları ve endüstriyel işletmeler tarafından geri dönüştürülür. Kalan 4,5 milyon ton atık, çöpe veya atık yakma tesislerine gider (Briga-Sa ve ark. 2013).

Tekstil lifi atıklarının değerlendirildiği literatür çalışmaları incelendiğinde, genel olarak atık tekstil liflerinin kompozit malzemelerde temel malzeme olarak değil, yardımcı malzeme olarak kullanıldığı gözlemlenmiştir (Işık 2008). Bu çalışmaların çoğunun, atık tekstil liflerinin ara yüzey yapışmasını artırarak elde edilen kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini geliştirmeye odaklandığı görülmektedir.

## 3. Tekstil Atıklarının Kompozit Malzemede Kullanımı

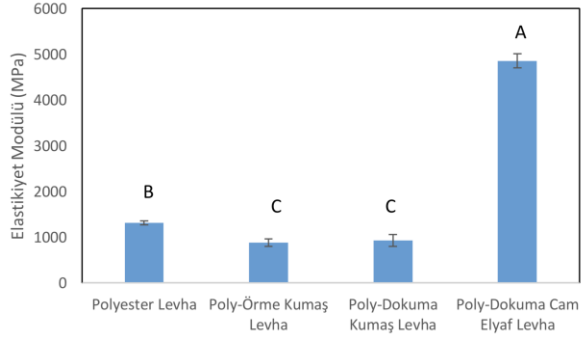
Tekstil atıkları kullanılarak üretilen kompozit malzemelerle ilgili yapılan çalışmalar hakkında literatür taraması yapılmış ve amaca uygun bulunanlar incelenmiş aşağıda sunulmaktadır.

Tekstil atıkları ile yapılan bir araştırmada, örme ve dokuma atık pamuklu kumaşlar ile dokuma cam elyaf takviyeli polyeester esaslı kompozitler üretilmiştir. Üretilen kompozitlerin çekme direnci, çekmede elastikiyet modülü ve kopmada uzama değerleri belirlenmiştir (Şekil 2 ve 3). Elde edilen sonuçlara göre, polyeester içerisine katılan atık örme ve pamuklu kumaşların malzemenin çekme direnci özelliklerini azalttığı, bununla birlikte atık dokuma pamuklu kumaşın malzemenin kopmada uzama değerlerini de artırdığı tespit edilmiştir. Dokuma cam elyaf kullanılan numuneler ise çok yüksek çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerleri sağlamıştır. Elde edilen sonuçlar, atık kumaşlar kullanılarak üretilen polyeester esaslı (matrisli) kompozitlerin özelliklerinde iyileştirme sağlandığını göstermektedir (Yaldızcı ve ark. 2015).



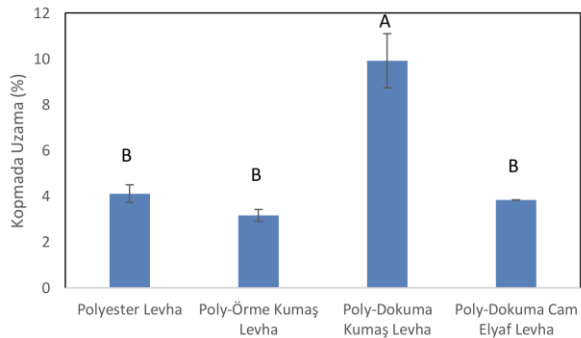
Şekil 2. Çekme direnci değerleri (Yaldızcı ve ark. 2015).

Şekil 2'deki grafik, farklı polyester esaslı kompozitlerin çekme direnci değerlerini göstermektedir. Atık kumaş parçalarının eklenmesi, çekme direncini kontrol örneğine göre önemli ölçüde azaltmıştır. Dokuma cam lifi takviyeli numuneler ise en yüksek çekme direnci değerlerini sağlamıştır. Bu sonuçlar, atık kumaşların kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini etkilediğini ve dokuma cam lifi takviyesinin çekme direncini artırdığını göstermektedir (Yaldızcı ve ark. 2015).



Şekil 3. Çekmede elastikiyet modülü değerleri (Yaldızcı ve ark. 2015).

Şekil 3'deki grafik, polyester esaslı kompozit malzemelerin çekmede elastikiyet modülü değerlerini göstermektedir. Takviye elemanının kontrol örneğine eklenmesi, çekmede elastikiyet modülü değerlerini önemli ölçüde değiştirmiştir ( $P < 0.0001$ ). Atık kumaşların eklenmesi, elastikiyet modüllerini azaltmıştır, özellikle pamuklu kumaşların örme veya dokuma olmasının fark etmediği gibi, en yüksek elastikiyet modülü değerleri dokuma cam lifi takviyeli örneklerde gözlemlenmiştir (Yaldızcı ve ark. 2015).

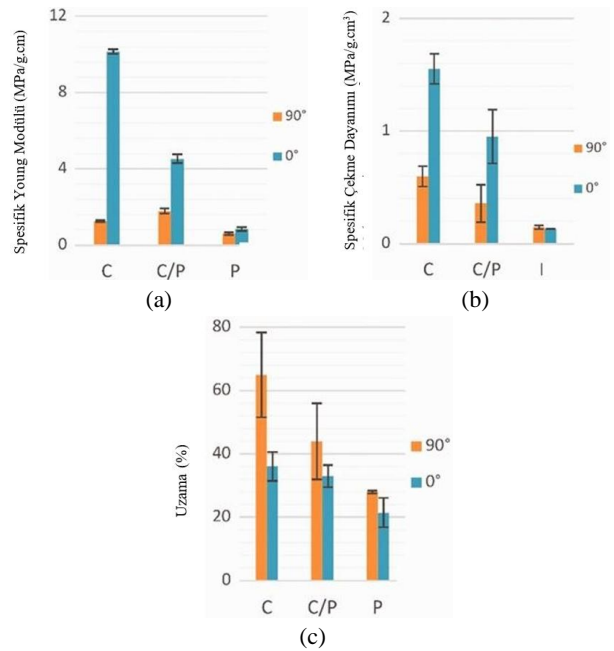


Şekil 4. Kopmada uzama değerleri (Yaldızcı ve ark. 2015).

Şekil 4'teki grafik, kopmada uzama değerlerini göstermektedir. Grafikte, farklı gruplar istatistiksel olarak farklı harflerle belirtilmiştir. En yüksek

kopmada uzama değerleri, pamuklu dokuma kumaş atıklarının kullanıldığı kompozitlerde görülmüştür. Diğer örnekler ise benzer kopmada uzama değerlerine sahiptir (Yaldızcı ve ark. 2015).

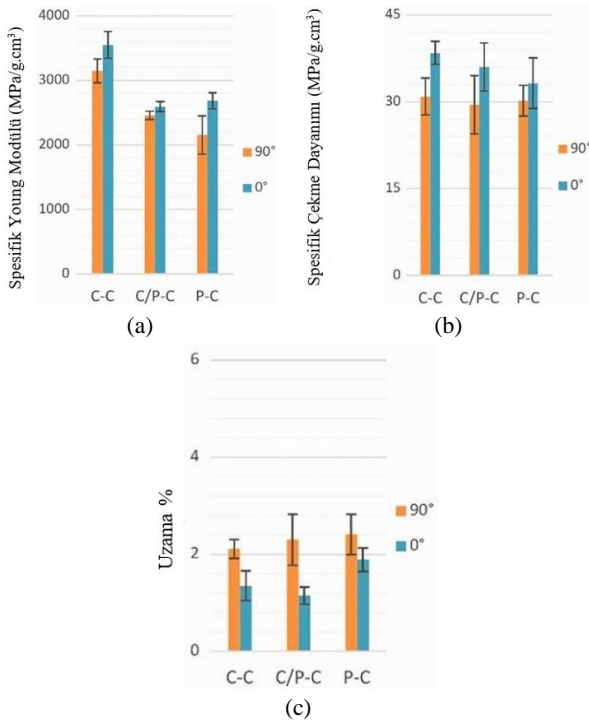
Yapılan çalışmada, pamuk, polyester ve pamuk/polyester dokunmamış atıklarla güçlendirilmiş epoksi kompozitlerin mekanik, termal ve akustik davranışları incelenmiştir. Mekanik değerlendirme sonuçları, üretilen kompozit panellerin dokunmamış kumaşların anizotropik davranışını takip ettiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, dokunmamış numunelerin liflerin çekme kuvveti yönüne paralel olma eğiliminden dolayı 90° yönünde daha yüksek bir uzama gösterdiğini ortaya koymaktadır. Neredeyse tüm numuneler, saf epoksiye benzer veya daha yüksek spesifik Young modülü, spesifik çekme mukavemeti ve darbe direnci göstermiştir. Ayrıca, pamuk atığı/epoksi kompoziti, spesifik Young modülü açısından 3500 MPa/g·cm<sup>-3</sup> ve spesifik çekme mukavemeti açısından 38 MPa/g·cm<sup>-3</sup> değerlerine sahiptir. Bu sonuçlar, kompozitlerin mekanik performanslarının, dokunmamış kumaşların lif oryantasyonlarına bağlı olarak değiştiğini ve genel olarak yüksek mekanik dayanım sergilediğini göstermektedir (Baccouch ve ark. 2020).



Şekil 5. Atık dokunmamış kumaşların mekanik karakterizasyonu: (a) spesifik Young modülü; (b)

spesifik gerilme mukavemeti; (c) uzama (Baccouch ve ark. 2020).

Şekil 5'deki sonuçlara göre, dokunmamış atıkların spesifik Young modülü, spesifik gerilme mukavemeti ve uzama değerleri incelenmiştir. Numunelerin çekme testleri, anizotropik davranışı göstermiştir; 0° ve 90° yönde. Lif oryantasyonunun iyileştirilmesiyle 0° yönde daha yüksek bir spesifik Young modülü ve spesifik gerilme mukavemeti elde edilmiştir. Dokunmamış kumaşların çekme testi sonuçları, literatürdeki çalışmaları destekleyerek iki yönde anizotropik davranışı doğrulamıştır. 90° yönde gelişen uzama özellikleri ise, fiber ara bağlantısının azlığından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, P dokunmamış kumaşların belirsiz lif içeriği nedeniyle 0° yöndeki gerilme özelliklerini etkilediği gözlemlenmiştir (Baccouch ve ark. 2020).



**Şekil 6.** Kompozit panellerin mekanik karakterizasyonu: (a) spesifik Young modülü; (b) spesifik gerilme mukavemeti; (c) uzama (Baccouch ve ark. 2020).

Şekil 6'daki verilere göre, kompozit panellerin özellikleri incelenmiştir. Genellikle, çekme testleri 0° yönünde 90°'ye göre daha yüksek çekme mukavemeti göstermiştir. Kompozitlerin spesifik gerilme mukavemeti ve Young modülü değerleri çoğunlukla saf epoksiye benzer veya daha yüksektir. Dokunmamış kumaş takviyeli kompozitlerin darbe

dayanımı, epoksi reçinesinin sünekliğini artırarak olumlu yönde etkilenmiştir. Bu sonuçlar, atık takviyeli kompozit panellerin endüstriyel uygulamalarda kullanım potansiyeline işaret etmektedir (Baccouch ve ark. 2020).

Bir diğer araştırmada, polyester (PETOR) ve pamuklu kumaşların sürekli kumaş takviyesi ile oluşturulan kompozit plakaların darbe ve çekme özellikleri incelenerek, atık kumaşların kullanımının değerlendirildiği çalışmada, küçük parçalı atıkların rastgele olarak serilmesiyle oluşturulan plakaların çekme dayanımının düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, rastgele oryantasyonlu plakalarda düzensiz bir iç yapı ve yüksek hava boşlukları oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Aral 2009).

Bir başka araştırmada ise, tekstil atıklarından geri kazanılan pamuk lifleri ile güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik özellikleri ve su emme özellikleri incelenmiştir. Geliştirilen kompozitlerin depolama modülü, elyaf hacim oranının artmasıyla birlikte artmış ve sönümlenme faktörü azalmıştır. Ayrıca, kompozitlerin denge su içeriği de elyaf hacim oranındaki artışla birlikte artmıştır. Bu geliştirilen kompozitler, 100°C'de yaklaşık %99'luk bir kömür verimi gösterdiğinden, termal olarak kararlı olarak kabul edilebilir. Araştırmada elde edilen sonuçlar, bu kompozitlerin mobilya malzemeleri ve bazı görünür ve görünmez otomotiv bileşenlerinde kullanılmak üzere gerekli mekanik özellikleri sergilediğini göstermektedir. Dolayısıyla, tekstil atığı takviyeli kompozitler, mobilya uygulamalarında kerestenin yerini başarıyla alabilir ve sürdürülebilir bir malzeme olarak güvenle değerlendirilebilir olduğu görülmektedir (Kamble ve Behera 2020). Mimaride inşaat ve kaplama malzemeleri, dekoratif ürünler ve ünitelerin tasarımında, yüksek mukavemet gerektirmeyen alanlarda yine tekstil atıklarından imal edilen kompozit malzemeler iyi bir seçenek sunabilir.

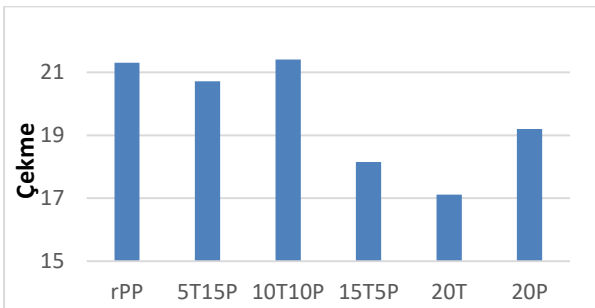
Tablo 1'e göre, fiber hacim fraksiyonundaki artış, kompozitlerin çekme mukavemeti ve Young modülü üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Örneğin, fiber hacim oranının 0,1'den 0,3'e artması, maksimum

çekme gerilimini ve Young modülünü arttırmıştır. Ancak, 0,4 fiber hacim oranında çekme gerilimi azalırken, Young modülü artmaya devam etmiştir. Bu sonuçlar, farklı fiber hacim oranlarının kompozitlerin mekanik özelliklerindeki değişiklikleri göstermektedir (Kamble ve Behera 2020).

**Tablo 1.** Farklı fiber hacim oranlarıyla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik özellikleri (Kamble ve Behera 2020).

Fiber Hacim Oranı	Young Modülü (MPa)	Maksimum Çekme Gerilimi (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Maksimum Eğilme Gerilimi (MPa)	Darbe Dayanımı (kJ/m <sup>2</sup> )
0,1	1504.14	49.47	5.26	46.42	2.13
0,2	1912.34	66.83	5.91	64.10	3.94
0,3	2372.59	83.75	6.50	83.58	6.69
0,4	3299.56	75.43	6.96	108.38	7.62

Bir araştırmada da, geri dönüşümlü polipropilen numuneleri farklı oranlarda talaş ve pamuk selüloz eklenerek hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelere çekme testleri uygulanarak çekme mukavemeti ve % birim şekil değiştirme değerleri ölçülmüştür. Elde edilen veriler analiz edilerek dolgu oranının çekme mukavemeti üzerindeki etkisi incelenmiştir. Saf geri dönüşümlü polipropilen ile dolgu (takviye) eklenmiş numunelerin çekme mukavemetleri karşılaştırılmış, dolgu oranının artışıyla birlikte çekme mukavemetindeki değişimler değerlendirilmiştir. Sonuçlar, literatürdeki çalışmalarla karşılaştırılarak polimer matris ve dolgu malzemeleri arasındaki etkileşimlerin çekme dayanımına olan etkileri tartışılmıştır (Selimoğlu 2023).



**Şekil 7.** Numunelerin çekme mukavemet grafiği (Selimoğlu 2023).

Şekil 7'de farklı numunelerin çekme mukavemeti ve % birim şekil değiştirme değerleri gösterilmektedir. 10T10P kodlu numune, en yüksek çekme

mukavemetine sahip olup, saf geri dönüşümlü polipropilene göre hafif bir artış göstermektedir. %20 atık oranına sahip numuneler en düşük çekme mukavemetine sahipken, pamuk selüloz katkısı çekme mukavemetinde hafif bir azalmaya neden olmuştur. Polimer matris ile dolgu içeriği arasındaki zayıf bağlantı, çekme dayanımını azaltıldığı görülmüştür (Aral 2009).

Tablo 2'de, çeşitli numunelerin çekme mukavemeti ve % uzama değerleri detaylı bir şekilde sunulmaktadır. Pamuk ilavesi, % uzama değerlerinde belirgin bir azalmaya neden olmuştur. Bu durum, pamuk selülozun polimer matris içindeki dağılımı ve bağlanma kalitesinin düşüklüğü ile açıklanabilir. En yüksek çekme mukavemeti ve % uzama değeri 10T10P kodlu numunede ölçüldüğü görülmüştür (Selimoğlu 2023).

**Tablo 2.** Numunelere at çekme mukavemet ve birim şekil değiştirme verileri (Selimoğlu 2023).

Numuneler	Çekme Mukavemeti (MPa)	Birim Şekil Değiştirme (%)
rPP	21.30	7.40
5T15P	20.71	6.26
10T10P	21.40	5.30
15T5P	18.15	4.54
20T	17.11	4.18
20P	19.20	4.13

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde kullanımının potansiyelini ve bu malzemelerin mekanik özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Araştırmalar, tekstil atıklarının kompozit malzeme üretiminde takviye elemanı olarak kullanıldığında malzemelerin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini, bu suretle kullanımının yaygınlaşabileceğini, çevresel sürdürülebilirliği artırabileceğini ve ekonomik faydalar sağlayabileceğini göstermektedir.

Buna göre:

- Polyester esaslı kompozitlerde atık örme ve pamuklu kumaşların kullanımı, çekme direncini azaltmış ancak kopmada uzama değerlerini artırdığı (Yaldızcı ve ark. 2015),

- Dokuma cam elyaf takviyeli numunelerde en yüksek çekme direnci ve çekmede elastikiyet modülü değerlerine tespit edildiği (Yaldızcı ve ark. 2015),
- Pamuk, polyester ve pamuk/polyester dokunmamış atıklarla güçlendirilmiş epoksi kompozitlerde ise dokunmamış numunelerin liflerin çekme kuvveti yönüne paralel olma eğiliminden dolayı 90° yönünde daha yüksek uzama gösterdiği ve neredeyse tüm numunelerin saf epoksiye benzer veya daha yüksek spesifik Young modülü, spesifik çekme mukavemeti ve darbe direnci sergilediği (Baccouch ve ark. 2020),
- Geri dönüşümlü polipropilen numuneleriyle yapılan çalışmada, farklı oranlarda talaş ve pamuk selüloz eklenerek hazırlanan numunelerde dolgu içeriğinin artışıyla çekme dayanımının azaldığını ve pamuk selüloz katkısının çekme mukavemetinde hafif bir azalmaya neden olduğu (Selimoğlu 2023) gözlemlenmiştir.
- Mukavemet özelliklerinin yanında kaplama ve estetik görünüm kazandırma maksadıyla da üretilen kompozit malzemelerde tekstil atıklarının kullanımı, iyi bir alternatif sunduğu gibi bu atıkların hem bertaraf edilmesinde hem de yeni ürünlerde hammadde tasarrufu başta olmak üzere birçok açıdan avantaj sağlama potansiyeline sahiptir (Cuc ve Vidovic 2011, Briga-Sa ve ark. 2013, Kamble ve Behera 2020, Çelik 2024).
- Mimaride inşaat ve kaplama malzemeleri, dekoratif ürünler ve ünitelerin tasarımında, yüksek mukavemet gerektirmeyen alanlarda kereste yerine yine tekstil atıklarından imal edilen kompozit malzemeler iyi bir seçenek sunabilir (Yaldızcı ve ark. 2015, Baccouch ve ark. 2020, Çelik 2024).

Bu bulgular, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve farklı endüstriyel uygulamalarda başarılı sonuçlar elde edilebileceğini ortaya koymaktadır.

Yapılan çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde kullanımı,

malzemenin türüne ve lif oryantasyonuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Atık kumaşların düzenli bir şekilde yerleştirilmesi ve uygun matris malzemeleri ile kombinlenmesi, kompozitlerin mekanik performansını önemli ölçüde artırabilmektedir. Ayrıca, yüksek elyaf hacmi oranları ve uygun yüzey işlemleri, kompozitlerin çekme direnci ve termal kararlılığını iyileştirebilmektedir. Bu bulgular, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabileceğini ve farklı endüstriyel uygulamalarda başarılı sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, tekstil atıkları ile daha fazla deneysel çalışma yapılarak, malzemelerin spesifik performans özellikleri daha detaylı bir şekilde incelenmelidir.

Tekstil atıklarının kompozit malzemelerde daha etkin kullanımı için atık liflerin temizlenmesi ve karakterizasyonu, farklı matris ve takviye kombinasyonlarının deneysel olarak test edilmesi, optimum lif-matris oranlarının belirlenmesi, lif yönlendirme tekniklerinin incelenmesi, mikro ve makro ölçekli testlerin yapılması, termal ve akustik özelliklerin değerlendirilmesi, çevresel ve ekonomik kazanımlar üzerine araştırmalar ve analizler yapılmalıdır. Bu doğrultuda, tekstil atıklarının kompozit malzemelerde daha etkin bir şekilde kullanılmasını sağlayarak çevresel sürdürülebilirliği artırabilir ve ekonomik faydalar sağlayabilir. Gelecekte yapılacak detaylı deneysel çalışmalar, bu alandaki bilgi birikimini genişletecek ve endüstriyel uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

## 5. Referanslar

- Aral, N., 2009. Tekstil Atıklarından Oluşturulan Kompozitlerin Performans Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 99.
- Baccouch, W., Ghith, A., Yalçın-Enis, I., Sezgin, H., Miled, W., Legrand, X. ve Fayala, F., 2020. Investigation of the mechanical, thermal, and acoustical behaviors of cotton, polyester, and cotton/polyester nonwoven wastes reinforced epoxy composites. *Journal of Industrial Textiles*, **51(6)**, 876-899. <https://doi.org/10.1177/1528083720901864>
- Briga-Sa, A., Nascimento, D., Teixeira, N., Pinto, J., Caldeira, F., Varum, H. ve Paiva, A., 2013. Textile

- Waste As an Alternative Thermal Insulation Building Material Solution. *Construction and Building Materials*, 38, 155-160.
- Cuc, S. ve Vidovic, M., 2011. Environmental Sustainability Through Clothing Recycling, *Operations and Supply Chain Management*, **4(2)**, 108-115.
- Çelik, A.G., 2024. Tekstil Katı Atıklarından Üretilen Çeşitli İzolasyon Malzemelerinin Fizikomekanik Özellikleri. *Yer Altı Kaynakları Dergisi* **13(26)**, 59-68.
- Ertürk, L. ve Kıratlı, S., 2024. Atık Malzemelerin Epoksi Matrisli Kompozitlerde Katkı Olarak Kullanımına Yönelik Bir İnceleme. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, **16(2)**, 621-629.
- Işık, A., 2008. Kompozit Malzemeden İmal Edilmiş Bir Takviye Elemanının Eğilme ve Burulma Yüğü Altında Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 102.
- Kamble, Z. ve Behera, B., 2020. Mechanical properties and water absorption characteristics of composites reinforced with cotton fibres recovered from textile waste, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, **15** <https://doi.org/10.1177/1558925020901530>
- Selimoğlu, H., 2023. Atık Pamuk ve çam Talaşı Dolgulu Geri Dönüşüm Polipropilen Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 67.
- Şaşmaz, E., 2022. Tekstil Atıklarından Kompozit Malzeme Üretimi ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 69.
- TÜİK, 2024, Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim tarihi: 25 Mayıs 2024, <https://www.tuik.gov.tr>
- Vadicherla, T. ve Saravanan, D., 2014. Textiles and Apparel Development Using Recycled And Reclaimed Fibers. Book chapter of Roadmap To Sustainable Textiles and Clothing. Ed: Muthu S.S., Springer ScienceBusiness Media, Singapore. DOI: 10.1007/978-981-287-065-0\_5
- Vishnoi, A., 2013. Environment Protection by Textile Recycling: A Route to Sustainability, <http://tmu.ac.in/gallery/viewpointscip2013/pdf/track1/T114.pdf>.
- Yaldızcı, E.Ş., Büşra, A.V.C.I., Bağış, C., Bozkurt, F., Başboğa, İ. H., ve Mengeloğlu, F., 2015. Polyester Esaslı Kompozit Malzeme Üretilmesinde Kumaş Atıklarının Değerlendirilmesi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, **14(2)**, 555-560.