



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

BUTEXCOMP

Dokuma Esaslı Teknik Tekstiller

TASARIM VE UYGULAMALAR

Hazırlayan: Prof. Dr. Emel ÖNDER KARAOĐLU

onderem@itu.edu.tr

İTÜ Tekstil Mühendisliği Bölümü



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIđI



BTSO
BURSA TİCARET VE SANAYİ ODASI



BUTEKOM
Bursa Teknoloji Koordinasyon ve Ar-Ge Merkezi



REKABETÇİ
SEKTÖRLER
PROGRAMI



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir



BÖLÜM 2

Dokuma Esaslı Teknik Kumaş Özellikleri



BÖLÜM 2

Dokuma Esaslı Teknik Kumaş Özellikleri

2.1 Dokuma Kumaş Özellikleri

2.2. Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

2.4. Dokuma esaslı teknik kumaşların geçirgenlik & iletkenlik özellikleri

2.5. Dokuma kumaşların kimyasal özellikleri

2.6. Tasarım ve uygulama alanına göre lif ve iplik seçim kriterleri

2.6.1. Lif seçim kriterleri

2.6.2. İplik seçim kriterleri

2.6.3. Yüksek performans uygulamalarına örnekler





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir



2.1.Dokuma Kumaş Özellikleri



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

2.1.Dokuma Kumaş Özellikleri

- Bir dokuma kumaşın, belli bir son kullanım alanının gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarımı karmaşık bir problemdir.
- **Lif, iplik, kumaş yapısı ve terbiye işlemlerinin özelliklerinden yakından etkilenir.**
- Bu parametre çeşitliliği (zenginliği), aynı zamanda, tasarımcıya pek çok yolla kumaşı kontrol etme ve geliştirme konusunda büyük bir özgürlük sağlar.





2.1.Dokuma Kumaş Özellikleri

- Tekstil materyali diğer konvansiyonel mühendislik malzemelerinden büyük ölçüde farklılaşmaktadır.
- Tekstil yapıları,
 - **homojen** ve **sürekli değildir**,
 - büyük oranda **anizotropik** (davranış biçimi yöne bağımlı) yapılarıdır,
 - kolaylıkla **deforme olurlar**; normal kullanım sırasında sıradan şartlar altındaki düşük streslerde dahi büyük uzama oranlarına ve yer değiştirmelere uğrarlar,
 - **biçim alma özellikleri** vardır.
 - **deformasyon lineer değil**, plastiktir.



2.1.Dokuma Kumaş Özellikleri

Fiziksel

Kimyasal

Görünüm

Kumaş Yapısal Özellikleri

Mekanik Özellikler

Geçirgenlik & İletkenlik Özellikleri

Düşük Deformasyon Özellikleri/ Duyusal Özellikler

Liflerin Kimyasal Özellikleri

Tekstür & Yüzey Karakteristikleri

İplik özellikleri, sıklık, örgü, kıvrım, gramaj, örtme, kalınlık, vd.

Çekme, yırtılma, aşınma, kesme, darbe performansı, vd.

Hava geçirgenliği, su & buhar geçirgenliği, termal iletkenlik ve stabilite, filtrasyon vd.

Dökümlülük & Tutum (Tuşe) Şekil alabilirlik

Kimyasallara ve çevre etkilerine karşı dayanım, yanma davranışı, nem tutma kabiliyeti, vd.

Renk, örgü, iplik numarası ve büküm etkisi, terbiye işlemleri, vd.



2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

- Dokuma esaslı teknik tekstillerden **beklenen mekanik özellikler** son kullanım alanları ile yakından ilişkilidir:
- **Mukavemet:** Emniyet kemeri, hava yastığı, balistik yelek gibi ürünlerde kullanılan teknik tekstillerin yüksek mukavemetli olması gerekmektedir.
- **Takviyelendirme:** Helikopter pervaneleri, kayak, uçak kanadı gibi malzemelerde teknik tekstillerin kuvvetlendirme işlevi görmesi beklenir.
- **Elastikiyet:** Otomotiv sanayinden paketleme sanayine kadar geniş bir yelpazede kullanım alanı bulunmasını elastikiyet (esneklik) sağlar.
- **Mekanik koruma** bıçak kesmesi, metal eriyik sıçramaları gibi tehlikelere karşı vücudun korunması için beklenir.





2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

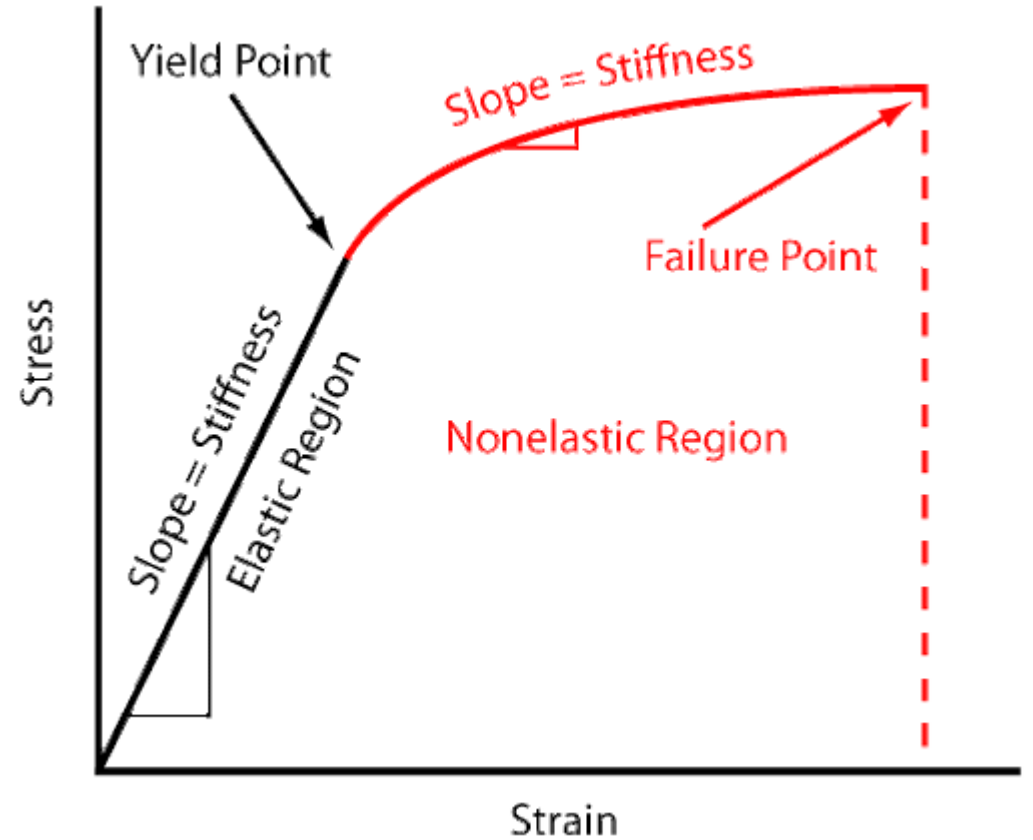
- **Mukavemet (Strength)**, malzemeye/ ürüne, kalıcı olarak deforme olmadan veya kopmadan (gerilme mukavemeti) önce uygulanabilecek gerilimin bir ölçüsüdür.
- **Sertlik (Stiffness)**, malzemenin/bileşenin yük uygulandığında deformasyona direnme yeteneğidir. Bu kuvvetler eğilmeyi, çekmeyi ve diğer gerilme biçimlerini içerir. Malzemenin rijitliği olarak da adlandırılabilir. Bir malzeme ne kadar esnekse sertliği de o kadar az olur.
- Genel olarak sertlik, **malzeme üzerindeki yükün neden olduğu sapma miktarının toplam ölçüsüdür**. Mühendisler genellikle **Young Modülü "E"** olarak bilinen bir değeri sertlikle ilişkilendirir.





2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

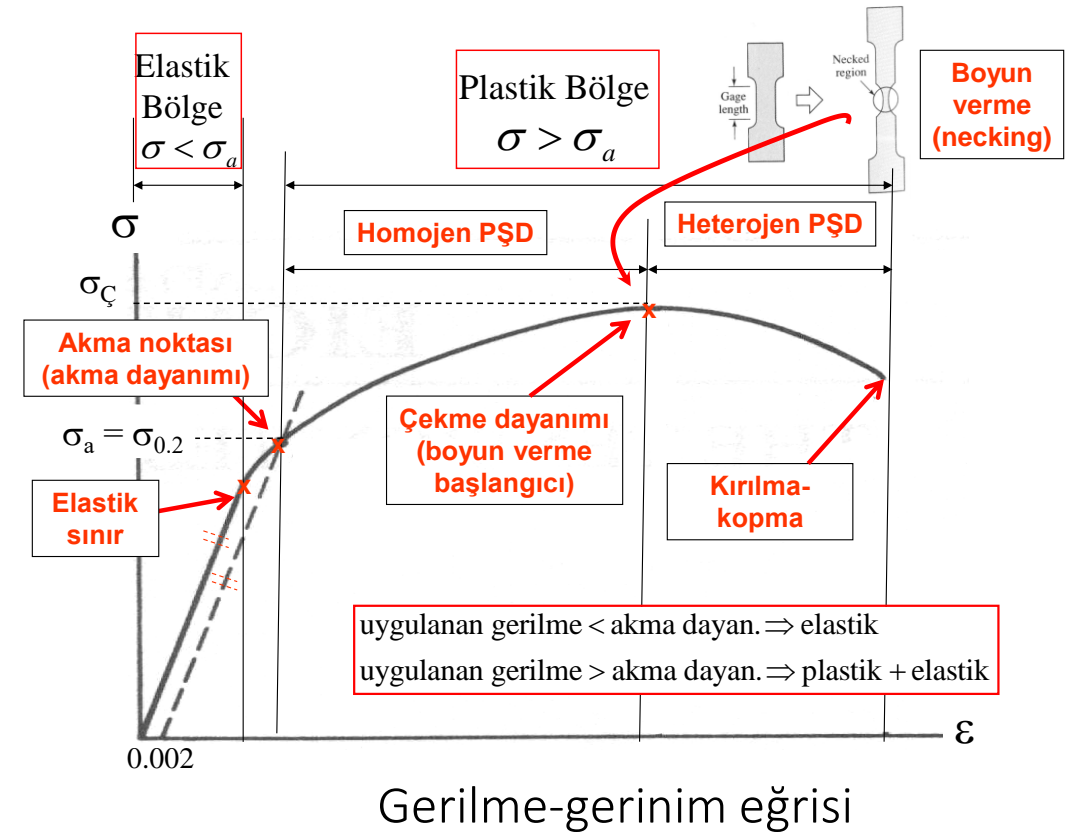
- Malzemenin plastik şekil değiştirmeye başladığı gerilme değerine “**akma dayanımı-yield strength**” adı verilir. Kalıcı deformasyondan önce malzemenin kaldırabileceği maksimum çekme gerilimidir.
- Uygulanan gerilim akma dayanımından küçükse, gerilim ortadan kaldırıldığında malzeme orijinal şekline geri döner. Uygulanan gerilim akma dayanımını aşarsa, plastik veya kalıcı deformasyon meydana gelir ve yük kaldırıldığında malzeme artık orijinal şekline dönemez.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

- Gerilme (σ): Birim alana etkiyen yük
- Birim Şekil Değişirme (ϵ): Malzemeye kuvvet uygulandığı zaman oluşan boy değişiminin kuvvet uygulanmadan önceki ilk boya oranı.
- Çekme mukavemeti, bir malzemenin kopuncaya veya kırılıncaya kadar dayanabileceği en yüksek çekme gerilmesi olarak tanımlanır. Bu gerilme, çekme diyagramındaki en yüksek gerilme değeridir.
- Çekme mukavemeti, MPa veya N/mm^2 cinsinden verilir.





2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

- **Darbe Dayanımı (Impact Strength)**, bir malzemenin ani ve yoğun darbe veya şok yükler altında çatlamaya, kırılmaya veya plastik deformasyona karşı direnç gösterme yeteneğinin ölçüsüdür.
- Darbe dayanımı, bir malzemenin ani bir darbeye kırıldığında absorbe ettiği enerjinin ölçüsüdür.
- Malzemenin ani kuvvetlere dayanma yeteneğini belirleyen kritik bir özelliktir.
- **Basılma Dayanımı (Compressive Strength)**- bir malzemenin dayanabileceği maksimum sıkıştırma veya basınç seviyesidir.
- **Sertlik (Hardness)**, lokal yüzey deformasyonuna karşı dirençtir.





2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

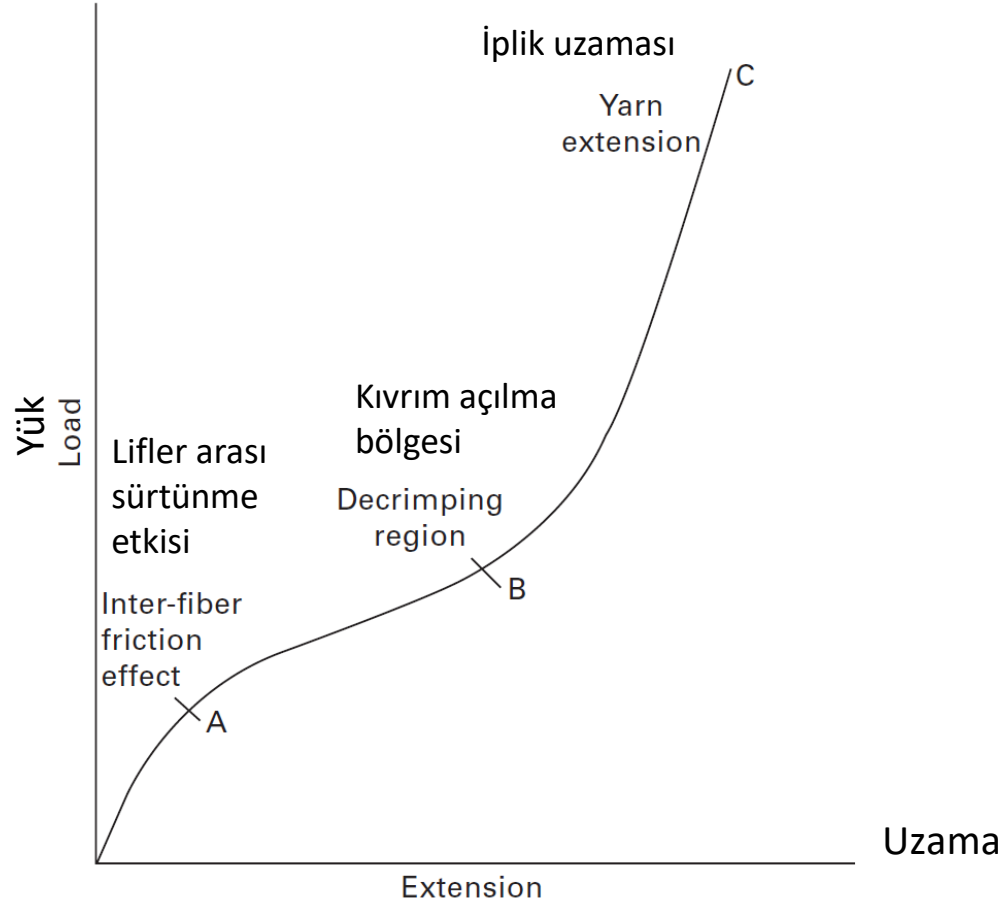
- **Çekme özellikleri (Tensile properties)** - Uygulanan farklı yükler altında kumaşın gerilme, kopma davranışını ifade eder.
- Atkı ve çözgü yönünde tayin edilir.
- Dokuma bir kumaş yapısı, liflerden ve ipliklerden oluşur ve deformasyonu, liflerin ve ipliklerin bir dizi karmaşık hareketine neden olur.
- Dokuma kumaşların gerilme özellikleri, esasen kumaşın anizotropik olması ve uzama oranına göre **önemli ölçüde değişen bir modülünün** olması nedeniyle karmaşıktır.



çekme cihazı



2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler



- Başlangıç modülündeki varyasyon çok büyüktür; çözgü ve atkı yönlerindeki modül farklıdır.
- Dokuma kumaşların çekme özelliklerini, kumaşı oluşturan iplik ve lif yapısının özelliklerinden anlamak kısmen mümkün olabilir.
- Hem elyaf hem de iplik Hook Kanuna uymayan bir şekilde davrandığından, deformasyon davranışı daha karmaşık hale gelir.



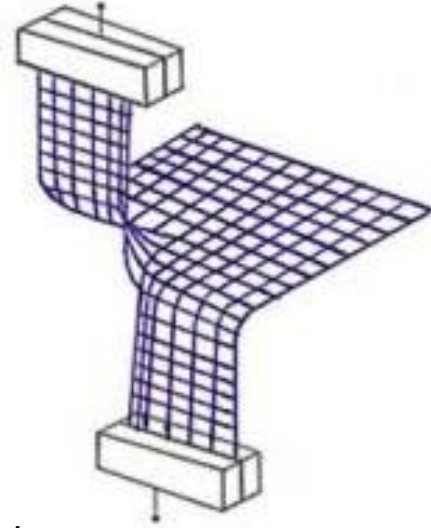
2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

- Kumaşın başlangıçtaki yüksek modülü, esas olarak, ipliğin eğilmesine karşı, lifler arası sürtünmeyi içeren sürtünme direncinden kaynaklanmaktadır.
- Sürtünme kısıtlaması aşıldığında, ipliği kuvvet yönünde açmak için gereken kuvvet azaldığından, modül kademeli olarak azalır.
- Kıvrım açılmasından sonra, iplikler uzadıkça kuvvet keskin bir şekilde artar. Son bölgede, kumaşın yük-uzama özelliği tamamen ipliğin yük-uzama özellikleri tarafından yönetilir.
- Geometrik değişiklikler ipliğin uzamasına ve kesişme bölgesinde sıkıştırmaya izin vermelidir.
- Sıkışmış bir kumaşta, kıvrım açılması ve iplik uzaması muhtemelen birlikte gerçekleşecektir.
- Kumaşın, örneğin, 45°'lik bir açıdaki yük-uzama davranışı, esas olarak kesme/kayma davranışı tarafından belirlenir.





2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler



- **Yırtılma Dayanımı** (Tear Strength)- Çentik atılan bir kumaş, zıt yöne keskin bir şekilde çekildiği için kumaşta yırtılma/delik oluşur.
- Belirli koşullar altında bir yırtığı başlatmak, sürdürmek ya da yaymak için uygulanan kuvvet altında kumaşın davranışıdır. Atkı ve çözgü yönünde tayin edilir.
- İplik sıklıkları ve ipliklerin kumaş içerisinde hareket etme kolaylığından etkilenir.
- Mamul kumaş, kullanım sırasında çeşitli yırtılma etkileri ile karşı karşıyadır.





2.2.Dokuma esaslı teknik tekstillerden beklenen mekanik özellikler

- **Aşınma Direnci** (Abrasion Resistance): Kumaşın yüzey sürtünmesine karşı dayanımıdır.
- Aşınma mukavemeti yüksek olan kumaşlar maruz kaldıkları kuvvetlere rağmen fiziksel bütünlüklerini muhafaza ederlerken, aşınma mukavemeti düşük olan kumaşlarda,

sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle önce incelme sonra da kumaş yüzeyinde bir delinme meydana gelir.

- Elyaf ve iplik özellikleri, doku, yüzeydeki atlama uzunlukları ve yüzeydeki kimyasalların miktarı aşınmayı etkileyen faktörlerdir.





2B Teknik Dokuma Kumaşların Mekanik Özelliklerine Örnekler

Teknik Özellikler	SPN U 200	SPN U 300	SPN U 600	SPN U 800
Elyaf Tipi	Karbon	Karbon	Karbon	Karbon
Yoğunluk (g/cm ³)	1,76-1,80	1,76-1,80	1,76-1,80	1,76-1,80
Elyaf Çapı (µm)	7	7	7	7
0° (Çözü) Yönünde Ağırlık (g/m)	200	300	600	800
90° (Atkı) Yönünde Ağırlık (g/m ²)	0	0	0	0
Kumaş Alan Ağırlığı (g/m ²)*	200	300	600	800
Kumaş Deseni	Unidirectional	Unidirectional	Unidirectional	Unidirectional
	Tek Yön Karbon	Tek Yön Karbon	Tek Yön Karbon	Tek Yön Karbon
Kumaş Açıklaması	Kumaş	Kumaş	Kumaş	Kumaş
Çekme Dayanımı (MPa)	>5500	>5500	>4200	>4200
Elastite Modülü (GPa)	≥240	≥240	≥240	≥240
Kopma Uzaması (%)	1,8	1,8	1,8	1,8
Kumaş Eni (cm)	50	50	50	50
Top Boyu (m)	50	50	50	50

<https://spinteks.com/>



2B Teknik Dokuma Kumaşların Mekanik Özelliklerine Örnekler

Teknik Özellikler	SPN B 600 T	SPN B 600 P	SPN B 800 T	SPN B 800 P
Elyaf Tipi	Karbon	Karbon	Karbon	Karbon
Yoğunluk (g/cm ³)	1,76-1,80	1,76-1,80	1,76-1,80	1,76-1,80
Elyaf Çapı (µm)	7	7	7	7
0° (Çözü) Yönünde Ağırlık (g/m)	300	300	400	400
90° (Atkı) Yönünde Ağırlık (g/m ²)	300	300	400	400
Kumaş Alan Ağırlığı (g/m ²)*	600	600	800	800
Kumaş Deseni	Twill	Plain	Twill	Plain
Kumaş Açıklaması	Çift Yön Karbon Kumaş	Çift Yön Karbon Kumaş	Çift Yön Karbon Kumaş	Çift Yön Karbon Kumaş
Çekme Dayanımı (MPa)	>5500	>5500	>4200	>4200
Elastite Modülü (GPa)	≥240	≥240	≥240	≥240
Kopma Uzaması (%)	1,8	1,8	1,8	1,8
Kumaş Eni (cm)	100	100	100	100
Top Boyu (m)	50	50	50	50

<https://spinteks.com/>



2B Teknik Dokuma Kumaşların Mekanik Özelliklerine Örnekler

Teknik Özellikler	SPN B 600 T (CAM)	SPN B 600 P (CAM)	SPN B 800 T (CAM)	SPN B 800 P (CAM)
Elyaf Tipi	Ar Glass Cam	Ar Glass Cam	Ar Glass Cam	Ar Glass Cam
Yoğunluk (g/cm ³)	2,55-2,63	2,55-2,63	2,55-2,63	2,55-2,63
Elyaf Çapı (µm)	14-24	14-24	14-24	14-24
0° (Çözü) Yönünde Ağırlık (g/m)	300	300	400	400
90° (Atkı) Yönünde Ağırlık (g/m ²)	300	300	400	400
Kumaş Alan Ağırlığı (g/m ²)*	600	600	800	800
Kumaş Deseni	Twill	Plain	Twill	Plain
Kumaş Açıklaması	Çift Yön Cam Kumaş	Çift Yön Cam Kumaş	Çift Yön Cam Kumaş	Çift Yön Cam Kumaş
Çekme Dayanımı (MPa)	>2500	>2500	>2500	>2500
Elastite Modülü (GPa)	≥72,5	≥72,5	≥72,5	≥72,5
Kopma Uzaması (%)	3,3-4,8	3,3-4,8	3,3-4,8	3,3-4,8
Kumaş Eni (cm)	100	100	100	100
Top Boyu (m)	50	50	50	50

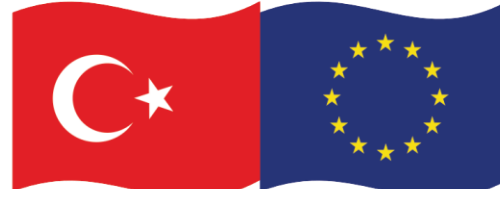
<https://spinteks.com/>



2B Teknik Dokuma Kumaşların Mekanik Özelliklerine Örnekler

Teknik Özellikler	SPN B 600 T (BAZALT)	SPN B 600 P (BAZALT)	SPN B 800 T (BAZALT)	SPN B 800 P (BAZALT)
Elyaf Tipi	Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazalt
Yoğunluk (g/cm ³)	2,63	2,63	2,63	2,63
Elyaf Çapı (µm)	13-19	13-19	13-19	13-19
0° (Çözü) Yönünde Ağırlık (g/m)	300	300	400	400
90° (Atkı) Yönünde Ağırlık (g/m ²)	300	300	400	400
Kumaş Alan Ağırlığı (g/m ²)*	600	600	800	800
Kumaş Deseni	Twill	Plain	Twill	Plain
Kumaş Açıklaması	Çift Yön Bazalt Kumaş	Çift Yön Bazalt Kumaş	Çift Yön Bazalt Kumaş	Çift Yön Bazalt Kumaş
Çekme Dayanımı (MPa)	>3000	>3000	>3000	>3000
Elastite Modülü (GPa)	≥90	≥90	≥90	≥90
Kopma Uzaması (%)	3,5	3,5	3,5	3,5
Kumaş Eni (cm)	100	100	100	100
Top Boyu (m)	50	50	50	50

<https://spinteks.com/>



2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- **Tekstil takviyeli polimer matrisli kompozit malzemeler**(textile-reinforced composite materials) , **düşük yoğunlukları** (low densities), **yüksek mukavemet** ve **yüksek sertlik** (high strength and high stiffness) özellikleri sayesinde, performans ve dayanıklılık açısından mühendislik yapıları için birçok fayda sağlamaktadır.
- **Dokuma kumaşla güçlendirilmiş kompozitler** (woven fabric-reinforced composites), **günümüzde en yaygın olarak kullanılan tekstil takviyesidir**; cam, karbon ve aramid takviyeli dokuma kompozitler havacılık da dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamaları sahiptir.





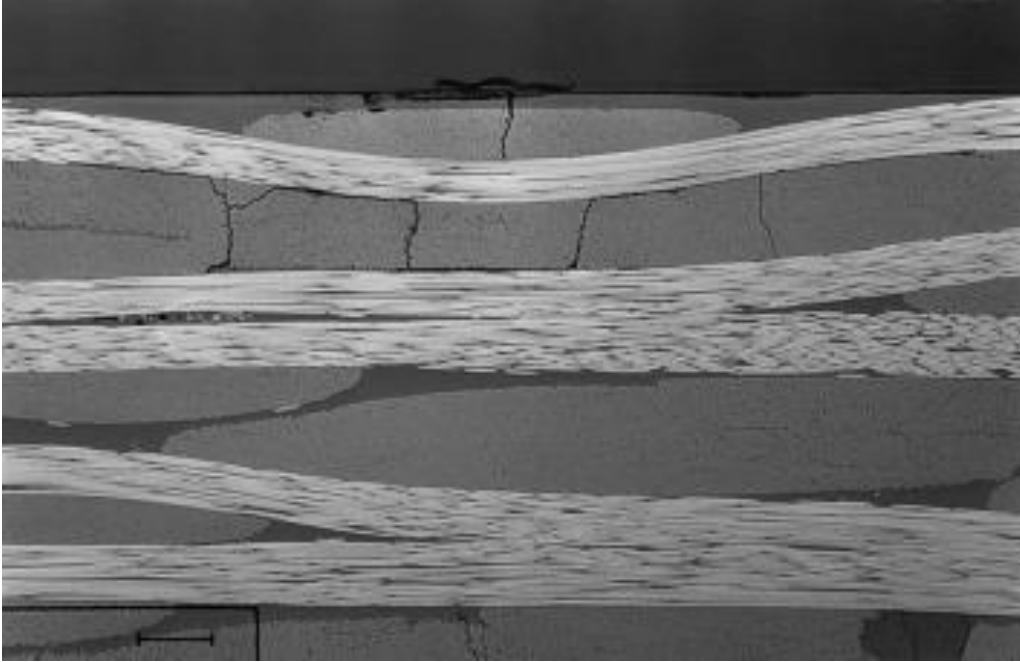
2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- Dokunmamış kumaşlarla karşılaştırıldığında dokuma kumaşları çekici kılan özellikleri: (drapability) özelliğine sahiptirler ve **boşluksuz karmaşık şekillerin oluşturulmasına** olanak tanırırlar.
- Dokuma takviyesi, **çözgü ve atkı yönlerinde iyi bir stabilite** gösterir ve **kumaş kalınlığına göre en yüksek örtme ve iplik paketleme yoğunluğunu** sunar.
- Çok iyi bir **örtülebilme/şekil alma** (drapability) özelliğine sahiptirler ve **boşluksuz karmaşık şekillerin oluşturulmasına** olanak tanırırlar.
- Tek bir çift eksenli kumaşın, iki dokunmamış katmanın yerini alması ve kullanım kolaylığı ve otomasyona daha kolay uyum sağlaması nedeniyle **üretim maliyetleri** azalır.



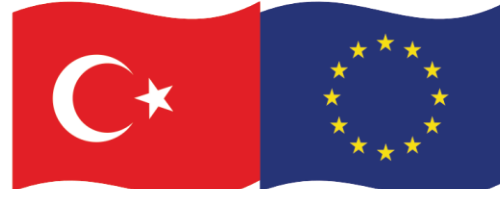


2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları



Şekil: Sekiz çerçeveli dokuma karbon lif takviyeli polimer (CFRP) laminatın matris çatlakları ve ilgili katmanlara ayrılma (delaminasyon) şeklindeki hasarı gösteren optik mikrografı (ölçek 200 µm).

- Dokuma kumaş kompozitler, dokunmamış kompozitlerle kıyasla darbe hasarına karşı daha yüksek bir direnç gösterir ve darbeden sonra basılma dayanımında önemli iyileşmeler gösterir. Ancak bu avantajlar, eşdeğer dokunmamış kompozitlere göre daha düşük sertlik ve mukavemet pahasına elde edilir.



2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- Bishop ve Curtis (1984) dokuma kumaşların havacılık uygulamalarına yönelik potansiyel avantajlarını gösteren ilk kişiler arasındaydı.
- **Beş çerçeveli, 3K dokuma kumaşı**, eşdeğer bir dokunmamış karbon/epoksi laminatla karşılaştırarak, çift eksenli (0/90, biaxial) dokuma laminatın modülünün, dokunmamış çapraz katlı laminat kumaşinkine kıyasla biraz azaldığını gösterdiler (60 GPa'ya kıyasla 50 GPa).
- 7 J darbe uygulandıktan sonraki basılma dayanımının ise %30'un üzerinde artmıştır.
- Raju ve ark. (1990), karbon/epoksi laminatlar için sekiz çerçeveli (73 GPa) beş çerçeveli (69 GPa) ve bezayağı dokumaya (63 GPa) doğru azalan bir modül buldu.





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- Dokuma kompozitlerin çekme mukavemetleri de (tensile strength) dokunmamış eşdeğerlerinden biraz daha düşüktür.
- Bishop ve Curtis, tek yönlü (Unidirectional/UD) eşdeğeri laminatlarla karşılaştırıldığında dokuma kompozitin **çekme mukavemetinde %23'lük bir azalma** buldu.
- Üç eksenli (Triaxial) dokuma kumaş kompozitleri doğal olarak boylamasına yönde daha da azaltılmış özelliklere sahiptir.
- Fujita ve ark.(1993), **üç eksenli dokuma karbon/epoksi için sırasıyla 30 GPa ve 500 MPa'lık Young modülü ve gerilme mukavemetine** atıf yapmışlardır.





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- **Cam takviyeli dokuma kumaşlar**

karbonla karşılaştırıldığında, cam elyaf modülünün çok daha düşük değeri nedeniyle daha düşük mekanik özelliklere sahip kompozitlere yol açar.

- Amijima ve ark. (1991), düz bezayağı örgülü bir cam/polyester ($V_f = 33\%$) için sırasıyla 17 GPa ve 233 MPa'lık Young modülü ve gerilme mukavemeti değerlerini rapor ederken, Boniface ve

ark. (1993) sekiz çerçeveli örgüde cam/epoksi kompozit için sırasıyla 19 GPa ve 319 MPa ($V_f = 37\%$) şeklinde karşılaştırılabilir değerler buldu.

- **Açıktır ki, dokuma kumaşla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik özelliklerine, kullanılan elyafın türü, dokuma parametreleri ve çeşitli katmanların yerleşimi ve oryantasyonu hakimdir.**





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- **Hasar Birikimi (Damage Accumulation):**
Dokuma kompozitlerde **çekme yükü altındaki hasar**, yaklaşık %0.3-0.4'ün çok üzerindeki gerinimlerde, eksen dışı tow'larda matris çatlamasının gelişmesiyle karakterize edilir.
- **Hasar araştırmalarının çoğunda çözüğü yönünde yüklenen çift eksenli kumaşlar dikkate alınmıştır.** Çatlaklar/kırıklar atkı demetlerinde başlar ve artan yük (veya gerinim) ile birlikte artan çatlak yoğunluğu gelişir.
- Çatlakların birikmesine kompozitin Young modülünde kademeli bir azalma eşlik eder.
- Dokuma karbon sistemlerinde matris çatlaması, bitişik tow'lardaki kıvrım bölgesinde önemli ölçüde delaminasyona neden olabilir ve bu da mekanik özellikleri daha da azaltır.

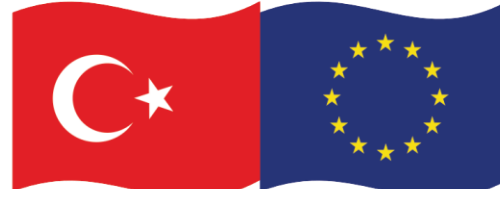




2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- Kompozit performansını etkileyen ilave parametreler de vardır. Örneğin, bazı araştırmacılar, **ipliklerin dokumadan önce bükülüp bükülmediğine** bağlı olarak mekanik özelliklerin biraz değişme ihtimaline dikkat çekmişlerdir.
- **Bükümlü veya bükümsüz ipliklerden üretilen laminatlarda statik ve döngüsel yükleme altında hasar birikimi (damage accumulation) farklıdır.**
- **Ayrıntılı çatlak morfolojisi, tow'ların bükülmüş veya bükülmemiş olmasına bağlıdır.** Bükümlü tow'lar parçalı matris çatlaklarına yol açar; bükümsüz tow'lar, çapraz katlı laminatlarda gelişen 90 katlı çatlaklara oldukça benzeyen matris çatlaklarına yol açar





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- **Üç boyutlu (3B) lif takviyeli kompozit malzemeler**, tek yönlü tabaka olarak güçlendirilmiş malzemedan oluşturulan laminatlarda ve istiflenmiş iki boyutlu dokuma kumaş kompozitlerinden oluşturulan laminatlarda, katlar veya katmanlar arasında **delaminasyon sorununa** bir çözüm olarak son yıllarda hızla gelişmektedir.
- Bu üç boyutlu tekstil kompozitleri için, kalınlık boyunca (z yönü) takviye iplikleri,

diğer elyaf takviyeli kompozit malzemelerle karşılaştırılmayan, katmanlara ayrılmaya karşı bir direnç kazandırır.

- **Farklı 3B mimarilerden, ortogonal ön kalıplar/prepregler genellikle en yüksek mekanik özelliklere sahiptir.**
- **3B dokuma kumaş kompozitlerin temel düzlem içi mekanik özellikleri, 2B dokuma eşdeğerlerinden önemli ölçüde farklı değildir.**





Tipik bir 3B dokuma kompozit ile eşdeğer çok katmanlı 2B dokuma kumaş kompozitin mekanik özelliklerinin karşılaştırılması

	Kıvrımsız 3B ortogonal dokuma kompozit (Non-crimp 3D orthogonal woven composite)			Eşdeğer çok katmanlı 2B GFRP kompozit (Equivalent multilayer 2D GFRP composite)		
	E (GPa)	σ_{TS} (MPa)	ϵ_f %	E (GPa)	σ_{TS} (MPa)	ϵ_f %
Çözü (Warp)	24	429	2.7	26	413	2.4
Atkı (Weft-fill)	25	486	3.3			
Verev (Bias)	13	124	14	12	109	9.7

Lomov ve ark. (2009), yaklaşık $V_f = 0.49$ 'luk bir lif hacim fraksiyonuna sahip kıvrımsız 3B ortogonal dokuma kompozitleri, benzer fiber hacim fraksiyonu ($V_f = 0.52$) olan eşdeğer iki boyutlu çok katmanlı düz örgü eşdeğeri GFRP kompozit ile karşılaştırmıştır. Young modüllerin (E) tümü, 2B ve 3B kompozitlerde çözgü ve atkı yönleri için yaklaşık 25 GPa ve çapraz yön için yaklaşık 13 GPa'dır. Çekme mukavemetleri ve kopmaya yönelik gerinimler, 3B kompozitler için muhtemelen kalınlık z-ekseni boyunca güçlendirme etkisiyle biraz daha yüksektir.

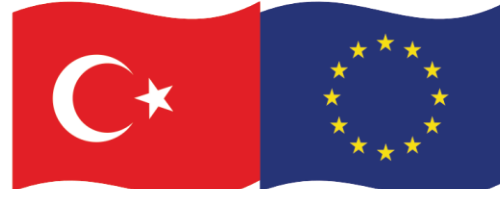
GFRP = glass fibre-reinforced polymer.



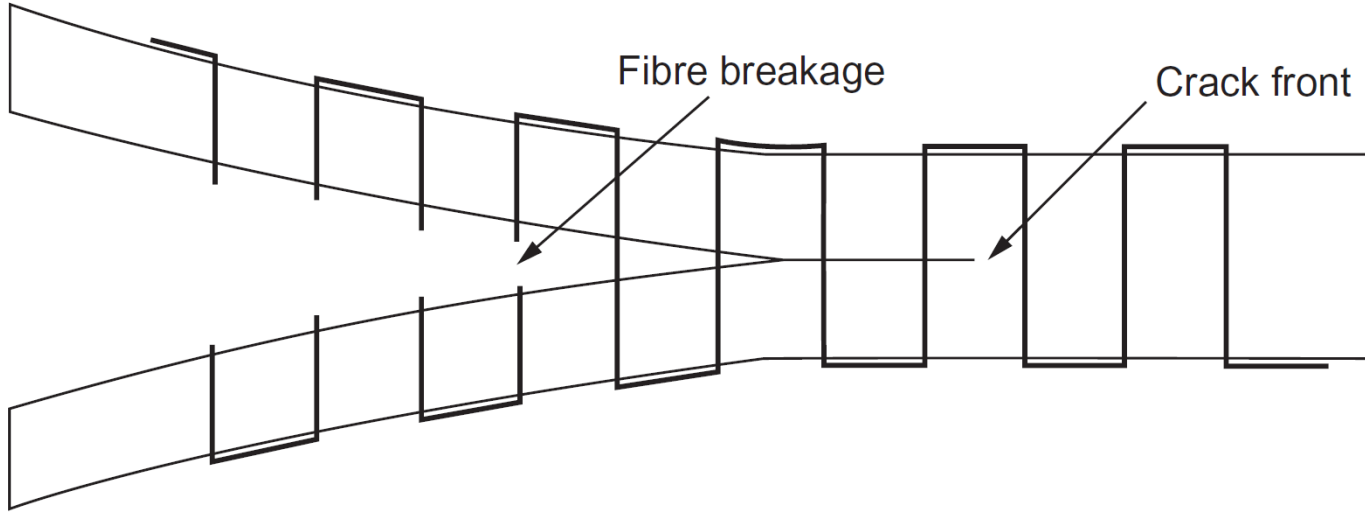
2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- 3B kompozitlerin 2B kompozitlere göre kayda değer bir gelişme gösterdiği nokta delaminasyona karşı dirençtir.
- Tanzawa ve ark. (1999), 3B ortogonal bir kumaş kompoziti için tabakalar arası dayanıklılıkta (yani katmanları birbirinden ayırmaya karşı direncin bir ölçüsü olan kritik gerinim enerjisi salınım oranı) 6 kat artış buldu.
- Bu çalışmada bağlayıcı tow'lar kalınlık boyunca %0.77'lik küçük hacim oranına sahipti.
- 2B kompozitlerde veya laminatlarda delaminasyonun yayılmasına karşı direnç, malzemenin katmanları arasındaki ara yüzde bir ara yüz çatlaklarının büyümesi gerekliliğinden kaynaklanmaktadır.
- Fishpool ve ark. (2013), 3B dokumanın her üç (ortagonal, açılı interlok ve kattan kata bağlamalı) yüksek delaminasyon direnci değerlerine sahip olduğunu buldu.





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

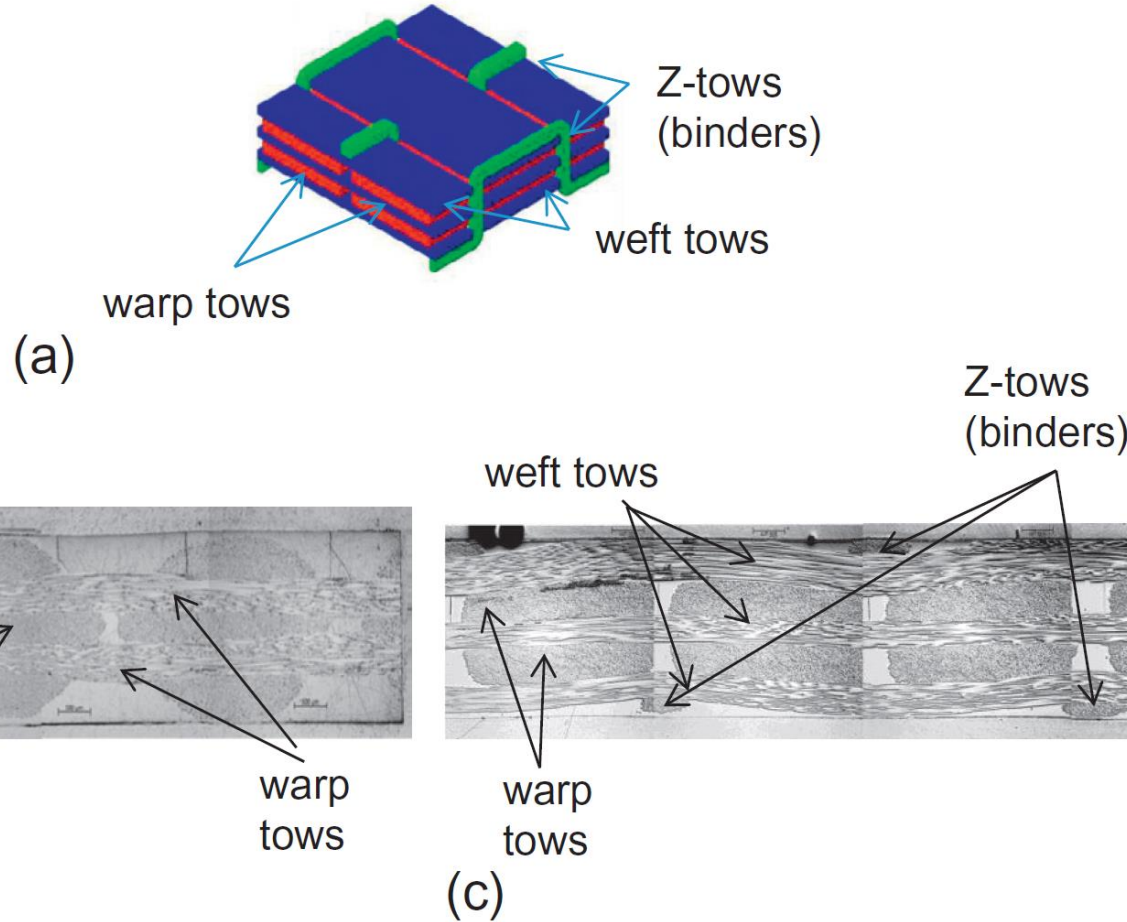


Şekil: 3B dokuma kumaş kompozitinde z-tow'larını (veya bağlayıcılarını) kalınlık boyunca kıran bir delaminasyonun şeması.

- 3B dokuma kumaş kompozitlerinde delaminasyon direnci, şekilde gösterildiği gibi, kalınlık boyunca tow'ların kırılması gerekliliği ile desteklenir.
- Her türden 3B kompozitlerde hasar gelişimini araştıran yazarlar (2009-2011) , lif/örgü mimarisinin karmaşıklığının bir yansıması olan **hasarın karmaşıklığı** hakkında yorumda bulunmuşlardır.



2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları



Şekil: 3B kıvrımsız, ortogonal kompozitin (a) örgü mimarisinin şeması (kalınlık boyunca takviye sağlayan z tow'larla birlikte 3 atkı katı ve 2 çözgü katı olan örnek); (b) görüntüde yatay olarak yerleşen çözgü tow'larını gösteren kesit ve (c) görüntüde yatay olarak yerleşen atkı tow'larını gösteren kesit

Şemada yeşil renkle gösterilen kalınlık boyunca ilerleyen z-tow'lar (bağlayıcılar), kesit düzleminde olmadıkları için şekil (b)'de görülemez; ancak, çözgüye paralel bir yönde ilerledikleri için şekil (c)'de görülebilir.



2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- Görüntüler, 3B kompozitlerin, **lif mimarisinin tow boyutu ölçeğinde tek biçimli olmaması ve kompozitin yüzeyinde ve iç kısmındaki tow yapısının farklı doğasını** karakterize etmektedir.
- Genellikle '**z taçları**' olarak adlandırılan, z-yönündeki çekmelerin, yüzey atkı ipliklerini hizadan çıkardığı görülebilir. Bu konumların, **hem yarı statik hem de yorulma yüklemesinde hasar başlangıcının başlatıldığı konumlar** olduğuna inanılmaktadır.
- Genel olarak, tespit edilen hasar türleri: tow içindeki ve tow sınırlarındaki enine (transverse) matris çatlakları, tow'lardaki bağların çözülmesi ve tow'lar arasındaki lokal ara yüzey kırıkları, reçine (matris) ceplerindeki enine (transverse) çatlaklar, kesme matrisi çatlakları, yükleme yönünde tow'ların ayrılması, lif kırılmaları, tow katmanları arasında tabakalara ayrılmalar.
- Potluri ve ark. (2012) **darbe sonrası sıkıştırma (CAI-compression after impact)** ile ilgili olarak **bağlayıcı mimarisinin, darbe hasarı direnci ve hasar toleransı** üzerindeki etkisini araştırmışlar, 3B dokuma kompozitler için, belirli bir eşik hasar boyutunun altında CAI mukavemetinde önemli bir azalma olmadığını göstermişlerdir.





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- **2B ve 3B dokuma kumaş kompozitlerinin sayısal analizlerinin çoğunluğu, lamine plaka teorisine önemli ölçüde dayanmaktadır. Sayısal yöntemler sonlu elemanlar yöntemine (FEM) dayanır.** yelpazede araştırmalar yürütülmektedir.
- Modellemeyle ilgili olarak, iki ve üç boyutlu dokuma kompozitlerin farklı mekanik özelliklerini (örneğin elastik özellikler, darbe davranışı) tahmin etmeye yönelik geniş bir strateji
- Örneğin, yarı statik yükleme altında üç boyutlu dokuma kompozitlerin aşamalı başarısızlığının sayısal simülasyonları ve mukavemet tahminleri üzerine bir dizi yayın mevcuttur.
- CT taraması görüntülerinden yararlanan geometri modelleri, lif mimarisinin temsilini geliştirebilir.





2.3. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin mekanik davranışları

- 3B cam elyaf takviyeli plastik (GFRP) ve karbon elyaf takviyeli plastik (CFRP) kompozitlerin patlamaya karşı koruma (örneğin araç zırhında, blast protection), uçak yapıları (küçük bileşenlerden birincil yük taşıyan yapılara kadar), inşaat mühendisliği kirişleri ve yeni kompozit bağlantılar, deniz yapıları, rüzgar enerjisi (rüzgar türbini direk kapakları) gibi alanlarda önemli uygulamaları öngörülmektedir.



<https://www.3dweaving.com/en/applications/multilayer-fabrics>



2.4. Dokuma esaslı teknik kumaşların geçirgenlik & iletkenlik özellikleri (Permeability & Insulation properties of woven fabrics)

• Termal Konfor Parametreleri:

- Hava geçirgenliği (air permeability)
- Su-buhar geçirgenliği direnci (water-vapor resistance)
- Su iticilik (water repellency)
- Termal iletkenlik veya termal direnç (thermal conductivity/resistance)
- Rüzgar direnci (wind resistance)

- Su geçirmez nefes alabilen kumaşlar, insan vücudunu dış ortam ısısından, rüzgardan, sudan ve birçok zararlı ajandan koruyan ve aynı zamanda nem buharının içeriden dış atmosfere etkili bir şekilde iletilmesine izin veren giysilerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır.
- Uygulamalar, ekstrem hava koşullarındaki boş vakit kıyafetlerinde iyi bilinen kullanımlardan özel tıbbi ve askeri kullanıma, kişisel korumaya kadar değişebilir.





2.4. Dokuma esaslı teknik kumaşların geçirgenlik & iletkenlik özellikleri

- Su geçirmez, nefes alabilen kumaşların performans değerlendirmesi temel olarak üç özelliğin ölçülmesiyle yapılır. Tipik özelliklerinden bazıları şunlardır:
- Su buharı geçirgenliği – minimum 5000 g/m²/24 saat
- Su geçirmezlik – minimum 130 cm, hidrostatik basınç
- Rüzgar geçirmezlik – 1 m barda 1.5 cm³/cm²/saniyeden az; hava geçirgenliği ile ölçülür.
- Birçok uygulamada, nefes alabilen kumaşların bu özelliklerinin dışında kumaş yırtılması, gerilmesi, esneklik ve aşınma direnci gibi birçok performans özelliğini karşılaması beklenir.
- Sık dokunmuş kumaşlar, rüzgar ve yağmura karşı maksimum koruma sağlamak için tercih edilirler.





2.4. Dokuma esaslı teknik kumaşların geçirgenlik & iletkenlik özellikleri

- Belirli bir uygulama için filtre kumaşının seçimini belirleyen birincil faktörler şu şekilde özetlenebilir:
- **Termal ve kimyasal koşullar** – gaz akışının termal ve kimyasal yapısı, kullanılacak elyafın türünü etkili bir şekilde belirler
- **Filtreleme gereksinimleri** – parçacık boyutu ve boyut dağılımı, kumaşın yapısını belirleyeceğinden üreticisi için büyük önem taşır.
- **Ekipman hususları**–temizleme mekanizmalarına ve özellikle bunların uyguladığı kuvvetlere odaklanmaktadır; toz yükünün ağırlığı nedeniyle esnemeye karşı direncin yanı sıra üstün esnekliğe sahip bir filtre kumaşı en azından stratejik esnek noktalarda daha uzun bir ömür sağlayacaktır
- **Maliyet** – hammadde ve üretim maliyetlerini azaltmak için her türlü çaba gösterilmektedir.





2.4. Dokuma esaslı teknik kumaşların geçirgenlik & iletkenlik özellikleri

- Jeotekstilin mekanik tepkisi öncelikle liflerin yönüne ve düzenliliğine ve ayrıca yapıldığı polimerin türüne bağlıdır.
- Bununla birlikte, en yaygın olarak kullanılan iki geotekstil dokuma ve dokunmamış yapılardır ve bu yapıların tek veya çift eksenli çekme yükleme koşulları altındaki deformasyon davranışı önemli ölçüde farklıdır.
- Genel olarak, **jeotekstiller doğası gereği gözeneklidir ve buna bağlı olarak düzlem içi**

(geçirgenlik) ve düzlemler arası geçirgenlik dahil olmak üzere hidrolik özellikler, boşlukların veya gözeneklerin varlığından önemli ölçüde etkilenir, çünkü ortamdaki akışın ancak ve ancak bu gözenekler birbirine bağlıysa gerçekleştiği iyi bilinmektedir.

- Ayrıca, akışkan akışının mekaniği, akışının miktarını belirleyen **gözenek genişliğine** ve akışkan akışının serbest yolunu temsil eden **gözenek derinliğine** bağlıdır.





2.5. Dokuma esaslı teknik kumaşların kimyasal özellikleri (Chemical properties of woven fabrics)

- Kumaşların kimyasal özellikleri lif özellikleriyle yakından ilişkilidir.
- **Lifin kompozisyonu** (fiber composition)
- **Liflerin boyarmaddelere olan afinitesi** (affinity of the fiber for dyestuffs)
- **Termal & kimyasal stabilitesi** (thermal & chemical stability)-Isı, nem, asitler, alkaliler, çözücüler ve diğer kimyasalların lifler üzerindeki etkisi.
- **Nem tutma kabiliyeti** (moisture holding ability)
- **Yanma davranışı** (burning behavior), vd.





2.5. Dokuma esaslı teknik kumaşların kimyasal özellikleri

- Jeotekstiller, son kullanım performanslarında çok çeşitli ortamlarda jeotekstiller tasarlarken veya mühendislik yaparken **çevrenin kimyasını** dikkate almak büyük önem taşır.
- Jeotekstillerin üretiminde hem doğal hem de sentetik lifler kullanılmaktadır, ancak polyester ve polipropilen bazlı jeotekstiller geoteknik uygulamalar için en yaygın kullanılan malzemelerdir.
- Jeotekstil formundaki bu polimerik lifli malzemeler düşman ortamlara maruz kalabilir ve bu da hem morfolojik hem de kimyasal formlarda yapısal değişikliklere neden olur.
- Elyaf bozunmasında rol oynayan kimyasal mekanizmalar karmaşık olsa da, dört ana bozunma etkeni vardır: organik, inorganik, ışığa maruz kalma ve yaşlanma.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

2.6. Tasarım ve uygulama alanına göre lif ve iplik seçim kriterleri





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir



2.6.1. Lif seğıim kriterleri



2.6.1. Lif seçim kriterleri

- Ürün özellikleri, hammaddenin özelliklerine ve yapısal özelliklere bağlıdır.
- Teknik kumaşların performanslarını ve davranışlarını etkileyen başlıca **lif özellikleri, boyutsal, mekanik, kimyasal, termal, emicilik ve elektriksel özellikleridir.**
- Bu özellikler, kumaş tasarımına yönelik seçim kriterlerine de esas oluşturması nedeniyle önemlidir.





Teknik kumaşlarda kullanılan bazı liflerin boyutsal ve mekanik özellikleri:

Lif tipi	Yoğunluk Density (g/cm ³)	İncelik Fineness (den)	Çap Diameter (µm)	Mukavemet Tenacity (N/tex)	Başlangıç modülü Initial modulus (N/tex)	Kopma Uzaması Breaking extension (%)
Manila (Abaca)	1.38			530		2.6
Sisal	1.38	23–406	0.1–0.46 mm	440	20	1.9
Keten (Flax)		1.7–18	0.04–0.62 mm	540	18–20	2–3
Kenevir (Hemp)		3–20	0.16 mm	470	18–22	1–6
Jüt (Jute)	1.5	13–27	0.03–0.14 mm	310	17.2	1–2
Pamuk (Cotton)	1.54		12-18	33	5	4–8
Naylon (Nylon)	1.14	6–20	7–15	840	7	15–28
Polyester	1.38		7–30	820	11	12–15
Polypropylene	0.91			620	7	18–22
Polyethylene	0.95		20	530	4	20–24
Aramid	1.44	1.6	10–12	200	60	1.5–3.6
HMPE	0.97	1.6	14.5	3500	100	2.7–3.5
E camı (E glass)	2.60	1.6	9	1500–2500	29	4.8
Karbon(Carbon)	1.78	–	–	2000–6000	180–450	0.7–2.0





2.6.1. Lif seçim kriterleri

- **Lif inceliği, yoğunluğu ve çapı:**
- Lif inceliği, çapı, yoğunluğu ve birbiriyle ilişkilidir.
- Daha düşük yoğunluklu liflerden üretilen ürünler daha hafif olur. Bu nedenle su üzerinde yüzmesi gereken ürünlerde yoğunluğu 1.0'dan az olan polipropilen ve polietilen lifler tercih edilir.
- Belirli bir iplik numarası için, düşük yoğunluklu liften üretilen iplikler daha hacimli olur.
- Lif inceliğine bağlı, lif özgül yüzey alanı, lifler arası ve lif-ortam arasında daha fazla temas alanını, dolayısıyla ısı ve nem taşınmasını, lifler arası kohezyonu ve iplik büküm gereksinimini etkiler.
- **Lif uzunluğu :** Eğrilmiş iplikte uzun liflerin kullanılması, tüylülüğü azaltır. Uzun lifler, optimum mukavemet için daha az büküm gerektirir ve bu tür liflerden yapılan iplikler yumuşar.





2.6.1. Lif seçim kriterleri

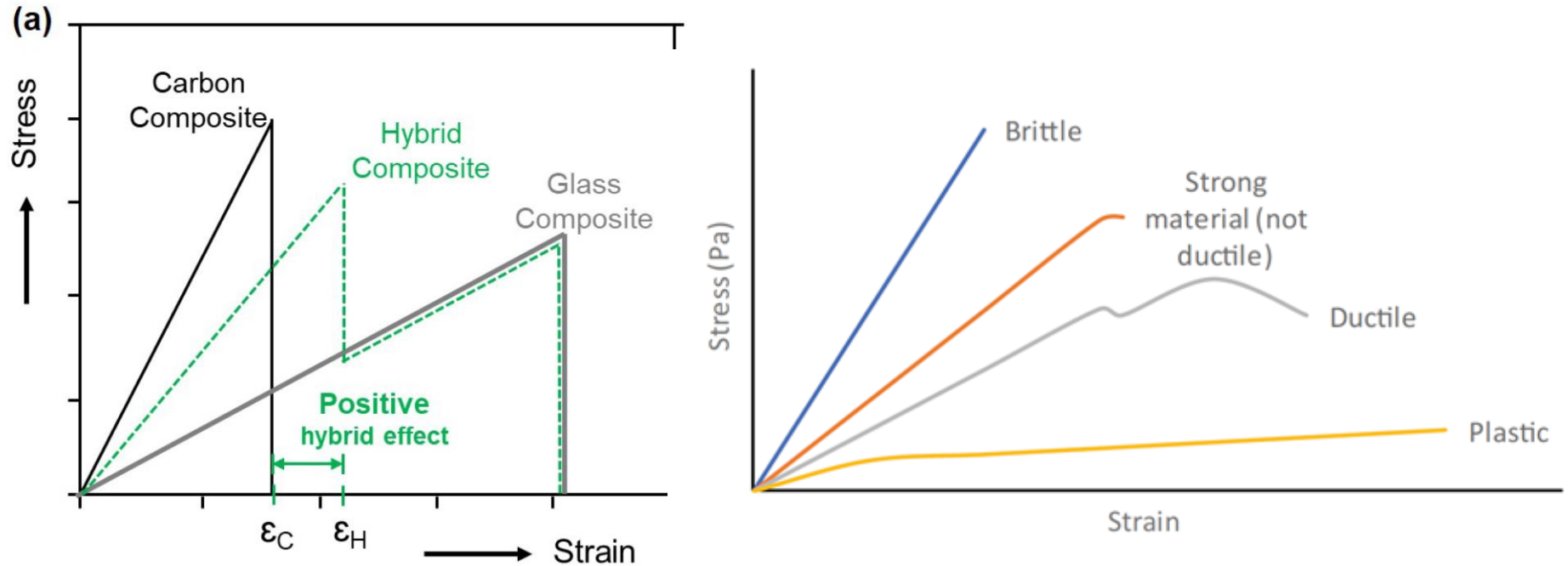
- **Lif Mekanik Özellikleri:**
- Doğal lifler genel olarak sentetik liflerden daha zayıftır.
- **Yüksek modüllü ve yüksek mukavemetli lifler, bu liflerden yapılan ürünlerin, yükleri veya yüksek darbe kuvvetlerini taşıyacağı alanlarda kullanılır.**
- Bir üründe gereken performans seviyesine bağlı olarak, belirli bir ürün için elyaf veya elyaf kombinasyonunu seçmek gerekir.
- **Liflerin uzaması da son derece önemlidir;** çünkü mukavemet ile birlikte ürünün şok emme kapasitesini belirler.
- Uzamanın geri kazanımı (elastik uzama), tekrarlanan kullanımdan sonra boyutsal stabilite sağlar.
- Elastik uzama en çok, spor giyim, elastik bantlar ve teknik ürünler (dağcılık için ipler, şok emici ağlar, vb.) gibi özel ürünlerde önemlidir.





2.6.1. Lif seçim kriterleri

- Lif Mekanik Özellikleri:
- Karbon elyafı ve cam elyafı akmaz; aramid elyafları çok az akma gösterir; ancak, polietilen ve polipropilen elyafları için akma ciddi bir problemdir.



https://pub.mdpi-res.com/jcs/jcs-04-00006/article_deploy/html/images/jcs-04-00006-g001.png?1580030816

2.6.1. Lif seçim kriterleri



Liflerin Nem Geri Kazanımı Özellikleri:

Lif	%65 bağıl nemde nem geri kazanımı (%)	Kuru mukavemete göre bağıl mukavemet (%)	Çap şişmesi (%)
Polyester	0.5	100	
Polyamide (nylon)	4-5	85-95	1.9-2.6
Polypropylene	0	100	0
Polyethylene	0	105	0
Aramid	1-7	95	
HMPE	0	100	
Pamuk	7-8	100-110	20
Yün	14-15	70-90	14.8
Jüt	13.8		20

- Doğal lifler nemi emer ve özellikleri önemli ölçüde değişebilir.
- Polipropilen, polietilen ve HMPE'den yapılan iplikler nemi emmez; naylon ve aramidden yapılanlar ise bir miktar ne çekme özelliğine sahiptir.
- Nemin emilmesi, naylon ve yün durumunda mukavemet kaybına neden olabilirken, pamuk ve jüt için mukavemet artar.
- Elyaf çapında ve dolayısıyla iplik çapındaki artış, ilgili kumaşların geçirgenlik özelliklerinin değişmesine neden olabilir.





2.6.1. Lif seçim kriterleri

- **Liflerin Termal Davranışı:**
- Lifler ısıya farklı şekillerde tepki verir: büzülebilir, renk değiştirebilir, yumuşayabilir, yapışkan hale gelebilir, eriyebilir, ayrışabilir veya karbonlaşabilirler.
- Pamuk gibi liflerin erime noktası yoktur ve çok yüksek sıcaklıklarda kömürleşir.
- Erime noktası, belirli bir ortamda bir elyafın kullanımını sınırlar. Naylon ve polyester, sabit erime noktalarına sahiptir.

Bu Farklı liflerin termal davranışları

Malzeme	Erime noktası/bozunma (°C)	Termal iletkenlik (W m ⁻² K ⁻¹)
Hava	–	0.026
Pamuk	150 (bozunma)	0.461
Yün	132 (bozunma)	0.193
Polypropylene	165	0.117
Polyester	260	0.141
Polyacrylonitrile	150 (bozunma)	0.200
Polyamide	215/260 (Nylon 6/Nylon 6.6)	0.243
Aramid	427–482	0.130
Nomex	430	–
UHM polyethylene	144	–





2.6.1. Lif seçim kriterleri

Farklı liflerin termal davranışları

Malzeme	Erime noktası/bozunma (°C)	Termal iletkenlik (W m ⁻² K ⁻¹)
Hava	–	0.026
Pamuk	150 (bozunma)	0.461
Yün	132 (bozunma)	0.193
Polypropylene	165	0.117
Polyester	260	0.141
Polyacrylonitrile	150 (bozunma)	0.200
Polyamide	215/260 (Nylon 6/Nylon 6.6)	0.243
Aramid	427–482	0.130
Nomex	430	–
UHM polyethylene	144	–

- **Liflerin Termal İletkenlikleri**
- Sıcaklık ve soğukluk hissi, kumaşın termal iletkenliği ile ilişkilendirilir; **kumaş gramajı ve kalınlığı, yüzey pürüzlülüğü, liflerin termal iletkenliği, kumaş yapısında ve yüzeyinde hapsedilen durgun hava ile belirlenir.**
- Polipropilen elyaf en düşük, pamuk en yüksek termal iletkenliğe sahiptir.
- Bir kumaş yüksek hacimliyse, lifler arasındaki gözeneklerde çok fazla hava tutabileceğinden ve havanın çok düşük bir termal iletkenliği olduğundan, düşük termal iletkenlik gösterecektir.





Liflerin Termal Davranışı:

- Yanma davranışı
- Yeterli ısıyla yanma olayı başlar. Lifin ısı karşısında eriyip erimediği, nasıl tepki verdiği, yakma işlemi sonucundaki yanma biçimi, yanma sonrasında çıkardığı koku ve yanma artığı külleri incelenerek lif örnekleri birbirinden ayrılarak sınıflandırılabilir.
- LOI – Limit Oksijen İndeksi
- Her malzemenin yanmaya devam edebilmesi için oksijene ihtiyacı vardır. Her malzemenin ihtiyaç duyduğu oksijen miktarı farklıdır. **İhtiyaç duyulan oksijen miktarına LOI – Limit Oksijen İndeksi (Limiting Oxygen Index) adı verilir.**
- Yüksek Limit Oksijen İndeksi LOI (Limiting Oxygen Index) değerine sahip olan elyaf, ısıya üstün dayanıklılık özellikleri gösterir.





Isıya Dayanıklı lifler (Heat Resistant Fibers)

Standart tipte PET, PA ve PP ile para-aramid liflerin özelliklerinin karşılaştırılması

Fiber material	The specific gravity	Melting point (°C)	Tg (°C)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)	LOI value (%)	Tensile modulus (GPa)
PET	1.3.7	255	71	510–691	15–41	18–22	6–11
Nylon66	1.15	250	37	350–551	18–37	20–22	3–6.5
Nylon6	1.14	221	22	450–701	20–33	20–22	2.5–3.4
PP	0.95	1162	16	411	25–61	18–21	6.4
p-Aramid	1.15	–	304	2761	3.4	30	58

- İhtiyaca göre kullanılan çeşitli ısıya dayanıklı lif türleri vardır. Bu lifler arasında silika, alümina, bazalt, cam elyafı, PBO, tungsten elyafı, karbon elyafı ve P-aramid de üstün ısıya dayanıklılık özelliklerine sahiptir.



Isıya Dayanıklı lifler (Heat Resistant Fibers)

Yüksek ısıya dayanıklı liflerin özellikleri

Fiber material	Melting point (°C)	Tenacity (CN/dTex)	Degradation temperature (°C)	LOI (%)
M-aramid	350	5.5	425	30
Polyamide-imide	220	2.7	450	32
Polyimide	232	3.8	470	38
Melamine	345	2.0	550	32
PPs	285	5.0	510	34
PEEK	335	7.2	480	33
PTFE	–	1.6	400	95

Aramid ve nomex ısıya oldukça dayanıklı liflerdir ve bu nedenle itfaiyecilerin koruyucu giysileri için iplik yapımında kullanılırlar.

- Aramid malzemelerde LOI değeri %28-32 civarındadır. Bu değer %21'in üzerinde olduğundan aramid malzemeyi çakmakla yakıp çakmağı söndürdüğünüzde aramid yanmaya devam etmez, söner. Çünkü yanmaya devam etmek için ihtiyaç duyduğu yeterli oksijen ortamda yoktur. Pamuğun LOI değeri ise %18'dir.

2.6.1. Lif seçim kriterleri



Liflerin çeşitli ortamlara karşı direnci

Lif	UV Direnci	Aşınma direnci		Asit direnci	Alkali direnci
		Yüzey	İç Yapı		
Pamuk	İyi	Zayıf	İyi	Zayıf	Çok iyi
Nylon	İyi	İyi	Çok iyi	Zayıf	Mükemmel
Polyester	Mükemmel	Çok iyi	Mükemmel	İyi	Zayıf
Polyethylene	Orta	Orta	İyi	Mükemmel	Mükemmel
HMPE	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel	Mükemmel
Aramid	Orta	Orta	İyi	Zayıf	Çok iyi
Polypropylene	Orta	İyi	İyi	Mükemmel	Mükemmel

- Belli bir kullanım amacına yönelik olarak lif seçiminde, lifin çeşitli çevresel durumlara tepkisi (**kimyasal stabilitesi**, **UV direnci**, **aşınma direnci**, vb.) önceden bilinmelidir. Niteliksel bir anlayışla sınıflandırılmaları, belirli bir uygulama için elyaf seçiminde çok yardımcı olabilir. HMPE liflerin tüm ortamlar için en uygun olduğu görülmektedir. Nihai seçim, mekanik, termal ve elektriksel özellikler dahil olmak üzere özelliklerin optimum kombinasyonuna dayanmalıdır.



Uygulama alanı ve beklenen özelliklere göre lif seçimine örnekler

Jenerik ürün	Ürünler	Lif tipi/hammadde
Koruyucu tekstiller (mekanik, kimyasal, elektrik)	Paraşütler, hava yastıkları, elektrostatik koruyucu kumaş, dağcılık halatları, güvenlik ağları, iletken tekstiller	Naylon, polyester, viskon, PVA (polivinil alkol)
Ulaştırma	Emniyet kemerleri, lastik kordonları, taşıma bantları, araba koltuk kılıfları, ağlar, hortumlar, yelken bezi, brandalar	Naylon, polyester, polipropilen, polietilen, akrilik, yün, aramid, karbon, cam vb.
Jeotekstiller	Toprak ayırıcılar, toprak takviyesi, filtreler	Jüt, polipropilen, polietilen, polyester
İnşaat	Tenteler, güvenlik ağları	Akrilik, naylon, polietilen, polipropilen
Teknik giyim	Kurşun geçirmez, yanmaz ve ısıya dayanıklı ürünler, eldiven, dikiş ipliği, uyku tulumu, elastik iplik	Yüksek modüllü polietilen (Dyneema) aramid (Kevlar, Nomex, Twaron), modakrilik, aleve dayanıklı viskon, aleve dayanıklı polyester, yün, akrilik
Tarım	Çuvallar, çantalar, balık ağları, kuş ağları, kordonlar, sicimler	Pamuk, keten, jüt, polipropilen
Tıbbi ve hijyen	Dikişler, destek bandajları, havlular, paspaslar, cerrahi önlükler, sürüntüler vb.	Pamuk, PVA (polivinil alkol), ipek, PTFE (politetrafloroetilen)





2.6.1. Lif seçim kriterleri

- Çoğu zaman, belirli bir üründe gerekli olan özellikler, tek bir lif türü ile karşılanamaz. Bu gibi durumlarda, farklı elyaf türlerinin optimum kombinasyonu ve bunların iplik içindeki yapısal düzenlemesi büyük önem kazanmaktadır.
- Öyle olabilir ki, ürüne en yakın spesifikasyona ulaşmak için sadece elyaf değil, aynı zamanda iplik kombinasyonlarının da dikkate alınması gerekebilir.
- Biyobozunurluk tüm doğal liflerin güçlü özelliklerinden biri olmasına ve kompozit yapımında doğal liflerin kullanımına yönelik yeni bir ilgi gözlemlenmesine rağmen, teknik tekstillerde doğal liflerin kullanımının daha sınırlı olduğu söylenebilir.





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

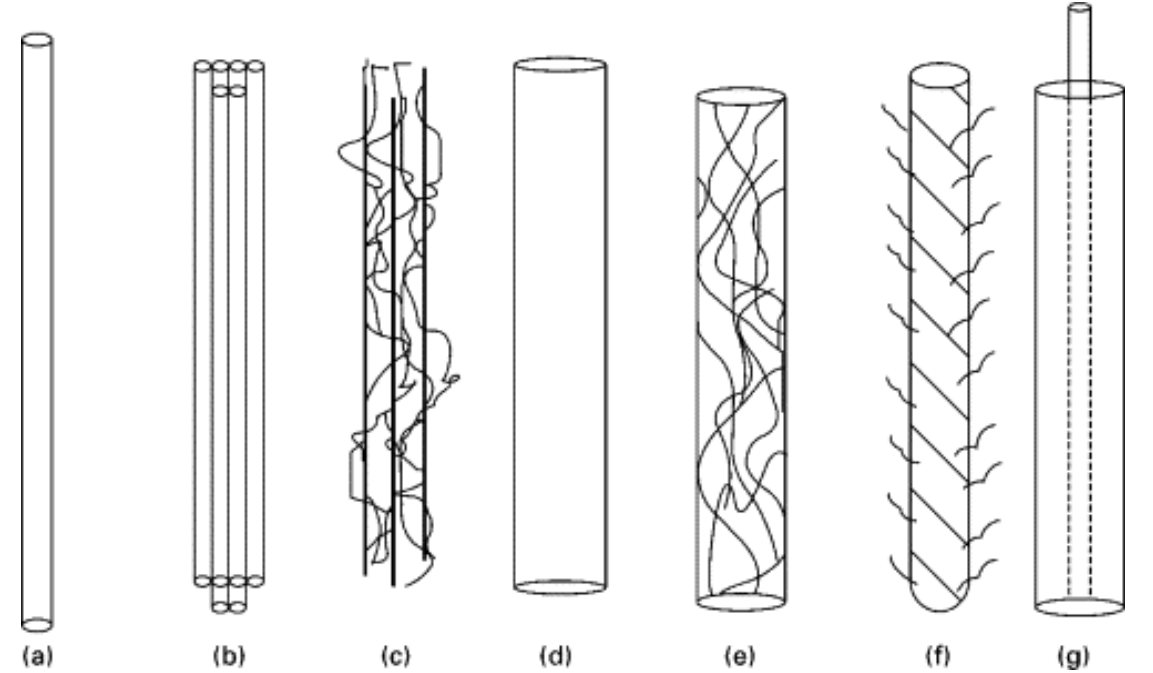


2.6.2.İplik seęim kriterleri



2.6.2.İplik seçim kriterleri

- Dokuma kumaş için onu oluşturan ipliklerin özellikleri ve ipliklerin kumaşta bir araya getirilme şekli önemlidir.
- İplik özellikleri ve performansı, lif özellikleri ve iplik yapısından büyük ölçüde etkilenir.

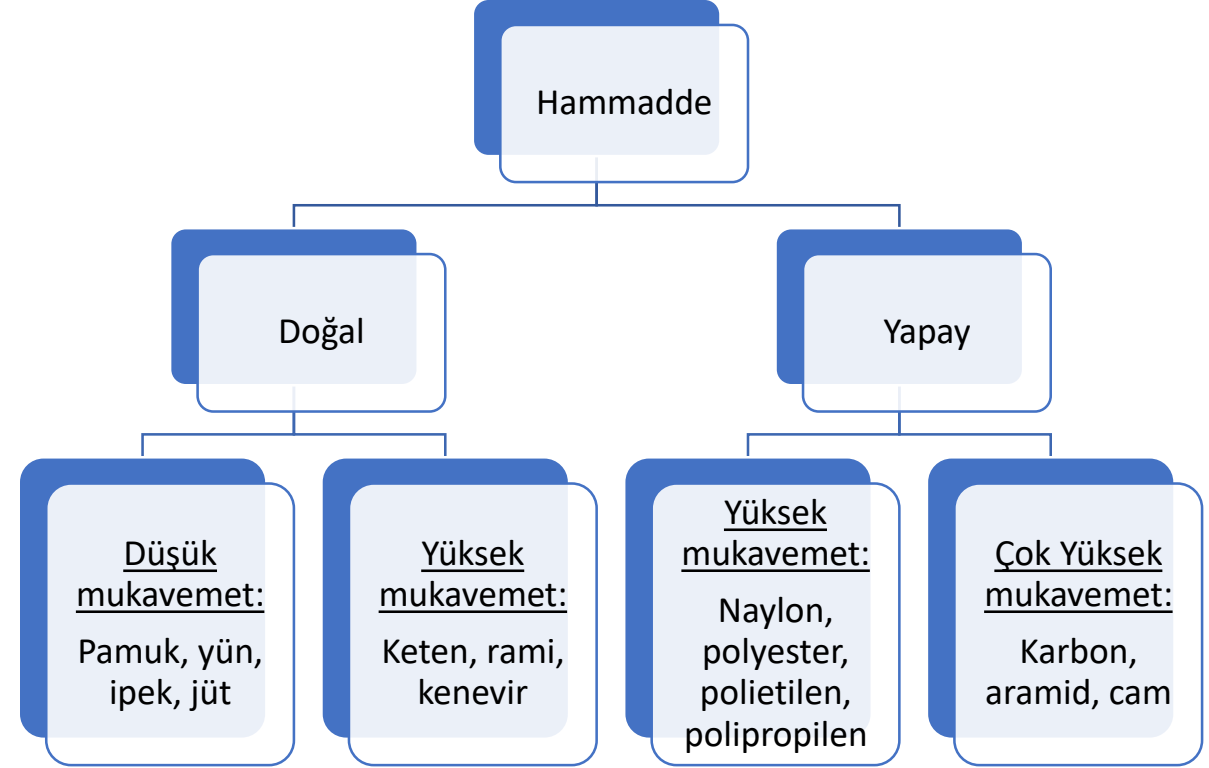


(a) Monofilament, (b) multifilament, (c) karıştırılmış iplik, (d) şerit iplik, (e) fibrillenmiş şerit iplik, (f) eğrilmiş iplik, (g) özlü iplik.



2.6.2.İplik seçim kriterleri

- Teknik tekstillerde kullanılan iplikler:
- Teknik tekstil ürünlerinin imalatında kullanılan ipliklere **teknik iplikler** denir. Bu iplikler öncelikle bir ürünün bazı teknik gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmaktadır.
- Teknik iplikler yapısal formlarına ve üretimlerinde kullanılan hammaddelerine göre sınıflandırılmaktadır.



Teknik ipliklerin hammaddeye göre sınıflandırılması



Teknik tekstillerde kullanılan ipliklerin özellikleri

Tipi (Type)	Alt Kategorisi (Sub-category)	Yapı ve biçim (Structure and form)	Karakteristikleri (Characteristics)
Filament	Monofilament	Çubuk benzeri, katı veya içi boş	Güçlü ve rijit, esnek olmayan, düz yüzeyle
	Multifilament	Tekstüre veya bükülmüş çok sayıda filament demeti	Güçlü fakat esnek
Şerit (Tape)	Düz	Belli bir uzunluk ve genişliğe sahip düz, şerit benzeri	Güçlü, iyi örtücü, pürüzsüz
	Fibrilleştirilmiş ve bükülmüş	Kafes tipi yapı, bükümlü ve yuvarlak	Güçlü, yumuşak
Eğrilmiş (Spun)	Ring, rotor, friksiyon ve sargı	Yuvarlak, tüylü, yumuşak, bükümlü, çekirdek-kılıf	Filament iplikten daha zayıf ve daha yumuşak
Özlu eğrilmiş (Core spun)	Sert/elastik çekirdek	Görünümü eğrilmiş, çekirdek filaman veya uzayabilir elastan merkezde	Güçlü, yumuşak his, çekirdek filamanın doğası gereği kontrol edilebilir uzama
Karıştırılmış (Commingled)	Kendi başına ve hibrit	Dolaşmalar, homojen filament dağılımı	İplik kesitinde filamanın düzgün dağılımı, polimer matris ile daha iyi birleşme
Katlı (Plied/folded)	Kesikli/filament katlı	Bükülmüş/çok filamentli ipliğe benzer, yuvarlak bükümlü spiraller, daha yuvarlak	Yuvarlak, tek kat iplikten daha düzgün ve daha güçlü, daha yüksek aşınma direnci, dengeli tork
Kablo formunda (Cabled)	Kesikli/filament kablo formunda	Belirgin bükülmüş spiraller, sert	Yuvarlak, katlı ipliğe göre daha düzgün ve daha güçlü, daha yüksek aşınma direnci, dengeli tork
Saç örgülü (Braided)	İçi boş/ çekirdek kılıf	Spiral bir yol izleyen eğik geçmeli iplik, içi boş veya filament özlu	Güçlü, düz yüzeyle, esnek, tork dengeli



2.6.2.İplik seçim kriterleri

- **Monofilament iplikler**
- Monofilament iplikler, eşdeğer multifilament ipliklerden daha serttir. İpliğin daha rijit olması, yapıya rijitlik kazandırır.
- Monofilamentler, zirai teknik tekstiller (halatlar ve ağlar), endüstriyel tekstiller (filtreler, konveyörler, fırçalar serigrafi kumaş), spor ekipmanı (raket ipi, misinalar), teknik giysiler (fermuarlar, dikiş ipliği) ve tıbbi tekstiller (basınçlı giysiler) gibi **sertliğin gerekli olduğu uygulamalar** için uygundur.
- Daha **düşük bir yüzey/hacim oranına** sahip olduklarından, multifilament ipliklere göre daha az kirletici madde toplarlar. Bu, **filtre kumaşlarının** kullanımdan sonra kolayca temizlenebilir olmasını sağlar.





Monofilament ipliklerden teknik ürünler

Ürün	Gereksinimler	Kullanılan lif	Filament çapı
Kağıt yapma makineleri için konveyörler	Yüksek kimyasal ve termal direnç	Polyester, polifenilen sülfür (PPS), PEEK-poli(eter eter keton), naylon	0.5–0.8 mm
Filtre kumaşları (açık elek)	Sıcaklık, maruz kalma durumu	Polipropilen, naylon 6, polyester, PPS, PBTP, PEEK	0.03–0.4 mm
Fırçalar (yer fırçası, sokak temizliği, boya, oto yıkama, yemek temizliği, bulaşık makinesi)	Geri dönme, akma performansı, aşınma direnci, maliyet, termal direnç	Naylon, polietilen, PVC, polipropilen	0.1–1.5 mm
Düz baskı /Serigrafi endüstrisi için kumaşlar	Tekstil yapısının şekli ve düzenliliği, boyutsal kararlılık	Polyester	0.03–0.1 mm

Monofilament iplikler, ışığın içlerinden kolayca geçebilmesi nedeniyle daha fazla şeffaflık sunarlar. Monofilament, düzlem içi aşındırıcı aşınmaya karşı daha fazla dirence sahiptir. Bununla birlikte, eğer aşınma tekrarlanan eğilmeyi içeriyorsa, multifilament iplikten daha hızlı aşınabilir.





2.6.2. İplik seçim kriterleri

- **Multifilament iplikler**
- Çok sayıda ince lif (0.22 - 1.67 tex) varlığı nedeniyle multifilament ipliğin **eğilme rijitliği**, eşdeğer bir monofilament ipliğe göre çok daha düşük, **örtme gücü** ise daha iyidir.
- Dokuma bir yapıda, kesişme noktalarında multifilament iplik düzleşerek monofilament kumaşlara göre daha düşük kalınlıkta ve pürüzsüz yüzeyle bir kumaş üretir.
- Dairesel enine kesite sahip liflerden daha kompakt, dairesel olmayan enine kesite sahip liflerden daha hacimli iplikler üretilir. Hacimli bir iplik, kumaşın hacimli olmasını sağlar; termal direnci artıran ve aşırı soğuk iklimler için uygun hale getiren hacimli bir yapı oluşturur.
- Multifilamentler, eşdeğer monofilament ipliklerden daha geniş bir yüzey alanına sahiptir ve bu nedenle bir matris malzemesi veya kaplama ile daha iyi yapışır.
- Bir multifilament ipliğin özellikleri büküm yoluyla manipüle edilebilir.





Multifilament ipliklerden teknik ürünler

- Multifilament iplikler geniş bir kullanım alanına sahiptir; hemen hemen tüm teknik tekstil ürünlerinde kullanılabilir.
- Hava yastığı kumaşının en önemli özellikleri, mukavemet, uzama, esneklik, geçirgenlik ve ağırlıktır; bu nedenle ipliğin güçlü ve esnek olması gerekir; düşük denye multifilament naylon veya polyester iplikler kullanılır.

Hava yastıkları (Airbags)

Gereksinim: Yüksek yırtılma mukavemeti, kontrollü hava geçirgenliği, katlanabilirlik

Kullanılan elyaf: Yüksek mukavemetli multifilament naylon 6 ve 6.6, polyester

İpliğin doğrusal yoğunluğu: 210/420/630/840 den

Lifin doğrusal yoğunluğu: 2.5–4.2 den

Mukavemet ve uzama: 75–84 cN/tex ve %20–22





Multifilament ipliklerden teknik ürünler

- Araba emniyet kemerleri söz konusu olduğunda, şok emilimi en önemli kriterdir. Vücutta yaralanmaya neden olmadan belirli bir hızda yavaşlatılmalıdır. Bu nedenle, naylon ve polyester multifilament iplikler idealdir.

Emniyet kemerleri (Safety belts)

Gereksinim: Şok emilimi, esnek, aşınma direnci

Kullanılan elyaf: Naylon ve polyester multifilament iplik

Doğrusal yoğunluk: 550–5500 dtex

Dayanıklılık ve uzama: 4.9–6.2 cN/dtex, %27

Emniyet kemeri dokuma (Seat belt webbing)

Gereksinim: Hafiflik, yüksek aşınma direnci, mükemmel geri kazanım özellikleri, ısı ve ışık direnci, kullanımda esneklik, vb.

Kullanılan elyaf: Yüksek mukavemetli polyester multifilament iplik

Doğrusal yoğunluk : 500/750/1000/1500 dtex





Multifilament ipliklerden teknik ürünler

Yelken bezi (Sail cloth)

Gereksinim: Hafiflik, güneş ışığı direnci, yırtılma direnci

Kullanılan elyaf: Polyester, polietilen iplikler (Spectra, Dyneema)

Doğrusal yoğunluk: 5–550 dtex

Lastik bezi (Tyre cord)

Gereksinim : Çekme yorulma direnci

Kullanılan elyaf: Naylon, polyester multifilament iplik

Doğrusal yoğunluk: 800–1500 den

Kesilmeye dayanıklı kumaş (Cut resistance fabric)

Gereksinim: Güçlü

Kullanılan elyaf: PBO, aramid, polietilen

Doğrusal yoğunluk: 400–500 den



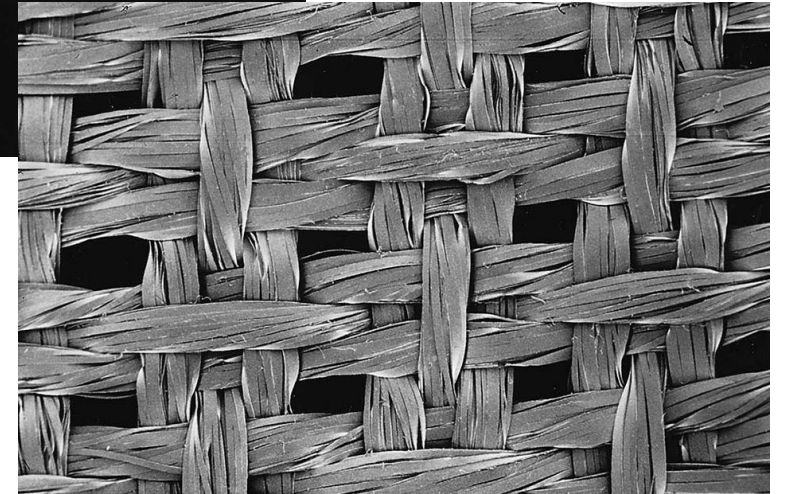


2.6.2. İplik seçim kriterleri

- **Şerit iplikler (Tape yarns)**
- Bir şerit ipliğinin doğrusal yoğunluğu 16,500 ila 27,500 dtex aralığında olabilir. İplik parlak ve güçlüdür; büyük örtme gücüne sahiptir.
- Fibrilleşmiş şerit iplikler eğrilmiş bir görünüm sunar. Fibrilleşme, eğilme rijitliğini azaltır ve ipliği yumuşak yapar. Fibrilleşme elyaftan elyafa değişir.
- Polipropilen, aynı moleküler oryantasyonda polietilenden daha yüksek bir ayrılma eğilimi gösterir. Polyamid ve polyester daha az ayrılma eğilimi gösterir.



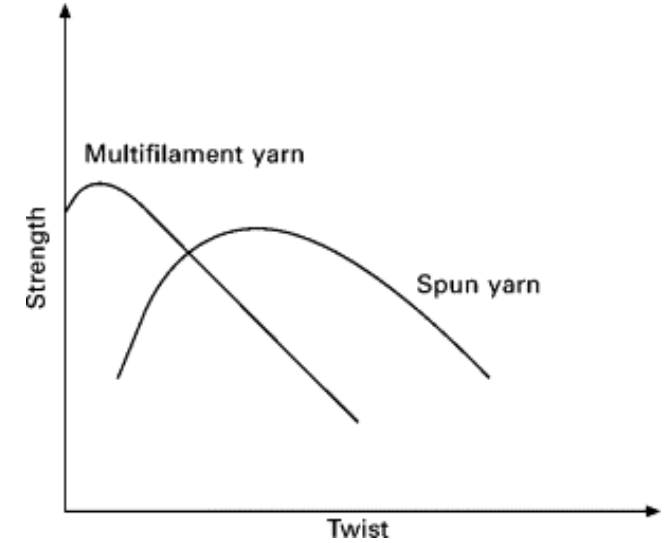
Fibrillenmiş şerit kumaşı gösteren taramalı elektron mikroskop görüntüsü





2.6.2.İplik seçim kriterleri

- Eğrilmiş iplik (Spun yarn)
- Kısa doğal liflerden veya kesilmiş sentetik liflerden yapılan eğrilmiş iplikler tüylüdür ve bu nedenle filament iplik kadar kaygan ve pürüzsüz değildir. Aynı elyaftan yapılırsa, eğrilmiş iplikler eşdeğer bir filament ipliğe göre daha zayıf olabilir. Bununla birlikte, filament ipliğe göre daha yüksek bir uzamaya sahiptirler.
- Eğrilmiş ipliğin özelliklerini etkileyen en önemli yapısal parametre bükümdür.



Büküm-mukavemet ilişkisi

İpliğe büküm verildikçe iplik yoğunlaşır ve sertleşir, aynı zamanda belirli bir limit değere ulaşıncaya kadar dayanımı artar. Filament ipliğinde mukavemeti artırmamakla birlikte, lifler arasındaki tutunmayı artırır. Kesikli lif ipliğinde hem tutunmayı/yapısal bütünlüğü hem de mukavemeti geliştirir.



2.6.2.İplik seçim kriterleri

Çeşitli ipliklerin mukavemet dönüştürme verimliliği

İplik Tipi	Dönüştürme verimliliği (%)
Monofilament/şerit	100
Multifilament:	
Bükümsüz	98
Az bükümlü	95
Ring iplik:	
Yumuşak bükümlü	45
Sert bükümlü	67
Rotor	30–55
Friksiyon (DREF-2)	25–35
Sargılı eğirilmiş	25–60

İplikte, lif mukavemetini dönüştürme verimliliği, filament ve şerit iplikler için en yüksek ve eğrilmiş iplikler için genellikle daha düşüktür



2.6.2.İplik seçim kriterleri



Sargılı eğrilmiş ipliğin tipik özellikleri

İplik numunesi	Sargı/m	Mukavemet (g/tex)	Kopma uzaması (%)	Spesifik eğilme rijitliği ($\times 10^{-5}$) (g.cm ²)	Kopma işi (g.cm ²)
Jüt-polyester	200	10.19	2.00	2.11	968.1
	220	11.51	2.75	2.20	1808.1
	240	11.93	3.66	3.27	1845.6
	260	12.00	4.03	3.15	2161.3
	280	12.39	4.36	3.53	2045.0
	200	8.57	3.39	1.90	1061.3
Jüt-naylon	220	8.84	3.64	3.04	1245.6
	240	10.6	4.19	3.01	1671.3
	260	10.3	4.89	2.92	2090.0
	280	11.4	5.38	3.18	2162.5

Jüt lifi: doğrusal yoğunluk 2.02 tex, mukavemet 26.6 g/tex, kopma uzaması %1.04.

Polyester lifi(36 filaman): doğrusal yoğunluk 11.5 tex, mukavemet 39.3 g/tex, kopma uzaması %24.0.

Naylon lifi (20 filaman): doğrusal yoğunluk 9.6 tex, mukavemet 37.4 g/tex, kopma uzaması %45.6.

Sargılı eğrilmiş ipliğin (wrap spun yarns) mukavemeti, sadece çekirdekteki (özdeki) lif mukavemetine ve sürtünmeye değil, aynı zamanda sarılan filamentin inceliği, elastik modülü ve sarma yoğunluğuna da bağlıdır.

Metre başına sarım arttıkça mukavemet artar. Çekirdekteki lifler düz ve paralel kaldığı için iplikler eşdeğer ring ipliğe göre %30 civarında daha sağlamdır.

Daha yüksek bir sarım yoğunluğu, liflerin serbest hareketini engelleyecek olan özlü liflerin artan paketlenmesinden dolayı ipliği sert hale getirebilir.



2.6.2.İplik seçim kriterleri

- Özlü eğrilmiş iplikler (Core spun yarns) öz bileşenin özellikleri aracılığıyla manipüle edilir.
- Bir özlü ipliğin özellikleri, uygun öz ve kılıf lifleri seçilerek tasarlanabilir.
- Çekirdekte güçlü bir filament ipliği tutarak, iplik, eşdeğer geleneksel eğrilmiş ipliğe göre çok daha güçlü hale getirilebilir.
- Bu tür ipliğin modülü ve mukavemeti, Benzer şekilde, elastik bir çekirdeğin kullanılmasıyla iplik, esnek bir ipliğe dönüştürülebilir; gerilebilirliği, elastik çekirdeğin özellikleri ve ipliğe dahil edildiği gerilim aracılığıyla manipüle edilir.

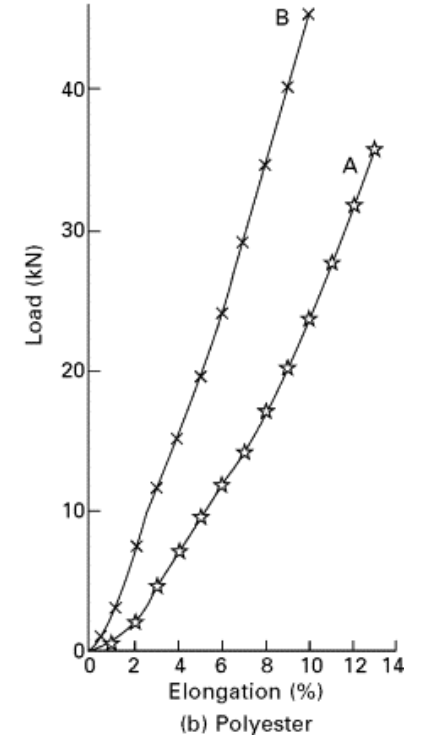
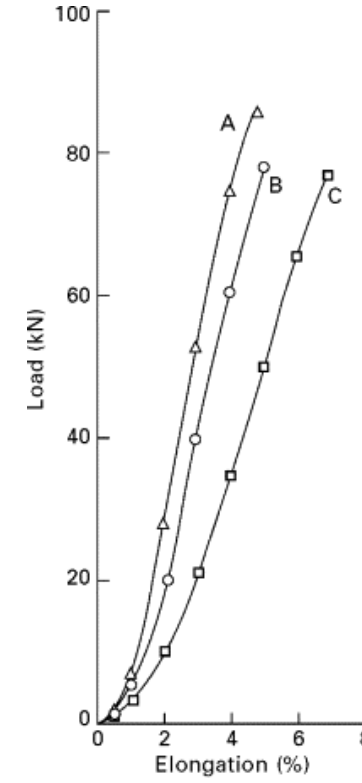


2.6.2.İplik seçim kriterleri



Lastik kordunun tipik yapısal parametreleri

Kord tipi	İncelik (den)	Konstrüksiyon	Katlı iplik bükümü (tur/10 cm)	Halat/kablo bükümü (tur/10 cm)
Kevlar				
A	9000	1500/2 × 3	20	10
B			20	20
C			20	30
Polyester				
A	9000	1500/3 × 3	11	25
B			29	25



Çeşitli Kevlar (a) ve polyester (b) kordlar için yük-uzama eğrileri

Bir katın veya kordun bükülme sertliği, kat veya kord büküm seviyesiyle birlikte artar. Katlı bir yapı, birçok özelliği geliştirir: işlem stresini absorbe etme yeteneği, kohezyonda gelişme, tork canlılığının dengelenmesi, filamentler arasındaki yük/stres dağılımında iyileşme, gerilme geri kazanım davranışında iyileşme.



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

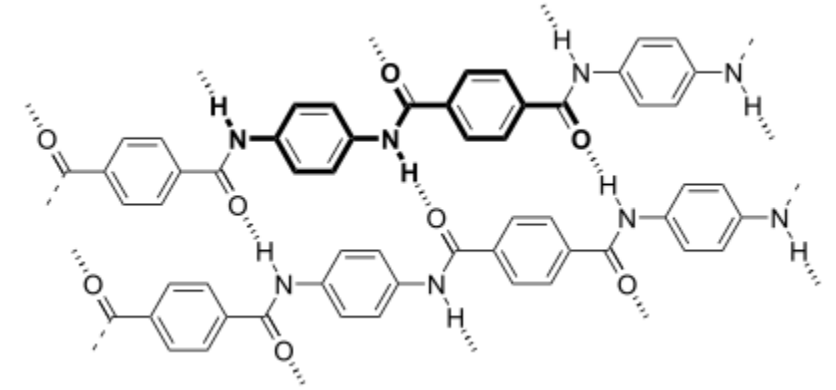
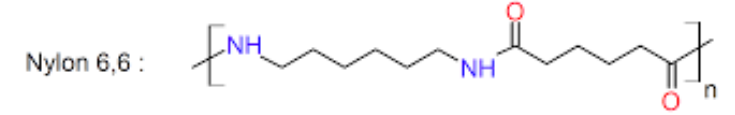
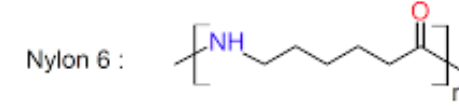
2.6.3.YÜKSEK PERFORMANS UYGULAMALARINA ÖRNEKLER





2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- Aramid lif ve iplikler
- **Aramid**, naylon ailesinin bir üyesidir. Sıradan naylon türevleri üstün yapısal niteliklere sahip olmamakla birlikte aramidler **yüksek mukavemete ve modüle** sahip ilk organik liflerdir.
- İki tür aramid, meta-aramid (m-aramid) ve para-aramiddir (p-aramid). **p-aramid lifleri** çelikten beş kat daha güçlü, çok yüksek bir dayanıklılığa ve mükemmel bir boyutsal stabiliteye sahiptir. **m-aramid lifleri**, mükemmel ısı dirençleri için kullanılır.



Aromatik altıgen halkalar dönüşümlü olarak iki NH grubuna veya iki CO grubuna bağlanır. (para-aramid).

<https://en.wikipedia.org/wiki/Aramid>



2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler



sailboat rope



fireproof clothing



racing car tires



aramid fiber



body armor

Nomex (m-aramid) ve Kevlar (p-aramid), DuPont'un sahip olduğu aramid elyafın iyi bilinen ticari isimleridir; Twaron ve Technora, Teijin tarafından üretilen aramid elyaflardır.

Yüksek mukavemetli aramid lif ve iplikler, yarış arabaları, tekne ve uçak parçaları gibi darbe dayanımı gerektiren riskli yerlerde takviye malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Nispeten hafif olmaları ve yorulma ve hasara karşı dirençleri ile iyi bilinirler. Bu özelliklerinden dolayı, aramid lifleri **vücut zırhı yapımında** yaygın olarak kullanılırlar (polis kuvvetleri ve silahlı kuvvetler mensupları için antibalistik giysiler)

M-aramidlerin (Nomex) son kullanım alanlarından bazıları koruyucu giysiler, itfaiyeci kıyafetleri, sıcak gaz filtrasyonu ve elektrik yalıtımıdır.



2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına



- Aramid lif ve iplikler
- Aramid iplikler, cam ve karbon gibi diğer birçok yüksek performanslı muadillerinden daha esnektir ve bu nedenle dokuma, örme veya saç örgüsü gibi sonraki kumaş üretim süreçleri nispeten kolaydır.
- Ancak, geleneksel tekstil ipliklerinden çok daha az esneyebilir özellikte olmaları, kumaş oluşturma sürecinde dikkate alınmalıdır.
- Aramid elyaflar UV ışığına karşı hassastır ve katkısız olanlar uzun süre maruz kaldıklarında renk değiştirir ve güçlerini kaybederler.





2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

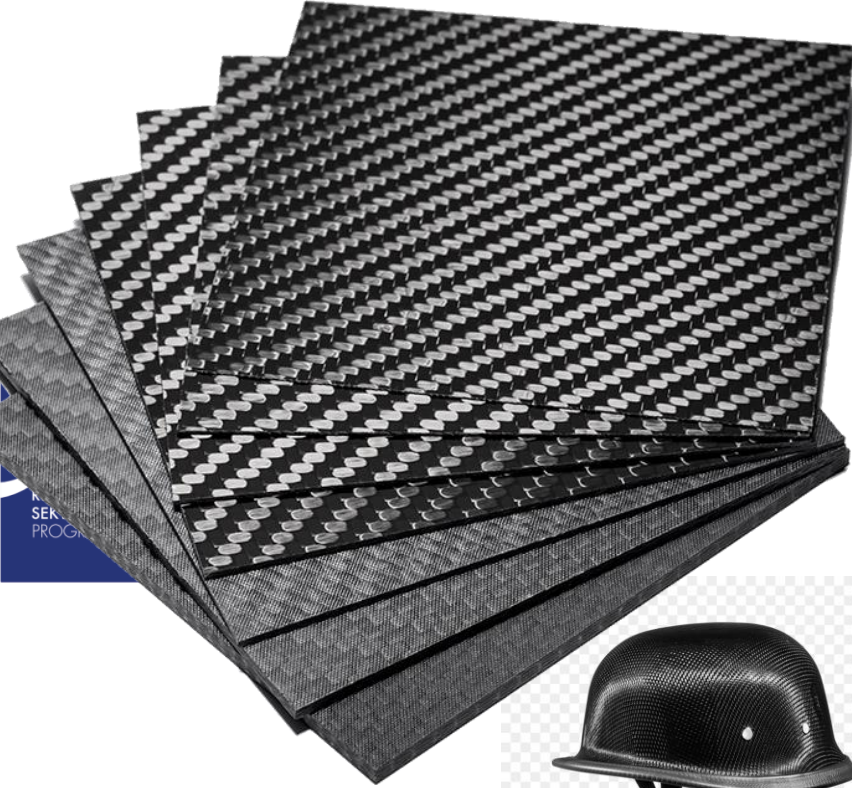
- Karbon lif ve iplikler
- Karbon lifleri **düşük ağırlıklı, yüksek mukavemetli, sıcaklık farklarında şekil değiştirmeleri az olan ve darbe dayanımları iyi olan** liflerdir.
- Karbon lifleri ticari olarak filament ya da kesik lif halinde bulunabilir. **Karbon filament ipliği (tow)** ticari anlamda numaralandırılırken her 1000 adet lif demeti için 1 K harfi kullanılır; 1000 ila 200000 filament barındıran lif demetleri olarak üretilirler (**1K - 200 K arasında iplikler**).
- İlk beş küresel şirket – Toray, Teijin, Zoltek, Mitsubishi Rayon ve Formosa Fabrics'dir. Boeing ve BMW Grup, karbon lifin kullanımı ve geri dönüşümü konusunda öncü kuruluşlardır. Kullanım alanına bağlı olarak farklı özelliklerde üretilebilirler.



2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cı tarafından finanse edilmekte



Karbon lifler ve iplikler, havacılık, rüzgar enerjisi, otomotiv, spor ve eğlence alanlarında kullanılan güçlü malzemelerdir.



Karbon lifler, hafiflik ve darbe dayanımı gerektiren spor ve boş zaman ekipmanlarında tercih edilmektedirler.



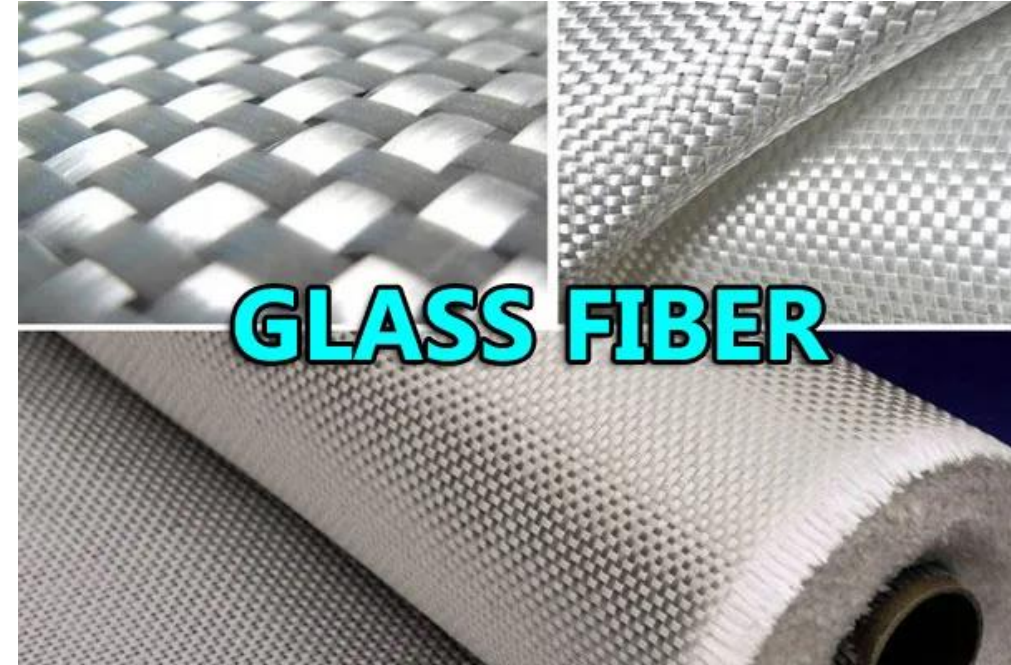
2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- Cam lif ve iplikler
- **Cam, yüksek mukavemete sahip, yanmaz bir tekstil lifidir.**
- Cam, karbon, metal ve seramik dahil olmak üzere, endüstriyel uygulamalarda kullanılan birçok inorganik elyaf vardır. Cam en önemli inorganik elyaftır.
- Birkaç çeşit cam elyafı üretilmektedir. Ortak özellikleri yüksek modül, yüksek çürüme direnci, düşük nem alma, kırılma ve düşük kopma uzamasına sahip olmalarıdır.
- Sahip oldukları özelliklerin yanı sıra düşük maliyetleri nedeniyle, kompozitler için takviye üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadırlar.



2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- Cam lif ve iplikler
 - **E-cam (E-glass)**, yüksek elektrik ve ısı direncinin yanı sıra neme karşı çok yüksek bir dirence sahiptir. Genellikle cam takviyeli plastiklerde dokuma kumaş şeklinde kullanılır.
 - **C-cam (C-glass)**, hem asitlere hem de alkalilere karşı kimyasal direnciyle bilinir. Kimyasal filtrasyonda olduğu gibi direnç gerektiren uygulamalar için yaygın olarak kullanılır.
 - **S-cam (S-glass)**, kompozit üretiminde kullanılan yüksek mukavemetli bir cam elyafıdır.



<https://i0.wp.com/textilelearner.net/wp-content/uploads/2012/03/glass-fiber-products.jpg?fit=600%2C401&ssl=1>



2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- HDPE lif ve iplikler
- HDPE, yüksek yoğunluklu (high density) polietilen liftir. **Spectra, Dyneema** ve **Tekmilon** en iyi bilinen HDPE elyafları arasındadır. En çekici özellikleri, **çok yüksek mukavemet, çok yüksek özgül modül, düşük uzama ve düşük lif**

yoğunluğudur (yani, sudan daha hafif).

- İyi seviyede mekanik ve kimyasal özellikleriyle ağırlık bazındaki performansları oldukça iyidir. Yelken bezleri de yelkenciliğin önemli malzemelerinden birisidir.





2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- **HDPE iplikler (HDPE yarns)**
- HDPE elyafları, farklı uygulamalar için farklı kalitelerinde yapılır.
- Dyneema SK60 çok amaçlı kalitedir. Kullanımları arasında halatlar, halatlar, koruyucu giysiler ve darbeye dayanıklı kompozitlerin güçlendirilmesi yer alır.
- Dyneema SK65, SK60'tan daha yüksek mukavemete ve modüle sahiptir. Bu elyaf, yüksek performansa ihtiyaç duyulduğunda ve maksimum ağırlık tasarrufu sağlanmak istendiğinde kullanılır.
- Dyneema SK66 özellikle balistik koruma için tasarlanmıştır. Bu fiber, ultrasonik hızlarda en yüksek enerji emilimini sağlar.





2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

Yarns	Density (g/cm ³)	Strength (GPa)	Modulus (GPa)	Elongation (%)
Aramid, regular	1.44	2.9	60	3.6
Aramid, composite	1.45	2.9	120	1.9
Aramid, ballistic	1.44	3.3	75	3.6
E-glass	2.60	3.5	72	4.8
S-glass	2.50	4.6	86	5.2
Carbon HS	1.78	3.4	240	1.4
Carbon high modulus	1.85	2.3	390	0.5
Dyneema SK60	0.97	2.7	89	3.5
Dyneema SK65	0.97	3.0	95	3.6
Dyneema SK66	0.97	3.2	99	3.7
Steel	7.86	1.77	200	1.1





2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- Diğer teknik lif ve iplikler dayanabilir.
- Teknik uygulamalar için **PTFE (politetrafloroetilen)**, **PBI (polibenzimidazol)** ve **PBO (polifenilenbenzobisoksazol)** dahil olmak üzere diğer birçok yüksek performanslı elyaf geliştirilmiştir.
- PBI, mükemmel termal dirence ve yumuşak bir his ile birlikte çok yüksek nem geri kazanımına sahiptir. Bu özellikleri ile, itfaiyeciler, yakıt işleyicileri, kaynakçılar, astronotlar ve yarış arabası sürücüleri için ısıya dayanıklı giysilerde kullanım için ideal hale getirir.
- PTFE, kimyasal olarak neredeyse inert olduğundan, çok yüksek sıcaklıklara ve zorlu kimyasal ortamlara maruz kalmaya

Fibre	Density (g/cm ³)	Tenacity (g/den)	Elongation (%)	Regain (%)
PTFE	2.1	0.9–2.0	19–140	0
PBI	1.43	2.6–3.0	25–30	15
PBO	1.54	42	2.5–3.5	0.6–2.0



2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- Diğer teknik iplikler (Other technical yarns)
- PBO, yüksek performanslı organik elyaf pazarına yeni giren bir başka firmadır. **Toyobo tarafından yapılan Zylon, üretimdeki tek PBO elyafıdır.** PBO fiber olağanüstü termal özelliklere ve geleneksel para-aramid fiberlerin neredeyse iki katı güce sahiptir. Yüksek modül onu kompozit takviye için mükemmel bir malzeme yapar.
- Düşük LOI'si (sınırlayıcı oksijen indeksi), PBO'ya meta-aramid elyafların alev geciktirici özelliklerinin iki katından fazlasını verir. Balistik yelek ve kasklarda da kullanılabilir.





2.6.3.Yüksek Performans Uygulamalarına Örnekler

- **Diğer teknik iplikler (Other technical yarns)**
- Seramik lifler, elektrik, termal ve ses yalıtımı, yüksek sıcaklıklarda filtrasyon ve güçlendirilme amacı ile kullanılabilir.
- Metalik lifler dokuma yapılara dahil edilebilmektedir. Ayrıca teksil lif ve ipliklerine iletkenlik kazandırmak amacı ile örneğin çelik özlü olarak üretilebilirler. Metaller ayrıca iletken hale getirmek için lifler ve iplikler üzerine kaplanabilir.



Bölüm Kaynakları



Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

- Ahmad, S., & Ullah, T. (2020). Fibers for technical textiles (pp. 21-47). Springer International Publishing.
- Alagirusamy, R., & Das, A. (Eds.). (2010). Technical textile yarns. Elsevier. Woodhead Publishing ISBN 978-1-84569-947-5 (e-book)
- Chen, X., Taylor, L. W., & Tsai, L. J. (2016). Three-dimensional fabric structures. Part 1—An overview on fabrication of three-dimensional woven textile preforms for composites. Handbook of Technical Textiles, 285-304 (<http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-78242-458-1.00013-3>).
- Gandhi, K. L., & Sondhelm, W. S. (2016). Technical fabric structures—1. Woven fabrics. In Handbook of Technical Textiles (pp. 63-106). Woodhead Publishing.
- Horrocks, A. R., & Anand, S. C. (Eds.). (2016). Handbook of technical textiles. (Second Edition) Volume 2: Technical Textile Applications, Elsevier. Hardback ISBN: 9781782424659 7 8 - 1 - 7 8 2 4 2 - 4 6 5 - 9; eBook ISBN: 9781782424888
- Kumar, B., & Hu, J. (2018). Woven fabric structures and properties. In Engineering of high-performance textiles (pp. 133-151). Woodhead Publishing.
- Seyam, Abdel-Fattah M. (2022). 3D Orthogonal Woven Fabric Formation, Structure, and Their Composites, Y. Kyosev and F. Boussu (eds.), Advanced Weaving Technology, Springer Nature Switzerland AG, https://doi.org/10.1007/978-3-030-91515-5_10





Bu proje Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti tarafından finanse edilmektedir

İlginiz için Teşekkür Ederiz!

E-Mail: info@butexcomp.com



BUTEXCOMP hakkında daha fazla bilgi için:
www.butexcomp.org



@butexcomp



BUTEXCOMP