

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ali MARALCAN**

**NANO-PARÇAÇIK KATKILI POLİAMİD 6 LİFİ  
ÜRETİLMESİ VE KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2018**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**NANO-PARÇACIK KATKILI POLİAMİD 6 LİFİ ÜRETİLMESİ VE  
KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Ali MARALCAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu Tez 19/06/2018 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği /  
Öyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

.....  
Doç. Dr. İlhami İLHAN  
DANIŞMAN

.....  
Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL  
ÜYE

.....  
Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN  
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.  
**Kod No:**

**Prof. Dr. Mustafa GÖK  
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.  
Proje No: FYL-2015-4405**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve  
fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri  
Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NANO-PARÇACIK KATKILI POLİAMİD 6 LİFİ ÜRETİLMESİ VE  
KUMAŞ ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ali MARALCAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Doç. Dr. İlhami İLHAN  
Yıl : 2018, Sayfa: 65  
Jüri : Doç. Dr. İlhami İLHAN  
: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL  
: Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN

Bu çalışmanın temel amacı, %100 *titanyum* (Ti) metal nano-parçacık katkılanmasının poliamid (PA) 6 liflerinin ve bu liflerden üretilmiş kumaşların teknik özelliklerine etkilerini araştırmaktır.

Bu amaçla, masterbatch olarak hazırlanan titanyum metal nanopartikülleri, çift ekstruderli lif çekim sisteminde PA 6 cipslerine üç farklı oranda karıştırılarak yumuşak lif çekimi yöntemiyle filamentler elde edilmiş, daha sonra bu filamentler örme ve dokuma kumaşların üretilmesinde kullanılmıştır.

İplik örneklerine, doğrusal yoğunluk ve mukavemet/uzama testleri yapılmıştır. Kumaş örneklerine ise kumaşın üretildiği ipliklerin SEM (scanning electron microscope) cihazıyla görüntüleri alınıp incelenerek lif içindeki nanopartikül dağılımı değerlendirildikten sonra, mukavemet/uzama, optik geçirgenliği, elektromanyetik koruyuculuk testleri yapılarak elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Poliamid 6, titanyum nanopartikül, filament iplik, kumaş performans özellikleri

## ABSTRACT

### MSc. THESIS

# PRODUCTION OF NANOPARTICLES DOPED POLYAMIDE 6 FIBERS AND INVESTIGATION OF FABRIC PROPERTIES

Ali MARALCAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. İlhami İLHAN  
Year : 2018, Pages: 65  
Jury : Assoc. Prof. Dr. İlhami İLHAN  
: Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL  
: Assoc. Prof. Dr. Muharrem KARAASLAN

The main focus of this study is to investigate the effect of 100% *titanyum* (Ti) metal nanoparticules doping to poliamide 6 (PA6) and fabrics produced from those fibers.

For this purpose, titanium nanoparticles are added to masterbatch and polyamide filaments with three proportions of titaniumare spinned. Then filaments are used for the production of weaved and knittted fabrics.

Linear density, strength and elongation tests are carried out on yarn samples. Also, nano-particle distribution and agglomeration are investigated in fibers via SEM (scanning electron microscope) instrument images. Fabric samples are subject to stregh/elongation, optical transmittance, electromagnetic shieldingtests. Lastly, all results are evaluated.

**Keywords:** Poliamid 6, titanium nanoparticle, filament yarn, fabric performance properties

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Bu çalışmada, bir nanoteknoloji uygulaması olarak üretilecek olan metal bazlı Ti nano-parçacık katkılı PA6 liflerinden üretilmiş kumaşların optik geçirgenliği ve yansıtması, yüzey elektrik direnci, elektromanyetik koruyuculuk (EMI shielding) ve mukavemet gibi teknik özellikleri araştırılmıştır.

Poliamid 6 liflerinin üretimi için öncelikle metal bazlı (%99,9) Ti nanopartiküller satın alma yoluyla yurtdışından tedarik edilmiş olup, bu nanopartiküller, çift vidalı ekstrüder kullanılarak PA6 polimeri içerisine 3 farklı oranda (500-1000-1500 mg/kg) karıştırılarak nano-parçacık katkılı polimer tanecikleri (masterbatch cipsi) elde edilmiştir. Yumuşak çekim yöntemiyle nanoparçacık katkılı tanecikler polimer içine karıştırılarak kesitte 24 filament olacak şekilde PA 6 ipliği çekilmiştir. Böylece nanoparçacık oranları ağırlıkça %0,05 - %0,10 ve %0,15 olmak üzere 3 farklı iplik örneği elde edilmiştir. Kontrol ipliği olarak kullanılmak üzere, katkılanmamış standart PA6 ipliği de üretilmiştir.

İplik testleri yapıldıktan sonra iplik örnekleri, örme ve dokuma yöntemleriyle kumaşa dönüştürülmüştür. Üretilen dokuma kumaş örnekleri 1/3 S dimi örgüsüne sahip olup, numune iplikler yalnızca atkı yönünde kullanılmıştır. Çözgü ipliği olarak Ne 48/2 %100 yün ipliği kullanılmıştır. Örme kumaşlar ise RL örgü yapısında düz örme şeklinde üretilmiştir. Böylece 4 farklı nanoparçacık katkı oranına sahip dokuma ve örme kumaş numuneleri elde edilmiştir. Elde edilen dört farklı iplik numunesinin performanslarını değerlendirmek amacıyla, doğrusal yoğunluk, mukavemet ve uzama ölçümleri yapılmıştır. Ardından, Ti nanoparçacık katkılı multifilament iplik numunelerinin içindeki nanoparçacıkların dağılımını ve liflerdeki değişimi gözlemlemek için SEM teknolojisi kullanılarak liflerin görsel analizi yapılmıştır.

Kumaşta mukavemet ve uzama testleri, numune iplikler, dokuma kumaşta yalnızca atkı yönünde kullanıldığından dolayı, yalnızca atkı yönünde yapılmıştır. Dokuma ve örme kumaş örneklerinde, UV (morötesi), görünür bölge (~450-700 nm arası) ve NIR (yakın kızılötesi) bölgeleri için optik geçirgenlik ve absorpsiyon testleri uygulanmıştır. Elektromanyetik testler, ölçüme tabi tutulan kumaş numunesinin (ekran) içerisinde, verici ve alıcı antenler vasıtasıyla  $3 \times 10^9$ - $18 \times 10^9$  GHz frekans aralığında elektromanyetik dalgalar geçirilerek yapılmıştır.

Metal nanoparçacık katkılamasının elde edilen kumaş numunelerinin iletkenlikleri üzerinde etkisini araştırmak için yüzey özdirenci ölçümleri yapılmıştır. Ancak çalışma kapsamında uygulanan oranlarda metal nanoparçacık katkılamasının kumaş örneklerinin iletkenliği üzerinde herhangi bir etki yapmadığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, filamentler üzerinde herhangi bir oligomerleşme problemi yaşanmadığı ve titanyum nanopartiküllerinin düzgün dağıldığı görölmüştür. Düşük düzeylerde Ti nanopartikülü katkılanması, poliamid 6 ipliklerinin mukavemet ve uzama özellikleri üzerinde az miktarda da olsa olumlu etki yapmaktadır. Nanopartikül katkılama oranının artmasıyla kumaş mukavemetlerinde az da olsa artış sağlandığını görölmüştür.

Titanyum nanopartikül katkılama, PA 6 lifinin optik geçirgenliğini azaltıcı, absorpsiyonunu arttırıcı yönde etki etmekte, dalgaboyu arttıka bu etki daha fazla görölmektedir. Titanyum metal oranı arttıka S11(dB) değeri yani yansıtma, artış göstermektedir.

EMI ölçümlerine bakıldığında, tek kat dokuma kumaş örneklerinin 1-3 ve 1-2-3 şeklinde birleştirilerek 2 ve 3 katlı olarak örnekler elde edilmiş ve EMI ölçümleri yapılmıştır. Bu uygulamanın tek kat kumaşlara göre elektromanyetik koruma etkinliğini geliştirmede etkili olduğu ancak bu etkinin çok düşük düzeyde kaldığı ifade edilebilir.

Düşük oranda titanyum nanopartikül katkılamının, kumaş öz direncini değiştirmede ve iletkenliğini artırma yönünde anlamlı bir etki yapmadığı belirlenmiştir.

Daha yüksek katkı oranlarında katkılamının sağlanabilmesi durumunda liflere kazandırılmak istenen özellikler (UV absorpsiyonu, elektromanyetik yansıtma ve koruma verimliliği) açısından daha iyi sonuçların elde edilmesi beklenmektedir.







## TEŞEKKÜR

Çalışmamın başlangıcından itibaren her aşamasında emeği bulunmasının yanı sıra, tez konusunun seçilmesinden yazılmasına kadar olan tüm süreçte yapıcı ve yönlendirici fikirleriyle daima yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. İlhami İLHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yıllar önce akademik kariyere başlamam için teşvik eden ve bu çalışmamda da yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ESEN'e teşekkürü borç bilirim.

Elektromanyetik testleri için laboratuvarını açıp bizzat testlere eşlik eden Sayın Doç. Dr. Muharrem KARAASLAN'a ayrıca teşekkür borçluyum.

En zor aşamalardan birisi olan lif çekimi için kapılarını açan Elasteks Elastik İplikler San. ve Tic. AŞ'ye şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans çalışmalarım esnasında tüm bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü'ne ve maddi destek veren Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje no: FYL-2015-4405) içten teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

## SAYFA

ÖZ.....	I
ABSTRACT .....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET .....	III
TEŞEKKÜR .....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Poliamid 6 lifleri .....	1
1.2. Nanoteknoloji.....	3
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	13
3.1. Masterbatch Hazırlanması.....	14
3.2. Lif Çekimi ve Tekstürizasyon .....	15
3.3. Kumaş Üretimi .....	16
3.4. İplik Testleri .....	17
3.5. Kumaş Testleri .....	18
3.5.1. Kumaş SEM Görüntüleri.....	18
3.5.2. Kumaş Mukavemet ve Uzama Testleri .....	18
3.5.3. Kumaş Optik (UV-görünür bölge-NIR) Testleri.....	18
3.5.4. Kumaş Elektromanyetik Testleri.....	20
3.5.5. Kumaş Yüzey Özdirenci .....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	25
4.1. İplik Mukavemet ve Uzama Testleri.....	25
4.2. Kumaş SEM Görüntüleri.....	25
4.3. Kumaş Mukavemet ve Uzama Testleri .....	28

4.4. Kumaş optik (UV-görünür bölge-IR) testleri.....	29
4.4.1. Dokuma Kumaş Numunelerinde Optik Geçirgenlik.....	29
4.4.2. Dokuma Numunelerde Optik Absorbsiyon.....	32
4.4.3. Örme Numunelerde Optik Geçirgenlik.....	35
4.4.4. Örme Numunelerde Optik Absorbsiyon.....	37
4.5. Kumaş Elektromanyetik Girişim Testleri.....	40
4.5.1. Kontrol Kumaşı.....	41
4.5.2. “1 no.lu” Dokuma Kumaş Örneği.....	43
4.5.3. “2 no.lu” Dokuma Kumaş Örneği.....	45
4.5.4. “3 no.lu” Dokuma Kumaş Örneği.....	48
4.5.5. “1 ve 3 no.lu” Örnekler Birlikte.....	50
4.5.6. “1, 2 ve 3 no.lu” Örnekler Birlikte.....	52
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	65

## ÇİZELGELER DİZİNİ

## SAYFA

Çizelge1.1. Poliamid 6 liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	2
Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan kumaşlar ve kodları.....	16





## ŞEKİLLER DİZİNİ

## SAYFA

Şekil 1.1.	Nanoboyutta hacim-yüzey alanı ilişkisi.....	4
Şekil 1.2.	Titanium (Ti) nanopartikül SEM görüntüsü .....	6
Şekil 3.1.	İplik ve kumaş örnekleri üretim sürecinin akış şeması .....	13
Şekil 3.2.	Titanyum katkılı masterbatch cipsi.....	14
Şekil 3.3.	24 filamentten oluşan tekstürize iplik örnekleri.....	16
Şekil 3.4.	Dokuma ve örme kumaş (D1 ve Ö1) örneklerinin lup altında görüntüleri.....	17
Şekil 3.5.	Ultraviyole/Görünür/Yakın Infrared spektrofotometresi .....	19
Şekil 3.6.	UV-VIS-NIR spektrofotometresinin çalışma prensibi.....	20
Şekil 3.7.	Mikrodalga Network Analizer (a) ve çalışma prensibi (b) .....	21
Şekil 3.8.	Yüzey direnci ölçüm cihazı .....	23
Şekil 4.1.	İplik numunelerinde mukavemet ve uzama grafikleri .....	25
Şekil 4.2.	Dokuma kumaşta karbon, azot, titanyum ve oksijen atomlarının tek tek dağılımı .....	26
Şekil 4.3.	Dokuma kumaşta atomların dağılımı ve aynı dağılımın lifler üzerinde görüntüsü.....	27
Şekil 4.4.	Örme kumaşta titanyumun dağılımı ve lifler üzerinde atomların dağılımının görüntüsü .....	27
Şekil 4.5.	Dokuma kumaşların mukavemet ve uzama grafikleri .....	29
Şekil 4.6.	Dokuma numunelerin UV (mor ötesi) -görünür bölge ve IR (kıızıl ötesi) geçirgenliklerinin dalgaboyuna göre değişimi.....	30
Şekil 4.7.	Ti nanopartiküloranı ile optik geçirgenlik arasındaki ilişki .....	30
Şekil 4.8.	Ti katkılı numuneler ile kontrol kumaşı arasındaki optik geçirgenlik farkları.....	31
Şekil 4.9.	Dokuma numunelerin optik absorpsiyon oranlarının dalgaboyuna göre değişimi.....	33

Şekil 4.10.	Ti nanopartikül oranı ile optik absorpsiyon arasındaki ilişki.....	33
Şekil 4.11.	Ti katkılı numuneler ile kontrol kumaşı arasındaki optik absorpsiyon oranı farkları .....	34
Şekil 4.12.	Örme numunelerin UV (mor ötesi) - görünür bölge ve IR (kıızıl ötesi) geçirgenliklerinin karşılaştırılması.....	35
Şekil 4.13.	Ti nanopartikül artışı ile optik geçirgenliğinde azalma ve eğilim çizgisi .....	36
Şekil 4.14.	Numuneler ile kontrol kumaşının optik geçirgenlik farkları.....	37
Şekil 4.15.	Örme numunelerin optik absorpsiyonlarının karşılaştırılması.....	38
Şekil 4.16.	Ti nanopartikül artışı ile optik absorpsiyonunda artış ve eğilim çizgisi.....	39
Şekil 4.17.	Numunelerin kontrol kumaşından optik absorpsiyonu farkları .....	40
Şekil 4.18.	Elektromanyetik yansıtma açısından, kontrol kumaşının boşluk ile karşılaştırılması .....	41
Şekil 4.19.	Elektromanyetik geçirgenlik açısından kontrol kumaşın boşluk ile karşılaştırılması .....	42
Şekil 4.20.	Kontrol kumaşı için elektromanyetik koruma verimliliği (SE) .....	42
Şekil 4.21.	Elektromanyetik yansıtma açısından 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması .....	44
Şekil 4.22.	Elektromanyetik geçirgenlik açısından 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması .....	44
Şekil 4.23.	Kontrol kumaşı için elektromanyetik koruma verimliliği (SE) .....	45
Şekil 4.24.	Elektromanyetik yansıtma açısından 2 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması .....	46
Şekil 4.25.	Elektromanyetik geçirgenlik açısından 2 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması .....	46
Şekil 4.26.	2 no.lu dokuma kumaş örneği için elektromanyetik koruma verimliliği (SE) .....	47

Şekil 4.27. Elektromanyetik yansıtma açısından 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması .....	48
Şekil 4.28. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması .....	49
Şekil 4.29. 3 no.lu dokuma kumaş örneği için SE - elektromanyetik koruma verimliliği.....	50
Şekil 4.30. Elektromanyetik yansıtma açısından 1 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması .....	51
Şekil 4.31. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 1 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması .....	51
Şekil 4.32. 1 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin elektromanyetik koruma verimliliğine (SE) etkisi.....	52
Şekil 4.33. Elektromanyetik yansıtma açısından 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması .....	53
Şekil 4.34. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması .....	54
Şekil 4.35. 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin elektromanyetik koruma verimliliğine (SE) etkisi.....	55





## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, tekstil malzemelerine elektromanyetik özellikler (elektromanyetik koruma, yansıtma, soğurma, iletkenlik vb.) kazandırmak ve bu özellikleri geliştirmek, tekstil malzemesinin özgün yapısı nedeniyle en çok çalışılan konular arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, polimer liflerinin eğrilmesi sırasında, eriyik içerisine nanoparçacık katkılanması yoluyla tekstil liflerine çeşitli yeni özellikler kazandırmak veya mevcut özellikler açısından performansını arttırmak da sıklıkla üzerinde çalışılan araştırma konularındandır. Polimere nanoparçacık katkılama yöntemi nanoteknoloji biliminin tekstil alanına uygulanmasına önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu tezin özü, metal titanyum nanoparçacık katkılama yöntemiyle poliamid liflerinin elektromanyetik ve optik özelliklerinin geliştirilip geliştirilemeyeceğinin araştırılmasından ibarettir.

### 1.1. Poliamid 6 lifleri

Poliamid lifleri, 49.142 ton üretim miktarı ile 879.892 ton olan ülkemiz sentetik lif üretim miktarının yaklaşık olarak %5,6'sını, satış değeri olarak da 309.132.493 TL ile toplam satış miktarının (6.549.297.214 TL) yaklaşık olarak %4,7'sini oluşturmaktadır (TÜİK-2016).

Poliamid 6 (PA 6) lifi ise sentetik lifler içerisinde en yaygın kullanım alanı olan liflerden biridir. Poliamid 6 lifleri, giyim alanında (elbise, kadın ve çocuk çorabı, mayo, özellikle bayan iç giyim, gömlek, astar, bluz, korse, gecelik), ev tekstili alanında (yatak örtüsü, halı, kilim), endüstriyel alanda (filtre kumaşları, paraşüt bezi, emniyet kemerleri, diğer kayışlar, yağmurluk, şemsiyelik, çadır, balık ağı, dikiş ve brode iplikleri, otomobil lastiklerinde takviye, otomotiv döşeme kumaşları) yaygın olarak kullanılmaktadır.

Böylesine geniş kullanım alanı ve yüksek katma değeri olan ürünlerde kullanım imkanı bulunan poliamid 6 liflerinin, yüksek dayanımlı, sıkışmaya karşı

dirençli, yumuşak tutumlu, kolay boyanabilir olması, canlı renkler vermesi, kolay işlenebilir olması, yüksek nem alma özelliği, çözümlere ve bazlara karşı dirençli olması gibi avantajlarına karşın güneş ışınlarına (UV) dayanımının düşük olması, kuvvetli asit oksitleyici maddelerden etkilenmesi gibi dezavantajları da vardır. Bazı dezavantajları kullanım alanını sınırlamaktadır. Örneğin; güneş ışınlarına dayanımının düşük olması nedeniyle perde üretiminde kullanılamamaktadır.

Çizelge 1.1. Poliamid 6 liflerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Seventekin, 2003)

Erime noktası	212-220°C
Kopma dayanımı	2,5-5 cN/dtex
Uzama	%35-55
Yoğunluk	1,14 g/cm <sup>3</sup>
Nem oranı	%4
Asitlere dayanımı	Düşük
Bazlara dayanımı	İyi
Mikroorganizmalara dayanımı	İyi
Güneş ve UV dayanımı	Düşük

Bu çalışmada araştırma konusu olarak seçilen poliamid 6 lifinin, hammaddesinin poliamid 6.6'ya göre daha kolay temin edilmesi, üretiminin daha kolay ve düşük maliyetli olması tercih nedenleri arasındadır. Çalışma kapsamında, poliamid 6 lifinin teknik özelliklerinin geliştirilebileceği ve bu sayede sektöre ekonomik katkılar sağlanabileceği düşünülmektedir. Bayan çorapları ve deniz giysileri gibi kullanım alanları için UV geçirgenliği, anti-bakteriyellik,ilmek dayanımı gibi özelliklerin geliştirilmesi kullanım amaçlarına önemli katkıda bulunacaktır. Bunun yanında bu çalışmayla, teknik tekstiller kapsamında liflerin elektromanyetik koruma ve UV dayanımını artırma yolları araştırılacaktır.

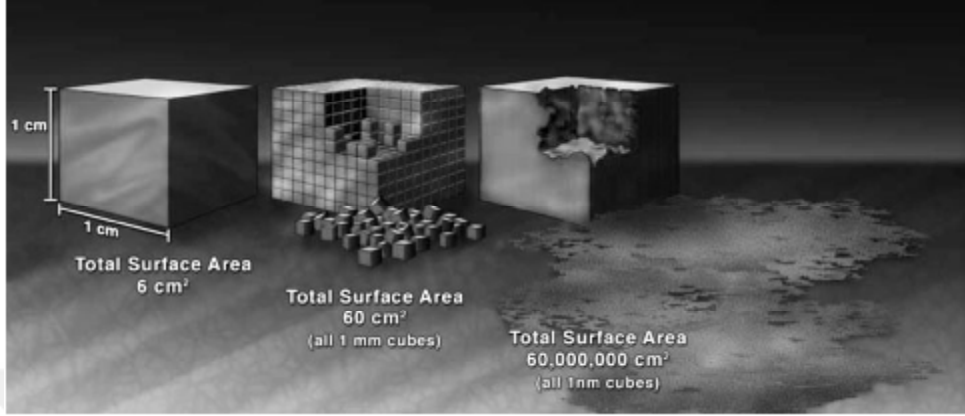
## 1.2. Nanoteknoloji

ISO (International Organization for Standardization) standartları, nanoteknolojiyi “Tekil atomlar, moleküller ya da hacimli malzemeden farklı olarak, boyut ve yapıya dayalı özellik ve fenomenlerden yararlanmak adına, maddenin nano ölçekte düzenlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla bilimsel bilginin uygulamaya geçirilmesidir.” biçiminde tanımlamaktadır (<https://www.iso.org>). Burada nanoölçekten kastedilen, 1 nm ile 100 nm aralığıdır. Nanomalzeme ise nanoteknoloji yardımıyla özelliği ya da performansı değiştirilmiş malzeme olarak tanımlanır. Bir sentetik malzemeye (polimer) nanoparçacıklar eklendikten sonra lif çekimiyle nanokompozit malzeme elde edilir (Greßler, 2010).

AFM (Atomic Force Microscope/Atomik Kuvvet Mikroskobu), STM (Scanning Tunneling Microscope/Taramalı Tünelleme Mikroskobu), SEM (Scanning Electron Microscope/Taramalı Elektron Mikroskobu) gibi nano ölçekte görüntüleme sağlayan teknolojiler de nanoteknoloji bilimine paralel olarak gelişmiş ve nanoteknolojinin ilerlemesine katkı sağlamıştır.

Nanoteknoloji biliminde “özgül yüzey alanı ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )” oranı çok önemlidir. Özgül yüzey alanı, yüzey alanının kararlılığını, nanoparçacıkların yüzey özelliklerini (pürüzsüzlük), malzemenin tepkimeye girme kabiliyetini ve hızını etkilemektedir.

Nanoparçacıkların boyutları azaldıkça, yüzeylerinin hacimlerine oranında artmaktadır. Böylece malzemenin toplam yüzey alanı çok yüksek oranda artmaktadır. Örneğin;  $1 \text{ cm}^3$  hacmindeki bir malzeme (yüzey alanı  $6 \text{ cm}^2$ 'dir) her biri  $1 \text{ mm}^3$ 'lük parçalara ayrılırsa bu parçaların toplam yüzey alanı yaklaşık olarak bir oyun kartı büyüklüğünde ( $60 \text{ cm}^2$ ),  $1 \mu\text{m}^3$ 'lük parçalara bölünürse tüm parçaların toplam yüzey alanı küçük bir odanın zemini kadar ( $6 \text{ m}^2$ ), bu  $1 \text{ cm}^3$  hacmindeki parçanın  $\text{nm}^3$ 'lere bölünmesi durumunda ise bölünen parçaların toplam yüzey alanı yaklaşık bir futbol sahası büyüklüğünde ( $6000 \text{ m}^2$ ) olmaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Nano boyutta hacim-yüzey alanı ilişkisi ([www.nano.gov](http://www.nano.gov))

Nanoteknolojiyi özgün kılan özellikler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- i. Nanoölçekteki malzemeler, kuantum fiziği kanunlarına tabidir. Örneğin, malzemeler nanoboyuta indirgendikleri zaman:
  - Seramik gibi kırılğan bir malzeme deforme edilebilir hale gelebilir,
  - Mat olan bir malzeme saydam hale gelebilir (bakır),
  - Kararlı bir malzeme yanıcı hale gelebilir (alüminyum),
  - Çözünmeyen bir malzeme çözünür hale gelebilir (altın),
- ii. Biyolojik olaylar, daha ziyade nanoölçekte gerçekleşir.
- iii. Nanoölçekte yüzeyler ve arayüzler, malzemelerin etkileşiminde önemli rol oynar.

Tekstilde nanoteknoloji uygulamaları, genel olarak üç grup altında toplanabilir:

**Nanolif üretimi:** Elektrospinning gibi teknolojilerle lif çapının ve kesit alanının nanoölçekte üretilmesidir.

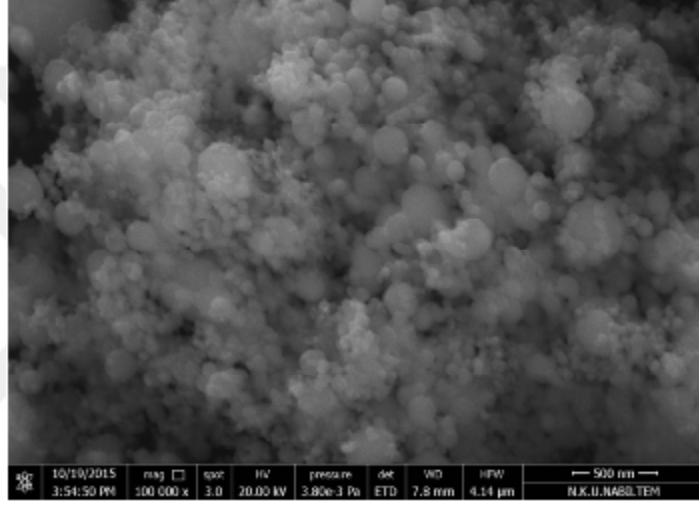
**Polimer nanokompozitler:** Polimer, matriks içerisinde nanoparçacıkların katkılanması yoluyla nanokompozit malzeme üretimi gerçekleşir. Matriks olarak polyester, polipropilen, polietilen, naylon gibi polimerlerin içine eğirme (lif çekimi) sırasında altın, gümüş, kil, cam, alüminyum, kalsiyum karbonatlar ve titanyum dioksit gibi pek çok farklı nanopartiküller katkılanarak çok çeşitli polimer nanokompozitleri üretilmektedir. Tez konusunu oluşturan, PA 6 polimerine metal titanyum nanopartiküllerinin katkılanması da bu gruba girmekte ve elde edilen malzeme “nanokompozit” olarak adlandırılmaktadır.

**Bitim işlemleri:** Sol-gel, plazma gibi kimyasal ya da fiziksel kaplama yöntemleri kullanılarak kumaş yüzeyine nano malzemelerin aplikasyonunun yapıldığı terbiye işlemleridir (Chaudhari,2013).

Bu tez çalışması kapsamında, polimer matriks içerisinde nanoparçacıklar katkılanarak elde edilen eriyikten lif çekimi gerçekleştirilmiş ve filament iplik örnekleri elde edilmiştir. Nanoparçacık katkılanacak matriks polimer malzeme olarak poliamid 6, katkı malzemesi nanoparçacıklar ise %100 metal titanyum (Ti) olarak seçilmiştir. Bunun nedeni, daha önce Zhu ve ark. (2004), Yazdanshenas ve ark. (2012) ve Esen ve ark. (2014) tarafından yapılmış çalışmalardan yola çıkılarak yukarıda sözü edilen özelliklerin geliştirilmesine katkı sağlanacağına düşünülmüştür. Literatürde %100 metal titanyumun kullanıldığı benzer bir çalışmaya rastlanmamış olması çalışmanın özgün yanını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada temel olarak; PA 6 polimerine lif çekimi sırasında %100 metal Ti nano-parçacık katkılanmanın, PA6 liflerinden üretilmiş iplikler ve bu ipliklerden üretilmiş kumaşların yukarıda sözü edilen özelliklerin geliştirilmesine nasıl bir etki yapacağı araştırılmıştır. Titanyum, alerjen olmaması, insan sağlığına zarar vermemesi ve hafif bir metal olması yanında yüksek mukavemete sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir. Literatür taramasında, lif üretiminde nano- katkı olarak %100 metal titanyumun kullanıldığı benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Böylece daha önce denenmemiş bir çalışma yapılarak bilimsel literatüre katkı

sağlanmış olmaktadır. Tekstilde nanoteknoloji kullanımının gittikçe önem kazanmakta olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu konuda yapılacak bilimsel çalışmaların artması, katma değerli, yüksek teknolojiye dayalı ürün üretimi ve “know-how” oluşturma açısından ülkemize katkı sağlayacaktır. Son yıllarda, nanoteknoloji geometrik olarak artan sayıda bilimsel araştırmalara konu olmaktadır.



Şekil 1.2. Titanium (Ti) nanopartikül SEM görüntüsü

Literatürde titanyum dioksit ( $\text{TiO}_2$ ), gümüş, bor gibi maddelerin nano ölçekte (1–100 nm) lif içine katkılanarak, tekstil malzemelerine antibakteriyellik, elektromanyetik koruyuculuk gibi özelliklerin kazandırılmasına dönük çeşitli çalışmalara rastlanmıştır. Bu açıdan çalışmanın, ulusal ve evrensel anlamda bilimsel literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.

Bu çalışmada, bir nanoteknoloji uygulaması olarak üretilecek olan metal bazlı Ti nano-parçacık katkılı PA6 liflerinden üretilmiş kumaşların optik geçirgenliği ve yansıtması, yüzey elektrik direnci, elektromanyetik koruyuculuk (EMI shielding) ve mukavemet gibi teknik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmanın sözü edilen teknik özelliklerin geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Nanoteknoloji fikri, ilk kez California Institute of Technology'den fizikçi Richard Feynman'ın 1959'da Amerikan Fizikçiler Derneği'nde yapmış olduğu "There's Plenty of Room at the Bottom" (Diplerde biraz daha yer var) başlıklı konuşmasıyla ortaya çıkmıştır. Modern nanoteknolojinin ise 1981'de tek tek atomları gösterebilen STM (scanning tunnelling microscope)'un geliştirilmesiyle başladığı kabul edilmektedir.

1991 yılında NEC şirketler topluluğundan Sumio Iijima tekstil nanokompozitlerinde de sık sık kullanılan karbon nanotüpleri (CNT) keşfetmiştir (<http://www.nano.gov>).

*Tekstilde nanoteknoloji* çalışmaları ise 2000'li yıllardan itibaren yoğunlaşmıştır. Tez konusuna ilişkin literatürde rastlanan bilimsel çalışmalar aşağıda sunulmuştur:

Akkapeddi, M. K. 2000 yılında tekstilde nanoteknoloji konusunda yapılan ilk çalışmalardan birisinde; poliamid 6'ya nano-kille birlikte cam lifleri karıştırarak, esneme modüllerinin geliştirilebileceğini göstermiştir. Standart PA6'ya göre, her oranda cam lifi içeren PA6 nanokompozitlerinin yaş ve kuru halde esneme modüllerinin belirgin biçimde iyileştiği görülmüştür.

Zhu, M. ve ark. 2004 yılında yaptıkları çalışmada, PA6/Nano-TiO<sub>2</sub> (titanyum dioksit) kompozitlerinin hazırlanmasını ve eğirilebilirliklerini araştırmışlardır. Yüzeyi modifiye edilmiş titanyum dioksitin topaklanma eğiliminin azaldığını ve bununla üretilen PA6 kompozit ipliklerinin kopma mukavemetlerinin, başlangıç modüllerinin ve uzama yüzdelerinin arttığını göstermişlerdir.

Özdoğan, E. ve ark.2006 yılında yaptıkları çalışmada, nanoteknolojiyi ve tekstilde uygulamalarını araştırmışlardır. Çalışmalarında nanomateryallerde ölçüm yöntemlerini ve nanoteknolojinin tekstilde kullanım alanlarını incelemişlerdir.



Mahfuz, H. ve ark. 2007’de yaptıkları çalışma ile, %1 SiO<sub>2</sub> (silisyum dioksit) nanopartiküllerini katkılayarak ürettikleri polipropilen liflerinin, Young modüllerinin %28, mukavemetlerinin %36 arttığını göstermişlerdir.

Erdem, N. ve ark. 2008’de yaptıkları çalışmalarında %3 SiO<sub>2</sub> (silisyum dioksit) nanokatılı ürettikleri polipropilen liflerinin LOI (Limit Oksijen İndeksi) değerinin %18’den %22’ye yükseldiğini göstermişlerdir. LOI indeksinin artması güç tutuşurluğun arttığını göstermektedir.

Joshi, M.,Bhattacharyya ve A., Wazed Ali, S. 2008’de yaptıkları çalışmada; tekstilde nanoteknoloji uygulamalarının karakterize edilmesini araştırmışlardır. Bu alanda nano boyutta inceleme yapabilecek cihazları ve testleri özetlemişlerdir.

Rangari, V. K. ve ark. 2010 yılında yaptıkları çalışmada Ag/CNT hibrit (gümüş/karbonnanotüp karışımı) nanopartiküllerini Naylon 6 liflerine katkılamışlar. %1 Ag/CNT katkılı liflerin antibakteriyel özelliklerinin hem katkısız liflere göre hem de %1 Ag ya da %1 CNT katkılı liflere göre daha iyi olduğunu göstermişlerdir.

Yazdanshenas, M. E. ve ark. 2012’de yaptıkları çalışmada, ağırlıkça %0, %0,5; %1 ve %4 gümüş (Ag) nanopartikül içeren bioaktif poliamid 6 üretmişlerdir. Bu çalışmada, antimikrobiyal özellik göstermesi kaydıyla, aglomer oluşumu ve mukavemet değerleri göz önüne alındığında gümüş için %0,5 ve %1 nanopartikül oranlarının en optimum oranlar olduğu görülmüştür.

Gashti, M. P. ve ark. 2012’de yaptıkları çalışmada, yün yüzey üzerine çapraz bağlayıcı olarak sitrik asit kullanarak bağladıkları, zirkonyum dioksit (ZrO<sub>2</sub>) nanopartikülleri ile yüzeyin güç tutuşurluğunun ve elektromanyetik yansıtmasının iyileştiğini göstermişlerdir.

Chaudhari, S. ve ark. 2014’de yaptıkları çalışmada, polipropilene titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) nanopartikülleri katkılayarak, UV geçirgenliğine etkisini ölçmüşler,

%1 hatta daha düşük oranlarda katkının UVA (400-320 nm) geçirgenliğini %80, UVB (320-290 nm) geçirgenliğini ise %50 azalttığını göstermişlerdir.

Esen, M.ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmada, Arc-PVD yöntemi ile titanyum nanopartikül kaplanan kumaşın elektromanyetik emicilik özelliğini araştırmışlardır. Kaplama kumaşın belli frekanslarda %98 gibi çok yüksek bir oranda elektromanyetik emicilik özelliği gösterdiğini ortaya koymuşlardır.

Attia, N. F. ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmada pamuk/polyester ve yün kumaşlara, titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) ve çinko oksit (ZnO) nanopartiküllerle kaplama yaparak, kumaşların UV korumasının, mekanik özelliklerinin, hidrofobluk ve antibakteriyellik özelliklerinin iyileştirilebildiğini göstermişlerdir.

Pulit, J. ve ark. 2016 yılında yaptıkları çalışmada, indigo ve ticari boyarmaddeleri gümüş (Ag) ve çinko oksit (ZnO) nanopartikülleriyle modifiye ederek boyadıkları pamuklu kumaşların, antibakteriyel özelliklerinin ve ultraviyole absorpsiyonlarının geliştirilebileceğini göstermişlerdir.

Li, J. ve ark. 2016 yılında, indirgenmiş grafen oksit (RGO-reduced graphene oxide) ve nikel (Ni) nanopartiküllerinin, karbon fiber (CF) bazlı kompozitlerin mikrodalga absorpsiyonlarına etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, CF-RGO-Ni kompozitlerinin düşük dalgaboylarında absorpsiyon bandını genişlettiklerini göstermişler, bu kompozitlerin elektromanyetik yalıtımda ve elektronik teknolojilerinde potansiyel malzemeler olabileceğini belirtmişlerdir.

Attia, N. F. ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışmalarında, pamuk/polyester kumaşa uyguladıkları silica nano partikülleriyle kaplamayla UV korumasının kaplamasız kumaşa göre 6 kattan fazla arttığını göstermişlerdir.

Wu, G. ve ark. 2017 yılında yaptıkları çalışmada nano bakır (Cu), demir (Fe) ve titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) katkılarıyla besledikleri ipekböceklerinden elde ettikleri liflerin özelliklerini araştırmışlar, özellikle bakır katkılı ipeğin mukavemet ve uzama değerlerinin kontrol ipliğine göre sırasıyla %89 ve %36 daha yüksek olduğunu göstermişlerdir.

Kızıldağ, N. ve ark. 2017'de yaptıkları çalışmada, poliakrilnitril (PAN) liflerine katkıladıkları %1 ve %3 oranlarında titanyum dioksit ( $\text{TiO}_2$ ) ve gümüş nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) nanopartiküllerinin, iletkenliği  $10^{-4}$  S/cm (siemens/santimetre) düzeyine çıkardığını göstermişler, liflerin yarı iletken olarak tanımlanabileceğini belirtmişlerdir.

Ferreira, V. C. ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada pamuk liflerini bizmut-oksi-klorid ( $\text{BiOCl}$ ) ve titanyum dioksit ( $\text{TiO}_2$ ) nanopartikülleriyle modifiye etmişler ve bunun, fotokatalitik etkiyle kendi kendini temizleme amaçlı kullanılabilceğini göstermişlerdir.

Tekstilde nanoteknolojilerin kullanılmasının insan sağlığı ve çevreye etkilerinin araştırıldığı çalışmalar da bulunmaktadır:

Greßler, S. ve ark. 2010'da yaptıkları çalışmada, nano-tekstillerin uygulama alanlarının yanısıra örnek olarak gümüş nanopartiküllerinin ilk yıkamada dahi, atık suya karışmasıyla sağlığa ve çevreye *olası* olumsuz etkilerine dikkat çekmişlerdir.

Lorenz, C. ve ark. piyasada bulunan fonksiyonel tekstillerden (antibakteriyel çorap, tişört) gümüş salınımını inceledikleri çalışmada (2012),  $\text{Ag}^+$  iyonlarının gümüş nanopartikülleri halinde ya da gümüş klorür ( $\text{AgCl}$ ) bileşiği oluşturma yoluyla yıkama atık suyuyla birlikte doğaya karıştıklarını göstermişlerdir.

Mitrano, D. M. ve ark. 2014 yılında yaptıkları benzer bir çalışmada ise konvansiyonel gümüşün nano gümüş partiküllerine göre yıkama suyuna daha fazla karıştığını göstermişlerdir.

Windler, L. ve ark.2012'de yaptıkları fonksiyonel kumaşlardan titanyum dioksit( $\text{TiO}_2$ ) salınımını inceledikleri çalışmalarında,  $\text{TiO}_2$  salınımının partikül büyüklüğünden bağımsız olarak eşit dağılımda gerçekleştiğini ve  $\text{TiO}_2$ 'in elyaf matrisi içerisine girmesi itibarı ile de yıkama suyuna karışan miktarın görece düşük olduğunu belirtmişlerdir.

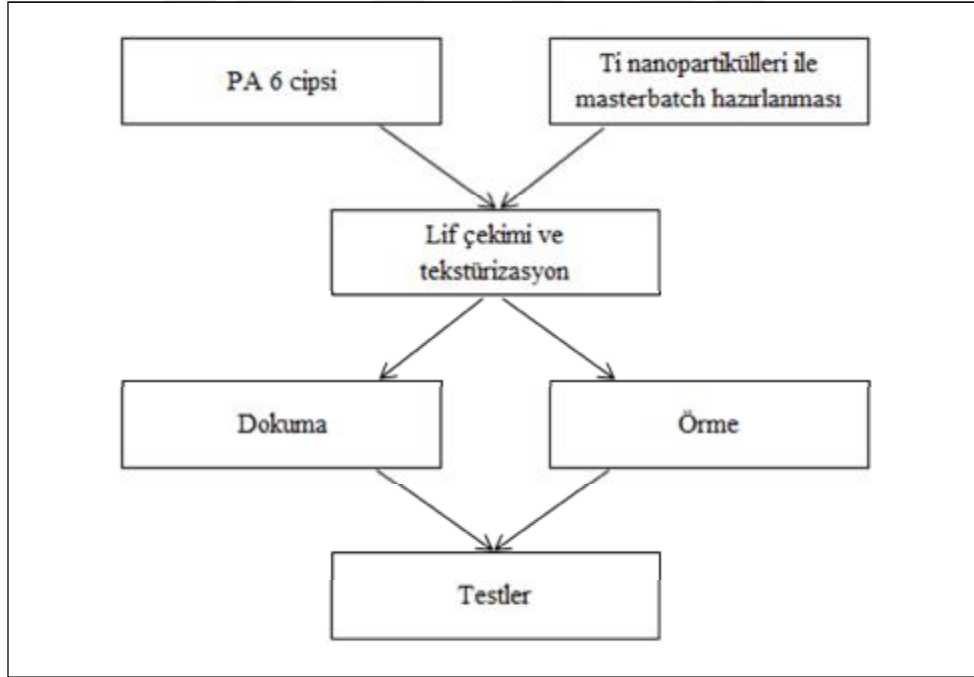
Goetz, N.V. ve ark.2013 yılında gümüş (Ag) ve titanyumdioksit (TiO<sub>2</sub>) nanopartiküllerinin kumaşlardan insan terine geçişini incelemişler ve çalışmaları sonucunda, diğer yollara nazaran deri yoluyla maruziyetin TiO<sub>2</sub>nanopartikül, agregat ve aglomerleri için Ag'ye göre minör düzeyde olduğunu göstermişlerdir. Bu sonuç, önceki paragrafta bahsedilen çalışmanın sonucuyla da paraleldir.

Önceki çalışmalar arasında, en yaygın nanometallerden birisi olduğu halde %100 titanyum nanopartiküllerinin kullanıldığı benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doğrultuda tez kapsamında yapılan çalışmada ilk kez bir life %100 titanyum metal nanopartikülleri katkılanmıştır.



**3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu çalışma kapsamında öncelikle 3 farklı oranda %100 metal Ti nano-parçacık katkılı tekstürize multi-filament poliamid 6 iplikleri ve katkısız kontrol iplikleri üretilmiştir. İplik ve kumaş örneklerinin üretim sürecini açıklayan akış şeması Şekil 3.1.'de verilmiştir. Elde edilen ipliklerin teknik özellikleri (doğrusal yoğunluk, mukavemet/uzama vb.) ölçülmüş, ardından bu iplikler dokuma ve örme kumaş haline getirilmiş, sonra da elde edilen kumaş örneklerinin teknik özellikleri (mukavemet/uzama, optik geçirgenliği ve absorpsiyonu, elektromanyetik geçirgenliği, elektromanyetik emicilik özelliği) ölçülerek sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 3.1. İplik ve kumaş örnekleri üretim sürecinin akış şeması

### 3.1. Masterbatch Hazırlanması

Sentetik liflerin üretiminde lif çekimi esnasında boyarmadde ve farklı amaçlı yardımcı kimyasalların farklı oranlarda katkılanması amacıyla üretilen, çeşitli katkıları içeren cipslere “masterbatch” adı verilmektedir.

Bu tez çalışmasında, PA6 liflerinin üretimi için öncelikle metal bazlı (%99,9) Ti nano-partiküller satın alma yoluyla yurtdışından tedarik edilmiş olup, bu nano-partiküller, SETAŞ Kimya Sanayi A.Ş.’de çift vidalı ekstrüder kullanılarak PA6 polimeri içerisine 3 farklı oranda (500-1000-1500 mg/kg) karıştırılarak nano-parçacık katkılı polimer tanecikleri (masterbatch cipsi) elde edilmiştir. Şekil 3.2.’de Ti nanoparçacık katkılı polimer taneciklerinin genel görünümü sunulmuştur.



Şekil 3.2. Titanyum katkılı masterbatch cipsi

### 3.2. Lif Çekimi ve Tekstürizasyon

Yumuşak çekim yöntemiyle nanoparçacık katkılı tanecikler polimer içine karıştırılarak kesitte 24 filament olacak şekilde PA 6 ipliği çekilmiştir. Böylece nanoparçacık oranları ağırlıkça %0,05 - %0,10 ve %0,15 olmak üzere 3 farklı iplik örneği elde edilmiştir. Kontrol ipliği olarak kullanmak üzere, katkılanmamış standart PA6 ipliği de üretilmiştir.

Katkı oranının arttırılmasıyla katkı maddesinden beklenen etkilerin artacağı aşıkardır, ancak katkı miktarını arttırma imkânı, katkı maddesi ile lif matriksi arasındaki bağların zayıf olmasından dolayı sınırlıdır. Bu durum hem lif çekimini güçleştirmekte, hem de yüksek katkı oranlarında lifin mekanik özelliklerini düşürmektedir. Bu sebeplerden dolayı, tez çalışmasının başlangıcında katkılama oranları daha yüksek seviyelerde belirlenmiş olmasına karşın, standart işletme talimatlarına göre 275°C’de ve uygun basınçlarda lif çekimi sağlanamadığından bu oranların düşürülmesi yoluna gidilmiştir. Numune üretimi için farklı sıcaklık ve basınç değerlerinde lif çekimi denemeleri yapılmasına karşın düzelerden düzgün bir lif akışının elde edilmesi mümkün olmamıştır. İşletme şartlarında daha fazla deneme imkânı kalmadığından ve masterbatch miktarı sınırlı olduğundan dolayı katkı miktarları zorunlu olarak yukarıda anılan oranlara indirilmiştir.

Bununla beraber, katkılama işlemi otomatik olarak yapıldığı halde, ekstruderde oranlar arasındaki geçişler doğası gereği kesin olarak ayırt edilememektedir. Bu sakıncayı azaltmak amacıyla, iplik testleri ve kumaş üretimlerinde kullanılan iplikler, iplik bobinlerinin orta kısımlarından alınmıştır.

Lif çekiminden sonra, 24 filamentten oluşan iplik, “yumuşatma-büküm verme-fikse etme” yöntemine göre tekstürizasyon işlemine tabi tutularak POY (Partially Oriented Yarn – Kısmî Çekilmiş İplik) iplik elde edilmiştir. Şekil 3.3’te tekstüre edilmiş filament iplik örneklerinin genel görünümü verilmiştir.





Şekil 3.3. 24 filamentten oluşan tekstürize iplik örnekleri

### 3.3. Kumaş Üretimi

İplik testleri yapıldıktan sonra iplik örnekleri, örme ve dokuma yöntemleriyle kumaşa dönüştürülmüştür. Üretilen dokuma kumaş örnekleri 1/3 S dimi örgüsüne sahip olup, numune iplikler yalnızca atkı yönünde kullanılmıştır. Çözümlü ipliği olarak Ne 48/2 %100 yün ipliği kullanılmıştır. Örme kumaşlar ise RL örgü yapısında düz örme şeklinde üretilmiştir. Böylece 4 farklı nanoparçacık katkı oranına sahip dokuma ve örme kumaş numuneleri elde edilmiştir (Çizelge 2.1). Şekil 3.4'te dokuma ve örme kumaşlara ait örnek resimler verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çalışmada kullanılan kumaşlar ve kodları

Kodu	Kumaş cinsi	Ti katkı oranı
DK	Dokuma	% 0,00
D1	Dokuma	% 0,05
D2	Dokuma	% 0,10
D3	Dokuma	% 0,15
ÖK	Düz örme	% 0,00
Ö1	Düz örme	% 0,05
Ö2	Düz örme	% 0,10
Ö3	Düz örme	% 0,15

Dokuma kumaşlar Yünsa Yünlü Sanayi ve Tic. A.Ş. numune dokuma makinasında, örme kumaşlar Altın İplik ve Çorap Sanayi A.Ş. örme işletmesinde üretilmiştir.



Şekil 3.4. Dokuma ve örme kumaş (D1 ve Ö1) örneklerinin lup altında görüntüleri

### 3.4.İplik Testleri

Elde edilen dört farklı iplik numunesinin performanslarını değerlendirmek amacıyla, doğrusal yoğunluk, mukavemet ve uzama ölçümleri yapılmıştır. Nanoparçacık katkılı multifilament ipliklerin içindeki nanoparçacıkların dağılımını ve liflerdeki değişimi gözlemlemek amacıyla ise kumaş numuneleri üretildikten sonra SEM teknolojisi kullanılarak liflerin görsel analizi yapılmıştır.

İplik örneklerinin doğrusal yoğunluk değerleri, denye birimi cinsinden ölçülmüştür. 1 Denye, 9000 m uzunluğundaki ipliğin gram cinsinden ağırlığına karşılık gelmektedir.

Mukavemet ve uzama testleri Proser Tenso Tester cihazında İngiliz test standardı BS 1932'ye (bobinden alınan ipliklerin mukavemet testleri) göre gerçekleştirilerek mukavemet (g/denye) ve uzama (%) değerleri elde edilmiştir.

### **3.5. Kumaş Testleri**

#### **3.5.1. Kumaş SEM Görüntüleri**

Ti nanoparçacık katkılı multifilament iplik numunelerinin içindeki nanoparçacıkların dağılımını ve liflerdeki değişimi gözlemlemek için SEM teknolojisi kullanılarak liflerin görsel analizi yapılmıştır. Bu çalışmada FEI marka model QuantaFeg 250 model cihaz kullanılmıştır.

#### **3.5.2. Kumaş Mukavemet ve Uzama Testleri**

Numune iplikler, dokuma kumaşta yalnızca atkı yönünde kullanıldığından dolayı, mukavemet ve uzama testleri yalnızca atkı yönünde yapılmıştır. Testler James Heal Titan test cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaz, 50 mm/dk sabit uzama artışıyla numunenin kopuncaya kadar gerdirilmesi esasına dayalı olarak çalışmaktadır. Test İngiliz standardı BS 2576'ya göre (Dokuma kumaşların -şerit yöntemiyle- kopma mukavemeti ve uzamalarının belirlenmesi yöntemi) yapılmıştır. Bu şekilde kopma anındaki kuvvet (kg-f) ve yüzde uzama miktarları bulunmuştur.

#### **3.5.3. Kumaş Optik (UV-görünür bölge-NIR) Testleri**

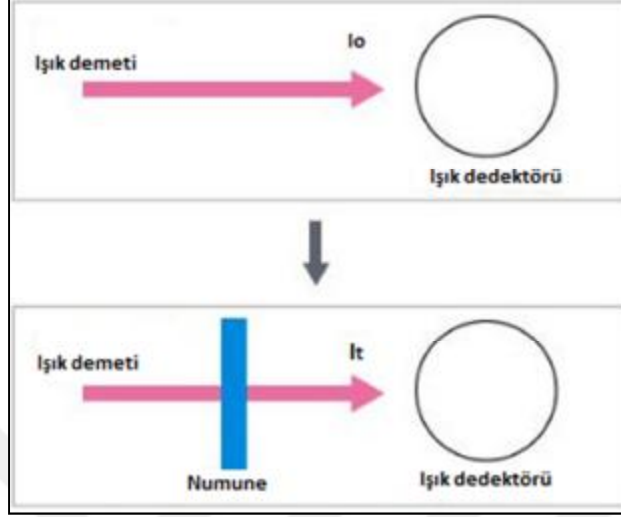
Dokuma ve örme kumaş örneklerinde, UV (morötesi), görünür bölge (~450-700 nm arası) ve NIR (yakın kızılötesi) bölgeleri için optik geçirgenlik ve absorpsiyon testleri uygulanmıştır. Bu testler için Ultraviyole/Görünür/Yakın Infrared (UV-VIS-NIR) Spektrofotometresi kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Ultraviyole/Görünür/Yakın Infrared spektrofotometresi

Bu cihazın çalışma prensibi, karanlık kabin içerisinde numunelere 300 ile 1200 nm dalgaboyları arasında ışık göndermeye ve ışığın ne kadarının absorbe edildiğinin, ne kadarının da numune içerisinden geçerek karşıda bulunan alıcıya ulaştığının yüzde olarak ölçülmesine dayanır. Bunun için Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, önce ışık demetinin yoğunluğu ( $I_0$ ) numune olmadan ölçülür. Sonra numune ışık demetinin yolu üzerine yerleştirilir ve ışık demetinin yoğunluğu ( $I_t$ ) numuneden geçtikten sonra ölçülür. Aşağıdaki formül kullanılarak UV geçirgenlik değeri( $T$ ) hesaplanır:

$$T (\%) = \frac{I_0}{I_t} \times 100$$



Şekil 3.6. UV-VIS-NIR spektrofotometresinin çalışma prensibi

#### 3.5.4. Kumaş Elektromanyetik Testleri

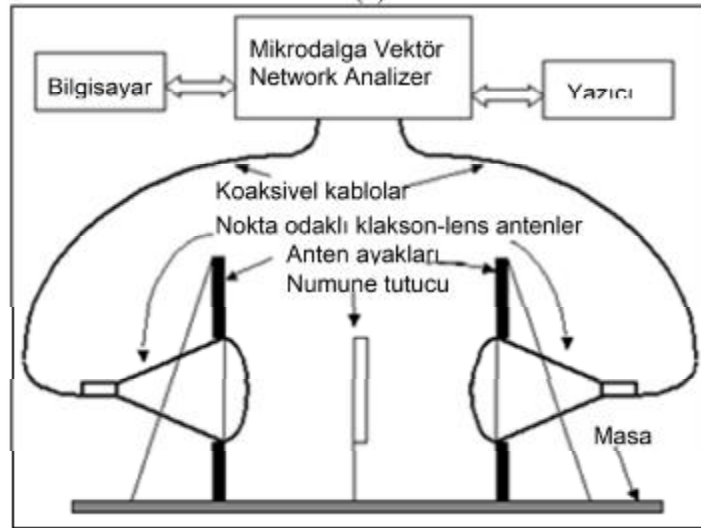
Elektromanyetik testler, serbest uzay ölçüm metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Literatürde, bu metodun tekstil ve çeşitli kompozit malzemelerin, elektromanyetik koruma etkinliği (SE) ölçümlerinde kullanıldığı ve farklı ekran tiplerinde ölçüm yapılabildiği belirtilmektedir (Kılıç, 2008). Testler, N5224A PNA Microwave Network Analyzer adlı cihaz kullanılarak yapılmıştır. Bu test cihazında, karşılıklı iki anten bulunmakta ve numune bu iki anten arasına tam ortaya yerleştirilmektedir. Antenler aynı eksen üzerinde yerleştirilmekte ve numune bu eksene göre ortalanmaktadır (Şekil 3.7b). Verici antenden gönderilen elektromanyetik sinyallerin bir kısmı numuneden geçerek alıcı antene ulaşmakta ( $S_{21}$ , geçirgenlik), bir kısmı verici antene doğru geriye yansımakta ( $S_{11}$ , yansıtma), bir kısmı ise numune tarafından absorbe (absorbsiyon) olmaktadır. Bu şekilde numune var iken elde edilen  $S_{21}$  değerleriyle, numune yok iken elde edilen  $S_{21}$  değerleri kullanılarak aşağıda açıklanan eşitlikler yardımıyla SE değerleri hesaplanmaktadır. Burada, elektromanyetik *geçirgenlik*, *absorbsiyon* ve *yansıtma*

değerlerinin toplamı verici antenden gönderilen sinyal miktarına eşit olmaktadır. Bu yüzden  $\eta$  değerin toplamı %100 yani 1 olmalıdır.

Ölçümler, 3 – 18 GHz frekans aralığında yapılmıştır. Bu aralık belirlenirken, haberleşme frekans bantlarını (uydu haberleşme, yeni nesil kablosuz haberleşme vb.) kapsaması gözetenilmiş ve kullanılan cihazın teknik kapasitesi dikkate alınmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.7. Mikrodalga Network Analiz cihazı (a) ve çalışma prensibi (b)

Bu çalışma kapsamında yapılan testler ile kumaş örneklerinin, boşluğa (hava ortamına) göre elektromanyetik yansıtma (S11), elektromanyetik geçirgenlik (S21) ve elektromanyetik koruyuculuk (SE-shielding efficiency) değerleri incelenmiştir.

Elektromanyetik yansıtma (S11 değeri), gönderilen elektromanyetik dalgaların sinyali gönderen antene geri dönüş oranını vermektedir. Bu değer 1 no.lu antenden gönderilen dalgaların, yeniden aynı antene (1 no.lu) geri dönüş yüzdesidir.

$$S11_{mag} = 10^{(S11_{dB}/20)}$$

Elektromanyetik geçirgenlik (S21 değeri), gönderilen elektromanyetik dalgaların numuneden geçtikten sonra karşı taraftaki 2 no.lu antene ulaşma oranını vermektedir. Bu değer 1 no.lu antenden gönderilen dalgaların, karşıda ve aynı eksende, numunenin arkasında bulunan 2 no.lu antene ulaşma yüzdesidir.

$$S21_{mag} = 10^{21_{dB}/20}$$

Elektromanyetik koruyuculuk değeri (SE değeri) ise, 1 no.lu antenden numuneye doğru gönderilen elektrik (veya manyetik) alan büyüklüğünün numune yok iken 2 no.lu anten tarafından algılanan seviyesinin ( $E_0$  veya  $H_0$ ), numune var iken algılanan seviyesine ( $E_1$  veya  $H_1$ ) oranından yola çıkılarak aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmaktadır (Kılıç, 2008).

$$SE = 20 \log (E_0/E_1) = 20 \log (H_0/H_1) (dB)$$

Bu çalışmada SE değeri yukarıdaki eşitlik kullanılarak aşağıda gösterildiği biçimde hesaplanmıştır:

$$SE (dB) = 20 \log[S21_{boş} (mag) / S21_{dolu} (mag)]$$

Burada  $S21_{boş}$  kumaş yok iken,  $S21_{dolu}$  ise kumaş var iken elde edilen elektromanyetik geçirgenlik oranlarını temsil etmektedir. Bu eşitlikte, elektromanyetik geçirgenlik (transmission) seviyesindeki azalmanın dB'e dönüştürülmesi ile, soğurma+yansıtmadan (absorption+reflection) oluşan elektromanyetik koruma etkinliği (shielding efficiency - SE) değeri elde edilmektedir (IEEE Std. 299, 1997).

### 3.5.5. Kumaş Yüzey Özdirenci

Kumaşın yüzey özdirenci iletkenliğinin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan metal nanoparçacık katkılamanın elde edilen kumaş numunelerinin iletkenlikleri üzerinde etkisini araştırmak için yüzey özdirenci ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 3.8. Yüzey özdirenci ölçüm cihazı

Numunelerin yüzey özdirençleri, “ELME MULTIMEG Megaohmmeter” cihazıyla ölçülmüştür. Ölçüm sırasında elektrotlar arasındaki mesafe 20 cm olarak sabit tutulmuş ve farklı yönlerde ölçümler alınmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre, tüm



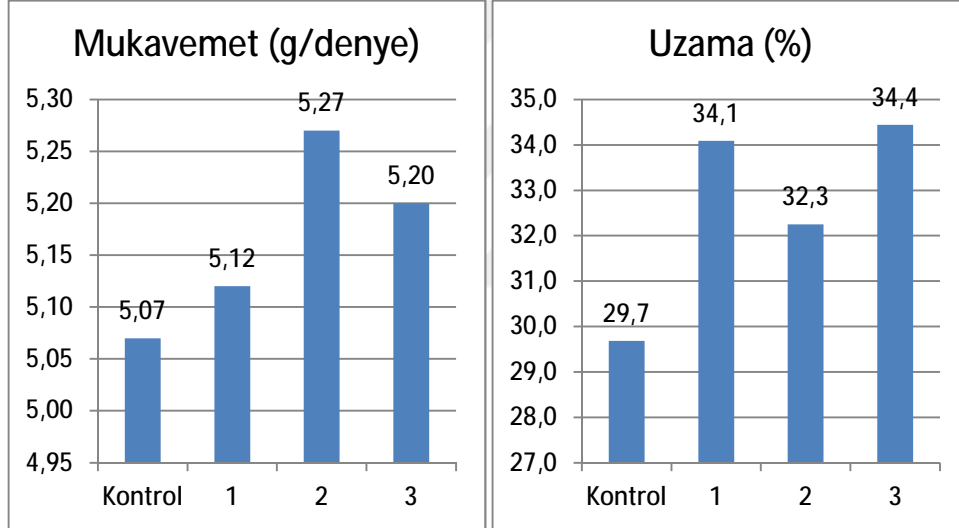
örneklerde yüzey öz direncinin  $2 \times 10^{12}$  ohm/kare'den daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, tüm numunelerin yalıtkan özellik gösterdiğini ve çalışma kapsamında uygulanan oranlarda metal nanoparçacık katkılamanın kumaş örneklerinin iletkenliği üzerinde herhangi bir etki yapmadığını ortaya koymaktadır.



#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

##### 4.1. İplik Mukavemet ve Uzama Testleri

Mukavemet/uzama test sonuçları incelendiğinde, Ti katkılı ipliklerin mukavemeti katkı oranı arttıkça kontrol ipliğine göre hafif bir artış göstermiştir. Katkılı iplik örneklerinin uzama oranları da katkısız kontrol iplik örneklerine göre bir miktar artış göstermiştir (Şekil 4.1). Sonuçlar, uygulanan oranlardaki %100 metal Ti katkılarının PA 6 ipliklerinin mukavemet ve uzama özellikleri üzerinde düşük düzeyde de olsa olumlu etki yaptığını göstermektedir.



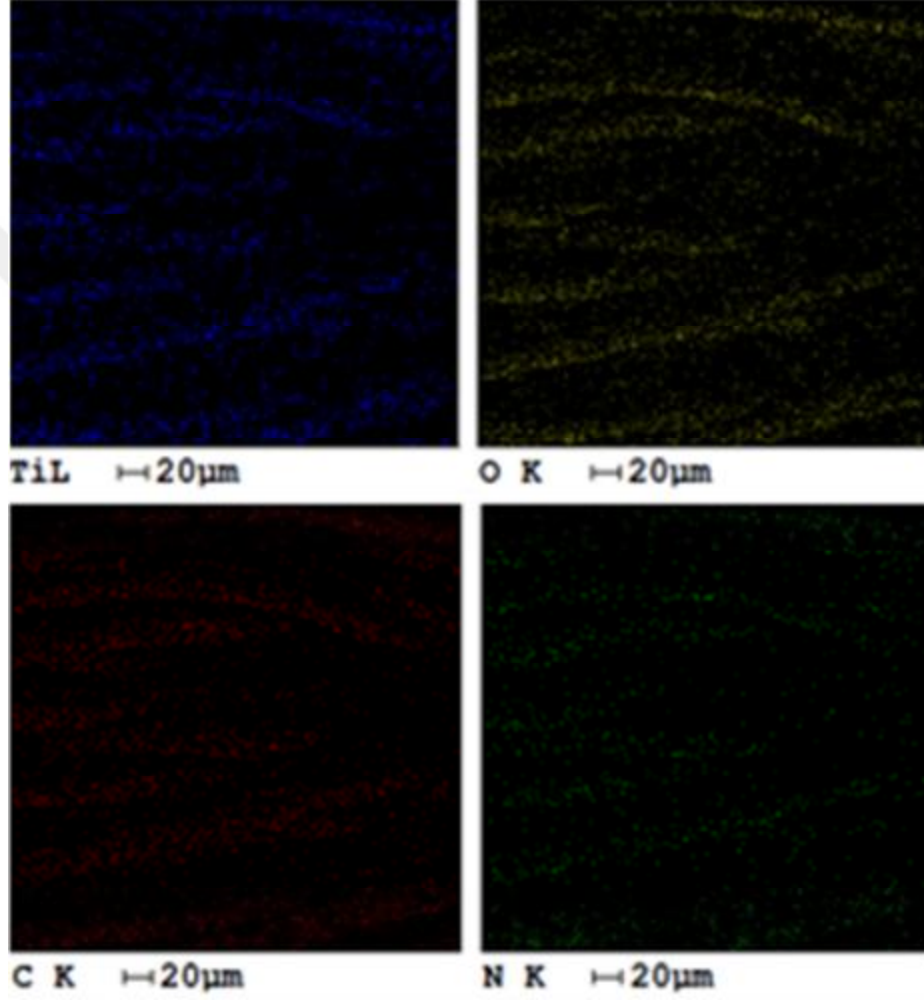
Şekil 4.1. İplik numunelerinde mukavemet ve uzama grafikleri

##### 4.2. Kumaş SEM Görüntüleri

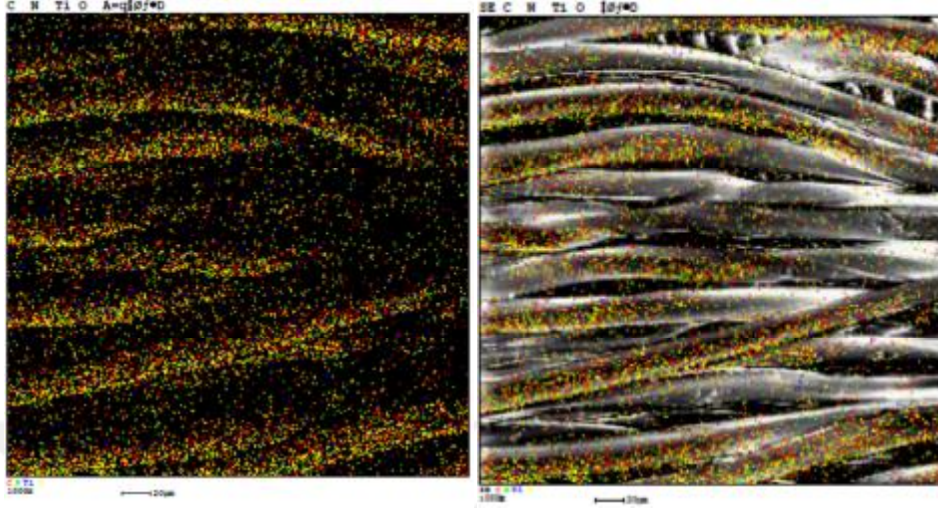
Titanyum nanoparçacıkların numune olarak hazırlanan kumaşlarda dağılımını görmek amacıyla kumaş örneklerinin SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleri alınmıştır.

Şekil 4.2'de, SEM (Taramalı elektron mikroskobu)'ndan alınan EDAX görüntüleri (EDAX mapping) verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde mavi renkli

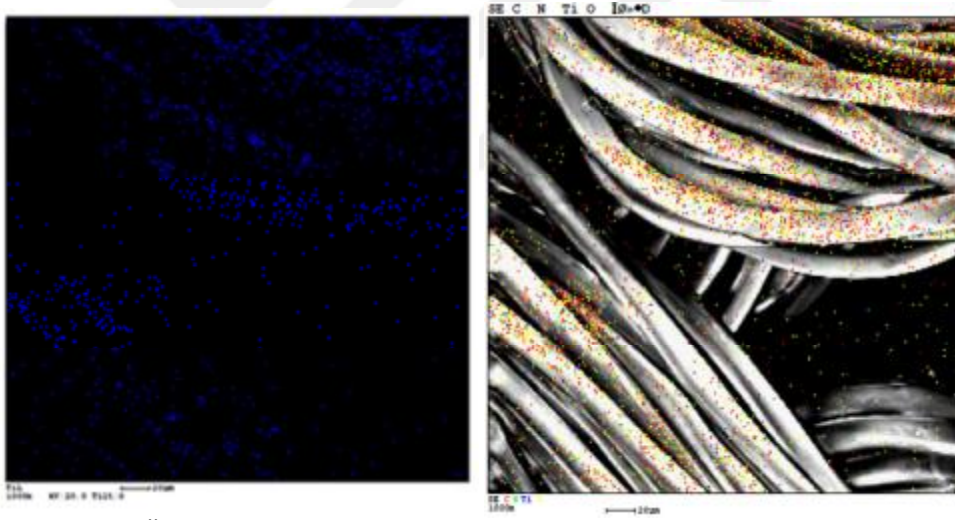
görünen titanyum nanopartiküllerin düzgün ve normal bir dağılım göstermekte olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.2. Dokuma kumaşta titanyum, oksijen, karbon ve azot atomlarının tek tek dağılımı



Şekil 4.3. Dokuma kumaşta atomların dağılımı ve aynı dağılımın lifler üzerinde görüntüsü



Şekil 4.4. Örme kumaşta titanyumun dağılımı ve lifler üzerinde atomların dağılımının görüntüsü

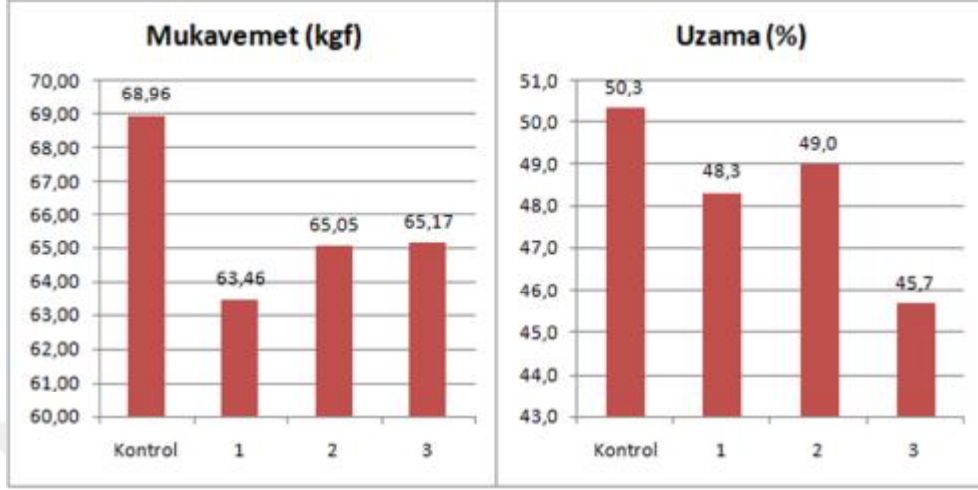
Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4'te titanyum koyu mavi, karbon kırmızı, oksijen sarı ve nitrojen (azot) yeşil renkte gösterilmektedir. Elde edilen görüntülerden, filamentler üzerinde titanyumun herhangi bir noktada oligomerleşmediği ve

düzgün dağıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca SEM cihazından elde edilen verilere göre titanyumun elyaf içerisindeki ağırlıkça oranı da daha sonra yapılan testler ile korelasyon göstermektedir.

#### 4.3. Kumaş Mukavemet ve Uzama Testleri

Dokuma kumaş örneklerine atkı yönünde uygulanan mukavemet/uzama test sonuçları incelendiğinde, Ti katkılı atkı ipliklerinin kullanıldığı kumaşlarda mukavemet değeri, Ti katkı oranı arttıkça hafif bir artış göstermiştir. Ancak tüm katkılı ipliklerden dokunmuş kumaş örneklerinin mukavemeti, katkısız kontrol ipliğinden dokunmuş kumaş örneğine göre daha düşük çıkmıştır. Tüm katkılı ipliklerden dokunmuş kumaş örneklerinin uzama oranları ise katkısız kontrol ipliklerinden dokunmuş kumaş örneklerine göre bir miktar düşük çıkmış ve Ti katkı oranındaki artışın kumaş uzama oranını olumsuz etkilediği gözlenmiştir (Şekil 4.5). Sonuçlar, kontrol kumaşının mukavemeti daha yüksek olmakla beraber, nanopartikül katkılama oranı arttıkça kumaş mukavemetlerinde düşük düzeyde de olsa artış sağlandığını göstermektedir.

Kontrol ipliği mukavemeti, numune ipliklerin mukavemetlerinden daha düşük olduğu halde, bu iplikler atkıda kullanıldığında, kontrol ipliğinin kullanıldığı kumaşın mukavemetinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, atkı atılması ve atkı yerleştirme sırasında kontrol ipliğiyle diğer ipliklerin farklı davranmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

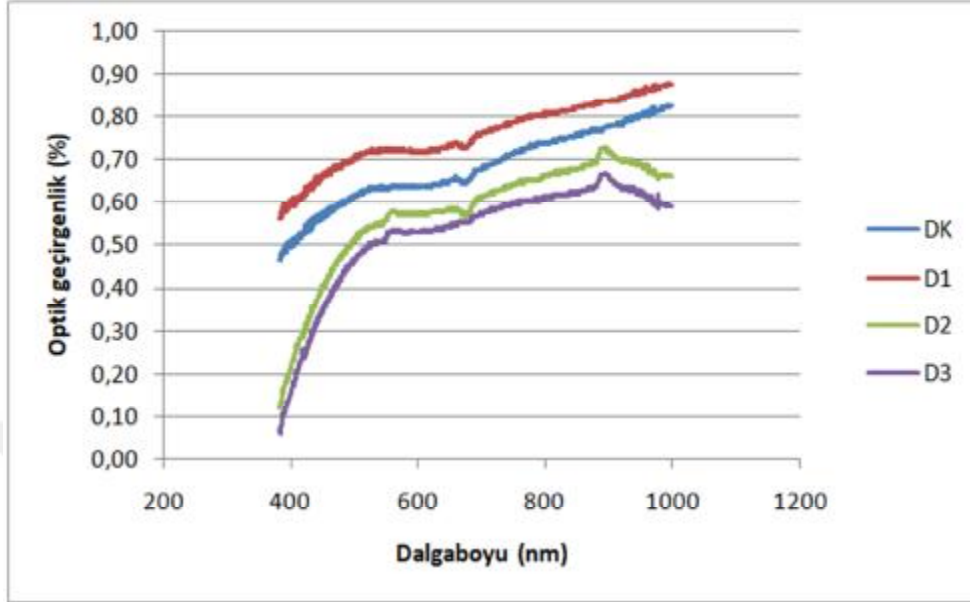


Şekil4.5.Dokuma kumaşların mukavemet ve uzama grafikleri

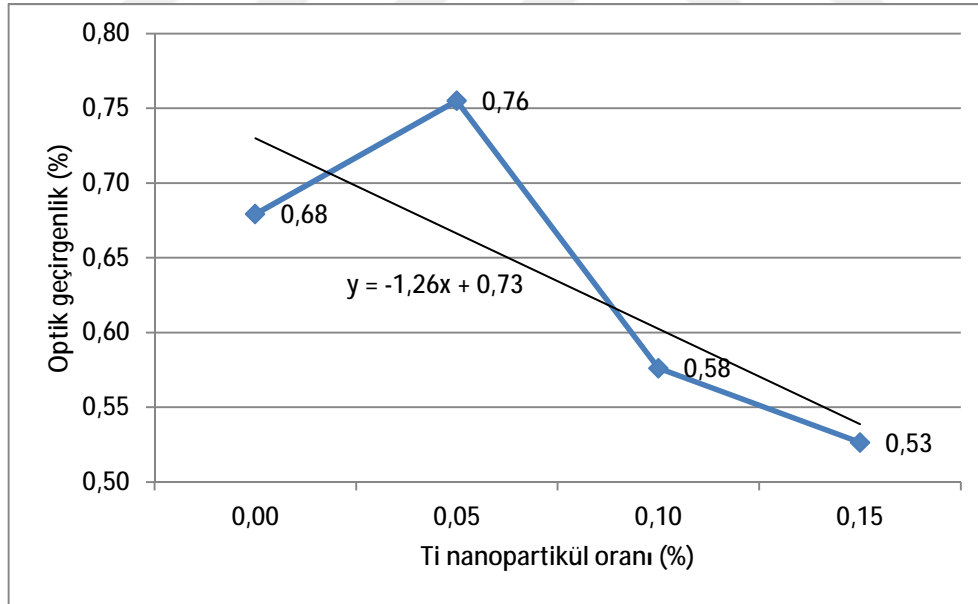
#### 4.4.Kumaş optik (UV-görünür bölge-IR)testleri

##### 4.4.1. Dokuma Kumaş Numunelerinde Optik Geçirgenlik

Dokuma kumaş örneklerinden elde edilen optik geçirgenlik grafikleri, Şekil 4.6'da verilmiştir. Grafik incelendiğinde Ti nanopartikül oranının artmasıyla optik geçirgenliğinin azaldığı görülmektedir. Genel olarak, tüm örnekler için dalgaboyu arttıkça optik geçirgenliğinde artış eğilimi olduğu gözlemlenmektedir. Sonuç olarak % 100 metal Ti katkılamanın PA 6 lifinin optik geçirgenliğini azaltıcı yönde etki ettiği, dalgaboyu arttıkça bu etkinin artma eğilimi gösterdiği söylenebilir.

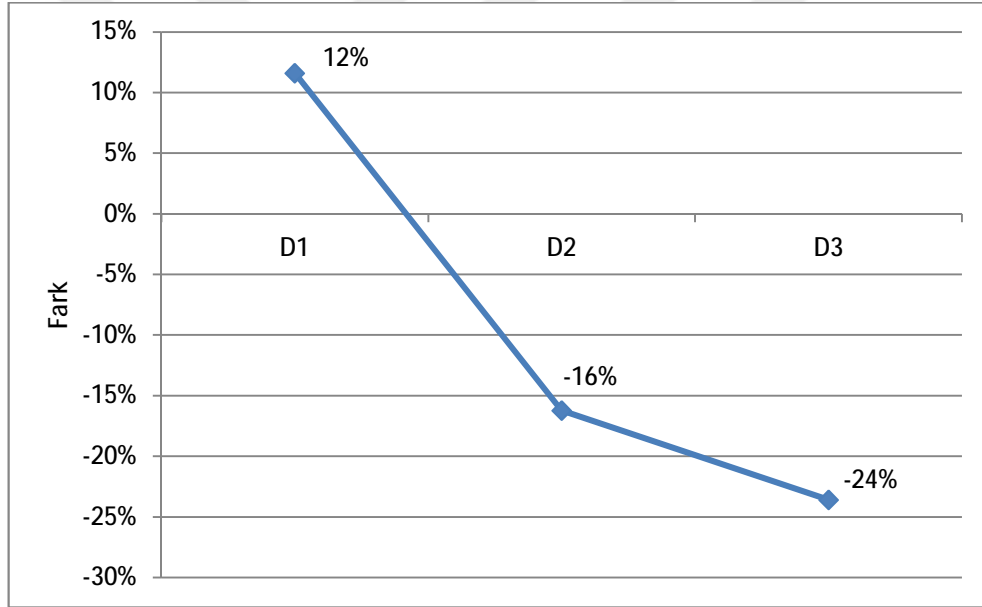


Şekil 4.6. Dokuma numunelerin UV (mor ötesi) -görünür bölge ve IR (kızılötesi) geçirgenliklerinin dalgaboyuna göre değişimi



Şekil 4.7. Ti nanopartikül oranı ile optik geçirgenlik arasındaki ilişki

Katkılama oranı ile optik geçirgenlik yüzdesi arasındaki ilişkiyi analiz etmek ve daha yüksek katkılama oranları için tahminde bulunabilmek amacıyla Şekil 4.7'deki grafikoluşturulmuştur. Bu grafik tüm dalgaboylarında optik geçirgenlik değerlerinin ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi Ti nanopartikül oranının artışıyla optik geçirgenlik yüzdesi arasında negatif doğrusal bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Bu doğrusal eğilime ait regresyon modelinin gelecek çalışmalar tasarlanırken farklı katkılama oranlarında elde edilecek optik geçirgenlik oranlarının tahmini için faydalı olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.8. Ti katkılı numuneler ile kontrol kumaşı arasındaki optik geçirgenlik farkları

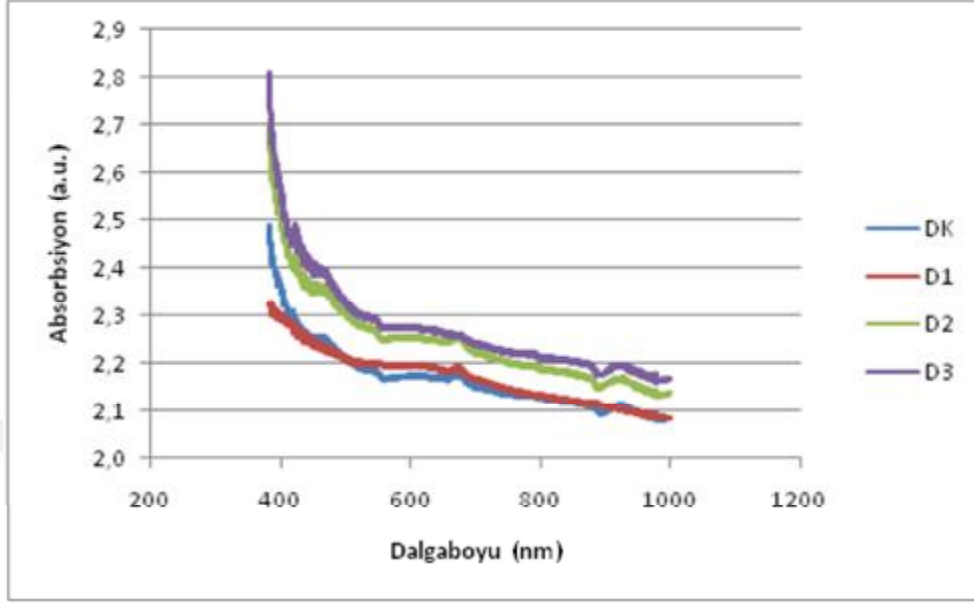


Şekil 4.8’de Ti katkılı kumaş numuneleri ile kontrol kumaşı arasındaki optik geçirgenlik farklarının grafiği sunulmuştur. Ti parçacık oranı arttıkça optik geçirgenliğin doğrusal olarak azaldığı gözlenmektedir. En düşük optik geçirgenlik seviyesi, Ti parçacık oranının % 0,15 olduğu numunede (D3) elde edilirken kontrol kumaşına göre % 24’lük bir azalma sağlanması dikkat çekmektedir.

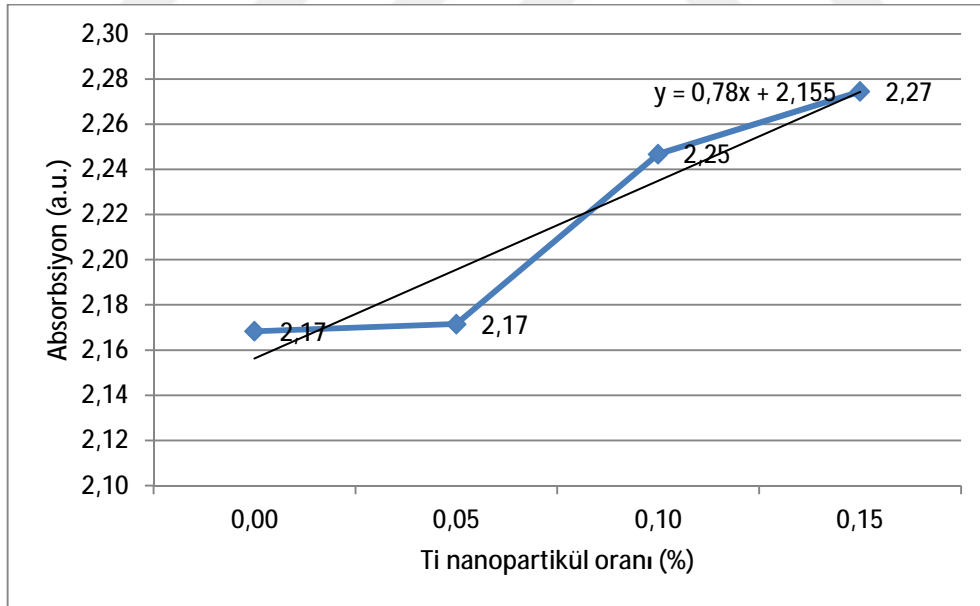
Kristalin polimerlerin ışık geçirgenliği, boyuta, şekle, oryantasyona, anizotropiye ve yapıdaki kristalitlerin düzenine bağlıdır. Bunun, ışığın saçılması ve filtrelenmesinin fonksiyonları olarak ölçülmesi, polimerin yapısının karakterize edilmesini sağlar (Clough, 1967). Bu sebeple, kontrol kumaşında elde edilen optik koruyuculuk düzeyinin, lifin polimer yapısında bulunan kristalin yapıdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

#### **4.4.2. Dokuma Numunelerde Optik Absorbsiyon**

Şekil 4.9’da kumaş numunelerinin optik absorpsiyon oranlarının dalgaboyuna bağlı olarak değişimini gösteren grafikler sunulmuştur. Bu grafikler incelendiğinde, genel olarak tüm numunelerde düşük dalgaboylarında en yüksek seviyede olan absorblamanın, dalgaboyu büyüdükçe önce hızlı sonra yavaş bir eğilimle azaldığı görülmektedir. Ti katkılama oranının absorpsiyon oranını artırıcı yönde etki ettiği söylenebilir. En yüksek absorpsiyon düzeyi Ti katkılama oranının da en yüksek olduğu D3 numunesinde elde edilmiştir.

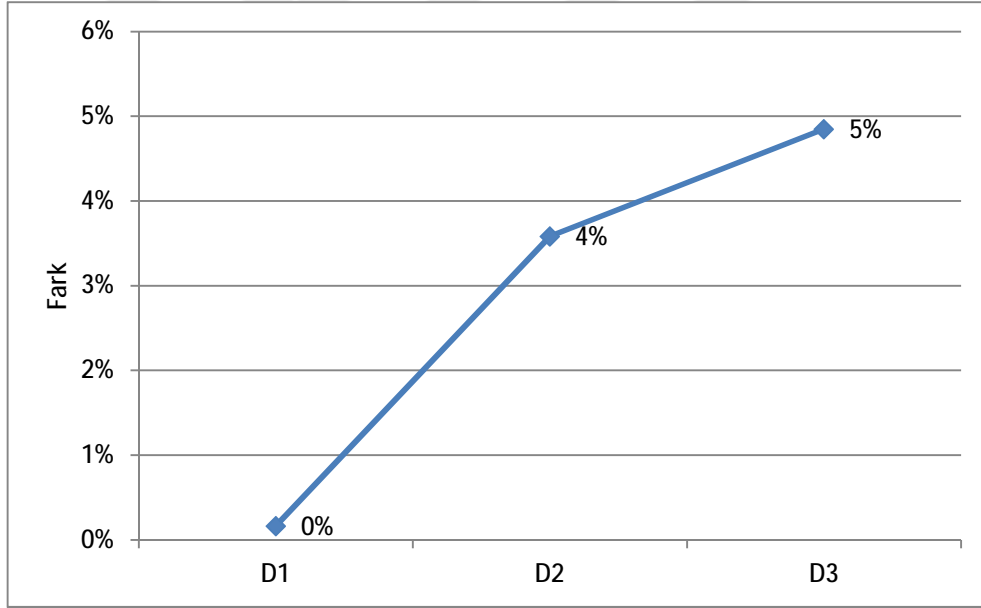


Şekil 4.9. Dokuma numunelerin optik absorpsiyon oranlarının dalgaboyuna göre değişimi



Şekil 4.10. Ti nanopartikül oranı ile optik absorpsiyonu arasındaki ilişki

Şekil 4.10'da Ti nanopartikül oranına göre dokuma kumaş numunelerine ait optik absorpsiyon oranlarının değişimi grafik halinde verilmiştir. Absorpsiyon değerleri tüm dalgaboylarındaki absorpsiyonların ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Ti nanopartikül oranının artışıyla absorpsiyon arasında pozitif doğrusal bir ilişki olduğu anlaşılmıştır. Başka katkılama oranları için absorpsiyon seviyesini tahmin etmede kullanılabileceği düşünülerek, grafikteki eğilim çizgisinin regresyon modeli oluşturulmuştur. Grafik incelendiğinde, % 0,05'lik Ti katkılamanın kontrol kumaşa göre absorblamayı neredeyse hiç etkilemediği, ancak diğer iki katkılama oranlarının (%0,10 ve % 0,15) absorblama oranını belirgin şekilde arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.11. Ti katkılı numuneler ile kontrol kumaşı arasındaki optik absorpsiyon oranı farkları

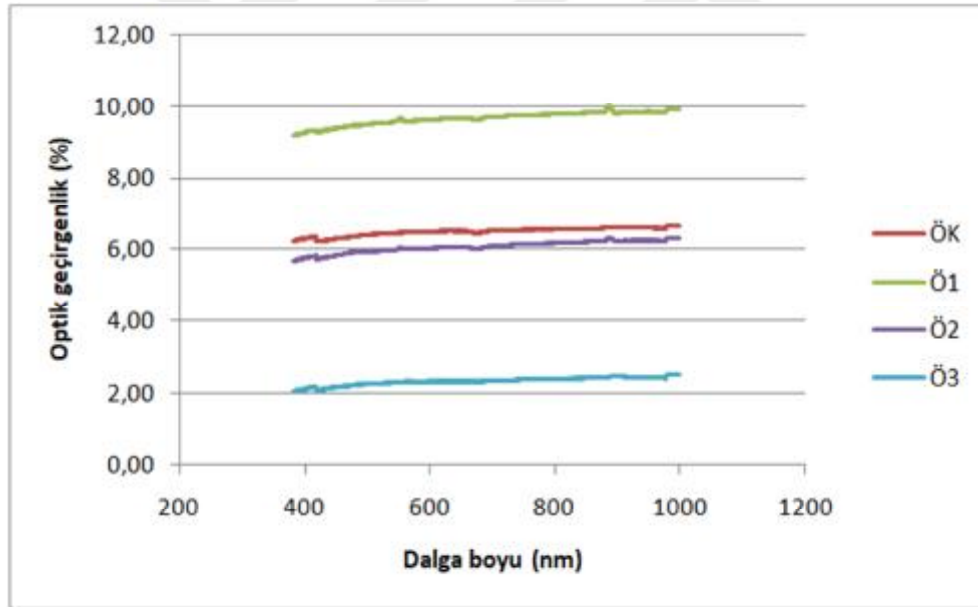
Şekil 4.11'de katkılı numunelerin katkısız kontrol kumaşına göre farklarını gösteren bir grafik sunulmuştur. Bu grafik, Ti katkı oranı arttıkça absorblama oranının da arttığını açık bir şekilde göstermektedir. % 0,15 oranında Ti

katkılamanın PA 6 iplikten yapılmış kontrol kumaş örneğinin optik absorblama seviyesini %4,8 oranında arttırdığı anlaşılmaktadır.

#### 4.4.3. Örme Numunelerde Optik Geçirgenlik

Örme kumaş örnekleriyle yapılan optik geçirgenlik testlerinde, dokuma kumaş numunelerinde olduğu üzere, Ti nanopartikül oranının artmasıyla optik geçirgenliğinin azaldığı; absorpsiyonun ise arttığı görülmektedir.

Örme kumaş örneklerinden elde edilen optik geçirgenlik grafikleri Şekil 4.12'de verilmiştir. Bu şekildeki grafik incelendiğinde Ö1, Ö2 ve Ö3 örneklerine ait grafiklerin aşağıya doğru sırayla birbirlerine paralel uzandıkları, dolayısıyla Ti nanopartikül oranının artmasıyla optik geçirgenliğin azaldığı görülmektedir.

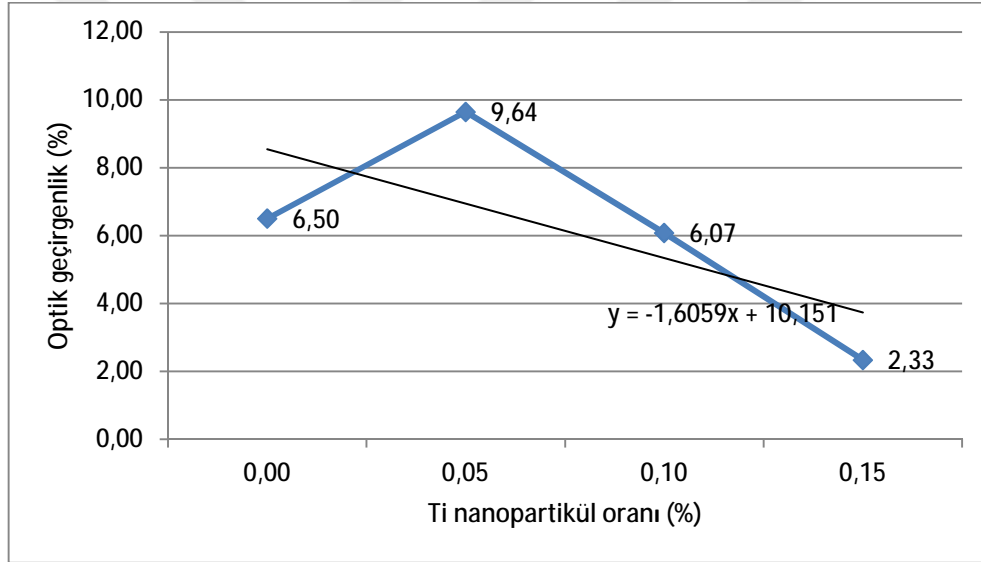


Şekil 4.12.Örme numyelerinin UV (mor ötesi) - görünür bölge ve IR (kıızıl ötesi) geçirgenliklerinin karşılaştırılması

Genel olarak, tüm örnekler için dalgaboyu arttıkça optik geçirgenliğinde artış eğilimi olduğu söylenebilir. Sonuç olarak titanyum nanopartikül katkılamanın

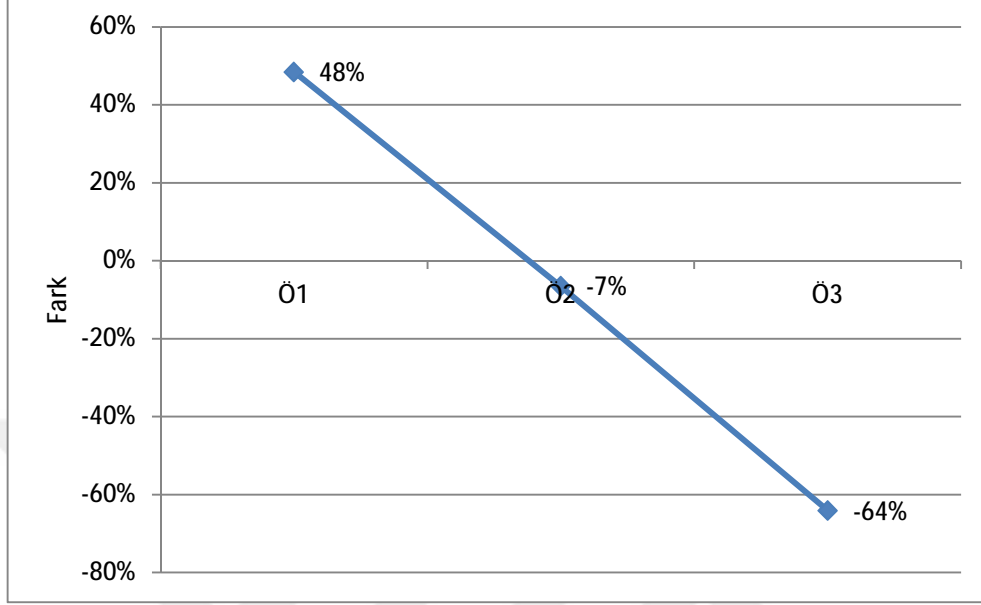
PA 6 lifinin optik geçirgenliğini azaltıcı yönde etki ettiği, dalgaboyu arttıkça bu etkinin artma eğilimi gösterdiği söylenebilir.

Katkılama oranı ile optik geçirgenlik yüzdesi arasındaki ilişkiyi analiz etmek ve daha yüksek katkılama oranları için tahminde bulunabilmek amacıyla dokuma numuneleri için yapılabenzer biçimde Şekil 4.13 oluşturulmuştur. Bu şekildeki grafik tüm dalgaboylarında optik geçirgenliklerinin ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Eğilim çizgisiyle de görüldüğü gibi Ti nanopartikül oranının artışıyla optik geçirgenlik yüzdesi arasında negatif doğrusal bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. Aralarındaki bağıntı grafikteki eşitlik ile açıklanmıştır.



Şekil 4.13. Ti nanopartikül artışı ile optik geçirgenliğinde azalma ve eğilim çizgisi

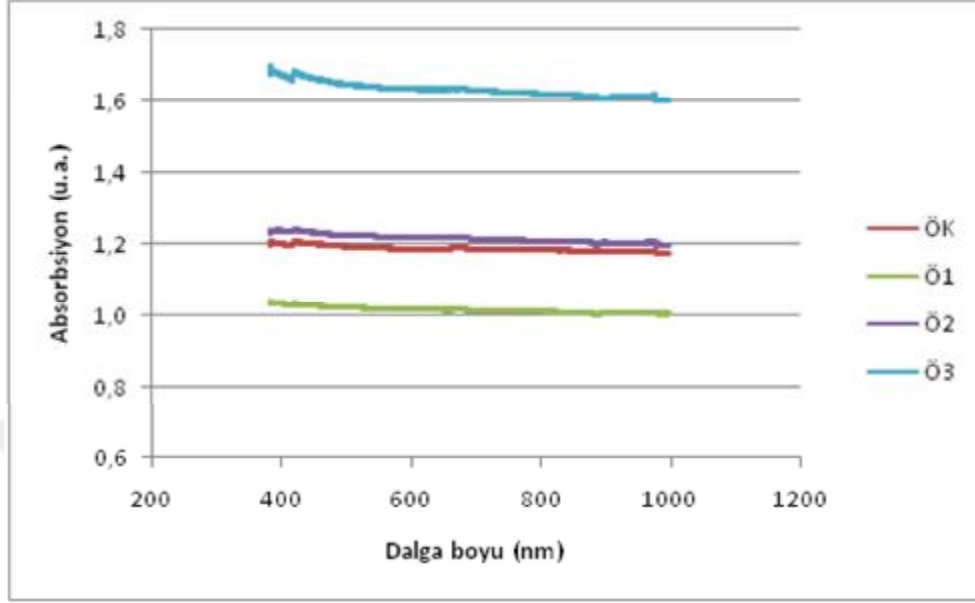
Şekil 4.14'te Ti katkılı kumaş numuneleri ile kontrol kumaşı arasındaki optik geçirgenlik farklarının grafiği sunulmuştur. Ti parçacık oranı arttıkça optik geçirgenliğin doğrusal olarak azaldığı gözlenmektedir. En düşük optik geçirgenlik seviyesi, Ti parçacık oranının % 0,15 olduğu numunede (Ö3) elde edilirken, kontrol kumaşına göre % 64'lük ciddi bir azalma sağlanması dikkat çekmektedir.



Şekil 4.14. Numuneler ile kontrol kumaşının optik geçirgenlik farkları

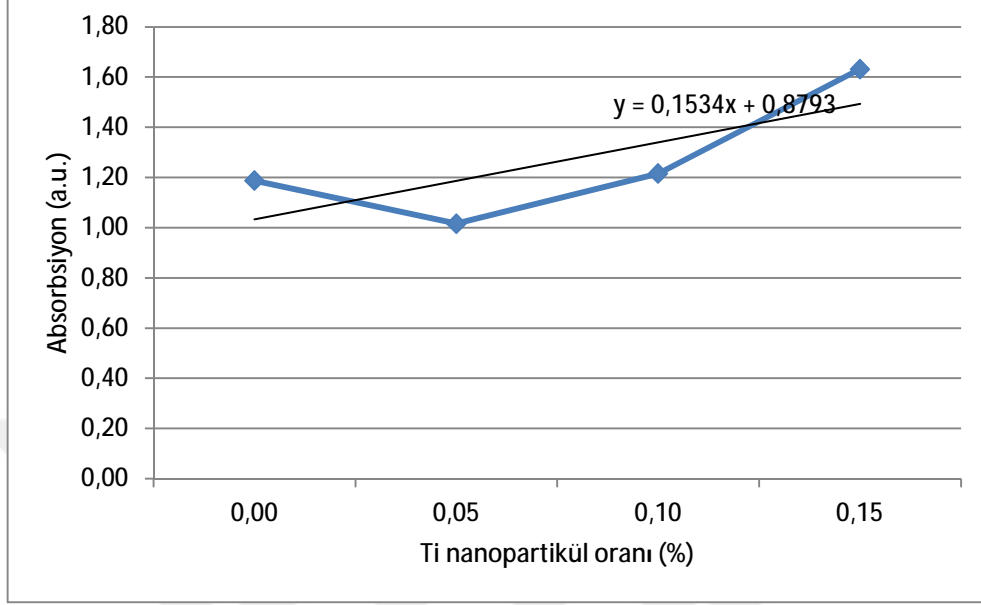
#### 4.4.4. Örme Numunelerde Optik Absorbsiyon

Şekil 4.15’de örme kumaş numunelerinin optik absorpsiyon oranlarının dalgaboyuna bağlı olarak değişimini gösteren grafikler sunulmuştur. Bu grafikler incelendiğinde, genel olarak tüm numunelerde düşük dalgaboylarında en yüksek seviyede olan absorblamanın, dalgaboyu büyüdükçe yavaş bir eğilimle azaldığı görülmektedir. Ti katkılama oranının absorpsiyon oranını artırıcı yönde etki ettiği söylenebilir. En yüksek absorpsiyon düzeyi Ti katkılama oranının da en yüksek olduğu Ö3 numunesinde elde edilmiştir.



Şekil 4.15.Örme numunelerin optik absorpsiyonlarının karşılaştırılması

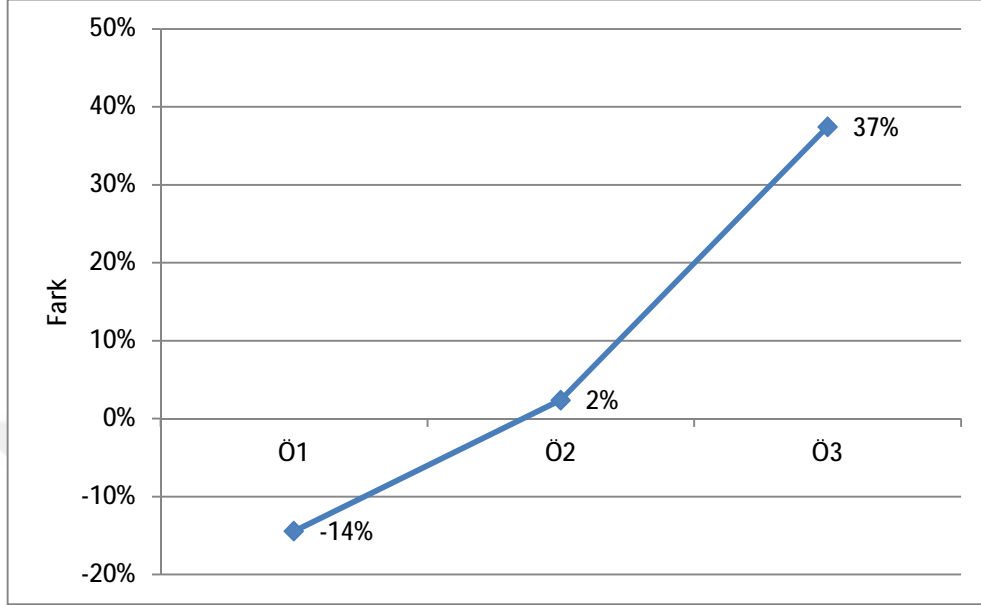
Şekil 4.16’da Ti nanopartikül oranına göre numunelerin optik absorpsiyon oranlarının değişimi grafik halinde verilmiştir. Absorpsiyon değerleri tüm dalgaboylarındaki absorpsiyonların ortalamaları alınarak elde edilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Ti nanopartikül oranının artışıyla absorpsiyon arasında pozitif doğrusal bir ilişki olduğu gözlenmektedir. Başka katkılama oranları için absorpsiyon seviyelerini tahminlemede kullanılabilceği düşünülerek, grafikteki eğilim çizgisinin regresyon modeli oluşturulmuştur. İlgili bağıntı, eğilim çizgisi üzerinde verilmiştir. Grafik incelendiğinde, %0,05’lik Ti katkılamanın kontrol kumaşa göre absorblamayı neredeyse hiç etkilemediği, ancak diğer iki katkılama oranlarının (%0,10 ve % 0,15) absorblama oranını belirgin şekilde arttırdığı görülmektedir.



Şekil 4.16. Ti nanopartikül artışı ile optik absorpsiyonunda artış ve eğilim çizgisi

Şekil 4.17'de katkılı numunelerin katkısız kontrol kumaşına göre farklarını gösteren bir grafik sunulmuştur. Bu grafik, Ti katkı oranı arttıkça absorblama oranının da arttığını açık bir şekilde göstermektedir. % 0,15 oranında Ti katkılamanın PA 6 iplikten yapılmış kontrol kumaş örneğinin optik absorblama seviyesini %37 oranında arttırdığı anlaşılmaktadır.





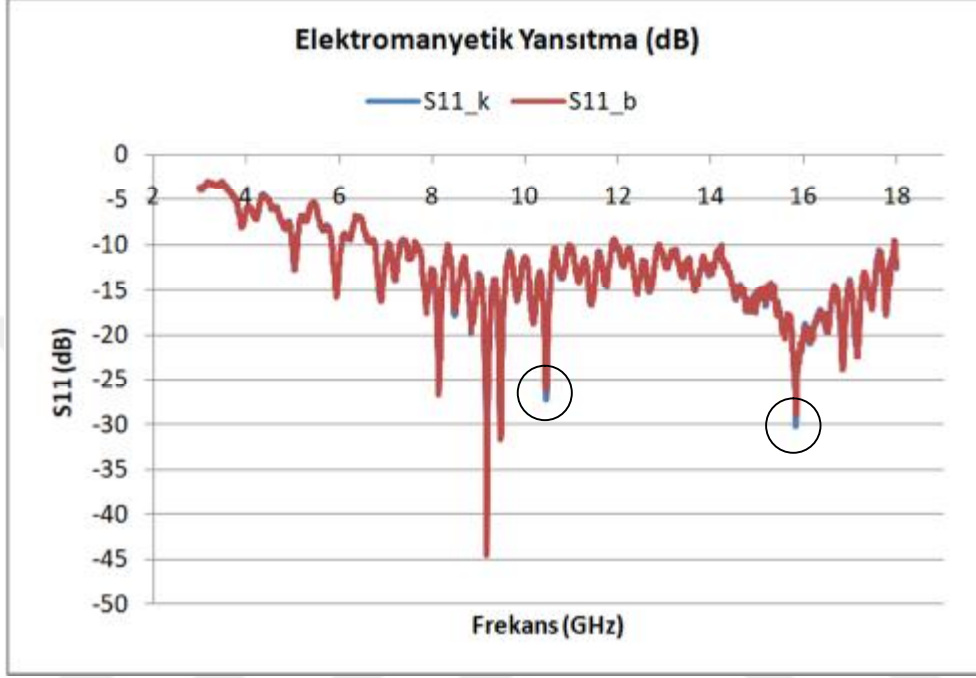
Şekil 4.17. Numunelerin kontrol kumaşından optik absorpsiyonu farkları

#### 4.5.Kumaş Elektromanyetik Girişim Testleri

Kompozit bir malzemenin elektromanyetik koruma verimliliği (SE), dolgu maddeleri (Zn, Ti, Ag, TiO<sub>2</sub> vb.), malzemenin iletkenliği, dielektrik sabiti, en-boy oranı gibi pek çok faktöre bağlıdır. Polimer yapısı ise yalıtkandır ve toplam EMI (electromagnetic interference) koruma etkinliğine doğrudan katkı yapmaz, ancak dolgu malzemesinin iletkenliğini etkileyerek EMI korumasına dolaylı yoldan bir etki yapabilir. Herhangi bir dolgu malzemesinin dispersiyonu ve dağılımı, proses şartlarının yanısıra polimerin matrisinin yüzey gerilimi, kristalinitesi, kutuplaşması ve molekül ağırlığı gibi farkı özelliklerine bağlıdır (Mohanty 2014).

Tüm kumaş örneklerine uygulanan elektromanyetik girişim (EMI) test sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

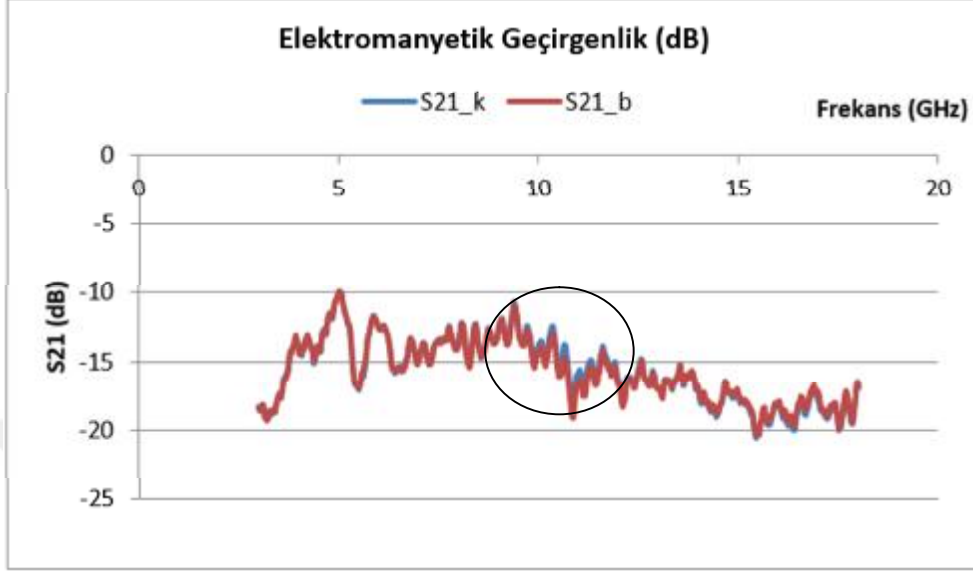
## 4.5.1. Kontrol Kumaşı



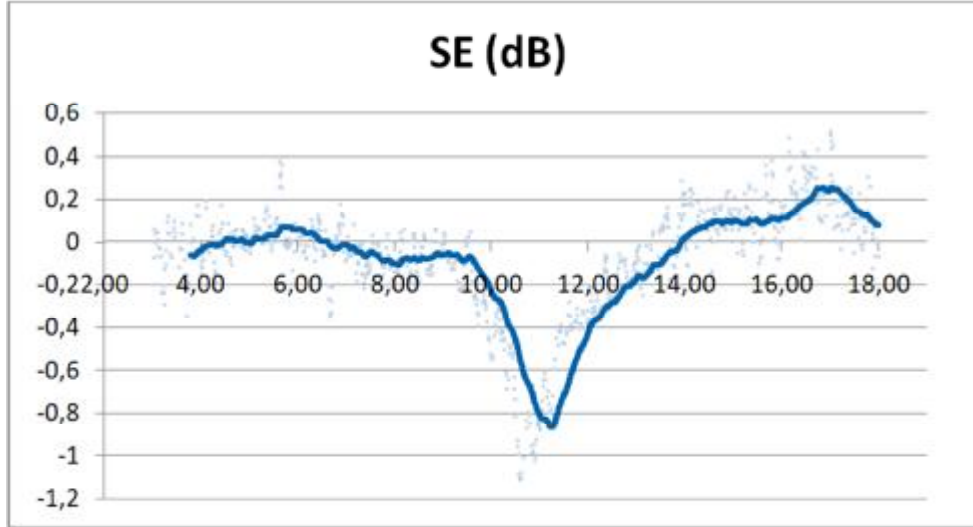
Şekil 4.18. Elektromanyetik yansıtma açısından, kontrol kumaşının boşluk ile karşılaştırılması

Kontrol kumaşı ( $S_{11_k}$ ) ile boşluk ( $S_{11_b}$ ) grafikleri incelendiğinde, kontrol kumaşının boşluğa göre yaklaşık 10,5 ve 16 GHz frekans değerlerinde fark edilir düzeyde daha yüksek yansıtma sağladığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.18).

Şekil 4.19 incelendiğinde, 9-12 GHz frekans aralığında kontrol kumaşının çok az da olsa elektromanyetik geçirgenliği belirgin şekilde azaltıcı yönde etki ettiği ancak diğer tüm frekanslarda neredeyse kumaş örneği yokmuş gibi davrandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.19. Elektromanyetik geçirgenlik açısından kontrol kumaşın boşluk ile karşılaştırılması

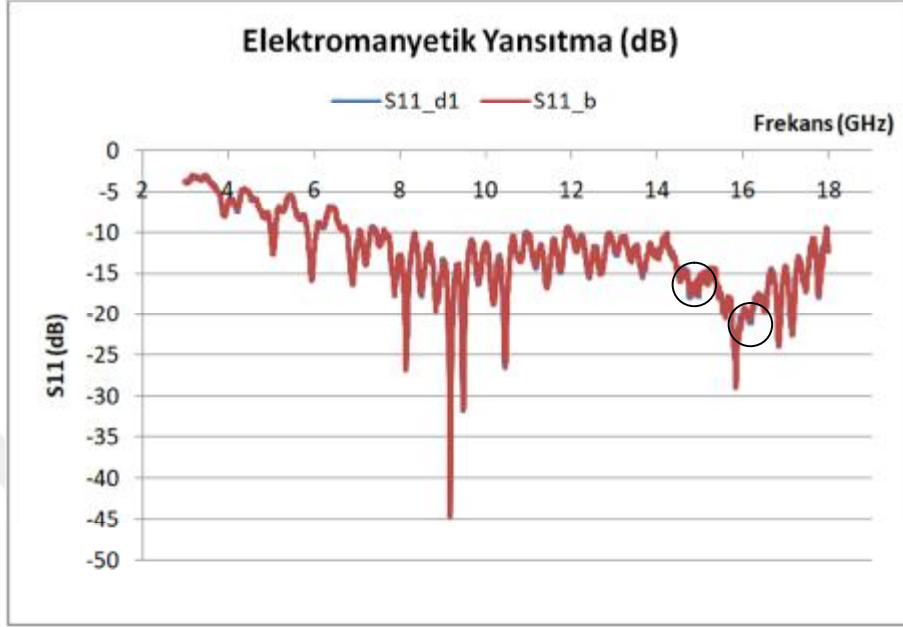


Şekil 4.20. Kontrol kumaşı için elektromanyetik koruma verimliliği (SE)

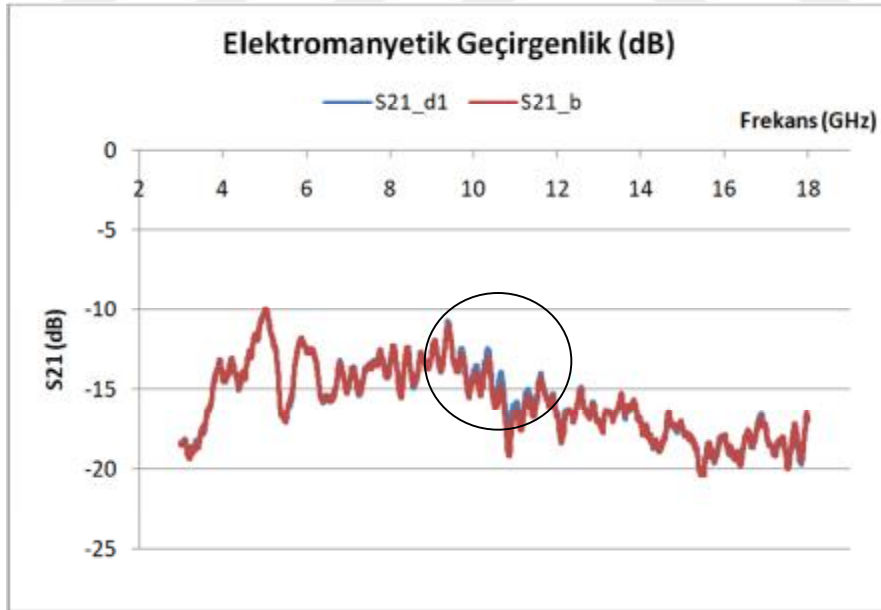
Şekil 4.20 incelendiğinde, elektromanyetik koruma verimliliği (shielding efficiency, SE) yaklaşık olarak 9-12 GHz aralığında diğer frekans bölgelerine göre küçük bir artış gösterse de, genel olarak -1 dB ile 0,6 dB aralığında kalmıştır. Herhangi bir numunenin SE (dB) değeri 0-10 aralığında ise kalkanlama özelliği göstermediği literatürde yer almaktadır. Dikkate değer bir kalkanlama için SE (dB) değerinin 30 ve üzerinde olması gerekmektedir (Türksoy, 2015). Dolayısıyla kontrol kumaş örneğinin elektromanyetik koruma verimliliğinin kayda değer olmadığı ve sifıra yakın olduğu ifade edilebilir.

#### 4.5.2. “1 no.lu” Dokuma Kumaş Örneği

1 no.lu dokuma kumaş örneği (S11\_d1) ile boşluk (S11\_b) grafikleri incelendiğinde, 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluğa göre 15 ve 16 GHz frekans değerinde çok az da olsa fark edilir düzeyde daha yüksek yansıtma sağladığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.21).

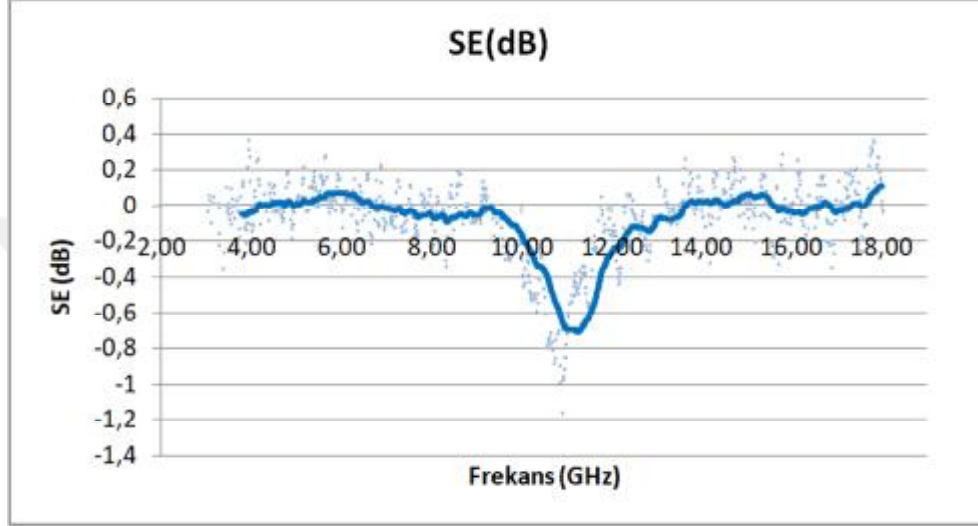


Şekil 4.21. Elektromanyetik yansıtma açısından 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması



Şekil 4.22. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması

Şekil 4.22 incelendiğinde, 9-12 GHz frekans aralığında 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin çok az da olsa belirgin bir şekilde elektromanyetik geçirgenliği azaltıcı yönde etki ettiği ancak diğer tüm frekanslarda neredeyse kumaş örneği yokmuş gibi davrandığı anlaşılmaktadır.

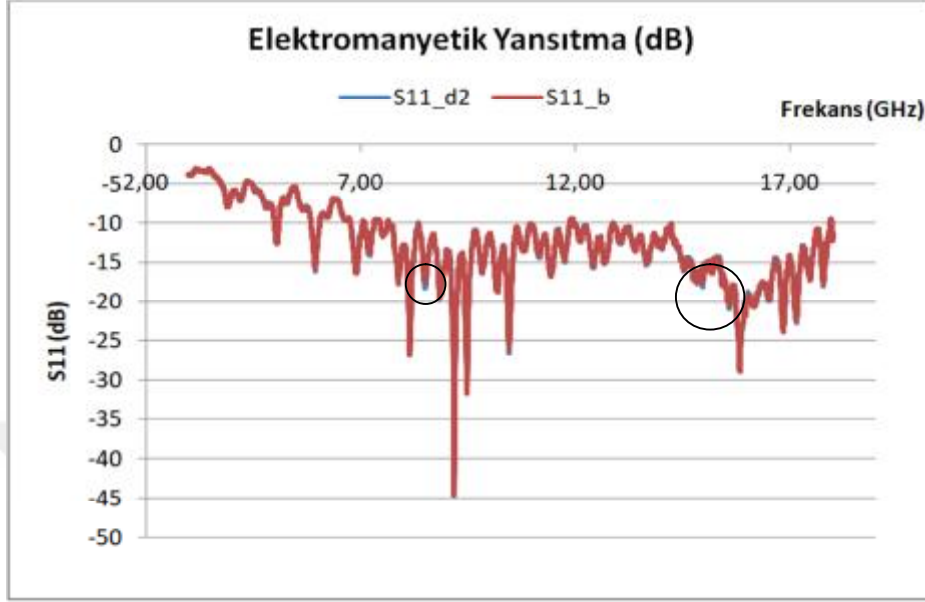


Şekil 4.23. Kontrol kumaşı için elektromanyetik koruma verimliliği (SE)

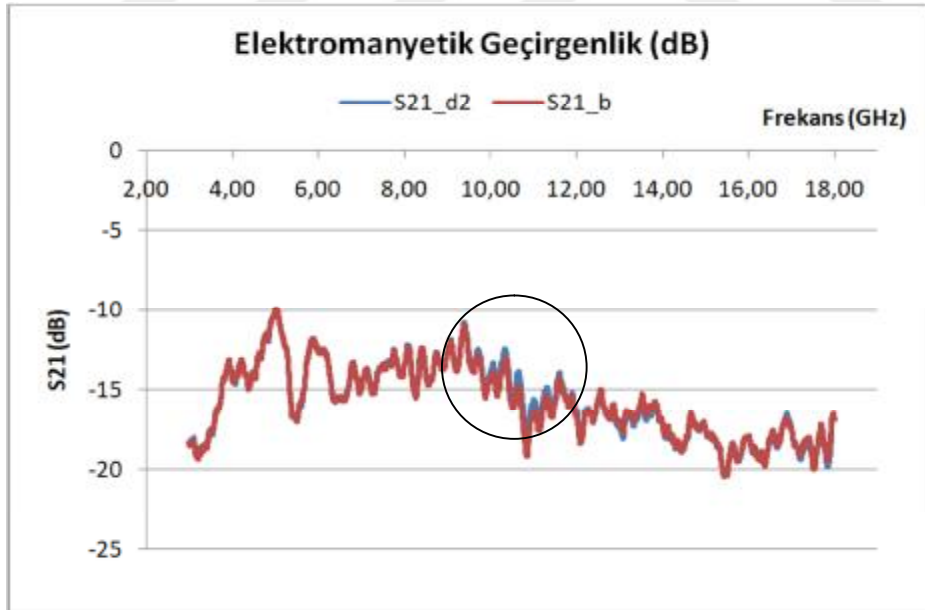
Şekil 4.23 incelendiğinde, elektromanyetik koruma verimliliği (SE) yaklaşık olarak 10-12 GHz aralığında diğer frekans bölgelerine göre küçük bir artış gösterse de, genel olarak -1,2dB ile 0,6 dB aralığında kalmıştır. Dolayısıyla 1 no.lu dokuma kumaş örneğinin elektromanyetik koruma verimliliğinin sıfıra yakın olduğu ifade edilebilir.

#### 4.5.3. “2 no.lu” Dokuma Kumaş Örneği

Şekil 4.24’te, 2 no.lu dokuma kumaş (S11\_d2) ile boşluk (S11\_b) grafikleri incelendiğinde, 2 no.lu kumaşın boşluğa göre 9-15 ve 16 GHz frekans değerlerinde daha yüksek yansıtma sağladığı anlaşılmaktadır.

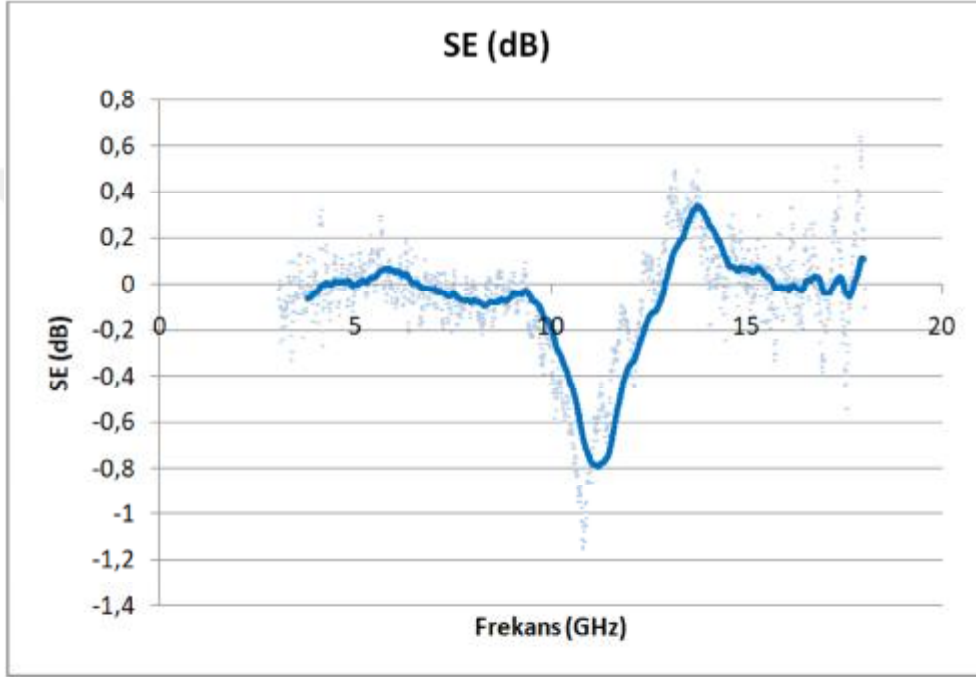


Şekil 4.24. Elektromanyetik yansıtma açısından 2 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması



Şekil 4.25. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 2 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması

Şekil 4.25 incelendiğinde, 9-12 GHz frekans aralığında 2 no.lu dokuma kumaş örneğinin az da olsa belirgin bir şekilde elektromanyetik geçirgenliği azaltıcı yönde etki ettiği ancak diğer tüm frekanslarda neredeyse kumaş örneği yokmuş gibi davrandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.26. 2 no.lu dokuma kumaş örneği için elektromanyetik koruma verimliliği (SE)

Şekil 4.26 incelendiğinde, elektromanyetik koruma verimliliği (SE) yaklaşık olarak 10-12 GHz aralığında diğer frekans bölgelerine göre küçük bir artış gösterse de, genel olarak -0,8 dB ile 0,4 dB aralığında kalmıştır. Dolayısıyla 2 no.lu dokuma kumaş örneğinin elektromanyetik koruma verimliliğinin sıfıra yakın olduğu ifade edilebilir.



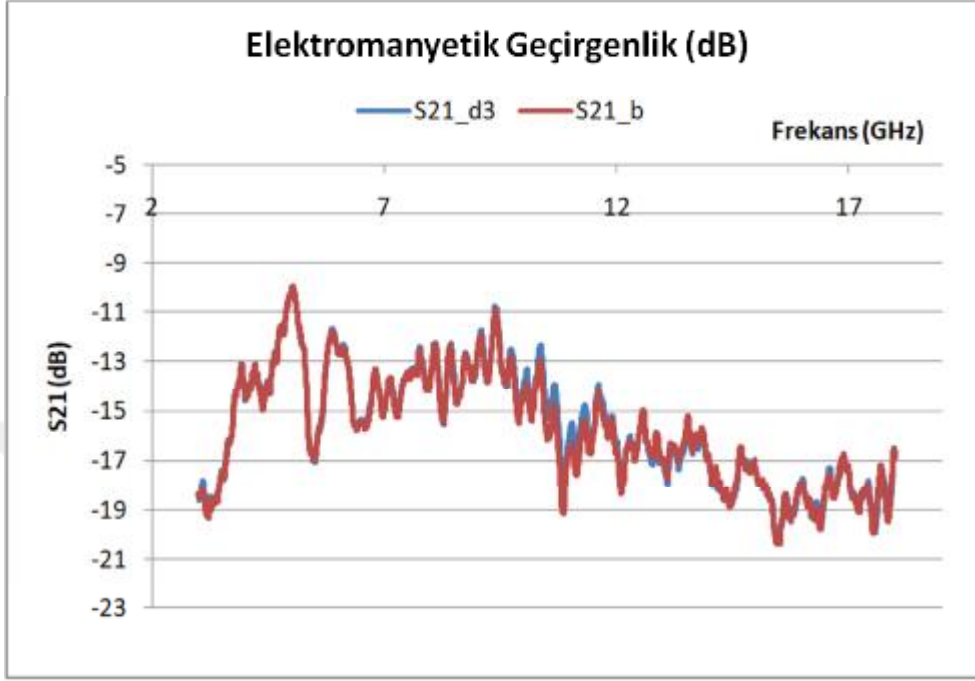
#### 4.5.4. “3 no.lu” Dokuma Kumaş Örneği

Şekil 4.27’de, 3 no.lu dokuma kumaş örneği (S11\_d3) ile boşluk (S11\_b) grafikleri incelendiğinde, 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluğa göre özellikle 10 ve 18 GHz frekans aralığında fark edilir düzeyde daha yüksek yansıtma sağladığı anlaşılmaktadır.



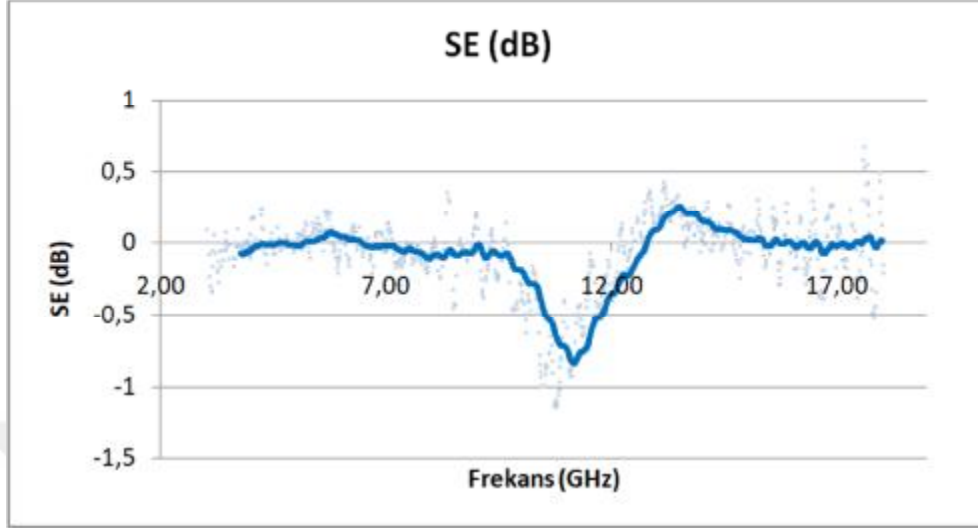
Şekil 4.27. Elektromanyetik yansıtma açısından 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması

Şekil 4.28 incelendiğinde, 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin özellikle 9 Ghz ve üzeri frekanslarda belirgin bir şekilde ve süreklilik göstererek elektromanyetik geçirgenliği azaltıcı yönde etki ettiği anlaşılmaktadır. Diğer frekans bölgelerinde ise yer yer bazı noktalarda elektromanyetik geçirgenliği azaltıcı etkiler gözlenmektedir.



Şekil 4.28. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin boşluk ile karşılaştırılması

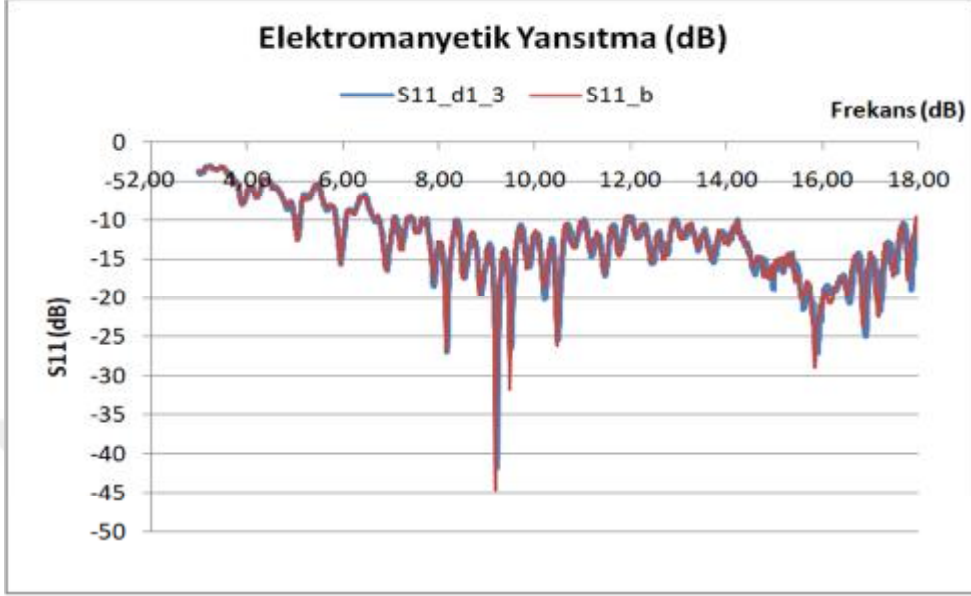
Şekil 4.29 incelendiğinde, elektromanyetik koruma verimliliği (SE) yaklaşık olarak 10-12 GHz aralığında diğer frekans bölgelerine göre küçük bir artış gösterse de, genel olarak -0,8 dB ile 0,3 dB aralığında kalmıştır. Dolayısıyla 3 no.lu dokuma kumaş örneğinin elektromanyetik koruma verimliliğinin sifıra yakın olduğu ifade edilebilir.



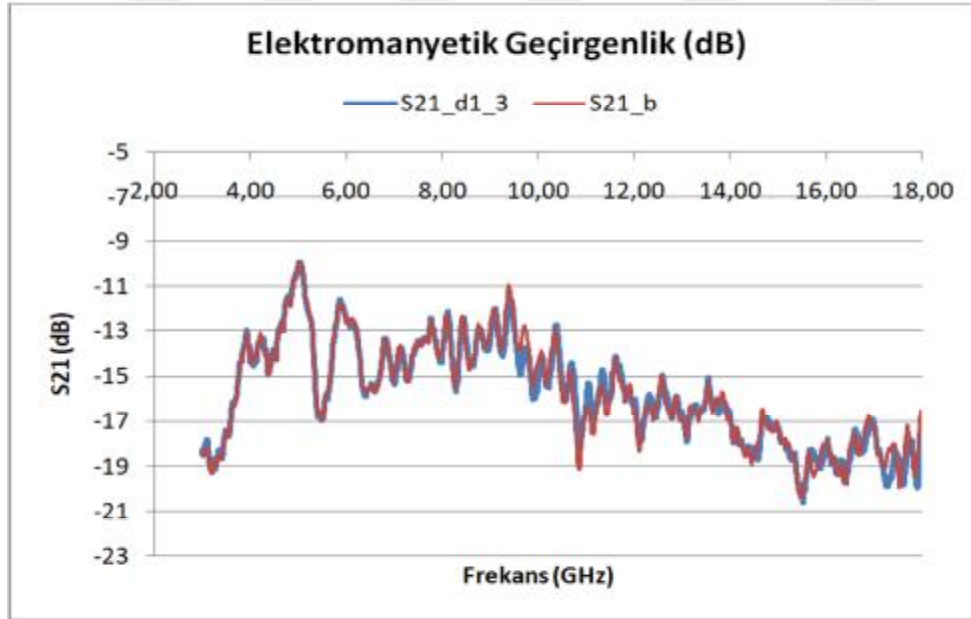
Şekil 4.29. 3 no.lu dokuma kumaş örneği için SE - elektromanyetik koruma verimliliği

#### 4.5.5. “1 ve 3 no.lu” Örnekler Birlikte

1 ve 3 no.lu dokuma kumaş örnekleri üst üste konarak elde edilen iki katlı kumaş örneğinin EMI özellikleri de ölçülmüştür. Şekil 4.30'da yansıtma açısından bu örneğin boşluk ile karşılaştırma grafikleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, iki kat (1 ve 3 no.lu) kumaş örneği (S11\_d1\_3) ile boşluk (S11\_b) grafiklerinde belirgin bir farklılık gözlenmektedir. Katlı kumaş örneğinin boşluğa göre fark edilir düzeyde daha yüksek yansıtma sağladığı anlaşılmaktadır. Bu durum tek kat kumaş örneklerine göre belirgin bir farklılığa işaret etmekte olup bu etkinin Ti oranındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanısıra kumaş kalınlığındaki artış ve nanopartiküllerin yerleşim konumlarının da etkili olduğu söylenebilir.

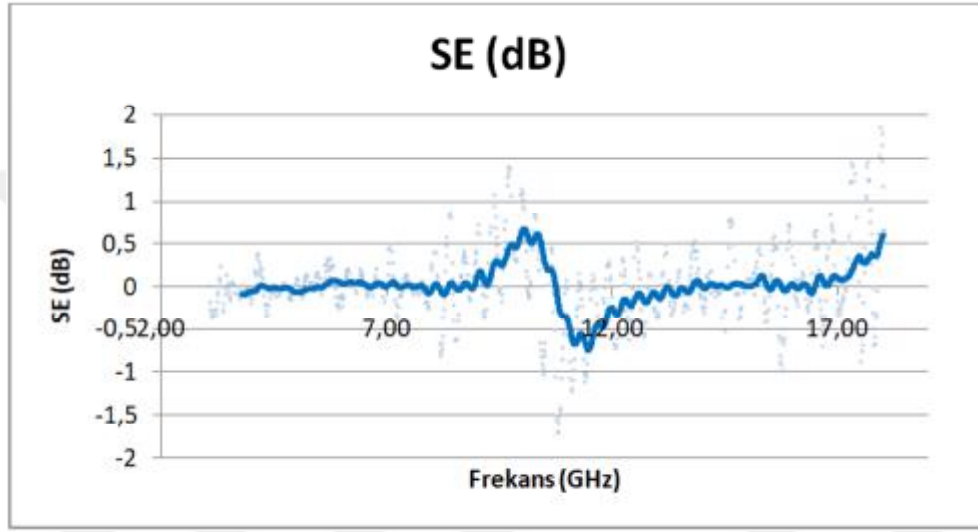


Şekil 4.30. Elektromanyetik yansıtma açısından 1 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması



Şekil 4.31. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 1 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması

Şekil 4.31 incelendiğinde, 1 ve 3 no.lu dokuma kumaş örneklerinin birlikte kullanılmasının elektromanyetik geçirgenliği fark edilir şekilde azaltıcı etki gösterdiği, bununla birlikte özellikle daha yüksek frekans bölgelerinde yer yer bu etkinin devam ettiği anlaşılmaktadır.



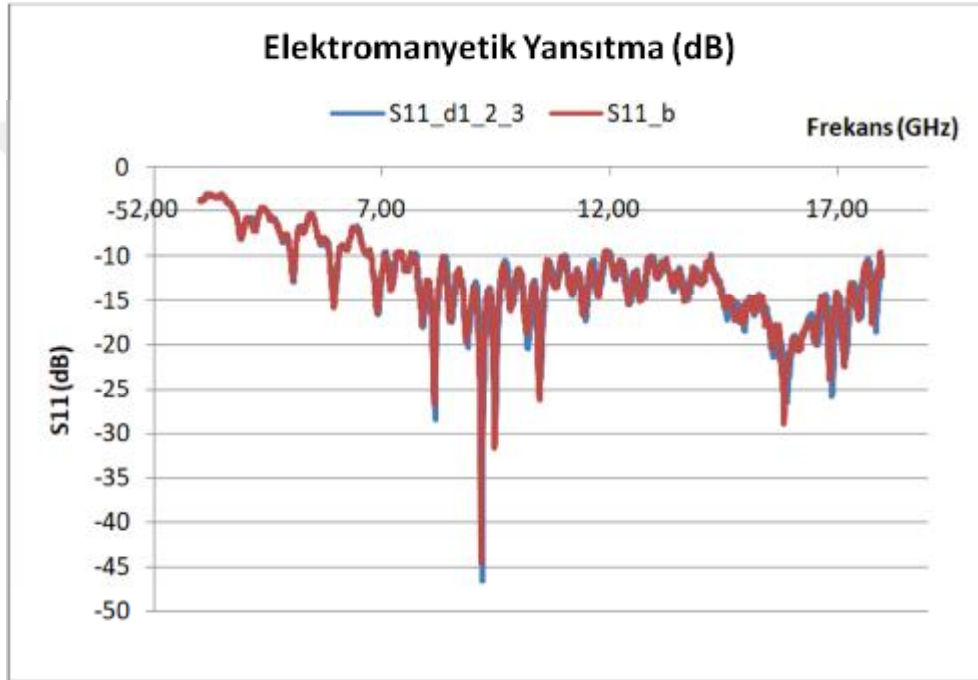
Şekil 4.32. 1 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin elektromanyetik koruma verimliliğine (SE) etkisi

Şekil 4.32 incelendiğinde, elektromanyetik koruma verimliliği (SE) yaklaşık olarak 9-12 GHz aralığında diğer frekans bölgelerine göre küçük bir artış gösterse de, genel olarak  $-0,6$  dB ile  $+0,6$  dB aralığında kalmıştır. Dolayısıyla ölçülen kumaş örneğinin elektromanyetik koruma verimliliğinin sıfıra yakın olduğu ifade edilebilir, ancak, 1 ve 3 nolu örneklerin birlikte kullanılmasının SE değeri üzerinde küçük bir olumlu etki (1-2 dB) yaptığı da dikkat çekmektedir.

#### 4.5.6. “1, 2 ve 3 no.lu” Örnekler Birlikte

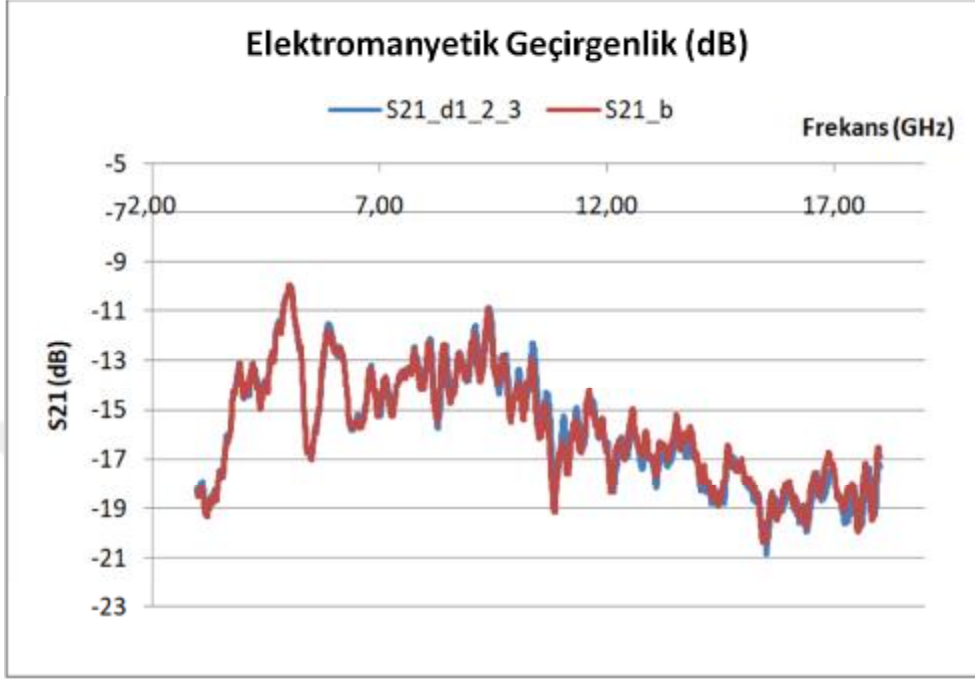
1, 2 ve 3 no.lu dokuma kumaş örnekleri üst üste konarak elde edilen üç katlı kumaş örneğinin EMI özellikleri de ölçülmüştür. Şekil 4.33’de yansıtma

açısından bu örneğin boşluk ile karşılaştırma grafikleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, üç kat (1, 2 ve 3) kumaş örneği (S11\_d1\_2\_3) ile boşluk (S11\_b) grafiklerinde belirgin bir farklılık gözlenmektedir. Katlı kumaş örneğinin boşluğa göre 8-12 ve 15-18 GHz frekans aralıklarında fark edilir düzeyde daha yüksek yansıtma sağladığı anlaşılmaktadır.



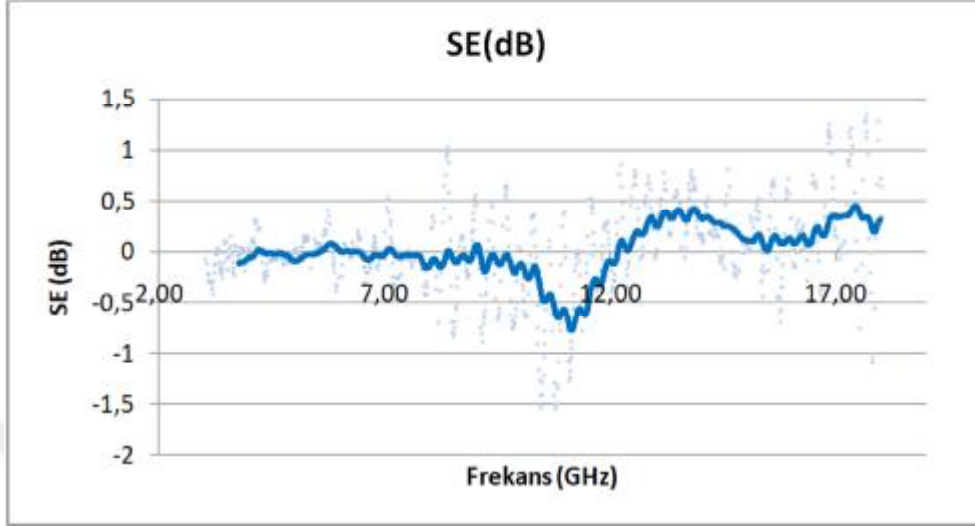
Şekil 4.33. Elektromanyetik yansıtma açısından 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması

Burada dikkat çeken nokta, önceki örneklere göre yansıtma düzeyindeki farklılıkların miktarında artış olmasıdır. Bu durum tek ve iki kat kumaş örneklerine göre belirgin bir farklılığa işaret etmekte olup bu etkinin  $T_i$  oranındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra kumaş kalınlığındaki artış ve nanopartiküllerin yerleşim konumlarından da etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.34. Elektromanyetik geçirgenlik açısından 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin boşluk ile karşılaştırılması

Şekil 4.34 incelendiğinde, 1, 2 ve 3 no.lu dokuma kumaş örneklerinin birlikte kullanılmasının 9 GHz ve üzeri frekans değerlerinde elektromanyetik geçirgenliği fark edilir şekilde azaltıcı etki gösterdiği, ancak diğer frekans bölgelerinde bu yönde bir etkinin gözlenmediği anlaşılmaktadır.



Şekil 4.35. 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birleştirilmesinin elektromanyetik koruma verimliliğine (SE) etkisi

Şekil 4.35 incelendiğinde, elektromanyetik koruma verimliliği (SE) yaklaşık olarak 10-12 GHz aralığında diğer frekans bölgelerine göre küçük bir artış gösterse de, genel olarak -0,8 dB ile 0,5dB aralığında kalmıştır. Dolayısıyla ölçülen kumaş örneğinin elektromanyetik koruma verimliliğinin sifıra yakın olduğu ifade edilebilir. Ancak, 1, 2 ve 3 no.lu örneklerin birlikte kullanılmasının tek katlı kumaş örneklerine göre SE değeri üzerinde küçük bir olumlu etki (1-2 dB) yaptığı da dikkat çekmektedir.





**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, titanyum nanopartikül katkılı poliamid 6 lifleri üretilerek, bu katkının kumaş özelliklerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bunun için farklı oranlarda Ti nanopartikül katkılı poliamid 6 iplikleri üretilmiş ve bunlardan dokuma ve örme kumaş numuneleri hazırlanmıştır. Bu numunelere de mukavemet, optik geçirgenlik, elektromanyetik geçirgenlik, yüzey direnci testleri uygulanarak sonuçları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- EDAX görüntülerine göre, %0,15 katkı oranına kadar, filamentler üzerinde herhangi bir oligomerleşme problemi yaşanmadığı ve titanyum nanopartiküllerinin düzgün dağıldığı görülmüştür.
- %0,05-0,15 gibi düşük düzeylerde Ti nanopartikülü katkılanması, poliamid6 ipliklerinin mukavemet ve uzama özellikleri üzerinde az miktarda da olsa olumlu etki yapmaktadır. Nanopartikül katkılama oranının artmasıyla kumaş mukavemetlerinde az da olsa artış sağlandığını görülmüştür.
- Titanyum nanopartikül katkılama, PA 6 lifinin optik geçirgenliğini azaltıcı, absorpsiyonunu artırıcı yönde etki etmekte, dalgaboyu arttıkça bu etki daha fazla görülmektedir. %0,15 titanyum nanopartikül katkısıyla, optik geçirgenlik dokuma kumaşta kontrol kumaşına göre %24, örme kumaşta ise %64 azalmakta, absorpsiyon ise dokuma kumaşta %5, örme kumaşta %37 artmaktadır.
- Titanyum metal oranı arttıkça S11(dB) değeri yani yansıtma, artış göstermektedir. Ancak uygulanan Ti nanoparçacık katkı oranlarında anlamlı bir yansıtma düzeyine ulaşamamıştır. Buna rağmen metal nanoparçacık oranı arttıkça yansıtma düzeyinin artma eğiliminde olduğu

gözlenmektedir. Dolayısıyla daha yüksek katkı oranlarında daha iyi yansıtma oranlarının elde edilebileceği öngörülebilir.

- Kontrol kumaşının belirli noktalarda elektromanyetik yansıtma farkı yaratması, kumaşı oluşturan PA liflerin muhtemelen kristalin yapısından kaynaklı bir etki söz konusu olmaktadır. Lifin kristalin yapısına ilaveten içinde bulunan Ti nanopartiküllerinin etkisi çok düşük düzeyde de olsa gözlemlenmiştir.
- Tek kat dokuma kumaş örneklerinin 1-3 ve 1-2-3 şeklinde birleştirilerek 2 ve 3 katlı olarak örnekler elde edilmiş ve EMI ölçümleri yapılmıştır. Bu uygulamanın tek kat kumaşlara göre elektromanyetik koruma etkinliğini geliştirmede etkili olduğu ancak bu etkinin çok düşük düzeyde kaldığı ifade edilebilir.
- Düşük oranda (%0,15) titanyum nanopartikül katkılamanın, kumaş öz direncini değiştirmede ve iletkenliğini artırma yönünde anlamlı bir etki yapmadığı belirlenmiştir.

Bu alanda ileride yapılacak yeni çalışmalar için; farklı polimer türü ve farklı numara multifilament ya da monofilament iplikler ve daha yüksek katkı oranları ile çalışılması önerilebilir. Daha uygun polimerler ile daha yüksek katkı oranlarında katkılamanın sağlanabilmesi durumunda liflere kazandırılmak istenen özellikler (UV absorpsiyonu, elektromanyetik yansıtma ve koruma verimliliği) açısından daha iyi sonuçların elde edilmesi beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akkapeddi, M. K., "Glass fiber reinforced polyamide-6 nanocomposites" Polymer Composites, Volume 21, Issue 4, pp. 576–585, August 2000.
- Attia, N.F., Moussa, M., Sheta, A.M.F., Taha, R., Gamal, H., "Effect of different nanoparticles based coating on the performance of textile properties", Progress in Organic Coatings, Vol. 104, 2017, pp. 72-80.
- BS 1932 Testing the strength of yarns and threads from packages
- BS 2576 Method for determination of breaking strength and elongation (strip method) of woven fabrics
- Chaudhari, S.B., Shaikh, T.N., Patel, B.H., Pandey, P., "Engineering polypropylene TiO<sub>2</sub> nanocomposite filament to improve UV resistance", International Journal of Advances in Management, Technology & Engineering Science, Vol. IV-Issue 3, 2014, pp. 22-25.
- Chaudhari, S.B., Shaikh, T., Pandey, P., "A review on polymeric TiO<sub>2</sub> nanocomposites", International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 3-Issue 5, 2013, pp. 1386-1391.
- Clough, S., Rhodes, M. B., Stein, R. S., "The transmission of light by films of crystalline polymers", Journal of Polymer Science: Polymer Symposia, Volume 18, Issue 1, pp. 1-32, 1967
- Erem, A. D., Özcan, G., "Polimer esashlı nanokompozitler ve tekstil uygulamaları", Tekstil ve Mühendis, 2013/1.
- Erdem, N., Cireli, A.A., Erdogan, U.H., "Flame retardancy behaviors and structural properties of polypropylene/Nano-SiO<sub>2</sub> composite textile filaments", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 111, 2008, pp. 2085-2091.

- Esen, M., İlhan, İ., Karaaslan, M., Ünal, E., Dincer, F., Sabah, C., Electromagnetic absorbance properties of a textile material coated using filtered arc-physical vapor deposition method, *Journal of Industrial Textiles*, 2014.(DOI: 10.1177/1528083714534710)
- Ferreira, V.C., Goddard, A.J., Monteiro, O.C., “In situ synthesis and modification of cotton fibers with bismuth oxychloride and titanium dioxide nanoparticles for photocatalytic applications”, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Vol 357, 2018, pp. 201-212.
- Gashti, M.P., Almasian, A., Gashti (2), M.P., “Preparation of electromagnetic reflective wool using nano-ZrO<sub>2</sub>/citric acid as inorganic/organic hybrid coating”, *Sensors and Actuators A* 187, 2012, pp. 1-9.
- Greßler, S., Simko, M., Gazso, A., Fiedeler, U., Nentwich, M., “Nano-textiles”, *Nano Trust Dossiers*, Vol. 015en, 2010.
- IEEE Standard Method for Measuring the Effectiveness of Electromagnetic Shielding Enclosures, IEEE Standards Board, 1997
- Joshi, M., Bhattacharyya, A., Wazed, A. S., “Characterization techniques for nanotechnology applications in textiles”, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol 33, September 2008, pp. 304-317.
- Kılıç, G., Örtlek, H. G., Saraçoğlu, Ö. G., “Elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu tekstillerin ekranlama etkinliği (SE) ölçüm yöntemleri”, *Tekstil ve Mühendis*, Yıl:15, Sayı: 72, Sayfa 7-15, 2008.
- Kım, Y. K., Lewis, A. F., Warner, S. B., Patra, P. K., Calvert, P., “Nanocomposite Fibers”, *Umass National Textile Center Annual Report: November 2001*, M00-D08.
- Kızıldağ, N., Ucar, N., Onen, A, “Nanocomposite polyacrylonitrile filaments with titanium dioxide and silver nanoparticles for multifunctionality”, *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 47(7), 2017, pp. 1716-1738.

- Li, J., Bi, S., Mei, B., Shi, F., Cheng, W., Su, X., Hou, G., Wang, J., "Effects of three-dimensional reduced graphene oxide coupled with nickel nanoparticles on the microwave absorption of carbon fiber-based composites", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 717, 2017, pp. 205-213.
- Lorenz, C., Windler, L., Von Goetz, N., Lehmann, R.P., Schuppler, M., Hungerbühler, K., Heuberger, M., Nowack, B., "Characterization of silver release from commercially available functional (nano)textiles", *Chemosphere* 89, 2012, pp. 817-824
- Mahfuz, H., Hasan, M.M., Rangari, V.K., Jeelani, S., "Reinforcement of nylon-6 filaments with SiO<sub>2</sub> nanoparticles and comparison of Young's modulus with theoretical bounds", *Macromolecular Materials Engineering*, Vol. 292, 2007, pp. 437-444.
- McIntyre, J.E., "Synthetic fibers: nylon, polyester, acrylic, polyolefin", Boca Raton, FL : CRC Press ; Cambridge : WoodheadPub., 2005.
- Mitrano, D.M., Rimmele, E., Wichser, A., Erni, R., Height, M., Nowack, B., "Presence of nanoparticles in wash water from conventional silver and nano-silver textiles", *Empa – Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology*, 2014.
- Mohanty, A. K., Ghosh, A., Sawai, P., Pareek, K., Banerjee, S., Das, A., ... & Voit, B. (2014). Electromagnetic interference shielding effectiveness of MWCNT filled poly(ethersulfone) and poly(etherimide) nanocomposites. *Polymer Engineering & Science*, 54(11), pp. 2560-2570.
- Montazer, M., Seifollahzadeh, S., "Enhanced self-cleaning, antibacterial and UV protection properties of nano Ti<sub>2</sub>O treated textile through enzymatic pretreatment", *Photochemistry and Photobiology*, 2011. (DOI: 10.1111/j.1751-1097.2011.00917.x)

- Özdoğan, E., Demir, A., Seventekin, N., “Nanoteknoloji ve Tekstil Uygulamaları”, Tekstil ve Konfeksiyon, 2006/3.
- Patra, J. K., Gouda, S., “ Application of nanotechnology in textile engineering: An overview”, Academic Journals, Vol. 5(5), June 2013, pp. 104-111,.
- Pulit, J., Chwastowski, J., Kucharski, A., Banach, M., “Functionalization of textiles with silver and zinc oxide nanoparticles”, Applied Surface Science, Vol. 385, 2016, pp. 543-553.
- Rangari, V.K., Mohammad, G.M., Jeelanı, S., Hundley, A., Vıg, K., Singh, S.R., Pillai, S., “Synthesis of Ag/CNT hybrid nano particles and fabrication of their Nylon-6 polymer nanocomposite fibers for antimicrobial applicaitons”, Nanotechnology, Vol. 21, 2010, pp. 1-11.
- Türksoy, E. S., Üstüntağ, S., Sarıtaş, Ö., & Saraçoğlu, Ö. G., “Tekstil Malzemelerinin Elektromanyetik Kalkanlama Etkinliği Ölçümünde Yenilikçi Bir Test Aparatı”, Tekstil ve Mühendis, 22(99), 2015.
- Saville, B. P., “Physicaltesting of textiles”, Boca Raton, FL : CRC Press; Cambridge : WoodheadPub., 2004.
- Seventekin, N., “Kimyasal Lifler”, E.Ü. Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, 2003
- Yazdanshenas, M.E., Damerchely, R., Rashıdı, A.S., Khajavı, R., “Bioactive nanocomposite multifilament yarns”, Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Vol. 7 Issue 1, 2012, pp. 69-78.
- Wu, G., Song, P., Zhang, D., Liu, Z., Li, L., Huang, H., Zhao, H., Wang, N., Zhu, Y., “Robust composite silk fibers pulled out of silkworms directly fed with nanoparticles”, International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 104, 2017, pp. 533-538.
- Zhu, M., Xing, Q., He, H., Zhang, Y., Chen, Y., Pötschke, P., Adler, H., “Preparation of PA6/ Nano titanium dioxide (TiO<sub>2</sub>) composites and their spinnability”, Macromol. Symp. 2004, pp. 251-261.

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:80004:-1:en> (Erişim tarihi: 30 Mayıs 2018)

<http://www.nano.gov/> (Erişim tarihi: 24 Mayıs 2018)







## ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Adana’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana’da tamamladı. 1994 yılında başladığı Ege Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümünden 1999 yılında mezun oldu. Özel sektörde 8 yıl tekstil mühendisi olarak çalıştıktan sonra, 2009 yılında Namık Kemal Üniversitesi Çerkezköy Meslek Yüksekokulu’nda Öğretim Görevlisi olarak başladığı görevine halen devam etmektedir. Evli ve iki çocuk babasıdır.

