

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**NANO PARTİKÜLLERLE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİK
KAZANDIRILAN DOKUSUZ YÜZEY (NONWOVEN)
TEMİZLİK BEZLERİNİN ANTİBAKTERİYEL
ÖZELLİKLERİNE ÇOKLU YIKAMA İŞLEMLERİNİN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
S. Cansu YILDIZ**

**Danışman
Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK**

Yüksek Lisans Tezi

**Haziran 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**NANO PARTİKÜLLERLE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİK
KAZANDIRILAN DOKUSUZ YÜZEY (NONWOVEN)
TEMİZLİK BEZLERİNİN ANTİBAKTERİYEL
ÖZELLİKLERİNE ÇOKLU YIKAMA İŞLEMLERİNİN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

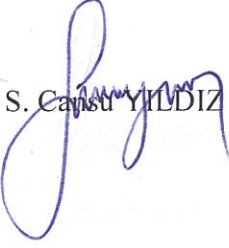
**Hazırlayan
S. Cansu YILDIZ**

**Danışman
Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK**

**Haziran 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.


S. Canısu YILDIZ

“NanoPartüküllerleAntibakteriyel Özellik Kazandırılan Dokusuz Yüzey (Nonwoven) Temizlik Bezlerinin Antibakteriyel Özelliklerine Çoklu Yıkama İşlemlerinin Etkisinin Araştırılması” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

S. Cansu YILDIZ

Danışman

Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK

Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK

Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK danışmanlığında **S. Cansu YILDIZ** tarafından hazırlanan “**NanoPartüküllerle Antibakteriyel Özellik Kazandırılan Dokusuz Yüzey (Nonwoven) Temizlik Bezlerinin Antibakteriyel Özelliklerine Çoklu Yıkama İşlemlerinin Etkisinin Araştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.


08/07/2019

JÜRİ:

Danışman : Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK



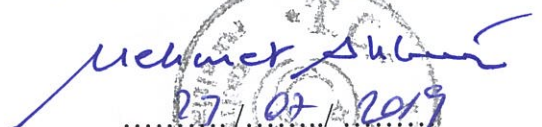
Üye : Doç. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK



Üye : Doç. Dr. Serin MEZARCIÖZ


ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 23/07/2019 tarih ve 2019/162-16 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



27 / 07 / 2019

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca gerek tez konusu seçiminde gerek çalışmaların yürütülmesi ve yönlendirilmesi konusunda katkılarını ve yardımını hiç esirgemeyen, farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, bu uzun ve zorlu süreçte desteği ve emeğiyle tezin tamamlanmasında en büyük katkı sahibi olan sayın hocam Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Dokusuz yüzey üretiminin pilot işletmelerinde gerçekleştirilmesi konusunda yardımcı olan İTKİB-İTA Eğitim Araştırma ve Danışmanlık LTD. ŞTİ. çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalar kapsamında metal partiküllerin sağlanmasında, uygulamaların gerçekleştirilmesinde desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Mustafa TUTAK'a ve uygulamalarda yardımcı olan sayın Ülker ÇINAR'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Antibakteriyel testlerin uygulanmasında yardımcı olan sayın Doç. Dr. Aycan GÜNDOĞDU ve sayı Doç. Dr. Mehmet ORHAN'a teşekkür etmek isterim.

X – Işını Floresans Spektrometresi (XRF) analizi, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntü ve EDX analizlerinin tatbik edilmesi için yardımcı olan Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi (TAUM) çalışanları sayın İhsan AKŞİT ve sayın Altınay BOYRAZ'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu süreçte hep yanımda olan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen eşim Sami YILDIZ ve aileme teşekkür ederim.

S. Cansu YILDIZ

Haziran 2019, KAYSERİ

**NANO PARTİKÜLLERLE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİK KAZANDIRILAN
DOKUSUZ YÜZEY(NONWOVEN) TEMİZLİK BEZLERİNİN
ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNE ÇOKLU YIKAMA İŞLEMLERİNİN
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

S. Cansu YILDIZ

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2019
Danışman: Doç. Dr. Emel ÇİNÇİK**

ÖZET

Dokusuz yüzey temizlik bezleri ıslak olarak kullanıldıkları için bakteri üreme potansiyeli bulunan ve yayılmasına neden olabilecek ürünlerdir. Bu sebeple; tez çalışmasında polyester/viskon içerikli dokusuz yüzey temizlik bezlerinin nano partikül uygulaması sonrasında antibakteriyel ve performans özellikleri incelenmiştir. Tez kapsamında; bu ürünlere bakır, gümüş, çinko nano partiküller farklı konsantrasyonlarda emdirme ve püskürtme yöntemiyle uygulanmış, numunelerin fiziksel özellikleri (gramaj, kalınlık), performans özellikleri (sıvı emme kapasitesi, aşınma dayanımı) ve antibakteriyel özellikleri değerlendirilmiştir. Temizlik bezlerine özgü geliştirilen çoklu yıkama öncesi ve sonrasında numunelerin antibakteriyel özellikleri *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı incelenmiş ve uygulamaların kalıcılığı araştırılmıştır. Kumaş yüzeyinden alınan taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ve tatbik edilen EDX analizi ile partiküllerin yüzeydeki dağılımı incelenmiştir. Kumaş yüzeyindeki partikül miktarları X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) ile tespit edilmiş, miktar ile kumaşın antibakteriyel özellikleri ilişkilendirilmiştir. Çalışma sonucunda; tüm uygulamalarla temizlik bezlerine antibakteriyel özellik kazandırıldığı, geliştirilen yıkama prosesinin çoklu uygulanmasıyla bu özelliğin korunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dokusuz Yüzeyler, Temizlik Bezleri, Antibakteriyel Özellik, Nano Partiküller

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MULTIPLE WASHING PROCESSES ON
ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF NONWOVEN CLEANING CLOTHES
FINISHED WITH NANOPARTICLES**

S. Cansu YILDIZ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, June 2019

Supervisor: Doc. Dr. Emel CINCIK

ABSTRACT

Nonwoven based cleaning cloths have potential for bacterial growth and spreading of bacteria due to their wet state during usage. Therefore; in this thesis, antibacterial and performance properties of polyester / viscose nonwoven cleaning cloths after nanoparticle application were investigated. Within the scope of the thesis; copper, silver, zinc nanoparticles were applied to these products by impregnation and spraying method in different concentrations and physical properties (areal weight, thickness), performance characteristics (liquid absorption capacity, abrasion resistance) and antibacterial activity of the samples were evaluated. The durability of the nanoparticle application were investigated after multiple washings developed for cleaning cloths by considering antibacterial activity of the samples against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria before and after washings. The distribution of the nano particles on the surface of the fabrics were assessed by images taken from the fabric surface with Scanning electron microscopy (SEM) and the EDX analysis. The amount of nanoparticles on the fabric surface was determined by X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) and correlated with antibacterial property of the cleaning cloths. As a result of the study; it has been determined that cleaning cloths gained antibacterial properties with all applications and this feature was preserved by multiple applications of developed washing process.

Keywords: Nonwovens, Cleaning Cloths, Antibacterial Property, Nano Particles

İÇİNDEKİLER

NANO PARTİKÜLLERLE ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİK KAZANDIRILAN DOKUSUZ YÜZEY (NONWOVEN) TEMİZLİK BEZLERİNİN ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNE ÇOKLU YIKAMA İŞLEMLERİNİN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler	3
1.1.1. Dokusuz Yüzeyler	3
1.1.2. Tekstil Ürünlerinde Antibakteriyellik.....	12
1.1.2.1. Mikroorganizmalar ve Tekstil Ürünlerine Etkileri.....	12
1.1.2.2. Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Antibakteriyel Maddeler.....	15
1.1.2.3. Tekstil Ürünlerine Antibakteriyel Özellik Kazandırılması	20
1.1.2.4. Tekstilde Uygulanan Antibakteriyel Testler	21
1.2. Konu ile İlgili Çalışmalar	26

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal.....	37
---------------------------	-----------

2.2. Yöntem	38
2.2.1. Dokusuz yüzeylerin Üretimi	38
2.2.2. Metal Nano Partiküllerin Uygulanması	41
2.2.3. Dokusuz Yüzey Temizlik Bezlerine Yönelik Yıkama Prosedürü Geliştirilmesi	44
2.2.4. Numunelerin Özelliklerinin Tespiti	47
2.2.4.1. Gramaj ve Kalınlık Tayini	47
2.2.4.2. Sıvı Emme Kapasitesi Tayini	48
2.2.4.3. Aşınma Dayanımı Tayini	49
2.2.4.4. X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) ile Madde Analizi	50
2.2.4.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve EDX Analizi	51
2.2.4.6. Numunelerin Antibakteriyel Aktive Tayini	52

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Numunelerin Gramaj Sonuçları	55
3.2. Numunelerin Kalınlık Sonuçları	56
3.3. Numunelerin Yoğunluk Sonuçları	58
3.4. Numunelerin Sıvı Emme Kapasitesi Sonuçları	58
3.5. Numunelerin Aşınma Dayanımı Sonuçları	60
3.6. Numunelerin SEM EDX Görüntüleri	62
3.7. Numunelerin XRF sonuçları	69
3.8. Antibakteriyel Test Sonuçları	90

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar	94
4.2. Öneriler	97
KAYNAKÇA	98

ÖZGEÇMİŞ.....105

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Yaygın olarak görülen bakteri türleri 13

Tablo 1.2. Tekstil endüstrisinde kullanılan antibakteriyel maddeler 16

Tablo 1.3. Tekstilde kullanılan antibakteriyel test yöntemleri 21

Tablo 2.1. Dokusuz yüzey üretiminde kullanılan lifler 38

Tablo 2.2. Numunelere uygulanan farklı partiküllerin özellikleri..... 38

Tablo 2.3. Numunelerin kodları 47

Tablo 3.1. Numunelerin gramaj tayinine ait sonuçlar 55

Tablo 3.2. Numunelerin kalınlık tayinine ait sonuçlar 57

Tablo 3.3. Numunelerin hesaplanmış yoğunluk değerleri..... 58

Tablo 3.4. Numunelerin sıvı emme kapasitesi değerleri 59

Tablo 3.5. Numunelerin aşınma dayanımı değerleri 61

Tablo 3.6. Gümüş nano parçacık uygulanmış numunelerin XRF sonuçları..... 69

Tablo 3.7. Bakır nano parçacık uygulanmış numunelerin XRF sonuçları 76

Tablo 3.8. Çinko nano parçacık uygulanmış numunelerin XRF sonuçları 83

Tablo 3.9. Numunelerin *Escherichia coli* bakterisi için antibakteriyel test sonuçları 91

Tablo 3.10. Numunelerin *Staphylococcus aureus* bakterisi için antibakteriyel test sonuçları 92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Avrupa için dokusuz yüzey kullanım alanlarının dağılımı	4
Şekil 1.2.	Farklı doku oluşturma teknikleri	5
Şekil 1.3.	Dokusuz yüzey üretiminde kullanılan tipik bir tarak	6
Şekil 1.4.	Çapraz serme	7
Şekil 1.5.	Doku bağlama metotları	8
Şekil 1.6.	İğneleme ile bağlama yöntemi	9
Şekil 1.7.	Tipik bir iğneleme tezgâhı.....	9
Şekil 1.8.	İğneleme tezgâhı elemanları.....	10
Şekil 1.9.	E.Coli Bakterilerinin Morfolojik Görünümü	13
Şekil 1.10.	Aureus Bakterilerinin Morfolojik Görünümü	14
Şekil 1.11.	AATCC 147-2016 test metodunun uygulanması	22
Şekil 1.12.	AATCC 90-2016 test yönteminin uygulanması.....	23
Şekil 1.13.	AATCC 100-2012 test yönteminin uygulanması.....	24
Şekil 1.14.	ASTM E2149-01 test yönteminin uygulanması.....	26
Şekil 2.1.	Çalışmada kullanılan açıcı aksamalar	39
Şekil 2.2.	Tülbent oluşumu için kullanılan tarak.....	39
Şekil 2.3.	Çalışmada kullanılan çapraz serici	40
Şekil 2.4.	Çalışmada kullanılan ön iğneleme ve esas iğneleme tezgahları	40
Şekil 2.5.	Çalışmada kullanılan ultrasonik karıştırıcı.....	42
Şekil 2.6.	Çalışmada emdirme metodu için kullanılan laboratuvar tipi fulard.....	43
Şekil 2.7.	Dokusuz yüzeylere püskürtme ile çözelti aktarımı	44
Şekil 2.8.	Yıkama uygulaması.....	45
Şekil 2.9.	Sabit sıkma işleminin uygulanması ve geliştirilen aparat	46
Şekil 2.10.	Kalınlık tayin cihazı	48
Şekil 2.11.	Sıvı emme kapasitesi tayininin uygulanması	48
Şekil 2.12.	James H. Heal Nu-Martindale aşınma ve pilling cihazı.....	49
Şekil 2.13.	XRF çalışma prensibi	50
Şekil 2.14.	Çalışmada kullanılan XRF cihazı.....	51

Şekil 2.15. Analizlerde kullanılan EDS eklenmiş taramalı elektron mikroskobu.....	52
Şekil 2.16. Numunelerin yerleşimi ve çalkalanması	53
Şekil 2.17. Bakteri sayımı için seyreltme ve ekim işlemleri	53
Şekil 3.1. Emdirme yöntemiyle %0,5 gümüş partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri	63
Şekil 3.2. Emdirme yöntemiyle %0,5 bakır partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri	64
Şekil 3.3. Emdirme yöntemiyle %0,5 çinko partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri	65
Şekil 3.4. Püskürtme yöntemiyle %0,5 gümüş partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri	66
Şekil 3.5. Püskürtme yöntemiyle %0,5 bakır partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri	67
Şekil 3.6. Püskürtme yöntemiyle %0,5 çinko partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri	68
Şekil 3.7. Emdirme ile %0,1 gümüş nano parçacık uygulanmış numune	70
Şekil 3.8. Emdirme ile % 0,1 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	70
Şekil 3.9. Emdirme ile % 0,1 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	71
Şekil 3.10. Emdirme ile % 0,3 gümüş nano parçacık uygulanmış numune	71
Şekil 3.11. Emdirme ile % 0,3 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	72
Şekil 3.12. Emdirme ile % 0,3 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	72
Şekil 3.13. Emdirme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış numune	73
Şekil 3.14. Emdirme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	73
Şekil 3.15. Emdirme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	74

Şekil 3.16. Püskürtme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış numune.....	74
Şekil 3.17. Püskürtme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	75
Şekil 3.18. Püskürtme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	75
Şekil 3.19. Emdirme ile %0,1 bakır nano parçacık uygulanmış numune.....	77
Şekil 3.20. Emdirme ile % 0,1 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	77
Şekil 3.21. Emdirme ile % 0,1 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	78
Şekil 3.22. Emdirme ile %0,3 bakır nano parçacık uygulanmış numune.....	78
Şekil 3.23. Emdirme ile % 0,3 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	79
Şekil 3.24. Emdirme ile % 0,3 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	79
Şekil 3.25. Emdirme ile %0,5 bakır nano parçacık uygulanmış numune.....	80
Şekil 3.26. Emdirme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	80
Şekil 3.27. Emdirme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	81
Şekil 3.28. Püskürtme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış numune	81
Şekil 3.29. Püskürtme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	82
Şekil 3.30. Püskürtme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	82
Şekil 3.31. Emdirme ile %0,1 çinko nano parçacık uygulanmış numune.....	84
Şekil 3.32. Emdirme ile % 0,1 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	84
Şekil 3.33. Emdirme ile % 0,1 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	85

Şekil 3.34. Emdirme ile %0,3 çinko nano parçacık uygulanmış numune.....	85
Şekil 3.35. Emdirme ile % 0,3 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	86
Şekil 3.36. Emdirme ile % 0,3 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	86
Şekil 3.37. Emdirme ile %0,5 çinko nano parçacık uygulanmış numune.....	87
Şekil 3.38. Emdirme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	87
Şekil 3.39. Emdirme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	88
Şekil 3.40. Püskürtme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış numune.....	88
Şekil 3.41. Püskürtme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune	89
Şekil 3.42. Püskürtme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune	89

GİRİŞ

Tekstil ve konfeksiyon ürünleri, gelişimlerinin başlangıcında insanoğlunun giyinme, barınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılmışlardır. Zamanla tekstil ve konfeksiyon sektöründeki teknolojik gelişmeler, yeni türde ve boyutlarda malzemelerin keşfedilmesi ve bu tür malzemelerin tekstil alanında uygulanması bu alandaki mamullerin çeşitlenmesine sebebiyet vermiştir. Ayrıca; teknolojik gelişmelerin beraberinde getirdiği modern hayatta, insanların hayat standartlarının yükselmesi, rahat, ekonomik ve hızlı yaşam tarzlarına geçişle birlikte; tekstil mamulleri kişilerin hayatlarında farklı alanlarda da yer bulmaya başlamıştır. Daha çok kullanım yerinde yerine getirdikleri fonksiyonlar için kullanılan dokusuz yüzeyler; tekstil ürünlerinin çeşitlenme sürecindeki önemli gelişmelerden birisidir.

Elyafın iplik haline dönüştürülmeden doğrudan kumaş haline getirilmesi ile üretilen bu tür ürünler; çocuk bezinden yalıtım malzemesine, jeotekstilden otomotiv halısına, temizlik bezinden, ameliyat gereçlerine kadar birçok amaçla tüketilmektedir. Son mamul haline dokuma ya da örme kumaşlara nispeten daha az üretim aşaması ile getirilen, dolayısıyla daha ucuz olan ve gittikçe hızlanan hayat temposunda yaşamı kolaylaştırmaya hizmet eden dokusuz yüzeylere olan talep gün geçtikçe artış göstermektedir. Sürekli yıkanarak temizlenmeye çalışılan alt bezlerin yerini tek kullanımlık bebek bezleri, ellerde hijyen sağlamak için kullanılan sabunlu bezlerin yerini ıslak mendiller, dokuma ya da örme temizlik bezlerinin yerini dokusuz yüzey temizlik bezleri almıştır. Hemen hemen her evde yer alan ve sıkça kullanılan dokusuz yüzey temizlik bezleri yarı uzun ömürlü ürünler kapsamında düşünülmektedir. Söz konusu ürünlerin kullanım sırasında; sıvıyı kolayca emmesi, temizlik sırasında uygulanan aşınma ve gerilme kuvvetlerine dayanım göstermesi, temizlik sonrasında yüzeylerde tüycük bırakmaması ve sürekli ıslak olarak kullanıldıkları için bakteri üremesine izin vermeyen karakterde olması istenmektedir.

Dokusuz yüzey esaslı temizlik bezleri genellikle viskon, polyester ya da polipropilen liflerinden mekanik serme yöntemi ile elde edilmekte, iğneleme yöntemi ile bağlandıktan sonra temizlik sırasında tüy bırakmaması için farklı sıcaklıklarda ısıl işleme tabi tutulmaktadır. İçerdiği lifler ile yüksek sıvı emme özellikleri açısından ve sürekli ıslak halde kullanılması bakımından bu ürünler bakteri üremesine çok elverişli yapıda bulunmaktadır. Ayrıca, kullanım sırasında bu bakterilerin insan vücuduna bulaşma ve temizlik yapılan bölgelere yayılma riski bulunmaktadır. Bu bağlamda; bu ürünlere antibakteriyel özellik kazandırılması ön plana çıkmaktadır.

Yapılan literatür taraması sonucunda; çalışmalarda genellikle dokusuz yüzeylere antibakteriyellik özelliğinin; yapısında antibakteriyel materyaller olan ve daha pahalı liflerin kullanılmasıyla sağlandığı ya da plazma işlemi gibi yatırım maliyeti yüksek işlemlerle beraber uygulandığı ve genellikle medikal alanda kullanılan sentetik esaslı dokusuz yüzeylere uygulama yapıldığı görülmüştür. Tez kapsamında ele alınacak dokusuz yüzeyler lif içeriği bakımından farklı, medikal alanda kullanılan ürünlere göre gevşek ve hacimli yapıda bulunmaktadır. Bu sebeple; bu tez çalışmasıyla bu ürünlere nano partikül uygulanmasının antibakteriyel özelliklerine etkisinin belirlenmesinin ve uygulamanın kalıcılığının tespit edilmesinin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu amaçla, tez çalışmasında; viskon/geri dönüştürülmüş polyester (r-PET)/polyester karışımı dokusuz yüzey temizlik bezlerine emdirme ve püskürtme yöntemi ile farklı türde nano boyutlu partiküller (Gümüş, Bakır, Çinko), değişik konsantrasyonlarda uygulanmıştır. Yapılan uygulamaların yapının kalınlık, gramaj gibi fiziksel özellikleri ile sıvı emme kapasitesi, aşınma dayanımı gibi performans özelliklerine etkisi değerlendirilmiştir. Kumaş yüzeyinden alınan taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ve tatbik edilen EDX analizi ile partiküllerin yüzeydeki dağılımı incelenmiştir. Kumaş yüzeyindeki partikül miktarları X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) ile tespit edilmiş, miktar ile kumaşın *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel özellikleri ilişkilendirilmiştir. Ayrıca; çalışmada temizlik bezlerinin kullanımı sırasında maruz kaldıkları yıkama işlemi simüle edecek yıkama prosesi geliştirilmiş ve antibakteriyel uygulamalarının kalıcılığı geliştirilen çoklu yıkama işlemi ile test edilmiştir. Bunların yanı sıra; antibakteriyel etkinlik sağla optimum partikül konsantrasyonu, partikül türü ve uygulama metodu belirlenmiştir.

1. BÖLÜM

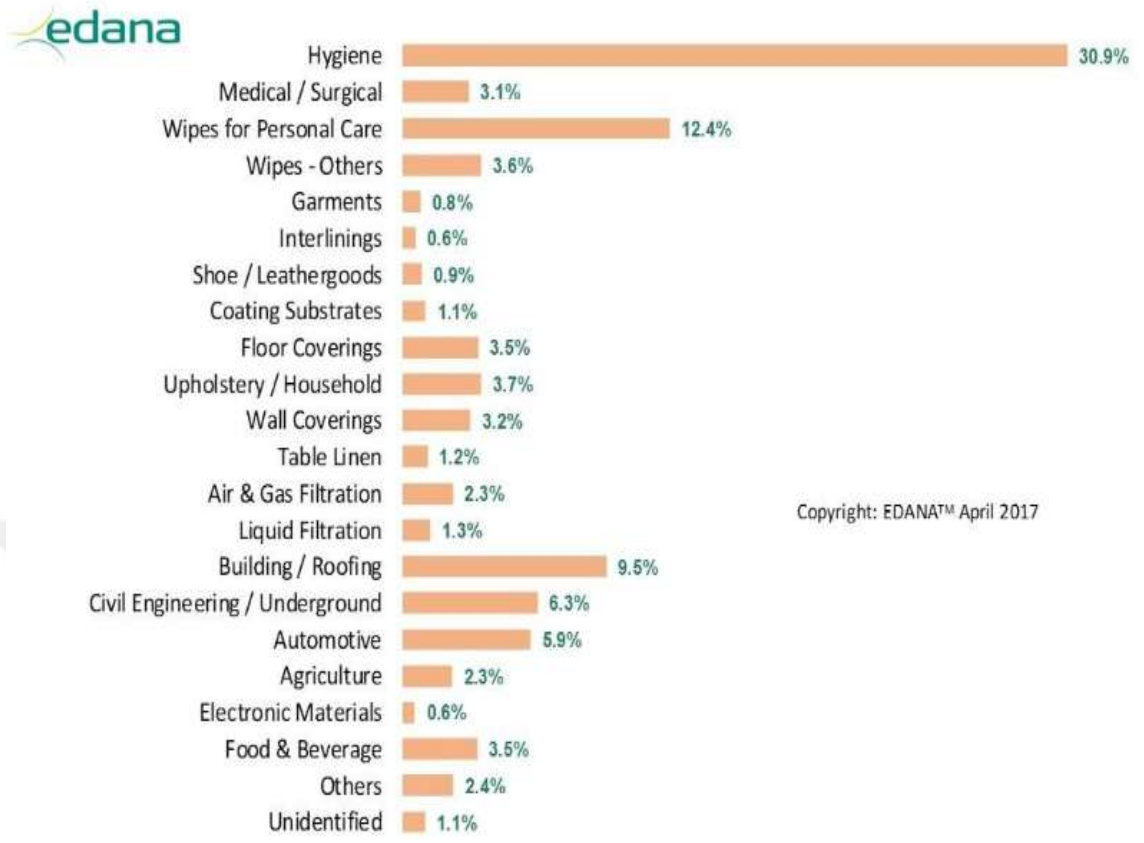
GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1. Dokusuz Yüzeyler

Tekstil endüstrisinde kumaş oluşturma yöntemleri üç başlık altında sınıflandırılmaktadır; dokuma, örme ve dokusuz yüzey oluşturma. Bu tekniklerden dokusuz yüzey oluşturma; elyaflardan çeşitli işlemlerle doğrudan kumaş yapısını oluşturmaya dayanmaktadır. Dokusuz yüzeyler doğal veya sentetik elyafın ipliğe dönüştürülmeden; kimyasal, mekanik, ısıl yollarla veya bunların birleşik yoluyla oluşturulan özel kullanım alanları için uygun olan tekstil ürünleridir. Bu oluşum sürtünme, kohezyon, adezyon etkisi ile birbirine bağlandığı tekstil tabakaları olarak tanımlanır. [1,2]

Bu tür yapılar; tekstil sanayinin kullanım alanı her geçen gün zenginleşen teknik tekstillerin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Günümüzde gelişen teknoloji ve artan yaşam standardı ile birlikte temizlik konusundaki hassasiyetler büyük oranda artmıştır. İnsanların beklentileri; halka açık alanlarda ve evlerinde temiz ve hijyenik ortamlar oluşturmak yönünde gelişmiştir. Bu nedenle de dokusuz yüzey esaslı hijyenik ürünler ve temizlik bezleri en yaygın kullanım alanına sahip olmaktadır. Bu durum Avrupa Tek Kullanımlık Ürünler ve Dokusuz Yüzey Birliği (EDANA) istatistiklerinden de görülmektedir (Şekil 1.1). Hijyenik ürünler ve (%30,9) temizlik amaçlı kullanılan dokusuz yüzeyler (%12,4) Avrupa bölgesinde en çok tercih edilen dokusuz yüzey türleri olmuştur. Çalışmada dokusuz yüzey esaslı temizlik bezlerinin materyal olarak kullanılması sebebiyle burada bu ürünlerin üretim yöntemleri kısaca özetlenmektedir.

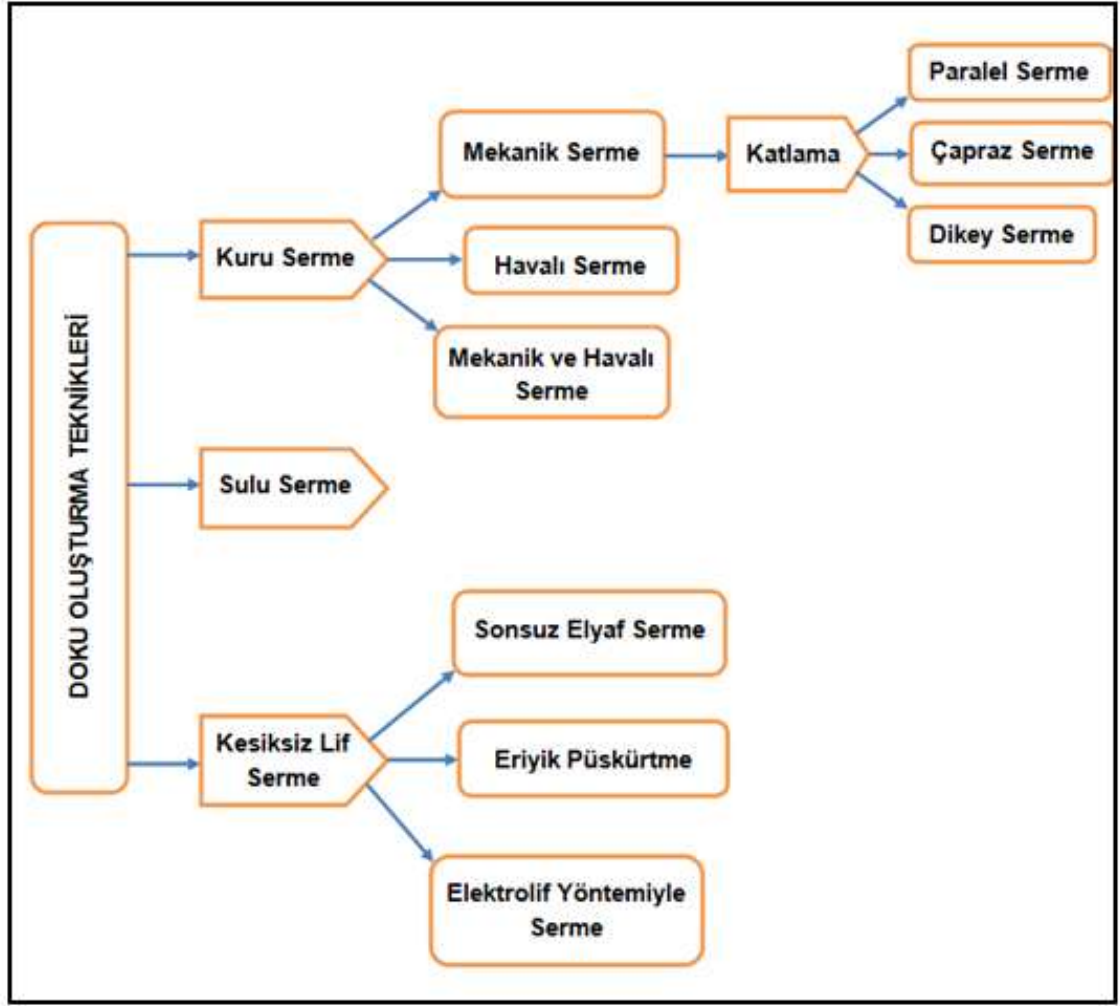


Şekil 1.1. Avrupa için dokusuz yüzey kullanım alanlarının dağılımı [3]

Dokusuz Yüzey Üretim Prosesleri

Tülbent Oluşturma

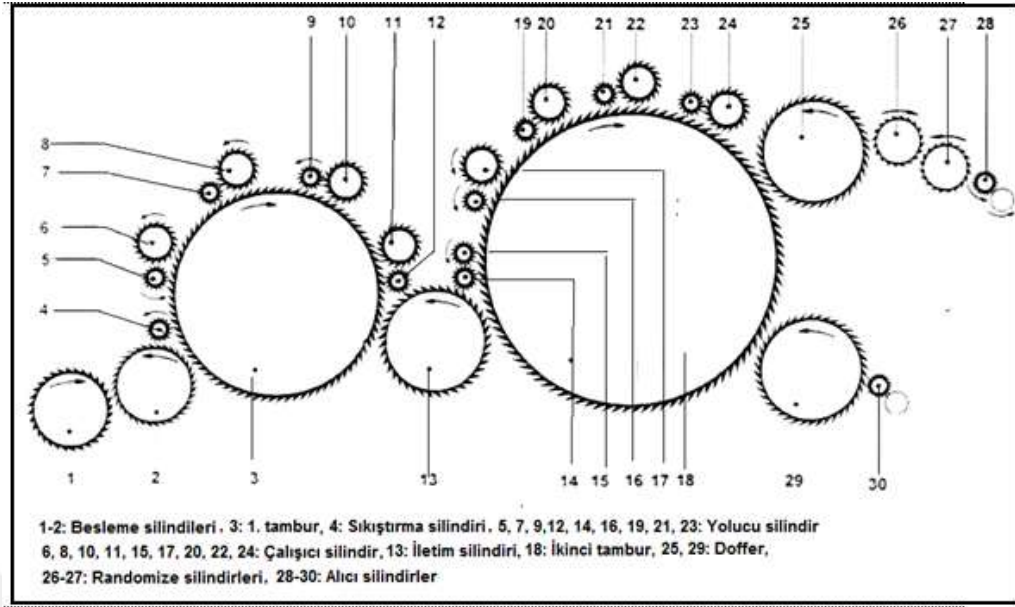
Dokusuz yüzey üretiminde doku oluşturma aşaması üç farklı teknikle gerçekleştirilmektedir. Şekil 1.2'den de görüleceği üzere; bunlar kuru serme, sulu serme, kesiksiz elyaf serme şeklindedir. Bu yöntemler oluşturulacak ürünün kullanım özelliklerine, işlenecek hammaddeye uygun olacak biçimde tercih edilmektedir. Temizlik bezleri; genellikle mekanik serme ile oluşturulmakta, iğneleme ve ısıl bağlama ile sabitlenmektedir.



Şekil 1.2. Farklı doku oluşturma teknikleri [1,2,4]

Mekanik Serme (Tarakla Serme)

Dokusuz yüzey üretiminde tarakla yapılan işlemin amacı liflerin bağlantılarını açarak tek lif haline getirmektir. Bu sayede paralel hale gelen lif karışımlarının homojen olmasını sağlamak ve belirli bir gramaja sahip uniform tülbentleri elde etmektir. Bu işlemler, tarak makinesi boyunca art arda sıralanan üzeri dişlerle kaplı silindirler vasıtasıyla gerçekleştirilmektedir. Dokusuz yüzey teknolojisinde taraklar; iplik üretimindekilerden farklı olarak modifiye edilmiştir. Çok farklı dizilim ve ayarlarda tarak makineleri mevcuttur. Şekil 1.3'te dokusuz yüzey üretiminde kullanılan bir tarak örneği görülmektedir.



Şekil 1.3. Dokusuz yüzey üretiminde kullanılan tipik bir tarak [5]

Makine yerleşiminin nasıl olduğu önemli olmaksızın, dokusuz yüzey taraklarında bulunması gereken temel elemanlar:

- Tambur
- Çalışıcı / Yolucu Silindirler
- Doffer ' dir.

Çalışıcı silindirler ile tamburun etkileşim noktasında; lifleri ayırma ve tarama işlemleri yapılmaktadır. Bu işlemler; liflerin bazılarının çalışıcı tarafından alınması, bazılarının da tambur üzerinde kalmasıyla gerçekleştirilmektedir. Çalışıcı silindirlerin dişleri tamburla etkileşimleriyle dolduğundan dolayı, yolucu silindir tarafından çalışıcı üzerindeki lifler alınmakta ve tambura iletilmektedir. Tambur üzerinde genellikle birden fazla çalışıcı-yolucu silindir çifti bulunmaktadır. Tambur üzerindeki lifler tüm çalışıcı-yolucu silindir tarafından işlenmektedir. Bu sayede daha etkili bir karıştırma ve paralelleştirme sağlanmaktadır. Açılmış, temizlenmiş, paralel hale getirilmiş ve karıştırılmış lifleri tambur üzerinden alarak sonsuz tülbent oluşturmak Dofferin görevidir. Bazı makinelerde birden fazla doffer bulunabilmektedir, bu tür makinelerde iki farklı tülbent oluşturulabilmektedir. Doffer çapı, diş yapısı ve doffer hızları oluşturulan katmanların gramajlarının farklı biçimde ayarlanmasını sağlamaktadır. Bazı durumlarda oluşturulan bu iki katman birleştirilerek düzgünsüzlükler giderilebilmektedir.

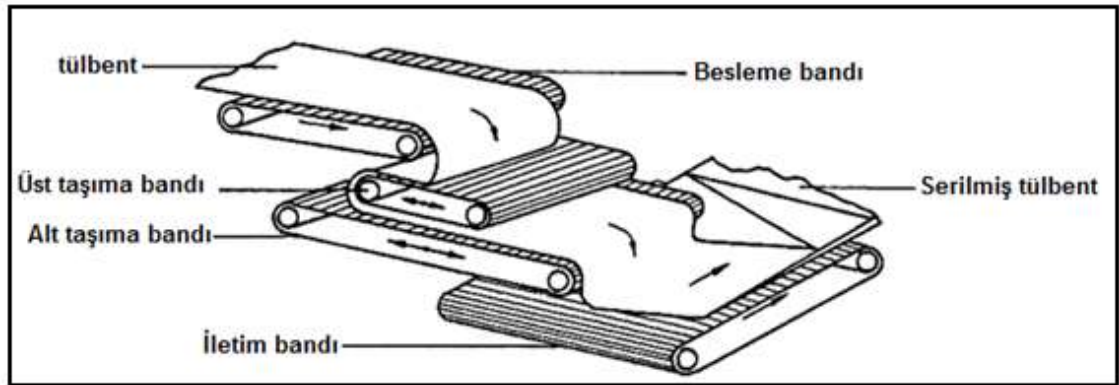
Tarakta bulunan diğer silindirler ise liflerin beslenmesinde, yönlendirilmesinde ve taşınmasında gerekli olan yardımcı silindirlerdir. Bazı taraklarda birden fazla tambur bulunabilmektedir. Bu tamburların etrafında farklı sayılarda çalışıcı yolucu silindir çifti, birden fazla doffer silindiri bulunabilmektedir [1,2,6].

Tarak çıkışında randomizer silindirleri bulunmuyorsa, lifler tülbent düzlemine paralel olacak şekilde yerleşmektedir. Bu durumda homojenliği ve düzgünlüğü sağlamak adına daha ince tülbentler oluşturulmakta ve istenen gramaj ile düzgünlüğü elde etmek lifleri yönlendirerek izotropik bir yapı elde etmek amacıyla; tülbentler tarak çıkışında katlama işlemine tabi tutulmalıdır. Tülbent katlama işlemi;

- Paralel Serme
- Çapraz Serme
- Dikey Serme

olmak üzere üç farklı biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Çalışmada temizlik bezi üretimi sırasında çapraz serim yapılmıştır.

Çapraz serme işleminde; taraktan gelen tülbent bir takım taşıyıcı bantların besleme yönüne dik olarak ileri-geri hareket etmesiyle taşıyıcı bant üzerine serilmektedir (Şekil 1.4). Böylece, tülbentteki lifler enine yönde yönlendirilmekte ve izotropik yapı sağlanmaktadır. Bu sistemle 4-15 kat tülbent serilebiliyor olup, 50-1500 g/m² gramaja sahip dokusuz yüzeyler oluşturulabilmektedir. Bu yöntemle; yapının eni ayarlanmakta, yapının gramajı ayarlanmakta ve izotropiklik elde edilmektedir.



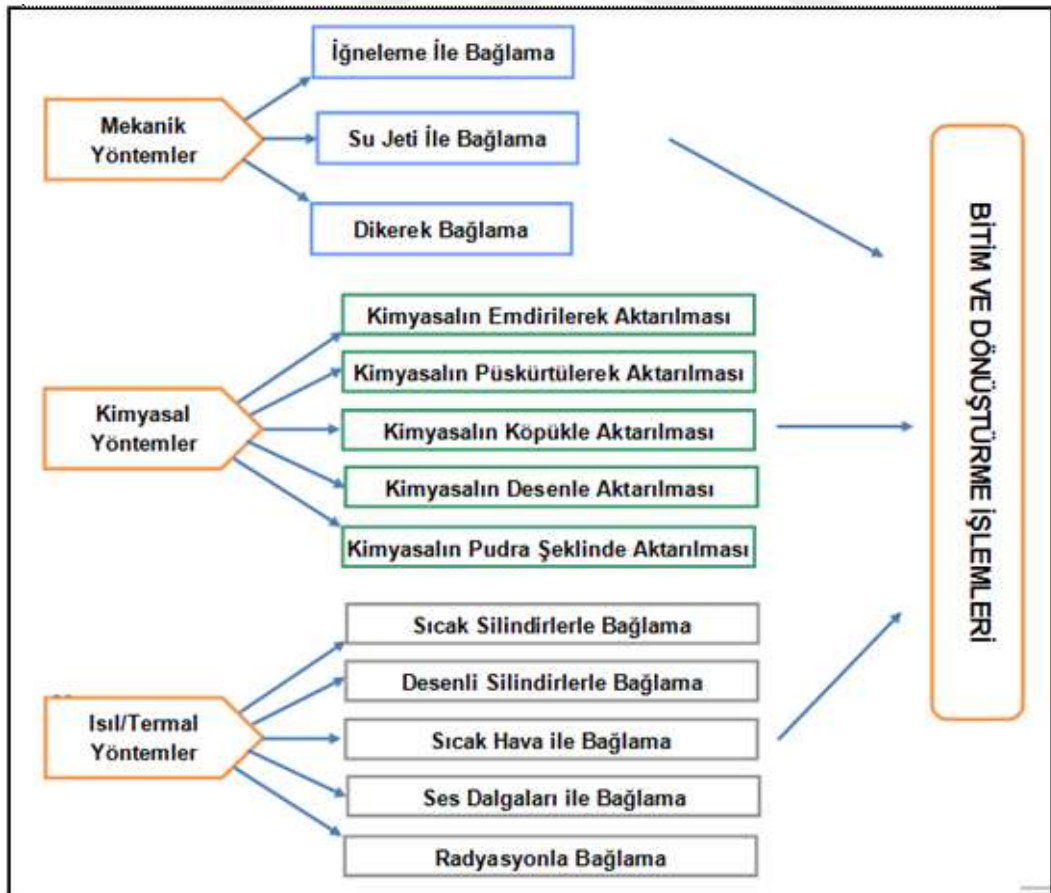
Şekil 1.4. Çapraz serme [7]

Tülbent Bağlama

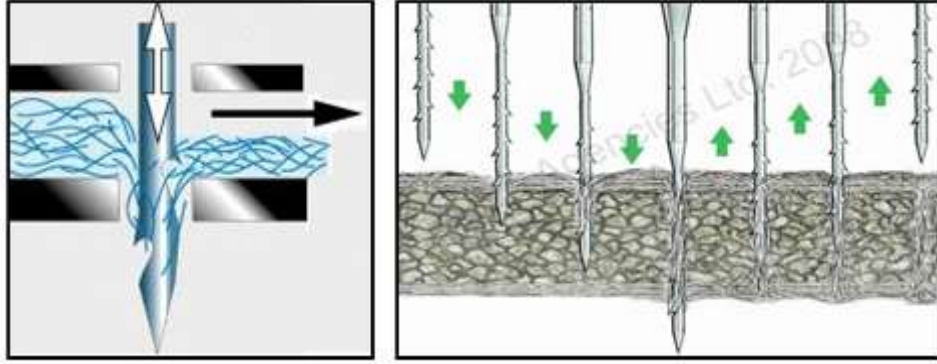
Serme yöntemleriyle oluşturulan tülbentler; çeşitli bağlama yöntemleri kullanılarak sağlanabilmektedir. Bu bağlama yöntemlerinde; liflerin birbirine dolaştırılarak bağ kurması, ısı ve çeşitli kimyasalların etkisi ile birbirine tutunması sağlanabilmektedir. Şekil 1.5'te farklı bağlama metotları topluca görülmektedir. Çalışmada; temizlik bezlerinin üretimi sırasında iğneleme yöntemi kullanıldığı için burada iğneleme yöntemi kısaca özetlenecektir.

İğneleme ile Bağlama

İğneleme ile bağlama en yaygın kullanılan bağlama yöntemi olup; iğne plakasına yerleştirilmiş üzerinde çentikler bulunan iğneler hareket halindeki tülbende dikine yönde uygulanmaktadır. Yatay yönde tülbent düzleminde bulunan lifler, iğnelerin çentikleri yardımıyla tutulmakta dikey düzleme yerleştirilmektedir. Bu sayede dikey konuma yerleştirilen lifler yatay konumda bulunan lifleri bir arada tutacak biçime getirilmektedir. (Şekil 1.18)

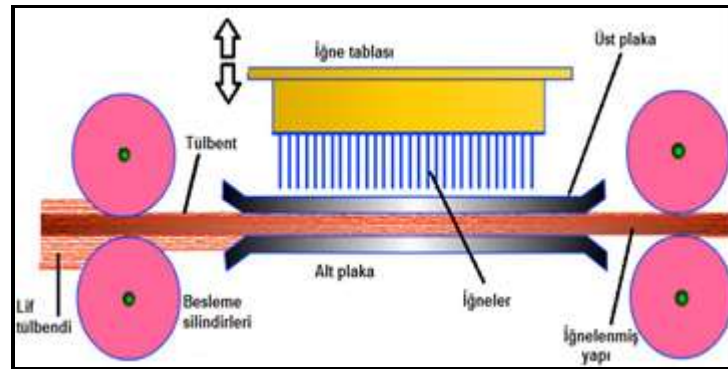


Şekil 1.5. Doku bağlama metotları [1,8]



Şekil 1.6. İğneleme ile bağlama yöntemi [9,10]

Standart bir iğneleme tezgâhında; iğne tablası/plakası, üst plaka, çentikli iğneler, tülbent besleme ve doku sarma kısımları yer almaktadır. Şekil 1.7’de tipik bir iğneleme tezgâhı görülmektedir. İğne plakası/tablası (Şekil 1.8a), iğnelerin üzerine belirli bir düzende yerleştirildiği plakadır. Ayrı bir mil tarafından tahrik edilmektedir. Bu plakanın amacı; aşağı-yukarı doğru hareket ederek üzerinde taşıdığı iğnelerin dokuya batmasını ve dokunun bağlanmasını sağlamaktır. İğne plakasının büyüklüğünü; iğnelerin plakadaki yerleşim düzenini ve sıklığını; makine türü ve üretilecek ürünün sıklığı (yoğunluğu), gramajı etkilemektedir [1,2,4,6].



Şekil 1.7. Tipik bir iğneleme tezgâhı [11]

Alt plakanın destekleme görevi yapması ve üst plakanın sıyırma görevi yapmasıyla, plakalar arasından tülbent beslenmesi gerçekleştirilmektedir (Şekil 1.8b). İğneleme sırasında tülbende uygulanacak basınca bağlı olarak; alt plaka ve üst plaka arasındaki boşlukla beslenen tülbent kalınlığı ayarlanmaktadır. Alt plaka, tülbendin alt kısmında yer almakta ve iğnenin tülbende battığı durumda tülbendi desteklemektedir. Üst plaka ise; iğnelerin yukarı hareketi sırasında tülbendi tutarak iğnelerin tülbentten çıkmasını

sağlamaktadır. Her iki plaka üzerinde iğnelerin geçişinin yapılacağı, karşılıklı delikler bulunmaktadır.



(a) İğne Plakası



(b) Alt ve Üst Plaka Yerleşimi

Şekil 1.8. İğneleme tezgâhı elemanları [12]

İğneleme tablası üzerinde bulunan iğneler, özel iğnelerdir. Belirli uzunluk ve kalınlıkta, üzerlerinde çeşitli sayılarda ve biçimlerde çentikler bulunmaktadır. İğne seçimini etkileyen faktörler; kullanılan hammadde özellikleri, oluşturulan tülbendin gramajı ve kalınlığı, son üründen beklenen özelliklerdir.

İğnelerin bireysel yapısal özellikleri dışında; iğneleme işlemi sırasında son ürün özelliklerine etki eden diğer parametreler;

- İğnelerin iğne tablasına yerleşim düzeni,
- İğne genlik (strok) uzunluğu,
- İğneleme derinliği,
- İğneleme yoğunluğu,
- İğnelemenin yönüdür.

İğne genliği (stroku); iğneler üst ölü nokta ve alt ölü noktada durduklarında iğne uçları arasındaki mesafedir. Başka bir deyimle iğnelerin hareket ettikleri uzunluk miktarıdır. İğne tablasının hızı iğnelerin dakikada kat ettiği genlik sayısı ile ifade edilmektedir (500 strok/dk gibi). Strok uzunluğu ne kadar fazla ise, iğneler o kadar yavaş hareket etmekte ve üretim hızı düşmektedir. İğneleme derinliği; alt destek plakasının üst noktası ile iğnenin alt ölü noktası arasındaki mesafeyi tanımlamaktadır. İğne tablasının hareket

genliği sabit olduğu için; iğneleme derinliği alt destek plakasının aşağı-yukarı hareket ettirilmesi ile ayarlanmaktadır. Tülbentle etkileşime giren çentik sayısını ve dolayısıyla liflerin bağ kurma düzeyini belirlediğinden dolayı bu faktör önemlidir. İğnelerin yoğunluğu; birim alandaki iğne batış sayısıdır (batış/cm² ya da batış/m²). İğneleme yoğunluğundaki artışa bağlı olarak yapı daha sıkılaşmakta, yoğunlaşmakta, enden ve boydan boyutlarda azalma ve kalınlıkta azalma gözlemlenmektedir. Ayrıca; yapının gramajı; mukavemeti artarken, gözenek büyüklüğündeki azalma ile geçirgenlik özellikleri de azalmaktadır.

Doku serme kısmından gelen tülbentler oldukça mukavemetsizdir. Bu yapıdaki tülbentlerin yoğun sıklıktaki iğneleme etkisiyle yüksek hızda maruz kalması lif kırılmalarına, iğne izlerine, iğne kırılmalarına neden olabilmektedir. Bu nedenle bazı ürünlerde ön iğneleme işleмиyle; daha az sıklıktaki iğnelerle daha az iğneleme yoğunluğunda işlem yapılarak, daha sonra esas iğnelemeye geçilmektedir.

Tülbentler ön iğneleme ile hafif biçimde bağlandıktan sonra, iğneleme sıklığı 1500-20000 iğne/m arasında iğne içeren tablalarda iğneleme işleми ile nihai ürün haline dönüştürölmektedir. Esas iğneleme; ön iğnelemeyi takiben yerleştirilmiş iğneleme tezgâhları ile tülbentin tek yönünden ya da çift yönünden uygulanabilmektedir. Farklı dizilimde iğne tablasına sahip iğneleme hatları kullanmak, üretilmesi planlanan üründen beklenen özellikler ve kullanılan hammadde türüne göre belirlenmektedir.

Temizlik bezi üretiminde; tülbent oluşumu sırasında karışıma düşük sıcaklıkta erime özelliği bulunan bikomponent lifler düşük oranda eklenmekte, iğneleme sonrası uygulanan ısı ile bağlama işleмиyle bu liflerin eritilip yapıyı sağlamlaştırması sağlanmaktadır [13,14]. Aynı zamanda, bu liflerin diğer lifleri bağlamasıyla temizlik sırasında ürünün tüy bırakması engellenmektedir. Çalışmada; temizlik bezlerine nanopartiköl uygulama sonrası kurutma ve fikse işlemleri uygulandığı için dokusuz yüzey üretimi sırasında ısıl işlem uygulanmamıştır.

1.1.2. Tekstil Ürünlerinde Antibakteriyellik

1.1.2.1. Mikroorganizmalar ve Tekstil Ürünlerine Etkileri

Mikroorganizma gözle görülemeyecek kadar küçük canlılara verilen genel isim olup; bunları bakteriler, mantarlar, virüsler ve algler olmak üzere dört sınıf altında toplamak mümkündür. Bu canlılar uygun nem, besin, sıcaklık gibi temel koşullar oluştuğunda hızlı bir şekilde üremektedir.

Bu canlılardan bakteriler büyüklükleri 0,1µm –10µm arasında değişen tek hücreli prokaryotik mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu canlılar; şekillerine, boyanmalarına, beslenmelerine veya solunum yapılarına göre farklı sınıflara ayrılabilir. En yaygın sınıflandırma yöntemi; bakterilerin boyanmalarına göre yapılan sınıflandırmadır. Bu yöntemle göre bakteriler Gram pozitif ve Gram negatif bakteriler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Gram pozitif bakteriler; Gram boyası ile boyandığında mavi-mor renk veren bakterilerdir. Gram negatif bakteriler ise Gram boyası uygulandığında pembe-kırmızı renk vermektedir. Bu iki tür arasındaki bu farklılık; Gram pozitif bakterilerin hücre çeperlerinin daha kalın ve çok katmanlı olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda hücre çeperinden geçiş yapamayan alkol ve aseton, kristal viyoletiliyot (Gram boyası) bileşiğinin aynen korunmasını sağlamakta ve hücre mor renkte görünmektedir. Gram negatif bakteride ise hücre zarı daha ince olduğundan, alkol ve aseton kolayca hücreye nüfuz ederek kristal viyoletiliyot bileşiğini çözüp uzaklaştırmakta, safranini hücre içerisine girerek hücreyi pembe renge boyamaktadır. Bunun yanında Gram negatif bakterilerde dış zarda ikinci bir zar bulunmaktadır ve hücre duvarları onları enzimatik harabiyete karşı doğal olarak dirençli kılan özel bir yapıya sahiptir. Bazı gram pozitif ve negatif bakteri türleri Tablo 1.1’de görülmektedir. Bu bakterilerden *Escherichia Coli* ve *Staphylococcus Aureus* tekstil alanında bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada da antibakteriyel aktivite bu bakterilere karşı gerçekleştirildiği için bu bakteriler ile ilgili kısa bilgi aşağıda verilmektedir [15-19].

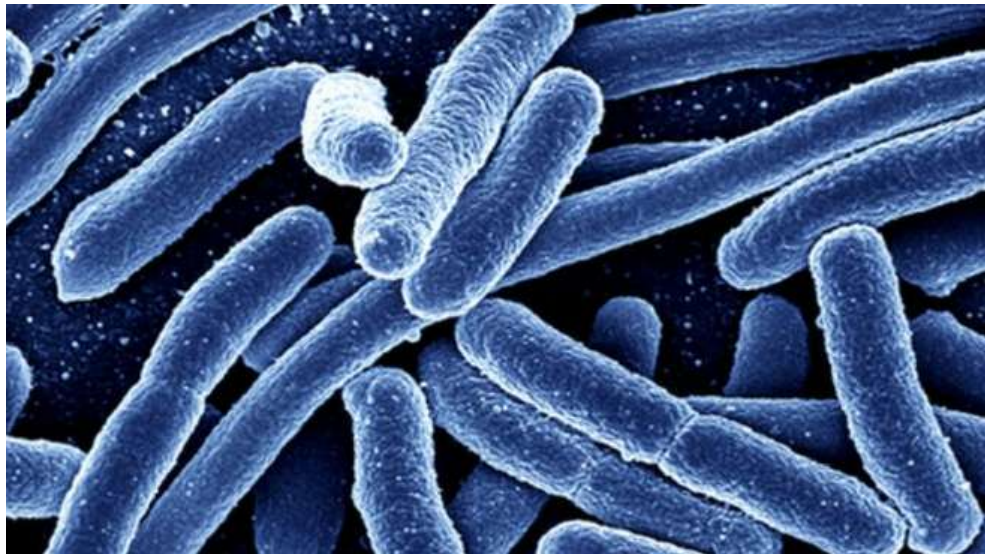
Tablo 1.1. Yaygın olarak görülen bakteri türleri

Bakteriler	Gram Pozitif	Gram Negatif
	S. Aureus	E. Coli
	S. Epidermidis	K. Pneumonie
	Corynebacterium	P. Vulgaris
	Diphtheroids	Vibrio Cholerae

Escherichia coli

Escherichia coli ilk kez 1885 yılında bir çocuğun dışkılarından izole edilmiş ve önce *Bacterium colicommune* olarak, daha sonra *Escherichia coli* (koli basili) olarak adlandırılmıştır. Bugün üzerinde en çok çalışılan ve genetik yapısı en iyi bilinen bakteri türüdür. İnsan ve sıcakkanlı hayvanların bağırsak kanalının normal florasında bulunmasına rağmen, farklı canlıya geçiş yaptığında başta ishaller hastalıklar olmakla beraber idrar yolu enfeksiyonları, menenjit, peritonit, mastit, sepsis gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır.

Bakteri çubuk şeklinde olup, boyutları 1-2 µm uzunluğunda ve 0.1-0.5 µm çapındadır. Gram negatif özellik göstermektedirler. Genellikle etraflarında bulunan kirpikleri aracılığıyla hareketli olmakla beraber, hareketlerinin yavaşlığından kaynaklı olarak hareketsiz görünebilmektedirler. Bakteriyolojik boyalarla kolay boyanırlar. Şekil 1.9'da bu bakteriye ait morfolojik görüntü verilmektedir [20].

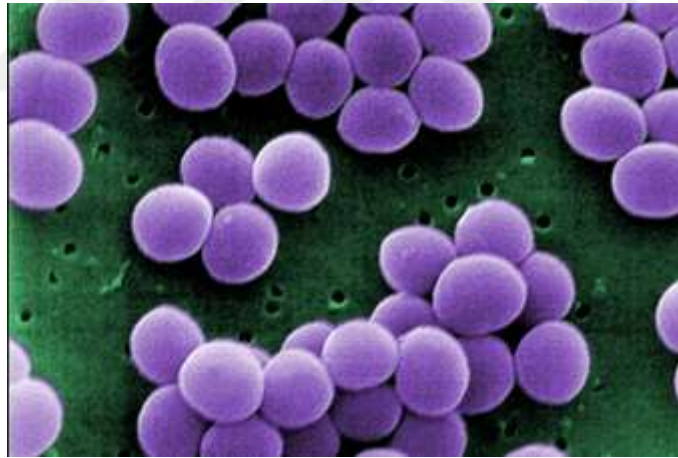


Şekil 1.9. E.Coli Bakterilerinin Morfolojik Görünümü [21]

Staphylococcus Aureus

Bu tür bakteriler Micrococcaceae familyasında yer alan 0,5-1,5 µm çapında, düzensiz üzüm salkımına benzer kümeler, bazen dördü, ikişerli kok ya da tek tek koklar şeklinde görülen gram pozitif bakterilerdir. Hareketsiz ve sporsuzdurlar, Genellikle katalaz olumlu olup çoğunluğu %10 NaCl'li ortamda ve 18-45°C arasında üreyebilirler. Besi yeri üzerindeki koloni rengi genellikle krem rengi ile altın sarısı arasındadır.

Stafilokoklar gerek insanlarda gerekse pek çok hayvan türünde deride ve mukozalarda kolonize olarak bulunmakta, kalıcı veya geçici olarak normal floranın bir parçası olabilmektedirler. Gram pozitif koklar arasında insanda en çok hastalık oluşturan cins stafilokoklardır. Staphylococcus aureus (S.Aureus) insanlarda menenjit, septisemi, sivilce, apse, cerahat toplama, çiban gibi yara iltihaplarına ve önemli ölçüde gıda zehirlenmelerine neden olan, virülansı yüksek bir patojendir. Şekil 1.10'da S.Aureus bakterisinin morfolojik görüntüsü görülmektedir [15,16,17].



Şekil 1.10. Aureus Bakterilerinin Morfolojik Görünümü [22]

Bahsedilen mikroorganizmalar, solunan hava dahil temas edilen bütün yüzeylerde bulunabilmektedir. Beslenme kaynağı (organik malzemeler; C, O, N, S), yeterli sıcaklık ve yeterli nem oranı gibi uygun şartlar sağlandığında bu organizmalar üreyerek hızla çoğalmaktadırlar. Tekstil yüzeyleri ve özellikle doğal elyaf çeşitleri, besin kaynağı olma özellikleri, geniş yüzey alanları, lifler arasındaki uygun yerleşim alanları ve nem tutma kapasiteleri gibi özellikleri sayesinde mikroorganizmalar için son derece uygun yaşam ortamlarıdır. Tekstil yüzeylerinde mikroorganizmaların üremesi, hem kullanıcıda hem de üründe istenmeyen etkilere neden olmaktadır. Bu ürünler insan vücudu ile sürekli

temas halinde olduğundan bakterilerin vücuda transferi kolay olabilmektedir. Transfer edilen patojenik (hastalık yapıcı) bakteriler; alerji, çeşitli hastalık ve enfeksiyonlar gibi sağlık problemlerine ve bu problemlerin yayılması sebebiyet vermektedir [23,24].

Sağlık problemlerinin yanında; tekstil ürünlerinde bakteri üremesi ve çoğalması tekstil ürünlerinin özelliklerini de etkilemektedir. Üretimde boyama, baskı ve bitim işlemleri sırasında viskozitenin düşmesine, fermantasyon ve küf oluşumuna sebep olarak üretim proseslerine olumsuz etki etmektedirler. Kullanım sırasında ürünler temizlenmelerine rağmen giderilemeyen koku problemleri ortaya çıkabilmektedir. Bakteriler, insan terini, karboksilik asit, aldehit ve aminler gibi bazı kötükokulu maddelere dönüştürmektedirler. Kokunun şiddeti küf kokusundan şiddetli amonyak kokusuna kadar değişmektedir. Ayrıca; tekstil mamullerine uygulanan kimyasal maddelere etki ederek, mamulün renginin bozulmasına, lekeler oluşmasına neden olabilmektedir. Bazı durumlarda; elyafın zarar görmesiyle, mukavemet, elastikiyet gibi fonksiyonel özelliklerde kayba sebebiyet vermektedir. Bu durum tekstil ürününün hijyenik ve estetik bakımlardan kullanılamaz hale gelmesine neden olabilmektedir.

Tekstil ürünlerinde bakteri üremesinin bütün bu olumsuz etkilerini engellemek için son yıllarda antibakteriyel özellik sağlanmış tekstil ürünleri geliştirilmiştir. Bu özellik, antibakteriyel özellikte maddelerin tekstil ürünlerine tatbik edilmesiyle sağlanmakta, bakterilerin yaşamsal faaliyetleri olumsuz biçimde etkilenmektedir. Bebek giysileri, çorap, iç çamaşırı, spor giysileri, askeri uniformalar, tıbbi giysiler ve örtüler, ev tekstilleri, temizlik bezleri, filtre ve çeşitli hijyenik ürünlerde bu tür ürünler önemli ölçüde yer bulmaktadır [17,19,25].

1.1.2.2. Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Antibakteriyel Maddeler

Antibakteriyel madde, bakterilerin üremelerini önleyen veya bakterileri öldüren madde olarak tanımlanabilmektedir. Mikroorganizmalara olan etkilerine göre bakterisid ya da bakteriostatik antibakteriyel maddeler olmak üzere iki başlık altında düşünülebilmektedirler. Bunlardan bakterileri öldürerek etki edenler bakterisid ismini almakta olup, aktif kloritler (hipokloritler), aktif oksijenler (peroksitler), iyot içeren malzemeler, yoğun alkoller (ethanol), fenol bileşenleri (triklosan, triklorfenol), katyonik yüzey aktif maddeler, metal tuzları (gümüş nitrat), güçlü asitler (H_3PO_4 , HNO_3 , H_2SO_4) bakterisid maddeler olarak bilinmektedir. Bakterilerin üremesini durdurarak önleyici

etki eden maddelere ise bakteriyostatik antibakteriyel maddeler denilmekte, tetrasiklon ve sülfonamid gibi gruplar içeren kimyasallar bu gruba girmektedir.

Bu sınıflandırmanın yanı sıra; antibakteriyel tekstiller bakterilerle etkileşim mekanizmalarına göre de temasla etki gösteren ve difüzyonla etki gösteren olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Temasla etki gösteren antibakteriyel maddeler, buldukları tekstil yüzeylerine mikroorganizmalar temas ettiği zaman etkin hale geçerek mikroorganizmaları etkisiz hale getirmektedir. Temasla etkin hale geçen antibakteriyel maddeler daha dayanıklı, daha kalıcı ve insan sağlığı açısından daha güvenlidir. Difüzyonla etki gösteren antibakteriyel maddeler, buldukları tekstil yüzeylerinden nemli dış ortama dağılarak mikroorganizmalara ulaşip onları etkisiz hale getirmektedir. Bu tip antibakteriyel maddelerin dayanımları düşüktür ve genellikle organik esaslı oldukları için kontrolsüz olarak dağıldıklarında kullanıcılarda sağlık problemlerine sebep olmaktadır. Antibakteriyel maddelerin mikroorganizmaları öldürme ya da durdurma özelliklerinin yanı sıra sahip olması gerek özellikler aşağıda sıralanmaktadır:

- Üreticiler, kullanıcılar ve çevreye karşı zararlı etkileri olmamalıdır.
- Uygulaması kolay olmalı, kumaş özelliklerini ve haslıklarını olumsuz etkilememelidir.
- Yıkamaya, kuru temizlemeye, sıcak pres işlemlerine karşı dayanıklı olmalıdır.
- Sterilizasyona dayanıklı olmalıdır [18].

Tablo 1.2'de antibakteriyel özellik gösteren ve tekstilde kullanılacak maddeler görülmektedir.

Tablo 1.2. Tekstil endüstrisinde kullanılan antibakteriyel maddeler

Organik Bileşikler	Metaller	Anorganik Bileşikler
Triclosan (Halojenlenmiş Difenil Eterler) KuaternerAmonyum Bileşikleri Polihegzametilenguanid (PHMB) N Halanmin Kitosan MDMH (monometilol-5,5-dimetilhidantoin) AMS (trimetoksipropilidimetiloktadesil amonyum klorid)	Gümüş Çinko Bakır	Zeolitler NaAl-Silikat

Tekstil alanında da antibakteriyel olarak geniş bir kullanım alanına sahip olan ***Triklosan***; suda çözünürlüğü çok düşük olduğu için, sulu aplikasyonlarda dispergatör ya da binder kullanılması zorunludur. Mikroorganizmalara temas ederek etki etmekte,, bakterilerin yağ asidi sentezinde önemli rol oynayan ENR adlı enzimi bloke etmektedir. İnsanlarda ENR enzimi bulunmadığından, kullanımında zarar yoktur. Yağ asitlerinin yokluğunda hücre zarı yapımı ve yenilenmesi mümkün olmayacağından bakteri ölümüne neden olmaktadır. Bir bakıma bakterilerin hücre duvarını delip hücre bütünlüğünü bozarak onları etkisiz hale getirmektedir.

Kuarterner amonyum bileşikleri, hem Gram negatif hem de Gram pozitif bakterilere etki eden geniş spektrumlu antimikrobiyal maddelerdir. Kuarterner amonyum bileşikleri suda kolayca çözündükleri ve uygulandıkları tekstil yüzeyleri ile kimyasal bağ yapacak fonksiyonel grupları olmadığı için tekstil yüzeylerinden çok yüksek oranda difüzlenmektedir. Bu yüzden tekstil malzemeleri üzerindeki kalıcılıkları ve yıkama dayanımları yeterli düzeyde olmamaktadır. Yapısında bulunan katyonik amonyum grupları ile mikroorganizmaların negatif yüklü hücre zarları arasındaki çekimle ile mikroorganizmalar bir kompleks oluşmaktadır. Bu durum sonucunda kuarterner amonyum bileşikleri hücre zarının yaşamsal işlevlerini yerine getirmesini engellemekte ve hücre içindeki protein etkinliklerini durdurmaktadır. Ayrıca kuarterner amonyum bileşikleri, bakterilerin DNA yapılarına etki ederek bakterilerin çoğalmasını engellemektedir [15,26].

Uygulandıkları tekstil malzemelerine kalıcı bitim sağlayan ***polihekzametilen biguanid (PHMB)***; kuvvetli antibakteriyel etkinliği ve düşük toksin özelliğinden dolayı tekstil sektöründe de bitim işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. PHMB bileşikleri, polikasyonik özellikleri sayesinde mikroorganizmaların hücre çeperlerindeki anyonik özellikteki fosfolipitlere bağlanarak hücre zarının geçirgenliğini artırmakta ve hücre zarına zarar vererek bakterileri öldürmektedir [15,18,27].

Nitrojen ile halojen arasında 1 veya 2 kovalent bağ bulunduran organik bileşikler olan ***N-halaminler*** selüloz, poliamid, poliester lifleri başta olmak üzere çeşitli tekstil yüzeylerinde yaygın olarak kullanılan geniş spektrumlu antibakteriyel maddelerdir. Bu maddeler; sulu ortamda tepkimeye girip ortama iyonu salmakta, bu iyonlar

mikroorganizmaların yapısında bulunan alıcılara bağlanarak mikroorganizmaların enzimatik ve metabolik süreçlerine engel olmaktadır [28,29].

Antimikrobiyal etkinliğinin yanında zehirli olmaması, biyolojik olarak uyumlu ve biyobozunur özellikte olması gibi avantajlara sahip olan **Kitosan**, deniz kabuklularından elde edilen doğal bir polisakkarit olan kitinin deasetilasyon ile üretilen bir türevidir. Yapılarında bulunan pozitif yüklü amino grupları negatif yüklü bakteri yüzeylerine bağlanarak bakteri hücre zarının bütünlüğünü bozarak hücre geçirgenliğini artırmaktadır ve bakteriyi etkisiz hale gelmektedir. Ayrıca kitosan mikroorganizmaların DNA'sına etki ederek hücrenin protein sentezini engellemektedir [15,28,30].

Bakterilerin hücre zarını delerek etki gösteren **MDMH (monometilol-5,5-dimetilhidantoin)** kumaşla kovalent bağ yapmakta ve hem gram pozitif hem de gram negatif bakteriler üzerinde etkili olmaktadır. Yüksek miktarlarda kullanımında yüksek ısı ile temas sonucu (örneğin ütude) içerdiği kloraminler nedeniyle sararma ve oksiselüloz oluşumu nedeniyle lifte hasar ile mukavemet kaybı gözlemlenebilmektedir [18].

QAS ve aloksilanın kombinasyonu olan **AMS; trimetoksipropilidimetiloktadesil amonyum klorid'** antibakteriyel etki gösteren diğer bir maddedir. Ayrıca istenmeyen kokuları maskeleyici özelliğe sahiptir. Gram pozitif bakteriler karşısında oldukça etkili iken; gram negatif bakteriler karşısında aynı etkiyi gösterebilmesi için konsantrasyonunun 10 kat artırılması gerekmektedir. Bileşiğin silanol kısmı ise kumaş yüzeyi ile kovalent bağ oluşturulmakta, QAS bileşeni mikroorganizmanın hücre zarını bozmaktadır [18].

Gümüş (Ag), Çinko (Zn), Bakır (Cu), Kadmiyum gibi **metal** ve titanyum dioksit (TiO₂), çinko oksit (ZnO) ve Bakır dioksit (CuO₂) gibi **metal oksitler** yeni nesil bakteriositlerin başında gelmektedir. Bu maddelerin nano parçacık boyutunda kullanımıyla spesifik yüzey alanları artmaktadır. Spesifik yüzey alanı artan taneciklerin mikroorganizmalarla temas yüzeyleri arttığı için antimikrobiyal etkinlikleri artmaktadır.

Gümüş bileşikleri ve nano tanecikleri toksik olmama özellikleri bakımından yaygınca kullanılmaktadır. Bu maddelerin antimikrobiyal etkinliğinin, oluşturdukları Ag⁺ iyonlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ag⁺ iyonları ile negatif yüklü bakteri hücresi arasında oluşan elektriksel çekim sonucunda Ag⁺ iyonlarının hücre duvarına

yaklaşık, hücre duvarı üzerinde delikler açtığı ve bu delikler sonucu hücre geçirgenliğinin kontrolsüz olarak artmasına bağlı olarak bakterilerin öldüğü düşünülmektedir. Bunun yanı sıra son yıllarda yapılan çalışmalar; gümüşün hücrel enzimlere ve DNA'ya etki ederek bunları etkisiz hale getirdiğini göstermiştir. Ag⁺ iyonlarının, mikroorganizmalardaki enzimlerin ve DNA'ların yapılarında bulunan tioller, karboksilatlar, amidler ve imidazoller gibi elektron taşıyan bileşiklere bağlanarak enzimatik aktivitenin devamlı azalmasına yol açmaktadır. Mikroorganizma metabolizmasının değişmesiyle etkisiz hale gelmektedir.

Bakır bileşikleri ve nano parçacıkları da gümüştekinine benzer biçimde; bakterilerin DNA ve protein yapısını etkilemektedir. Bakır iyonu tarafından oluşturulan reaktif oksijen türleri hücre lipidinin ve proteinlerinin oksidasyonuna, DNA indirgenmesine neden olarak hücrenin biyokimyasal reaksiyonlarının durmasına sebebiyet vermekte ve bakteri hücresi ölmektedir [31].

Çinko oksit (ZnO) fotokatalitik, elektrik iletkenliği ve UV absorpsiyonu yüksek, antimikrobiyal etkinliğe sahip yaygınca kullanılan, biyolojik olarak uyumlu toksin olmayan güvenli antibakteriyel bir diğer metal bileşimidir. ZnO nanotaneceklerin antimikrobiyal etki mekanizmasının iki farklı biçimde olduğu belirlenmiştir. Bunlardan ilkinde göre; yüzey pürüzlüğü yüksek olan ZnO nanotaneceklerinin bakteri hücrelerinin zarını mekanik olarak bozduğu ileri sürülmektedir. İkinci mekanizmada ise; ZnO nano taneciklerin, UV ya da görünür ışığa maruz kaldığında elektron çiftleri yaydığı, bu elektron çiftlerinin etkisiyle çeşitli reaksiyonlar gerçekleştiği ve hidrojen peroksit üretildiği düşünülmektedir. Ortaya çıkan hidrojen peroksit bakteri ve mantar hücrelerine nüfuz ederek olanları öldürmektedir [28,32].

Sentetik ve doğal **zeolitler** simetrik olarak dizilmiş alüminyum ve silikat tetrahedralı hidratlanmış alüminyum silikat kristalleridir. Antibakteriyel özellik gösteren gümüş, bakır, çinko, kadminyum, civa, kalay, kurşun, bizmut, krom, talyum, bor gibi metal iyonlarının zeolit gibi inorganik iyon değiştiricilere yerleştirilmesi sonucu inorganik antibakteriyel maddeler elde edilebilmektedir. Zeolit burada inert bir taşıyıcı madde görevi görerek metal iyonlarının uzun bir zaman zarfında sürekli ve kontrollü olarak salınması sağlamaktadır. Organik antibakteriyel maddelerle karşılaştırıldığında inorganik antibakteriyel maddelerin avantajları içinde bulunan metal iyonun miktarına

bağlı olarak kullanım miktarının az olması, ısı kararlılığı yüksek olması, çözelti ve deterjanlara karşı direncinin yüksek olması, insan derisiyle teması halinde düşük toksik özelliğe sahip olmasıdır [18,32,33].

1.1.2.3. Tekstil Ürünlerine Antibakteriyel Özellik Kazandırılması

Antibakteriyel ürünler çeşitli endüstri alanlarında çok uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bu ürünlerin tekstil materyallerine uygulanması yakın zamanlarda gerçekleşmekte ve giderek önem kazanmaktadır. Tekstil malzemelerine antibakteriyel özellik kazandırılması üç farklı biçimde mümkün olmaktadır. Bunlardan birincisi, ürün içeriğinde yapısı itibariyle antibakteriyel özellikte lif kullanılmasıdır. Kitosan, kitin ve bambu lifleri bilinen ve yaygın olarak kullanılan kendi kimyasal yapılarından dolayı antibakteriyel özelliğe sahip olan liflerdir.

İkinci yol; tekstil malzemelerinin üretiminde kullanılan liflere lif çekimi esnasında antibakteriyel özellik kazandırılmasıdır. Antibakteriyel maddelerin lif içerisine yerleştirilmesi sentetik filamentlerde lif üretimi sırasında gerçekleştirilmektedir. Lif çekimi esnasında ajanlar polimer sıvısı içerisine karıştırılıp, lif çekimi sırasında lif kesiti içerisine yerleştirilmektedir. Bu tür uygulamalarda liflerin yıkanması, ıslatılması ve aşınmaya maruz kalması durumunda dahi antibakteriyel özellik devam etmektedir. Bu yöntemde kullanılacak antibakteriyel maddelerin polimer ile tepki vermemesi, yüksek sıcaklık ile çekim banyosundaki kimyasallara dayanıklı olması, liflere uygulanan bitim ile boyama işlemlerinden etkilenmemesi, lif özelliklerini olumsuz etkilememesi gibi özellikleri barındırması beklenmektedir. Yöntemin eriyikten lif çekimi metotlarında kullanıldığı gibi elektro lif çekim yönteminde de kullanılmasıyla nano boyutta antibakteriyel yüzeyler elde edilebilmektedir.

Antibakteriyel maddelerin lif yüzeyine yerleştirilmesi durumunda lif aşınmalarında antibakteriyel özellik kısmen ya da bütünüyle yok olabilmektedir. Ancak bu tür uygulama doğal ve yapay tüm elyaf türlerine uygulanabilmektedir.

Tekstil malzemelerine antibakteriyellik katmanın üçüncü yolu ise; bitim işlemleri ile söz konusu maddelerin lif, iplik, kumaş ya da son mamul tüm tekstil materyallerine tatbik edilmesidir. Antimikrobiyal bitim işlemleri sırasında apre banyoları içinde çözülmüş haldeki antimikrobiyal maddeler; daldırma, fularlama-kurutma, spreyleme

veya köpük yöntemlerinden biri kullanılarak tekstil mamullerine aktarılmaktadır. Ayrıca tekstil mamullerine yüzey kaplama metodu kullanılarak da antimikrobiyal özellik kazandırmak mümkündür. Antimikrobiyal bitim işlemleri yaygın olarak kullanılmalarına rağmen uzun vadede kalıcılıkları düşüktür. Bu işlemlerinin kalıcılığını artırmak için bağlayıcı ya da çapraz bağ yapıcı maddeler kullanmak, antimikrobiyal maddeleri lif matrisleri içine kapsüllemek, lif, iplik ya da kumaş yüzeyini kaplamak, liflerin kimyasal yapısını kovalent bağ oluşumuna olanak sağlayacak şekilde modifiye etmek gibi yöntemler geliştirilmiştir [15,18,28].

1.1.2.4. Tekstilde Uygulanan Antibakteriyel Testler

Tekstil ürünlerinin antibakteriyel etkinliğini ölçmek ve değerlendirmek için yaygınca kullanılan yöntemler Tablo 1.3'te verilmektedir. Bunların yanı sıra tekstil ürünlerine mantarların etkisini belirlemek için toprağa numunelerin belirli süre gömüldüğü ve ağırlık kayıpları ya da mukavemet kayıplarının ölçüldüğü gömme testi (DIN EN ISO 11721-1-2001 test standardı) ya da mantarların etkisi ile kumaş üzerinde meydana gelen kirlenme miktarı kalitatif (nitel) olarak inceleyen kirlenme testi (JIS Z 2911 test standardı) uygulanabilmektedir [15,19,34,35].

Tablo 1.3. Tekstilde kullanılan antibakteriyel test yöntemleri

Nicel Testler (Agar difüzyon testleri)	Nitel Testler (Sayma testleri)
AATCC 147-2016 Tekstil materyallerinin antibakteriyel etkinliğinin belirlenmesi: paralel hat metodu	AATCC 100-2012 Tekstil materyallerinde antibakteriyel bitim işlemlerinin etkisinin değerlendirilmesi
AATCC 90-2016 Tekstil materyallerinin antibakteriyel etkinliğinin belirlenmesi: Agar plakası	ASTM E2149-01 Dinamik temas koşulları altında tekstil materyallerinin antibakteriyel aktivitesinin tayini
JIS L 1902-1998 Tekstil ürünlerinin antibakteriyel etkinliğinin testi	BS EN ISO 20743:2007 Antibakteriyel bitim işlemi görmüş ürünlerin antibakteriyel etkinliğinin tayini

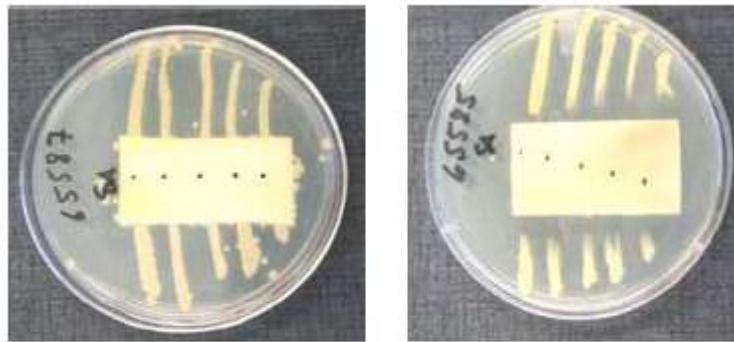
A) Agar Difüzyon Testi

Agar difüzyon testi uygulama kolaylığı, düşük maliyeti, hem mantar hem de bakterilerin test mikroorganizması olarak kullanılabilmesi, her çeşit tekstil mamulünün bu teste tabi tutulabilmesi dolayısıyla en çok tercih edilen test yöntemlerinden biridir. Fakat; antibakteriyel etkinlik nicel olarak belirlenmekte ve tatbik edilen antibakteriyel

maddenin bakterisid ya da bakteristat özellikte olup olmadığı tespit edilememektedir. Yaygın olarak paralel hat ve agar plakası yöntemleri ile iki farklı biçimde gerçekleştirilebilir.

i) AATCC 147-2016 Tekstil materyallerinin antibakteriyel etkinliğinin belirlenmesi: paralel çizgi metodu

Önceden hazırlanmış olan bakteri konsantrasyonlarından öze yardımıyla alınan bakteri çözültüsü ile agar üzerinde sabit aralıklarla beş paralel çizgi çizilmektedir. Daha sonra 25 mm X 50 mm ebadındaki test numunesi agar üzerine bu çizgilerle temas edecek şekilde yerleştirilmekte ve 37 °C sıcaklıkta 24 saat inkübe edilmektedir. İnkübasyondan sonra numuneler aynı şekilde test edilen kontrol numuneleri ile karşılaştırılarak antimikrobiyal etkinlikleri nitel olarak belirlenmektedir. Şekil 1.11'de bu yöntemle antibakteriyel etkinlik testinin uygulaması görülmektedir. Sağdaki resimde paralel bakteri çizgileri devamlılık göstermediğinden, bu numunede antibakteriyel etkinliğin var olduğu söylenebilmektedir.

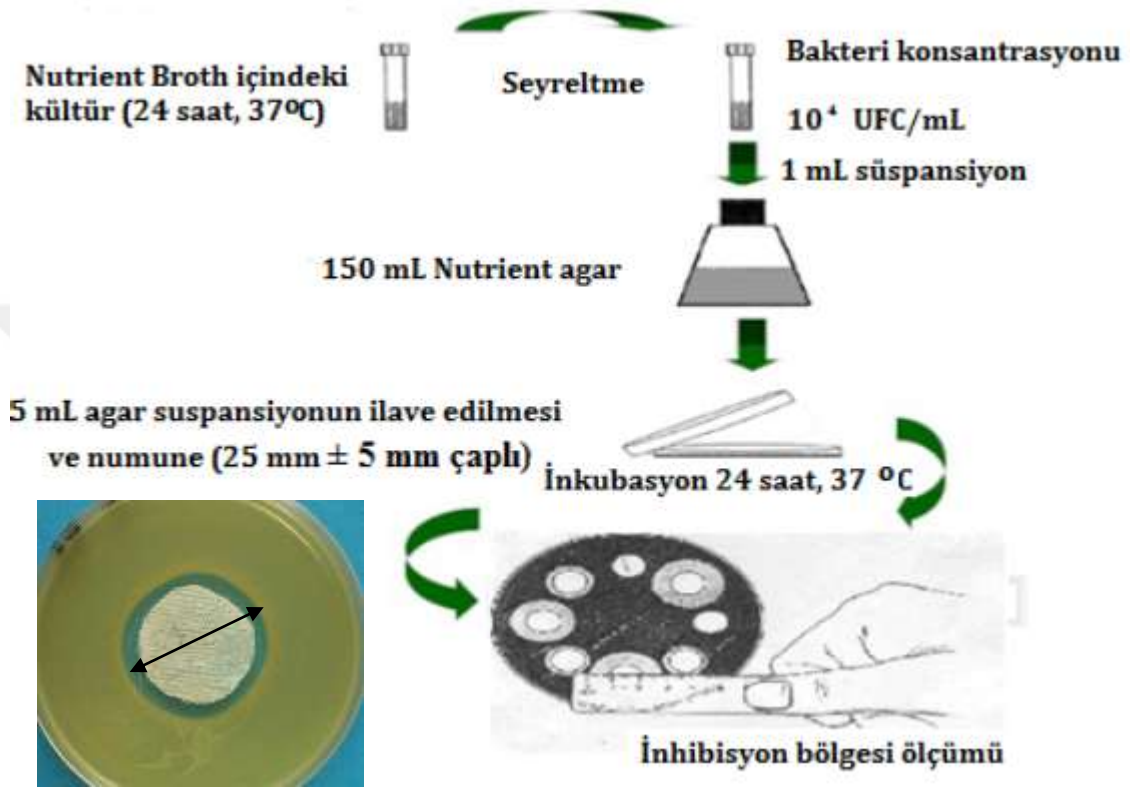


Şekil 1.11. AATCC 147-2016 test metodunun uygulanması [34]

ii) AATCC 90-2016 Tekstil Materyallerinin Antibakteriyel Etkinliğinin Belirlenmesi: Agar Plakası

Bu test yönteminde, besi yeri içine önceden hazırlanmış olan bakteri konsantrasyonları dökülmektedir. 25 mm çapındaki numuneler hazırlanıp, sterilize edilip agar tabağına yerleştirilmektedir. Bu agar tabağı 37°C'de 18-24 saat kuluçkaya (inkübasyona) bırakılmaktadır. Kuluçka evresinden sonra numunelerin etrafında görülen temiz önleme bölgesini oluşturan minimum antimikrobiyal madde konsantrasyonu (MIC)

belirlenmektedir. Diğer değerlendirme yönteminde ise; temiz önleme bölgesinin mm cinsinden çapı ölçülerek veya kontrol numunesi ile karşılaştırılarak numunelerin antimikrobiyal etkinliği tespit edilmektedir (Şekil 1.12) [15,19,35].



Şekil 1.12. AATCC 90-2016 test yönteminin uygulanması [34]

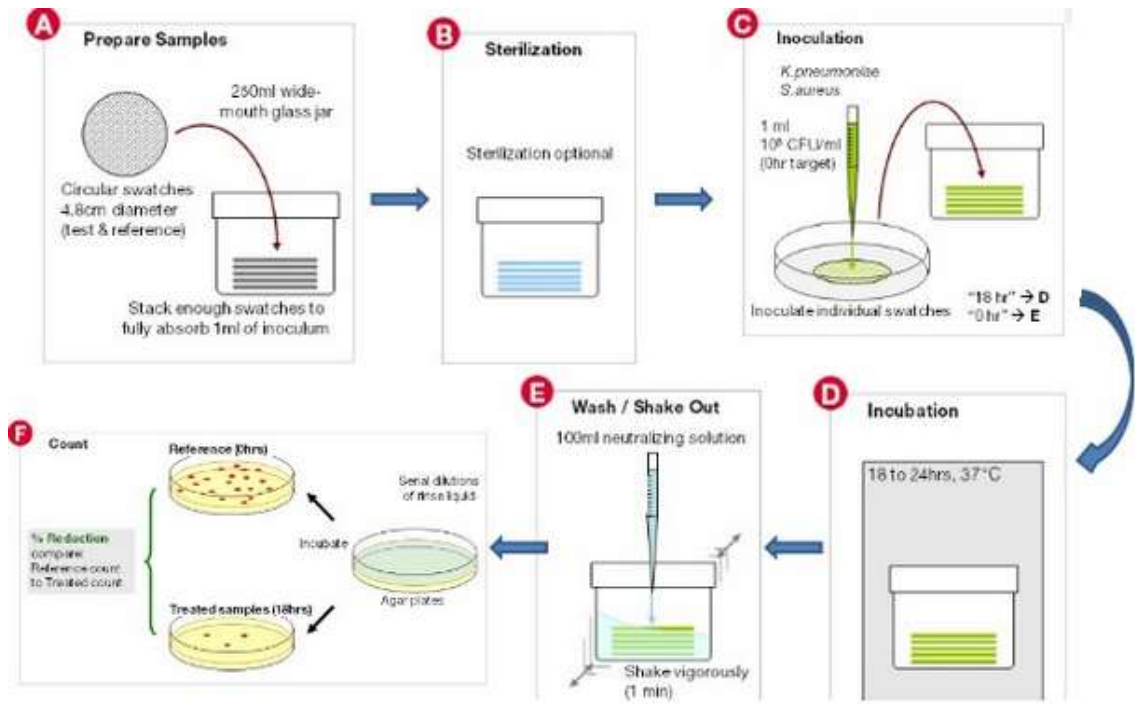
B) Sayma Testi

Antimikrobiyal bitim işlemi görmüş tekstil ürünlerinin antimikrobiyal etkinlik derecesini nicel olarak ölçmede yaygın olarak kullanılan bir diğer test metodu da sayma testidir. kullanılmaktadır. Biri kontrol grubu, diğeri test grubu olmak üzere hazırlanan test numunesine 10^4 - 10^6 CFU/ml (CFU : koloniyi oluşturan birim sayısı)'lik bakteri kültürü aşılanmaktadır. Belirli süredeki kuluçka evrelerinden sonra bakteri miktarlarındaki değişim değerlendirilmektedir. Test numunesinde kuluçka evrelerinden sonra bakteri miktarında belirgin bir azalma olması kullanılan antimikrobiyal maddenin bakterisid etkisi olduğunu gösterirken, bakteri miktarında belirgin bir artış ya da azalmanın olmaması bakteriyostatik etkisi olduğunu göstermektedir. Sayma yöntemleri ile agar difüzyon yöntemleri kıyaslandığında sayma yöntemlerinin uygulama zorluğu, yüksek maliyeti ve daha fazla süre gerektirmesi gibi dezavantajları olduğu

görülmektedir. Tekstil uygulamalarında en yaygın kullanılan sayma testleri AATCC 100 ve ASTM E2149 standartlarına göre uygulanan test metotlarıdır.

i) AATCC 100-2012 Tekstil materyallerinde antibakteriyel bitim işlemlerinin etkisinin değerlendirilmesi

Bu standartta test numunesi ile beraber, antimikrobiyal etkisinden emin olunan kontrol numunesi ve işlem görmemiş numune yaklaşık alanı 1cm^2 olacak şekilde kare olarak hazırlanmakta, 121°C sıcaklık ve 1,5 atm basınçta 15 dakika süre bekletilerek steril hale getirilmektedir. Bu test metodunda numuneler; vida kapaklı tüpler içinde 10^5 CFU/ml yoğunluğundaki bakteri çözeltilisinin 1 ml'si ile ıslatılmakta ve kumaş-organizma temas süresi deney planında belirlenen süre kadar devam ettirilmektedir. Vida kapaklı tüpten çıkarılan kumaş numunesi daha sonra nötralizasyon çözeltisi içine atılarak nötralize edilmektedir. Nötralizasyon çözeltisinden alınan sıvı belli konsantrasyonlara seyreltilerek katı besi yeri üzerine ekim yapılmakta, böylece bakteriler sayılabilecek hale getirilmektedir. Ekim yapılan tüm petripler 37°C 'de 48 saat etüvde bekletilmekte ve 48 saatin sonunda agarlarda bulunan mikroorganizmalar sayılmaktadır (Şekil 1.13).



Şekil 1.13. AATCC 100-2012 test yönteminin uygulanması [36]

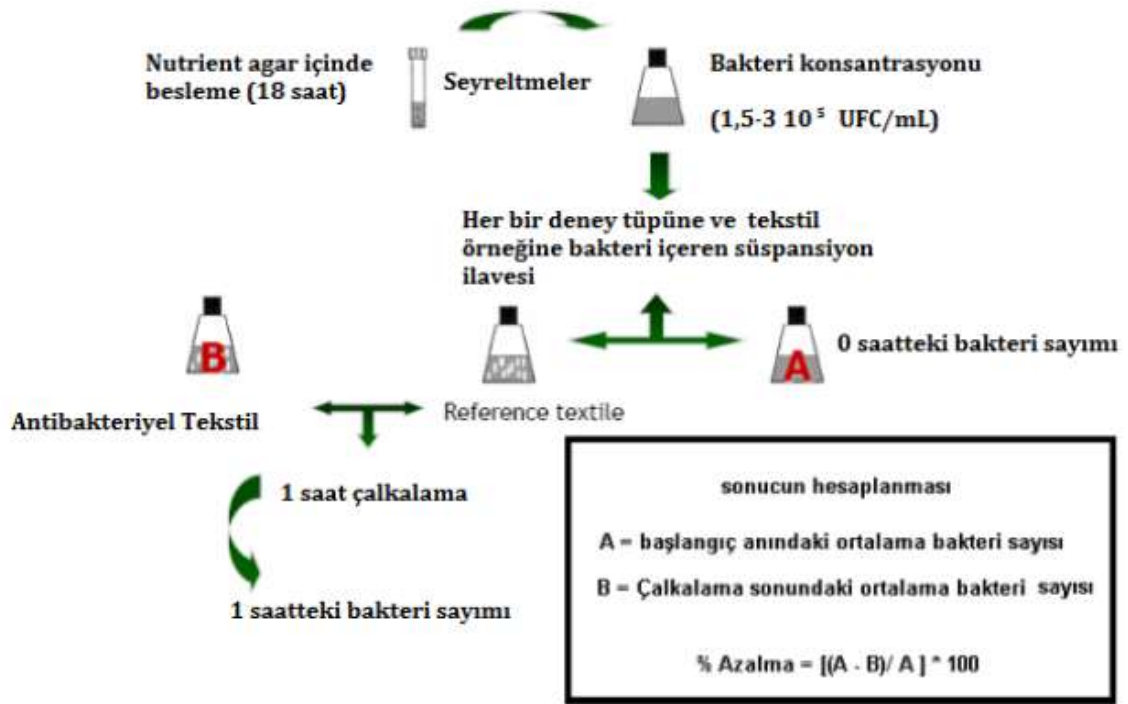
Elde edilen verilerin aşağıdaki formüle uygulanmasıyla bakteri miktarındaki değişim belirlenmektedir. Burada R bakteri sayısındaki değişimi (%); A (CFU: bakteri kolonisi oluşturan birim) başlangıçta numune ile temas etmiş olan çözeltildeki mikroorganizma sayısını, B (CFU) numune ile 48 saat temas etmiş olan çözeltildeki mikroorganizma sayısını göstermektedir. R'nin negatif çıkması numunede antibakteriyel etkinliğin var olduğunu göstermektedir [15,19].

$$R = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (1.1)$$

ii) ASTM E2149-01 Dinamik Temas Koşulları Altında Tekstil Materyallerinin Antibakteriyel Aktivitesinin Tayini

Bu test standardına göre ASTM tampon çözeltisi içine bakteri ekimi yapılmakta ve numuneler yerleştirilmektedir. İçinde numune bulunan tampon çözeltilinden başlangıç anında 1mL alınıp belirli oranlarda seyreltilip farklı agarlara ekim yapılmaktadır. Ekim yapılan agarlar 37°C 24 saat kuluçkaya bırakıldıktan sonra agarlardaki bakteri miktarları sayılmaktadır. Bu sayı başlangıç anındaki bakteri sayısı olarak belirlenmektedir. Aynı işlemler numune şişeleri 1 ya da 24 saat 37°C'de çalkalamalı inkübatörde çalkalandıktan sonra tekrarlanmaktadır (Şekil 1.14). Çalkalama sonrası elde edilen bakteri sayısı B (CFU), başlangıçtaki bakteri sayısı A (CFU) olmak üzere aşağıdaki formülde değerlendirilmekte ve bakteri sayısındaki değişim oranı R (%) hesaplanmaktadır. Elde edilen oranın azalma yönünde olması numunenin antimikrobiyal etkinliğe sahip olduğunu göstermektedir [18,19,35].

$$R = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (1.2)$$



Şekil 1.14. ASTM E2149-01 test yönteminin uygulanması [34]

1.2. Konu ile İlgili Çalışmalar

Yapılan literatür çalışması sonrasında; tez çalışması kapsamındaki içeriğe ve özelliklere sahip dokusuz yüzeylere farklı türde metal nano parçacık uygulanması ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple bu kısımda; dokusuz yüzeylere antibakteriyel işlemlerin tatbik edildiği ya da çalışmadaki metal malzemeler ile bunlara benzer olan malzemelerin antibakteriyel uygulamalarda kullanıldığı çalışmalar incelenerek özetlenmiştir.

Jeong ve arkadaşları (2005); suda, etanolde dağıtılmış gümüş nano parçacıklarından oluşan ve gümüş nano parçacık/sülfür kompozit parçacıklarının etanolde dağıtılması ile elde edilen kolloidleri farklı gümüş konsantrasyonlarında polipropilen/polyester dokusuz yüzeylere emdirme yöntemiyle uygulamışlardır. Uygulama yapılan numuneler üzerinde oluşturulan partiküllerin morfoloji ve büyüklük analizleri TEM (elektron aktarma mikroskopu) ile yapılmış, partiküllerin dağılımı SEM ile kontrol edilmiş, numunelerin *S. Aureus*, *K. Preumaniae* bakterilerine karşı bakteri azaltma oranı belirlenmiştir. Bunun yanında; hazırlanan kolloid sıvılara *S. Aureus* ve *E. Coli* bakterileri uygulanarak 5, 15, 30 dk sürelerde bakteri azaltma oranı tespit edilmiştir.

Etanolde oluşturulan gümüş partiküllerin suda oluşturulana oranla daha küçük boyutta elde edildiği, topaklanma olmadan düzgün dağılım sağlandığı görülmüştür. UV-VIS spektroskopi sonuçlarında gümüş partikül/etanol kolloidinin daha düşük dalga boyunun elde edilmesi ve dar pik genişliğine sahip olmasının daha küçük partikül boyutu ve düzgün dağılım sonuçlarını desteklediği söylenmiştir. Gümüş nano partikül /sülfür etanol kolloidinin, yüksek konsantrasyonlarda 5 dk sonunda her iki türden bakterinin yüksek oranda azalmasına sebep olduğu fark edilmiştir. Numunelerin antibakteriyel özellikleri ele alındığında; tüm gümüş nanopartikül konsantrasyonlarında S. Aureus bakterisine karşı %99 civarında bakteri azalması gözlemlenirken, su ile hazırlanan kolloidin K. Preumaniae bakterisinde çok az azalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Gümüş nanopartikül/sülfür kompozit parçacıklarla oluşturulan kolloidin tüm konsantrasyonlar için yüksek antibakteriyel özellik gösterdiği ve bebek bezindeki dokusuz yüzeylerde kullanım için uygun olduğu tespit edilmiştir [37].

Palamutçu, S., vd. (2008), çalışmalarında tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinlik belirleme testlerinden bahsetmişlerdir. Tekstil ürünleri yapıları ve kullandıkları yerler açısından mikro organizmaların yaşaması ve çoğalması için uygun sıcaklık, nem ve besin maddesi sağlayan ortamlardır. Tekstil yapılarının aralarına yerleşen mikro organizmalar tekstil ürünün kendisine ve kullanıcıya zarar verebilmektedir. Antimikrobiyal özellik kazandırılan tekstil ürünleri mikro organizmaların neden olduğu olumsuzlukları azaltmaya ve ortadan kaldırmaya yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada antimikrobiyal tekstil ürünlerinin antimikrobiyal etkinlik değerlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan standart test yöntemleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler AATCC 147 difüzyon agar yöntemi ve AATCC 100 kantitatif analiz yöntemidir. Uluslararası alanda tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinliğin belirlenmesi için kabul görmüş olan standart ISO 20743 standardıdır. Bu standart mevcut kullanılmakta olan yöntem ve standartların yetersiz kaldığı durumlarda teknolojik, ekolojik ve dermatolojik beklentilerin değerlendirildiği bir standarttır [38].

Montazer ve Rangchi (2009); çalışmalarında polipropilen ve polyester meltblown ve ısı ile işlemlenmiş viskon esaslı dokusuz yüzeylere farklı konsantrasyonlarda setil trimetil amonyum bromid (CTAB) antibakteriyel ajanı uygulamıştır. Aynı zamanda farklı konsantrasyonlarda CTAB ve florokarbon maddesini ayrı banyoda emdirme yöntemiyle tatbik etmiştir. Elde ettiği numunelerin Staphylococuse aureus gram pozitif ve

Escherichia Coli ile Pseudomonas aeruginosa gram negatif bakterilerine karşı antibakteriyel etkinliğini AATC 100 standardına göre tespit etmiştir. Bunun yanında uygulanan işlemlerin numunelerin su ve kan emme özelliklerini de değerlendirmişlerdir. CTAB eklenmesi ile numunelerde antibakteriyel özellik elde edildiği, aynı banyoda florokarbon ile işlemle hem su/kan itici özelliğin hem de antibakteriyel etkinliğin elde edildiği belirlenmiştir [39].

Ünal, H. (2009), çalışmasında, öncelikle hastaneden bulaşan enfeksiyonlar ve bunların insan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemiş, ardından hastanelerde kullanılmakta olan çarşaf ve bunların enfeksiyon bulaşmasına olan etkileri irdelemiştir. Çalışma kapsamında tek kullanımlık ve antibakteriyel bir çarşaf geliştirerek hastanelerde çarşaf yoluyla yayılacak enfeksiyonların önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada maliyetin düşük olması için yapı düşük ağırlıklı nonwoven polipropilen olarak tasarlanmış, polipropilen nonwovenlar oksijen plazması ile modifiye edilerek hidrofilye hale getirmiştir. Bu işlemin ardından 2 değişik özellikte (gümüş ve antibiyotik içerikli) antibakteriyel madde ile emdirme tekniğine göre aplikasyon yapmıştır. Sonuçta üretilen yapıların çok iyi antibakteriyel özellik gösterdiği ve kullanımının hem hasta hem de ziyaretçi ve çalışan sağlığı açısından faydalı olacağı tespit etmiştir. Kumaşlara uygulanan testler sonucu, yapıların ince ve nonwoven (dayanımı klasik dokuma çarşafına göre düşük) olması nedeniyle kopma yırtılma mukavemetlerinin düşük olduğunu ancak yapıların tek kullanımlık olarak tasarladığı için bunun önemli bir dezavantaj yaratmayacağı öngörmüştür [18].

Parthiban ve arkadaşları (2011), %20 polyester / %80 viskon karışımli iğnelenmiş dokusuz yüzeyleri; farklı konsantrasyonlarda aloe vera, gümüş nanoparçacık ve hem aloe vera hem gümüş nano parçacık içeren flottede emdirme yöntemi ile muamele etmişlerdir. Oluşturulan numunelere S. aureus ve E. Coli bakterilerine karşı antibakteriyel testler uygulanarak bakteri azaltma oranları tespit edilmiş; numunelerin koku absorblama özellikleri de belirlenmiştir. Yalnızca aloe vera ile muamele edilen numunelerin antibakteriyel özelliklerinin gümüş nano partikül ile muamele edilene oranla daha düşük olduğu, fakat yalnızca aloe vera ile muamele edilen numunelerin yüksek koku absorblama özelliği bulunduğu görülmüştür. Kullanılan malzemelerin konsantrasyonunun artmasının antibakteriyelliği ve koku absorblama özelliğini arttırdığı belirlenmiştir. Bunlarla birlikte; hem gümüş nano partikül hem de aloe vera uygulanmış

numunelerin bireysel uygulamalı numunelere kıyasla daha yüksek antibakteriyel ve koku absorblama özelliği gösterdiği saptanmıştır [40].

Yatakta kullanılan pamuktan üretilmiş hacimli dokusuz yüzeylerin alev geciktirici ve antibakteriyel özelliklerinin değerlendirildiği çalışmalarında Uppal ve arkadaşları (2011); balya halindeki pamuk liflerine alev geciktirici maddeleri ve gümüş nano parçacıkları ayrı ayrı uygulamışlardır. Alev geciktirici ve gümüş parçacıklar uyguladıkları pamuk liflerini farklı karışım oranlarında, düşük erime sıcaklığına sahip liflerle karıştırarak dokusuz yüzeyler elde etmişler ve sıcak hava bağlama yöntemiyle tülbentlerin sabitlenmesini sağlamışlar. Üretilen numunelerin gramaj, kalınlık, limit oksijen indeksi ve dikey yanma ile alev geciktiriliği özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca numunelerin *S. Aureus* gram pozitif ve *K. Preumania* gram negatif bakterilerine karşı antibakteriyel özellikleri değerlendirilmiştir. Karışımında alev geciktirici uygulanmış pamuk oranı arttıkça alev geciktiriciliğin arttığı, gümüş partikül eklenmiş pamuk kullanılan tüm karışımlarda ve yalnızca alev geciktirici işlemi görmüş pamuk kullanılan numunelerde her iki bakteri türüne göre %99 oranında bakteri azaltıcı etki görüldüğü sonuçlarına ulaşılmıştır [41].

Hao ve arkadaşları (d yürüttükleri çalışmada; polyester esaslı dokusuz yüzeyleri kimyasal olarak modifiye ederek karboksil grup bulunduran polyester (c-pet) yapı elde etmişler, bu yapının karboksil grubu miktarını analiz etmişlerdir. Elde edilen c-Pet yapıyı N- hidroksi sakkinamid (NHS), 1-Etil-3-(3-dimetilaminopropil) karbodiimit hidroklorit (EDC) kullanarak ve ardından E- polilism ile kimyasal işleme tabi tutmuşlar ve L-Pet elde etmişlerdir. Bütün yapılar incelendiğinde C-Pet'te yüksek oranda karboksil grup elde edildiği, kimyasal modifikasyonun lif yüzey özelliklerini etkilemediği görülmüştür. Antibakteriyel testlere göre hazırlanan L-Pet yapının bakteriyi %99.9 oranında azalttığı, bu etkinin 3 ay 37°C'de bekletme sonunda da aynı kaldığı tespit edilmiştir. Polilisinde bulunan lismin pozitif yüklü olduğu bu yapıda dolayı bakterinin dış membranını sıyrıp attığı ve bu şekilde bakterileri öldürdüğü belirlenmiştir [42].

Kalıcı antimikrobiyel özelliğe sahip, nano tanecik katkılı lif ve polimer lif üretimini hedefleyen Dural Erem (2012) doktora tezinde; nanokompozit matris olarak polipropilen, polilaktik asit ve polyamid 6'yı kullanmış, gümüş (Ag), titanyumdioksit

(TiO₂), çinko oksit (ZnO) nano parçacıkları ve kitosan parçacıkları dolgu maddesi olarak farklı konsantrasyonlarda applike etmiştir. Numunelerin yapısal, mekanik ve ısı özelliklerini uygun karakterizasyon testleri ile (XRD, FT-IR, DSC, TGA, DMA, mukavenet testleri) belirlemiştir. FT_IR analizleri sonuçlarına göre eklenen taneciklerin matrisle kimyasal bağ kurmadığı, SEM analizleriyle Çinkooksit ve titantumdioksitin matriste homojen dağılım gösterdiği fakat kitosan ve gümüşün topaklar oluşturduğu saptanmıştır. Uygulanan antibakteriyel test sonuçlarına göre ZnO ve Ag nano parçacıkların hem Gram pozitif hem de Gram negatif bakterilere karşı etkili olduğu tespit edilmiştir [15].

Degountin ve arkadaşları (2012) ; polipropilen esaslı dokusuz yüzeyleri, Argon gazı ile plazma işlemiyle önce aktive etmişler, akrilik asit ile emdirme işlemi sonrasında tekrar Argon gazı ile plazma işlemine tabi tutmuşlardır. Bu işlemler sırasında; plazmadaki güç, uygulama zamanı, argon gazı akışı, akrilik asit konsantrasyonu ve asit emdirme süresini değişken olarak ele almışlardır. Daha sonra numuneler EDC (1-etil-3-dimetilaminpropil karbodiimid) ile aktive edip, numunelere Heparin ve Gentamicin sülfat uygulamışlardır. Aynı numuneleri EDC ile aktive etmeden de üretmişlerdir. Elde edilen tüm numunelerin karboksil grubu miktarını, FTIR analizini, termogravimetrik analizlerini, gentamicin miktarını belirlemişler ve SEM ile yüzeylerini analiz etmişlerdir. Ayrıca, numunelerin hücre canlılığı, antibakteriyel özellikleri, antikoagülasyon özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonunda; akrilik asitle muamele edilerek plazma ile aktive edilmiş gentamicin eklenmiş polipropilen dokusuz yüzeylerin E.coli bakterisine karşı %98-%99 arasında bakteri azaltıcı etki ettiği belirlenmiştir [43].

Di ve arkadaşları (2012) çalışmalarında; asetik asitte çözüdükdükleri Kitosan içine NaOH çözeltisi eklemişler, elde ettikleri jel formundaki çözeltiye AgNO₃ ekleyerek gümüş nanopartikül – kitosan kompozit maddesini oluşturmuşlardır. Bu maddeyi asetik asit çözeltisine ilave ederek ağırlıkça %25 oranında gümüş nanopartikül – kitosan içeren çözelti elde etmişlerdir. Oluşturulan çözelti tencel-pamuk karışımı su jetiyle üretilmiş dokusuz yüzey üzerine emdirme yöntemiyle applike edilmiş, numuneler elektron mikroskobu ile incelenmiş, numunelerin E. Coli bakterisine karşı antibakteriyel özelliği yanı sıra eğilme rijitliği, sıvı emme özelliği ve hava geçirgenliği özellikleri de belirlenmiştir. Elde edilen nanopartiküllerin 4-20 nm aralığında büyüklüğe sahip olduğu, işlem görmüş dokusuz yüzeyin sıvı emme özelliklerinin kitosanın hidrofilik

yapısı nedeniyle arttığı, işleme dokusuz yüzeyin sertliğinin ve hava geçirgenliğinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca; uygulanan işleme antibakteriyelliğin sağlandığı kanıtlanmıştır [44].

Midha ve diğerleri; spunband, spunband/meltblown/spunband, su jeti ile üretilmiş 35 ve 50 g/m² dokusuz yüzeylere; aynı flotte içerisinde farklı konsantrasyonlarda florokarbon ve antibakteriyel bitim işlemi uygulamışlardır. Uygulama için emdirme yöntemi tercih edilmiş, numuneler işlem öncesi ve sonrasında; gramaj, su iticilik, antibakteriyel etki, hava geçirgenliği, sertlik, hidrostatik basınç, sentetik kan geçişine karşı dayanım gibi özellikler açısından test edilmiştir. Aynı zamanda numunelerin S. Aureus bakterine karşı antibakteriyel özellikleri belirlenmiştir. Numunelerin işlem öncesi su iticilik, hidrostatik basınçla su geçirmezlik özelliklerinin gramaj artışı ile arttığı, SMS numunelerle daha iyi özellikler sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca; su jeti ile üretilen numunelerin hava geçirgenliğinin en yüksek olduğu, SMS numunelerin hava geçirgenliğinin en düşük olduğu, SMS yapıların daha sert tutum gösterdiği, su jeti numunelerin daha yumuşak olduğu belirlenmiştir. Florakarbon ile muamele edilen numunelerde uygulanan florakarbon oranı artışıyla kumaşların yüzey enerjileri azaldığı için su iticilik özelliğinin arttığı, SMS yapıların en iyi özellik gösterdiği belirlenmiştir. %1'lik antibakteriyel özellikleri etkilemediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara ek olarak hava geçirgenliğinin uygulanan işlemlerle azaldığı, sertliğin arttığı, işlemlerdeki madde konsantrasyonlarının hava geçirgenliği ve sertliğe etki etmediği bulunmuştur [45].

Stawski ve arkadaşları (2013); polipropilen meltblown dokusuz yüzeyleri; sentezledikleri poly (2-(N, N-dimethyloamino ethyl) methacrylate (PDAMA) ve gümüş içeren poliakrilik asidi farklı katmanlarda uygulayarak modifiye etmişlerdir. PDAMA ile kumaşın yüzeyini pozitif yüklemişler, gümüş ile negatif yüklemişler, bu maddelerin katman halinde uygulanması halinde uygulanması ile katmanların elektrostatik olarak birbirine bağlanmasını sağlamışlardır. Elde edilen örnek kumaşların hava geçirgenliği, sıvı emme hızı, nem alma oranı gibi özelliklerini test etmişler, yüzey görüntülerini alıp EDX analizi ile madde içeriklerini, FT-IR ile bağ özelliklerini incelemişlerdir. Ayrıca; farklı katmanlı numunelerin antibakteriyel etkinlikleri de değerlendirilmiştir. Son katmanında PDAMA bulunan dokusuz yüzeylerde antibakteriyel etkinlik saptanırken, gümüş bulunan numunelerin işlem görmemiş numunelerle aynı özellikte olduğu belirlenmiştir.

Numunelerin kimyasal işlem sonucunda hava geçirgenliğinin değişmediği, sıvı emme hızının arttığı, en üstte PDAMA katmanı olan numunelerin, gümüş olanlara kıyasla daha yüksek nem alma özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir [46].

Tulunay yüksek lisans tezinde (2015) rejenere selülozik lifler olan: bambu, modal, promodal, tencel, viloft ve viskon liflerine bakır, çinko ve gümüş tuzları kullanarak antibakteriyel bitim işlemi uygulamıştır. Antibakteriyel özelliklerin kalıcılığını sağlamak amacıyla numunelere daha sonrasında silikonlu yumuşatma işlemi tatbik etmiş, silikonlu işlem görmemiş numunelerle kıyaslamıştır. Antibakteriyel etkinin yıkamaya dayanımını araştırmak için işlemleri kumaşlar tekrarlı 10 kez ev yıkamasına tabi tutulmuştur. Tüm deneylerde kullanılan kumaşlar üzerinde bulunan metal atomu miktarı XRF tekniğine göre analiz edilmiştir. Tekrarlı yıkamalarla antibakteriyel etkinliğin düştüğü, silikonlu yumuşatma işleminin antibakteriyel özelliğin kalıcılığına etki etmediği gözlenmiştir. En fazla antibakteriyel etkinliğin lyocell lifinde sağlandığı, gümüş tuzu ile en yüksek antibakteriyel etkinliğin elde edildiği, en düşük antibakteriyel etkinliğin çinko tuzları ile olduğu tespit edilmiştir [17].

Yüksek Lisans tezinde Çakar (2015); gümüş ve çinko oksit nanopartikül uygulayarak kalıcı biçimde antibakteriyel özellikte pamuklu kumaş elde etmeyi amaçlamıştır. Çalışmada; pamuklu kumaşa nano partiküller farklı parametrelerle gerçekleştirilmiş korona plazma işlemi sonrasında ve karboksilik asit çapraz bağlayıcı kullanılmayarak uygulanmıştır. Ayrıca; plazma işlemi uygulanmadan karboksilik asit çapraz bağlayıcı kullanılarak nano partikül uygulaması yapılmıştır. Kumaşların yapısındaki nano partikül dağılımı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve enerji dağılımlı X-ışını (EDX) analizleri ile araştırılmıştır. Numunelerin antibakteriyel aktiviteleri yıkama öncesi ve çoklu yıkama sonrasında test edilmiştir. Her iki türlü uygulamada da numunelerin antibakteriyel özellik gösterdiği, bu özelliğin çoklu yıkamalar sonrasında bile geçerli olduğu tespit edilmiştir [19].

Filtrasyon amaçlı kullanılan polipropilen esaslı dokusuz yüzeylerin özelliklerini ele aldıkları çalışmalarında Sojka-Ledakowicz ve diğerleri (2013); içerisinde katı maddesi bulunmayan, ağırlık %2 oranında mikrokristalin selüloz ve %3 oranında kitosan içeren meltblown dokusuz yüzeyler üretmişlerdir. Numunelerin hava geçirgenliği, filtreleme verimi, biyo bozunma derecesi gibi özellikleri ile beraber antibakteriyel etkinliklerini 6

farklı gram pozitif ve gram negatif bakteriye karşı test etmişlerdir. Polipropilen yapısına eklenen katkı maddelerinin filtreleme özelliklerini negatif etkilediği, katkı maddelerinin biyobozunmayı hızlandırdığı belirlenmiştir. Kitosan eklenen polipropilen dokusuz yüzeylerin çoğu bakteriye karşı antibakteriyel etkinlik gösterdiği, bu etkinlikte liflerin yüzeyine yerleşen kitosanın etkili olduğu, lif içerisindeki kitosanın etkili olmadığı tespit edilmiştir [47].

Deng ve arkadaşları (2015); polyester esaslı dokusuz yüzeylere uyguladıkları plazma işlemi ile yüzeyde 10nm kalınlığında organo silikon ince film oluşturmuşlar, bu haldeki dokusuz yüzeyleri 20nm büyüklüğündeki farklı konsantrasyonlarda gümüş nano partikülle emdirme yöntemiyle muamele etmişlerdir. Daha sonra gümüş partiküllerin yapıdan ayrılmaması için uygulama yapılmış numunelerin üzerine plazma biriktirme işlemi ile 10 nm kalınlığında ikinci organo silikon film katmanı oluşturulmuştur. Bu şekilde elde edilen numunelerin yüzeyi elektron mikroskobu ile incelenmiş, yüzeydeki gümüş partikül içeriği XPS metoduyla belirlenmiş ve S. Auris ve E. Coli bakterilerine karşı antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Ayrıca; gümüş nano partikül konsantrasyonunun duraklama süresi, azalma oranı, final hücre konsantrasyonu gibi bakteri çoğalma kinetik parametrelerine etkisi, bakteri büyüme eğrileri ile araştırılmıştır. Gümüş partikülü konsantrasyonunun artmasıyla duraklama süresinin azaldığı, azalma oranının arttığı ve hücre konsantrasyonunun azaldığı belirlenmiştir.%7 gümüş konsantrasyonu ile E. Coli bakterisinin tamamen engellendiği S. Auris bakterisinin çoğalmasının anlamlı biçimde azaltıldığı bilgileri elde edilmiştir [48].

Yürüttükleri bir diğer çalışmada Deng ve diğerleri (2015), atmosferik plazma ile 70 nm organosilikon biriktirdikleri polyester dokusuz yüzeye etanol eşliğinde gümüş, bakır ve çinko oksit nano partiküller uygulamışlardır. Son olarak nano partikül eklenmiş yüzeylerin üzerine tekrar organosilikon film plazma yöntemi ile kaplanmıştır. Numunelerin yüzeyindeki element kompozisyonu ve kimyasal durumu XPS analizi ile incelenmiş, numunelere antibakteriyel testler uygulanmış, bakteri azalma oranları tahin edilmiştir. Numunelere üç türdeki partiküllerin gömüldüğü ve numunelerin S. Aureus ve E. Coli bakterilerine karşı etkin antibakteriyel özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Numunelerden yıkama sonucunda partikül uzaklaşması olmadığı, bu nedenle antibakteriyelliğin ZnO için aktif oksijen oluşumu ve bakteri oluşumunu önleyen Ag⁺ ve Cu²⁺iyonlarının salınımı ile gerçekleştiği sonucuna varılmıştır [49].

Demir ve arkadaşları (2015); cerrahi yüz maskesi ve solumun cihazlarında filtre olarak kullanılabilen polipropilen esaslı dokusuz yüzeylere sentezledikleri 1-kloro-2,2,5,5-tetrametil-4-imidazolidinon (MC) maddesini uygulayarak antibakteriyel ürünler elde etmişlerdir. Numunelere MC materyalini emdirme/kurutma prosedürü ile tatbik etmişler, numune üzerindeki klorin miktarını iometrik tirasyon yöntemiyle belirlemişlerdir. Ayrıca; numuneleri karanlık ortamda ve florosan ışığı altında 24 hafta beklettikten sonra klorin miktarını yeniden belirlemişlerdir. Numunelerin antibakteriyel özelliklerini bakteri sayma yöntemiyle ve numunelere bakteri içeren aerosol püskürtülerek tayin edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda polipropilen esaslı dokusuz yüzeylerde MC varlığı ispatlanmış fakat FT-IR analizine göre maddenin yapı ile kimyasal bağ kurmadığı gözlemlenmiştir. Karanlıkta bekletilen numunelerde klorinin varlığını sürdürdüğü, florosan ışığında bekletilen numunelerde klorinin kaybolduğu tespit edilmiştir. Yapılan uygulamanın kumaşların hava geçirgenliğini etkilemediği, yapılan kimyasal uygulama ile antibakteriyel etkinliğin sağlandığı, gramajı fazla olan numunelerde daha fazla klorin bulunduğundan bunların daha yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiği belirlenmiştir [50].

Patel ve Desai (2015); Neem ağacının yapraklarının ekstre ettikleri parçaları ve $AgNO_3$ çözeltisi kullanarak gümüş nano parçacıklar elde etmişler, parçacıkların boyutunu ve morfolojisini SEM ile analiz etmişlerdir. Has pamuklu dokuma kumaşa ve spunband/meltblown/spunband(SMS) dokusuz yüzeylere gümüş parçacıklar ve $AgNO_3$ çözeltilerini ayrı ayrı emdirme metodu ile uygulamışlardır. Elde ettikleri numunelerin *S. Aureus*, *E. Coli*, *P. Aeruginosa* bakterileri ve bunların çoklu ilaca karşı dirençli halleri için antibakteriyel özelliklerini 10 yıkama öncesi ve sonrasında incelemişlerdir. İşlem görmüş numunelerin bütün bakterilere karşı antibakteriyel özellik gösterdiği, yıkanmış %100 pamuklu numunelerde gümüş nanopartikül uygulanmış numunelerin antibakteriyel özellik göstermeye devam ettiği, SMS numunelerde ise nanoparçacıklı numunelerin çoklu ilaca dayanıklı *P. Aeruginosa* ve *E. Coli* bakterilerine karşı orta düzeyde antibakteriyel özellik sergilediği belirlenmiştir [51].

Erdem ve Rajendran (2016); yürüttükleri çalışmada polyester, viskon, polyester/viskon içerikli örme kumaşları ve pamuk içerikli dokusuz yüzeyleri %92 PVC, %8 gümüş klorid içeren kimyasallarla muamele etmişlerdir. Uygulamada örme kumaşlarda emdirme/kurutma yöntemi kullanılırken dokusuz yüzeylerde püskürtme yöntemi

kullanılmıştır. Numunelerin işlem öncesi ve sonrasında kalınlık, mukavemet, sıvı absorblama ve antibakteriyel etkinlik özelliklerini değerlendirmişlerdir. Numunelerin kimyasal işlem sonrası sıvı emme özelliklerinin azaldığı, %10 polyester kumaş haricinde mukavemetin düştüğü tespit edilmiştir. Tüm numunelerde antibakteriyel etkinlik gözlemlenirken, en fazla bakteri azalmasının dokusuz yüzeylerde meydana geldiği tespit edilmiştir [52].

Latwinska ve diğerleri (2016); %50 polipropilen/%50 polilaktik asit, %47,5 polipropilen/%47,5 polilaktik asit/%5 parafin, %47,25 polipropilen/%47,5 polilaktik asit/%5 parafin/%0,5 CuO-SiO₂ karışımlarına sahip dokusuz yüzeyleri meltblown yöntemiyle üretmişlerdir. Numunelerin termal özelliklerini DSC ile analiz etmişler, gramaj, kalınlık, lif numarası, hava geçirgenliği, maximum kopma kuvveti/uzama gibi özelliklerini ölçmüşlerdir. Numunelerin ayrıca antibakteriyel özelliklerini tayin edip, 21, 42, 60 ve 84 gün için numunelerin hidrolitik bozulmalarını incelemişlerdir. Çalışmanın sonunda; PLA/ PP/ parafin/ CuO-SiO₂ içeren dokusuz yüzeylerin en düşük lif çapına sahip olmasından kaynaklı en iyi filtreleme performansı gösterebileceği, numunedeki bakır oranının teorikte hesaplanandan az olduğu, bu durumun CuO'nun kısmi indirgenmesiyle ekstrüder çeperlerine bakır depolanmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. CuO-SiO₂ içeren dokusuz yüzeyler dışındaki numunelerin antibakteriyel etkinliğe sahip olmadığı tespit edilmiştir [53].

Akşit ve arkadaşları çalışmalarında (2017); sol-jel yöntemi ve kimyasal indirgeme yöntemleri ile elde ettikleri gümüş katkılı TiO₂ nanopartükülleri; %100 pamuklu dokuma kumaş ile radyo frekans plazma yöntemiyle akrilik asitle hidrofili hale getirdikleri polipropilen esaslı SMS ve pamuk/polyester esaslı dokusuz yüzeyler üzerine uygulamışlardır. Uygulamayı emdirme ve elektrospay yöntemiyle gerçekleştirmişlerdir. Dokusuz yüzeylerin farklı koşullardaki plazma işlemi sonrasındaki hidrofili özellikleri değerlendirilmiş, farklı yöntemlerle kumaş yüzeyine uygulama sonrası numunelere kimyasal eklenme miktarları hesaplanmıştır. Sol-jel ve kimyasal indirgeme yoluyla elde edilen gümüş katkılı TiO₂ kimyasallarının farklı aplike yöntemleri sonucu kumaş yüzeyindeki görüntüleri SEM ile incelenmiş, S. Aureus ve E. Coli bakterilerine karşı bakteri azalma oranları hesaplanarak antibakteriyellik özellikleri değerlendirilmiştir. Kimyasal indirgeme yoluyla ve HDTM sürfaktan eklenerek elde edilen gümüş katkılı TiO₂ parçacıklarının emdirme yöntemiyle uygulanması ile her iki

bakteriyi %90 oranında azaltma özelliği elde edildiği, özelliğin 6 ay bekletme sonunda ve aşındırma sonucunda kaybolmadığı belirlenmiştir. Elektro spray yöntemiyle de antibakteriyel özellik elde edilse de aşındırma sonucunda özelliğin yitirildiği tespit edilmiştir [54].

Ramamurthy ve diğerleri (2017); polipropilen esaslı su jeti ile iğneleme ile bağlanmış dokusuz yüzeylere plazma işlemi uyguladıktan sonra; Bakır oksit (CuO), çinko oksit (ZnO), bakır oksit + çinko oksit nanopartikülleri ile darbeli laser kaplama yöntemi kullanarak oksijenli ortamda kaplama işlemi gerçekleştirmişlerdir.

Numunelerin yüzey özellikleri taramalı elektron mikroskopuyla (SEM), kaplama ve nanopartikül uygulaması x ışını difraktometresi ile (XRD), yüzey elementel bileşimi enerji dağılımlı x ışınlarıyla (EDX) analiz edilmiştir. Kaplama işlemi öncesi ve sonrasında numunelerin gözenek büyüklükleri ölçülerek karşılaştırılmıştır. Elde edilen numunelerin anti bakteriyel etkinlikleri S. Aureus ve E. Coli bakterilerine karşı test edilmiştir. Disk difüzyon testine göre; numunelerden metal oksit partikülü dağılımı sağlanmadığı için antibakteriyel etkinlik görülmemiştir. Dinamik çalkalamalı test yöntemiyle ise; S. Aureus'a karşı tüm numunelerde antibakteriyel etkinlik söz konusu iken; E. Coli'ye karşı daha düşük etkinlik elde edilmiştir [55].

Demiryürek ve Tulunay (2019); Modal, Promodal, Tencel, Viscon, Villoft gibi rejenere selülozik elyaflardan üretilmiş örme kumaşların metal tuzu uygulaması sonrasında antibakteriyel özelliklerini araştırmışlardır. Bu amaçla; söz konusu örme kumaşlara %1 oranında $CuSO_4$, $Zn(NO_3)_2$, $AgNO_3$ metal tuzlarıyla kimyasal işlem uygulamışlar, numunelerin çoklu yıkama öncesi ve sonrasında antibakteriyel özelliklerini test etmişlerdir. Ayrıca; yıkamalar öncesi ve sonrasında numunelerde bulunan gümüş, bakır ve çinko oranını XRF ile analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda; gümüş ve bakır ile işlem görmüş numunelerin çinko ile işlem görmüş olanlara göre daha yüksek antibakteriyel etkinlik gösterdiği, bakırla işlem gören numunelerin yıkamaya karşı dayanımlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında; Tencel kumaşların metal iyonu içeriğinin ve kalıcılığının diğerlerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [56].

2. BÖLÜM




MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada; tarakla doku oluşturma yöntemiyle oluşturulmuş, istenen gramaj ve mukavemet özelliklerini sağlamak amacıyla çapraz serilmiş, iğnelenerek sabitlenmiş %80 viskon / % 10 geri dönüştürülmüş polyester (r-Pet) / %10 bikomponent elyafı içeren temizlik bezi amaçlı kullanılabilir dokusuz yüzey kumaşların antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla; üretilen temizlik bezi numunelerine, farklı konsantrasyonlarda nano boyutta gümüş, bakır, çinko gibi farklı metal partikülleri emdirme ve püskürtme yöntemleri ile uygulanmış, numunelerin gramaj, kalınlık, sıvı emme kapasitesi, aşınma dayanımı özellikleri işlem öncesi ve sonrasında test edilmiştir. Bunun yanında; numunelerin *Staphylococcus aureus* ve *Esterichia coli* bakterilerine karşı antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Temizlik bezlerinin gündelik hayattaki kullanımları sırasındaki yıkanma özelliklerini simüle edecek yıkama prosedürü geliştirilmiş ve yıkama öncesi ile tekrarlı 10 ve 20 kez yıkama sonrasında numunelerin antibakteriyellik özelliklerinin kalıcılığı değerlendirilmiştir.

2.1. Materyal

Çalışmada temizlik bezi olarak kullanılabilir; viskon, pet şişeden geri dönüştürülmüş polyester elyafı (r-PET) ve düşük erime sıcaklığına sahip bikomponent polyester elyaflarından oluşturulan dokusuz yüzeyler materyal olarak ele alınmıştır. Dokusuz yüzeyi oluşturan lif özellikleri Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Dokusuz yüzey üretiminde kullanılan lifler

Fiber	Uzunluk (mm)	İncelik (denier)	Mukavemet (g/denier)	Uzama (%)	Krimp Miktarı (krimp/cm)	Lif Kesit Şekli
Viskon	50.3	1.52	2.6	19.0	4.0	
Geri Dön. Polyester (r-Pet)	64.3	3.2	5.1	35.5	4.54	
Bikomponent polyester	51.1	4.1	3.7	55.15	2.75	

Numunelere antibakteriyellik kazandırmak için uygulanan nano boyuttaki metal partiküllerin özellikleri ise; Tablo 2.2’de görülmektedir.

Tablo 2.2. Numunelere uygulanan farklı partiküllerin özellikleri

Partikül Türü	Parçacık Boyutu (nm)	Saflık Derecesi (%)	Üretici Firma
Gümüş	20-40	99.9	Alfa Aesar
Bakır	20-50	99.9	Alfa Aesar
Çinko	< 50	99	Sigma Aldrich

Metal nano partiküllerin dokusuz yüzeylere uygulanması sırasında taşıyıcı görevi görmesi hem de partiküllerin kumaşa sabitlenmesi için Dow Chemicals, Germany firmasından poliolefin dispersyonu sağlanmıştır.

2.2. Yöntem

2.2.1. Dokusuz yüzeylerin Üretimi

Tez kapsamında; balyalar halindeki viskon, geri dönüştürülmüş polyester (r-Pet), bikomponent polyester elyaflarından elyaflar balya açıcıda (Şekil 2.1a) açılmıştır. Daha sonra %80 viskon, %10 r-Pet, %10 bikomponent polyester karışım oranları sağlanacak miktardaki elyaflar; 4 eşit parçaya bölünmüş, sırayla sandviç harman yöntemiyle 12 katman halinde serilmiştir. Katmanlardan dik yönde alınan elyaf karışımları önce elle karıştırıldıktan sonra; kaba açıcıya (Şekil 2.1b) beslenmiş ve liflerin bir miktar daha

açılması ve karıştırılması sağlanmıştır. Karışım halindeki lifler daha sonra hava emişi ile tarağa sevk edilmiştir.



(a) Balya açıcı

(b) Kaba açıcı

Şekil 2.1. Çalışmada kullanılan açıcı aksamalar

Çalışmada elyafların tülbent haline dönüştürülmesi için tarakla tülbent oluşturma, istenen gramajda doku elde edilmesi ve liflerin değişik yönlerde yönlendirilmesini sağlamak amacıyla çapraz serim tekniği kullanılmıştır. Tülbent oluşumunun gerçekleştirildiği tarak (Şekil 2.2); Carmatex marka olup, ön ve esas tambur olmak üzere 2 adet tamburdan oluşmakta, Ön tambur üzerinde 2 adet, ana tambur üzerinde 5 adet olmak üzere çalışıcı-yolucu silindir çifti bulunmaktadır. Bu silindir çiftlerinin tamburla etkileşimiyle lifler açılmakta, paralelleştirilmekte ve homojen karışım sağlanmakta ve e belirli gramajda tülbentler elde edilmektedir. Tarağın çıkışındaki randomizer silindir çiftleri ile liflerin yönü değiştirilerek izotropik yapı oluşturulmaktadır.



Şekil 2.2. Tülbent oluşumu için kullanılan tarak

Dokusuz yüzeyde homojenlik sağlamak, gramaj ile en ayarı yapmak için oluşturulan tülbentler Şekil 2.3'te görülen çapraz serici ile 14 katman halinde serilmiştir. Tarak makinesinde oluşturulan tülbentlerin gramajı 12g/m^2 olarak ayarlanmış, çapraz serilmiş yapının yaklaşık $165\text{-}170\text{g/m}^2$ olması hedeflenmiştir.



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan çapraz serici

Tez kapsamında çapraz serilen farklı karışımli dokular, ön iğneleme ve esas iğneleme işlemlerine tabi tutularak iğneleme yöntemiyle bağlanmıştır. Ön iğneleme tezgâhında (Şekil 2.4); Groz Bechert marka, $15*18*40*3\frac{1}{2}$ R222 G3037 özelliklerine sahip yaklaşık $2500/\text{m}$ iğne bulunmakta olup, iğneleme derinliği 12 mm olarak ayarlanmıştır. Ayrıca; işlem sonunda dokusuz yüzeylerin iğneleme yoğunlukları yaklaşık 50 iğneleme/ cm^2 olmuştur.



Şekil 2.4. Çalışmada kullanılan ön iğneleme ve esas iğneleme tezgahları

Esas iğneleme; iğne tablasının birim uzunluğunda (m) yaklaşık 3800 adet Groz Beckhart marka ve 15*18*40*3 R222 G 3037 özelliğine sahip iğne bulunan tezgâhta (Şekil 2.3) gerçekleştirilmiştir. İğneleme sırasında iğneleme derinliği 9mm'ye ayarlanmıştır. Esas iğneleme işlemi ile ön iğnelenen dokular yaklaşık 90 iğneleme/ cm² iğneleme yoğunluğuna sahip olacak biçimde bağlanmışlardır ve toplamda yaklaşık 140 iğneleme/cm² iğneleme yoğunluğunu içerecek biçimde üretilmişlerdir.

Temizlik bezi olarak kullanılan dokusuz yüzeylerin; temizlik sırasında lif bırakmasını engellemek ve yapılarında bulunan bikomponent elyafın eriyerek bağ kurmasını sağlamak amacıyla, bu ürünlerin ek bir ısıl işlemde geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlemler; sanayide yaygın olarak sıcak kalenderden geçirme ya da sıcak fırından geçirdikten sonra soğuk kalenderden geçirme işlemleri şeklinde uygulanmaktadır. Çalışmada materyal olarak üretilen dokusuz yüzeyler; metal nano partiküllerin uygulanması sonrasında kurutma ve fiske işlemlerine tabi tutulacağı için, ısıl işlemlerin bu aşamada uygulanması tercih edilmemiştir. Böylece, yapının birden fazla defa ısıl işlemle zarar görmesi engellenmiştir.

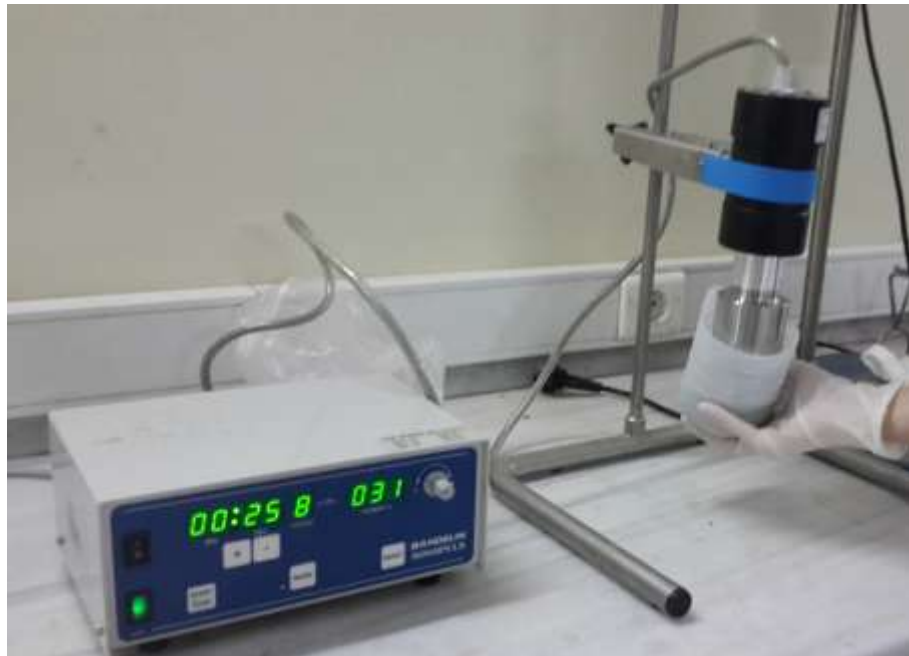
2.2.2. Metal Nano Partiküllerin Uygulanması

Farklı türde ve konsantrasyonlarda metal partikül uygulaması öncesinde; oluşturulan numuneler üretim sırasında üzerinde bulunabilecek safsızlıkların giderilmesi için yıkama işlemine tabi tutulmuştur. Dokusuz yüzeyler için uygulanan yıkama işlemine dair bir standart bulunmadığı için, yıkama işleminin uygulanması; AATCC TM-135-2000 test standardı esasa alınarak gerçekleştirilmiştir. Yıkama sırasında 66±5g standart referans deterjan kullanılmış olup, 40±3°C, 50 dakika yıkama gerçekleştirilmiştir ve numuneler yatay biçimde serbest olarak kurutulmuştur.

Bu şekilde temizlenen aynı özellikteki dokusuz yüzeylere materyal bölümünde belirtilen Alfa Aesar ile Sigma Aldrich firmalarından hazır şekilde temin edilen Gümüş (Ag), Bakır (Cu) ve Çinko (Zn) olmak üzere üç farklı türde nano partikül emdirme ve püskürtme yöntemi ile uygulanmıştır. Emdirme yöntemi için dokusuz yüzeye uygulanan çözeltide nano parçacık oranı ağırlıkça %0,1-%0,3 ve %0,5 olarak üç farklı kademede değiştirilmiş, püskürtme yönteminde ise yalnızca %0,5 oranında nano parçacık olan flotte kullanılmıştır. Ayrıca; nano partiküllerin kumaş yapısına tutundurulmasını sağlamak amacıyla çözeltiye ağırlıkça %5 oranında da sulu poliolefin dispersiyonu (Dow

Deutschland GmbH & Co OHG) ilave edilmiştir. Etilen bazlı olan sulu poliolefin dispersiyonunun asitle modifiye edildiği ve %44 oranında katı madde içerdiği belirtilmektedir [57].

Her uygulama için 200mL flotte hazırlanmış olup, burada örnek olması bakımından yalnızca %0,1 oranında gümüş nano parçacık içeren flotte için hazırlık aşaması anlatılmıştır. Nano partiküllerin flottede homojen biçimde karıştırılması için Bandelin marka Sonopuls HD 2200 model ultrasonik karıştırıcı (Şekil 2.5) kullanılmıştır. %0,1'lik gümüş çözeltisi için öncelikle; 30°C'deki 200mL saf su içerisine 0,2g ağırlığında gümüş parçacıklar eklenmiş, ultrasonik karıştırıcı ile 5 dakika süresince karıştırılmıştır. Daha sonra; 10g ağırlığında sulu poliolefin dispersiyonu karışıma eklenerek 5 dakika boyunca yeniden ultrasonik karıştırıcı ile karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece; %0,1 oranında gümüş nano parçacık ve %5 oranında poliolefin dispersiyonu içeren çözelti elde edilmiştir. %0,3 ve %0,5'lik nano parçacıklı çözeltiler için; eklenen poliolefin dispersiyonu maddesi miktarı 10g olarak sabit tutulmuş olup, %0,3'lük karışımlar için 0,6g, %0,5'lik karışımlar için ise 1g nano parçacık eklenmesi yapılmıştır.



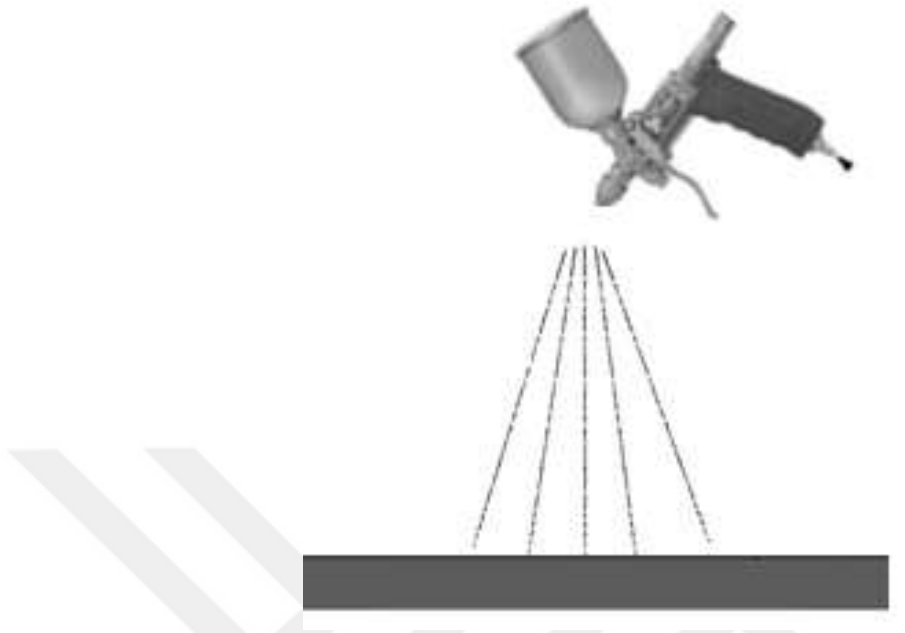
Şekil 2.5. Çalışmada kullanılan ultrasonik karıştırıcı

Elde edilen 3 farklı nano parçacık türünde ve 3 farklı nano parçacık konsantrasyonundaki çözelti laboratuvar tipi fulard makinesinde (Şekil 2.6) emdirme işlemi ile dokusuz yüzeylere uygulanmıştır. Emdirme işlemi sonrasında kumaş üzerindeki fazla flotte 1 bar basınç ve 2m/dk hızla dönen sıkıştırma silindirleri vasıtasıyla alınmıştır. Bu durumda; kumaşın flotte alım oranı % 146 olarak belirlenmiştir. Emdirme işlemi uygulanan numuneler 90°C’de 5 dakika kurutulmuş, daha sonra 110°C’de 5 dakika fiske işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 2.6. Çalışmada emdirme metodu için kullanılan laboratuvar tipi fulard

Püskürtme ile uygulama işlemi için; emdirme yöntemi için hazırlanan flotteye benzer biçimde %0.5 oranında gümüş, bakır ve çinko içeren 200mL çözeltiler hazırlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler; dokusuz yüzeylere 20cm yükseklikten, 1,7 mm püskürtücü başlık açıklığına sahip sprey tabancası ile (Şekil 2.7) 2,5m/dk hızla uygulanmıştır. Uygulama sırasında; daha fazla madde aktarımı için, kumaş yüzeyine 3 pasaj halinde püskürtme işlemi gerçekleştirilmiştir. Püskürtme ile yapılan uygulama sonucunda flotte alım oranı %185 olarak tayin edilmiştir. Bu işlem sonrasında herhangi bir sıkma işlemi uygulanmadan, numuneler 90°C sıcaklıkta 10 dakika kurutulmuş, 110°C sıcaklıkta 5 dakika boyunca fiske işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 2.7. Dokusuz yüzeylere püskürtme ile çözelti aktarımı

2.2.3. Dokusuz Yüzey Temizlik Bezlerine Yönelik Yıkama Prosedürü Geliştirilmesi

Evlerde sıklıkla temizlik amaçlı kullanılan dokusuz yüzey temizlik bezlerine, kullanımları sırasında çok sayıda yıkama işlemi uygulanmaktadır. Tez kapsamında dokusuz yüzey yapısına eklenen nano boyuttaki partiküllerin kalıcılığını test etmek amacıyla çoklu yıkama işlemi uygulanmak istenmiştir. Fakat dokusuz yüzey temizlik bezlerinin günlük kullanımı sırasında tabi oldukları elde yıkama işleminin etkilerini ortaya koyabilecek yıkama işlemi ile ilgili literatürde bir standarda rastlanamamıştır. Bu nedenle; kullanım sırasındaki yıkama işlemlerinin etkisini simüle edebilecek çoklu yıkama prosedürü geliştirilmiştir.

Yıkama işlemi 10 ve 20 defa olmak üzere çoklu biçimde numunelere uygulanmıştır. Numuneler 150mlt 40°C'lik sıcaklıktaki saf su içeren büyük beher içerisine konulmuş, su ısıtılmaya devam edilirken 40 saniye boyunca karıştırılmış ve su sıcaklığının 40°C'de sabit tutulması sağlanmıştır (Şekil 2.8). Kullanım sırasında bezlerin yıkanması sırasında her defasında deterjan kullanılmadığı için; 1., 5., 11. ve 15. seferki yıkama flottelerine %1 oranında standart bulaşık deterjanı eklenmiştir.



Şekil 2.8. Yıkama uygulaması

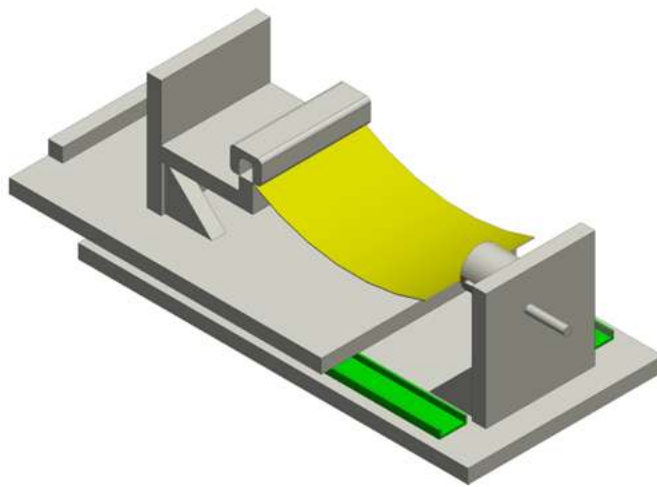
Bu işlem sonrasında kullanım sırasındaki sıkma etkisini tüm numunelerde aynı biçimde sağlamak için geliştirilen sıkma cihazında sıkma işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.9’da görüldüğü gibi, numuneler sıkma cihazının sıkıştırma başlıkları arasına yerleştirilmiş ve her numune için kol 9 defa çevrilerek sıkma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırma kafalarının raylı sistem üzerine yerleştirilmesi ile numunenin gerilmesi ve zarar görmesi engellenmiştir. Yıkama işlemi sonrasında numuneler yatay biçimde serbest halde atmosfer şartlarında kurutulmuştur.



(a) Numunenin takılması



(b) Sıkma işlemi



(c) Sabit sıkma için geliştirilen aparatın teknik çizimi

Şekil 2.9. Sabit sıkma işleminin uygulanması ve geliştirilen aparat

Farklı nano partiküllerle, farklı konsantrasyon ve uygulama biçimiyle üretilen numunelerin yıkanmamış ve 10 ile 20 defa yıkanmış halleri ile birlikte 36 adet numune elde edilmiş ve numuneler Tablo 2.3'teki gibi kodlanmıştır. Kodlardaki E emdirme yöntemini, P püskürtme yöntemini ifade etmektedir. Örneğin, Ag0,1-E-10 %0,1 oranında gümüş nano partikülün emdirme yöntemi ile uygulandığı ve 10 defa yıkanmış numuneyi ifade etmektedir.

Tablo 2.3. Numunelerin kodları

Uygulama Yapılmış Yıkanmamış Numuneler	10 Defa Yıkanmış Numuneler	20 Defa Yıkanmış Numuneler
Ag 0,1-E	Ag 0,1-E-10	Ag 0,1-E-20
Ag 0,3-E	Ag 0,3-E-10	Ag 0,3-E-20
Ag 0,5-E	Ag 0,5-E-10	Ag 0,5-E-20
Ag 0,5-P	Ag 0,5-P-10	Ag 0,5-P-20
Cu 0,1-E	Cu 0,1-E-10	Cu 0,1-E-20
Cu 0,3-E	Cu 0,3-E-10	Cu 0,3-E-20
Cu 0,5-E	Cu 0,5-E-10	Cu 0,5-E-20
Cu 0,5-P	Cu 0,5-P-10	Cu 0,5-P-20
Zn 0,1-E	Zn 0,1-E-10	Zn 0,1-E-20
Zn 0,3-E	Zn 0,3-E-10	Zn 0,3-E-20
Zn 0,5-E	Zn 0,5-E-10	Zn 0,5-E-20
Zn 0,5-P	Zn 0,5-P-10	Zn 0,5-P-20

2.2.4. Numunelerin Özelliklerinin Tespiti

2.2.4.1. Gramaj ve Kalınlık Tayini

Çalışmada üretilen numunelerin gramajları ölçülmeden önce numuneler 24 saat boyunca atmosfer koşullarında kondüsyonlanmış, daha sonra WSP 130.1R4 standardı takip edilerek gramaj değerleri ölçülmüştür. Her numuneden 3 ölçüm alınarak ortalamalar ve %CV değerleri hesap edilmiştir.

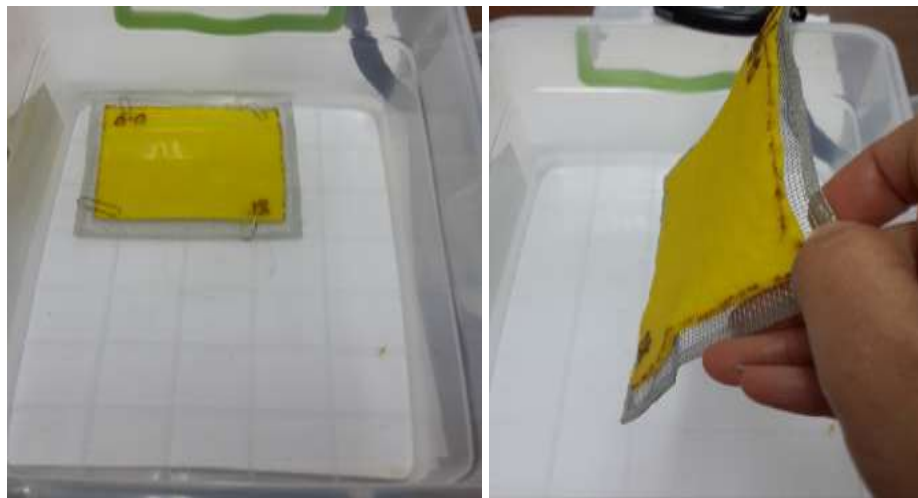
Kalınlık dokusuz yüzeyin yapısının sıklığını ve hacimsel özelliklerini açıklamak için önemli bir parametre olduğundan, kalınlık ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kondüsyonlanan numunelerin kalınlıkları WSP 120.6.R4 standardı esas alınarak ve Elastocan EV 07B marka dijital kalınlık cihazı (Şekil 2.10) kullanılarak tayin edilmiştir. Her numuneden alınan 3 ölçüm sonucunun ortalaması alınmış, %CV değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 2.10. Kalınlık tayin cihazı

2.2.4.2. Sıvı Emme Kapasitesi Tayini

Belirli bir süre sıvı içerisinde bekletilen 1 gram dokusuz yüzey numunesinin yapısında tutacağı sıvı miktarı sıvı emme kapasitesi olarak nitelendirilmekte ve temizlik amaçlı kullanılan numuneler için önemli bir özellik olmaktadır. Çalışmada nano partikül uygulamasının numunelerin sıvı emme kapasitesine etkisini belirlemek için emme kapasitesi tayini testi WSP 010.1.R3 standardı esas alınarak uygulanmıştır. Öncelikle numunelerin sıvı ile muamele edilmeden önce kuru ağırlıkları (M_k , g) belirlenmiştir. Daha sonra numuneler destekli şekilde saf su bulunan kaptaki 60 ± 1 saniye bekletilmiş, direnaja için 120 ± 3 saniye dik olarak tutulmuştur (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Sıvı emme kapasitesi tayininin uygulanması

Sonrasında numuneler tekrar tartılmış ve numunelerin sıvı emmiş haldeki ağırlıkları (M_n , g) belirlenmiştir. Numunelerin sıvı emme kapasitesi (g/g)

$$SEK = \frac{M_n - M_k}{M_k}$$

(2.1)

olarak hesaplanmıştır. Test sonuçlarının ortalamaları alınmış, %CV değerleri hesap edilmiştir.

2.2.4.3. Aşınma Dayanımı Tayini

Temizlik bezi olarak kullanılacak olan numunelerin aşınma dayanımının tayin edilmesi kullanım ömrünün belirlenmesi bakımından önemli olmaktadır. Nano partikül uygulaması sonrasında aşınma dayanımları test edilerek uygulamaların numunelerin kullanım ömrüne etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Numunelere ISO 12947-2:1998 standardı takip edilerek James H. Heal marka Nu-Martindale aşınma ve pilling cihazında (Şekil 2.12) aşınma dayanımı testi tatbik edilmiştir. Kondüsyonlama sonrasında, her tür kumaştan 3'er numune cihaza yerleştirilmiş, kumaş yüzeyinde çapı 0.5 mm olan ilk deliğin oluştuğu devir sayısı tespit edilmiş ve sonuçların ortalamaları ile % CV değerleri hesaplanmıştır.

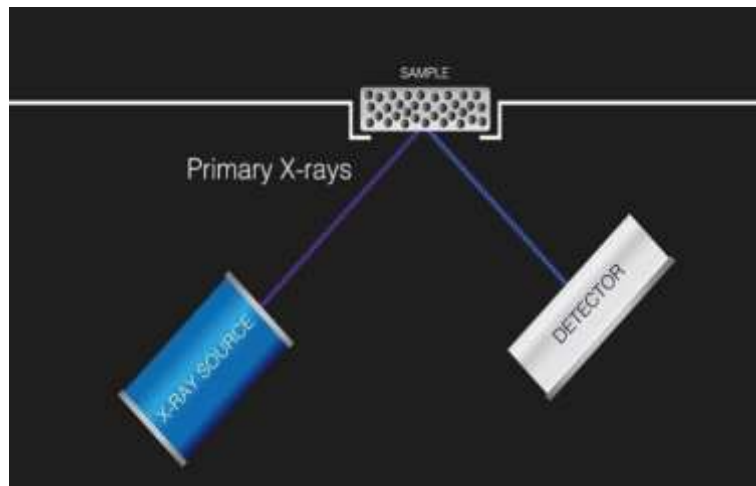


Şekil 2.12. James H. Heal Nu-Martindale aşınma ve pilling cihazı

2.2.4.4. X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) ile Madde Analizi

X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF); birçok materyalin elementel içeriğini nitel ve nicel olarak belirlemede kullanılan yaygın bir madde analiz yöntemidir. Atom numarası 5 olan bordan atom numarası 92 olan uranyuma kadar bütün elementlerin; ppm (tonda gram) ile %100 arasında değişen konsantrasyonlarını analiz etme imkânına sahiptir. Katı (mineral, metal, polimer vb.), ince film, sıvı (su, yağ, petrol vb.), toz gibi birçok formdaki malzemeler; standart numune biçimi ile miktarına gerek duyulmadan, ekonomik, basit, hızlı ve tahribatsız biçimde analiz edilebilmektedir.

Cihaz; analiz edilecek numune üzerine X- ışınlarını gönderiminin sağlandığı X ışını kaynağından ve numuneden yansıyan ışınları toplayıp analiz eden detektör ve bilgisayar kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 2.13). X-ışınları kaynağından çıkan ışınlar, analizi yapılacak numune üzerine birincil X-ışınlarını göndermekte, numunenin atomları ile etkileşen ışınlar; atomun iç kabuğundan bir elektronun düşük enerji seviyesinden atılmasına neden olmaktadır. Kararsız hale gelen atom, kararlılığı sağlamak için, daha yüksek bir enerji seviyesinden bir elektron bu boşluğa atlamakta, bu hareket sırasında salınan aşırı enerji numuneden yansıyan ikincil X-ışınlarını oluşturmaktadır. Bu ışınlar elementin karakteristiği olup ışınların dalga boyları sabittir ve elementlerin ayırt edilmesine yardımcı olmaktadır. Oluşan ışınların dalga boyunun belirlenmesi ile numunenin element cinsleri nitel olarak belirlenirken, oluşan enerjinin pik alanı veya yoğunluğu, numunedeki elementin miktarı ya da konsantrasyonu nicel olarak tespit edilmektedir [58,59,60];.



Şekil 2.13. XRF çalışma prensibi [59]

Çalışmadaki farklı tür ve konsantrasyonda nano partikül eklenmiş dokusuz yüzeylerin yıkama öncesi ve sonrasında üzerinde barındırdığı gümüş, bakır ve çinko partikül miktarları (%) ve bu elemntlere ait enerji piklerinin grafikleri Şekil 2.14'te görülen Axios Advanced (PANalytical B.V.; Hollanda) marka XRF cihazında analiz edilmiştir.



Şekil 2.14. Çalışmada kullanılan XRF cihazı

2.2.4.5. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve EDX Analizi

Taramalı elektron mikroskobuna eklenen Enerji Dispersiv Spektrum (EDS) kısmı ile; XRF cihazında olduğu gibi, analiz edilecek numune üzerine yönlendirilen yüksek enerjili X ışınları ile malzeme içerisindeki atomlar iyonize edilmektedir. Bu halde numunede oluşan karakteristik X-ışınları değerlendirilerek numune içeriğinde yer alan elementlerin türü ve miktarı belirlenebilmektedir. Ayrıca sadece ilgi duyulan elementin iki boyutlu dağılımını gösteren X-ışını haritası da çıkarılabilmektedir [61].

Farklı yöntemlerle nano partikül uygulanmış dokusuz yüzeylerin yüzey özelliklerinin incelenmesi için ZEISS Gemini 500-71-08 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Germany) model Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır (Şekil 2.15). Numunelerin yüzeyi analizi öncesinde altın ile kaplanarak iletken hale getirilmiştir. Yapılan incelemeler ile kumaş yapısında nano partikül medde varlığı ve dağılımı gösterilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, taramalı elektron mikroskobuna eklenmiş EDAX marka Elect Super Model (Ametek, USA) EDS detektörü aracılığıyla numunelerdeki nano partikül dağılımının haritası da çıkarılmıştır.



Şekil 2.15. Analizlerde kullanılan EDS eklenmiş taramalı elektron mikroskobu

2.2.4.6. Numunelerin Antibakteriyel Aktive Tayini

Tez çalışması kapsamında emdirme ve püskürtme yöntemleriyle farklı nano partikül (gümüş, bakır, çinko) uygulanmış numunelerin yıkama öncesi ve sonrasında antibakteriyel etkinlikleri; ASTM E2149-01 Dinamik temas koşulları altında tekstil materyallerinin antibakteriyel aktivitesinin tayini standardı esas alınarak antibakteriyel ajanların hareketli temas şartlarında test edilmiştir. Söz konusu yöntem nicel bir yöntem olup, mamul üzerinde sabit ya da dış ortama salınabilen kimyasal madde aplikasyonlarının dinamik koşullar altında bakterilerin büyümesine karşı gösterdikleri dirençleri ölçmek için tasarlanmıştır. Çalışmada numunelerin antibakteriyel etkinlikleri gram negatif bakteri olarak *Escherichia coli* (ATCC 35218) ve gram pozitif bakteri olarak *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538)'a karşı test edilmiştir.

Testin uygulanması öncesinde; mikroorganizmalar sıvı kültür içerisinde büyütülmüş, sıvının bulanıklık katsayısı ölçülerek bakteri konsantrasyonu belirlenmiş ve seyreltme işlemleri ile istenen konsantrasyonda bakteri elde edilmiştir. Daha önceden sterilize edilmiş vidalı kapaklı cam deney tüpleri içerisine bakteri süspansiyonu yerleştirilmiştir. Biri işlem görmemiş numune olmak üzere, partikül eklenmiş ve yıkanmış numunelerden küçük parçalara ayrılmış 1gram ağırlığında numuneler deney tüplerine yerleştirilmiş (Şekil 2.16a) ve kapakları kapatılmıştır. Bu halde çalkalama inkübatöründe (Şekil 2.16b) 37°C'de 4 ve 24 saat çalkalama işlemi yapılmıştır.



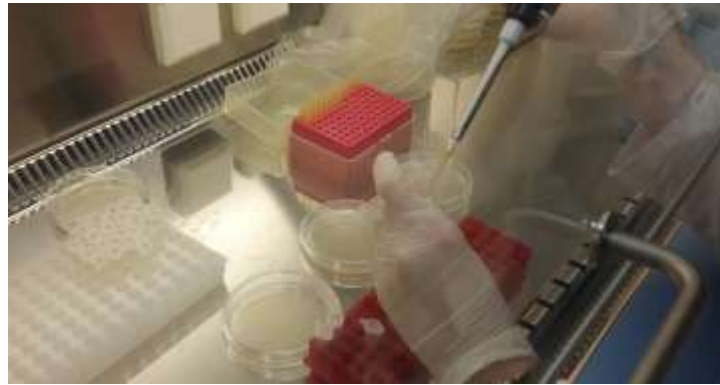
(a) numune yerleştirilmesi



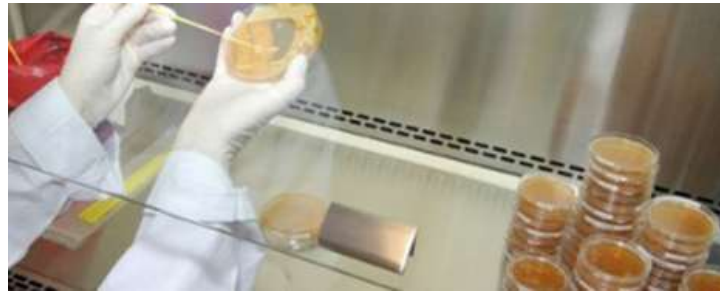
(b) çalkalama inkübatörü

Şekil 2.16. Numunelerin yerleşimi ve çalkalanması

Numunelerin bulunduğu tüplerden 1 dakika, 4 ve 24 saat çalkalama sonrası çözelti örnekleri alınmış, alınan örnekler seri seyreltme işlemi ile seyreltilerek (Şekil 2.17a) nutrient agar besi ortamı bulunan petri kapları üzerine ekim yapılmıştır (Şekil 2.17b). Petri kapları inkübatör içerisinde 37°C sıcaklıkta 48 saat bekletilmiştir. Sürenin sonunda; petri kapları üzerinde oluşan bakteri kolonileri sayılmıştır.



(a) Seyreltme işlemi



(b) Nutrient agar besi ortamına ekim işlemi

Şekil 2.17. Bakteri sayımı için seyreltme ve ekim işlemleri

1 dakika çalkalama süresi deney tüpündeki bakteri sayısı başlangıç zamanındaki bakteri sayısı A (CFU: koloni oluşturan birim sayısı); işlem görmüş numunelerin olduğu tüplerdeki bakteri sayısı B (CFU) olmak üzere; mikroorganizma sayısındaki değişim (R: %) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$R = \frac{B - A}{A} \times 100 \quad (2.2)$$

Değerin pozitif çıkması mikroorganizma sayısında artışı, negatif çıkması mikroorganizmada azalmayı ya da bir başka deyimle antibakteriyel etkinliğin var olduğunu ifade etmektedir.

3. BÖLÜM

BULGULAR

Tezin deneysel kısmında; temizlik amaçlı kullanılan dokusuz yüzey bezlerine çeşitli konsantrasyonlardaki farklı metal nano partiküllerin emdirme ve püskürtme yöntemiyle uygulanması sonucunda; bezlerin performans özelliklerindeki değişim ile bezlerin antibakteriyel özellikleri incelenmiştir. Antibakteriyel özellikler; hem uygulanan işlemler sonrasında hem de bu bezlere uygun olarak geliştirilen çoklu yıkamalar (10 ve 20 defa) sonrasında değerlendirilmiştir. Bu bölümde; numunelere uygulanan testler ile ilgili bulgulara ve tartışmalara yer verilmektedir.

3.1. Numunelerin Gramaj Sonuçları

Farklı uygulamalarla üretilen numunelerin gramaj tayini WSP 130.1R4 standardına uygun şekilde ölçülmüş olup, ölçüm sonuçları Tablo 3.1’de görülmektedir. Numuneler dokusuz yüzeylere has bölgesel farklılık gösterdiğinden işlem görmüş numunelerin gramajının farklı çıktığı düşünülmektedir.

Tablo 3.1. Numunelerin gramaj tayinine ait sonuçlar

Numuneler	Ölçümler	Ortalama (g/m ²)	Standart Sapma	CV(%)	
İşlemsiz	1	147,85	162,06	13,67132	8,44
	2	175,12			
	3	163,21			
Ag 0,1-E	1	158,42	167,25	9,39	5,61
	2	177,12			
	3	166,21			
Ag 0,3-E	1	178,94	169,77	8,48	4,99
	2	162,21			
	3	168,12			

Tablo 3.1'in devamı

Numuneler	Ölçümler	Ortalama (g/m ²)	Standart Sapma	CV(%)	
Ag 0,5-E	1	160,12	165,80	5,62	3,39
	2	171,36			
	3	165,92			
Ag 0,5-P	1	157,69	163,91	6,05	3,69
	2	169,77			
	3	164,28			
Cu 0,1-E	1	185,43	177,77	8,09	4,56
	2	169,29			
	3	178,52			
Cu 0,3-E	1	148,83	163,23	13,17	8,07
	2	174,65			
	3	166,21			
Cu 0,5-E	1	156,72	169,78	16,26	9,58
	2	164,63			
	3	187,99			
Cu 0,5-P	1	187,16	173,28	21,95	12,67
	2	184,71			
	3	147,98			
Zn 0,1-E	1	152,68	168,24	15,05	8,95
	2	182,72			
	3	169,33			
Zn 0,3-E	1	163,82	165,91	7,84	4,73
	2	174,58			
	3	159,32			
Zn 0,5-E	1	161,12	174,77	12,11	6,93
	2	184,24			
	3	178,95			
Zn 0,5-P	1	181,24	170,68	10,92136	6,398734
	2	171,37			
	3	159,43			

3.2. Numunelerin Kalınlık Sonuçları

WSP 120.6.R4 standardı esas alınarak Elastocan EV 07B marka dijital kalınlık cihazıyla ölçülen kalınlık değerleri Tablo 3.2'de görülmektedir. Genel olarak; kalınlık değerlerinin emdirme işlemi uygulanmış numunelerde; işlem görmemiş numunelere ve püskürtme işlemi uygulanmış numunelere oranla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun, emdirme işlemi sırasında sıkma işlemi için yapıya uygulanan basınçtan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 3.2. Numunelerin kalınlık tayinine ait sonuçlar

Numuneler	Ölçümler		Ortalama (mm)	Standart Sapma	CV (%)
	1	2			
İşlemsiz	1	2,268	2,185	0,191	8,74
	2	1,967			
	3	2,321			
Ag 0,1-E	1	1,491	1,624	0,197	12,18
	2	1,531			
	3	1,852			
Ag 0,3-E	1	1,652	1,667	0,031	1,88
	2	1,703			
	3	1,646			
Ag 0,5-E	1	1,497	1,631	0,194	11,92
	2	1,854			
	3	1,542			
Ag 0,5-P	1	2,223	2,122	0,108	5,12
	2	2,007			
	3	2,138			
Cu 0,1-E	1	1,519	1,607	0,095	5,92
	2	1,708			
	3	1,594			
Cu 0,3-E	1	1,808	1,634	0,153266	9,377864
	2	1,518			
	3	1,577			
Cu 0,5-E	1	1,735	1,666	0,061	3,71
	2	1,616			
	3	1,647			
Cu 0,5-P	1	2,304	1,904	0,361	18,93
	2	1,804			
	3	1,604			
Zn 0,1-E	1	1,745	1,668	0,074144	4,44
	2	1,663			
	3	1,597			
Zn 0,3-E	1	1,513	1,548	0,325	21,05
	2	1,241			
	3	1,89			
Zn 0,5-E	1	1,656	1,759	0,170666	9,702464
	2	1,956			
	3	1,665			
Zn 0,5-P	1	2,085	2,141	0,133147	6,218895
	2	2,293			
	3	2,045			

3.3. Numunelerin Yoğunluk Sonuçları

Dokusuz yüzeylerin yapısal olarak sıkı ya da gevşek yapıda olup olmadığının göstergesi olan yoğunluk özelliği (g/cm^3); ölçülen gramaj ($W;\text{gr/m}^2$) ve kalınlık ($t;\text{mm}$) değerleri esas alınarak aşağıdaki formülle hesaplanmış, Tablo 3.3'te gösterilmiştir.

$$d = \frac{W}{1000 * t}$$

Yoğunluk verileri ele alındığında; emdirme işleminde uygulanan basınç etkisi ile emdirme işlemi uygulanmış numunelerin yoğunluklarının püskürtme uygulanmış numunelere göre daha çok arttığı görülmektedir.

Tablo 3.3. Numunelerin hesaplanmış yoğunluk değerleri

Numuneler	Gramaj (g/m^2)	Kalınlık (mm)	Yoğunluk (g/cm^3)
İşlemsiz	162,06	2,185	0,074158
Ag 0,1-E	167,25	1,625	0,102944
Ag 0,3-E	169,77	1,667	0,101834
Ag 0,5-E	165,80	1,631	0,101655
Ag 0,5-P	163,91	2,122	0,07722
Cu 0,1-E	177,75	1,607	0,110608
Cu 0,3-E	163,23	1,634	0,099876
Cu 0,5-E	169,78	1,666	0,101909
Cu 0,5-P	173,28	1,904	0,09101
Zn 0,1-E	168,24	1,668	0,100845
Zn 0,3-E	165,91	1,548	0,107175
Zn 0,5-E	174,77	1,759	0,099358
Zn 0,5-P	170,68	2,141	0,07972

3.4. Numunelerin Sıvı Emme Kapasitesi Sonuçları

WSP 010.1.R3 standardı takip edilerek ölçülen ve 1 gram numunenin emebildiği sıvı miktarını gösteren sıvı emme kapasitesine ilişkin veriler Tablo 3.4'te gösterilmektedir. İşlem görmemiş numunelerin sıvı emme kapasitesinin işlem görmüş olanlara oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu numunelerin yoğunluğu daha az olduğundan, yapıda bulunan daha fazla miktardaki boşluklarca daha fazla sıvının hapsedildiği düşünülmektedir. Bunun yanında; işlem görmemiş numunede takip eden aşamalarda ısıtılma işlemi uygulanacağı için, standart üretim prosedüründeki ısıtılma işlemi uygulanmamış olup, bu işlemle de sıvı emme kapasitesinin azalarak buradaki işlem görmüş numunelerle benzer seviyelere geleceği düşünülmektedir.

Tablo 3.4. Numunelerin sıvı emme kapasitesi değerleri

Numuneler	Ölçümler				Ortalama (g/g)	Standart Sapma	CV (%)
		Kuru Ağ. (g)	Islak Ağ. (g)	S. Emme Kap. (g/g)			
İşlemsiz	1	4,97	60,05	11,081	11,681	0,556	4,75
	2	4,95	63,26	11,784			
	3	4,33	57,10	12,178			
Ag 0,1-E	1	3,75	33,48	7,9398	6,860	1,076	15,68
	2	4,11	32,26	6,8507			
	3	4,53	30,73	5,788			
Ag 0,3-E	1	3,97	30,91	6,793	7,182	0,348	4,83
	2	3,68	31,16	7,461			
	3	4,12	34,12	7,291			
Ag 0,5-E	1	3,52	27,63	6,846	6,286	0,643	10,22
	2	4,12	30,62	6,427			
	3	4,08	26,88	5,584			
Ag 0,5-P	1	2,23	25,43	10,422	10,950	0,510	4,65
	2	2,17	26,06	10,989			
	3	3,58	44,55	11,440			
Cu 0,1-E	1	3,46	27,18	6,8536	7,1822	0,289	4,02
	2	3,22	27,05	7,3975			
	3	3,23	26,83	7,2955			
Cu 0,3-E	1	3,56	25,50	6,1705	6,131	0,378	6,15
	2	3,42	25,64	6,4872			
	3	3,65	24,56	5,735			
Cu 0,5-E	1	3,64	20,73	4,702	5,478	1,015	18,53
	2	3,27	24,94	6,627			
	3	3,39	20,70	5,104			
Cu 0,5-P	1	2,19	24,22	10,012	10,423	0,356	3,41
	2	2,02	23,55	10,645			
	3	2,04	23,68	10,612			
Zn 0,1-E	1	3,54	27,27	6,699	6,028	0,737	12,23
	2	3,52	25,22	6,147			
	3	3,18	19,89	5,239			
Zn 0,3-E	1	3,38	22,99	5,798	5,813	0,117	2,01
	2	2,86	19,88	5,937			
	3	2,89	19,38	5,705			
Zn 0,5-E	1	3,16	26,00	7,228	7,092	0,725	10,22
	2	3,46	30,29	7,739			
	3	3,69	26,99	6,308			
Zn 0,5-P	1	2,02	23,88	10,825	10,791	0,284	2,63
	2	2,31	27,82	11,058			
	3	2,71	31,19	10,492			

Ayrıca; emdirme yöntemiyle nano partikül uygulanan numunelerin sıvı emme kapasitesinin, püskürtme ile uygulananlara nispeten daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun, emdirme işlemi sırasında uygulanan sıkma işlemindeki basınçla bu

numunelerin daha sıkı yapılı hale gelmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Emdirme uygulanmış numunelerin yoğunluğunun daha yüksek olması da bu sonuçları desteklemektedir.

3.5. Numunelerin Aşınma Dayanımı Sonuçları

Numunelerin ISO 12947-2:1998 standardı takip edilerek aşınma dayanımı tespit edilmiş olup numunelerde delik oluşturan aşınma devri belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 3.5'te verilmektedir. Literatürden benzer özelliklerdeki dokusuz yüzeylerin aşınma dayanımında; yapının hacimli ve daha kalın olmasının etkili olduğu, daha kalın ve gevşek yapılı dokusuz yüzeylerde aşınma dayanımının yüksek olduğu belirtilmektedir. Gevşek yapılı dokusuz yüzeylerde aşındırma hareketleri üst yüzeydeki katmanın sıkı hale gelmesini sağlamakta ve aşınma etkisinin alt katmanlara erişmesini engellemektedir. Kalınlığın da fazla olması dolayısıyla numunelerin aşınma ile delinmesi zorlaşmaktadır. Tablo incelendiğinde; işlem görmemiş numunelerin aşınma dayanımının işlem görmüş olanlara kıyasla bir nebze daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun; işlem görmemiş numunelerin daha hacimli, gevşek yapısı ve daha kalın olması sonucu gerçekleştiği düşünülmektedir. İşlem görmemiş numunede takip eden aşamalarda ısı işlem uygulanacağı için, standart üretim prosedüründeki ısı işlem uygulanmamış olup, bu işlemle de aşınma dayanımının azalarak buradaki işlem görmüş numunelerle benzer seviyelere geleceği tahmin edilmektedir.

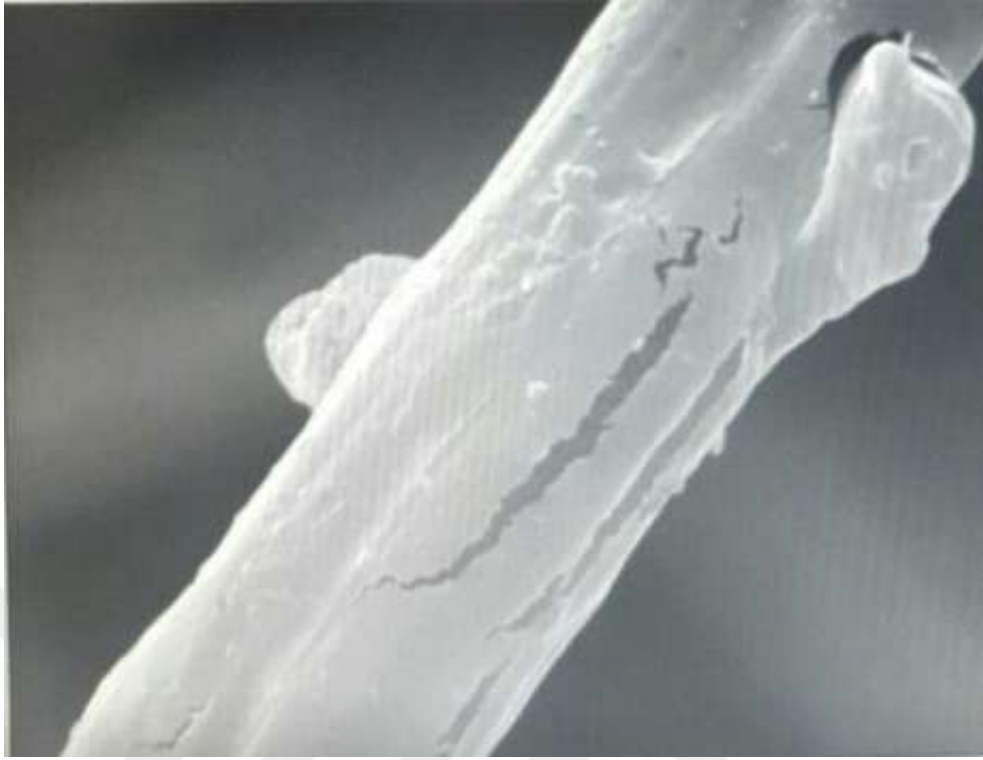
İşlem görmüş numuneler ele alındığında; genel olarak emdirme yöntemi uygulanan numunelerin aşınma dayanımlarının, püskürtme yöntemiyle işlem görenlere göre daha düşük çıktığı görülmektedir. Emdirmeyle partikül uygulanan numuneler daha sıkı yapı gösterdiğinden ve daha ince olduklarından aşınma devirleri ile daha çabuk delik oluştuğu düşünülmektedir. Ayrıca; farklı türdeki nano parçacık uygulamalarındaki aşınma dayanımı farklılıklarının işlemden kaynaklı olmadığı, dokusuz yüzeylerin kendine bölgesel farklılıklarından ötürü olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 3.5. Numunelerin aşınma dayanımı değerleri

Numuneler	Ölçümler		Ortalama (devir)	Standart Sapma	CV (%)
İşlemsiz	1	22.000	17666,67	3785,93	21,43
	2	16.000			
	3	15.000			
Ag 0,1-E	1	11.500	12700	2165,64	17,05
	2	11.400			
	3	15.200			
Ag 0,3-E	1	10.200	11900	1931,32	16,23
	2	11.500			
	3	14.000			
Ag 0,5-E	1	13.000	13333,33	577,35	4,33
	2	13.000			
	3	14.000			
Ag 0,5-P	1	12200	15233,33	2909,18	19,10
	2	15500			
	3	18000			
Cu 0,1-E	1	10.000	11166,67	1040,83	9,32
	2	11.500			
	3	12.000			
Cu 0,3-E	1	15.000	16066,67	929,16	5,78
	2	16.500			
	3	16.700			
Cu 0,5-E	1	10000	10333,33	1040,83	10,07
	2	9.500			
	3	11.500			
Cu 0,5-P	1	15.950	14850	1948,72	13,12
	2	16.000			
	3	12600			
Zn 0,1-E	1	10.000	15333,33	5033,22	32,83
	2	16.000			
	3	20.000			
Zn 0,3-E	1	10.000	11666,67	1527,53	13,09
	2	13.000			
	3	12000			
Zn 0,5-E	1	13.000	16000	3000,00	18,75
	2	19.000			
	3	16.000			
Zn 0,5-P	1	17.500	16366,67	6870,47	41,98
	2	22.600			
	3	9000			

3.6. Numunelerin SEM EDX Görüntüleri

Taramalı elektron mikroskobu ve buna entegre Enerji Dispersiv Spektrum (EDS) kullanılarak numunelerin yüzey görüntüleri alınmış, 2 boyutta metal nano partikül dağılımlarını gösteren X-ışını haritaları çıkarılmıştır. Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3'te emdirme işlemiyle %0,5 oranında sırasıyla gümüş, bakır ve çinko nano partikül applike edilmiş dokusuz yüzeylerin görüntüleri verilmektedir. Püskürtme yöntemiyle %0,5 oranında gümüş, bakır ve çinko nano partikül uygulanmış numunelerin yüzey görüntüleri ise sırayla Şekil 3.4, 3.5 ve 3.6'da görülmektedir. Aplikasyon işlemleri öncesinde ultrasonik karıştırıcı ile uzun süre karıştırma işlemi yapılmasına rağmen; gerek nano partiküllerin düzgün dağıtmanın zorluğu, gerekse dokusuz yüzeylerin lif karışımı, kalınlık, gramaj gibi bölgesel farklılıklarından dolayı partiküller yüzeyde ancak bu biçimde dağılım gösterebilmiştir.

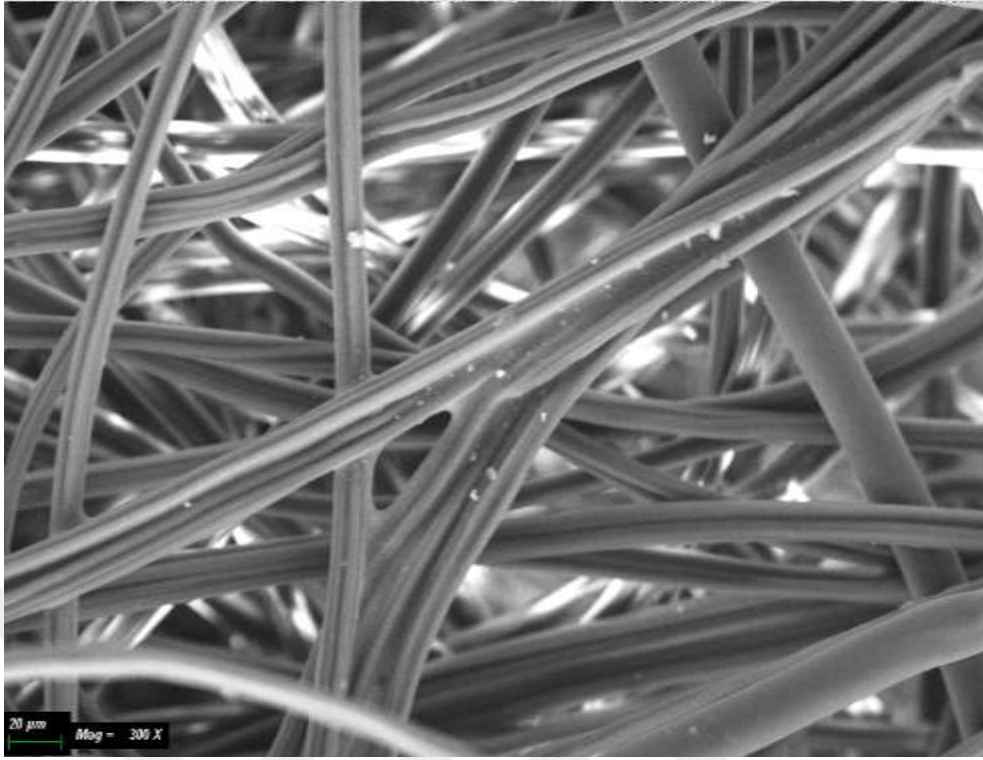


(a) SEM görüntüsü

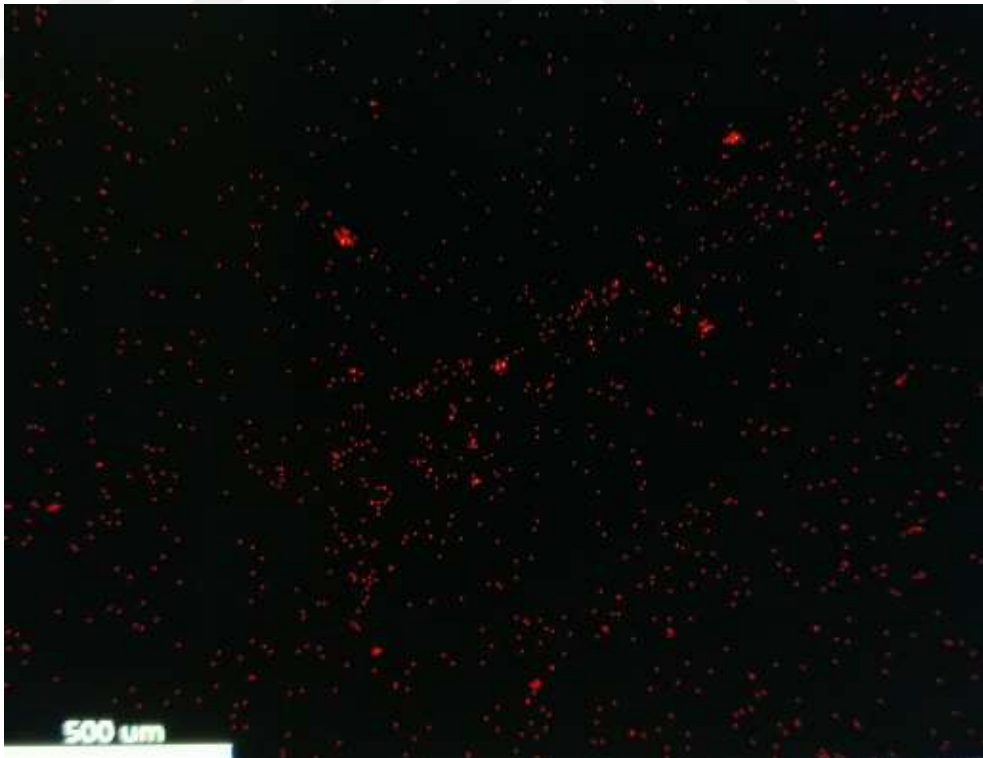


(b) X-ışını haritası

Şekil 3.1. Emdirme yöntemiyle %0,5 gümüş partikül aplike edilmiş kumaş görüntüleri

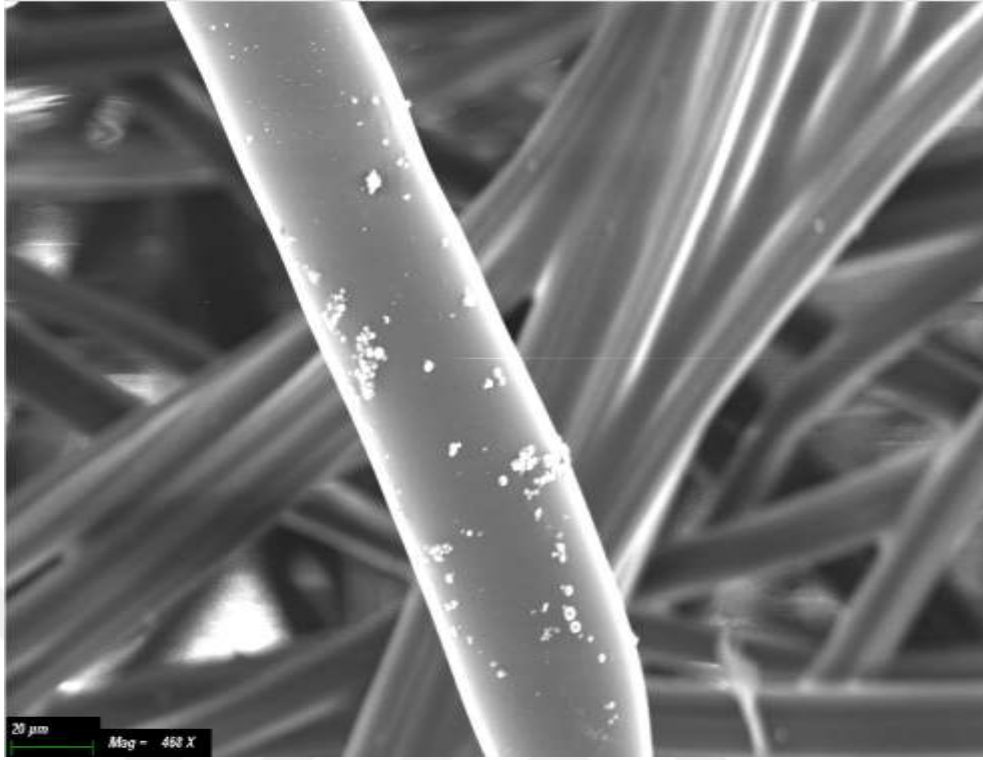


(a) SEM görüntüsü

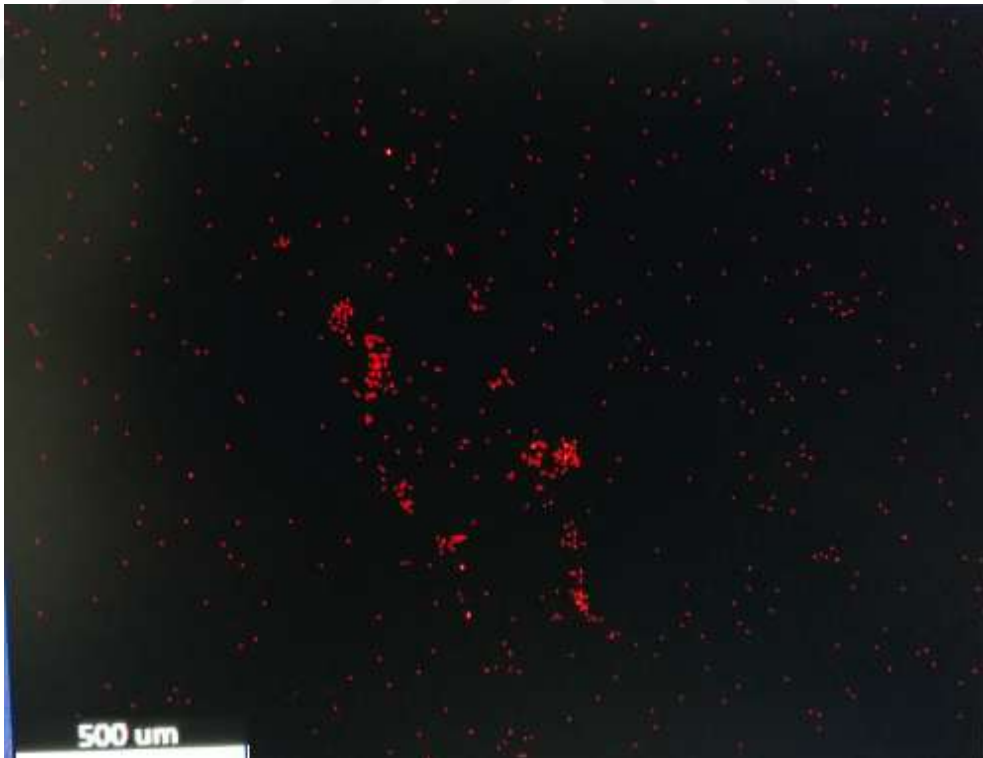


(b) X-ışını haritası

Şekil 3.2. Emdirme yöntemiyle %0,5 bakır partikül aplike edilmiş kumaş görüntüleri

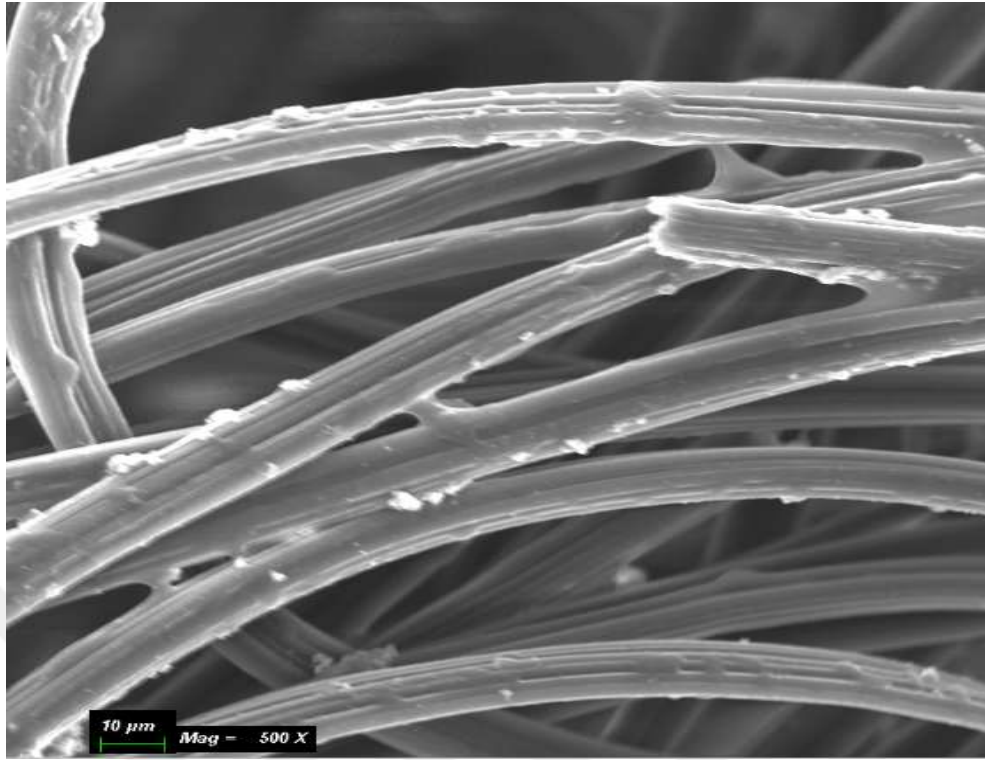


(a) SEM görüntüsü

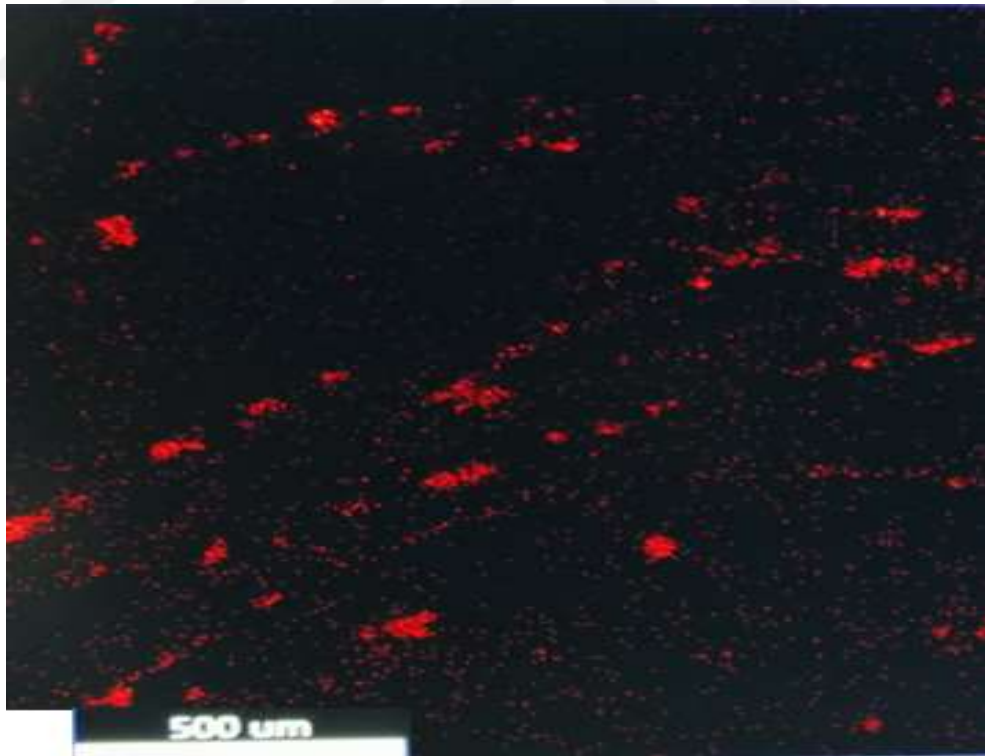


(b) X-ışını haritası

Şekil 3.3. Emdirme yöntemiyle %0,5 çinko partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri

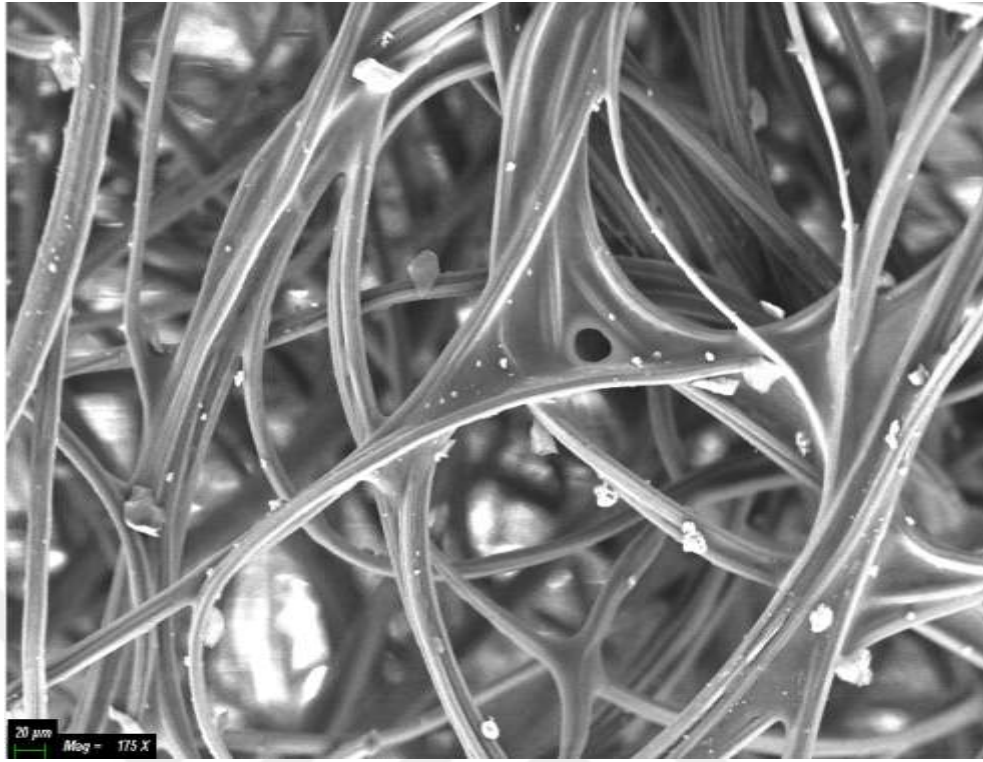


(a) SEM görüntüsü

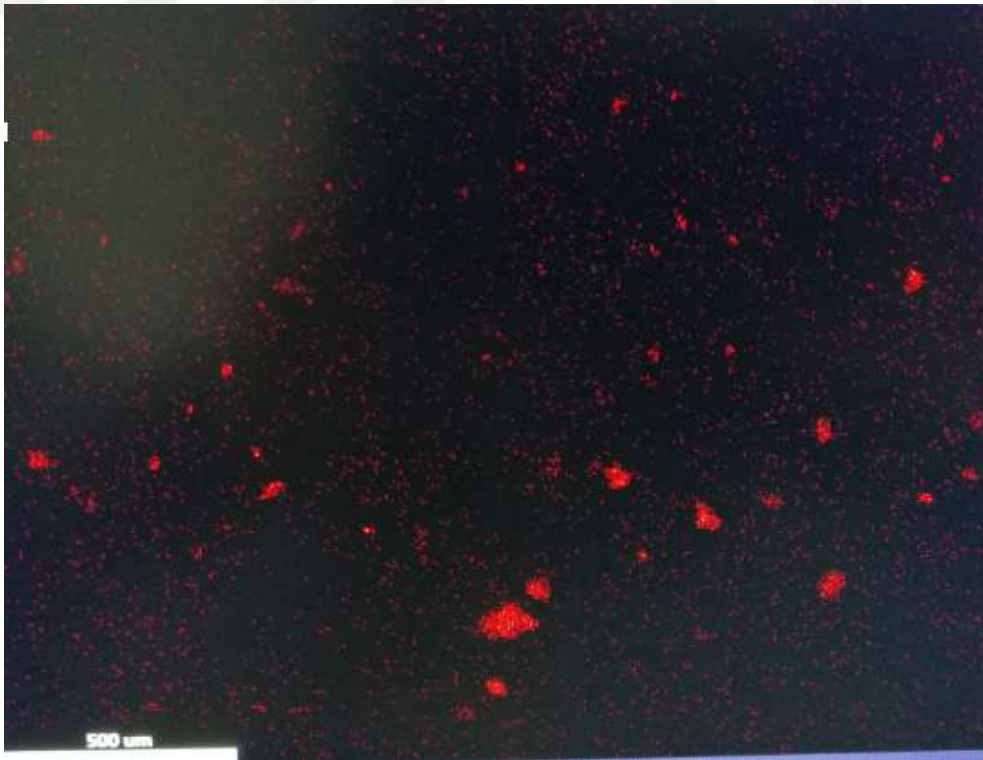


(b) X-ışını haritası

Şekil 3.4. Püskürtme yöntemiyle %0,5 gümüş partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri

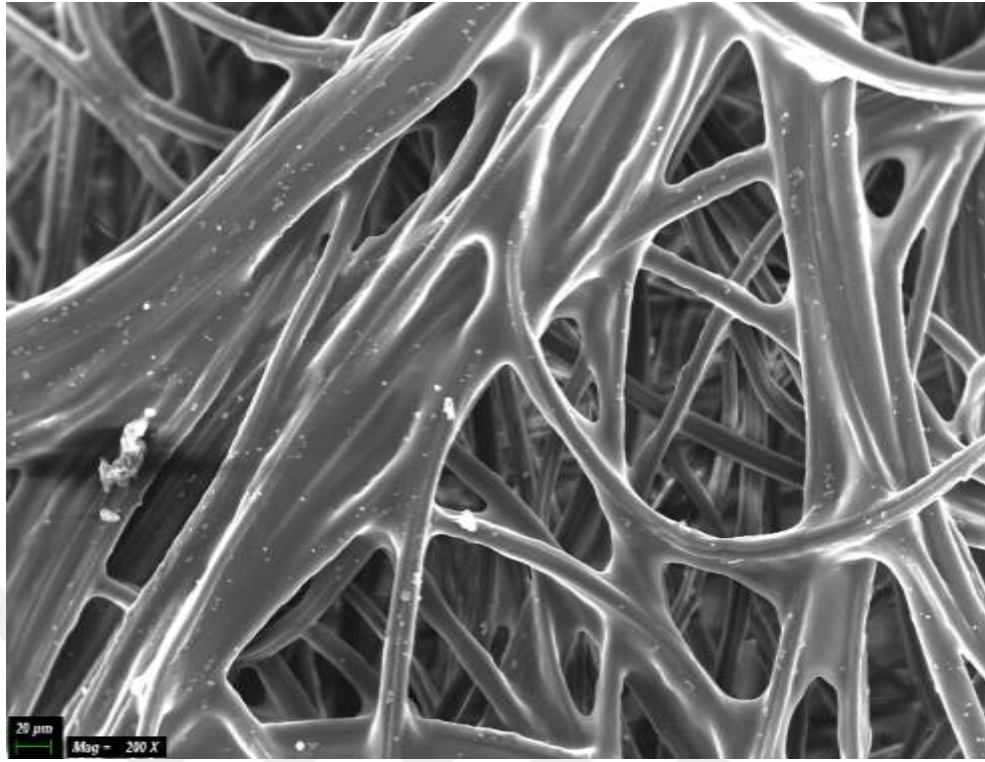


(a) SEM görüntüsü

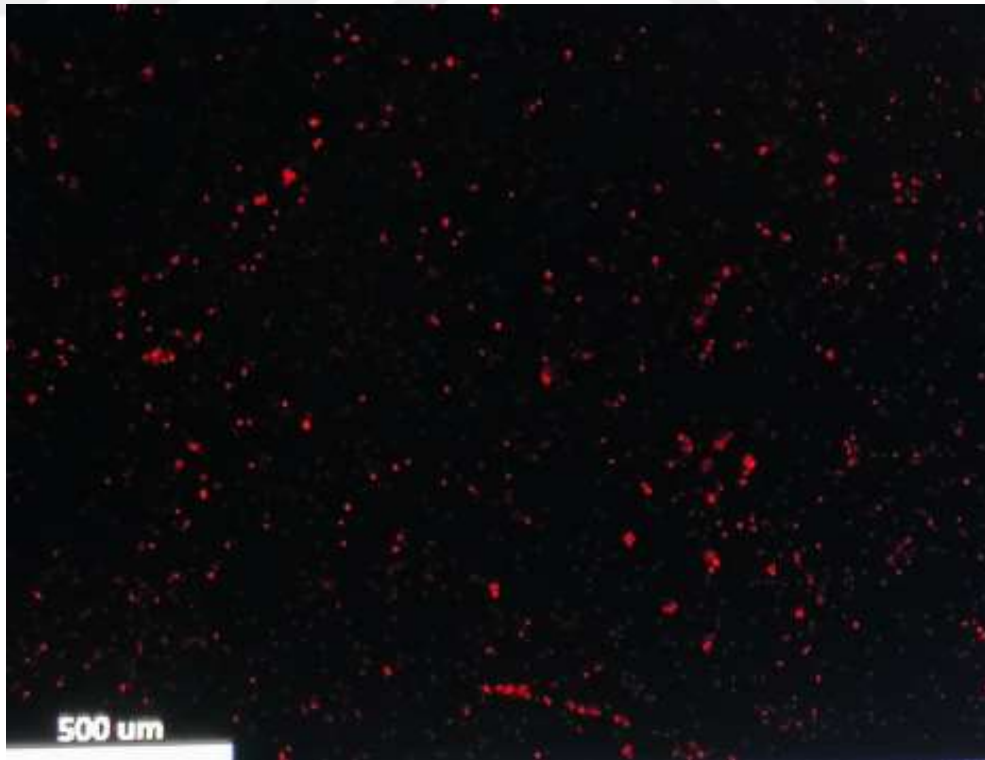


(b) X-ışını haritası

Şekil 3.5. Püskürtme yöntemiyle %0,5 bakır partikül applike edilmiş kumaş görüntüleri



(a) SEM görüntüsü



(b) X-ışını haritası

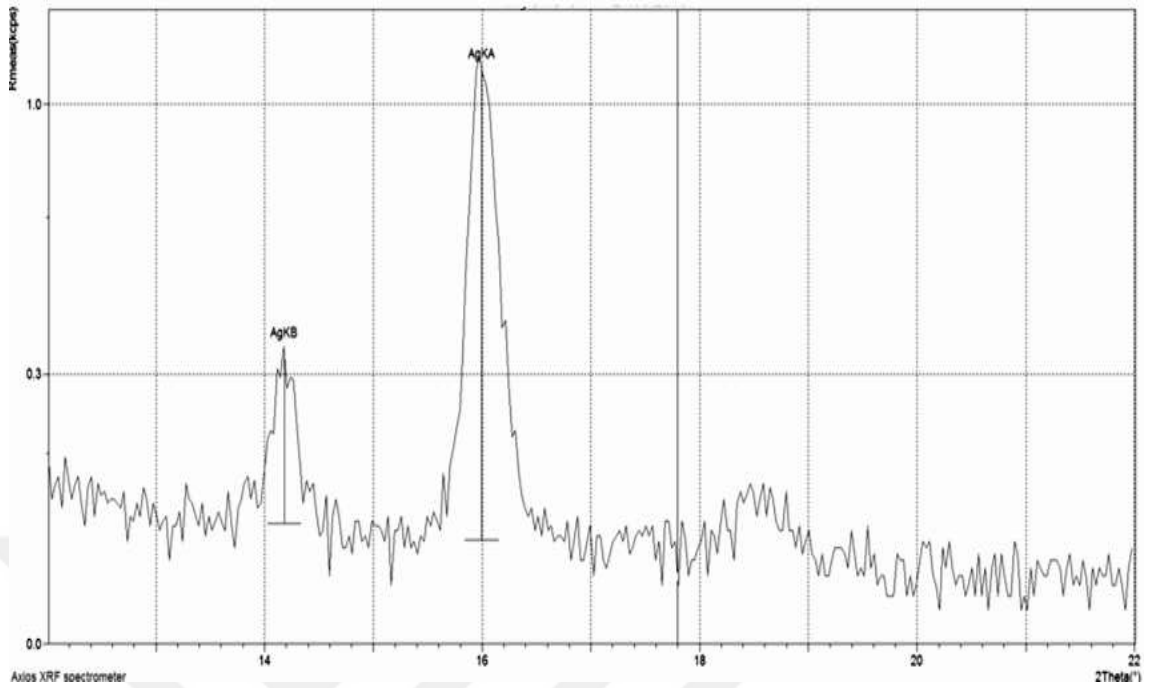
Şekil 3.6. Püskürtme yöntemiyle %0,5 çinko partikül aplike edilmiş kumaş görüntüleri

3.7. Numunelerin XRF sonuçları

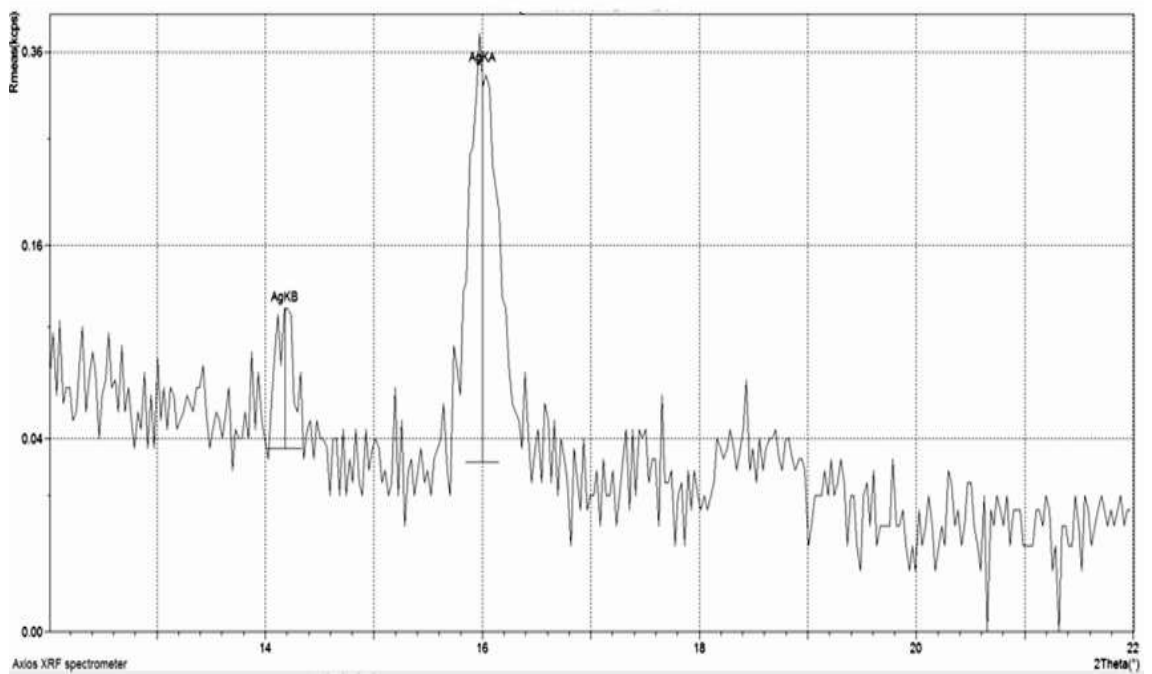
Numunelerin yüzeyindeki metal nano partikül miktarları X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF) analizi ile belirlenmiştir. Tablo 3.6'da gümüş nano parçacık uygulaması ve çoklu yıkamalar sonrasındaki numunelerin yüzeyindeki gümüş miktarları görülmektedir. Uygulanan farklı konsantrasyonlara bağlı olarak dokusuz yüzeydeki gümüş miktarının değiştiği, püskürtme işleminin 3 pasaj halinde uygulanması sonucu en fazla gümüş partikül aktarımının bu yöntemle gerçekleştiği görülmektedir. Bütün yıkama işlemleri sonrasında beklendiği gibi yüzeydeki gümüş nano partikül miktarı azalmıştır. Şekil 3.8 ile 3.18 arasında; XRF analizi sonucu elde edilen piklerin grafikleri verilmektedir. Görüldüğü gibi; bütün numunelerde yapıdaki gümüş miktarına bağlı olarak değişen büyüklüklerde gümüş pikleri bulunmaktadır.

Tablo 3.6. Gümüş nano parçacık uygulanmış numunelerin XRF sonuçları

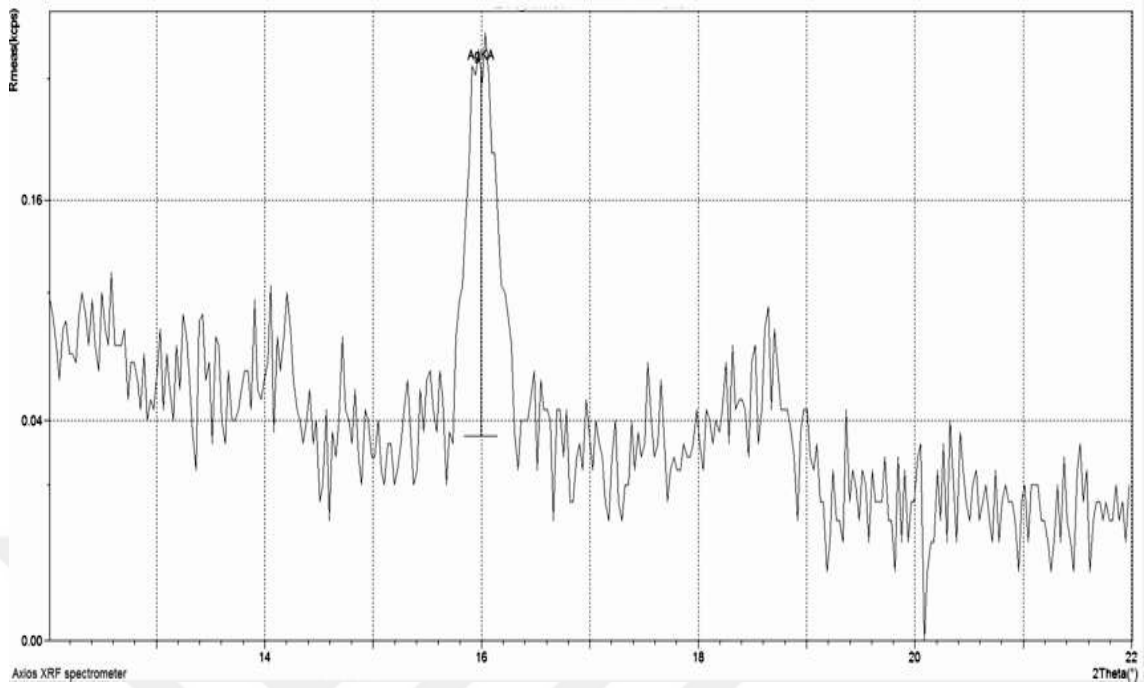
Numuneler	Gümüş nano parçacık oranı (%)	Hata (%)
Ag 0,1-E	0,1924	0,010
Ag 0,1-E-10	0,0529	0,007
Ag 0,1-E-20	0,0405	0,006
Ag 0,3-E	0,3167	0,020
Ag 0,3-E-10	0,2525	0,020
Ag 0,3-E-20	0,1436	0,010
Ag 0,5-E	0,5203	0,020
Ag 0,5-E-10	0,2936	0,020
Ag 0,5-E-20	0,2620	0,020
Ag 0,5-P	1,0793	0,100
Ag 0,5-P-10	0,4221	0,020
Ag 0,5-P-20	0,3247	0,020



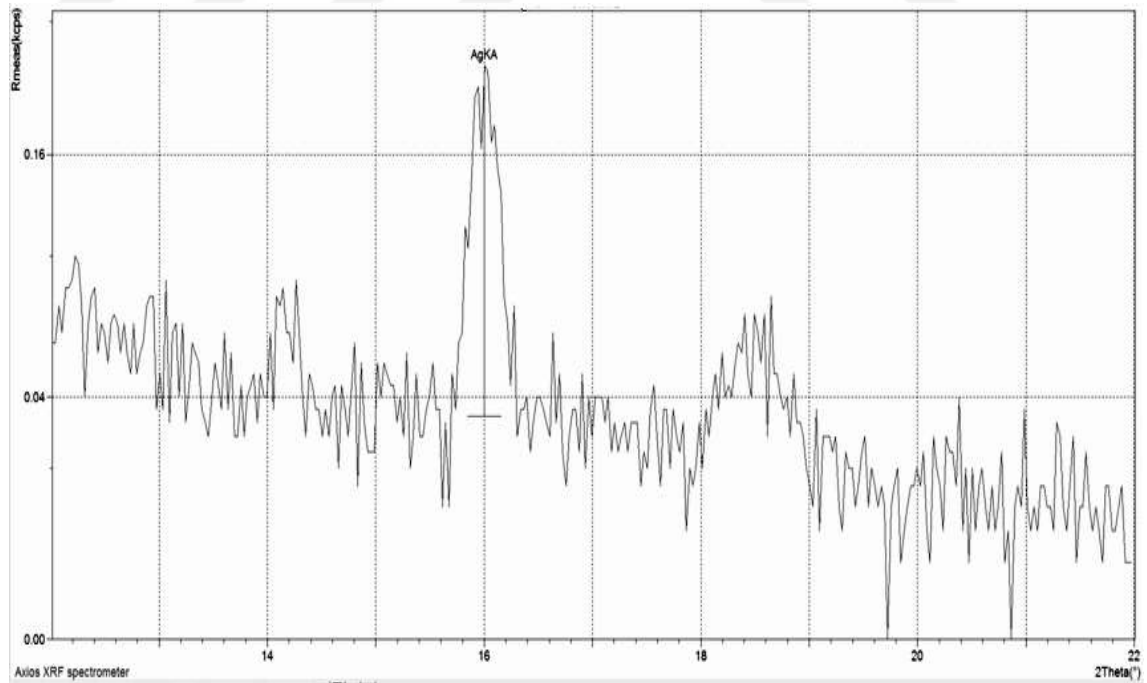
Şekil 3.7. Emdirme ile %0,1 gümüş nano parçacık uygulanmış numune



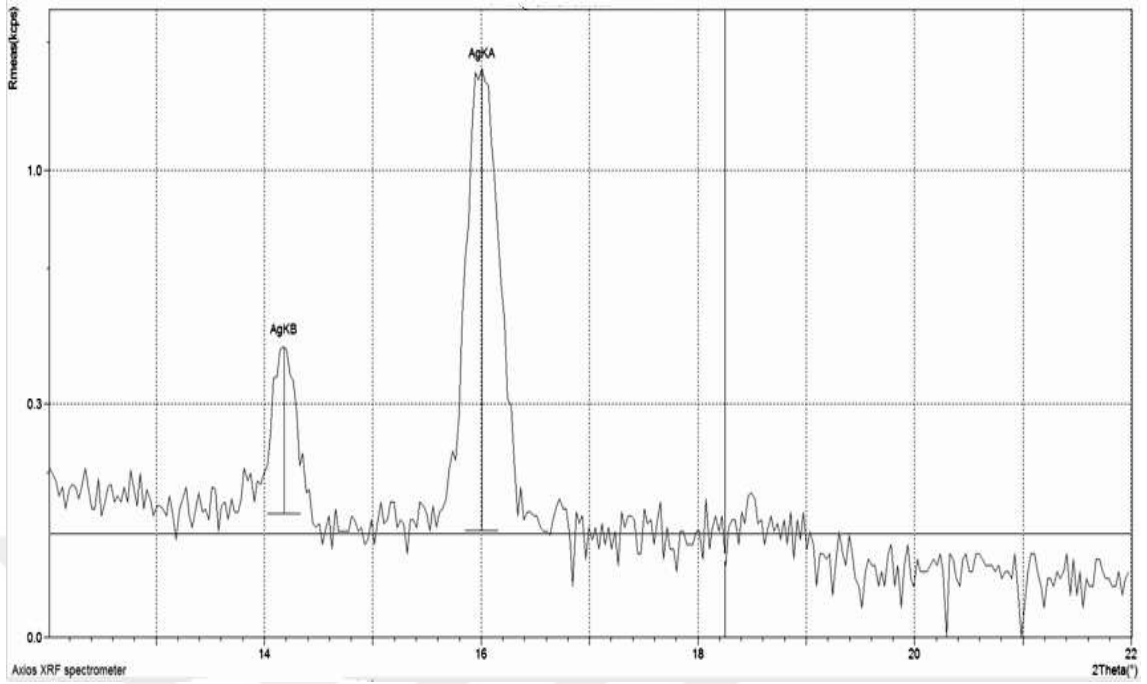
Şekil 3.8. Emdirme ile % 0,1 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



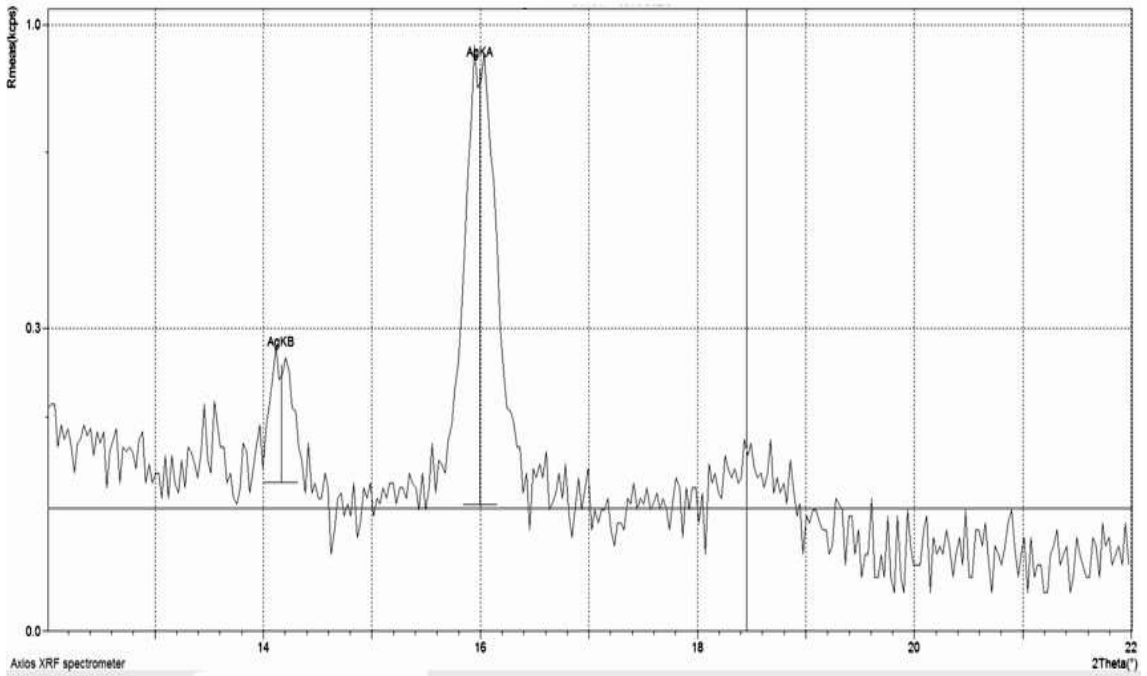
Şekil 3.9. Emdirme ile % 0,1 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



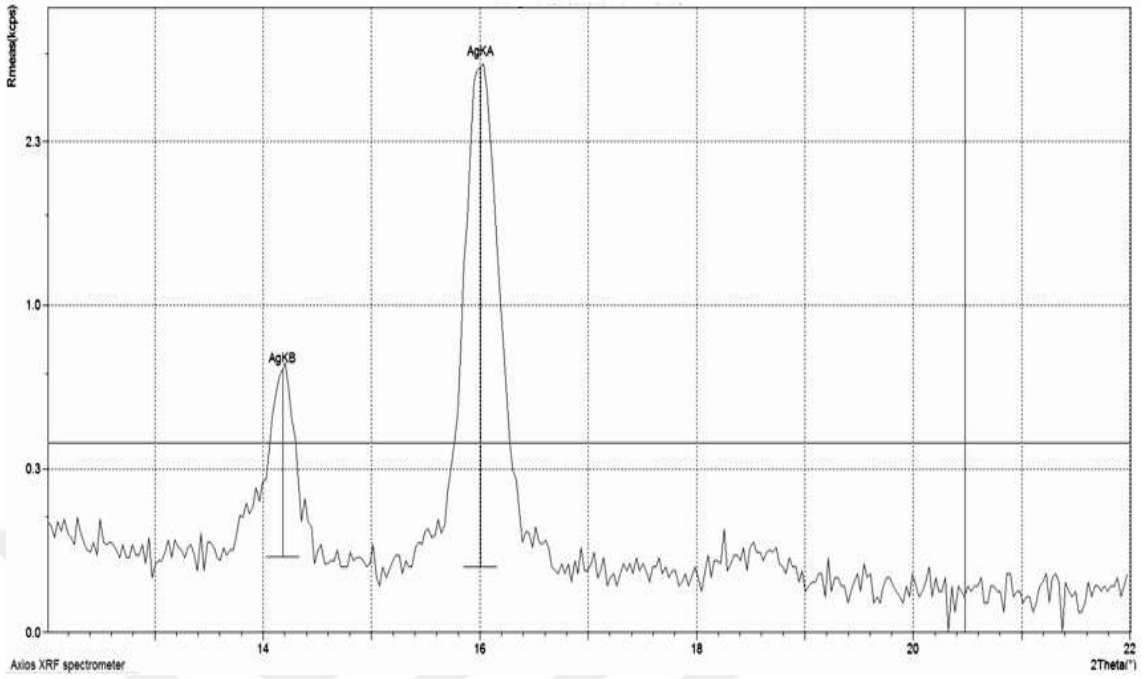
Şekil 3.10. Emdirme ile % 0,3 gümüş nano parçacık uygulanmış numune



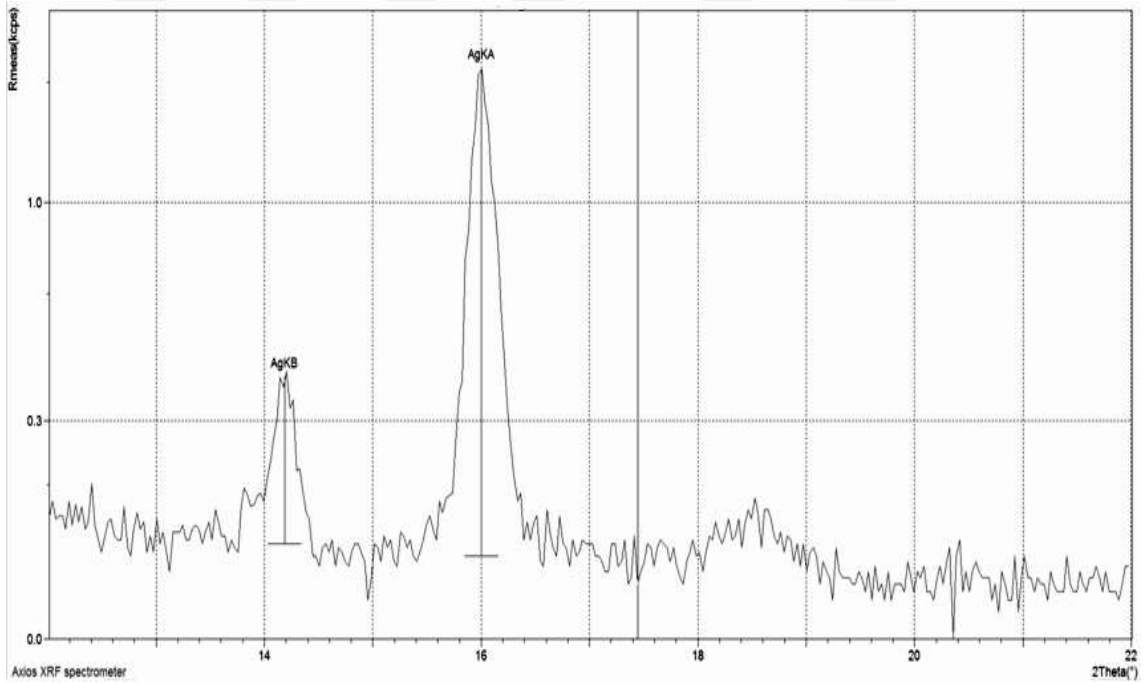
Şekil 3.11. Emdirme ile % 0,3 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



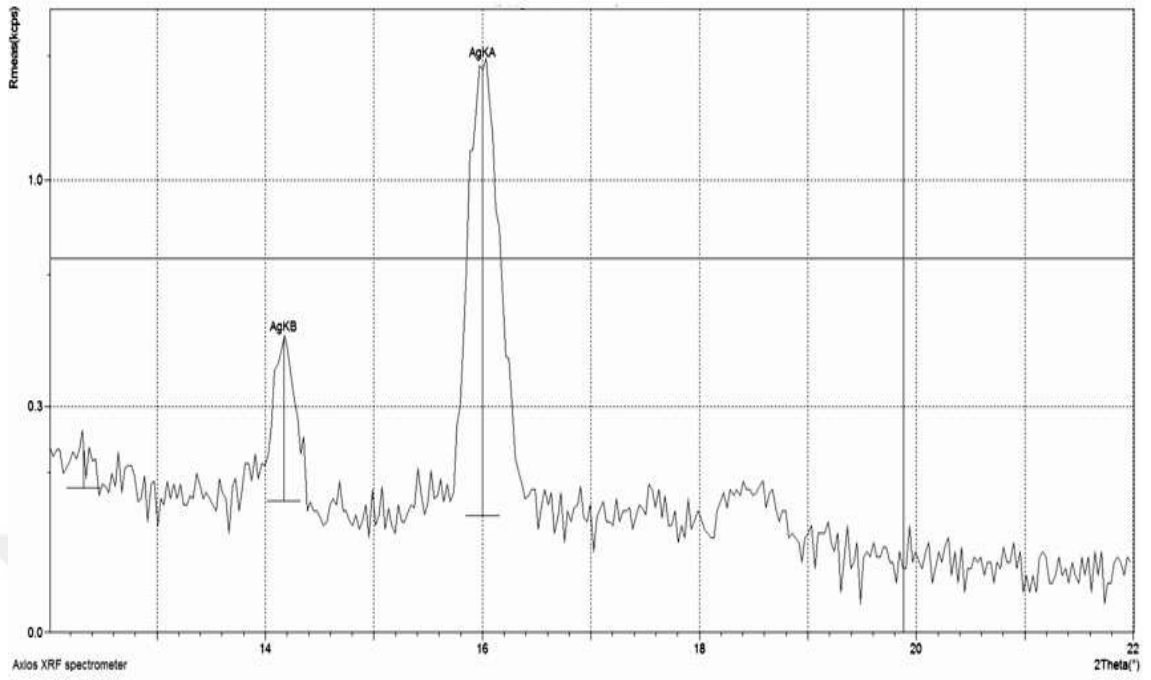
Şekil 3.12. Emdirme ile % 0,3 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



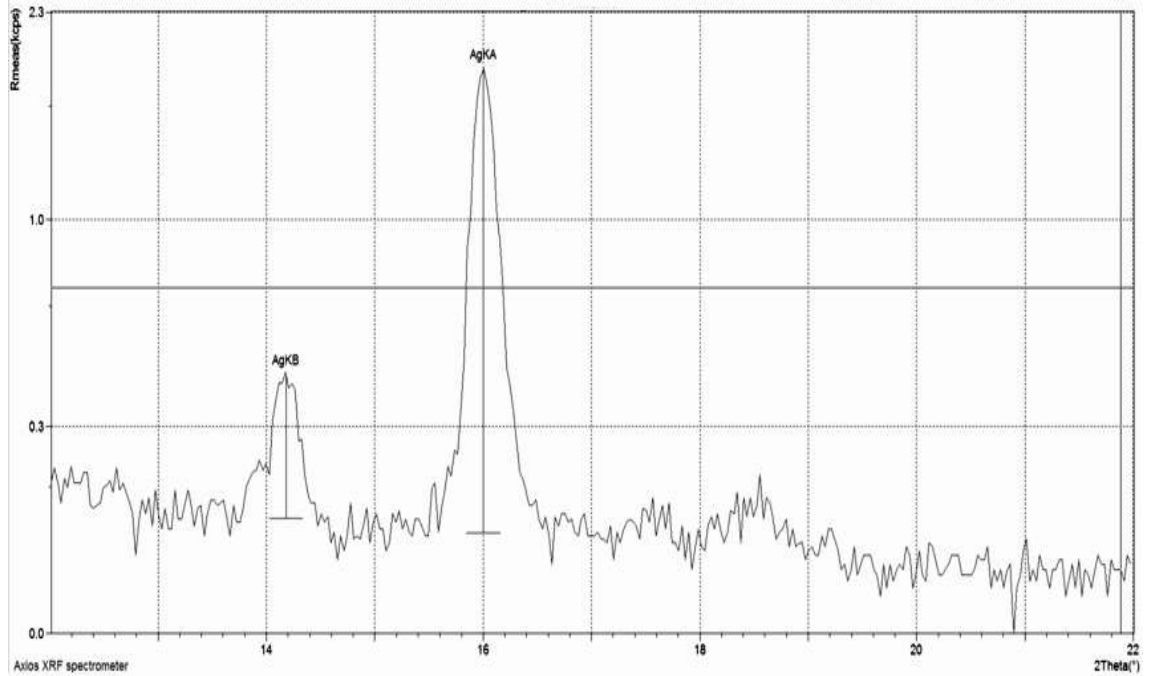
Şekil 3.13. Emdirme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış numune



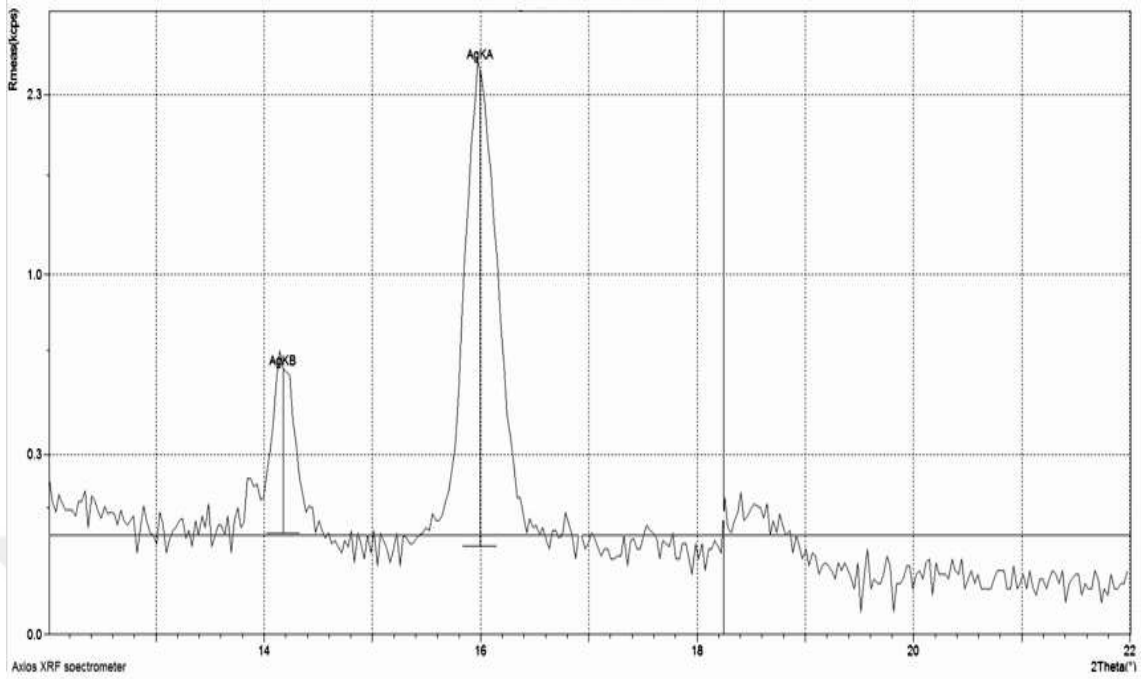
Şekil 3.14. Emdirme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



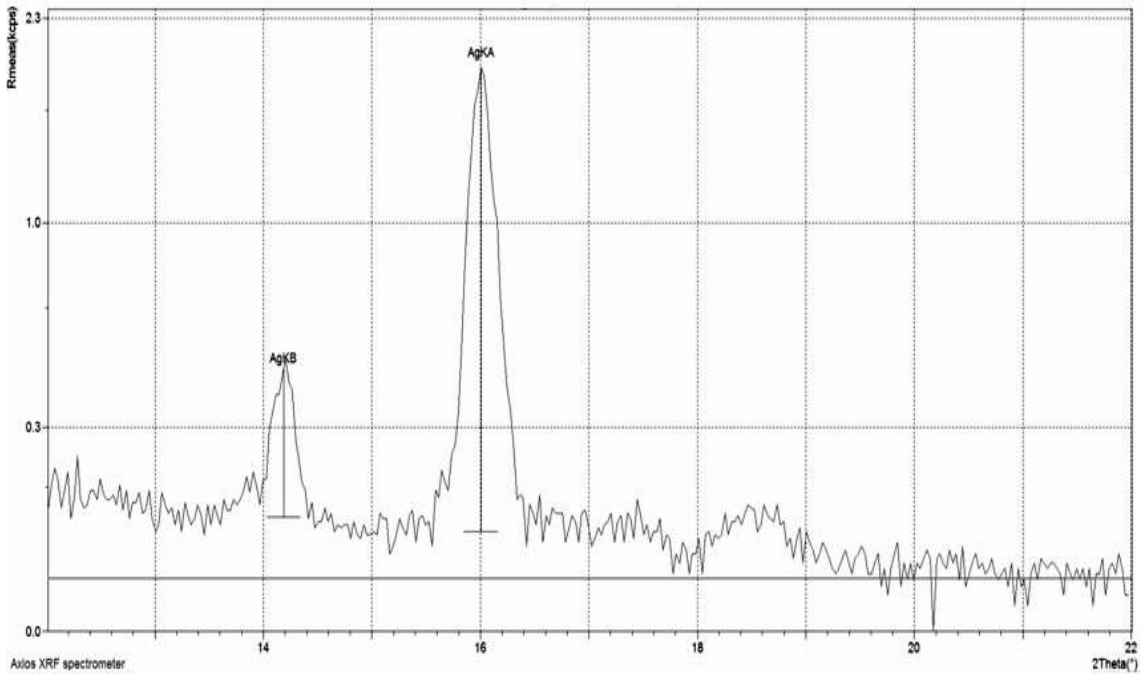
Şekil 3.15. Emdirme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



Şekil 3.16. Püskürtme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış numune



Şekil 3.17. Püskürtme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



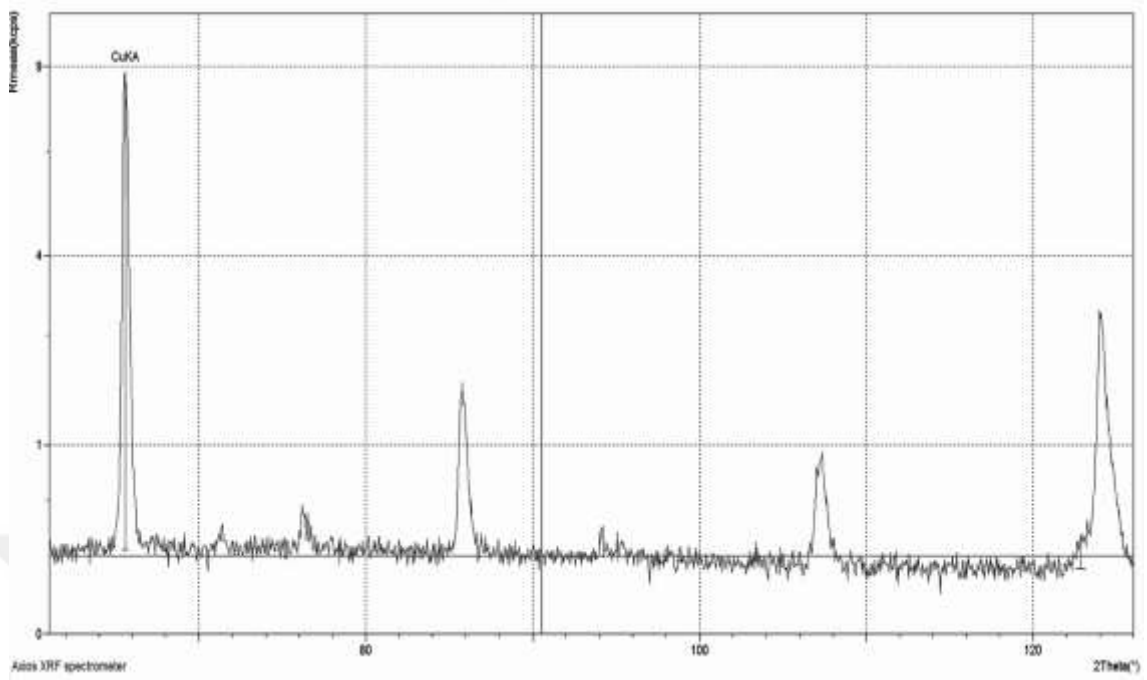
Şekil 3.18. Püskürtme ile % 0,5 gümüş nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune

Farklı yöntemlerle ve farklı konsantrasyonlarla bakır nano partikül eklenmiş numunelerin yıkama öncesi ve çoklu yıkamalar sonrasında bünyelerinde

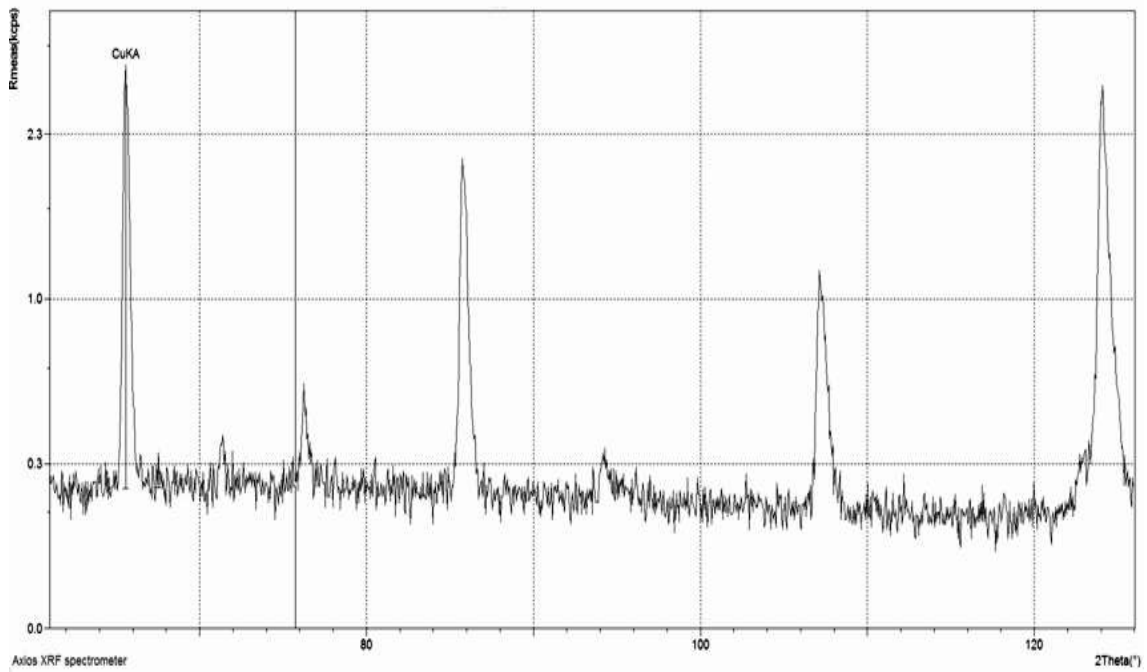
bulundukları bakır miktarını gösteren XRF sonuçları Tablo 3.7'de gösterilmektedir. Uygulanan nano partikül konsantrasyonlarından daha yüksek miktarda bakır partikülü tespit edilmiş olup, bu durumun dokusuz yüzeyin bölgesel farklılıklarından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Gümüş uygulamalarına benzer şekilde; en fazla bakır partikül aktarımının püskürtme yöntemiyle gerçekleştiği görülmektedir. Bütün yıkama işlemleri sonrasında beklendiği gibi yüzeydeki bakır nano partikül miktarı azalmıştır. XRF analizi sonucu elde edilen enerji piklerinin grafikleri Şekil 3.19 ile 3.30 arasındaki şekillerde verilmektedir. Görüldüğü gibi; bütün numunelerde yapıdaki bakır miktarına bağlı olarak değişen büyüklüklerde bakır pikleri bulunmaktadır.

Tablo 3.7. Bakır nano parçacık uygulanmış numunelerin XRF sonuçları

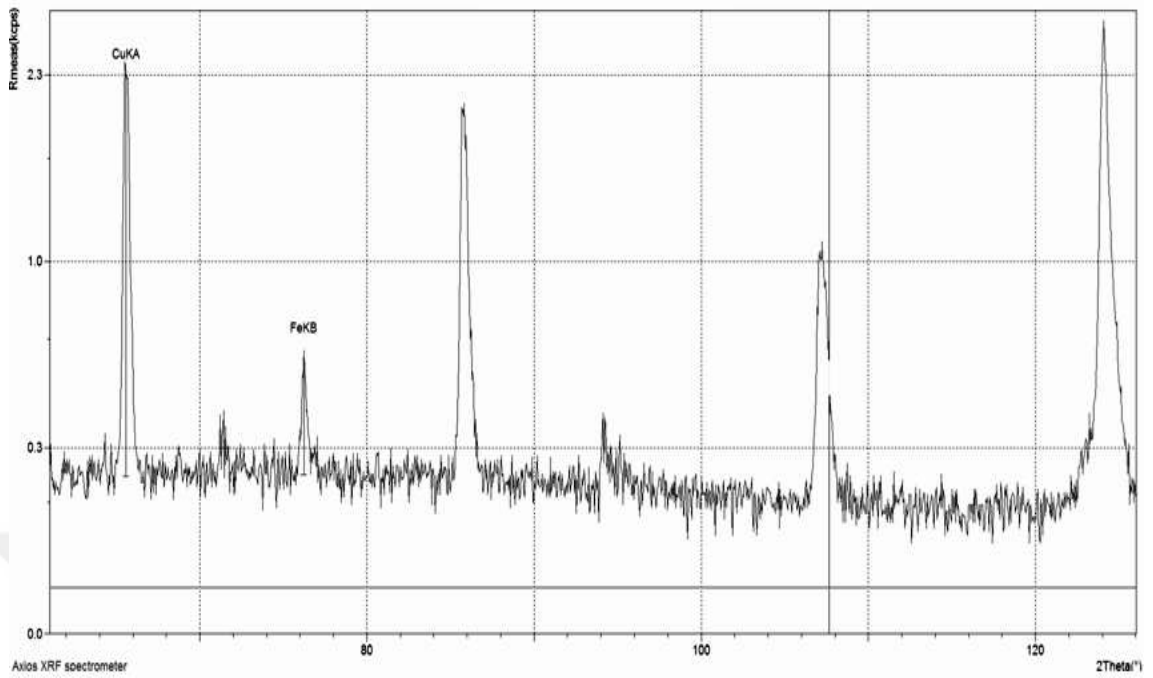
Numuneler	Bakır nano parçacık oranı (%)	Hata (%)
Cu 0,1-E	0,5690	0,020
Cu 0,1-E-10	0,1779	0,010
Cu 0,1-E-20	0,1369	0,010
Cu 0,3-E	1,0160	0,030
Cu 0,3-E-10	0,8717	0,030
Cu 0,3-E-20	0,6384	0,020
Cu 0,5-E	1,2442	0,030
Cu 0,5-E-10	1,0144	0,030
Cu 0,5-E-20	0,9743	0,030
Cu 0,5-P	1,847	0,040
Cu 0,5-P-10	1,690	0,040
Cu 0,5-P-20	1,304	0,030



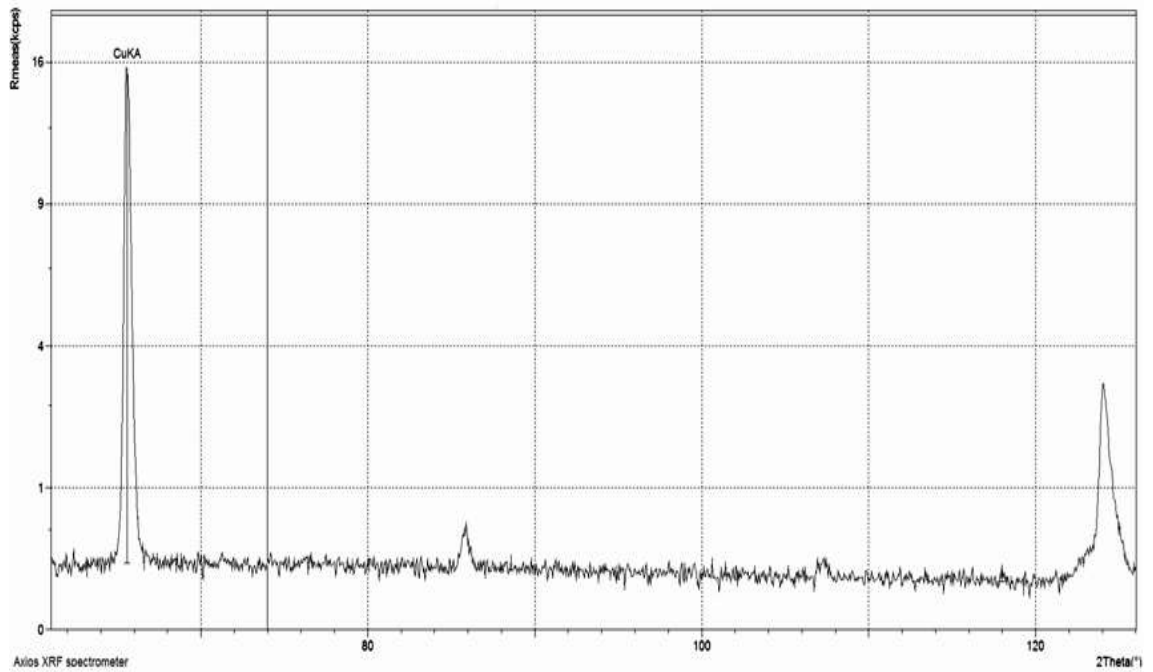
Şekil 3.19. Emdirme ile %0,1 bakır nano parçacık uygulanmış numune



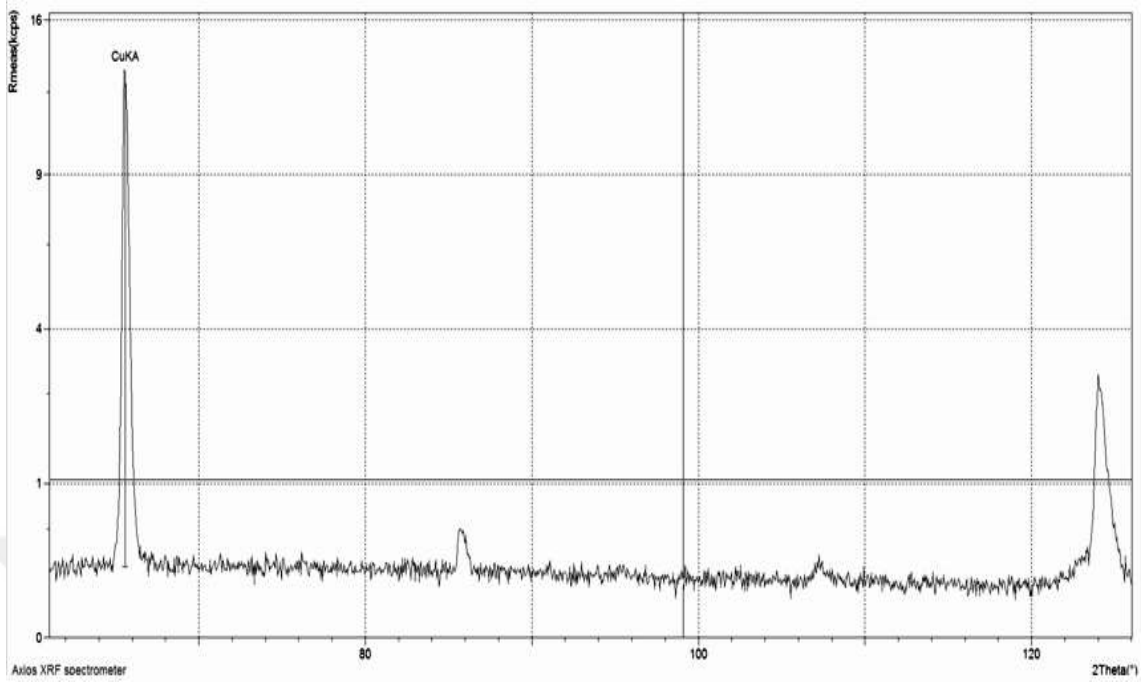
Şekil 3.20. Emdirme ile % 0,1 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



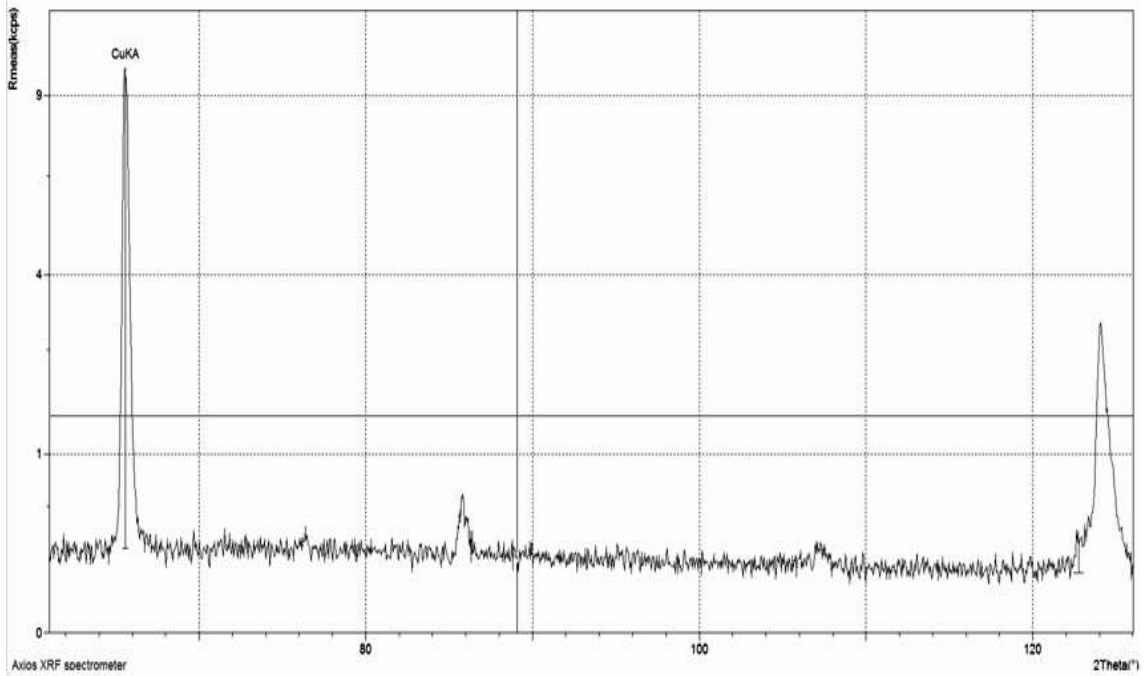
Şekil 3.21. Emdirme ile % 0,1 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



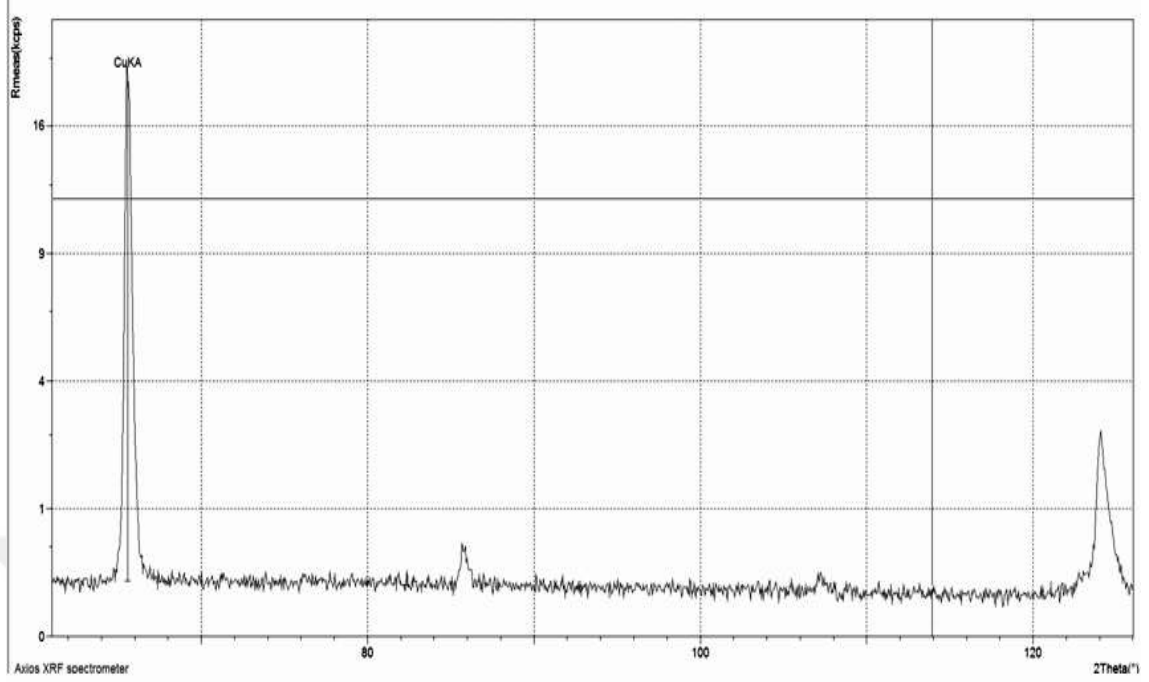
Şekil 3.22. Emdirme ile %0,3 bakır nano parçacık uygulanmış numune



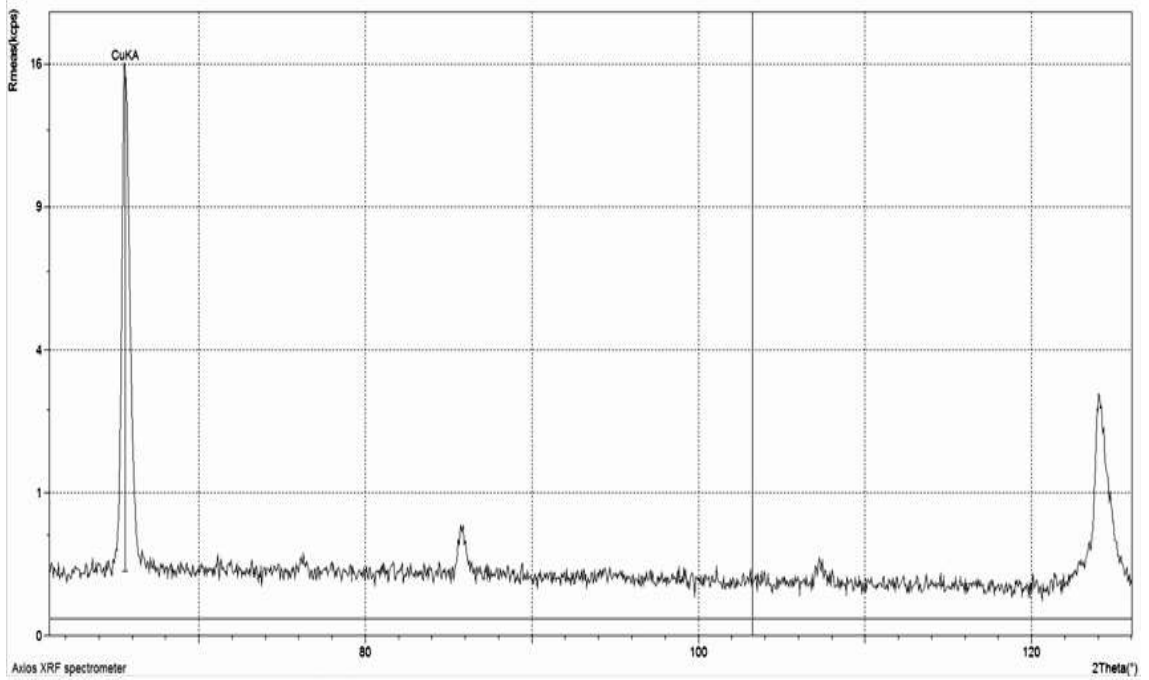
Şekil 3.23. Emdirme ile % 0,3 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



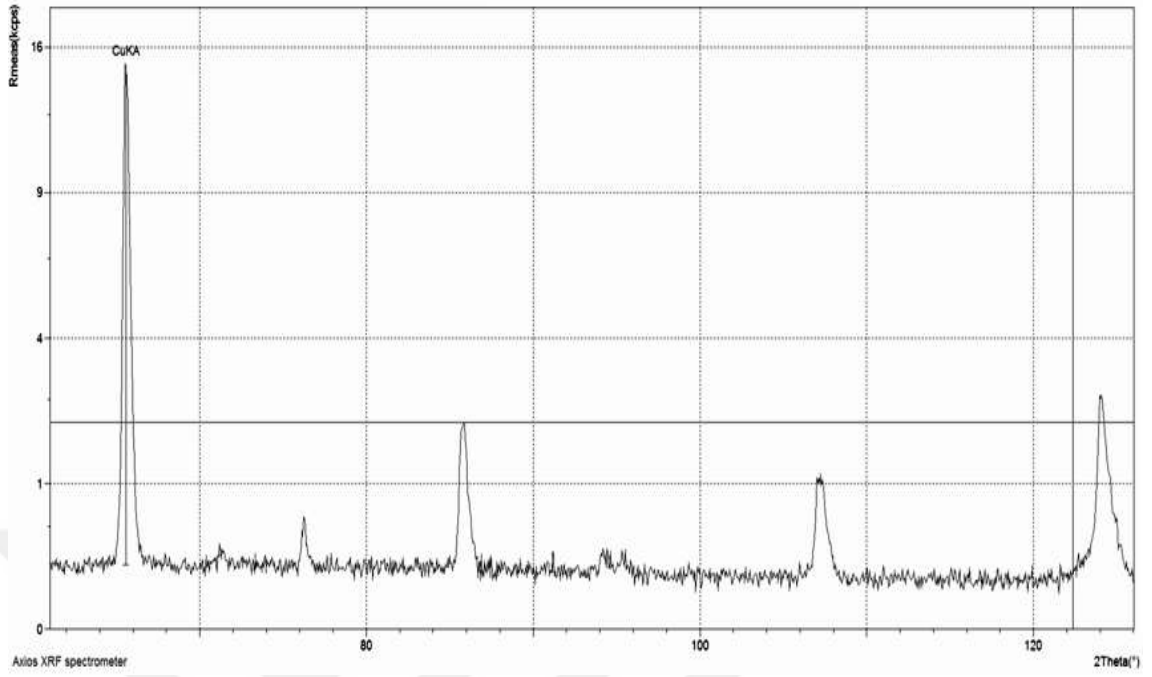
Şekil 3.24. Emdirme ile % 0,3 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



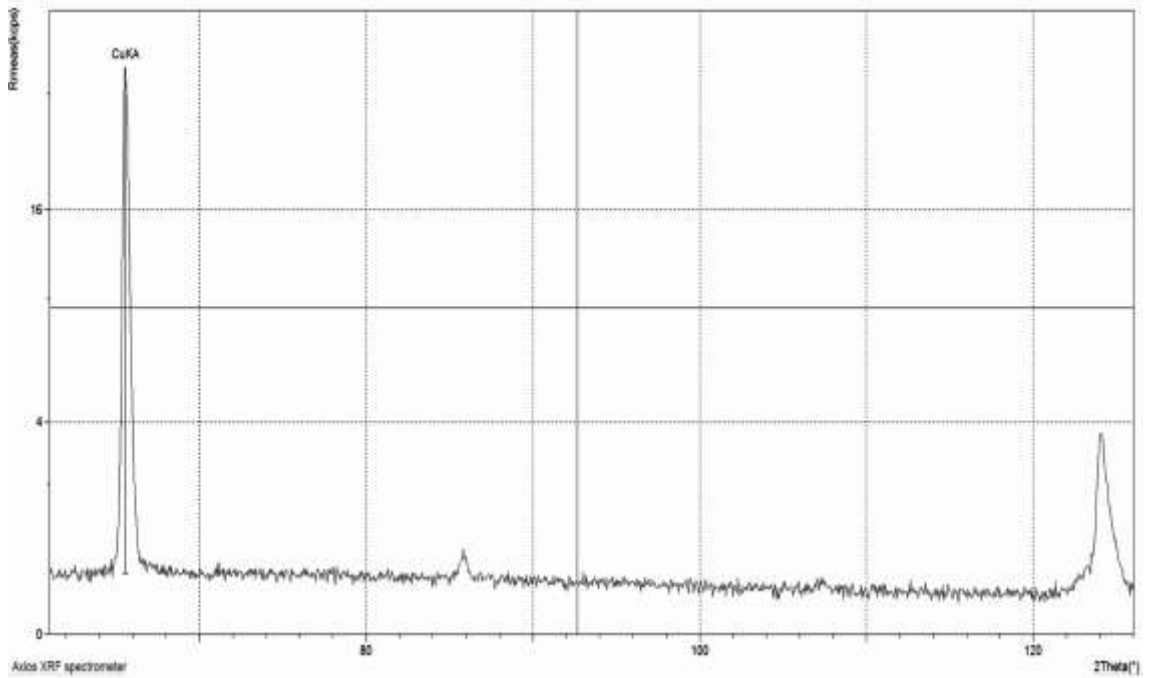
Şekil 3.25. Emdirme ile %0,5 bakır nano parçacık uygulanmış numune



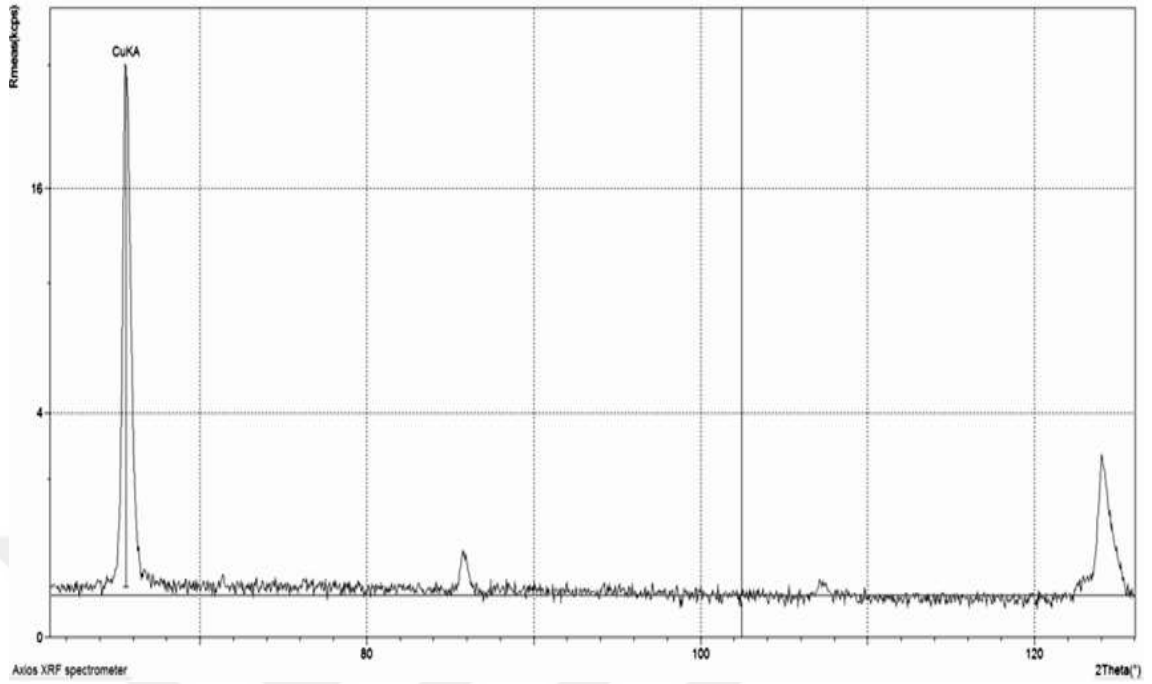
Şekil 3.26. Emdirme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



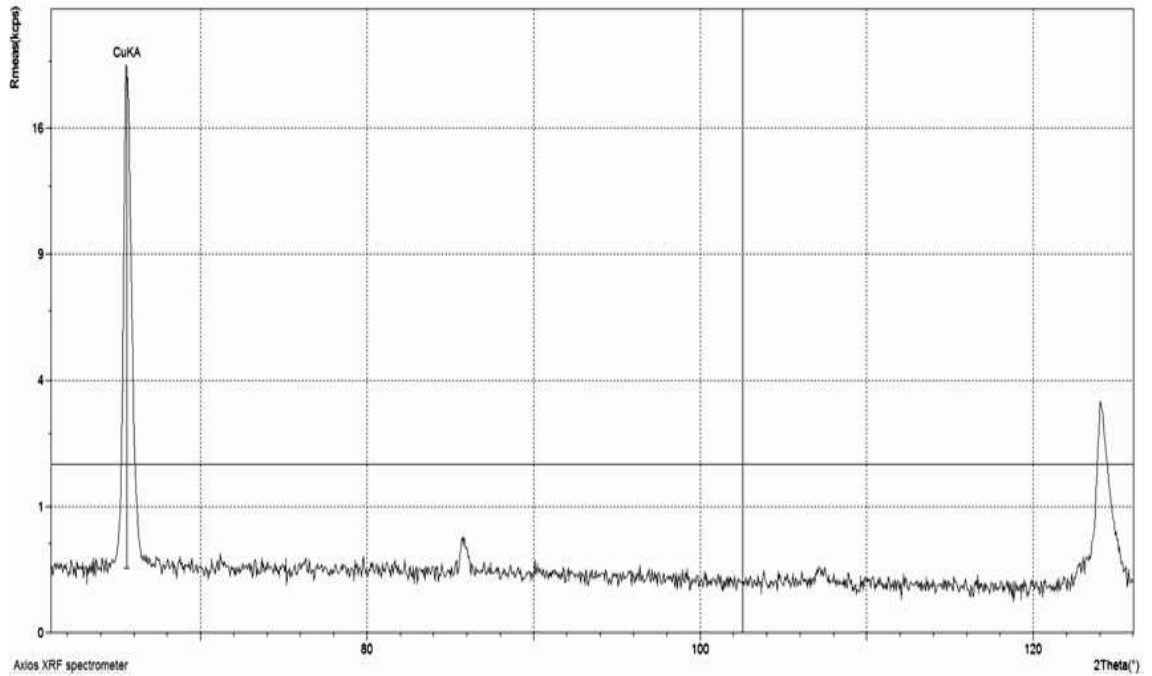
Şekil 3.27. Emdirme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



Şekil 3.28. Püskürtme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış numune



Şekil 3.29. Püskürtme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune

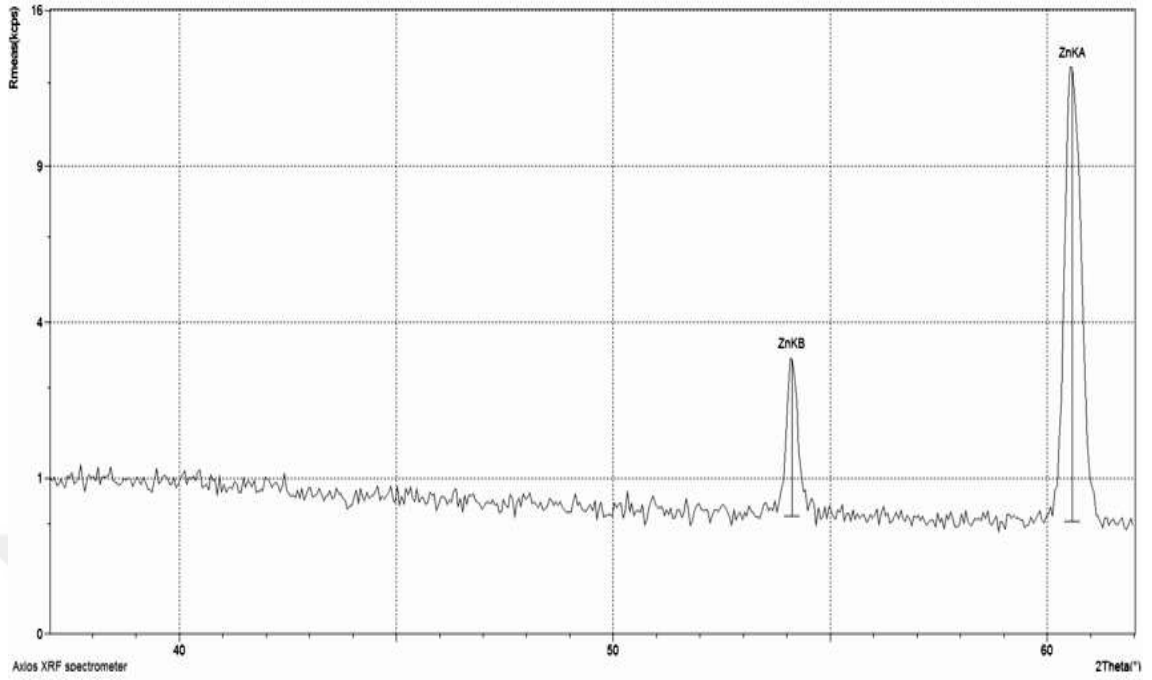


Şekil 3.30. Püskürtme ile % 0,5 bakır nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune

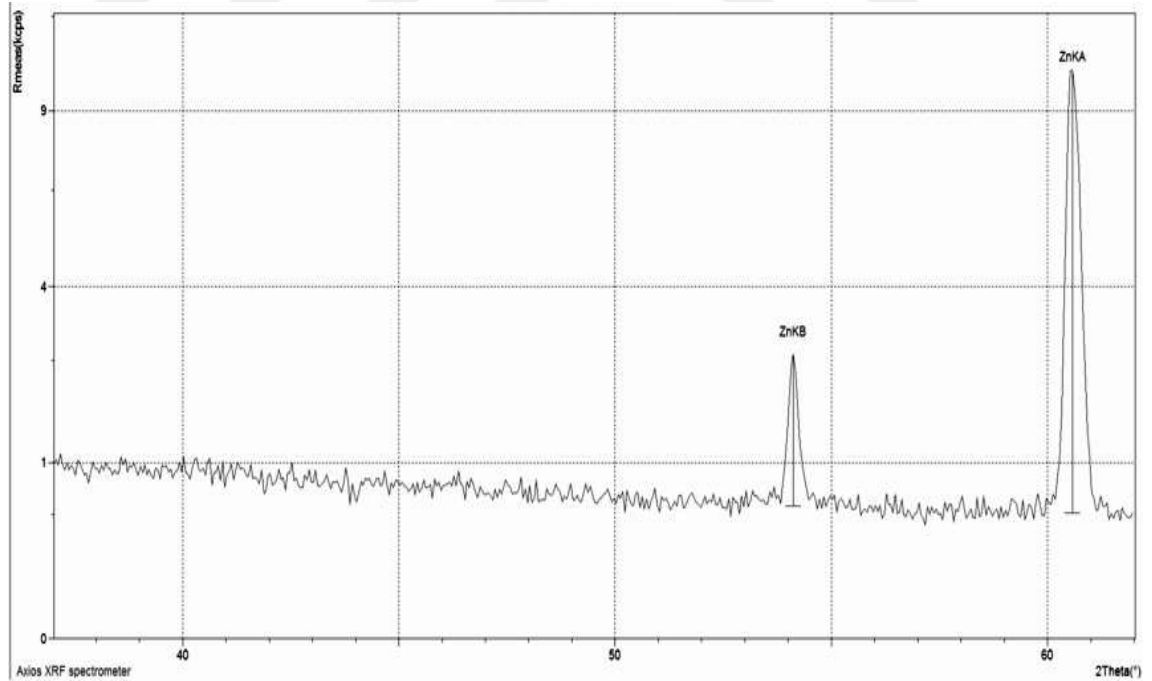
Tablo 3.8'de çinko nano parçacık aplikasyonundan sonra yıkama öncesi ve çoklu yıkamalar sonrasında numunelerdeki çinko miktarları görülmektedir. Uygulanan farklı konsantrasyonlara bağlı olarak ve dokusuz yüzeyin bölgesel farklılıklarından kaynaklı olarak yapıdaki çinko miktarının değiştiği, püskürtme işlemiyle en fazla çinko partikül aktarımının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bütün yıkama işlemleri sonrasında beklendiği gibi yüzeydeki çinko nano partikül miktarı azalmıştır. Şekil 3.31 ile 3.42 arasındaki şekillerde; XRF analizi sonucu elde edilen piklerin grafikleri verilmektedir. Görüldüğü gibi; bütün numunelerde yapıdaki çinko miktarına bağlı olarak değişen büyüklüklerde çinko pikleri bulunmaktadır.

Tablo 3.8. Çinko nano parçacık uygulanmış numunelerin XRF sonuçları

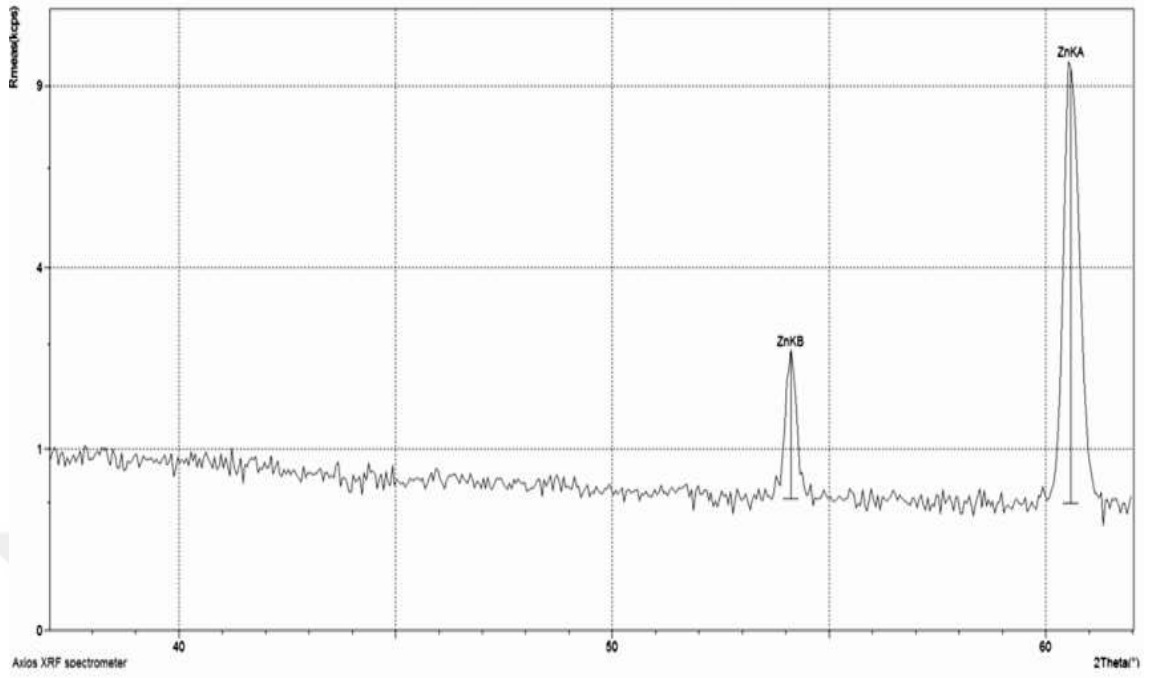
Numuneler	Çinko nano parçacık oranı (%)	Hata (%)
Zn 0,1-E	0,2348	0,010
Zn 0,1-E-10	0,1826	0,010
Zn 0,1-E-20	0,1691	0,010
Zn 0,3-E	0,4412	0,020
Zn 0,3-E-10	0,3126	0,020
Zn 0,3-E-20	0,3816	0,020
Zn 0,5-E	1,2200	0,030
Zn 0,5-E-10	0,8183	0,030
Zn 0,5-E-20	0,5696	0,020
Zn 0,5-P	1,7870	0,040
Zn 0,5-P-10	1,7820	0,040
Zn 0,5-P-20	1,5120	0,040



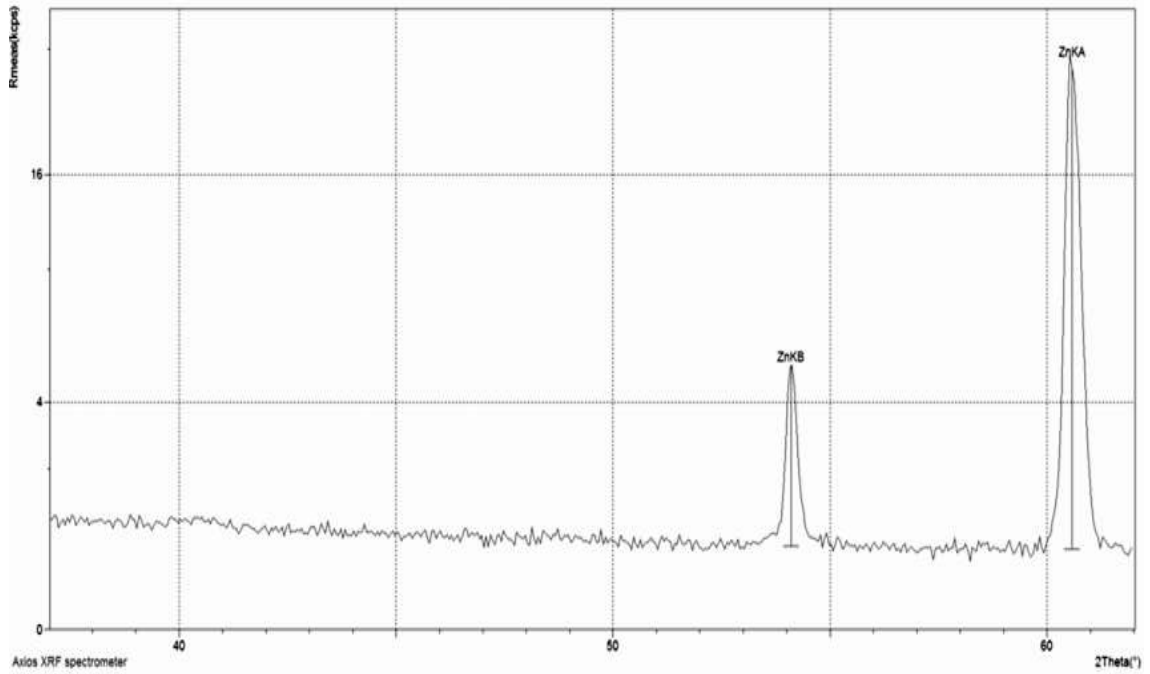
Şekil 3.31. Emdirme ile %0,1 çinko nano parçacık uygulanmış numune



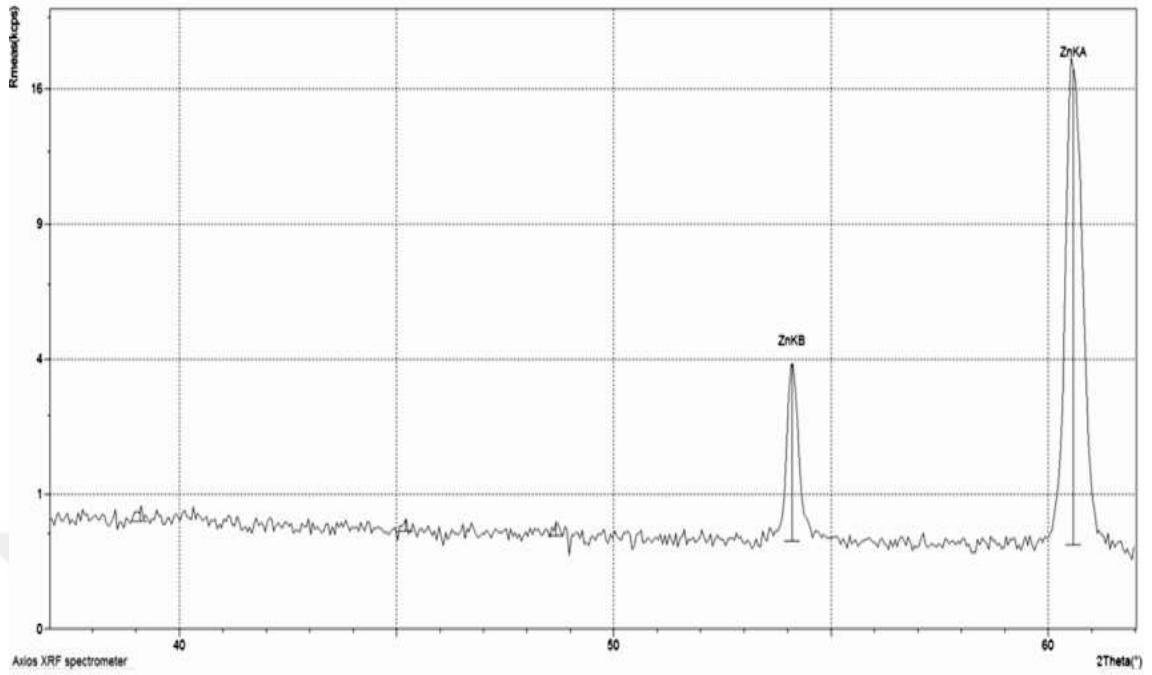
Şekil 3.32. Emdirme ile % 0,1 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



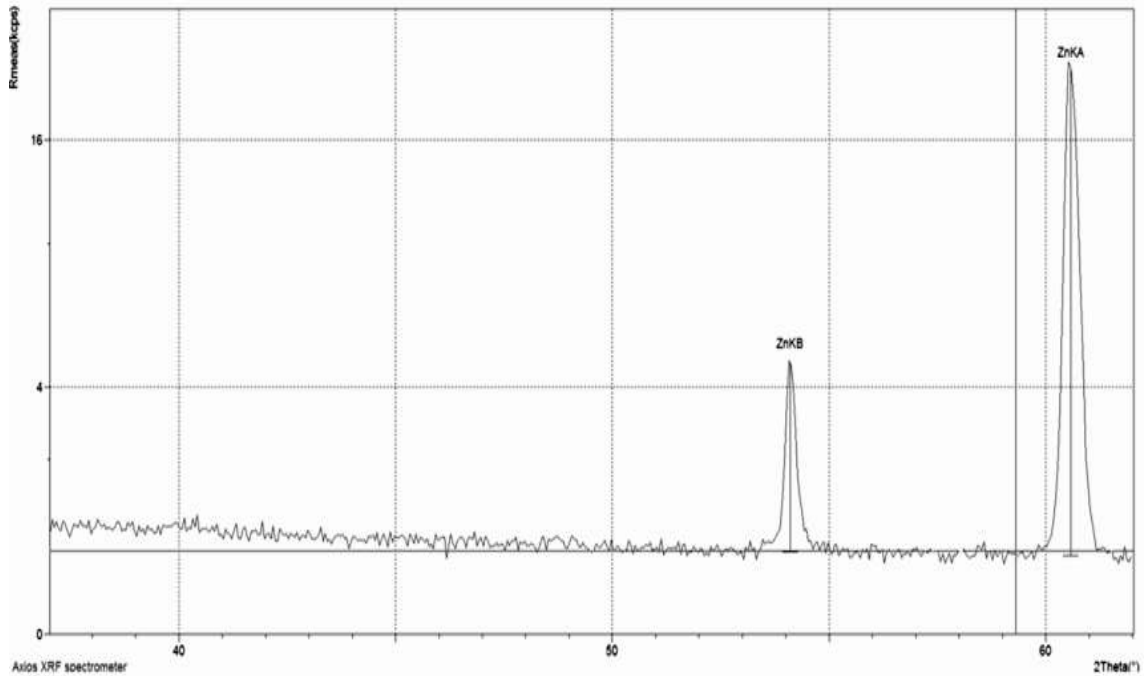
Şekil 3.33. Emdirme ile % 0,1 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



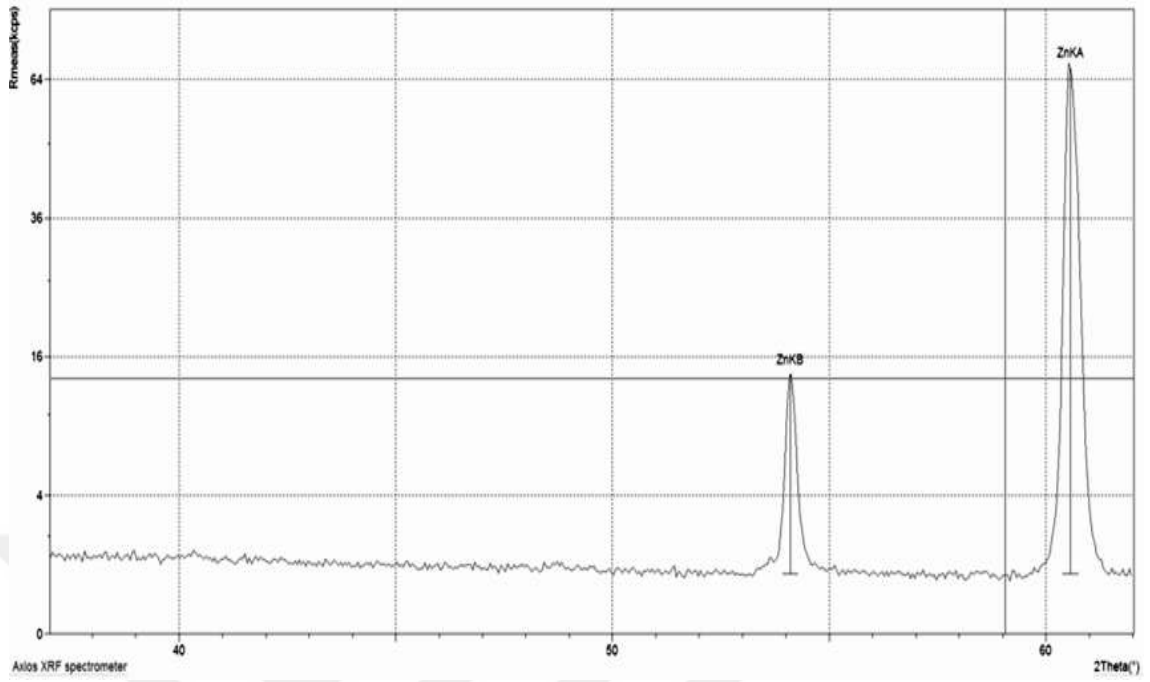
Şekil 3.34. Emdirme ile %0,3 çinko nano parçacık uygulanmış numune



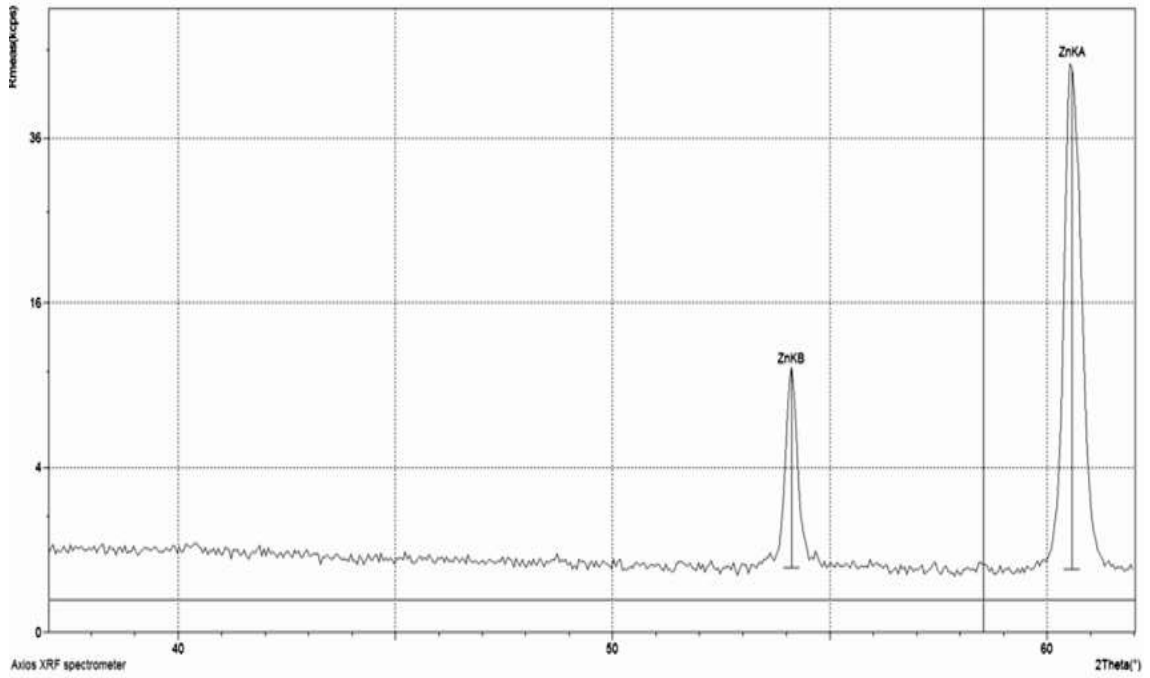
Şekil 3.35. Emdirme ile % 0,3 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



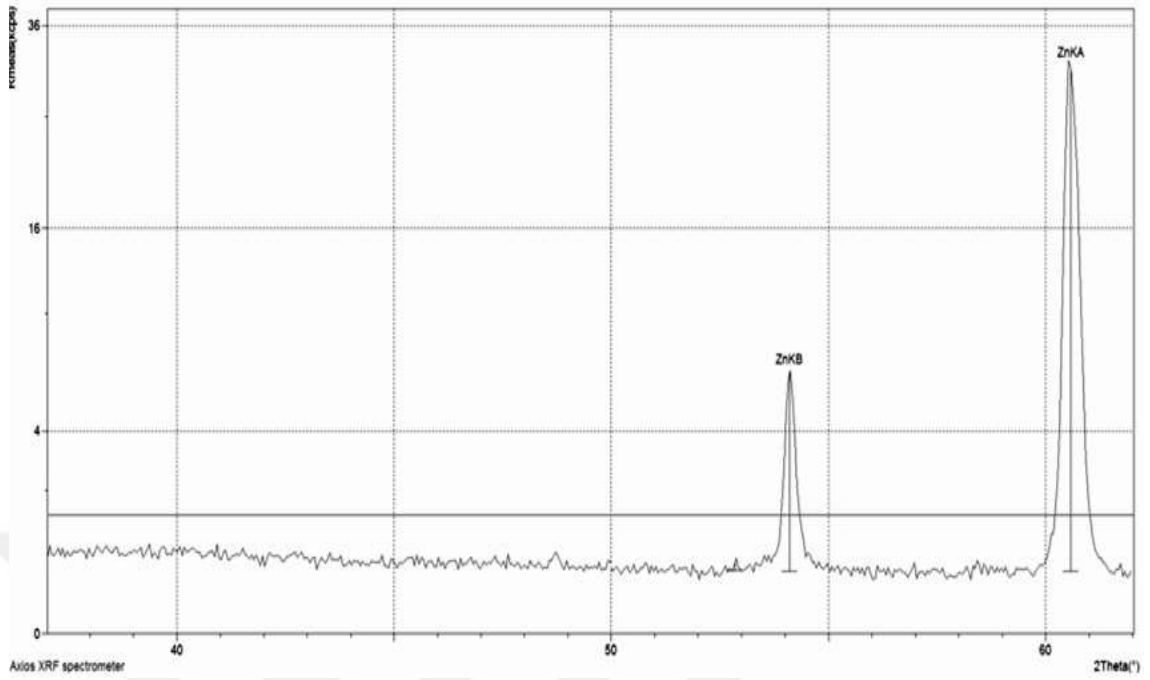
Şekil 3.36. Emdirme ile % 0,3 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



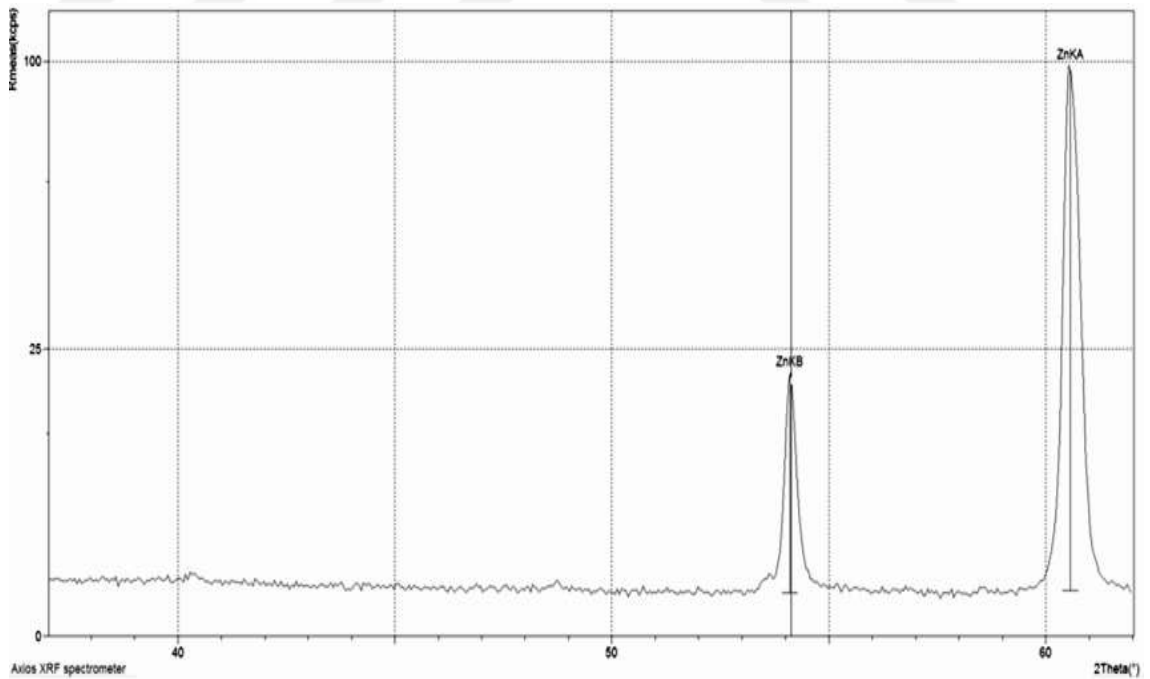
Şekil 3.37. Emdirme ile %0,5 çinko nano parçacık uygulanmış numune



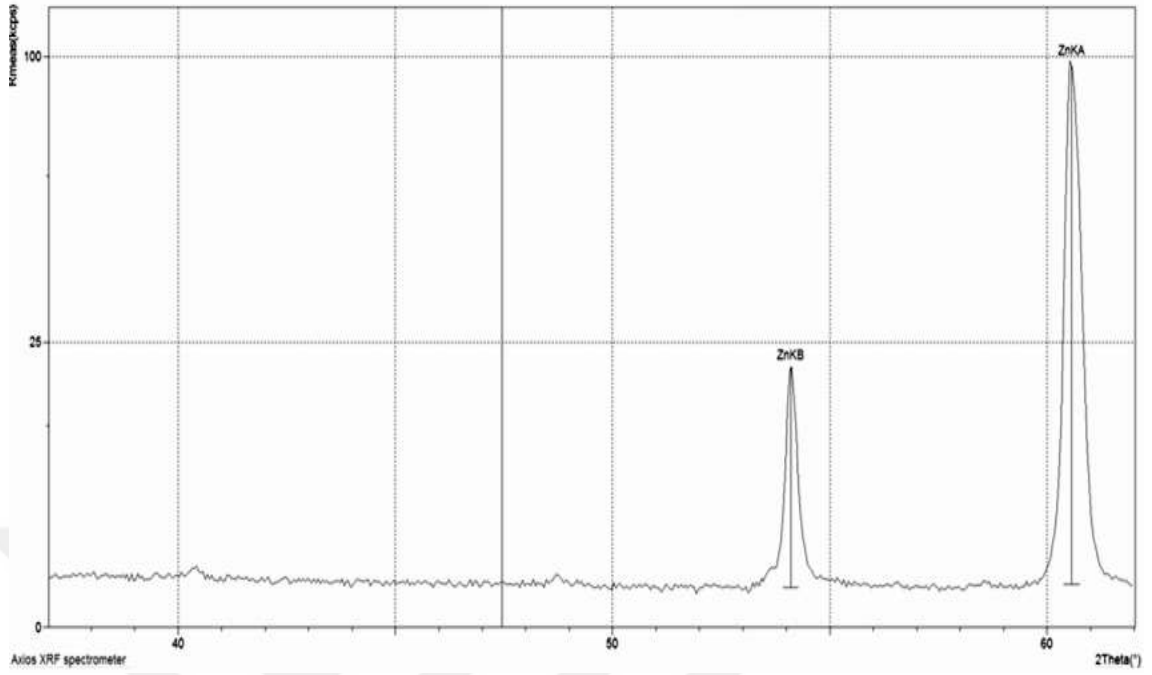
Şekil 3.38. Emdirme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



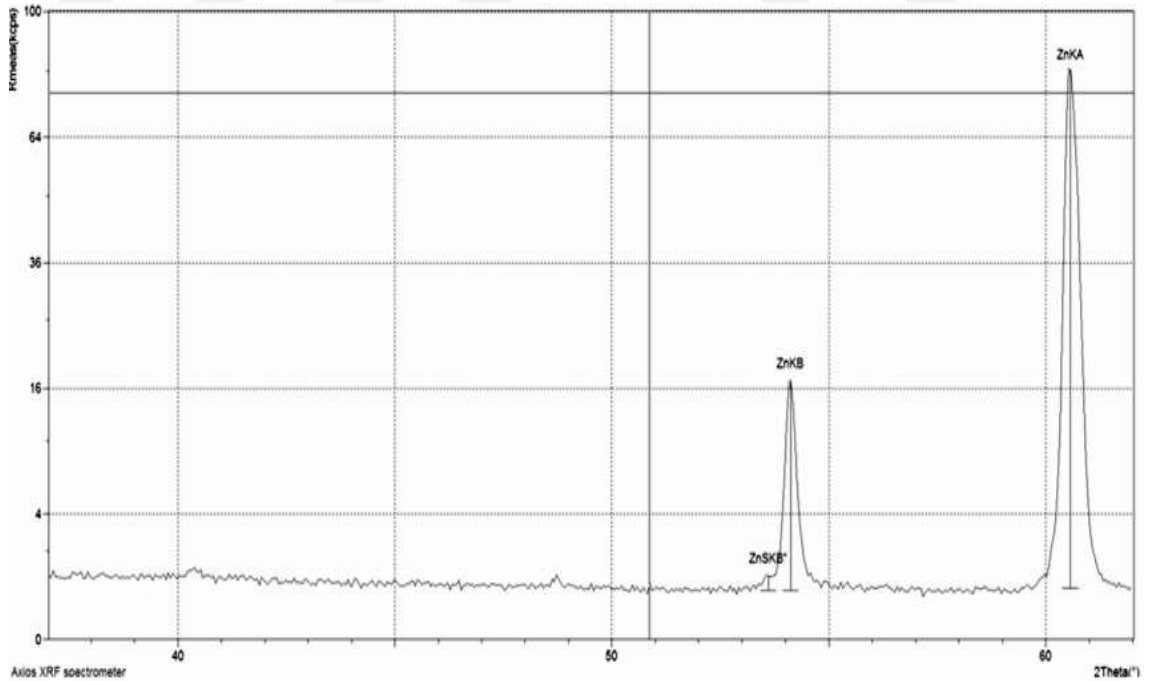
Şekil 3.39. Emdirme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune



Şekil 3.40. Püskürtme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış numune



Şekil 3.41. Püskürtme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 10 defa yıkanmış numune



Şekil 3.42. Püskürtme ile % 0,5 çinko nano parçacık uygulanmış, 20 defa yıkanmış numune

3.8. Antibakteriyel Test Sonuçları

Farklı konsantrasyon ve yöntemlerle gümüş, bakır ve çinko nano partikül aktarılmış dokusuz yüzeylerin antibakteriyel etkinlik düzeyleri ASTM E2149-01 dinamik çalkalama metodu standardı esas alınarak, *Escherichia coli* (ATCC 35218) gram negatif bakteri ve *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) gram pozitif bakterilerine karşı test edilmiştir. Numunelerin *Escherichia coli* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinlik düzeyleri Tablo3.9'da, *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı etkinlik düzeyi ise Tablo 3.10'da verilmektedir. Her iki bakteri türü için antibakteriyel etkinlik 4 saat çalkalama ve 24 saat çalkalama sonrasında bakteri koloni sayısındaki değişim değerlendirilmiştir. Değişimin negatif olması bakteri koloni sayısında azalma olduğunu, pozitif olması ise bakteri koloni sayısında artış olduğunu ifade etmektedir.

Escherichia coli bakterilerine karşı elde edilen antibakteriyel etkinlik düzeyleri incelendiğinde; %0,1 oranında çinko uygulanmış 10 defa ve 20 defa yıkanmış numuneler haricinde 4 saat ve 24 saat çalkalama işlemi sonrasında tüm numunelerde antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. %0,1 oranında çinko uygulanmış numunelerin yıkanmış hallerinde çinko miktarının çok az olması (Tablo 3.8) sebebiyle etkinliğin sağlanamadığı düşünülmektedir. Ayrıca; dokusuz yüzeylerin kendine has bölgesel farklılıklarının da bunda rol oynadığı tahmin edilmektedir. Aynı konsantrasyonda bakır ve gümüş uygulanmış numunelerde etkinliğin görülmesinin, bu metal türlerinin çinkoya göre bakteri azalmasında daha etkili olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ag^+ ve Cu^{+2} iyonları hücre zarından geçip bakteri hücresinin içine girerek enzim ya da nükleik asit sentezini durdurarak bakterileri etkisiz hale getirmektedir [62,63,64,65].

Genel olarak 4 saatlik çalkalama sonrası bazı numunelerde antibakteriyel etkinliğin 24 saat çalkalamalı numunelere oranla daha az olduğu belirlenmiştir. Bu duruma çalkalama süresinin uzamasıyla dokusuz yüzeyden salınan ve bakterilerle temas eden metal miktarının artışının neden olduğu düşünülmektedir. Çoklu yıkamalar sonrasında numune bünyesinde azalan metal miktarlarına bağlı olarak; her iki çalkalama süresinde çinko apliance edilmiş numunelerde ve 4 saatlik çalkalama ile tespit yapılan düşük konsantrasyonlardaki metal uygulanan numunelerde antibakteriyel etkinliğin azaldığı belirlenmiştir.

Tablo 3.9. Numunelerin *Escherichia coli* bakterisi için antibakteriyel test sonuçları

<i>Escherichia coli</i> Bakterisine Karşı Antibakteriyel Etkinlik					
Numuneler	Bakteri Sayısı (CFU/mL)		Değişim (%)	Bakteri S. (CFU/mL)	Değişim (%)
	Başlangıç	4 saat sonra		24 saat sonra	
İşlemsiz	306.000	325.000	6,20	520.000	69,93
Ag 0,1-E	310.000	15.000	-95,16	0	-100,00
Ag 0,1-E-10	300.000	130.000	-56,6	0	-100,00
Ag 0,1-E-20	320.000	240.000	-25,00	960	-99,70
Ag 0,3-E	280.000	15.500	-94,46	1.700	-99,38
Ag 0,3-E-10	350.000	20.000	-94,29	0	-100,00
Ag 0,3-E-20	306.000	6.800	-97,78	0	-100,00
Ag 0,5-E	305.000	9.000	-97,05	0	-100,00
Ag 0,5-E-10	306.000	8.400	-97,25	0	-100,00
Ag 0,5-E-20	300.000	6.400	-97,87	0	-100,00
Ag 0,5-P	308.000	0	-100,00	0	-100,00
Ag 0,5-P-10	300.000	0	-100,00	0	-100,00
Ag 0,5-P-20	340.000	55.400	-83,71	18.000	-94,71
Cu 0,1-E	380.000	7.800	-97,95	0	-100,00
Cu 0,1-E-10	290.000	16.700	-94,24	1.700	-99,41
Cu 0,1-E-20	280.000	1.200	-99,57	0	-100,00
Cu 0,3-E	300.000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,3-E-10	330.000	1.000	-99,70	0	-100,00
Cu 0,3-E-20	380.000	1.600	-99,58	0	-100,00
Cu 0,5-E	400.000	2.300	-99,43	0	-100,00
Cu 0,5-E-10	310.000	1.300	-99,58	0	-100,00
Cu 0,5-E-20	290.000	1.700	-99,41	0	-100,00
Cu 0,5-P	280.000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-P-10	34.0000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-P-20	370.000	0	-100,00	0	-100,00
Zn 0,1-E	280.000	60.500	-78,39	0	-100,00
Zn 0,1-E-10	306.000	99.200	-67,58	385.000	25,82
Zn 0,1-E-20	340.000	102.000	-70,00	580.000	70,59
Zn 0,3-E	300.000	57.000	-81,00	0	-100,00
Zn 0,3-E-10	390.000	103.000	-73,59	150	-99,96
Zn 0,3-E-20	310.000	107.000	-65,48	1.500	-99,52
Zn 0,5-E	350.000	86.000	-75,43	0	-100,00
Zn 0,5-E-10	360.000	99.000	-72,50	1.400	-99,61
Zn 0,5-E-20	280.000	44.000	-84,29	35.000	-87,50
Zn 0,5-P	390.000	11.500	-97,05	0	-100,00
Zn 0,5-P-10	3700.00	60.300	-83,70	30.000	-91,89
Zn 0,5-P-20	290.000	65.500	-77,41	72.000	-75,17

Tablo 3.10'da numunelerin *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinlik düzeyleri incelendiğinde; bütün numunelerin antibakteriyel etkinlik gösterdiği görülmektedir. Kısa süreli temas söz konusu iken farklı konsantrasyonda uygulama yapılmış numunelerin antibakteriyel etkinlikleri arasında farklılıklar bulunurken, uzun süreli temasta numunelerin antibakteriyel etkinlik değerleri artarak birbirine yaklaşmıştır. Ayrıca; kısa süreli test edilmiş genelde düşük konsantrasyonda partikül içeren gümüş ve çinko eklenmiş tüm numunelerde yıkama ile antibakteriyel etkinliğin çok fazla miktarda düştüğü görülmektedir. Bu bakteri türünde zar yapısı daha çok katmanlı ve kalın olduğundan, kısa süreli temasta yıkama sonrası azalan partiküllerin bakterilere nüfuziyetinin azaldığı ve antibakteriyel etkinliklerin düştüğü düşünülmektedir. Çinko nano parçacıklar ortamdaki su ve havayla etkileşerek aktif oksijen, hidrojen ve peroksit üretmekte, bakterilerin yapısında bulunan organik bileşikler oksitleyerek bakterileri etkisiz hale getirmektedir [66,67,68].

Tablo 3.10. Numunelerin *Staphylococcus aureus* bakterisi için antibakteriyel test sonuçları

<i>Staphylococcus aureus</i> Bakterisine Karşı Antibakteriyel Etkinlik					
Numuneler	Bakteri Sayısı (CFU/mL)		Değişim (%)	Bakteri S. (CFU/mL)	
	Başlangıç	4 saat sonra		24 saat sonra	Değişim (%)
İşlemsiz	560000	459.000	-18,04	1.170.000	105,26
Ag 0,1-E	570000	451.000	-20,88	0	-100,00
Ag 0,1-E-10	500000	325.000	-35,00	0	-100,00
Ag 0,1-E-20	510000	260.000	-49,02	1.800	-99,63
Ag 0,3-E	490000	50	-99,99	0	-100,00
Ag 0,3-E-10	510000	250.000	-50,98	300	-99,95
Ag 0,3-E-20	570000	4.500	-99,21	0	-100,00
Ag 0,5-E	590000	0	-100,00	0	-100,00
Ag 0,5-E-10	560000	0	-100,00	0	-100,00
Ag 0,5-E-20	570000	50.000	-91,23	0	-100,00
Ag 0,5-P	610000	0	-100,00	0	-100,00
Ag 0,5-P-10	600000	0	-100,00	0	-100,00
Ag 0,5-P-20	570000	105.000	-81,58	0	-100,00
Cu 0,1-E	520000	16.000	-96,92	0	-100,00
Cu 0,1-E-10	600000	42.000	-93,00	0	-100,00
Cu 0,1-E-20	570000	32.000	-94,39	0	-100,00
Cu 0,3-E	580000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,3-E-10	560000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,3-E-20	520000	0	-100,00	0	-100,00

Tablo 3.10'un devamı

<i>Staphylococcus aureus</i> Bakterisine Karşı Antibakteriyel Etkinlik					
Numuneler	Bakteri Sayısı (CFU/mL)		Değişim (%)	Bakteri S. (CFU/mL)	Değişim (%)
	Başlangıç	4 saat sonra		24 saat sonra	
Cu 0,5-E	530000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-E-10	610000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-E-20	600000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-P	490000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-P-10	590000	0	-100,00	0	-100,00
Cu 0,5-P-20	580000	0	-100,00	0	-100,00
Zn 0,1-E	580000	52.000	-91,03	0	-100,00
Zn 0,1-E-10	530000	488.000	-7,92	17.500	-96,82
Zn 0,1-E-20	550000	426.500	-22,45	28.000	-95,00
Zn 0,3-E	560000	91500	-83,66	0	-100,00
Zn 0,3-E-10	590000	365.000	-38,14	2.300	-99,53
Zn 0,3-E-20	490000	338.000	-31,02	650	-99,89
Zn 0,5-E	570000	43.500	-92,37	0	-100,00
Zn 0,5-E-10	520000	264.000	-49,23	50	-99,99
Zn 0,5-E-20	560000	452.000	-19,29	170	-99,97
Zn 0,5-P	540000	103.000	-80,93	50	-99,99
Zn 0,5-P-10	550000	394.000	-28,36	0	-100,00
Zn 0,5-P-20	580000	480.000	-17,24	0	-100

4. BÖLÜM

TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında materyal olarak %80 viskon/%10 geri dönüştürülmüş polyester (r-PET)/%10 bikomponent polyester karışımına sahip tarakla mekanik olarak oluşturulmuş, iğneleme ile bağlanarak sağlam hale getirilen ve temizlik bezi olarak kullanılabilir dokusuz yüzeyler ele alınmıştır. Söz konusu dokusuz yüzeylere farklı konsantrasyonlarda (%0,1-%0,3-%0,5) emdirme yöntemiyle ve %0,5 konsantrasyonda püskürtme ile gümüş, bakır ve çinko nano partiküller uygulanmıştır. Uygulamalar öncesi ve sonrasında numunelerin gramaj, kalınlık, sıvı emme kapasitesi, aşınma dayanımı gibi özellikleri test edilmiş, yapılan uygulamaların bu özelliklere etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Numunelere aktarılan metal nano partiküllerin yüzeydeki dağılımı taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dispersiv Spektrum (EDS) ile analiz edilmiştir.

Uygulanan nano partiküllerin kalıcılığının değerlendirilmesi için; numunelere temizlik bezlerinin kullanımı sırasındaki yıkama işlemlerinin etkisini simüle edecek yeni geliştirilmiş yıkama prosedürü ile çoklu yıkamalar tatbik edilmiştir. Yıkama öncesi ve sonrasında X-Işını Floresans Spektrometresi ile numunelerde kalan metal partikül miktarı belirlenmiştir. Numunelerin antibakteriyel etkinliği ASTM E2149-01 dinamik çalkalama metoduna göre *Escherichia coli* (ATCC 35218) gram negatif bakteri ve *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) gram pozitif bakterilerine karşı test edilmiştir. Uygulanan testler ve analizlerin sonuçları aşağıda sıralanmıştır:

4.1. Sonuçlar

1) Nano partikül uygulamaları sonrası numunelerin gramajlarının $163-177g/m^2$ aralığında değiştiği belirlenmiş olup, gramaj farklılıklarının işlemlerden çok dokusuz yüzeyin kendine has bölgesel farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

- 2) İşlem görmemiş numunelere göre; işlem görmüş numunelerin kalınlıklarında azalma olduğu, kalınlıktaki azalmanın sıkma işlemiyle numunelere basınç uygulandığı emdirme yöntemi tatbik edilen numunelerde daha çok olduğu tespit edilmiştir.
- 3) Numunelerin yapısının sıklığı ile ilgili değerlendirme yapmaya yarayan yoğunluk değerlerinin uygulanan işlemler sonrasında arttığı, emdirme yöntemi kullanılan numunelerde artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bu duruma uygulamadaki sıkma işleminin neden olduğu düşünülmektedir.
- 4) Uygulanan işlemlerle; işlem görmemiş dokusuz yüzeyin sıvı emme kapasitesi azalmıştır. Bu durum; işlem görmemiş numunelerin daha az yoğun olmasından dolayı sıvı hapsedecek daha fazla gözeneğe sahip olmasına ve yapıya eklenen hidrofob karakterli poliolefin dispersiyonuna bağlı olarak görülmektedir. Uygulanan işlemlerin sıvı emme kapasitesini negatif etkilediği düşünülse de; işlem görmemiş numunede standart üretim prosedüründeki ısıtma işlemi uygulanma aşaması atlanmış olup ürün yarı mamul halindedir. Isıtma işlemi uygulanması halinde nano partikül uygulanmamış dokusuz yüzeyin sıvı emme kapasitesinin azalarak buradaki işlem görmüş numunelerle benzer seviyelere geleceği düşünülmektedir.
- 5) Emdirme yöntemiyle nano partikül uygulanan numunelerin sıvı emme kapasitesinin, püskürtme ile uygulananlara nispeten daha az olduğu görülmüştür. Bu durumun, emdirme işlemi sırasında uygulanan sıkma işlemindeki basınçla bu numunelerin daha sıkı yapıya hale gelmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.
- 6) Sıvı emme kapasitesine benzer biçimde; uygulanan partikül ekleme işlemleri ile numunelerin aşınma dayanımının bir nebze daha düştüğü saptanmıştır. Bu durum; uygulamaların aşınma dayanımını azalttığını düşündürse de, işlem görmemiş numunenin ısıtma işlemi son ürün haline getirilmesi ile aşınma dayanımının buradaki işlem görmüş numunelere yaklaşacağı öngörülmektedir.
- 7) Genel olarak emdirme yöntemi uygulanan numunelerin aşınma dayanımlarının, püskürtme yöntemiyle işlem görenlere göre daha düşük çıktığı belirlenmiştir. Emdirmeyle partikül uygulanan numunelerde çözelti içindeki poliolefin dispersiyonunun sıkımda uygulanan basıncın etkisi ile yapıyı kalınlık yönünde daha sıkı şekilde bağlamakta ve numune kalınlıkları azalmaktadır. Aşındırma etkisiyle birbirine tutunan daha fazla lifin yüzeyden uzaklaştırıldığı ve zaten ince olan yapıda deliğin daha çabuk oluştuğu tahmin edilmektedir.

8) Gerek SEM görüntüleri ve EDX analizleri gerekse de XRF analizi sonuçları değerlendirildiğinde numuneler üzerinde gümüş, bakır ve çinko partiküllerin bulunduğu, çoklu yıkamalar etkisi ile partikül miktarının azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca; püskürtme ile metal nano partikül aktarımının maksimum olduğu görülmüştür.

9) %0,1 oranında çinko nano partikül uygulanmış 10 defa ve 20 defa yıkanmış numuneler haricinde; 4 saat ve 24 saat çalkalama işlemi sonrasında tüm numunelerde *Escherichia coli* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinlik tespit edilmiştir. %0,1 oranında çinko uygulanmış numunelerin yıkanmış hallerinde çinko miktarının çok az olması sebebiyle etkinliğin sağlanamadığı düşünülmektedir.

10) Çoklu yıkamalar sonrasında numune bünyesinde azalan metal miktarlarına bağlı olarak; her iki çalkalama süresinde çinko apliedilmiş numunelerde ve 4 saatlik çalkalama ile tespit yapılan düşük konsantrasyonlardaki metal uygulanan numunelerde antibakteriyel etkinliğin azaldığı belirlenmiştir.

11) Numunelerin *Staphylococcus aureus* bakterilerine karşı antibakteriyel etkinlik düzeyleri incelendiğinde; bütün numunelerin antibakteriyel etkinlik gösterdiği görülmektedir. Kısa süreli temas söz konusu iken farklı konsantrasyonda uygulama yapılmış numunelerin antibakteriyel etkinlikleri arasında farklılıklar bulunurken, uzun süreli temasta numunelerin antibakteriyel etkinlik değerleri artarak birbirine yaklaşmıştır. Uzun süreli temas söz konusu olduğunda aynı zamanda yıkama sonrası antibakteriyel özelliğin kalıcı olduğu da belirlenmiştir.

12) Ayrıca; kısa süreli test edilmiş genelde düşük konsantrasyonda partikül içeren gümüş ve çinko eklenmiş tüm numunelerde yıkama ile antibakteriyel etkinliğin çok fazla miktarda düştüğü görülmektedir. Bu bakteri türünde zar yapısı daha çok katmanlı ve kalın olduğundan, kısa süreli temasta yıkama sonrası azalan partiküllerin bakterilere nüfuziyetinin azaldığı ve antibakteriyel etkinliklerin düştüğü düşünülmektedir.

13) Numunelerin performans özellikleri ve antibakteriyel etkinlik özellikleri birlikte ele alındığında; püskürtme ile metal nano partikül aktarılmış numunelerin en iyi özellik gösterdiği tespit edilmiştir. Metal nano partiküllerin fiyatlarının en pahalıdan en ucuza doğru sıralaması gümüş, bakır ve çinko şeklindedir. Her iki bakteriye karşı dikkate alındığında; bakır partiküllerinin antibakteriyel etkinlik, yıkama sonrası kalıcılık bakımından en iyi özelliği sağladığı belirlenmiştir. Bu durumda; optimum özellikler için üreticilere ve tüketicilere püskürtme ile bakır nano partikül eklenmiş dokusuz yüzey temizlik bezleri tavsiye edilmektedir.

4.2. Öneriler

Bu tez çalışması esas alınarak gelecekte yapılacak çalışmalar için öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Çalışmada viskon de polyester esaslı dokusuz yüzeylere uygulamalar yapılmıştır. Farklı yapı özellikteki dokusuz yüzeyler ile çalışma yürütülebilir.
- 2) Çalışmada dokusuz yüzey içeriğinde %10 oranında düşük erime sıcaklığına sahip bikomponent polyester lifi kullanılmıştır. Bu oran %15-20 aralığında tutularak metal partiküllerin yapıya bağlanması arttırılabilir.
- 3) Çalışmada bakır, çinko ve gümüş metalleri ile kullanılarak antibakteriyel etkinlik sağlanmıştır. Farklı maddeler kullanılarak benzer çalışma yürütülebilir.
- 4) Çalışmada her metal için tek partikül büyüklüğü uygulanmıştır ve partiküller hazır olarak alınmıştır. Farklı boyutta metal partiküller sentezlenerek ya da temin edilerek çalışma tekrarlanabilir.
- 5) Çalışmada partiküllerin numunelere tutundurulması için poliolefin dispersiyon kullanılmıştır. Farklı bağlayıcı maddeler kullanılabilir.
- 6) Çalışmada püskürtme yöntemi için tek bir konsantrasyon uygulanmıştır, bu konsantrasyon çeşitlendirilebilir.
- 7) Nano partiküllerin daha homojen dağılımı için farklı katkı maddeleri ile prosedürler denenebilir.
- 8) Çalışmada çoklu yıkama işlemlerinin dokusuz yüzey bünyesindeki metal nano partikül kalıcılığına ve antibakteriyel özelliklerin kalıcılığına etkisi temizlik bezlerine yönelik geliştirilen yıkama prosedürü ile ortaya konmaya çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

1. Russell, S. J., 2007., Woodhead publishing limited and CRC press. Handbook of Nonwovens ISBN-10: 1-85573-603-9, England.
2. Batra S.K., Pourdeyhimi B., 2012. Introduction to Nonwovens Technology. Lancaster, Pa.: DEStech Publications Inc.
3. Edana, 2019. <http://www.edana.org/discover-nonwovens/what-are-nonwovens> (Erişim Tarihi: Mayıs 2019)
4. Duran, K., 2004. Dokusuz yüzeyler-tafting nonwoven yapıştırma. Malimo, Teknik Fuarcılık Ltd. Şti., İstanbul.
5. <http://nptel.ac.in/courses> (Erişim Tarihi: Haziran 2019).
6. Akalın, M., Özen, M.S., 2010. Tülbent Esaslı Dokunmamış (Nonwoven) Kumaşlar. Nesil Matbaacılık.
7. Jirsak, O., Wadsworth, L. C., 1999. Nonwoven textiles, Carolina Academic Press, North Carolina.
8. Çiñçik, E., 2010. İğneleme yöntemiyle üretilen polyester/viskon karışımli dokusuz yüzey özelliklerinin deneysel ve istatistiksel analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 293s.
9. <http://www.allco.co.nz> (Erişim tarihi: Nisan 2019).
10. <http://www.tikp.co.uk/knowledge/technology/nonwovens/under-construction> (Erişim Tarihi: Mayıs 2019).
11. <http://nptel.ac.in/courses/116102014/web%20bonding%20process/mechanical%20bonding%20processes.htm> (Erişim tarihi: Haziran 2019)
12. <http://www.nonwoventools.com/> (Erişim tarihi: Mart 2019).
13. Dharmadhikary, R. K., Gilmore, T. F., Davis, H. A., & Batra, S. K. (1995). Thermal bonding of nonwoven fabrics. **Textile Progress**, **26**(2), 1-37.
14. Dharmadhikary, R. K., Davis, H., Gilmore, T. F., & Batra, S. K. (1999). Influence of fiber structure on properties of thermally point bonded polypropylene nonwovens. **Textile research journal**, **69**(10), 725-734.

15. Dural., Erem., A., 2009. Nanokompozit yapılı tekstillerin geliştirilmesi ve antimikrobiyal özellik kazandırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
16. Johnson A.G., Ziegler R.J., Lukasewycz O. A., ve Hawley L.,B. 2002. Microbiology and Immunology, 4. Sürüm, Lippincott Williams & Wilkins , USA.
17. Tulunay, T., 2015. Aşındırma ve yıkama işlemlerinin kumaşların antibakteriyel özelliklerine olan etkisinin incelenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
18. Ünal, H., 2009. Tek kullanımlık hidrophil ve antibakteriyel polipropilen nonwoven çarşaf eldesi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
19. Çakar A., 2015. Antibakteriyel özellikli kumaş üretimi üzerine bir araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
20. <https://www.akademiportal.com/e-coli-o157-nedir-insan-sagligina-zararlari-nelerdir/> (Erişim tarihi: Nisan 2019).
21. <http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FFBB8F8F00F0641BDC> (Erişim tarihi: Haziran 2019).
22. <http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FF66511C433C64FDDA> (Erişim tarihi: Haziran 2019).
23. Mucha, H., Hofer, D., Abfalg, S., Swerev, M., 2002. Antimicrobial finishes and modifications. **Melliand International**, **8**: 148-151.
24. Akaydın, M., Kalkancı, M., 2014. Hastane giysisi olarak kullanılan kumaşların antibakteriyel özellikleri üzerine bir araştırma, **SDU Journal of Science (E-Journal)**, **9** (1): 20-34.
25. Devrent, N., Yılmaz, N.,D., 2004. Tekstil endüstrisinde kullanılan antimikrobiyal lifler. **Nonwoven Technical Textiles Technology Dergisi**, **4**: 48-55.

26. Massi, L., Guittard, F., Levy, R., ve Geribaldi, S ., 2009. Enhanced activity of fluorinated quarternary ammonium surfactants against pseudomonas aeruginosa, **European Journal of Medicinal Chemistry**, **44** (4): 1615-1622.
27. Eberhandt D.M., 2004. Antibacterial and laundering properties at AMS and PMHB as finishing agents for healthcare worker uniforms . Doktora Tezi, 38-120.
28. Gao, Y., Cranston, R., 2008. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles, **Textile Research Journal**, **78** (60): 60-72.
29. Qain L., Sun G., 2005. Durable and regenerable antimicrobial textiles: Chlorine transfer among halamine structures, **Industrial & Engineering Chemistry Research**, **44**: 852-856.
30. Shanmugasundaram, O. L. (2006). Chitosan coated cotton yarn and its effect on antimicrobial activity, **Research Journal of Textile and Apparel**, **5**: 1-6.
31. Chatterjee, Arijit & Chakraborty, Ruchira & Basu, Tarakdas, 2014. Mechanism of antibacterial activity of copper nanoparticles. **Nanotechnology**, **25**(13): 5101-5113.
32. Süpüren, G., Çay A., Kanat, z. E., Tarakçioğlu I, 2006. Antimikrobiyal lifler, **Tekstil ve Konfeksiyon**, **2**: 80-89.
33. Ata, U. H., 2003. Antibakteriyel klinoptilolit, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
34. Palamutcu S., Sengül M., Devrent N., Keskin R., 2008. Tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinlik belirleme testleri, *VII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi*, 30 Ekim-1 Kasım, İzmir.
35. Palamutcu, S., Keskin, R., Devrent, N., Sengül, M., Haşçelik, B., 2009. Fonksiyonel tekstiller II : antimikrobiyal tekstiller, **Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi**, **3**(3): 95-108.
36. https://www.slideshare.net/Shameem_Byadgi/antibacterial-finishes (Erişim tarihi: Mayıs 2019).

37. Jeong, S. H., Hwong, Y.H., Yi, S.C., 2005. Antibacterial properties of padded PP/PE nonwovens incorporating nano-sized silver callaids, **Journal of Material Science**, **40**: 5413-5418.
38. Palamutçu, S., 2008. Bazı antimikrobiyal maddelerin % 100 pamuklu kumaşlar üzerindeki mikrobiyolojik etkinliği ve kumaş parametreleri üzerindeki etkilerinin araştırılması. Tübitak Projesi, Proje No: 106M338, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü.
39. Montazer, M., Rangchi, F., 2009. Simultaneous antimicrobial, water and blood repellent finishing of disporal nonwovens using CTAB and fluorochemical, **Tekstil ve Konfeksiyon**, **2**: 128-132.
40. Parthiban, M., Srkirishnan, M.,R., Viju, S., 2011. Studies on odor retention and antibacterial efficiency of nonwoven fabrics for technical applications, **International Journal of Pharmacy & Life Sciences** **2**(10): 1137-1141.
41. Uppal, R., Bhat, G., Akata, K., Parikh D.V., Nam. S., Condon, B., 2011. Flame retardant antibacterial cotton high-loft nonwoven fabrics, **Journal of Industrial Textiles**, **41**(4): 281-291.
42. Hao, L., Wong, Z.Q.J., Wang, S., Hou, L., Wu, J., Yang, J., 2011. Preparation of immobilized F- Polylysine PET nonwoven fabrics and antibacterial activity Evaluation, **Journal of Wuhan University of Technology- Material Science Education**, **26**(4): 673-680.
43. Degountin, S., Jimenez, M., Casetta, M., Bellayer, S., Chai, F., Blandnemain, N., Neut, C., Kacem, I., Traisnel, M., Martel, B., 2012. Anticoagulant and antimicrobial finishing of non-woven polypropylene textiles, **Biomedical Materials**, **7**: 1-13.
44. Di, Y., Li, Q., Zhuang, X., 2012. Antibacterial finishing of tencel/ cotton nonwoven fabric using Ag nanoparticles – Chitosan composite, **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, **7**(2): 24-29.
45. Midha, V.K., Dakuri, A., Midha, V., 2012. Studies on the properties of nonwoven surgical gowns, **Journal of Industrial Textiles**, **43**(2): 174-190.

46. Stawski, D., Sarkar, A.J., Polowinski, S., Banerjee, A., Rangarath, A., Puchalski, M., Stanozy, K., 2013. Antibacterial properties of polypropylene textiles modified by poly (2-(N, N-dimethyloamino ethyl) methacrylate, **Journal of The Textile Institute**, **104**(8): 883-891.
47. Sojka-Ledakowicz, J., Latwinska, M., Kaluzka, J., Kudzin, M., 2013. Polypropylene nonwovens with natural polymers addition for filtration applications, **Polimery**, **58**: 7-8.
48. Deng, X., Nikiforav, A., Vujasevic, D., Vuksanovic, V., Mugasa, B., Cvelbar, U., Geyter, N.D., Morent, R., Leys, C., 2015. Antibacterial activity of nano-silver nonwoven fabric prepared by atmospheric pressure plasma deposition, **Material Letters**, **149**: 95-99.
49. Deng, X., Nikiforov, A., Vujasevre, D., Vuksanovic, V., Leys, C., 2015. Nano particle incorporated non-woven fabric prepared by atmosphere pressur plasma process for antibacterial property, *22'nd international symposium on plasma Chesmistry*, Jule 5-10, Antwerp, Belgium.
50. Demir, B., Çerkez, İ., Worley, S.D., Broughon, R.M., Huang, T., 2015. N – Halamine modified antibacterial Polypropylene nonwovens fabrics for use aganist airborne bacteria, **ACS Applied Materials & Interfaces**, **7**: 1752-1757.
51. Patel, M.H., Desai, P.B., 2015. Antimicrobial effect of herbal nanosilver finished fabrics on drug resistant pathagens, **International Journal of Science an Research**, **4**(101): 427-432.
52. Erdem, R., Rajendran, S., 2016. Influence of silver loaded antibacterial agent on knitted and nonwoven fabrics and some fabric properties, **Journal of Engineered Fibers and Fabrics**, **11**(1): 38-46.
53. Latwinska, M., Sojka – Ledakowic, Z.J., Chrusciel, J., Piorkowski, M., 2016. PLA ve PP composite nonwoven with antimicrobial activity for filtration applications, **International Journal of Polymer Science**, **206**: 1-9.
54. Akşit, A., Çamlıbel, N. O., Zeren, E.T., Kutlu, B., 2017. Development& antibacterial fabrics by treatment with Ag-deped TiO₂ nano particles, **The Journal of The Textile Institute**, **108**(12): 2046-2056.

55. Ramamurthy, P., Chellamani, K.P., Dhurai, B., Thankarajan, S.P., Subramanian, B., Santhini, E., 2017. Antimicrobial characteristics of pulsed laser deposited metal oxides on polypropylene hydroentangled nonwovens for medical textiles, **Fibres and Textiles in, Eastern Europe**, **25**, 2(122): 112-119.
56. Demiryürek, O., Tulunay, T., 2019. Antibacterial activity and durability of some regenerated cellulosic fabrics treated with Zn, Cu and Ag metal salts after repeated laundering, **Cellulose Chemistry and Technology**, **53**: 163-173.
57. http://msdssearch.dow.com/PublishedLiteratureDOWCOM/dh_089a/0901b8038089a4e8.pdf?filepath=dowpod/pdfs/noreg/877-00085&fromPage=GetDoc (Erişim tarihi: Haziran 2019).
58. <http://blog.aku.edu.tr/evcin/files/2016/11/8.pdf> (Erişim tarihi: Mayıs 2019).
59. <https://www.troy-met.com/haber/15/x-sini-fluoresans-xrf-nedir> (Erişim tarihi: Haziran 2019).
60. Bertin E. P., 2012. Principles and practice of X-Ray spectrometric analysis. Springer Science & Business Media, New York, 1080 s).
61. <https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=61071> (Erişim tarihi: Nisan 2019).
62. Chen, X., Schluesener, H.J., 2008. Nanosilver: a nanoparticle in medical application. **Toxicol. Appl. Pharmacol. Lett.** **176**: 1–12.
63. Feng, Q.L., Wu, J., Chen, G.Q., Cui, F.Z., Kim, T.N., Kim, J.O., 2000. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. **J. Biomed. Mater. Res.** **52**: 662–668.
64. Bragg, P.D., Rainnie, D.J., 1974. The effect of silver ions on the respiratory chain of *Escherichia coli*. **Can. J. Microbiol.** **20**: 883–889.
65. Yamanaka, M., Hara, K., Kudo, J., 2005. Bactericidal actions of a silver ion solution on *Escherichia coli*, studied by energy-filtering transmission electron microscopy and proteomic analysis. **Appl. Environ. Microbiol.** **71**: 7589–7593.

66. Zhang, L., Jiang, Y., Ding, Y., Povey, M., York, D., 2007. Investigation in to the antibacterial behaviour of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnOnanofluids). **J.Nanopart. Res.** **9**: 479–489.
67. Sirelkhatim, A., Mahmud S., Seeni, A., Mohamad Kaus, N. H., Chuo Ann, L., Mohd Bakhori, S. K., Hasan H., Mohamad D., 2015. Review on zinc oxide nanoparticles: antibacterial activity and toxicity mechanism, **Nano-Micro Lett.** **7**(3): 219–242.
68. Zhang, L., Ding, Y., Povey, M., York, D., 2008. ZnO nanofluids—a potential antibacterial agent. **Prog. Nat. Sci.** **18**(8): 939–944.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: S. CansuYILDIZ
Uyruğu: Türkiye (T.C)
Doğum Tarihi ve Yeri: 02.09.1990 – Kayseri
Medeni Durum: Evli
e-mail: cansu_karaalp@hotmail.com
Yazışma Adresi: Yıldırım Beyazıt Mah. ÖzsuSok. No:25/22, Melikgazi, Kayseri, Türkiye

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	-
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2013
Lise	Fatma Kemal Timuçin Anad. Lisesi,Kayseri	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2014-Halen	Merkez Çelik A.Ş.	Ar&Ge Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce (orta), Almanca (az)

Yayınlar

- 1) Çinçik E. , Gündoğdu A. , Yıldız S. C. 2017. **Antibacterial Activity of Nonwoven Cleaning Materials Treated with Silver Nanoparticles after New Developed Repeated Washing Process** Fiber Society 2017 Spring Conference, Aachen, Almanya, 17 - 19 Mayıs, ss.81.