



**GÜMÜŞ VE ANTİBİYOTİK İÇEREN MONTMORİLLONİT  
NANOKOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ VE KATI ATIK  
DEPOLAMA ALANLARINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Faruk ALTUN**

**Yüksek Lisans Tezi  
Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı  
Nano Malzeme Bilim Dalı  
Prof. Dr. Suat AKBULUT  
2017  
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÜMÜŞ VE ANTİBİYOTİK İÇEREN MONTMORİLLONİT  
NANOKOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ VE KATI ATIK  
DEPOLAMA ALANLARINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Faruk ALTUN**

**NANOBİLİM VE NANOMÜHENDİSLİK ANABİLİM DALI  
Nano Malzeme Bilim Dalı**

**ERZURUM  
2017**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

GÜMÜŞ VE ANTİBİYOTİK İÇEREN MONTMORİLLONİT  
NANOKOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ VE KATI ATIK DEPOLAMA  
ALANLARINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Suat AKBULUT danışmanlığında, Faruk ALTUN tarafından hazırlanan bu çalışma 18/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı -Nano Malzeme Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu (.../...)~~ ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Suat AKBULUT

İmza :

Üye : Doç. Dr. Sabriye Banu İKİZLER

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Semet ÇELİK

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 27/07/2017 tarih ve 30.../...34..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ  
Enstitü Müdürü

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

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

# GÜMÜŞ VE ANTİBİYOTİK İÇEREN MONTMORİLLONİT NANOKOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ VE KATI ATIK DEPOLAMA ALANLARINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Faruk ALTUN

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nanobilim ve Nanomühendislik Anabilim Dalı

Nano Malzeme Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Suat AKBULUT

Nano malzemelerin kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Spesifik mühendislik malzemelerinin üretilmesinde kullanılan kil zeminler aynı zamanda katı atık depolama alanlarında ve barajlarda geçirimsiz yapı elemanı olarak kullanılmaktadır. Katı atık depolama alanları sadece çöplerin biriktirilme alanları olmaktan daha çok çevre sağlığını korumada önemli fonksiyonları olan mühendislik yapılarıdır. Özellikle içme sulama sularının kirlenmesinin önlenmesinde bu yapı alanlarının üstlendiği görev büyüktür.

Polimer/kil nanoparçacıklarının üretiminde en iyi yöntemlerden biri çeşitli fonksiyonel monomerlerin interkalasyon (ko)polimerizasyon yöntemidir. Bu çalışma kapsamında literatürde sınırlı sayıda çalışma olan gümüş montmorillonit nano kompozit malzemesinin mühendislik ve tıbbi özellikleri araştırılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan kilin doğası gereği bakterilerin sevmediği yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bentonit türündeki bu killer %0,1, %1, %10 oranlarında gümüş tuzu ile katkılandırılarak nanokompozit malzeme üretilmiştir. Kil ile antibakteriyel özeliği bilinen siprofloksasin etken maddesi aynı oranlarda katkılandırılarak hem antibakteriyel özellikleri incelenmiş hem de kontrol numuneleri oluşturulmuştur.

Deney sonuçlarından kilin %0,1, %1 ve %10 oranlarında gümüş ve siprofloksasin ile muamele edildiği ve nanokompozit üretildiği XPS, SEM ve EDS sonuçları ile gösterilmiştir. Yapılan mikrobiyal testler sonucunda gümüş ve siprofloksasin katkılı killerin konsantrasyonuna bağlı olarak antibakteriyel özelliğinin arttığı görülmüştür.

Antibakteriyel testlerde katı atık depolama alanlarındaki atık su depolama havuzlarına da prototip oluşturması amacıyla numuneler ile yüzey kaplaması yapılmıştır. Test sonuçlarından elde edilen numunelerin antibakteriyel yüzey kaplaması malzemesi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Katı atık depolama alanlarında gümüş katkılı kilin kullanımı yeni bir konudur. Geosentetik membran üzeri kaplamada, geosentetik kil membran yapımında veya atık su depolama alanının yüzey kaplamasında gümüş katkılı nanokilin kullanımının toplanan atık sularındaki bakteri öldürüğü ve üremesini engellediği ve kirli suların ıslahı ve zararlı etkilerinin giderileceği sonuçlarına varılmıştır.

2017, 57 sayfa

**Anahtar Kelimeler:** Gümüş katkılı nanokil, nanokompozit, siprofloksasin, antibakteriyel, E coli, klebsiella pneumoniae, S. epidermidis, su sterilizasyonu, katı atık depolama alanı.

## ABSTRACT

### MS Thesis

## THE DEVELOPMENT OF SILVER AND ANTIBIOTIC MONAMORILLONITE NANOCOMPOSITES AND THE INVESTIGATION OF USABILITY IN SOLID WASTE STORAGE FIELDS

Faruk ALTUN

Ataturk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering  
Department of of Nano Materials

Supervisor: Prof. Dr. Suat AKBULUT

The usage areas of nano materials are increasing day by day. The clay floors used in the production of specific engineering materials are also used as impermeable building elements in solid waste storage areas and dams. Solid waste landfills are engineering structures that have important functions in protecting environmental health, rather than just the landfill of garbage. Especially in the prevention of the pollution of drinking water, the task of these building sites is great.

One of the best methods in the production of polymer / clay nanoparticles is the intercalation (co) polymerization of various functional monomers. In this study, the engineering and medical properties of silver montmorillonite nanocomposite material, which is limited in the literature, have been investigated.

It has been shown that the nature of the kiln used in this study has a structure that bacteria do not like. Bentonite type clay was added with 0.1%, 1%, 10% silver salt and nanocomposite material was produced. The ciprofloxacin active substance, known as antibacterial property with clay, was added at the same ratio to examine both antibacterial properties and control samples.

Experimental results show that XPS, SEM and EDS results show that 0.1%, 1% and 10% of clay are treated with silver and ciprofloxacin and nanocomposite is produced. As a result of the microbial tests performed, antibacterial properties were increased due to the concentration of silver and ciprofloxacin added killer.

In antibacterial tests, surface coating with samples was also carried out in order to prototype wastewater storage pools in solid waste storage areas. It has been shown that the samples obtained from the test results can be used as antibacterial surface coating material.

The use of silver-added clay in solid waste storage areas is a new issue. The use of silver-doped nanocilin in geosynthetic membranes, geosynthetic clay membranes or in the surface coating of wastewater storage areas has resulted in the elimination of bacterial contamination and reclamation of collected wastewaters and the remediation and deleterious effects of contaminated waters.

**2017, 57 pages**

**Keywords:** Silver doped nanocluster, Nanocomposite, ciprofloxacin, antibacterial, E coli, klebsiella pneumoniae, water sterilization, solid waste storage area.

## TEŞEKKÜR

Çalışmam süresince her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Suat AKBULUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma kapsamındaki deneyler, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarında, yapılan analizler Doğu Anadolu Yüksek Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Bu kapsamda; İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeynep Neşe KURT'a, yüksek lisans çalışmalarım süresince emeği geçen tüm hocalarıma ve antibakteriyel analizler için Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji ABD'dan Sayın Prof. Dr. Hakan USLU'ya ve Sayın Arş. Gör. Büşra ARDIÇ'a teşekkürleri borç bilirim.

Her konuda beni yalnız bırakmayan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme ve çok değerli arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım.

**Faruk ALTUN**

**Haziran, 2017**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
1.2. Kaynak Özetleri.....	2
<b>2. KURAMSAL TEMELLER .....</b>	<b>7</b>
2.1. Nanoteknoloji ve Kullanım Alanları .....	7
2.1.1. Nano teknolojinin kullanıldığı alanları.....	8
2.2. Katı Atık ve Katı Atık Depolama Alanı.....	11
2.2.1. Katı atık .....	11
2.2.2. Katı atık depolama alanı.....	11
2.2.3. Depolama sahalarının çevreye etkisi ve depolama şekilleri.....	13
2.2.3.a. Fiziki koruma önlemleri .....	13
2.2.3.b. Yeraltı ve yüzey suyu kirlenmelerine karşı önlemler .....	13
2.2.3.c. Çöp gazlarına karşı önlemler .....	14
2.3. Bakteri .....	14
2.3.1. Eschrichia Coli .....	15
2.3.2. Stafilokokus epidermidis .....	17
2.3.3. Klebsiella pneumoniae .....	18
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM .....</b>	<b>19</b>
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Kil numuneler.....	19
3.1.2. Gümüş iyonları .....	20
3.1.2.a. Gümüş iyonlarının etki mekanizması .....	21
3.1.3. Siprofloksasin.....	22

3.1.3.a. Siprofloksasinin etkin olduğu mikroorganizmalar .....	22
3.1.3.b.Siprofloksasin endikasyonları .....	23
3.2. Yöntem .....	24
3.2.1. Çözelti ortamında araya girme metodu .....	24
3.2.2. Katkılı kil numunelerin elde edilmesi .....	25
3.2.3. X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS).....	27
3.2.4. SEM (Taramalı Elektron Mikroskopy).....	29
3.2.5. EDS (Elektron Dağılım Mikroskopy) .....	30
3.2.6. Agar dilüsyon yöntemi .....	30
3.2.7. Mikrobiyolojik analizlerin yapılışı .....	31
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>33</b>
4.1. XPS Analizleri .....	33
4.2. SEM Analizleri .....	42
4.3. EDS Analizi Sonuçları.....	46
4.4. Mikrobiyolojik (Agar Dilüsyon Deney) Sonuçları .....	51
<b>5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....</b>	<b>54</b>
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ .....	58



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Ag	Gümüş
c	Kohezyon
CH	Yüksek plastisiteli inorganik kili
CL	Düşük ve orta plastisiteli inorganik kil
c <sub>uu</sub>	Konsolidasyonsuz-Drenajsız kohezyon
e <sub>min</sub>	Minimum boşluk oranı
MH	Müeller hinton
MHA	Müeller hinton Agar
MİC	Minimal inhibitör konsantrasyon
MMT	Montmorillonit
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
XPS	X ışını Spektroskopisi

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Nano boyutun çeşitli materyaller ile gösterilmesi .....	7
Şekil 2.2. Katı atık depolama sahası şeması .....	12
Şekil 2.3. Bakteri Hücresinin Şematik Gösterimi .....	15
Şekil 2.4. Stafilokokusun mikroskopik görüntüsü .....	17
Şekil 2.5. Klebsiella pneumoniae mikroskopik görüntüsü .....	18
Şekil 3.1. Gümüş iyonlarının çalışma prensibi .....	22
Şekil 3.2. Çözelti ortamında araya girme metodunun şekilsel gösterimi .....	24
Şekil 3.3. Kil+su süspansiyonu .....	26
Şekil 3.4. Magnetik karıştırıcıda katkıli kil üretimi .....	26
Şekil 3.5. Üretiken katkıli killer etüvde kurutulurken .....	27
Şekil 3.6. Katkıli killer kurutulduktan sonra .....	27
Şekil 3.7. Fotoelektron oluşum şeması .....	28
Şekil 3.8. XPS cihazı .....	29
Şekil 3.9. Sem cihazı .....	30
Şekil 3.10. Deneyin yapıldığı antibakteriyal test düzeneği .....	32
Şekil 4.1. Katkısız kil XPS sonucu .....	33
Şekil 4.2. %0.1 Ag katkıli kil XPS sonucu .....	35
Şekil 4.3. %1 Ag Katkıli Kil XPS Sonucu .....	36
Şekil 4.4. %10 Ag katkıli kil XPS sonucu .....	38
Şekil 4.5. %0.1 Siprofloksasin katkıli kil XPS sonucu .....	39
Şekil 4.6. %1 Siprofloksasin katkıli kil XPS sonucu .....	40
Şekil 4.7. %10 Siprofloksasin katkıli kil XPS sonucu .....	41
Şekil 4.8. Katkısız kil SEM görüntüsü .....	42
Şekil 4.9. %0.1 Ag katkıli kil SEM görüntüsü .....	43
Şekil 4.10. %1 Ag katkıli kil SEM görüntüsü .....	43
Şekil 4.11. %10 Ag katkıli kil SEM görüntüsü .....	44
Şekil 4.12. %0.1 Siprofloksasin katkıli kil SEM görüntüsü .....	45
Şekil 4.13. %1 Siprofloksasin katkıli kil SEM görüntüsü .....	45
Şekil 4.14. %10 Siprofloksasin katkıli kil SEM görüntüsü .....	46

<b>Şekil 4.15.</b> Katkısız kil EDS sonucu.....	47
<b>Şekil 4.16.</b> %0.1 Ag içeren kil EDS sonucu .....	48
<b>Şekil 4.17.</b> %1Ag içeren kil EDS sonucu .....	48
<b>Şekil 4.18.</b> %10 Ag İçeren Kil EDS Sonucu.....	49
<b>Şekil 4.19.</b> %0.1 Siprofloksasin içeren kil EDS sonucu .....	50
<b>Şekil 4.20.</b> %1 Siprofloksasin içeren kil EDS sonucu .....	50
<b>Şekil 4.21.</b> %10 Siprofloksasin içeren kil EDS sonucu .....	51



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 3.1.</b> Kile ait bazı geoteknik özellikler.....	19
<b>Çizelge 4.1.</b> Katkısız kile ait XPS verileri .....	34
<b>Çizelge 4.2.</b> %0.1 Ag katkılı kil XPS verileri .....	35
<b>Çizelge 4.3.</b> %1 Ag katkılı kil XPS verileri .....	37
<b>Çizelge 4.4.</b> %10 Ag katkılı kil XPS verileri .....	38
<b>Çizelge 4.5.</b> %0.1 Siprofloksasin katkılı kil XPS verileri .....	40
<b>Çizelge 4.6.</b> %1 Siprofloksasin katkılı kil XPS verileri.....	41
<b>Çizelge 4.7.</b> %10 Siprofloksasin katkılı kil XPS verileri .....	42
<b>Çizelge 4.8.</b> Antibakteriyel test sonuçları .....	52

## 1. GİRİŞ

### 1.1. Amaç ve Kapsam

Nanoteknolojinin uygulama alanları her geçen gün artmaktadır. Geoteknik mühendisliğinde önemli bir yeri olan kil malzemeler nano malzeme üretiminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Nanoteknoloji sayesinde malzemeler atom, molekül ve makromolekül ölçeklerinde incelenebilmekte ve bu ölçeklerde malzemede değişiklikler yapılabilmektedir. Malzemeler nano boyuta indirildiğinde, makro boyutlarındaki fiziksel veya kimyasal özelliklerden çok farklı fizikokimyasal özellikler kazanmaktadırlar (Baykara 2008).

Çalışma kapsamında Erzurum İli, Oltu-Narman Havzası'ndan alınan kil örneği kullanılmıştır. Alınan zemin 200 nolu elekten elenerek dane boyutu 75  $\mu\text{m}$ 'nin altına inmesi sağlanmıştır. Kil ağırlıklı malzeme dane boyutu sedimentasyon yöntemi ile 14  $\mu\text{m}$ 'nin altına indirilmiş böylece zaten nano boyutlara sahip montmorillonit kili dane boyu olarak da nano boyuta indirilerek nanokompozit malzeme üretimi amaçlanmıştır.

Katkı malzemesi olarak gümüş kullanımının amacı gümüşün diğer metallerle nazaran daha az toksisitesinin olmasından kaynaklanmaktadır. Siprofloksasin ise çok geniş spektruma (etki alanına) sahip, özellikle üzerinde çalıştığımız bakteriler için antibakteriyel etkinliği kanıtlanmış bir moleküldür.

%0,1, %1, %10 oranlarında gümüş ve siprofloksasin içeren katkılı kile XPS, SEM ve EDS görüntüleme yöntemleri ile analiz yapılarak kilin katkı maddeleri ile etkileştiğinin ispatı amaçlanmıştır. Katı atık depolama alanları ve su sterilizasyonunda katkılı kilin kullanılabilirliğinin test edilebilmesi amaçlarıyla prototip özel test düzeneği hazırlanmıştır. Katkılı kil numuneler üzerinde mikrobiyolojik testler yapılarak katkılı kilin antibakteriyel etkisinin sterilizasyon için kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 1.2. Kaynak Özetleri

Crainic and Marques (2002) çalışmalarında yapılmış olan yayınları özetlemişler, son yıllarda farklı uygulamalar için nano-kompozitlere olan ilgide bir artış söz konusu olduğunu, organik monomer ve polimerlerle kil komplekslerini uygun hale getirmek için farklı kimyasallarla kimyasal modifiyeye uğramış kil partiküllerinin nanokil yapılar olarak adlandırıldığını, en önemli nanokil malzemesinin 2:1 tabakalı smektit kili olan montmorillonit olduğunu belirtmişlerdir.

Galgali (2003) yılında yaptığı çalışmada poliolefin kil nanokompoziti üretmiştir. Kilin poliolefin ile kompozit oluşturduğu nicel olarak XRD ile gösterilmiştir. Kil kompozitin katı hal durumu üzerindeki değişimi araştırılmıştır.

Akbulut ve Saglamer (2004) çalışmalarında, bazı çevresel sorunları ortadan kaldırmak ve mühendislik alanında yeni faydalı bulgular keşfetmek için granüler zeminlerin modifikasyonunda silis dumanı ve uçucu kül gibi atık ürünlerin kullanımını değerlendirmişler, çalışmalarının ana amacının enjeksiyon vasıtasıyla zeminlerin hidrolik özelliklerini iyileştirmek ve geoteknik mühendisliği için bu malzemelerin kullanımını göstermek olduğu bildirilmiştir. Sonuçlar zemin uygulamalarında bu malzemelerin kullanımının önemli bulgular içerdiğini ve zeminlerin hidrolik iletkenliğini düzelttiğini göstermiştir.

Gacituaet *et al.* (2005) polimer nanokompozitler, sentetik ve doğal dolguların incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmalarda nanokompozit alanındaki mevcut araştırmaları, karakterizasyon tekniklerini ve eğilimleri incelemişlerdir.

Hackman and Hollaway (2005) çalışmalarında nanokompozitleri tanıtmışlar, nanokompozitlere ulaşmak için gerekli fiziksel ve kimyasal ihtiyaçları ortaya koymuşlardır. Fiberle güçlendirilmiş polimer kompozitlerin inşaat alt yapısında, betonun iç ve dış güçlendirilmesinde, kolonların sismik iyileştirilmesi için yapılan kaplama örtülerde, köprü örtülerinde ve kompozit yapı sistemlerinde kullanılmaya

başlandığını belirtilmiştir. Nanokompozit üretimi için en uygun nano partiküllerin smektit killeri kullanılarak üretilenler olduğunu, smektit killerin, tabakalar arasında bulunan zayıf Van der Waals kuvvetleri ile bir arada tutulan yapılar olduğu ve oksit levhalardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak nanokompozit kil minerallerinin inşaat mühendisliği alanında henüz fazla kullanılmamasına rağmen malzemelerin hizmet ömrünü artırma kabiliyetleri, uzun ömürlü stabiliteyi nedeni ile kullanım alanlarının giderek genişlemekte olduğunu ifade etmişlerdir.

Lee *et al.* (2005) çalışmalarında katyonik bir yüzey aktif madde ile modifiye edilen montmorillonit killerin yapıları ile karakteristiklerini incelemişlerdir. Deneylede Wyoming Montmorillonit ve Arizona Montmorillonit olmak üzere iki farklı montmorillonit türü kullanılmıştır. Alkilamonyum katyonları ile katkı yapılmış olan montmorillonitin ara tabaka yapısı, tabaka yükünün yoğunluğu, değişim derecesi ve alkil zincirler arasındaki karşılıklı etkileşimden etkilendiği belirtilmiştir.

Lei *et al.* (2006) yaptıkları çalışmada, kil kimyasının kille yapılan nanokompozitlerin özellikleri ve prosesleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Polipropilene altı farklı kilin eritme işlemiyle muamele edilmiştir. Sonuç olarak, alkil onyum iyonu arakatkılı killerin, alkilamin ara katkılı killere oranla daha iyi termal durabiliteye sahip oldukları görülmüştür.

Sivudu *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada süspansiyon polimerizasyonu ile polimer nano kompozitler üretmişlerdir. 90 meq/100g katyon değişim kapasitesi ile sodyum montmorillonit, CTAB ile organik olarak modifiye edilmiştir. XRD numunelerinde Montmorillonitteki CTAB'ın arakatkısının, silikat tabakasının bazal boşluklarını 1,5 nm'den 2 nm ye yaydığı tespit edilmiştir. Üretilen nanokompozitler Xray difraksiyon analizi, TEM, termal gravimetrik analiz ve diferansiyel scanning kalorimetre ile incelenmiştir. Termal gravimetrik analiz ve diferansiyel scanning kalorimetre çalışmalarından nanokompozitlerin termal stabilitesinin, saf polimerle kıyaslandığında nispeten arttığı belirlenmiştir.

Liu (2007) çalışmasında, kil numunelerinin, polimerler ile fiziksel adsorbsiyonu ve kimyasal aşılama yolu ile modifikasyonundaki son gelişmeleri incelenmiştir. Kil minerallerinin özellikle polimerlerle olan yüzey modifikasyonunun, killerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirgin şekilde düzeltebildiği, modifiye kil minerallerine kompozit malzemelerde katalizör, adsorban olarak başvurulabileceği belirtilmiştir. Organik polimerlerin, yapı ve performans tanımlaması ile yeni malzemeler üretilebileceği belirtilmiş, bu metotların çeşitleri ve kombinasyonlarının yeni özelliklere sahip, gerçekten ileri malzemeler hazırlamak için keşfedilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Cuevas *et al.* (2008) çalışmalarında Avrupa Birliği direktiflerinde belediyeye ait çöplerin depolama alanlarında hidrolik iletkenliği  $1,1^{-9}$  m/s olan en az 1 m kalınlıkta bariyerler kullanılmasını istediklerini, jeolojik bariyerin bu şartı sağlayamaması halinde 50cm kalınlıkta suni bir bariyerin kullanılması aynı görevi sağlayabileceği belirtmişlerdir. Çalışmada depolama alanı bariyeri olarak bazı killerin uygunluğu test edilmiştir. Kil minerallerinin, küçük parçacık boyutları ve karışık gözenekli yapıları olduğu, düşük permeabilite özellikleri ile doğal malzemeleri oluşturduğunu belirtmişlerdir. Üç farklı kil 0,5 m uzunluğunda kolonlara doldurulmuş ve mineralojik, fiziksel, kimyasal, ve ağır metal iyonları adsorbsiyon özellikleri incelenmiştir. Sonuçta, anyonların ve alkali katyonlarının difüzyonunun kil materyallerindeki hidrolik iletkenlik için beklenenden daha hızlı olduğu görülmüştür.

Zhu *et al.* (2008) çalışmalarında benzer yapılarla yeni bir yüzey aktif madde-kil mineral kombinasyonu oluşturmuşlardır. Yüzey aktif madde-kil mineral komplekslerinin yapıları X-ray difraksiyonu, Fouries transform infrared spektroskopisi ve termogravik analizleri ile analiz edilmiştir. Montmorillonit kili üzerindeki inorganik katyonların cetiltrimetilamonyum yüzey aktif maddesi ile kolayca değişebildiğini vurgulamışlardır.

Liu *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada Wyoming Sodyum montmorillonitin sıvı süspansiyonu içindeki sodyum iyonları için tek, çift ve üçlü alkil zincirleri içeren katyonik yüzey aktif maddelerin iyon değişimi ile elde edilebilen organokilleri üretmişlerdir. Kil minerallerinin tanımlanmasında X-ray difraksiyon analizi, transmisyon elektron mikroskobu ve TEM sonuçları kullanılmıştır. Simektitlerin yüksek



katyon değişim kapasiteleri, şişme kapasitesi, yüksek yüzey alanı ve güçlü adsorbsiyon kapasitelerinin sonucu olarak sıkça kullanıldığını tespit edilmiştir. Katyonik yüzey aktif maddelerin ara katkısının yalnızca yüzey özelliklerini hidrofilikten hidrofobiğe çevirmediğini, ara tabaka boşluklarını da artırdığını gösterilmiştir.

Paiva *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada son yıllarda yüzey aktif maddelerin polimer nanokompozitlerin özellikleri, sentezleri ve uygulamaları hakkında yapılmış olan yayınlarla ilgili bir derleme yapmışlardır. Bu çalışma kapsamında; kil mineralleri arasında, smektitler, özellikle montmorillonit, büyük yüzey alanı, adsorbsiyon özellikleri, şişme davranışı, yüksek katyon değişim kapasitesi gibi özelliklerinden dolayı yaygın bir şekilde organokil hazırlamak için kullanıldığına değinilmiştir.

Lines 2008 yılında yaptığı çalışmada nano teknolojinin pek çok kullanışlı ve gerçekçi sonuçları olduğunu belirterek bunları;

- Yeni özelliklere sahip ürünlerin ve malzemelerin üretilmesi
- Çevre problemlerinin çözümüne yardımcı olması
- Yeni uygulamaların ve var olan teknolojilerin gelişmesi

-Kullanışlı uygulamalar için ön şartların optimizasyonu şeklinde sıralamıştır. Nanomalzemelerin çok küçük boyutlara sahip olmalarına rağmen, dikkate değer özellikleri olduğunu belirtmiş, bu malzemelerin optiksel, mekanik, elektriksel, yapısal ve magnetik özelliklerinde önemli değişimler- iyileşmeler gözlemiştir. Bazı anahtar özelliklerini; boyutlarının 10-9 m ye kadar olması, oldukça büyük özgül yüzey alanına sahip olmaları, etkileyici ve kullanışlı özellikler göstermeleri, yapısal ve yapısal olmayan uygulamalarının olması, güçlü ve daha esnek malzemeler olmaları, kimyasal olarak çok aktif malzemeler olmalarıdır.

Akbulut vd 2008 yılında yaptıkları çalışmalarında, Erzurum Oltu Yöresi'nden alınan bir kil numunesini organik bir kimyasal katkı olan heksadesiltrimetilamonyum bromit ile 5 farklı yüzdede etkileştirerek doğal ve katkılı kil numunelerin kıvam limitleri özelliklerini karşılaştırmışlardır. Deneysel sonuçları, kimyasal katkının belirli bir oranına kadar kilin likit limitinin büyük miktarda azalttığını, bu değerden sonraki değişimin

önemli derecede olmadığını, plastik limit değerlerinde katkı oranının artmasıyla bir miktar artış meydana geldiğini gözlemlenmiştir. Ayrıca plastisite kartında yapılan zemin sınıflandırması sonucu yüksek plastisiteli kil (CH) olarak belirlenen doğal kilin sınıfının kimyasalla etkileşim sonucu düşük plastisiteli silt (MH) sınıfı olarak değiştiği görülmüştür.

Aydın (2010) yılında yaptığı çalışmada kil, uçucu kül ve kireç kullanmıştır. Bu çalışmada, kil zeminlerin kireç ve uçucu küllerle geoteknik özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kil örneklerinin yüksek şişme potansiyeline sahip olduğu görülmüş, şişme deneyi sonuçlarına göre kireç katkısının tersine, CH kil örnekleri üzerinde uçucu külün şişmede sınırlı iyileştirme meydana getirdiği gösterilmiştir.

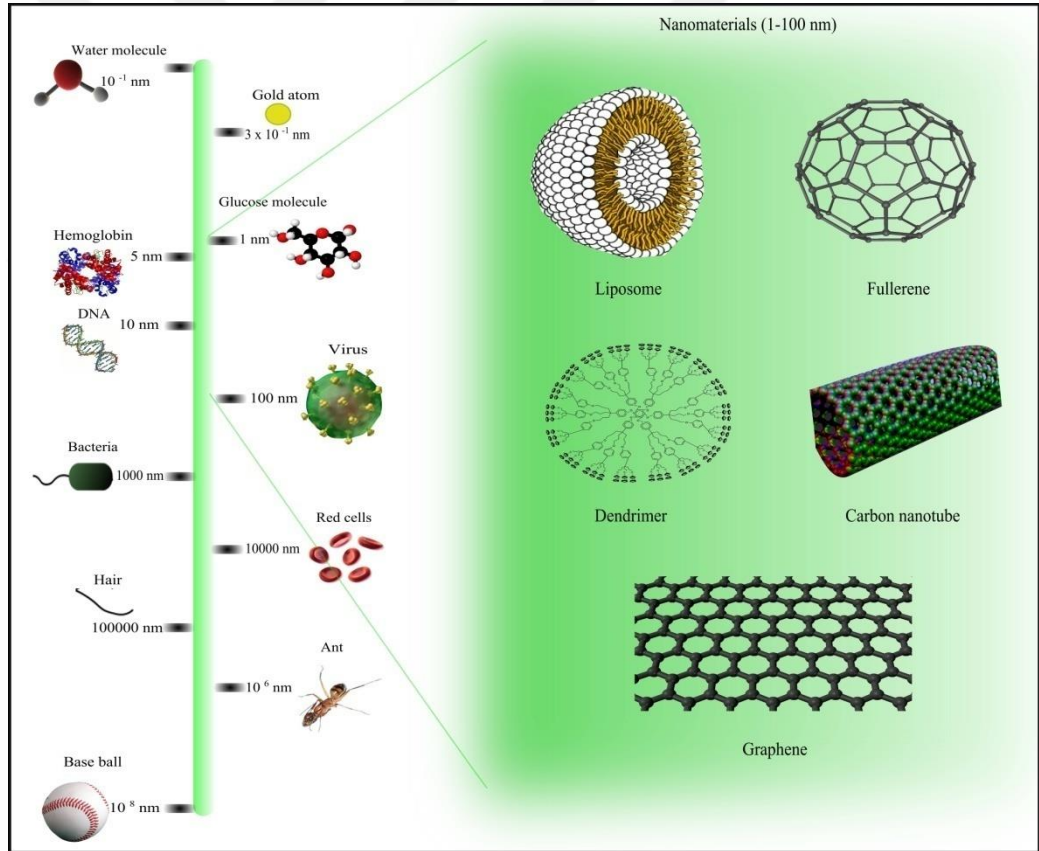
Cammarano (2010) yılında yaptığı çalışmada tavlama ve oryantasyonun kil ilave edilmesi üzerine baskın olduğunu ve bu tedavilerden sonra kil varlığında yalnızca küçük varyasyonların olduğu ve fiber yönlü killer tek yönlü oryantasyon prosesinde uygulanmasının numune özelliklerinde önemli ilerlemelere neden olduğu bulunmuştur.

Li *et al.* (2010) yılında yaptıkları çalışmada gümüş nano partiküllerinin E.Coli üzerindeki antibakteriyel etki mekanizması incelenmişlerdir. Bu çalışmada gümüş nano partiküllerinin önce hücre zarının yapısını bozarak hücre içine girdikleri, sonra sistine ait tiol (-SH) gruplarındaki hidrojen atomlarının yerlerini değiştirerek (-S-Ag-) solunum enzimlerini inhibe ettikleri tespit edilmiştir. Hücre zarı geçirgenliği bozulan dolayısı ile solunum yapamayan bakterinin gelişmesi ve çoğalması durmaktadır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2.1. Nanoteknoloji ve Kullanım Alanları

Günümüz teknolojisi hafifleşme ile boyut olarak küçülme eksenindeki gelişmelerle değişim göstermektedir. Bu gelişmeler malzeme özelliklerini iyileştirmeyi amaçlayan nanoteknolojiyle sağlanmaktadır. Nanoteknoloji, mikron boyutundan daha küçük boyutlardaki işleme teknolojisidir (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006). Nano boyutun çeşitli materyaller ile gösterilmesi Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Nano boyutun çeşitli materyaller ile gösterilmesi (Bayındır 2009)

Manomalzemelerin en önemli ürünlerinden biri nanopartiküllerdir. Bütün nanomalzemelerde olduğu gibi boyutlarına göre sınıflandırılırlar. Kaba partiküller

boyutu 2500nm'den büyük olan malzemelerdir. Bunlar nanopartikül sınıfına sokulmamaktadırlar. İnce taneli partiküllerin boyutları 100-2500nm arasındadır. Bunlar bile nanoteknolojinin sağladığı özellikleri tam olarak sağlayamazlar.

Sadece malzeme boyutu 100 nm'nin altına olan partiküllerin mekanik, elektriksel gibi özelliklerinde değişimler görülmektedir. (Aydın ve İnanç 2012).

Gümüş, titanyumdioksit(TiO<sub>2</sub>) benzeri malzemelerin boyutları küçültüldükçe anti bakteriyel özelliklerinin arttığı bilinmektedir. Bununla birlikte bu malzemelerde daha küçük boyutlarda inildiğinde anti-viral özellikleri ortaya çıkmaktadır. Mukavemet inşaat ve malzeme mühendisliğinin üzerinde durduğu en önemli parametrelerdendir. Nanomalzemelerde boyut azaldıkça yüzey enerjisi arttığı, elastiklik modülünün ve mukavemetin arttığı bilinmektedir (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006).

Nanopartiküllerin katkı malzemesi olarak kullanılması sonucu nanokompozitler üretilmektedir. Böylece malzemelerin fizikokimyasal özellikleri de iyileştirilebilmektedir. Bu malzemelerin geliştirilmesi ile inşaat, tıp gibi bir çok disiplinde ihtiyacımız olan malzemeler sağlanabilecektir (Aydın ve İnanç 2012).

Nano teknolojik ürünler şimdiden yaşamımıza girmiş durumdadırlar. Bu ürünlere kir tutmayan duvar boyaları, kirlenmeyen ıslanmayan kumaşlar, mikropları öldüren filtreler, tenis raketleri, el yüz kremleri, antifungal ve antibakteriyel çoraplar örnek olarak verilebilir (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006).

### **2.1.1. Nano teknolojinin kullanıldığı alanları**

#### **1. Malzeme ve İmalat Sektörü**

Malzemelerin atomik veya moleküler boyutlardan başlayarak aşağıdan yukarıya yöntemi kullanılarak üretilmesi ile daha sağlam ve daha hafif malzemelerin üretileceği

düşünülmektedir. Üretilen bu malzemelerin hata seviyeleri daha az olduğun ve eşsiz dayanıklılık özellikleri bulunduğundan birçok sanayi için yenilikler getireceği söylenmektedir(Akdoğan ve Küçükıldırım 2006).

## **2. Nano-Elektronik ve Bilgisayar Teknolojileri**

Nanometre ölçeklerinde elektronik araçların üretilmesi ile sistemlerinin işlem güçleri ve kapasiteleri ciddi oranda artırılabilceği ve da geliştirilmesi ile pentium bilgisayarlarla kıyaslanamayacak seviyelerde işlem gücüne sahip bilgisayarları elde etmenin mümkün olacağı düşünülmektedir (Akdoğan ve Küçükıldırım 2006).

## **3. Tıp ve Sağlık Sektörü**

Nanoteknoloji canlı sistemlerinde molekül boyutunda teşhis ve tedavi etme olanağı sağlayabileceği düşünülmektedir. Spesifik olarak hareket eden, hastalığın bulunduğu veya yayıldığı bölgelere saldıran, sadece bu bölgelere ilaç veren nano taşıyıcılar, vücut içinde hareket etme imkânı sağlayan teşhis araçları nanoteknolojinin sağlık alanındaki uygulamaları olarak gösterilebilir (Akdoğan ve Küçükıldırım 2006).

## **4. Havacılık ve Uzay Araştırmaları**

Havacılık ve uzay araçlarının üretim maliyetleri yüksektir. Ayrıca maliyetten daha önemli olan bu malzemelerin imalatı sırasında kullanılan malzemelerin ağırlığıdır. Nano teknoloji ile bu malzemelerin ağırlıkları önemli ölçülerde azalmakla kalmayıp maliyetlerde de büyük düşüşler sağlayabilir. Çelikten kat kat yüksek çekme direncine sahip nano tüplerin üretilmesi sayesinde dünya yüzeyinden atmosfere kadar yapılar inşa edilebileceği planlanmaktadır. Böylelikle uzay araştırmalarında büyük maliyetler meydana getiren fırlatma maliyetlerinin payı düşürülmüş olacaktır (Akdoğan ve Küçükıldırım 2006).

## 5. Çevre ve Enerji

Nano kompozitler fosil yakıtların verimliliğini artırmaktadır. Nano kompozitlerin kullanılması ile daha yüksek verimliliğe sahip motorlar üretilebileceği böylece daha çevre dostu sistemlerinin kurulmasının mümkün olacağı düşünülmektedir. Özellikle içme ve kullanma sularının temizlenmesinde nano teknoloji ile büyük kolaylıklar getirileceği planlanmaktadır (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006).

## 6. Biyoteknoloji, İlaç ve Tarım

Tıp ve sağlık sektörlerinde uygulanacak teknolojilerin geliştirilmesi sonucu ilaç ve tarım sektöründe de biyoteknolojilerin uygulanabileceği söylenmektedir. Yeni üretilen ilaçlar ve gübreler ile daha besili hayvanlar ve hastalık direnci yüksek bitkiler yetiştirilebileceği düşünülmektedir (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006).

### 2.1.2. Nano malzemelerin inşaat mühendisliğinde kullanım alanları

Nanomalzemelerin inşaat mühendisliğinde kullanılmaya başlaması yeni olmasına rağmen pek çok uygulama alanı mevcuttur. Bunlara çok yüksek performanslı betonlar, geliştirilmiş beton, kendi kendini temizleyebilen yüzeyler, nano boyalar, seramik kaplamalar, nano alüminyum kompozit paneller, cephe korumaları, soğuk hava depoları, inşaat kalıpları, nanobetonlar, nanobetonkatkıları, betonun çelik donatılar dışında fiber donatılı polimer ile takviyesi, agregasındaki elyafı sayesinde ışık geçirme özelliği kazanan betonlar, agregasında grafit ve çelik lifler kullanarak üretilmiş elektrik akımı uygulandığı zaman ısınan beton veya radyo dalgalarını soğurma özelliği olan ferrit kullanarak üretilen radar ile görünmeyen betonlar uygulama alanlarına örnek olarak verilebilir. Ayrıca U-V ışınlarına dayanıklı boyalar nanomalzemeler kullanılarak üretilebilmektedir. Bakteri tutmayan lavabo, kendi kendini temizleyen pencere ve banyo seramikleri, titanyum dioksit ile kaplı katalitik çimento ve hava kirliliğini engelleyici ve kir tutmayı önleyici beton ürünleri de nanoteknolojinin bir sonucudur (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006).

Günümüzde, karbon nanotüpler kullanılarak hafif inşaat malzemesi üretimi, betondan daha dayanıklı plastik binalar, çelikten yüz kat daha dayanıklı hafif ve esnek beton üretimi, asfalt yerine yüksek etkinlikli solar hücrelerden oluşan yollar, binalardaki betonarme kolon kesitlerinin küçültülüp elastik özellikler kazandırılması; bu sayede depremlerin binalarda daha az tahribata yol açması gibi bir çok uygulama için üzerinde çalışılmaktadır (Akdoğan ve Küçükyıldırım 2006).

## **2.2. Katı Atık ve Katı Atık Depolama Alanı**

### **2.2.1. Katı atık**

Katı atıklar kullanım süresi dolan, yaşadığımız ortamdan uzaklaştırılması gereken sıvı ve çözünür olmayan hertürlü malzemeye denir. Bu atıklar ev, işyeri, hastane vb. her yerde oluşabilir

Katı atıklar kaynaklarına göre altı sınıfa ayrılırlar:

- 1) Tıbbi Atıklar
- 2) Evsel Nitelikli Endüstriyel Atıklar
- 3) Tehlikeli Atıklar
- 4) Endüstriyel Nitelikli Katı Atıklar
- 5) Evsel Katı Atıklar
- 6) Özel Nitelikli Katı Atıklar (Demir vd 1999).

### **2.2.2. Katı atık depolama alanı**

Katı atıkların uygun olarak bertaraf edilmedikleri gerekmektedir. Aksi takdirde içerdikleri bulaşıcı ve hastalık yapıcı maddeler ile doğrudan bulaşabilen kolera, tüberküloz, veba, dizanteri, sıtma gibi hastalıklara sebebiyet vermektedirler. Çöp

depolama alanlarında oluşan sızıntı su ve gazları, canlı ve çevre sağlığına zararlar vermektedir (Demir vd 1999).

### Düzenli depo alanlarının inşa edilme amaçları:

- Yeraltı, yüzey su kirliliğinin önlenmesi,
- Kaliteli havanın korunması,
- Gaz sistemleri ile enerji üretilmesi,
- Depo sahasının etkin kullanımı sonucu depolama sona erdiğinde sahanın değerlendirilmesi amaçları ile inşa edilirler.

Katı atıkların depolanması ile hem bu atıklar bertaraf edilmiş hem de bu atıklardan enerji üretimi sağlanabilir. Çıkarılan gaz yakılabilir veya yakmadan ticari ürünlere dönüştürülebilir. Yakım işlemi olmadan metanol, saf karbondioksit ya da metanın endüstride kullanılacak şekilde eldilmesi amaçları ile kullanılmaktadır (Arıkan vd 1999). Şekil 2.2' de katı atık depolama sahasının şematik görünümü gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Katı atık depolama sahası şeması (Anonim 1991)



### **2.2.3. Depolama sahalarının çevreye etkisi ve depolama şekilleri**

Katı atıklar içinde bulunan mikroorganizmaların yardımıyla biyokimyasal olarak ayrışabilir. Bu ayrışma sonucu yüksek kirletici konsantrasyonlarda sızıntı suları, çöp gazları, stabilize atıklar ortaya çıkmaktadır(Anonim 1991).

Katı atık depolama sahalarının etkileri konumlarına göre değişiklik göstermektedir. Bu salınımlara karşı önlemler alınmalıdır. Bu salınımların önlemlerini de kendi isimleriyle eş değer olacak şekilde üç ana başlık altında toplayabiliriz:

- 1- Fiziki Koruma Önlemleri
- 2- Yeraltı ve yüzey suyu kirlenmelerine karşı önlemler
- 3- Çöp (deponi) gazlarına karşı önlemler (Anonim 2005).

#### **2.2.3.a. Fiziki koruma önlemleri**

Fiziki koruma önlemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Depolama alanının çevresi çitle çevrilmelidir.
- Alan içine hayvanların girmesine izin verilmemelidir.
- Sahaya gelen atıklar girişte tartılarak alınmalıdır.
- Çöplerlerde depolanma tabakalanma şeklinde olmalı ve ara tabakalar toprak benzeri malzemeyle örtülmelidir.
- Hastane atıkları farklı bir araç ile ayrı olarak toplanmalı ve depolanırken alanda sönmemiş kireç kullanılmalıdır (Anonim 2005).

#### **2.2.3.b. Yeraltı ve yüzey suyu kirlenmelerine karşı önlemler**

Yeraltı ve yüzey suyu kirlenmelerine karşı önlemler aşağıdaki gibidir:

- Depo alanında yağmur suyu birikmesinin önlenmesi gereklidir. Bunun için deponun yüzeyi geçirimsiz kil tabakasıyla %3 meyil verilerek kaplanmalıdır.
- Sızıntı sularının yeraltı sularına karışmasını önlenmesi için depo tabanı geçirimsiz olmalı ve sızıntı suları boşaltılarak bir yerde toplanmalıdır. Toplanan sızıntı suları çevreyi kirletmemesi için şekilde arıtılmalıdır (Demir vd 1999).

### **2.2.3.c. Çöp gazlarına karşı önlemler**

Çöp gazlarının zararlı etkilerini önlemek için aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Depolanmış atıklardan meydana gelen tüm gazlar depo içinde inşa edilen yatay ve dikey gaz drene sistemleri ile bir noktada toplanmalıdır.
- Gaz drene sisteminde toplanan gazlar uygun teknik ile yakma bacalarında veya enerji ünitelerinde yakılma yöntemi ile yok edilmelidir. Burada bahsettiğimiz çeşitli gazlar olmakla birlikte en yaygın olanı ise metan gazıdır ki bu gazlar yerin 200 metre altına kadar yayılabilir bu nedenle önlem almak önemlidir.

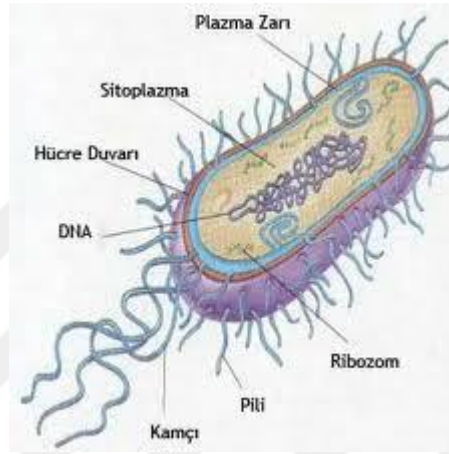
Bu aldığımız önlemlerin dışında depolama sahalarında atıkların depolanma şekillerine göre üç başlıkta toplanabilir:

- 1-Düz sahada yığılma
- 2-Dere doldurma/yamaçta depolama
- 3-Çukur içinde depolama (Demir vd 1999)

### **2.3. Bakteri**

Bakteriler tek hücreli ancak mikroskop ile görülebilen canlılardır. Bitki ve hayvan canlı kategorisini dışında farklı bir kategori oluşturmaktadırlar. Doğada toprak, hava ve suda, bitkiler, hayvanlar ve insanlar aleminde bol miktarda bulunurlar.

Bakteriler bölünerek çoğalan, çekirdek ve klorofil içermeyen 1 ile 6 mikron büyüğüne sahip çıplak göz ile görülemeyecek kadar küçük canlılardır. Hastalık yapan zararlı türleri olduğu gibi doğa ve canlılara yararlı olan türleri de mevcuttur. Genel olarak bakteriler maya bakterileri, hastalık yapıcı, çürütücü ve azot bakterileri başlıkları altında dört ana grupta sınıflandırılırlar (Bilgehan 1989).



Şekil 2.3. Bakteri Hücresinin Şematik Gösterimi (Bilgehan 1989).

### 2.3.1. Eschrichia Coli

Genellikle E.coli veya koli basili olarak adlandırılır. Escherichia coli memeli hayvanların kalın bağırsağında yaşarlar. E.coli'nin çevresel sularda tespit edilmesi normalde bağırsakta yaşadığı için dışkı kirlenmesinin belirtisidir. E. coli bakteriyolog olan Theodor Escherich tarafından bebek dışkısında tespit edilmiş ve adını da ondan almıştır. Coli'nin kelime anlamı kalın bağırsaktan demektir. E. coli, bakteri biyolojisinin anlaşılması amacıyla üzerinde sıkça çalışılmış model bir organizmadır. Mikroorganizmalar arasında hakkında en fazla bilgiye sahip olunan mikro organizmalardan biri olduğu söylenebilir (Trabulsi *et al.* 2002).

E. coli gram-negatif birbakteri olduğundan endospor (metabolizmayı minimum seviye indirilerek yapılan savunma) oluşturamaz. Pastörizasyon yöntemiyle veya kaynatmayla

etkisiz hale getirilirler. Memeli hayvanların bağırsaklarında yaşamaya adapte oldukları için en fazla vücut sıcaklığında çoğalırlar (Trabulsi *et al.* 2002).

Bağırsak florasının normal üyesi olduğundan E. coli ile konak organizma arasında uyumlu ilişki vardır. Bu nedenle bakteri konakçıya hastalık yapmaz. Sadece başka organa veya organizmaya geçmesi durumunda hastalık etkeni olabilir. Bazı E. coli türleri konakçı oldukları hayvan florası için zararsız olmalarına rağmen insanlara hastalık yapabilirler. İshali hastalıklar, idrar yolu enfeksiyonları, menenjit, peritonit, mastit, septisemi ve gram-negatif pnömoni hastalıkları en sık görülenler hastalıklar arasında sayılabilir. E.coli'nin dana, tavuk, gibi hayvanlarda da hastalık yaptığı gösterilmiştir(Trabulsi *et al.*2002).

E. coli'nin kendi içinde hastalık yapan çok türü vardır. Bunlar hastalık mekanizmalarına veya hasta ettikleri dokulara göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar:

**1- Uropatojenik Escherichia coli:** İdrar yolu enfeksiyonlarının %90'ının nedeni bu bakterilerdir. Bu E. coli tipleri fimbriyumlar ile epitel hücrelerine bağlanırlar ve idrar yolu enfeksiyonu yaparlar. Dışkıdan gelen bakteriler genellikle cinsel ilişki sonucu idrar yoluna bulaşırlar. Bakteriler üretrayı geçerek mesaneye ulaşırlar. Mesane enfeksiyonuna sistit denir. Tedavi edilmediğinde piyelonefrit hastalığına kadar ilerleyebilir (Nataro *et al.* 1998).

**2- Enterohemorajik Escherichia coli :** Bu grupta olanlar şiga toksini salgırlar ve enteropatojenik özellik taşırlar.

**3- Diffusely Adherent Escherichia coli:** Genellikle bir yaşından küçük çocuklarda ishale neden olurlar. Bazen olarak epitele bağlanırlar ve hücre içi sinyal mekanizmasını etkinleştirirler.

**4- Enteroinvazif Escherichia coli:** Bu tip koli basili doku hücrelerinin içine girerek çoğalırlar. Bunun yol açtığı iltihap doku hasarını artırır.

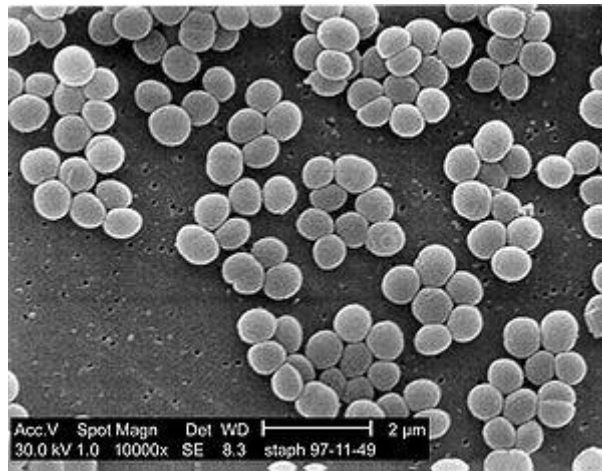
**5-EnteroAggregatif Escherichia coli** Bağırsağın epitel dokusuna bağlanarak tuğla şeklinde görünürler. Bu tipe ait bakterilerin salgıladığı toksinler mukozaya zarar vererek kronik ishale sebebiyet verir.

**6- Enteropatojenik Escherichia coli:** Etkilerini dokuya bağlandıktan sonra bir iltihap reaksiyonu oluşturarak gösterirler. Toksin salgılayarak değil, hücre içi sinyalizasyonlara etki ederek ishale yol açtıkları düşünülmektedir.

**7- Enterotoksijen Escherichia Coli:** Hastalığı enterotoksin üreterek yaparlar. Çeşitli toksinleri vardır. Bunlar bağırsak mukozasına zarar veren sitotoksik enterotoksinler, bağırsak hücrelerinden su ve elektrolit salgılamalarına neden olan sitotonik enterotoksinlerdir.

### 2.3.2. Stafilokokus epidermidis

Stafil yunancada üzüm salkımı, koko ise granül anlamına gelir. Mikroskop altında yuvarlak üzüm taneleri gibi göründüklerinden bu bakterilere bu isim verilmiştir. Tür olarak gram-pozitif bakterilerdendir (Ryan and Ray 2004). Şekil 2. 4'te stafilokokusun bakterisinin mikroskopik görüntüsü gösterilmiştir.



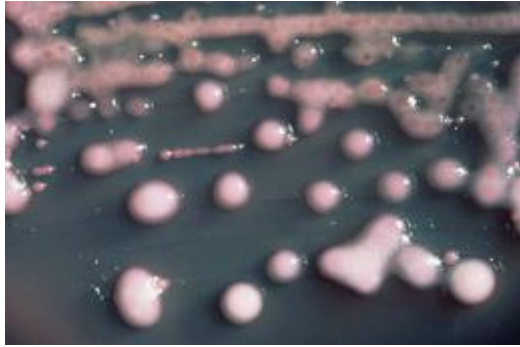
**Şekil 2.4.** Stafilokokusun mikroskopik görüntüsü (Ryan and Ray 2004).

*S. epidermidis*, stafilokokus bakterisinin koagülazenzimi içermeyen türüdür ve cilt yüzeyinde doğal olarak bulunur. Çeşitli deri hastalıklarına sebebiyet vermesinin yanı sıra kateter takılı hastalarda ciddi komplikasyonlara yol açabilmektedir (Ryan and Ray 2004).

### 2.3.3. *Klebsiella pneumoniae*

*Klebsiella pneumoniae* kendiliğinden hareke etmeyen, kapsülde fermantasyon yapabilen gram negatif bir bakteri türüdür. Normal flora olarak, ağızda, deride ve bağırsaklarda bulunmasına rağmen solunması durumunda akciğerde büyük hasara eden olabilmektedir.

Enterobacteriaceae türünün klinik olarak bir üyesidir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda *klebsiella pneumoniae*'nin hastane kökenli enfeksiyonlara sebep olan önemli bir patojen olduğu saptanmıştır. (Bilgehan 1989). Şekil 2.5'te *klebsiella pneumoniae* mikrobunun görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 2.5.** *Klebsiella pneumoniae* mikroskopik görüntüsü (Bilgehan 1989).

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Kil numuneler

Bu çalışmada kullanılan kil numuneler Erzurum (Oltu-Narman Havzası) çevresinden alınmıştır. Laboratuara getirilen killer etüvde 105°C’de kurutulduktan sonra Los Angeles aşınma cihazında öğütülmüştür. Malzeme üretimi için 200 nolu elekten (75 µm çaplı) elenmiş 350 g kil alınmış, 2 litre damıtılmış su ile mekanik karıştırıcıda 2500 dev/dakikada yaklaşık yarım saat karıştırılarak kil-su süspansiyonu elde edilmiştir. Süspansiyon 2 litrelik mezüre boşaltılarak, 30 dakika bekletilerek, silt boyutundaki malzemenin dibe çökmesi sağlanmıştır.

Kile ait bazı geoteknik özellikler, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Zemin Mekaniği Laboratuvarı’nda yapılan deneylerle belirlenmiştir. ASTM D 422 ye göre yapılan hidrometre analizi sonucu elde edilen dane çapı dağılım eğrisinden 0,002 mm den küçük dane miktarı %56 olarak bulunmuştur (Kurt 2009). Çizelge 3.1’de kile ait bazı geoteknik özellikler gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Kile ait bazı geoteknik özellikler (Kurt 2009)

Geoteknik Özellikler	Doğal Kil
< 0,002 mm, (%)	56
Dane birim hacim ağırlığı, (kN/m <sup>3</sup> )	26,19
Likit limit, (%)	72
Plastik limit, (%)	33
Plastisite indisi, (%)	39
Yüzey Alanı*, (m <sup>2</sup> /g)	10,19
Zemin Sınıfı, (USCS)	CH
*Bet analizi ile bulunmuş tek nokta yüzey alanı	

Doğal kile Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Araştırma ve Uygulama Enstitüsünde yaptırılan XRD analizlerinde, malzemenin % 69 oranında kil minerali ve %31 oranında kil olmayan minerallerden oluştuğu gösterilmiştir. Kil mineralinin ise %45 Smektit, %27 Klorit, %18 Kaolinit, %10 İllit minerali içerdiği belirlenmiştir (Kurt 2009).

Analizleri Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Araştırma ve Uygulama Enstitüsü'nde yaptırılan XRF analizi sonucu elde edilen verilere göre belirlenen, doğal kil numunesine ait kimyasal bileşim Alüminyum, Magnezyum, Kalsiyum ve Demirli bileşiklerin diğer bileşiklere oranla daha fazla bulunduğu görülmüştür (Kurt 2009).

Smektit: Kimyasal formülü  $(1/2Ca, Na)(Al, Mg, Fe)_4(Si, Al)_8O_{20}(OH)_4 nH_2O$ 'dir. Bu grup killerin mineral yapıları kaolinit gibidir. Fakat farklı bir görünüme sahiptirler. Demir, kalsiyum, magnezyum ve sodyum gibi elementler içerirler (Uğur 2005).

Kaolin: Kimyasal formülü  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ 'dir. Saf kaolinit yatakları doğada bulunmaz. Yabancı maddelerle birlikte bulunurlar. Demiroksit, ve silisyum oksit içerirler (Uğur 2005).

İllit: Kimyasal formülü  $(K, H_3O)(Al, Mg, Fe)_2(Si, Al)_4O_{10}[(OH)_2, (H_2O)]$ 'dir. Bu grup kile mika grubu da denir. Smektit grubu killerden farklı olarak potasyum içerirler (Uğur 2005).

Klorit: Kimyasal formülü  $(Mg, Fe)_4Al_4Si_2O_{10}(OH)$ 'dir. Bu killer ince taneli ve yeşil renklidir. Bol miktarda demir (II) ve demir (III), magnezyum ile alümina içerirler (Uğur 2005).

### 3.1.2. Gümüş iyonları

Çinko, gümüş, altın, bakır gibi ağır metallerin antibakteriyel etkisi bilinmektedir. Fakat ağır metaller toksik etki gösterdiğinden, alerjiye veya ağır hastalıklara neden olduğundan



bu metallerin kullanımı azalmıştır. Yapılan çalışmalarda gümüşün güçlü bir antibakteriyel etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Buna mukabil toksik etkisinin çok az olduğu gösterilmiştir. Bu nedenlerle gümüş ve gümüş iyonlarının tıpta ve diğer disiplinlerde kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Postgate 1998).

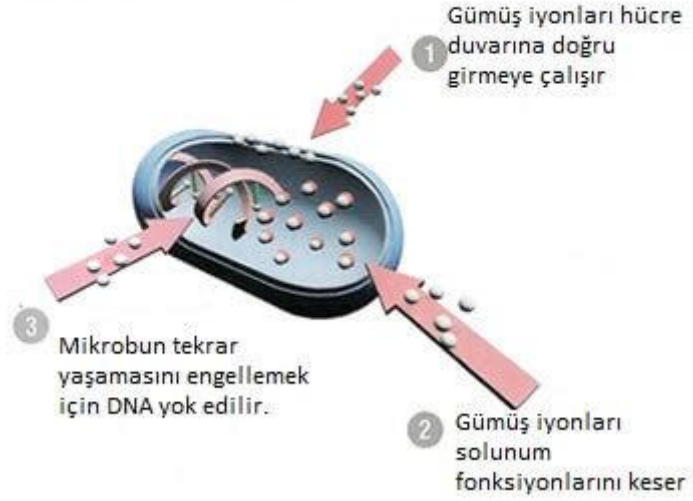
### **3.1.2.a. Gümüş iyonlarının etki mekanizması**

Gümüş iyonların öldürücü etkisi tam olarak anlaşılammakla birlikte yapılan araştırmalar neticesinde gümüş iyonlarının etkilediği bakteri, mantar ve virüslerin solunum sistemlerini bloke ettiği düşünülmektedir (Bozoğlu 2010).

Li *et al.* (2010) yılında yaptıkları çalışmada E.Coli üzerindeki gümüş nano partiküllerinin etki mekanizmasını araştırmışlardır. Bu çalışmadan çıkan sonuca göre gümüş nano partiküller önce hücre zarının yapısını bozduğu sonra hücre içerisine girdiği daha sonra (-SH) gruplarındaki hidrojen atomlarının yerini değiştirerek (-S-Ag-) solunum enzimlerini inhibe ettikleri rapor edilmiştir.

Hücre zarı geçirgenliği bozulan bunun sonucu solunum yapamayan bakterinin gelişmesi ve çoğalması durduğu düşünülmektedir (Li *et al.* 2010). Şekil 3.1'de gümüş iyonlarının çalışma prensibi gösterilmiştir.

## Gümüş İyonları Nasıl Çalışır?



**Şekil 3.1.** Gümüş iyonlarının çalışma prensibi (Rai *et al.* 2009)

Günümüzde gümüşün birçok üründe antibakteriyel amaçla kullanıldığını görmekteyiz. Gümüş anti bakteriyel olarak tekstil, gıda, mutfak araç gereç sanayi ve ticari amaçlı anti bakteriyel ürünler gibi pekçok alanda kullanılmaktadır (Avcı 2011).

### 3.1.3. Siprofloksasin

Siprofloksasin fluorokinolon türevi bakterisid (bakterileri öldüren) etkiye sahip sentetik bir antibiyotiktir. Çoğu bakteri için için 0.005-2.0 mcg/ml minimal inhibitör konsantrasyonlarda (MIC) bakteri üremesini engellemektedir. MIC için klinikte 1 mcg/ml bakteriler duyarlı, 4 mcg/ml olan bakteriler dirençli kabul edilmiştir (Anonim 2016).

#### 3.1.3.a. Siprofloksasinin etkin olduğu mikroorganizmalar

Siprofloksasin enterobakter familyasına ait bakterilerde duyarlıdır. Duyarlı bakterilere örnek olarak başta *Escherichia coli*, *Shigella spp.*, *Salmonella spp.*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Providencia spp.*, *Citrobacter spp.*, ve *Morganella morganii* verilebilir.

Gram negatif patojenlere karşı da etkinliği vardır. Bunlar başta Klebsiella pneumoniae olmak üzere Haemophilus influenzae, Neisseria gonorrhoeae, Campylobacter jejuni, Yersinia enterocolitica, Vibrio spp., Eikenella corrodens, Aeromonas hydrophila, Branhamella catarrhalis Neisseria meningitidis, gibi pekçok bakteri örnek olarak verilebilir. Fırsatçı patojenler tarafından oluşturulan (oportünistik) nozokomiyal enfeksiyonlara sebebiyet veren Acinetobacter spp ve Pseudomonas aeruginosa'a karşı da duyarlıdır. Yalnızca Pseudomonas maltophilia bakterisine karşı orta derecede duyarlıdır (Anonim 2016).

Siprofloksasin gram pozitif patojenlere karşı da duyarlıdır. Bunlara başta S.epidermidis olmak üzere Streptococcus pyogenes, Listeria monocytogenes, Streptococcus viridans, Staphylococcus aureus, Enterokoklar ve negatif koagülaz stafilokoklar örnek olarak verilebilir. Gram pozitif bakterilerden Streptococcus faecalis ve Streptococcus pneumoniae karşı orta derecede etkinliği olduğu tespit edilmiştir (Anonim 2016).

### **3.1.3.b. Siprofloksasinin endikasyonları**

Siprofloksasin etkin olduğu patojenlerin sebebiyet verdiği solunum yolları enfeksiyonları , deri - yumuşak doku enfeksiyonları , kemik enfeksiyonları , eklem iltihabı, gastrointestinal sistem enfeksiyonları , cerrahi enfeksiyonlar ve genitoüriner sistem enfeksiyonlarının tedavide edilmesinde etkindir. Bu hastalık grupları aşağıdaki gibi detaylı açıklandığında siprofloksasinin etkinliği daha iyi açıklanmış olacağı düşünülmektedir (Anonim 2016).

**İdrar Yolu Hastalıkları:** Sistit, piyelonefrit, piyelit, seminal vezikülit,gonore, prostatit ve üretrit siprofloksasinin tedavi ettiği başlıca idrar yolu enfeksiyonları arasında sayılabilir.

**Solunum Yolu Hastalıkları:** Sinüzit, tonsillit, bronşit, farenjit, pnömoni ve orta kulak iltihabı başlıca siprofloksasinin tedavi ettiği solunum yolu enfeksiyonları arasında sıralanabilir.

**İntra Abdominal Hastalıklar:** Peritonit, kolesistit, apendisit, perforasyonlar, fistüller, kolanjit, ve intraabdominal abse başlıca siprofloksasinin tedavi ettiği karın boşluğu hastalıkları arasında sayılabilir.

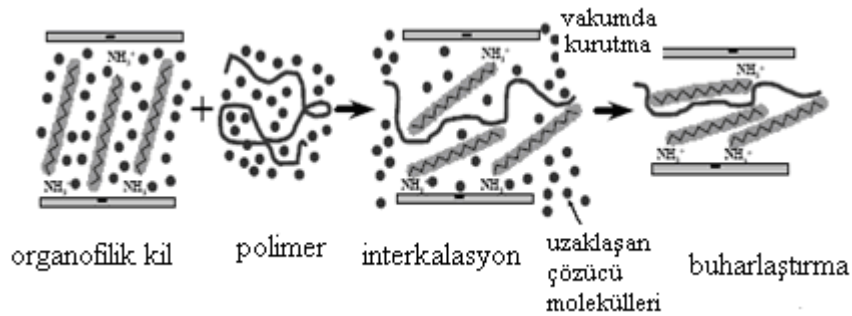
**Deri ve Yumuşak Doku Hastalıkları:** Lenfanjit, dermatit, selülit ,yara enfeksiyonları ve abse siprofloksasinin tedavi ettiği başlıca deri-yumuşak doku hastalıklarındandır.

**Gastrointestinal Hastalıklar:** Enterokolit ve enterit başlıca siprofloksasinin tedavi ettiği gastrointestinal hastalıklar arasında sıralanabilir. (Anonim 2016).

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Çözelti ortamında araya girme metodu

Bu yöntemde nanokil uygun bir çözelti içinde homojen olarak dağıtıldıktan sonra polimer üzerine eklenir. Killer arasındaki polimer zincirleri çözelti sayesinde oluşur. Bu işlem sırasında genellikle sıcaklık düşüktür. Hem kil hem de polimer çözeltide çözülebilecek özellikte seçilmelidir. Şekil 3.2’de gösterildiği üzere polimerleşme sonunda çözelti buharlaşma veya çökme yöntemi ile oluşan polimerden uzaklaştırılır. Böylece nanokompozit elde edilmiş olur (Toprak 2004).



**Şekil 3.2.** Çözelti ortamında araya girme metodunun şekilsel gösterimi (Kornmann and Lofton 2002)

### 3.2.2. Katkili kil numunelerin elde edilmesi

Doğal kile adsorbe edilecek katkı yüzdesinin belirlenmesinde ağırlık/ağırlık oran yöntemi kullanılmıştır. Kil-gümüş numunelerin hazırlanmasında daha önce bahsedilen kil-su süspansiyonları kullanılarak %0,1, %1, %10 konsantrasyonlarında gümüş+kil ve siprofloksasin+kil katkıli killeri kullanılmıştır.

$D^2=He/90t$  bağıntısından(Uzuner 2005) yararlanılarak süspansiyondaki malzemenin boyutu mikron cinsinden hesaplandığında, malzeme boyutunun 14 mikronun altında olduğu görülmüştür. D dane çapını; He süspansiyon ilk yüksekliğinden çöken kısmın farkını ; t saniye olarak zamanı ifade etmektedir.

Şekil 3.3’de görüldüğü üzere 14 mikrondan büyük olup dibe çöken malzeme uzaklaştırılmış, üstte kalan kil-su süspansiyonun yoğunluğu  $d=0.1193\text{g/cm}^3$  olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.4’te görüldüğü üzere 210ml alınarak magnetik karıştırıcıda  $40^\circ\text{C}$  1000 rpm de karıştırarak gümüş-kil ve siprofloksasin-kil numuneleri elde edilmiştir.

Mezür kil+su yüksekliği = 35cm,

Çökelti Yüksekliği = 3,12cm,

Dane Yarıçapı=14  $\mu\text{m}$ ,

Çökelti Miktarı=108 g,

Mezürdeki Son Yükseklik= 1993 ml,

$d=m/v$  bağıntısından süspansiyon yoğunluğu= $0.1214\text{ g/cm}^3$

25 g kil için alınması gereken süspansiyon miktarı  $25/0,1214=205,93\text{ml}$  kayıplarda göz önünde tutularak 210 ml olarak bulunmuştur.



**Şekil 3.3.** Kil+su süspansiyonu



**Şekil 3.4.** Magnetik karıştırıcıda katkılı kil üretimi

Magnetik karıştırıcıda 40°C 1000rpm de karıştırılırken etken madde ağır ağır katılarak homojen bir şekilde katkılı kil üretilmiştir. 48 Saat 105°C’de bekletilerek tamamen kuruması sağlanmıştır. Katkılı killerin kuruduktan sonraki halleri Şekil 3.5’te görülmektedir. Şekil 3.6’da görüldüğü üzere kurutulduktan sonra gümüş katkılı killer metalik tonlarda siprofloksasin içeren killer kahverengi tonlarda renk vermişlerdir.



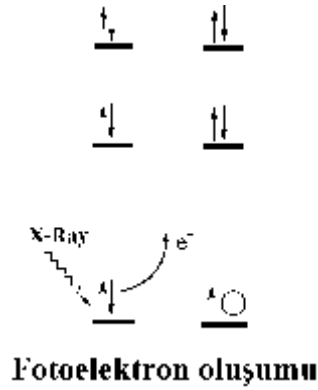
**Şekil 3.5.** Üretiken katkıli killer etüvde kurutulurken



**Şekil 3.6.** Katkıli killer kurutulduktan sonra

### **3.2.3. X-ışını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS)**

XPS analizi yapılacak malzemenin yüzeyine fotoelektron gönderilerek atomların iç yörüngelerindeki elektronların fotoelektrik olay ile uyarılması sonucu açığa çıkan elektronların dedektör yardımı ile yakalanarak analiz edilmesi yöntemine denir (McMullan 2006).



**Şekil 3.7.** Fotoelektron oluşum şeması (Anonim 2017)

Malzemenin atom yörünge enerji seviyelerinde bulunan ve fotoelektron ile uyarılan elektronların kinetik enerjilerinden hareketle bağlanma enerjileri hesap edilebilir. Bağlanma enerjileri ile çeşitli spektrumlar elde edilir. Her maddenin bağlanma enerjisi karakteristik özelliklere bağlı olduğundan XPS(X-ışını fotoelektron spektroskopisi) yöntemi sayesinde numune yüzeyi hakkında nicel ve nitel veriler elde edilebilir (McMullan 2006).

Spektrum analizindeki tepelerin enerjileri hesap edilerek numune içeriğinde hangi atomların olduğu tespit edilebilir.  $Si^0$  ve  $Si^{4+}$  gibi farklı değerliğe sahip olan atomların da ayırt edilmesi mümkün olabilmektedir. Ayrıca spektruma ait tepe alanları mukayese edilerek numunenin içerdiği atomların nicel oranları hakkında bilgi elde etmek mümkündür. Şekil 3.10'da XPS cihazı görünmektedir (McMullan 2006).





**Şekil 3.8.** XPS cihazı (McMullan 2006)

#### **3.2.4. SEM (Taramalı Elektron Mikroskopi)**

SEM (Taramalı elektron mikroskopi) numune yüzeyini elektron demetiyle tarayarak görüntü elde eden görüntüleme analiz yöntemidir. Gönderilen elektronlar numune atomları ile etkileşerek numune kompozisyonu ve numune topografisi hakkında bilgi içeren sinyaller üretirler (McMullan 2006).

Gönderilen elektron demeti yüzeyi raster tarama düzeniyle tarar. Gönderilen elektron demetinin konumu ile algılanan sinyaller karşılaştırılarak görüntü oluşumu sağlanmaktadır. SEM yöntemi ile bir nanometreden daha yüksek çözünürlüğe ulaşılabilmektedir. Standart SEM cihazları kuru ve iletken yüzeyleri yüksek vakumda incelemek için uygundur. Buna mukabil nemli koşullarda (çevresel taramalı elektron mikroskobu), düşük vakumda ve düşük sıcaklıklardan yüksek sıcaklıklara kadar değişen koşullarda da çalışabilen özel cihazlar da bulunmaktadır (McMullan 2006).

SEM’de elde edilen görüntülerin çoğunluğu gönderilen elektron demeti ile uyarılmış numune atomları tarafından yayılan ikincil elektronlar (SE) kullanılarak oluşturulur. İncelenecek numunenin değişik bölgelerinden kopan sekonder elektronların sayısındaki değişim yüzey topografisine bağlıdır. Geri saçılan elektronlar (BSE), numune akımı,

karakteristik X-ışınları ve aktarılan elektronlarla kullanılarak numuneden sinyaller elde edilerek daha iyi topografik görüntü ve numune içerik analizleri yapılabilme mümkündür. Şekil 3.11’de Sem cihazı gösterilmiştir (McMullan 2006).

### 3.2.5. EDS (Elektron Dağılım Mikroskopi)

SEM’nde primer elektron katındaki bir atomda bir iç kabuk elektronu ile çarpışıp, onu dışarı attıktan sonra uyarılmış duruma gelen atom temel seviye (başlangıç durumuna) dönerken ya bir karakteristik x-ışını ya da bir Auger elektronu yayar. Numuneden yayılan X ışınları numuneye göre karakteristiktir. X ışınlarının ölçülerek numune hakkında nitel nicel veri elde etme yöntemine EDS denir (McMullan 2006).



Şekil 3.9. Sem cihazı (McMullan 2006)

### 3.2.6. Agar dilüsyon yöntemi

Laboratuvarlarda antibiyotik duyarlılığının saptanmasında en sık olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Antimikrobik madde, her plak farklı konsantrasyonda ilaç içerecek şekilde agar besiyerine karıştırılır. Her mikrop plak çukurlarına uygun besiyeri kullanılmalıdır. Antimikrobiyal madde seri olarak sulandırılarak çukurlara

yerleştirilmelidir. Sulandırma işleminde her bir çukur için en az 100 µl sıvı içermelidir. Yirmidört saat bekletilmiş bakteri kültür kolonilerden 0.5 McFarland bulanıklığında bakteri süspansiyonu hazırlanır. Son hazırlanmış süspansiyon 5x10<sup>5</sup> cfu/ml konsantrasyonunda olacak şekilde sulandırılır. Daha sonra antibakteriyel içeren kuyulara 50 µl bakteri süspansiyonu eklenerek 35°C sıcaklıkta 24 saat süreyle inkübe edilir. En düşük antibakteriyel malzeme konsantrasyonları tespit edilir (Courvalin *et al.* 1985).

McFarland Standart tüp yöntemi ile mikropların sayısı analiz edebilmek için ortamdaki tüplerinin yaklaşık bulanıklığının skalası bulunur. Her mikroorganizmanın standart bulanıklık tüplerinde meydana getirdiği yoğunluktaki miktarları farklı olduğundan bu metot her mikrop için kullanılamaz (Courvalin *et al.* 1985).

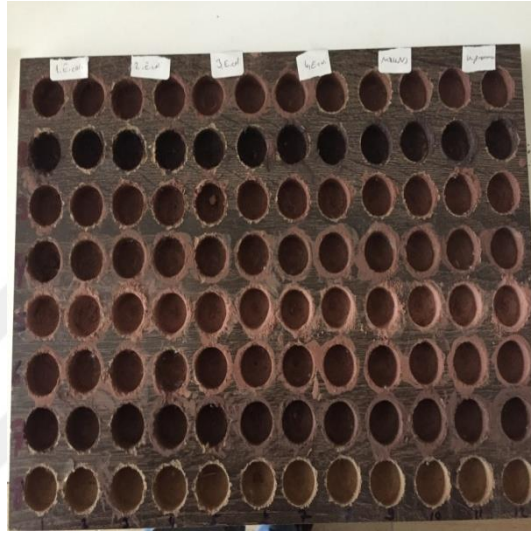
### **3.2.7. Mikrobiyolojik analizlerin yapılışı**

Mikrobiyolojik analizler hazırlanan gümüş +kil ve siprofloksasin +kil içeren numunelerin hangi bakterilere karşı hangi konsantrasyonda etkinliğinin olduğunun saptanması amacıyla yapılmıştır. Bunun için Şekil 3.7'de görüldüğü gibi 12x8 adet 5mm çapında 96 adet yarım daireden oluşan özel üretilmiş deney düzeneği hazırlanmıştır.

İdrar kültüründen elde edilmiş 1, 2, 3, ve 4 nolu olmak üzere dört farklı E coli'ye ait bakteri suşu hazırlanmıştır. Kan kültüründen izole edilmiş Staphlococcus epidermidis ve idrar kültüründen elde edilmiş Klebsiella pneumoniae suşları hazırlanmıştır.

Her kuyucuk distile suda çözülen 7 farklı malzeme ile 12 kuyucuk olacak şekilde kaplanmıştır. Böylece ilk sırada katkısız kil olmak üzere 7 sıra antibakteriyel etkinliği araştırılan malzeme ile kaplanmış ve aşağı doğru sıralanmıştır. Son olarak 8 nolu sıra hiçbir malzeme ile kaplanmamıştır. Her kuyucuğa içinde 0.5 McFarland yani 1.5x 10<sup>8</sup> cfu/ml olacak şekilde bakteri süspansiyonları eklenmiştir. Tüm süspansiyonlar oda ısısında inkübe edilmiştir.

Daha sonra her kuyucuktan aynı miktarda alınan (20mikrolitre) bakteriler %5 koyun kanlı agar besiyerlerine yüzey ekimleri yapılarak etüvde inkübe edilmiştir. Bu işlem toplamda 3 kez tekrar edilmiştir. Birinci örnek 8., ikinci örnek 24., son örnekte 48. saatte alındı. Alınan numuneler dansitometre cihazı ile sayıldı. Sayılan koloniler sonuçlar bölümünde tabloda sunulmuştur.



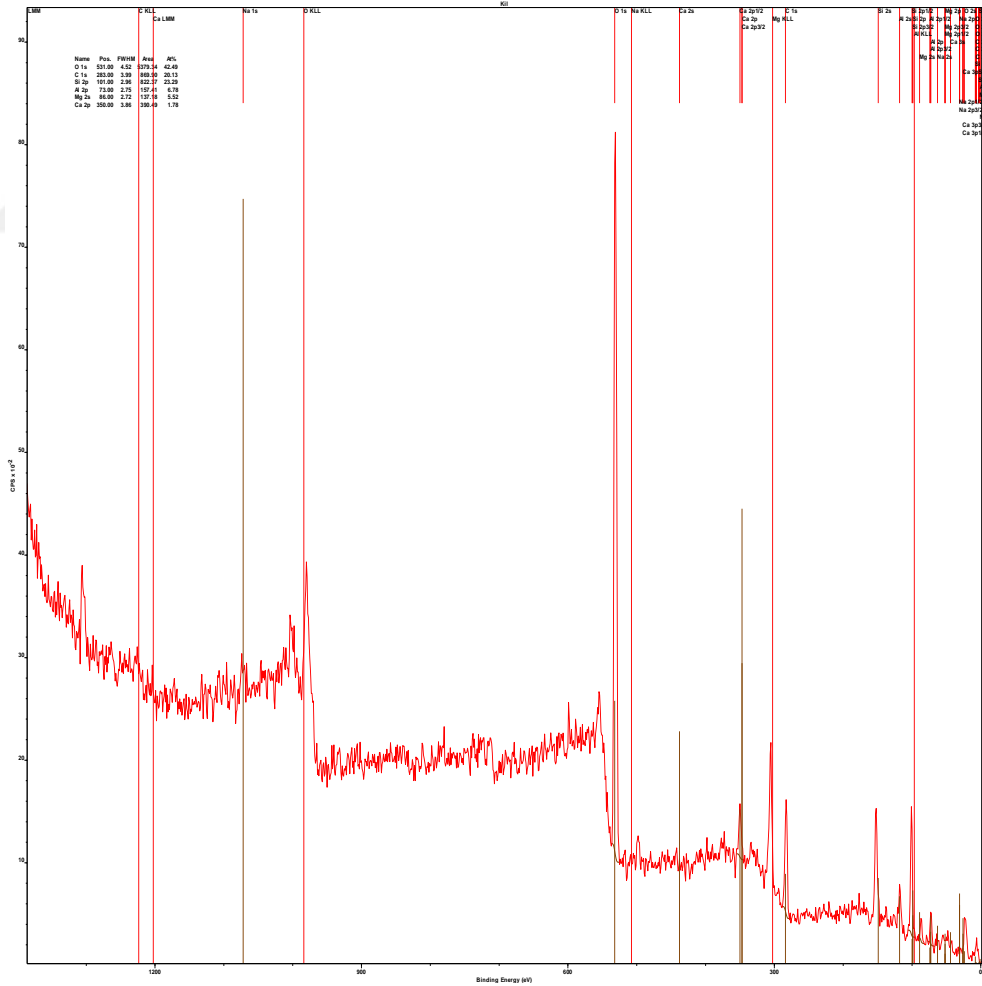
**Şekil 3.10.** Deneyin yapıldığı antibakteriyal test düzeneği

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde çeşitli konsantrasyonlarda gümüş ve siprofloksasin katkılı kil numuneleri ile doğal kil numunesine üzerinde yapılmış olan XPS, SEM ve EDS analizlerine ait sonuçlar verilmiştir. Deney sonuçları karşılaştırılmış ve sonuçlar tartışılmıştır.

### 4.1. XPS Analizleri

Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1’de katkısız kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.



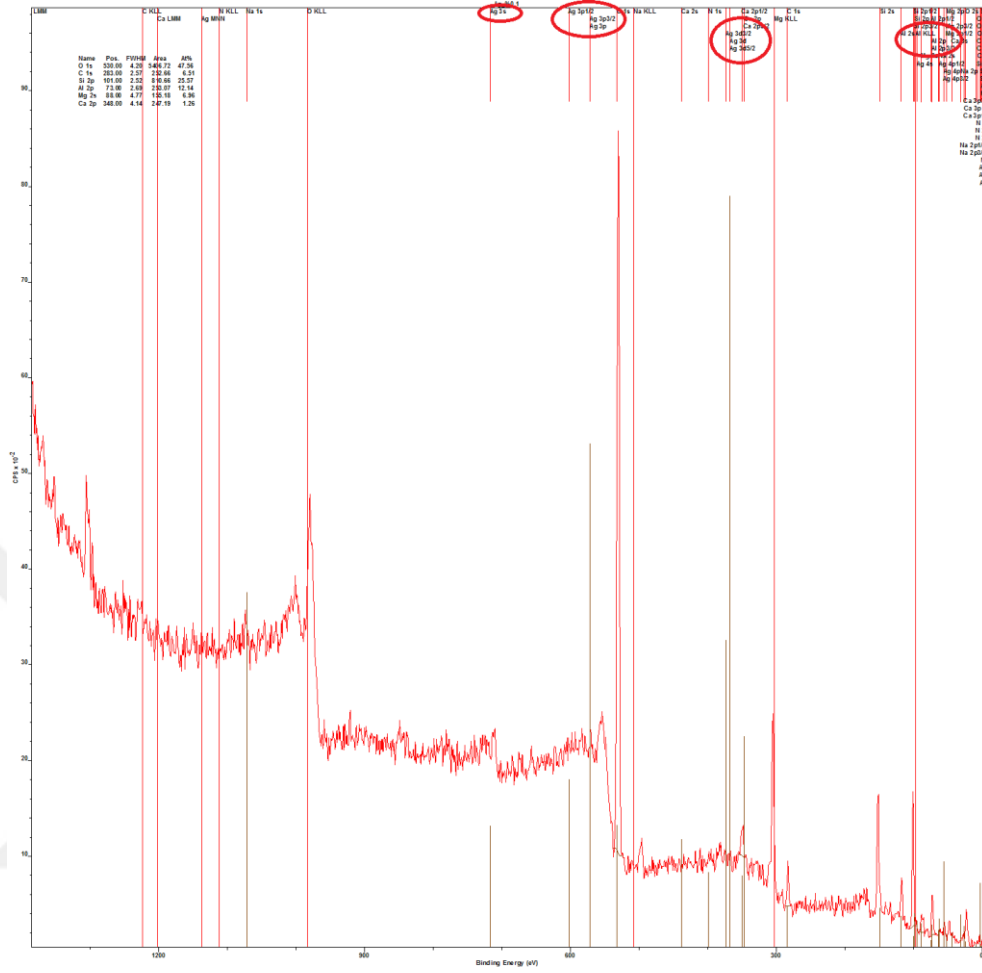
Şekil 4.1. Katkısız kil XPS sonucu

Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1’de gösterilen %0.1 Ag katkılı kile ait XPS sonuçlarında görüldüğü üzere katkısız kil numunesi içeriğinde %42.49 O, %20.13 C, %23.29 Si, %6.78 Al, %5.52 Mg ve %1.78 Ca elementleri bulunmuştur.

**Çizelge 4.1.** Katkısız kile ait XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)	%At Conc
O 1s	531.00	31872.2	1835.95	42.49
C 1s	283.00	4590.43	869.905	20.13
Si 2p	101.00	4043.64	1006.58	23.29
Al 2p	73.00	766.25	293.069	6.78
Mg 2s	86.00	670.894	238.577	5.52
Ca 2p	350.00	2120.67	77.0196	1.78

Şekil 4.2 ve Çizelge 4.2’de %0.1 Gümüş katkılı kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.



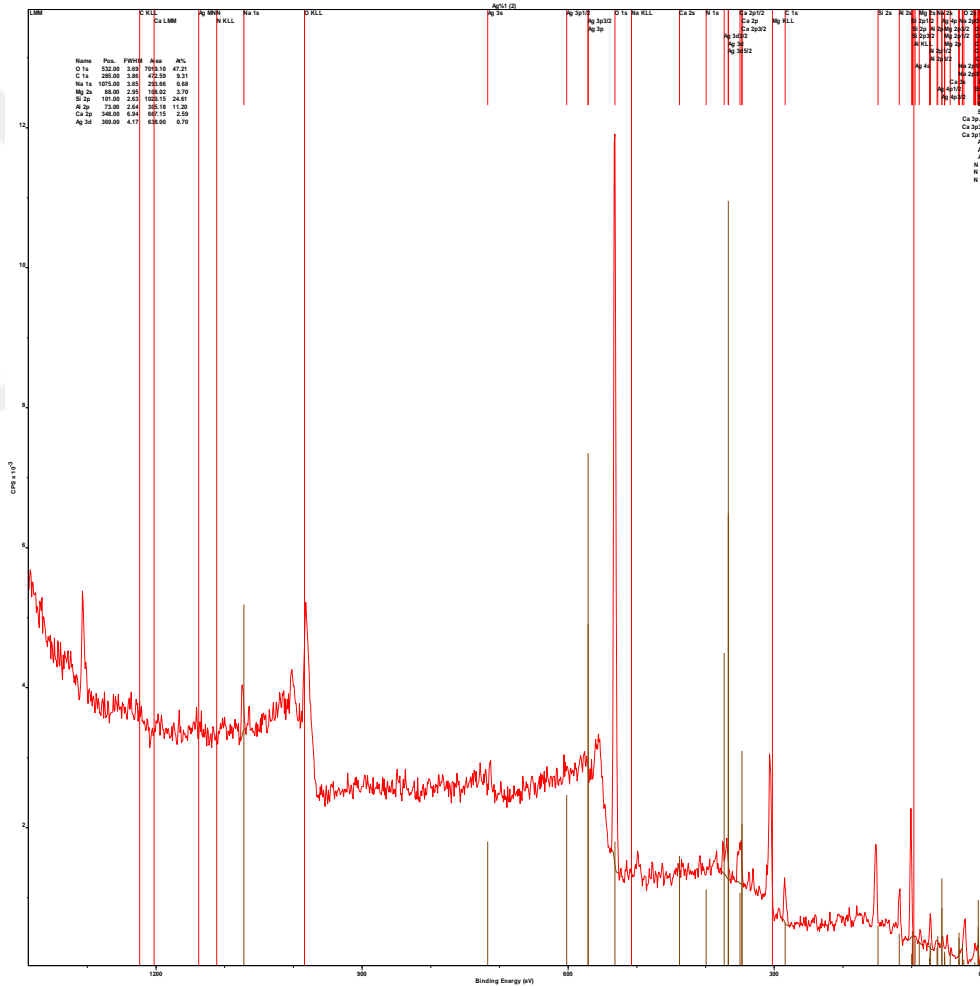
Şekil 4.2. %0,1 Ag katkılı kil XPS sonucu

Çizelge 4.2. %0,1 Ag katkılı kil XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)	%At Conc
O 1s	530.00	32017.6	1845.34	47.56
C 1s	283.00	1333.25	252.656	6.51
Si 2p	101.00	3986.04	992.238	25.57
Al 2p	73.00	1231.93	471.179	12.14
Mg 2s	88.00	759.44	269.871	6.96
Ca 2p	348.00	1341.26	48.7555	1.26

Şekil 4.2 ve Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere %0,1 gümüş katkılı kil numunesi içeriğinde %47.56 O, %6.51 C, %25.57 Si, %12.14 Al, %6.96 Mg ve %1.26 Ca elementleri bulunmuştur. Her ne kadar Çizelge 4.2’de Ag çıkmasada Şekil 4.2’de MNN ve KLL orbitallerinde gümüşün içerikte var olduğu görülmektedir.

Şekil 4.3 ve Çizelge 4.3’de %1 Gümüş katkılı kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.3. %1 Ag Katkılı Kil XPS Sonucu

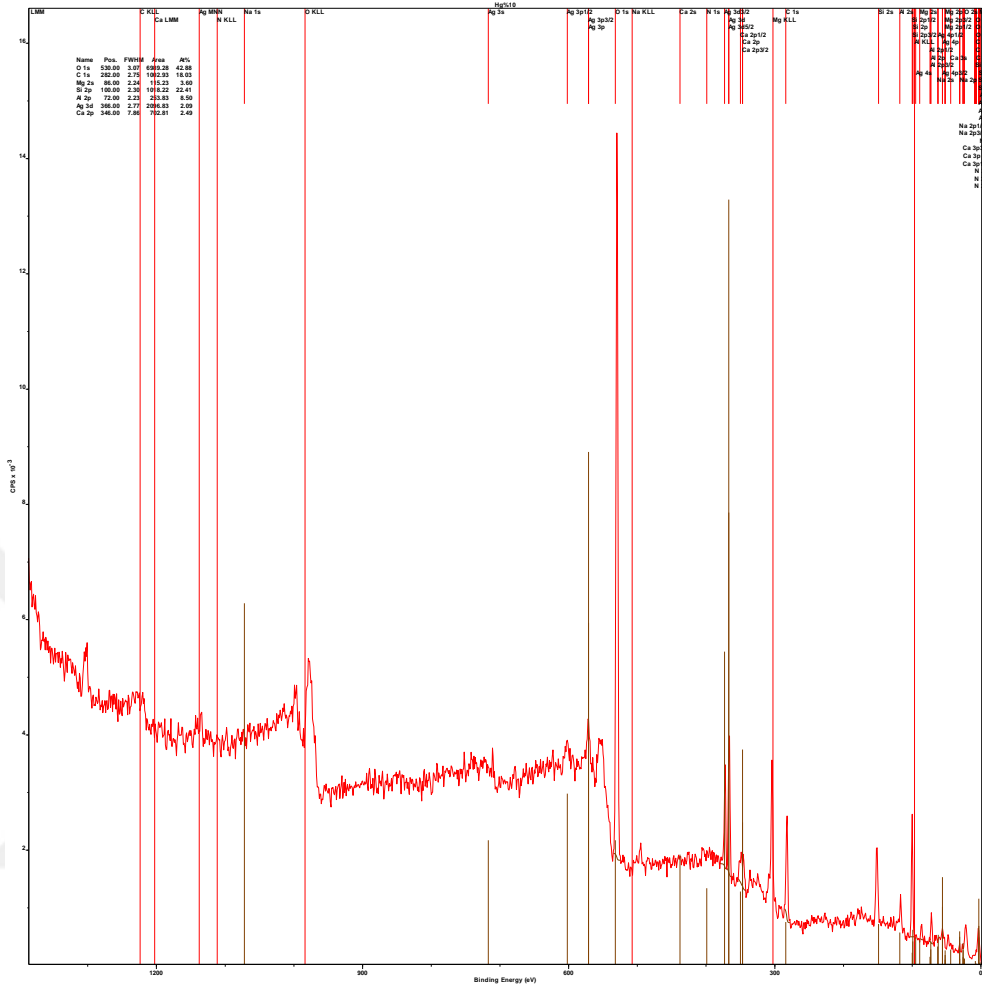


**Çizelge 4.3.** %1 Ag katkılı kil XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)	%At Conc
O 1s	532.00	41609.5	2395.6	47.21
C 1s	285.00	2495.89	472.587	9.31
Na 1s	1075.00	2658.94	34.4674	0.68
Mg 2s	88.00	528.654	187.86	3.70
Si 2p	101.00	5016.11	1248.65	24.61
Al 2p	73.00	1485.61	568.202	11.20
Ca 2p	348.00	3619.96	131.588	2.59
Ag 3d	369.00	3494.335	366	0.70

Şekil 4.3 ve Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere %1 gümüş katkılı kil numunesi içeriğinde katkısız kilden farklı olarak % 0,7 Ag ve %0,68 Na elementleri bulunmuştur. Bu durum gümüşün kile başarılı bir şekilde adsorblandığını ve kompozit nanokilin % 0,7 oranında gümüş içerdiğini göstermektedir.

Şekil 4.4 ve Çizelge 4.4’de % 10 Gümüş katkılı kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.



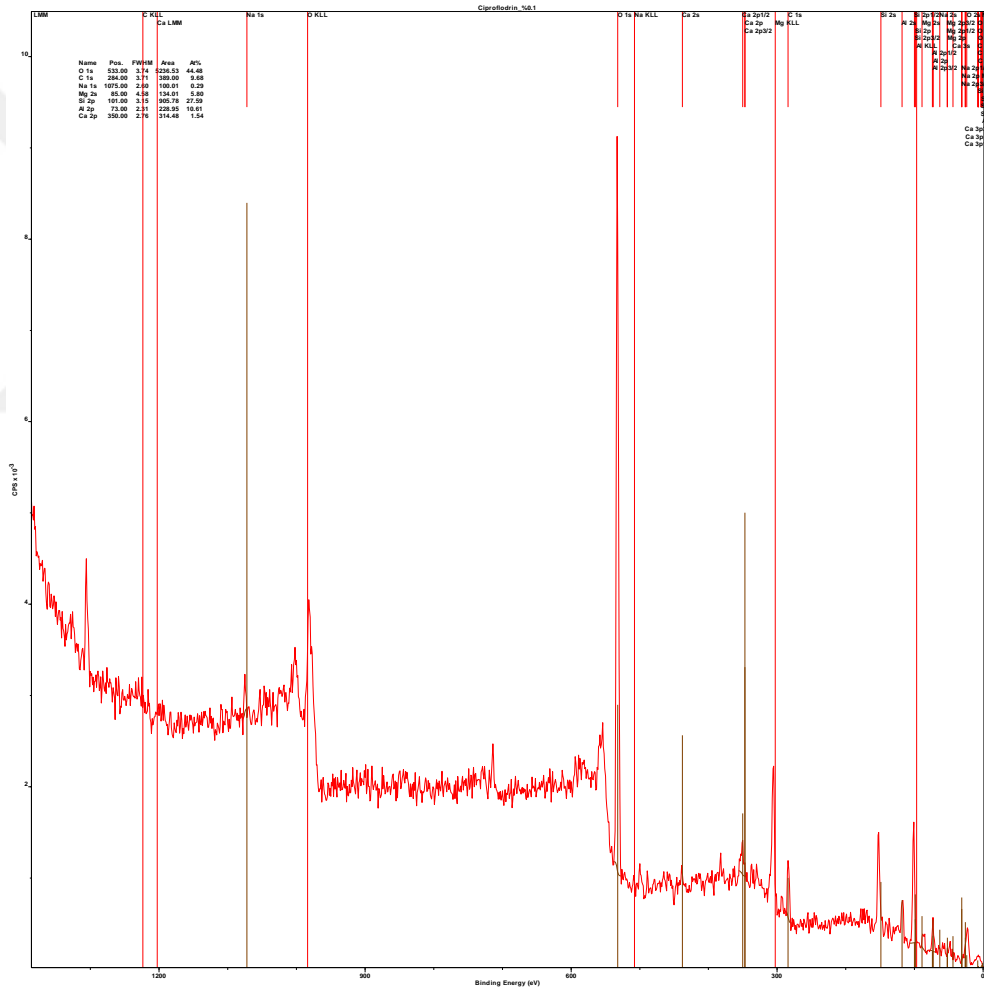
Şekil 4.4. % 10 Ag katkılı kil XPS sonucu

Çizelge 4.4. % 10 Ag katkılı kil XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)%At Conc	
O 1s	530.00	41389.3	2385.42	42.88
C 1s	282.00	5290.19	1002.93	18.03
Mg 2s	86.00	563.541	200.401	3.60
Si 2p	100.00	5004.82	1246.29	22.41
Al 2p	72.00	1235.18	472.589	8.50
Ag 3d	366.00	11468.8	116.232	2.09
Ca 2p	346.00	3810.12	138.622	2.49

Şekil 4. 4 ve Çizelge 4.4'de görüldüğü üzere %10 gümüş katkılı kil numunesi içeriğinde katkısız kilden farklı olarak % 2,09 Ag elementi bulunmuştur. Bu durum gümüşün kile başarılı bir şekilde katkılılandırıldığını ve %10 gümüş katkılı kompozit nanokilin gerçekte %2.09 oranında gümüş içerdiğini göstermektedir.

Şekil 4.5 ve Çizelge 4.5'de % 0,1 Siprofloksasin katkılı kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.

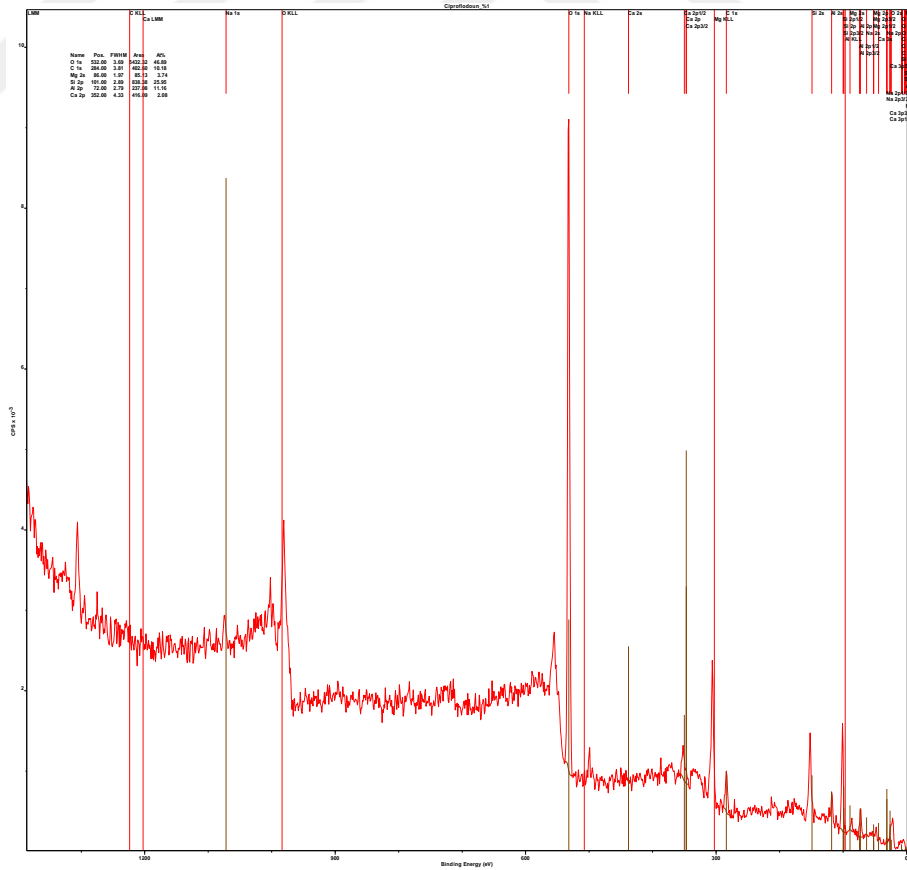


Şekil 4.5. %0,1 Siprofloksasin katkılı kil XPS sonucu

**Çizelge 4.5.** %0,1Siprofloksasin katkılı kil XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)	%At Conc
O 1s	533.00	31058.7	1787.21	44.48
C 1s	284.00	2053.57	388.998	9.68
Na 1s	1075.00	905.499	11.7378	0.29
Mg 2s	85.00	655.158	233.064	5.80
Si 2p	101.00	4453.75	1108.66	27.59
Al 2p	73.00	1114.51	426.266	10.61
Ca 2p	350.00	1707.88	62.0275	1.54

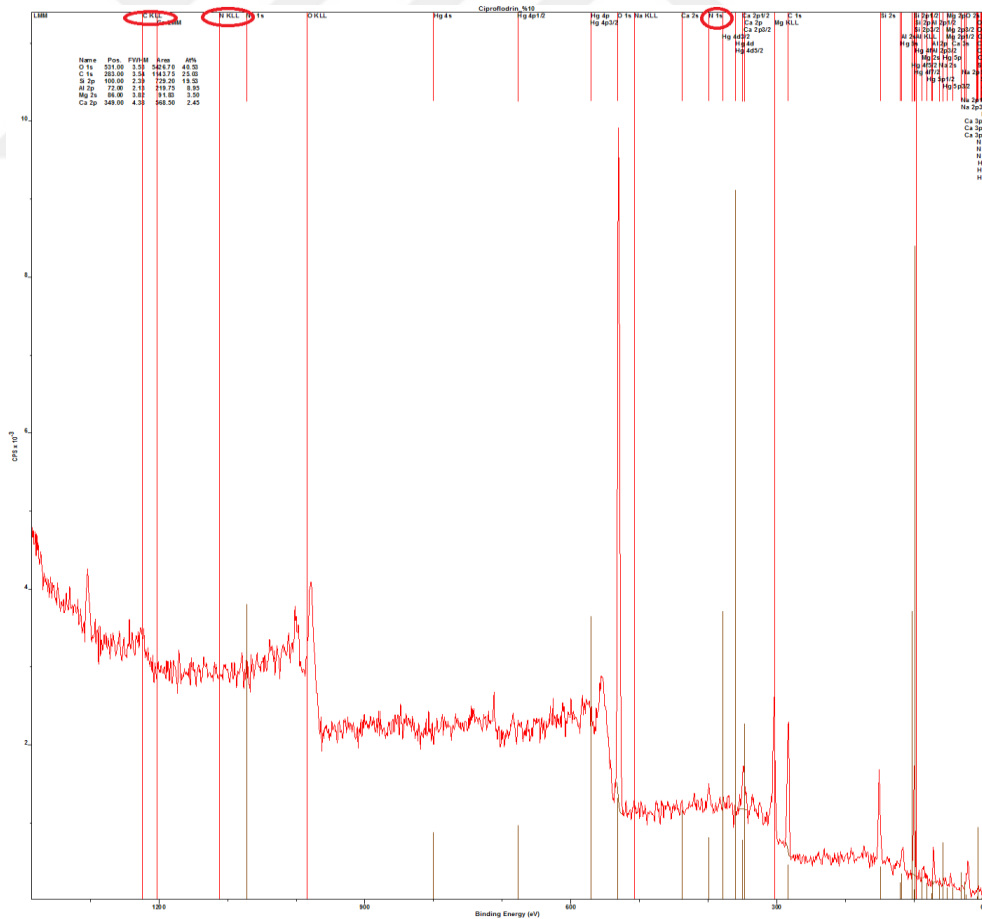
Şekil 4.6 ve Çizelge 4.6'da %0,1 Siprofloksasin katkılı kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.

**Şekil 4.6.** %1 Siprofloksasin katkılı kil XPS sonucu

Çizelge 4.6. %1 Siprofloksasin katkılı kil XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)	%At Conc
O 1s	532.00	32203	1854.03	46.89
C 1s	284.00	2125.38	402.6	10.18
Mg 2s	86.00	416.328	148.051	3.74
Si 2p	101.00	4122.33	1026.17	25.95
Al 2p	72.00	1153.69	441.409	11.16
Ca 2p	352.00	2261.78	2.069	2.08

Şekil 4.7 ve Çizelge 4.7'de %0,1 Siprofloksasin katkılı kil numunesine ait XPS sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.7. %10 Siprofloksasin katkılı kil XPS sonucu

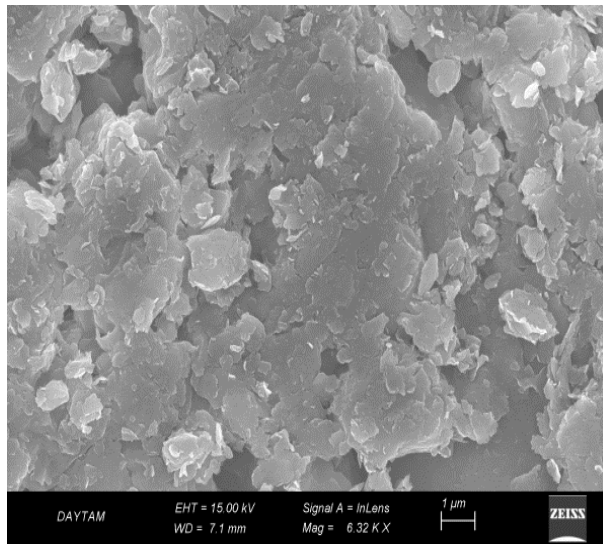
**Çizelge 4.7.** %10 Siprofloksasin katkılı kil XPS verileri

Name	Position	Raw Area	Area/(RSF*T*MFP)	%At Conc
O 1s	531.00	32152.8	1852.12	40.53
C 1s	283.00	6035.47	1143.75	25.03
Si 2p	100.00	3584.22	892.537	19.53
Al 2p	72.00	1069.36	409.144	8.95
Mg 2s	86.00	449.091	159.702	3.50
Ca 2p	349.00	3086.03	112.13	2.45

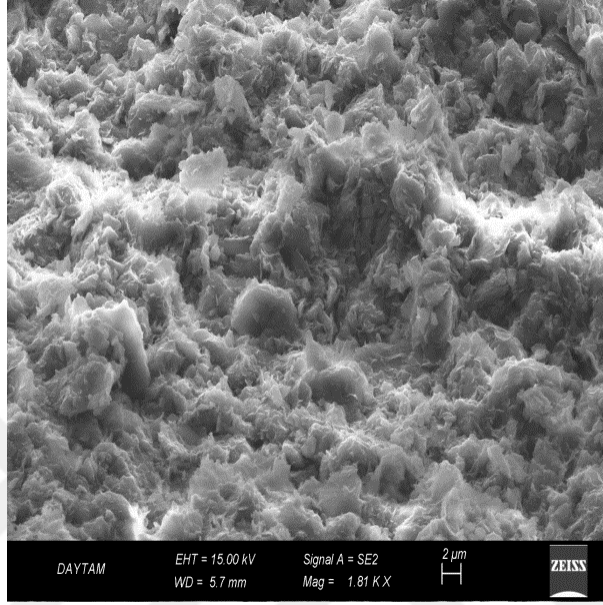
Şekil 4.7 ve Çizelge 4.7’de görüldüğü üzere %10 siprofloksasin katkılı kil numunesi içeriğinde katkısız kilden farklı olarak azot bulunmuştur. Bu durumun siprofloksasin katkısız kile eklendiğinin ispatıdır.

#### 4.2. SEM Analizleri

Numuneler üzerinde SEM Analizleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.8’de katkısız kile ait SEM görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.8’de katkısız kil yüzeyinin tabakalı bir yapıya sahip olduğu görülmektedir.

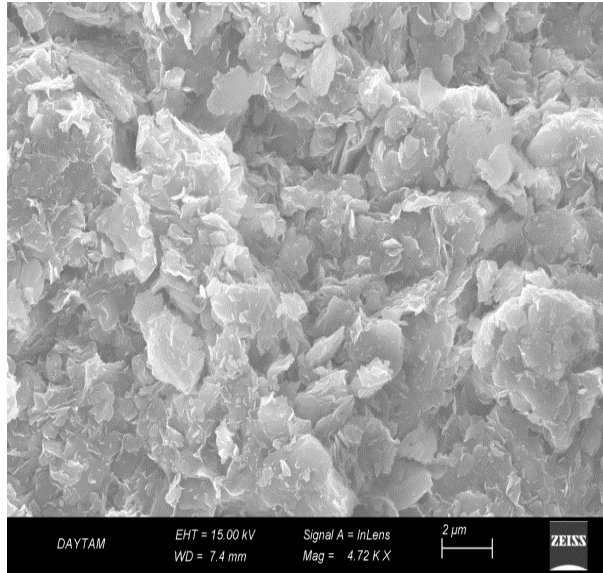
**Şekil 4.8.** Katkısız kil SEM görüntüsü

Şekil 4.9’de %0,1 Ag katkıli kile ait SEM görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.9’de görüldüğü üzere %0,1 gümüş katkıli kil yüzeyinde küçük gümüş kristalleri mevcuttur.



Şekil 4.9. %0,1 Ag katkıli kil SEM görüntüsü

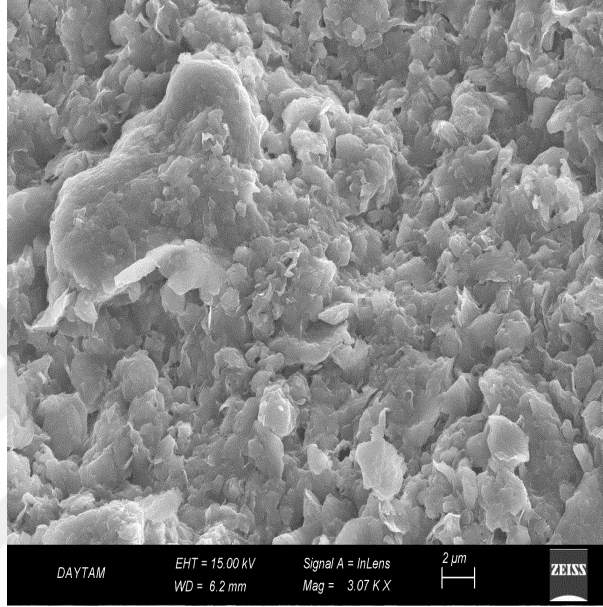
Şekil 4.10’da %1 Ag katkıli kile ait SEM görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.10. %1 Ag katkıli kil SEM görüntüsü

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere %1 gümüş katkılı kil yüzeyinde orta boy gümüş kristalleri vardır ve tabakalı bir yüzeye sahiptir.

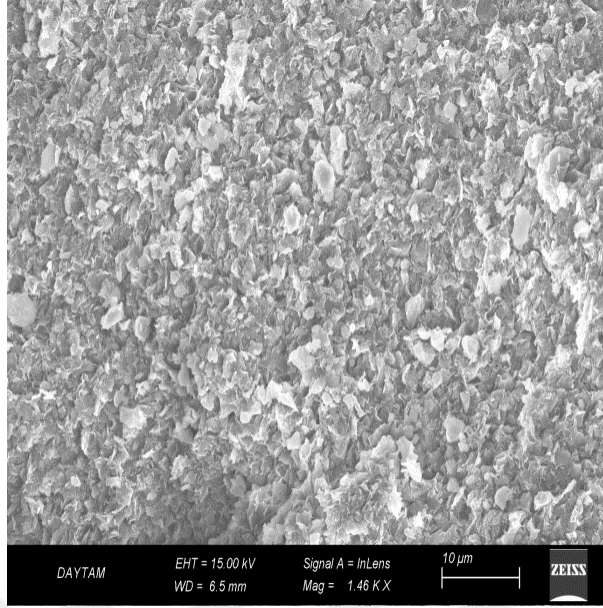
Şekil 4.11'de %10 Ag katkılı kile ait SEM görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 4.11.** %10 Ag katkılı kil SEM görüntüsü

Şekil 4.12'de %0,1 Siprofloksasin katkılı kile ait SEM görüntüsü verilmiştir.

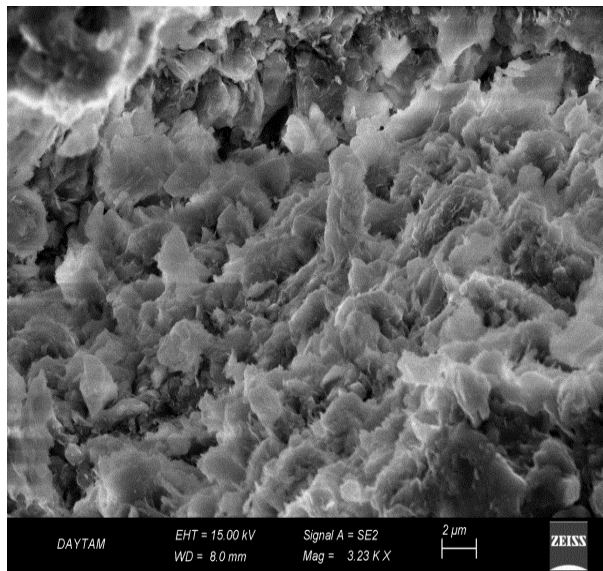




**Şekil 4.12.** %0,1 Siprofloksasin katkılı kil SEM görüntüsü

Şekil 4.12’de görüldüğü üzere %0,1 siprofloksasin katkılı kil yüzeyinde çok küçük ve fazla sayıda kristaller vardır.

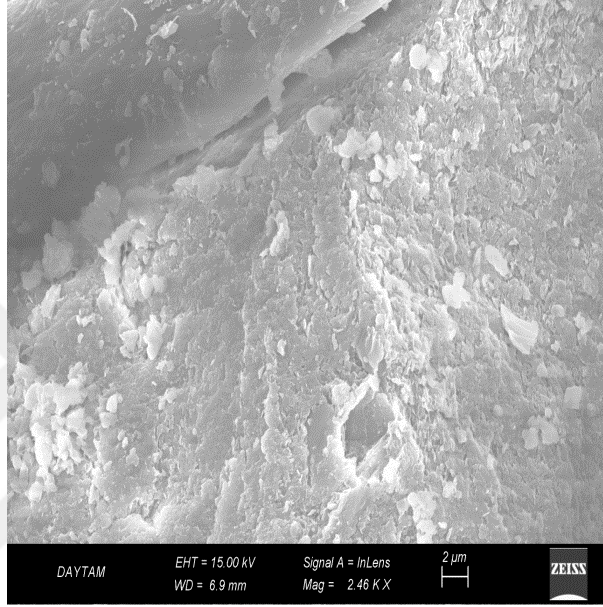
Şekil 4.13’de %1 Siprofloksasin katkılı kile ait SEM görüntüsü verilmiştir.



**Şekil 4.13.** %1 Siprofloksasin katkılı kil SEM görüntüsü

Şekil 4.13’de görüldüğü üzere %1 siprofloksasin katkılı kil yüzeyinde çok fazla sayıda kristaller vardır.

Şekil 4.14’de %10 Siprofloksasin katkılı kile ait SEM görüntüsü verilmiştir.

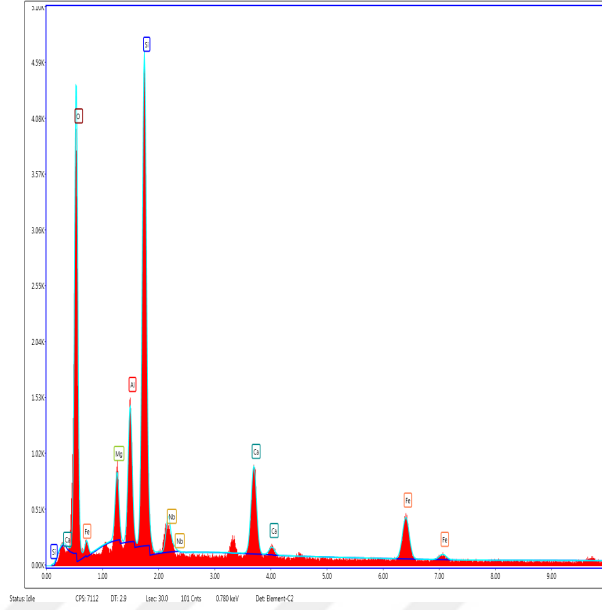


**Şekil 4.14.** %10 Siprofloksasin katkılı kil SEM görüntüsü

Şekil 4.14’de görüldüğü üzere %10 siprofloksasin katkılı kil yüzeyinde büyük ve fazla sayıda kristaller vardır.

### 4.3. EDS Analizi Sonuçları

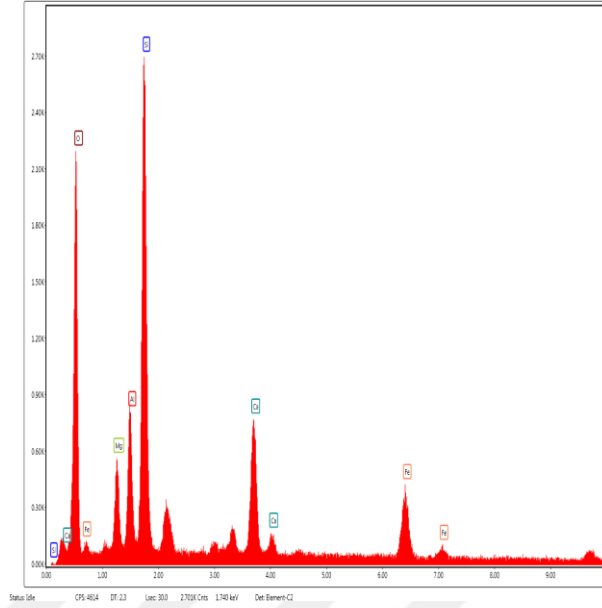
Numuneler üzerinde EDS analizleri yapılmıştır. Şekil 4.15’te katkısız kile ait EDS sonucu görülmektedir.



**Şekil 4.15.** Katkısız kil EDS sonucu

Şekil 4.15 incelendiğinde katkısız kilin içeriğinde Si, O, Ca, Al, Fe, Mg elementleri mevcut olduğu görülmektedir.

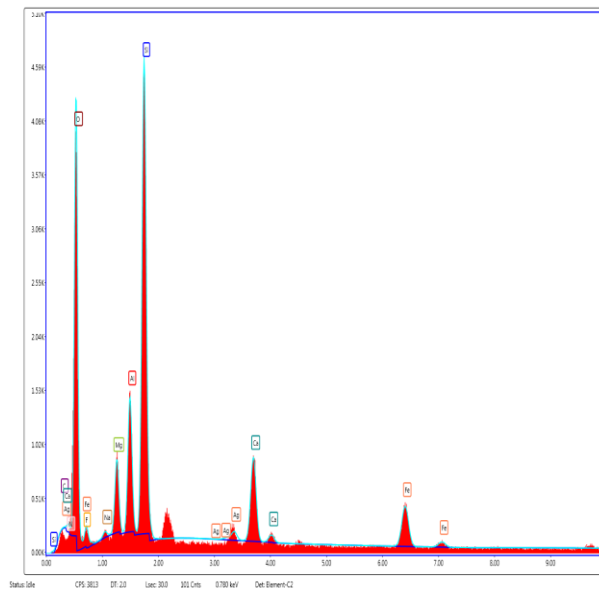
Şekil 4.16'da %0,1 Ag katkıli kile ait EDS sonucu görülmektedir.



**Şekil 4.16.** %0,1 Ag içeren kil EDS sonucu

Şekil 4.16'da %0,1 Gümüş Katkılı kilde Gümüş (Ag) pikleri görülmektedir. Bu gümüşün kile katkılıdırıldığını göstermektedir.

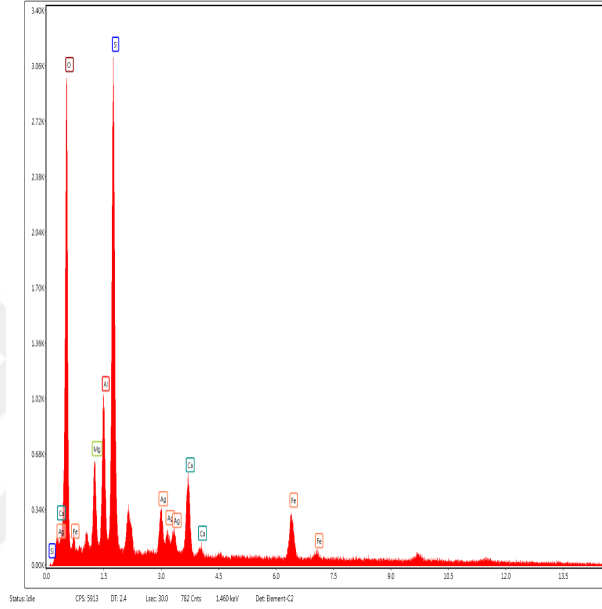
Şekil 4.17'de %1Ag katkıli kile ait EDS sonucu görülmektedir.



**Şekil 4.17.** %1Ag içeren kil EDS sonucu

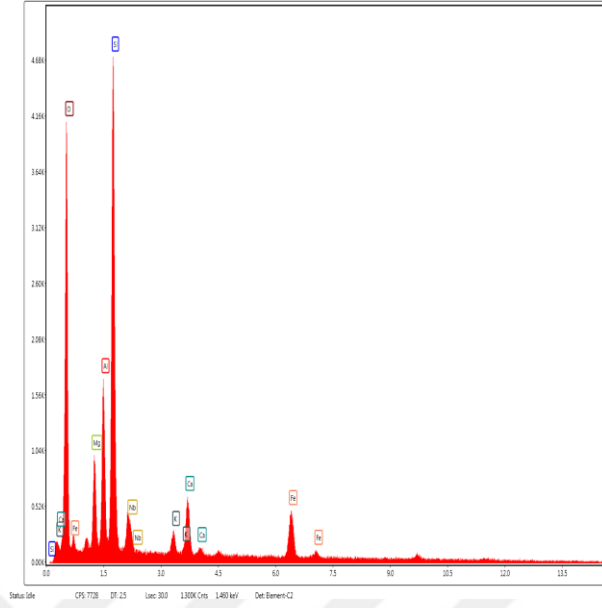
Şekil 4.17'de %1 gümüş katkılı kilde gümüş pikleri görülmektedir. Bu gümüşün kile katkılandırıldığına ispatıdır.

Şekil 4.18'de %10 Ag katkılı kile ait EDS sonucu görülmektedir.



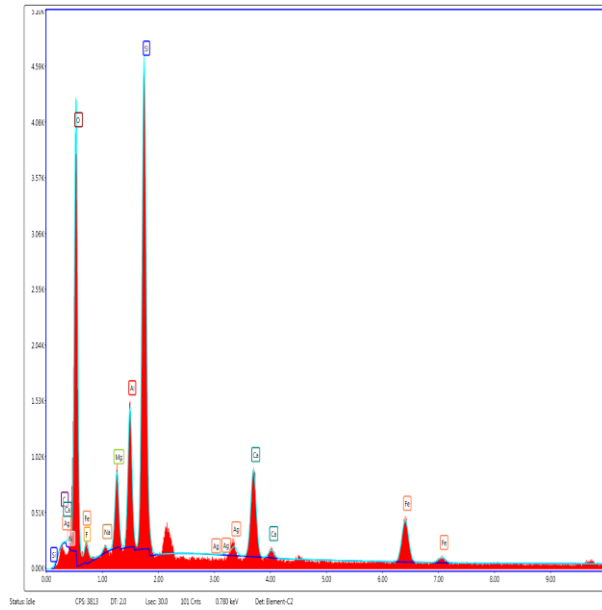
**Şekil 4.18.** %10 Ag İçeren Kil EDS Sonucu

Şekil 4.19'da %0,1 Siprofloksasin katkılı kile ait EDS sonucu görülmektedir.



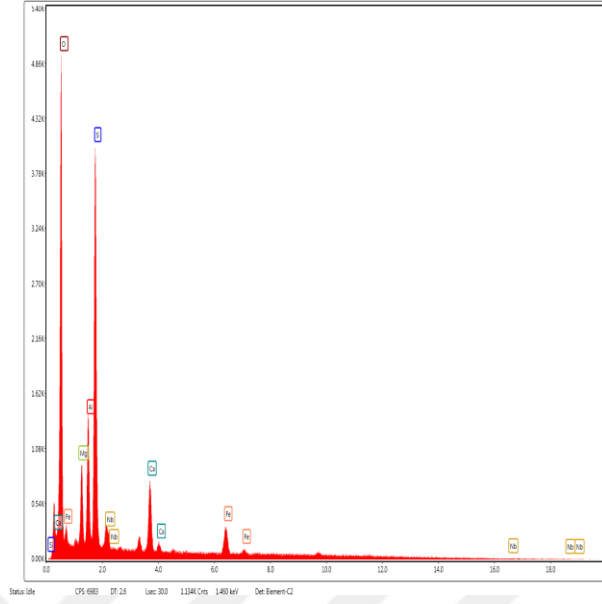
**Şekil 4.19.** %0,1 Siprofloksasin içeren kil EDS sonucu

Şekil 4.20’de %1 Siprofloksasin katkılı kile ait EDS sonucu görülmektedir.



**Şekil 4.20.** %1 Siprofloksasin içeren kil EDS sonucu

Şekil 4.21’de %10 Siprofloksasin katkılı kile ait EDS sonucu görülmektedir.



**Şekil 4.21.** %10 Siprofloksasin içeren kil EDS sonucu

Şekil 4.19; 4.20; 4.21 incelendiğinde siprofloksasin içeren kilerde katkısız kilden farklı olarak N(Azot) elementine ait pikler bulunduğu görülmüştür.

#### **4.4. Mikrobiyolojik (Agar Dilüsyon Deney)Sonuçlar**

Numuneler üzerinde Agar dilüsyon deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.8’de katkılı ve katkısız kil numunelerine ait agar dilüsyon test sonuçları verilmiştir.

**Çizelge 4.8. Antibakteriyel test sonuçları**

<b>8.SAAT SONUÇLARI</b>						
	<b>E. coli 1</b>	<b>E.coli 2</b>	<b>E.coli 3</b>	<b>E.coli 4</b>	<b>S.epidermidis</b>	<b>K.pneumoniae</b>
1 <b>KİL</b>	20 BİN	50 BİN	10 BİN	20 BİN	100 BİN	10 BİN
2 <b>GÜMÜŞ %10</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	10 BİN
3 <b>GÜMÜŞ %1</b>	NEGATİF	20 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	10 BİN
4 <b>GÜMÜŞ %0.1</b>	20 BİN	20 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	50 BİN
5 <b>CİPROFOLAXACİN %10</b>	NEGATİF	10 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	10 BİN
6 <b>CİPROFOLAXACİN %1</b>	NEGATİF	50 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	50 BİN
7 <b>CİPROFOLAXACİN %0.1</b>	NEGATİF	50 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	100 BİN
8 <b>BOŞ</b>	50 BİN	100 BİN	100 BİN	100 BİN	100 BİN	100 BİN
<b>24.SAAT SONUÇLARI</b>						
	<b>E. coli 1</b>	<b>E.coli 2</b>	<b>E.coli 3</b>	<b>E.coli 4</b>	<b>S.epidermidis</b>	<b>K.pneumoniae</b>
1 <b>KİL</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	2
2 <b>GÜMÜŞ %10</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
3 <b>GÜMÜŞ %1</b>	NEGATİF	5 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
4 <b>GÜMÜŞ %0.1</b>	NEGATİF	10 BİN	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
5 <b>CİPROFOLAXACİN %10</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
6 <b>CİPROFOLAXACİN %1</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
7 <b>CİPROFOLAXACİN %0.1</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
8 <b>BOŞ</b>	NEGATİF	50 BİN	50 BİN	50 BİN	50 BİN	50 BİN
<b>48.SAAT SONUÇLARI</b>						
	<b>E. coli 1</b>	<b>E.coli 2</b>	<b>E.coli 3</b>	<b>E.coli 4</b>	<b>S.epidermidis</b>	<b>K.pneumoniae</b>
1 <b>KİL</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
2 <b>GÜMÜŞ %10</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
3 <b>GÜMÜŞ %1</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
4 <b>GÜMÜŞ %0.1</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
5 <b>CİPROFOLAXACİN %10</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
6 <b>CİPROFOLAXACİN %1</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
7 <b>CİPROFOLAXACİN %0.1</b>	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	NEGATİF	100 BİN	NEGATİF
8 <b>BOŞ</b>	NEGATİF	10 BİN	10 BİN	10 BİN	10 BİN	10 BİN

Analizler 8., 24. ve 48. saatler için ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre katkısız kilin araştırılan hiçbir bakteriye karşı etkinliğinin olmadığı görülmüştür. Ancak bakteri sayısının azalması katkısız kilin bakteriler için yaşam alanı olarak uygun bir yapıya sahip olmadığını göstermektedir.



**8. Saat mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre**

1- Katkısız kilin E.Coli 1, E.Coli 2, E.Coli 3, E.Coli 4 ve K.Pneumoniae S.Epidermidise karşı antibakteriyal etkinliğinin olmadığı anlaşılmıştır. %0,1, %1, %10 Katkılı siprofloksasin E.Coli1, E.Coli 3, E.Coli 4 suşlarına karşı antibakteriyal etkinliği olduğu ancak S.Epidermidis, K.Pneumoniae ve E Coli2 ye karşı etkinliğinin olmadığı anlaşılmıştır.

2- %1ve %10 Katkılı gümüşün E. Coli 1'e karşı, %10 katkılı gümüşün sadece E. Coli 2'ye karşı antibakteriyel etkisinin olduğu anlaşılmıştır. E.Coli 3 ve E.Coli4'e karşı bütün gümüş katkılı killerin antibakteriyel etkinliği olduğu anlaşılmıştır. Ancak S. Epidermidis ve K.Pneumoniae karşı hiçbir gümüş katkılı kilin etkisi yoktur.

**24. Saat mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre:**

1- Siprofloksasin katkılı killerin tamamı E.coli suşlarının hepsine ve K.Pneumoniae'ya karşı etkilidir. Ancak 24 saat geçmesine rağmen S.Epidermidis'e karşı hiçbir etkinliği olmadığı ortaya çıkmıştır.

2- %0,1 ve %1 Gümüş katkılı killerin 24. Saatte bile E.coli 2'ye ve S. Epidermidis'e karşı etkinliği olmadığı görülmüştür.

**48. Saat mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre:**

Gümüşün ve siprofloksasinin katkılı killerin tüm formlarının S.epidermidis hariç tüm bakterilere karşı antibakteriyal etkinliğinin olduğu anlaşılmıştır.

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, gümüş ve siprofloksasin adsorbsiyonu ile üretilen kil numuneler üzerinde, mühendislik katı atık depolama alanlarında ve üretimde malzeme olarak kullanılabilmesi için mikrobiyolojik deneyler ve görüntüleme yöntemleri kullanılarak içerik analizleri yapılmıştır. Literatürde gümüş ve siprofloksasin katkı nanokile ait araştırmalar yeni bir konudur.

Çalışma kapsamında, Oltu-Narman Havzası'ndan getirilen katkısız kile çeşitli konsantrasyonlarda gümüş ve siprofloksasin adsorbe edilmesi sonucu katkı kil numuneler üzerinde görüntüleme ve mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır;

SEM analizleri sonuçlarına göre gümüş ve siprofloksasinin katkısız kile başarı ile katkılandırıldığı oluşan yüzey kristal görüntüleri ile gösterilmiştir. Böylece gümüş ve siprofloksasin katkı nanokiller üretildiği görülmüştür.

XPS sonuçlarına göre gümüşün kile katkılandırıldığı Ag elementinin varlığı ile, siprofloksasinin kile katkılandırıldığı ise N(Azot) elementinin varlığı ile gösterilmiştir.

EDS sonuçlarına göre gümüşün ve siprofloksasinin kile katıldığı Ag ve N(Azot) elemlerinin varlığı ile gösterilmiştir.

Uygulanan mikrobiyolojik yöntemin yüzey kaplaması yöntemi olarak seçilmesi neticesinde katı atık depolama alanlarındaki su toplama alanlarının da bu malzeme ile kaplanması durumunda aynı olumlu sonuçların elde edilebileceği söylenebilir.

Mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre etken madde katkı yüzdesi arttıkça antibakteriyel etkinliğin arttığı, katkısız nanokilin herhangi bir antibakteriyel özelliğinin

olmadığı ancak bakterilerin yaşam ortamı için uygun yapıya sahip olmadığı anlaşılmıştır.

%10 Gümüş katkılı kil, 8. saatte bile E.Coli'nin tüm suşlarına karşı etkin olmasına rağmen %10 siprofloksasin katkılı kil E.Coli 2 suşuna karşı etkin değildir. Bu durumda %10 Gümüş katkılı kilin %10 siprofloksasin katkılı kilden E.Coli suşlarına etkinliği açısından daha etkin olduğu söylenebilir.

%10 Gümüş katkılı kilin 24.saatte E.Colinin tüm suşlarına ve S.Epidermidis'e karşı etkili olduğu gösterilmiştir.

Bu sonuçlar ışığında; elde edilen gümüş katkılı nanokilin, antibakteriyel nano malzemesi olarak tüm alanlarda, yapılan prototiplerden alınan veriler ışığında katı atık depolama alanlarında antibakteriyel geosentetik kil membran malzemesi olarak ve konsantrasyon \*sterilizasyon saat parametrelerine göre en uygun oran belirlenerek atık sularının sterilizasyonu amaçları ile güvenilirlikle kullanılabileceği sonuçlarına varılmıştır.

**KAYNAKLAR**

- Akdoğan A., Küçükyıldırım B.O., “Nanomalzemeler ve Uygulamaları,” MakinaTek, sayı 99, 2006, s.114-1
- algali, G., 2003, Synthesis-Structure-Processing-Property Relationships in Polymer Nanocomposites.
- Arıkan O. , Özkan D. , Yön S. , Öztürk G. “İstanbul Evsel Katı Atıklarının Aerobik Kompostlanabilirliği”, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu,1999,İstanbul
- ASTM D 3080-98, 1999. Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. ASTM West Conshohocken, PA.
- ASTM D 4318-00, 2000. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. ASTM West Conshohocken, PA.
- ASTM D 4892-89, 2004. Standard Test Method for Density of Solid Pitch (Helium Pycnometer Method). ASTM West Conshohocken, PA.
- Avcı A.,2011 Gümüş nanopartiküllerin Sentezlenmesi ve Karakterizasyonu. Selçuk Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Konya.
- Aydın C. ve İnanç E., 2012 Nano Teknoloji ve Nano Gümüş
- Bayındır M.,2009, Nanoteknoloji Disiplinler Arası Yeni Bir Bilim Dalı.Kanser Tedavisinden Kozmetiğe Yeni Akıllı İlaçlar
- Baykara, T., 2008. Malzeme Enstitüsü Nano-malzeme Araştırmaları, Nano teknolojide Ürüne Dönüştürülebilir Araştırma ve Ticarileştirme Konferansı ve Proje Pazarı,
- Bilgehan H., Temel Mikrobiyoloji ve Bağışıklık Bilimi, Barış Yayınları, Fakülteler Kitabevi, İzmir, 1989.
- Bozoğlu, A., 2010, Türkiye’de Çıkan Doğal Zeolitin Bebek Bezlerinde Antimikrobiyal Madde olarak Kullanılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Buffat, Ph., Borel J.-P., “Size effect on the melting temperature of gold particles” Physical Review,A 13 (6),1976, s.2287
- Shin S. -H, Ye M.-K., “The effect of nano-silver on the activation of nasal polyp epithelial cells by Alternaria, Der P1 and staphylococcal enterotoxin B”, International Immunopharmacology, 11 (11), 2011, s. 1691-1696
- Ajayan, P., “Nanocomposite Science and Technology”, Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003
- Cammarano, S., 2010, Study of Annealing and Orientation Effects on Physical Properties of PLA Based Nanocomposite Films
- Çevre ve Orman Bakanlığı, “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”, 14.03.1991 20814
- Çevre ve Orman Bakanlığı, “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”, 22/07/2005-25883.
- Ciprofloxacın,Web saifesi,www.ilacprospektusu.com/ilac/33/cipro-500-mg-14-tablet 01.03.2016
- Crainic, N., Marques, A.T., 2002. Nano-composites: a state of the art review. Key
- Demir A, Tüylüoğlu B. Suat, “Düzenli Depolama Tesislerinin Tasarım ve Geliştirilmesi”, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 1999, İstanbul.
- Fotoelektron Oluşumu, web sitesi www.kimyasanal.com/konugoster. 10.02.2017

- Grim, R.E., 1968. Clay Mineralogy. McGraw-Hill Book Company, USA.
- Kaniyor R. I. Jafri and Ramapraphu S., "Nanostructured Pt decorated graphene and multi walled carbon nanotube based room temperature hydrogen gas sensor," *Nanoscale*, vol. 1, no. 3, pp. 382–386, 2009.
- Konta, J., 1995. Clay and man: Clay raw materials in the service of man, *Applied Clay Science*, 10, 275
- Kornmann, X., 2001, Synthesis and Characterization of Thermoset-Clay Nanocomposites, Division of Polymer Engineering, Lulea University of Technology.
- L'Antibiogramme 1985. Courvalin P, Goldstain F, Philippon A, Sirot J.
- Lee, S.Y., Cho, J.W., Hahn, P.S., Lee, M., Lee, B.Y., Kim, J.K., 2005. Microstructural changes of reference montmorillonites by cationic surfactants. *Applied Clay Science* 30: 174-180.
- Li, W., Xie, X., Shi, Q., Zeng, H., Ou, S., Chen, Y., 2010, Antibacterial Activity and Mechanism of Silver Nanoparticles on Escherichia Coli, *Applied Microbial and Cell Physiology*, vol:85, p. 1115-1122
- Lofton, L., 2002, Clay/ Polymer Nanocomposites for Pressure Sensitive Adhesives, Rohm and Hass Company, PA.
- McMullan, D. (2006). "SCANNING ELECTRON MICROSCOPY 1928-1965". *Scanning* 17 (3): 175-185. doi:10.1002/sca.4950170309.
- Nataro *et al.* 1998. Enterococcal Aggregative Escherichia coli
- Neş, Z. N., 2009. Yüzey aktif madde ile muamele edilmiş kilin bazı mukavemet özelliklerinin araştırılması, Y . lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Önalp, A., 2002. Geoteknik Bilgisi I, Çözümlü Problemlerle Zeminler ve Mekanik Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Postgate, J 1998. Nitrogen Fixation (3rd bas.). Cambridge University Press. ISBN 978-0521640473.
- Rai, M., Yadav, A., Gade, A., 2009, Silver Nanoparticles as a New Generation of Antimicrobials, *Biotechnology Advances*, 27, p. 76-83.
- Ryan, KJ; Ray, CG, ed. 2004 Sherris Medical Microbiology (4th bas.). McGraw Hill. ISBN 0-8385-8529-9.
- Toprak, P.; A New Route to The Synthesis of Nanocomposites By Using An Unsaturated polyester Matrix, Yüksek Lisans Tezi, OTDÜ-Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2004).
- Trabulsi *et al.* 2002. Typical and Atypical Enteropathogenic Escherichia coli
- Uğur, F., A., 2005. Kil Minerallerinin Radyoaktif Maddeleri Tutma Özelliklerinin, Kilin Yapısına Ve İşlem Koşullarına Bağlılığının İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Uzuner, B.A., 2005. Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekanik. Derya Kitabevi, Trabzon.

## ÖZGEÇMİŞ

Erzurum Oltu'da doğdu. İlkokulu K.Karabekir İlkokulun'da, ortaokul ve liseyi Erzurum Anadolu Lisesi'nde okudu. Eczacılık eğitimine 2002 yılında Atatürk Üniversitesi Eczacılık Fakültesinde başladı.2006 yılında buradan mezun oldu ve serbest eczacılık yapmaya başladı. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Bölümü'nde lisans eğitimi aldı.2010 yılında buradan mezun oldu.2010 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde geoteknik bölümünde ve 2012 yılında nanomalze alanlarında yüksek lisansa başladı. Halen bu bölümlerde yüksek lisans eğitimi almaktadır.