

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***Microcystis sp.* İLE DEMİR, BAKIR VE ÇİNKO
METALLERİNİN GİDERİMİ**

**Nebiye Gökçe GÖKAĞAÇLI
(Biyolog)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
Prof.Dr. İsmail PEKER
Prof.Dr. Beyza ÜSTÜN**

İSTANBUL 2007

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

***Microcystis sp.* İLE DEMİR, BAKIR VE ÇİNKO
METALLERİNİN GİDERİMİ**

Nebiye Gökçe GÖKAĞAÇLI

(Biyolog)

(141103420040083)

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

DANIŞMAN

Prof.Dr. İsmail PEKER

Prof.Dr. Beyza ÜZTÜN

İSTANBUL 2007

ONAY SAYFASI

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım sırasında bana her türlü desteği veren danışmanlarım Prof. Dr. Beyza ÜSTÜN'e ve Prof. Dr. İsmail PEKER'e, bilgi birikimleriyle yol gösteren hocalarım Prof. Dr. Neşet KADIRGAN'a ve Prof. Dr. Gürcan ORALTAY'a, tezimin ana kısmını oluşturan algerle çalışmamda yardımcı olan Prof. Dr. Belma ASLIM ve çalışma ekibine, laboratuvar çalışmalarımın temelinde emeği çok olan Kimya Mühendisi Süleyman ARSU'ya teşekkür ederim.

Ayrıca bu zor dönemde benden manevi desteklerini esirgemeyen başta Zümrüt KAVUNCUOĞLU, Zeynep DOĞAN, Oktay SERT ve Hasan GÜLER olmak üzere tüm arkadaşlarıma, bana değerli zamanlarımı ayıran proje grubundaki çalışma arkadaşlarıma ve maddi manevi tüm olanaklarımı bana ve tezime ayıran babam Burhan GÖKAĞAÇLI ve annem Serap GÖKAĞAÇLI'ya sonsuz teşekkürler.

Haziran 2007

Nebiye Gökçe GÖKAĞAÇLI

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vii
YENİLİK BEYANI.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
BÖLÜM I	
GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM II	
GENEL BİLGİLER.....	4
II.1. KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ VE HAVZASI.....	4
II.1.1. İklimi.....	6
II.1.2. Fauna ve Florası.....	7
II.1.3. Havzanın Önemi ve Günümüzdeki Durumu.....	7
II.1.3.1. Endüstri	9
II.2. METALLER.....	11
II.2.1. Demir.....	14
II.2.1.1. Bileşikleri	15
II.2.1.2. Asit ve Baz İle Reaksiyonları.....	15

II.2.1.3. Demirin Kullanım Alanları.....	16
II.2.1.4. Toksisitesi.....	16
II.2.2. Bakır.....	17
II.2.2.1. Bileşikleri.....	17
II.2.2.2. Asit İle Reaksiyonları.....	18
II.2.2.3. Bakırın Kullanım Alanları.....	18
II.2.2.4. Toksisitesi.....	19
II.2.3. Çinko.....	19
II.2.3.1. Bileşikleri.....	20
II.2.3.2. Asit ve Baz İle Reaksiyonları.....	20
II.2.3.3. Çinkonun Kullanım Alanları.....	20
II.2.3.4. Toksisitesi.....	21
II.3. ADSORPSİYON.....	21
II.3.1. Adsorbent.....	23
II.3.2. Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler.....	23
II.3.3. Adsorpsiyon İzothemleri.....	24
II.4. ADSORBENT OLARAK KULLANILAN <i>Microcystis sp.</i>	25
II.4.1. Ötröfikasyon.....	26
II.4.1.1. <i>Microcystis</i> 'in Ötröfikasyonu İçin Gereken Etmenler.....	26
II.4.1.1.1. Sıcaklık.....	26
II.4.1.1.1. Işık.....	26
II.4.1.1.1. Nitrat ve Fosfor Konsantrasyonu.....	27
II.4.1.1.1. Demir ve Çinko.....	27
II.4.2. <i>Microcystis sp.</i>'nin Sistematığı.....	27
II.4.3. Monera Alemi.....	28
II.4.4. Gerçek Bakteriler.....	28
II.4.4.1. Bakterilerin Hücre Yapısı.....	29
II.4.4.2. Bakterilerin Çeşitleri.....	30
II.4.4.3. Bakterilerde Solunum.....	32
II.4.4.4. Bakterilerde Üreme.....	33
II.4.4.5. Bakterilerin Yararları ve Zararları.....	35
II.4.5. Cyanobakteria / Mavi-Yeşil Algler / Mavi-Yeşil Bakteriler...36	
II.4.5.1. Cyanobakter'lerin Çevreye Yararları.....	39
II.4.5.2. Toksik Etkileri.....	39
II.4.6. <i>Microcystis sp.</i>	40

BÖLÜM III

Microcystis sp. İLE METAL GİDERİMİ.....42

III.1. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....42

III.1.1. Adsorpsiyon Çalışmaları.....	42
III.1.2. Çökme Etkisinin Belirlenmesi İçin Yapılan Çalışmalar.....	44
III.1.3. Adsorpsiyon Çalışmaları İçin Sentetik Olarak Hazırlanan Çözeltiler.....	44

BÖLÜM IV

SONUÇLAR.....	45
IV.1. ADSORPSİYONA pH ETKİSİ.....	45
IV.2. BAKIR ADSORPSİYONU.....	46
IV.3. ÇİNKO ADSORPSİYONU.....	53
IV.4. DEMİR ADSORPSİYONU.....	60
IV.5. ADSORPSİYON İZOTERMLERİ.....	68

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME.....	70
KAYNAKLAR.....	72

ÖZET

***Microcystis sp.* İLE DEMİR, BAKIR VE ÇİNKO METALLERİNİN GİDERİMİ**

Günümüzde su ekosistemleri endüstriyel, tarımsal ve evsel faaliyetler sonucu hızla kirlenmektedir. Su ekosistemlerindeki en önemli kirlilik çeşitlerinden biri de metal kirliliğidir. Metaller akuatik canlılar üzerinde toksik etkilere sebep olur. Bu problemin en önemli nedeni toksinlerin doğal fizyolojik yollarla vücuttan dışarı atılamaması ve karaciğerde birikmesidir.

Küçükçekmece Gölü de metal kirliliğine maruz kalan ekosistemlerden biridir. Ayrıca gölde tarımsal faaliyetler neticesinde nütriyent kirliliği de görülmektedir. Nütriyent kirliliğinin sonucunda gölde periyodik olarak ötrofikasyon meydana gelmektedir. *Microcystis sp.* ötrofikasyon süresince ortaya çıkan baskın cinslerden biri olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada göl ekosisteminde diğer metallere göre daha fazla miktarda bulunan demir, bakır ve çinko metalleri adsorbat olarak, *Microcystis sp.*'de adsorbent olarak seçilmiştir. Deneyler kesikli reaktörlerde sentetik metal çözeltilerinden 0.1 ml örnek alımıyla 72 saat boyunca periyodik olarak yürütülmüştür. pH'ın ve metal konsantrasyonunun adsorpsiyona etkisinin incelenebilmesi için üç farklı pH değeri (6,5, 7,5, 8,5) ve değişik metal konsantrasyonlarında (1 – 18 ppm) çalışılmıştır.

Bu çalışma süresince metallerin *Microcystis sp.* ile adsorpsiyonunun pH'a bağılı olarak farklı özellikler gösterdiği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bakır ve çinko pH 6.5, demir pH 8.5 değerlerinde Freundlich izotermi ile uygunluk göstermiştir. Çinko pH 8.5 ve demir pH 6.5 ise Langmuir izotermi ile uygunluk göstermiştir. Geriye kalan bakır pH 7.5, 8.5 çinko pH 7.5 ve demir pH 7.5'in ise iki adsorpsiyon izotermi ile de uygunluk göstermediği tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre *Microcystis sp.*'nin bakır, çinko ve demir metalleri için çözeltinin pH değerinden etkilenen bir adsorbent olduğu düşünülmektedir.

Haziran, 2007

N. Gökçe GÖKAĞAÇLI

ABSTRACT

ADSORPTION OF IRON, COPPER AND ZINC WITH *Microcystis sp.*

In the last decade, pollution in aquatic environments as a result of industrial, agricultural and domestic activities has increased. One of the most important pollution types in aquatic ecosystems is metal pollution which causes toxic effects in aquatic species. The most dangerous aspect of this problem is that these toxins cannot be discarded out of the body in physiological ways, metals consequently accumulate in the liver.

Küçükçekmece Lake is a typical example of such an ecosystem which is being destroyed progressively as a result of metal pollution. Moreover the Lake is affected by nutrient load from anthropogenic activity. As a result of nutrient pollution eutrofication occurs periodically in the Lake. *Microcystis sp.* has been identified as one of the major species during the eutrofication period.

In this study iron, copper and zinc that are found more widely than other metals in the Lake's ecosystem, are chosen as adsorbate and *Microcystis sp.* is chosen as adsorbent. Experiments have been performed with synthetic metal solutions in batch reactors. Samples of 0.1 ml have been taken periodically from the solution during 72 hour-experimental period. To observe the effects of pH and metal concentration on adsorption, experiments have been performed at three different pH values of 6.5, 7.5, 8.5 with different metal concentrations between 1 and 18 ppm.

Experimental results show that the adsorption of the metals by *Microcystis sp.* is a function of pH. Copper and zinc in a solution at pH 6.5, iron in a solution at pH 8.5 fit the Freundlich isotherm. Zinc in a solution at pH 8.5 and iron in a solution at pH 6.5 fit the Langmuir isotherm. Adsorption of copper in a solution at pH 6.5, 8.5, of zinc in a solution at pH 7.5 and of iron in a solution at pH 7.5 cannot be correlated with any isotherm.

In conclusion, it is considered that *Microcystis sp.* is an appropriate adsorbent for iron, zinc and copper depending on the pH of the solution.

Haziran, 2007

N. Gökçe GÖKAĞAÇLI

YENİLİK BEYANI

***Microcystis sp.* İLE DEMİR, BAKIR VE ÇİNKO METALLERİNİN GİDERİMİ**

Bu tez çalışmasında Küçükçekmece göl ekosistemi içerisinde yer alan *Microcystis sp.* cinsi mavi-yeşil algin adsorbent olarak kullanımı ile gölde metal kirliliğine neden olan demir, bakır ve çinko metallerinin laboratuvar koşullarında adsorpsiyonu denenmiştir. Yapılan bu çalışma aynı adsorbent veya metallerle denenecek diğer adsorbsiyon çalışmalarına örnek olmaktadır.

Haziran 2007

Prof.Dr. İsmail PEKER
Prof.Dr. Beyza ÜSTÜN

N.Gökçe GÖKAĞAÇLI

KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrad derece
ml	: Mililitre
L	: Litre
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
rpm	: Devir / Dakika
mm	: Milimetre
km	: Kilometre
sp.	: Tür

ŞEKİL LİSTESİ

	SAYFA NO
Şekil II.1	Havzanın Konumu ve Diğer Önemli Noktalar.....5
Şekil II.2	Kayabaşı, Firuzköy ve Hadımköy Bölgesindeki Çeşitli Endüstrileri Tesislerinin Karakterizasyonu.....10
Şekil II.3	Demir.....14
Şekil II.4	Bakır.....17
Şekil II.5	Çinko.....19
Şekil II.6	Prokaryot Hücre Yapısı.....30
Şekil II.7	Bakteri Şekilleri.....31
Şekil II.8	Boyama Prosesi.....31
Şekil II.9	Bakterilerde Amitoz Bölünme.....33
Şekil II.10	Bakterilerin Yaşam Döngüsü.....34
Şekil II.11	Cyanobakterlerin Hayat Ağacı.....36
Şekil II.12	Bazı Cyanobakterlerin Şekilleri.....38
Şekil II.13	Heterocyst'in Şekli.....39
Şekil II.14	<i>Microcystis Sp.</i> Şekli.....40
Şekil II.15	<i>Microcystis Sp.</i> Şekli.....40
Şekil II.16	<i>Microcystis Sp.</i> Şekli.....41
Şekil II.17	Mirocystin'in Kimyasal Yapısı.....41
Şekil IV.1	Bakır pH 6.5'te Çökmenin Etkisi.....47
Şekil IV.2	Bakır pH 7.5'te Çökmenin Etkisi.....47
Şekil IV.3	Bakır pH 8.5'te Çökmenin Etkisi.....47
Şekil IV.4	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 3ppm).....48
Şekil IV.5	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 6ppm).....48
Şekil IV.6	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 10ppm).....49
Şekil IV.7	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Şahit).....49
Şekil IV.8	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 1ppm).....50
Şekil IV.9	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 3ppm).....50
Şekil IV.10	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 7ppm).....51
Şekil IV.11	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Şahit)51
Şekil IV.12	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 1ppm).....52
Şekil IV.13	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 4ppm).....52
Şekil IV.14	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 6ppm).....53
Şekil IV.15	Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Şahit)53
Şekil IV.16	Çinko pH 6.5'te Çökmenin Etkisi.....54
Şekil IV.17	Çinko pH 7.5'te Çökmenin Etkisi.....54
Şekil IV.18	Çinko pH 8.5'te Çökmenin Etkisi.....54
Şekil IV.19	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 2ppm).....55
Şekil IV.20	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 4ppm).....55

Şekil IV.21	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 18ppm).....	56
Şekil IV.22	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Şahit)	56
Şekil IV.23	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 2ppm).....	57
Şekil IV.24	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 7ppm).....	57
Şekil IV.25	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 17ppm).....	58
Şekil IV.26	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Şahit)	58
Şekil IV.27	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 2ppm).....	59
Şekil IV.28	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 6ppm).....	59
Şekil IV.29	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 12ppm).....	60
Şekil IV.30	Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Şahit).....	60
Şekil IV.31	Demir pH 6.5'te Çökmenin Etkisi.....	61
Şekil IV.32	Demir pH 7.5'te Çökmenin Etkisi.....	61
Şekil IV.33	Demir pH 8.5'te Çökmenin Etkisi.....	61
Şekil IV.34	Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 3ppm).....	62
Şekil IV.35	Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 5ppm).....	62
Şekil IV.36	Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 17ppm).....	63
Şekil IV.37	Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Şahit)).....	63
Şekil IV.38	Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 2ppm).....	64
Şekil IV.39	Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 7ppm).....	64
Şekil IV.40	Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 14ppm).....	65
Şekil IV.41	Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Şahit).....	65
Şekil IV.42	Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 1ppm).....	66
Şekil IV.43	Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 4ppm).....	66
Şekil IV.44	Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 7ppm).....	67
Şekil IV.45	Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Şahit)	67
Şekil IV.46	Bakır pH 6,5 (Freundlich izotermi).....	68
Şekil IV.47	Çinko pH 6,5 (Freundlich izotermi)	68
Şekil IV.48	Demir pH 8,5 (Freundlich izotermi)	68
Şekil IV.49	Çinko pH 8,5 (Langmuir izotermi)	69
Şekil IV.50	Demir pH 6,5 (Langmuir izotermi)	69

TABLO LİSTESİ

	SAYFA NO
Tablo II.1	2005 Yılı Meteoroloji Verileri.....6
Tablo II.2	Küçükçekmece Havzasındaki Endüstri Tesislerinin Çeşitleri ve Prosesleri Sonucu Çıkan Metaller.....10
Tablo II.3	Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde Yer Alan Metaller ve Limitleri.....12
Tablo II.4	İçme Sularında Müsaade Edilen Maksimum Metal Konsantrasyonları.....13
Tablo II.5	Demirin Bileşikleri.....15
Tablo II.6	Bakırın Bileşikleri.....17
Tablo II.7	Çinkonun Bileşikleri.....20
Tablo III.1	Metallerin Konsantrasyon ve pH Skalası.....43
Tablo III.2	Zaman Çizelgesi.....43
Tablo IV.1	Metallere ve Konsantrasyonlara Karşılık Gelen pH Değerleri.....46
Tablo IV.2	Freundlich İzotermi Sabitleri ve Formüller.....68
Tablo IV.3	Langmuir İzotermi Sabitleri ve Formüller.....69

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ

Dünya üzerindeki su kaynakları günümüz koşullarının getirdiği hızlı nüfus artışı, sanayi devrimi sonrası artan endüstriyel faaliyetler ve tarımsal kullanım sonucu giderek daha fazla kirlenmektedir. Bunun sonucunda yaşam için gerekli olan en temel madde su ve kaynakları kullanılamayacak hale gelmekte ve sağlıksız bir ortam oluşturmaktadır.

Evsel ve tarımsal kaynaklara nazaran en fazla endüstriyel kaynaklardan gelen ve çevre kirliliğinde en önemli rollerden birine sahip olan kirleticiler metallerdir. Metaller canlılar üzerinde toksik etki yapan, biyolojik olarak parçalanamayan ve besin yoluyla canlıdan canlıya geçebilen elementlerdir. Metallerin canlı vücutunda birikimleri geri dönüşümü olmayan hastalıklara hatta ölüme sebebiyet verebilir.

Günümüzde hemen hemen her ülkenin su kaynakları düşük yada yüksek konsantrasyonda metal kirliliği ile karşı karşıyadır. Su kaynaklarından yararlanan tüm canlılar için sulak ortamlardaki metallerin giderimi çok önemlidir.

Metal deşajlarının sulak ortama verilmeden önce kontrol altına alınması metal kirliliği sorununun çözümünde daha etkilidir. Su kaynaklarına deşarj edilen atık sulardaki kirletici iyonların giderilmesine ilişkin olarak; çözücü ekstraksiyonu, çöktürme, elektroliz, flotasyon, iyon değişimi, ters osmoz gibi proseslerin bazı spesifik uygulamalarında iyi neticeler alınmıştır [1]. Fakat düşük konsantrasyonlardaki metal iyonlarının giderilmesinde en etkili yöntemlerden biri adsorpsiyondur.

Adsorpsiyon prosesi çok düşük derişimlerdeki çözeltilere bile uygulanabilir. Adsorpsiyon ara yüzey yardımıyla bir fazdan diğer faza belirli kirleticilerin geçme işlemidir. Bu kirleticileri tutabilecek özellikler gösteren maddelere adsorbent adı verilir Adsorbent ucuz, kolay elde edilebilir ve adsorpsiyon kapasitesi yüksek olmalıdır. Adsorbentler doğal ya da sentetik maddeler olup çok geniş yüzey alanına sahiptirler. Adsorbentlerin en önemli seçilme nedenlerinde biride adsorpsiyon işlemi sonrası tekrar rejenere edilerek kullanılabilmesidir.

Bu çalışmada; Dünya üzerindeki ender lagün göllerinden biri olan, geçmişte çok çeşitli endemik türleri barındıran, İstanbul için içme suyu, rekreasyon gibi amaçlarla kullanılmış, günümüzde ise evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklardan dolayı ağır kirlenme tehdidi altında olan Küçükçekmece Gölü çalışma bölgesi olarak seçilmiştir.

Adsorbent olarak gölde doğal olarak varlığını sürdüren, hava sıcaklığına, besin durumuna ve ışık geçirgenliğine bağlı olarak ötrofikasyonla su yüzeyine çıkan ve kalın bir tabaka oluşturan *Microcystis* cinsi Cyanobakterler seçilmiştir. Bu Cyanobakter cinsi Gazi Üniversitesince sulak alandan izole edilmiş, saf kültürleri oluşturulmuş ve kurutularak toz haline getirilmiştir. *Microcystis*'in iyi bir adsorbent olduğu yapılan araştırmalarda da görülmektedir [2,3].

Küçükçekmece Gölü bünyesinde birçok metali biriktirmektedir. Bunlardan en fazla konsantrasyona sahip olanları TÜBİTAK ve GSRT'nin ortak bir çalışmasıyla yürütülmüş olan 102Y011 nolu "Küçükçekmece Havzasında Çevre Yönetim Modeli Geliştirilmesi" adlı projenin son raporunda da belirtildiği gibi Cu, Fe, Zn, Ni, Cr, Mn ve Mg'dir. Bu çalışmada ise bu altı metalden sadece Cu, Fe, ve Zn ile çalışılmıştır.

Bu tez çalışmasında amaç, göl ekosistemi içerisinde yer alan *Microcystis sp.* cinsi mavi-yeşil algin adsorbent olarak kullanımı ile gölde yüksek kirlilik yüküne neden olan Cu, Fe, ve Zn metallerinin laboratuvar koşullarında adsorpsiyonunun denenmesi ve bu sayede Küçükçekmece Gölü'nün kirlilik yükünün azaltılmasına ilişkin metodlara ışık tutabilmektir.

Tezin amacı doğrultusunda çalışma alanı olarak neden Küçükçekmece Gölü ve Havzasının seçildiği ve gölün günümüzdeki durumu, tezin deneysel çalışmaları için seçilen ve gölde kirliliğe neden olan Cu, Fe ve Zn metallerinin genel bilgisi ve toksisitesi, toksik etkiye neden olan bu metallerin giderimi için kullanılacak olan adsorpsiyon metodu, adsorpsiyon metodunda adsorbent olarak kullanılan ve gölde var olan *Microcystis* cinsi Cyanobakterin sistematigi ve alemde cinsine doğru genel bilgisi ve *Microcystis sp.* gölde ötrofikasyona sebep olduğu için ötrofikasyon hakkında detaylı bilgi Bölüm II'de anlatılmaktadır. Deneye hazırlık çalışmaları ve metodoloji Bölüm III'te, deney çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ve sonuçlar ise Bölüm IV'te grafiklerle desteklenerek gösterilmiştir. Bölüm V'te de elde edilen bu sonuçlar değerlendirilmiştir.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

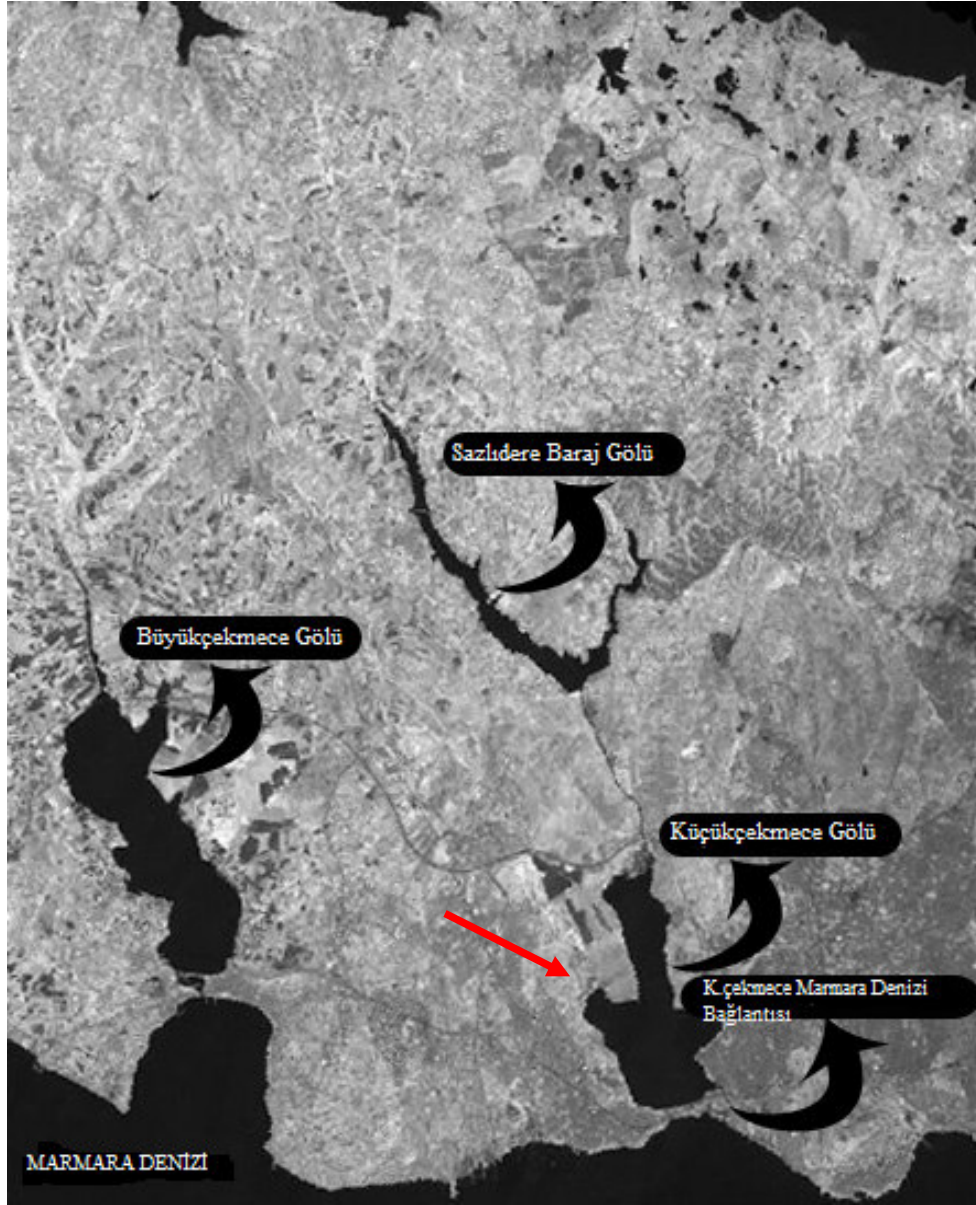
II.1. KÜÇÜKÇEKMECE GÖLÜ VE HAVZASI

Küçükçekmece Havzası tarihi bir yerleşim alanı olması, dünyada ender rastlanan bir lagün gölünü sınırları içersinde bulundurması ve canlılara kullanılabilir su kaynağı olması açısından çok önemlidir. Bu tez çalışmasında Küçükçekmece Havzasının seçilmesindeki en önemli nedense bu önemli sulak alanın evsel, endüstriyel ve ziraa faaliyetlerle giderek daha da kirli hale getirilmesidir. Bu bölümde Küçükçekmece ve Havzası'nın son durumu hakkında genel bir açıklama yapılmış ve tez çalışması için önemli olan (iklim, endüstrileşme v.b.) bazı konular ele alınmıştır.

Küçükçekmece Gölü kaşık şeklindeki topografisiyle (Şekil II.1) İstanbul'un Avrupa yakasında bulunan bir lagündür. Gölün kuzeyinde Sazlıdere drenaj bölgesi, güney kısmında Florya-Avcılar sahil hattı, doğusunda İkitelli-Halkalı-Sefaköy, batısında Hoşdere-Eşikinoz-Firuzköy yer almaktadır [4].

“İstanbul 'un 15 km batısında yer alan ve 14 km' lik bir alanı kaplayan Küçükçekmece Gölü; son jeolojik dönemdeki buzullaşmanın erimesiyle su seviyesinin yükselmesi sonucu Çanakkale Boğazı'nın yarılarak Marmara Çukurunun dolması ve bu deniz istilasıyla eski vadi ağzlarının boğularak "ria"ların ortaya çıkmasıyla önce koy zamanla da kıyı kordonuyla kaplanarak lagün haline gelmiştir. Gölün ağız kesimi kıyı kordonu ile kapalı olmasına rağmen, gölün denizle ilişkisi 1.5 metre derinliği olan bir geçitle sağlanmaktadır. Bu nedenle gölün suyu yarı tuzludur” [5].

Küçükçekmece Gölü daha önceleri bir su alma havzası iken günümüzde bir su toplama havzası olarak kullanılmaktadır. Özellikle son 20-25 yıldır çevresindeki alanlarda yerleşimin hızla artması, eski Halkalı çöplüğünün sızıntı sularından kaynaklanan tehlike, derelerin cılızlaşması ve bunun sonucunda denizle ilişkisinin azalması, ayrıca endüstri faaliyetlerinin giderek artması gibi nedenlerle gölü su ihtiyacı için kullanan canlıların yaşam koşulları büyük ölçüde zarara uğramıştır ve bu zarar gün geçtikçe büyümektedir.



Şekil II.1 Havzanın Konumu ve Diğer Önemli Noktalar [4]

II.1.1. İklimi

“Küçükçekmece Havzası’nın bulunduğu İstanbul genelinde Marmara ve Batı Karadeniz iklimi etkindir. Bu iklimde yazlar sıcak ve az yağışlı, kışlar ılık ve yağışlıdır. Topoğrafik yapı ve bölgede bulunan göl ve barajlar iklimi etkilemektedir. Kıyıya paralel ve kıyı boyunca uzanan dağlar Karadeniz’den gelen yağmur bulutlarının iç kesimlere doğru hareketini engellemektedir. Bu yüzden kıyı kesimler iç kesimlere oranla daha fazla yağış almaktadır” [4]. Bölgedeki 2005 yılı yağış değerleri 20.2 mm ile 151 mm arasında saptanmıştır. 2005 yılı yağış ortalamaları Tablo II.1’de verilmiştir. Verileri İstanbul Meteoroloji Müdürlüğü’ne bağlı Florya ölçüm istasyonuna aittir.

2005 yılı kış ortalama sıcaklık değerleri 5.8 °C ~ 8.2 °C, yaz ortalama sıcaklık değerleri 20.8 °C ~ 25,4 °C, bahar ortalama sıcaklık değerleri 7.1 °C ~ 16.7 °C ve güz ortalama sıcaklık değerleri 10 °C ~ 14.9 °C’dir. Sıcaklığın 0 °C’nin altına düştüğü zamanlar çok nadir ve kısadır. 2005 yılına ait ayların ortalama sıcaklıkları ve yıllık ortalaması Tablo II.1’de sunulmuştur.

Bölgedeki etkin rüzgar kuzey, kuzeydoğu yönünde eser. İstanbul için etkin rüzgar kuzey olmakla birlikte yıl içinde hava koşullarına ve mevsimlere bağlı olarak rüzgar yönü değişir. Etkin rüzgar yönleri Tablo II.1’de aylık olarak gösterilmiştir. Hakim rüzgar gölden denize, denizden göle akış yönünü etkilemektedir.

Tablo II.1 2005 Yılı Meteoroloji Verileri

2005	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ortalama
METEOROLOJİK VERİ													
Ortalama sıcaklık °C	6,8	5,8	7,1	12,1	16,7	20,8	24,6	25,4		14,9	10	8,2	13,8
Ay içinde min. sıcaklık °C	-1	-2,4	-2	1	7,8	13	15,8	19,3		7	0	-3	5,04
Ay içinde max. sıcaklık °C	16,1	1,7	17,5	25,8	27	30,4	31,3	34,4		25,2	19	14,8	22,1
Ortalama nem %	80,6	72,6	71,8	67,4	73,3	62,7	68,4	67,3		72,5	79,3	77	72,1
Min. nem %	49	36	47	46	45	42	54	48		61	58,7	62	49,8
Max. nem %	94,3	95	93,3	89	93	84,3	90,7	85,3		90,7	96,3	95	91,5
Toplam yağış miktarı (mm)	113	151	45,1	21,7	21,7	20,2	67,5	27,4		42,7	75,9	88,2	61,3
Rüzgar hızı (m/sec)	6,73	8,08	7,88	7,01	5,96	6,89	7,08	6,61		6,7	6,97	2,66	6,59
Hakim rüzgar yönü	NNW NNE	SW	NE	NNW	NNE	NE	NE	NE		NE	NNW	NE	

II.1.2. Fauna ve Florası

“Tarihsel arşivlere göre geçmişte Küçükçekmece balık türleri açısından zengindi. Örneğin 1959’da 15000 kg balık yakalandığı kaydedilmiştir. Ekonomik olarak en önemli balık türleri *Esox lucius* (Kuzey turna balığı), *Scardinius sp.*(Kızıl kanat), *Mugil sp.*(Kefal), *Anguilla sp.*(Yılan balığı), *Dicentrarchus sp.*(Levrek)’dir. Ancak günümüzde balıkçıların verdiği bilgilere göre sadece *Cyprinus sp.*(Sazan balığı), *Esox lucius* (Kuzey turna balığı) görülürken Küçükçekmece Gölü’ndeki balık türleri ve sayıları azalmaktadır.

Buna ilaveten 1998’de yapılmış bir araştırmaya göre bazı endemik türler aşağıdaki gibi klasifiye edilmiştir:

Veronica turrilliana (Yavşan otu), *Verbascum bugulifolium* (Sığır kuyruğu), *Linum tauricum* (Boğaziçi keteni), *Linum hirsutum* (Yalancı Anadolu keteni), *Gypsophila glomerata* (Sabunotu), *Onosma proponticum* (Emzikotu), *Galanthus nivalis* (Kardelen), *Crocus biflorus* (İki çiçekli çiğdem), *Cirsium polycephalum* (Çokbaşı köygöçüren), *Rhazya orientalis* (Mavi yıldız)” [4].

II.1.3. Havzanın Önemi ve Günümüzdeki Durumu

“Dünya’da mevcut su miktarı yaklaşık 1.400 milyon m³’tür. Bu suyun büyük bir kısmı olan % 97,5’ i okyanus ve denizlerde bulunan tuzlu sudur. Geriye kalan % 2,5 oranındaki tatlı suyun tamamına yakını Antartika ve Grönland gibi kutup bölgelerinde buz örtüsü halinde ve yer altı sularında depolanmıştır. Ulaşılması en kolay tatlı su kaynakları göller, nehirler yani yüzeydeki sulardır. Bu kaynaklar toplam depolanmış tatlı suyun yalnızca % 0,26’sıdır. Başka bir deyişle dünyadaki yenilenebilir nitelikte ve sürdürülebilir bir şekilde fiilen kullanıma sunulabilir özelliğe sahip sular dünya toplam su miktarının % 0,007’si kadardır. Bu miktar yaklaşık 100.000 km³’tür.

Birleşmiş Milletler Çevre Örgütü tarafından açıklanan Çevre Durum Raporunda dünyadaki tatlı su kaynaklarının yarısına yakınının kirlendiği belirtilmektedir. Yine Birleşmiş Milletler şemsiyesi altında yapılan çalışmalar, su kaynaklarına her gün 2 milyon ton endüstriyel atık karıştığını ve gelişmekte olan ülkelerde 1 milyar kişinin temiz sudan yoksun olduğunu ortaya koymaktadır” [5].

Bu bilgilerin ışığı altında dünyada su ve su havzalarına ihtiyaç gün be gün artarken aynı zamanda bu alanlar yoğun şekilde kirletilmektedir. Ülkemiz su kaynakları bakımından zengindir fakat tıpkı diğer ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de su kaynakları nüfusun, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin hızla artması nedeniyle hem içme suyu özelliğini kaybetmekte hem de fauna ve florası zarar görmektedir. Günümüzde Türkiye'nin ve Dünya'nın nadir lagün göllerinden biri olan Küçükçekmece Gölü'nde aynı etkilere yıllardır maruz kalmıştır ve halen maruz kalmaya devam etmektedir.

Küçükçekmece Gölü'nü ve Havzası'nı bu kadar önemli yapan özellikleri şunlardır: [5]

- İçme ve kullanma suyu temin edilebilecek olan yüzeysel su kaynağıdır.
- Önemli sayıda su kuşu için barınaktır.
- Küresel olarak tehdit altındaki türleri barındıran bir bölgedir. (Bern sözleşmesi)
- Endemik tür bakımından zengin bir alandır. (1998 yılına göre 18 çeşit)
- Ekonomik açıdan önemli balık türlerini barındıran bir bölgedir.
- Dünyada denizle bağlantısı olan nadir lagün göllerinden biridir.

Bu ender özelliklerine rağmen Küçükçekmece Gölü birçok kirlilik faktörüyle karşı karşıyadır. Bunlar genel olarak evsel kirleticiler, zirai kirleticiler ve endüstriyel faaliyetlerin sonucu ortaya çıkan kirleticiler olarak 3 ana başlık altında toplanabilir. Fakat bölge için spesifik bir kirletici listesi hazırlanması gerekirse Küçükçekmece Gölü; [4]

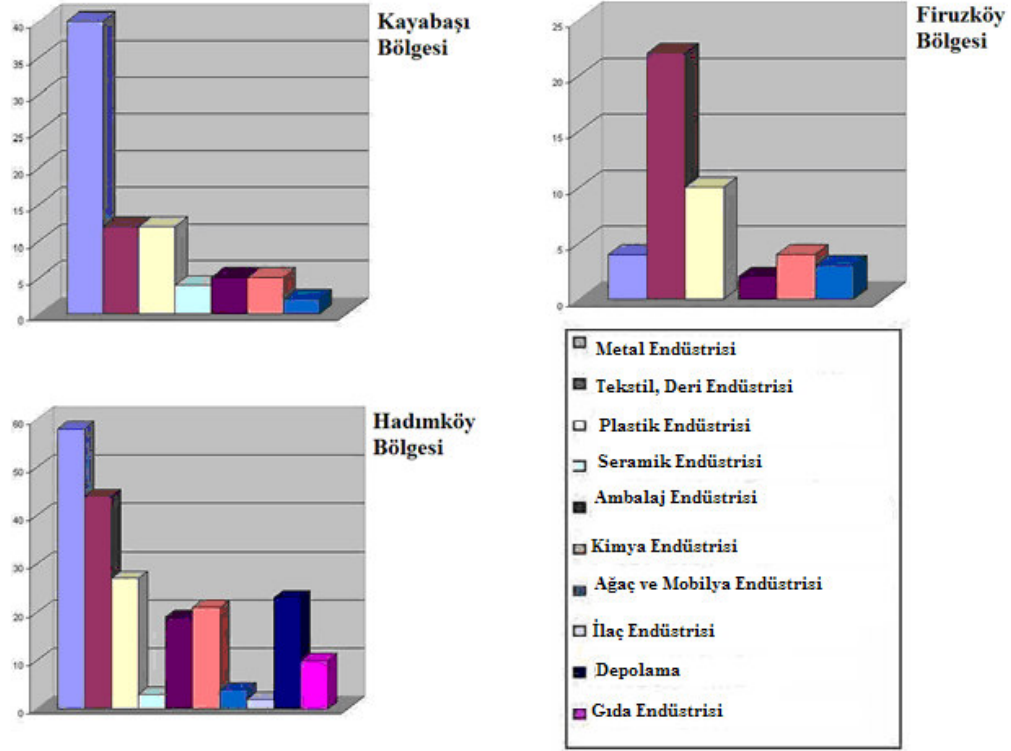
- Hızlı nüfus artışı
- Planlama ve alt yapı eksikliği,
- Bölgenin 1984-1997 yılları arasında havza koruma alanı dışında tutulması,
- Kara yolu trafiği,
- 1995 yılında kapatılan Halkalı çöplüğü sızıntı sularının, geçmişte yeraltı suları ile göle ulaşma olasılığı olduğundan halen çöplük kapatılmasına rağmen havza üzerindeki olumsuz etkileri,
- Gölü besleyen en önemli su kaynaklarından bir olan Sazlıdere üzerine Sazlıdere barajının yapılmasıyla göl dere bağlantısının kesilmesi, ayrıca barajında giderek kirleniyor olması,

- Göl kıyısında kıyı genişletmek, park yapmak veya başka amaçlar için gölün doldurulması,
- Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Laboratuvarları sıvı atıklarının 1997 yılının sonuna kadar göle boşaltılması,
- Bölgedeki endüstriyel atık suların arıtılmadan göle akması gibi nedenlerden dolayı ciddi bir kirlilik problemi ile karşı karşıyadır. Bu tezin konusunu oluşturan metal kirliliğinin büyük bir kısmı Küçükçekmece Gölü'nün çevresindeki endüstriyel alanlardan kaynaklanmaktadır.

II.1.3.1. Endüstri

“Endüstrileşme göçlerin üçüncü periyodunda başlamıştır. Bu periyodun başında endüstri sayısı çok az olmakla beraber ilerleyen zamanlarda yüzey sulara yakın alanlarda hızla artmış ve Kayabaşı, Hadımköy, Firuzköy ve Hoşdere gibi alanlar endüstri zonu haline gelmiştir. Özellikle Firuzköy göle yakınlığından dolayı önemlidir” [4].

Eğer Şekil II.2 incelenecek olursa Kayabaşı, Firuzköy’de en çok metal, tekstil ve plastik endüstrileri olduğu görülmektedir. “Kayabaşı bölgesindeki endüstrilerin atıkları genellikle Balıklıdereye deşarj edilmektedir. Buna ilaveten izinsiz çalışan kot yıkama fabrikaları dereyi atık sularıyla kirletmektedir. Bu kirlilik yükü derelerle göle ulaşmaktadır. ” [4]. Hadımköy’de ise endüstri çeşitliliği daha fazladır. Metal, tekstil ve plastik sanayilerinin yanı sıra kâğıt, paketleme ve kimya sanayide oldukça fazla sayıdadır. “Bu çeşitliliğin sebebi bölgenin uygun koşullarıdır. Buradaki tesislerin atıkları genellikle Eşkinöz Deresi’ne deşarj edilmektedir. Eşkinöz Deresi Hadımköy ve Hoşdere’de lokalize olmuş tesislerin atıkları ve derenin etrafındaki yerleşim yerlerinden gelen evsel atıklarla kirlenmektedir. Bu kirlilik dereyi takip ederek göle ulaşmaktadır” [4].



Şekil II.2 Kayabaşı, Firuzköy ve Hadımköy Bölgesindeki Çeşitli Endüstrileri Tesislerinin Karakterizasyonu [4]

Metal sanayisinden Fe, Mn, Cr, Ni, Si, Mo, Zn, Cu, Al, Mg, Pb, B, Cd, Hg; tekstil sanayisinden Fe, Al, Cr, Zn; plastik sanayisinden ise Pb, Cd, Al, Zn, Fe bu yollarla göle gelmektedir. Sanayilerden çıkan metallerin listesi Tablo II.2’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo II.2 Küçükçekmece Havzasındaki Endüstri Tesislerinin Çeşitleri ve Prosesleri Sonucu Çıkan Metaller

Endüstri Tesisleri	Prosesler Sonucu Çıkan Metaller
Petrol, kauçuk ve plastik ürünleri imalatı	Pb, Cd, Al, Zn, Fe
Taş-toprağa dayalı ürünler imalatı	Al, Mg, Pb, Zn, Au, Cu, Cd, Si, U, Ti, Fe, Cr, Co, Ni
Tekstil giyim ve deri sanayi	Fe, Al, Cr, Zn
Kağıt, ambalaj, kağıt ürünler ve basım imalatı	Mg, Zn, Ni, Cr, Cu, Pb, Hg
Kimya endüstrisi	Co, Mn, Fe, Zn, Pb, Al, Cu, Ni, Cr, Cd
Metal endüstrisi	Fe, Mn, Cr, Ni, Si, Mo, Zn, Cu, Al, Mg, Pb, B, Cd, Hg

“Geçmiş yıllarda Küçükçekmece Bölgesi ucuzluk, kontrolsüzlük, su kaynaklarına yakınlık ve ucuz iş gücü fırsatları nedeniyle endüstri sahiplerinin ilgi noktası haline gelmiştir. Ne yazık ki birçok endüstri tesisi arıtma tesisinden yoksundur ve atık sularını ya direkt göle deşarj etmekte yada gölü besleyen derelere deşarj etmektedir.” [4].

Bütün bunlar göz önüne alındığında hiç şüphesiz havzanın en önemli kirlilik kaynağı arıtma tesisinden yoksun yada arıtma tesisini verimli olarak çalıştırmayan endüstrilerdir. Havzadaki endüstri tesislerinin tiplerinin tümü ve alt kolları EK A’da verilmiştir.

II.2. METALLER

Metaller dünyamızın her bölgesinde endüstriyel faaliyetlerde kullanılmakta ve sulak alanlara deşarj edilmektedir. Sulak alanlardaki bu kirlilik günümüzde global bir tehdit haline gelmiştir. Bu tez çalışmasında endüstriyel faaliyetler sonucu Küçükçekmece Gölü’ne deşarj edilmiş ve gölde metal kirliliğinin sebebi metallere üçü olan demir, bakır ve çinko metalleri adsorpsiyon çalışmalarında kullanılmıştır. Bu bölümde ise demir, bakır ve çinkonun gölde bulunuş şekillerini ve toksik etkilerini açıklayıcı bilgiler verilmiştir.

Endüstrileşme medeniyetin bir ölçüsüdür [6]. Fakat 19.yy da başlayan ve halen devam eden bu akım sonucu endüstri deşarj sularındaki metallerin doğal su havzalarını kirletmesi ve insan sağlığını tehdit etmesi global bir sorun haline almıştır [7,8,9,10]. Bu problem özellikle dünyada yoğun nüfusa sahip şehirlerde daha da çarpıcıdır [11]. Endüstrilerin atıklarını direk deniz ya da su yollarına deşarjı bugün çevredeki problemlerin en önemli sebeplerindendir [6, 7]. Bu atık sularda bazen eser miktarda bazen de yüksek konsantrasyonda metaller bulunmaktadır [3]. “Bunun bir sonucu olarak Avrupa’da ve Amerika’da bazı havzalar balıkçılığa kapatılmıştır. Kuzey Brezilya’da doğal su ortamındaki balıklar illegal altın ekstraksiyonunda civa kullanımı nedeniyle kontamine olmuştur” [12]. Benzer sorunlar Tayvan’daki birçok nehir ile Yunanistan’da özellikle Axios nehrinde görülmektedir [13,14].

Metaller tür ve konsantrasyona bağlı olarak tehlikeli toksik etkiye sahiptirler [8,3]. Eser miktarda bile zararlı olabilen bu maddeler arasında Pb, Sb, Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Mn, Hg, Ni, Fe, Se, U, V ve Zn gibi elementler vardır [1,3]. Metaller tamamen dolmamış “d” yörüngelerinden ötürü çok kolay reaksiyona girerler [15].

Metal kirliliği toksik etkileri ve dolaylı da olsa besin zincirine katılmalarıyla oluşan etkileri açısından önemli bir çevre ve sağlık sorunudur [6,10]. “Özellikle Cd, Hg, Cr, ve Pb gibi metaller besin zinciriyle girdikleri canlı bünyesinden doğal fizyolojik yollarla atılmadıklarından bünyede birikir ve belirli sınır konsantrasyonlarının geçilmesi halinde toksik etki yaparlar. Bu birikim sonucunda canlı ölebilir hatta bu canlıyla beslenen bir insanın sağlığı ve hayatı tehlikeye girebilir” [3].

Bu nedenle gelişmiş ülkelerde tehlikeli madde yönetimi gibi çeşitli birimler endüstrilerin en son çıkış deşarjlarını kontrol altında tutmaktadır. Örneğin metal kirliliğini metal kaplama, madencilik ve boya işletmelerinden alan Güney Afrika’da tüm metal deşarjlarının 1mg/L’nin altında olması limiti getirilmiştir [16].

Ancak yeni gelişmekte olan yada çevre bilinci düşük olan gelişmiş ülkelerde kontrolsüz deşarjlar halen yapılmaktadır [8]. Türkiye’de ise Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğince kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri belirlenmiştir. Tablo II.3’te bu kriterler içerisinde yer alan metaller ve limitleri gösterilmektedir.

Tablo II.3 Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinde Yer Alan Metaller ve Limitleri [17]

Metaller	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
Civa ($\mu\text{g Hg/L}$)	0.1	0.5	2	> 2
Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	> 10
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	> 50
Arsenik ($\mu\text{g As/L}$)	20	50	100	> 100
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	> 200
Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr/L}$)	20	50	200	> 200
Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6}/\text{L}$)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	> 200
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	> 200
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	> 2000
Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN/L}$)	10	50	100	> 100
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	> 5000
Mangan ($\mu\text{g Mn/L}$)	100	500	3000	> 3000
Bor ($\mu\text{g B/L}$)	1000	1000	1000	> 1000
Selenyum ($\mu\text{g Se/L}$)	10	10	20	> 20
Baryum ($\mu\text{g Ba/L}$)	1000	2000	2000	> 2000
Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1

Ağır kirlilik yüklerinden ve toksik etkilerinden dolayı yurtdışındaki birçok kuruluş içme sularında bulunan metal konsantrasyonlarına belli sınırlamalar getirmişleridir. Bu sınırlamalar Tablo II.4’te gösterilmiştir.

Tablo II.4: İçme Sularında Müsaade Edilen Maksimum Metal Konsantrasyonları [3,1]

Metal	Maksimum Konsantrasyon (mg/L)		
	USPHS	WHO	EPA
Kadmiyum	0,01	0,01	0,01
Çinko	5,0	5,00	-
Arsenik	0,01	0,05	0,05
Krom	0,05	0,05	0,05
Bakır	1,00	0,05	-
Kurşun	0,05	0,10	0,05
Cıva	-	-	0,002
Selenyum	0,01	0,01	0,01
Gümüş	0,05	-	0,05
Baryum	1,00	1,00	1,00

USPHS: United States Public Health Service (Birleşik Devletler Toplum Sağlık Servisi)

WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

EPA: Environmental Pollution Agency (Çevresel Kirlilik Ajansı)

Düşük konsantrasyonlarda olsalar bile cıva, arsenik, kurşun, bakır, çinko, nikel ve diğer metaller birçok yaşam formu için toksiktir. Metallerin çevreye geçişleri birçok yolla olur. “Başlıcaları: Kayaların ve toprakların aşınmasıyla, volkanik püskürmeyle ve endüstri proseslerinin ürünleri, madencilik, matbaacılık, kurşun arsenat gibi fungusitler, kurşunlu yakıtların yakılması, akımla kaplama, boya pigmentleri, gümüş kadmiyum piller, alaşım hazırlama, metalurjik prosesler gibi insan faaliyetleridir” [9,18,19,20].

Metaller çoğu zaman atık sularda; çözülebilen, çözilemeyen (tabii mineraller), inorganik, indirgenmiş, okside olmuş, çökelmiş, adsorbe olmuş, sülfür, karbonat, silikat mineralleri ya da serbest metal formlarında bulunurlar [1,3].

Geçen on yıllarda Cd, Cu, Ni, Co, Zn ve Pb gibi metaller nehir su ve sedimentinde açıkça kanıtlanmıştır [6]. Üstelik bunlar genellikle 1000 ppm’i aşan konsantrasyonlardadır. Hatta bazı durumlarda 10.000 ppm’i bile geçebilmektedirler [20].

Canlı sağlığı üzerine çeşitli etkileri aşağıda sıralanmıştır:

- Omurgalıların sistemlerini bloke ederler. [20]
- Karaciğer gibi önemli görevleri olan iç organlara zarar verirler. [6]

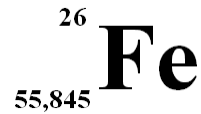
- Vital enzimlerin bağlanma gruplarını bloke ederler. [6]
- Hücre içersindeki tiyol gruplarına bağlanarak hassas enzimlerin aktivitesini inhibe ederler. [15]
- Gram negatif bakterilerde metal katyonları glutatyona bağlanarak, hidrojen peroksit oluşumuna ve oluşan bisglutatyonun redüklenmesi sonucunda hücre içi oksidatif strese neden olurlar. [15]
- Karsinojen etkiye sahiptirler ve doğum kusurlarına yol açarlar. [6]
- Canlıların hücrelerinde plazma sertleşmesine, şişme ve büzülme sebepleri olurlar. [1]
- Atık sularındaki metaller proteinleri çöktürerek solunum yoğunluğuna ve buna bağlı olarak da oksijen tüketiminin azalmasına neden olurlar. [1]

Ancak K, Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Ni, Co, Mo gibi birçok metalin düşük konsantrasyonu biyolojik fonksiyonlar için gereklidir. Diğer kirleticilere nazaran metallerin bu kadar önemli olmasının nedeni vücut içerisinde biyolojik olarak parçalanamadıklarındandır [18,21,22].

Metallerin tüm bu etkileri göz önüne alındığında sulak alanlarda ne kadar büyük bir sorunla karşı karşıya olduğumuz daha açıkça görülmektedir. İlerleyen altbölümlerde tez konusunu teşkil eden Fe, Cu ve Zn elementleri daha ayrıntılı olarak incelenmektedir.

II.2.1. Demir

Bu tez çalışmasında kullanılan üç metalden biri olan demirin atom numarası, kütle numarası ve simgesi Şekil II.3'te gösterilmiştir. Alt bölümlerde ise demir hakkında genel bilgilere yer verilmektedir.



Şekil II.3: Demir

“Demir oda sıcaklığında (25°C 298 K) grimsi parlak metalik katı halde bulunur. Bir d-blok elementidir. Demir metalinin keşfi tam olarak bilinmemekle beraber meteorların bileşiminde elementel halde bulunur. Demir dünyada en çok bulunan elementlerden birisi olup yerkabuğunda %5 oranında bulunur. Başlıca mineralleri pirit (FeS₂), siderit (FeCO₃), limonit (Fe(OH)₂), magnetit (Fe₃O₄), hematit (Fe₂O₃)’dir. Yüksek fırınlarda (30-40m.) demirin oksit minerallerinin karbonla indirgenmesi gibi yöntemlerle ham demir elde edilir. Yüksek fırınlardan alınan bu ham demire “pik demir” denir. Yaklaşık % 95 demir, %4 karbon geri kalanı ise mangan, fosfor ve kükürtten oluşmaktadır. Pik demir hurda demirlerle beraber eritilerek karbon miktarı % 2’ ye düşürülür. Bu demire de “döküm demirleri” denir. Pik demir ve döküm demirleri işlenerek (karbon içeriği %0.1-1.7) kırılğan olmayan yumuşak demir yani “çelik” elde edilir. Elementel saf demir dövülebilir, ince demir ve tel haline getirebilir. Demirin ferromanyetik özelliği 769 °C normal paramanyetizmaya dönüşür. Bu sıcaklığa manyetik dönüşüm noktası veya Curie noktası denir”[23].

II.2.1.1. Bileşikleri

Demirin yapmış olduğu bileşikler Tablo II.5’te gösterilmiştir. Asit ve baz reaksiyonlarının detayları ise Bölüm II.2.1.2’de anlatılmaktadır.

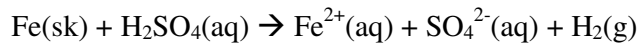
Tablo II.5 Demirin Bileşikleri [24]

FeF ₂	FeF ₃	FeCl ₂	FeCl ₂ .2H ₂ O	FeCl ₃ .6H ₂ O
FeF ₂ .4H ₂ O	FeF ₃ .3H ₂ O	FeCl ₂ .4H ₂ O	FeCl ₃	FeBr ₂
FeBr ₃	FeI ₂	FeI ₃	FeO	Fe ₂ O ₃
Fe ₃ O ₄	FeS	FeSe	FeTe	Fe ₂ N

II.2.1.2 Asit ve Baz İle Reaksiyonları

- **Asit ile Reaksiyonu**

“Seyreltik sülfürik asit çözeltisi ile reaksiyonu sonucunda Fe⁺² kasyonu çözeltiliye geçer. Pratikte bu Fe(II) kasyonu [Fe(OH₂)₆]²⁺ kompleksidir. Eğer ortamda oksijen varsa Fe(II), Fe(II)’ e yükseltgenir” [25].



- **Baz ile Reaksiyonu**

Kuvvetli bazik çözeltilerde kararlı $(FeO_4)^{2-}$ kompleksleri oluşturur. Bu kompleks nötral ve asidik ortamda bozunur [25].

II.2.1.3 Demirin Kullanım Alanları

Demir çok çeşitli ve yaygın kullanım alanına sahiptir. Kullanım alanları Küçükçekmece Bölgesi'ndeki sanayilerde de mevcuttur. Bunlar genellenecek olursa 5 ana başlık altında toplanabilir. “Demir;

- Çelik sanayinin ana hammaddesi olarak,
- İnsan ve hayvan yaşamının en önemli parçası olan hemoglobinin yapısında,
- Demir oksitleri boya endüstrisinde pigment olarak,
- Saf halde demir karbon ve diğer metallerle alaşımları halinde,
- İnşaatlarda beton, kiriş ve yüzeylerin güçlendirilmesinde,

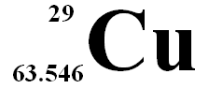
kullanılır” [26].

II.2.1.4 Toksisitesi

Demir eksikliği anemiye yol açar [27]. “Fakat demirin fazlası insanlar için zehirleyicidir, çünkü aşırı miktarda alınan iki değerli demir (ferros demir) vücuttaki peroksitlerle reaksiyona girerek serbest radikaller yapar. İnsan vücudu demirin emilimini çok sıkı kontrol eden bir mekanizmaya sahipse de vücuttan atılmasına ilişkin fizyolojik bir yetisi yoktur. Dolayısıyla, alınan aşırı miktardaki demir, sindirim sisteminin tüm bölgelerindeki hücrelere zarar verebilir ve kan dolaşım sistemine girebilir. Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer (haemochromatosis) ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarları veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsanlarda demir zehirlenmesinin başlangıç değeri; vücut ağırlığının kilogramı başına alınacak 20 miligram demirdir. Kilogram başına 60 miligram demir, öldürücü dozdur” [28]. Bazı demir bileşikleri karsinojendir.

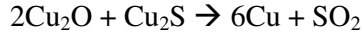
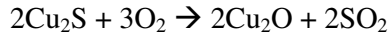
II.2.2. Bakır

Bu tez çalışmasında kullanılan üç metalden biri olan bakırın atom numarası, kütle numarası ve simgesi Şekil II.4'te gösterilmiştir. Alt bölümlerde ise bakır hakkında daha geniş bilgiye yer verilmektedir.



Şekil II.4: Bakır

“Bakır oda sıcaklığında (25°C 298 K) turuncu renkli yumuşak bir metaldir. Periyodik cetvelin d-bloğunda yer alır. Belgeler bundan 10.000 yıl önce bakırın varlığından bahsetmektedir. Bakır sülfür kavrularak bakır (I) okside indirgenir ve ortamdaki kükürt SO₂ şeklinde uzaklaştırılır. Elde edilen oksit fırınlanarak %99 saflıkta elementel bakır elde edilir.



Daha sonra bu elementel bakır daha da saflaştırılmak istenirse, elektrolitik yöntemlerle katot saf bakır ile kaplanarak saflaştırılır” [29].

II.2.2.1. Bileşikleri

Bakırın oluşturduğu bileşikler Tablo II.6'de gösterilmiştir. Bakırın asit ile reaksiyonunun detayları ise Bölüm II.2.2.2'de anlatılmaktadır.

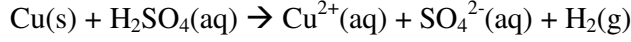
Tablo II.6 Bakırın Bileşikleri [30]

CuF	CuCl ₂ .2H ₂ O	CuO	CuCl ₂	CuSe	Cu ₂ Te
CuF ₂	CuBr	Cu ₂ O	CuI	Cu ₂ Se	
CuCl	CuBr ₂	CuS	Cu ₂ S	CuTe	

II.2.2.2. Asit İle Reaksiyonları

- **Asit ile Reaksiyonu**

“Bakır metali sıcak derişik sülfürik asit ile reaksiyonu sonucunda Cu(II) çözteltisi oluşturur. Bu iyon aslında $[Cu(OH_2)_6]^{2+}$ kompleksidir. Aynı zamanda açığa hidrojen gazı çıkar. Bakır metali seyreltik ve derişik nitrik asit de çöztünür” [31].



II.2.2.3. Bakırın Kullanım Alanları

“Bakır;

- Bakır tel yapımında
- Yüksek frekans hattı yapımında
- Bileşikleri şeker analizinde Fehling’s çözteltisini hazırlanmasında
- Müzik enstrümanlarının yapımında
- Renkli cam yapımında
- Vakum tüpleri, katot ışık tüpleri , mikrodalga fırınlarda
- Kabartma metal olarak
- Elektrik endüstrisinde
- Bakır sülfat tarım zehri olarak ve suların saflaştırılmasında kullanılmaktadır” [32].

“Ayrıca bakır;

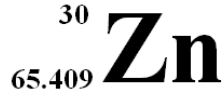
- Hemocyaninin anahtar komponentidir. Süperoksit dismutaz, sitokrom C oksidaz, katalaz, dopamin hidroksilaz, askorbik asit oksidaz gibi enzimlerin prostetik grubunun parçasıdır. Ağır molekül ağırlıklı oksidazlar %0,05-0,35 oranında bakır içerirler.
- Demirle birlikte hemoglobin oluşumunda rol oynar. Merkezi sinir siteminin düzgün çalışmasında ve kollajen oluşumunda C vitamini ile birlikte iş görür.
- Bakırın azot fiksasyonunda, fotosentezde ve büyük ihtimalle klorofil üretiminde rol oynadığına dair kanıtlar bulunmaktadır” [15].

II.2.2.4. Toksisitesi

“Canlılık için çok önemli olan bakır proteine bağlı olmadığı durumlarda ise toksik etki gösterir. En fazla beyin ve karaciğer olmak üzere tüm dokularda görülen bakır konsantrasyonundaki artış, kalıtsal nitelikte bir hastalık olan Wilson hastalığında görülür. Dihydropil hidrataz enzimini inhibe eder. Bakır zehirlenmesinin semptomları arsenik zehirlenmesiyle aynıdır. Sucul yaşam içinde önemli bir tehlikedir. Yüksek konsantrasyonda bakır balık ve diğer canlıların karaciğer, böbrek gibi organlarını etkiler, sinir sisteminde hasara yol açar.” [33].

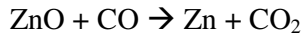
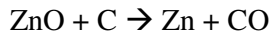
II.2.3. Çinko

Bu tez çalışmasında kullanılan üç metalden biri olan çinkonun atom numarası, kütle numarası ve simgesi Şekil II.5’te gösterilmiştir. Alt bölümlerde ise çinko hakkında daha geniş bilgiye yer verilmektedir.



Şekil II.5 Çinko

“Çinko oda sıcaklığında (25°C 298 K) parlak açık gri renkli bir metaldir. Periyodik cetvelin d-bloğunda yer alır. Çinko, yer kabuğunda en çok bulunan elementler arasında 23. sıradadır. En çok kullanılan cevheri sfalerit (ZnS) olup %40-50 çinko ve yaklaşık %10 demir içerir. Çinkonun ayrıştırıldığı diğer mineraller smitsonit (çinko karbonat), hemimorfite (çinko silikat) ve franklinite ((Fe,Mn,Zn)(Fe,Mn)₂O₄) dir” [34]. “Çinko metali saf olarak çinko oksidin karbon veya karbon monoksit ile indirgenmesinden elde edilir.



Sıcaklık çinkonun erime noktasının üzerinde tutularak buharlaşan çinko soğutularak sıvı halde toplanır. Bu yöntemde kayıp çok olduğu için son zamanlarda ZnSO₄ bileşiğinin elektrolizi ile saf olarak eldesi tercih edilmektedir. Çinko metali 1746 yılında Andreas Maggrat tarafından keşfedilmiştir” [35].

II.2.3.1. Bileşikleri

Çinkonun yapmış olduğu bileşikler Tablo II.7’de gösterilmiştir. Bu metalin asit ve baz ile reaksiyonlarının detayları ise Bölüm II.2.3.2’de anlatılmaktadır.

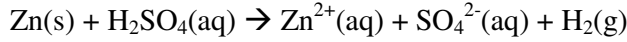
Tablo II.7 Çinkonun Bileşikleri [36]

ZnH ₂	ZnBr ₂	ZnO ₂	ZnTe
ZnF ₂	ZnI ₂	ZnS	Zn ₃ N ₂
ZnCl ₂	ZnO	ZnSe	

II.2.3.2 Asit ve Baz İle Reaksiyonları

- **Asit ile Reaksiyonu**

“Çinko metali seyreltik sülfürik asit içerisinde çözünerek çözeltilde Zn(II) iyonu ve hidrojen gazı üretir. Çözeltilde çinko iyonu $[Zn(OH_2)_6]^{2+}$ kompleksi halinde bulunur.



Çinkonun nitrik asit gibi yükseltgen asitlerle verdiği reaksiyon sonucunda kompleks oluşturması özel şartlar altında gerçekleşir” [37].

- **Baz ile Reaksiyonu**

Çinko metali sulu alkali çözeltiler (KOH) içerisinde çözünerek $Zn(OH)_4]^{2-}$ kompleksi oluşturur [37].

II.2.3.3. Çinkonun Kullanım Alanları

“Çinko, dünyada yıllık kullanım miktarı açısından demir, alüminyum, ve bakırdan sonra gelir. Çinko;

- Metalleri korozyona karşı korumak amacı ile galvanizlenmesinde
- ZnO bileşiği boya, kauçuk, kozmetik, plastik, sabun, printer mürekkebi, ilaç üretiminde
- ZnS bileşiği floresans özelliğe sahip olduğu için kol saatlerinde parlak kadrانların yapımında, floresans ışıklarda, X-ışıkları ve televizyon ekranlarının yapımında

- Çinko metali kuru pillerde, bozuk para yapımında
- Otomobil endüstrisinde
- Pirinç, nikelli gümüş, değişik lehimler, alman gümüşü gibi alaşımların yapımında
- Çinko klorür, deodorantlarda ve ahşap koruyucu olarak
- Çinko metil, (Zn(CH₃)₂) pek çok organik maddenin sentezinde kullanılmaktadır” [34,38].

“Çinko ayrıca;

- İnsan vücudu için önemli bir element olduğu için vitaminlerin hazırlanmasında
- Birçok enzimin anahtar bileşeni olarak
- İnsülin hormonu yapısında
- Üreme sisteminde ve ayrıca cinsel olgunluğa erişmede önemli rol oynar. Erkek seksüel olgunluğunun gelişmesinin yavaşlaması çinko eksikliğinden kaynaklanır” [34].

II.2.3.4. Toksisitesi

“Çinko metali insan cildi için tahriş edicidir. Aşırı maruziyetlerinin nadiren de olsa gastrointestinal sistem bozukluklarına neden olduğu bilinmektedir. Birçok çinko bileşiği çok toksik sayılmaz ama bazı çinko tuzlar karsinojendir. Endüstriyel duman kirliliği akciğer hastalığına neden olur” [39].

II.3. ADSORPSİYON

Adsorpsiyon özellikle düşük konsantrasyonlu metallerin gideriminde günümüzde tercih edilen bir yöntemdir. Bu tez çalışmasında da metal kirliliğine maruz kalmakta olan Küçükçekmece Gölü ve Havzası çalışma alanı olarak belirlenmiş, kullanılacak olan metal çeşitleri gölün kirliliği baz alınarak seçilmiştir. Gölde ötrofikasyona neden olan *Microcystis* cinsi Cyanobakter adsorbent olarak kullanılmıştır. Yapılan deney çalışmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için bu bölümde adsorpsiyon işlemi ve özellikleri anlatılmaktadır.

Günümüzde metal içeren sulardan bu maddelerin giderilmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır. “Bunlardan bazıları kimyasal çöktürme, elektroliz, flotasyon, sedimentasyon, solvent ekstraksiyonu, ters osmoz ve iyon değiştirmedir. Fakat bu prosesler hem maliyetlerinin yüksek olması hem de 1-100 mg/L çözünmüş metal solüsyonları gibi düşük konsantrasyondaki metal iyonlarının gideriminin de yetersiz olmaları nedeniyle tercih edilmemektedirler” [40,41, 42, 43]. Bu yöntemlere alternatif olan bir diğer proseste adsorpsiyondur.

Adsorpsiyon, iki fazdan biri akışkan diğeri katı olduğunda akışkan fazda çözünmüş haldeki bazı bileşenlerin katı faz yüzeyine tutunmasına dayanan faz yüzeyinde görülen yüze tutunma olayı olarak da ifade edilebilir. Adsorbe edici faza adsorbent, adsorbe edilen fazada adsorbat denir. Adsorpsiyon fizikokimyasal ve biyokimyasal olarak iki farklı basamaktan oluşabilir.

- Fizikokimyasal Adsorpsiyon
 - Biyokimyasal Adsorpsiyon
- Fizikokimyasal Adsorpsiyon: “Katı yüzey ile adsorplanan madde molekülleri arasındaki çekim kuvvetleri sonucu oluşan adsorpsiyon basamağıdır. Burada zayıf Van der Waals kuvvetleri etkindir ve işlem tersinirdir. Yani adsorpsiyon meydana geldikten sonra konsantrasyonun düşmesi halinde desorpsiyon da meydana gelebilir. Adsorpsiyon sonucu yoğunlaşma enerjisinden biraz fazla ısı açığa çıkar. Fizikokimyasal adsorpsiyona verilebilecek örneklerden biri, su ve atık sulardaki birçok kirleticilerin ve gazların aktif karbon üzerine adsorpsiyonudur. Fizikokimyasal adsorpsiyondaki bu zayıf bağlar neticesinde adsorbent yüzeyine bağlanan molekül veya iyonun yapısı değişmez ve bağlandığı yüzeyde nispeten hareketlidir. Bu adsorpsiyon basamağında adsorplanmış tabaka birden fazla olabilir” [43,1,3].
 - Biyokimyasal Adsorpsiyon: “Adsorplanan moleküller ile adsorbentin yüzey molekülleri ya da atomları arasında kimyasal bağların ve genellikle de kovalent bağların oluşmasıyla meydana gelmektedir. Bu kimyasal bağın uzunluğu değişebilir. Adsorpsiyon tersinir değildir ve tek tabakalıdır. Adsorpsiyon sırasında açığa çıkan ısı reaksiyon ısısından daha büyüktür ve aktivasyon enerjisi yüksektir. Biyokimyasal adsorpsiyon genelde katının bütün yüzeyinde değil sadece adsorbata karşı afiniteye sahip olan aktif merkezlerinde kendini gösterir. Bu tür adsorpsiyona örnek olarak

oksijenin altın, gümüş, platin ve karbon tarafından adsorplanması verilebilir. Hidrojenin nikel üzerindeki adsorpsiyonunda düşük sıcaklıkta fizyokimyasal, yüksek sıcaklıktaysa biyokimyasal adsorpsiyon görülmektedir. Fizyokimyasal adsorpsiyon tabiatta sıkça görülürken biyokimyasal adsorpsiyon ise özel şartlarda sınırlı bir şekilde meydana gelir” [43,1,3].

II.3.1. Adsorbent

1985 ten bu yana adsorbent olarak birçok madde kullanılmaktadır [12]. Bunlardan en yaygınları ölü ya da canlı olarak kullanılan biyomateryaller (mantarlar, mayalar, bakteriler, algler, deniz bitkileri) ve chitosan gibi deniz kabuklularından elde edilen biopolimerlerdir [44]. Bu maddelerin üzerlerindeki karboksil, hidroksil, karbonil, sülfidril, tioeter, sülfonat, amin, imin, amid, imidazol, fosfanat ve fosfodiester grupları adsorpsiyonu mümkün kılar [19]. Bir adsorbent ucuz olma, doğada çok miktarda bulunma, kolay ve hızlı yetiştirme, yüzey alanı geniş olma, adsorpsiyondan sonra tekrar geri kazanılabilme gibi özellikleri barındırmalıdır. Ölü biyomateryallerde adsorpsiyon hızlı olmakla beraber canlı biyomateryallerde metabolizmanın da etkisiyle adsorpsiyon daha yavaş meydana gelmektedir [18]. Bu çalışmada adsorbent olarak Küçükçekmece Gölü’nde varlığını sürdüren ve optimum şartlarda ötrofikasyonla yüzeyde bir tabaka oluşturan Cyanobakterlerden *Microcystis sp.* kullanılmıştır.

II.3.2. Adsorpsiyonu Etkileyen Faktörler

Adsorpsiyon prosesini etkileyen başlıca faktörler arasında pH, sıcaklık, karıştırma, adsorbentin özellikleri ve adsorbatın özellikleri sayılabilir. [41] Bu faktörler üzerinde yapılan değişikliklerle adsorplanma kapasitesi artırılabilir.

pH: “Ortamdaki hidronyum ve hidroksil iyonların bir fonksiyonudur. Adsorbentin yüzey yüklerine bağlı olarak hidronyum ve hidroksil iyonları adsorplanır ve çözültideki diğer iyonların adsorplanmasını engeller. Asidik pH’larda adsorbent yüzeyine pozitif yüklenme ihtimali arttığından yüzey negatif yüklü iyonların adsorpsiyonuna daha elverişli hale gelir. Bazik pH’larda ise bunun tam tersi göz önüne alındığında pozitif yüklü iyonların adsorplanması muhtemeldir. Organik

asitler düşük pH'larda daha fazla adsorbe olurken, organik bazlar bazik pH'da daha iyi adsorbe olurlar" [1,3].

Sıcaklık: "Sıcaklık adsorpsiyonu etkileyen bir diğer faktördür. Adsorpsiyon işlemi genellikle ısıveren bir tepkime biçiminde gerçekleşir. Bu nedenle azalan sıcaklık ile adsorpsiyon büyüklüğü artar. Açığa çıkan ısının genellikle fiziksel adsorpsiyonda yoğunlaşma veya kristalizasyon ısıları mertebesinde, kimyasal adsorpsiyonda ise kimyasal reaksiyon ısıları mertebesinde olduğu bilinmektedir. Sıcaklık artışıyla kimyasal adsorpsiyon artarken, fiziksel adsorpsiyon azalır" [1, 43].

Karıştırma: Adsorpsiyon işlemi sırasında yüzey alanı ile adsorbatın daha rahat bir şekilde buluşmasını sağlamaktadır.

Adsorbentın Özellikleri: "Adsorpsiyon bir yüzey işlemi olduğundan, adsorpsiyon büyüklüğü spesifik yüzey alanı ile orantılıdır. Bu yüzden adsorbent miktarı ne kadar fazla olursa adsorpsiyonda daha yüksek oranlarda gerçekleşecektir. Ayrıca adsorplayıcının partikül boyutunun küçük, yüzey alanının geniş ve gözenekli yapıda olması adsorpsiyonu artırır. Adsorbentın yüzey yükleri de adsorpsiyonu büyük ölçüde etkilemektedir. Adsorbentların adsorplama kapasitelerinin artırılması genellikle bunların kuvvetli bir asit veya bazla aktive edilmesiyle sağlanır. Aktifleştirme ile yüzey, pozitif ya da negatif yüklü iyonların adsorplanması için daha aktif hale getirilir. Bunlara ek olarak adsorbentın sulu çözeltilerde adsorpsiyonunda hidrofilik ve hidrofobik özelliği adsorpsiyonu negatif ya da pozitif olarak etkiler" [43, 3].

Adsorbatın Özellikleri: "Adsorpsiyonun olabilmesi için, bir molekülün çözücüsünden ayrılabilmesi ve adsorbentın üzerine yapışabilmesi gerekmektedir. Çözülebilir bileşikler, çözücüler için kuvvetli bir çekiciliğe sahiptir. Bu yüzden çözülemez bileşiklerden daha zor adsorbe olurlar. Bununla birlikte zayıf bir şekilde çözünen birçok bileşikte kolay kolay adsorbe olmazlar. Ancak, çok kolay çözünen bazı bileşiklerde bazen kolaylıkla adsorbe olabilirler" [1].

II.3.3. Adsorpsiyon İzotermleri

Adsorpsiyon çalışmalarının sonuçları adsorpsiyon izotermleri ile değerlendirilir. En sık kullanılan izotermler Freundlich izotermi ve Langmuir izoterimidir [45]. Daha karmaşık yapıda olan BET izotermi ise adsorpsiyon

çalışmalarında genellikle tercih edilmemektedir. Bu tez çalışmasından elde edilen verilerde Langmuir ve Freundlich izotermine göre değerlendirilmiştir.

Freundlich izotermi:

$$q = x/m = K \cdot C_e^{1/n}$$

Bu formüle göre (x/m) q olarak ifade edilirse;

q: Gram adsorbant üzerine adsorplanan max. madde miktarı (mg/g)

C_e: Adsorpsiyon denge haline geldiği andaki çözelti konsantrasyonu (mg/l)

K ve 1/n: Freundlich izoterm sabit parametreleri

Langmuir izotermi:

$$q = x/m = abC_e / 1+bC_e$$

Bu formüle göre (x/m) q olarak ifade edilirse;

q: Gram adsorbant üzerine adsorplanan max. madde miktarı (mg/g)

C_e: Adsorpsiyon denge haline geldiği andaki çözelti konsantrasyonu (mg/l)

a ve b: Langmuir izoterm sabit parametreleri

II.4. ADSORBENT OLARAK KULLANILAN

Microcystis sp.

Bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak seçilen Küçükçekmece Gölü'nde ötrofikasyona sebep olan *Microcystis* cinsi Cyanobakter demir, bakır ve çinko metalleri ile adsorpsiyon işleminde adsorbent olarak kullanılmıştır. Bu bölümde Küçükçekmece Gölü'nde görülen ötrofikasyon hakkında genel bilgi verilmiş, adsorbent olarak kullanılan *Microcystis* cinsi Cyanobakterin sistematigi yapılmış ve alt bölümlerde de alemde cins düzeyine doğru genel bilgiler verilmiştir.

II.4.1. Ötrofikasyon

“Ötrofikasyon su yatağına giren inorganik besi maddelerinin tabii ve suni olarak artması, kaynakta mikroskobik besi maddelerinin ve alglerin aşırı derecede çoğalarak artması, su kalitesinin bozulması, su kaynağının tabii ömrünün kısılması ve kullanılma imkanlarının azalması şeklinde tanımlanır.” [46].

“Bir su yatağının fazla miktarda besi maddesi ihtiva etmesi, suyun kalitesini değiştirmedeği müddetçe, ötrofikasyona sebep olmaz. Ötrofikasyon ile su yatağına

giren besi maddeleri arasında kuvvetli bir ilişki olduğu, bilhassa su yatağına giren azot ve fosfor miktarlarının artması ile ötröfikasyonun son derece hızlandığı konu ile alakalı birçok çalışmalarda belirtilmiştir.” [47].

“Sulardaki besin zincirleri ne kadar gelişmiş ve fazla üretken durumda ise , normal olarak az miktarda bulunan N ve P elementleri o derece fazla olur. Bu maddelerin normalden fazla olması dengeyi bozar. Neticede mavi-yeşil alglerin birdenbire çoğalmasına yol açar. Bundan dolayı su bulanıklaşır. Belki de en kötü etkisi ise bir defa ötröfik hale gelen göl kaynaklardan besin maddesi girişi azalsa da uzun zaman boyunca durumunu devam ettirmesidir.” [46].

II.4.1.1. Microcystis’in Ötröfikasyonu İçin Gereken Etmenler

II.4.1.1.1. Sıcaklık

“Genelde Cyanobakterler ılık ortamları tercih ederler ve Cyanobakter patlamalarını bitiren en büyük faktör düşük sıcaklıktır. Robarts ve Zohary’nin 1987 yılında yaptıkları çalışmalara göre Microcystis için limit sıcaklığın 15 °C optimal sıcaklığın ise 25 °C civarında olduğunu göstermiştir. Van der Westhuizen ve Eloff’un 1985 yılında yaptıkları çalışmalarda ise 20 °C derecede toksisite en yüksek değerlerine ulaştığı gözlemlenmiştir” [48].

II.4.1.1.2. Işık

“Işığın *Microcystis* cinsi üzerindeki etkileri laboratuvar ortamındaki çeşitli çalışmalarla incelenmiştir. Abelovich ve Shilo’nun 1972 yılında yaptıkları bir çalışmada *Microcystis aeruginosa* için optimal büyüme 3600-18000 luks ışıkta meydana gelmiştir. Yaklaşık 5 günlük bir lag fazı ve 11 günlük eksponansiyel faz gözlemlenmiştir. Işık şiddeti 18000 lukse çıkarıldığında büyüme oranında ani bir düşüş görülmüştür. Pigmentler farklı ışık şiddetlerine farklı hassasiyet gösterirler. 3600 luks ve altında 28 günlük deney süresinde kültürler yeşil, 5700 luks civarında sarı ve 18000 luksteyse turuncu olarak gözlemlenmiştir. 2000 yılında yapılan başka bir çalışma ise kırmızı dalga boyu 16 µmol photons/ms ışık kalitesinde toksisitenin arttığını göstermiştir. Ayrıca laboratuvar çalışmaları ışık şiddetinin gaz vakuollerinin içeriğine etkisi olduğunu da ortaya koymuştur. Gaz vakuollerinin içeriği ışık şiddeti 6000 lukse çıkarıldığında artış 6000 den 8000 lukse çıkarıldığında düşüş göstermiştir” [48].

II.4.1.1.3. Nitrat ve Fosfor Konsantrasyonu

“Yukarıda da belirtildiği gibi birçok hücre için sentez ve faaliyeti için azot ve fosfor gereklidir. Yapılan çalışmalar göllerdeki ötröfikasyonda fosfatın limitleyici faktör olduğunu göstermiştir” [48].

II.4.1.1.4. Demir ve Çinko

“+2 değerlikli çinko ve demir toksisite üzerine etkilidir. Çinko fosfat esterlerinin hidrolizinde, nükleik asitlerin replikasyonun da ve transkripsiyonunda ayrıca karbondioksitin hidrotasyonu ve dehidrotasyonunda görev alır. Bütün Cyanobakterler fotosentez gibi fizyolojik fonksiyonlarını yerine getirmek için demire ihtiyaç duyarlar. Bunun haricinde azot asimilasyonunda, solunum ve klorofil-a sentezlenmesinde görev alır. Henüz Microcystin üretiminde demirin rolü tam olarak anlaşılammıştır. Ama yapılan araştırmalar demir olan ortamda yeni polipeptidlerin sentezlendiğini göstermiştir” [48].

II.4.2. *Microcystis sp.*'nin Sistematığı

Microcystis sp.'nin sistematığı aşağıda verilmiştir. Sonraki bölümler üstalemden cinse doğru *Microcystis* hakkında genel bilgiler içermektedir.

ÜstÂlem: Prokaryota / Monera

Âlem: Bacteria

Bölüm: Cyanobacteria

Sınıf: Cyanophyceae

Takım: Chroococcales

Aile: Microcystaceae

Cins: Microcystis

II.4.3. Monera Alemi

“Monera alemi çekirdek zarı, plastitleri, mitokondiri gibi organelleri olmayan yani prokaryot hücre yapısına sahip canlıları barındırır. Bu canlılar kitin yapıda bir hücre duvarı ve halkasal yapıda basit bir genetik materyal taşırlar. Genellikle tek hücreli canlılardır, ancak bazen ipliğimsi olan ya da dış görünüşleri bakımından çok hücreliymiş gibi görünenebilirler. Heterotrofik, ototrofik, kemosentetik olarak

beslenen gruplar monera alemi içersinde yer alır” [49]. “Çoğalmaları genel olarak amitotik hücre bölünmesi yada tomurcuklanma ile eşeysiz olarak gerçekleşir. Ancak kalıtsal madde alışverişi konjugasyon, transformasyon, transdüksiyon de görülmektedir. Hareketleri bakteriel kamçı, plazmanın yavaş yavaş şekil değıştirmesi ve bazılarının da süzülme ile olur” [50]. “Monera alemi Bacteria ve Archeabacteria olmak üzere ikiye ayrılır. Çok yakın bir tarihe kadar bakteriler aleminde böyle bir ayırım söz konusu değıldi. Fakat son yıllarda özellikle hücre biyolojisi, mikrobiyoloji ve genetik alanındaki hızlı gelişmeler, birbirinden çok farklı iki grup bakteri olduğunu ortaya koymuştur”[51]. “Yaklaşık 2,700 farklı türü tanımlanmıştır.

Bacteria; kükürt kullanan ya da kullanmayan yeşil bakterileri, mor bakterileri, Spiroketleri, Cyanobakterileri ve gram pozitif bakterileri kapsar.

Archaeobacteria; metanojen, termoasidofil ve halofil bakterileri kapsar” [50].

II.4.4. Gerçek Bakteriler

Monera alemi oluşturana prokaryot canlılar arasında en yaygın ve en çok bilineni bakterilerdir [52]. “Bu canlılar en eski organizmalardandır. Yaklaşık 3 milyar yıl önce dünya üzerindeki en baskın canlılardı” [53]. Herhangi bir ökaryot alemde çok daha fazla habitat ve yaşam biçimi geliştirmişlerdir. Dünyanın her noktasında görülebilirler. “En çok organik atıkların bol bulunduğu yerlerde ve sularda yaşarlar. Bununla beraber ekstrem koşulların görüldüğü -90°C buzullar içersinde, +80°C kaplıcalarda ve radyoaktif atıklarda yaşayabilen bakteri türleri de vardır. Hava ve su damlacıkları ile çok uzak yerlere taşınabilirler” [52, 53]. “1 gram toprakta 40 milyon, 1 mililitre suda 1 milyon bakteri bulunabilir. Deneysel olarak ilk defa bakterileri gözlemleyebilen ve onların şekillerini açıklayan 1674 yılında kendi yaptığı tek lensli mikroskopuyla Anton Van Leewenhoek olmuştur” [53].

Bakteriler bütün hayatsal olayların gerçekleştiğı en basit canlılardır [52]. Mutasyon diğere canlılara göre daha kolay gözlemlenir [54]. “Genellikle 0.5–5.0 mikrometre boyutlarındadırlar. Cyanobakterler hariç çok hücreli bitki ve hayvanların hücrelerinden çok daha küçüktürler. Hatta aktinomisetesler gibi bazı bakteriler büyük virüslerle aynı boyuta sahiptirler. Buna rağmen virüslerin DNA yada RNA’dan sadece birine sahip olmaları bakterilerinse ikisini de barındırmaları gibi büyük farklılıklar gösterirler” [52, 54].

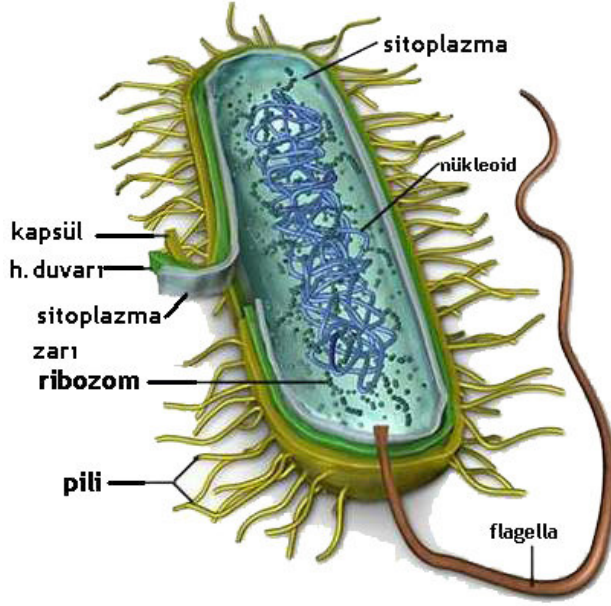
II.4.4.1. Bakterilerin Hücre Yapısı

Bakterilerin genel hücre yapısı Şekil II.6'da gösterilmiştir. Daha ayrıntılı olarak incelenecek olursa bakteriler;

“Prokaryot olduklarından çekirdek, mitokondri, kloroplast, endoplazmik retikulum, golgi gibi belirli bir zarla çevrili organelleri yoktur. Ribozom bütün bakterilerin temel organeldir. DNA, RNA, canlı hücre zarı ve sitoplazma yine bütün bakterilerin temel yapısını oluşturur. Bunlara ek olarak genelinde hücre, bitki hücrelerinin çeperlerinden farklı, cansız, selüloz ihtiva etmeyen, bir çeperle sarılıdır” [52]. “Bu çeper aminoasitlerin kısa kovalent bağlarla çapraz olarak bağlandıkları polisakkaritlerin büyük polimerlerinden meydana gelen peptidoglukandan oluşmaktadır” [54]. Bazı bakterilerde hücre çeperinin dışında bakterinin dirençliliğini arttıran kapsül denen bir yapı bulunabilir [52]. “Bu kapsül 0,2-10 mikron kalınlığındadır. Kapsül bakteriyi lizozin gibi bakterisidal maddelerden ve bakteriofajlardan korur” [55]. “Bakterilerin genelde %90'ı sudur. Suda çözülmüş maddeler hücre zarından giriş çıkış yapar.

Bakteriler kamçısız, tek kamçılı, bir demet kamçılı, iki demet kamçılı ve çok kamçılı olabilirler” [52]. 10-20 nm çapta, 15-20 mikron uzunluğundadır [55]. “Bu kamçıların yapısı ökaryotik olanlardan farklıdır. Sitoplazmik bir zarla çevrili değildir. Tubulin proteini yerine flagellin adı verilen başka bir proteinin alt birimlerini bulundurur. Hareketi burgusaldır. Kamçısız olan bakterilerse hareketlerini salgıladıkları kaygan bir sıvı üzerinde kayarak yaparlar” [54]. “Bazı bakterilerde mezzom adı verilen yapılar görülebilir. Buralarda ETS denilen oksijenli solunum enzimleri bulunur. Mezzomsuz bakterilerde ise solunum zinciri enzimleri hücre zarına tutunmuş olarak gözlemlenir” [52]. Sitoplazmanın farklılaşmasıyla oluşan bu bölgelerin ökaryot hücrelerdeki mitokondrinin görevlerini yerine getirdiği düşünülmektedir [55]. DNA'ları ökaryotik hücrelere göre daha çok ve daha küçük ribozom içerdiklerinden protein sentezleri daha hızlıdır [52].

Prokaryot hücre yapısı



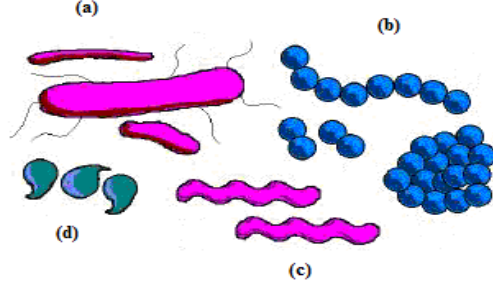
Şekil II.6 Prokaryotik Hücre Yapısı [56]

II.4.4.2. Bakterilerin Çeşitleri

Bakteriler şekilleri, beslenme tipleri ve boyanma özellikleri bakımından değişik gruplarda toplanabilirler.

Şekil II.7’de görüldüğü gibi bakteriler şekillerine göre dört ayrı grupta toplanabilirler;

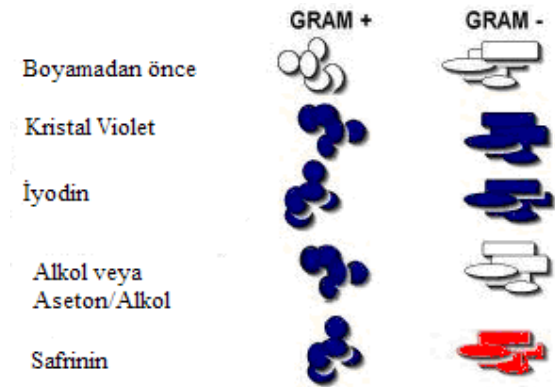
- (a) “Çomak şeklinde olanlar (Bacillus): Tifo, Tüberkuloz, Şarbon
- (b) Yuvarlak olanlar (Coccus): Zatürre
Zincir yapanlar (Streptokok)
Üzüm salkımı şeklinde olanlar (Stafilokok)
- (c) Spiral olanlar (Spirillum): Frengi
- (d) Virgül şeklinde olanlar (Vibrio): Kolera” [52].



Şekil II.7 Bakteri Şekilleri [57]

Boyanma özelliklerine göre:

“Bakterilerin boyanmasında asidik ve bazik boyalar kullanılmaktadır. Boyama esnasında stoplazmadaki RNA parçalanmalıdır. Aksi takdirde bazik boya tüm hücreyi aynı renge boyayacak ve kapsül, hücre çeperi, hücre zarı gibi yapıların incelenmesi zorlaşacaktır. Danimarkalı biyolog Gram tarafından geliştirilen boylarla mavi boyanan bakteriler Gram (+), kırmızı boyanan bakteriler Gram (-) olarak değerlendirilir. Farklı boyanmalarının temel nedeni hücre duvarlarının farklı olmasıdır” [52]. “Gram (+) bakterilerin hücre duvarı kalındır. Peptidoglikan ve teicoic asit bulundurur. Gram (-) bakterilerin ise hücre duvarı daha incedir. Peptidoglikan, lipoprolisakkarit ve lipoprotein bulundurur” [55]. Boyama işleminin basamakları Şekil II.8’de gösterilmiştir.



Şekil II.8 Boyama Prosesi [58]

Beslenme şekillerine göre:

- **Saprotit Bakteriler:** “Heterotrof olup besinlerini özellikle amino asit, glikoz ve vitamini buldukları ortamda dışarı salgıladıkları enzimlerle bitki ve

hayvan ölülerini parçalayarak hazır sıvılar olarak alırlar. Toprağın humusunu arttırlar, madde döngüsünü gerçekleştirirler” [52].

- **Parazit Bakteriler:** “Heterotrof bakterilerin bir kısmı da besinlerini cansız ortamdaki değil de üzerinde veya içinde yaşadıkları konak canlıdan temin ederler. Konak canlıya zarar verilmediği gibi patojen bakteriler ekzotoksin ve endotoksin gibi toksinlerle konuk canlının ölümüne neden olabilirler” [52].
- **Fotosentetik Bakteriler:** “Sitoplazmalarında serbest klorofil taşırlar. Fotosentezlerinde elektron kaynağı olarak H_2O , H_2S ve H_2 kullanırlar. Cyanobakterler, yeşil bakteriler, kükürt bakterileri ve kahve rengi bakteriler örnek verilebilir” [52].

$CO_2 + H_2O \rightarrow Besin + O_2$ (Cyanobakterler)

$CO_2 + H_2S \rightarrow Besin + S + H_2O$ (Kükürt bakterileri)

$CO_2 + H_2 \rightarrow Besin + H_2O$ (Hidrojen bakterileri)

- **Kemosentetik Bakteriler:** “Bazı inorganik maddeleri özellikle azotlu, kükürtlü, demirli maddeleri oksitleyerek tuzları sentezlerler. Bu reaksiyon sırasında açığa çıkan enerji ile CO_2 'i indirgeyerek besinlerini meydana getirirler. Açığa çıkan tuzlar bitkiler tarafından kullanılır” [52]. Amonyak ve nitrit okside eden bakteriler nitrifiye bakteriler olarak adlandırılır ve azot döngüsünde son derece önemlidirler [54].

II.4.4.3. Bakterilerde Solunum

“**Anaerob Bakteriler:** Bu çeşit bakteriler organik maddelerini parçalarken oksijen kullanmazlar. Oksijensiz ortamlarda yaşarlar hatta tetenoz bakterisi gibi bazı türler oksijenin olduğu ortamda hayatta kalamazlar. Bu tip bakterilere zorunlu anaerob bakteri denir.

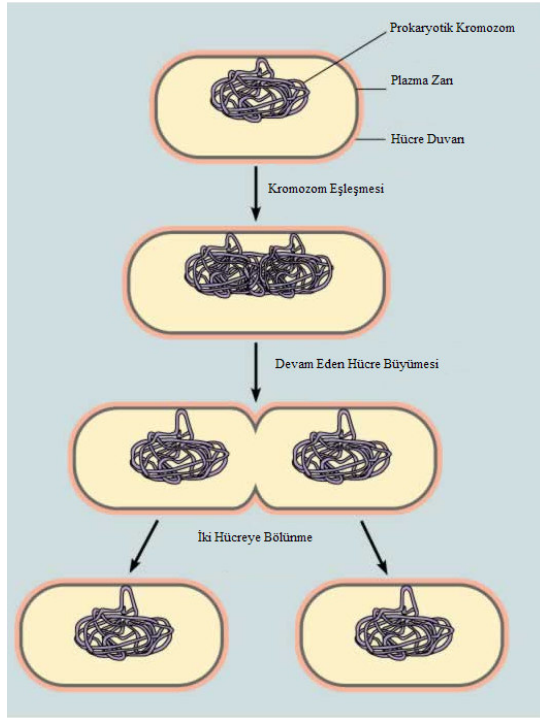
Aerob Bakteriler: Zatiirre bakterisi gibi ancak oksijenli ortamlarda hayatlarını sürdürebilen bakterilerdir.

Fakültatif Aerob yada Fakültatif Anaerob Bakteriler: “Asıl solunumları oksijensiz olduğu halde kısa süre için aerob olanlar “Fakültatif Aerob”, asıl solunum şekilleri aerob olup oksijensiz kalınca fermantasyona başvuranlara ise “Fakültatif Anaerob” bakteriler denmektedir” [52].

II.4.4.4. Bakterilerde Üreme

“Her ne kadar zarla çevrili bir çekirdek bulunmasa da elektron mikroskobu ile yapılan çalışmalar nukloyit adı verilen kalıtsal yapının toplandığı merkezi bir alan olduğu tespit edilmiştir. Bu merkezde tek bir kromozomun uzunluğu hücrenin kendisinden yaklaşık 1000 kat daha fazla olabilir” [54].

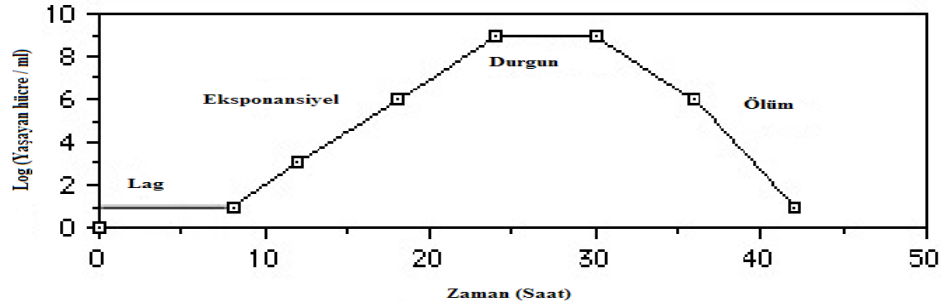
- **Bölünerek Çoğalma:** “Bütün bakteri türlerinin esas üreme şekli eşeysiz bölünmedir. Mitoza benzer fakat çekirdek zarı ve belli bir kromozom sayısı olmadığından amitoz bölünme olarak isimlendirilir. Bölünecek hücre biraz büyür ve hacmi artar. Bölünme bölgesinde çeper içeriye doğru bir girinti oluşturur ve bölünme meydana gelir. Bölünme sonucunda fenotip ve genotipi aynı olan iki yavru hücre oluşur” [52]. Bakterilerde hücre bölünmesinin basamakları Şekil II.9’da gösterilmiştir.



Şekil II.9 Bakterilerde Amitoz Bölünme [59]

“Uygun koşullarda pek çok tür 20 dk. da bir bölünür. 6 saat içerisinde 500,000 yeni birey oluşabilir ve bunların ağırlığı 24 saat sonra 2.000 kg’ı bulabilir” [54]. “Ancak ışık, besin maddesi, su, sıcaklık ve pH’ın uygun olduğu ortamlarda bakterilerin adaptasyonu (Lag fazı) tamamlanınca hızlıca geometrik bir artış

gerçekleşir (Ekspansiyel faz). Fakat bu artış sürekli olamaz çünkü giderek besin maddeleri azalacak, CO₂ ve sıcaklık artacak, pH değişecektir. Bu durumda ilk önce üretilen hücre sayısı ölen hücre sayısı ile eşit hale gelir (Durgun faz). Bu parametreler bakterilerin limit değerlerini geçince artış yerini azalmaya bırakır (Ölüm fazı)” [53]. Bakterinin bu yaşam döngüsü logaritmik olarak Şekil II.10’da gösterilmiştir.



Şekil II.10 Bakterilerin Yaşam Döngüsü [60]

- **Sporlanma:** “Bazı bakteriler karşılaştıkları kötü koşullardan etkilenmemek için endospor oluştururlar. Endosporlar kalıtım materyali ve çok az sitoplazmadan ibarettir. Bu spor yansıtıcı bir kılıf ile kaplıdır. Metabolik faaliyetleri en alt düzeydedir. Yüksek ısıdan, donmadan, besinsizlikten kuraklıktan etkilenmezler. Çok uzun süreler boyunca endospor halinde kalabilirler. Normal şartlarda 100°C’de bakteriler ölürken endosporlar ancak 120°C’de 15-20 dk. kalırlarsa ölürler. Pek çok kuvvetli çözücü içerisinde zarar görmeden kalabilirler. Ortam şartları düzeldiğinde çeper çatlar, endospor gelişerek normal bakteriyi meydana getirir” [52,54].
- **Konjugasyon, Transformasyon ve Transdüksiyon:** “Konjugasyon sırasında DNA’sı farklı iki bakteri yan yana gelir. Aralarında geçici zardan bir köprü oluştururlar. Bu köprüden DNA parçalarını değiştirirler. Ayrılarak bölünmelerine devam ederler. Görüldüğü gibi çok hücrelilerden farklı olarak gamet oluşmaz, döllenme görülmez. Konjugasyon sayesinde bakterilerde kalıtsal çeşitlilik artar. Konjugasyon haricinde nadirde olsa transformasyon ve transdüksiyonda görülebilir. Transformasyonda canlı bir hücre ölü bir hücreden DNA parçalarını alır. Transdüksiyonda ise DNA parçaları bir

hücreden diğerine virüslerle taşınır. Eğer normal bir bakteri bu işlemlerden birini gerçekleştirdiyse kısmi diployit hale gelir” [52,54].

II.4.4.5. Bakterilerin Yararları ve Zararları

“Bakterilerin hastalığa sebep olabileceği düşüncesi ilk olarak 19. yy. sonlarında Louis Pasteur tarafından ortaya atılmıştır. İlk başlarda fazla önemsenmeyen bu düşünce daha sonra Joseph Lister ve Robert Koch’un araştırmaları ile önem kazanmıştır. İngiliz araştırmacı Lister, ameliyat yapılan yerlerde dezenfeksiyon için antiseptik teknikleri geliştirmiş ve dezenfektan olarak karbolik asit çözeltileri kullanmıştır. Alman hekim Koch ise Pasteur’un düşünceleri öncülüğünde şarbona ve tüberküloza neden olan *Bacillus* cinsini saptamıştır” [54,61]. Bu çalışmalarıyla 1905 yılında nobel ödülüne layık görülmüştür [62]. “Zamanında öngördüğü Koch önermeleri halen geçerlidir. Günümüzde bakterilerin hıyarcıklı veba, kolera, difteri, sifilis, bel soğukluğu, cüzzam, kızıl, tetanoz, tüberküloz, tifo, boğmaca, bakteriyel zatürre, bakteriyel dizanteri, menenjit, çıban ve irin gibi pek çok hastalığa neden olduğu bilinmektedir. Hatta *Mycoplasma incognitus* türü AIDS hastalarının en önemli ölüm sebeplerinden biridir. Bu mikroorganizma deri, dalak, karaciğer ve beyinde doku hasarına neden olur” [54,62].

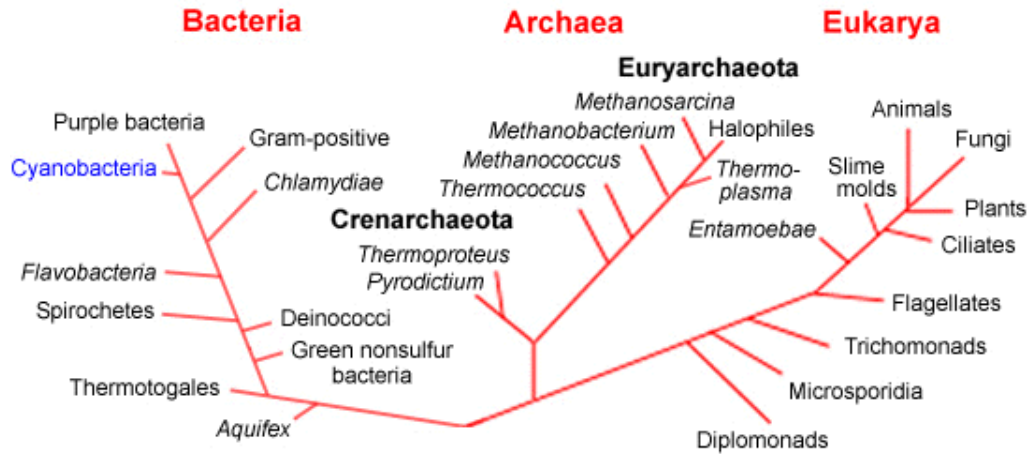
“Bu kötü durumun aksine bakterilerden yararlı olanlarda vardır. Azot fikse eden bakteriler tarımda son derece önemlidirler. Saprofit bakteriler madde döngüsünün devamlılığını sağlarlar. Bağırsaklarımızda yaşayan bakteriler bazı vitaminlerin sentezlenmesinde ve pek çok besinin sindirilmesinde görev alırlar. Sığır gibi hayvanlarda selilozun sindirimi sadece bazı bakteriler varlığında mümkündür. Endüstri alanında aseton, asetik asit, bütanol, laktik asit ve bazı vitaminler gibi maddelerin sentetik olarak elde edilmesi yerine bakteriler tarafından sentezlenmesi daha ekonomiktir. Bakteriler aynı zamanda pektini parçalayıcı özellikte olduklarından keten gibi kumaşların yumuşatılması için tekstil sanayisinde kullanılırlar. Deri ve tütünün işlenmesinde atık suların iyileştirilmesinde rol oynarlar. Yoğurt ve peynir yapımında gıda sektöründe kullanılırlar. İnsektisitlerin zararları göz önüne alındığından son zamanlarda bu maddelerin yerine bakterilerin kullanılması gündemdedir. Denize dökülen petrol artıklarının temizlenmesinde de bakterilerle çalışılmaktadır. 1910 yılında Paul Ehrlich’in ilk antibiyotiği bulmasıyla günümüz ilaç endüstrisi tesamisin, meomisin gibi bazı antibiyotikleri sentezlemek için

bakterileri kullanmaktadır. *E. Coli* gibi bazı bakteriler insülin üretiminde kullanılmaktadırlar” [54, 53].

II.4.5. Mavi-Yeşil Algler / Mavi-Yeşil Bakteriler /

Cyanobacteria

“Uzun zaman süresince sucul olmaları ve fotosentez yapmalarından dolayı alg sanılmış olsalar da mavi-yeşil algler günümüzde prokaryotik olmalarından dolayı bakteriler altında incelenmektedir (Şekil II.11). Mavi-yeşil bakteriler, mavi-yeşil alg, Myxophyceae, Cyanophyceae, Cyanophyte, Cyanobacteria, Cyanoprokaryote v.b. çeşitli isimleri vardır. Fakat günümüzde en çok kabul gören Cyanobacteria adını sahip oldukları phycocyanin pigmentinden aldıklarıdır” [63].



Şekil II.11 Cyanobakterlerin Hayat Ağacı [64]

“Tatlı sularda, deniz sularında yayılış gösterirler. Hatta tatlı su türlerinin bir kısmı tuzluluğa dayanıklı olduğundan lagünlerde rahatça hayatlarını devam ettirebilmektedirler. 0 °C’nin altında yada 70 °C’ye kadar sıcak kaplıcalarda yaşayabilirler.

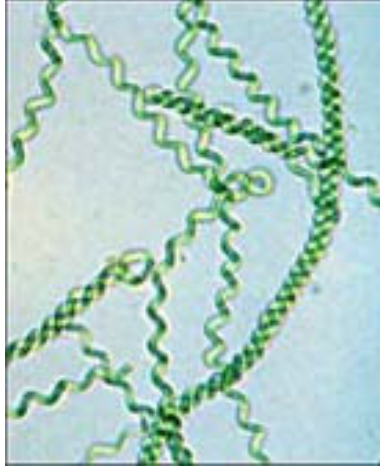
Yaklaşık 125 genusu, 2000 türü olduğu sanılmaktadır” [55]. “Avusturalya’da kayalardan elde edilen fosil kayıtları yaklaşık 3,5 milyar yıl önceden beri dünyada varlıklarını sürdürdüklerini göstermiştir. En eski kayaların 3,8 milyon yıllık olduğu düşünülünce bu canlıların yaşı şaşırtıcıdır. Arkhaean ve Proterozoik zamanlarda atmosfere oksijeni bu canlıların kazandırdığı, ilk Kambriyen zamanda ise ökaryotik kloroplastın ve mitokondirinin atasını oluşturduğu düşünülmektedir” [64, 65].

Cyanobacterialarına hücre büyüklüğü 0,5- 60 µm'ye kadar değişebilir [66]. “Sahip oldukları (klorofil-a, beta-karotin, anteraksantin, afonisin, afanizofil, flovosin, lutein, mikzoksantin, mikzosantofil, ossilloksantin, zeaksantin, allofikosianin, fikosianin, fikoeritrin) pigmentler karakterize edilirler. Ayrıca diğer alg bölümlerinde görülen kamçıyada sahip değildirler.

Bu bölüme ait canlılar genellikle mavi-yeşil renktedir. Çok azı renksiz, kırmızı, kahverengi ve sarı olabilir. Bu renk pigmentlerle alkali olsa da ayrıca organizmanın yaşı, fizyolojik durumu, yaşadığı ortamında etkisi vardır. Örneğin Kızıl Deniz'e rengini veren *Oscillatoria* adlı Cyanobakterdir. Ayrıca Afrika flamingoları pembe renklerini *Spirulina* cinsiyle beslendiklerinden dolayı kazanırlar” [55,67].

“Mavi-yeşil algler prokaryotik canlılardır. Hepsi eşeysiz çoğalma ile hayatlarını sürdürür. Fotosentez yaparak kendi besinlerini kendileri sentezlerler” [55]. “Sadece klorofil-a ihtiva ederler ve elektron kaynağı olarak suyu kullanırlar” [54]. “Membranlarına tutunmuş halde olan phycobilisome pigmentleri 550-650 nm arasındaki ışığı yakalarlar” [48]. “Çok az bir kısmı su birikintilerinde yada dipteki çamurlu kısımda anaerobik koşullarda heterotrofik olarak yaşarlar. *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Cylindrospermopsis*, *Nodularia*, ve *Nostoc* genusları atmosferik azotu fikse edebilirler. Bu durumlar bakterilere olan yakınlıklarını kanıtlamaktadır. Gram (-)'tirler. Ayrıca likenlerin ve birçok bitki türünün üstünde yaşayarak simbiyotik bir yaşam sürdürebilirler [54].

“Morfolojik yapıları itibariyle hepsi tek hücrelidir. Kolonial ve iplikli yapılar ihtiva edebilirler. Bağımsız hücrelerin oluşturduğu gruplardan farkları aynı hücre duvarına sahip olmamalarıdır. Tek hücreli olanlar incelenirse çomak veya küre şeklinde oldukları görülür. Bu yapılar Şekil II.12'de *Spirulina spp.* (a) ve *Synechococcus spp.* (b) örnekleriyle gösterilmektedir.



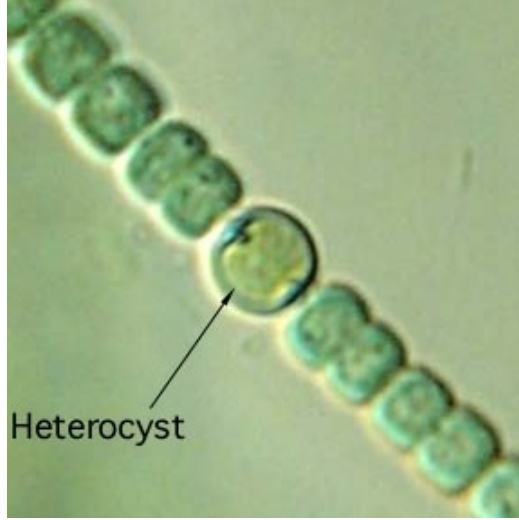
Spirulina spp. (a)



Synechococcus spp. (b)

Şekil II.12 Bazı Cyanobakterlerin Şekilleri [66]

Tipik tek hücreli bir mavi yeşil algin hücre dışı iyi bir hücre duvarı ve hücre çeperine bitişik bir koloidal musilaj zarfla kaplıdır. Bu zarf bulunduğu ortama peltemsi bir yapı kazandırır. İnce olan hücre çeperi mukopeptid yapıdadır. Hücre içinde protoplast, protoplastın ortasında da kalıtım materyali yer alır. Bakterilerde olduğu gibi nukleus zarı ile çevrelenmemiştir. Akvatik türlerin hücre içi yapılarındaki en önemli özellik gaz vakuolleridir. Bu vakuoller hücrenin su içinde yüzmesine ve suspension halde istediği derinlikte su içinde yer almasına yardımcı olur. Bazı iplikli mavi yeşil alglerde heterocystler ve aktineteler denilen özel bölümler görülür. Bu özel bölümler kalın çeperlidir. Heterocystler saydam bir protoplasta, aktineteler ise tanecikli ve yoğun bir protoplasta sahiptirler” [55]. “Azot fiksasyonu oksijensiz bir ortama ihtiyaç duyduğundan heterocystlerde gerçekleşmektedir. Bu bölümlerin kalın hücre duvarı sayesinde oksijen içeri giremeyecek ve nitrogenaz enzimi çalışır hale gelecektir” [54]. Her iki bölüm tipide kuraklığa çok dayanıklıdır. Heterocyst’in yapısı ve bakterideki konumu Şekil II.13’te gösterilmiştir.



Şekil II.13 Heterocyst'in Şekli [68]

II.4.5.1. Cyanobakter'lerin Çevreye Yararları

“Yeterli ışık, CO₂, azot, su ve mineral maddeleri bulduklarında hem azotu fikse etme yetenekleri, hem de fotosentez yaparak organik madde ürettiklerinden ekstrem alanları kendilerinden sonra gelecek canlılar için uygun hale getirirler. Ölüleri toprakta azot ve organik madde miktarını artırır böylece toprakta verimlilik artar. Yapılan araştırmalar çeltik alanlarında gelişen ve azot fikse eden mavi yeşil alglerin yılda km² başına 625 kg. kadar azot fikse ettiğini göstermiştir. Asteklerden beri tropikal ülkelerde Spirulina önemli bir besin maddesidir. Günümüzde Amerika’da ve Kanada’da toz ya da tablet halinde satılmaktadır“ [55,69].

II.4.5.2. Toksik Etkileri

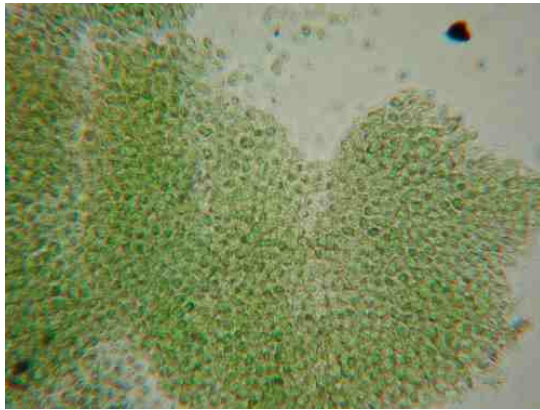
“Cyanobakterlerin çoğunun toksik etkileri vardır. Ürettikleri bu toksinlere “cyanotoksin” adı verilir. Hayvan ve insanların hastalanmasına hatta ölmesine yol açarlar. Çoğu cyanotoksinler sinir sistemine zarar verirler (neurotoksin). Bir kısmı karaciğere toksik etki yapar (hepatotoksin). Bazı Cyanobakterlerin temasıyla deri hastalıklarına yol açtıkları bilinmektedir (dermatotoksin). Bu nedenlerle cyanotoksin içeren suların rekreasyon amacıyla kullanılması sakıncalıdır. Ayrıca bu tip sularda yaşayan balık ve midye gibi canlılar dokularında cyanotoksinleri barındıracağından yenmemelidirler. Yukarıda sayılan 3 çeşit cyanotoksinlere istinaden cinslerin kendi isimleriyle adlandırılan toksinlerde vardır. Bu cinslerden en önemlisi *Microcystis sp.*'dir” [63].

II.4.6. *Microcystis sp.*

“Yaklaşık 123 türü bulunan bir cinstir. Dünya üzerine yayılımları çok geniştir. Sularda ya da ıslak kayaların üzerinde yaşarlar. Morfolojik olarak tek hücreli ya da koloni şeklinde olabilirler. Mikroskopik olan bu canlılar serbest halde yüzen ya da yüzeye tutunmuş bir halde bulunabilirler. Hücreleri Şekil II.14, 15 ve 16’da de görülebildiği gibi küre şeklindedir. Mavi-yeşil, gri ya da sarı renkte olabilirler. Çoğunlukla dağılımları homojendir. Fotosentez yoluyla besinlerini sentezlerler. Aerobik canlılarıdır. Özellikle *Aphanocapsa* gibi planktonik olmayan cinslerin gaz vakuollerini oluşturma kabiliyetleri yoktur. Birçoğu toksiktir” [70].



Şekil II.14 *Microcystis sp.* Şekli [71]

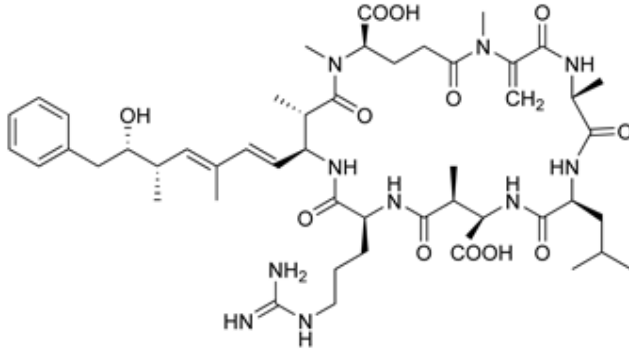


Şekil II.15 *Microcystis sp.* Şekli [72]



Şekil II.16 *Microcystis sp.* Şekli [73]

“Mikrocystislerin ürettikleri toksik materyale mirocystinler adı verilir. Microcystinin kimyasal yapısı Şekil II.17’de gösterilmektedir. Mirocystinlerin insanlarda görülen ana toksik etkisi karaciğer üzerinedir. Hepatotoksiktirler. Yüksek dozu karaciğer hücrelerinin ölümüne ve karaciğerdeki toplardamarların bozulmasına yol açar ki bu durum ciddi hastalıklara neden olur hatta ölüme sebebiyet verebilir. Yapılan araştırmalar uzun vadede bu toksik maddeye maruz kalan canlıların kronik karaciğer hastalıklarına yakalandıklarını göstermiştir. Hatta bu canlıların karaciğerlerinde tümör oluşumlarına rastlanmıştır. Azot ve fosforca zengin olan sularda alg patlaması yada ötrofikasyon denilen duruma yol açarlar. Ötrofikasyon su kalitesini ve suyun barındırdığı canlı hayatı olumsuz yönde etkileyen bir olaydır” [74,63].



Şekil II.17 Mirocystin’in Kimyasal Yapısı [75]

BÖLÜM III

Microcystis sp. İLE METAL GİDERİMİ

Bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak Küçükçekmece Gölü seçilmiştir. Adsorpsiyon çalışmalarında gölde kirliliğe neden olan demir, bakır ve çinko metalleri, adsorbent olarak da gölde ötrofikasyona sebep olan *Microcystis* cinsi Cyanobakter kullanılmıştır. *Microcystis* cinsi Cyanobakter Gazi Üniversitesi Biyoloji bölümü bünyesindeki laboratuarlarda sudan izole edilmiş, kurutulmuş ve toz haline getirilmiştir. Bu bölümde yapılan adsorpsiyon çalışmaları ve bu çalışmalarda kullanılan çözeltilerin hazırlanışı detaylı olarak anlatılmaktadır.

III.1. Araştırma Yöntemi

III.1.1. Adsorpsiyon Çalışmaları

Deney çalışmalarında demir, bakır ve çinko metallerinin çözeltileri stok çözeltilerden üç farklı konsantrasyonda sentetik olarak hazırlanmıştır. Stok çözeltilerin hazırlanışı Bölüm III.1.3.'te anlatılmaktadır. Hazırlanan tüm konsantrasyonlardaki çözeltilerin pH'ları 6,5 – 7,5 ve 8,5 olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu pH aralığı gölde yapılan aylık ölçümlerin sonucunda gölün karakterini laboratuvar ortamına yansıtmak amacıyla seçilmiştir. pH'lar WTW pH metre ile ölçülmüştür. Ayrıca deionize su içeren birde şahit seti eklenmiştir. Şahit setinin eklenmesinin nedeni temizlik ve pH ayarlamalarında kullanılan diğer çözeltilerden gelecek bir kontaminasyon olup olmadığını kontrol etmektir. Şahit setinin pH'ları da aynı aralıkta hazırlanmıştır. Metallerin, hazırlanan çözeltilerin konsantrasyonlarının ve pH'ların listesi Tablo III.1'de gösterilmiştir. Hazırlanan

çözeltiler kesikli reaktörlerle sıcaklığı 26 °C'ye, dönüş hızı ise 120 rpm'e sabitlenmiş olan çalkalamalı inkübatöre yerleştirilmiştir.

Tablo III.1 Metallerin Konsantrasyon ve pH Skalası

Cu			Fe			Zn		
pH 6,5	pH 7,5	pH 8,5	pH 6,5	pH 7,5	pH 8,5	pH 6,5	pH 7,5	pH 8,5
3ppm	1ppm	1ppm	3ppm	2ppm	1ppm	2ppm	2ppm	2ppm
6ppm	3ppm	4ppm	5ppm	7ppm	4ppm	4ppm	7ppm	6ppm
10ppm	7ppm	6ppm	17ppm	14ppm	5ppm	18ppm	17ppm	12ppm
Şahit	Şahit	Şahit	Şahit	Şahit	Şahit	Şahit	Şahit	Şahit

Çözeltilerin hazırlanması esnasında yapılan hataları tespit etmek amacıyla henüz reaktörlerin içine adsorbent yerleştirilmeden 0.dk.'da örnekler alınmıştır. Daha sonra kesikli reaktörlerin içlerine 0.05 gr toz halinde Microcystis cinsi Cyanobakter adsorbent olarak eklenmiştir. Tablo III.2'de gösterilen zaman çizelgesine göre örnekler otomatik pipet yardımıyla alınmıştır. Alınan örnekler Marmara Üniversitesi bünyesindeki ICP-MS cihazı konsantrasyon limitleri arasına çekilebilmek için 1/50 seyreltilmiş, süzülmüş ve HNO₃ çözeltisi ile sabitlenerek pH'ları 1,5 – 2 arasına getirilmiştir. Herhangi bir kayıp olmaması için tüm örnekler plastik numune kutularında saklanmıştır.

Tablo III. 2: Zaman Çizelgesi

0.dk (0 saat)	1.dk (0.01 saat)	2.dk (0.03 saat)	3.dk (0.05 saat)	4.dk (0.06 saat)	5.dk (0.08 saat)	10.dk (0.16 saat)
20.dk (0.33 saat)	30.dk (0.5 saat)	60.dk (1 saat)	120.dk (2 saat)	1440.dk (24 saat)	2880.dk (48 saat)	4320.dk (72 saat)

ICP-MS ile yapılan çalışmalarda aletin iç kalibrasyonu için TUNE ve hassasiyet ayarlamaları için P/A Faktör değerleri saptanmıştır. Ayrıca Multi 2A (10ppm Fe, Cu, Zn) stok çözeltisinden konsantrasyonları 1ppb – 2000ppb arasında değişen standartlar hazırlanarak kalibrasyon grafikleri oluşturulmuştur. Her numune arasında ICP-MS'in temizliğinin ve hassasiyetinin korunması için örnek kanalından önce %2 HNO₃ sonra da pH'ı 1.5-2 olarak ayarlanmış deionize su geçirilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmaların sonuçları Bölüm IV'te grafiklerle irdelenmiştir.

III.1.2. Çökme Etkisinin Belirlenmesi İçin Yapılan Çalışmalar

Adsorpsiyon çalışmalarında kullanılan aynı stok çözeltiler çökme etkisinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda da kullanılmıştır. Bu stok çözeltilerden üç farklı konsantrasyonda demir, bakır ve çinko çözeltileri hazırlanmıştır. Tüm konsantrasyonlardaki çözeltilerin pH'ları 6.5–7.5 ve 8.5 olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan 27 adet kesikli reaktörden 0.1 ml numune alınmış ve daha sonra sıcaklığı 26⁰C'ye dönüş hızı ise 120rpm'e sabitlenmiş olan çalkalamalı inkübatöre yerleştirilmiştir. 72 saat sonrasında aynı kesikli reaktörlerden tekrar 0.1 ml numune alınmıştır. Alınan numunelerde çökmenin etkisiyle konsantrasyon değişimi olup olmadığını belirlenebilmesi için ICP-MS ile ölçümler yapılmıştır. Çökme etkisinin belirlenmesi için yapılan denemelerin sonuçları Bölüm IV'te grafiklerle gösterilmiştir.

III.1.3. Adsorpsiyon Çalışmaları İçin Sentetik Olarak Hazırlanan Çözeltiler

Demir çözeltisi: Merck markalı demir tozu “Standart Methods”un 3120B Inductively Coupled Plasma (ICP) bölümü gereğince 3111 B 3j11 maddesine göre hazırlanmıştır. Bu metoda göre 0,100 g demir tozu ilk önce 10 ml. 1+1 HCl ve 3 ml konsantre HNO₃ ile muamele edilmiştir. Daha sonra 5 ml. konsantre HNO₃ daha ilave edilmiştir. Son olarak da ultra saf su ile 1000 ml. ye tamamlanmıştır [76].

Bakır çözeltisi: Merck markalı bakır tozu “Standart Methods”un 3120B Inductively Coupled Plasma (ICP) bölümü gereğince 3111 B 3j8 maddesine göre hazırlanmıştır. Bu metoda göre 0,100 g bakır tozu ilk önce 2 ml. HNO₃ ile muamele edilmiştir. Daha sonra 10 ml. konsantre HNO₃ daha ilave edilmiştir. Son olarak da ultra saf su ile 1000 ml. ye tamamlanmıştır [76].

Çinko çözeltisi: Merck markalı çinko tozu “Standart Methods”un 3120B Inductively Coupled Plasma (ICP) bölümü gereğince 3111 B 3j27 maddesine göre hazırlanmıştır. Bu metoda göre 0,100 g çinko tozu 20 ml. 1+1 HCl ile muamele edilmiştir. Son olarak da ultra saf su ile 1000 ml. ye tamamlanmıştır [76].

BÖLÜM IV

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak seçilen Küçükçekmece Gölü'nde kirliliğe neden olan metallere demir, bakır ve çinko adsorpsiyon çalışmaları için seçilmiştir. Adsorpsiyon denemelerinde gölde ötrofikasyona neden olan *Microcystis* cinsi Cyanobakter adsorbent olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmada üç ayrı pH ve üç ayrı konsantrasyon denenmiştir. Denenen bu konsantrasyon setlerinin yanında birde deionize su ile hazırlanmış şahit seti eklenmiştir. Bu bölümde denenen pH'ların ve konsantrasyonların sonuçları grafikler yardımıyla irdelenmektedir. Grafikler 0-2 saat (a) ve 2-72 saat (b) olarak ikiye bölünmüştür. Bunun nedeni ilk 2 saat içerisinde adsorpsiyonun karakterinin değişken olmasıdır. Ayrıca çökmenin etkisiyle konsantrasyonlarda bir değişikliğin olup olmadığı yapılan denemelerle gözlenmiş ve sonuçları bu bölüm içerisinde grafiklerle gösterilmiştir.

IV.1. ADSORPSİYONA pH ETKİSİ

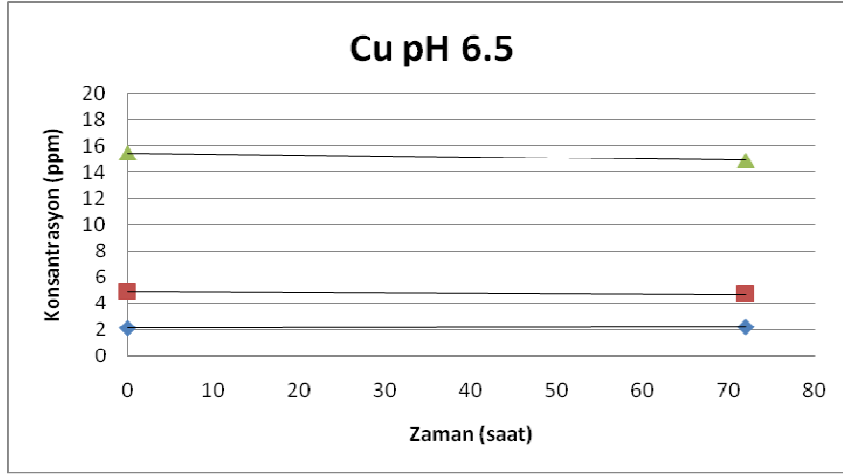
Bölüm III.1'de de anlatıldığı gibi adsorpsiyon çalışmalarının başlangıcında ($t=0$) ve sonunda ($t=72$ saat) pH değerleri WTW marka pH metre ile ölçülmüştür. Bu değerler ve ortalamaları Tablo IV.1'de gösterilmektedir. Tablo IV.1'de de görüldüğü gibi $t=0$ pH'ları 6,5 ve 8,5 olan çözeltilerin $t=72$ saat ölçülen pH'ları ortalama olarak 7,5 değerindedir. $t=0$ pH'sı 7,5 olan çözeltilerde ise önemli bir değişiklik görülmemektedir.

Tablo IV.1 Metallere ve Konsantrasyonlara Karşılık Gelen pH Değerleri

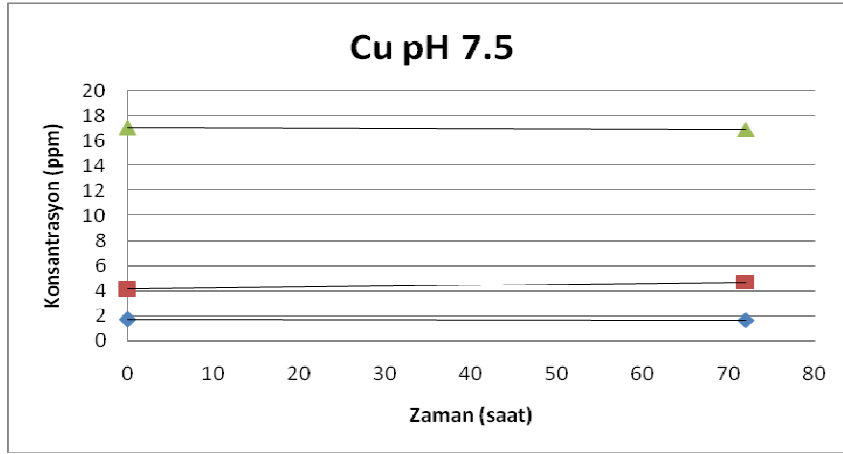
Metal	Konsantrasyon (ppm)	t=0 Ölçülen pH	t=72saat pH	Ortalama pH Değerleri
Zn	2	6.5	7.6	7,4
Zn	4	6.5	7.6	
Zn	18	6.5	6.9	
	ŞAHIT	6.5	7.6	
Zn	2	7.5	7.7	7,4
Zn	7	7.5	7.6	
Zn	17	7.5	7	
	ŞAHIT	7.5	7.5	
Zn	2	8.5	7.5	7,4
Zn	6	8.5	7.4	
Zn	12	8.5	6.5	
	ŞAHIT	8.5	8.1	
Cu	3	6.5	8	7,7
Cu	6	6.5	7.5	
Cu	10	6.5	7.2	
	ŞAHIT	6.5	8.1	
Cu	1	7.5	8	7,9
Cu	3	7.5	7.7	
Cu	7	7.5	7.8	
	ŞAHIT	7.5	8.3	
Cu	1	8.5	7.2	7,2
Cu	4	8.5	7.3	
Cu	6	8.5	7.2	
	ŞAHIT	8.5	7.2	
Fe	3	6.5	7.9	7,5
Fe	5	6.5	7.6	
Fe	17	6.5	7.4	
	ŞAHIT	6.5	7.1	
Fe	2	7.5	8	7,7
Fe	7	7.5	7.8	
Fe	14	7.5	7.5	
	ŞAHIT	7.5	7.6	
Fe	1	8.5	8.2	7,8
Fe	4	8.5	7.7	
Fe	5	8.5	7.8	
	ŞAHIT	8.5	7.5	

IV.2. BAKIR ADSORPSİYONU

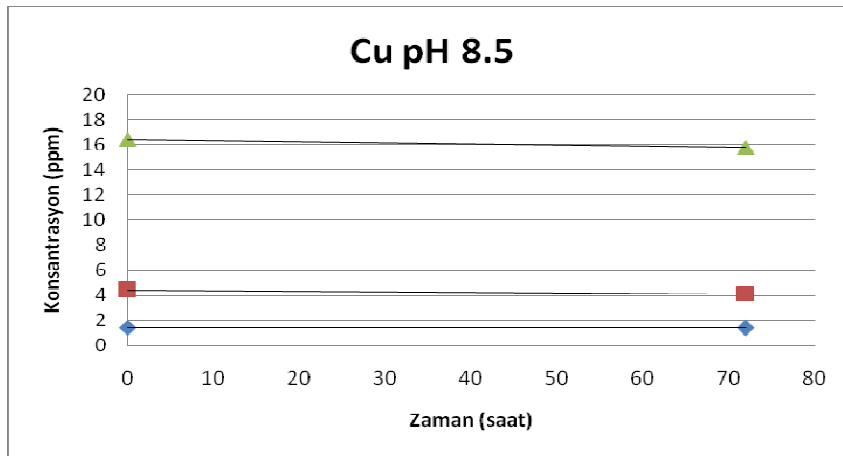
Adsorpsiyon çalışmaları sırasında bakır metali ile üç farklı pH'ta, üç farklı konsantrasyonda çalışılmıştır. Çalışılan pH değerlerinde Bölüm III.1.2.'de metodolojisi anlatılan suda çökmenin etkisiyle konsantrasyon değişimlerinin incelendiği denemelerde Şekil IV.1, 2 ve 3'te görüldüğü gibi çalkalamanın ve konsantrasyonun etkisiyle çökme olmadığı saptanmıştır.



Şekil IV.1 Bakır pH 6.5'te Çökmenin Etkisi

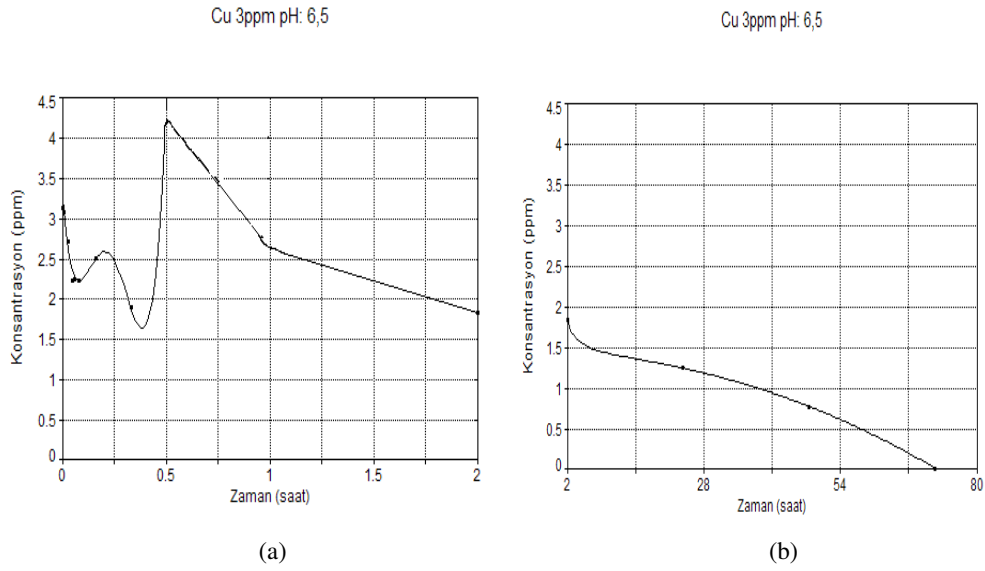


Şekil IV.2 Bakır pH 7.5'te Çökmenin Etkisi

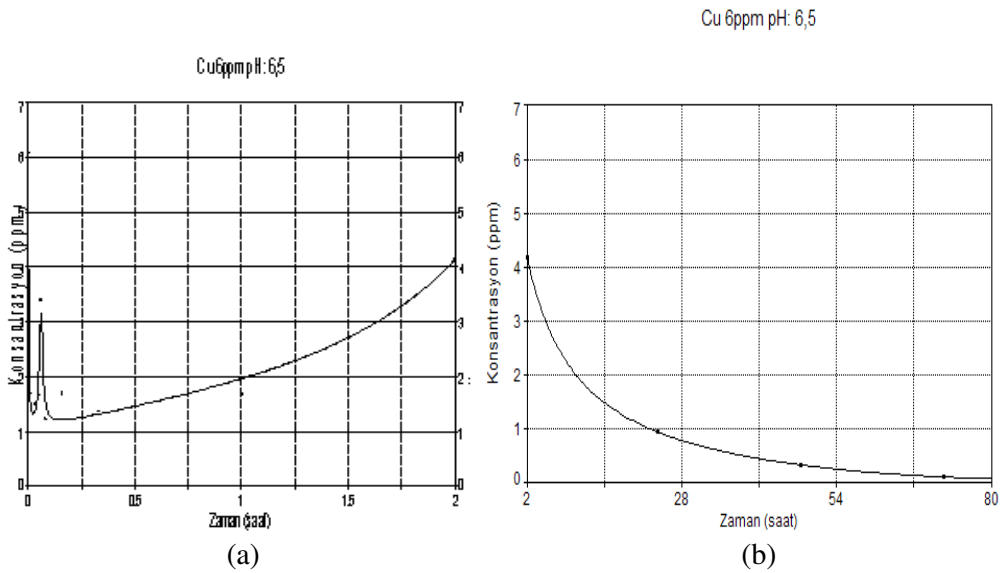


Şekil IV.3 Bakır pH 8.5'te Çökmenin Etkisi

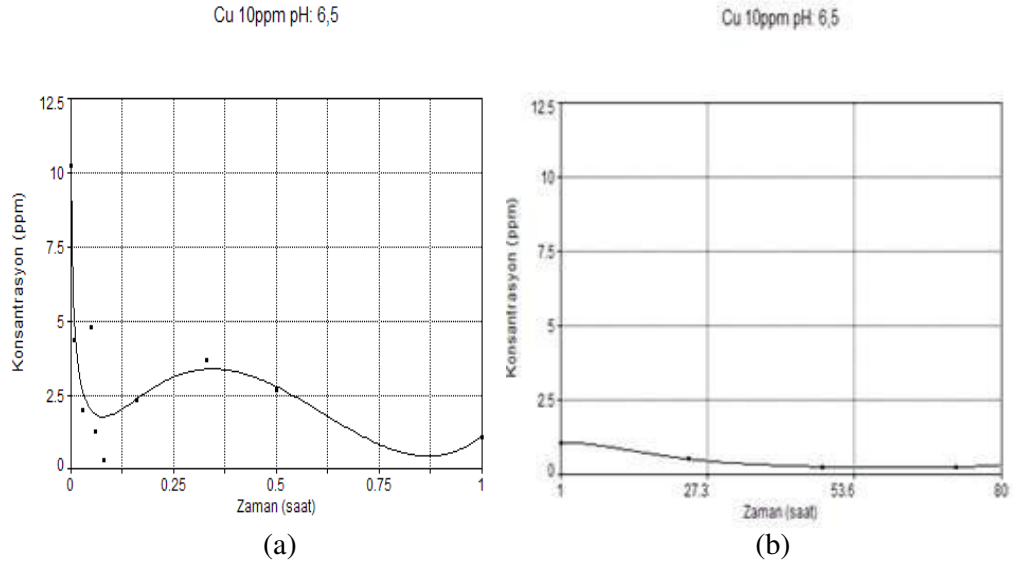
pH 6,5'te yapılan adsorpsiyon denemelerinin grafikleri Şekil IV.4,5,6 ve 7'de gösterilmektedir. Grafiklerden de açıkça takip edilebileceği gibi pH'sı 6,5 olan konsantrasyon denemelerinin tamamında adsorpsiyon 72. saatte kararlı hale gelmiştir. Denenen 3 konsantrasyonun grafiklerinde de ilk yarım saat içerisinde kasma ve tekrar geri alım görülmektedir. Fakat yaklaşık 1.7 ppm'lik bir konsantrasyon artışından sonra denenen tüm setlerde adsorpsiyon kararlı hale gelmiştir.



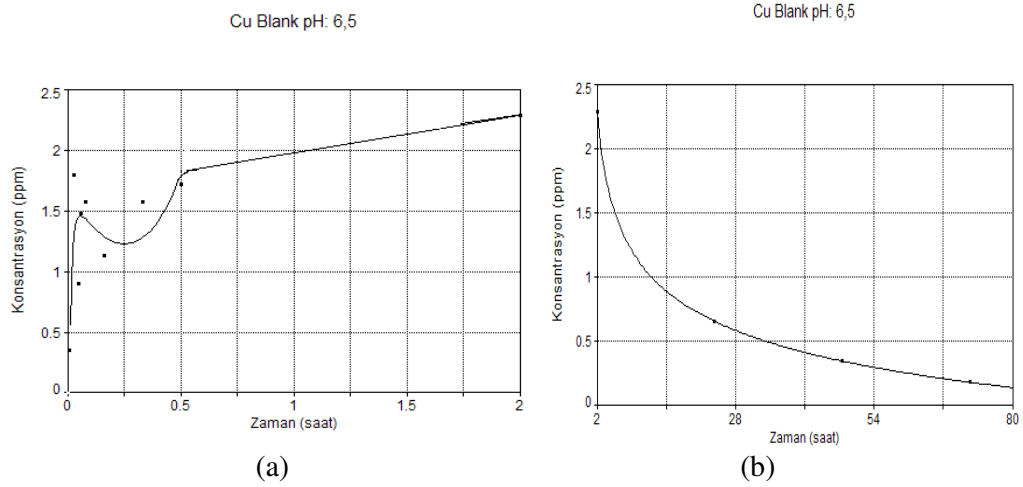
Şekil IV.4 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 3ppm)



Şekil IV.5 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 6ppm)

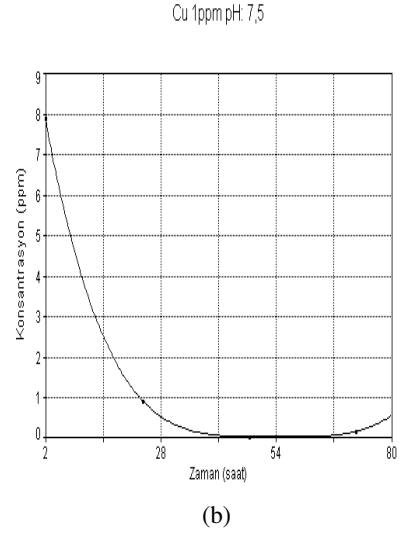
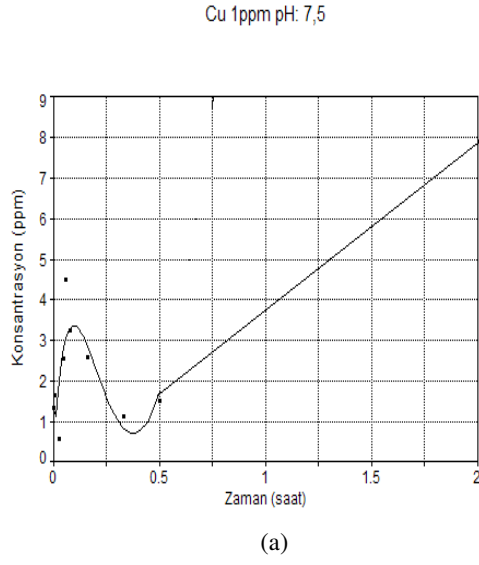


Şekil IV.6 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 10ppm)

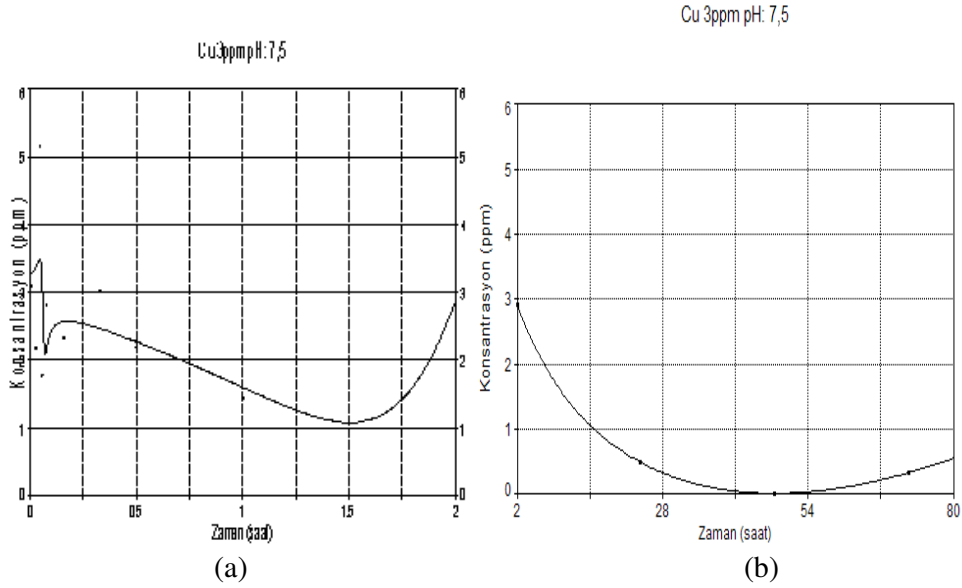


Şekil IV.7 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Şahit)

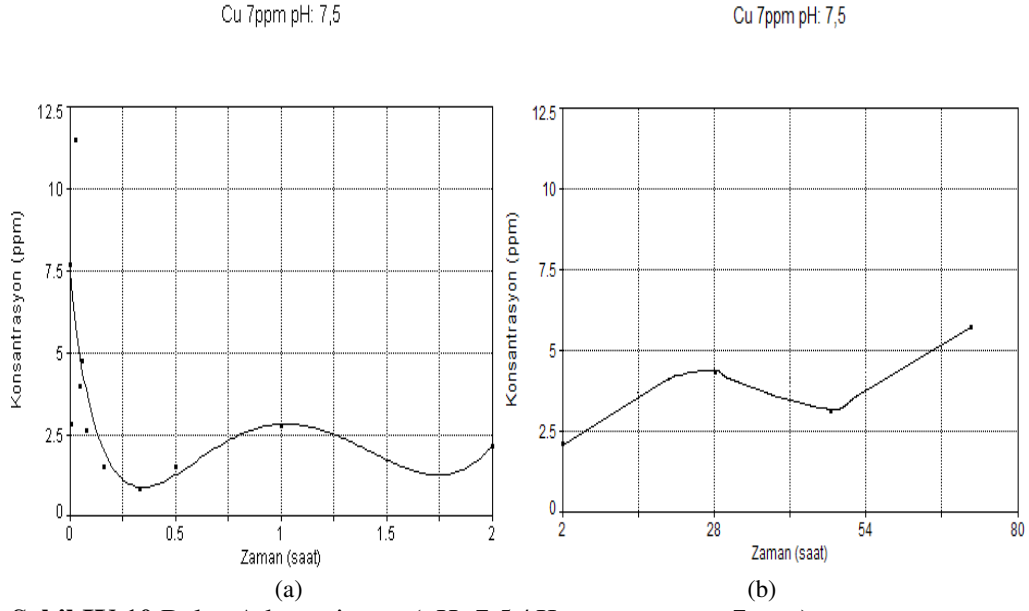
pH 7,5 olan adsorpsiyon çalışmalarının grafikleri ise Şekil IV. 8,9,10 ve 11'de gösterilmiştir. Bu pH'taki konsantrasyon denemelerinde dikkat çekici nokta 1 ppm ve 3 ppm'lik örneklerde 2. saatte görülen bir pik değeri ve daha sonrasında da adsorpsiyonun kararlı hale gelmesidir. Ne yazık ki aynı kararlı yapı 7 ppm'lik örnekte görülmemektedir. Bunun nedeni pH 7,5'in yüksek konsantrasyonlarda bakırı daha kolay bağlanabilen ve kopabilen bir yapıya dönüştürmesi olabilir.



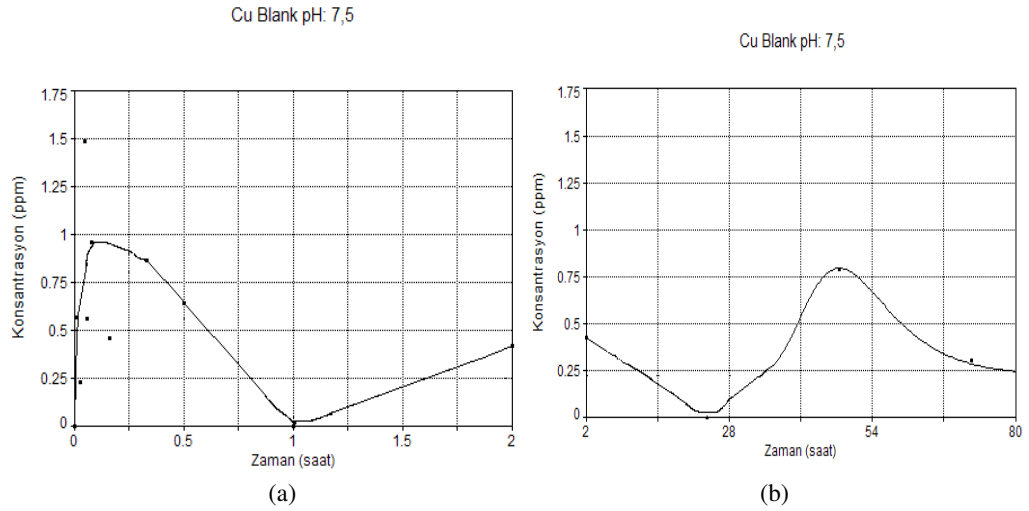
Şekil IV.8 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 1ppm)



Şekil IV.9 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 3ppm)

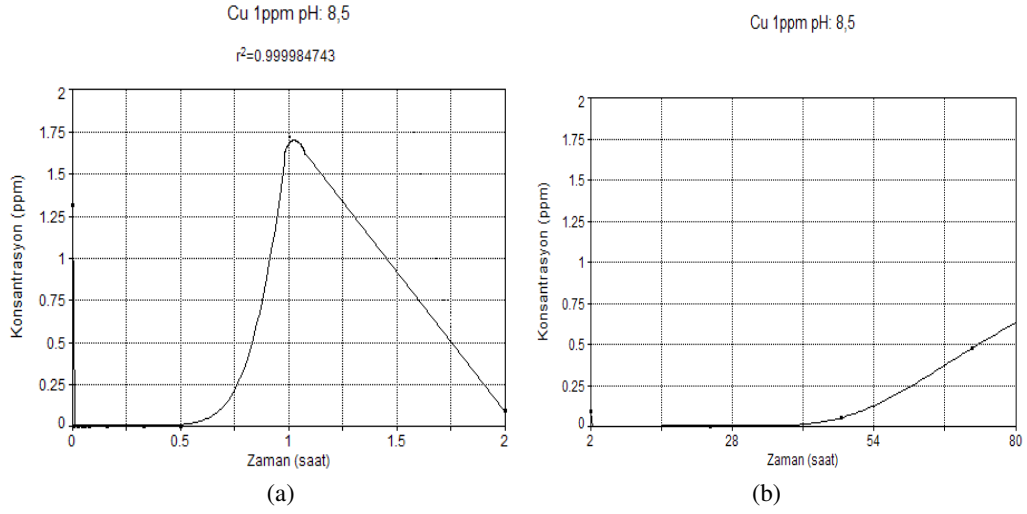


Şekil IV.10 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 7ppm)

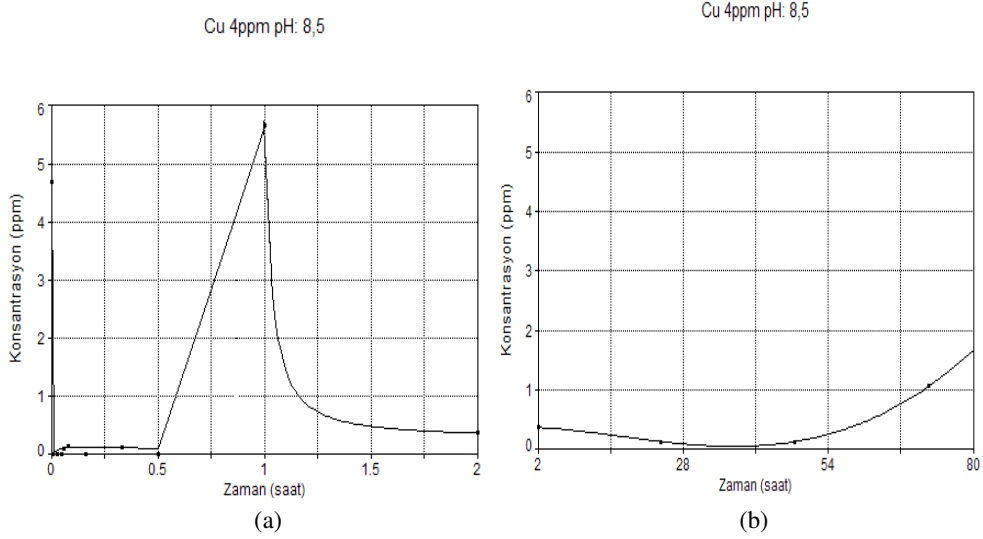


Şekil IV.11 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Şahit)

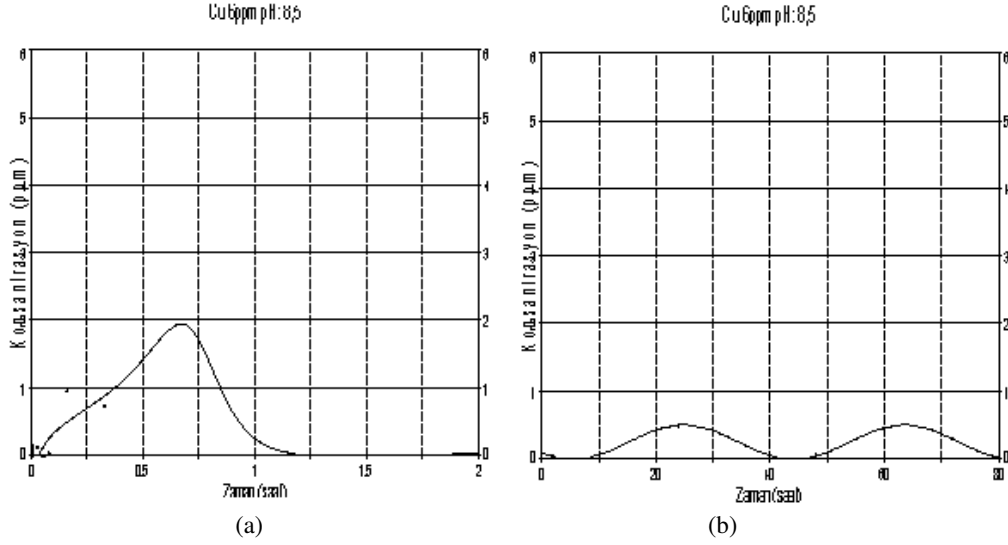
pH'ı 8,5 olan örneklerin grafikleri Şekil IV. 12, 13, 14 ve 15'te gösterilmektedir. Grafikler incelenecek olursa 0.dk ile ilk yarım saate kadar olan süre içerisinde başlangıç konsantrasyon değerlerinden çok büyük bir düşüşün olduğu görülmektedir. Bu düşüş sırasında değerler ya 0 ppm ya da sıfıra çok yakın bir değer almaktadır. Bunun nedeni pH 8,5'ta ilk yarım saatte adsorpsiyonun hızlı bir şekilde gerçekleştiği olabileceği gibi, bu pH değerinde bakırın çökmesinin yoğunluğundan da kaynaklanabilir. Ayrıca pH 8,5'te her üç konsantrasyonda da 48. saat ve öncesinde başlayan kararlılığın 72.saatte bozulduğu görülmektedir.



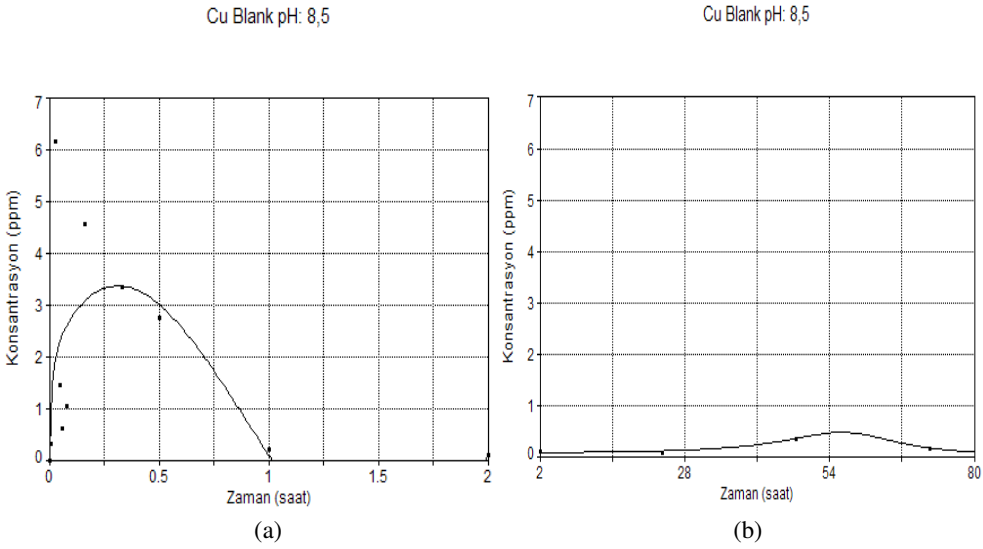
Şekil IV.12 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 1ppm)



Şekil IV.13 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 4ppm)



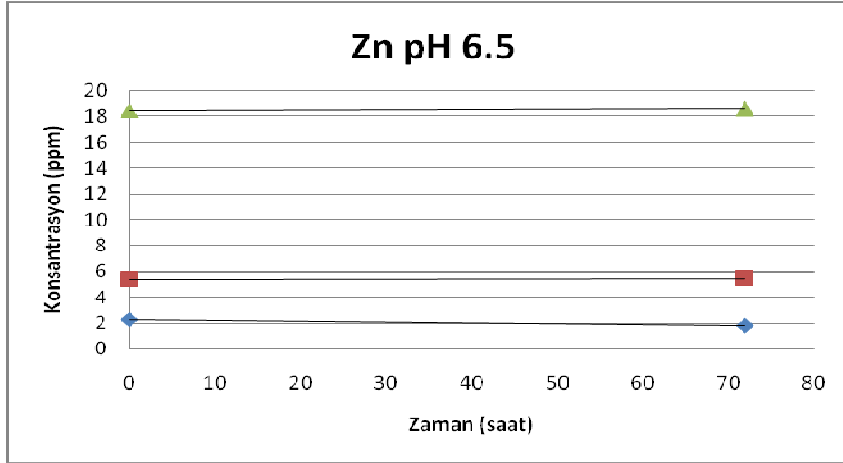
Şekil IV.14 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 6ppm)



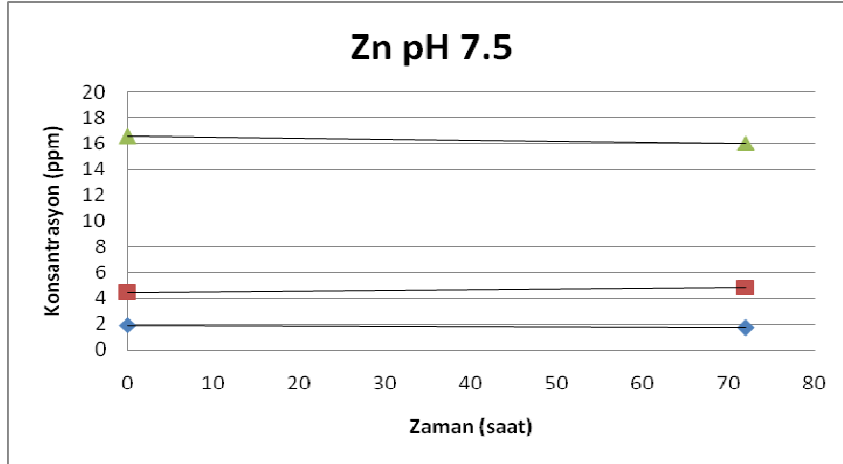
Şekil IV.15 Bakır Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Şahit)

IV.3. ÇİNKO ADSORPSİYONU

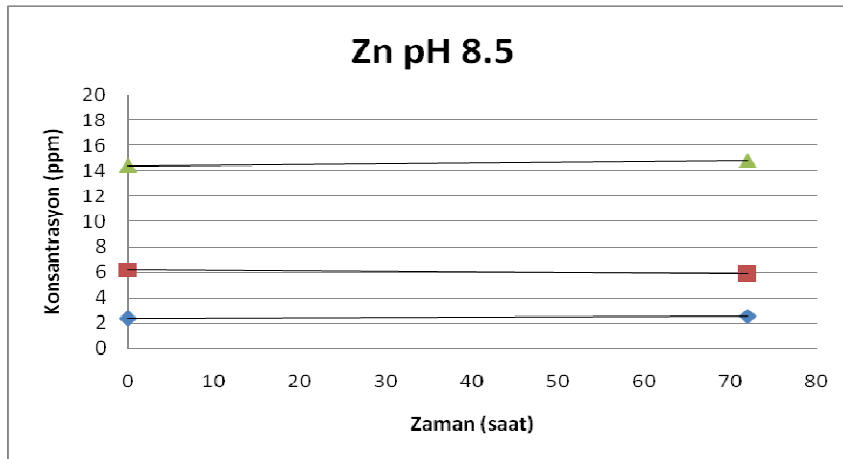
Adsorpsiyon çalışmaları sırasında çinko metali ile üç farklı pH'ta, üç farklı konsantrasyonda çalışılmıştır. Çalışılan pH değerlerinde Bölüm III.1.2.'de metodolojisi anlatılan suda çökmenin etkisiyle konsantrasyon değişimlerinin incelendiği denemelerde Şekil IV.16, 17 ve 18'de de görüldüğü gibi çalkalamanın ve konsantrasyonun etkisiyle çökme olmadığı saptanmıştır.



Şekil IV.16 Çinko pH 6.5'te Çökmenin Etkisi

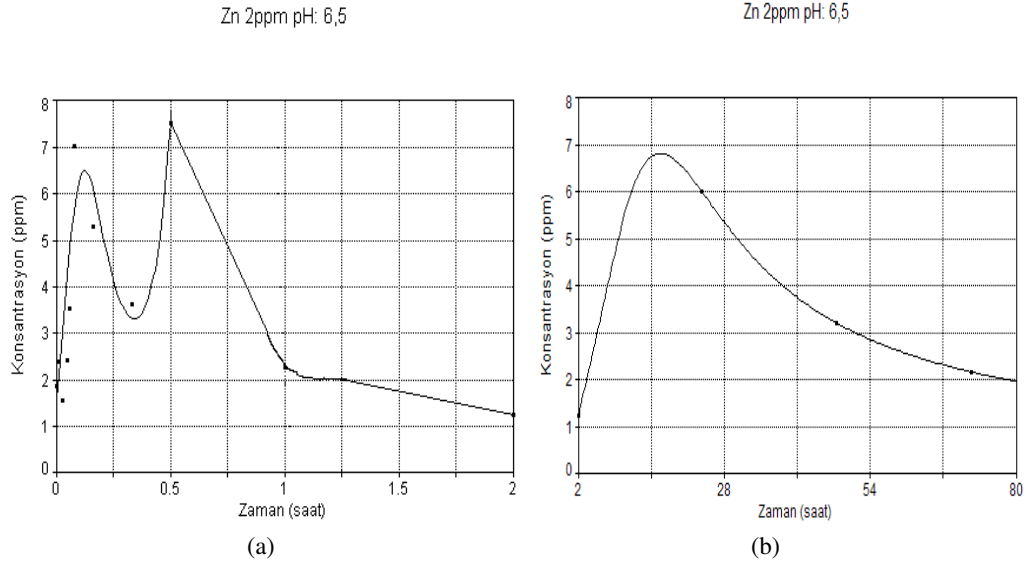


Şekil IV.17 Çinko pH 7.5'te Çökmenin Etkisi

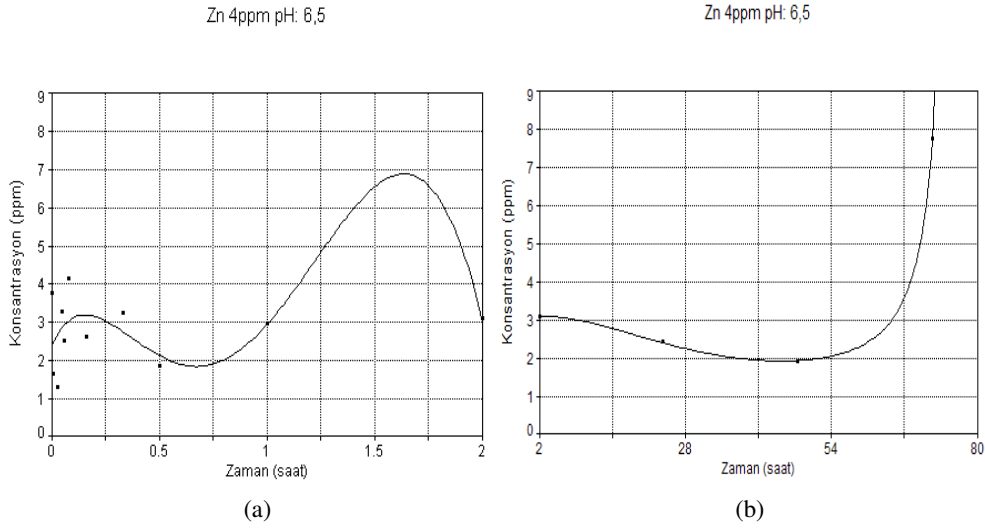


Şekil IV.18 Çinko pH 8.5'te Çökmenin Etkisi

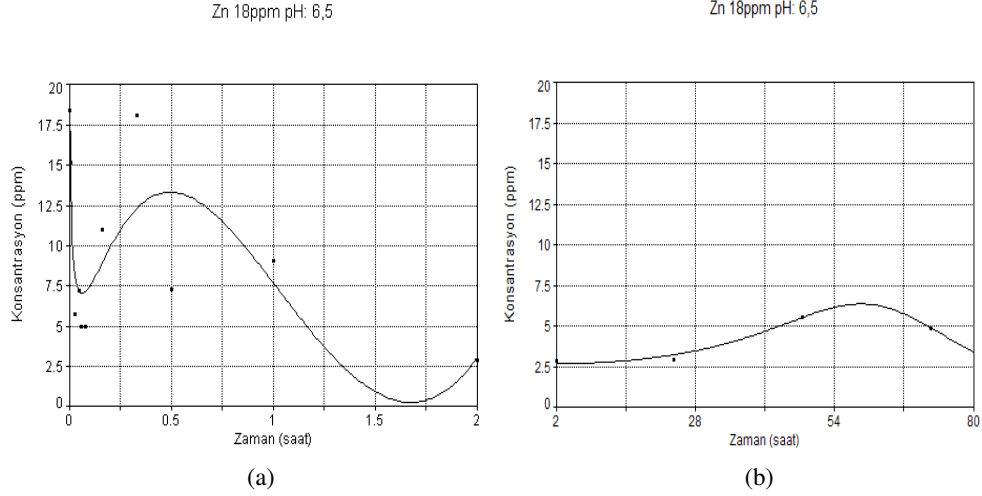
Ph 6,5'ta çinko metali ile yapılan adsorpsiyon çalışmalarının grafikleri Şekil IV.19, 20,21 ve 21'de gösterilmektedir. Grafikler incelenecek olursa konsantrasyon arttıkça kararlı hale gelme süresinin kısaldığı görülmektedir. Ayrıca her üç konsantrasyonda da kararlı hale gelmeden önce görülen son salınımın zamanı konsantrasyon artışıyla kısalmaktadır.



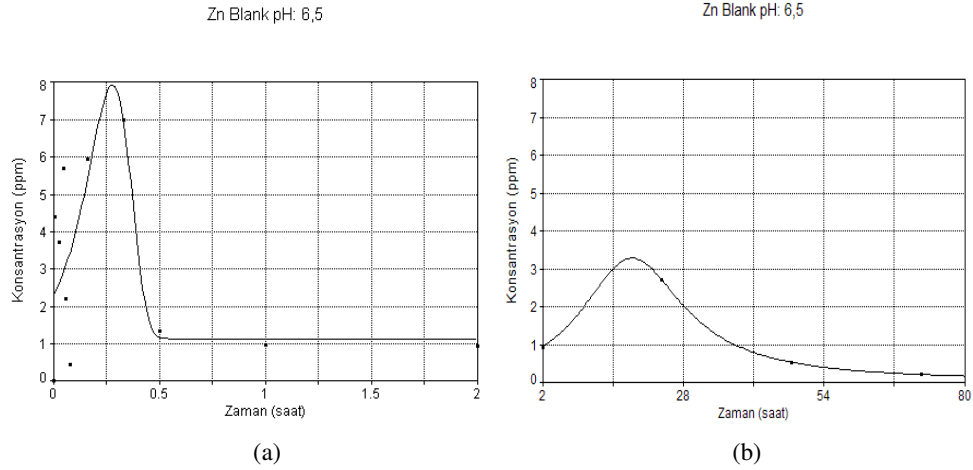
Şekil IV.19 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 2ppm)



Şekil IV.20 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 4ppm)



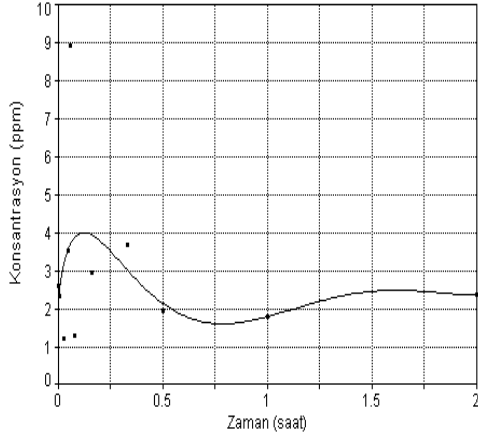
Şekil IV.21 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 18ppm)



Şekil IV.22 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Şahit)

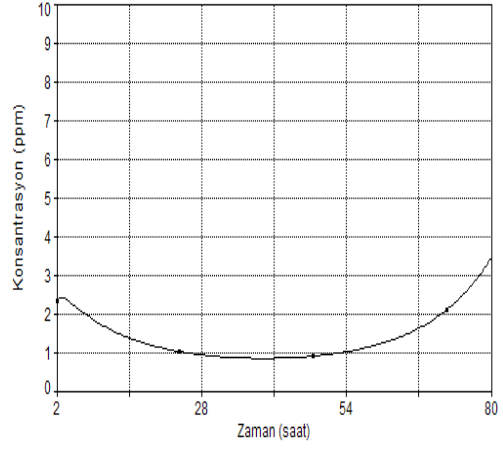
Çinko adsorpsiyonu sırasında pH 7,5'ta denenilen konsantrasyonların grafikleri Şekil IV.23,24,25 ve 26'da gösterilmiştir. Grafikler incelenecek olursa 2ppm ve 7ppm'lik konsantrasyon denemelerinde kararlı hal 48. saatte görülmektedir. Fakat 17 ppm'lik denemede pH 6,5'ta olduğu gibi konsantrasyonun yükselmesiyle kararlı hale geliş zamanı da kısalmıştır. Ayrıca 17 ppm'lik konsantrasyon denemesinde kararlılık pH 7,5'te 6,5'e göre daha düzenlidir. Sonuç olarak nötr pH'ta konsantrasyonun yükselmesiyle çinkonun diğer pH ve konsantrasyonlarına göre daha kararlı olduğu görülmektedir.

Zn 2ppm pH: 7,5



(a)

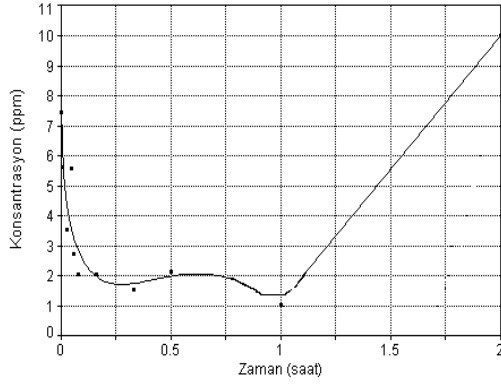
Zn 2ppm pH: 7,5



(b)

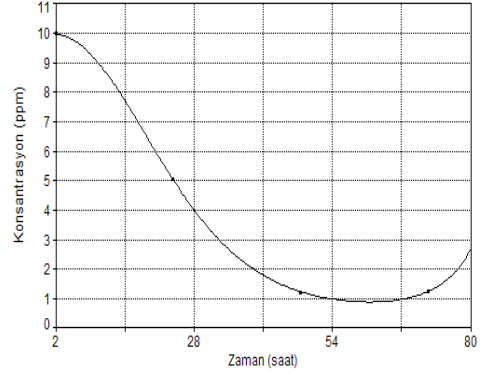
Şekil IV.23 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 2ppm)

Zn 7ppm pH: 7,5



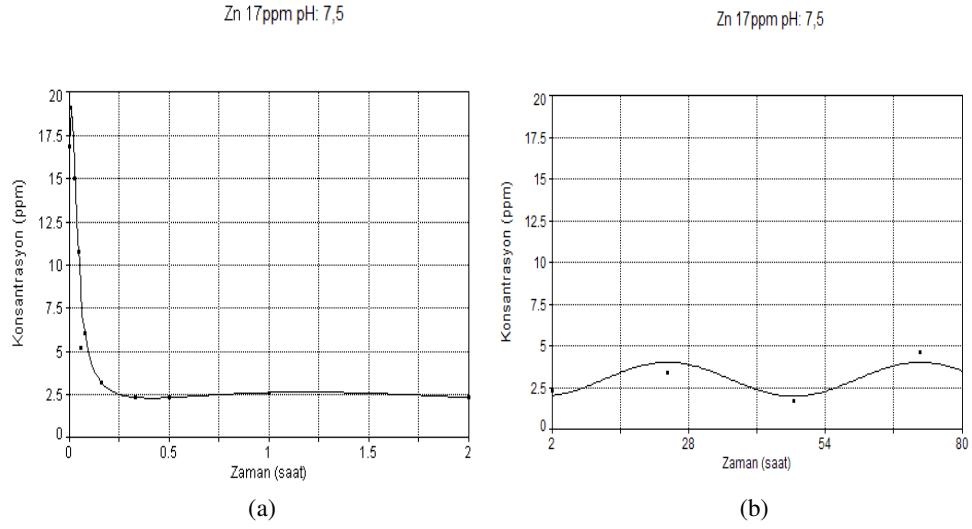
(a)

Zn 7ppm pH: 7,5

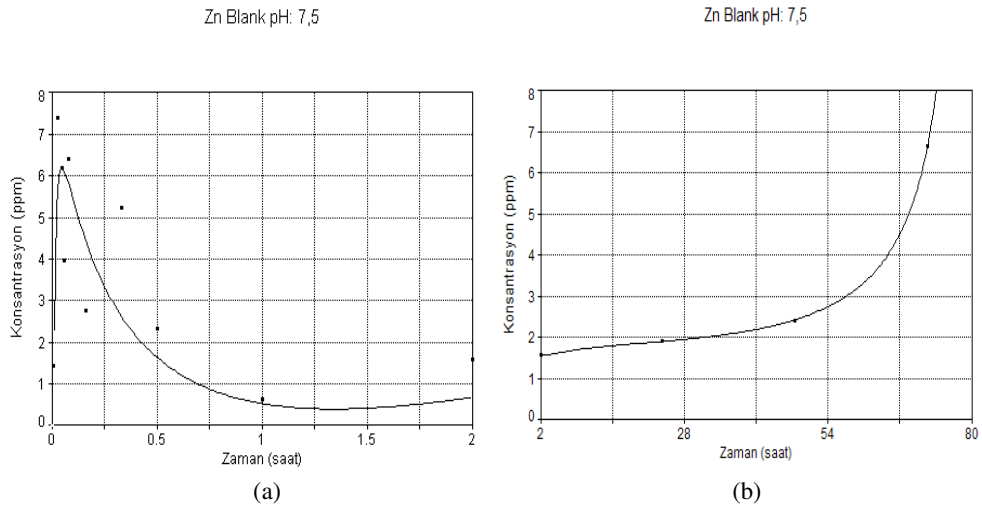


(b)

Şekil IV.24 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 7ppm)



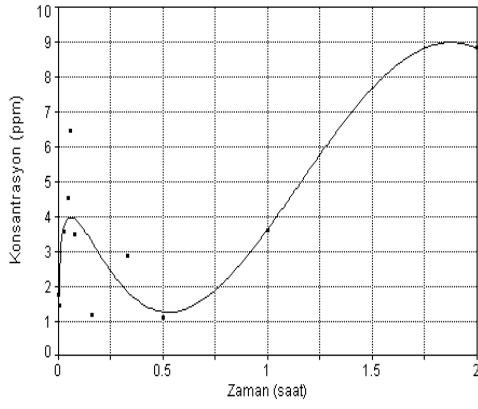
Şekil IV.25 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 17ppm)



Şekil IV.26 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Şahit)

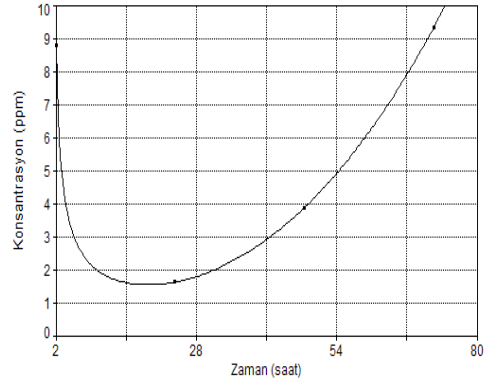
pH 8,5'te çinko metali ile yapılan adsorpsiyon denemelerinin grafikleri Şekil IV.27,28,29 ve 30'da gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde pH 8,5'te 6,5'in tam tersi bir durum ortaya çıkmaktadır. pH 8,5'te çalışılan konsantrasyon denemelerinde konsantrasyon arttıkça kararlı hale gelme süresi uzamaktadır. Sonuç olarak pH'ın asidik veya bazik olması konsantrasyon artışıyla birlikte kararlı hale gelme süresini etkilemektedir.

Zn 2ppm pH: 8,5



(a)

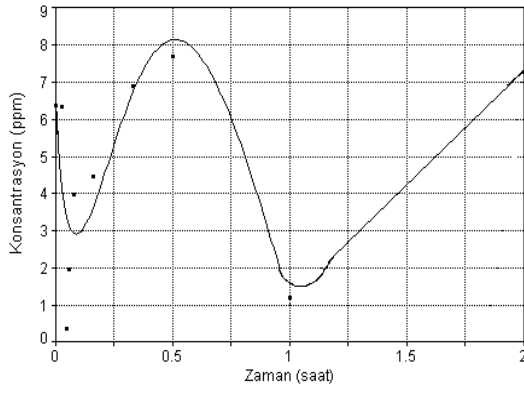
Zn 2ppm pH: 8,5



(b)

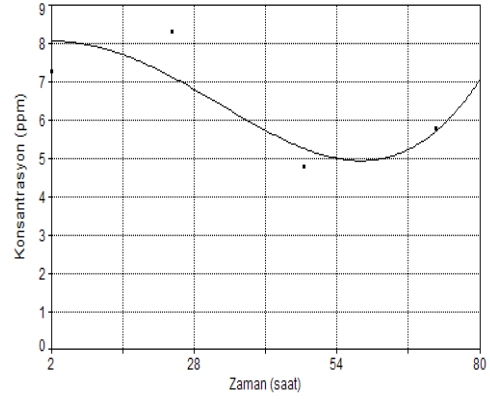
Şekil IV.27 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 2ppm)

Zn 6ppm pH: 8,5



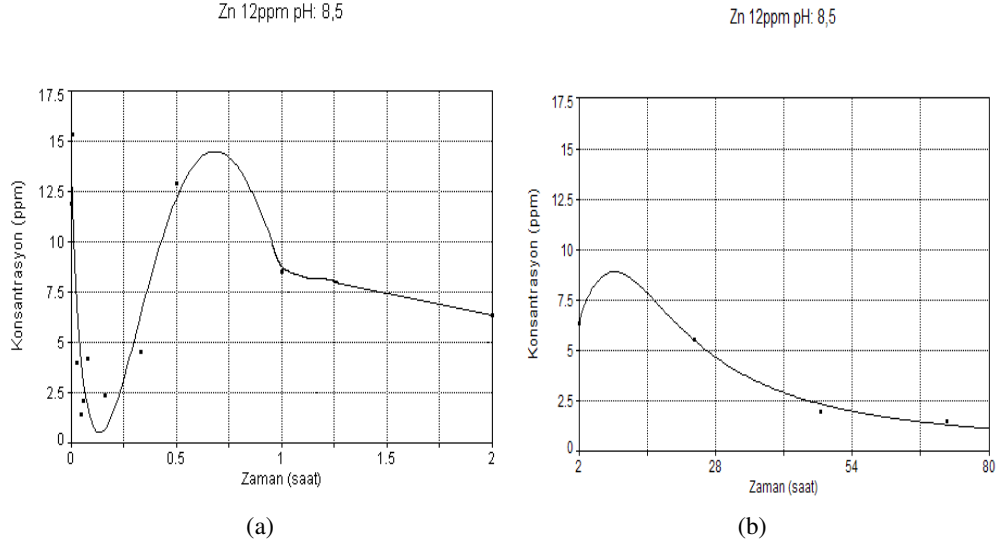
(a)

Zn 6ppm pH: 8,5

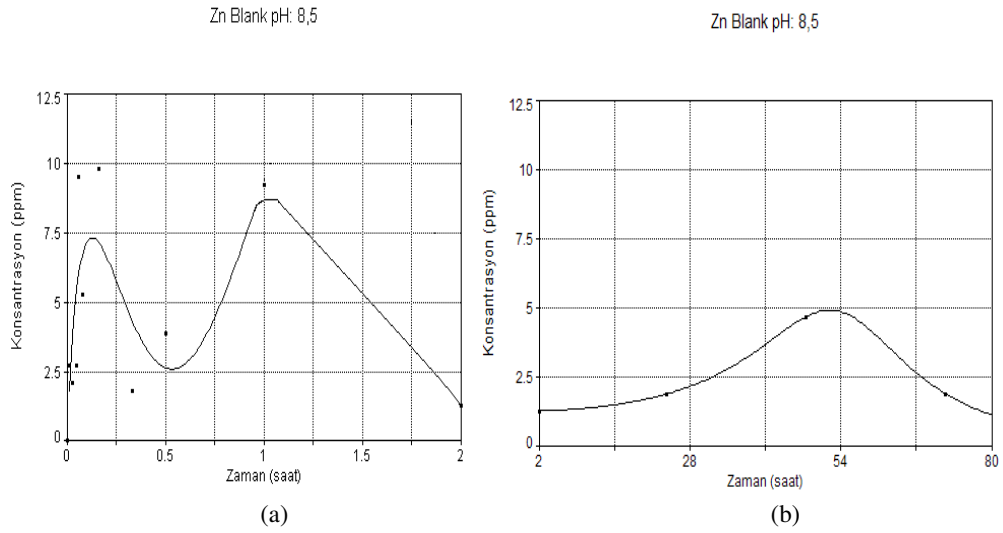


(b)

Şekil IV.28 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 6ppm)



Şekil IV.29 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 12ppm)

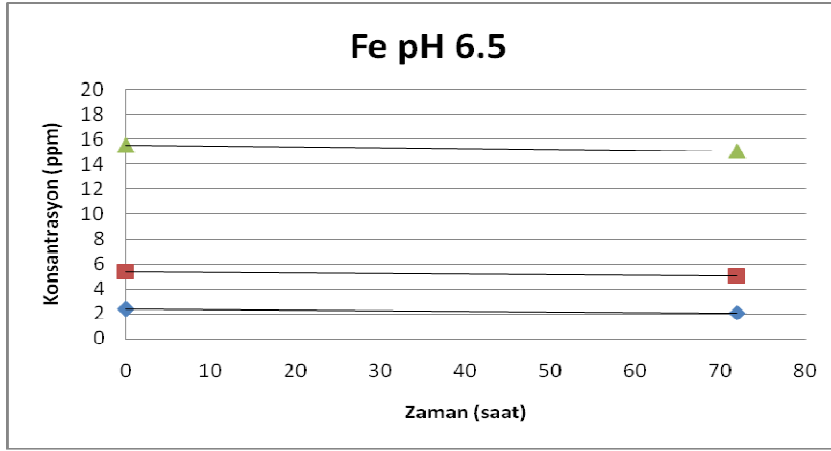


Şekil IV.30 Çinko Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Şahit)

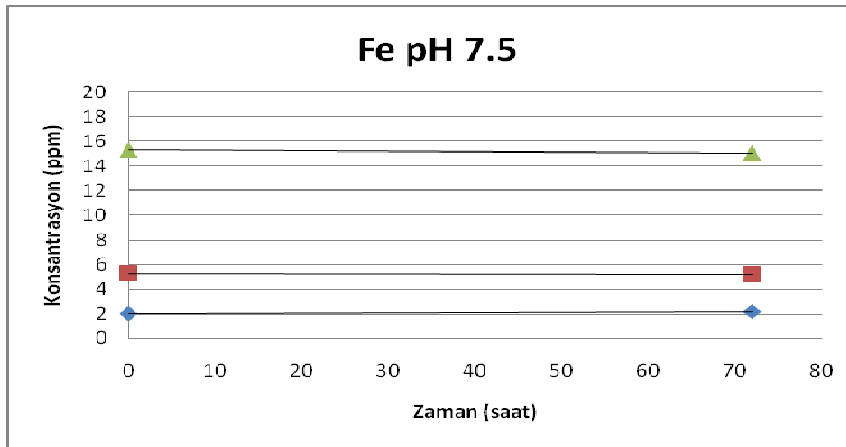
IV.4. DEMİR ADSORPSİYONU

Adsorpsiyon çalışmaları sırasında demir metali ile üç farklı pH'ta, üç farklı konsantrasyonda çalışılmıştır. Çalışılan pH değerlerinde Bölüm III.1.2.'de metodolojisi anlatılan suda çökmenin etkisiyle konsantrasyon değişimlerinin incelendiği denemelerde Şekil IV.31, 32 ve 33'te de görüldüğü gibi sadece pH 8.5'te konsantrasyonu en yüksek olan sette 2.5 ppm'lik bir çökme etkisi gözlemlenmiştir.

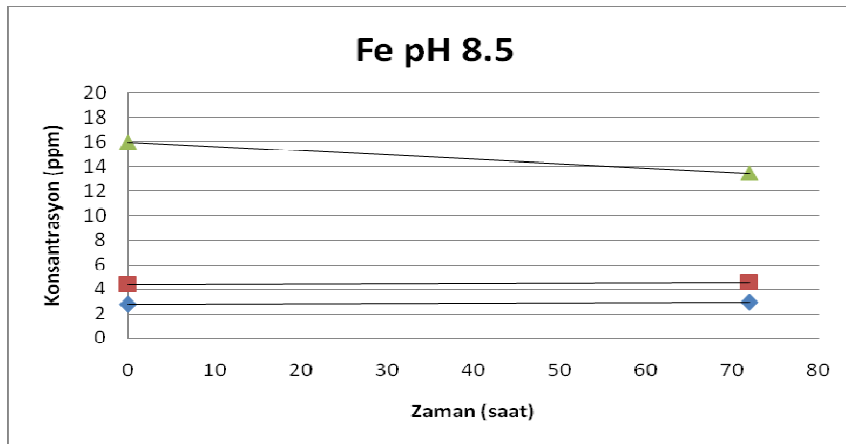
pH 8.5'te yürütülen adsorpsiyon çalışmalarının sonuçlarından bu fark çıkarılarak değerler grafik haline getirilmiştir.



Şekil IV.31 Demir pH 6.5'te Çökmenin Etkisi

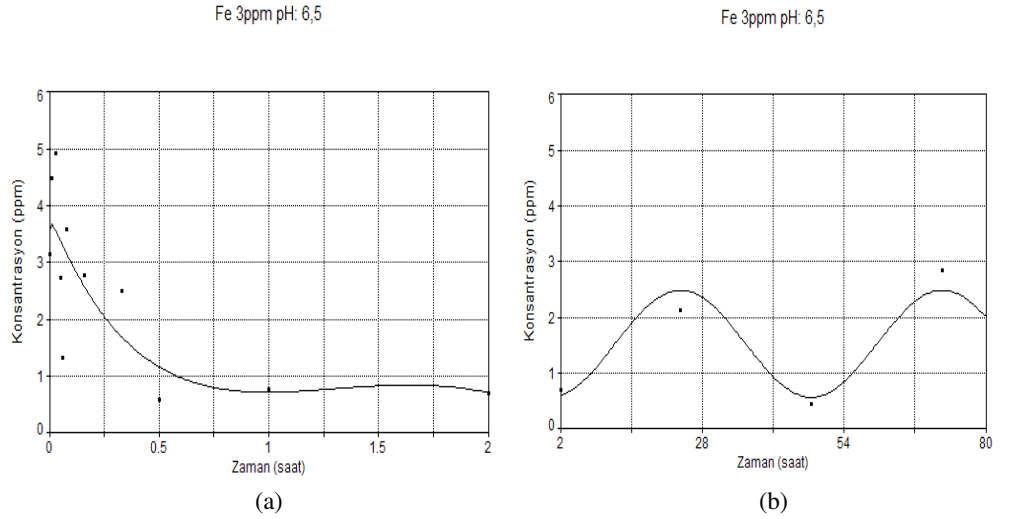


Şekil IV.32 Demir pH 7.5'te Çökmenin Etkisi

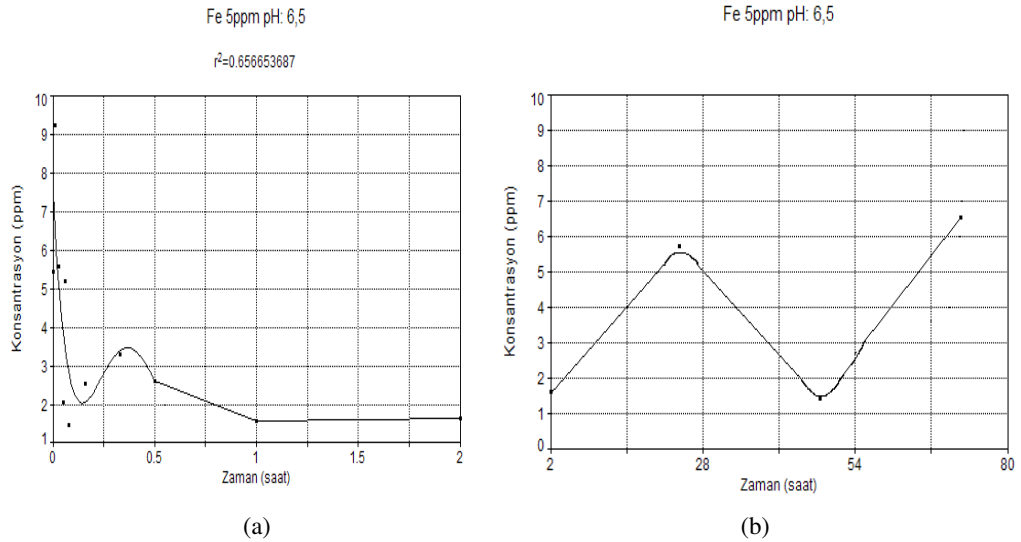


Şekil IV.33 Demir pH 8.5'te Çökmenin Etkisi

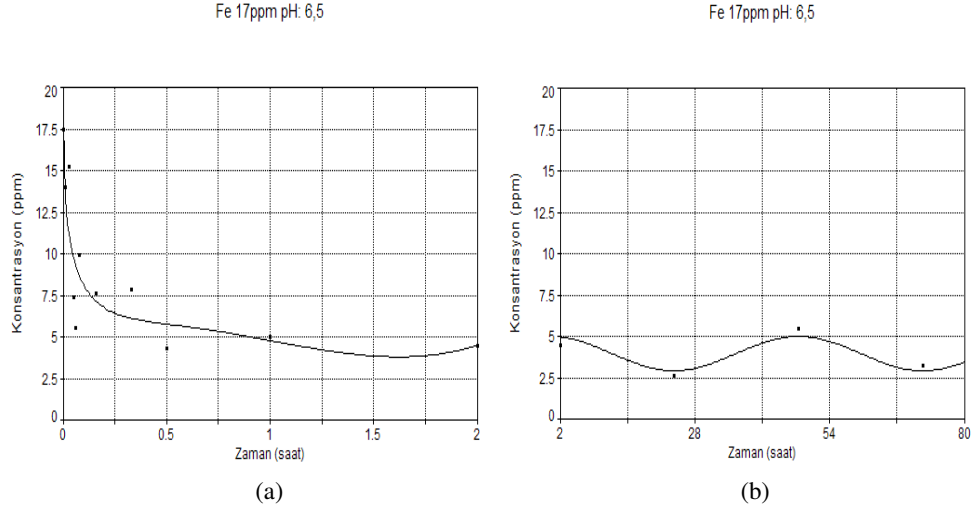
Demir metalinin adsorpsiyon çalışmalarında pH 6,5'te denen konsantrasyonların grafikleri Şekil IV.34,35,36 ve 37'de gösterilmiştir. Bu pH'ta çalışılan tüm konsantrasyonlarda 0,5-2 saat arasında kararlı hal gözlenmiştir. 2-72 saat arasında ise dalgalanma görülmektedir. Eğer Şekil IV.26 ve Şekil IV.27 incelenecek olursa 2-72 saatleri arasında konsantrasyonun yükselmesiyle dalgalanmanın daha dengeli bir hal aldığı görülmektedir.



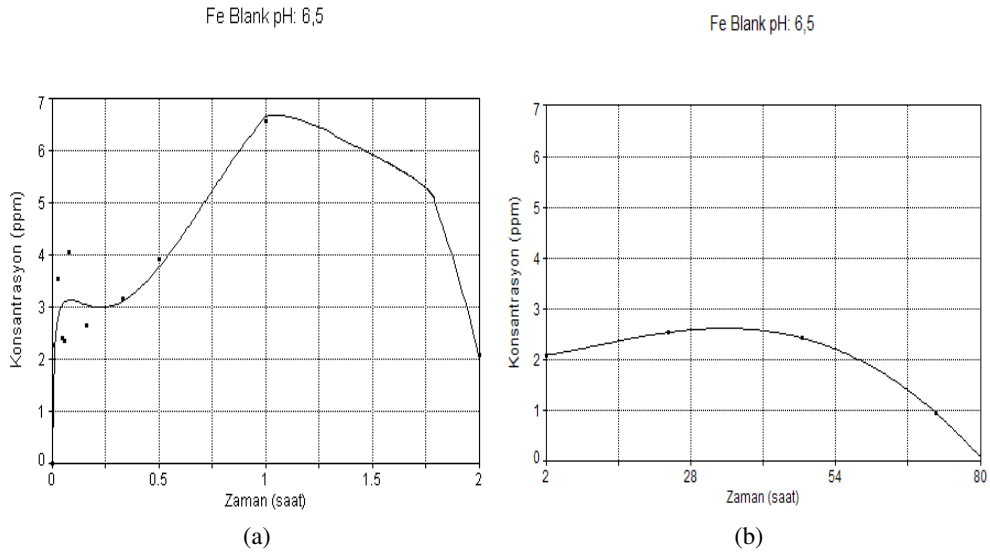
Şekil IV.34 Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 3ppm)



Şekil IV.35 Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 5ppm)

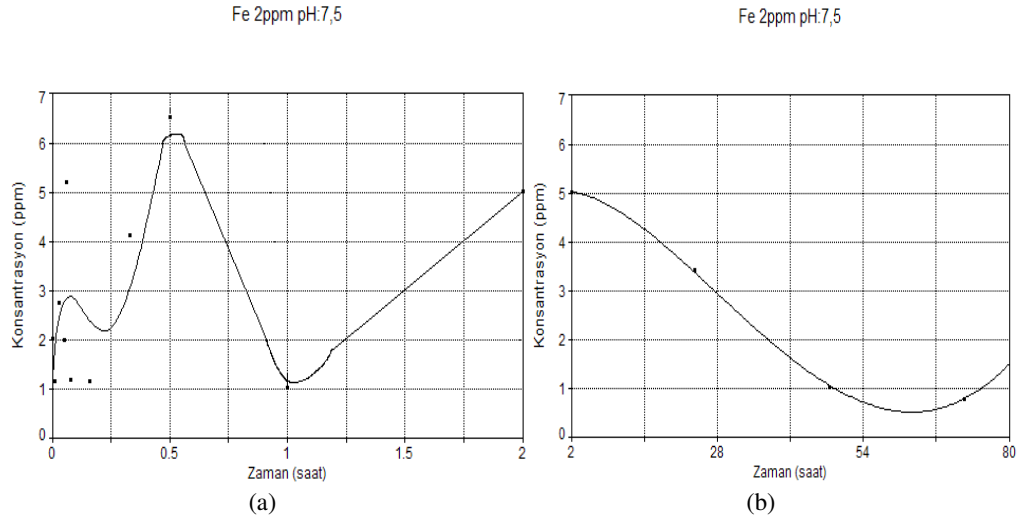


Şekil IV.36 Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Konsantrasyon: 17ppm)

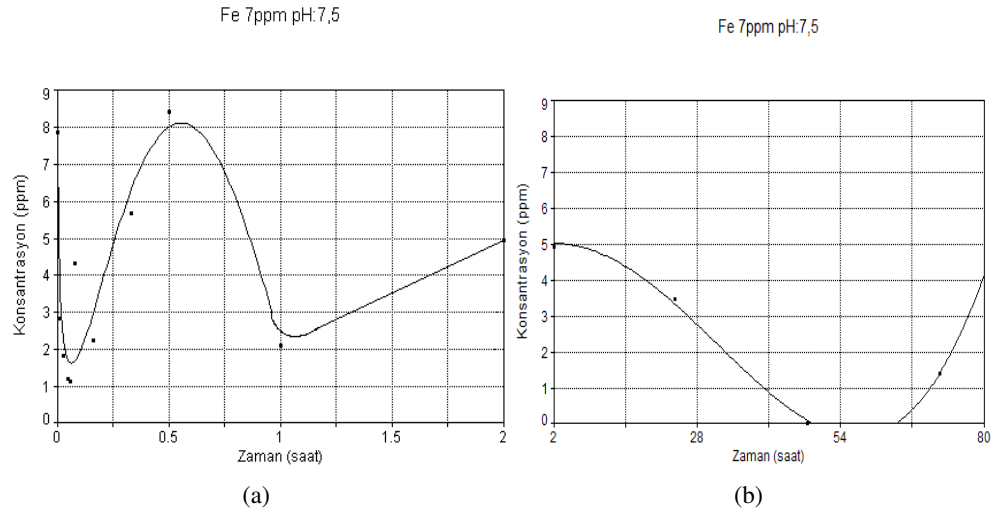


Şekil IV.37 Demir Adsorpsiyonu (pH: 6,5 / Şahit)

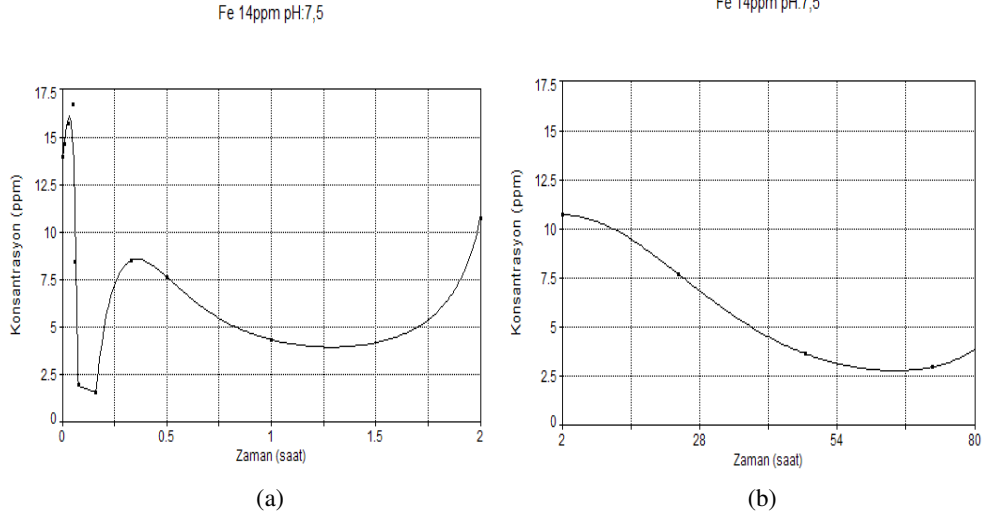
Demir metalinin adsorpsiyon çalışmalarına pH 7,5'in ve konsantrasyonların etkisi Şekil IV.38,39,40 ve 41'de grafik olarak gösterilmiştir. Grafikler incelenecek olursa her üç konsantrasyonda da adsorpsiyonun 48.saatte kararlı hale geldiği görülmektedir. pH 7,5'te demir metali ilk 2 saat boyunca pH 6,5'in tersine kararsız bir yapıdadır. İlk 2 saat boyunca salınımlar ve tekrar alımlar olmaktadır. En son 1.saatte görülen tekrar alımdan sonra adsorpsiyon kararlı hale gelmeye başlamaktadır.



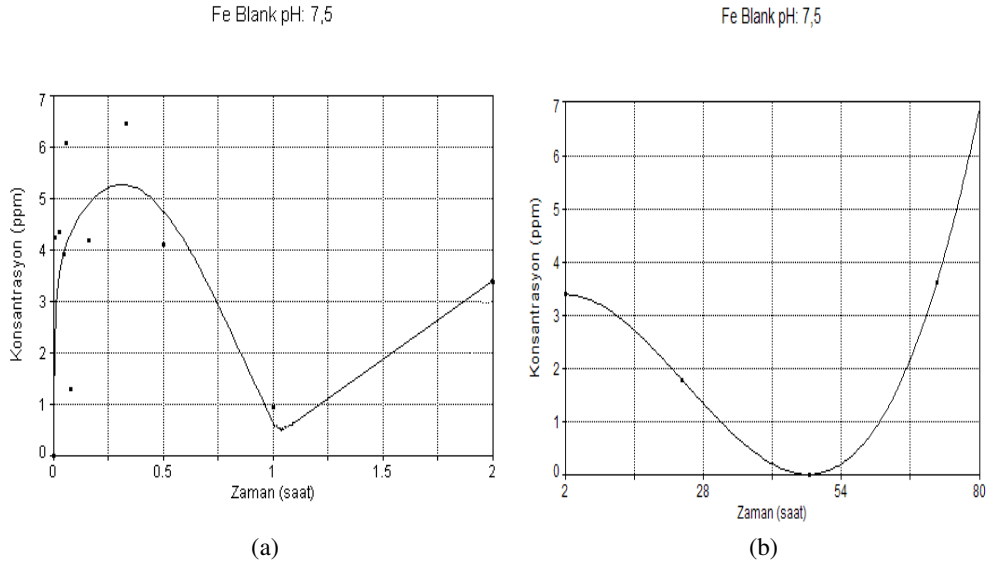
Şekil IV.38 Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 2ppm)



Şekil IV.39 Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 7ppm)

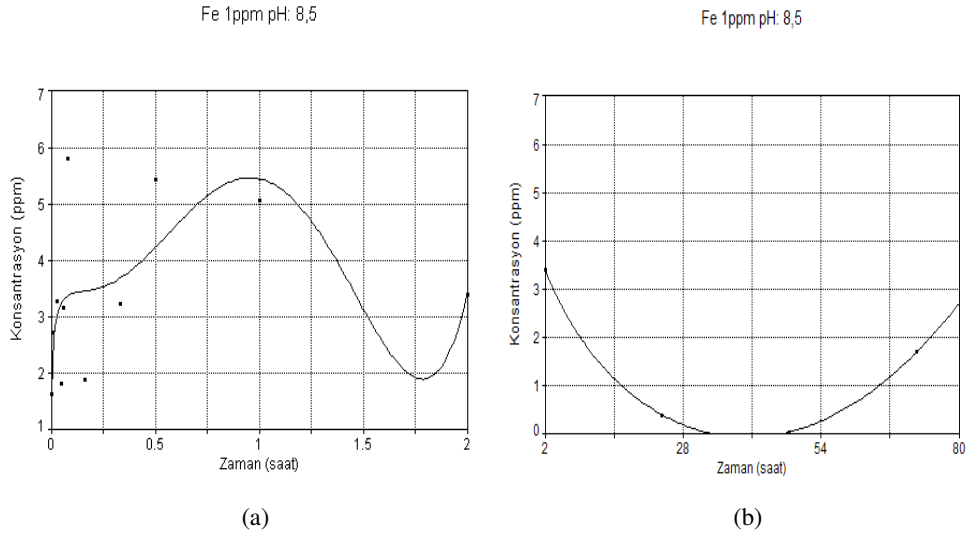


Şekil IV.40 Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Konsantrasyon: 14ppm)

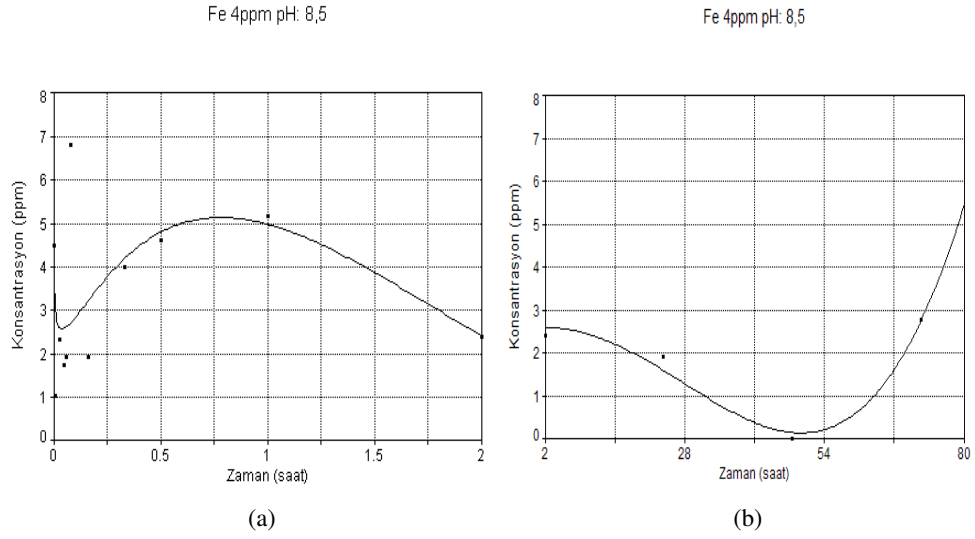


Şekil IV.41 Demir Adsorpsiyonu (pH: 7,5 / Şahit)

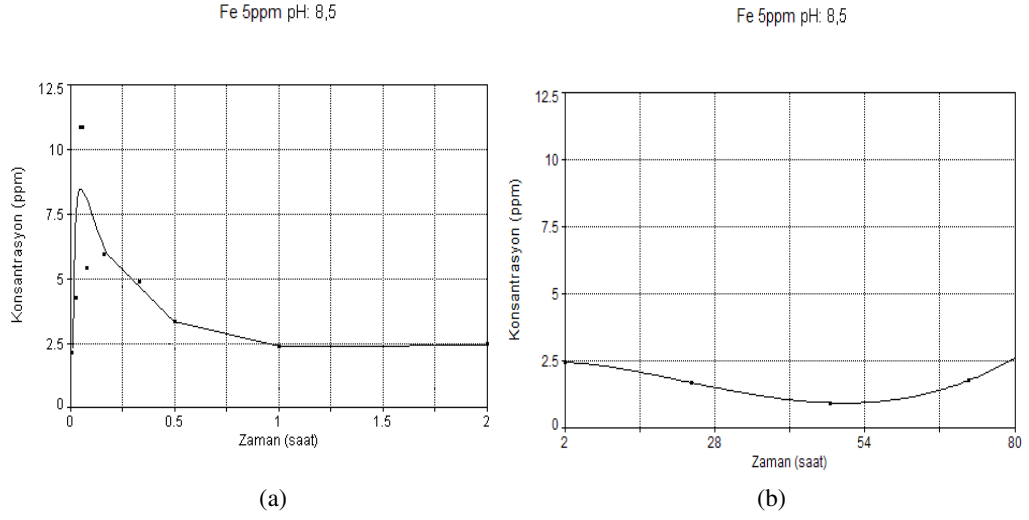
pH 8,5'te yürütülen demir metalinin adsorpsiyon çalışmasının grafikleri Şekil IV.42,43,44 ve 45'te gösterilmektedir. Denenen üç konsantrasyonda da adsorpsiyon 48.saatte kararlı hale gelmiştir. Fakat bu kararlı yapı 72.saatte tekrar bozulmuştur. Ayrıca grafikler incelenirse ilk 2 saatteki kararsız yapının konsantrasyon yükseldikçe kararlı hale geldiği görülmektedir.



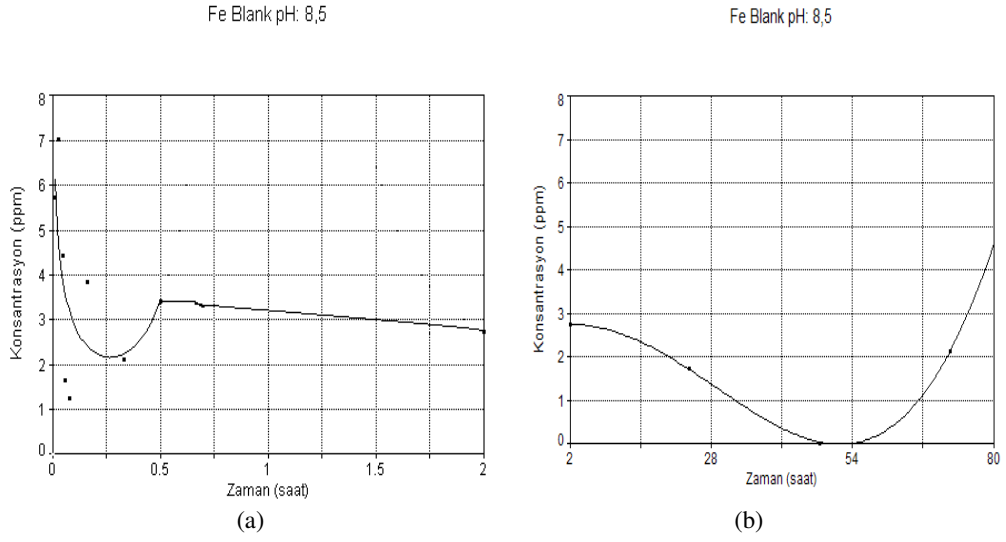
Şekil IV.42 Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 1ppm)



Şekil IV.43 Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 4ppm)



Şekil IV.44 Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Konsantrasyon: 7ppm)



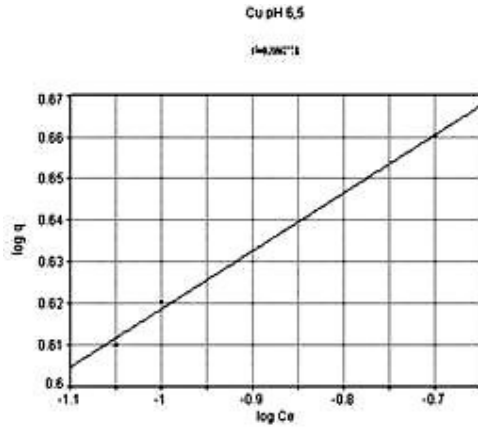
Şekil IV.45 Demir Adsorpsiyonu (pH: 8,5 / Şahit)

IV.5. ADSORPSİYON İZOTERMLERİ

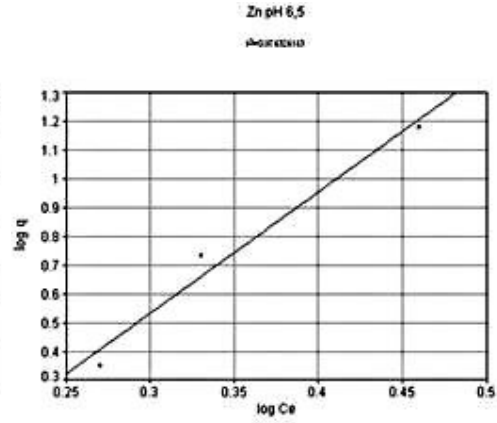
Yapılan denemelerin adsorpsiyon sonuçları Freundlich ve Langmuir izotermlerine göre incelenmiştir. Şekil IV. 46, 47 ve 48’de de görüldüğü gibi Bakır pH 6.5, Çinko pH 6.5 ve Demir pH 8.5 setleri Freundlich izotermiyle uyum göstermiştir. Bu izoterme ait olan sabitler grafiklerden elde edilmiştir. Doğrunun Y ekseninin kesitiği nokta log K değerini, eğimi ise 1/n değerini vermektedir. log K ve 1/n değerleri Tablo IV.2’de gösterilmektedir.

Tablo IV.2 Freundlich İzoterme Sabitleri ve Formüller

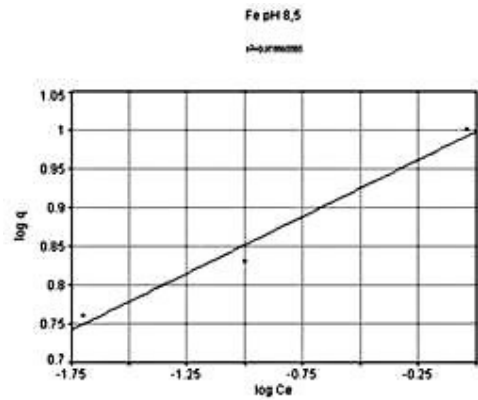
	log K	1/n	Formül
Cu pH 6,5	0.76	0.14	$\log q = 0.76 + 0.14 \log C_e$
Zn pH 6,5	-0.74	4.22	$\log q = -0.74 + 4.22 \log C_e$
Fe pH 8,5	1	0.15	$\log q = 1 + 0.15 \log C_e$



Şekil IV.46 Bakır pH 6,5
(Freundlich izotermi)



Şekil IV.47 Çinko pH 6,5
(Freundlich izotermi)

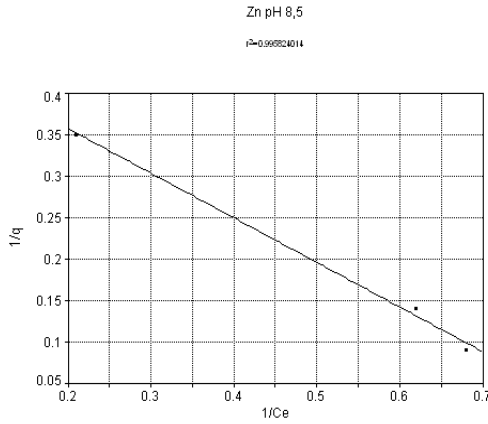


Şekil IV.48 Demir pH 8,5 (Freundlich izotermi)

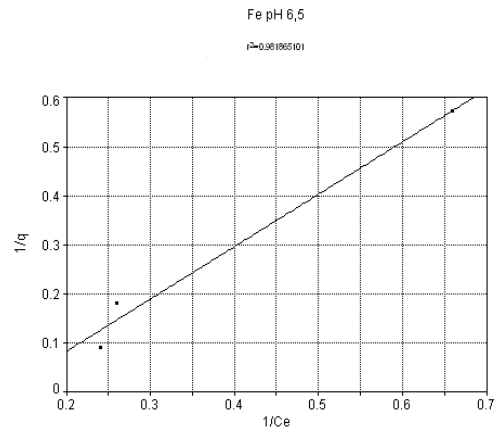
Çinko pH 8.5 ve Demir pH 6.5 setleri ise Langmuir izotermi ile uyum göstermiştir. Bu setlerin izoterm grafikleri Şekil IV. 49 ve 50’de gösterilmektedir. Grafiklerdeki doğruların Y eksenini kestiği nokta $1/a$ değerini, eğimi ise $1/ab$ değerini vermektedir. $1/a$ ve $1/ab$ değerleri Tablo IV. 3’te gösterilmektedir. Grafikleri verilmemiş setler ise (Cu 7.5, 8.5, Zn 7.5 ve Fe 7.5) iki izotermde uyum göstermemektedir.

Tablo IV.3 Langmuir İzotermi Sabitleri ve Formüller

	$1/a$	$1/ab$	Formül
Zn pH 8.5	0.46	0.54	$q = 0.46 + 0.54 1/C_e$
Fe pH 6.5	-0.13	1.07	$q = -0.13 + 1.07 1/C_e$



Şekil IV.49 Çinko pH 8,5
(Langmuir izotermi)



Şekil IV.50 Demir pH 6,5
(Langmuir izotermi)

BÖLÜM V

TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında uygulama alanı olarak Küçükçekmece Gölü ve Havzası seçilmiştir. Küçükçekmece Gölü'nde metal kirliliğine neden olan demir, bakır, çinko ve gölde ötrofikasyona neden olan *Microcystis* cinsi Cyanobakterler adsorpsiyon çalışmalarında kullanılmıştır. Yapılan adsorpsiyon çalışmaları sonucu elde edilen veriler Bölüm IV.'te grafik ve tablolarla verilmiştir.

Bu grafik ve tablo sonuçlarına göre adsorpsiyon çalışmasının 0. dakikasında ölçülen pH değerleri (6.5, 7.5, 8.5) adsorpsiyon sonunda 72. saatte yaklaşık olarak 7.5 değerini almıştır. Bunun sebebi adsorbent olarak kullanılan *Microcystis sp.*'nin, çözelti pH'sını adsorpsiyon süresince ortalama 7.5'e yükseltmesi yada düşürmesi olabilir.

Bakır adsorpsiyonunda çalışılan pH'lar içerisinde en kararlı yapı pH 6.5' te görülmüştür. Bakır adsorpsiyonu Freundlich ve Langmuir izotermine göre değerlendirildiğinde de pH'ı 7.5 ve 8.5 olan iki izotermde uymazken pH 6,5'un Freundlich izotermine uyduğu belirlenmiştir. Yapılan denemelerde bakır metalinde çökmenin etkisine rastlanılmamıştır.

Çinko adsorpsiyonunda çalışılan pH'lardan asidik olan 6.5'te konsantrasyon yükseldikçe kararlı hale gelme süresi kısalmaktadır. Bazik olan pH 8.5'te ise konsantrasyon yükseldikçe kararlı hale gelme süresi uzamaktadır. Ayrıca pH 6,5 adsorpsiyon izotermelerinden Freundlich ile, pH 8.5 ise adsorpsiyon izotermelerinden Langmuir ile uyum göstermiştir. pH 7.5 için yapılan denemelerde konsantrasyon yükseldikçe düşük konsantrasyonlara göre adsorpsiyon daha kısa zaman içerisinde daha kararlı bir hal almıştır. Bunun nedeni nötr pH'ta yüksek konsantrasyonun adsorbente etkisi olabilir. Ayrıca yapılan denemelerde çinko metalinde çökmenin etkisine rastlanılmamıştır.

Demir adsorpsiyonunda çalışılan pH'lardan 6.5'te kararlı hal 0.5-2 saatleri arasında görülmüştür. 2 saat sonrasında ise kararlı hal bozulmaktadır. pH 6.5'te 0.5-2 saatleri arasında görülen kararlı hal pH 7.5'te görülmemiştir. pH 8.5'te ise denenen tüm konsantrasyonlarda adsorpsiyon 48. saatte kararlı hale gelmiştir. Adsorpsiyon izotermi açısından demir metaliyle yapılan çalışmalar incelenecek olursa pH 6.5'in Langmuir, pH 8.5'in ise Freundlich izotermine uyduğu saptanmıştır. pH 7.5 ise iki izoterm de uyum göstermemiştir. Çökme etkisinin incelendiği denemelerde sadece pH 8.5'te konsantrasyonu en yüksek olan örnekte çökmeye rastlanılmıştır.

Yapılan bu çalışmaya ek olarak tekli çözeltiler haricinde metallerin ikili kombinasyonları ve üç metali de içeren multi solüsyon çalışmaları da yapılabilir. İzoterm grafikleri için üçten fazla konsantrasyon denenebilir. Ayrıca pH'ın etkisini daha net görebilmek için daha asidik ve daha bazik pH'larda da çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Demirel, S.: “Antep Fıstığı Kabuğu ile Kurşun (II)’nin Adsorplanma Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye (2002) 6-20.
- [2] Li, P. et al.: “Biosorption of Uranium by Lake-harversted Biomass from a Cyanobacterium Bloom”, Bioresource Technology, 94 (2004) 193-195.
- [3] Dilekoğlu, F.: “Beyaz Urfa Taşının Sulu Ortamda Cd^{+2} ve Zn^{+2} Ağır Metallerini Adsorplama Kinetiğinin Araştırılması”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, (2003) 3-15.
- [4] Üstün, B.; Pantis, J.: “Development of an Environmental Management Model in the Basin of Küçükçekmece”, TÜBİTAK GSRT Final Report, 102Y011, İstanbul Turkey (2005) 20-59.
- [5] Akyapı, A.: “Küçükçekmece Gölü’nde Su ve Sediment Kalitesinin İzlenmesi ve Önemi”, Lisans Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniv. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (2005) 2-6.
- [6] Malik, A.: “Metal Bioremediation Through Growing Cells”, *Environmental International* ,30 (2004) 261-278.
- [7] Lamai, C. et al.: “Toxicity and Accumulation of Lead and Cadmium in the Filamentous green Alga *Cladophora fracta* (O.F. Müller ex Vahl) Kützinger: A Laboratory Study”, *Science Asia*, 31 (2005) 121-127.
- [8] Gupta, R. et al.: “Microbial Biosorbents: Meeting Challenges of Heavy Metal Pollution in Aqueous solutions”, *Current Science*, 78 (2000) 967-973.
- [9] Li, Q. et al.: “Simultaneous Biosorption of Cadmium (II) and Lead (II) Ions by Pretreated Biomass of *Phanerochaete chrysosporium*”, *Separation and Purification Technology*, 34 (2004) 135-142.
- [10] Matheickal, J. et al.: “Biosorption of Lead from Aqueous Solutions by Marine Alga *Ecklonia radiata*”, *Water Science Technology*, 34 (1996) 1-7.
- [11] Breierova, E. et al.: “Biosorption of Cadmium Ions by Different Yeast Species”, *Naturforsch*, 57 (2002) 634-639.
- [12] Volesky, B. et al.: “Biosorption: A Solution to Pollution”, *International Microbiol*, 3 (2000) 17-24.

- [13] Lin, J. et al.: “*The Relationship Between Adsorption of Heavy Metal and Organic Matter in River Sediments*” *Environmental International* “, 24 (1998) 345-352.
- [14] Karageorgis, A. et al.: “*Water And Sediment Quality Assessment of Axios River And Its Coastal Environment*”, *Continental Shelf Research*, 23 (2003) 1929-1944.
- [15] Bayındır, Ü.: “*Zoogloea ramigera’nın Ağır Metalde Üreme Karakteristiği ve Ağır Metali Toplama Kapasitesinin Araştırılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, Türkiye, (2003) 1-32.
- [16] Stirk, W.et al.: “*Removal of Heavy Metals From Solution Using Dried Brown Seaweed Material*” *Botanica Marina*, 43 (2000) 467-473.
- [17] Su Kirliliği Kontrolü yönetmeliği, Resmi Gazete (31.12.2004) Sayı: 25687.
- [18] İlhan, S. Et al.: “*Removal of Chromium, Lead and Copper Ions from Industrial Waste Waters by Staphylococcus Saprohyticus*”, *Turkish Electronic Journal of Biotechnology*, 2 (2004) 50-57.
- [19] Cordero, B. et al.: “*Biosorption of Cadmium by Fucus Spiralis*”, *Csiro Publishing*, 1 (2004) 180-187.
- [20] Freeman, W.H.: “*The Economy of Nature Ricklefts*” R.E. Third Edition, New York, USA, (1993) 525-527.
- [21] Volsky, B. et al.: “*Biosorption: Application Strategies*” *Chemosphere*, 59 (2005) 75-84.
- [22] Bakkaloğlu, İ. et al.: “*Screening of Various Types Biomass for Removal and Recovery of Heavy Metals (Zn, Cu, Ni) by Biosorption, Sedimentation and Desorption*”, *Water Science Technology*, 38 (1998) 269-277.
- [23] <http://www.kimyaevi.org/elementler/demir/demir.asp> (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [24] <http://www.kimyaevi.org/elementler/demir/kimyasal.asp> (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [25] <http://www.kimyaevi.org/elementler/demir/reaksiyon.asp> (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [26] <http://www.kimyaevi.org/elementler/demir/alan.asp> (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [27] <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Fe/key.html> (Erişim Tarihi: Ekim 2006)

- [28] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Demir> (Erişim Tarihi: Ekim **2006**)
- [29] <http://www.kimyaevi.org/elementler/bakir/bakir.asp> (Erişim Tarihi: Ağustos **2006**)
- [30] <http://www.kimyaevi.org/elementler/bakir/kimyasal.asp> (Erişim Tarihi: Ağustos **2006**)
- [31] <http://www.kimyaevi.org/elementler/bakir/reaksiyon.asp> (Erişim Tarihi: Ağustos **2006**)
- [32] <http://www.kimyaevi.org/elementler/bakir/alan.asp> (Erişim Tarihi: Ağustos **2006**)
- [33] <http://en.wikipedia.org/wiki/Copper> (Erişim Tarihi: Ağustos **2006**)
- [34] <http://tr.wikipedia.org/wiki/inko> (Erişim Tarihi: Eyll **2006**)
- [35] <http://www.kimyaevi.org/elementler/cinko/cinko.asp> (Erişim Tarihi: Eyll **2006**)
- [36] <http://www.kimyaevi.org/elementler/cinko/kimyasal.asp> (Erişim Tarihi: Eyll **2006**)
- [37] <http://www.kimyaevi.org/elementler/cinko/reaksiyon.asp> (Erişim Tarihi: Eyll **2006**)
- [38] <http://www.kimyaevi.org/elementler/cinko/alan.asp> (Erişim Tarihi: Eyll **2006**)
- [39] <http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Zn/key.html> (Erişim Tarihi: Eyll **2006**)
- [40] Chen, H. et al.: “*Bioremediation Potential of Spirulina: Toxicity and Biosorption Studies of Lead*”, Journal of Zhejiang University Science, 3 (2005) 171-174.
- [41] eribaşı, H. et al.: “*Biosorption of Ni (ii) and Pb (ii) by Phanerochaete Chrysosporium from a Binary Metal System – Kinetics*”, South African Water Research Commition, 27 (2001) 15-19.
- [42] Hussein, H. et al.: “*Biosorption of Heavy Metals from Waste Water Using Pseudomonas Sp*”, Electronic Journal of Biotechnology, 7 (2004) 38-46.
- [43] <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~emreca/tez/adsorpsiyon.htm> (Erişim Tarihi: Ocak **2007**)
- [44] Kotrba, P. et al.: “*Enhanced Bioaccumulation of Heavy Metal Ions by Bacterial Cells Due to Surface Display of Short Metal Binding Peptides*”, Applied and Environmental Microbiology, 65 (1999) 1092-1098.

- [45] Metcalf & Eddy: “*Wastewater Engineering Treatment and Reuse*” Metcalf & Eddy Inc., USA, (1991) 314-324.
- [46] <http://www.gidb.itu.edu.tr/foy.pdf> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [47] Muslu, Y.: “Su ve Atıksu Mühendisliği” Su Vakfı Yayınları, İstanbul, Türkiye, (2001) 340-360
- [48] Oberholster, P. et al.: “*Microcystis aeruginosa: Source of Toxic Microcystins in Drinking Water*”, African journal of Biotechnology, 3 (2004) 159-168.
- [49] Demirsoy, A.: “*Yaşamın Temel Kuralları*”, Ankara, Türkiye, (1999) 3-4.
- [50] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Monera> (Erişim Tarihi: Ocak 2007)
- [51] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/canlilar/monera/monera.htm> (Erişim Tarihi: Aralık 2006)
- [52] Örgenç, C.: “*Çevre Mikrobiyolojisi*”, Değişim Yayınları, İstanbul, Türkiye, (2003) 21-34.
- [53] <http://en.wikipedia.org/wiki/Bacteria> (Erişim Tarihi: Aralık 2006)
- [54] Gould, J.: “*Biological Science*” W.W.Norton & Company Inc., New York, USA, (1993) 559-583.
- [55] Öner, M.: “*Genel Mikrobiyoloji*” Ege Üniversitesi Kitaplar Serisi No:94, İzmir, Türkiye, (2006) 20-56.
- [56] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/canlilar/img/prokaryotb.jpg> (Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [57] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/af/e/ea/Bacteria_shape.png (Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [58] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/af/e/ea/Bacteria_shape.png (Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [59] <http://www.uic.edu/classes/bios/bios100/lecturesf04am/binfission.jpg> (Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [60] <http://textbookofbacteriology.net/growth.html> (Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [61] http://tr.wikipedia.org/wiki/Robert_Koch (Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [62] Ronan, C.: “*Bilim Tarihi*”, TÜBİTAK, İstanbul, Türkiye, (2005) 417-418.
- [63] Bartram, J.: “*Toxic Cyanobacteria in Water: A Guide to Their Public Health Consequences, Monitoring and Management*”, WHO, London, UK, (1999) 27-48.
- [64] <http://www.rvt.com/~lucas/school/cyano.html> (Erişim Tarihi: Mart 2007)

- [65] <http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/cyanofr.html> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [66] <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/canlilar/monera/cyanobacteria.htm> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [67] <http://www.wwt.org.uk/flamingo/lesser.asp> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [68] http://www.bact.wisc.edu/Microtextbook/images/book_4/chapter_2/2-53.jpg (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [69] <http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/cyanolh.html> (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [70] http://www.algaebase.org/GeneraDetail.lasso?genus_id=43294&sk=0&session=abv3:556BFBA4030db2F3ErLG25193B8 (Erişim Tarihi: Ekim 2006)
- [71] <http://www-cyanosite.bio.purdue.edu/images/lgimages/microcy3.jpg> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [72] <http://www-cyanosite.bio.purdue.edu/images/lgimages/microcy12.jpg> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [73] <http://www-cyanosite.bio.purdue.edu/images/lgimages/microcy4.jpg> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [74] <http://www.oregon.gov/DHS/ph/envtox/mafact.shtml> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [75] <http://en.wikipedia.org/wiki/Microcystin> (Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [76] Greenberg, A. et al.: "*Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*" American Public Health Association, Washington, USA, (2005) 3.13 – 3.14

ÖZGEÇMİŞ

Nebiye Gökçe GÖKAĞAÇLI 19.05.1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini İbrahim Alaettin Gövsa ilköğretim okulunda, ortaöğrenimini Oğuzkaan Koleji'nde, lise öğrenimini ise Ar-El Koleji'nde tamamladı. 2000 yılında Marmara Üniversitesi Biyoloji bölümünü kazandı. 2004 yılında biyolog olarak mezun oldu. Aynı sene Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Yüksek lisans öğrenimi boyunca iki TÜBİTAK ve iki Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesinde faal olarak görev aldı. 2005 yılında başlayan, Prof.Dr. İsmail PEKER'in ve Prof.Dr. Beyza ÜSTÜN'ün önderliğinde yürütülen "*Microcystis sp.* İle Demir, Bakır ve Çinko Metallerinin Giderimi" adlı Yüksek Lisans tezi tamamlanmıştır.

EKLER

EK A: KÜÇÜKÇEKMECE HAVZASINDAKİ SANAYİ ÇEŞİTLERİ VE ALT KOLLARI

1. Petrol, kauçuk ve plastik ürünleri imalatı

- Kalıba plastik enjeksiyon ile şekillendirme
- Kalıba dökme plastik imalatı
- Plastik kablo üretimi
- Suni deri üretimi
- Plastik geri dönüşüm
- Plastik çuval ve jüt üretimi
- LPG tüpleme tesisleri sanayi

2. Taş-toprağa dayalı ürünler imalatı

- Cam ve cam ürünleri imalatı

3. Tekstil giyim ve deri sanayi

- Konfeksiyon
- Örne
- Dokuma
- Yıkama
- Baskı
- Yıkama ve tint boyama
- Kumaş boyama
- Deri işleme ve konfeksiyon sanayi

4. Depolama ve nakliyat

5. İlaç endüstrisi

6. Kâğıt, ambalaj, kâğıt ürünler ve basım imalatı

- Baskı
- Kağıt geri dönüşüm
- Kağıt ürünleri imali (Konfeksiyon ve Ambalaj)

7. Kimya endüstrisi

- Tutkal üretimi
- Boya üretimi
- Tekstil kimyasalları üretimi
- Deri yardımcı kimyasalları üretimi
- İnsektisit üretimi
- Sabun, temizleyici madde, parfüm, kozmetik ve diğer tuvalet malzemeleri üretimi

8. Orman ürünleri ve mobilya imalat sanayi

9. Metal endüstrisi

- Demir ve Çelik Sanayi
 - ◆ Metal son işlemler
 - ◆ Döküm
 - ◆ Şekil verme
- Alüminyum Sanayi
 - ◆ Metal son işlemler
 - ◆ Döküm
 - ◆ Şekil verme

10. Gıda imalatı