



**T.C.
KAHRANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

KİL MİNERALİNİN ÇÖZELTİDEN BAKIR VE NİKEL İYONLARINI ADSORPSİYONU

TUĞBA GÖNEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
Ağustos 2009**



**T.C.
KAHRANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

KİL MİNERALİNİN ÇÖZELTİDEN BAKIR VE NİKEL İYONLARINI ADSORPSİYONU

TUĞBA GÖNEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
Ağustos 2009**

T.C.
KAHRANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

KİL MİNERALİNİN ÇÖZELTİDEN BAKIR VE NİKEL İYONLARINI ADSORPSİYONU

TUĞBA GÖNEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No:

Bu Tez 14/08/2009 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oy Birliği İle Kabul Edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr.
Ali Rıza DEMİRKİRAN
DANIŞMAN

Doç.Dr.
Bilal ACEMİOĞLU
2. DANIŞMAN

Doç.Dr.
Hasan MERDUN
ÜYE

Doç.Dr.
Kadir YILMAZ
ÜYE

Doç. Dr.
Recep GÜNDOĞAN
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof.Dr. Süleyman TOLUN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma K.S.Ü Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 2007/4-9

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

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÖNSÖZ.....	VI
SİMGELER DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Kil ve Kil Mineralleri Hakkında Genel Bilgiler.....	1
1.2. Kil Mineralleri.....	1
1.2.1. Kil minerallerinin sınıflandırılması.....	1
1.2.1.1. Amorf yapıdaki kil mineralleri.....	2
1.2.1.2. Kristal yapıdaki kil mineralleri.....	2
1.2.1.2.1. İki tabakalı olanlar.....	2
1.2.1.2.2. Üç tabakalı olanlar.....	2
1.2.1.2.2.1. Genişleyen kristal yapıları olanlar.....	2
1.2.1.2.2.1.1. Montmorillonit.....	2
1.2.1.2.2.1.2. Bentonit.....	3
1.2.1.2.2.1.3. Vermikülit.....	3
1.2.1.2.2.2. Genişlemeyen kristal yapıları kil mineralleri.....	3
1.2.1.3. Karışık (karma) tabakalı kil mineralleri.....	4
1.2.1.4. Zincir yapıları olan kil mineralleri.....	4
1.3. Adsorpsiyon.....	4
1.3.1. Adsorpsiyon Türleri.....	4
1.3.1.1. Fiziksel adsorpsiyon.....	4
1.3.1.2. Kimyasal adsorpsiyon.....	5
1.4. Ağır Metallerin Genel Özellikleri ve Toksik Etkileri.....	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3. MATERYAL VE METOT.....	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Metot.....	10
3.2.1. Saturasyon.....	10
3.2.2. Tuzluluk tayini.....	10
3.2.3. pH tayini.....	10
3.2.4. KDK tayini.....	10
3.2.5. Adsorpsiyon çalışması.....	11
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	12
4.1. Araştırmada Kullanılan Kilin Özellikleri.....	12
4.2. Bakır Adsorpsiyonu.....	12
4.2.1. 50 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C'de).....	13
4.2.2. 100 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C).....	16
4.2.3. 150 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C) nunun belirlenmesi (20 °C).....	19
4.2.4. 200 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan	22

Cu'nun belirlenmesi (20 °C).....	26
4.2.5. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kilin ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Cu miktarının belirlenmesi (30°C)	26
4.2.6. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kilin ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Cu miktarının belirlenmesi (40°C)	27
4.2.7. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kilin ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Cu miktarının belirlenmesi (50°C).....	27
4.2.8. 50 ppm'lik Cu çözeltisindeki 5 g kil ile farklı sıcaklıklarda adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C).....	28
4.2.9. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültide farklı pH'larda adsorplanan Cu'nun belirlenmesi	30
4.2.2. Nikel Adsorpsiyonu.....	31
4.3.1. Farklı konsantrasyonlardaki Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (20 °C).....	34
4.3.2. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (30 °C).....	35
4.3.3. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (40 °C)	35
4.3.4. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (50 °C).....	35
4.3.5. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklardan elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C).....	36
4.3.6. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı pH'lardan elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (20 °C).....	38
4.4. Bakır ve Nikelin birbirleri ile karıştırılması sonucu elde edilen karışım çözeltisinin adsorpsiyonu.....	38
4.4.1. Karışım çözeltisinden adsorplanan Ni miktarının belirlenmesi.....	39
4.4.1.1. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözelti karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (30 °C).....	39
4.4.1.2. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (40 °C).....	40
4.4.1.3. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (50 °C).....	42
4.4.1.4 50 ppm' lik Ni çözeltisi ile 50 ppm' lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden pH = 3'de adsorplanan Ni'in belirlenmesi ...	42
4.4.1.5. 50 ppm' lik Ni çözeltisi ile 50 ppm' lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden pH = 4'de adsorplanan Ni'in belirlenmesi.....	44
4.4.2. Karışımın çözeltisinden adsorplanan bakır miktarının belirlenmesi	44
4.4.2.1. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (30 °C'de).....	44
4.4.2.2. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (40 °C)....	45
4.4.2.3. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (50 °C)....	46
4.4.2.4. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil	46

ilavesiyle farklı pH'lardan elde edilecek çözeltilerden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi.....	
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
6. KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	56

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TOPRAK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

KİL MİNERALİNİN ÇÖZELTİDEN BAKIR VE NİKEL İYONLARINI
ADSORPSİYONU

TUĞBA GÖNEN

DANIŞMAN : Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKİRAN
İKİNCİ DANIŞMAN: Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU
Yıl: 2009 Sayfa: 56

Jüri : Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKİRAN
: Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU
: Doç. Dr. Hasan MERDUN
: Doç. Dr. Kadir YILMAZ
: Doç. Dr. Recep GÜNDOĞAN

Bu çalışmada, Kahramanmaraş bölgesinden temin edilen, montmorillonit grubu beyaz kil üzerine bakır(II) ve nikel(II) iyonlarının adsorpsiyonu incelendi. Adsorpsiyon üzerine kil miktarı, başlangıç metal iyonu konsantrasyonu, pH ve sıcaklığın etkisi çalışıldı. Sonuçlar; kil miktarı, konsantrasyon, pH ve sıcaklıktaki artışların metal iyonu adsorpsiyonlarında artışa yol açtığını gösterdi. Ayrıca bakır(II) ve nikel (II) iyonlarının yarışmalı adsorpsiyonu değişik pH ve sıcaklıklarda çalışıldı ve bakır(II) iyonunun nikel iyonundan daha fazla adsorplandığı görüldü. Sonuç olarak, kilin metal iyonları adsorpsiyonu için yüksek bir adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu gözlemlendi. Tüm deneysel şartlar altında kil tarafından bakır (II) ve nikel (II) iyonları adsorpsiyonunun sırasıyla %92,3 – 100 ve % 90,26 – 97,82 aralığında olduğu belirlendi.

Anahtar kelimeler : Adsorpsiyon, kil, bakır, nikel.

**UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAS SUTCU İMAM
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES IN SCIENCE AND ENGINEERING
DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE**

MSc THESIS

ABSTRACT

**ADSORPTION OF COPPER AND NICKEL IONS FROM SOLUTION WITH CLAY
MINERAL**

TUĞBA GÖNEN

SUPERVISOR: Asist. Prof. Dr. Ali Rıza DEMİRKİRAN

SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU

Year: 2009 Page: 56

**Jury : Asist. Prof. Dr.. Ali Rıza DEMİRKİRAN
 : Assoc. Prof. Dr. Bilal ACEMİOĞLU
 : Assoc. Prof. Dr. Hasan MERDUN
 : Assoc. Prof. Dr. Kadir YILMAZ
 : Assoc. Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN**

In this study, the adsorption of Cu(II) and Ni(II) ions onto white clay of montmorillonite group obtained from the Kahramanmaraş region was investigated. The effects of clay amount, initial metal ion concentration, pH, and temperature on the adsorption were studied. The results showed that the increases in the clay amount, initial metal ion concentration, pH and temperature led to the increases in the metal ion adsorptions. Besides, the competitive adsorption of Cu(II) and Ni(II) ions was studied at different pH and temperatures and it was shown that Cu(II) ions were more adsorbed than Ni(II) ions. As a result, it was observed that clay had a high adsorption capacity for metal ions. It was determined that the adsorption of Cu(II) and Ni(II) ions by clay was in the range of 92.3 – 100 % adsorption and 90.26 – 97.82 % under all experimental conditions, respectively.

Key words : Adsorption, clay, copper, nickel.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, Kahramanmaraş bölgesinden temin edilen montmorillonit grubu beyaz kilin bazı ağır metalleri adsorplama özellikleri ile ilgilidir. Adsorpsiyon ve killer ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Yapılan bu çalışma, Kahramanmaraş kili üzerinde olduğu için bu yörede yapılan ilk çalışmadır. Bu nedenle bu çalışma daha sonraki çalışmalara önemli bir kaynak literatür olması açısından önemlidir.

Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Rıza DEMİRKİRAN'a, ikinci danışman hocam sayın Doç. Dr. Bilal ACEMİOĞLU' na, Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Hocalarıma, Doç. Dr. Hasan MERDUN hocama, Remzi AKSU ve emeği geçen herkese teşekkür ederim. Ailemle ve özellikle de annem Hatice HOYLU'ya şükranlarımı belirtirim.

Ağustos 2009
KAHRAMANMARAŞ

TUĞBA GÖNEN

ÇİZELGELER VE ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1. Montmorillonit mineralinin strüktürel yapısı ve yük dağılımı.....	3
Çizelge 4.1. Denemede kullanılan killerin analiz sonuçları.....	12
Çizelge 4.2. Kilin XRD’de Tümkaya ve kil mineral bileşimleri.....	12
Çizelge 4.3. 50 ppm’lik Cu çözeltisine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH : 5.15).....	13
Çizelge 4.4. 50 ppm’lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH : 5.29).....	13
Çizelge 4.5. 50 ppm’lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH : 5.44)	14
Çizelge 4.6. 50 ppm’lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH : 5.27)	14
Çizelge 4.7. 50 ppm’lik Cu çözeltisine 2,5 , 5, 7,5 ve 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması.....	15
Şekil 4.1. 50 ppm’lik Cu çözeltisindeki farklı miktarlardaki killerin qe grafiği	15
Çizelge 4.8. 100 ppm’lik Cu çözeltisine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.29).....	16
Çizelge 4.9. 100 ppm’lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.32).....	16
Çizelge 4.10. 100 ppm’lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.30).....	17
Çizelge 4.11. 100 ppm’lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.34)	17
Çizelge 4.12. 100 ppm’lik Cu çözeltisine 2,5 , 5, 7,5 ve 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması.....	18
Şekil 4.2. 100 ppm’lik Cu çözeltisindeki farklı miktardaki killerin qe grafiği.....	18
Çizelge 4.13. 150 ppm’lik Cu çözeltisine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.22).....	19

Çizelge 4.14. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.24)	19
Çizelge 4.15. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.18).....	20
Çizelge 4.16. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.19).....	20
Çizelge 4.17. 150 ppm Cu çözeltisine 2,5, 5, 7,5 ve 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması.....	21
Şekil 4.3. 150 ppm'lik Cu çözeltisindeki farklı miktardaki killerin qe grafiği	21
Çizelge 4.18. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.18).....	22
Çizelge 4.19. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.19)	22
Çizelge 4.20. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.20)	23
Çizelge 4.21. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.16).....	23
Çizelge 4.22. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 2,5, 5, 7,5 ve 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması	24
Şekil 4.4. 200 ppm'lik Cu çözeltisindeki farklı miktardaki killerin qe grafiği	24
Çizelge 4.23. Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı konsantrasyondaki qe değerleri	25
Şekil 4.5. Cu çözeltisinin farklı konsantrasyonlardaki qe grafiği	25
Çizelge 4.24. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 30 °C, pH: 5.20).....	26
Çizelge 4.25. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 40 °C, pH: 5.18).....	26
Çizelge 4.26. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 50 °C, pH: 5.22)	27
Çizelge 4.27. 50 ppm'lik Cu çözeltisine kil ilavesiyle farklı sıcaklıklar da adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması	27

Şekil 4.6. 50 ppm Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı sıcaklıklardaki qe grafiği	28
Çizelge 4.28. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH= 3 de adsorplanan Cu miktarları	28
Çizelge 4.29. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH= 4 de adsorplanan Cu miktarları	29
Çizelge 4.30. 50ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı pH da adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması	29
Şekil 4.7. 50 ppm Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı pH'lardaki qe grafiği.....	30
Çizelge 4.31 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5.40)	31
Çizelge 4.32. 100 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g Kilin Ni Adsorpsiyonu Belirlenmesi (20 °C)	31
Çizelge 4.33. 150 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g Kilin Ni Adsorpsiyonu Belirlenmesi (20 °C)	32
Çizelge 4.34. 200 ppm lik Ni çözeltisine 5 g Kilin Ni Adsorpsiyonu Belirlenmesi (20 °C)	32
Çizelge 4.35. Ni çözeltisindeki 5 g kilin farklı konsantrasyondaki qe' lerinin karşılaştırması.....	33
Şekil 4.8. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil atılarak farklı konsantrasyonlardaki qe grafiği.....	33
Çizelge 4.36. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık : 30 °C, pH: 5.40)	34
Çizelge 4.37. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık : 40 °C, pH: 5.42)	34
Çizelge 4.38. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık : 50 °C, pH: 5.41)	35
Çizelge 4.39. 50 ppm'lik Ni çözeltisine kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda adsorplanan Ni miktarları karşılaştırması.....	35
Şekil 4.9. 50 ppm'lik Ni çözeltisinde 5 g kilin farklı sıcaklıklardaki qe grafiği	36
Çizelge 4.40. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH = 3 adsorplanan Ni miktarları.....	36

Çizelge 4.41. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH = 4 adsorplanan Ni miktarları	37
Çizelge 4.42. 50 ppm'lik Ni çözeltine 5 g kil ilavesiyle farklı pH adsorplanan Ni miktarlarının qe değerleri.....	37
Şekil 4.10. 50 ppm'lik Ni çözeltisindeki 5 g kilin farklı pH' lardaki qe grafiği	38
Çizelge 4.43. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 30 °C de adsorplanan Ni miktarları.....	39
Çizelge 4.44. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 40 °C' de adsorplanan Ni miktarları.....	39
Çizelge 4.45. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 50 °C' de adsorplanan Ni miktarları.....	40
Çizelge 4.46. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda adsorplanan Ni miktarları.....	40
Şekil 4.11. 50 ppm'lik Ni ve Cu karışımından Ni'in 5 g kildeki farklı sıcaklıklardaki qe grafiği.....	41
Çizelge 4.47. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH = 3' de adsorplanan Ni miktarları.....	42
Çizelge 4.48. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH = 4 de adsorplanan Ni miktarları.....	42
Çizelge 4.49. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm lik Cu çözeltisi karışımına kil ilavesiyle farklı pH' da adsorplanan Ni miktarları.....	43
Şekil 4.12. 50ppm'lik Ni ve Cu karışımından Ni'in 5 g kilde farklı pH' lardaki qe grafiği.....	43
Çizelge 4.50. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 gr kil ilavesiyle 30 °C' de adsorplanan Cu miktarları.....	44
Çizelge 4.51. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 40 °C' de adsorplanan Cu miktarları.....	44
Çizelge 4.52. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 50 °C' de adsorplanan Cu miktarları.....	45
Çizelge 4.53. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda adsorplanan Cu miktarları.....	45

Şekil 4.13. 50 ppm’lik Ni ve Cu çözeltisindeki 5 g kilin Cu qe grafiği.....	46
Çizelge 4.54. 50 ppm’lik Ni çözeltisi ve 50 ppm’lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH=3’ de adsorplanan Cu miktarları.....	46
Çizelge 4.55. 50 ppm’lik Ni çözeltisi ve 50 ppm’lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH = 4’ de adsorplanan Cu miktarları.....	47
Çizelge 4.56. 50 ppm’lik Ni çözeltisi ve 50 ppm’lik Cu çözeltisi karışımına kil ilavesiyle farklı pH da adsorplanan Cu miktarları.....	47
Şekil 4.14. 50 ppm’lik Ni ve Cu karışımına 5 g kildeki Cu’un farklı pH’daki qe grafiği.....	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

g	: Gram
kg	: Kilogram
ml	: Mililitre
ppm:	: Part per million (milyonda bir kısım)
%	: Yüzde
m	: Metre
Ort.	: Ortalama
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
Cu	: Bakır
Ni	: Nikel
AAS	: Atomik absorpsiyon spektrometresi
XRD	: X-Ray difraktometre
NH₄OAc	: Amonyum asetat
EC	: Elektiriki iletkenlik
pH	: Toprak reaksiyonu
°C	: Santigrat derece
µm	: Miliekivalen
mg	: Milligram

1. GİRİŞ

Tekstil, boya, kozmetik gibi endüstriyel sektörlerin neden oldukları atık sular boyar maddeler içerdiği için kirlilik oluşturmaktadır. Atık suları yüzey sularına yer altı sularına ve oradan da içme sularına karışarak insanlarda kansere, mutasyonlara ve cilt hastalıklarına neden olmaktadır. Çevreyi ve insan sağlığını tehdit eden bu atık suların arıtılması oldukça önemli bir sorundur. Bu nedenle atık suların arıtılması için aktif karbon adsorpsiyonu, koagülasyon, kimyasal oksidasyon ve biyolojik işlemler gibi birçok yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan aktif kömür adsorpsiyonu atık suların içinde bulunan organik ve inorganik kirliliklerin, boyar ve pigment maddelerin arıtılmasında etkilidir. Fakat aktif kömürün kullanımı gelişmekte olan ülkeler ve ülkemiz için ekonomik açıdan oldukça pahalıya mal olacağı için pek tercih edilmemektedir. Bu yüzden bilim adamları son yıllarda aktif kömür yerine daha ekonomik olan kil, uçucu kül, kömür(çarkol), perlit ve mantar gibi maddeleri adsorbent olarak kullanmaya başlamışlardır. Adsorbent olarak kullanılan kil ile ilgili birçok çalışmalar yapılmıştır. Kil mineralleri ve özellikleri, adsorpsiyon ve ağır metallerin özellikleri hakkında bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

1.1. Kil ve Kil Mineralleri Hakkında Genel Bilgiler

Killer, kil mineralleri olarak bilinen bir veya birden fazla mineral gruplarının son derece küçük kristal yapıları parçacıklarıdır (Akıncı, 2005).

1.2. Kil Mineralleri

Kil mineralleri iki yapısal birimden oluşmaktadır. Bu yapısal birimlerden ilki silikatetrahedraldir. Silikatetrahedral de; silisyum atomu köşelerdeki dört oksijene aynı uzaklıklar da tetrahedralin ortasında bulunur. Silikatetrahedrali, hegzogonal bir kristal kafes biçiminde oluşacak şekilde dizilirler. İkinci yapısal birim ise; birbirine yakın olarak sıralanmış iki oksijen veya hidroksil tabakasından oluşan ve bu iki tabakanın arasında oktahedral koordinasyonlu bir alüminyum, magnezyum ve demir elementlerinden biri bulunmaktadır. Tek bir oktahedral yapıda altı oksijen ya da hidroksil grubu bulunur. Dört yüzlü ve sekiz yüzlülerin bir araya gelerek oluşturdukları düzlemler farklı şekillerde üst üste gelerek kil minerallerini meydana getirirler (Öncü, 2006).

1.2.1. Kil minerallerinin sınıflandırılması

Kil mineralleri yapısal özelliklerinin durumuna göre; Amorf yapıda olanlar (Allofanlar grubu), kristal yapılarına göre (İki tabakalı ve üç tabakalı gruplar), karışık (karma) tabakalı olanlar (klorit grubu), zincir yapıları olanlar (sepiyolit, atapuljit) şeklinde sınıflandırmışlardır. (Grim, 1968).

1.2.1.1. Amorf yapıdaki kil mineralleri

Bu yapıdaki kil mineralleri örnek olarak kimyasal formülü $X.Al_2O_3 \cdot Y.SiO_2 \cdot Z.H_2O$ şeklinde gösterilen allofanın bileşiminde SiO_2 / Al_2O_3 oranı 0,5 – 1,8 arasındadır. Bu orana ters orantılı olarak yapısındaki gibsit artmaktadır. Bu kil mineralleri saf oldukları zaman renksiz ve saydam yabancı maddelerle karıştırıldığı zamanda da rengi mavi, yeşil, sarı ve kahverengidir (Grim, 1968).

1.2.1.2. Kristal yapıdaki kil mineralleri**1.2.1.2.1. İki tabakalı olanlar**

Bu grup kil mineralleri bir kat silikatetrahedral den bir kat alüminaoktahedralden oluşmuştur (1:1 tipi). Bu grubun en çok bilinen kil minerali kaolinittir. Kaolinitin kimyasal bileşimi % 46,54 SiO_2 , % 39,50 Al_2O_3 , % 13,96 H_2O şeklindedir. Kaolinit mineralleri saf oldukları zaman beyaz renkli ve mat görünüşlüdürler.

1.2.1.2.2. Üç tabakalı olanlar

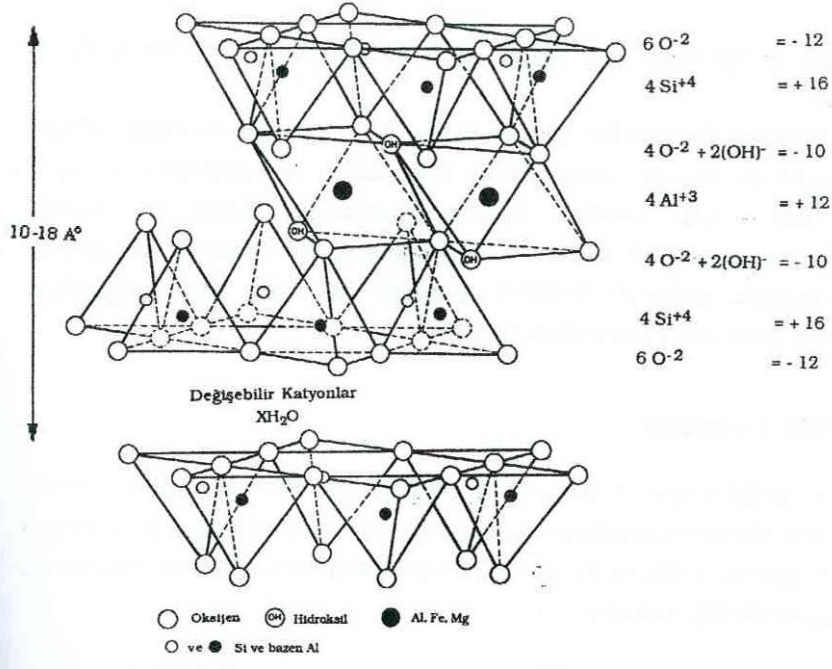
Bu grup kil mineralleri iki kat silikatetrahedral'den bir kat dioktahedralden oluşmuştur.(2:1 tipi) bu gruptaki kil mineralleri kendi aralarında genişleyen ve genişlemeyen kristal yapılar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

1.2.1.2.2.1. Genişleyen kristal yapıları olanlar

Bunlar çok küçük kristal taneciklerden oluşurlar ve en çok bilinenleri; Montmorillonit, bentonit ve vermikülittir.

1.2.1.2.2.1.1. Montmorillonit

Kimyasal formülü $Al_4(Si_4O_{10})_2(OH)_4 \cdot xH_2O$ şeklindedir. Montmorillonitin geometrik yapısı şekil 1'de gösterilmiştir. Doğal Montmorillonit kristali alttan ve üstten iki silika tabakası ile çevrelenmiş bir gibsit tabakalarının kristallerin üst üste gelmesiyle oluşmuştur. Bu sebepten dolayı montmorillonit kil minerallerine 2:1 tipi kil mineralleri denir. Tüm tetrahedronunun uç kısımları aynı yönde ve ünitenin merkezine doğrudur. Her silisyum tetrahedronunun uçtaki atomu ile oktahedron tabakalarındaki hidroksiller ortak bir tabaka oluştururlar bu atomda oksijen atomudur. Silisyum-alüminyum-silisyum'dan meydana gelen kısımların üst üste birikmeleri esnasında bu tabakalar arasındaki oksijen-oksijen bağının çok zayıf olması sebebiyle, montmorillonit tipi kil minerallerinde ünitelerin birbirinden ayrılması oldukça kolaydır. Montmorillonitin şişme, büzülme ve su tutma kapasiteleri çok fazladır (Sağlam, 2008).



Şekil.1: Montmorillonit mineralinin iskelet yapısı ve yük dağılımı (Grim, 1968).

Dioktahedral yapıda bulunan bu mineralin kation değiştirme kapasitesi 80–150 meg/100g'dır. Oktahedral tabakanın uç kısmında bulunan Alüminyum magnezyumla yer değiştirirse Heklorit alüminyum demirle yer değiştirirse Nontronit, alüminyum çinko ile yer değiştirirse Sosonit oluşmaktadır.

1.2.1.2.2.1.2. Bentonit

Bentonit bir mineral değildir, bir kaya kütesine verilen isimdir. Bu kütlemin en önemli özelliği yüksek miktarda koloidal yapı göstermesi ve şişme özelliğinin oldukça fazla olmasıdır. Bentonittin içindeki etkili kil minerali montmorillonittir. Ayrıca içerisinde biraz kaolinit, illit ve bir miktar da kil olmayan materyaller (volkanik materyaller) yer alır.

1.2.1.2.2.1.3. Vermikülit

Vermikülit minerali de 2:1 tipi kil mineralidir. Kloritlerin veya mikaların parçalanmalarından ve ayrışmalarından bu tip kil minerallerinde K'nın yerini Mg ve Fe almaktadır. Topraklarda fazla miktarlarda bulunmaktadır ve şişme özellikleri çok fazladır.

1.2.1.2.2.2. Genişlemeyen kristal yapılu kil mineralleri

Bu gruptaki kil minerallerinin en yaygın olanı illittir. İllit minerali yapı özelliği bakımından mika mineraline benzer. Montmorillonitte olduğu gibi strüktür yapısı iki silisyum tetrahedral tabakasının arasına alüminyum oktahedralin girmesiyle oluşmuştur. Yapılarında K bulundurulur. Smektitlere göre şişmezler rengi beyaz ve pembesidir.

1.2.1.3. Karışık (karma) tabakalı kil mineralleri

Birçok killi maddeler, birden çok kil minerallerinin karışımlarından oluşmuştur. Bu karışımlarda kil minerallerinin tane boylarında geometrik şekillerinde herhangi bir değişme olmaz. Karışık tabakalı kil minerallerinin her bir tabakası farklı kil minerallerinden oluşmaktadır ve kalınlıkları diğer killere göre büyüktür. Karışık tabakalı kil minerallerinin en yaygın olanı yeşil renkli ve demirce zengin olan klorittir.

1.2.1.4. Zincir yapılı olan kil mineralleri

Bu tipteki kil mineralleri elektron mikroskopunda lifli yapıda gözükmemektedir. Bu mineraller ortalarında Al veya Mg oktahedraleri ve silistetrahedral düzleminden oluşmuşlardır. Bu tip kil minerallerinin en yaygın olanı sepiyolittir.

1.3. Adsorpsiyon

Gaz ya da sıvı fazında veya herhangi bir çözümlerde bulunan çözümlenmiş maddelerin atomları, iyonları veya moleküllerinin katı bir maddenin yüzeyinde tutunması olayına adsorpsiyon denir (Öncü, 2006). Adsorpsiyon işleminde adsorplanan türlere adsorbat denir. Yüzeyinde adsorpsiyon gerçekleşen maddeye adsorbent denir. İyi bir adsorbentin temel özelliği birim kütle başına geniş yüzey alanına sahip olmasıdır en yaygın olarak kullanılan adsorbent aktif karbondur, fakat maliyetinin yüksekliğinden çok fazla kullanılmamaktadır aktif karbon yerine alternatif olarak kullanılan adsorbentleri şöyle sıralayabiliriz, doğal adsorbent olarak; kitosan, kil, zeolit, endüstriyel adsorbent olarak; atık çamur ve kül gibi atıklar, tarımsal atık adsorbentlerine ise, pirinç kabuğu, narenciye kabuğu ve Hindistan cevizi kabuğu gibi örnekler verilebilir.

Bu adsorbentler düşük maliyetleri, arıtımda gösterdikleri verimleri ve yüksek metal bağlama kapasitesine sahip olmaları nedeniyle kullanılmaktadırlar.

1.3.1. Adsorpsiyon Türleri

1.3.1.1. Fiziksel adsorpsiyon

Bir gaz ya da buharın bir katı yüzeyinde Van Der Waals gibi zayıf bağlarla tutunmasına fiziksel adsorpsiyon denir. Fiziksel adsorpsiyonda adsorbent ile adsorplanan arasında yoğunlaşmaya benzer zayıf etkileşimler söz konusudur. Fiziksel adsorpsiyon yüzeyde tek tabakalı ya da birden çok tabakalı şekilde meydana gelebilir ve genellikle bir aktivasyon enerjisi gerektirmeyebilir.

1.3.1.2. Kimyasal adsorpsiyon

Bir gaz ya da buharın bir katı yüzeyinde kuvvetli bağlarla tutunmasına kimyasal adsorpsiyon denir. Kimyasal adsorpsiyon genellikle yüzeyde tek tabakalı yani mono moleküller şeklinde meydana gelebilir ve bir aktifleşme enerjisi gerektirir.

1.4. Ağır Metallerin Genel Özellikleri ve Toksik Etkileri

Ağır metaller atom ağırlıkları yüksek olan ve periyodik cetveldeki geçiş elementleri grubundaki metallerin tümüdür. Bu gruba nikel, kurşun, çinko, civa, arsenik, kadmiyum, platin, bakır ve alüminyum olmak üzere 60'dan fazla metal girmektedir (Şahin, 2006).

Ağır metaller biyotaya yüksek düzeyde dayanıklılık ve zehirlilik etkisi göstermesi nedeniyle çevredeki en tehlikeli maddelerden biri olarak kabul edilmektedir. Ağır metaller, insanlar tarafından üretilen sayısız kimyasal maddeler ve ürünler aracılığı ile toprağa, suya ve yiyeceklere karışarak çok ciddi zararlara yol açmaktadır.

Toprakların ağır metallerle kirlenmesi endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu olabildiği gibi, ağır metal içeren kayaçların çeşitli nedenlerle çözünerek su ve toprak ortamına taşınmasıyla da ortaya çıkmaktadır. Topraklara karışarak buralarda birikme yapan ağır metaller mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla sıcakkanlılarda zehirlenmelere kadar birçok çevre ve insan sağlığı problemlerine neden olabilmektedir(Kahvecioğlu ve ark, 2004).

Ağır metaller, biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal olanlar ve yaşamsal olmayanlar diye iki şekilde sınıflandırılırlar.

Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin birçok oksidasyon redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır.

Yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedir. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan civadır.

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmaması dikkate alınan organizmaya bağlıdır. Örneğin nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken hayvanlarda iz elementli olarak bulunması gerekir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Killerin sulu çözeltilerdeki bazı ağır metal iyonlarını uzaklaştırmadaki etkinliklerini ortaya koymak için değişik çalışmalar yapılmıştır. Endüstriyel kaynaklı kirliliğin artmasıyla son yıllarda adsorpsiyon çalışmaları da hız kazanmıştır. Bu bağlamda çeşitli araştırmacılar adsorpsiyon çalışmalarında; pahalı bir madde olan aktif karbonu (Poon, 1986; Periasamy ve Namasivayam, 1994), daha ekonomik olan yerfıstığı kabuğundan elde ettikleri aktif karbonu (Periasamy ve Namasivayam, 1994), değişik tarımsal ürünleri (Marshall ve Johns, 1996), badem kabuğu, zeytin çekirdeği ve şeftali çekirdeğinden elde ettikleri aktif karbonu (Ferro-Gracia ve ark., 1988), lignini (Babel ve Kurniawan, 2003), kompost, peat, ağaç (çınar) kabuğu, meyve (ceviz) kabuğu, *Aspergillus tureens* ve *Macular remanniamus*'u (Azab ve Peterson, 1989) *Chlorella vulgaris*'i (Hosea ve ark., 1986), peat yosununu (Chaney ve Hundeman, 1979), antrasiti (taş kömürü) (Petrov ve ark., 1992), düşük kaliteli kömürü (Mital ve Venkobachar, 1993), amorf silisyum jelini (Filho ve ark., 1995), ziftli kömürü (Singh ve Rawat, 1994), fırındaki yanmış atıkları (Degodo ve ark., 1998), kalsiyumca zengin ucucu külün (Acemioglu, 2004), zeoliti (Wang ve ark., 2006), wollastoniti (bir çeşit kireç silikatu) (Sharma ve ark., 1990), bentoniti (Bareket ve ark., 1997; Lacin ve ark., 2005), kaolini (Orumwense, 1996; Castellini ve ark., 2005), götiti (Johnson, 1990) değişik kil minerallerini (Farrah ve Pickering, 1977; Benjamin ve ark., 1982; McLaren ve ark., 1998; Gupta ve ark., 2006) ve peat toprağını (McKay and Porter, 1997) kullanmışlardır.

Pınarlı ve Bilgiç.(1995), tarafından yapılan araştırmada doğal ve aktif killerin, evsel atık sularının koagülasyonunda geleneksel koagüllantlara alternatif olarak kullanılması amaçlanmıştır. Doğal kil, asit ile aktifleştirildikten sonra koagülant olarak kullanılmış ve ümit verici verimler alınmıştır. Killerin arıtım kapasiteleri ile kimyasal bileşimleri, yüzey özellikleri ve aktif hale getirilebilme özelliği arasında bir ilişkinin olduğu ortaya çıkmıştır. Ham atık suyunun koagülasyonu, sırasıyla (0,3– 1,5) g/L ve (30 – 80) mg/L doz aralıklarında aktifleşmiş kil ve demir (III) klorür ilave edilerek gerçekleştirilmiştir. Proseste aktif kil kullanılmasıyla elde edilen maksimum giderim verimleri; biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİs) için % 78, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) için % 79, fosfat için % 99 ve askıda katı madde (AKM) için % 96'dır. Diğer taraftan, demir (III) klorür kullanımı ile elde edilen maksimum giderim verimleri; BOİs için % 69, KOİ için % 66, fosfat için % 99 ve AKM için % 94 bulunmuştur. Arıtım proseslerinde doğal kil, aktifleştirilmiş kil kadar verimli bulunamamıştır.

Pradas ve ark.(1994), kadmiyum ve çinko iyonlarının 30 °C deki sıvı çözeltilerinden tabii bentonit üzerine 110 °C ve 200 °C ısıya tabii tutularak bentonit üzerine H₂SO₄ (0,5 mol dm³ ve 2,5 mol dm³ konsantrasyonlarda) ile muamele ederek adsorpsiyonu üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Isıyla muamele edilen doğal örnekler için X_m ve K_a değerlerinin, asitle muamele edilenlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Giderme etkinliği (R) her örnek için hesaplanmış, kadmiyum ve çinkonun adsorpsiyonu için sırasıyla % 65,9 ve % 8,2 [B-A(2,5) (bentonit asit 2,5 mol dm³)] ile % 100 ve % 19,9 [B-N-200(bentonit normal 200°C)] değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Deneyle, sıvı çözeltilerden çinko iyonlarını uzaklaştırmada bentonitin etkin olmadığını ancak, basit bir ısıtma işlemiyle (200°C) kadmiyum iyonlarını uzaklaştırmada belli konsantrasyon aralıklarında % 100 etkin olduğunu göstermiştir. Bu tip kil çok bol olduğundan ve 200°C'de aktivasyon çok pahalı olmadığından sıvı çözeltilerden Cd⁺² uzaklaştırmakta, aktifleştirilen bu maddenin kullanılmasının oldukça uygun olduğu belirtilmiştir.

Sen ve ark.(2002), çalışmalarında, Cu^{+2} ve Ni^{+2} iyonlarının sulu çözeltilerden demir oksit, kaolin ve kum üzerine adsorpsiyon dengesi ve kinetiğini araştırmışlardır. Kesikli adsorpsiyon çalışmaları, Cu^{+2} ve Ni^{+2} in kolloidal parçacıklar, demir oksit ve kaolin üzerinde kuma nispeten daha kuvvetli adsorplandığını göstermiştir. Cu^{+2} ve Ni^{+2} adsorpsiyonunun, sistem pH'ı ve katı adsorbent konsantrasyonunun bir fonksiyonu olduğu görülmüştür. Denge verileri, yaygın olarak kullanılan ve genel formu $X = K_f C^{+n}$ olan lineer olmayan Freundlich izotermi denge modeline uymaktadır. “n” in adsorbent yapısına bağlı olduğu; ancak pH gibi ortam şartlarına hemen hemen hiç bağlı olmadığı, diğer parametre “ K_f ”nin çözelti pH ‘na bağlı olarak değiştiği bulunmuştur.

Zorpas ve ark.(1999), yaptıkları çalışmalar sonucunda zeolitlerin metalce zengin çamurlarda metal gidericisi olarak kullanışlı olabileceğini ve doğal bir zeolit olan klinoptilolit ağır metalleri (Cd^{+2} , Cr^{+3} , Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Ni^{+2} , Pb^{+2} , Zn^{+2}) uzaklaştırma yeteneğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Elmacı ve ark.(2005), çalışmalarında, yaygın olarak kullanılan 3 alg türünü (*Chara sp.*, *Cladophora sp.* ve *Chlorella sp.*) sentetik olarak hazırlanan bir hidroliz boyar maddenin Remazol Turkish Blue-G ve Zn(II) , Cd(II) , Co(II) ağır metallerinin biyosorpsiyonu için kullanmışlardır. Kesikli olarak yürütülen denemelerde, değişik boyar madde konsantrasyonunda (40 – 100 mg/L) ve ağır metal konsantrasyonunda (20 – 60 mg/L) ve değişen pH aralığında (2.0 – 8.0) alg türlerinin biyosorpsiyon karakteristikleri araştırılmıştır. En iyi giderimin sağlandığı optimum pH, *Cladophora sp.* ile yapılan çalışmada Cd(II) , Zn(II) ve Co(II) için sırasıyla; 6.0, 5.0 ve 5.0. *Chara sp.* ile yapılan çalışmada 6.0, 5.0 ve 6.0 *Chlorella sp.* ile yürütülen çalışmada 5.0, 6.0 ve 5.0 olarak belirlenmiştir.

Srivastava ve Tvagi.(1989), adsorpsiyon yöntemiyle kurşun ve kadmiyum arıtımında montmorillonit ve kaolinin giderim etkinliklerini karşılaştırmışlardır. Montmorillonitin Pb^{+2} ve Cd^{+2} için adsorpsiyon kapasitesinin sırayla 0.68, 0.72 mg/g olduğu, kaolinin Pb^{+2} ve Cd^{+2} adsorpsiyon kapasitesinin sırayla 0.12, 0.32 mg/g olduğu bulunmuştur.. Katyonik yüzey aktif maddelerin varlığı her iki iyonun tutulmasını azaltmış, anyonik yüzey aktif maddeler ise giderimi artırmıştır.

Undaybeytia ve ark.(1994), montmorillonit üzerinde Cd^{+2} ve Zn^{+2} iyonlarının adsorpsiyonunu incelemişlerdir. Çinko, kadmiyuma göre daha yüksek iyonik potansiyele sahip olduğundan, kadmiyuma oranla montmorillonit üzerinde daha fazla tutulmuştur.

Singh. (1988), daha çok alüminosilikatlardan oluşan Çin kili kullanılarak atık sudan çinko giderimi çalışmıştır. Kaolin grubunun önemli yapı özelliği su ilavesi ile kabarmalarıdır. Kaolin ile maksimum giderim verimi pH = 8’de sağlanmış ve adsorpsiyon kapasitesi 1.25 mg Zn^{2+} /g olarak bulunmuştur.

Yadava ve ark. (1991), tarafından Çin kili ve wallostonit kullanılarak kurşun giderimi araştırılmıştır. Giderilen Pb^{+2} miktarının sıcaklığa bağlı olduğu ve adsorpsiyonun Langmuir izotermine uyduğu bulunmuştur. Çin kili ve wallostonit için maksimum giderim kapasitelerinin sırasıyla 0.41 ve 1.68 mg Pb^{2+} /g olduğu görülmüştür. Düşük sıcaklıkta daha yüksek metal giderimi olduğundan adsorpsiyon işlemi ekzotermik özellik göstermiştir.

Chantawong ve ark.(2001), Toy kaolini ve illit içeren kil üzerinde kurşunun adsorpsiyonunu çalışmışlardır. Her iki adsorbent için maksimum adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla 1.41 ve 4.29 mg Pb^{2+} / g olarak bulunmuştur ve adsorpsiyonları hem Langmuir, hem de Freundlich izotermine uymuştur. Kurşunun kille gideriminde pH’ın artması ile adsorpsiyon veriminin de arttığı tespit edilmiştir. Bununla beraber Cd^{+2} , Cr^{+6} , Cu^{+2} , Ni^{+2} ve

Zn⁺² gibi diğer iyonların, kildeki organik madde ile kompleks yapıda kuvvetli bağlar oluşturarak sulu çözeltilerden kurşun giderimini azalttığı belirlenmiştir.

Khan ve ark.(1995), bentonit kullanarak stronsiyumun adsorpsiyonunu çalışmışlardır. Çalışmada, pH = 8,5’de 32.94 mg Sr⁺²/g bentonit adsorpsiyon kapasitesi sağlanmış ve adsorpsiyon işlemi Langmuir izotermine uymuştur. İşlem endotermik olduğundan sıcaklık arttıkça metal giderimi de artmıştır.

Mellah ve Chegrouche.(1997), çinko giderimi için bentonit kullanmışlardır. 52.91 mg Zn⁺²/g bentonit giderim verimi gözlenmiş ve deneysel veriler Langmuir izotermine uyum sağlamıştır.

Hasdemir(1997), dolgulu kolonlarda Cu⁺², Pb⁺², Sb⁺³, SeO₃⁻² in sepiyolit üzerine adsorpsiyonunu, pH 2 –10 aralığında incelemiştir. Çalışmasında, selenyumun diğer kationlardan ayrılıp ayrılmayacağını araştırmıştır. Cu⁺², Pb⁺² ve SeO₃⁻² in sırasıyla % 99, % 100 ve % 85 oranlarında adsorplandığı, Sb⁺³ un ise tamamen tutulup kolonu tıkadığı görülmüştür.

Gak ve Viraraghavan. (1988), Saskatchewan’daki regina atık su arıtma tesisindeki arıtım projesinin değişik aşamalardaki kadmiyum, krom, bakır, nikel ve çinko konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Atık suyun 24 saatlik kompozit numuneler atomik adsorpsiyon spektroskopisi ile analiz edilmiş ve arıtma tesisinin her bir aşamasındaki metal uzaklaştırma verimi araştırılmıştır. Yaptıkları çalışmada krom, bakır ve nikel için ilk çökeltme tanklarının en yüksek uzaklaştırma verimine sahip olduğu, havalandırma havuzlarında çinko ve kadmiyumu uzaklaştırmada çok daha etkili olduğu görülmüştür. Arıtma tesisinin % 97’lik Cd⁺²; % 87’lik Cu⁺²; % 85’lik Cr⁺³ ve % 73’lük Ni⁺² uzaklaştırma verimlerine ulaştığını belirlemişlerdir.

Garcia ve ark.(1988), tarımsal yan ürünlerin değerlendirilmesi amacıyla badem kabuğundan, zeytin ve şeftali çekirdeklerinden elde edilen aktif kömürleri kullanarak çinko, kadmiyum ve bakırın tutulmasını incelemişlerdir. Sulu çözeltilerden Zn⁺² Cd⁺² ve Cu⁺² iyonlarının bu üç aktif karbon üzerindeki 393 °K ve 313 °K deki adsorpsiyon sonuçlarını rapor ettikleri çalışmalarında adsorplanan metal iyonu miktarının Cd⁺² > Zn⁺² > Cu⁺² şeklinde sıralandığını ve bunun iyon gruplarının büyüklüğü ile izah edilebileceğini ileri sürmüşlerdir.

Gharaibeh ve ark.(1998), tarafından, prosese tabii tutulmuş zeytin işletmesi atıklarının (SROOMP) içme suyunda eser miktarda bulunan Cr(III), Ni(II), Pb(II), Cd(II) ve Zn(II) gibi ağır metallerin giderilmesindeki etkinliği araştırılmıştır. Kesikli sitemde, elektron mikroskopu(SEM) ve X-ışını floresanı(XRF) kullanılarak bu maddenin adsorbent olarak ağır metalleri atık sulardan uzaklaştırma fizibilitesi incelenmiştir. Sonuçlar SROOMP’ın sulu çözeltilerden adsorpsiyonla Pb (II) ve Zn (II) gidermede kullanılabilceğini, fakat çalışmada incelen diğer ağır metalleri uzaklaştıramadığını göstermiştir.

Randal ve ark.(1974), ağaç kabuklarını, özellikle de kızılâğaç kabuklarını adsorbent olarak kullanarak ağır metalleri tutmaya çalışmışlardır. Araştırmacılar ağır metallerin tanenli bileşiklerdeki fenolik gruplardan gelen H⁺ iyonları ile yer değiştirerek kabuk substratları ile bağlandıklarını ileri sürmüşlerdir. Randal ve arkadaşları, kızılâğaç kabuğunun atık sudaki metal iyonlarının ağırlıkça %10 ile %20’sini bağlayabildiğini ortaya koymuşlardır.

Rengaraj ve ark.(2002), Cr(III), Co(II) ve Ni(II)’in sulu çözeltilerden IRN–77 katyon değiştirici reçinesi üzerine adsorpsiyonunu çalışmışlardır. Bu çalışmada; adsorbent miktarı, çözelti pH’ı ve temas süresi gibi çeşitli deneysel parametrelerle, krom, kobalt ve nikelin yüzde giderilmesi incelenmiştir. Optimum şartlarda %95’ten fazla giderimin sağlandığı görülmüştür. Krom, kobalt ve nikel için adsorpsiyon kapasitesi Freundlich adsorpsiyon

izoterminden hesaplanmıştır. Krom, kobalt ve nikelin bu katyon değiştirici reçine üzerine adsorpsiyonunun Lagergren kinetik modelinde uyduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çoklu metallerin IRN-77 üzerine yarışmalı adsorpsiyon'da çalışılmıştır. Bu çalışma, suların ve nükleer enerji santrallerinin soğutma suyundan krom, kobalt ve nikelin uzaklaştırılmasında bu katyon değiştirici reçinenin verimli bir adsorbent olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Santos ve Oliveria.(2001), tarafından yapılan çalışma kum, silika, kömür ve alümina gibi katı adsorbentler kullanılarak ön muamele gerekmeksizin sulu sistemlerden ağır metal giderimini değerlendirmek için ele alınmıştır. Kurşun, akümülatör fabrikası atık suyunda büyük oranda bulunan bir ağır metaldir. Adsorpsiyon prosesinden sonra Cd^{+2} , Ni^{+2} , Cr^{+3} ve Cu^{+2} konsantrasyonları gibi konsantrasyonunda mevcut konsantrasyonlarının altına düştüğü görülmüştür. Alümina kullanılarak giderim oranları yaklaşık olarak; Ca^{+2} , Mg^{+2} ve Mn^{+2} için %20-30, Cr^{+3} , Pb^{+2} , Ni^{+2} , Cd^{+2} ve Cu^{+2} için %80'in üzerinde bulunmuştur.

Tsao ve çalışma ark. (1997), tarafından seçilen iyonların immobilize pitik asit ile adsorpsiyon izotermi dolgulu yatakta ve oda sıcaklığında çalışılmıştır. Pitik asit(myoinositol hexaphosphate) veya kalsiyum tuzu, pıtat, önemli bir bitki maddesidir. Tahıl ürünlerindeki ve baklagillerdeki toplam fosforun %85'ine karşılık gelir. Çalışmada, poly 4-vinyl pyridine (PVP) ve diğer sağlam yapılu reçinelerin pitik asidi adsorplayabildiği belirtilmiştir. PVP reçinesi, pitik asidi immobilize etmek için destek maddesi olarak kullanılmıştır. Immobilize pitik asidi; kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinko iyonları gibi ağır metal iyonlarını adsorplayabildiği görülmüştür. Adsorpsiyon testlerinden elde edilen sonuçlar; PVP-pitik asit kompleksinin her bir gramının 6,6 mg Cd^{+2} , 7 mg Cu^{+2} , 7,2 mg Ni^{+2} , 7,4 mg Pb^{+2} ve 7,7 mg Zn^{+2} adsorplayabildiğini göstermiştir. Immobilize pitik asit kullanımı, sanayi veya maden işletme atık sularından metal iyonlarının ayrılmasında uygun görülmüştür.

Vazquer ve çalışma arkadaşları(1994), asidik formaldehit çözeltisi ile önceden işleme tabi tutulmuş *Pinus* fındık çamı kabukları üzerine çinko, bakır ve kurşun adsorpsiyonuna çözelti pH'nın etkilerini incelemişlerdir. Denge verilerinin Freundlich izotermine uyduğu görülmüştür. Kabuğun piyasadaki adsorbanlarla karıştırılabilecek etkinlikte ve daha düşük maliyette atık sudaki toksik iyonları uzaklaştırılabilecek mükemmel bir adsorbant olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmamızda Kahramanmaraş bölgesinden temin edilen montmorillonit grubundan olan beyaz kil minerali, bakır ve nikel iyonlarının adsorpsiyonu için adsorbent olarak kullanılmıştır. Çalışmada bakır ve nikel iyonlarının hem ayrı ayrı hem de yarışmalı olarak adsorpsiyonu incelenmiştir. Adsorpsiyon üzerine temas süresinin, konsantrasyonun, sıcaklık ve pH'nın etkileri araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT**3.1. Materyal**

Adsorpsiyonda Kahramanmaraş'ın Bertiz Köyü, Milcan Tepesi, ve Bulanık Köyünden alınan beyaz kil kullanıldı. Kil adsorpsiyon öncesinde laboratuara getirilip öğütülerek analize hazır hale getirildi. Bakır ve nikel bileşiklerinden stok standartlar hazırlandı. Çalışmada kullanılacak farklı konsantrasyonlarda çözeltiler bu stok standartlardan hazırlandı.

3.2. Metot

Kil üzerinde yapılan analizler: Saturasyon, pH, tuzluluk, KDK, ve adsorpsiyon çalışmaları

3.2.1. Saturasyon

100 g kil terazide tartılarak saklama kaplarına konuldu üzerine büretten yavaş yavaş su damlatılarak saturasyon çamuru hazırlandı. Büretten ne kadar su harcanıldığına bakıldı böylelikle toprağın doygunluk miktarı bulundu. (Kaçar, 1997).

3.2.2. Tuzluluk tayini

Sature toprak örneklerinin toplam içeriğini belirtmek için, toprak örnekleri YSI 32 model elektriki kondüktivite aletinin çamur hücresine bir spatül yardımıyla konuldu hücre düz bir yüzeye hafifçe vurularak ağzına kadar dolduruldu ve elektriki kondüktivite aletinde iletkenlikleri ölçüldü. (Richards, 1954).

3.2.3. pH tayini

2 mm'lik elekten geçirilen kil den 100 g tartılarak saturasyon çamuru hazırlandıktan sonra sature hale getirilmiş kil örneği bir gece ağzı kapatılarak bekletildi. Kil örneğinde H⁺ iyonu konsantrasyonu EDT GP 353 marka pH metre ile örneklerin pH'ları ölçüldü (Peech, 1969).

3.2.4. KDK tayini

4 g kil tartıldı kilin üzerine 33 ml 1 N sodyum asetat ilave edildi ve çalkalayıcıda 5 dk çalkalandı. Çalkalayıcıdan çıkarılan tüpler santrifüj aletine yerleştirdi 5 dk santrifüj edildi. Kil santrifüj sayesinde tüplerin tabanına çöktü beyaz (berrak) kısım bir pipet yardımı ile çekilerek atıldı. Bu işlem üç defa daha aynı şekilde tekrarlandı daha sonra üzerine 33 ml % 95' lik etil alkol koyuldu ve çalkalayıcıda 5 dk çalkalandı. Daha sonra santrifüj aletine yerleştirildi 5 dk santrifüj edildi. Kil yine tabana çöktü berrak kısım pipet yardımıyla çekilerek atıldı. Bu işlem üç defa daha aynı şekilde tekrarlandı ve daha sonra üzerine 33 ml 1 N amonyum asetat koyuldu çalkalayıcıda 5 dk çalkalandı ve santrifüj aletinde 5 dk santrifüj edildi kil tabana çöktü bu sefer berrak kısım pipetle alındı 100 ml'lik balonjoje koyuldu. Bu işlem üç defa daha

aynı şekilde tekrarlandı. 100' lük balona konan berrak kısım 1 N amonyum asetatla tamamlandı daha sonra sodyum miktarı AAS ile ölçüldü. (Chapman ve Pratt. (1961).

3.2.5. Adsorpsiyon çalışması

Adsorbat olarak 1000 mg/ l Ni (II), Cu (II) iyonlarının stok çözeltileri destile su içinde hazırlandı. Stok çözeltisinden farklı düzeylerde (50 – 200 mg/ l Ni (II), Cu (II) ve standart çözeltiler hazırlandı. Adsorpsiyon çalışmalarında standart kesikli (Batch) metodu kullanıldı (Kadirvelu ve Namasivayam, 2003; Xu ve ark., 2006; Ramesh ve ark., 2005; McLaren ve ark., 1998; Acemioglu, 2004; Wang ve ark., 2006; Gupta ve ark., 2006).

Çalışma farklı sıcaklık, pH ve konsantrasyonlarda gerçekleştirildi. 500 ml'lik beher içinde farklı miktarlarda kil örnekleri 500 ml Ni (II) ve Cu (II) çözeltilerine ilave edilerek göre 5 ml numuneler tüplere alındı. Üste oluşan berrak çözelti başka tüplere alındı ve Ni (II) ve Cu (II) iyonlarının ayrı ayrı ve Cu(II) ve Ni (II) birbirleri ile karıştırılarak oluşturulan karışımın Ni (II) ve Cu (II) iyonlarının ayrı ayrı ne kadar adsorplandığı belirlendi.

Adsorpsiyon deneyleri için öncelikle Cu(II) ve Ni(II) iyonlarının 100ppm' lik stok çözeltileri hazırlandı. Daha sonra bu stok çözeltilerden 50ppm' lik 500 ml çözelti hazırlandı ve üzerine ayrı ayrı 2,5, 5, 7,5 ve 10 g kil ilave edildi meydana gelen karışım 20, 30, 40 ve 50 °C sıcaklıklarda 3, 4 ve 5' lik pH değerlerinde zamanın bir fonksiyonu olarak (2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 120,180, 240 ve 300. dakikalarda) muamele edildi. Belirtilen her bir zamanda karışımdan 5 ml' lik numuneler alındı ve santrifüj edildi. Santrifüj sonucunda kil tüpün tabanına çöktü tüpün yüzeyinde oluşan berrak kısım pipetle çekilerek başka bir tüpe konuldu elde edilen bu numunelerin değerleri AAS' de (Perkin Emler, Atomik absorpsiyon spektrofotometre 3110) belirlendi.

4, BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Araştırmada Kullanılan Killerin Özellikleri

Deneyleerde kullanılan killerin analizleri, KSÜ Ziraat Fakültesi Toprak laboratuvarında yapılmıştır. Kilin analiz sonuçları Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Kullanılan kilin analiz sonuçları.

Özellikler	Analiz Sonuçları
Su ile doymuşluk (%)	75
pH	7,4
Toplam tuz (%)	0,04
KDK (meq/100 g toprak)	110,7

Analizi yapılan bu kil montmorillonit ağırlıklı, KDK bakımından orta düzeyde olan, pH bakımından hafif alkali ve tuzluluk açısından sorun oluşturmayan bir kildir.

Çalışmada kullanılan kil ve diğer iki kil öğütülerek X-ışınları difraktometresinde analiz ettirildi ve aşağıdaki Çizelge’de XRD tüküya ve kil mineral bileşimleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Kilin tüküya ve kil mineral bileşimleri

Örnek No	Tüküya Mineral Bileşimi (% Hacim)							
	Kil Dışı Mineraller (%) (±3)				Kil Mineralleri (%) (±3)			
	Feldispat Grubu		Kalsit	Kuvars	Smektit Grubu	Paligorskit Grubu	illit	Klorit Grubu
	Plajiyoklas	K Feldispat						
Beyaz Kil (Denemede kullanılan)	–	–	17	Eser	83	–	–	–
Gri Kil	–	–	24	4	50	3	14	5
Yeşil Kil	–	–	13	3	84	Eser	Eser	–

4.2. Bakır Adsorpsiyonu

Farklı konsantrasyondaki bakır çözeltilerine (50, 100, 150 ve 200 ppm) farklı miktarlardaki (2,5, 5, 7,5 ve 10 g) killerin uygulanması sonucu elde edilen adsorpsiyon sonuçları aşağıda verilmiştir.

4.2.1. 50 ppm'lik Cu çözeltilisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C'de)

Farklı miktarlardaki (2,5, 5, 7,5 ve 10 g) killerle çalışmalara başlanıldı. 50 ppm'lik Cu çözeltilisinin içerisine 2,5 g kil atıldı ve örneğimiz 20 °C'de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.3'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.3. 50 ppm'lik Cu çözeltilisinde 2,5 g'lık kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,15).

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	23,86	26,14	52,58	10,456
5	15,23	34,77	69,54	13,908
10	12,22	37,78	75,56	15,112
15	9,34	40,66	81,32	16,264
20	7,93	42,07	84,14	16,828
30	6,17	43,83	87,66	17,532
40	4,34	45,66	91,32	18,264
50	3,92	46,08	92,16	18,432
60	3,54	46,46	92,92	18,584
120	1,21	48,79	97,58	19,516
180	0,71	49,29	98,58	19,716

Ce: Çözeltide adsorplanmadan kalan bakır iyonunun konsantrasyonu (mg/L).

Cads: Adsorplanan bakır iyonunun konsantrasyonu (mg/L).

qe: Kilin birim gramı başına adsorplanan bakırın mg miktarı (mg/g) göstermektedir.

Çizelge 4.4'de 50 ppm'lik Cu çözeltilisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C'de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.4. 50 ppm'lik Cu çözeltilisine 5 g'lık kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,29)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	7,84	42,16	84,32	8,432
5	5,96	44,04	88,08	8,808
10	2,71	47,29	94,58	9,458
15	2,29	47,71	95,42	9,542
20	1,25	48,75	97,50	9,750
30	1,08	48,92	97,84	9,784
40	0,54	49,46	98,92	9,892
50	0,46	49,54	99,08	9,908
60	0,46	49,54	99,08	9,908
120	0,42	49,58	99,16	9,916
180	0,17	49,83	99,66	9,966

Çizelge 4.5’de 50 ppm’lik Cu çözeltisinin içerisine 7,5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C’de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.5. 50 ppm’lik Cu çözeltisinde 7,5 g’lık kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,44)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	2,41	47,59	95,18	6,345
5	1,76	48,21	96,42	6,428
10	1,09	48,91	97,82	6,521
15	0,84	49,19	98,32	6,558
20	0,47	49,53	99,06	6,604
30	0,46	49,54	99,08	6,605
40	0,23	49,77	99,54	6,636
50	0,20	49,80	99,60	6,640
60	0,19	49,81	99,62	6,641
120	0,16	49,84	99,68	6,645
180	0,13	49,87	99,74	6,649

Çizelge 4,6’de 50 ppm’lik Cu çözeltisinin içerisine 10 g kil atıldı örneğimiz 20 °C’de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki verilen dakikalara göre alındı.

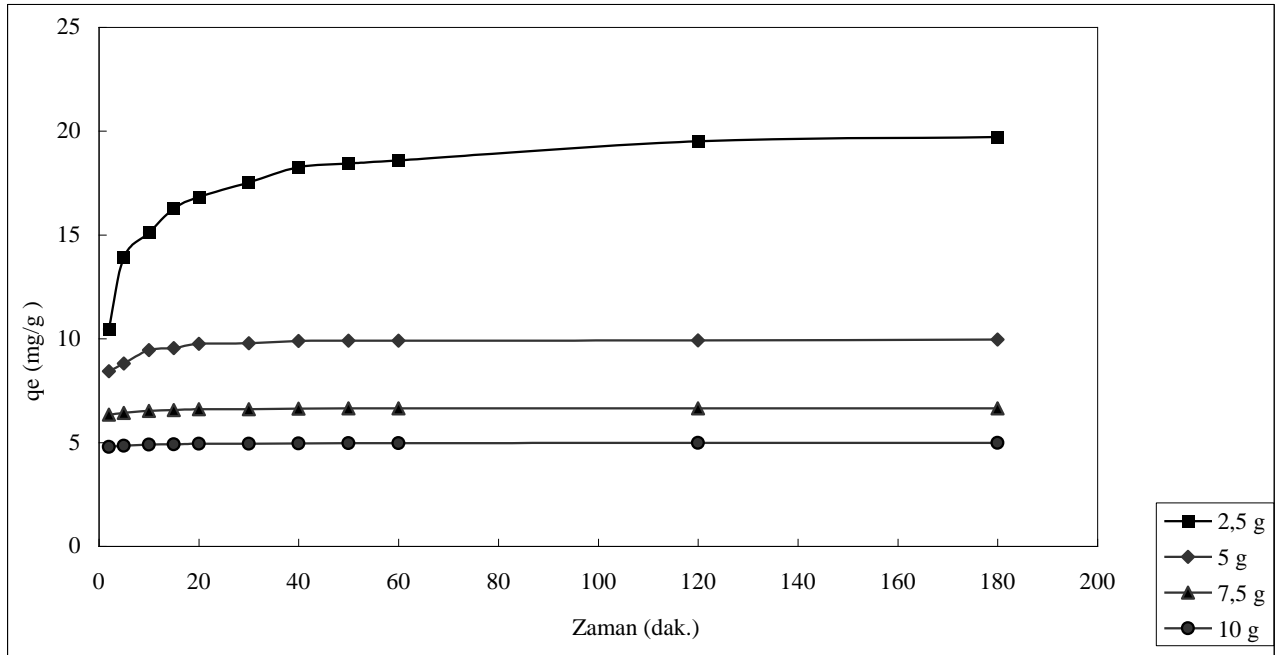
Çizelge 4,6. 50 ppm’lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,27)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	2,15	47,85	95,70	4,785
5	1,55	48,45	96,90	4,845
10	1,00	49,00	98,00	4,900
15	0,87	49,13	98,26	4,913
20	0,58	49,42	98,84	4,942
30	0,57	49,43	98,86	4,943
40	0,41	49,59	99,18	4,959
50	0,38	49,62	99,24	4,962
60	0,37	49,63	99,26	4,963
120	0,18	49,82	99,64	4,982
180	0,16	49,84	99,68	4,984

Çizelge 4.7’de 50 ppm’lik Cu çözeltime 2,5, 5, 7,5 ve 10 g’lık kil ilavesiyle kilin birim başına adsorplanan bakırın mg miktarları q_e değerlerinin karşılaştırılması yapıldı

Çizelge 4.7. 50 ppm’lik Cu çözeltime 2,5, 5, 7,5 ve 10 g’lık killerin ilave edilmesiyle kilin birim başına adsorplanan Cu’un mg miktarları q_e değerlerinin karşılaştırılması

Süre (dakika)	2,5 g’da q_e (mg/g)	5 g’da q_e (mg/g)	7,5 g’da q_e (mg/g)	10 g’da q_e (mg/g)
2	10,456	8,432	6,345	4,785
5	13,908	8,808	6,428	4,845
10	15,112	9,458	6,521	4,900
15	16,264	9,542	6,558	4,913
20	16,828	9,750	6,604	4,942
30	17,532	9,784	6,605	4,943
40	18,264	9,892	6,636	4,959
50	18,432	9,908	6,640	4,962
60	18,584	9,908	6,641	4,963
120	19,516	9,916	6,645	4,982
180	19,716	9,966	6,649	4,984



Şekil 4.1. 50 ppm’lik Cu çözeltilisindeki farklı miktarlardaki killerin q_e grafiği

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 180. dakikada maksimum düzeye erişti. Kil miktarı arttıkça bakırın birim adsorpsiyon miktarında azalmalar gözlemlendi. maksimum adsorpsiyon 2,5 g kilde 180. dakikada gerçekleşti. Artan kil miktarlarının maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 2,5 g kilde 19,716 mg/g (% 98,58) 5 g kilde 9,966 mg/g (% 99,66) 7,5 g kilde 6,649 mg/g (% 99,74) 10 g kilde 4,984 mg/g (% 99,68) olduğu bulunmuştur.

4.2.2. 100 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C)

Farklı miktarlardaki (2,5, 5, 7,5 ve 10 g) killerle çalışmalara başlandı. 100 ppm'lik Cu çözeltinin içerisine 2,5 g kil atılarak örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.8'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.8. 100 ppm'lik Cu çözeltine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,29)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	6,58	93,42	93,42	37,368
5	5,99	94,01	94,01	37,604
10	2,87	97,13	97,13	38,852
15	2,81	97,19	97,19	38,876
20	2,61	97,39	97,39	38,956
30	2,42	97,58	97,58	39,032
40	1,98	98,02	98,02	39,208
50	1,34	98,66	98,66	39,464
60	0,90	99,10	99,10	39,640
120	0,34	99,66	99,66	39,864
180	0,29	99,71	99,71	39,884

100 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C'de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.9'da verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.9. 100 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,32)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	19,72	80,28	80,28	16,056
5	15,28	84,72	84,72	16,944
10	12,06	87,94	87,94	17,588
15	10,18	89,82	89,82	17,964
20	7,09	92,91	92,91	18,582
30	5,85	94,15	94,15	18,830
40	4,86	95,14	95,14	19,028
50	3,22	96,78	96,78	19,356
60	2,04	97,96	97,96	19,592
120	2,04	97,96	97,96	19,592
180	1,43	98,57	98,57	19,714

100 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 7,5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C'de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.10'da verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.10. 100 ppm'lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,30)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	22,27	77,73	77,73	10,364
5	15,74	84,26	84,26	11,235
10	11,21	88,79	88,79	11,839
15	8,80	91,20	91,20	12,160
20	8,40	91,60	91,60	12,213
30	6,74	93,26	93,26	12,435
40	5,67	94,33	94,33	12,577
50	4,31	95,69	95,69	12,759
60	2,83	97,17	97,17	12,956
120	0,90	99,10	99,10	13,213
180	0,50	99,50	99,50	13,267

100 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 10 g kil atıldı örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.11'de verilen dakikalara göre alındı.

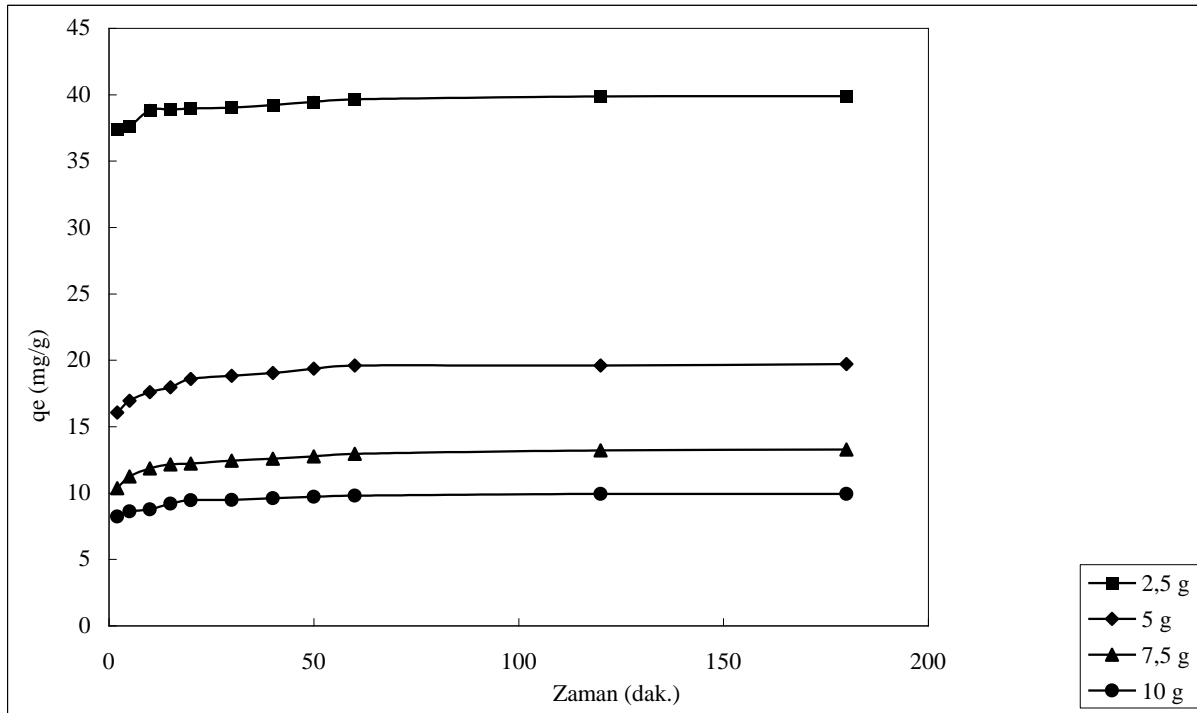
Çizelge 4.11. 100 ppm'lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,34)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/g)
2	17,69	82,31	82,31	8,231
5	13,88	86,12	86,12	8,612
10	12,45	87,55	87,55	8,755
15	8,15	91,85	91,85	9,185
20	5,57	94,43	94,43	9,443
30	5,31	94,69	94,69	9,469
40	3,89	96,11	96,11	9,611
50	2,86	97,14	97,14	9,714
60	1,99	98,01	98,01	9,801
120	0,78	99,22	99,22	9,922
180	0,78	99,22	99,22	9,922

100 ppm'lik Cu çözeltisinde 2,5, 5, 7,5 ve 10 g'lık kil ilavesiyle kilin birim başına adsorplanan bakırın mg miktarları q_e değerlerinin karşılaştırılması aşağıdaki Çizelge 4.12'de yapıldı.

Çizelge 4.12. 100 ppm'lik Cu çözeltisine 2,5, 5, 7,5 ve 10 g'lık kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması

Süre (dakika)	2,5 g'da q_e (mg/ g)	5 g' da q_e (mg/ g)	7,5 g'da q_e (mg/ g)	10 g'da q_e (mg/ g)
2	37,368	16,056	10,364	8,231
5	37,604	16,944	11,235	8,612
10	38,852	17,588	11,839	8,755
15	38,876	17,964	12,160	9,185
20	38,956	18,582	12,213	9,443
30	39,032	18,830	12,435	9,469
40	39,208	19,028	12,577	9,611
50	39,464	19,356	12,759	9,714
60	39,640	19,592	12,956	9,801
120	39,864	19,592	13,213	9,922
180	39,884	19,714	13,267	9,922



Şekil 4.2. 100 ppm'lik Cu çözeltisindeki farklı miktardaki killerin q_e grafiği

Şekil 4,2'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 180. dakikada maksimum düzeye erişti. Kil miktarı arttıkça bakırın birim adsorpsiyon miktarında azalmalar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 2,5 g kilde 180. dakikada gerçekleşti. Artan kil miktarlarının maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 2,5 g kilde 39,884 mg/g (% 99,71) 5 g kilde 19,714 mg/g (% 98,57) 7,5 g kilde 13,267 mg/g (% 99,50) 10 g kilde 9,922 mg/g (% 99,22) olduğu bulunmuştur.

4.2.3. 150 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C)

Farklı miktarlardaki (2,5 , 5, 7,5 ve 10 g) killerle çalışmalara başlandı. 150 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 2,5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4,13' de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.13. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,22)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	27,57	122,43	81,62	48,972
5	27,93	122,07	81,38	48,828
10	27,45	122,55	81,70	49,020
15	19,40	130,60	87,07	52,240
20	18,21	131,79	87,86	52,716
30	15,58	134,42	89,61	53,768
40	10,01	139,99	93,63	55,996
50	7,37	142,63	95,09	57,052
60	7,16	142,84	95,23	57,136
120	1,33	148,67	99,11	59,468
180	1,11	148,89	99,26	59,556

150 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C' de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4,14' de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.14. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,24)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	24,38	125,62	83,74	24,486
5	19,75	130,25	86,83	24,414
10	17,84	132,16	86,10	24,510
15	15,22	134,78	89,85	26,120
20	14,80	135,20	90,13	26,358
30	14,72	135,28	90,18	26,884
40	12,25	137,75	91,83	27,998
50	11,47	138,53	92,35	28,526
60	10,43	139,57	93,04	28,568
120	8,21	141,79	94,52	29,734
180	2,08	147,92	98,61	29,778

150 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 7,5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.15'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.15. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 20 °C, pH: 5,18)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	15,28	134,72	89,81	17,963
5	8,00	142,00	94,67	18,933
10	7,06	142,94	95,29	19,059
15	6,74	143,26	95,51	19,101
20	5,29	144,71	96,47	19,295
30	4,25	145,75	97,17	19,433
40	4,62	145,38	96,92	19,384
50	4,45	145,55	97,03	19,407
60	3,88	146,12	97,41	19,483
120	1,25	148,75	99,17	19,833
180	0,66	149,34	99,56	19,912

150 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 10 g kil atıldı örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.16'da verilen dakikalara göre alındı.

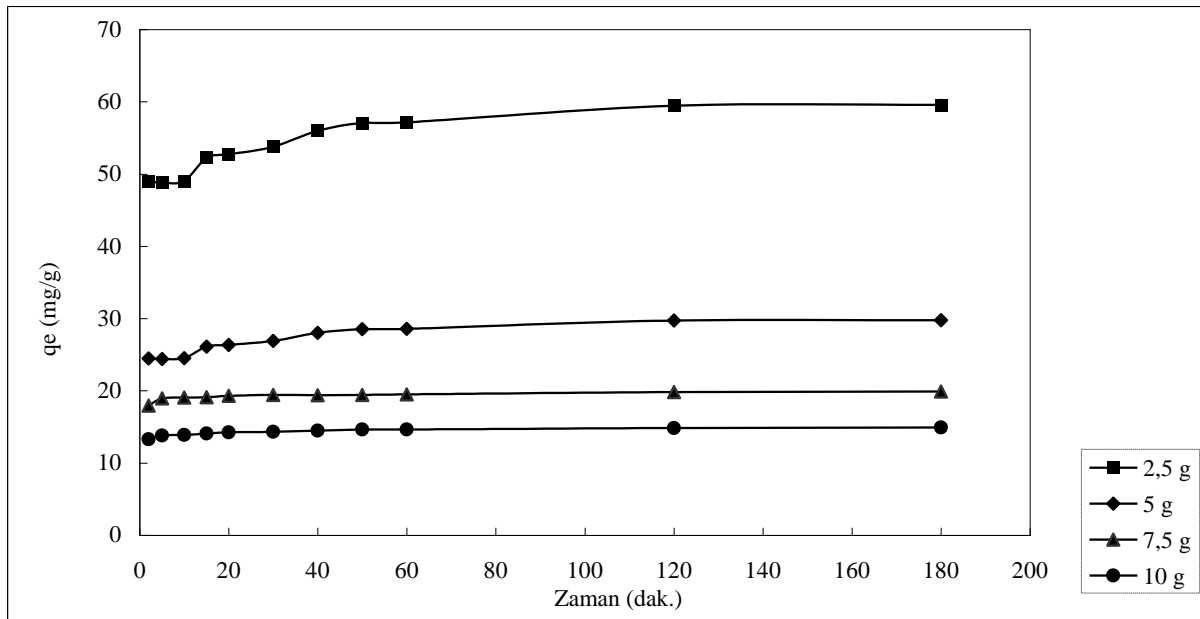
Çizelge 4.16. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,19)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	17,28	132,72	88,48	13,272
5	11,95	138,05	92,03	13,805
10	10,93	139,07	92,71	13,907
15	9,06	140,94	93,96	14,094
20	7,42	142,58	95,05	14,258
30	6,57	143,43	95,62	14,343
40	5,27	144,73	96,49	14,473
50	3,74	146,26	97,51	14,626
60	3,58	146,42	97,61	14,642
120	1,43	148,57	99,05	14,857
180	0,79	149,21	99,47	14,921

150 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 2,5, 5, 7,5 ve 10 g'lık kil atıldı örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.17'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.17. 150 ppm'lik Cu çözeltisine 2,5, 5, 7,5 ve 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması

Süre (dakika)	2,5 g'da qe (mg/ g)	5 g' da qe (mg/ g)	7,5 g'da qe (mg/ g)	10 g'da qe (mg/ g)
2	48,972	24,486	17,963	13,272
5	48,828	24,414	18,933	13,805
10	49,020	24,510	19,059	13,907
15	52,240	26,120	19,101	14,094
20	52,716	26,358	19,295	14,258
30	53,768	26,884	19,433	14,343
40	55,996	27,998	19,384	14,473
50	57,052	28,526	19,407	14,626
60	57,136	28,568	19,483	14,642
120	59,468	29,734	19,833	14,857
180	59,556	29,778	19,912	14,921



Şekil 4.3. 150 ppm'lik Cu çözeltisindeki farklı miktarlardaki killerin qe grafiği

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 180.dakikada maksimum düzeye erişti. Kil miktarı arttıkça bakırın birim adsorpsiyon miktarında azalmalar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 2,5 g kilde 180. dakikada gerçekleşti. Artan kil miktarlarının maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 2,5 g kilde 59,556 mg/g (% 99,26) 5 g kilde 29,778 mg/g (% 98,61) 7,5 g kilde 19,912 mg/g (% 99,56) 10 g kilde 14,921 mg/g (% 99,47) olduğu bulunmuştur.

4.2.4. 200 ppm'lik Cu çözeltisinin farklı kil miktarlarında adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C)

Farklı miktarlardaki (2,5, 5, 7,5 ve 10 g) killerle çalışmalara başlandı. 200 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 2,5 g kil atıldı ve örneğimiz 20 °C de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.18'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.18. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 2,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,18)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	21,54	178,46	89,23	71,384
5	21,22	178,78	89,39	71,512
10	16,46	183,54	91,77	73,416
15	13,51	186,49	93,25	74,596
20	11,74	188,26	94,13	75,304
30	9,74	190,26	95,13	76,104
40	8,97	191,03	95,52	76,412
50	6,26	193,74	96,87	77,496
60	3,08	196,92	98,46	78,768
120	1,59	198,41	99,21	79,364
180	0,74	199,26	99,63	79,704

200 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı ve 20 °C de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4,19'da verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.19. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,19)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	22,34	177,66	88,83	35,532
5	18,0	182,00	91,00	36,400
10	15,47	184,53	92,27	36,906
15	14,97	185,03	92,52	37,006
20	9,31	190,69	95,35	38,138
30	8,96	191,04	95,52	38,208
40	5,77	194,23	97,12	38,846
50	4,64	195,36	97,68	39,072
60	4,04	195,96	97,98	39,192
120	1,24	198,76	99,38	39,752
180	0,90	199,10	99,55	39,820

200 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 7,5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.20'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.20. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 7,5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,20)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	23,22	176,78	88,39	23,571
5	21,10	178,90	89,45	23,853
10	19,17	180,83	90,72	24,111
15	17,75	182,25	91,13	24,300
20	15,43	184,57	92,29	24,609
30	11,00	189,00	94,50	25,200
40	9,10	190,90	95,45	25,453
50	7,22	192,78	96,39	25,704
60	5,40	194,60	97,30	25,947
120	1,66	198,34	99,17	26,445
180	0,80	199,20	99,60	26,560

200 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 10 g kil atıldı ve 20 °C'de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.21'de verilen dakikalara göre alındı.

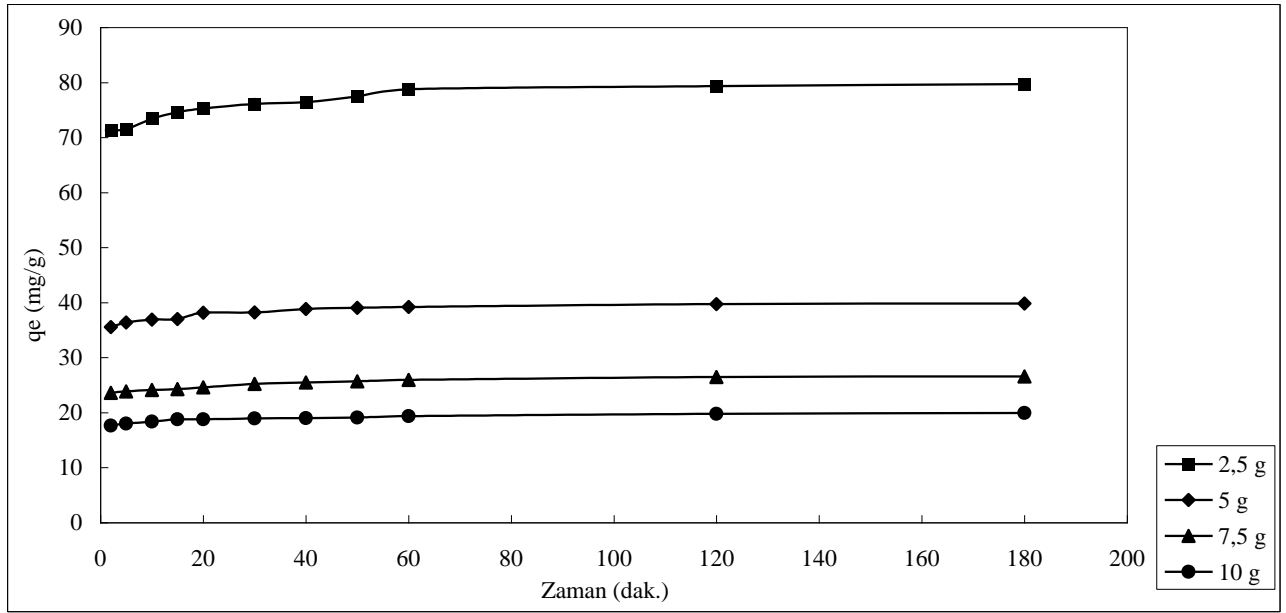
Çizelge 4.21. 200 ppm'lik Cu çözeltisine 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,16)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	23,78	176,22	88,11	17,622
5	20,11	179,89	89,95	17,989
10	16,27	183,73	91,87	18,373
15	12,10	187,90	93,95	18,790
20	11,90	188,10	94,05	18,810
30	10,52	189,48	94,74	18,948
40	10,18	189,82	94,91	18,982
50	8,70	191,30	95,65	19,130
60	6,22	193,78	96,89	19,378
120	2,13	197,87	98,94	19,787
180	0,67	199,33	99,67	19,933

200 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 2,5, 5, 7,5 ve 10 g kil atılarak örneğimiz 20 °C de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.22' de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.22. 200 ppm'lik Cu çözeltinde 2,5, 5, 7,5 ve 10 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarları karşılaştırması

Süre (dakika)	2,5 g'da qe (mg/ g)	5 g' da qe (mg/ g)	7,5 g'da qe (mg/ g)	10 g'da qe (mg/ g)
2	71,384	35,532	23,571	17,622
5	71,512	36,400	23,853	17,989
10	73,416	36,906	24,111	18,373
15	74,596	37,006	24,300	18,790
20	75,304	38,138	24,609	18,810
30	76,104	38,208	25,200	18,948
40	76,412	38,846	25,453	18,982
50	77,496	39,072	25,704	19,130
60	78,768	39,192	25,947	19,378
120	79,364	39,752	26,445	19,787
180	79,704	39,820	26,560	19,933



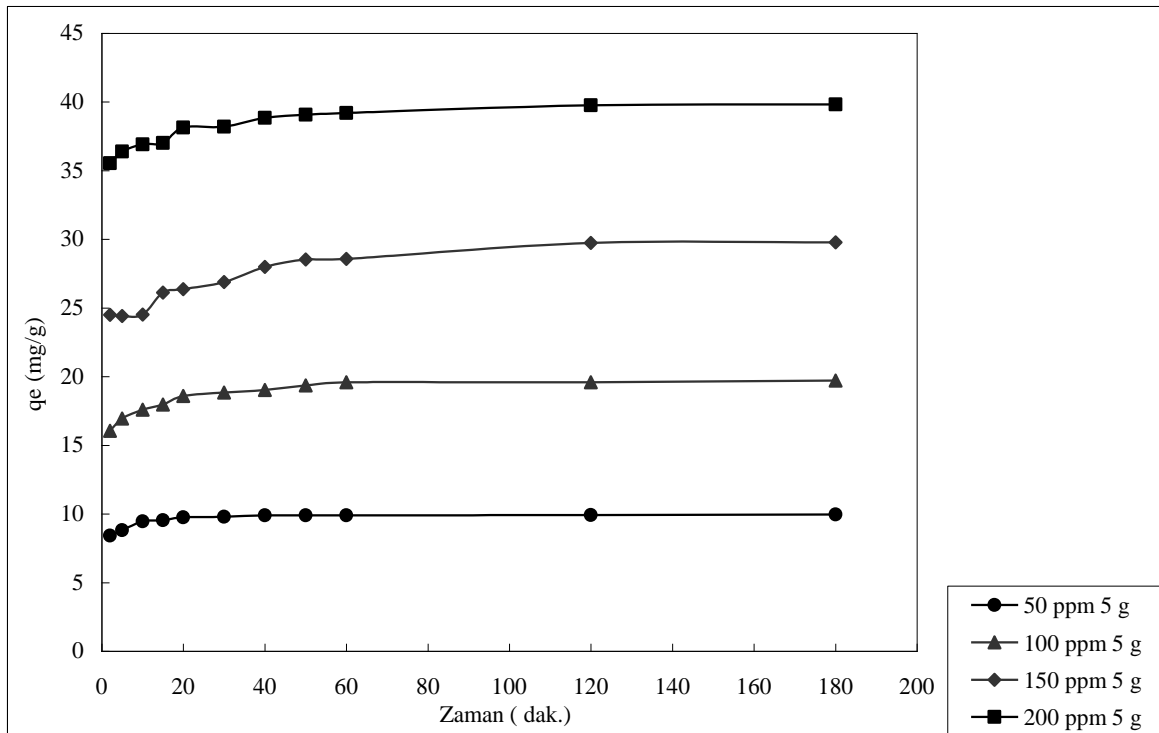
Şekil 4.4. 200 ppm'lik Cu çözeltisindeki farklı miktarlardaki killerin qe grafiği

Şekil 4.4'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 180. dakikada maksimum düzeye erişti. Kil miktarı arttıkça bakırın birim adsorpsiyon miktarında azalmalar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 2,5 g kilde 180. dakikada gerçekleşti. Artan kil miktarlarının maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 2,5 g kilde 79,704 mg/g (% 99,63) 5 g kilde 39,820 mg/g (% 99,55) 7,5 g kilde 26,560 mg/g (% 99,60) 10 g kilde 19,933 mg/g (% 99,67) olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.23’de Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı konsantrasyonlardaki qe değerleri aşağıda verilmiştir.

Süre (dakika)	50 ppm’deki qe(mg/g)	100 ppm ‘deki qe(mg/g)	150 ppm’deki qe(mg/g)	200 ppm’deki qe(mg/g)
2	8,432	16,056	24,486	35,532
5	8,808	16,944	24,414	36,400
10	9,458	17,588	24,510	36,906
15	9,542	17,964	26,120	37,006
20	9,750	18,582	26,358	38,138
30	9,784	18,830	26,884	38,208
40	9,892	19,028	27,998	38,846
50	9,908	19,356	28,526	39,072
60	9,908	19,592	28,568	39,192
120	9,916	19,592	29,734	39,752
180	9,966	19,714	29,778	39,820

Cu çözeltisinin farklı konsantrasyonlardaki grafiği



Şekil 4.5. Cu çözeltisinin farklı konsantrasyonlardaki qe grafiği

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 180. dakikada maksimum düzeye erişti. Konsantrasyon arttıkça bakır adsorpsiyon miktarında artış gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 200 ppm’de 180. dakikada gerçekleşti. Konsantrasyon arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 50 ppm’de 9,966 mg/g (% 99,66) 100 ppm’de 19,714 mg/g (% 98,57) 150 ppm’de 29,778 mg/g (% 98,61) 200 ppm’de 39,820 mg/g (% 99,55) olduğu bulunmuştur.

Yapılan bu 20 °C adsorpsiyon çalışmaları sonucunda 50 ppm Cu çözeltisi ile 5 g kilin en uygun oranlarda adsorbe edildiği belirlendi. Bundan sonraki, 30 °C, 40 °C ve 50 °C lerde adsorpsiyon denemelerinde 50 ppm Cu çözeltisi ile 5 g kil kullanıldı. Bu sonuçlar aşağıda verildi.

4.2.5. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kilin ilavesiyle elde edilecek çözeltiden adsorplanan Cu miktarının belirlenmesi (30°C)

50 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı 30°C'de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.24' de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.24. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 30 °C, pH: 5,20)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	1,89	48,11	96,22	9,622
5	0,96	49,04	98,08	9,808
10	0,57	49,43	98,86	9,886
15	0,53	49,47	98,94	9,894
20	0,53	49,47	98,94	9,894
30	0,52	49,48	98,96	9,896
40	0,46	49,54	99,08	9,908
50	0,44	49,56	99,12	9,912
60	0,42	49,58	99,16	9,916
120	0,41	49,59	99,18	9,918
180	0,35	49,65	99,30	9,930
240	0,35	49,65	99,30	9,930
300	0,33	49,67	99,34	9,934

4.2.6. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kilin ilavesiyle elde edilecek çözeltiden adsorplanan Cu miktarının belirlenmesi (40°C)

50 ppm'lik Cu çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 40 °C'de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.25' de verilen dakikalara göre alındı,

Çizelge 4.25. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık: 40 °C, pH: 5,18)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	17,55	32,45	64,90	6,490
5	14,03	35,97	71,94	7,194
10	12,96	37,04	74,08	7,408
15	8,90	41,10	82,20	8,220
20	6,91	43,09	86,18	8,618
30	3,32	46,68	93,36	9,336
40	2,17	47,83	95,66	9,566
50	0,53	49,47	98,94	9,894
60	0,47	49,53	99,06	9,906
120	0,33	49,67	99,34	9,934
180	0,31	49,69	99,38	9,938
240	0,25	49,75	99,50	9,950
300	0,09	49,91	99,82	9,982

4.2.7. 50 ppm'lik Cu çözeltilisine 5 g kilin ilavesiyle elde edilecek çözeltiliden adsorplanan Cu miktarının belirlenmesi (50°C)

50 ppm'lik Cu çözeltilisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 50 °C de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.26' de verilen dakikalara göre alındı,

Çizelge 4.26. 50 ppm'lik Cu çözeltilisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Cu miktarı (Sıcaklık : 50 °C, pH: 5,22)

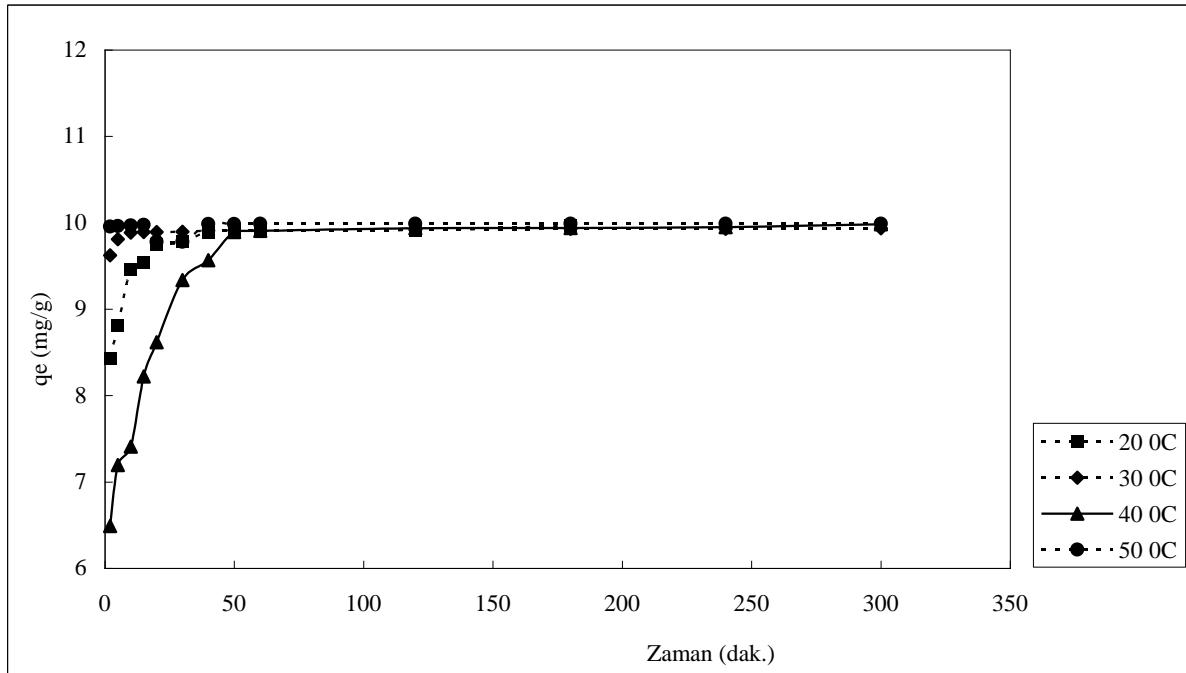
Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	0,22	49,78	99,56	9,956
5	0,19	49,81	99,62	9,962
10	0,16	49,84	99,68	9,968
15	0,13	49,87	99,74	9,974
20	0,11	48,89	99,78	9,778
30	0,11	48,89	99,78	9,778
40	0,08	49,92	99,84	9,984
50	0,08	49,92	99,84	9,984
60	0,05	49,95	99,90	9,990
120	0,05	49,95	99,90	9,990
180	0,05	49,95	99,90	9,990
240	0,05	49,95	99,90	9,990
300	0,05	49,95	99,90	9,990

4.2.8. 50 ppm'lik Cu çözeltilisindeki 5 g kil ile farklı sıcaklıklarda adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C)

50 ppm'lik Cu çözeltilisinin içerisine 5 g kil atılarak örneğimiz 20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C lerde hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.27' de verilen dakikalara göre alındı. Bu çizelgede 50 ppm'lik Cu çözeltilisine 5 g'lık kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyonun Cu miktarlarının karşılaştırması yapılmıştır.

Çizelge 4.27. 50 ppm'lik Cu çözeltilisine 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyonun Cu miktarları karşılaştırması

Süre (dakika)	20 °C 5 g'da qe (mg/ g)	30 °C 5 g' da qe (mg/ g)	40 °C 5 g'da qe (mg/ g)	50 °C 5 g'da qe (mg/ g)
2	8,432	9,622	6,490	9,956
5	8,808	9,808	7,194	9,962
10	9,458	9,886	7,408	9,968
15	9,542	9,894	8,220	9,974
20	9,750	9,894	8,618	9,778
30	9,784	9,896	9,336	9,778
40	9,892	9,908	9,566	9,984
50	9,908	9,912	9,894	9,984
60	9,908	9,916	9,906	9,990
120	9,916	9,918	9,934	9,990
180	9,966	9,930	9,938	9,990
240	-	9,930	9,950	9,990
300	-	9,934	9,982	9,990



Şekil 4.6. 50 ppm Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı sıcaklıklardaki qe grafiği

Şekil 4.6'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300, dakikada maksimum düzeye erişti. Sıcaklık miktarı arttıkça bakırın birim adsorpsiyon miktarında artış gözlemlendi. maksimum adsorpsiyon 50 °C'de 300, dakikada 20 °C'de gerçekleşti. Sıcaklık arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 20 °C'de 9,966 mg/g (% 99,66) 30 °C'de 9,934 mg/g (% 99,34) 40 °C'de 9,982mg/g (% 99,82) 50 °C'de 9,990 mg/g (% 99,90) olduğu bulunmuştur.

4.2.9. 50 ppm' lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözeltide farklı pH'larda adsorplanan Cu'nun belirlenmesi

Çizelge 4.28. 50 ppm' lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH = 3' de adsorplanan Cu miktarları

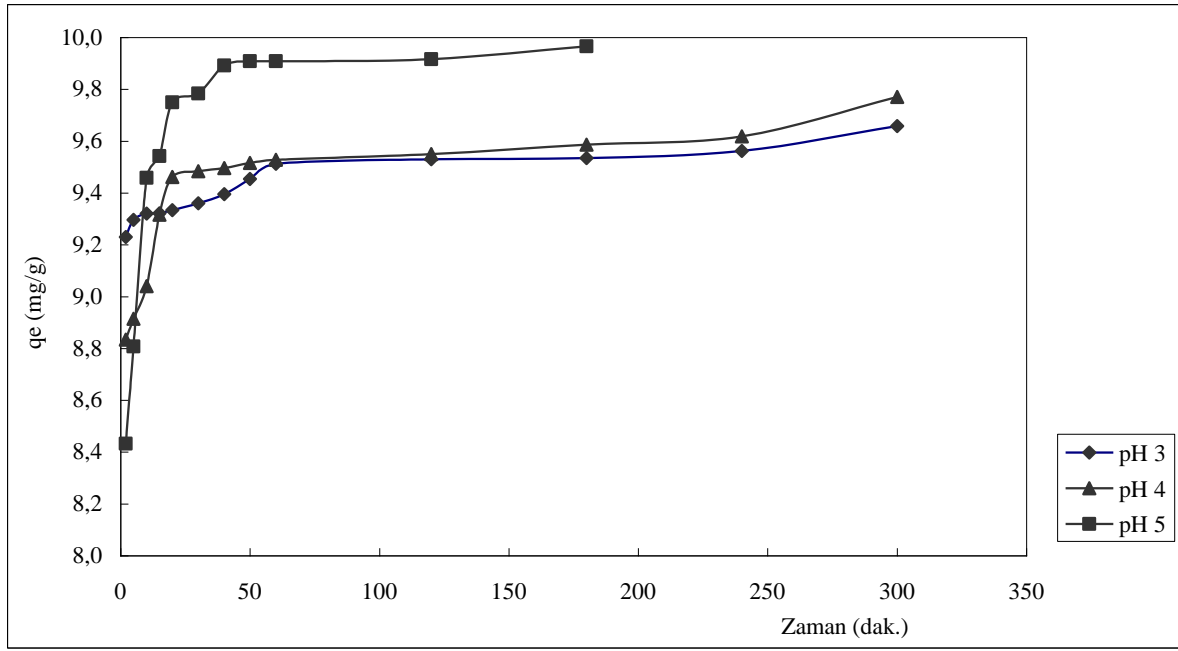
Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	3,85	46,15	92,30	9,230
5	3,52	46,48	92,96	9,296
10	3,40	46,60	93,20	9,320
15	3,39	46,61	93,22	9,322
20	3,33	46,67	93,34	9,334
30	3,20	46,80	93,60	9,360
40	3,02	46,98	93,96	9,396
50	2,73	47,27	94,54	9,454
60	2,44	47,56	95,12	9,512
120	2,35	47,65	95,30	9,530
180	2,33	47,67	95,34	9,534
240	2,19	47,81	95,62	9,562
300	1,74	48,29	96,58	9,658

Çizelge 4.29. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH = 4 de adsorplanan Cu miktarları.

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	5,83	44,17	88,34	8,834
5	5,43	44,57	89,14	8,914
10	4,80	45,20	90,40	9,040
15	3,42	46,58	93,16	9,316
20	2,69	47,31	94,62	9,462
30	2,58	47,42	94,84	9,484
40	2,52	47,48	94,96	9,496
50	2,42	47,58	95,16	9,516
60	2,36	47,64	95,28	9,528
120	2,25	47,75	95,50	9,550
180	2,07	47,93	95,86	9,586
240	1,91	48,09	96,18	9,618
300	1,15	48,85	97,70	9,770

Çizelge 4. 30. 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı pH'larda elde edilen adsorpsiyonun Cu miktarları karşılaştırması

Süre (dakika)	pH= 3 qe (mg/g)	pH= 4 qe (mg/g)	pH= 5 qe (mg/g)
2	9,230	8,834	8,432
5	9,296	8,914	8,808
10	9,320	9,040	9,458
15	9,322	9,316	9,542
20	9,334	9,462	9,750
30	9,360	9,484	9,784
40	9,396	9,496	9,892
50	9,454	9,516	9,908
60	9,512	9,528	9,908
120	9,530	9,550	9,916
180	9,534	9,586	9,966
240	9,562	9,618	-
300	9,658	9,770	-



Şekil 4.7. 50 ppm Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı pH' lardaki qe grafiği

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. pH miktarı arttıkça bakır adsorpsiyon miktarında artış gözlemlendi. maksimum adsorpsiyon 180. dakikada pH= 5'de ve 300. dakikada ise pH = 3 ve pH = 4 gerçekleşti. pH değerleri arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; pH = 3'de 9,658 mg/g (% 96,58) pH = 4'de 9,770 mg/g (% 97,70) pH = 5'de 9,966 mg/g (% 99,66) olduğu bulunmuştur.

Cu açısından sonuçlarımız; Sen ve ark,(2002), Zorpas ve ark,(1999), Hasdemir(1997), Denizli ve ark,(1999), Garcia ve ark,(1988), Vazguer ve ark,(2001), Lin ve Chen(1998), Santos ve Oliveria(2001), Li ve ark,(2006), Yadava ve ark,(1991), Khan ve ark.(1995), Singh(1998), Chantawong ve ark.(2001), Kadirvelu ve ark.(2001), Rengaraj ve ark.(2002), araştırmacıların çalışmaları ile uygunluk göstermektedir.

4.3. Nikel Adsorpsiyonu

Yapılan nikel adsorpsiyon çalışmaları sonucunda 50 ppm Ni çözeltisinin 5 g kil ile en uygun oranlarda adsorbe edildiği belirlenmiştir, Bundan sonra, nikel için de bunlar en uygun oran olarak kabul edilmiş ve 20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C' larda adsorpsiyon denemeleri yapılmış ve bu sonuçlar aşağıda verilmiştir.

4.3.1. Farklı konsantrasyonlardaki Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözülden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (20 °C)

50 ppm'lik Ni çözeltisinin içerisine 5 g kil atılarak örneğimiz 20 °C' de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.31'de verilen dakikalara göre alındı,

Çizelge 4.31. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık: 20 °C, pH: 5,40).

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	8,10	41,90	83,80	8,380
5	5,84	44,16	88,32	8,832
10	4,66	45,34	90,68	9,068
15	4,00	46,00	92,00	9,200
20	3,89	46,11	92,22	9,222
30	3,38	46,62	93,24	9,324
40	3,23	46,77	93,54	9,354
50	3,02	46,98	93,96	9,396
60	2,82	47,18	94,36	9,436
120	2,76	47,24	94,48	9,448
180	2,71	47,29	94,58	9,458
240	2,15	47,85	95,70	9,570
300	1,59	48,41	96,82	9,682

Ce: Çözeltide adsorplanmadan kalan nikel iyonunun konsantrasyonu (mg/L).

Cads: Adsorplanan nikel iyonunun konsantrasyonu (mg/L).

qe: Kilin birim gramı başına adsorplanan nikel mg miktarı (mg/g) göstermektedir.

100 ppm'lik Ni çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı ve 20 °C' de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki çizelge 4.32'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.32. 100 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	20,62	79,38	79,38	15,876
5	17,49	82,51	82,51	16,502
10	14,97	85,03	85,03	17,006
15	11,79	88,21	88,21	17,642
20	10,82	89,18	89,18	17,836
30	10,10	89,90	89,90	17,980
40	9,64	90,36	90,36	18,072
50	9,54	90,46	90,46	18,092
60	9,38	90,62	90,62	18,124
120	8,82	91,18	91,18	18,236
180	8,30	91,70	91,70	18,340
240	7,13	92,87	92,87	18,574
300	1,38	98,62	98,62	19,724

150 ppm'lik Ni' lik çözeltisinin içerisinde 5 g kil atıldı ve örneğimiz 20 °C'de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki çizelge 4.33' de verilenler dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.33. 150 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (20 °C)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	10,07	139,93	93,28	27,986
5	9,41	140,59	93,72	28,118
10	9,16	140,84	93,89	28,168
15	8,67	141,33	94,22	28,266
20	8,54	141,46	94,30	28,292
30	8,41	141,59	94,39	28,318
40	8,32	141,68	94,45	28,336
50	8,19	141,81	94,54	28,362
60	8,17	141,83	94,55	28,366
120	8,14	141,86	94,57	28,372
180	8,07	141,93	94,62	28,386
240	8,04	141,96	94,64	28,392
300	7,96	142,04	94,69	28,408

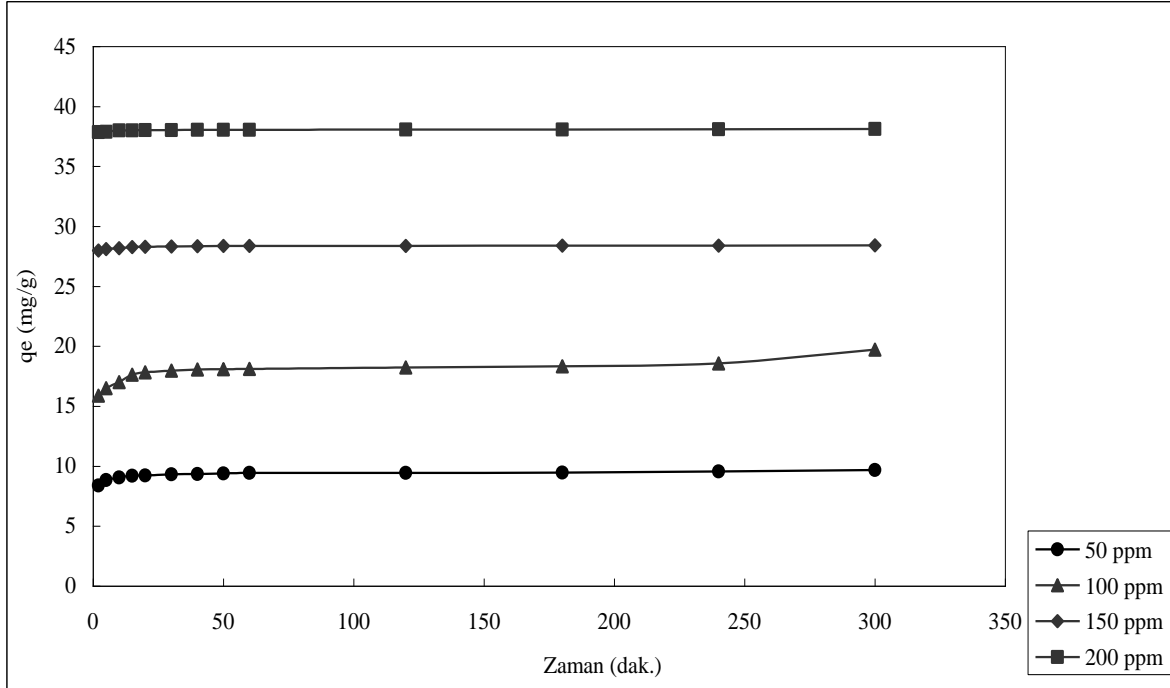
200 ppm'lik Ni çözeltinin içerisinde 5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C'de hazırlandı aşağıdaki Çizelge 4.34' de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.34. 200 ppm'lik Ni çözeltisindeki 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	10,73	189,27	94,59	37,854
5	10,64	189,36	94,68	37,872
10	9,98	190,02	95,01	38,004
15	9,94	190,06	95,03	38,012
20	9,85	190,15	95,07	38,030
30	9,82	190,18	95,09	38,036
40	9,78	190,22	95,11	38,044
50	9,78	190,22	95,11	38,044
60	9,70	190,30	95,15	38,060
120	9,68	190,32	95,16	38,064
180	9,64	190,36	95,18	38,072
240	9,51	190,49	95,24	38,098
300	9,39	190,61	95,30	38,122

Çizelge 4.35. Ni çözeltisindeki 5 g kilin farklı konsantrasyonlardaki qe'lerinin karşılaştırması

Süre (dakika)	50 ppm 5 g qe (mg/ g)	100 ppm 5 g qe (mg/ g)	150 ppm 5 g qe (mg/ g)	200 ppm 5 g qe (mg/ g)
2	8,380	15,876	27,986	37,854
5	8,832	16,502	28,118	37,872
10	9,068	17,006	28,168	38,004
15	9,200	17,642	28,266	38,012
20	9,222	17,836	28,292	38,030
30	9,324	17,980	28,318	38,036
40	9,354	18,072	28,336	38,044
50	9,396	18,092	28,362	38,044
60	9,436	18,124	28,366	38,060
120	9,448	18,236	28,372	38,064
180	9,458	18,340	28,386	38,072
240	9,570	18,574	28,392	38,098
300	9,682	19,724	28,408	38,122



Şekil 4.8. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil atılarak farklı konsantrasyonlardaki qe grafiği

Şekil 4.8'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. Konsantrasyon arttıkça nikelin birim adsorpsiyon miktarında artışlar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 200 ppm' de 300. dakikada gerçekleşti. Konsantrasyon arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 50 ppm'de 9,682 mg/g (% 96,82) 100 ppm' de 19,724 mg/g (% 98,62) 150 ppm' de 28,408 mg/g (% 94,69) 200 ppm' de 38,122 mg/g (% 95,30) olduğu bulunmuştur.

4.3.2. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (30 °C)

50 ppm'lik Ni' lik çözeltisinin içerisine 5 g kil atılarak örneğimiz 30 °C'de hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.36'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.36. 50 ppm'lik Ni çözeltine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarının q_e ' lerinin karşılaştırması (Sıcaklık: 30 °C, pH: 5,40)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	q_e (mg/ g)
2	9,47	40,53	81,06	8,106
5	8,83	41,17	82,34	8,234
10	8,17	41,83	83,66	8,366
15	8,09	41,91	83,82	8,382
20	7,60	42,40	84,80	8,480
30	7,29	42,71	85,42	8,542
40	7,08	42,92	85,84	8,584
50	6,74	43,26	86,52	8,652
60	6,55	43,45	86,90	8,690
120	6,30	43,70	87,40	8,740
180	5,75	44,25	88,50	8,850
240	5,48	44,52	89,04	8,904
300	5,48	44,52	89,04	8,904

4.3.3. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (40 °C)

50 ppm'lik Ni çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 40 °C'de hazırlandı ve aşağıdaki Çizelge 4.37'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.37. 50 ppm'lik Ni çözeltine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık: 40 °C, pH: 5,42)

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	q_e (mg/ g)
2	8,26	41,74	83,48	8,348
5	7,15	42,85	85,70	8,570
10	6,94	43,06	86,12	8,612
15	6,08	43,92	87,84	8,784
20	5,85	44,15	88,30	8,830
30	5,73	44,27	88,54	8,854
40	5,65	44,35	88,70	8,870
50	5,17	44,83	89,66	8,966
60	5,17	44,83	89,66	8,966
120	4,89	45,11	90,22	9,022
180	4,04	45,96	91,92	9,192
240	3,90	46,10	92,20	9,220
300	3,59	46,41	92,82	9,282

4.3.4. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (50 °C)

50 ppm'lik Ni çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı ve 50 °C de hazırlandı numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.38'de verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.38. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle adsorplanan Ni miktarı (Sıcaklık: 50 °C, pH: 5,41)

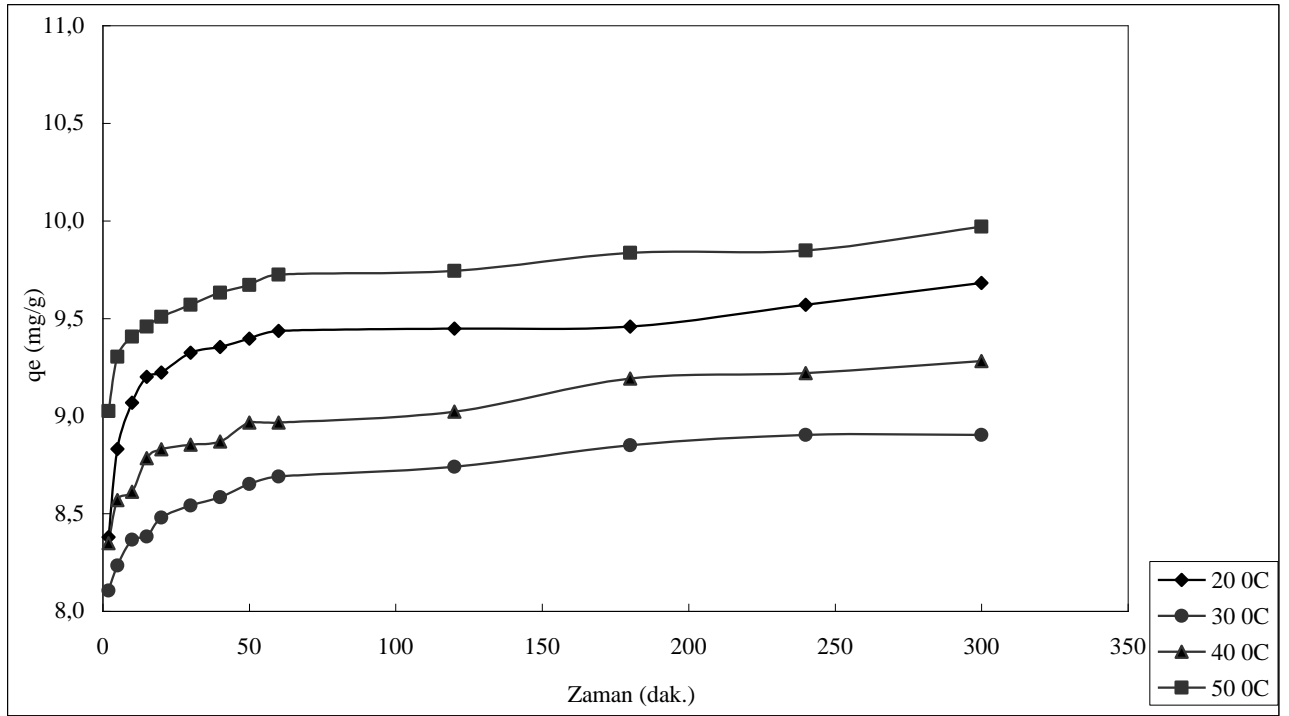
Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	4,87	45,13	90,26	9,026
5	3,48	46,52	93,04	9,304
10	2,97	47,03	94,06	9,406
15	2,71	47,29	94,58	9,458
20	2,46	47,54	95,08	9,508
30	2,15	47,85	95,70	9,570
40	1,84	48,16	96,32	9,632
50	1,64	48,36	96,72	9,672
60	1,38	48,62	97,24	9,724
120	1,28	48,72	97,44	9,744
180	0,82	49,18	98,36	9,836
240	0,76	49,24	98,48	9,848
300	0,15	49,85	99,70	9,970

4.3.5. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklardan elde edilecek çözültiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C)

50 ppm'lik Ni çözeltisinin içerisine 5 g kil atıldı örneğimiz 20 °C, 30 °C, 40 °C ve 50 °C' lerde hazırlandı ve numunelerimiz aşağıdaki Çizelge 4.39'da verilen dakikalara göre alındı.

Çizelge 4.39. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda adsorplanan Ni miktarları qe' lerinin karşılaştırması

Süre (dakika)	20 °C' de Ni qe (mg/ g)	30 °C 'de Ni qe (mg/ g)	40 °C' de Ni qe (mg/ g)	50 °C' de Ni qe (mg/ g)
2	8,380	8,106	8,348	9,026
5	8,832	8,234	8,570	9,304
10	9,068	8,366	8,612	9,406
15	9,200	8,382	8,784	9,458
20	9,222	8,480	8,830	9,508
30	9,324	8,542	8,854	9,570
40	9,354	8,584	8,870	9,632
50	9,396	8,652	8,966	9,672
60	9,436	8,690	8,966	9,724
120	9,448	8,740	9,022	9,744
180	9,458	8,850	9,192	9,836
240	9,570	8,904	9,220	9,848
300	9,682	8,904	9,282	9,970



Şekil 4.9. 50 ppm'lik Ni çözeltisindeki 5 g kilin farklı sıcaklıklardaki qe grafiği

Şekil 4.9'da görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. Sıcaklık arttıkça nikelin birim adsorpsiyon miktarında artışlar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 50 °C'de 300. dakikada gerçekleşti. Sıcaklık arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 20 °C'de 9,682 mg/g (% 96,82) 30 °C'de 8,904 mg/g (% 89,042) 40 °C'de 9,282 mg/g (% 92,82) 50 °C'de 9,970 mg/g (% 99,70) olduğu bulunmuştur.

4.3.6. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı pH' lardan elde edilecek çözeltiden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (20 °C)

Çizelge 4. 40. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH = 3 adsorplanan Ni miktarları

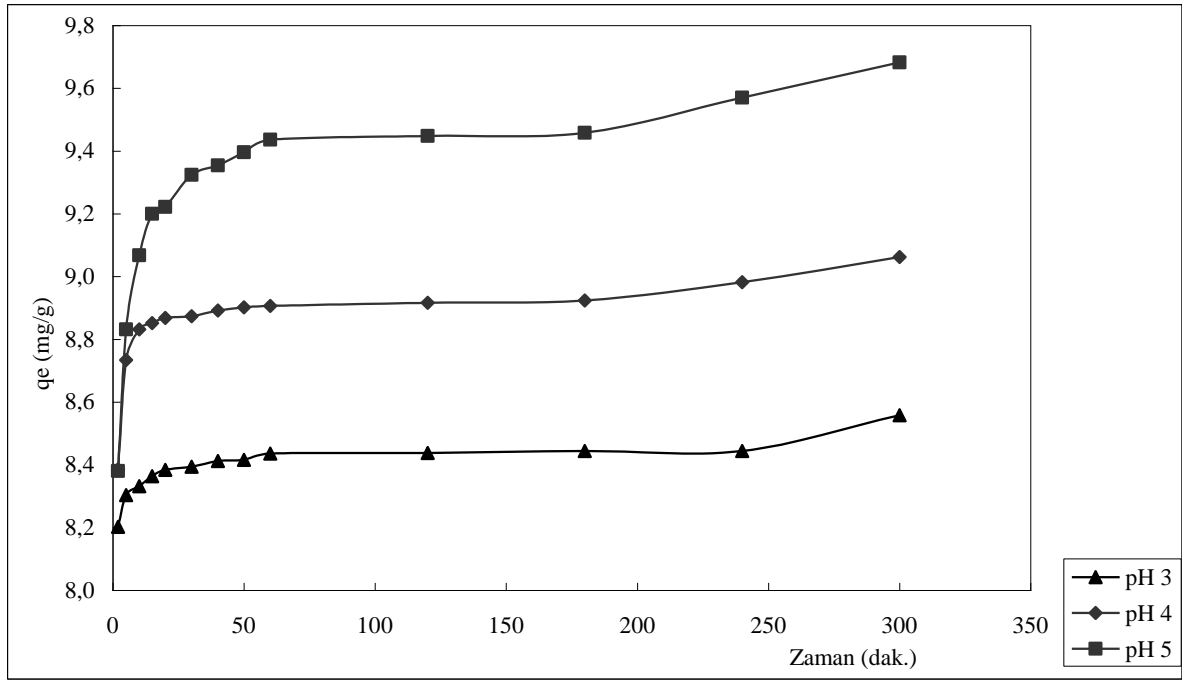
Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	8,99	41,01	82,02	8,202
5	8,48	41,52	83,04	8,304
10	8,34	41,66	83,32	8,332
15	8,18	41,82	83,64	8,364
20	8,08	41,92	83,84	8,384
30	8,03	41,97	83,94	8,394
40	7,94	42,06	84,12	8,412
50	7,92	42,08	84,16	8,416
60	7,82	42,18	84,36	8,436
120	7,81	42,19	84,38	8,438
180	7,78	42,22	84,44	8,444
240	7,78	42,22	84,44	8,444
300	7,21	42,79	85,58	8,558

Çizelge 4.41. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle pH = 4 adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	8,07	41,93	83,86	8,386
5	6,33	43,67	87,34	8,734
10	5,84	44,16	88,32	8,832
15	5,74	44,26	88,52	8,852
20	5,68	44,34	88,68	8,868
30	5,65	44,37	88,74	8,874
40	5,56	44,46	88,92	8,892
50	5,49	44,51	89,02	8,902
60	5,47	44,53	89,06	8,906
120	5,42	44,58	89,16	8,916
180	5,38	44,62	89,24	8,924
240	5,09	44,91	89,82	8,982
300	4,69	45,31	90,62	9,062

Çizelge 4.42. 50 ppm'lik Ni çözeltisine 5 g kil ilavesiyle farklı pH adsorplanan Ni miktarlarının qe değerlerinin karşılaştırılması

Süre (dakika)	Ni, pH =3 qe (mg/ g)	Ni, pH = 4 qe (mg/ g)	Ni, pH =5 qe (mg/ g)
2	8,202	8,386	8,380
5	8,304	8,734	8,832
10	8,332	8,832	9,068
15	8,364	8,852	9,200
20	8,384	8,868	9,222
30	8,394	8,874	9,324
40	8,412	8,892	9,354
50	8,416	8,902	9,396
60	8,436	8,906	9,436
120	8,438	8,916	9,448
180	8,444	8,924	9,458
240	8,444	8,982	9,570
300	8,558	9,062	9,682



Şekil 4.10. 50 ppm'lik Ni çözeltisindeki 5 g kilin farklı pH lardaki qe grafiği

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. pH arttıkça nikelin birim adsorpsiyon miktarında artışlar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon pH = 5'de 300, dakikada gerçekleşti. pH arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; pH = 3'de 8,558 mg/g (% 85,58) pH= 4'de 9,062 mg/g (% 90,62) pH = 5'de 9,682 mg/g (% 96,82) olduğu bulunmuştur.

Sen ve ark,(2002), Hasdemir(1997), Denizli ve ark,(1999), Vazguer ve ark,(2001), Santos ve Oliveria(2001),Yadava ve ark,(1991), Khan ve ark,(1995), Singh(1998), Chantawong ve ark,(2001), Kadirvelu ve ark,(2001), Rengaraj ve ark(2002), araştırmacıların çalışmaları ile uygunluk göstermektedir.

4.4. Bakır ve Nikelin birbirleri ile karıştırılması sonucu elde edilen karışım çözeltisinin adsorpsiyonu

Örneğimiz 50 ppm Ni ve 50 ppm Cu çözeltisinin birbirleri karıştırılması sonucu elde edildi ve bu karışıma 5 g kil atıldı. Dakikalara göre numuneler alındı. Numunelerinde ayrı ayrı nikel ve bakır miktarları belirlendi.

4.4.1. Karışım çözeltisinden adsorplanan Ni miktarının belirlenmesi

50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltilerinin birbirleri ile karıştırılarak karışıma 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyonun Ni miktarları karşılaştırılmaları yapıldı.

4.4.1.1. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözelti karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözülden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (30 °C)

Çizelge 4.43. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik bakır çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 30 °C' de adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	6,38	43,62	87,24	8,724
5	5,78	44,22	88,44	8,844
10	5,52	44,48	88,96	8,896
15	5,45	44,55	89,10	8,910
20	5,27	44,73	89,46	8,946
30	5,24	44,76	89,52	8,952
40	5,16	44,84	89,68	8,968
50	5,11	44,89	89,78	8,978
60	5,00	45,00	90,00	9,000
120	4,80	45,20	90,40	9,040
180	4,49	45,51	91,02	9,102
240	4,38	45,62	91,24	9,124
300	3,86	46,14	92,28	9,228

4.4.1.2. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözülden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (40 °C)

Çizelge 4.44. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik bakır çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 40 °C' de adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	6,37	43,63	87,26	8,726
5	5,89	44,11	88,22	8,822
10	5,78	44,22	88,44	8,844
15	5,74	44,26	88,52	8,852
20	5,64	44,36	88,72	8,872
30	5,60	44,40	88,80	8,880
40	5,53	44,47	88,94	8,894
50	5,45	44,55	89,10	8,910
60	5,16	44,84	89,68	8,968
120	4,89	45,11	90,22	9,022
180	4,52	45,48	90,96	9,096
240	3,82	46,18	92,36	9,236
300	3,14	46,86	93,72	9,372

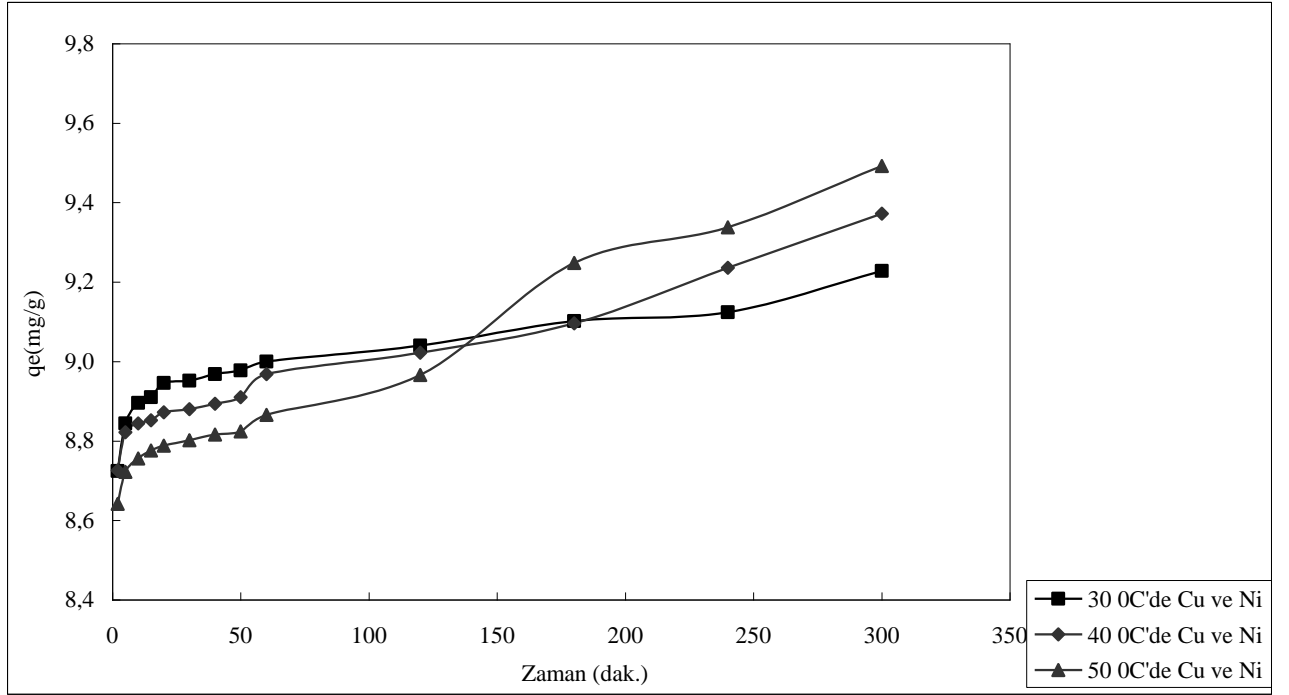
4.4.1.3. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözülden adsorplanan Ni'in belirlenmesi (50 °C)

Çizelge 4.45. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 50 °C' de adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	6,79	43,21	86,42	8,642
5	6,39	43,61	87,22	8,722
10	6,22	43,78	87,56	8,756
15	6,12	43,88	87,76	8,776
20	6,06	43,94	87,88	8,788
30	5,99	44,01	88,02	8,802
40	5,92	44,08	88,16	8,816
50	5,88	44,12	88,24	8,824
60	5,67	44,33	88,66	8,866
120	5,17	44,83	89,66	8,966
180	3,76	46,24	92,48	9,248
240	3,31	46,69	93,38	9,338
300	2,54	47,46	94,92	9,492

Çizelge 4.46. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda elde edilen adsorpsiyonun Ni miktarlarının karşılaştırılması

Süre (dakika)	30 °C de Ni qe(mg/ g)	40 °C de Ni qe(mg/ g)	50 °C de Ni qe(mg/ g)
2	8,724	8,726	8,642
5	8,844	8,822	8,722
10	8,896	8,844	8,756
15	8,910	8,852	8,776
20	8,946	8,872	8,788
30	8,952	8,880	8,802
40	8,968	8,894	8,816
50	8,978	8,910	8,824
60	9,000	8,968	8,866
120	9,040	9,022	8,966
180	9,102	9,096	9,248
240	9,124	9,236	9,338
300	9,228	9,372	9,492



Şekil 4.11. 50 ppm'lik Ni ve Cu karışımından Ni'in 5 g kildeki farklı sıcaklıklardaki q_e grafiği

Şekil 4.11'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. Sıcaklık arttıkça bakır ve nikel karışımındaki nikelin birim adsorpsiyon miktarında artışlar gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 50 °C'de 300.dakikada gerçekleşti. Sıcaklık arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 30 °C'de 9,228 mg/g (% 92,58) 40 °C'de 9,372 mg/g (% 93,72) 50 °C'de 9,492 mg/g (% 94,92) olduğu bulunmuştur.

4.4.1.4. 50 ppm' lik Ni çözeltisi ile 50 ppm' lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözeltiden pH = 3' de adsorplanan Ni'in belirlenmesi

Çizelge 4.47. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik bakır çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH = 3'de adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	5,86	44,14	88,28	8,828
5	5,55	44,45	88,60	8,890
10	5,42	44,58	89,16	8,916
15	5,38	44,62	89,24	8,924
20	5,26	44,74	89,48	8,948
30	5,09	44,91	89,82	8,982
40	5,02	44,98	89,96	8,996
50	4,97	45,03	90,06	9,006
60	4,66	45,34	90,68	9,068
120	4,37	45,63	91,26	9,126
180	4,19	45,81	91,62	9,162
240	4,14	45,86	91,72	9,172
300	4,09	45,91	91,82	9,182

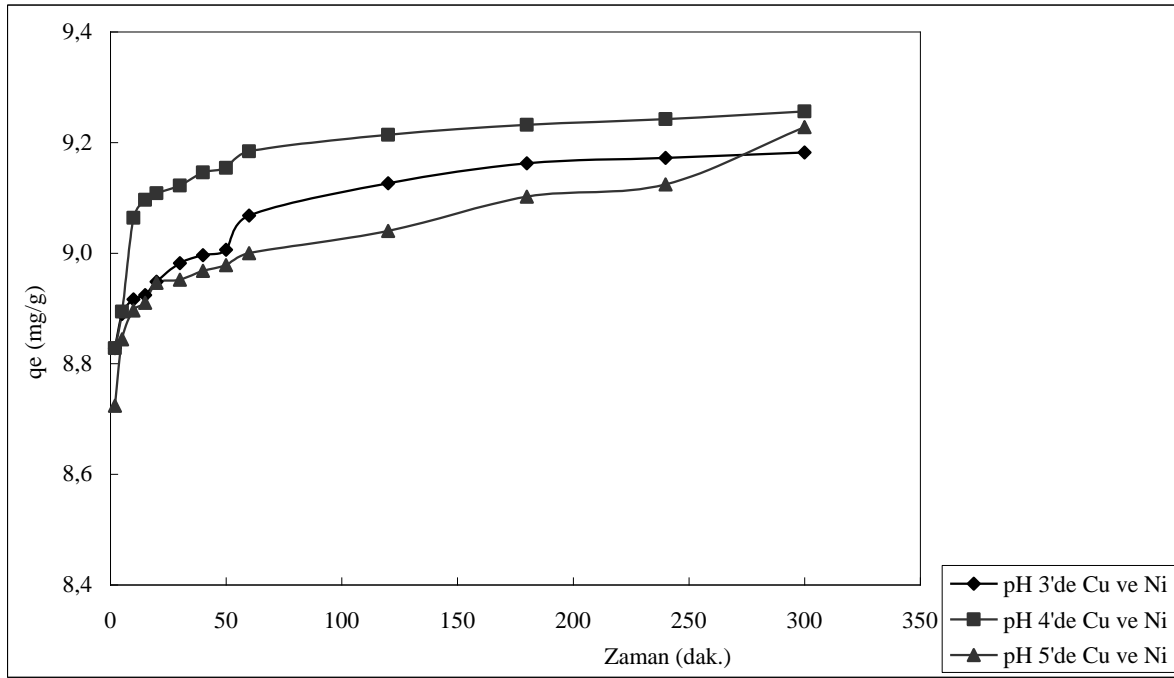
4.4.1.5. 50 ppm' lik Ni çözeltisi ile 50 ppm' lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözeltiden pH = 4' de adsorplanan Ni'in belirlenmesi

Çizelge 4.48. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH = 4' de adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	5,86	44,14	88,28	8,828
5	5,53	44,47	88,94	8,894
10	4,68	45,32	90,64	9,064
15	4,52	45,48	90,96	9,096
20	4,46	45,54	91,08	9,108
30	4,39	45,61	91,22	9,122
40	4,27	45,73	91,46	9,146
50	4,23	45,77	91,54	9,154
60	4,08	45,92	91,84	9,184
120	3,93	46,07	92,14	9,214
180	3,84	46,16	92,32	9,232
240	3,79	46,21	92,42	9,242
300	3,72	46,28	92,56	9,256

Çizelge 4.49. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle farklı pH da adsorplanan Ni miktarları

Süre (dakika)	Ni, pH = 3 qe(mg/ g)	Ni, pH = 4 qe(mg/ g)	Ni, pH =5 qe (mg/ g)
2	8,828	8,828	8,724
5	8,89	8,894	8,844
10	8,916	9,064	8,896
15	8,924	9,096	8,910
20	8,948	9,108	8,946
30	8,982	9,122	8,952
40	8,996	9,146	8,968
50	9,006	9,154	8,978
60	9,068	9,184	9,000
120	9,126	9,214	9,040
180	9,162	9,232	9,102
240	9,172	9,242	9,124
300	9,182	9,256	9,228



Şekil 4.12. 50 ppm'lik Ni ve Cu karışımından Ni'in 5 g kilde farklı pH lardaki qe grafiği

Şekil 4.12'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. pH arttıkça bakır ve nikel karışımındaki nikelin birim adsorpsiyon miktarında artışlar gözlemlendi. maksimum adsorpsiyon pH=5'de 300. dakikada gerçekleşti. pH arttıkça gerçekleşen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; pH =3'de 19,716 mg/g (% 98,58) pH = 4'de 9,966 mg/g (% 99,66) pH = 5'de 6,649 mg/g (% 99,74) olduğu bulunmuştur.

4.4.2. Karışımın çözeltisinden adsorplanan bakır miktarının belirlenmesi

4.4.2.1. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözeltiden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (30 °C'de)

Çizelge 4.50. 50 ppm'lik Cu çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 30 °C' de adsorplanan Cu miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	1,57	48,43	96,86	9,686
5	1,21	48,79	97,58	9,758
10	0,96	49,04	98,08	9,808
15	0,86	49,14	98,28	9,828
20	0,71	49,29	98,58	9,858
30	0,58	49,42	98,84	9,884
40	0,46	49,54	99,08	9,908
50	0,39	49,61	99,22	9,922
60	0,36	49,64	99,28	9,928
120	0,31	49,69	99,38	9,938
180	0,19	49,81	99,62	9,962
240	0,13	49,87	99,74	9,974
300	0,06	49,94	99,88	9,988

4.4.2.2. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözeltiden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (40 °C)

Çizelge 4.51. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle 40 °C de adsorplanan Cu miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	1,09	48,91	97,82	9,782
5	1,00	49,00	98,00	9,800
10	0,91	49,09	98,18	9,818
15	0,88	49,12	98,24	9,824
20	0,79	49,21	98,42	9,842
30	0,65	49,35	98,70	9,870
40	0,53	49,47	98,94	9,894
50	0,39	49,61	99,22	9,922
60	0,34	49,66	99,32	9,932
120	0,22	49,78	99,56	9,956
180	0,20	49,80	99,60	9,960
240	0,15	49,85	99,70	9,970
300	0,10	49,90	99,80	9,980

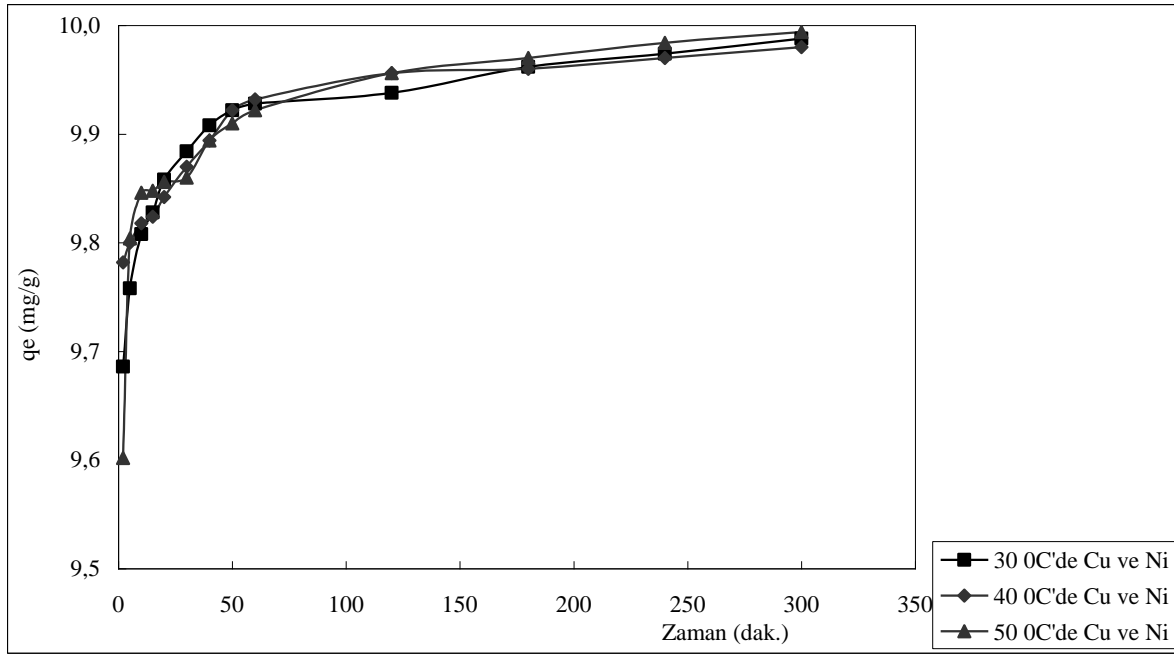
4.4.2.3. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle elde edilecek çözülden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi (50 °C)

Çizelge 4.52. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözelti karışımına 5 g kil ilavesiyle 50 °C de adsorplanan Cu miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	1,99	48,01	96,02	9,602
5	0,98	49,02	98,04	9,804
10	0,77	49,23	98,46	9,846
15	0,76	49,24	98,48	9,848
20	0,72	49,28	98,56	9,856
30	0,70	49,30	98,60	9,860
40	0,53	49,47	98,94	9,894
50	0,45	49,55	99,10	9,910
60	0,39	49,61	99,22	9,922
120	0,22	49,78	99,56	9,956
180	0,15	49,85	99,70	9,970
240	0,08	49,92	99,84	9,984
300	0,03	49,97	99,94	9,994

Çizelge 4.53. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle farklı sıcaklıklarda adsorplanan Cu miktarları

Süre (dakika)	30 °C de Cu qe(mg/ g)	40 °C de Cu qe(mg/ g)	50 °C de Cu qe(mg/g)
2	9,686	9,782	9,602
5	9,758	9,800	9,804
10	9,808	9,818	9,846
15	9,828	9,824	9,848
20	9,858	9,842	9,856
30	9,884	9,870	9,860
40	9,908	9,894	9,894
50	9,922	9,922	9,910
60	9,928	9,932	9,922
120	9,938	9,956	9,956
180	9,962	9,960	9,970
240	9,974	9,970	9,984
300	9,988	9,980	9,994



Şekil 4.13. 50 ppm'lik Ni ve Cu çözeltisindeki 5 g kilin farklı sıcaklıklardaki Cu qe grafiği

Şekil 4.13'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. Nikel ve bakır karışımında bakır iyonunun sıcaklık arttıkça adsorpsiyonun arttığı gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon 50°C'de 300. dakikada gerçekleşti, sıcaklığın artması ile elde edilen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; 30 °C'de 9,988 mg/g (% 99,88) 40°C'de 9,980 mg/g (% 99,80) 50°C'de 9,994 mg/g (% 99,94) olduğu bulunmuştur.

4.4.2.4. 50 ppm'lik Ni Çözeltisi ile 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle farklı pH'lardan elde edilecek çözeltiden adsorplanan Cu'nun belirlenmesi

Çizelge 4.54. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH= 3 de adsorplanan Cu miktarları

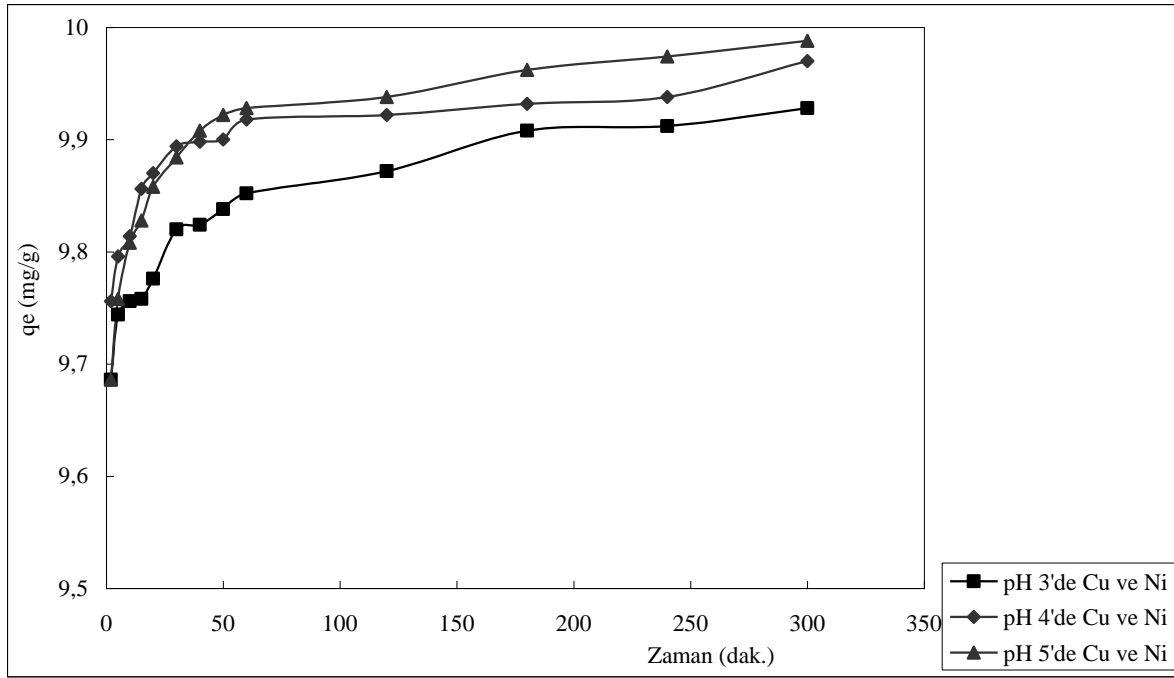
Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	1,57	48,43	96,86	9,686
5	1,28	48,72	97,44	9,744
10	1,22	48,78	97,56	9,756
15	1,21	48,79	97,58	9,758
20	1,12	48,88	97,76	9,776
30	0,90	49,10	98,20	9,820
40	0,88	49,12	98,24	9,824
50	0,81	49,19	98,38	9,838
60	0,74	49,26	98,52	9,852
120	0,64	49,36	98,72	9,872
180	0,46	49,54	99,08	9,908
240	0,44	49,56	99,12	9,912
300	0,36	49,64	99,28	9,928

Çizelge 4.55. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle pH = 4 de adsorplanan Cu miktarları

Süre (dakika)	Ce (mg/L)	Cads (mg/L)	Adsorpsiyon (%)	qe (mg/ g)
2	1,22	48,78	97,56	9,756
5	1,02	48,98	97,96	9,796
10	0,93	49,07	98,14	9,814
15	0,72	49,28	98,56	9,856
20	0,65	49,35	98,70	9,870
30	0,53	49,47	98,94	9,894
40	0,51	49,49	98,98	9,898
50	0,50	49,50	99,00	9,900
60	0,41	49,59	99,18	9,918
120	0,39	49,61	99,22	9,922
180	0,34	49,66	99,32	9,932
240	0,31	49,69	99,38	9,938
300	0,15	49,85	99,70	9,970

Çizelge 4.56. 50 ppm'lik Ni çözeltisi ve 50 ppm'lik Cu çözeltisi karışımına 5 g kil ilavesiyle farklı pH'larda adsorplanan Cu miktarları

Süre (dakika)	Cu, pH =3 qe(mg/ g)	Cu, pH =4 qe(mg/g)	Cu, pH =5 qe(mg/ g)
2	9,686	9,756	9,686
5	9,744	9,796	9,758
10	9,756	9,814	9,808
15	9,758	9,856	9,828
20	9,776	9,870	9,858
30	9,820	9,894	9,884
40	9,824	9,898	9,908
50	9,838	9,900	9,922
60	9,852	9,918	9,928
120	9,872	9,922	9,938
180	9,908	9,932	9,962
240	9,912	9,938	9,974
300	9,928	9,970	9,988



Şekil 4.14. 50 ppm'lik Ni ve Cu karışımına 5 g kildeki Cu çözeltisinin farklı pH'lardaki q_e grafiği

Şekil 4.14'de görüldüğü gibi ilk dakikalardan itibaren yüksek bir adsorpsiyon gözlemlendi ve daha sonraki sürelerde adsorpsiyon yavaş yavaş ilerleyerek 300. dakikada maksimum düzeye erişti. nikel ve bakır karışımında bakır iyonunun adsorpsiyonunun pH arttıkça arttığı gözlemlendi. Maksimum adsorpsiyon pH = 5'de 300. dakikada gerçekleşti. pH'nın artmasıyla elde edilen maksimum adsorpsiyon değerleri sırasıyla ; pH = 3'de 9,928 mg/g (% 99,28) pH = 4'de 9,970 mg/g (% 99,70) pH = 5'de 9,988 mg/g (% 99,88) olduğu bulunmuştur.

Ni +Cu yarıştırmalı karışım çalışmamızın sonuçları; Sen ve ark.(2002), Hasdemir(1997), Denizli ve ark.(1999), Santos ve Oliveria(2001), Yadava ve ark.(1991), Khan ve ark.(1995), Singh(1998), Chantawong ve ark.(2001), Kadirvelu ve ark.(2001), Rengaraj ve ark(2002), Naseem ve wong(2000), araştırmacıların çalışmaları ile uygunluk göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Kahramanmaraş bölgesinden temin edilen montmorillonit grubundan olan beyaz kil minerali üzerinde bakır ve nikel iyonlarının adsorpsiyonu ayrı ayrı ve yarışmalı olarak çalışılmıştır. Adsorpsiyon üzerine pH, temas süresi, konsantrasyon ve sıcaklık gibi deneysel parametrelerin etkileri araştırılmıştır. Bu adsorpsiyon çalışmalarında aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

Farklı konsantrasyonlardaki bakır çözeltisine farklı miktarlarda killerin ilavesi ile elde edilen çözeltilerin 2. ve 180.dakikalardaki maksimum Cu adsorpsiyonu; 50 ppm'de % 95,70 ile 10 g'lık kilden % 99,74 ile 7,5 g'lık kilden, 100 ppm'de % 93,42 ve % 99,71 ile 2,5 g'lık kilden, 150 ppm'de % 89,81 ve % 99,56 ile 7,5 g'lık kilden ve 200 ppm'de ise % 89,23 ile 2,5 g'lık kilden % 99,67 ile 10 g'lık kilin ilavesinden elde edildiği gözlenmiştir.

Bakır iyonu adsorpsiyonu çalışmalarında 50 ppm'lik Cu çözeltisine 5 g'lık kil ilavesiyle daha uygun veriler elde edildiği için diğer metal iyonları adsorpsiyon çalışmalarında bu yöntem uygulanmıştır.

Bakır çözeltisinin farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyonu incelendiğinde en yüksek adsorplama değerinin 50 °C'de olduğu belirlenmiştir. Bu sıcaklıkta 2. dakikada % 99,56 oranında ve 300. dakikada ise % 99,90 oranında Cu adsorplandığı gözlenmiştir.

pH değişiminin adsorplama üzerine etkisini incelemek için Cu çözeltisinin farklı pH'lardaki adsorpsiyonu incelenmiştir. 2.dakikadaki maksimum Cu adsorpsiyonu pH=3'te % 92,3 iken 180. dakikadaki maksimum değeri pH 5'te % 99,66 dir.

Nikel iyonunun farklı konsantrasyonlardaki maksimum adsorpsiyonu; 200 ppm'lik çözeltide 2. dakikada % 94,59 iken 300. dakikada 100 ppm'lik çözeltide % 98,62 oranındadır.

Nikel iyonunun farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyonu incelendiğinde en ideal adsorplama sıcaklığının 50 °C'de olduğu belirlenmiştir. Bu sıcaklıkta 2. dakikada % 90,26 ve 300. dakikada ise % 99,70 oranında nikelin adsorplandığı gözlenmiştir.

pH'nın adsorplama üzerine etkisi incelendiğinde ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Maksimum adsorpsiyon 2. dakikada pH= 4'de % 83,6 iken 300. dakikada pH= 5'te % 96,82 oranında adsorplanmıştır.

Bakır ve nikel çözeltilerinin farklı pH, konsantrasyon ve sıcaklıklarda yapılan adsorpsiyon çalışmaları karşılaştırıldığında bakır iyonunun en yüksek oranda adsorplandığı görülmüştür.

50'şer ppm'lik bakır ve nikel iyonları karıştırılarak elde edilen karışım çözeltisinin üzerine 5 g kil eklenmiş ve farklı sıcaklık, pH'lardaki adsorplanma etkileri araştırılmıştır. Nikel iyonunun farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyonunun 2. dakikadaki en yüksek değeri 40 °C'de % 87,26 oranında 300. dakikada 50 °C'de % 94,92 oranındadır.

Eşit oranda bakır ve nikel iyonlarının karıştırılmasından elde edilen karışımın üzerine 5 g kil ilave edilmiş ve kilin farklı pH'larda nikeli adsorplama özelliği incelenmiştir. 2.dakikadaki maksimum adsorpsiyon pH= 3'te %88,28 oranında 300. dakikada pH= 4'te % 92,56 oranında olmuştur.

Karışım üzerine kil eklenerek bakır iyonunun farklı sıcaklıklardaki adsorpsiyonu incelenmiş ve 2. dakikadaki en yüksek değeri 40 °C'de % 97,82 olduğu tespit edilmiş 300. dakikada ise 50 °C'de % 99,94 oranında bakırın adsorplandığı gözlenmiştir.

Farklı pH'larda karışım çözeltisindeki bakır iyonunun adsorplama özelliği incelendiğinde 2. dakikada pH=4'te % 97,56 oranında bakır adsorplanırken 300. dakikada pH= 5'de % 99,88 oranında bakır adsorplanmıştır.

Eşit miktarda ve eşit hacimde metal çözeltileri karıştırıldığında elde edilen karışımdan kil tarafından farklı sıcaklık ve pH'larda en fazla bakır iyonu adsorbe edildiği belirlenmiştir.

Yapılan bu çalışma sonucunda ekonomik değeri çok yüksek olmayan kil mineralinin adsorpsiyon çalışmalarında adsorbent olarak kullanılabileceği, Kahramanmaraş bölgesinden temin edilen montmorillonit tipi bu kil minerali bakır ve nikel iyonlarında ayrı ayrı yapılan adsorpsiyon çalışmalarında ve bu iki iyon karışımında da bakır iyonunu daha fazla adsorbe ettiği bulunmuştur. Endüstriyel sektörlerin faaliyetleri esnasında ortaya çıkan atıklar içerisinde bakır ve nikel iyonlarının bulunması durumunda özelliklerini incelediğimiz bu kil mineralinin söz konusu metal iyonlarının çevreye verebileceği zararın ortadan kaldırılması noktasında faydalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Acemioğlu, B. 2004. Adsorption of Congo red from aqueous solution onto calcium-rich fly ash, *Journal of Colloid and Interface Science* 274 : 371-379.
- Akinci Ö. 2005. *Seramik Killeri Ve Jeolojisi Maden Tetkik Ve Arama Enstitüsü*, Ankara.
- Aksu, Z., Kutsal, T. 1994 Atık Sulardaki Kurşun(II), Krom(VI) ve Bakır(II) iyonlarının Yeşil Alglerden *Chlorella Vulgaris*'e Adsorpsiyonunun Karıştırılmalı ve Akışkan Yatak Reaktörlerde İncelenmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 18 : 403-410.
- Allison, L.E. and C.D.Moodie 1965. Carbonate. In:C.A.Black et al (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy* 9: 1379 – 1400. Am.Soc.of Argon., Inc Madison, Wisconsin, USA.
- Atkinson, B. W., Bux, F., Kasan, H. C., 1996, Dioremediation of Metal-Contaminated Industrial Effluents Using Waste, *Water Science and Technology* 3-4 : 9-15.
- Aoki T., Munemori M. 1982. “Recovery of chromium (VI) from wastewaters with iron (III)hydroxide-I: Adsorption mechanism of chromium (VI) on iron (III) hdroxide”, *Water Research* 16 : 793-796.
- Azab M. S. and Peterson P. J. 1989. The removal of cadmium from water by use of biological sorbents, *Water Sci. Techno.* 21: 1705-1706.
- Babel S., Kurniawan T A. 2003. “Low- cost adsorbents for heavy metal uptake from contaminated water”, *J. Hazard. Mater.*, 9, 219-243.
- Bağ H., Türker A. R., Çoşkun R., Saçak M., Yiğitoğlu M. 2000. Determination of zinc, cadium cobalt and nickel by flame atomic absorption spectrometry after preconcentration by poly(ethylene terephthalate) fibers grafted with methacrylic acid. *Spectrochimica Acta Part B* 55: 1101 – 1108.
- Bareket G., Aroguz A. Z., and Ozel M. Z. 1997. Removal of Pb (II), Cd (II) and Zn (II) from aqueous solution by adsorption on bentonite, *Journal of Colloid Interface Science* 187 : 338-343.
- Benjamin M. M., Hayes K. F., and Leckic J. O. 1982. Removal of toxic metals from power-generation waste streams by adsorption and co-precipitation, *Journal WPCF* 54 : 1472-1481.
- Castellini E., Lusvardi G., Malavasi G., and Menabue L. 2005. Thermodynamic aspects of the adsorption of hexametaphosphate on kaolinite, *J. Coll. And Inter. Sci.*, 292: 322-329.
- Chaney R. L. and Hundeman R. T. 1979. Use of peat moss columns to remove cadmium from wastewater, *J. Water Pollut. Control Fed.* 21: 105-114.

- Chantawong V., Harvey N. W., Bashkin V.N. 2001. "Comparison of heavy metal adsorptions by thai kaolin and ballclay", Asian J. Energy Anviron., 1: 33-48.
- Chapman, H.D., and P.F. 1961. Pratt Methods of analysis for soil, plants and waters. P. 1: 309. University of California, Division of Agricultural Sciences. USA.
- Çetinus, A. Ş., Şahin, E., Saraydın, D. 2009. Preparation of Cu (II) adsorbed chitosan beads for catalase immobilization. Food chemistry 114: 962-969.
- Degodo A. L., Perez C., and Copez F. A. 1998. Sorption of heavy metals on blast furnace sludge, Indian J. Chem. Technol., 32, 1989-1996.
- Demirel, H., Karapınar, N., Akça, K. 1995. Bentonit ve Diğer Killerin Adsorbant Olarak Kullanımı.
- Elmacı A., Yonar T., Özen N. ve Türkoğlu H. 2005. Zn(II), Cd(II), Co(II) ve Remazol Turkish Blue-G Boyar Maddesinin Sulu Çözeltilerinde Kurutulmuş *Chara* sp., *Cladophora* sp. Ve *Chlorella* sp. Türleri ile Biyosorpsiyonun Araştırılması, Ekoloji: 14: 24-31.
- Farrar H. And Pickering W. F. 1977, The adsorption of lead and cadmium species by clay minerals, Aust. J. Chem., 30: 1414-22.
- Ferro-Gracia M. A., Utrilla R. J., and Toledo B. I., 1988. Adsorption of zinc, cadmium and copper on activated carbons obtained from agricultural by-products, Carbon, 26: 263-273.
- Filho N. L. D., Gushiken Y., Polito W. L., and Moreiza J. C. 1995. Sorption and preconcentrations of metalions in ethanol solution with silica gel modified with benzinimidazole, Talanta 42: 630-1663.
- Gupta S. S., Krishna G., and Bhattacharyya G. 2006. Adsorption of Ni (II) on clays, J. Coll. And Inter. Sci., 295: 21-32.
- Hosea M., Grene B., Mcpherson R., Henzl M., Alexander M. D., and Darnall W. D. 1986. Accumulation of elemental gold on the alga *Chlorella vulgaris*. Inorganica Chimica Acta 123:161-165.
- Jackson, M. 1958. Soil chemical analysis. P. 1 – 498 . prentice – hall, inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Johnson B. 1990. Effect of pH, Temperature and concentration on the adsorption of cadmium on goethite, Environ. Sci. Technol., 24:112-118.
- Kacar B. 1997. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri, Ankara üniversitesi Ziraat fakültesi yayınları, Ankara.

- Kadirvelu, K. and Namasivayam, C. 2003. Activated carbon from coconut coirpith as metal adsorbent: adsorption of Cd (II) from aqueous solution, *Advances in Environmental Research* 2: 471-478.
- Khan, S.A., Rehman, R., Khan, M. A. 1995. "Adsorption of strontium (II) on bentonite", *Waste Management* 15 : 271-282.
- Knudsen D., G.A. Peterson, and P.F.Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. *Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No.9 (2 nd ed.) ASA- SSSA. Madison, Wisconsin, USA.*
- Lacin O., Bayrak B., Korkut O., and Sayan E. 2005. Modeling of adsorption and ultrasonic desorption of cadmium (II) and zinc (II) on local bentonite, *J. Coll. And Inter. Sci.*, 292: 330-335.
- Lindsay, W.L., and W.A.Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc.AM.J.*421- 428.
- Li W., S. Zhang, W. Jiang, and X. Shan, 2006. Effect of phosphate on the adsorption of Cu and Cd on natural hematite, *Chemosphere* 63: 1235–1241.
- Lothongkum Anchaleeporn Waritswat., Khemglad Yuttapong., Usamboon Nantawat. 2009. Selective recovery of nickel ions from wastewater of stainless steel industry via HFSLM. *Journal of allowys and compounds.*, 476: 940 – 949.
- Marshall W. E. and Johns M. M. 1996. Agricultural by-product as metal adsorbents: sorption properties and resistance to mechanical abrasion, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 66: 192-198.
- McKay G. And Porter J. F. 1997. Equilibrium parameters for the sorption of copper, cadmium and zinc ions onto peat, *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, 69: 309-320.
- KcLaren R. G., Backes C. A., Rate A. W., and Swift S. 1998. Cadmium and cobalt desorption kinetics from soil clays: Effects of sorption period, *SSSAJ*, 62: 332-337.
- Mellah A., Chegrouche S. 1997. "The removal of zinc from aqueous solution by natural bentonite", *Water Res.*, 31: 621-629.
- Mital A. K. And Venkobachar C. 1993. *J. Environ. Eng.*, 366.
- Naseem R., Tahir S.S. 2001. "Removal of Pb (II) from aqueous/acidic solutions by using bentonite as an adsorbent", *Water Research* 35 : 3982-3986.
- Orumwense F. F. O. 1996. Removal of lead from water by adsorption on a kaolinitic clay, *J. Chem. Tech. Biotechnology* 65: 363-369.

- Oueslati W., Rhaiem Ben H., Lanson B., Amara Ben Haj A. 2009. Selectivity of Na-montmorillonite in relation with the concentration of bivalent cation (Cu, Ca, Ni) by quantitative analysis of XRD patterns, *Applied Clay Science* 41: 224 – 227.
- Periasamy K. and Namasivayam C., 1994. Process development for removal and recovery of cadmium from wastewater by a low-cost adsorbent: adsorption rates and equilibrium studies, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 33: 317-320.
- Petrov N., Budinova T., and Khaveson I. 1992. Adsorption of zinc, cadmium, copper and lead ions on oxidized anthracite, *Carbon* 30:135-139.
- Poikolainen J., Kubin E., Piispanen J., Karhu J. 2004. Atmospheric heavy metal deposition in finland during 1985 – 2000 using mosses as bioindicators, *the science of the total environment* 318: 171 – 185.
- Poon C. P. C. 1986. Removal of Cd (II) from wastewaters, In: H. Muslin and O. Raverva, Editors, *Cadmium in the Environment*, Birkha User Basal, Switzerland, 6-55.
- Ramesh A., Jee D. J., and Wong J. W. C. 2005, Thermodynamic parameters for adsorption equilibrium of heavy metals and dyes from wastewater with low-cost adsorbents, *J. Coll. And Inter. Sci.*, 29: 588-692.
- Salemaa Maija., Derome John., Helmisaari Helja-Sisko., Nieminen Tiina., Vanha-Majamaa Ilkka., 2004. Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland. *Science of the Total Environment* 324: 141- 160.
- Singh V. N., (1988). *Environ. Technol. Lett.*9:153-1162.
- Sprynskyy Myroslav. 2009. Solid –liquid – solid extraction of heavy metals (Cr, Cu, Cd, Ni and Pb) in aqueous systems of zeolite – sewage sludge. *Journal of Hazardous material.*, 161: 1377- 1383.
- Srivastava S.K., Tyagi R., Pal N. 1989. “Studies on the removal of some toxic metal-ions. 2. Removal of lead and cadmium by montmorillonite and kaolinite”, *Environ. Technol.Lett.*, 10: 275-282.
- Undaybeytia T., Morillo E., Maqueda C. 1996. “Adsorption of Cd and Zn on montmorillonite in the presence of a cationic pesticide”, *Clays Clay Miner* 31 : 485-490.
- Walkley A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil: Effect of variations in digestions conditions and inorganic soil constituents. *Soil Sci.* 63: 251-263.
- Wang S., Li H., and Xu L. 2006. Application of zeolite MCM-22 for basic dye removal from wastewater, *J. Coll. And Inter. Sci.*, 295: 71-78.

Xu N., Christodoulatos C., and Braida W. 2006. Adsorption of molybdate and tetrathiomolybdate onto pyrite and gothite: effect of pH and competitive anions, *Chemosphere*, 62: 1726-1735.

Yadava K.P., Tyagi B.S., Singh V. N., J. 1991 *Chem. Biotechnol*,51: 47-60

ÖZGEÇMİŞİM

09.09.1979 tarihinde Kahramanmaraş'ta doğdum. 1991'de Fatih İlköğretim okulunu, 1994'de Kahramanmaraş Orta Okulunu, 1997'de Atatürk Kız Lisesini bitirdim. 1999 yılında kazandığım Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Mühendisliği Bölümünü 2003 yılında bitirdim.

24.11.2004 tarihinde Kürtül İlköğretim okulunda İngilizce vekil öğretmenliğine başladım ve buradaki görevime 07.02.2005 tarihine kadar devam ettim. 08.02.2005 tarihinde atandığım Bulutoğlu Şehit İrfan Karabıçak İlköğretim okulunda görevimi 10.06.2005 tarihine kadar devam ettirdim. Eylül 2006 tarihinde Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünde Yüksek Lisansa Başladım ve halen devam etmekteyim.