

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
FİZİKOKİMYA BİLİM DALI**

**PİRİNADAN ÜRETİLEN AKTİF KARBONUN MODİFİYE
EDİLEREK AĞIR METAL ADSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Halit TUNCAY

**Danışman
Dr. Öğretim Üyesi Mehmet Sadrettin ZEYBEK**



MANİSA-2019

**Halit
TUNÇAY**

**PIRİNADAN ÜRETİLEN AKTİF KARBONUN MODİFİYE EDİLEREK AĞIR METAL
ADSORPSİYON ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

2019

TEZ ONAYI

Halit TUNCAY tarafından hazırlanan " **Pirinadan Üretilen Aktif Karbonun Modifiye Edilerek Ağır Metal Adsorpsiyon Özelliklerinin Araştırılması** " adlı tez çalışması .../.../2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Dr. Öğretim Üyesi M. Sadrettin ZEYBEK**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Yüksel ABALI**

Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof.Dr. Mustafa TÜZEN**

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Halit TUNCAY



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ	III
TABLolar DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR	V
ÖZET	VI
ABSTRACT	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Su ve Su Kirliliği	3
2.2. Su Kirlleticileri	3
2.2.1. Organik kirleticiler	4
2.2.2. İnorganik kirleticiler	4
2.3. Ağır Metal Kirliliği	4
2.3.1. Kobalt Kirliliği	5
2.3.2. Nikel Kirliliği	6
2.3.3. Krom Kirliliği	7
2.4. Adsorbsiyon	7
2.4.1. Adsorbsiyon Çeşitleri	7
2.5. Aktif Karbon	9
2.6. Literatür Taraması	10
2.6.1. Co(II)'nin Uzaklaştırılması İçin Literatür İncelemesi	10
2.6.2. Ni(II)'nin Uzaklaştırılması İçin Literatür İncelemesi	11
2.6.3. Cr(VI)'in Uzaklaştırılması İçin Literatür İncelemesi	14
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. DeneYlerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	18
3.1.1. Pirina ve PVC	18
3.1.2. Reaktifler	18
3.1.3. Stok Çözeltilerin Hazırlanması	18
3.1.4. Aktif Karbon Hazırlanması	18
3.2. Çalışılan Cihazlar ve Ekipmanlar	19
3.2.1. ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) Cihazı	20
3.2.2. BET (Brunauer-Emmett-Teller) Cihazı	21
3.2.3. FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) Cihazı	22
3.2.4. EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Cihazı	22
3.3. Piroliz ve Aktif Karbon Üretim Prosesi	23
3.4. Aktif Karbon Karakterizasyonu	24
3.4.1. B.E.T. Analiz Sonuçları (Yüzey Aktif Alanı)	24
3.4.2. EDX Analiz Sonuçları (Elementel Analiz)	24
3.4.3. FT-IR Analiz Sonuçları	25
3.5. Adsorpsiyon DeneYleri	26
3.5.1. Sürekli Adsorpsiyon Sistemi	26
3.5.2. Kesikli Adsorpsiyon Sistemi	27
3.6. Adsorpsiyon DeneYlerinin Yapılması	28
3.6.1. Sürekli Adsorpsiyon DeneYlerinin Yapılması.....	28
3.6.2. Kesikli Adsorpsiyon DeneYlerinin Yapılması	28

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Sürekli Adsorpsiyon Deney Sonuçları	29
4.2. Kesikli Adsorpsiyon Deney Sonuçları	32
4.2.1. pH Denemesi Deney Sonuçları	32
4.2.2. Aktif Karbon Miktarı Denemesi Deney Sonuçları	33
4.2.3. Zaman Denemesi Deney Sonuçları	34
4.2.4. Sıcaklık Denemesi Deney Sonuçları	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	41



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi
BET	Brunauer-Emmett-Teller Cihazı
FT-IR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy Cihazı
EDX	Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Cihazı
P	Pirina
PK	KOH ile aktive edilmiş Pirina
PC	CO ₂ ile aktive edilmiş Pirina
PPVCK	KOH ile aktive edilmiş Pirina+PVC
PPVCC	CO ₂ ile aktive edilmiş Pirina+PVC



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. ICP-OES Cihazı (Thermo Fisher Scientific ICAP 6000 SERIES)	20
Şekil 3.2. BET Cihazı (Quantachrome Instruments - Autosorb-1)	21
Şekil 3.3. FT-IR Cihazı (BRUKER – Tensor II)	22
Şekil 3.4. EDX Cihazı (Shimadzu EDX-7000)	22
Şekil 3.5. Piroliz ve Aktif Karbon Üretim Prosesi	23
Şekil 3.6. FT-IR Spektrumu	25
Şekil 3.7. Sürekli Adsorpsiyon yapıldığı sistem	26
Şekil 3.8. Kesikli Adsorpsiyon yapıldığı sistem	27
Şekil 4.1 pH Değişimin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi	33
Şekil 4.2. Aktif Karbon Değişimin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi)	34
Şekil 4.3. Temas Süresinin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi	35
Şekil 4.4. Sıcaklık Değişimin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi	36
Şekil 4.5. Ni Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterminin Grafiği	37
Şekil 4.6. Ni Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterminin Grafiği	38

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. Sürekli Adsorpsiyon deneylerin analiz sonuçları	31
Tablo 4.2. pH Denemesi Analiz Sonuçları	32
Tablo 4.3. Aktif Karbon Miktarı Denemesi Analiz Sonuçları	33
Tablo 4.4. Zaman Denemesi Analiz Sonuçları	34
Tablo 4.5. Sıcaklık Denemesi Analiz Sonuçları	35



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hazırlanması sürecinde birçok kiői ve kurum katkıda bulundu. Öncelikle alıőma konusunun belirlenmesinden analiz ve yazım sürecine kadar değerli katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi M. Sadrettin Zeybek'e teşekkür ederim. Ayrıca, özellikle ders aşamasında engin bilgilerinden yararlandığım Prof. Dr. Yüksel Abalı'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Halit TUNCAY
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Pirinadan Üretilen Aktif Karbonun Modifiye Edilerek Ağır Metal Adsorpsiyon Özelliklerinin Araştırılması

Halit TUNCAY

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi M. Sadrettin ZEYBEK

Bu çalışmada, biyokütle atıklarından (tarımsal yan ürün atıklar) yüksek gözenekli madde hazırlanması, karbonizasyon mekanizmasının belirlenmesi ve hazırlanan gözenekli katıların adsorpsiyon davranışlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında sulu çözeltiden ağır metallerin giderilmesi için adsorban olarak aktif karbon kullanılmıştır. Aktif karbon, zeytinyağı endüstrisi katı atığı olan pirinadan elde edilmiştir. Aktif karbonun ticari olarak satın alınması yerine bir atığı Pirinayı kullanarak üretilmesi milli ekonomimize bir katma değer kazandıracaktır.

Seçilen bu ham materyal(pirina), ülkemizde ve bölgesel olarak bol miktarlarda bulunduğu için temini ucuz olup ve bu atıkların yakıt ve hayvan yemi dışında farklı amaçla daha verimli değerlendirilmesi sağlanmış olacaktır.

Çalışmanın ikinci aşamasında Pirinadan üretilen aktif karbon adsorban olarak kullanılarak ağır metallerin atık sulardan giderilmesi ile ilgili optimum koşulların tespiti yapılarak kinetik ve termodinamik açıdan incelenmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda çevre kirliliğinde önemli rol oynayan bu endüstri atıklarının atık sulardan ağır metallerin giderilmesinde alternatif bir yöntem olabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aktif karbon, adsorpsiyon, pirina.

2019, 41 sayfa.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Investigation of Heavy Metal Adsorption Properties of Modified Activated Carbon Produced from Olive Stone

Halit TUNCAY

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Chemistry**

Supervisor: M. Sadrettin ZEYBEK, PhD.

In this study, it is aimed to prepare high porous material from biomass wastes (agricultural by-product wastes), to determine the carbonization mechanism and to determine the adsorption behavior of the prepared porous solids.

In this thesis, activated carbon was used as adsorbent to remove heavy metals from aqueous solution. Activated carbon is obtained from olive oil, which is solid waste of olive oil. Producing activated carbon using a waste olive stone instead of buying it commercially will add value to our national economy.

Since the selected raw material (olive stone) is abundant in our country and regionally, it will be cheaper to supply and it will be used more efficiently for different purposes other than fuel and animal feed.

In the second stage of the study, activated carbon produced from pirina was used as adsorbent and the optimum conditions for removal of heavy metals from waste water were determined and investigated in terms of kinetics and thermodynamics. According to the findings, it is determined that these industrial wastes, which play an important role in environmental pollution, can be an alternative method for removing heavy metals from waste water.

Keywords: Activated carbon, adsorption, olive stone.

2019, 41 pages.

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak günümüz dünyasının en önemli problemlerinden birisi de çevre sorunlarıdır. Çevre sorunlarının başında ise temiz su kaynakları ve sağlıklı içme suyu gelmektedir. Temiz içme suyunun değerli olduğu bölgelerde işlenmiş suların hem endüstriyel hem de gündelik ihtiyaçlar için kullanımı ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Ancak arıtılmış sularda organik maddeler, çözülmüş katılar, ağır metaller gibi çeşitli kirlilikler bulunduğu bu kirliliklerin giderilmesi gerekmektedir.

Sanayileşme, verimi arttırmak için tarımsal alanlarda gübreleme ve ilaçlama, şehirleşme sonucunda büyük miktarda katı, sıvı ve gaz formunda atık çevreye salınmaktadır. Bu atıkların çevreye salınımı, kontrolü, ve alınacak tedbirler bir çok araştırmanın konusu olmuştur.

Endüstride kullanılmalarından dolayı ağır metaller, boyar maddeler ve aromatik bileşikler çevreye atık olarak verilmektedir. Bu atıklar canlı yaşamını tehdit eden toksik ve kanserojen en yaygın bilinen çevre kirleticileridir. Ağır metallerin kimyasal ve biyolojik olarak bozunmamasından dolayı canlı organizmalarda birikerek çeşitli düzensizliklere sebep olurlar. Fenolik bileşiklerin en düşük konsantrasyonları bile canlılar için son derece zararlıdır. Nitro-aromatik bileşikler oldukça toksik olup bazı canlıların genetik yapısını bozan özelliklere sahiptir. Tekstil, kağıt ve petrol ürünlerinde kullanılan boyar maddeler, atık suyun rengini değiştiren ve giderilmesi oldukça güç kirleticilerdir [1].

Ağır metal kirliliğinin giderilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi adsorpsiyon metodudur. Adsorpsiyon, sıvı ortamda bir katı adsorplayıcı madde yardımıyla istenmeyen maddelerin katı yüzeyinde adsorplanarak ortamdaki uzaklaştırılması işlemidir.

Adsorpsiyonda, adsorbanın özellikleri, yüzey etkileşimleri, adsorplanan madde ve çözücünün özellikleri ve sistemin özellikleri önemli etkenlerdir. Adsorbanın yüzey özellikleri arasında adsorpsiyon işlemi etkileyen en önemli parametre yüzey alanıdır ve artan yüzey alanı değeri ile adsorpsiyon miktarı artış gösterir. Dolayısıyla gözenekli malzemeler veya çok ufak parçalara bölünmüş katılar yüksek adsorpsiyon

kapasitesi sağlamaktadırlar. Sıkça kullanılan adsorbanlar arasında aktif karbon, kitosin, zeolitler, killer, bazı endüstriyel atıklar ve tarımsal atıklar yer almaktadır. Bunların arasında aktif karbon en çok kullanılan adsorbandır. Aktif karbon, yapısında ağırlıklı olarak karbon atomu bulunan (%85 – %95) gözenekli yüzeye sahip, tabakalı yapıda ve insan sağlığı için zararsız bir maddedir.

Aktif karbon, laboratuvar ölçekli olarak karbon içeriğine sahip birçok malzemedan üretilmektedir. Kullanılacak hammadde için bir sınırlama olmamasına rağmen, düşük inorganik içerikli, yüksek karbon içeriğine sahip ucuz hammaddeler, aktif karbon üretimi için tercih edilmektedir. Ancak, ticari amaçlı aktif karbonlar genellikle turba, linyit, kömür, ağaç ve hindistan cevizi gibi hammaddelerin kullanılması ile üretilmektedir. Hammadde, hazırlanması düşünülen aktif karbon özelliklerini belirleyen en önemli etkenlerden birisidir. Ülkemiz aktif karbon üretiminde hammadde olarak kullanılabilen birçok kaynağa sahiptir [2].

Zeytin ve zeytinyağı üretiminin fazla olduğu ülkemizde yan ürün olarak ortaya çıkan pirinanın (zeytin çekirdeği ve zeytinin etli kısmı) aktif karbon üretiminde hammadde olarak değerlendirilmesi gerek çevresel gerekse de ekonomik açıdan avantaj sağlayacaktır.

Pirina zeytinyağı üretiminden geriye kalan zeytin çekirdeği ve posasından oluşan bir katı atıktır. Zeytinyağı fabrikalarının bir atığı olduğundan Akdeniz ülkelerinde görülen önemli bir biyokütledir. Zeytinyağı üretim teknolojisine göre %2-12 yağ içeren “ham pirina”, yağı alındıktan sonra “yağsız pirina” adını almaktadır.

Pirina hayvan yemi katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Besin değeri olarak 1,6 kg pirina 1 kg kepeğe karşılık gelmektedir. Toksik madde içermeyen ve organik madde içeriği yüksek olan kompostlanmış pirina bahçe bitkilerinin yetiştirilmesinde ve toprağın güçlendirilmesinde kullanılmıştır [3].

Pirina'dan fermantasyon yoluyla lipase enzimi elde edilmektedir. Hidroliz edildikten sonra destile edilerek aktif karbon, metanol ve asetik asit elde edilmiştir. Pirina'nın içerdiği yüksek lignin içeriği nedeniyle diğer biyokütlelere göre piroliz yoluyla aktif karbon elde edilmesinin daha uygun olduğu belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Su ve Su Kirliliği

Su, doğada bol miktarda bulunan maddelerden biridir. Bu tüm insanların, hayvanların ve bitkilerin temel bir bileşenidir. Yer kabuğunun yaklaşık %75'ini oluşturur. Aynı zamanda tarım, imalat, nakliye ve sayısız insan faaliyetleri için önemlidir. Çeşitli yaşamsal proseslerde dolaşım sıvısı olarak besleyici yiyecek taşıyıcısı olarak ve atık ürünlerin uzaklaştırılması için su gereklidir. Su sadece yaşayan hayvan ve bitkiler için önemli değildir aynı zamanda endüstri için de çok değerlidir. Su birçok endüstriyel operasyonlarda buhar olarak kullanılır ve soğutucu olarak enerji santrali ve kimyasal tesislerde kullanılır. Buna ek olarak, suyun daha birçok kullanıldığı alan vardır. Bunlar çelik üretimi, suni ipek, kağıt, atom enerjisi, tekstil, kimyasallar, klima, içme, banyo, sıhhi, yıkama, sulama, yangın söndürme vb. sulardır [4].

İnsan uygarlığının tarihi, su mevcudiyeti ve uygarlığın neredeyse iç içe geçtiğini ortaya koymaktadır. Birçok medeniyet ve yerleşim yerleri susuzluk sorunu nedeniyle yıkılmıştır. Bu gösterir ki su tüm yaşam biçimleri için çok önemlidir. Yıllık yağışların kütle dengesi, yaklaşık %70'inin doğrudan buharlaşma ve su ortamlarından ve bitkilerden kaynaklanan terleme ile kaybedilirken, geri kalan % 30'u akışa gider. Bu akışın dağılması yaklaşık olarak %8'i insanların sulaması faaliyeti, %2'si evsel tüketim, %4'ü endüstri ve %12'si elektrik kullanımı şeklindedir. Tarım için sulama ve enerji santralleri suyun temel tüketicilerini oluşturmaktadır [5].

2.2. Su Kirleticileri

Genelde, su kirleticileri kendi doğalarına göre sınıflandırılabilir. Bunlar organik kirleticiler, inorganik kirleticiler, tortular, radyoaktif maddeler, termal kirleticiler, yağlar ve hidrokarbonlar ve mikropları içeren hastalıklar. Bütün bu organik ve inorganik kirleticiler arasında çeşitli kaynaklardan yaygındır ve su kütlelerinde başlıca kirlilik seviyelerine sürekli katkıda bulunurlar.

2.2.1. Organik kirleticiler

Organik kirleticiler arasında oksijen gerektiren atıklar, hastalığa neden olan ajanlar, bitki besin maddeleri ve sentetik yağ bileşikleri bulunur. Çözünmüş oksijen, sucul flora ve fauna için temel bir gereksinimdir. Doğal suda optimum çözünmüş oksijen, oda sıcaklığında 6.7 mg / L'dir. Çözünmüş oksijen değerindeki azalma, temel olarak organik madde, endüstriyel atıklar, gıda işleme tesisleri, kağıt fabrikaları, tabakhaneler, tarım arazilerinden çıkan atıklar vb. kaynaklı bir kirlilik indeksidir. Bütün bu malzemeler çözünmüş oksijen varlığında bakteriyel aktivite ile bozulmaya uğrar, net sonuç deoksijenasyon işlemidir ve çözünmüş oksijen içeriğinin çabuk tükenmesidir.

2.2.2. İnorganik kirleticiler

İnorganik kirleticiler inorganik tuzları, mineral asitleri, metalik maddeleri, ağır metalleri, eser elementleri, metal kompleksleri ile doğal sudaki organikleri ve organometalik maddeleri içerir.

2.3. Ağır Metal Kirliliği

Endüstriyel atık su nedeniyle ağır metal kirliliği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, dünyadaki en büyük problemdir. Endüstrilerin çok hızlı büyümesi, kimyasal madde kullanımı ve müttefik ürünler sağlık açısından tehlikeye neden olur. Bu bileşiklerin önemli bir kısmı, flora ve faunayı etkileyen, çevreye salınır. Son on yılda birçok metalin kullanımındaki büyük artış kaçınılmaz olarak su ortamında metalik madde akışının artmasına neden oldu. Ayrıca, maden drenajı, evsel atık sular, tarımsal akımlar, asit yağmuru vb. su kütlelerinde metal yüklerinin bir miktar uzamasına katkıda bulunmuştur.

Çevrede çok sayıda kimyasal var ve bunların bazıları zehirli. Zehirli kimyasallar endüstriler tarafından havaya, suya ve toprağa deşarj edilir ve çevreden insan besin zincirine girerler. Biyolojik sisteme girdikten sonra, ölümcül sonuçlara yol açan, biyo-kimyasal süreçleri rahatsız ederler. Hayvanların ve insanların normal büyümesi ve gelişimi için birçok metal temel olarak kabul edilir [6].

Toksik metallerin su kirliliği ciddi çevre problemidir ve yaşayan organizmalar için tehlikeli olabilir. Ağır metal kirliliği, kağıt fabrikaları, organik kimyasallar,

petrokimya, gübre, petrol rafinerisi, metal kaplama tesisleri, madencilik işlemleri ve tabaklama işletmeleri gibi birçok sektörün sulu atık akışında bulunmaktadır. Ağır metaller biyolojik olarak parçalanamazlar ve canlı organizmalarda birikme eğilimindedir; böbrek hasarı, kanser, kemik hasarı, sinir bozukluğu, anemi gibi çeşitli hastalıklara ve rahatsızlıklara neden olurlar. Ag, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, V ve Zn çevre, bitki, hayvan veya insan sağlığı problemleriyle ilişkilidir. Bunlardan, toksik olduğu düşünülen birincil metaller As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb ve Zn'dir. Endüstriyel faaliyetler, kirlilik seviyesinin tolerans sınırlarının ötesine yükseltilmesinden sorumludur. Dikkatler, özellikle son yıllarda kireçlendikleri bazı olaylardan sonra, esas olarak Pb ve Hg kirliliğine odaklanmıştır. Temel bileşenlerden bazıları, aşırı miktarda bulunduğu toksisite sorunlarına neden olur.

Zirai ilaçların ve böcek ilaçlarının uygulanması su kalitesini düşürmektedir. Aynı şekilde, endüstriyel atık suların, toksik kimyasalların, ağır malzemelerin, yağların ve oksijen gerektiren atıkların deşarjı su kalitesini düşürür. Nakliye araçları ve endüstriler, çevremizi kirleten ve küresel ısınma yaratan ve yağışları azaltan atmosfere karbondioksit gibi birçok sera gazı yayar. Bu nedenle, kirliliği azaltma için temiz ve yeşil teknolojilere ihtiyacımız var [7].

2.3.1. Kobalt Kirliliği

Kobalt, kobalaminler adı verilen koenzimlerin aktif merkezidir. İnsana az miktarda kobalt gerekir (B12 sentezi) ve tüm hayvanlar için temel bir eser diyet mineralidir. Kobalt ayrıca bakteri, yosun ve mantarlar için mikro besindir. Kobalt tozu ve dumanlarının solunması ciddi interstisyel bozukluklara, solunum güçlüğüne ve cilt sorunlarına neden olabilir. Kronik kobalt zehirlenmesi, kemik iliğinin hiperplazisi üretebilir. Tungsten karbür aletlerinin imalatında ve öğütülmesinde çalışanlarda (kobalt tungsten karbür kristalleri için bağlayıcı olarak kullanılan) dokular arası akciğer hastalığı görülür. Kobalt üretiminde, işçiler miyokardinal rahatsızlıklardan muzdariptir.

2.3.2. Nikel Kirliliği

Metal son işlem atık suyu, Cr⁺⁶, Cu⁺², Fe⁺², Ni⁺², Pb⁺² ve Zn⁺² gibi ağır metal iyonları içerir. Nikel iyonları ayrıca batarya endüstrisinden kaynaklanan atık sularda da bulunur [8]. Son yıllarda nikel, nükleer santrallerde, gaz türbinli motorlarda ve ciddi çevresel sorunlara neden olan kriyojenik kaplarda kullanılmaktadır. Hindistan'da içme suyunda kabul edilebilir Ni limiti 0.01 mg / L ve izin verilen maksimum limit 0.1 mg

/ L'dir. Çevre Koruma Ajansı'na göre, atık suyun Ni (II) 'nin izin verilen sınırları 1 mg / L'dir .Nikel güçlü bir kanserojendir ve akciğerlerde, burun, mide ve kemikte kansere neden olur, nikel ile temas eden cilt çok ağrılı bir hastalık-nikel kaşıntısına neden olur; bunu ani ölüm izler [9]. Nikelin toksik aktif mekanizması vücuttaki oksidatif enzim sistemini önleme kapasitesindedir. Nikelin ana depolanmaları, omurilik, beyin, akciğerler ve vücutta geniş çapta dağılmış daha az miktarda olan kalptir. Akut zehirlenme baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı ve kusma, göğüs ağrısı, göğüste sıkışma, kuru öksürük ve nefes darlığı, hızlı solunum, siyanoz ve aşırı halsizliklere neden olur [10].

2.3.3. Krom Kirliliği

Krom ve bileşikleri krom kaplama, deri tabaklama, çimento, boya ve fotoğrafçılık endüstrisinde, ciddi çevresel ve halk sağlığı sorunlarına neden olan büyük miktarlarda toksik kirletici madde üreten endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır [11]. Krom ayrıca patlayıcı, seramik, boya üretimi ve çelik imalatında kullanılır. Krom iki sabit iyonik forma sahiptir - heksavalent ve üç değerlikli durum. Cr (VI) toksiktir ancak sulu ortamdaki ömrü organik madde ile Cr (III) 'e düşürüldüğü için sınırlıdır. Cr (VI) 'nın kara yüzeyindeki sularda deşarj tolerans sınırı 0.1 mg / L ve içme suyunda 0.05 mg / L'dir .[12]

2.4 Adsorpsiyon

Adsorpsiyon, bir çözücünün yüzeyinde veya bir katının ara yüzünde konsantrasyon olarak tanımlanır, ancak işlem herhangi bir ara yüzde (sıvı-katı, sıvı-sıvı, gaz-sıvı) oluşabilir. Konsantre olan veya adsorbe edilen malzemeye adsorbat ve adsorbe fazına adsorban denir.

Sorpsiyon işlemlerinin anlaşılması, çevre mühendislerinin çevrede bulunan kirletici maddelerin gerçekliğini ve taşınımını ve mühendislik reaktörlerinde kirleticilerin giderilmesinin anlaşılmasına yardımcı olmak için çok önemlidir. Emme en sık kirletici maddelerin bir fazdan diğerine konsantrasyonu veya hareketi olarak tanımlanır. Emilim, bir kirleticinin bir fazdan diğerine ayrılmasını içerir. Örnekler su içinde çözünmeyi veya oksijen gazını ve böcek ilacı DDT'nin organik çözücü heksan içine emilimini içerir. Adsorpsiyon, bir fazda bulunan iyonların veya moleküllerin yoğunlaşma ve başka bir fazın yüzeyinde yoğunlaşma eğilimi gösterdiği işlemidir.

Adsorpsiyon, renk, koku, yağlar ve organik kirleticilerin ve inorganik kirleticilerin sulu çözeltilerden veya atık sulardan çıkarılmasında en etkili yöntemlerden biridir.

Aktif karbon, yüksek adsorpsiyon kapasiteleri, hızlı adsorpsiyon kinetiği ve rejenerasyon durumu nedeniyle çeşitli matrislerden çok çeşitli kirleticilerin uzaklaştırılması için bir adsorban olarak kullanılır. Aktif karbonun en önemli kullanımlarından biri su arıtma işlemidir. Aktif karbonlar, esas olarak gözenekli yapıdan, yüzey alanından ve yüzeyin kimyasal yapısından etkilenen benzersiz adsorptif özelliklere sahip kompleks ve heterojen malzemelerdir. Buharla aktivasyon veya kimyasal aktivasyon yoluyla birçok karbonize edilmiş ham madde türü aktif hale getirilebilir.

Buhar aktivasyon işleminde, karbonlu malzeme yaklaşık 1000 °C' de buharla reaksiyona girer. Kimyasal olarak aktive edilmiş karbonlar, bir aktivasyon kimyasalı ile karbonlu bir materyal karıştırılarak üretilir ve karışım, yaklaşık 500°C 'de karbonize edilir. Buharla aktive olan karbonlar, kenarlarında heterojen oksijen atomları içeren bazı fonksiyonel gruplara sahip aromatik bir karbon iskeletine sahip bazal düzlemlerden oluşur. Aksi takdirde, kimyasal olarak aktive edilmiş karbonlar, kısmen aromatik ve alifatik bir yapıya veya sonsuz sayıda farklı monomerdan üretilen ve yüksek miktarda çapraz bağlanmış polimerlere sahiptir ve nispeten büyük miktarda heteroatom içerir [13].

2.4.1. Adsorpsiyon Çeşitleri

(i) Fiziksel Adsorpsiyon

Fiziksel adsorpsiyon, moleküller arasında Vander Waals kuvvetlerinin zayıf çekim kuvvetlerinin çalışması nedeniyle nispeten spesifik değildir. Burada, adsorbe edilmiş molekül katı yüzey üzerinde belirli bir bölgeye yapıştırılmaz, ancak yüzey üzerinde hareket etmek serbesttir. Ek olarak, adsorbe edilmiş malzeme, adsorban yüzeyinde üst üste binmiş birkaç katman yoğunlaşabilir ve oluşturabilir. Fiziksel adsorpsiyon genellikle konsantrasyonda bir düşüş ile, oldukça geri dönüşümlüdür; Materyal, başlangıçta adsorbe olduğu kadar aynı oranda desorbe edilir.

(ii) Kimyasal Adsorpsiyon

Kimyasal adsorpsiyon, kimyasal bileşiklerin oluşumuna yol açanlarla kıyaslanabilen daha güçlü kuvvetlerin sonucudur. Normal olarak, adsorbe edilen malzeme, yüzey üzerinde sadece bir molekül kalınlığında bir katman oluşturur ve

moleküllerin bir yüzey bölgesinden diğerine hareket etmekte serbest olduğu kabul edilmez. Yüzey monomoleküler tabaka ile kaplandığında, adsorbanın kapasitesi esasen tükenir. Ayrıca, kimyasal adsorpsiyon nadiren geri dönüşümlü değildir. Adsorbe edilmiş materyalleri çıkarmak için adsorban genellikle daha yüksek bir sıcaklığa ısıtılmalıdır.

(iii) İyon değişimli adsorpsiyon

İyon değişimli adsorpsiyon, adsorbat ve yüzey arasındaki elektriksel çekim ile karakterize edilir. İyon değişimi de bu sınıfa dahil edilir. Burada, bir maddenin iyonları, yüzey üzerinde zıt bir yük olan bölgelere elektrostatik çekimin bir sonucu olarak yüzey üzerinde yoğunlaşmaktadır. Genel olarak, üç değerlikli iyonlar gibi daha büyük yüke sahip olan iyonlar, monovalent iyonlar gibi daha az yüklü olan moleküllerden zıt bir şarj yerine daha güçlü şekilde çekilir. Ayrıca, iyonun daha küçük boyutu daha büyük bir çekime sahiptir. Üç adsorpsiyon türü arasında önemli farklılıklar olmasına rağmen, belirli bir adsorpsiyonun tek bir tipe atanmasının zor olduğu durumlar vardır.

Adsorpsiyon bir yüzey olayı olduğu için, adsorpsiyonun hızı ve derecesi kullanılan katıların yüzey alanının fonksiyonudur. Aktive karbon, kütle ile ilgili muazzam yüzey alanı nedeniyle adsorptif amaçlar için yaygın olarak kullanılır. Genellikle 300 ila 1000°C arasındaki sıcaklıkları karbondioksit, hava, su buharı gibi muhtemel bir gaz atmosferinde ısıtmak ve daha sonra hava veya su içinde hızlı bir şekilde söndürmek suretiyle bir ahşap ürün veya kömürden yapılır. İç odun hücreleri bu prosedürle temizlenir, böylelikle oldukça küçük ve düzgün gözeneklere ve ayrıca 10 ila 1000 Å çapındaki yüzey alanlarına sahip bir yapı bırakır. Belirli bir sıcaklık ve basınçta, bir aktif karbon numunesi belirli bir gaz miktarını emecektir. Eğer basınç artarsa, daha fazla adsorbe olur, basınç azalırse daha az adsorbe eder. Emilen gazın miktarı basınca karşı çizilirse, sıralamadaki eğriler elde edilir [14].

2.5. Aktif Karbon

Aktif karbon hiç şüphesiz dünya çapında atık su arıtımında en popüler ve yaygın olarak kullanılan adsorban olmuştur. Modern aktif karbonun ön koşucusu olan kömür, atık su arıtımında bilinen en eski adsorban olarak kabul edilmiştir. Lowitz, 1789-1790 yıllarında deneysel olarak kötü tatların ve kokuların sudan çıkarılması için

ilk kömür kullanımını kurdu. Bununla birlikte, ticari aktif karbon geliştirme kredisi, buluşları 1900 ve 1901'de patenti verilen Raphael Von Ostrejko'ya aittir.

Aktif karbon, ham madde dehidrasyonunu ve karbonizasyonu ve ardından aktivasyonu içeren bir işlemle üretilir. Başlangıç materyali hava yokluğunda yavaşça ısıtılarak kurutulur ve karbonize edilir. Kömürleşme bu organik materyali bir kül, katran, amorf karbon ve kristal karbon karışımı olan birincil karbona dönüştürür. Karbonizasyon sırasında, bazı ayrışma ürünleri veya katranlar gözeneklerde biriktirilir, ancak aktivasyon aşamasında çıkarılırlar. Aktivasyon, esasen, amorf ayrışma ürünlerinin yanmasını ve karbonlanmış malzemede gözeneklerin büyütülmesini gerektiren iki fazlı bir işlemdir. Yanma gözenek açıklıklarını boşaltır, gözenek sayısını artırır ve aktivasyon bu gözenek açıklıklarını büyütür. Elde edilen ürün aktif karbon olarak bilinir ve genellikle 600 - 2000 m² / g arasında değişen geniş bir yüzey alanına sahip çok gözenekli bir yapıya sahiptir.

Aktif karbonlar, kok, zeytin taşları, çam ağacı, pirinç kabuğu, hurma kabuğu, talaş, antrasit, erik çekirdekleri, turba, bitümlü kömür, hindistan cevizi kabuğu, hurma çekirdeği tanecikleri, vb. Gibi malzemeleri içeren çeşitli karbonlardan hazırlanabilir. karbon genellikle iki biçimde bulunur (i). Toz aktif karbon (PAC) (ii). Granül aktif karbon (GAC). Granül form sürekli temas için daha uyarlanabilir olduğundan ve karbonu dökme akışkandan ayırmaya gerek yoktur. Kirleticilerin sudan uzaklaştırılması konusundaki çalışmaların çoğu GAC kullanılarak yapılmıştır. Öte yandan, PAC kullanımı, adsorbanın akışkandan ayrılması gerekliliği nedeniyle bazı pratik sorunlar sunmaktadır. Ancak, bu sorunlara rağmen, düşük sermaye maliyeti ve daha az temas süresi gereklilikleri nedeniyle PAC atık su arıtımı için de kullanılır. Ek olarak, aktif karbon elyafı ve aktif karbon giysi gibi iki özel form daha vardır.

Toz haline getirilmiş ve granül karbonlar arasındaki bölünme yaklaşık 50 / 50'dir. Karbonun üçte ikisi sıvı faz uygulamaları için, üçte biri ise gaz fazı uygulamaları için kullanılır. Çoğu karbonlu madde, aktif karbona dönüştürülebilir ve karbonun nihai özellikleri, başlangıç malzemesinin doğası üzerinde önemli derecede etkili olacaktır. Mekanik aşınmaya iyi direnen güçlü, yoğun bir karbon verir.

Karbon aktif olduğunda gözenekleri dolduran sıvı fazda mevcutsa, yüzeyin belirli moleküller için bir çekiciliği olacak şekilde yaratıldığı zaman iç yüzeylerin kimyasal yapısı [15] Yüzey atomları ve çözünen moleküller arasındaki etkileşimin

kuvveti, tüm bitişik moleküller arasında mevcut olan vander waals kuvvetine benzerdir. Yüzey ile adsorbat arasındaki mesafeye bağlı olarak net kuvvet ile hem çekici hem de itici kuvvetler vardır.

Adsorpsiyon kapasitesini etkileyen faktörler aşağıdaki gibidir,

1. Aktif karbonun yüzey alanı
2. Aktif karbonun boyutu
3. Çözünürlük
4. pH
5. Sıcaklık

Aktif karbon, atık su içeren ağır metallerin arıtılmasında başarıyla kullanılmıştır; adsorbanın maliyeti, atık su arıtımının uygulanmasını yasaklar. Ticari olarak temin edilebilen birkaç aktif karbon, metalleri atık sudan çıkarabilir [16].

2.6. Literatür Taraması

Ağır metallerin sulu çözeltilerden adsorpsiyonu için geliştirilen çeşitli yöntemler üzerine literatürler büyüktür. Bu çalışma alanındaki son çalışmalardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

2.6.1. Co(II)'in Uzaklaştırılması İçin Literatür İncelenmesi

bir deniz bakteri olan *Enterobacter cloaceae*'in Hindistan'ın batı sahilinden izole edildiğini ve ağır metallerin kadmiyum (% 65), bakırın (% 20) ve kobaltın (%8) 100 mg'de adsorpsiyonu için mükemmel bir şelatlama özelliğine sahip olduğunu belirtmiştir [17].

Sülfürik asitle (1: 1) 200 ° C'de 1 gün boyunca işlem gören Kayısı kabuklarını aktif karbonu kullanılarak adsorptif uzaklaştırılmasını, Ni (II), Co (II), Cd (II), Cu (II), Pb'yi araştırdı. (II), Cr (III) ve Cr (VI) iyonları sulu çözeltilerden elde edilmiştir. pH 1'den 6'ya yükselirken, adsorpsiyon kapasitesi 34.7'den 7.8 mg / g'a düşmüştür. pH, azalan Cr (VI) > Cd (II) > Co (II) > Cr (III) 'nin azalan düzenindeki metal iyonlarının adsorpsiyon kapasitelerini etkiler [18].

2.6.2. Ni(II)'nin Uzaklaştırılması İçin Literatür İncelenmesi

PTA (II), Ni (II) 'nin çıkarılmasında başarılı olan tarımsal yan ürünlerden aktif karbon üretimi için ağır metallerin sulu ortamdan çıkarılması için EDTA modifiye edilmiş yer fıstığı kabuğunun çeşitli yöntemlerin geliştirildiğini bildirmiştir. [19] Sulu çözeltilerden ve endüstriyel atık sulardan. Granül aktif karbonların hazırlanmasında pirinç samanı, soya fasulyesi kabuğu, şeker torbası, yer fıstığı kabuğu, ceviz kabuğu ve ceviz kabuğu kullanılmış olup, Pb (II) gibi metal iyonlarının değerlendirilmiştir [19].

DeneySEL çalışmalara dayanarak, muamele edilmiş granül aktif karbon% 98 ve% 94 ve karbon aérojel% 92 ve% 96 adsorptif olarak çıkarıldı. Sulu çözeltilerden 3 mg / L Ni (II) ve Zn (II) 48 saat temas süresinde. Langmuir modelinin iyi bir uyum içinde olduğu ve sahte ikinci dereceden kinetik modeline uyduğu tespit edildi [20].

Lif, kimyasal olarak modifiye edildikten sonra spesifik bir yapıya sahip bir boya molekülünün yüklenmesi ve hidrojen peroksit ile oksitlenmesi gibi iki farklı teknikle adsorban olarak da kullanılmıştır. Her iki modifiye edilmiş jüt lifi, daha yüksek metal iyon adsorpsiyonu vermiştir. Adsorpsiyon izoterm modelleri, modifiye jüt lifi için Langmuir modeline en uygun olduğunu göstermiştir. Adsorpsiyon değerleri, pH'ın düşürülmesiyle azalmıştır. Bu adsorbanların desorpsiyon verimi, rejeneratif ve yeniden kullanım kapasitesi, art arda üç adsorpsiyon-desorpsiyon döngüsü için değerlendirildi [21]. Adsorptif kapasite, yalnızca kostik soda rejenerasyonu, desorpsiyondan sonra bir ara adım olarak gerçekleştirildiğinde muhafaza edildi. Atık sudan nikel uzaklaştırma yüzdesi, alümina miktarının artmasıyla artar. Adsorbent bölgelerinde nikel iyonlarının etkili nikel alımının optimum dozu, artan temas süresi ile artar. Etkili nikel giderimi için optimum temas süresi 60 dakikadır. Bu işlemde kullanılan adsorban sonunda yeniden üretilebilir ve sonraki işlemlerde kullanılabilir, böylece yeni adsorban ihtiyacını ortadan kaldırır.

Ağır metallerin ilk ve son konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile belirlenmiştir. Sorpsiyon verileri Langmuir denklemleri açısından yorumlandı. Sonuçlar, bu metallerin sepiyolit üzerine adsorpsiyonu için destek sağlar. Sonuç olarak, sepiyolit çalışması kobalt ve nikel iyonlarının sulu çözeltilerden uzaklaştırılmasında kullanılabilir [22].

Ni (II), Co (II), Cd (II), Cu (II), Pb (II), Cr (III) ve Cr (VI) gibi ağır metal iyonlarının adsorpsiyonunu araştırmıştır. kayısı taşından hazırlanmış aktif karbon ile sulu çözeltiler. Kayısı taşları karbonize edildi ve 2000 °C'de 24 saat süreyle sülfürik asitle (1:1) işlemden geçirilerek aktifleştirildi. pH 1-6'nın aktif karbon üzerindeki etkisini gözlemlemek için parti emilim deneyleri yapıldı. Bu metallerin adsorpsiyonunun çözeltilinin pH'ına bağlı olduğu bulundu. En yüksek adsorpsiyon sırasıyla Cr (VI) için 1-2 ve metal iyonlarının geri kalanı için 3-6'da meydana geldi. Metal iyonları için adsorpsiyon kapasiteleri azalan olarak elde edildi kayısı taşından aktif karbon için Cr (VI)> Cd (II)> Co (II)> Cr (III)> Ni (II)> Cu (II)> Pb (II) 'nin sırasıdır. manganez nodüllerinin kükürt dioksit-amonyak liçinde Cu, Ni ve Co'nun seçmeli olarak çıkarılmasından sonra oluşan sızıntı kalıntısını inceledi. PH, ilk metal iyon konsantrasyonları, adsorban miktarı, enterferans iyonları ve ısıl işlemin etkileri incelenmiştir. Metal iyonlarının alımı, artan pH ile artmıştır. Adsorpsiyon kinetiğinin birinci dereceden bir oran ifadesini takip ettiği bulundu ve deneysel denge adsorpsiyon verisinin hem Langmuir hem de Freundlich izoterm modelleri. Adsorbe edilmiş metal iyonlarının metal yüklü liçi kalıntısından desorpsiyonu ve rejenerasyon kabiliyeti de incelenmiştir [23].

Adsorbantın etkinliği, çözeltilinin pH'ı, başlangıç metal iyonu konsantrasyonu ve temas süresi gibi farklı deneysel koşullar altında parti adsorpsiyon tekniği kullanılarak araştırıldı. Metal iyonlarının kömür özünde adsorpsiyonu, sahte ikinci dereceden kinetiği takip ediyordu. Adsorpsiyon izotermi, Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modelleri ile ifade edildi. Rekabetçi adsorpsiyon hindistan cevizi özü üzerine çok metallerin kullanılması incelenmiştir. Bu üç metal iyonunun sentetik nükleer enerji santrali soğutucu su numunelerinden uzaklaştırılması için hindistan cevherinin adsorpsiyon etkinliği de test edilmiştir [24].

Ni (II) iyonlarının Toz halindeki aktif karbon (PAC) ve Toz halindeki babul kabuğu (PBB) üzerine adsorpsiyonla süpürülmesi Patil ve arkadaşları (2006) tarafından yapılmıştır. Geleneksel tozla aktifleştirilen kömür, nikelin çıkarılması için toz babul kabuğundan daha fazla emme kapasitesi göstermiştir. PH 8.0'da etkilidir, bu nedenle daha çok tercih edilen pH 7.0-8.0'da verimli bir şekilde kullanılabilir. Çok küçük bir PBB dozu uygulandığında, Ni (II) iyon konsantrasyonunu% 80'den daha fazla azaltmak mümkündür ve atık sudaki nikel konsantrasyonunu, atık bertarafı için

atıksu standartlarının sınırları dahilinde vermek mümkündür. PAB'nin geri kazanılması ve yenilenmesi zordur, ancak babul ağaç kabuğu güvenle elden çıkarılabilir. Düşük maliyetli adsorbanla adsorpsiyon sadece daha ucuz değil aynı zamanda daha az bakım ve denetim gerektirir. Rejenerasyon da gerekli değildir, çünkü bir kez kullanılabilir ve kuruduktan sonra yakılabilir. Nikelin endüstriyel atık sudan çıkarılmasında toz babul kabuğu kullanılmasının etkili ve düşük maliyetli bir işlem olduğunu öne sürdüler [25].

Metal adsorpsiyonu, artan adsorban dozu, temas süresi arttıkça artmış ve her iki adsorban için dengeye ulaşmıştır. Her sorbent sistemi için Freundlich ve Langmuir adsorpsiyon modellerinin uygunluğu da incelenmiştir. Reaksiyon mekanizmasını anlamak için geri dönüşümlü birinci dereceden oran denklemi kullanılarak kinetik veriler çalışıldı. Lagergren birinci dereceden sabitleri farklı ilk metal iyon konsantrasyonları için hesaplandı. Ni (II) iyonları, HCl ile muamele edilerek sorbentlerden hızlı bir şekilde çıkarılabilir ve aynı zamanda sorbeni yeniden üretildi ve ayrıca ağır metal iyonları tarafından adsorbe etmek için tekrar kullanılabilir. Bu malzemenin metal kaplama endüstrisi atık sularına uygunluğu da incelenmiştir [26].

Ni (II), ZnCl₂ aktivasyonu ile zeytin taşından hazırlanan aktif karbon kullanılarak sulu çözeltilerden iyonlanır. Maksimum yüzey alanı 650⁰C'de 790.25 m² / g olmuştur. 6500 ° C'de hazırlanan karbon, Ni (II) 'yi sulu çözeltiden 1.0 g / 50 ml adsorban konsantrasyonunda çıkarmak için daha etkili (% 95). pH değerinin adsorpsiyon üzerindeki etkisi araştırılmış ve Ni (II) uzaklaştırılmasının% 95'i 7-9 pH değerleri aralığında sağlanmıştır. Deneysel veriler çeşitli kinetik modellere uygulanmıştır. Toplam adsorpsiyon oranının kinetik modellerinin karşılaştırılması, sahte ikinci sıra oran modelinin bu sorpsiyon sistemlerini etkin bir şekilde tarif ettiğini göstermiştir [27]. Ni (II) giderim yüzdesi ile adsorban dozaj arasındaki doğrudan orantılılık olduğu kaydedilmiştir. Tüm adsorbanlar için maksimum nikel uzaklaştırılması ve geri kazanımı 10-12 arasında değişmektedir. Ni (II) 'nin etkili bir şekilde uzaklaştırılması için optimum bir 400 °C sıcaklık gözlemlendi. Nikel adsorpsiyonunun etkisi, tuzluluktan etkilenmiştir. Adsorpsiyon izotermi verileri Freundlich ve Langmuir izotermi ile doğrulanmıştır. Endüstriyel yan ürünlerin nikelin sulu çözeltiden başarılı bir şekilde çıkarılmasındaki uygunluğu çalışmadan oldukça açıktır [28]. Helix aspera'nın kabuğu Pb (II), Zn (II) ve Ni (II) için iyi bir

adsorbandır. İyonların adsorpsiyon miktarı, metal iyonlarının denge konsantrasyonundaki artışla artar. Pb (II), Zn (II) ve Ni (II) 'nin *Helix aspera* kabuğu üzerine adsorpsiyonu, termodinamik olarak uygulanabilir ve Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi tarafından tarif edilir [29].

2.6.3 Cr Uzaklaştırılması İçin Literatür Araştırması

Metal iyon konsantrasyonu, temas süresi, adsorban dozajı, adsorban partikül büyüklüğü, sıcaklık ve pH gibi çeşitli parametrelerin Cr (VI) 'nın uzaklaştırılması üzerindeki etkisi incelenmiştir. Adsorpsiyon birinci dereceden oran ifadesini takip etti. Denge verileri Langmuir ve Freundlich izotermine iyi uyum sağlar. Adsorpsiyon, 1.51'lik bir başlangıç pH'sında maksimum idi. Sıcaklık çalışmaları, adsorpsiyon işleminin doğada endotermik olduğunu göstermiştir [30]. Yüksek mesopores karbon, resorsinol ve formaldehitin polimerizasyonunu ve ardından karbonizasyonu içeren geleneksel sol-gel yöntemi ile sentezlendi. Polimer bazlı karbon malzemenin yüzey özelliklerini değiştirmek için oksijen aktivasyonu kullanıldı. Adsorpsiyon kapasitesi, Ni (II) > Cu (II) > Pb (II) > Zn (II) > Cr (VI) sırada bulunmuştur.

Bu çalışmadan, aktivasyondan sonra inek gazı karbonunun, pH 3.4 ve 300C'de 5 ila 10 mg / L konsantrasyon aralığında sentetik çözeltilerde altı değerlikli krom formu için oldukça iyi emici bir ortam olarak etki ettiği açıktır. 5 saat minimum temas süresi ile. Daha yüksek pH aralığında adsorpsiyon ihmal edilebilir, ancak sıcaklığın adsorpsiyon prosesi üzerindeki etkisi belirgindir. Artan sıcaklıkla birlikte artan bir eğilim, adsorbat iyonu ve adsorban yüzeyi arasındaki etkileşimin kimyasal nitelikte olduğunu ve işlemlerin endotermik olduğunu, bunun da Langmuir modelinden farklı sıcaklıklarda hesaplanan termodinamik parametrelerle desteklendiğini gösterir. Lagergren arsasında sabit oranlı bir çalışma yapıldığı için, işlemin birinci dereceden kinetiği takip ettiği bulundu. Adsorbentin kırsal koşullar altında kolay olması ve doğal olması nedeniyle, hazırlanan adsorban pratik uygulanabilirlik için çok iyi bir vaat göstermektedir [31].

Test edilen adsorbanlar arasında aktif perthenium karbon, cıva, metilen mavisi ve malakit yeşili için en yüksek oranda uzaklaştırılmıştır [32]. Sulu adsorpsiyon testleri, *Terminalia arjuna* somunundan türetilen aktif karbonun, Cr (VI) için belirgin

adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu gösterir. Cr (VI) adsorpsiyonunun kinetiği, sahte sözde birinci dereceden oran ifadesini güzel bir şekilde takip etti. Langmuir ve Freundlich modelleri izoterm verilerine iyi uyuyor. Lagergren modelinin diğer iki modelle uyumlu olduğunu söylemek ilginç. Cr (VI) 'nın alımı, çözeltinin pH'ından büyük ölçüde etkilenmiştir. Bu şekilde elde edilen veriler, Cr (VI) ile zenginleştirilmiş su ve atık sular için sürekli bir arıtma tesisi tasarlamak ve kurmak için yardımcı olabilir. Adsorban ucuz ve ucuz olduğu ve literatürde bildirildiği gibi büyük miktarlarda kolaylıkla bulunabileceği için, çıkarma maliyetinin oldukça düşük olması beklenmektedir [33].

Bu çalışmadan biyosorpsiyondan geçen bir akış kağıt değirmeni çamuru ile doldurulmuş sütun 238 mg / g adsorban emme kapasitesine ulaşmıştır. Sert ve yumuşak asitler ve bazlar kavramı, farklı metal iyonlarının aktif karbonlardaki adsorpsiyon davranışları hakkındaki literatür verilerini yorumlamak için başarıyla kullanılmıştır [34].

Cr (VI) 'nın sulu çözeltilerden çıkarılması, çözeltinin pH'ına büyük ölçüde bağlıdır. Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon modelleri, Langmuir izoterm modeline çok iyi uyum sağlayan deneysel verileri temsil etmek için kullanıldı. Tek tabakalı adsorpsiyon kapasitesi, 18.69 mg / g olarak elde edildi. Termodinamik hesaplamalar, zeytinyağı fabrikası atıklarının neden olduğu krom emilim işleminin endotermik ve kendiliğinden bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. Kolon çalışmaları, Cr (VI) 'nın prina adsorpsiyonunun akış hızına ve giriş besleme Cr (VI) konsantrasyonuna bağlı olduğunu ve verilerin Admas-Bohart modeline uygun olduğunu gösterdi. Parti ve kolon deneylerinin karşılaştırılması parti modu etkin bir şekilde sabit yataklı kolon yerine adsorban metal bağlama kapasitesinden istifade etti. Kullanılan adsorban, ticari olarak temin edilebilenden daha ekonomiktir [35].

Zehirli hegzavalent krom formunun çözeltilerden uzaklaştırılması, seçilen adsorbanlar kullanılarak mümkün olmuştur. Okaliptüs kabuğu, en fazla 200 ppm konsantrasyonunda ve pH 2'de Cr (VI) için% 99'dan daha fazlasına ulaşıldığında en etkili oluydu. Adsorban dozunda, ilk Cr (VI) konsantrasyonunda ve temas süresinde artışa kadar artmıştır. Cr (VI) 'nın adsorpsiyonundaki tüm artış için 2 saat uygundur. EB üzerinde Cr (VI) adsorpsiyonunun kinetiğinin birinci dereceden mekanizmayı takip ettiği bulundu. Her sistem için Gibbs serbest enerjisi, Cr (VI) için -1.884 kJ mol-

1 ve endüstriyel atıklardan çıkarılmak üzere Cr (III) için $-3.872 \text{ kJ mol}^{-1}$ idi. Adsorpsiyon verileri, Freundlich izotermi ile tatmin edici bir şekilde açıklanabilir. Bu sorbentin daha yüksek bir emme kapasitesi, EB'nin krom atıksularının arıtılması için kullanılabileceğini gösterir [36].

Tüm durumlarda Cr (VI) adsorpsiyonunun pH'a bağlı olduğu bulundu. Maksimum adsorpsiyon, 2.0 ve 3.2 arasındaki pH değerlerinde meydana geldi. Parti dengesi testleri, Cr (VI) uzaklaştırmasının Freundlich izotermine uyduğunu gösterdi [37].

Freundlich modeli, dinamik izoterm deney verisine oturtulmuştur ve akışkan fazında ve adsorbandaki kütle dengesini hız kontrol basamağı olarak kabul eden entrapartikül difüzyonunu varsayan bir matematiksel model ile iyi tanımlanmıştır. Gibbs serbest enerjisi (ΔG_0), entalpi (ΔH_0) ve Cr (VI) adsorpsiyonu için entropi (ΔS_0) gibi termodinamik parametreler tahmin edilmiştir [38].

Cr (VI) adsorpsiyonu, düşük pH aralığında tercih edildi, fakat önemli miktarda Cr (VI) azalması gözlemlendi. Langmuir ve Freundlich izoterm modelleri uygulandı ve Langmuir modelinin denge izoterm verileri için en uygun olduğu tespit edildi. Cr (VI) 'nın adsorpsiyonu, sahte-ikinci dereceden oran kinetiğini takip eden endotermik bir işlem olarak rapor edildi [39].

Adsorban, asit bazlı bir yüzey modifikasyonu metodu ile hazırlandı. Adsorpsiyon performansını değerlendirmek için parti dengesi ve sürekli kolon adsorpsiyonu yapıldı. Daha yüksek Cr (VI) adsorpsiyon kapasitesi ve aktif karbon için hız, daha fazla oksijen yüzey asidik grubu ve uygun yüzey asiditesinin varlığından kaynaklanmaktadır [40].

Talaşın, su veya atık su arıtma teknolojisinde anyon değiştirici malzeme olarak kullanılması için Ppy'nin kaplanması için çok ucuz ve uygun bir katı destek olduğu bulunmuştur. Bu araştırmadaki sonuçlarımız aynı zamanda Ppy / SD'nin, Cr (VI) 'nın sulu çözeltilerden alınması için umut verici bir adsorban olduğunu da göstermektedir. Diğer toksik anyonik türlerin de uzaklaştırılması için uygun bir sorbent olabilir. Cr (VI) emiliminin Ppy / SD kullanılarak uzaklaştırılması, asidik veya nötr koşullar altında gerçekleşir [41].

Deneysel sonuçlar, granül aktif karbon için adsorpsiyon kapasitesinin, çözeltinin pH'sine ve tuzluluğuna kuvvetle bağlı olduğunu gösterdi. Krom adsorpsiyonu esas olarak çözeltideki krom iyonlarının mevcudiyetine ve yüzey grupları ile Cr (III) oluşumuna yol açan Cr (VI) arasında redoks reaksiyonlarının meydana gelmesine bağlı olmuştur [42].

İşlenmemiş yerel Kauçuk ahşap talaşının (RWS) Cr (VI) 'ı çıkarma kabiliyeti, ilk Cr (VI) konsantrasyonları, adsorban dozajı, pH, sıcaklık ve elüsyon ajanı gibi değişken parametrelerle tezgah ölçeğinde bir çalkalama koşulu altında gerçekleştirildi. Tam Cr (VI) uzaklaştırması, pH 2'den az, başlangıçtaki Cr (VI) 100 mg / L ve RWS dozu,% 1.5'ten (W / V) daha yüksek bir oranda gerçekleştirildi. Cr'i RWS'den elde etmek için 1 M HCl kullanıldığında daha kısa bir süre gerekiyordu. FTIR analizi, Cr (VI) giderimi sırasında amino, hidroksil ve karboksil gibi fonksiyonel grupların önemini ortaya koymaktadır. Sonuçlar, RWS tarafından Cr (VI) uzaklaştırılmasının, pozitif entropiye sahip endotermik bir işlem olduğunu ve kendiliğinden meydana geldiğini ortaya koymaktadır [43].

Toplu deneylerle Cr (VI) ve Hg (II) 'nin sulu çözeltiden çıkarılması için etkili bir şekilde kullanılmıştır. pH, karbon dozu ve dengeleme süresinin etkisi belirlenmiştir. Adsorpsiyon, Freundlich ve Langmuir izotermelerini takip etti. Kinetik çalışmalar, çıkarma işleminin geri dönüşümlü birinci dereceden denklem izlediğini gösterdi. Cr (VI) 'nın desorpsiyonu, 1 M NaOH ve% 10 H₂O₂ karışımı ve Hg (II),% 1 NaOH içinde% 2 Na₂S ile yapıldı [44].

Toplu çalışmalarda çözelti pH'ı, temas süresi, başlangıç konsantrasyonu ve reaksiyon sıcaklığı gibi birçok önemli parametrenin Cr (VI) uzaklaştırma seviyeleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır [45]. Cr (VI) giderimi için başlangıçtaki 1.0 pH değerinin en uygun olduğu görülmüştür. Kaldırma işlemi hızlı olmuştur ve çıkarma işleminin neredeyse% 80'i 60 dakika içinde gerçekleştirilmiştir. Kinetik veriler ikinci dereceden denklemi iyi takip etti. Cr (VI) uzaklaşması reaksiyon sıcaklığından neredeyse bağımsızdı ve Cr (VI) başlangıç konsantrasyonundaki bir artışla azaldı. Cr (VI) 'nın demir ile kaplanmış aljinat tanecikleri tarafından çıkarılmasının, kapsüllenmemiş aljinat taneciklerinden önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulundu.

Yapılan bu çalışmada ise pirinadan elde edilen aktif karbon adsorban olarak kullanılmış olup atık sulardan ağır metal giderimi sürekli ve kesikli sistemde incelenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

3.1.1. Pirina ve PVC

İzmir Aliğa ilçesinde yerleşik bir zeytinyağı üreten Dayılar Yağ Fabrikası tarafından kurutulmuş pirina temin edilmiştir. PVC ise porozitesi en yüksek PETKİM PETVİNİL S39/71 ürünü kullanılmıştır.

3.1.2. Reaktifler

Tüm reaktifler piyasada satılan yüksek saflıkta standart çözelti kullanıldı (Merck). Su deiyonize edildi ve iki kez damıtıldı. Piroliz için yüksek saflıkta azot (Oksijen max. 1 ppm), aktivasyon için yüksek saflıkta karbon dioksit ve potasyum hidroksit kullanılmıştır.

3.1.3. Stok Çözeltilerin Hazırlanması

1. Çözeltide Co , Ni ve Cr stok çözeltileri (130 µg / L), karşılık gelen standart çözeltinin gerekli miktarını bir litre damıtılmış su içinde bir litre çözerek hazırlandı.
2. Çözeltide Ni stok çözeltisi (10 mg/L), karşılık gelen standart çözeltinin gerekli miktarını bir litre damıtılmış su içinde bir litre çözerek hazırlandı.

3.1.4. Aktif Karbon Hazırlanması

Yerel olarak tedarik edilen pirina sıcak damıtılmış suyla yıkandı, küçük parçalar pres ile kırıldı ve homojenizasyon olması için öğütüldü, harmanlandı (Tanecik Boyutu Max.1 mm) ve kurutuldu. Sonrasında 5 çeşit aktif karbon üretildi.

- 1- Pirina (P) – 500 g pirinadan yüksek saflıkta azot örtüsünde 800 °C’de 1 saat piroliz edilerek yaklaşık 130 g aktif karbon elde edildi.
- 2- Pirina+KOH (PK) – 500 g pirinaya % 30’luk KOH çözeltisi bir gün boyunca emdirilmiştir. Sonrasında kurutulup, yüksek saflıkta azot örtüsünde 800 °C’de 1 saat piroliz edilerek yaklaşık 130 g aktif karbon elde edildi.
- 3- Pirina (PC) – 500 g pirinadan yüksek saflıkta azot örtüsünde, saatte 3kg/cm³ karbondioksit beslemesi ile 800 °C’de 1 saat piroliz edilerek yaklaşık 135 g aktif karbon elde edildi.

- 4- Pirina+KOH (PPVCK) – 250 g pirina+250g PVC % 30'luk KOH çözeltisi bir gün boyunca emdirilmiştir. Sonrasında kurutulup, yüksek saflıkta azot örtüsünde 800 °C'de 1 saat piroliz edilerek yaklaşık 180 g aktif karbon elde edildi.
 - 5- Pirina (PPVCC) – 250 g pirina+250g PVC yüksek saflıkta azot örtüsünde, saatte 3kg/cm³ karbondioksit beslemesi ile 800 °C'de 1 saat piroliz edilerek yaklaşık 180 g aktif karbon elde edildi.
- Sonrasında bu aktif karbonlar tüm adsorpsiyon deneyleri için adsorban olarak kullanıldı.

3.2. Çalışılan Cihazlar ve Ekipmanlar

3.2.1 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) Cihazı



Şekil 3.1. ICP-OES Cihazı (Thermo Fisher Scientific ICAP 6000 SERIES)

ICP-OES Cihazı sulu çözelti halindeki numunede element analizi yapabilmektedir

3.2.2. BET (Brunauer-Emmett-Teller) Cihazı



Şekil 3.2. BET Cihazı (Quantachrome Instruments - Autosorb-1)

B.E.T (Brunauer-Emmett-Teller) Cihazı katı haldeki numuneden yüzey alan belirlenmesinde kullanılır.

3.2.3. FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) Cihazı



Şekil 3.3. FT-IR Cihazı (BRUKER – Tensor II)

FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) Cihazı katı haldeki numunenin karakterizasyonunda tayin etmede kullanılır.

3.2.4 EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Cihazı

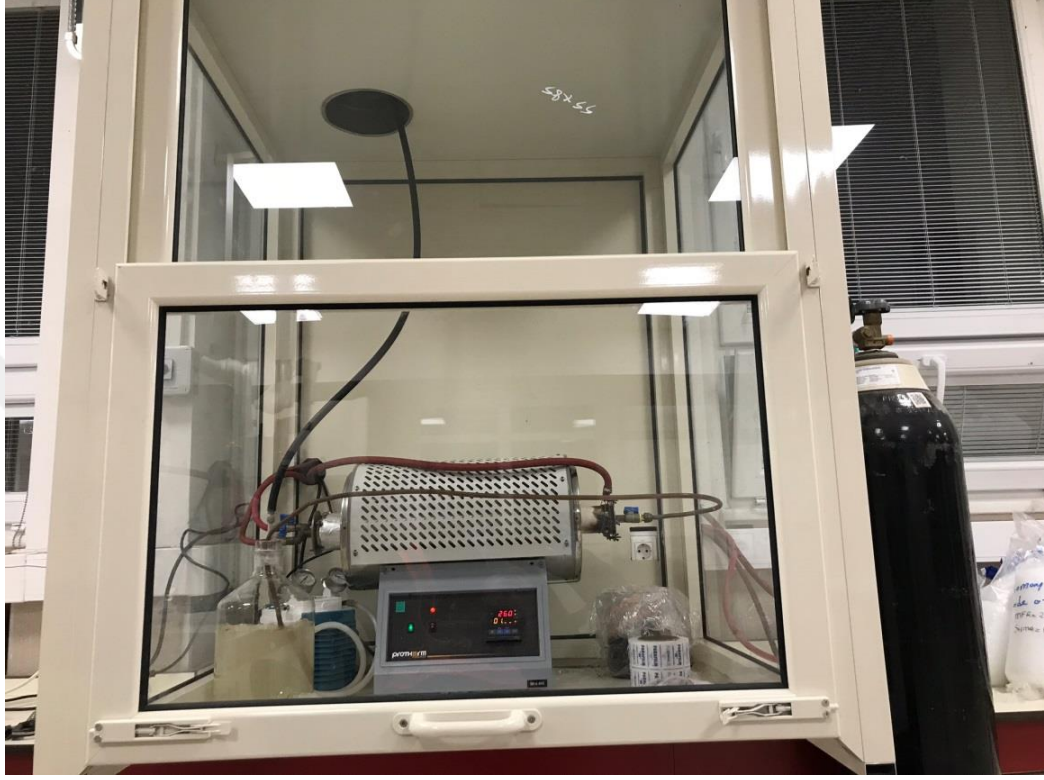


Şekil 3.4. EDX Cihazı (Shimadzu EDX-7000)

EDX (Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) Cihazı elementel olarak numunenin miktar tayininde kullanılır.

3.3 Piroliz ve Aktif Karbon Üretim Prosesi

Piroliz ve Aktif Karbon Üretim Prosesi için kurulan deney sistemi Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Kullanılan aparatlar; yatay tüp fırın, Azot ve Karbondioksit hattı, Atık gaz yıkama prosesi ve çeker ocak.



Şekil 3.5. Piroliz ve Aktif Karbon Üretim Prosesi

3.4 Aktif Karbon Karakterizasyonu

3.4.1. B.E.T. Analiz Sonuçları (Yüzey Aktif Alanı)

Tablo 3.1. B.E.T. Analiz Sonuçları

Aktif Karbon	Yüzey Aktif Alanı m²/g
Pirina	40
Pirina+CO₂	600
Pirina+PVC+CO₂	1170
Pirina+KOH	1084
Pirina+PVC+KOH	1250

Elde edilen sonuçlara göre aktif yüzey alanı en kötü Pirina'dan elde edilen aktif karbon olmuştur. En iyisi de Pirina+PVC+KOH olarak tespit edilmiştir.

3.4.2. EDX Analiz Sonuçları (Elementel Analiz)

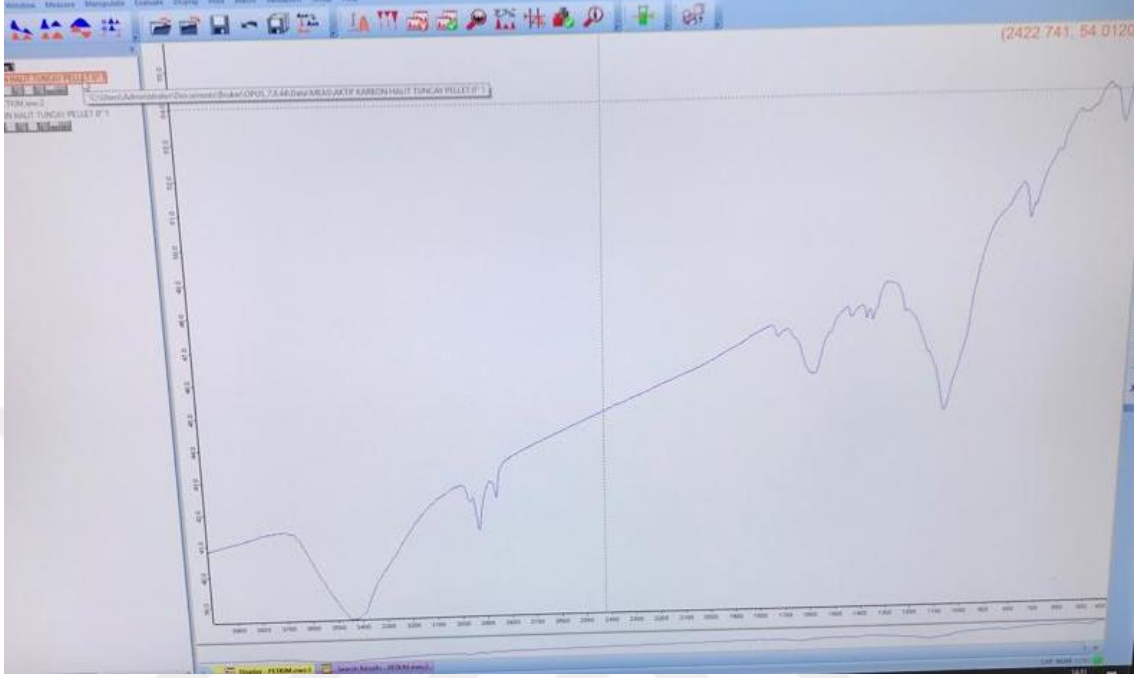
Tablo 3.2. EDX Analiz Sonuçları

Aktif Karbon	Karbon İçeriği %	Potasyum İçeriği %	Diğer
Pirina	99,2	<0,01	0,7
Pirina+CO₂	98,5	<0,01	1,4
Pirina+PVC+CO₂	98,3	<0,01	1,6
Pirina+KOH	92,4	6,4	1,2
Pirina+PVC+KOH	92,2	6,5	1,3

Elde edilen sonuçlara karbon içeriği en yüksek Pirina'dan elde edilen aktif karbon olmuştur. En düşük ise Pirina+PVC+KOH olarak tespit edilmiştir.

3.4.3. FT-IR Analiz Sonuçları

Aktif karbon numuneleri aşağıda verilen şekildeki gibi FT-IR spektrum piki vermiştir. Kütüphane taraması yapıldığında Aktif Karbon olduğu tespit edilmiştir.

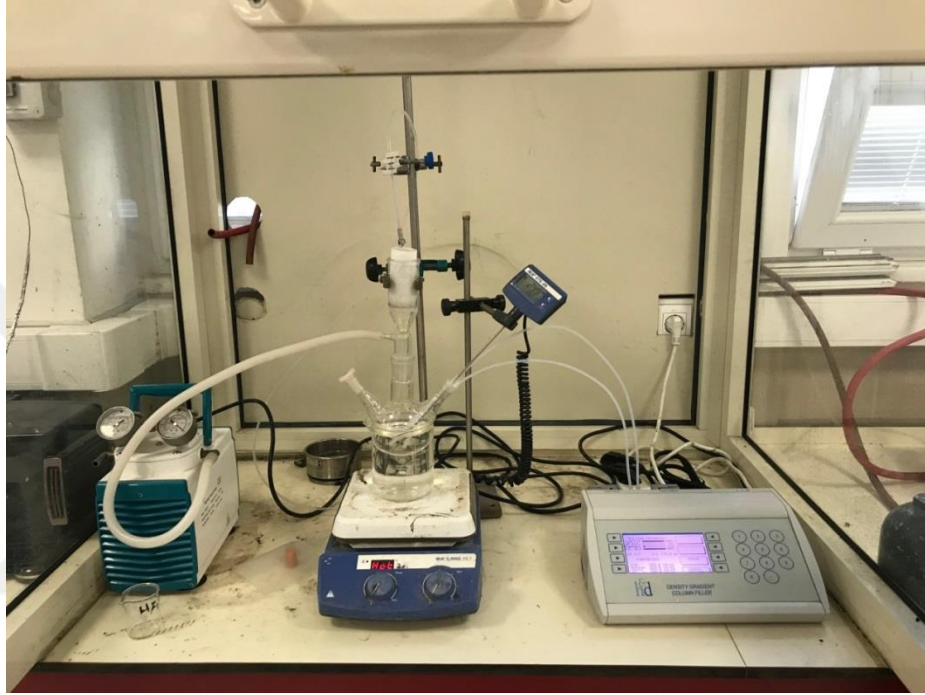


*Şekil 3.6 FT-IR Spektrumu

3.5. Adsorpsiyon Deneyleri

3.5.1. Sürekli Adsorpsiyon Sistemi

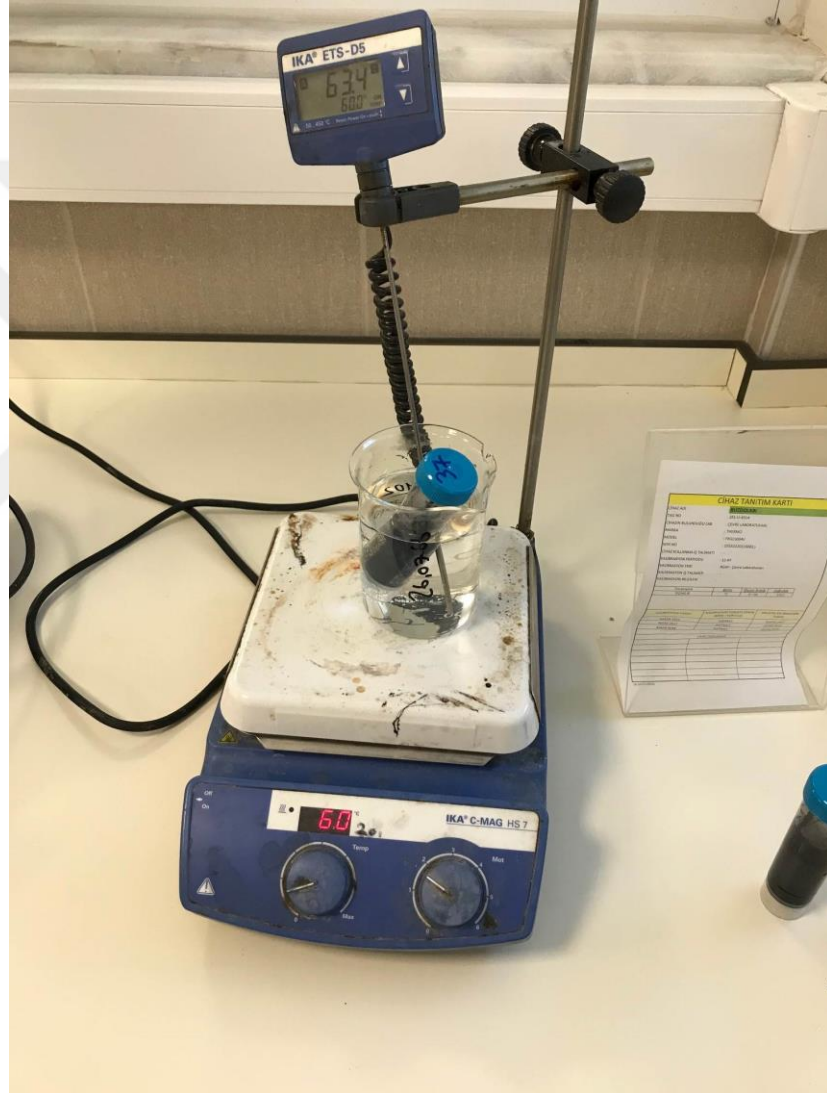
Piroliz işleminde elde edilen 5 ayrı aktif karbonun adsorpsiyonu 250 mL cam balon joje, 800 mL erlen, 1 adet manyetik karıştırıcı ısıtıcı, peristaltik pompa, vakum pompası ve kartuş kullanılarak adsorpsiyon deneyleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.7. Sürekli Adsorpsiyon yapıldığı sistem

3.5.2. Kesikli Adsorpsiyon Sistemi

10 mg/L Ni çözelti içeren ICP tüpüne pH metre ve su banyosu yardımıyla Aktif karbon miktarı, pH ayarı, sıcaklık, ve zaman parametreleri değiştirilerek adsorpsiyon gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.8. Kesikli Adsorpsiyon yapıldığı sistem

3.6. Adsorpsiyon Deneylerinin Yapılması

3.6.1. Sürekli Adsorpsiyon Deneylerinin Yapılması

Aktif karbonlardan kartuşun içine 1 g alınarak, (yaklaşık 130 ppb Co Ni, Cr) 250 mL stok çözeltisi 20 mL/ dk çevrim yapan peristaltik pompada adsorpsiyon gerçekleşmiştir. Sıcaklık kontrolü için su dolu erlene balon joje yerleştirilmiş ve termocouple balon jojenin içine daldırılmıştır. 4 farklı sıcaklık ve 5 farklı sürede adsorpsiyon gerçekleştirilmiş sonrasında elde edilen adsorbe edilmiş çözelti ICP-OES cihazında ağır metal tayini yapılmıştır.

3.6.2. Kesikli Adsorpsiyon Deneylerinin Yapılması

Aktif karbonlardan kartuşun içine 1 g alınarak, (yaklaşık 130 ppb Co Ni, Cr) 250 mL stok çözeltisi 20 mL/ dk çevrim yapan peristaltik pompada adsorpsiyon gerçekleşmiştir. Sıcaklık kontrolü için su dolu erlene balon joje yerleştirilmiş ve termocouple balon jojenin içine daldırılmıştır. 4 farklı sıcaklık ve 5 farklı sürede adsorpsiyon gerçekleştirilmiş sonrasında elde edilen adsorbe edilmiş çözelti ICP-OES cihazında ağır metal tayini yapılmıştır.

4.DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sürekli Adsorpsiyon Deney Sonuçları

Tablo 4.1. Sürekli Adsorpsiyon deneylerin analiz sonuçları

Kodu	Aktif Karbon	Süre	Sıcaklık	Co($\mu\text{g/L}$)	Cr($\mu\text{g/L}$)	Ni($\mu\text{g/L}$)
A	Pirina	20	25	122	129	133
	Pirina	30	25	121	123	128
	Pirina	40	25	118	122	125
	Pirina	50	25	116	120	124
	Pirina	60	25	111	115	117
	Pirina	20	35	120	124	124
	Pirina	30	35	119	123	123
	Pirina	40	35	116	117	122
	Pirina	50	35	115	116	121
	Pirina	60	35	113	112	120
	Pirina	20	45	121	124	132
	Pirina	30	45	118	123	131
	Pirina	40	45	113	113	130
	Pirina	50	45	111	112	125
	Pirina	60	45	110	111	125
	Pirina	20	55	117	122	131
	Pirina	30	55	116	120	127
	Pirina	40	55	113	119	126
	Pirina	50	55	107	117	118
	Pirina	60	55	106	116	117
B	Pirina+CO ₂	20	25	115	123	128
	Pirina+CO ₂	30	25	113	122	124
	Pirina+CO ₂	40	25	112	117	123
	Pirina+CO ₂	50	25	110	116	121
	Pirina+CO ₂	60	25	107	115	115
	Pirina+CO ₂	20	35	125	130	135
	Pirina+CO ₂	30	35	117	129	127
	Pirina+CO ₂	40	35	116	128	126
	Pirina+CO ₂	50	35	114	127	125
	Pirina+CO ₂	60	35	111	121	121

	Pirina+CO ₂	20	45	110	125	124
	Pirina+CO ₂	30	45	109	119	120
	Pirina+CO ₂	40	45	108,	117	118
	Pirina+CO ₂	50	45	105	113	115
	Pirina+CO ₂	60	45	102	106	110
	Pirina+CO ₂	20	55	102	105	109
	Pirina+CO ₂	30	55	101	104	108
	Pirina+CO ₂	40	55	100	103	107
	Pirina+CO ₂	50	55	95	100	101
	Pirina+CO ₂	60	55	94	98	100
C	Pirina+PVC+CO ₂	20	25	102	107	110
	Pirina+PVC+CO ₂	30	25	99	102	103
	Pirina+PVC+CO ₂	40	25	95	96	102
	Pirina+PVC+CO ₂	50	25	94	95	98
	Pirina+PVC+CO ₂	60	25	92	94	97
	Pirina+PVC+CO ₂	20	35	97	102	104
	Pirina+PVC+CO ₂	30	35	96	101	103
	Pirina+PVC+CO ₂	40	35	92	99	95
	Pirina+PVC+CO ₂	50	35	89	93	91
	Pirina+PVC+CO ₂	60	35	86	88	90
	Pirina+PVC+CO ₂	20	45	94	97	102
	Pirina+PVC+CO ₂	30	45	91	93	97
	Pirina+PVC+CO ₂	40	45	87	89	96
	Pirina+PVC+CO ₂	50	45	83	85	85
	Pirina+PVC+CO ₂	60	45	81	78	84
	Pirina+PVC+CO ₂	20	55	87	86	92
	Pirina+PVC+CO ₂	30	55	84	85	91
	Pirina+PVC+CO ₂	40	55	81	79	88
	Pirina+PVC+CO ₂	50	55	79	78	84
	Pirina+PVC+CO ₂	60	55	77	78	77
D	Pirina+KOH	20	25	112	117	123
	Pirina+KOH	30	25	105	111	114
	Pirina+KOH	40	25	101	104	108
	Pirina+KOH	50	25	96	102	100
	Pirina+KOH	60	25	82	84	88

E	Pirina+KOH	20	35	107	113	114
	Pirina+KOH	30	35	101	102	107
	Pirina+KOH	40	35	95	98	103
	Pirina+KOH	50	35	89	90	96
	Pirina+KOH	60	35	78	79	81
	Pirina+KOH	20	45	104	104	109
	Pirina+KOH	30	45	96	96	103
	Pirina+KOH	40	45	91	90	94
	Pirina+KOH	50	45	90	89	93
	Pirina+KOH	60	45	85	84	86
	Pirina+KOH	20	55	108	107	114
	Pirina+KOH	30	55	102	99	112
	Pirina+KOH	40	55	93	95	97
	Pirina+KOH	50	55	89	85	95
	Pirina+KOH	60	55	84	82	85
	Pirina+PVC+KOH	20	25	112	115	120
	Pirina+PVC+KOH	30	25	101	101	107
	Pirina+PVC+KOH	40	25	93	91	100
	Pirina+PVC+KOH	50	25	82	81	82
	Pirina+PVC+KOH	60	25	78	79	78
	Pirina+PVC+KOH	20	35	99	99	102
	Pirina+PVC+KOH	30	35	92	93	94
	Pirina+PVC+KOH	40	35	86	84	87
	Pirina+PVC+KOH	50	35	81	77	81
	Pirina+PVC+KOH	60	35	77	75	77
	Pirina+PVC+KOH	20	45	97	93	105
	Pirina+PVC+KOH	30	45	92	92	90
	Pirina+PVC+KOH	40	45	84	85	86
Pirina+PVC+KOH	50	45	78	77	79	
Pirina+PVC+KOH	60	45	75	73	78	
Pirina+PVC+KOH	20	55	95	95	101	
Pirina+PVC+KOH	30	55	88	89	91	
Pirina+PVC+KOH	40	55	81	79	86	
Pirina+PVC+KOH	50	55	76	74	79	
Pirina+PVC+KOH	60	55	67	62	72	

4.2. Kesikli Adsorpsiyon Deney Sonuçları

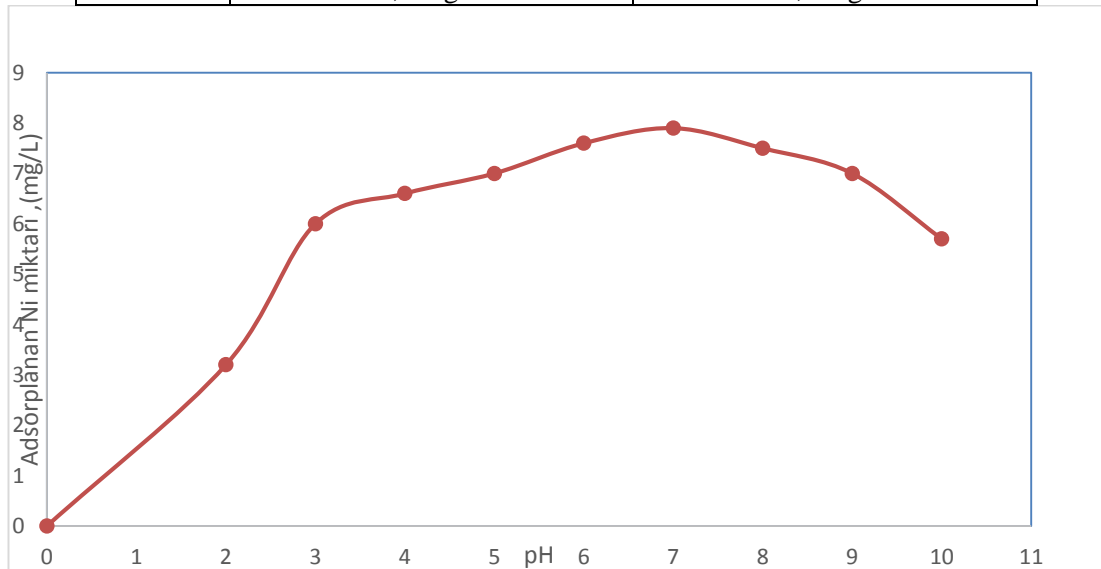
Kesikli adsorpsiyon, Sürekli adsorpsiyon sonuçlarına göre üretilen en iyi aktif karbon (Pirina+PVC+KOH) ile en az adsorbe olan Ni element ile 10 ppm çalışması yapılmıştır. pH, sıcaklık, zaman aktif karbon miktarı parametreleri denemesi sonucunda optimum şartlar elde edilmiştir.

4.2.1 pH Denemesi Deney Sonuçları

10 ppm Ni konsantrasyonunda 1,0 g Aktif karbon ile , 25 °C sıcaklıkta 30 dk adsorpsiyon işleminde farklı pH aralıklardaki analiz sonuçları aşağıdaki tabloda ve grafikte verilmiştir.

Tablo 4.2 pH Denemesi Analiz Sonuçları

pH Denemesi		
10,0 ppm Ni, 1,0 g Aktif Karbon, 25 °C, 30 dk		
pH	Ni Ads. Kalan Konsantrasyon	Ni Adsorpsiyon Miktarı
2	6,8 mg/L	3,2 mg/L
3	4 mg/L	6,0 mg/L
4	3,4 mg/L	6,6 mg/L
5	3 mg/L	7,0 mg/L
6	2,4 mg/L	7,6 mg/L
7	2,1 mg/L	7,9 mg/L
8	2,5 mg/L	7,5 mg/L
9	3,0 mg/L	7,0 mg/L
10	4,3 mg/L	5,7 mg/L



Grafik 4.1 pH Değişiminin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi

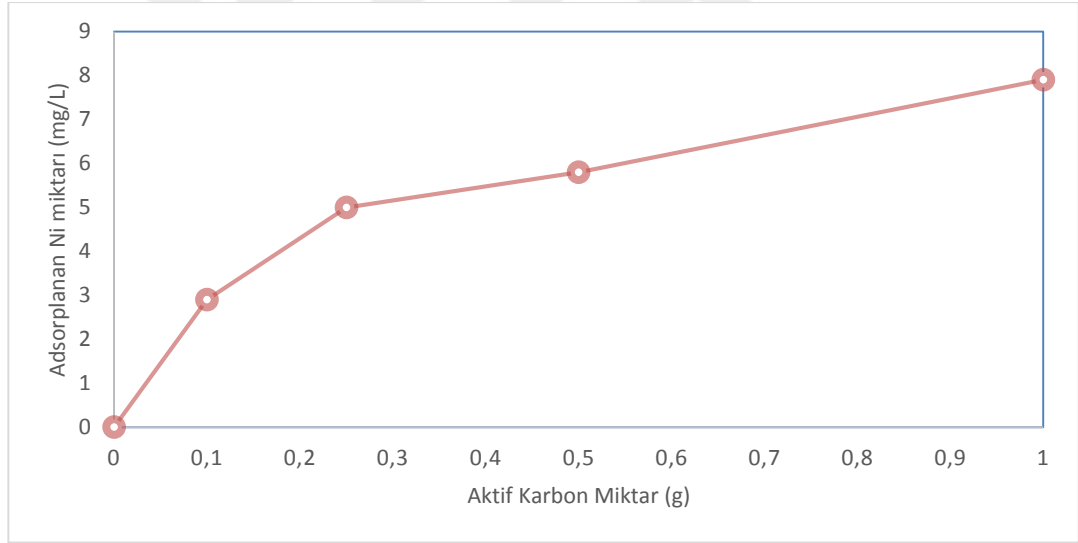
En az adsorpsiyon pH= 2 de , optimum ise pH= 7 olarak tespit edilmiştir.

4.2.2 Aktif Karbon Miktarı Denemesi Deney Sonuçları

10 ppm Ni konsantrasyonunda, pH=7 , 25 °C sıcaklıkta 30 dk adsorpsiyon işleminde farklı farklı aktif karbon miktarı aralıklarındaki analiz sonuçları aşağıdaki tabloda ve grafikte verilmiştir.

Tablo 4.3. Aktif Karbon Miktarı Denemesi Analiz Sonuçları

Aktif Karbon Miktarı Denemesi		
10,0 ppm Ni, pH=7, 25 °C, 30 dk		
Aktif Karbon Miktar (g)	Ni Ads. Kalan Konsantrasyon	Ni Adsorpsiyon Miktarı
0,10	7,1 mg/L	2,9
0,25	5,0 mg/L	5,0
0,50	4,2 mg/L	5,8
1,00	2,1 mg/L	7,9



Grafik 4.2 Aktif Karbon Değişimin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi

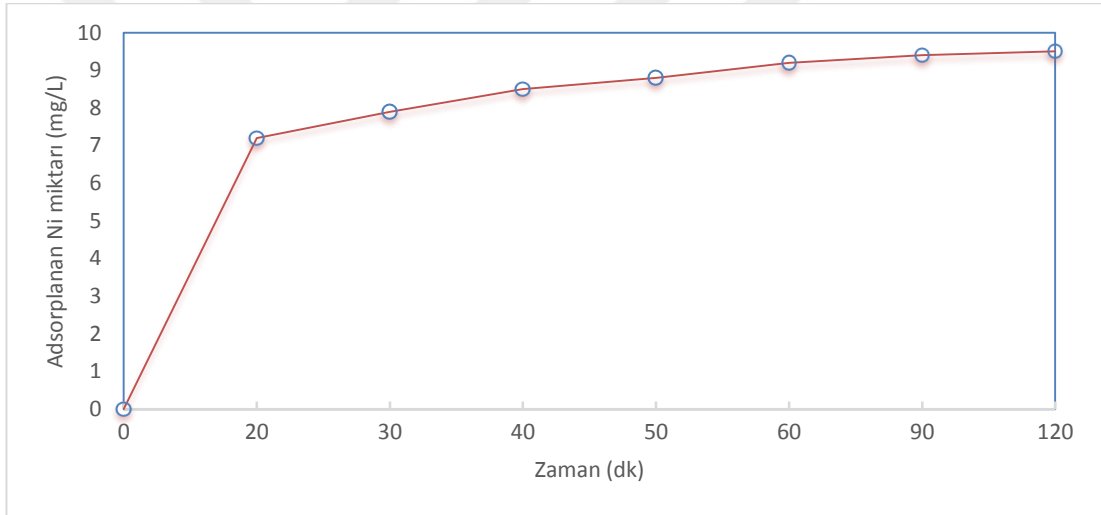
En az adsorpsiyon, Aktif Karbon miktarı 0,1g'da, Optimum ise 1 g olarak tespit edilmiştir. Aktif Karbon miktarı arttıkça adsorpsiyon miktarı artmaktadır.

4.2.3 Zaman Denemesi Deneş Sonuçları

10 ppm Ni konsantrasyonunda 1,0 g Aktif karbon ile , 25 °C adsorpsiyon işleminde farklı zaman aralıklarındaki analiz sonuçları aşağıdaki tabloda ve grafikte verilmiştir.

Tablo 4.4. Zaman Denemesi Analiz Sonuçları

Zaman Denemesi		
10,0 ppm Ni, 1,0 g Aktif Karbon, 25 °C, pH=7		
Zaman (dk)	Ni Ads. Kalan Konsantrasyon	Ni Adsorpsiyon Miktarı
20 dk	2,8 mg/L	7,2
30 dk	2,1 mg/L	7,9
40 dk	1,5 mg/L	8,5
50 dk	1,2 mg/L	8,8
60 dk	0,8 mg/L	9,2



Grafik 4.3 Temas Süresinin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi

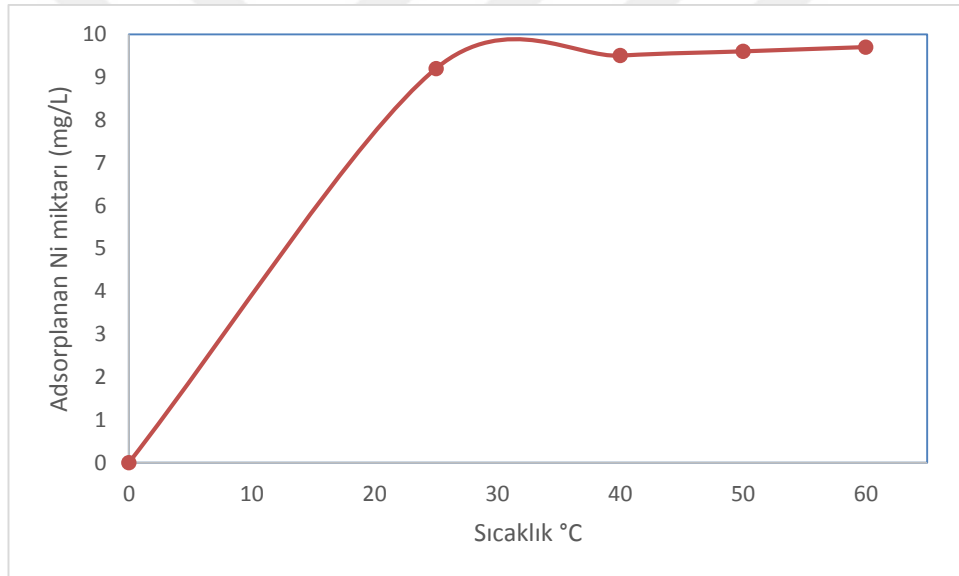
En az adsorpsiyon, sıcaklık 20 dk, Optimum sıcaklık ise 60 dk olarak tespit edilmiştir. Zaman arttıkça adsorpsiyon miktarı artmaktadır.

4.2.4 Sıcaklık Denemesi Deney Sonuçları

10 ppm Ni konsantrasyonunda 1,0 g Aktif karbon ile , 30 dk adsorpsiyon işleminde farklı sıcaklık aralıklarındaki analiz sonuçları aşağıdaki tabloda ve grafikte verilmiştir.

Tablo 4.5 Sıcaklık Denemesi Analiz Sonuçları

Sıcaklık Denemesi		
10,0 ppm Ni, 1,0 g Aktif Karbon, 60 dk, pH=7		
Sıcaklık °C	Ni Ads. Kalan Konsantrasyon	Ni Adsorpsiyon Miktarı
25 °C	0,8 mg/L	9,2
40 °C	0,5 mg/L	9,5
50 °C	0,4 mg/L	9,6
60 °C	0,3 mg/L	9,7

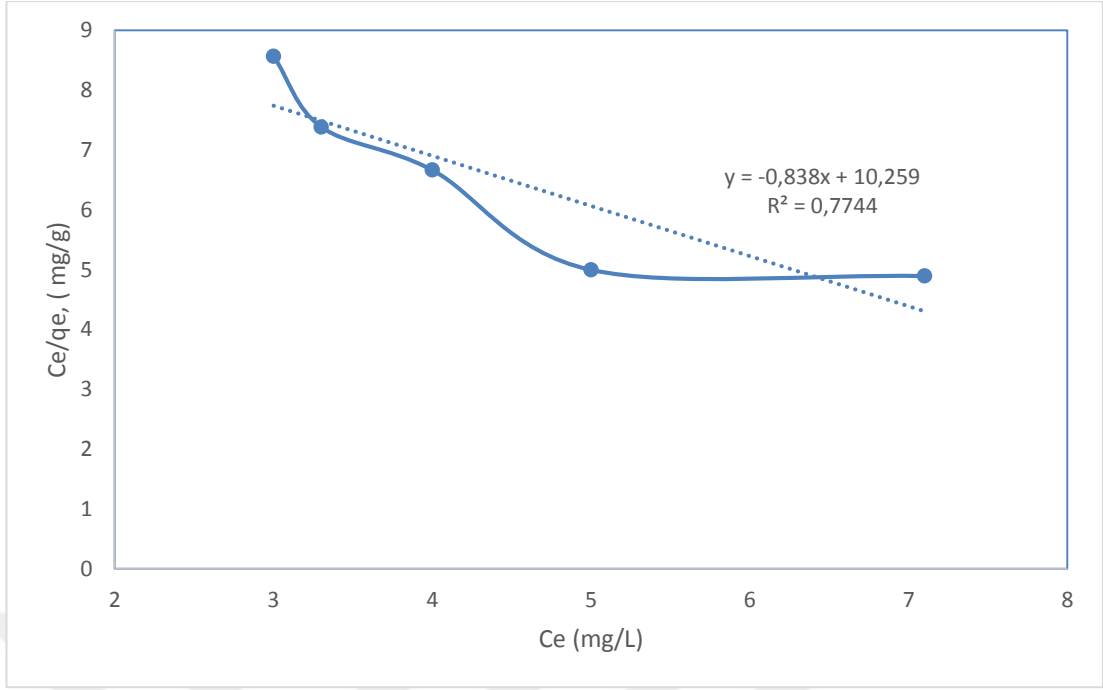


Grafik 4.4 Sıcaklık Değişimin Ni Adsorpsiyonuna Etkisi

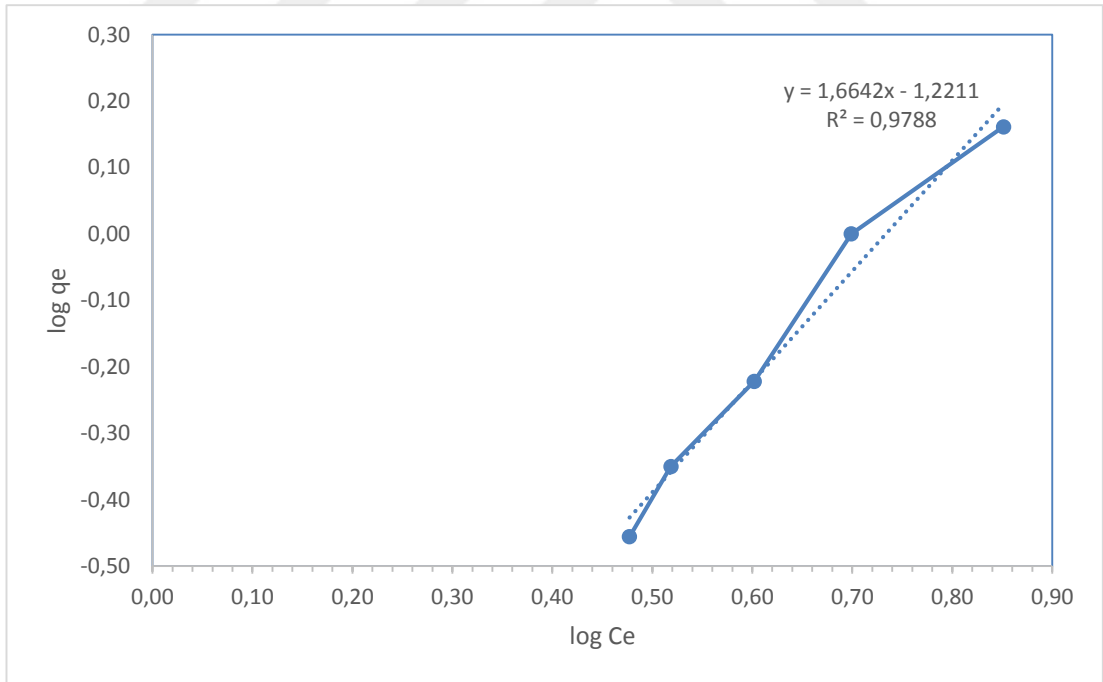
En az adsorpsiyon, sıcaklık 20 °C’de, Optimum sıcaklık ise 60°C olarak tespit edilmiştir. Sıcaklık arttıkça adsorpsiyon miktarı artmaktadır.

Adsorpsiyon İzotermeleri

Adsorpsiyon izotermelerinden Langmuir ve Freundlich modelinin uygunluğu incelendi. Grafik 4.6 dan görüleceği üzere Freundlich izoterminin daha yüksek bir korelasyon gösterdiği bulundu. Freundlich için R^2 değeri 0.9788 dir. Korelasyonun 0.9500 değerinin üzerinde olduğu için kabul edilebilir.



Grafik 4.5 Ni Adsorpsiyonuna Ait Langmuir İzoterminin Grafiği



Grafik 4.6 Ni Adsorpsiyonuna Ait Freundlich İzoterminin Grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Adsorpsiyon deney şu veriler elde edilebilir.

1. Pirinanın için de ağır metal ihtiva ettiği gözlemlenmiştir. Bundan dolayı pirina sıcak saf su ile yıkanıp kurulduktan sonra piroliz işlemi gerçekleştirilmiştir.
2. Piroliz ve aktivasyon işleminde yüksek saflıkta azot kullanılmış olup, aktif karbon içindeki % karbon oranını artırdığı gözlemlenmiştir.
3. Adsorpsiyon işleminde, sıcaklık artıka adsorplama yüzdesi artmaktadır. Dolayısıyla bu adsorpsiyon endotermiktir.
4. Adsorpsiyon işleminde, süre artıka adsorplama yüzdesi artmaktadır.
5. Ağır metal adsorpsiyonunda, Adsorplama verim sırası $Cr > Co > Ni$ olarak ölçülmüştür.
6. Aktivasyon işleminde, Potasyum Hidroksit'in, Karbondioksit'e göre karbonu daha iyi aktive ettiği görülmüştür.
7. Pirinanın PVC ile harmanlanarak aktive edilmesi, adsorsiyon özelliğini arttırmıştır, bunun sebebi PVC'ninde porozite yapıda olması ve yapısında Cl olması aktivasyonunu artırdığı görülmüştür.
8. Optimum aktif karbon; PVC ile harmanlanmış Pirinanın KOH ile (Pirina +PVC+KOH) aktivasyonundan elde edilmiştir. (Yüzey aktif alanı $1250 \text{ m}^2/\text{g}$)
9. Bu çalışmaya göre ağır metal adsorplanma verimine göre Sürekli ve Kesikli sistem adsorpsiyonda Optimum sıcaklık; $60 \text{ }^\circ\text{C}$, Optimum Süre 60 dk dır.
10. Optimum aktif karbon ile (Pirina+PVC+KOH) sürekli sistem adsorpsiyonda Optimum şartlarda (60°C , 60 dk) en verimli Cr ağır metalidir. Cr ağır metali % 66'a kadar adsorplandığı gözlemlenmiştir. En az olan Ni ise %55'dir.
11. Kesikli sistem Optimum koşullarda Ni adsorpsiyonunda % 97'ye kadar adsorpsiyon gerçekleşmiştir.
12. Kesikli sistem sürekli sisteme göre adsorpsiyon açısından daha verimli olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] M. AÇIKYILDIZ, “Bitkisel Atıklardan Aktif Karbon Üretimin Optimasyonu Ve Adsorpsiyon Özelliklerinin Karakterizasyonu,” Atatürk Üniversitesi, 2011, 54-58 S.
- [2] T. AKTAR, “Tarımsal Yan Ürünlerden Düşük Maliyetli Yüksek Gözenekli Aktif Karbonların Hazırlanması, Karakterizasyonu Ve Adsorpsiyon Kapasiteler,” Ankara Üniversitesi, 2011 72-74 S.
- [3] H. AKYILDIZ, “H₃PO₄ Aktivasyonu İle Zeytin Çekirdeğinden Aktif Karbon Üretimi,” 2007 42-43 S.
- [4] A. Alfara, E. Frackowiak, ve F. Béguin, “Mechanism Of Lithium Elektrosorption By Avtivated Carbons” *Electrochim. Acta*, 2002, 1545–1553 s .
- [5] K. Al-Zboon, M. S. Al-Harashsheh, ve F. B. Hani, “Fly Ash-Based Geopolymer For Pb Removal From Aqueous Solution” *J. Hazard. Mater.*, 2011, 414–421 s.
- [6] T. S. Anirudhan ve P. S. Suchithra, “Heavy Metals Uptake From Aqueous Solutions And Industrial Wastewaters By Humic Acid-Immobilized Polymer/Bentonite Composite: Kinetics And Equilibrium Modeling” *Chem. Eng. J.*, 2010, 146–156 s.
- [7] T. ASLAN ve M. KILINÇ, “Bazı Doğal Ve Yapay Adsorbentler.” İstanbul Teknik Üniversitesi, 2012 52-54 s.
- [8] N. Atar, A. Olgun, and S. Wang, “Adsorption Of Cadmium (Iı) And Zinc (Iı) On Boron Enrichment Process Waste In Aqueous Solutions: Batch And Fixed-Bed System Studies”, 2012, 1–7 s.
- [9] S. E. Bailey, T. J. Olin, R. M. Bricka, ve D. D. Adrian, “A Review Of Potentially Low-Cost Sorbents For Heavy Metals” 1999, 2469–2479 s.
- [10] C. BAKKAL, “Gıda Endüstrisi Atığından Üretilen Aktif Karbon İle Arsenik Adsorpsiyonunun Denge Ve Kinetik Açısından İncelenmesi,” Yıldız Teknik Üniversitesi, 2012, 23-26 s.
- [11] D. BAYBAŞ, “Poliakrilamit-Aluminosilikat Kompozitlerin Karakterizasyonu Ve Toryum İçin Adsorpsiyon Özelliklerinin Araştırılması,” Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009, 85-88.
- [12] J. J. Biernacki, A. K. Vazralla, ve H. Wayne Leimer, “Characterizing The Metal Adsorption Capability Of A Class F Coal Fly Ash” *Environ. Sci. Technol.*, vol. 38, no. 6, 2004, 6710–6715 s.
- [13] R. Chen *et al.*, “Arsenic (V) Adsorption On Fe₃O₄ Nanoparticle-Coated Boron Nitride Nanotubes” *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 359, No. 1, 2011, 261–268 s.

- [14] T. W. Cheng, M. L. Lee, M. S. Ko, T. H. Ueng, and S. F. Yang, "The Heavy Metal Adsorption Characteristics On Metakaolin-Based Geopolymer," *Appl. Clay Sci.*, vol. 56, 2012 90–96 s.
- [15] S. DAĞDELEN, "Remazol Brilliant Blue R Boyasının Sulu Çözeltilerden Uzaklaştırılması İçin Zeytin Posasının (Pirina) Adsorbent Olarak Kullanımının Araştırılması," Kilis 7 Aralık Üniversitesi, 2012, 56-61 s.
- [16] H. DEMİRAL, İ. DEMİRAL, B. KARABACAKOĞLU, ve F. TÜMSEK, "Fındık Küspesi Piroliz Katı Ürününden Aktif Karbon Eldesi," Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 2004, 54-57 s.
- [17] A. Demirbas, "Heavy Metal Adsorption Onto Agro-Based Waste Materials: A review," *J. Hazard. Mater.*, vol. 157, No. 2–3, 2008, 220–229 s.
- [18] S. DIRAK, "Eti Maden Müdürlüğü Kırka Bor İşletmesi Bor Endüstri Atıklarında Eser Elementlerin Tayini Ve Lityumun Kazanılması," DÜMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ, 2011, 23-25 s.
- [19] S. DOYURUM ve A. ÇELİK, "Pirininin Pb(II) Ve Cd(II) İyonlarını Adsorplama Performansının İncelenmesi," 2005, 70-71 s.
- [20] A. DUMANLI, "Alunit Cevheri Üzerinde Bazı Ağır Metal İyonlarının Adsorpsiyon Davranışlarının İncelenmesi Ve Modellenmesi," İstanbul Üniversitesi, 2011, 83-85 s.
- [21] D. DURANOĞLU GÜLBAYIR, "Şeftali Çekirdeği Ve Polimer Esaslı Aktif Karbon İle Sulu Çözeltilerden Krom (VI) Giderimi," Yıldız Teknik Üniversitesi, 2008, 54-58 s.
- [22] T. ERSUNGUR, "Çay Ve Çay Atıklarından Aktif Karbon Üretimi.," 2012, 26 s
- [23] Ö. DEMİRBAŞ, "Fiziksel Kimya Günleri Kongre Bildiriler Kitabı," *Kongre Bildiri Kitabı*, 2012, 53-55 s.
- [24] J. Gong, X. Wang, X. Shao, S. Yuan, C. Yang, ve X. Hu, "Adsorption Of Heavy Metal Ions By Hierarchically Structured Magnetite-Carbonaceous Spheres" *Talanta*, vol. 101, 2012, 45–52 s.
- [25] U. M. Graham, T. L. Robl, R. F. Rathbone, ve C. J. McCormick, "Adsorptive Properties Of Fly Ash Carbon" *ACS Div. Fuel Chem. Prepr.*, vol. 41, No. 1, 1996, 265–269 s.
- [26] G. Güney, "Removal Of Heavy Metal Ions By Adsorption Method," Ege Üniversitesi, 2010, 26-27 s.
- [27] G. GÜZEL, "Lityum Ve Borca Zengin Bazı Kimyasal Bileşiklerin Sentezi Ve Yapısal Özelliklerinin Xrd İle İncelenmesi," Balıkesir Üniversitesi, 2006, 23-27 s.

- [28] F. HACIMUSTAFAOĞLU, E. YURTOĞLU, B. KESKİN, “Farklı Bölgelerde Yetişen Zeytinlerin Çekirdeklerinden Aktif Karbon Eldesi Ve Elde Edilen Aktif Karbonun Metilen Mavisiyle Adsorpsiyonunun İncelenmesi”, 2010, 1–12
- [29] H. Hadjar, B. Hamdi, and Z. Kessasia, “Adsorption Of Heavy Metal Ions On Composite Materials Prepared By Modification Of Natural Silica” *Desalination*, vol. 167, 2004, 165–174 s.
- [30] T. HALİT, “Pirina Esaslı Aktif Karbon Eldesi.” Manisa Celal Bayar Üniversitesi, 2015, 4-5 s.
- [31] D. S. Han, A. Abdel-Wahab, ve B. Batchelor, “Surface Complexation Modeling Of Arsenic(III) And Arsenic(V) Adsorption Onto Nanoporous Titania Adsorbents (NTAs),” *J. Colloid Interface Sci.*, vol. 348, No. 2, 2010, 591–599 s.
- [32] M. Harja, L. Rusu, D. Bucur, C. Munteanu, ve R. C. Ciocinta, “Fly Ash-Derived Zeolites As Adsorbents For Ni Removal From Waste Water,” *Rev. Roum. Chim.*, vol. 57, No. 6, 2012, 587–597 s.
- [33] E. B. HINCALAN, “Bor Endüstri Atıklarındaki Lityumun Adsorpsiyon Yöntemi İle Kazanılması,” 2010, 47-51 s.
- [34] E. B. HINCALAN, “Bor Endüstri Atıklarındaki Lityumun Adsorpsiyon Yöntemi İle Kazanılması,” 2010, 56-62 s.
- [35] B. HOŞTUT, E. ÖZCAN, ve K. KARAOĞLAN, “Atık Kahve Telvesinden Aktif Karbon Üretimi” 2011, 32-34 s.
- [36] M. Hua, S. Zhang, B. Pan, W. Zhang, L. Lv, ve Q. Zhang, “Heavy Metal Removal From Water/Wastewater By Nanosized Metal Oxides: A Review” *J. Hazard. Mater.*, vol., 2012, 317–331 s.
- [37] H. Javadian, F. Ghorbani, H. Allah Tayebi, ve S. M. H. Asl, “Study Of The Adsorption Of Cd (II) From Aqueous Solution Using Zeolite-Based Geopolymer, Synthesized From Coal Fly Ash; Kinetic, Isotherm And Thermodynamic Studies,” *Arab. J. Chem.*, vol. 8, No. 6, 2015, 837–849 s.
- [38] B. KARAGÖZ, “Yumurta Kabuğu, Antep Fıstığı Kabuğu, Fındık Kabuğu, Pirinç Kabuğu Ve Zeytin Çekirdeğinden Hazırlanan Adsorbanların Adsorpsiyon Performansları,” 2011, 34-39 s.
- [39] A. H. KILAVUZ, “Atık Suların Arıtılmasında Farklı Polielektrolit Ve Adsorbanların Fizikokimyasal Davranışlarının İncelenmesi,” Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 2005, 23-29 s.
- [40] K.-H. Kim, A. A. Keller, ve J.-K. Yang, “Removal Of Heavy Metals From Aqueous Solution Using A Novel Composite Of Recycled Materials,” *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 425, 2013 6–14 s.

- [41] O. KOÇER, “Zeytin Posası (Pirina) Üzerine Malaşit Yeşili’nin Sulu Çözeltilerden Adsorpsiyonu,” 2013, 14-18 s.
- [42] H. N. (U. KÖYSÜREN, “Sucul Ortamdan Ağır Metal İyonlarının Modifiye Edilmiş Doğal Materyaller Kullanılarak Giderimi,” 2013, 18-24 s.
- [43] E. P. Kuncoro and M. Z. Fahmi, “Removal Of Hg And Pb In Aqueous Solution Using Coal Fly Ash Adsorbent” *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 6, 2013, 377–382 s.
- [44] E. Y. KÜÇÜKGÜL, “Ticari Aktif Karbon Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi (Production Of The Commercial Activated Carbon And Determination Of The Properties) Enver,” *Deü Mühendislik Fakültesi Fen Ve Mühendislik Dergisi*, vol. 6, 2004, 41–56 s,



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halit TUNCAY
Doğum yeri ve Yılı : Bakırköy, 1988
Medeni Hali : Bekar
E-posta : htuncay@petkim.com.tr

Eğitim Durumu

Lise : Bahçelievler Lisesi, 2006.
Lisans : Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, 2011.

Mesleki Deneyim

PETKİM Petro-Kimya Holding A.Ş. 2011- Halen