

Ni (II)'nin Atık Badem Kabuğundan Üretilen Bionanokompozit ile Sulu Çözeltilerden Giderimi

Nilgün ONURSAL^{1*} 

¹Siirt Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Fen ve Matematik Eğitimi Bölümü, Siirt

*Sorumlu yazar (Corresponding author): nilgun.onursal@gmail.com

Geliş Tarihi (Received): 22.03.2023

Kabul Tarihi (Accepted): 28.04.2023

Özet

Ağır metal gideriminde verimli yöntemlerden biri de adsorpsiyondur. Ağır metal giderimi için adsorplayıcı olarak çok çeşitli nanokompozitler kullanılmakta ve benzersiz avantajlar sağlayabilmektedir. Bu makalede temel amaç, atık durumunda biyolojik olarak parçalanması mümkün olan çevre dostu biyokompozit malzemeler elde edilerek atık sularındaki ağır metallerin giderimi konusuna odaklanmaktır. Çalışmada adsorban olarak badem kabuğu ve kil nanokompoziti malzeme olarak kullanılmıştır. Bionanokompozitin karakterizasyonu için; XRD, SEM-EDX, TGA analizleri yapılmıştır. Adsorpsiyonu etkileyen parametrelerden sıcaklık, adsorban miktarı, pH ve hız gibi parametreler incelenmiştir. Elde edilen veriler PSO, PFO, Elovich ve Weber-Morris adsorpsiyon kinetik modellerine uygulanmıştır. Kompozit üzerindeki adsorpsiyon kapasiteleri sırasıyla 298, 308 ve 313 K sıcaklıkları için; 4.440, 13.495 ve 14.288 mgg⁻¹ Ni olarak elde edilmiştir. Farklı sıcaklıklarda elde edilen verilerin, en çok PSO adsorpsiyon kinetik modeline uyduğu anlaşılmıştır. Çalışmada kullanılan kompozitin, hem maliyeti düşük hemde kolay bir şekilde elde edilmesi, tercih edilmesine neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bionanokompozit, adsorpsiyon, kadmiyum, yalancı-ikinci dereceli kinetik model

Removal of Ni (II) from Aqueous Solutions by Bionanocomposite Produced from Waste Almond Shell

Abstract

One of the efficient methods of heavy metal removal is adsorption. A wide variety of nanocomposites are used as adsorbents for heavy metal removal and can provide unique advantages. The main purpose of this article is to focus on the removal of heavy metals in wastewater by obtaining environmentally friendly biocomposite materials that can be biodegraded in case of waste. Almond shell and clay nanocomposite were used as adsorbent in the study. For the characterization of the bionanocomposite; XRD, SEM-EDX, TGA analyzes were made. Parameters affecting adsorption such as temperature, amount of adsorbent, pH and velocity were investigated. The obtained data were applied to PSO, PFO, Elovich and Weber-Morris adsorption kinetic models. The adsorption capacities on the composite are respectively for 298, 308 and 313 K temperatures; 4.440, 13.495 and 14.288 mgg⁻¹ were obtained as Ni. It has been understood that the data obtained at different temperatures mostly fit the PSO adsorption kinetic model. The composite used in the study was preferred because it was both inexpensive and easy to obtain.

Keywords: Bionanocomposite, adsorption, cadmium, pseudo-second order kinetic model

1. Giriş

İnsanoğlu doğayı tanımak ve çevresini keşfetmek için tarihsel süreçte hep çaba içerisinde olmuştur. Bununla birlikte gelişen uygarlıklar çevresinde bulunan malzemeyi keşfetmenin yanında şekil vererek, çeşitlendirerek birçok çağı başlatmıştır. Çağlar arasında geçiş olurken malzeme konusunda da çeşitlilikler, işlenme biçimleri şekil özellikleri de değişerek artmıştır. Bu çağlar isimlerini genellikle o dönemde kullandıkları bu malzemelerden almışlardır. Taş devri, demir ve tunç devri gibi (Acar, 2020). Gelişen endüstri paralel olarak ihtiyaçlarda artmakta ve çeşitlenmektedir. Doğal olarak malzeme bilimi de git gide gelişmekte ve ürün yelpazesi hızla artmaktadır. Bu malzeme gruplarının alaşım, yüzey ve kaplamacılık özellikleri geliştirilerek mevcut malzemelere uygulanarak, malzemeye yeni özellikler kazandırılmaktadır. Günümüzde endüstriyel tasarımlar sayesinde, kullandığımız ev gereçlerinden tutun çok ileri teknolojik cihaz ve sistemler hızla gelişmiş ve yaşamı kolay hale getirmiştir (Çağar, 2021). Artan talepler endüstriyi geliştirmekte ve rekabeti artırmaktadır. Bu talepler doğrultusunda geliştirilen yeni malzemeler ile rakiplerinden bir adım öne geçebilme ve tasarımı hayata geçirebilme adına yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda ki temel hedef, ürünün verimini artırmak, malzemenin fiyatını aşağı çekerek rekabeti büyük pazarlara taşıyabilmek ve özgünlüğü artırmaktır (Ertaş, 2018). Nanoteknoloji kavramı ilk kez 1960 yılında ünlü fizikçi Richard Feynman'ın 'There's Plenty of Room at the Bottom' adlı konuşmayı yaptığı atomik blokların moleküler düzeyde kullanımını önermesi ile literatüre girmiştir. Bu konuşmasında Feynman, "Alta Bolca/Çok Yer Var" başlıklı dönüm noktası niteliğinde bir konferans vermiştir. Burada şayet malzemeyi nanometre ölçeğinde görüntüleyebilir, ölçebilir ve kontrol edebilirsek, teknoloji ve bilim açısından nelerin mümkün olabileceğini

vurgulamıştır (Grutter, 2016). Bu konuşmadan hemen hemen 15 yıl sonra nanoteknolojinin ilk tanımı 1974 senesinde Prof. Taniguchi tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu tanımda "Nanoteknoloji" bir atom ya da molekül tarafından materyallerin birleştirilmesi, ayrılması ve bozunması olayıdır (Küçükçobanoğlu ve Aktaş, 2018). Feynman'ın açıklamasının üzerinden geçen yaklaşık 60 yıldan sonra dünya nanoteknoloji çağına geçmiştir. Nanobilim çağı tartışmalı olarak taramalı tünelleme mikroskobunun icat edilmesi ile başlamış oldu. Bu çalışma Binnig ve Rohrer'e 1986 yılında Nobel Fizik ödülünü kazandırmıştır (Grutter, 2016). Bu gelişmelerin ardından nanokompozit malzemeler insanoğlunun hayatında önemli rol oynamaya başlamıştır. Kompozitin kelime anlamı iki veya daha çok malzemeden, yani makro ölçekte birbirinden farklı olan iki ya da daha çok bileşenlerin ara yüzey boyunca bir araya getirilmesi ile elde edilen malzemelerdir (Kaya, 2016). Aynı şekilde nanokompozit malzemelerde nano boyutta iki veya daha fazla materyalin birleşiminden oluşmaktadır. Bu malzemelerin en önemli özellikleri tasarlanabilir olmaları ve değiştirilebilir fonksiyonları nedeniyle sanayi ve endüstride kilit rol oynamaktadır. Tüm bu gelişmelerle birlikte gelişen sanayi beraberinde çeşitli sorunları da getirmiştir. Sulardaki ağır metal oranının artması önemli bir sorun haline gelmiştir (Dal ve ark., 2021). Bu tür çevreyi tehdit eden unsurlardan dolayı atık sulardaki ağır metallerin ekosisteme verilmeden önce uzaklaştırılması elzem hale gelmiştir. Son dönemlerde bu konuda yapılan bir çok yöntem popüler hale gelmiştir. Bunlar fiziksel ve kimyasal yöntemlerdir (Buldağ ve Yavuz, 2023). En elverişli ve kullanışlı yöntemlerden birisi de adsorpsiyondur. Adsorpsiyon farklı fazlardaki sıvı veya gaz moleküllerinin katı veya sıvı halde bulunan maddenin yüzeyine tutunması veya birikimi olarak açıklanabilir (Onursal ve ark., 2020).

1.1. Ağır Metaller

Ağır metaller yeryüzünde doğal halde bulunmaktadırlar. Yoğunlukları 5 g/cm³ ten fazla olup bozulmayan ve yok edilemeyen bileşikler olarak ifade edilen ağır metaller hem biyolojik hem de jeolojik olarak yapısal değişime uğramaktadırlar. Bu yüzdende buldukları alandan parçalanarak uzak mesafelere gidip yığınlar meydana getirebilmektedirler. Bunun sonucu olarak o yerlerde konsantrasyon artmaktadır. Yeryüzünde önemli kirleticiler arasında bulunan ağır metallerin kanserojen ve toksik etkiye de sahip oldukları bilinmektedir (Dal,2021).

1.2. Nikel

Yakın tarihe kadar varlığı pek bilinmeyen nikel, İsveçli kimyager Baron Axel Fredrik Cronstedt tarafından ancak 1751 yılında keşfedilmiştir. Bu elementin kullanımını ise 73 yıl sonra gerçekleşmiş ve Avusturya'lı Gersdorff tarafından 1824

yılında kurulan ilk metalürji tesisinde gerçekleşmiştir. Yerkabuğunda neredeyse % 0,008 oranında bulunan nikel, çekirdeğin derinlerinde demir, silis oksijen ve magnezyum dan sonra en fazla bulunan elementtir. Bu element doğada saf halde bulunmamakla birlikte genellikle demir ve kobalt ile beraber sülfidler, oksitler ve silikatlar şeklinde oluşmaktadır (Canep, 1970; Eroğlu ve ark., 2018).

1.3. Nanokalsit

Kalsit; Kimyasal yapısı CaCO₃ ve kristal tanecik boyutu 1mm ile 10 cm arasında bulunan kireçtaşının yapıtaşı olan bir mineraldir. Sertliği Mohs ölçeğine göre 3 ve özgül ağırlığı da 20 °C'da 2,7 gr/cm³' tür. Çözünürlüğü ise 25 °C'da 0,0015 gr/cm³ H₂ O' dur (Görcelioğlu, 1976). Rombaeder, skalenoeder şeklinde kristallenmektedir Doğada yarı saydam ve mat şeklinde bulunur. Kolay kırılabilen, cam parıltılıdır (MTA, 2023).

Tablo.1. Kalsitin kullanım terimleri ve özellikleri

Malzeme Adı	Kullanım Terimleri ve Özellikleri
Kireç taşı(kalker)	Tanecik boyutu çeşitli olan, kalsit kristallerinden oluşan masif ve beyaz renkli monomineralik bir kayaç türüdür. Yan mineralleri ise jips,zirkon, barit, galen feldispat, pirit barit, rutil ve galendir.
Mermer	Kristal tanecik boyutu 0,1mm-10 cm arasında olan büyük kalsitten meydana gelen ve metamorfizma geçirmiş kireçtaşı ya da kalkerlere denir. Yan mineralleri silikat, feldispat, mika, demir oksit ve flüorittir
Mikronize Kalsit	Bu tür kalsitler 1-100 mm boyutunda öğütülmüş ve ticari amaçlı olan kalsittir Genellikle dolgu ve kaplama sanayiinde kullanılmaktadır.
Tebeşir	İnce tanecikli ve kalsitten oluşmuş içerisinde denizel hayvan kavrıkları bulunduran yumuşak kayalardır.
Sönmüş Kireç	CaCO ₃ yüzdesi oldukça düşük kireçtaşının fırında 825 °C ısıtılması sonucunda (kalsinasyon) elde edilen CaO'dır.
Kireç Kaymağı	Söndürülen kirecin hidrasyon (su ile işlem görmesi) sonucunda oluşan ve Ca(OH) ₂ 'e verilen isimdir.
Çöktürülmüş CaCO ₃	Kireç kaymağının karbondioksit ile işlem görmesi (Karbonasyon) sonucunda elde edilen CaCO ₃ 'dir. Bu CaCO ₃ ile CaCl ₂ 'nin Na ₂ CO ₃ ile işlem görmesi sonucunda elde edilme olup, seramik sanayii dışındaki alanlarda kullanılmaktadır.

Kaynak: Şahin, N. (2018, Temmuz-Eylül). <https://www.maden.org.tr/Madencilik Bülteni>. Kalsit Hakkında Bazı Bilgiler, adresinden alındı.

1.4. Kompozit

Gelişen endüstrinin ve teknolojinin talepleri de her geçen gün değişmekte ve

gelişmektedir. Her yeni oluşan ve gelişen teknoloji etkisini birçok alanda göstermekte ve hızlı bir şekilde yayılmaktadır.

Gördüğümüz ve dokunduğumuz her şeyin özünü malzeme oluşturmaktadır. Bu nedenle sanayi ve teknolojide ürünlerin kullanım amaçlarına yönelik olarak malzemeler geliştirilmekte, malzemenin verimini ve özgünlüğünü artırmaya, maliyetini düşürmeye yönelik çalışmalar hızla ilerlemektedir (Çağar, 2021). Bu bağlamda çok eski dönemlerden beri malzeme bilimi gelişim göstermektedir. Kompozit malzemeler ise malzeme biliminin sürekli olarak geliştiği bir daldır (Yastımoğlu ve Özkan, 2017). Kompozit malzemeler, iki ya da daha çok malzemenin en iyi özelliklerini bir araya getirerek, yeni özellikler kazanmış malzemeler ortaya çıkarılmasıdır.

1.5. Badem

Badem Türkiye’de hemen hemen her bölgede yetişen bir bitkidir. Sadece Doğu karadenizin kıyı şeridi ile yüksek yaylalarda yetiştirilmemektedir. Sert kabuklu meyve grubunda bulunan badem Rosaceae familyasının Prunus cinsine bağlı Prunus amygdalus L. alt cinsi içerisinde bulunmaktadır. Bu alt cinse ait neredeyse 40 çeşit tür tespit edilmiştir. Meyvesi ile ünlü bu bitki İran, Pakistan ve Hindistanda doğal yayılım göstermiş olup. Zaman içerisinde Akdeniz bölgesine

yayılmıştır (Şimşek, 2015). Bunlar arasında ülkemizde en çok bilinenler, çeşitlerine göre, sert badem, el bademi, diş bademi ve taş bademi olarak gruplara ayrılmaktadır. El ile kırılan yumuşak kabuklu, diş badem ise biraz daha ser kabukludur. Sert ve taş bademler ise oldukça sert kabukludurlar. Bu çalışmada yumuşak kabuklu olan el bademinin atık kabuğu kullanılmıştır.

1.6. Adsorpsiyon Kinetiği Modelleri

Son dönemlerde yapılan araştırmalarda, adsorpsiyon sürecini uygun maliyetli ve daha verimli hale getirmenin yolları aranmaktadır. Burada önemli faktörler arasında yenilenebilir ve kolay elde edilebilir adsorbanlar bulmak yer almaktadır. Hem verimliliği artırmanın hem de maliyetini düşürmenin yollarından birisi de adsorpsiyonun doğasını anlamaktır. Adsorpsiyon süreci, adsorplayıcının yüzeyinde biriken maddenin konsantrasyonu ile çözültide kalan maddenin konsantrasyonu dengeye ulaşmaya dek devam eder (Çınar, 2021). Adsorpsiyonda hız, denge ve termodinamik hesaplamalar yapılmaktadır. Adsorpsiyon kinetiği ile ilgili literatürde çeşitli modeller mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları tablo 2’de verilmiştir.

Tablo.2. Adsorpsiyon kinetik modelleri ve denklemleri

Model Adı	Doğrusal Formül	Açıklama
Pseudo-First Order	$\log(q_e - q_t) = \log q_e - kt$	Lagergren’in 1898) geliştirdiği kinetik model, first order kinetik modelidir. Bu modelin hesaplaması yanda verilen denklem ile gerçekleştirilmektedir. Burada q_e ve q_t sırasıyla dengede ve t (dakika) zamanında adsorbe edilen madde miktarlarıdır ve k_1 adsorpsiyonun hız sabitidir (min-1). (Ifelebuogu & Uduakobong, 2020)
Pseudo-Second Order)	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right) t$	Pseudo-second order kinetik model, hız sınırlayıcı adımın adsorplayıcı ve adsorplanan arasındaki etkileşmelerin, kimyasal adsorpsiyon olabileceği varsayımına dayanmaktadır. (Kutluay, 2019)
Weber ve Morris (Partikül İçi Difüzyon Modeli)	$q_t = K\sqrt{t} + C$	Difüzyon mekanizmalarının yalancı birinci dereceden (pseudo first) ya da ikinci dereceden denklemler kullanılarak tam olarak açıklanamadığı durumlarda parçacık içi difüzyon modeli (Weber-Morris modeli) ile açıklanmaya çalışılır. Intra Particle (IP) modeli, adsorpsiyon sırasında hız sınırlayıcı adımını incelemek için yaygın biçimde uygulanmaktadır (Kajjumba, Emik, Öngen, Özcan, & Aydın, 2018).
Elovich modeli	$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t$	Adsorpsiyon konusunda kimyasal adsorpsiyonun yapısını daha iyi anlamak için Elovich modeli (Zeldowitsch tarafından geliştirilen) uygulanmaktadır.

Her üç sıcaklıkta yapılan kinetik çalışmalara ait verilerden elde edilen değerlerle kinetik grafikleri oluşturuldu. Bu grafiklerden elde edilen parametreler tablo 3'te verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada sulu ortamdan nikeli uzaklaştırmak için nanokar adlı firmadan temin edilen nanokalsit ile badem kabuğu kompoziti kullanılmıştır. Badem kabukları distile su ile iyice yıkandıktan sonra etüvde

(50 °C) kurutuldu. Kurutulan kabuklar havanda iyice ezilerek toz haline getirildi. Elde edilen bu toz numune, Retsch Marka bilyalı öğütücüde mikro boyutta ve homojen yapı elde edilinceye kadar öğütüldü. Molchem marka ve 450 nm olan 500 g kalsit ile karıştırılarak nanokompozit oluşturuldu. Oluşturulan kompozit XRD, FE- SEM-EDX, ve TGA yöntemleri ile karakterize edildi.

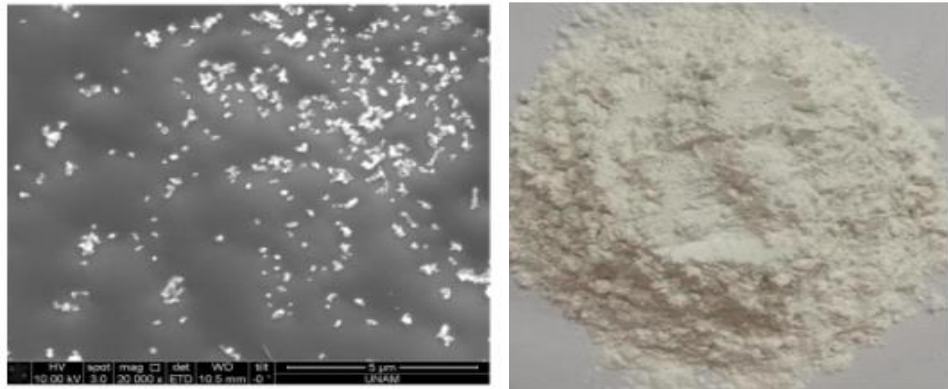


Şekil.1. Biyonanokompozitin Bilyeli değirmende öğütülmüş hali

2.1. Karakterizasyon

Hazırlanan kompozitin karakterizasyonu için XRD (Rad B-DMAX II), EDX (Quanta FEG 240), FE-SEM (Quanta FEG250)

kullanıldı. Numunenin kütlelerinde meydana gelen değişimin sıcaklık artışı belirlemek için TGA (Apparatus Shimadzu) analizleri yapıldı (Onursal, 2020).



Şekil 2.1. Kalsitin nanoboyuttaki FE-SEM ve toz görüntüsü

Kaynak: Nanokar Firmasından <https://www.nanokar.com.tr/urun/nano-kalsit> adresinden alındı.

3. Bulgular ve Tartışma

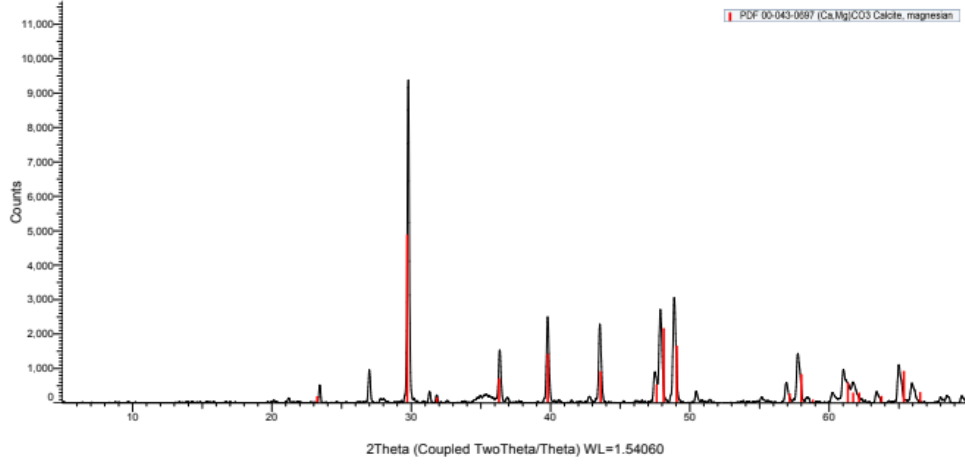
3.1. XRD Analizi

Elde edilen kompozitin yapısı Xray toz difraksiyonu (XRD) yöntemi ile belirlendi.

Bu ölçümler Bruker D8 Discover marka X-ışını difraktometresi ile yapıldı. Kompozitin difraktogramı şekil 2. 2' de verilmiştir.

badem_kompozit

Commander Sample ID (Coupled TwoTheta/Theta)

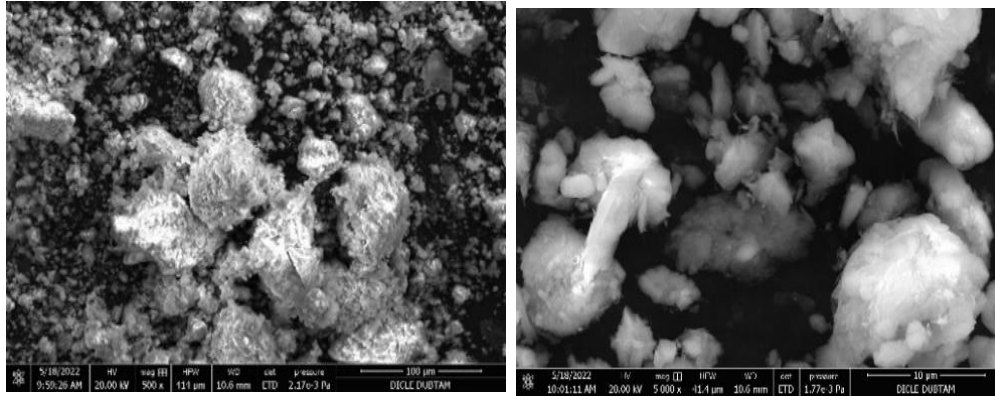


Şekil 3.1. Biyanokompozitin XRD difraktogramı

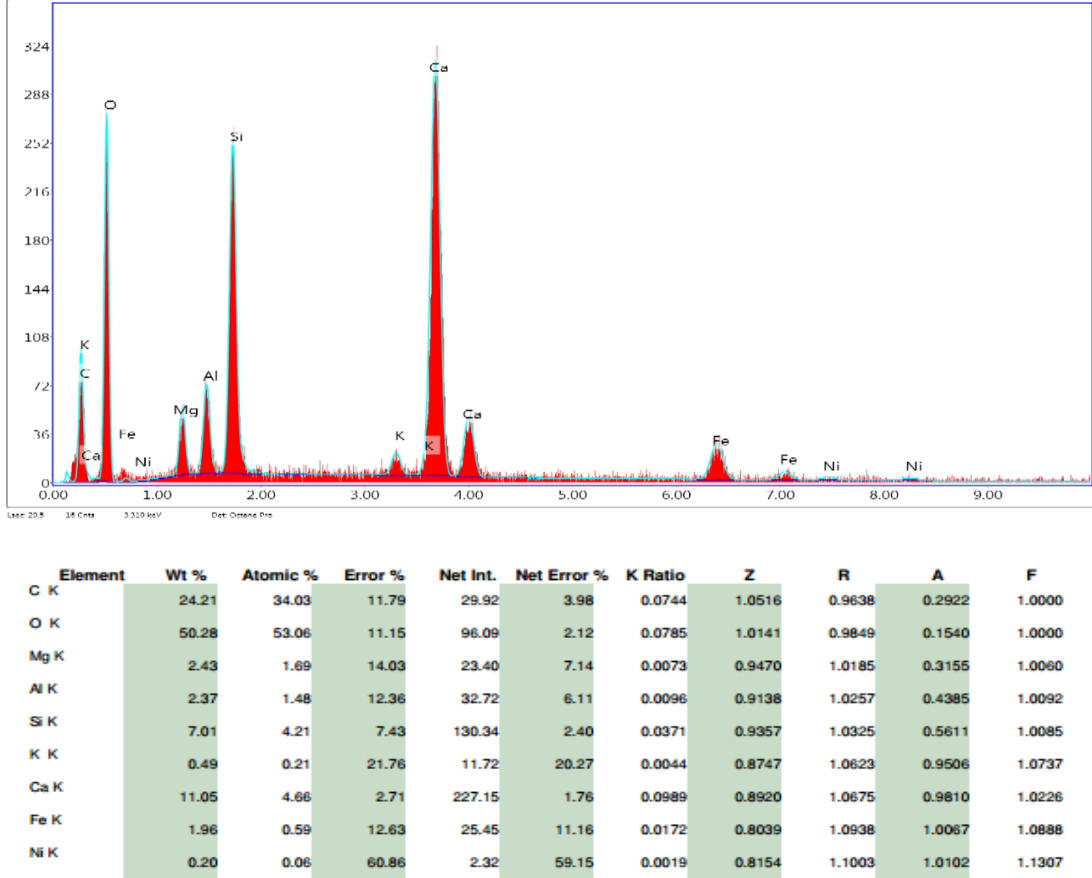
3.2. FE-SEM - EDX Analizi

Çalışmada kullanılan biyanokompozitin FE-SEM görüntüsünde metali tuttuğu

anlaşılmaktadır. Aşağıdaki EDX diyagramı bunu göstermektedir.



Şekil 3.2. Biyanokompozitin işlem öncesi ve sonrası FE-SEM Görüntüsü



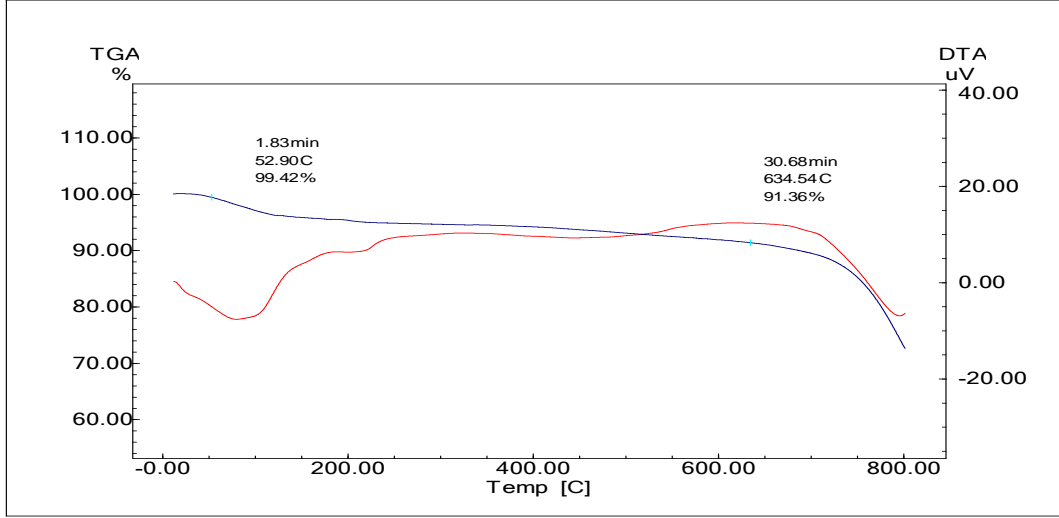
Şekil 3.3. Biyoanokompozitin metal ile etkileşimi sonucu elde edilen EDX diyagramı

Bu diyagramdaki veriler incelendiğinde nikel elementi biyoanokompozit tarafından adsorplanmıştır.

3.3. TGA

Numunedeki uçucu madde miktarı termal gravimetrik analiz ile bulundu. TGA pikine bakıldığında (25-800 °C), 100 °C civarında nemden dolayı düşüş olur, 100-600 °C arasında durumun görece stabil

olduğu gözlemlenmiştir. 600-800 °C arasındaki % düşüş ise kalsitin ana maddesi olan CaCO_3 'ün termal bozunmaya uğrayıp, CO_2 açığa çıkarıp sönmemiş kirece (CaO) dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Analiz sonucunda takriben kütlenin % 25 oranında uçucu madde miktarına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Badem nanokompozite ait TGA diyagramı

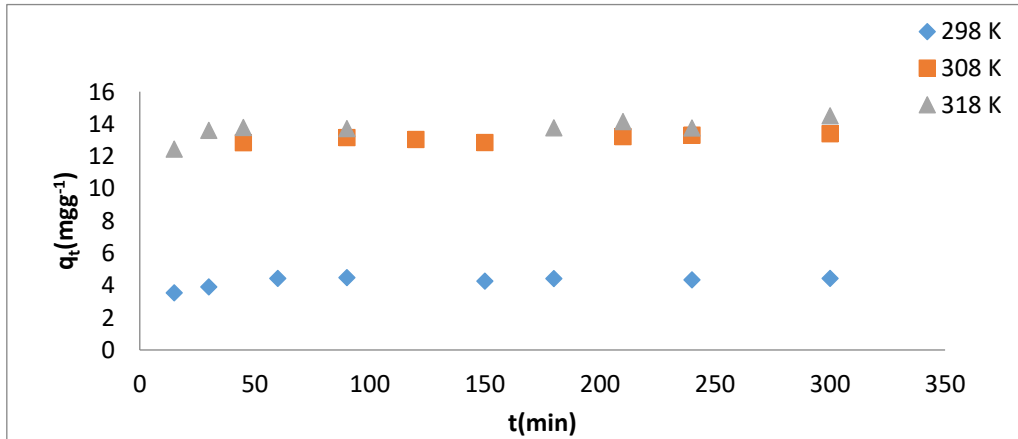
3.4. Adsorpsiyon Kinetik Modelleri

3.4.1. Kinetik Çalışmalar

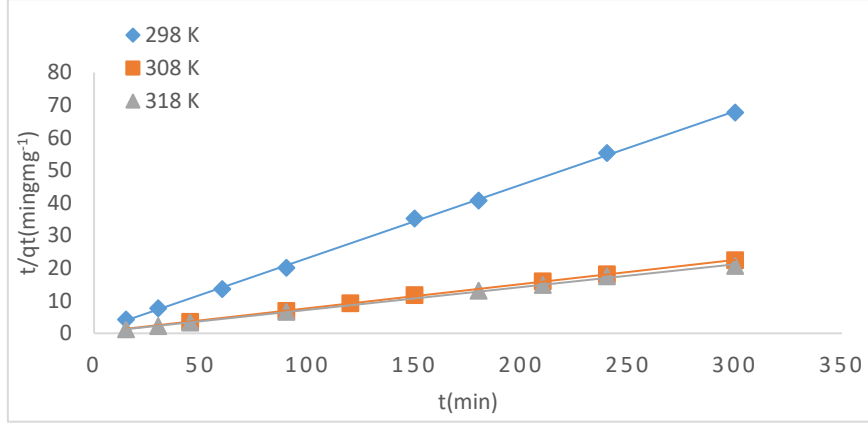
Adsorpsiyon olayı zamana bağlı olarak gelişen bir süreçtir. Adsorpsiyon kinetiği adsorplayıcı ile adsorplanan arasında denge temas süresine bağlı bir olaydır. Denge temas süresi adsorplayıcının adsorplanan ile doyduğu ana kadar geçen süreye denmektedir. Adsorpsiyon olayının hangi mekanizma ile gerçekleştiğini belirleyen farklı kinetik modeller bulunmaktadır. Bu çalışmada 298, 308, 318 K'de Pseudo-First, Pseudo-Second Order, Weber-Morris ve Elovich kinetik modellerine uygunluğu araştırıldı.

3.4.2. Temas süresinin etkisi

Biyonokompozit ve Ni (II) iyonlarının çözeltideki temas süresinin etkisini belirlemek amacıyla numune 298, 308 ve 318 K sıcaklıklarda, 100 mgL^{-1} başlangıç konsantrasyonunda 300 dakika temas süresiyle çalışılmıştır. (Şekil 2). Şekil 2'den, Ni(II) iyonlarının q_e miktarları sırasıyla $0,289 \text{ mgg}^{-1}$, $1,090 \text{ mgg}^{-1}$ ve $1,194 \text{ mgg}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Verilerden açıkça görüldüğü gibi q_e miktarları sıcaklıkla beraber artmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler daha sonra adsorpsiyon kinetiklerini değerlendirmek için kullanıldı.



Şekil 3.5. Nikel (II) nin Farklı Sıcaklıklara ait temas süresi etkisi grafiği



Şekil 3. 6. PSO plots of Ni (II) at 298,308 and 318 K

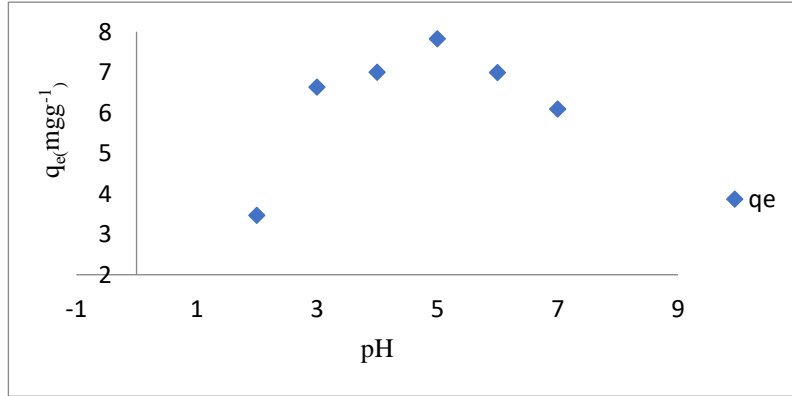
Tablo 3. Adsorpsiyon Kinetik Deneyinden Elde Edilen Sabitler

PFO		PSO					Elovich Model			Weber-Morris Model		
T(K)	$K_1(\text{dk}^{-1})$	q_e	R^2	K_2	$q_e(\text{mgg}^{-1})$	R^2	β	α	R^2	$K_i(\text{mgg}^{-1} \text{dk}^{1/2})$	$C(\text{mgg}^{-1})$	R^2
298	4.510^{-3}	0.389	0.2626	0.874	4.440	0.9993	3.840	3.051	0.6725	0.0494	3.70	0.5037
308	6.10^{-8}	13.4	0.6582	0.0199	13.495	0.9996	3.953	11.859	0.5903	0.0464	12.538	0.6326
318	30.510^{-3}	14.292	0.5357	0.0227	14.288	0.9986	2.267	11.720	0.6718	0.0902	12.741	0.5932

3.4.3. pH'in adsorpsiyona etkisi

Farklı derişime sahip çözeltilerde farklı başlangıç pH değerlerinde, adsorpsiyonun değişimini gözlemlemek ve her bir derişim

değeri için de uygun olan bir pH'ın etkisini belirlemek amacıyla bir dizi deneyler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. pH'in adsorpsiyona etkisini gösteren grafik

Bu deneylerde, metal iyonları çözünürlüğünün pH'a bağlı olarak değiştiği bilinen bir gerçektir. Metal iyonlarında pH değerlerinin 7'den sonra çökmeye başlaması gerçeğiyle, Ni (II) iktiva eden çözeltilerin başlangıçtaki pH'nın

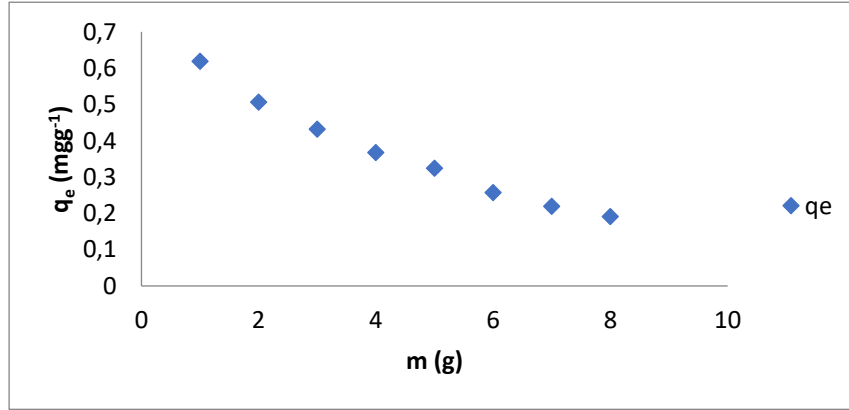
absorplayıcının giderim kapasitesi üzerine ne kadar etki ettiği belirlenmeye çalışılmıştır. pH'ın 2 ile 7 arasında olan farklı pH değerlerinde 100 mgL^{-1} iyon çözeltisi ile deneyler yapılmıştır. pH, H^+ iyonunun miktarının ölçüsüdür ve ağır

metaller gibi bir katyondur. Dolayısı ile diğer metallerle beraber adsorplanır. Diğer taraftan H⁺ iyonunun varlığı OH⁻ iyonu ile dengededir. Yüksek pH'larda OH⁻ iyonu miktarı artar. Bu durum ağır metallerin hidroksit halinde çökmelerine yol açar. Dolayısı ile yüksek ve düşük pH'larda adsorpsiyonun düşük olması beklenir. Şekil 2.6 incelendiğinde; artar pH ile beraber, adsorplanan miktarının önce arttığı, sonra ise düştüğü ve pH 7,82 noktasında adsorpsiyonun en yüksek miktara ulaştığı, sonrasında düştüğü gözlenmektedir. Bu

durum, yukarıda anlatılanlar ile paralellik arz etmektedir

3.4.4. Biyanokompozitin Kütle Çalışması

Sekiz farklı adsorplayıcı kütlesi ile yapılan deneyde adsorplayıcı miktarı ile adsorbe edilen miktar arasındaki ilişki irdelenmiş ve şekil 2.7'de görüldüğü gibi, adsorplayıcı miktarı arttıkça q_e miktarının düştüğü belirlenmiştir. Bunun nedeni toplam adsorplanan miktar arttığı halde, gram adsorplayıcı başına adsorplanan miktarın azalmasıdır.



Şekil 3. 8. Biyanokompozitin kütle grafiği

4. Sonuçlar

Bu çalışmada badem kabuğu ve kalsit mineralinden elde edilen biyanokompozitin XRD, XRF, FT-IR, BET ve SEM-EDX gibi kristalografik analizleri yapılarak yapıları aydınlatılmıştır. Daha sonra nikel iyonunu adsorplamak için, kinetik deneyler 3 farklı sıcaklıkta (298, 308 ve 318 K) yapılmıştır. Ayrıca farklı pH değerlerinde adsorpsiyon çalışması ve adsorplayıcı miktarı çalışması yapılmıştır. Deney sonucunda elde edilen çözeltilerin konsantrasyonları atomik adsorpsiyon cihazında ölçülmüş ve elde edilen değerler adsorpsiyon kinetik modellerine uyarlanmıştır. En küçük kareler yöntemi ile yapılan regresyon analizi sonucu adsorpsiyon kinetiğinin her üç sıcaklık için de 0,999 R² değeri ile yalancı –ikinci dereceli kinetik modele (pseudo-second

order) uyduğu tespit edilmiştir. Ayrıca pH 7,82 iken adsorplama kapasitesinin en yüksek değere ulaştığı tespit edilmiştir. Adsorplayıcı miktarı deneyi ile; adsorplayıcı miktarı arttıkça q_e miktarının düştüğü tespit edilmiştir. Sonuç olarak yeni biyanokompozitin nikeliyonunu adsorplamak için uygun bir malzeme olduğu görüşüne varılmıştır.

Finansman

Bu çalışmada verileri elde ederken gösterdikleri ilgi ve sağladıkları katkılardan dolayı DÜBTAM yönetimine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Kaynaklar

Acar, M.R. 2020. Malzemenin Tarihsel Serüveni. <https://malzemebilimi.net/malzemeni-tarihsel-seruveni.html> (Erişim tarihi:10.02.2023).

- Çağar, P. K. 2021. Endüstriyel Ürünlerin Tasarımında Yaygın Yer Edinen Polimer. *Turkish Journal of Fashion Design and Management*, 3(2): 79-88.
- Ertaş, D.G. 2018. Kompozit Malzemelerin Endüstri Ürünleri Tasarımındaki Yeri.” 1 st International Symposium on Light Alloys and Composite Materials (ISLAC’18), Symposium Proceedings Book 22-24 March, Karabük, s: 509-510.
- Grutter, P., 2016. Nanotechnology: there is plenty of room at the bottom. Nanotechnology: there is plenty of room at the bottom: <https://physicsmatters.physics.mcgill.ca/events/lecture-2016-12-01-nanotech> (Erişim Tarihi:13.02.2023).
- Küçükçobanoğlu, Y., Aktaş, L.Y., 2018. Nanokompozit Kaynağı ve Uygulama Alanı Olarak Bitkiler. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 4: 429-436.
- Kaya, A.İ. 2016. Kompozit Malzemeler ve Özellikleri. <https://www.researchgate.net/publication/312332966>, (Erişim Tarihi:09.11.2022).
- Dal, M.C., Onursal, N., Arıca, E., Yavuz, Ö. 2021. Diyarbakır Karacadağ Kırmızı Tepe Skoryası ile Cu (II) Adsorpsiyon Kinetiğinin İncelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 337-346.
- Buldağ, E., Yavuz, Ö. 2023. Adsorption Kinetics of Cu (II) and Ni (II) Ions Using Clay in Kulp District of Diyarbakır Province. *Gazi University Journal of Science*, 78-88.
- Dal, M.C., 2021. Cu (II), Ni (II) Ve Co (II)'nin Karacadağ Skoryası ile Adsorpsiyonunun İzoterm, Kinetik ve Termodinamik Analizi. Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır.
- Caneb, G. 1970. Nikel. Madencilik/ <http://www.mining.org.tr/tr/download/article-file/377579>, 35-49, (Erişim Tarihi:11.11.2022).
- Eroğlu, G.A., Eroğlu, G., Akgök, Y.Z., Şahiner, M. 2018. Üretimden Ticarete Nikel. Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülten, 53-62. Dünya'da ve Türkiye'de Nikel: <https://www.mta.gov.tr> (Erişim Tarihi:11.11.2022).
- Görcelioğlu, E. 1976. Yapı Malzemesi Olarak Kullanılan Başlıca Doğal Taş Çeşitlerinin Bazı Teknik Özellikleri. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman fakültesi Dergisi :148-166.
- MTA, 2023. Kalsit- MTA Genel Müdürlüğü. Kalsit: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kalsit>, (Erişim Tarihi: 21.05.2022).
- Şahin, N. 2018. <https://www.maden.org.tr/Madencilik/Bülteni>. Kalsit Hakkında, (Erişim Tarihi:21.05.2022).
- Yastımoğlu, F., Özkan, A. 2017. Tekrarlanan Yükler Altında Kompozit Malzemelerin Yapılarının İncelenmesini Amaçlayan Deney Aygıtı Tasarımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*,5: 56-66.
- Şimşek, M. 2015. Türkiye’de badem yetiştiriciliğinin durumu ve yapılan seleksiyon. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (4)2: 95-100.
- Çınar, F. Ş., 2021. Adsorpsiyon İzoterm Modelleri Ve Kinetiklerinin Araştırılması/Araştırma Projesi. Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü. Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi.

- Ifelebuegu, A.O., Uduakobong, A.E. 2020. Kinetics, Isotherms, and Thermodynamic Modeling of the Adsorption of Phosphates from Model Wastewater Using Recycled Brick Waste. *Processes*, (Erişim Tarihi:21.05.2022).
- Kutluay, S. 2019. Benzen Uçucu Organik Bileşiminin Badem Kabuğundan Üretilen Char Üzerine Gaz Fazı Adsorpsiyonu: Kinetik, Denge ve Termodinamik. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8(4): 1432-1445.
- Kajjumba, G.W., Emik, S., Öngen, A., Özcan, H.K., Aydın, S. 2018. Modelling of Adsorption Kinetic Processes—Errors, Theory and Application. E. b. Edebalı içinde, *Advanced Sorption Process Applications*. IntechOpen Limited.
- Onursal, N.D. 2020. Cu (I) İyonlarının Doğal Karışık Tipteki Kil İle Sulu Ortamdan uzaklaştırılması, İzoterm, Kinetik Ve Termodinamik Parametrelerin İncelenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 85-103.

Atıf Şekli: Onursal, N., 2023. Ni (II)'nin Atık Badem Kabuğundan Üretilen Biyonanokompozit ile Sulu Çözeltilerden Giderimi. *MAS Uygulamalı Bilimler Dergisi*, 8(2): 391–402.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8062819>.

To Cite: Onursal, N., 2023. Removal of Ni (II) from Aqueous Solutions by Bionanocomposite Produced from Waste Almond Shell. *MAS Journal of Applied Sciences*, 8(2): 391-402.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8062819>.
