



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 07.07.2022
Kabul Tarihi : 20.10.2022

Received Date : 07.07.2022
Accepted Date : 20.10.2022

DEMİR (II, III) OKSİT (Fe_3O_4) NANOPARTİKÜLLER KULLANILARAK TEKSTİL ATIKSULARININ ARITILMASI

TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER USING IRON (II, III) OXIDE (Fe_3O_4) NANOPARTICLES

İrem AYRANPINAR¹ (ORCID: 0000-0001-8132-3490), Ahmet DUYAR² (ORCID: 0000-0001-8850-8308)

Serdar GÖÇER³ (ORCID: 0000-0003-0443-8045), Melike KOZAK³ (ORCID: 0000-0001-6985-3587)

Emre Oğuz KÖROĞLU¹ (ORCID: 0000-0002-6027-6792), Kevser CIRIK^{1*} (ORCID: 0000-0002-1756-553X)

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Üniversite-Sanayi-Kamu İş birliği, Araştırma-Geliştirme-Uygulama Merkezi, 46100 Kahramanmaraş, Türkiye

³ Çukurova Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Adana, 0100 Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Kevser CIRIK, kcirik@ksu.edu.tr

ÖZET

Demir (II, III) oksit (Fe_3O_4) nanopartiküller, ortamdaki kirletici maddeleri adsorbe ederek hızla uzaklaştırması özelliğinden dolayı atıksu arıtımında kullanılabilen manyetik nanopartikül türlerinden biridir. Demir (II, III) oksit (Fe_3O_4); yüksek rejenerasyon verimi, geniş yüzey alanı ve manyetik özelliklere sahiptir. Fe_3O_4 partiküllerinin adsorpsiyon kapasitesi, kullanılan partikülün boyutuna ve kirletici konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik gösterir. Ek olarak, demir oksit maddelerin bu türlerinde, reaksiyon bittikten sonra bir mıknatıs kullanılarak partiküller kolaylıkla ortamdan uzaklaştırılabilir. Daha sonra adsorbe edilen kirleticiler katalizör kullanılarak partikülden ayrıştırılarak partikül tekrar kullanılabilir. Bu çalışmada, kimyasal olarak sentezlenen Fe_3O_4 nanopartikül kullanılarak adsorpsiyon yöntemi ile tekstil Atıksularının arıtılması incelenmiştir. Adsorpsiyon performansı, farklı Fe_3O_4 konsantrasyonlarında (250-750 mg/L) ve temas sürelerinde (5-45 dakika) incelenmiştir. Elde edilen optimum reaksiyon süresi ve adsorban konsantrasyonu sırasıyla 30 dakika ve 250 mg/L olarak bulunmuştur. Optimum şartlar altında toplam organik karbon (TOK), renk ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) giderimi sırasıyla %25,94, %51,64 ve %66,68 olarak gözlemlenmiştir. Sonuçlar, manyetik nanopartiküller kullanılarak yapılan adsorpsiyon işleminin tekstil atıksularında KOİ ve renk kirleticilerinin uzaklaştırılmasında oldukça etkili olduğunu, ancak TOK miktarında önemli bir değişiklik gözlemlenmediğini göstermiştir. Tekstil atık sularının arıtılmasına yönelik demir oksit nanopartikül uygulaması deşarj standartlarını sağlamasa da çeşitli arıtma proseslerindeki kirlilik yükünü azaltmak için ön arıtım veya ileri arıtım yöntemi olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Adsorpsiyon, demir (II, III) oksit, manyetik nanopartikül, tekstil atıksularının arıtılması.

ABSTRACT

Iron (II, III) oxide (Fe_3O_4) nanoparticles are one of the magnetic nanoparticle types that can be used in wastewater treatment due to their ability to adsorb and rapidly remove pollutants in the environment. Iron (II, III) oxide (Fe_3O_4); It has high regeneration efficiency, large surface area and magnetic properties. The adsorption capacity of Fe_3O_4 particles varies depending on the particle size and pollutant concentration used. In addition, in these types of iron oxide substances, the particles can be easily removed using a magnet after the reaction is over. Then the adsorbed pollutants can be separated from the particle using a catalyst and the particle can be reused. In this study, the treatment of textile wastewater by adsorption method using chemically synthesized Fe_3O_4 nanoparticles was investigated. Adsorption performance was investigated at different Fe_3O_4 concentrations (250-750 mg/L) and contact times (5- 45

To Cite: AYRANPINAR, İ., & DUYAR, A., & GÖÇER., S., & KOZAK., M., & KÖROĞLU., & E., CIRIK., K., (2022). DEMİR (II, III) OKSİT (Fe_3O_4) NANOPARTİKÜLLER KULLANILARAK TEKSTİL ATIK SULARININ ARITILMASI. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26(1), 1-7.

minutes). The optimum reaction time and adsorbent concentration obtained were found to be 30 minutes and 250 mg/L, respectively. Total organic carbon (TOC), color and chemical oxygen demand (COD) removals under optimum conditions were observed as 25.94%, 51.64% and 66.68%, respectively. The results showed that the adsorption process using magnetic nanoparticles was very effective in removing COD and color pollutants in textile wastewater, but no significant change was observed in the amount of TOC. Although the application of iron oxide nanoparticles for the treatment of textile wastewater does not meet the discharge standards, it can be used as a pre-treatment or advanced treatment method to reduce the pollution load in various treatment processes.

Keywords: Adsorption, iron (II, III) oxide, magnetic nanoparticle, treatment of textile wastewater

GİRİŞ

Tekstil endüstrisi; artan nüfus ve teknolojik değişimler ile birlikte gelişmekte ve kapasitesini arttırmaktadır. Sağladığı istihdam, ihracat kapasitesi ve geniş kullanım alanları gibi özelliklerinden dolayı ülkemizde ve dünyada ekonomik olarak büyük öneme sahiptir. Türkiye dünya çapında tekstil üretimi ve ihracatı yapan ülkeler arasında 5. sırada yer alarak birçok büyük markanın üretimini yapıp ülkemize büyük ekonomik kazançlar getirmektedir. Tüm bu avantajların yanı sıra ülkemizde bulunan mevcut doğal kaynakların kirlenmesine neden olup en önemli doğal kaynaklardan biri olan su tüketiminin artırılması gibi dezavantajlara da sahiptir. Türkiye içindeki sanayi kuruluşlarından atılan atıksu miktarı yaklaşık 3 milyon l/gün dür. En çok kirlilik yapan endüstriler; tekstil sanayi, deri sanayi ve kimya sanayi sektörüdür. Endüstriyel atıksu kaynakları arasında tekstil sanayi, en önemli kaynaklardan birini oluşturur. Tekstil endüstrisi en çok su tüketilen endüstrilerden biridir ve kullanılan su atıksu olarak nitelendirilerek alıcı ortamlara deşarj edilmektedir. Deşarj edilen atıksular yüksek konsantrasyonda boyar madde, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) gibi kirleticiler içermektedirler ve böylece alıcı ortamdaki ekolojik dengeyi bozmaktadır. Bu sebeple atıksuların deşarj edilmeden önce arıtılarak deşarj limit değerlerini sağlaması gerekmektedir (Özyonar vd. 2012; Kestioğlu vd. 2006). Bazı tekstil atıksularında yüksek değerlerde organik kirleticiler bulunmaktadır ve bu kirleticilerin biyolojik olarak parçalanması zordur. Tekstil atıksularında bulunan organik kirleticiler biyolojik olarak parçalanabildiği takdirde, kimyasal arıtmaya dayalı biyolojik arıtma uygulanarak deşarj kriterlerine ulaşmak mümkün olabilmektedir. Bu arıtma yöntemleri kimyasal oksidasyon, çökeltme, filtreleme, aerobik ve anaerobik mikrobiyal bozunma, pıhtılaşma, membran ayırma, elektrokimyasal arıtma, yüzdürme, hidrojen peroksit katalizi, ters ozmos, ozonlama gibi çeşitli yöntemlerdir. Ancak kullanılan geleneksel arıtma teknikleri oldukça pahalıdır ve renk sorununu giderememektedir. Günümüzde kullanılan arıtma yöntemlerinden biri olan adsorpsiyon yöntemi, atıksudan çeşitli kirleticilerin adsorbe edilerek ortamdaki uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Adsorpsiyon yöntemi düşük maliyeti, kolay elde edilebilirliği, farklı yöntemlerle birlikte kullanılabilirliği, biyokimyasal oksijen ihtiyacını kontrol edebilirliği gibi özelliklerin yanı sıra renk gideriminde oldukça verimli ve ekonomik bir işlem olduğu için diğer arıtma yöntemlerine karşı alternatif bir yol sağlamaktadır (Gonawala vd. 2014).

Bununla birlikte, yaygın kullanılan bazı adsorban türlerinde, düşük adsorpsiyon çekimi, seçicilik, yetersiz kapasite ve rejenerasyon miktarı gibi sıkıntılar ortaya çıkması endüstriyel ölçekte uygulamalarını sınırlamaktadır. Bu tür sorunları ortadan kaldırmak için yeni adsorban maddeler üzerine çalışılmaktadır. Bu çalışmaların sonucunda ortaya çıkan maddelerden biri manyetik nanopartiküllerdir. Manyetik nanopartiküller atık sudan kirleticiler maddelerin hızlı bir şekilde emilimi, mükemmel manyetik davranış, kimyasal stabilite, biyoyumluluk, amfoterik yüzey aktivitesi, yüksek adsorpsiyon kapasitesi, gelişmiş katalitik aktivite ve dağılılırılık gibi özellikleri sağlaması nedeniyle atıksu arıtımında yaygın adsorbanlara alternatif bir malzeme olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca manyetik nanopartiküller adsorpsiyon işlemi bittikten sonra basit bir manyetik alan oluşturarak kolaylıkla ortamdaki uzaklaştırılabilmektedir. Bu tür ayırt edici özelliklerinden dolayı manyetik nanopartiküller atıksu arıtımında adsorban malzeme olarak ortaya çıkmıştır (Nassar vd. 2015). Manyetik nanopartiküllere örnek olarak demir oksitler (Fe_3O_4 - Fe_2O_3), toz metaller (Fe, Co), Alaşımalar ($CoPt_3$, $FePt$) ve spinel yapıdaki ferrimagnetler ($MgFe_2O_4$, $MnFe_2O_4$, $CoFe_2O_4$) verilebilir. (Sakallıoğlu, 2013). Nano boyuttaki manyetik partiküllerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin anlaşılması için birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Babes vd., 1999). Kuantum etkisi ve büyük yüzey alanı sağlaması manyetik partiküllerin nano boyutta, manyetik özellikleri değişmekte ve süper para manyetik karakter kazanmaktadır. Bunun nedeni her bir manyetik partikülün kendi başına bir manyetik birim oluşturmasıdır (Goya vd. 2003).

Bu çalışmanın amacı; Manyetik nanopartiküllerden biri olan Fe_3O_4 'i laboratuvar ortamında sentezleyerek tekstil atıksularına uygulayıp renk, KOİ, TOK giderim verimlerinin gözlemlenerek yöntemin uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır.

MATERYAL-METOD

Atıksu İçeriği

Çalışmada kullanılan atıksu Kahramanmaraş'ta bulunan ve denim kumaş üretimi yapan tekstil fabrikasından alınmıştır. Daha sonra, tekstil atıksuyu, laboratuvar ölçekli adsorpsiyon deneylerinde kullanılmıştır. Tekstil atıksu arıtma performansı renk, KOİ ve TOK giderimleri açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan tekstil atıksuların karakterizasyonu aşağıdaki Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Atıksu Karakterizasyonu

PARAMETRELER	KOİ (mg/L)	TOK (mg/L)	RENK (Pt-Co)
KONSANTRASYON	3535	1993	10650

Deneysel Plan

Bu çalışmada, demir II-III oksit (Fe_3O_4) manyetik nanopartikül madde sentezlenerek tekstil atıksularından kirliticilerin uzaklaştırılması ve giderim performansı açısından değerlendirilmiştir. Deneysel plan doğrultusunda; adsorban konsantrasyonu (250-500-750 mg/L) ve temas süresi (5-15-30-45dk) değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan deneysel planın şematik diyagramı Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Deneysel Plan

İŞ PAKETLERİ	ÇALIŞMALAR	
<u>İP.1</u>	Laboratuvar Koşullarında Kullanılacak Malzemelerin ve Atıksuyun Tedarik	
<u>İP.2</u>	Manyetik Nanopartikül Sentezi	
<u>İP.3</u>	Konsantrasyon Etkisinin Araştırılması	Konsantrasyon (mg/l)
		250
		500
		750
<u>İP.4</u>	Temas Süresinin Etkisinin Araştırılması	Süre (dk)
		5
		15
		30
		45

Deneysel çalışmalarda ferrik klorür heksahidrat ($FeCl_3 \cdot 4H_2O$), demir sülfat heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), ve amonyak (NH_4OH , %10) kullanılmıştır. Örneklerin sentezlenmesinde ve bazı çözeltilerin hazırlanmasında deiyonize su kullanılmıştır. Demir (II, III) oksit (Fe_3O_4) elde etme yöntemi olarak ortak çöktürme yöntemi kullanılmıştır. Ortak çöktürme yöntemi; Uygun oranlar sağlandıktan sonra karıştırılan Fe^{+2} ve Fe^{+3} iyonları bazik ortamda karıştırıcı altında çöktürülür. Oda sıcaklığında ya da yüksek sıcaklıklar altında gerçekleştirilebilir (Sakallıoğlu, 2013). Bu yöntemi gerçekleştirmek için, 16.218 gr demir klorür heksahidrat ($FeCl_3 \cdot 4H_2O$), 8.34 gr demir klorür heptahidrat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) tartılır ve kapaklı cam şişeye konur. 60 ml deiyonize suda çözülür. Karışım homojen hale gelinceye

kadar karıştırılmıştır (minimum 15 dakika). Daha sonra damla damla 120 ml amonyak çözeltisi (NH_4OH , %10) eklenmiştir. Çözelti 60°C 'de 450 rpm hızda 90 dakikada karıştırılmıştır. 90 dk sonunda amonyak kokusu kaybolana kadar Fe_3O_4 solüsyonu deiyonize su ile yıkanır (7 kez). Yıkama işlemi bittikten sonra 80°C sıcaklıkta 14 saat etüvde kurutmaya bırakılır.

Adsorpsiyon deneyleri sabit sıcaklık ve karıştırma hızında çalışan çoklu manyetik karıştırıcı (MTOPS HS15 06P, Korea) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışılacak konsantrasyonlar için 500 mL çalışma hacmi beherlere konularak pH değeri ölçülür. İş paketlerinde belirlenen süre ve konsantrasyonlar yapılan önceki çalışmalardan yararlanılarak belirlenmiştir (Evliyaoğulları, 2019). 1M HCl ve NaOH kullanılarak adsorpsiyon öncesi istenilen değere ayarlanmıştır. Belirlenen miktardaki Fe_3O_4 (250,500,750 mg) hassas terazide (DENVER INSTRUMENT GmbH & CO.KG, Germany) tartılarak belirlenen reaksiyon sürelerinde (5,15,30,45 dk) örnekler alınıp 500 rpm'de 5 dakika santrifüjlenmiştir. Santrifüjden sonra sıvı kısım katı kısımdan ayrılmış ve adsorplanmadan kalan renk miktarlarını belirlemek için UV visible spektrofotometrede absorbans değerleri okunarak bulunmuştur. Deneyler; farklı adsorbent miktarı ve farklı temas süreleri için uygulanmıştır.

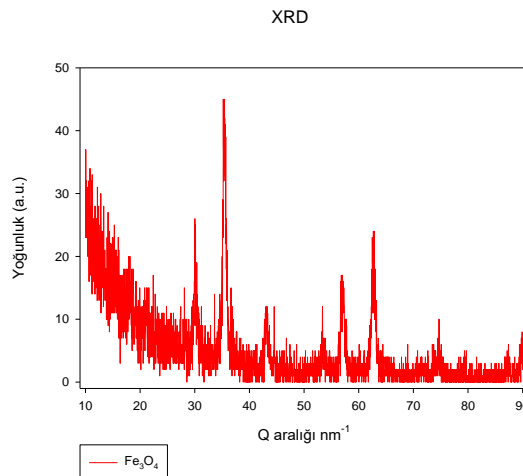
Analizler

Tekstil atıksuyu arıtılabilirlik çalışmalarında manyetik nanopartiküler madde performansını değerlendirmek amacıyla; toplam çözünmüş organik, anyon ve katyon, pH, renk, KOİ, parametreleri değerlendirilmiştir. Analizi yapılacak tüm sıvı numuneler analiz öncesinde santrifüj cihazında (Hermle Z 200A Labortechnik, Wehingen, Almanya) 5000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Toplam organik karbon ölçüm cihazı (Shimadzu TOC-VCPN, Kyoto, Japonya) kullanılarak karbon tayini yapılmıştır. Çalışmada TOK miktarını belirlemek için $0,45 \mu\text{m}$ filtreden geçirilmiş 15 ml hacmindeki numuneler kullanılmıştır. Cihaz kalibrasyonu, analizi yapılacak numunelerin yaklaşık TOK değeri baz alınarak çözünmüş organik karbon kalibrasyonu potasyum hidrojen fitalat ($\text{KHC}_8\text{H}_4\text{O}_4$) standardı ile yapılırken inorganik karbon kalibrasyonu ise sodyum hidrojen karbonat (NaHCO_3) ve sodyum karbonat (Na_2CO_3) standartları ile hazırlanmıştır. pH ölçümleri pH metre (Thermo Orion Start, Germany) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen Fe_3O_4 manyetik nanopartikül maddelerinin kırınım modelleri, yüksek çözünürlüklü bir elektron mikroskobu (HRTEM, Tecnai G2, F30) ile elde edildi. X-ışını kırınımı (XRD) kırınımı, bir Miniflex II modeli (Malik vd. 2018) kullanılarak yapılmıştır. Çalışma kapsamında Pt-Co cinsinden renk ölçüm metodu kullanılmıştır. Renk analizi (HACH DR 5000 Loveland, CO., ABD) spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir (EN ISO 7887).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Fe_3O_4 Karakterizasyonu

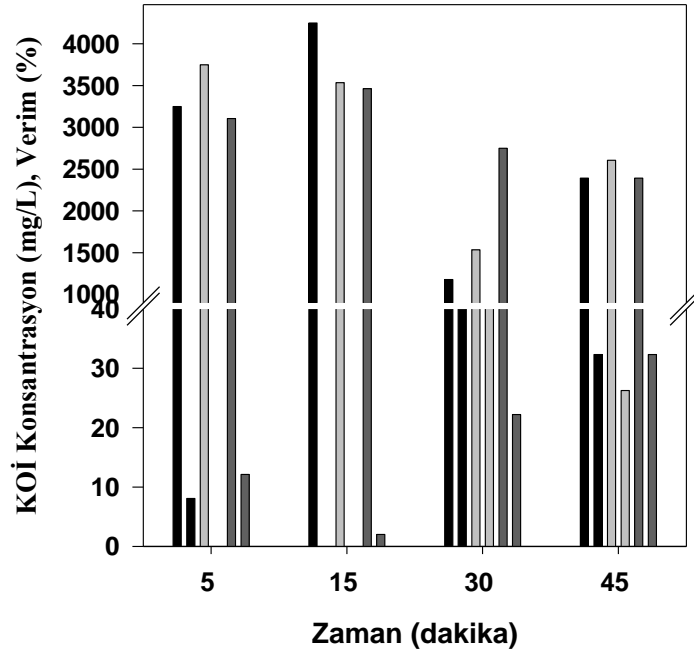
Sentezlenen manyetik nanopartikül maddenin karakterizasyonu X-ışını kırınımı (XRD) tekniği ile değerlendirilmiştir. Nanopartikül maddenin X-ışını kırınım modelleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Fe_3O_4 nanopartikül madde sırasıyla (26.03), (45.22), (16.87) ve (23.93) yansımasına karşılık gelen $2\theta=29.97$, 35.47, 57.05, 62.43 dört karakteristik zirveye sahiptir. Bu zirvelerle malzemelerin kristal yapısı oluşturulabilir. XRD çizgi genişlemesinde Scherrer denklemini kullanarak, Fe_3O_4 'ün hesaplanan ortalama partikül boyutunun 10 nm olduğu elde edilmiştir. $2\theta=35.47$ 'de düzlem ortalama kırınım zirvesi, yoğun yapısı nedeniyle manyetik nanopartikül (Fe_3O_4) maddenin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Demir (II, III) Oksit (Fe_3O_4) Parçacıklarının X Işını Kırınım (XRD) Grafiği

Tekstil Atıksularının Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderim Performansı

Adsorpsiyon prosesi, belediye ve endüstriyel kaynaklı atık sulardan kirletici parametreleri eşzamanlı olarak renk, toplam organik karbon (TOK), ve KOİ 'yi gidermek için uzun süredir kullanılmaktadır. Nanopartiküllerin adsorpsiyon sürecinde renk ve KOİ konsantrasyonlarının önemli bir rol oynadığı ve giderim verimini doğrudan etkilediği bilinmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, adsorpsiyon sistem performansı, belirlenen adsorban konsantrasyonunda (250-500-750 mg/L) ve reaksiyon süresinde (5-15-30-45 dk) KOİ giderimi açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışmadaki KOİ çıkış konsantrasyonları ve giderim verimi Şekil 2'de sunulmaktadır.

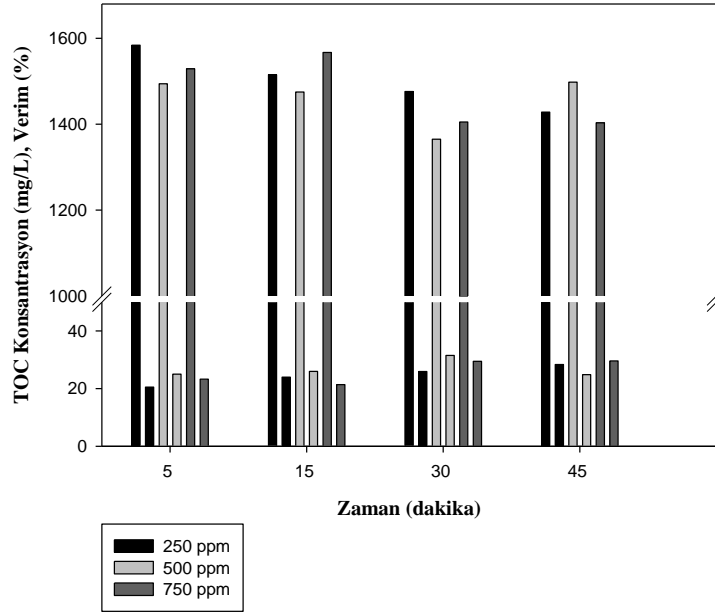


Şekil 2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Giderim Performansı

Bu çalışmada giriş KOİ konsantrasyonu ortalama 3535 mg/L'dir. Çalışmanın bu bölümünde, Fe₃O₄ dozajı 250 mg/L'den 750 mg/L'ye yükseltilecek Fe₃O₄ dozajının ve reaksiyon süresinin tekstil atıksularında kullanılan adsorpsiyon prosesine etkisi araştırılmıştır. pH 7'de sabit tutularak ve reaksiyon süreleri sırasıyla 5-45 dakikaya ayarlanmıştır. Fe₃O₄ dozajı 250 mg/L' den 750 mg/L' ye yükseltildiğinde KOİ konsantrasyonunda artış olduğu gözlemlenmektedir. 250 mg/L Fe₃O₄ konsantrasyonunda ve 30 dakikalık reaksiyon süresinde %66'lık yüksek KOİ giderim verimi gözlemlenirken, buna karşılık gelen KOİ konsantrasyonu yaklaşık 1177 mg/L' dir (Şekil 2). Fe₃O₄ konsantrasyonu 250 mg/L' den 750 mg/L' ye yükseltildiğinde sırasıyla ortalama KOİ giderim verimleri %50 ve %20 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). 250 mg/L Fe₃O₄ konsantrasyonunda reaksiyon süresi 5 dakikadan 30 dakikaya çıkarıldığında KOİ giderim veriminin en yüksek değere ulaştığı ve buna karşılık gelen KOİ giderim veriminin %66 olduğu gözlemlenmiştir. Fe₃O₄ nanopartikül konsantrasyonu artarken, KOİ giderimi olumlu yönde etkilenmemektedir.

Tekstil Atıksularının Toplam Organik Karbon (TOK) Giderim Performansı

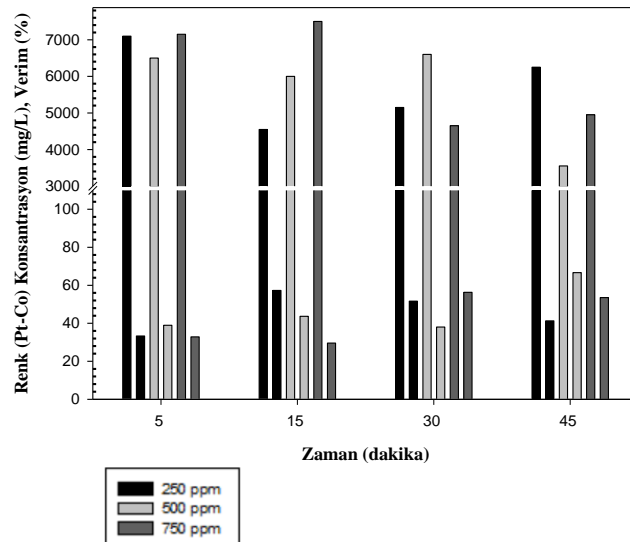
Çalışmanın bu bölümünde, adsorpsiyon sistemi performansı, belirli adsorban konsantrasyonunda (250-750 mg/L) ve reaksiyon süresinde (5-45 dk) TOK giderimi açısından değerlendirilmiştir. Bu sistemdeki TOK konsantrasyonu ve giderim verimi performansı, Şekil 3'te sunulmaktadır. Bu çalışmada giriş TOK konsantrasyonu ortalama 1993 mg/L'dir. 250, 500 ve 750 mg/L'lik adsorban konsantrasyonunda ve optimum reaksiyon süresi 30 dk' da TOK giderim verimi sırasıyla %26, %31 ve %29'dur (Şekil 3). TOK giderim verimi, 500 mg/L Fe₃O₄ konsantrasyonunda ve 30 dakikalık bir reaksiyon süresinde %31'in üzerine ulaştığı gözlemlenmektedir. Ayrıca 250 mg/L Fe₃O₄ konsantrasyonu ve reaksiyon süresi 5 dakika olduğunda TOK giderim verimi %20'ye düşmüştür



Şekil 3. Toplam Organik Karbon (TOK) Giderim Performansı

Tekstil Atıksularının Renk Giderim Performansı

Çalışmanın bu bölümünde, adsorpsiyon sistem performansı, belirlenen adsorban konsantrasyonunda (250-750 mg/L) ve reaksiyon süresinde (5-45 dk) renk giderimi açısından değerlendirilmiştir. Bu sistemdeki renk konsantrasyonu ve giderim verimi performansı, Şekil 4'te sunulmaktadır. Bu çalışmada giriş renk konsantrasyonu ortalama 1065 mg/L'dir. 250, 500 ve 750 mg/L' lik adsorban konsantrasyonunda ve optimum reaksiyon süresi 30 dk' da renk giderim verimi sırasıyla %67, %57 ve %22'dir (Şekil 4). Renk giderim verimi, 250 mg/L Fe_3O_4 konsantrasyonunda ve 30 dakikalık bir reaksiyon süresinde %67'nin üzerine ulaştığı gözlemlenmektedir. Ayrıca 500 mg/L Fe_3O_4 konsantrasyonunda ve reaksiyon süresi 15 dakika olduğunda renk giderim verimi gözlemlenmemiştir. Darwesh O vd. (2019) yaptığı çalışmada peroksidadın manyetik nanopartiküller üzerine immobilizasyonu sonucu tekstil atıksularındaki renk konsantrasyonunun başarılı bir şekilde giderildiği laboratuvar ortamında yapılan deneylerle ölçülmüştür. Renk giderim veriminin maksimum giderimden sonra giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi adsorpsiyon kapasitesinin maksimum seviyeye ulaşması olarak yorumlanmaktadır. Temas süresi arttıkça toksik etki ortaya çıkarak adsorbe edilen rengin partikül dışına çıkmasından dolayı giderim verimi azalmaktadır. Song H. J. vd. (2015) yaptığı çalışmada azo boya renk gideriminin 2. dakikada maksimum seviyede iken 120. dakikada verimin giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile benzerlik göstermiştir.



Şekil 4. Renk Giderim Performansı

SONUÇ

Bu çalışmada, farklı adsorban konsantrasyonları ve farklı reaksiyon sürelerini içeren işletme koşulları altında, tekstil atıksularından adsorpsiyon işlemi kullanılarak TOK, KOİ ve renk giderim performansı incelenmiştir. Bu çalışma, adsorpsiyon işlemi kullanılarak KOİ, TOK ve renk gideriminde adsorban konsantrasyonu ve reaksiyon süresinin önemli bir rol oynadığını göstermiştir; bununla birlikte, adsorban konsantrasyonu ve reaksiyon süresinin, TOK giderimi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Adsorban konsantrasyonu ve reaksiyon süresi, yüksek sistem performansı için 250 mg/L Fe₃O₄ ve 30 dk temas süresi optimum olarak elde edilmiştir. Optimum adsorban konsantrasyonunda, KOİ giderim verimleri %67, TOK giderimleri %23 ve renk giderimi %52 olarak belirlenmiştir. Sonuçlar, manyetik nanopartiküllerle adsorpsiyon yönteminin KOİ ve renklerin tekstil atık suyundan gideriminde oldukça etkili bir performans gösterdiği, ancak TOK miktarında önemli bir değişiklik olmadığını göstermiştir. Tekstil atık sularının arıtılmasına yönelik manyetik demir oksit nanopartikül (Fe₃O₄) madde uygulaması deşarj standartlarını karşılamasa da çeşitli arıtma proseslerinin kirlilik yükünü azaltmak için ön arıtma veya ileri arıtım olarak kullanılabilir.

Teşekkür

Bu araştırma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Koordinasyon Birimi tarafından 2021/2-2 YLS hibesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Evliyaoğulları, N. E. (2019). Bitki özütü kullanılarak sentezlenmiş nanoparçacıkların sulardan ağır metal gideriminde kullanımı (Master's thesis, Konya Teknik Üniversitesi).
- Darwesh, O. M., Matter, I. A., & Eida, M. F. (2019). Development of peroxidase enzyme immobilized magnetic nanoparticles for bioremediation of textile wastewater dye. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(1), 102805 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.11.049>.
- Gonawala, K. H., & Mehta, M. J. (2014). Removal of color from different dye wastewater by using ferric oxide as an adsorbent. *Int J Eng Res Appl*, 4(5), 102-109.
- Kestioğlu, K., & Yahlı, M. (2006). Yüksek KOİ içerikli tekstil atıksularının kimyasal çöktürme ve adsorpsiyon yöntemleriyle arıtılabilirliği. *Ekoloji*, 15(59), 27-31.
- Nassar, N. N., Marei, N. N., Vitale, G., & Arar, L. A. (2015). Adsorptive removal of dyes from synthetic and real textile wastewater using magnetic iron oxide nanoparticles: thermodynamic and mechanistic insights. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 93(11), 1965-1974 <https://doi.org/10.1002/cjce.22315>.
- Özyonar, F., & Karagözoğlu, B. (2012). Elektrokoagülasyon Prosesi ile Tekstil Sanayi Atıksuyunun Arıtımı Treatment of Textile Wastewater by Electrocoagulation Process. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 28(1), 29-37.
- Sakallıoğlu, H. (2013). Manyetik nanopartiküller üzerine desteklenmiş Schiff bazı türevi metal komplekslerinin sentezleri ve katalitik etkinliklerinin incelenmesi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Song, H. J., You, S., Jia, X. H., & Yang, J. (2015). MoS₂ nanosheets decorated with magnetic Fe₃O₄ nanoparticles and their ultrafast adsorption for wastewater treatment. *Ceramics International*, 41(10), 13896-13902 <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.08.023>.