TR DİZİN

Kayıt Ol Giriş

Kristal Viole, Kobalt (II) Nitrat ve Krom (III) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Cüruf Üzerine Adsorpsiyonunun Araştırılması

Orhan ÜNAL (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji, Bölümü, Antalya, Türkiye) Edip BAYRAM (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Antalya, Türkiye) Çağdaş KIZIL (Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Antalya, Türkiye) Aytül ÜNAL (Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, Türkiye) Muhammet Veysel ANTEP (Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, Türkiye) Buse BAYRAM (Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, Türkiye)

Türk Doğa ve Fen Dergisi

Yıl: 2020 Cilt: 9 Sayı: Özel Sayı ISSN: 2149-6366 / 2149-6366 Sayfa Aralığı: 126 - 134 Metin Dili: Türkçe

DOI: https://doi.org/10.46810/tdfd.711724

3 0

Türkçe İngilizce

Kristal Viole, Kobalt (II) Nitrat ve Krom (III) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Cüruf Üzerine Adsorpsiyonunun Araştırılması

Öz: Bu çalışmada, bir ferrokrom işletmesinde ortaya çıkan endüstriyel atık olan cürufun KristalViole, kobalt (II) nitrat ve krom (III) nitrat moleküllerinin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılmasıiçin adsorpsiyon özelliği araştırılmıştır. Cüruf örnekleri çelik eleklerde elenmiş ve 1-0,5 mm ve0,5-0,3 mm elekten geçen cüruflar deneyler için seçilmiştir. Cüruf örneklerinin yapısı mikroskoptaincelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Cüruf örneklerinin yüzey karakterizasyonu Çok Noktalı BETAnalizi ve Mikro Gözenek Boyutu Analizi ile tespit edilmiştir. Cüruf örneklerinde ve buörneklerin pH okuması için hazırlanan 1. ve 2. yıkama sularında Ni, Cr ve Fe analizleri ile pHölçümleri yapılmıştır. Mikroskop görüntülerinde cüruf örneklerinin yüzeylerinin gözenekli yapıdaolduğu görülmüştür. Gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileriincelendiğinde, her iki örneğin de toplam yüzey alanının büyük bir çoğunluğunun gözenek boyutu8-25 Å aralığında olduğu bulunmuştur. Cüruf örneklerinde Ni, Cr ve Fe miktarları çok yüksekçıkmış, yıkama sularında ise cürufa oranla oldukça düşük bulunmuştur. 1. Yıkama ve 2. Yıkamasularında yüksek pH değerleri saptanmıştır. Cüruf örneklerinin yüzeyinde boyaları adsorplayanbölgelerin dağılımının heterojen olduğu ve BB-3, Cr3+ ile Co2+ ile cüruf yüzeyi arasındakiadsorpsiyon prosesi zayıf fiziksel etkileşimler (London kuvvetleri, dipol-dipol vs) yoluyla değil,çok daha kuvvetli olan kimyasal bağ (kovalent veya iyonik) oluşumu yoluyla olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler:

Konu Alanı:

Belge Türü: Dergi Makale Türü: Araştırma Makalesi Erişim Formatı: Erişime Açık

Kaynakça Yayının Atıfları Kaynak Göster

Kayıt bulunamadı.

Cürufun Kristal Viole, Kobalt (II) Nitrat ve Krom (III) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Uzaklaştırılması İçin Adsorpsiyon Özelliğinin Araştırılması

August 2020

DOI:10.46810/tdfd.711724

Request full-text PDF

To read the full-text of this research, you can request a copy directly from the authors.

Authors:

Orhan ÜNAL



Edip Bayram
Akdeniz University



Cagdas Kizil
Akdeniz University

Aytül ÜNAL

Muhammet Veysel ANTEP

Buse BAYRAM

Citations (0) References (12)

ResearchGate has not been able to resolve any citations for this publication.

Kurumsal Referanslarımız İmpact Faktörü İstatistik S.S.S. Kullanım Kılavuzu Bize Ulaşın
Kurumsal Başvuru Dergi Başvurusu Yayınevi Başvurusu Türkçe
TARANAN DERGİLER KAYNAKÇA KILAVUZU
Akdeniz Üniversitesi İşlemler
SOBIAD
Arama yapın...
Sosyal Atıf ARA
Görüntüleme 5
İndirme 1
Bağlantılar
Benzer Makaleler
PDF İndir

Cürufun Kristal Viole, Kobalt (Ii) Nitrat ve Krom (Iii) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Uzaklaştırılması İçin Adsorpsiyon Özelliğinin Araştırılması

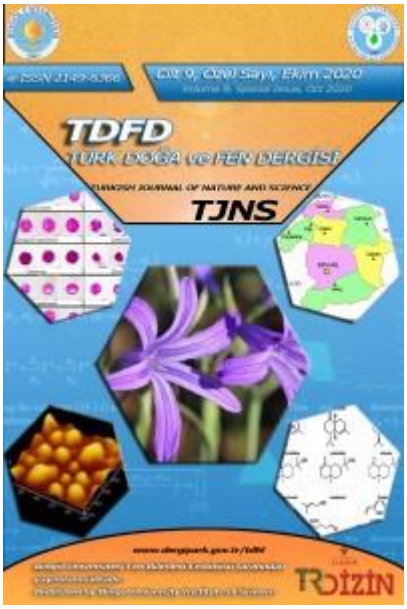
Dergi: Türk Doğa ve Fen Dergisi

Yazar: Orhan ÜNAL, Edip BAYRAM, Çağdaş KIZIL, Aytül ÜNAL, Muhammet Veysel ANTEP, Buse BAYRAM

Yıl: 2020

DOI: 10.46810/tdfd.711724

Özet:



Araştırma Makalesi https://doi.org/10.46810/tdfd.711724 Research Article

Türk Doğa ve Fen Dergisi
Turkish Journal of Nature and Science
www.dergipark.gov.tr/tdfd

Kristal Viole, Kobalt (II) Nitrat ve Krom (III) Nitrat Moleküllerinin Sulu Çözeltilerinden Cüruf Üzerine Adsorpsiyonunun Araştırılması

Orhan ÜNAL[1*], Edip BAYRAM[2], Çağdaş KIZIL[2], Aytül ÜNAL[3], Muhammet Veysel ANTEP[3], Buse BAYRAM[3]

[1] Akdeniz Üniversitesi Fen. Fak. Biyoloji. Böl., Antalya.
[2] Akdeniz Üniversitesi Fen. Fak. Kimya. Böl., Antalya.
[3]Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara
Orhan ÜNAL ORCID No: 0000-0001-9633-5726
Edip BAYRAM ORCID No: 0000-0001-9800-7451
Çağdaş KIZIL ORCID No: 0000-0003-1727-9610
Muhammet Veysel ANTEP ORCID No: 0000-0001-5509-7645
Buse BAYRAM ORCID No: 0000-0002-5193-3535

**Sorumlu yazar: ounal@akdeniz.edu.tr*

(Alınış: 31.03.2020, Kabul: 18.08.2020, Online Yayınlanma: 23.10.2020)

Anahtar Kelimeler
Cüruf, Adsorbent, Organik Boya, İnorganik Boya

Öz: Bu çalışmada, bir ferrokrom işletmesinde ortaya çıkan endüstriyel atık olan cürufun Kristal Viole, kobalt (II) nitrat ve krom (III) nitrat moleküllerinin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması için adsorpsiyon özelliği araştırılmıştır. Cüruf örnekleri çelik eleklerde elenmiş ve 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm elekten geçen cüruflar deneyler için seçilmiştir. Cüruf örneklerinin yapısı mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanmıştır. Cüruf örneklerinin yüzey karakterizasyonu Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu Analizi ile tespit edilmiştir. Cüruf örneklerinde ve bu örneklerin pH okuması için hazırlanan 1. ve 2. yıkama sularında Ni, Cr ve Fe analizleri ile pH ölçümleri yapılmıştır. Mikroskop görüntülerinde cüruf örneklerinin yüzeylerinin gözenekli yapıda olduğu görülmüştür. Gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileri incelendiğinde, her iki örneğin de toplam yüzey alanının büyük bir çoğunluğunun gözenek boyutu 8-25 Å aralığında olduğu bulunmuştur. Cüruf örneklerinde Ni, Cr ve Fe miktarları çok yüksek çıkmış, yıkama sularında ise cürufa oranla oldukça düşük bulunmuştur. 1. Yıkama ve 2. Yıkama sularında yüksek pH değerleri saptanmıştır. Cüruf örneklerinin yüzeyinde boyaları adsorplayan bölgelerin dağılımının heterojen olduğu ve BB-3, Cr^{3+} ile Co^{2+} ile cüruf yüzeyi arasındaki adsorpsiyon prosesi zayıf fiziksel etkileşimler (London kuvvetleri, dipol-dipol vs) yoluyla değil, çok daha kuvvetli olan kimyasal bağ (kovalent veya iyonik) oluşumu yoluyla olduğu bulunmuştur.

Investigation of Adsorption Characteristics of Slag Removal of Crystal Violet, Cobalt (II) Nitrate and Chromium (III) Nitrate Molecules from Aqueous Solutions

Keywords
Slag, Adsorbent, Organic Dye, Inorganic Dye

Abstract: The adsorption property of slag, released as waste in a ferrochrome enterprise, is used to remove crystal violet, cobalt (II) nitrate and chrome (III) nitrate molecules from their aqueous solutions, in this study. Slag samples were sieved through 1-0.5 mm and 0.5-0.3 mm pored steel sieves, and chosen for experiments. The structure of the slag samples was examined under a microscope and photographed. The surface characterization of the slag samples was determined by Multipoint BET Analysis and Micro Pore Size Analysis. Ni, Cr and Fe analyzes with pH measurements were made in the slag samples along with their prepared 1st and 2nd washing waters of these samples. The microscope images revealed that the surfaces of the slag samples were porous. When the distribution curves for pore sizes relative to the surface area were examined, it was found that majority of total surface area in both samples were in the range of 8-25 Å. It was observed that measured amount of Ni, Cr and Fe in the slag was very high while, it was found quite low in wash water. High pH values were determined in the 1st and 2nd washing waters. When adsorption region were investigated for slug samples, heterogeneous distribution was found along with existence of strong chemical interactions (covalent or ionic) rather than weak physical interactions (London forces, dipole-dipole) for adsorption process developing between BB-3, Cr^{3+} and Co^{2+} and the slag surface.

1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmesine paralel olarak endüstri sanayisi de büyür ve gelişir. Buna bağlı olarak krom ve endüstride kullanılan boya ihtiyaçları da artar. Artan krom talebi üzerine üretim kapasiteleri artmakta ve artık ürün olan cürufun miktarı da artmaktadır. Yine benzer şekilde başta tekstil sektörü olmak üzere birçok sektörde boya kullanımı artmaktadır. Buna bağlı olarak ortaya çıkan cürufun değerlendirilmesi ve kullanılan boyaların doğaya zarar vermeden bertaraf edilmesi problemleri ortaya çıkmaktadır. Günümüzde bu boyalar maliyetli yöntemlerle arıtılıp doğaya bırakılmaktadır. Son zamanlarda bu boyaların daha az maliyetle bertaraf edilme yolları aranmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, Antalya ETİ Ferrokrom İşletmesi'nden alınan endüstriyel atık olan cürufun (elektrik ark fırını cürufu) kristal viole (bazik mavi 3, BB3), kobalt (II) nitrat ($Co(NO_3)_2$, Co^{2+}) ve krom (III) nitrat ($Cr(NO_3)_3$, Cr^{3+}) moleküllerinin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması için adsorpsiyon özelliğinin alternatif kullanım imkânının araştırılması amaçlanmıştır. Böylelikle cürufun bazı moleküllerin sulu çözeltiden uzaklaştırılmasında adsorpsiyon özelliği değerlendirilerek cürufun ekonomiye kazandırılması sağlanacaktır. Sanayide kullanılan ve genelde doğaya bırakılan organik (BB3) ve inorganik (Cr^{3+} ve Co^{2+}) boya moleküllerinin cüruf ile ortamdan uzaklaştırılması ve temizlenmesi ile meydana gelecek çevre kirliliğinin önüne geçilmiş olacaktır. Kristal viole hekzametil pararosanilin olup boya malzemesidir. Kobalt (II) nitrat açık kırmız bir toz olup suda erir. Bu, kobalt pigmentlerinin imalatında, taş ve porselen süslemede kullanılır. Krom (III) nitrat ise hidratı mor, rombik kristaller halinde bir tuz olup tekstil boyamada mordan olarak kullanılır [1].

Tekstil endüstrisinde kullanılan boyaların sulardan giderimi en önemli sorunlardan biridir. Bunun için birçok yöntem kullanılmıştır. Örneğin bir çalışmada [2] metilen mavi (methylene blue) boyasının atık sulardan temizlenmesi için Samsun ilinde bulunan dökümhaneden temin edilen ucuz maliyetli bir adsorbent olan bentonitli döküm kumu kullanılmıştır. Çalışmaya göre atık döküm kumun adsorplama kapasitesinin olduğu ve artan boya konsantrasyonu ile giderim veriminde düşme meydana getirdiği tespit edilmiştir.

Son yıllarda endüstriyel atıklar giderek artmaktadır. Bu atıkların imhası ise işletmelere büyük maliyetler getirmektedir. Bu nedenle bazı atıkların değerlendirilmesi yaygınlaştırılmıştır. Günümüzde cüruflar atık bir madde olmayıp ekonomik değeri olan ara ürün olmuşlardır. Dünyada metalürjik cürufun büyük çoğunluğu tekrar kullanılmaktadır [3].

Ferrokrom cürufu Türkiye'de Antalya Ferrokrom İşletmesi ve Elazığ Ferrokrom İşletmesi olmak üzere iki yerden endüstriyel boyutta çıkmaktadır. Antalya Ferrokrom İşletmesinden çıkan ve çalışma materyalini oluşturan yan ürün cüruflar fabrikanın bahçesinde depolanmaktadır. Bu cüruflar atık olarak kabul edilmekte ve ekonomik olarak değerlendirilmesi yapılmamıştır [4].

Yapılan makale taramalarında genelde cürufun tekrar değerlendirilmesi yönünde çalışmalara rastlanılmış olup bunlar cürufun beton yapımında ve yol yapımında kullanılabilirliği şeklindedir. Adsorpsiyon çalışması olarak cürufun azot, fosfor ve ağır metal giderimine bakılmış boyalara karşı adsorpsiyon özelliği ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Özellikle de Antalya Eti Ferrokrom Fabrikasına ait cürufun adsorbent şeklinde kullanımının araştırılması ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Antalya Ferrokrom İşletmesinden çıkan cürufun yol temel malzemesi olarak kullanımının araştırıldığı bir çalışmada [3] ferrokrom cürufunun fiziksel ve mekanik özellikleri nedeniyle yol üstyapısının granüler tabakalarında, doğal yapıya alternatif olabileceği bulunmuştur. Özellikle cürufun çimento ile karıştırıldığında bu karışımın yoğun trafiğe sahip yollarda iyi bir stabilizasyon için alternatif olacağı belirlemişlerdir. Ayrıca granüle cürufün özellikle kış aylarında kaygan yollarda kaymayı azaltmak için mucur olarak değerlendirilmesi de mümkündür [5]. Bunun dışında çimento ile karıştırılan atık cürufun Cr gibi kirleticileri bünyesinde tutup yeraltı sularına bırakmadığı bulunmuştur [6].

Cürufun yol yapımı dışında inşaat alanında da kullanımı araştırılmıştır. Buna göre, Elazığ ferrokrom cürufunun çimento içerisindeki miktarının artışı karbonatlaşma derinliğini arttırdığı bulunmuştur [7]. Ayrıca betonun basınç dayanımı ve çarpma enerjisi üzerine Elazığ ferrokrom cürufunun etkisinin bakıldığı başka bir çalışmada, cüruf katkısı %3 olan betonların mukavemeti kontrole göre yüksek ve %5 katkılı betonların ise kontrole denk mukavemetler gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuca göre, cürufun %5'e kadar çimentoya eklenmesi uygun bulunmuştur [8]. Benzer şekilde başka bir çalışmada [9] Elazığ ferrokrom tesisi cüruflarının boyut özellikleri sayesinde agrega olarak kullanılabileceği önerilmiştir. Yapılan çalışmalarda ferrokrom cürufu katkılı betonların fiziksel özellikleri normal betonlara göre daha dayanıklı bulunmuştur. Betonlarda ferrokrom cürufunun katkı oranı arttıkça betonun basınç dayanımı, aşınma ve yıpranmaya karşı dayanımlarda artmıştır [10].

Beton dışında cürufun kullanıldığı bir çalışmada [11] kerpiç toprağına %5, %10 ve %15 oranlarında ferrokrom cürufu katıldığında kerpicin, suda dağılma süresi ve basınç dayanım değerlerinin arttığı bulunmuştur. Ayrıca ferrokrom üretiminde ortaya çıkan Cr_2O_3 ve Fe_2O_3 içeren uçucu küller de, duvar karosu sırında renklendirici olarak kullanılabilmektedir. Katkı oranına bağlı olarak sırlarda açık sütlü kahverengiden, devetüyü ve koyu sütlü kahverengiye renk geçişleri bulunmuş olup şeffaf, mat ve opak renk tonlarının da değiştiği bulunmuştur [12].

Birçok alanda kullanılmaya başlanan cürufun çevreye etkisi olup olmadığı konusunda yapılan bir çalışmada [13] İskenderun Demir Çelik fabrikasından çıkan

cürufun yağmur suyu ile çözünmediği ve İskenderun Körfezi'nde ağır metal kirliliği oluşturmadığı bulunmuştur. Bu çalışmaya göre doğal koşullarda cüruf suda çözünmemektedir.

Cürüfun başka bir uygulama alanı da aşındırıcı olarak kullanılmasıdır. Bununla ilgli bir çalışmada [14] termik santral kömür cürufu ile ferrokrom cürufu, granüle yüksek fırın cürufu ve çelikhane cürufu aşındırıcı olarak karşılaştırıldığında, çelikhane cürufunun, aşındırıcı olarak uygun olduğu bulunmuştur.

Cürufun başka bir kullanım alanı da sulardan kirleticilerin uzaklaştırılmasında kullanılmasıdır. Yapay sulak alan sisteminde fosfor gideriminde adsorbent olarak cüruf ve diğer ortam malzemelerinin kullanıldığı bir çalışmada [15] dane büyüklüğünün fosfat gideriminde etkili olduğu bulunmuştur. Çalışmaya göre dane büyüklüğü açısından ortam malzemesi olarak çakıldan sonra demir-çelik endüstrisi yüksek fırın cürufu, perlit, toprak ve kum gelmektedir ve cürufun adsorbens özelliği yüksektir. ODTÜ'deki ekilmiş sulak alanların fosfor arıtımında yüksek fırın granüle cüruf ve bazı malzemelerin kullanıldığı başka bir çalışmada [16] cürufun adsorplama oranı, diğer malzemelere göre daha yüksek bulunmuştur. Böylelikle adsorbens kapasitesi yüksek olan cüruf sulak alan sistemlerinde fosfor arıtımında ikincil ve üçüncül arıtım için başarıyla kullanılabilir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Antalya ETİ Ferrokrom İşletmesi'nden elde edilen elektrik ark fırını cürufu ile kristal viole, kobalt nitrat ve krom (III) nitrat boyaları kullanılmıştır.

2.1. Cüruf Örneklerinin Temini:

Çalışmada kullanılan cüruf örneği Antalya ETİ Ferrokrom İşletmesi'nden temin edilmiştir. Cüruf örnekleri fabrikanın cüruf depolama alanında 3 farklı yerden yeni çıkan (1-2 günlük) ve soğumuş ferrokrom (FeCr) cüruflardan temin edilmiştir. Çalışmada kullanılan cüruf metalurjik cüruflar sınıfında "Demir-alaşımı cürufları" alt sınıfına dahil olup elektrik-ark fırınlarında ısıl işlem görmüş bir cüruf olması nedeni ile demir-çelik işletmelerinin cüruflarıyla benzerlik göstermektedir [3]. Alınan cüruf örnekleri laboratuara getirilmiş ve deneyler yapılıncaya kadar laboratuvar ortamında saklanmıştır.

2.2 Cüruf Örneklerinin Hazırlanması:

Adsorpsiyon deneyleri için cüruf örnekleri çelik eleklerde elenmiş ve 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm elekten geçen cüruflar deneme için seçilmiştir. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin yapısı Olympus BX41M marka mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanmıştır.

2.3. Cüruf Örneklerinin Yüzey Karakterizasyonu (Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu) Analizi:

Adsorpsiyon çalışmasında kullanılan 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin Yüzey Karakterizasyonu Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu Analizi ile yapılmıştır.

2.4. Cüruf Örneklerinin Ağır Metal Analizleri:

Adsorpsiyon denemelerinde kullanılan 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örnekleri kendilerinde ve bunların pH okuması için hazırlanan (1. ve 2. yıkama sularında) sularında krom (Cr), nikel (Ni) ve demir (Fe) miktarı analizleri iki tekrarlı olarak yapılmıştır. Cüruflarda en fazla bulunan ağır metaller Cr, Ni ve Fe'dir [3]. Bundan dolayı çalışmada ağır metaller olarak Cr, Ni ve Fe'e bakılmış ve suya geçme durumları incelenmiştir. Ağır metal analizleri için cüruf örnekleri HNO_3 ve H_2O_2 ile yakılarak ICP-MS cihazında okunmuştur. Elde edilen sonuçların istatistiksel (Kruskal-Wallis Testi) hesaplamaları yapılmıştır.

2.5. Cüruf Örneklerinin pH Ölçümleri:

Adsorpsiyon denemesinde kullanılan cürufun suyun pH'na etkisini anlamak için 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinden 0,5 gr tartılmış ve üzerlerine 50 ml saf su eklenmiştir. Hazırlanan örnekler çalkalamalı su banyosunda 48 saat 25 ^{o}C'de bekletilmiş ve pH ölçümü yapılmıştır (1. Yıkama). Örnekler süzülüp tekrar üzerlerine 50 ml saf su ilave edilip çalkalamalı su banyosunda 48 saat 25 ^{o}C'de bekletilmiş ve pH ölçümleri yapılmıştır (2. Yıkama).

2.6. Adsorpsiyon Deneyi İçin Boya Hazırlanması:

Cüruf örneklerinin (1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm) adsorpsiyon özelliklerini belirlemek için kullanılan boyalar kristal viole (Sigma), kobalt (II) nitrat (Merck) ve krom (III) nitrat (Merck)'dır. Kristal violeden 6.10^{-5}, kobalt (II) nitrattan 8.10^{-3} ve krom (III) nitrat'dan 4.10^{-3} molar ve 500 ml olacak şekilde hazırlanmıştır.

2.7. 1-0,5 mm Cüruf Örneğinin Adsorpsiyon Çalışması:

Her bir boya örneği için 7 farklı ağırlıkta 1-0,5 mm boyutlarında cüruf örnekleri tartılmış, 100 ml'lik erlenlere konulmuştur. Yedişer erlenden oluşan üç seriden birinci seriye 6.10^{-5} molar kristal viole (Bazik Mavi 3, BB-3) boyasından 50 ml, ikinci seriye 8.10^{-3} molar kobalt (II) nitrat boyasından 50 ml ve üçüncü seriye 4.10^{-3} molar krom (III) nitrat boyasından 50 ml ilave edilmiştir. Her bir boya için hazırlanan yedişer serili erlenler çalkalayıcıya konulmuş ve 25 ^{o}C'de 48 saat çalkalamaya bırakılmıştır.

2.8. 0,5-0,3 mm Cüruf Örneğinin Adsorpsiyon Çalışması:

Her bir boya örneği için 7 farklı ağırlıkta 0,5-0,3 mm boyutlarında cüruf örnekleri tartılmış, 100 ml'lik erlenlere konulmuştur. Yedişer erlenden oluşan üç seriden birinci seriye 6.10^{-5} molar kristal viole boyasından 50 ml, ikinci seriye 8.10^{-3} molar kobalt (II) nitrat boyasından 50 ml ve üçüncü seriye 4.10^{-3} molar krom (III) nitrat boyasından 50 ml ilave edilmiştir. Her bir boya için hazırlanan yedişer serili erlenler çalkalayıcıya konulmuş ve 25 ^{o}C'de 48 saat çalkalamaya bırakılmıştır.

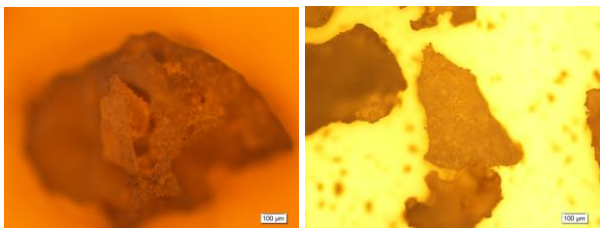
2.9. Adsorpsiyon Denemesi İçin Cüruf Örneklerinin Spektrofotometre Okuması:

Adsorpsiyon denemesi için her üç boya için hazırlanan yedişer örnekler spektrometrede okunmuştur. UV spektrofotometresiyle bir maddenin konsantrasyonun belirlenmesi önce bu maddenin molar absorptivitesinin (ε) belirlenmesiyle mümkündür. ε'nin belirlenmesi için önce uzaklaştırılması düşünülen kirletici moleküllerin belirli konsantrasyonlarındaki çözeltileri için 200-800 nm aralığında spektrumları alınmış ve konsantrasyon ölçümleri için uygun bir dalga boyu seçilmiştir. Çalışılan kirleticilerin pH 5,5 değerindeki belirli derişimli çözeltileri için alınmış spektrumlar elde edilmiştir. Çözeltilerin pH değerinin 5,5'den 10,8'e yükselmesi ile yaklaşık 360 nm'nin altındaki piklerde önemli değişimler gözlenmesine karşın 360 nm'nin üzerindeki bölgede her üç molekül için de derişim ölçümlerine izin verebilecek kararlı piklerin olduğu belirlenmiştir. Buna göre pH 10,8 değerinde spektrofotometrik derişim ölçümünde BB-3 için 250 nm, $Co(NO_3)_2$ için 512 nm ve $Cr(NO_3)_3$ için 411 nm seçilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Cüruf Örneklerinin Fotoğrafları:

Cüruf örnekleri mikroskopta incelenmiş ve tipik olarak Şekil 1'deki gibi görüntülenmiştir. Şekil 1 incelendiğinde; 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cürufların yüzeylerinin gözenekli yapıda olduğu görülmüştür.

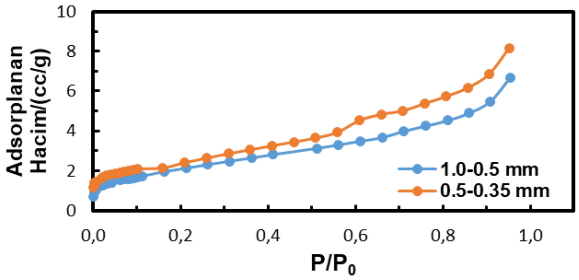


Şekil 1. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyuttaki cürufun mikroskoptaki görüntüsü.

Antalya'daki Ferrokrom cürufları, açık havada yavaş soğumaya bırakıldığı için kristal yapılıdır. Cüruf aktif değillerdir ve çoğunlukla agrega kullanıma uygundur. Özellikle cüruf kırılıp elendiğinde diğer agregalara göre fiziksel özellikleri üstünlük göstermektedir. Pürüzlü ve boşluklu bir yüzeye sahip olması ve bünyesinde kil ile silt bulunmaması, nedeniyle cüruf iyi bir adezyona sahiptir. Cürufun su absorbsiyonu boşluklu yapısı nedeniyle oldukça yüksektir. Cürufların soğutulma şekilleri sahip oldukları özellikleri değiştirmektedir. Havada yavaş soğuyanlar kristal bir yapıya sahip olurlarken hızlı soğuyanlar ise akışkanlığındaki ani azalmanın kristalleşme engellemesiyle camsı yapı şeklindedir. Yavaş soğuyan cüruflar yüksek mekanik özellik göstermesi nedeniyle genellikle agrega olarak kullanılır. Hızlı soğuyan cüruflar ise bir miktar hidrolik özelliğe sahip olup genellikle çimento ve beton üretiminde tercih edilirler [3]. Buna göre denemede kullanılan cüruf örneklerinin gözenekli ve boşluklu bir yapıda olması bu bilgilerle uyumludur.

3.2. Cüruf Örneklerinin Yüzey Karakterizasyonu (Çok Noktalı BET Analizi ve Mikro Gözenek Boyutu) Analizi Sonuçları:

Gözenekli materyallerin yüzey alan ve gözenek boyutu dağılımı gibi özellikleri sorpsiyon proseslerinde önemlidir. Yüzey alan, sorpsiyon proseslerinde reaktif bölgedir ve kapasite ile doğrudan ilişkidir. Benzer şekilde sorpsiyon kinetikleri adsorbatın partikül içine difüzyonu ile doğrudan ilişkili olduğundan gözeneklerin şekli ve ölçüsü prosesin performansını belirler. Bu nedenle cüruf örneklerinde N_2 adsorpsiyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen adsorpsiyon izotermleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Cüruf örnekleri için N_2 adsorpsiyon izotermleri.

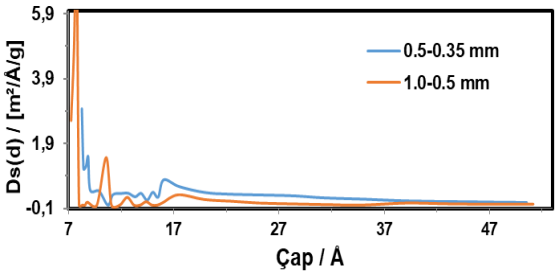
İzotermlerin şekli cüruf örneklerinin gözenekli yapıda olduğunu göstermektedir. N_2 adsorpsiyon çalışmalarından elde edilen izoterm verileri kullanılarak Brunauer-Emmet-Teller (BET) metoduna göre hesaplanmış spesifik yüzey alanları (S_{BET}) ile Yoğunluk Fonksiyon Teorisi (DFT) metoduna göre hesaplanmış toplam gözenek hacmi (V_{toplam}), mikrogözenek hacmi (V_{mikro}) ve ortalama gözenek çapı değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Cüruf örneklerinin yüzey özellikleri.

Örnek	S_{BET} (m^2/g)	V_{toplam} (cm^3/g)	V_{mikro} (cm^3/g)	Ortalama Gözenek Çapı (Å)
1-0,5 mm	7,76	0,011	0,0028	6,55
0,5-0,3 mm	9,55	0,532	0,0029	7,72

Buna göre 0,5-0,3 mm cüruf örneğinin toplam yüzey alanının (S_{BET}) 1-0,5 mm örneği ile kıyaslandığında daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum yüksek V_{toplam}

ve Ortalama Gözenek Çapı değerleriyle ilişkilidir. Cüruf örneklerine ait gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrisi Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Cüruf örneklerinin gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileri.

Gözenek boyutunun yüzey alan değerine göre dağılım eğrileri incelendiğinde, her iki örneğin de toplam yüzey alanının büyük bir çoğunluğunun gözenek boyutu 8-25 Å aralığında olduğu görülmektedir. Bu da cüruf örneklerinin üzerine adsorplanacak olan moleküllerin boyutunun bu aralıkta olması gerektiği anlamına gelmektedir. Aksi takdirde moleküller gözeneklerden içeri giremez ve adsorpsiyon kapasitesi düşer. Yapay sulak alan sisteminde fosfor giderimine ortam malzemesinin etkisi incelendiği bir çalışmada [15] yüksek fırın cürufu, toprak, perlit, çakıl ve kum kullanılmıştır. Dane çapı büyükten küçüğe doğru çakıl, cüruf, perlit, toprak ve kum şeklinde tespit edilmiştir. Çalışmada malzemelerin 21 °C ve 4 °C'de yaz ve kış şartlarında adsorpsiyon denge zamanı, Jar-Test düzeneğinde gerçekleştirilen deneylerle tespit edilmiş ve 21°C ve 4 °C'de, 12 mg/l toplam fosfor (TP) konsantrasyonu için Freundlich, Langmuir ve BET izotermine uygunluğu araştırılmıştır. Buna göre tüm malzemelerin Langmuir izotermine uygun adsorpsiyon davranışı gösterdiği saptanmış ve fosforun tutulması açısından en iyi malzemelerin sırasıyla cüruf, çakıl, toprak ve kum olarak bulunmuştur. Yüzey Karakterizasyonu Analizi sonuçları bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla uyumludur.

3.3. Cüruf Örneklerinin Ağır Metal Analizleri Sonuçları:

Cüruflarda en fazla bulunan ağır metaller Cr, Ni ve Fe'dir [3]. Bu nedenle cüruf örneklerinde ve bunların iki yıkama yapılmış sularında bu ağır metallere bakılarak ağır metallerin suya geçme durumları incelenmiştir. Cüruf örneklerinin kendisinde ve yıkama sularındaki ağır metal sonuçları Tablo 2'de verilmiş olup sonuçların istatistiksel hesaplamaları Kruskal-Wallis Testi ile yapılmıştır. Buna göre; cüruf örneklerinde Ni, Cr ve Fe miktarları çok yüksek çıkmıştır. Fakat yıkama sularındaki miktar cürufa oranla oldukça az bulunmuştur. İstatistiksel hesaplamalarda da cürufun kendisinde fazla olduğu ve yıkama sularında az olduğu görülmüştür. İstatistik çalışmaya göre cürufun kendisi ile yıkama suları arasında Cr, Ni ve Fe miktarları arasında anlamlı bir bağlantı bulunmamaktadır. Cüruf örneklerinde Fe içeriği fazla bulunmaktadır [15]. Cüruflarda en fazla bulunan ağır metaller Cr, Ni, Si ve Fe olup [3] bu çalışmada kullanılan cüruf örneklerinde bulunan yüksek orandaki Cr, Ni, ve Fe ile uyumludur. Cüruf doğal koşullarda suda çözünmediği böylelikle cürufun İskenderun Körfezi için bir ağır metal kirliliği oluşturmadığı bilinmektedir [13]. Ayrıca cüruf çimento ile karıştırıldığında Cr gibi ağır metalleri bünyesinde tutmakta ve yeraltı sularına bırakmamaktadır [6]. Denemede kullanılan cüruf örneklerindeki ağır metallerin suya geçme oranları bu bilgilerle uyumlu bir şekilde oldukça düşük seviyede kalmıştır.

Tablo 2. Cüruf örneklerinin kendisinde ve yıkama sularındaki ağır metal sonuçları.

Örnek	Materyal	Ni (ppb)	Cr (ppb)	Fe (ppb)
1.1	1-0,5 mm cüruf	2278,53	766132,46	27357,56
1.2	1-0,5 mm cüruf	2855,38	704803,43	45209,99
2.1	0,5-0,3 mm cüruf	2807,55	777018,15	44314,34
2.2	0,5-0,3 mm cüruf	2938,06	781124,24	39536,31
3.1	1-0,5 mm cüruf 1. yıkama	5,08	218,36	122,91
3.2	1-0,5 mm cüruf 1. yıkama	5,41	133,96	121,44
4.1	0,5-0,3 mm cüruf 1. yıkama	5,43	129,59	77,81
4.2	0,5-0,3 mm cüruf 1. yıkama	5,66	136,57	68,05
5.1	1-0,5 mm cüruf 2. yıkama	2,9	49,96	77,29
5.2	1-0,5 mm cüruf 2. yıkama	3,27	58,69	75,26
6.1	0,5-0,3 mm cüruf 2. yıkama	3,43	35,52	66,29
6.2	0,5-0,3 mm cüruf 2. yıkama	3,77	33,11	64,01

3.4. Cüruf Örneklerinin pH Ölçümleri Sonuçları:

1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin pH ölçümleri Tablo 3'da verilmiştir.

Tablo 3. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm boyutlarındaki cüruf örneklerinin pH ölçüm sonuçları.

Cüruf	1. Yıkama pH	2. Yıkama pH
1-0,5 mm	10,82	11,31
0,5-0,3 mm	10,71	11,33

Cürufla fosfat giderimi için yapılan bir çalışmada cürufun yüksek miktarda kalsiyum içeriği (%33,53) ve bulunduğu sulu ortamın pH'nın 7,78 ± 0,37 (alkali) olduğu bulunmuştur [15]. Cürufun 1. Yıkama ve 2. Yıkama sularında bulunan yüksek pH değerleri (Tablo 3) bu bilgilerle uyumludur.

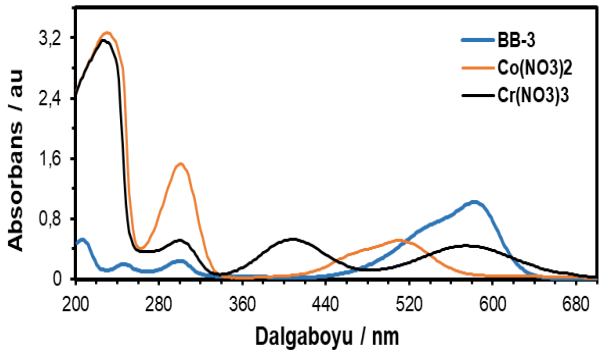
3.5. 1-0,5 mm ve 0,5-0,3 mm Cüruf Örneklerinin Adsorpsiyon Denemeleri İçin Spektrofotometre Okuması Sonuçları:

UV spektrofotometresiyle bir maddenin konsantrasyonun belirlenmesi önce bu maddenin molar absorptivitesinin (ε) belirlenmesiyle mümkündür. ε'nin belirlenmesi için önce uygun bir dalga boyu seçilmiştir. Çeşitli konsantrasyonlarda bir seri standart adsorbat çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorbansı seçilen dalga boyunda ölçülmüştür. Daha sonra aşağıdaki eşitlikte ifade edilen Lambert-Beer yasasından yararlanılarak absorbansa karşı konsantrasyon grafiği çizilmiş ve bu grafiğin eğiminden her bir adsorbat için molar absorptiviteler elde edilmiştir: A = ε.l.c. buradaki

A, absorbans; ε, molar absorptivite ($L.mol^{-1}.cm^{-1}$); l, çözeltinin konduğu hücrenin kalınlığı (cm) ve c, konsantrasyon ($mol.L^{-1}$) 'dur.

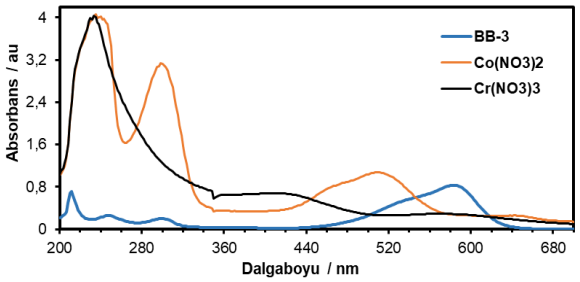
Model kirleticilerin ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için izoterm verileri kesikli (batch) analiz yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Farklı ağırlıkta tartılmış olan cüruf örnekleri 25 °C'de sabit derişim ve hacme sahip kirletici çözeltilerinin içerisine bırakılmış, 150 rpm de sabit karıştırılmayla 48 saat süresince dengeye gelmesi beklenmiştir. Dengeye geldiğinden emin olmak için 48 saat beklenmiştir. Kirleticilerin denge konsantrasyonları spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Ferrokrom cürufunun birim ağırlığı üzerine adsorplanan kirletici miktarı $q_e = V (c_o-c_e)/m$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada V çözelti hacmi (L), c_o başlangıç, c_e denge konsantrasyonu ($mol.L^{-1}$), m karbon kumaşının ağırlığı (g) ve q_e ($mol.g^{-1}$) ACC'nin 1 gramına adsorplanan organik bileşik miktarıdır.

Molar absorptivitenin (ε) belirlenmesi için önce uzaklaştırılması düşünülen kirletici moleküllerin belirli konsantrasyonlarındaki çözeltileri için 200-800 nm aralığında spektrumları alınmış ve konsantrasyon ölçümleri için uygun bir dalga boyu seçilmiştir. Çalışılan kirleticilerin pH 5,5 değerindeki belirli derişimli çözeltileri için alınmış spektrumlar Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. BB-3, $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ pH 5,5 değerindeki çözeltileri için elde edilmiş UV-Visible spektrumları.

Diğer taraftan ferrokrom cürufu için yapılan analiz sonuçlarına göre, içeriğinde bol miktarda toprak alkali ve geçiş metallerinin oksitlerinin varlığı bildirilmiştir. Bu oksitler sulu çözeltilerde OH^- iyonu oluşturarak ortamın bazik olmasına sonuç olarak da çözeltinin pH değerinin yükselmesine neden olurlar. pH değişimi, moleküllerin spektroskopik özelliklerini değiştirerek spektrofotomektrik derişim ölçüm sonuçlarını etkilemektedir [17]. Buna göre, 50 g cüruf örneği bir erlene konularak pH metre ile pH değeri 5,5 olarak ölçülmüştür. Ardından, 48 saat boyunca 25 °C'de çalkalamalı su banyosunda çalkalanmış ve pH değerinin öngörüldüğü gibi 10,8'e yükseldiği gözlemlenmiştir. Doğru spektrofotomekrik derişim ölçümü için BB-3, $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ pH 10,8 değerindeki çözeltileri hazırlanmış Şekil 5'de verilen spektrumları elde edilmiştir.

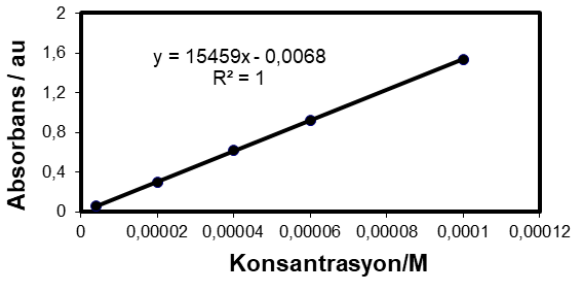


Şekil 5. BB-3, $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ pH 5,5 değerindeki çözeltileri için elde edilmiş UV-Visible spektrumları.

Çözeltilerin pH değerinin 5,5'den 10,8'e yükselmesi ile yaklaşık 360 nm'nin altındaki piklerde önemli değişimler gözlenmesine karşın 360 nm'nin üzerindeki bölgede her üç molekül için de derişim ölçümlerine izin verebilecek kararlı piklerin olduğu belirlenmiştir. Buna göre pH 10,8 değerinde spektrofotomekrik derişim ölçümünde BB-3 için 250 nm, $Co(NO_3)_2$ için 512 nm ve $Cr(NO_3)_3$ için 411 nm seçilmiştir. Çeşitli konsantrasyonlarda bir seri standart kirletici molekül çözeltisi hazırlanmış ve bu çözeltilerin absorbansı seçilen dalga boyunda ölçülmüştür. Daha sonra aşağıdaki eşitlikte ifade edilen Lambert-Beer yasasından yararlanılarak absorbansa karşı konsantrasyon grafiği çizilmiş ve bu grafiğin eğiminden her bir adsorbat için molar absorptiviteler elde edilmiştir: A = ε.l.c. Formülde A, absorbans; ε, molar absorptivite ($L.mol^{-1}.cm^{-1}$); l, çözeltinin konduğu hücrenin kalınlığı (cm) ve c, konsantrasyon ($mol.L^{-1}$) 'dur. Tipik olarak BB-3'ün molar absorptivitesinin belirlenmesi için çözücü olarak su kullanılarak farklı derişimlerde standart çözeltiler hazırlanmış ve pH değeri 10,8'e ayarlanarak BB-3 için maksimum absorplamanın olduğu 250 nm dalga boyunda absorbansları ölçülmüş ve değerler de Tablo 4'de verilmiştir. Bu verilerin kullanılmasıyla çizilen absorbansa karşı konsantrasyon grafiği Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo 4. BB-3'ün pH 10,8'de molar absorptivitesinin belirlenmesi için hazırlanan çözelti konsantrasyonları ve 250 nm dalga boyunda ölçülen absorbans değerleri.

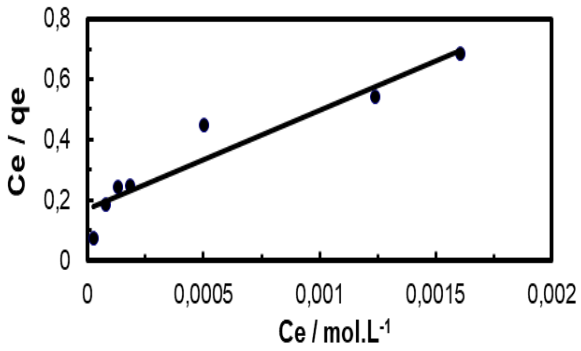
M_{BB-3} / ($mol.L^{-1}$)	$Absorbans_{250}$
0,000004	0,0534
0,00002	0,2997
0,00004	0,6154
0,00006	0,9242
0,0001	1,5361



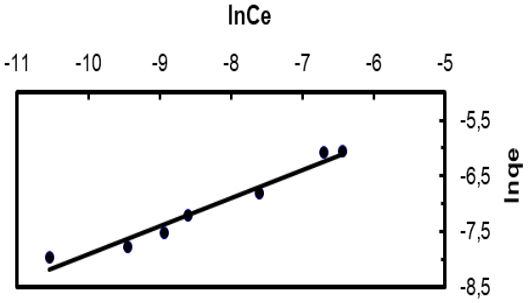
Şekil 5. Suda BB-3'ün kalibrasyonu için 250 nm dalga boyunda ölçülmüş absorbans değerlerine karşı konsantrasyon grafiği.

Absorbansa karşı konsantrasyon verileri lineer regresyon analiziyle Lambert-Beer yasasına göre işlenmiş ve BB-3 için elde edilen doğru denkleminden pH 10,8'deki molar absorptivitesi 15459 $L.mol^{-1}.cm^{-1}$ ve regresyon katsayısı 1,0 olarak bulunmuştur. Benzer işlemler pH 10,8'de çalışılan $Co(NO_3)_2$ ve $Cr(NO_3)_3$ için tekrarlanmıştır. $Cr(NO_3)_3$ için molar absorptivite 18,98 $L.mol^{-1}.cm^{-1}$ ve regresyon katsayısı 0,9966, $Co(NO_3)_2$ için molar absorptivitesi 4,99 $L.mol^{-1}.cm^{-1}$ ve regresyon katsayısı 0,9998 olarak bulunmuştur. Bu değerler izoterm verilerinin elde edilmesi sırasında her bir molekül için ilgili dalga boyunda ölçülen absorbansların, derişim değerlerine dönüştürülmesi için kullanılacaktır.

Adsorpsiyon izotermleri kirleticilerin adsorpsiyon mekanizmasının anlaşılması ve pratikte proses dizaynı için önemli olan denge adsorpsiyon kapasite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla türetilmiştir. Model kirleticilerin ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için izoterm verileri kesikli (batch) analiz yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Farklı ağırlıkta tartılmış olan cüruflar 25 °C'de sabit derişim ve hacme sahip bileşik çözeltilerinin içerisine bırakılmış, 150 rpm de sabit karıştırılmayla 48 saat süresince dengeye gelmesi beklenmiştir. Dengeye geldiğinden emin olmak için 48 saat beklenmiştir. Organik bileşiklerin denge konsantrasyonları spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Cüruf birim ağırlığı üzerine adsorplanan kirletici miktarı $q_e = V(c_o-c_e)/m$ eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada V çözelti hacmi (L), c_o başlangıç, c_e denge konsantrasyonu ($mol.L^{-1}$), m curuf ağırlığı (g) ve q_e ($mol.g^{-1}$) cürufun 1 gramına adsorplanan kirletici miktarıdır. Model kirleticilerin adsorpsiyon izoterm verileri iyi bilinen ve yaygın olarak kullanılan Langmuir ve Freundlich modellerine uygulanmıştır. Langmuir izoterm modeli adsorbat ile yüzey arasında yüksek enerjili etkileşimlerin olmadığı ve adsorbat molekülleri tarafından yüzeyin tekli tabaka halinde kaplanarak doyurulduğu varsayımlarına dayandırılmıştır. Langmuir izoterm eşitliğinin doğrusal formu aşağıdaki gibi yazılabilir; $c_e/q_e = 1/(b.q_m) + c_e/q_m$ burada q_m ($mol.g^{-1}$), cüruf yüzeyinin tek tabakalı olarak tamamen kaplanması için gerekli maksimum adsorbat miktarı, b ise adsorpsiyon ısısına bağlı sabittir. c_e/q_e değerlerine karşı c_e grafiği verilerinin doğrusal regresyon analiziyle q_m ve b sabitleri eğim ve kayımdan hesaplanabilir. Diğer taraftan Freundlich izoterm modeli, yüzeyin heterojen yapısını ve çoklu tabaka halinde kaplanmayı hesaba katmaktadır. Freundlich modelinin doğrusal formu $\ln q_e = \ln K_F + 1/n \ln c_e$ gibidir; burada K_F ($mol^{1-(1/n)}.L^{1/n}.g^{-1}$) cürufun adsorpsiyon kapasitesiyle ilgili sabit, $1/n$ ise yüzey heterojenliğine bağlı birimsiz bir sabittir. $\ln q_e$'ye karşı $\ln c_e$ grafiği verilerinin doğrusal regresyon analizi ile eğimden $1/n$, kayımdan da K_F belirlenebilir. 25 °C'de deneysel izoterm verileri Langmuir modeli için c_e/q_e'ye karşı c_e grafiği, Freundlich modeli için $\ln q_e$'ye karşı $\ln c_e$ grafiği çizilerek lineer regresyon analiziyle işlenmiştir. Örnek olarak $Cr(NO_3)_3$'ın 0,315-0,500 mm boyutlarına sahip cüruf üzerine adsorpsiyon izoterm verileri için çizilen c_e/q_e'ye karşı c_e grafiği Şekil 6'da, $\ln q_e$'ye karşı $\ln c_e$ grafiği Şekil 7'de gösterilmiştir.

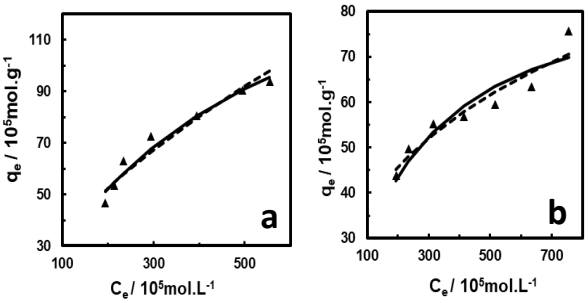


Şekil 6. $Cr(NO_3)_3$'ın 0,5-0,3 mm boyutlarına sahip cüruf üzerine adsorpsiyon izoterm verileri için çizilen c_e/q_e'ye karşı c_e grafiği.

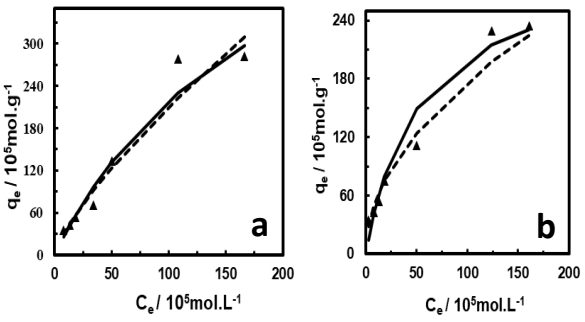


Şekil 7. $Cr(NO_3)_3$'ın 0,5-0,3 mm boyutlarına sahip cüruf üzerine adsorpsiyon izoterm verileri için çizilen $\ln q_e$'ye karşı $\ln c_e$ grafiği.

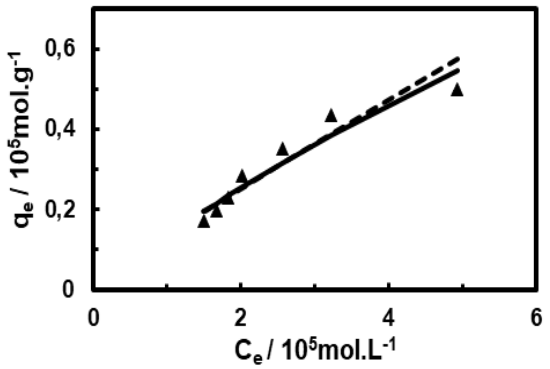
Model kirleticilerin cüruf üzerine adsorpsiyonu için elde edilen izoterm verilerinin Eşitlik ($c_e/q_e = 1/(b.q_m) + c_e/q_m$) ve Eşitlik ($\ln q_e = \ln K_F + 1/n \ln c_e$)'a göre doğrusal regresyon analizi ile elde edilen parametreler Tablo 5 ve 6'da ve bu parametreler kullanılarak hesaplanmış Langmuir ve Freundlich izotermleri de Şekil 8, 9 ve 10'da verilmiştir. Buna göre organik (kristal viole, bazik mavi 3, BB-3) ve inorganik ($Cr(NO_3)_3$ ve $Co(NO_3)_2$) model kirleticiler için verilen izotermler görünüş olarak Giles ve gurubunun sıvı faz adsorpsiyonu için yaptığı sınıflandırmadaki L-tipi izotermlere benzemektedir. Buna göre kirleticiler ile çözücü (su) arasında, yüzeydeki bölgelere tutunmak için güçlü bir yarış yoktur.



Şekil 8. $Co(NO_3)_2$'ın sudaki çözeltilerinden **a)** 1-0,5 mm boyutundaki **b)** 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine 25 °C'de elde edilen deneysel izoterm verileri (▲) ile Langmuir (—) ve Freundlich (- - -) izotermleri.



Şekil 9. $Cr(NO_3)_3$'ın sudaki çözeltilerinden **a)** 1-0,5 mm boyutundaki **b)** 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine 25 °C'de elde edilen deneysel izoterm verileri (▲) ile Langmuir (—) ve Freundlich (- - -) izotermleri.



Şekil 10. BB-3'ün sudaki çözeltilerinden **a)** 1-0,5 mm boyutundaki **b)** 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine 25 °C'de elde edilen deneysel izoterm verileri (▲) ile Langmuir (—) ve Freundlich (- - -) izotermleri.

Tablo 5. Model kirleticilerin sudaki çözeltilerinden 25 °C'de 1-0,5 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için elde edilen izoterm verilerinden hesaplanan Langmuir ve Freundlich parametreleri.

Langmuir				Freundlich		
Molekül	q_m / mol.g^{-1}	b / L.mol^{-1}	r	K_F /mol^{1-} $^{(1/n)}$L$^{1/n}$g^{-1}	$1/n$	r
BB-3	$2,58x10^{-5}$	5450	0,2335	$5,19x10^{-2}$	0,92	0,9235
$Cr(NO_3)_3$	$6,51x10^{-3}$	513	0,6105	$43,1x10^{-2}$	0,77	0,9638
$Co(NO_3)_2$	$1,79x10^{-3}$	206	0.9208	$2,37x10^{-2}$	0.61	0.9354

Tablo 6. Model kirleticilerin sudaki çözeltilerinden 25 °C'de 0,5-0,3 mm boyutundaki ferrokrom cürufu üzerine adsorpsiyonu için elde edilen izoterm verilerinden hesaplanan Langmuir ve Freundlich parametreleri.

Langmuir				Freundlich		
Molekül	q_m / mol.g^{-1}	b / L.mol^{-1}	r	K_F /mol^{1-} $^{(1/n)}$L$^{1/n}$g^{-1}	$1/n$	r
BB-3	-	-	-	-	-	-
$Cr(NO_3)_3$	$3,06x10^{-3}$	1910	0,9051	$50,7x10^{-2}$	0,51	0,9625
$Co(NO_3)_2$	$0,91x10^{-3}$	465	0,9561	$0,35x10^{-2}$	0,33	0,9257

Tablo 5 ve 6'daki Langmuir ve Freundlich modellerinin deneysel verilere uyumunu gösteren regresyon katsayılarına (r) bakıldığında, deneysel verilerin BB-3, Cr^{3+} ve Co^{2+}'nın sudaki çözeltilerinden adsorpsiyonunun Freundlich modeliyle daha uyumlu olduğu görülmektedir. Buna göre, cüruf örneklerinin yüzeyinde bu maddeleri adsorplayan bölgelerin dağılımı heterojendir ve BB-3, Cr^{3+} ve Co^{2+} ile cüruf yüzeyi arasındaki adsorpsiyon prosesi zayıf fiziksel etkileşimler (London kuvvetleri, dipol-dipol vs) yoluyla değil, çok daha kuvvetli olan kimyasal bağ (Kovalent veya iyonik) oluşumu yoluyla gerçekleşmektedir [17, 18 ve 19].

4. SONUÇ

Sonuç olarak, cüruf ile yapılan bazı absorplanma denemelerinde, cürufun azot gideriminde etkili olmadığı, sulak alanlarda fosfor gideriminde etkili olabileceği [15 ve 16] belirtilmiştir. Bunlara ilave olarak elde edilen verilere göre cürufun adsorp özelliği ile organik (BB3) ve inorganik (Cr^{3+} ve Co^{2+}) boyaları sulu ortamdan uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Antalya'da yılda yaklaşık 35.000 bin ton ferrokrom (FeCr) cürufu ve 10.000 ton silikoferrokrom (SiFeCr) cürufu çıkmaktadır. Bu cürufların tamamının açık alanlarında depolandığı düşünüldüğünde hem çevresel kirlilik ve görüntü kirliliği oluşturan bu malzemenin değerlendirilmesinin önemi bir kat daha ortaya çıkmıştır [3]. Böylelikle cürufun adsorp özelliğini kullanarak hem organik (BB3) ve inorganik (Cr^{3+} ve Co^{2+}) boya moleküllerinin doğaya zarar vermesi engellenecek ve hem de işe yaramaz olarak ayrılan cüruf artıkları değerlendirilerek boyaların çevreye olan zararları ortadan kaldırılacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Bilge N, Gürkan E. Kimya Sözlüğü, Çağlayan Basımevi.758 syf, 1975

[2] Gürkan E, Çoruh S. Tekstil Atıksularının Arıtılmasında Atık Döküm Kumlarının Kullanımı, Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi, (ISSN: 2147-0626) 2012; 1(4), 531-544.

[3] Yılmaz A, Sütaş İ. Ferrokrom Cürufunun Yol Temel Malzemesi Olarak Kullanımı. İMO Teknik Dergisi, 2008; 4455-4470, Yazı 294.
[4] Yılmaz A. Antalya Ferrokrom İşletmesinin Elektrik-Ark Fırını Cüruflarının ve Baca Tozu Atıklarının Asfalt Betonunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Antalya, 2002.
[5] Yıldırım M M, Varol A. Metalurjik Katı Artıklardan Yararlanabilme Olanakları, Metalürji Dergisi, 1987; Sayı 49, 12-15.
[6] Yılmaz A. Yol Üstyapısında Kullanılan Cüruf Atıklarının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2017; 8(2): 123-134.
[7] Yazıcıoğlu S, Arıcı E, Gönen T. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Betondaki Karbonatlaşmaya Etkisi, 5. Ulusal Beton Kongresi Betonun Dayanıklılığı (Durabilite), İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 2003.
[8] Yazıcıoğlu S, Gönen T, Çobanoğlu Ö C. Elazığ Ferrokrom Cürufunun Betonun Basınç Dayanımı ve Çarpma Enerjisi Üzerine Etkisi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühündislik Bilimleri Dergisi, 2005; (4), 681-685.
[9] Vapur H, Top S, Teymen A, Türkmenoğlu M. Elazığ Ferrokrom Tesisi Cüruflarının Agrega Özelliklerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2013; 28(1), ss.77-88.
[10] Ekinci C E, Erşimşek M. Enjeksiyon Yöntemiyle Üretilen Granüle Yapılı Ferrokrom Cürufu Katkılı Betonların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, ISSN:1306-3111 e-Journal of New World Sciences Academy, 2006; 1(3) Article No: A0007.
[11] Can Ö. Ferrokrom Cürufunun Kerpicin Mühendislik Özelliklerine Etkisi. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi 2008; Cilt 7, Sayı:2.
[12] Bayer Z, Atay B, Ay N, Çakı M. Ferrokrom Uçucu Külünün Duvar Karosu Sırındaki Renk Etkileri, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 2009; Özel Sayı, 89-94.
[13] Sarıhan E, Avşar D, Göksu M Z L, Polat S, Çevik C, Çevik F, Özütok M, Fındık Ö, Dural M, Piner M P, Keskinkan O. İskenderun Demir Çelik Fabrikasından Çıkan Cürufun Yapısı, Çözünürlüğü ve Denizel Ortama Olası Etkileri, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 2006; Cilt 23, Ek (1/1): 127-134 Su Ür. Tem. Bil./ Hydrobiology.
[14] Ataman N. Endüstriyel Atıkların Yüzey Hazırlama İşlemlerinde Aşındırıcı Olarak Kullanılması, Mehmet Kemal Dedeman Araştırma ve Geliştirme Proje Yarışması, Madencilik Sektörü İkincilik Ödülü. 2006.
[15] Dağlı S, Akça L. Yapay Sulak Alan Sisteminde Fosfor Giderimine Ortam Malzemesinin Etkisi, İTÜ Dergisi/*e* mühendislik2007; Cilt:17, Sayı:1, 51-59.
[16] Korkusuz E A, Beklioğlu M, Demirer G N. ODTÜ'deki Düşey Akışlı Yüzey altı Pilot-Ölçekli Ekilmiş Sulak alanların Fosfor Arıtım Kapasitesi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi.TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara 2003.
[17] Bayram E. Atık Sularda Bulunabilen Bazı Organik Bileşiklerin Aktif Karbon Kumaş Elektrotu Kullanarak Sulu Çözeltilerden Elektrosorpsiyon Yolu İle Uzaklaştırılmasının İncelenmesi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 2011.
[18] Bayram E, Ayrancı E. Electrochemically Enhanced Removal of Polycyclic Aromatic Basic Dyes From Dilute Aqueous Solutions by Activated Carbon Cloth Electrodes, Environmental Science and Technology, 2010; 44: 6331-6336.
[19] Bayram E, Ayrancı E. Investigation of Changes in Properties of Activated Carbon Cloth upon Polarization and Electrosorption of Basic Blue-7. Carbon, 2010; 48: 1718-1730.