

Gediz Nehri'ni zeolit ile temizlemek hayal mi?

Derya ÖZTÜRK¹ ve Güldem GÜNENDİ¹

1. Giriş

Zeolitler kristal yapıda hidrasyona uğramış alüminyum silikatlardır. Milyonlarca yıl evvel, volkanların patlaması ile ortaya çıkan kül ve lavların, göl veya deniz suları ile kimyasal reaksiyona girmesi sonucunda oluşmuşlardır. Kafes yapılarında alüminyum, silis ve oksijen, gözeneklerinde ise kation ve su içeren mikro gözenekli kristal katı yapılarıdır. Silis ve alüminyum atomları ortak oksijen atomu sayesinde birbirlerine tetrahedral olarak bağlanmışlardır (Zeolyst International, 2009). Doğal zeolitin 40'ın üzerinde minerali vardır. Ülkemizdeki zeolitler klinoptilolit, höylandit başta olmak üzere şabazit, eriyonit ve analsim minerallerinden oluşmaktadır (Kocakuşak vd., 2001). Bu mineraller içerisinde eriyoniti ayrı tutmak gerekir. Eriyonit asbeste benzeyen, lifli yapıda bir zeolit mineralidir ve asbeste göre daha güçlü kanserojen etkiye sahip olduğu için kullanılması tehlikeli ve yasaktır. Diğer zeolit mineralleri ise daha nadir bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan mevcut zeolit yatakları Ankara (Polatlı, Nallıhan, Beypazarı), Kütahya-Şaphane, Manisa-Gördes, İzmir-Urla, Balıkesir-Bigadiç ve Kapadokya bölgesindedir.

Zeolitler çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılabilirler. Başlıca fiziksel ve kimyasal özelliklerinden olan; iyon değişikliği yapabilme, adsorpsiyon ve buna bağlı moleküler elek yapısı, silis içeriği, ayrıca tortul zeolitlerde açık renkli olma, hafiflik, küçük kristalli gözenek yapısına sahip olma özellikleri zeolitlerin çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmalarına imkan sağlamıştır. Önemli bir endüstriyel hammadde olan zeolitin kullanım alanları; kirlilik kontrolü, enerji, tarım-hayvancılık, maden-metalürji ve diğer alanlar olmak üzere 5 ana bölümde toplanabilir (DPT, 2001). Zeolitin kirlilik kontrolü alanında kullanımı adsorpsiyon özelliğinin olmasından kaynaklanır. Zeolit minerallerinden olan klinoptilolitin kristal yapısı incelendiğinde SiO_4 ve AlO_4 tetrahedrallerinin temel birim olarak bulunduğu gözlenmektedir. Klinoptilolitin kristal yapısındaki toplam boşluk hacmi %34 olup, Si/Al oranı ise 2.7-5.3 arasındadır (Breck, 1974; Mumpton, 1978).

Bu çalışmada kullanılan kinoptilolit minerali Manisa Gördes yöresine aittir. Çalışmada klinoptilolitin adsorpsiyon özelliğinden faydalanılmıştır ve metin içinde geçen zeolit, klinoptilolit mineralini anlatmaktadır.

1.1. Zeolitlerin Adsorpsiyonunu Etkileyen Faktörler

Adsorpsiyon özelliğini etkileyen başlıca faktörler; sıcaklık, pH, adsorbanın toplam yüzey alanı, adsorpsiyonun gerçekleştiği çözeltilerdeki çözünmüş madde cinsi ve temas süresi olarak sıralanabilmektedir (Kıvanç, 2011).

Sıcaklık etkisi: Adsorpsiyon süreci sırasında genellikle ısı veren bir tepkime oluşumu beklenmektedir. Azalan sıcaklık ile adsorpsiyonun artacağı söylenebilmektedir.

pH etkisi: Adsorpsiyon için en önemli faktörlerden birisidir. Hidronyum ve hidroksil iyonları kuvvetle adsorbe olduklarından, diğer iyonların adsorpsiyonunda çözelti pH'ı etkilidir. Bu iyonlar adsorbanın yüzey yüklerine bağlı olarak adsorplanıp diğer iyonların adsorpsiyonunda olumsuz etki göstermektedirler (Ekici, 2007).

Adsorbanın yüzey alanı etkisi: Adsorbanın miktarının artması ile yüzey alanı da artacağından kütle ile adsorpsiyon arasında doğru orantı olduğu düşünülebilir. Adsorbanın yüzey alanının genişletilmesi ise adsorpsiyonu artıracığından asit, baz veya tuzlar kullanılarak yüzey aktifleştirme işlemleri gerçekleştirilebilir. Bu sayede ise adsorbanın yüzey alanı artırılabilir (Ayar, 2009).

Adsorban çözünürlüğü etkisi: Adsorpsiyonun meydana gelmesinden önce çözünmüş madde ile çözücü arasındaki bağlar kırılmaktadır (Güner Keleş, 2008). Lundelius kuralı gereği çözünmüş maddenin adsorpsiyon hızı ile çözünürlüğü arasında ters orantı vardır. Suda çözünürlüğü daha çok olan bir madde (hidrofilik), suda çözünürlüğü daha az olan maddeye (hidrofobik) göre daha az adsorbe olacaktır.

Temas süresi: Adsorpsiyonu etkileyen faktörlerden birisi de temas süresidir. Film difüzyonunun gerçekleşmesi durumunda adsorpsiyon daha yavaş bir şekilde gerçekleşecekken; gözenek difüzyonunun söz konusu olduğu durumlarda daha hızlı bir adsorpsiyon söz konusu olacaktır.

Diğer iyon değiştiricilerle kıyaslandığında klinoptilolitin ekonomik bir malzeme olduğu görülmektedir. Endüstriyel atık sularından ağır metal giderim çalışmalarında, daha ekonomik çözümlere ulaşmak için zeolitin diğer ağır metal iyonları ile birlikte arıtma verimleri değerlendirilmelidir. Zeolit,

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye.

zenginleştirilmesi ve aktive edilmesi durumunda atık su arıtımında ekonomik olarak uygulama alanı bulabilecektir. Bu çalışmada klinoptilolit minerali kullanılarak, atık sularda ağır metal iyonlarının tutulumuna yönelik olarak asit aktivasyonunun hangi parametrelerde daha verimli olacağı ortaya konulmuştur. Zeolit (klinoptilolit) kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre, ortaya konulan parametreler ışığında kolon modellemesi yapılmıştır. Ağır metal kirlenmesi olduğu düşünülen Menderes Havzası'nda yer alan Güzelhisar Deresi ve Gediz Havzası'nda bulunan Nif Çayı'ndan alınan atık su numuneleri çalışılmıştır. Laboratuvar ortamında elde edilen sonuçlar, gerçek atık sulardan elde edilen bulgularla karşılaştırmalı olarak ortaya konularak

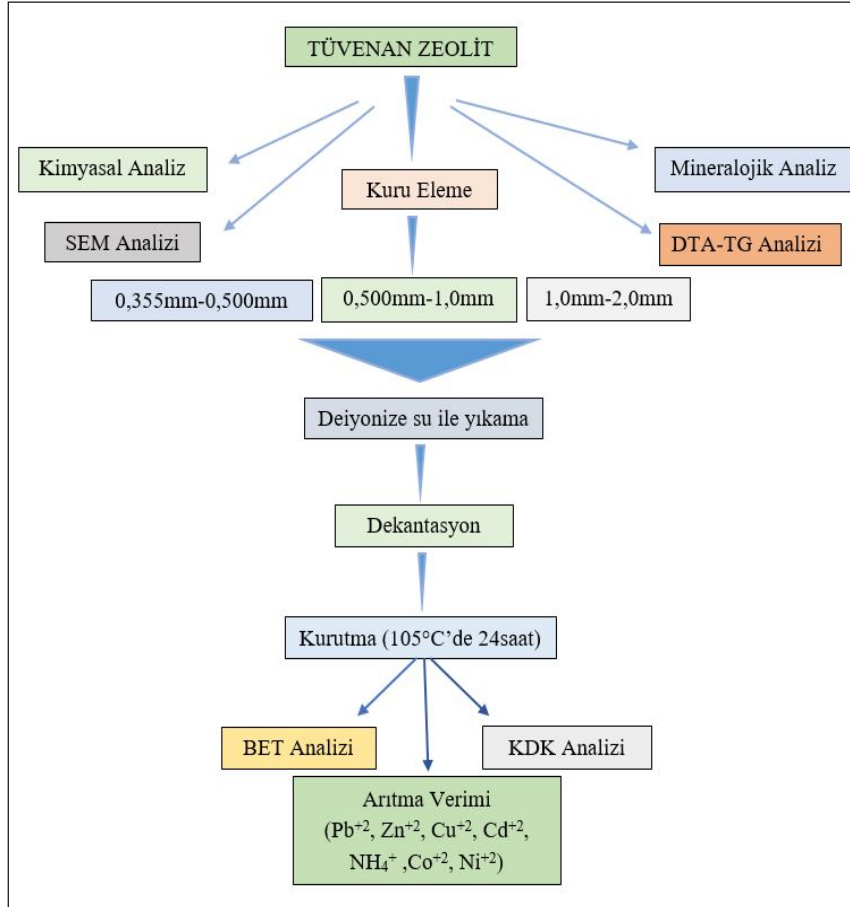
değerlendirilmiştir. Zeolitin adsorpsiyon işlemi Pb^{+2} , Cd^{+2} , Co^{+2} , Zn^{+2} , Cu^{+2} , NH_4^{+4} ve Ni^{+2} ağır metalleri için uygulanmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

Tüvenan haldeki orijinal numunenin Şekil 1'de verilen işlem basamakları ile ağır metal tutulumu verimi bulunmuştur.

Orijinal zeolit numunesinin kimyasal analiz sonucu Çizelge 1'de verilmiştir.

Orijinal zeolit numunesinin mineralojik analiz sonucu Çizelge 2'de verilmiştir.



Şekil 1- Teknolojik çalışmalar akım şeması.

Çizelge 1- Kimyasal analiz sonucu.

A.Za (%)	Al ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	MnO (%)	Na ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)
6,75	10,1	2,0	0,8	4,0	0,6	<0,1	0,4	<0,1	75,0	0,1

Çizelge 2- Mineralojik analiz (XRD) sonucu.

Zeolit minerali (Klinoptilolit-Höylandit)
Alkali feldispat
Opal-CT
Mika/İllit
Kuvars
İlmenit

2.1. Zeolit-Asit Aktivasyonu

Yüzey alanı 26.39 m²/g, gözenek hacmi 7.460 x10⁻² cc/g, gözenek boyutu 1.881x10⁻³ µm olan ince tane boyutundaki 0,355-0,5 mm zeolit numunesi HCl, H₂SO₄, HNO₃, H₃PO₄ ve H₃BO₃ asitleri ile 0,5 M, 1,0 M, 2,0 M ve 3,0 M konsantrasyonlarında 30 °C, 45 °C, 60 °C'de 1 saat süresince aktive edilerek yüzey alanı ve gözenek hacmi değerleri artırılmıştır. Kolonlar yardımıyla, hazırlanmış 100 ml'lik ağır metal içeriği olan atık su çözeltisi 6 ml /dk hızla 50 dakika süresince 5 g aktive zeolit ile 3 kez filtre edilir. Kolondan geçirilen çözeltilerde ağır metal analizleri yapılarak filtrasyon verimi hesaplanmıştır. Bulunan en yüksek verim değerlerinin aynı olması durumunda en düşük molarite ve en düşük sıcaklık değerleri baz alınmıştır. Şekil 2'de HCl - % filtrasyon verimi grafiği verilmiştir.

Şekil 2'ye göre bulunan en yüksek verim değerleri;

Orijinal halde %94 olan Pb verimi, 0,5 M HCl ile 30°C'deki aktivasyonla %99'a

Orijinal halde %43 olan Zn verimi, 1,0 M HCl ile 60°C'deki aktivasyonla %57'ye

Orijinal halde %39 olan Cd verimi, 2,0 M HCl ile 45°C'deki aktivasyonla %61'e

Orijinal halde %42 olan Co verimi, 0,5 M HCl ile 45°C'deki aktivasyonla %47'ye

Orijinal halde %53 olan Cu verimi, 2,0 M HCl ile 45°C'deki aktivasyonla %77'ye

Orijinal halde %38 olan Ni verimi, 0,5 M HCl ile 45°C'deki aktivasyonla %43'e yükseltilmiştir.

Şekil 3'e göre H₂SO₄-% filtrasyon verimi grafiğinde bulunan en yüksek verim değerleri;

Orijinal halde %94 olan Pb verimi, 0,5M H₂SO₄ ile 30°C'deki aktivasyonla %99'a

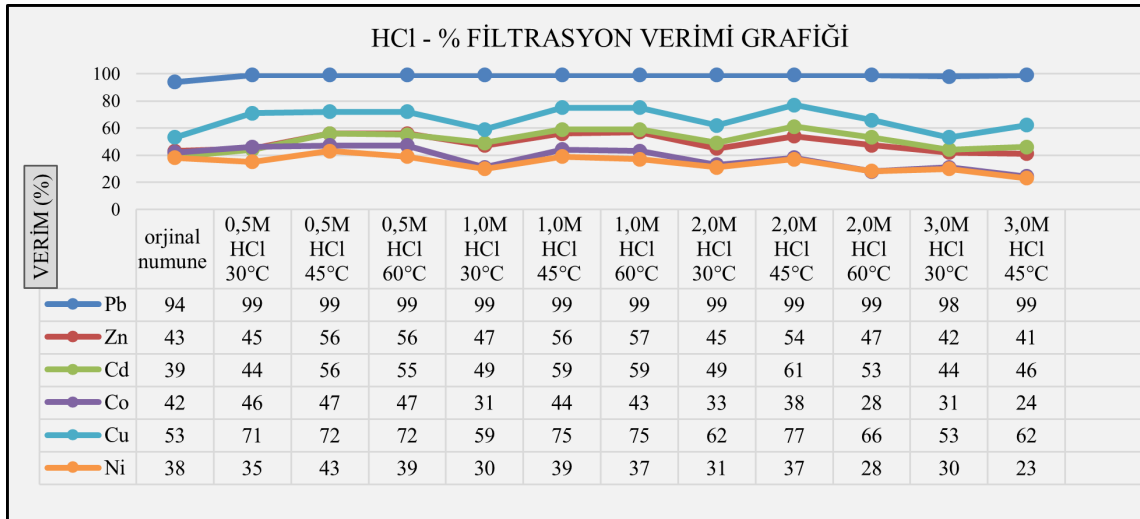
Orijinal halde %43 olan Zn verimi, 0,5M H₂SO₄ ile 60°C'deki aktivasyonla %53'e

Orijinal halde %39 olan Cd verimi, 0,5M H₂SO₄ ile 60°C'deki aktivasyonla %53'e

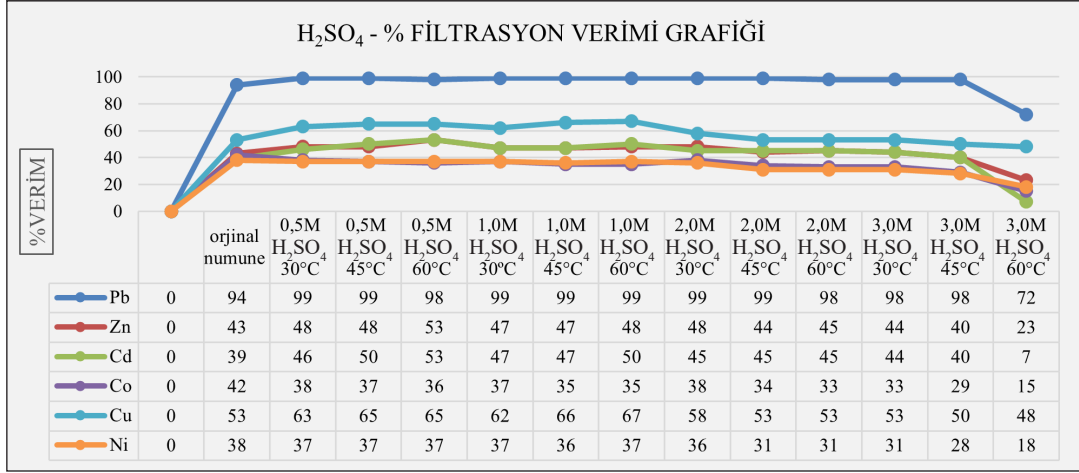
Orijinal halde %53 olan Cu verimi, 1,0M H₂SO₄ ile 60°C'deki aktivasyonla %67'ye yükseltilmiştir.

Orijinal halde %42 olan Co verimi asit aktivasyonu ile yükseltilememiştir.

Orijinal halde %38 olan Ni verimi asit aktivasyonu ile yükseltilememiştir.



Şekil 2- HCl - % filtrasyon verimi grafiği.

Şekil 3- H₂SO₄ - % filtrasyon verimi grafiği.

Şekil 4'e göre HNO₃ - % filtrasyon verimi grafiğinde bulunan en yüksek verim değerleri;

Orijinal halde %94 olan Pb verimi, 0,5 M HNO₃ ile 30°C'de %99'a

Orijinal halde %43 olan Zn verimi, 1,0 M HNO₃ ile 60°C'de %47'ye

Orijinal halde %39 olan Cd verimi, 2,0 M HNO₃ ile 60°C'de %66'ya

Orijinal halde %53 olan Cu verimi, 2,0 M HNO₃ ile 60°C'de %86'ya yükseltilmiştir.

Orijinal halde %42 olan Co verimi asit aktivasyonu ile yükseltilememiştir.

Orijinal halde %38 olan Ni verimi asit aktivasyonu ile yükseltilememiştir.

Şekil 5'e göre H₃PO₄ - % filtrasyon verimi grafiğinde bulunan en yüksek verim değerleri;

Orijinal halde %94 olan Pb verimi, 0,5 M H₃PO₄ ile 30°C'de %99'a

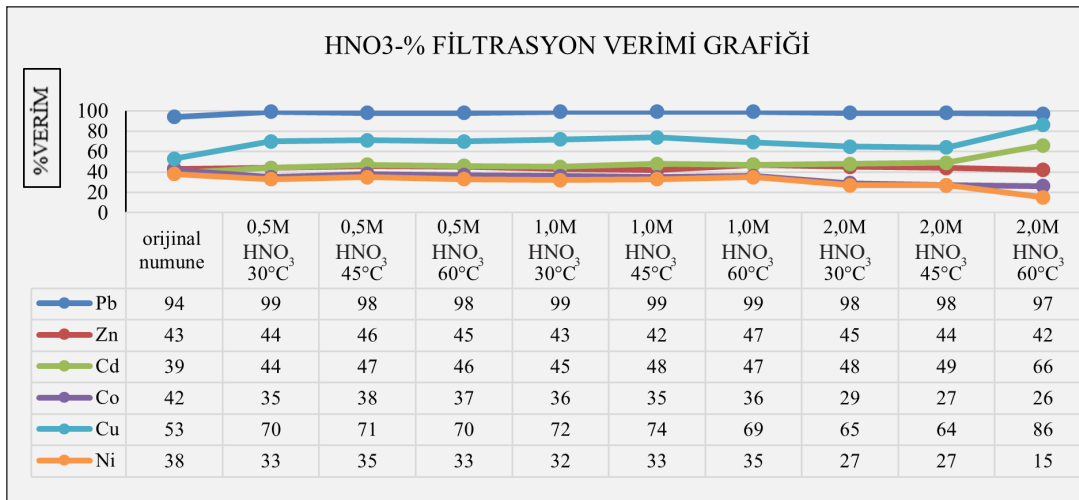
Orijinal halde %43 olan Zn verimi, 1,0 M H₃PO₄ ile 30°C'de %79'a

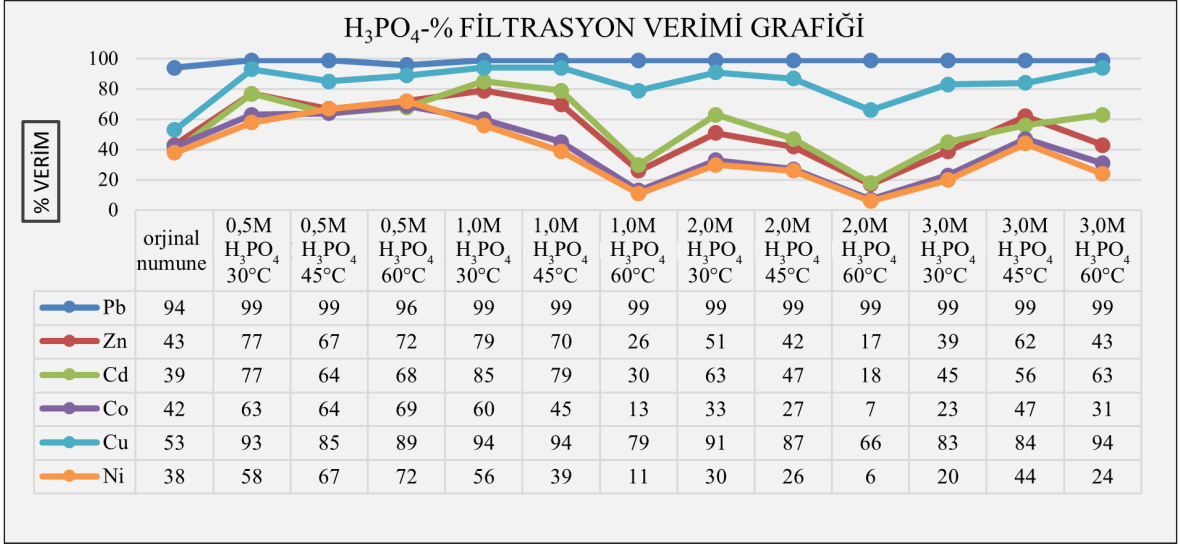
Orijinal halde %39 olan Cd verimi, 1,0 M H₃PO₄ ile 30°C'de %85'e

Orijinal halde %42 olan Co verimi, 0,5 M H₃PO₄ ile 60°C'de %69'a

Orijinal halde %53 olan Cu verimi, 1,0 M H₃PO₄ ile 30°C'de %94'e

Orijinal halde %38 olan Ni verimi, 0,5 M H₃PO₄ ile 60°C'de %72'ye yükseltilmiştir.

Şekil 4- HNO₃ - % filtrasyon verimi grafiği

Şekil 5- H₃PO₄ - % filtrasyon verimi grafiği

Şekil 6'ya göre H₃BO₃ - % filtrasyon verimi grafiğinde bulunan en yüksek verim değerleri;

Orijinal halde %94 olan Pb verimi, 0,5 M H₃BO₃ ile 45°C'de %99'a

Orijinal halde %43 olan Zn verimi, 0,5 M H₃BO₃ ile 30°C'de %89'a

Orijinal halde %39 olan Cd verimi, 0,5 M H₃BO₃ ile 30°C'de %86'ya

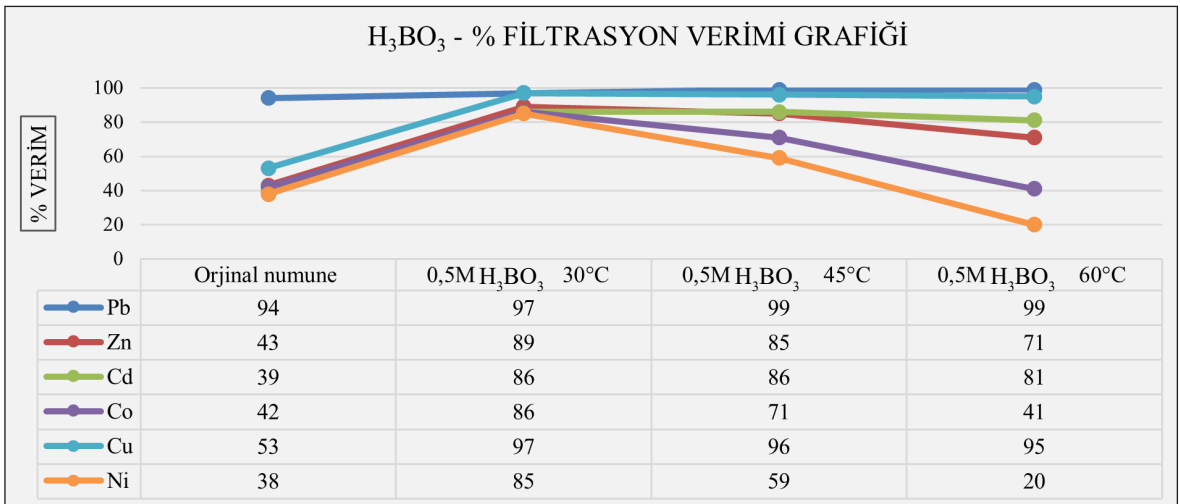
Orijinal halde %42 olan Co verimi, 0,5 M H₃BO₃ ile 30°C'de %86'ya

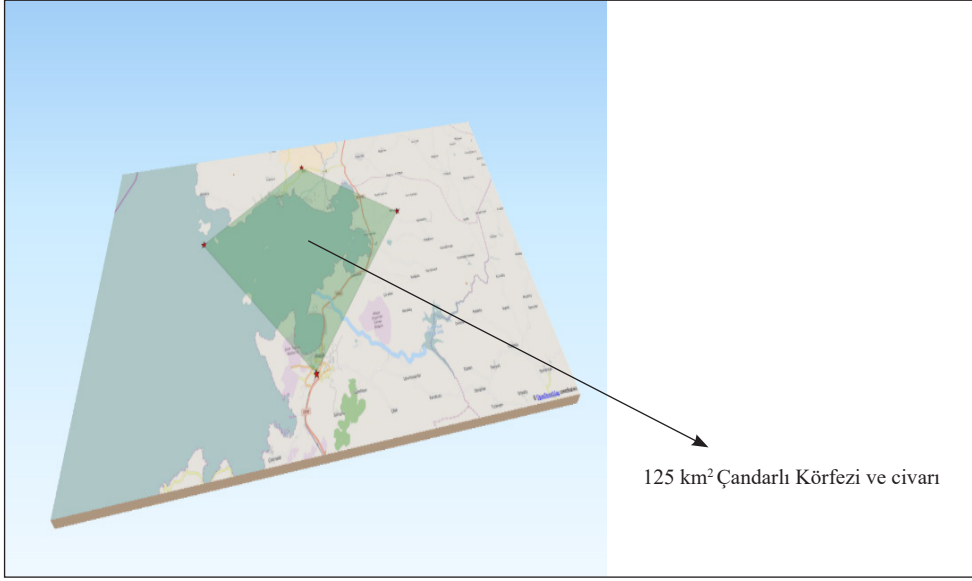
Orijinal halde %53 olan Cu verimi, 0,5 M H₃BO₃ ile 30°C'de %97'ye

Orijinal halde %38 olan Ni verimi, 0,5 M H₃BO₃ ile 30°C'de %85'e yükseltilmiştir.

3. Arazi Çalışması

Aliağa Organize Sanayi Bölgesi'nin tüm endüstriyel atıklarını taşıdığı düşünülen Gediz Nehri'nin kollarından olan Güzelhisar Deresi, Çandarlı Körfezi'ne dökülmektedir (Şekil 7). Nif Çayı ise Gediz Nehri ile buluşarak İzmir Körfezi'ne dökülmektedir. Numuneler Güzelhisar Deresi (2 adet) ve Nif Çayı'ndan (1 adet) alınmıştır.

Şekil 6- H₃BO₃-% filtrasyon verimi grafiği.



Şekil 7- Güzelhisar Deresi'nin etkilediği bölge olan Çandarlı Körfezi.

Araziden atık su numunesi alma işlemleri Şekil 8a, b'de görülmektedir.

4. Araziden Alınan Atık Su Örneklerinin Ağır Metal Kirliliği Parametreleri ve Filtrasyon Verimi Deneyi

Ağır metal atığı içerdiği düşünülen Nif Çayı'ndan alınan atık su örnekleri, zeolitın asitlendirilmiş atık su örnekleriyle çalışmaya imkan vermemesi sebebiyle yerinde filtrasyon verimi deneyine tabi tutulmuştur. Deneyde kromatografi kolonları kullanılmıştır. Cam kromatografi kolonlarına 5 g orijinal halde zeolit örneği yerleştirilmiştir. Nif Çayı'ndan numune alma aparatları yardımı ile alınan su örneği süzgeç kağıdı ve cam huniler yardımıyla berrak çözelti

elde edinceye kadar numune kabına süzölmüştür. Elde edilen süzöntüden temsili olarak alınan 100 ml su örneği 50 dakika boyunca 6 ml/dakika hızla 3 kez filtre edilmiştir. Filtre edilmiş atık su örneği seyreltik nitrik asit yardımıyla pH<2 oluncaya kadar asitlendirilmiştir. pH kontrolleri pH kağıdıyla yapılmıştır. Filtrasyon işlemleri sırasıyla;

- 1,0 M HCl ile 45°C'de aktive edilmiş zeolit ile
- 0,5 M H₂SO₄ ile 30°C'de aktive edilmiş zeolit ile
- 3,0 M HNO₃ ile 60°C'de aktive edilmiş zeolit ile
- 0,5 M H₃PO₄ ile 30°C'de aktive edilmiş zeolit ile
- 0,5 M H₃BO₃ ile 30°C'de aktive edilmiş zeolit ile tekrarlanmıştır.



Şekil 8- a) Nif Çayı'ndan numune alma işlemi hazırlığı ve b) numune alma işlemi.

Ağır metal parametreleri Çizelge 3'te bulunan su kirliliği kontrol yönetmeliğine göre değerlendirilmiştir. Kalite sınıflarında iyileştirme yapılabilen parametreler Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir.

Çizelge 3- Su kirliliği kontrol yönetmeliği (Resmi Gazete, 13.02.2008-26786).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tabloları (13/2/2008-26786) Tablo 1. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri				
Su kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
Kimyasal parametreler	I	II	III	IV
Kadmiyum ($\mu\text{g Cd/L}$)	3	5	10	>10
Kurşun ($\mu\text{g Pb/L}$)	10	20	50	>50
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	>200
Kobalt ($\mu\text{g Co/L}$)	10	20	200	>200
Nikel ($\mu\text{g Ni/L}$)	20	50	200	>200
Çinko ($\mu\text{g Zn/L}$)	200	500	2000	>2000

I. Sınıf yüksek kaliteli su

- İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları
- Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su
- Alabalık üretimi, hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su

II. Sınıf az kirlenmiş su

- İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları
- Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su

- Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su
- Mer'i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu

III. Sınıf kirlenmiş su

- Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra sanayide kullanılabilir su

IV. Sınıf çok kirlenmiş su

- Çok kirlenmiş su (IV. sınıf su kalitesinde olması "Zayıf" su durumunu ifade etmektedir.)

5. Atık Sular ile Yapılan Filtrasyon Verimi Deneyi

5.1. Güzelhisar Deresi (Pb) Kirliliği Filtrasyon Verimi Deneyi

Güzelhisar Deresi'nden alınan su numunesi kirlilik parametreleri ve filtrasyon verimleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Aliağa Organize Sanayi atıkları ile kirlenmiş olabileceği düşünülen Güzelhisar Deresi'nden alınan iki adet örnekte Pb kirliliği 20 ppb olarak bulunmuştur. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bu değer 2. Kalite (az kirlenmiş su) Sınıfı'na girmektedir. Yapılan çalışma sonucunda Çizelge 4'te görüldüğü gibi 20 ppb değerindeki bu atık su orijinal haldeki zeolit ile filtre edilerek %50 verimle 10 ppb değerine düşürülmüştür.

5.2. Nif Çayı (Pb, Cu, Ni) Kirliliği Filtrasyon Verimi Deneyi

Nif Çayı filtrasyon deneyi ve asitlendirme işlemi Şekil 9'da görülmektedir. Nif Çayı'ndan alınan su numunesi kirlilik parametreleri ve filtrasyon verimleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 4- Güzelhisar Deresi (Pb) kirliliği filtrasyon verimi deneyi ve sonuçları.

Atık Su Numunesi	Kirlilik Parametresi (Pb) ($\mu\text{g/L}$)	Filtrasyon Verimi	Filtrasyon Sonrası Kirlilik Parametresi (Pb) ($\mu\text{g/L}$)
Güzelhisar Deresi (1.Örnek)	20	%50	10
Kirlilik Sınıfı	II. Kalite Sınıfı		I. Kalite Sınıfı
Güzelhisar Deresi (2.Örnek)	20	%50	10
Kirlilik Sınıfı	II. Kalite Sınıfı		I. Kalite Sınıfı



Şekil 9- Nif Çayı filtrasyon verimi deneyi ve asitlendirme işlemi.

Çizelge 5- Nif Çayı (Pb, Cu, Ni) kirliliği filtrasyon verimi deneyi ve sonuçları.

Atık Su Numunesi	Kirlilik Parametresi (Pb) ($\mu\text{g/L}$)	Filtrasyon Verimi	Filtrasyon Sonrası Kirlilik Parametresi (Pb) ($\mu\text{g/L}$)
Nif Çayı	60	% 83	10
Kirlilik Sınıfı	IV. Kalite Sınıfı		I. Kalite Sınıfı
Atık Su Numunesi	Kirlilik Parametresi (Cu) ($\mu\text{g/L}$)	Filtrasyon Verimi	Filtrasyon Sonrası Kirlilik Parametresi (Cu) ($\mu\text{g/L}$)
Nif Çayı	60	% 83	10
Kirlilik Sınıfı	III. Kalite Sınıfı		I. Kalite Sınıfı
Atık su Numunesi	Kirlilik Parametresi (Ni) ($\mu\text{g/L}$)	Filtrasyon Verimi	Filtrasyon Sonrası Kirlilik Parametresi (Ni) ($\mu\text{g/L}$)
Nif Çayı	120	% 92	10
Kirlilik Sınıfı	III. Kalite Sınıfı		I. Kalite Sınıfı

Nif Çayı su numunesi ise Nif Çayı'nın Gediz Nehri ile birleştiği noktanın hemen önünden alınmıştır. Sanayi atıkları ile kirlenmiş olabileceği düşünülen Nif Çayı'ndan alınan örnekte Pb kirliliği 60 ppb olarak tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bu değer 4. Kalite Sınıfı'na (çok kirlenmiş su) girmektedir. 60 ppb değerindeki bu atık su 0,5 M H_3BO_3 ile 30°C'de aktive edilmiş zeolit ile filtre edilerek %83 verimle 10 ppb değerine düşürülmüştür. Bu değer 1. Kalite Sınıfı'na (1. Sınıf yüksek kaliteli su) girmektedir.

Nif Çayı su numunesinde Cu kirliliği 60 ppb olarak tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bu değer 3. Kalite Sınıfı'na (kirlenmiş su) girmektedir. 60 ppb değerindeki bu atık su 0,5 M H_3BO_3 ile 30°C'de aktive edilmiş zeolit ile filtre edilerek %83 verimle 10 ppb değerine düşürülmüş ve 1.Kalite Sınıfı'nda (1.Sınıf yüksek kaliteli su) tespit edilmiştir.

Nif Çayı su numunesinde Ni kirliliği 120 ppb olarak tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre bu değer 3. Kalite (kirlenmiş su) Sınıfı'na girmektedir. 120 ppb değerindeki bu atık su 0,5 M H_3PO_4 ile 30°C'de aktive edilmiş zeolit ile filtre edilerek %92 verimle 10 ppb değerine düşürülmüş ve 1.Kalite Sınıfı'nda (1.Sınıf yüksek kaliteli su) tespit edilmiştir.

6. Sonuçlar ve Tartışma

Çalışma kapsamında ağır metal içerdiği düşünülen atık su numunelerini almak üzere arazi faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Numuneler Güzelhisar Deresi ve Nif Çayı'ndan alınmıştır. Gediz Nehri'nin kollarından olan Güzelhisar Deresi ve Nif Çayı ağır metal kirliliği açısından Zn^{+2} , Cd^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2} ve Ni^{+2} iyonları bazında tek bir dönem olarak Nif Çayı ve Güzelhisar Deresi için 2 noktada çalışılmıştır. Bulunan sonuçlar 13.02.2008 tarih ve 26786 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik"te yer alan Tablo 1. Kıtaçi Su kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri'ne göre değerlendirilmiştir. Çalışmada asıl amaçlanan Gördes Zeoliti klinoptilolit minerali fiziksel özelliklerinin asit aktivasyonları ile iyileştirilerek Katyon Değişim Kapasitesi'nin artırılması ve atık sularındaki ağır metallerin tutulmasıdır ve çalışmada hedeflenen sonuca ulaşılmıştır. Filtrasyon prosesi 6 ml/dk hızla 50 dakika süresince 3 kez filtre edilen 100 ml'lik bir atık su çözeltisini kapsamaktadır. Bu veriler ışığında pilot ölçekli çalışmaların yapılması ve sonrasında farklı dönemlerde ve çok noktada kirlilik parametreleri ortaya konularak filtrasyon tesisi aşamasına geçilmesi önerilmektedir. Yapılacak olan filtrasyon tesisi, bir veya daha fazla ağır metal iyonu atığı olan fabrika çıkışına spesifik olarak yapılabileceği gibi ağır metal içeriğini bünyesinde yüksek miktarda barındıran bir akarsu için de yapılabilecektir.

Değinilen Belgeler

Ayar, E. 2009. Bentonit kili kullanılarak su ortamından fosforun adsorbsiyon ile giderimi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 7-8.

- Breck, D. W. 1974. Zeolite Molecular Sieves: Structure, Chemistry and Use. John Wiley and Sons Inc., New York.
- DPT, 2001. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri II (Mika-Zeolit-Lületaşı) Çalışma Grubu Raporu, DPT, Ankara
- Ekici Suda, H. 2007. Kayısı çekirdeğinden elde edilen aktif karbonla sulardan fosfat ve bakır(II) giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Güner Keleş, E. 2008. Kimyasal bileşimi farklı üç fosfat kayası ile kurşun(II) iyonunun adsorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya mühendisliği/Proses ve Reaktör Tasarım, Erzurum.
- Kıvanç, B. 2011. Adsorpsiyon ve iyon değişimi yöntemi ile sulu çözeltilerden fosfat gideriminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Kocakuşak, S., Savaşçı, Ö. T., Ayok, T. 2001. Doğal Zeolitler ve Uygulama Alanları. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Marmara Araştırma Merkezi, Malzeme ve Kimya Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Rapor No: KM 362, Proje No: 5015202, Nisan 2001, P.K.21, Gebze, Kocaeli.
- Mumpton, F. A. 1978. A New Industrial Mineral Commodity; in: "Natural Zeolites: Occurrence, Properties and Use (eds:L.B. Sand and F.A. Mumpton)", Pergamon Press, Oxford, pp. 1-27.
- Resmi Gazete (13/02/2008-26786), 13.02.2008 tarih ve 26786 Sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik".
- Zeolyst International, 2009. Zeolite FAQ's <http://zeolyst.com/html/faq.asp> [access 08/2009].

