



Araştırma Makalesi (Research Article)

Sülfürik Asitli Ortamda Kolemanit ve Üleksit İçeren Bor Atıklarının Davranışı

Emine YOGURTCUOĞLU*

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher Hazırlama Anabilim Dalı Merkez Kampüs NİĞDE

Ö Z

Anahtar kelimeler:

Atık,
kolemanit,
üleksit,
sülfürik asit

Bor madeninin bulunduğu üzere, dünyadaki rezervinin % 70-72 civarı Türkiye’de bulundurmakta olup, Batı Anadolu’da; Eskişehir, Kütahya, Balıkesir ve Bursa illerinde yerleşim göstermektedir. Bu bölgelerde genel bor mineral yoğunluğu kolemanit, üleksit ve tinal mineraleri üzerine olup, bu minerallerin kazanımında ham cevher çıkarılıp, boyut ufalama ve sınıflandırma işlemleri ile yüksek tenörlü konsantreler elde edilmektedir. Özellikle Balıkesir ve Kütahya bölgelerinde bu konsantreler haricinde, borik asit üretimi de gerçekleştirilmektedir. Temel olarak, kili uzaklaştırılmış yüksek tenörlü cevher, borik asit (H_3BO_3) üretiminde yüksek sıcaklıklarda H_2SO_4 ile bir dizi işlemin ardından elde edilmektedir. Bu çalışmada, söz konusu yüksek konsantreler haricinde tesislerin atık havuzlarında biriktirilen ve bor içeriği yüksek, kil oranı yoğun atıklardan borun kazanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Balıkesir Bigadiç Tesisi üleksit kolemanit içerikli şlam atıkları, farklı katı oranlarında, 1 saat süreyle ve 60 °C sıcaklıkta, sülfürik asitle çözündürülerek, yaklaşık % 96 B_2O_3 verimi ile kazanımı gerçekleştirilmiştir. Atıkların değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmalar, bor tesis atıklarının yer problemlerinin giderimi, borun geri kazanılabilirliği, killerdeki bor ve diğer içeriklerin çevresel sorunlarının bertarafı gibi pek çok avantajı içermektedir. Bu çalışmada, sülfürik asitle bor içerikli atıkların değerlendirilebilirliğine ek olarak borik asit- H_3BO_3 elde edilmesi de çalışmanın kazanç çıktısı olarak düşünülmektedir.

EN

Behavior Of Boron Wastes Containing Colemanite and Ulexite In A Sulfuric Acid Medium

ABSTRACT

Keywords:

Waste,
colemanite,
ulexite,
sulfuric acid

As it is known, the boron mine has around 70-72% of the world’s reserve in our country and it is located in Western Anatolia, Eskişehir, Kütahya, Balıkesir and Bursa. In these regions, the general boron mineral density is on colemanite, ulexite and tinal minerals, raw ore is extracted from these minerals and high grade concentrates are obtained by size crushing and classification processes. Boric acid production is also carried out especially in Balıkesir and Kütahya regions. Basically, this high grade ore with clay removal is extracted after a series of treatments with H_2SO_4 at high temperatures in boric acid production. In this study, the recoverability of boron from clay-intense wastes, which are high in boron content and which are collected in waste ponds of plants except for these high concentrates, is investigated. For this purpose, slurry wastes containing ulexite colemanite in Balıkesir Bigadiç Plant were dissolved in sulfuric acid at 60 °C four 1 hour at different solid ratios and yielded with approximately 96 % B_2O_3 recovery. The studies carried out for the evaluation of wastes include many advantages such as elimination of ground problems of boron plant wastes, recoverability of boron, elimination of environmental problems of boron and other contents in clays. In this study, in addition to the evaluability of boron containing wastes with sulfuric acid, obtaining boric acid (H_3BO_3) is considered as the output of study.

1. Giriş

Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk elementi olan bor (B), Tablo 1’de belirtilen özellikleriyle beraber 150’den fazla mineralin içeriğinde olmasına rağmen, oksijen ilgisi nedeniyle genellikle oksijenle bağlanmış bileşikler halinde bulunmaktadır. Türkiye’de borun kullanım tarihi eski çağlara kadar dayanırken, 1860’lı yıllarda Anadolu’da çini üretiminde kullanıldığı bilinmektedir (1, 2). Dünya ile kıyaslandığında, %70-72 civarında bulunan rezervi ile Batı Anadolu önemli bir yere sahip olup, kolemanit (Kütahya-Emet,

Balıkesir Bigadiç, Bursa Kestelek), üleksit (Balıkesir-Bigadiç) ve tinal (Eskişehir-Kırka) mineralleri Türkiye’de en yoğun bulunan Bor mineralleridir (3, 4, 5, 6, 7). Kolemanit mineralinin yoğunluğu 2,4 g/cm³ üleksit cevherinin 1,98 g/cm³’tür. Bor cevherlerinin yan kayaç mineralleri karbonat ve silikatlardan oluşup yoğunlukları 2,6-2,7 g/cm³’tür (8). Türkiye’de yoğun olarak bulunan ticari öneme sahip bor minerallerinin formülleri ve % B_2O_3 miktarları Tablo 2’de verilmiştir (4, 9).

Tablo 1. Elementel Bor’un Genel Özellikleri (1, 2)

Özellikleri	
Kimyasal Sembolü	B
Atom numarası	5
Atom ağırlığı	10,81-10,82
Ergime noktası	2200 °C
Kaynama Noktası	2250 °C

*Corresponding author: eyogurtcuoglu@ohu.edu.tr
+90-388-225-4002

Citation:Yogurtcuoglu, E., Sülfürik asitli ortamda kolemanit ve üleksit içeren bor atıklarının davranışı (Behavior of boron wastes containing colemanite and ulexite in a sulfuric acid medium), *Karadeniz Chem. Sci. Tech.* 2019, 4, XX-XX.

DOI:
ISSN: 2636-8560

Tablo 2. Bazı Ticari Öne Sahip Bor Mineralleri, Formül ve % B₂O₃ Miktarları (4, 9)

Mineral ismi	Formül	%B ₂ O ₃
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	50,8
Üleksit	NaCaB ₃ O ₆ .8H ₂ O	43,0
Tinkal/Boraks	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	36,5
Pandermit	Ca ₄ B ₁₀ O ₁₉ .7H ₂ O	49,8
Propertit	NaCaB ₃ O ₆ .5H ₂ O	49,6

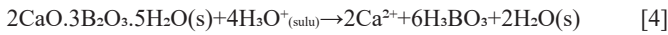
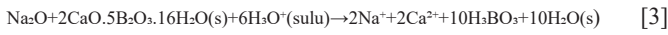
Genel olarak ham borun kazanım prensibi, boyut ufalama ve sınıflama işlemlerini kapsayan fiziksel kazanım yöntemlerine dayanmaktadır. Ham bor ürünlerinin yaygın isimlerinden bazıları; tinkal konsantresi, üleksit konsantresi, kolemanit konsantresi, öğütülmüş kolemanit olarak bilinirken, rafine ürünler ise; rafine/kalsine boraks pentahidrat, rafine/kalsine boraks dekahidrat, borik asit, susuz borik asit, sentetik/kalsine/rafine kolemanit, kalsine tinkal, kalsine üleksit gibi isimlerle bilinmektedir (3).

Rafine ürünlerden, özellikle Emet (Kütahya) ve Bandırma (Balıkesir) bölgelerinde kurulan borik asit tesislerinde, özellikle kolemanit cevherlerinin yüksek sıcaklıklarda (80-90 °C) sülfürik asitli çözeltilerde çözündürülerek, safsızlıkların ayrılması, süzülme, soğutulma, buharlaştırılma, kristallendirme ve kristallerin yıkanıp kurutulması gibi bir dizi işlemin ardından H₃BO₃ (borik asit) elde edilmektedir (10, 11).

Borik asit üretimi için kullanılan, H₂SO₄'in su ortamında çözünerek iyonlarına ayrılması iki aşamalı olarak aşağıda verilmiştir (11, 12, 13, 14) [1-2]:



İkinci reaksiyonun denge sabiti (2), $K_a = 0,012$ 'dir. Bu çözeltiliye üleksit (12, 13) [3] ve kolemanit mineralleri (14) [4] eklendiğinde aşağıdaki reaksiyonların gerçekleşeceği önerilmektedir:



Ca^{2+} konsantrasyonları, çözünürlük çarpımı (ürünü) (K_{çç}) tarafından belirlenen sınırlayıcı bir değere ulaştığında [5];

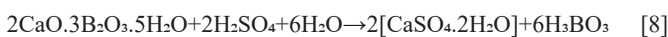
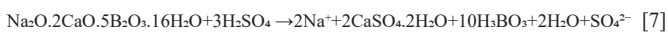


Sülfürik asidin 2. reaksiyonu [2] ile elde edilen iyon $[\text{SO}_4^{2-}]$ aşağıdaki reaksiyonu [6] oluşturmaktadır.



Böylece, katı bir çökelti elde edilir (12, 13, 14).

Nihai olarak; sülfürik asidin çözünme reaksiyonları, bor minerallerinden üleksit (12, 13) [7] ve kolemanit mineralleri (4, 10, 11, 14, 15, 16, 17) [8] için şu şekildedir:



Türkiye'de ham bor ürünlerinin kazanımı sonrasında yoğun miktarda ve yüksek tenörlü B₂O₃ içerikli atık, atık havuzlarında/ barajlarında biriktirmektedir. Bu sahaların 2001 yılındaki atık miktarı 2 milyon ton civarında iken (2), son zamanlarda Balıkesir/ Bigadiç bölgesinde tamamen dolmuş olan 4 adet atık havuzunun bu miktarı da geçtiği tahmin edilmektedir (11).

Bor atıklarının değerlendirilebilmesinde, son zamanlarda çok farklı yöntemler uygulanmakta olup, bunlar; atık içerisinde bulunan bor içeriklerinin geri kazanımı olabileceği gibi, atıktaki bulunan tüm/ diğer bor harici içeriklerin farklı sektörlerde kullanılmasına olanak sağlayacak şekilde de yapılabilir (2, 3, 18, 19, 20).

Bu çalışmada, 1980-95 yılları arasında Etimaden İşletmesinde ait olan Balıkesir/Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünde stoklanmış üleksit-kolemanit mineral içerikli ince tane boyutlu işlem görmüş olan şlam atıklarından bor içeriklerinin, sülfürik asit ortamında çözündürme işlemi uygulanarak kazanılabilmesi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Yöntemler

2.1. Cihazlar

Çalışmada, Etimaden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünün atık havuzlarından alınmış numuneler üzerine; müdürlük bünyesinde bulunan laboratuvarlarda; ilk numune ve işlem görmüş numuneler üzerine kimyasal analizler yapılmıştır.

Bu analizlerde XRF analizi Rigaku ZSX Primus cihazı ile yapılırken; B₂O₃ analizi için titrasyon uygulaması, gravimetrik yöntem ile LOI (lost of ignition: kızdırma/ateş kaybı) analizi ve tane boyut dağılımı analizi için Malvern Mastersizer 3000 markalı lazer kırınım yöntemi kullanılmıştır.

Deneyler; Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan Numune Hazırlama Laboratuvarında çeker ocak altında numunenin çözündürülmesi amacıyla, karıştırma işleminin gerçekleştirilebilmesi için ısıtıcı manyetik karıştırıcı ile yapılmıştır.

2.2. Reaktifler

Deneyler sırasında kullanılan asit; Tekkim (Türkiye) marka % 95-98'lik H₂SO₄ (sülfürik asit) olup, belirlenmiş % 7'lik katı oranında kullanılan saf su ile % 1, 2, 3, 3,7, 6,1 şeklinde seyreltilen asit çözeltiliye eklenerek çözündürme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

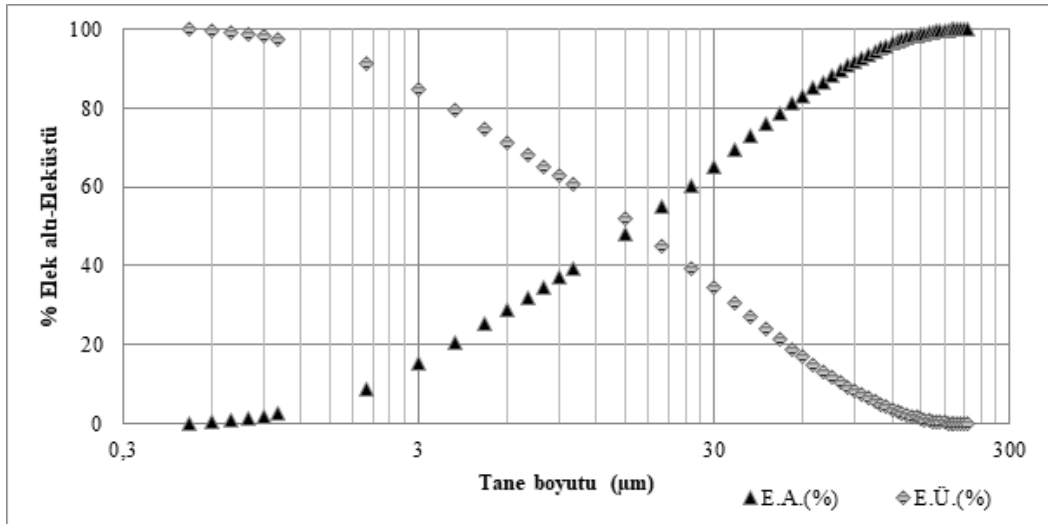
2.3. Numuneler

Çalışmada kullanılan numuneler Bigadiç (Balıkesir) atık havuzlarından alınmış 4 adet atık havuzunun miktarsal oranına göre yaklaşık olarak 60-65 kg civarında alınmış ve kurutulmuştur. Kurutulan numune harmanlanıp, konileme dörtlleme işlemleri ile yaklaşık 2 kg'luk numuneler şeklinde stoklanmıştır. Deneyler bu stoklanmış numunelerden tekrar bölme işlemi uygulanarak yaklaşık 100-120 g olacak şekilde ayrılarak yapılmıştır.

2.4. Çalışmada Kullanılan Yöntem

Deneyler, yukarıda belirtilen oranlarda seyreltilmiş asit çözeltileri kullanılarak, 1 saat süreyle, yaklaşık 60 °C sıcaklıkta, katı numune/ çözelti oranı % 7 olacak şekilde sabit tutularak karıştırılmış, çözelti ve katı kısım filtrasyon yöntemiyle ayrıştırılıp yıkandıktan sonra, katı kısım kurutulmuş ve katı-çözelti kısımları Etimaden Balıkesir Bigadiçte bulunan tesis analiz laboratuvarında analiz ettirilmiştir.

Katı numunelerin kimyasal analiz sonuçları; % 11,43 B₂O₃ içerikli ana cevher ve deney sonu katılarının % asit miktarına göre verilmiş olup, bu asit miktarı kodları sırasıyla D1 (% 1), D2 (% 2), D3 (% 3), D4 (% 3,7) ve D5 (% 6,1) olarak gösterilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarının, iki farklı grafik olarak verilmesinin nedeni, % içeriklerin şekillerden rahat okunması nedeniyle.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan ana numunenin tane boyut dağılımı (E.A.: Elek Altı, E.Ü.: Elek Üstü)

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Tane boyut dağılımı

Cevherin atık numune olması nedeniyle, elek analizi yapılmamış ve lazer kırınım yöntemi ile tane boyut dağılım cihazı kullanılarak analiz ettirilmiştir. Analiz sonuçları Şekil 1'de gösterildiği gibi % Elek Altı ve % Elek Üstü grafiği çizilmiştir. Tane boyut dağılım analizi sonuçlarına göre, numunenin % 90'ının ve % 50'sinin geçtiği Elek Altı (% E.A.) değerleri sırasıyla; d_{90} = 81,94 μ m, d_{50} = 16,49 μ m olarak belirlenmiştir.

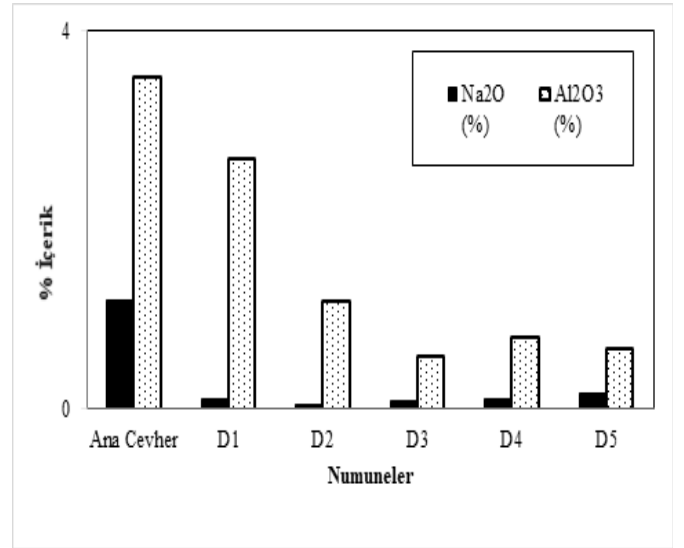
3.2. Çözündürme Sonuçları

İlk grafikte (Şekil 2) % Na₂O ve Al₂O₃ değerleri verilmiş olup, bu bileşiklerin ana cevher de %'leri yüksek iken (% 1 Na₂O ve % 3,5 Al₂O₃), liç işlemi sonrası her iki bileşikte çözünmüştür. D1 deneyinin % Al₂O₃ bileşiği tam çözünmediği diğer deney katılarında ise, % 1'in altına düştüğü, % Na₂O'nun ise % 0,05'e kadar düştüğü görülmektedir. Ayrıca kimyasal analizlerde % Na₂O'nun cevher içeriğinde bulunuyor olması, ana atık numune içerisinde üleksit mineralinin de olabileceğini göstermektedir.

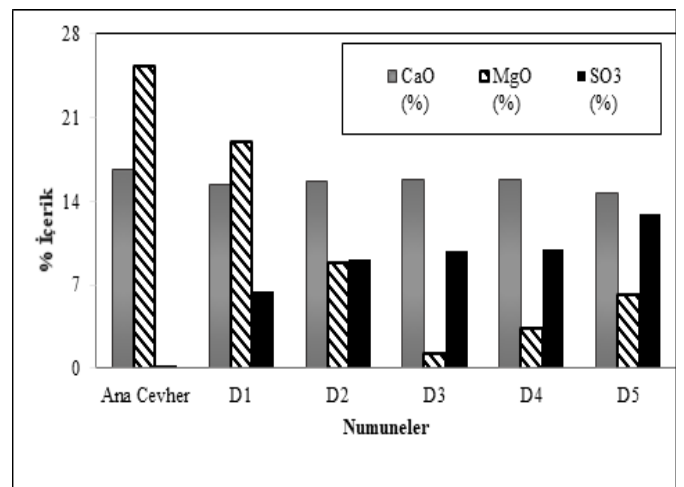
Şekil 3'te ise, aynı katıların % CaO-MgO ve SO₃ içerikleri verilmiş olup, bu bileşiklerden % CaO'nun çok fazla değişmediği görülmektedir. Bu durum, CaO'nun sülfürik asit çözündürme proseslerinde jipse dönüşerek CaSO₄ şeklinde çökmesine bağlı olmaktadır. % MgO bileşiğine bakıldığında, D3'te % 1, 29'a kadar düştüğü tespit edilmiştir. Ana cevherde % SO₃ tam olarak tespit edilmezken, deney sonu atık numunelerinde asit miktarı artışı ile doğru orantılı olarak artmaktadır.

3.3. Verim Sonuçları

Farklı sülfürik asit miktarlarının bor atıkları içerisindeki % B₂O₃ içeriğine etkisinin incelendiği bu deneylerde, elde edilmiş olan katı atık ve sıvı konsantrenin analizleri farklı şekillerde değerlendirilmiş ve toplam verim hesaplanmıştır. Katı analiz sonuçlarında % B₂O₃, sıvı konsantrelerde ise, sadece B (ppm) elementi olarak sonuçlar elde edilmiş ve bu iki sonuca göre hesaplanan % B₂O₃ Verimleri Şekil 4'te gösterilmiştir. Deneyler sonucunda, % 96 civarında % B₂O₃ Verimi ile D2 (% 2) ve D4 (% 3,7) deneylerinden kazanımlar elde edilmiştir. En düşük % B₂O₃ Veriminin % 82 ile % 6,1 asit oranı ile yapılmış D5 deneyinden elde edilmiş olması, asit miktarının etkinliğinin % 3,7 kadar olumlu sonuç verdiğinin



Şekil 2. Ana cevher ve deney sonucu katıların kimyasal analiz sonucu 1 (% Na₂O - Al₂O₃)



Şekil 3. Ana cevher ve deney sonucu katıların kimyasal analiz sonucu 2 (% CaO - % MgO ve % SO₃)

daha yüksek asit oranının ise % B_2O_3 Verimine olumsuz etki ettiğini göstermektedir. Bu durum, belirli bir asit konsantrasyonundan sonra tepkimenin gerçekleşmediğini veya sülfürik asit tepkimelerindeki reaksiyonun tersinir olma ihtimaliyle bağlantılı olarak işlemin gerçekleşmediğini düşündürmektedir.

Bu çalışmanın, aynı numune üzerine daha önce yapılmış yığın liçi deneyi ile kıyaslandığında, % B_2O_3 Veriminin 15-17 civarında artmış olduğu belirlenmiştir (11).

Deneylerin % 7 katı oranında yapılmış olması olumsuz gibi görülsede, 1 saat gibi kısa bir sürede % 90'ın üzerinde % B_2O_3 Verimleriyle elde ediliyor olması olumlu bir çıktı olup, gerek Bigadiç atıklarına gerekse Türkiye'deki diğer bor tesisi atıklarına uygulanması açısından önem arz etmektedir. Böylece söz konusu atıklar içerisindeki bor içeriğinin elde edilmesi ve geri kalan içeriğin farklı sektörlerde kullanılabilirliği ve/veya açık işletmeye geri beslenmesi gibi değerlendirme olanakları mümkün olacaktır.

Bor tesislerinden üretimin başladığı yıllardan bu yana atık havuzları/barajlarında biriktirilmiş olan atıklardan borik asit gibi rafine ürünlerin elde edilebilir olması, ek gelir sağlamasının yanı sıra, söz konusu havuz/barajların yer problemini, atıklardaki bor ve diğer içeriklerin çevre sorunlarını da giderebilecektir (11, 21, 22).

Bigadiç şlam atıkları üzerine yapılmış literatür çalışmalarında genellikle flotasyon çalışmaları olumlu sonuçlar vermiş olup, çözündürme işlemleri ile kazanım konusunda bilgiye ulaşamamıştır (23, 24). Sülfürik asitin ucuz bir reaktif olması, düşük asit konsantrasyonlarının kullanılması, sıcaklığın borik asit tesislerine göre (80 °C civarında) düşük oluşu, düşük sürede yüksek verimlerle kazanımı gibi nedenler çalışmanın başarısını ortaya koyarken, düşük katı oranlarında çalışılması ve yoğun kil içeriği nedeniyle borik asit tesislerine doğrudan beslenememesi dezavantajlarını oluşturmaktadır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmanın sonucunda, sülfürik asidin Balıkesir/Bigadiç üleksit-kolemanit içerikli atıklara etkinliği araştırılmış olup, % 82-96 verimlerle borik asit (H_3BO_3) kazanımları söz konusu olmuştur.

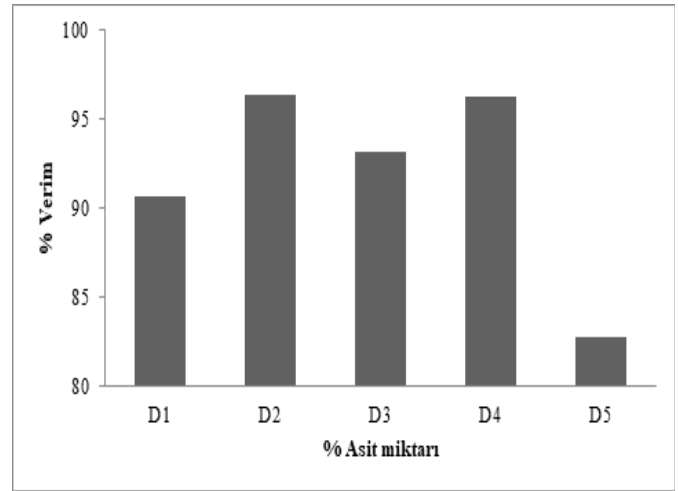
Deneylerin; 1 saat gibi kısa bir sürede, düşük asit konsantrasyonları ile elde edilmiş olması atıklar içerisindeki % B_2O_3 'ün kazanılarak, geri kalanının farklı sektörlerde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu değerlendirme ile beraber, çözündürme işleminden kazanılacak borik asit işlemin ekonomik katkısıdır.

Çalışmanın diğer bir olumlu sonucu ise; atık havuzlarının yer sorunları ve bor atık içeriğinin çevresel sorunları gibi pek çok konuya da çözüm getirebilmesidir.

Tüm bu değerlendirmeler ışığında, söz konusu çalışmanın, araştırmacılara katkı sağlayacağı düşüncesindeyim.

Teşekkür

Numune temini, ön hazırlık işlemleri, ana numune ve tüm atıkların analizlerinde vermiş oldukları katkılar nedeniyle Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü'ne teşekkürü borç bilirim.



Şekil 4. Asit miktarlarına göre % Verim grafiği

Kaynaklar

- Kılınc, E., Mordoğan, H., ve Tanrıverdi, M., Türkiye bor minerallerin önemi potansiyeli üretimi ekonomisi, 4 Endüstriyel Hammaddeler Sempozyum, 18-19 Ekim 2001, İzmir, 226-235.
- Kılıç, A.M., Kılıç, Ö., Andaç, İ., Çelik, A.G., Düşük tenörlü borların sektörel alanda kullanım olanaklarının araştırılması, 4 Uluslararası Bor Sempozyumu, 2009, 35-42 Eskişehir, Türkiye.
- Güyağüler, T., Türkiye bor potansiyeli, 4 Endüstriyel Hammaddeler, 2001, 18-27, İzmir, Türkiye.
- Bilal, C., Kolemanitin sülfürik asit ile reaksiyon kinetiğinin incelenmesi, 2003, Yüksek Lisans Tezi, FBE, İTÜ, İstanbul.
- Helvacı, C., Türkiye borat yatakları: jeolojik konumu, ekonomik önemi ve borpolitikasiminerallerinin işletme, zenginleştirme ve pazarlamasorunları, 2004, 11-27, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, Türkiye.
- Arslan, V., Bayat, O., Kolemanit cevherinden oksalik asit liçi ile borik asit eldesi (Production of boric acid from colemanite ore by oxalic acid leaching), *Yer Altı Kaynakları Dergisi (Journal of Underground Resources)*, 2016, 11-20, 5, 10.
- Helvacı, C., Borate Deposits: An overview and future forecast with regard to mineral deposits, *BORON 2* (2), 2017, 59 – 70.
- Gülsoy, Ö. Ergün, L. Can, M. Mergen, A., Ergül, T. Aydın, T., Bigadiç bor konsantratörü için alternatif zenginleştirme yöntemi, 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, 2006, 307-313, 2-4 Kasım 2006, Ankara Türkiye.
- Helvacı, C., Bor madencilğinde işletme, zenginleştirme ve pazarlama sorunları, 2006, 559-571, 3. Uluslararası Bor Sempozyumu, 2-4 Kasım 2006, Ankara Türkiye.
- Kalafatoğlu, İ.E., Örs, N., Özdemir, S.S., Hisarcık kolemanitinin sülfürik asitle çözünme davranışı, IV. Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, 2000, 263-268, İstanbul, Türkiye.
- Yagurtcuoglu, E. ve Dalgali, O., Bigadiç kolemanit ve üleksit şlam atıklarının yığın liçi ile değerlendirilmesi, Uluslararası Bor Sempozyumu, 2019, 102-106, Nevşehir, Türkiye.
- Tunç, M., Yapici, S., Kocakerim, M., Yartasi, A., The dissolution kinetics of ulexite in sulphuric acid solutions, 4. Uluslararası Bor Sempozyumu, IBS09, Eskişehir, 2009.
- Gür, A. ve Selçuk, A., Studies on dissolution mechanism of ulexite in sulphuric acid, *Asian Journal of Chemistry*, 2007, 19, 5, 3345-3352.
- Gür, A., Dissolution mechanism of colemanite in sulphuric acid solutions, *Korean J. Chem. Eng.*, (short communication), 2007, 24(4), 588-591.
- Çelikoyan, B.K., Bulutcu, A.N., Kolemanitten yeni bir yöntemle borik asit üretim prosesinin geliştirilmesi, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, 2010, 9, 2, 15-26, 2010.
- İpeksever, S., Yalçın, A., Gönen, M., Extraction of boric acid from ulexite mineral by supercritical CO₂, 12. International Symposium on Supercritical Fluids, 2018, 219-227, Fransa.
- Olufemi, A.S., Azeez, M.A., Olayebi, O.O. Process intensification

- of colemanite leaching using sulfuric acid in a batch reactor, *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2016, 4, 4, ISSN 2091-2730, 149 www.ijergs.org.
18. Bentli, İ., Özdemir, O., Çelik, M.S., Ediz, N., Bor atıkları ve değerlendirme stratejileri, I. Uluslararası Bor Sempozyumu Kitabı, 2002, 250-255.
 19. Oruç, F., Sabah, E. ve Erkan, Z. E., Türkiye’de Bor atıklarını sektörel bazda değerlendirme stratejileri, II. Uluslararası Bor Sempozyumu, 2004, 385-393, Eskişehir, Türkiye.
 20. Sabah, E. ve Şapçı, F.O., Bor atıklarının değerlendirilmesine yönelik Türkiye’de yapılan bilimsel araştırmalar, Bor Çalıştay, 2004, Zonguldak, Türkiye.
 21. Batar, T., Bayça, S., Solak, Ö., Sayın, E., Can, E., Kahraman, B., Bor cevheri ve atıklarının seramik duvar karosu yapısında etkileri, 6. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 2007, 328-333, İzmir.
 22. Sayın, E., Batar, T., Solak, Ö., Yamık, A., Tufan, M. B., Tinkal cevheri ve bor atıklarının seramik yapıstırıcısı ve su yalıtım harcında kullanımı, 6. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 2007, 428-437, İzmir.
 23. Bentli, İ., Özdemir, O., Çelik, M.S. ve Ediz, N., Bor Atıkları ve Değerlendirilme Stratejileri, I.Uluslararası Bor Sempozyumu, Ed Erarslan, Kütahya, 250-258 3-4 Ekim, 2002.
 24. Göktepe, F., Bigadiç bor atıklarının flotasyonla zenginleştirilebilirliğinin ön araştırması, II.Uluslararası Bor Sempozyumu, 23-25 Eylül 2004 Eskişehir Türkiye.

Note: This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution regulations with the licence type “Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND 4.0)”, which, for non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.