



**OLTU TAŞI ATIKLARININ GERİ KAZANIMI
İÇİN SAFSIZLIKLARINDAN ARINDIRILMASI
VE İYİLEŞTİRİLMESİ**

Ümit Bora AKBULAK

**Yüksek Lisans Tezi
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı
2021
(Her hakkı saklıdır.)**

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
METALÜRJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**OLTU TAŞI ATIKLARININ GERİ KAZANIMI İÇİN SAFSIZLIKTARINDAN
ARINDIRILMASI VE İYİLEŞTİRİLMESİ**
(Purification and Recovery of Oltu Stone Wastes)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümit Bora AKBULAK

Danışman: Gülşen TOZSİN

Erzurum
Mayıs 2021

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**OLTU TAŞI ATIKLARININ GERİ KAZANIMI İÇİN SAFSIZLIKLARINDAN
ARINDIRILMASI VE İYİLEŞTİRİLMESİ**

Doç. Dr. Gülşen TOZSİN danışmanlığında, Ümit Bora AKBULAK tarafından hazırlanan bu çalışma, 27/05/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Malzeme Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Ali İhsan AROL <i>Orta Doğu Teknik Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Doç. Dr. Gülşen TOZSİN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Dr. Öğr. Ü. Güzide Meltem LÜLE ŞENÖZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Yönetim
Kurulunun/.../.... tarih
ve sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Aslı ıslak imzalıdır

Enstitü Müdürü

Bu çalışma KUDAKA projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: TRA1/18/YKG/0011

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**Graduate School of Natural and
Applied Sciences**TEZ BENZERLİK ORANI BEYAN FORMU¹**

Öğrencinin Adı ve Soyadı	Ümit Bora Akbulak
Öğrencinin Numarası	18043401007
Ana Bilim Dalı	Metaller & Malzeme Mühendisliği
Bilim Dalı	Malzeme
Öğrencinin Kayıtlı Olduğu Program Türü	Yüksek Lisans

Yukarıda bilgileri verilen tezin intihal tespit yazılımıyla (Turnitin) yapılan tarama sonucunda elde edilen benzerlik oranları aşağıdaki gibidir. Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	4	30
Kuramsal Temeller	3	30
Materyal ve Yöntem	7	35
Bulgular	0	20
Tartışma	0	20
Tezin Geneli	2	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Ümit Bora Akbulak	Doç. Dr. Gülşen Tozsın
27.5.2021	27.5.2021
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

¹ Bu form bilgisayar ortamında doldurulmalı, çıktısı imzalanıp Tez Savunması Jüri Öneri Formu'yla birlikte Ana Bilim Dalı Başkanlığı aracılığıyla ÜBYS üzerinden Enstitüye iletilmelidir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam KUDAKA: TRA1/18/YKG/0011 numaralı ‘Oltu Taşı Atıklarının Geri Kazanım Yoluyla Ürüne Dönüştürülmesi; Mamul Oltu Taşı Üretilmesi’ Projesi altında gerçekleştirilmiş olup; bu çalışmam sırasında her zaman yanımda olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Gülşen Tozsın’e, tez çalışması esnasında bana yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ali İhsan Arol ve Sayın Abdülvahit Torun’a ve deneysel çalışmalarda yardımını esirgemeyen Raheel Bawani’ ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca beni yetiştiren ve bugünlere gelmemi sağlayan, her zaman yanımda olan aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ümit Bora AKBULAK



ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OLTU TAŞI ATIKLARININ GERİ KAZANIMI İÇİN SAFSIZLIKLARINDAN ARINDIRILMASI VE İYİLEŞTİRİLMESİ

Ümit Bora AKBULAK

Danışman: Doç. Dr. Gülşen TOZSİN

Amaç: Oltu Taşının hem ocaktan çıkarılması esnasında hem de atölyelerde işlenmesi sırasında büyük çoğunluğunun atık olarak ortaya çıktığı yalnızca çok küçük bir oranının ürüne dönüştüğü bilinmektedir. Bu tez çalışması kapsamında; Oltu Taşı çıkartılması ve işlenmesi esnasında ortaya çıkan, miktarı oldukça yüksek olan atıkların atıl biçimde durmasının önüne geçerek, atıkları tekrar kullanıma uygun hale getirmek için safsızlıklarından arındırmak ve orijinal (ham) Oltu Taşı kalitesine oldukça yakın bir ürün elde etmek için iyileştirmek amaçlanmıştır.

Yöntem: Tez çalışmasında Elek Analizi, Kül Tayini ve Yüzdürme Batırma Testi uygulanmıştır. Atölyelerden ve ocaklardan toplanan atıklara ilk önce elek analizi uygulanmış ve sınıflandırılarak fraksiyonlara ayrılmıştır. Fraksiyonlar tek tek yıkanarak safsızlıklarından arındırılmış, ardından kül tayini ve yüzdürme batırma testleri uygulanmıştır.

Bulgular: Yapılan çalışmalar sonucunda Oltu Taşı atıklarını safsızlıklarından arındırıldıktan sonra yapılan kül testi sonucunda ham Oltu Taşı gibi özellikler gösterdiği saptanmıştır. Böylelikle atıkların mamul Oltu Taşı yapımında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Sonuç: Oltu Taşı atıkları atıl durumdan çıkarılıp safsızlıklarından arındırıldıktan ve iyileştirme işlemlerinden geçirildikten sonra ürün haline getirilip kullanılan Oltu Taşı parçalarıyla aynı özellikleri göstermektedir. Bu sebeple, Oltu Taşı atıklarının mamul yapımında ürün özelliklerini kaybetmeden kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Oltu Taşı atıkları, Oltu Taşı atıklarının arındırılması, Oltu Taşı atıklarının yüzeyinin temizlenmesi

Mayıs 2021, 52 sayfa

ABSTRACT

MASTER THESIS

PURIFICATION AND RECOVERY OF OLTU STONE WASTES

Ümit Bora AKBULAK

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Gülşen TOZSİN

Purpose: It is known that the vast majority of the Oltu Stone is produced as waste both during the extraction from the quarry and workshop during the processing of stones and only a very small proportion turns into products. Within the scope of this study, it is aimed to prevent the release of wastes, which are produced during the extraction and processing of Oltu Stone and to purify the wastes from impurities in order to make them suitable for re-use and to improve them in order to obtain a product that is very close to the quality of the pure Oltu Stone.

Method: Sieve Analysis, Ash Determination and Sink-Float Tests were applied in the thesis study. Waste collected from workshop and quarries was first applied with sieve analysis and classified and divided into fractions. Fractions were washed one by one, purified from impurities and improved quality, and then ash determination and sink-float tests were applied.

Findings: As a result of the studies, it has been determined that after the Oltu Stone wastes are purified from its impurities, it has features such as raw Oltu Stone used in making the same product. Thus, it has been determined that its waste can be used in the production of Oltu Stone products.

Results: After the Oltu Stone wastes are purified from their impurities, they show the same properties as the Oltu Stone pieces used in product. For this reason, it is thought that Oltu Stone wastes can be used in making products without losing their properties.

Keywords: Oltu stone waste, waste purification, surface cleaning, sink-float test

May 2021, 52 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
GİRİŞ.....	1
Genel Bilgiler	1
Çalışmanın Gerekçesi.....	2
Çalışmanın Amacı.....	3
Çalışmanın Hedefleri	3
KURAMSAL TEMELLER.....	5
Oltu Taşının Tanımı	5
Dünya Genelindeki Önemli Kehribar (Amber) Yatakları.....	6
Türkiye’de Oltu Taşı (kara kehribar) Çıkarılan Bölge.....	6
Oltu Taşı Çıkarma Yöntemleri.....	7
Oltu Taşından Mamul Oluşturma Yöntemleri	8
Oltu Taşı Ocaktan Çıkarılırken Ortaya Çıkan Atıklar	9
Atölyelerde Mamul Oluşturma Esnasında Ortaya Çıkan Atıklar	9
MATERYAL VE METOT.....	11
Atığın Ayrıştırılması	11
Elek Analizi.....	11
Elek analiziyle ilgili terimler.....	13
Kül Tayini	13
Kül yüzdesi hesabı	14
Yüzdürme Batırma Testi	15
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	16
Atığın Ayrıştırılması ve Elek Analizi	16
Karışık atölye atığından numune hazırlama.....	16
Ocak önü atığından numune hazırlama.....	17
Numuneleri Suda Bekletme ve Yıkama	18

Atölye Atığının Tamamının Yıkanması ve Kurutulması	20
Kül Analizi ve Yüzdürme Batırma Testi	22
Numuneleri ayırıcıdan geçirme ve kül analizi için ön hazırlık	22
Yüzdürme batırma testi ve kül analizi (-10+5mm)	25
Numunenin Ayırıştırılması ve Elek Analizi Sonuçları	31
Suda Bekletilen ve Yıkanan Numunelerden Elde Edilen Sonuçlar	32
Kül Analizi Sonuçları.....	34
Yüzdürme batırma sonrası kül analizi.....	34
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ.....	40



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Oltu Taşının fiziksel ve kimyasal özellikleri	5
Tablo 2. Elekten geçirilen temsili numunelerin ağırlıkları ve oranları	17
Tablo 3. Elekten geçirilen numunelerin ağırlıkları ve oranları (Ocak önu atığı).....	18
Tablo 4. Suya bırakılan numune ağırlıkları ve her numune için kullanılan su miktarı.	19
Tablo 5. Yıkamış, kurumuş ve paketlenmiş numune ağırlıkları ve oranları.....	21
Tablo 6. Fırına konulan numuneler ve bütün fraksiyonlar için kül analizi.....	24
Tablo 7. Yüzdürme batırma testine tabi tutulan fraksiyonlar.	26
Tablo 8. Numune isimlendirme tablosu.....	28
Tablo 9. Numuneler ve kuru ağırlıkları.	29
Tablo 10. Yüzdürme batırma testinden sonraki kül analizi	30

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ham Oltu Taşından elde edilen en yaygın ürün olan tespih	2
Şekil 2. Önemli kehribar yataklarına ait dünya haritası (1) Baltık Kehribarı Bölgesi, (2) Dominik Kehribarı Bölgesi	6
Şekil 3. Oltu Taşı çıkarılan bölgenin topoğrafik haritası.	7
Şekil 4. Geleneksel Oltu Taşı madenciliğine ait ocak önü fotoğrafları.....	8
Şekil 5. Geleneksel Oltu Taşından mamul oluşturma yöntemlerine ait fotoğraf.	9
Şekil 6. Paketlenerek kenara ayrılan numuneler.	11
Şekil 7. Standart elek ve elek setlerini yerleştirildiği titreşimli elek makinesi.	12
Şekil 8. Kül analizlerinde kullanılan standart bir kül fırını.	14
Şekil 9. Kül fırına krozelerle birlikte konulmuş malzeme (solda), yakılmış malzeme ve her krozedeki farklı kül miktarları (sağda).	14
Şekil 10. Atölye atığının elekler yardımıyla ayrıştırılması	17
Şekil 11. Ocak önü atığının elekler yardımıyla ayrıştırılması.....	18
Şekil 12. Suda 24 saat bekletilen numuneler (solda) ve yıkandıktan sonra kontrol için suya bırakılan numuneler (sağda).	19
Şekil 13. Sudan çıkarılan ve yıkanan örnek numune grubu (-10+5mm) ve yıkanmış yaş malzemeleri kurutmak için kullanılan fırın.....	20
Şekil 14. Kurutma fırını ve kurutulmuş numuneler.	20
Şekil 15. Atıkların tekrardan hammadde olarak kullanılması için gerçekleştirilen ön hazırlık aşamaları	22
Şekil 16. Temsili numune alınması için kullanılan ayırıcı	22
Şekil 17. Merdaneli kırıcı.....	23
Şekil 18. Malzeme boyutunu küçültmek için kullanılan bilyeli (soldaki) ve halkalı öğütücü (sağdaki).....	23
Şekil 19. Toz haline getirilmiş (soldaki) ve kül analizi gerçekleştirilecek krozeler içindeki malzeme (sağdaki)	24
Şekil 20. Kül analizi için numune hazırlanması.....	25
Şekil 21. Yüzdürme batırma testi uygulanan numune.	26
Şekil 22. Yüzdürme batırma için hazırlanan çözeltiler (soldaki) ve test sonrası malzeme filtreleme işlemi (sağdaki).	27
Şekil 23. Yüzdürme batırma testi akış şeması.....	27
Şekil 24. Yüzdürme batırma testinden sonra kül analizi için kurutulan malzemeler.....	28
Şekil 25. Kül analizinden önce (soldaki) ve sonra (sağdaki) krozeler içindeki malzeme.....	31

Şekil 26. Elek analizi sonucu elde edilen numune gruplarının % dağılımı (Atölye atığı).	32
Şekil 27. Ocak önu atığı analiz numunesi oransal dağılımı.	32
Şekil 28. 24 saat sonunda çökelen malzemenin görüntüsü (kum ve kil taşı gibi yabancı inorganik maddeler).	33
Şekil 29. Farklı fraksiyonlardaki Oltu Taşı parçacıklarının yıkandıktan sonraki görüntüsü ...	33
Şekil 30. Bütün fraksiyonlar için kül analizi	34
Şekil 31. Yüzdürme batırma sonrası kül analizi.	35



GİRİŞ

Genel Bilgiler

Oltu Taşı ağaç fosillerinden oluşmuş, siyaha yakın koyu kahverengi parlak “Amber” sınıfından yarı değerli taş türüdür. Asıl adı kehribar olan taşın adı Farsça’ dan gelme olup kâh (saman) ve ruba (tutan) kelimelerinden oluşmuştur. Bu isim sürtündüğünde elektriklenen malzemeler için kullanılmıştır. Oltu Taşı adı ise bölge halkı tarafından taşın verilen yerel bir addır (Toprak, 2013). Türkçe’ de Oltu Taşı olarak bilinen; “Kara Kehribar”, “Sengi-Musa” ismiyle de anılmış olup, yabancı kaynaklarda ise “Black Amber”, “Gagat”, “Jayet”, “Jet” isimleriyle anılmaktadır. Oltu Taşı; “Bir nevi metamorfizmaya uğramış linyit”, “Bitümce zengin kompakt bir maden (mineral)”, “Nebat ziftinin karbonlaşmasından ibaret mineral” şeklinde tanımlanmıştır (Alparslan, 2009). NMR Spektroskopisi de gerçekleştirilen Kehribarın fosillerden ortaya çıktığı ve oluştuğu ayrıca organik yapıda olduğu kanıtlanmıştır (Lambert & Pionar, 2002). Erzurum’un Oltu ilçesinde ve çevresinde çıkan Oltu Taşı 18. yy’ dan itibaren çıkarılmaktadır. Kilitaşı ve kumtaşıyla birlikte 0,2 ile 75 mm kalınlıkta mercekler halinde oluşmuş yapılardır. Yapılan araştırmalara göre oluşan bu mercekler bölgeyi etkileyen tektonik deformasyonlar nedeniyle, ana kayaya paralel biçimde kıvrımlı ve kırıklı yapılar halinde bulunmaktadır (Kalkan, 2012). Karbon oranı yüksek olan Oltu Taşı linyit kömürüne benzerlik göstermektedir. Oltu Taşını çıkarmak için özel el aletleri kullanılmaktadır ve çıkarma işlemi oldukça zahmetlidir. Toprak altından çıkarıldıktan sonra başlangıçta kolayca işlenebilecek şekilde yumuşaktır, havayla temas ettikçe sertleşmektedir, işlendikçe veya dokundukça parlayan aynı zamanda siyaha yakın kahverengidir. Sürtündüğünde elektriklenebilme özelliği gösterir, yakacak olarak da kullanılabilir. Oltu bölgesinde 300’den fazla maden olduğu bilinmektedir, dünya literatüründe yarı değerli taş olarak da kabul edilmektedir (Bilgin, 2019).

Oltu Taşı çıkarıldıktan sonra takı yapımında (bileklik, kolye, yüzük, küpe), tespih yapımında ve çeşitli eşyalarda süs taşı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca araştırmalar sonucunda Oltu Taşı üzerine gümüş ve altın işlemeciliği de yapıldığı görülmüştür (Alparslan, 2010). Farklı araç gereçlerin süslemelerinde de kullanılmaktadır fakat en yaygın kullanımı tespih yapımıdır (Şekil 1).



Şekil 1. Ham Oltu Taşından elde edilen en yaygın ürün olan tespîh

Günümüzde Oltu Taşı çıkarılırken hem çıkarma esnasında hem de işlenirken işleme esnasında, toplamda %90'a yakın oranlarda atık ortaya çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu atıklar değerlendirilmemektedir. Oltu Taşı işlemeciliği kültürünün de azalması ve yeni neslin bu kültüre ilgisizliği sebebiyle, gerçekleştirilen değer analizi sonucunda da görülmüştür ki yabancı taşlar (Gürcü, Rus taşları) sektöre girmektedir ve Oltu Taşı kültürü ve sektörü giderek yok olmaktadır (Toy ve ark., 2016). Yapılan araştırmalara göre de bu tip taşlar ülkemizde oldukça fazla çıkmasına rağmen, gerek pazarlama aşamasında gerekse hammaddenin doğru kullanılamaması Oltu Taşı sektörünü bitiren en önemli sebeplerinden ikisidir (Babalık, 2009). Oltu Taşının ocaktan çıkarılması ve işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilmesi sektöre yeni bir hammadde kaynağı oluşturacaktır. Topraktan çıkarılan hammadde sayesinde oluşan sektör gibi atıklardan da hammadde elde edilmesi, yeni bir sektörün ortaya çıkmasına sebep olacaktır.

Çalışmanın Gerekçesi

Oltu Taşı çıkarılması esnasında ve işlendikten sonra ortaya çıkan atıklar değerlendirilememektedir. Atıklar doğaya bırakılmakta veya atölyelerin depolarında tutulmaktadır (Tozsın ve ark., 2020). Ayrıca Oltu Taşı çıkarma ve işleme geleneğinin yeni nesle aktarılamamasına bağlı olarak yeni neslinde ilgisi azalmaktadır. Doğal kaynakların tükenmesi ve yok olmaya başlayan kültüründe etkisiyle hammadde sektörü daralmaktadır. 2013 yılında yapılan çalışmalara göre de sektörünün daralması piyasaya yurt dışından ithal alternatif taşların girmesine sebebiyet vermektedir (Çil, 2013). Ayrıca yurt dışından ithal edilen bu taşlar (Gürcü ve Rus taşı) Oltu Taşı sektörünü de baltalamaktadır (Kocaman, 2011).

Bu çalışmanın gerekçesi aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

1. Oltu Taşı çıkarma esnasında ve atölyelerde işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıkların değerlendirilememesi.
2. Oltu Taşı çıkarma ve işleme geleneğinin zamanla yok olması ve yeni nesil tarafından ilgi görmemesi.
3. Oltu Taşı sektörünün daralması.
4. Yabancı taşların (Gürcü, Rus) sektöre girerek zamanla Oltu Taşının yerini alması.
5. Bölgesel ve geleneksel Oltu Taşı kültürünün yok olmaya başlaması.
6. Oltu Taşı yeraltı kaynaklarının giderek azalması.

Çalışmanın Amacı

İnce damarlar halinde bulunan Oltu Taşının ocaktan çıkarılması esnasında ve atölyelerde işlenmesi sırasında atıklar ortaya çıkmaktadır. Ocaktan ve atölyelerden çıkan atıkların değerlendirilmesi ve tekrardan hammadde olarak kullanılabilmesi için ön hazırlık yapılması, Oltu Taşının safsızlıklarından arındırılması ve mamul olarak kullanılacak hammadde kalitesine getirilmesi gerekmektedir. Böylece azalan kaynaklara ve daralan Oltu Taşı sektörüne ek kaynak oluşturmak mümkün olacaktır (Tozsın ve ark., 2020).

Aşağıda çalışmanın amacı maddeler halinde özetlenmiştir:

1. Ocaktan ham Oltu Taşının çıkarılması esnasında ortaya çıkan atıkların ve kayıpların tekrardan sektörde hammadde olarak değerlendirilmesi için ön hazırlık.
2. Atölyelerde hammaddeden mamul elde edilmesi sırasında ortaya çıkan işleme atıklarının tekrardan mamul üretiminde kullanılabilmesi için ön hazırlık.
3. Oltu Taşının atıklarının safsızlıklarından arındırılması ve mamul olarak kullanılacak hammadde kalitesine getirilmesi.

Çalışmanın Hedefleri

Bu tez çalışmasında; ocaklardan ve atölyelerden çıkan Oltu Taşı atıklarının belirlenen uygun yöntemlerle toplanması, toplanan atıkların ayrıştırılarak ve safsızlıklarından arındırılarak yine uygun yöntemlerle iyileştirilmesi, iyileştirilen Oltu Taşı atıklarının yeni üretilecek ürünlere kaynak oluşturulması hedeflenmiştir.

Pazarda geniş yer tutan Gürcü taşı ve muadillerinin yerini güçlü bir hammadde kaynağı olan Oltu Taşı ürünlerinin alması sağlanacak ayrıca atıkların iyileştirilmesi sırasında yeni teknolojiler ve yöntemler geliştirilecektir. Böylece atıklardan hammadde elde etme konusunda ilerledikçe daha pratik ve üretim hacmi daha büyük olan yöntemler oluşturulacaktır.

Aşağıda çalışmanın hedefleri maddeler halinde verilmiştir:

1. Atık türlerinin sınıflandırılması: Ocak ve atölyelerde üç temel atık çeşidi bulunmaktadır. Bunlar; çıkarma esnasında ortaya çıkan atıklar, seçme ve eleme sırasında çıkan atıklar, atölyede ortaya çıkan seçme/işleme atıkları. Bu atıkların fiziksel ve kimyasal durumlarına göre sınıfları ve özellikleri belirlenecektir.
2. Atık türlerine göre iyileştirme: Atıkların toplandığı koşullar değerlendirilecek, atık karakterlerine göre yöntemler geliştirilecek, Oltu Taşı atıklarındaki safsızlıklar fiziksel ve kimyasal aşamalardan geçirilerek giderilecek ve üretiminde kullanılan hammaddeye en yakın ürünler elde edilecektir.



KURAMSAL TEMELLER

Oltu Taşının Tanımı

Oltu Taşı 30-150 milyon yıl önce reçine bakımından zengin ağaçların fosillerinin uzun yıllar boyunca toprak altında basınç altında kalmasıyla oluşmuş koyu kahverengi, siyaha yakın bir renktedir. Toprak altında çıkarılırken yumuşak ve işlemeye elverişli havayla temas ettikçe sertleşen bir yapıya sahiptir, ayrıca herhangi bir yüzeye sürtündüğünde elektriklenme özelliği de gösterir. Toprak altında ince damarlar şeklinde bulunur böylelikle işlenirken çok büyük taneli mamuller elde edilemez fakat kolayca parlatılabilir. Özkütlesi $1,25\text{g/cm}^3$ olan Oltu Taşı organik bir yapıdadır ve 300°C 'de yanmaya başlamaktadır (Kınacı, 2013). Tablo 1'de Oltu Taşının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirtilmiştir.

Tablo 1. Oltu Taşının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Kalkan, 2012)

Bileşenler	
Kimyasal yapı	$\text{C}_{10}\text{H}_{160}$ kehribar asidi
Kristal sistem	Amorf
Sertlik Derecesi	3 mohs
Öz kütle (g/cm^3)	1,5
Karbon oranı	78
H_2 (%)	6,72
O_2 (%)	0,9
Kül (%)	0,3
Uçucu madde (%)	45,35 (Bochmer), 51,73 (ASTM)
Nem (%)	2,18
Kalori (K.cal/g)	8064
Bağıl Yoğunluk	1,26

Kimyasal özellikler bakımından yüksek karbon içeren Oltu Taşı yöre halkı tarafından yakacak olarak da kullanılabilir. Yapısında yüksek karbon ve oksijen bulunduran Oltu Taşında düşük oranda Al, S, K ve Ca içerikleri de bulunmaktadır (Bilgin, 2019).

Dünya Genelindeki Önemli Kehribar (Amber) Yatakları

Dünya genelinde çıkan kehribar (amber) taşlarının oluşum şekli ve organik yapıda olması gibi ortak özelliklerinin yanında kendilerine has özellikleri de vardır. Farklı bölgelerde oluşan kehribarların renkleri birbirinden farklı olabilmektedir. Kara kehribarın rengi koyu kahverengi iken diğer kehribarların farklı renkleri mevcuttur (Caldararo ve ark., 2013).

Kehribar, Erzurum dışında dünyanın farklı bölgelerinde de çıkmaktadır. Jet taşı olarak bilinenleri (Whitby ve Kimmeridge) İngiltere ve İspanya'da bulunmaktadır (Watts ve ark., 1997). Diğer bilinenler ise, Dominik Cumhuriyeti bölgesinde (Dominik Cumhuriyeti, Küba, Trinidad, Büyük Antil) çıkan Dominik Kehribarı ve Baltık Denizi çevresinde (Almanya, Danimarka, İsveç, Polonya, Rusya, Litvanya, Estonya) çıkan Baltık Kehribarıdır (Şekil 2) (Wagner-Wysiecka, 2018). Baltık Kehribarı dünyada bilinen önemli kehribar türlerinden biridir ve yapılan çalışmalar neticesinde Oltu Taşına yakın fiziksel ve kimyasal özellikleri olduğu görülmektedir (Czajkowski, 2009). Geriye kalan kehribar yatakları ise Burma, ABD, Yeni Zelanda, Ürdün ve İsrail' de bulunmaktadır (Tarawneh ve ark., 2020).

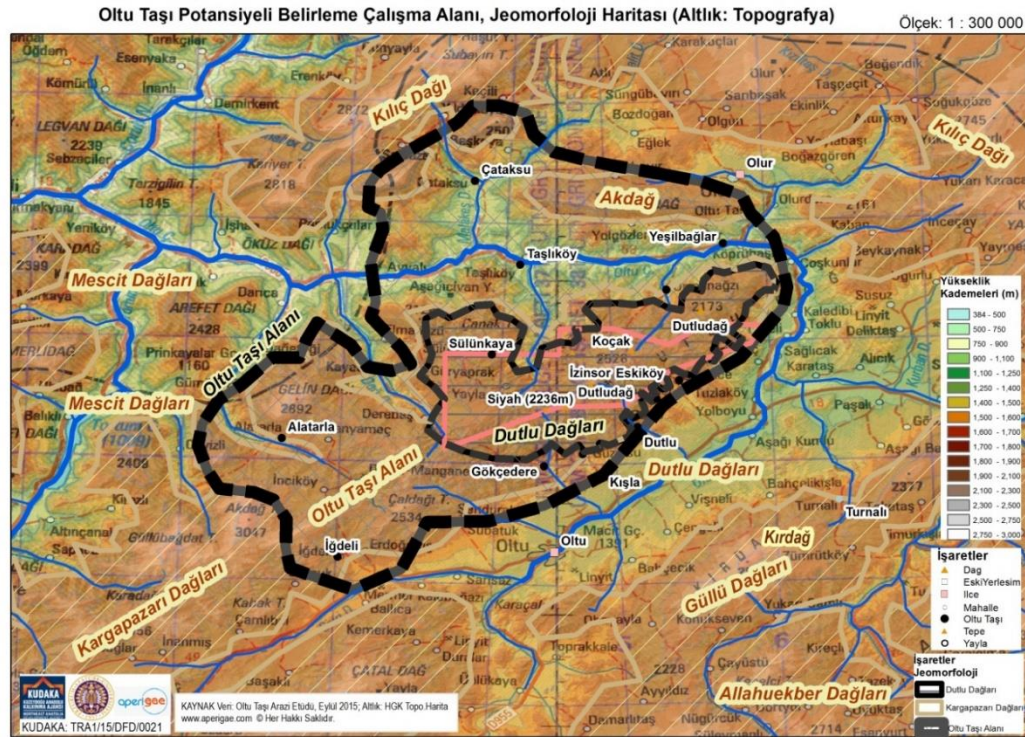


Şekil 2. Önemli kehribar yataklarına ait dünya haritası (1) Baltık Kehribarı Bölgesi, (2) Dominik Kehribarı Bölgesi (Tozsın ve ark., 2020)

Türkiye’de Oltu Taşı (kara kehribar) Çıkarılan Bölge

Türkiye’de Oltu Taşı yatakları Doğu Anadolu Bölgesi’nde bulunan Erzurum ilinin Oltu ilçesinde ve diğer ilçelerinde de mevcuttur. Oltu Taşı yataklarının ilk işletme tarihi kesin olarak bilinmemektedir; fakat başlangıç olarak 18. yy. sonuna doğru çıkarılmaya başlandığı tahmin edilmektedir. (Alparslan, 2009).

Erzurum'un Oltu ilçesinde çıkarılan Oltu Taşı; Kılıç Dağı, Kargapazarı Dağı ve Dutlu Dağları arasında kalan bölgede, Sülünkaya, Dutlu ve Taşlıköy çevrelerinde çıkarılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Oltu Taşı çıkarılan bölgenin topoğrafik haritası (Altlık Harita HGM, 500 K)

Oltu Taşı Çıkarma Yöntemleri

Oltu Taşı çıkarılırken, bölge yerel halk tarafından araştırılır ve tespit edilen yerlere kazma, kürek, keski gibi el aletleriyle galeriler açılır. Galeriler açıldıktan sonra çıkarılan Oltu Taşı el arabalarıyla galerilerin dışına taşınır. Çıkarılma esnasında döküntüler ve pasa atıkları ortaya çıkmaktadır (Tozsın ve ark., 2020).

Çıkarılan Oltu Taşı keser, çekiç ve benzeri el aletleriyle ayıklandıktan sonra mamul yapımına uygun olanlar üretim atölyelerine gitmek üzere ayrılırlar (Şekil 4). Ayıklama esnasında da birtakım döküntüler ortaya çıkmaktadır. Usta-çırak düzeninin olduğu geleneksel madencilik yöntemleriyle yeryüzüne çıkarılmaktadır.

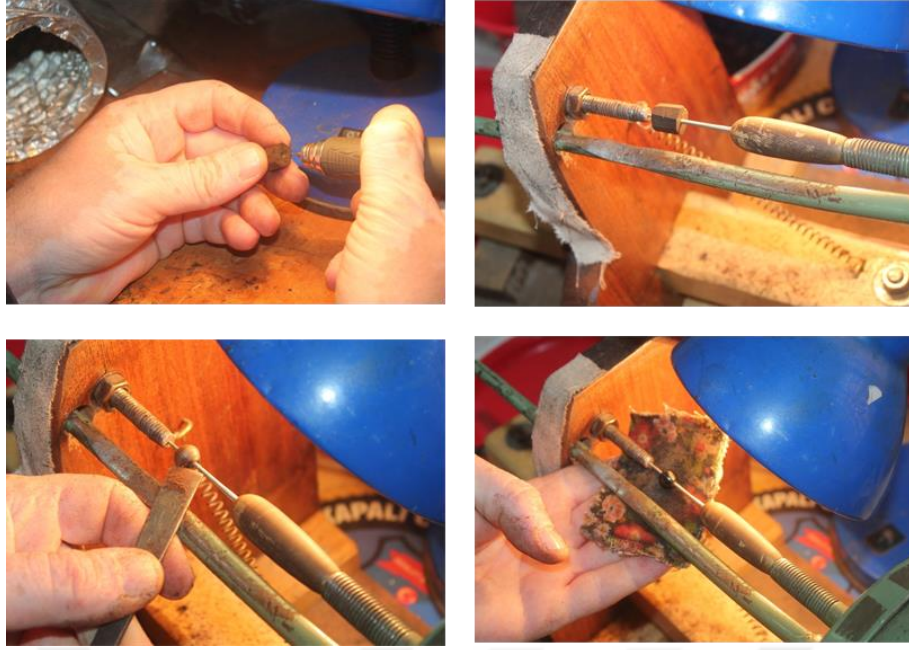


Şekil 4. Geleneksel Oltu Taşı madenciliğine ait ocak önü fotoğrafları (Tozsın ve ark., 2020)

Oltu Taşından Mamul Oluşturma Yöntemleri

Hammadde olarak atölyelere gelen Oltu Taşı atölyelerde de ayıklama işlemine tabi tutulur. İlk atıklar bu ayıklama esnasında ortaya çıkmaktadır. Ayıklama işlemi keser, çekiç ve keski yardımıyla gerçekleştirilir.

Ayıklama işlemi gerçekleştirildikten sonra tek odalı atölyelerde talaşlı imalat yöntemleriyle mamul üretimine başlanır. Şekil vermek için küçük boyutlu CNC tezgâhları, matkaplar veya su jeti kullanılır. Son şekillendirme yapıldıktan sonra yüzey parlatma gerçekleştirilir. Yüzey parlatma esnasında yüzey aşındırma, ege veya zımpara kâğıdı yardımıyla gerçekleştirilir ve mamul için nihai parçalar oluşturulur (Şekil 5). İsteğe göre üzerine gümüş işlemede yapılır.



Şekil 5. Geleneksel Oltu Taşından mamul oluşturma yöntemlerine ait fotoğraf (Türkiye Cumhuriyeti Adalet Bakanlığı Oltu T Tipi Kapalı Ceza İnfaz Kurumu)

Oltu Taşı Ocaktan Çıkarılırken Ortaya Çıkan Atıklar

Oltu Taşı ocaktan çıkarılırken %50'sinden fazlası atık olarak ortaya çıkmaktadır. Bu atık çeşitleri:

1. Çıkarma esnasında ortaya çıkan kazı ve pasa atıkları.
 - Kum taşı ve kil taşı atıkları.
 - Çıkarma esnasında etrafa saçılan Oltu Taşı parçacıkları ve kırıntıları.
 - Pasaya karıştırılan olgunlaşmamış Oltu Taşı atıkları.
2. Ocak önünde seçme ve eleme esnasında ortaya çıkan atıklar.
 - Kırılan parçalar ve döküntüler.
 - Tespih yapımına uygun bulunmayan parçalar.

Ocaktan çıkarılan atıkların bir kısmı doğaya bırakılmaktadır, diğer kısmı ise yakacak olarak kullanılmaktadır.

Atölyelerde Mamul Oluşturma Esnasında Ortaya Çıkan Atıklar

Ocakta çıkarılan ve ayıklanan Oltu Taşı atölyelerde işlendikten sonra 8/10 oranında kayıplar yaşanmaktadır. Bu kayıpları şöyle sıralayabiliriz:

1. İşleme ve hazırlık atıkları.
 - Seçme, eleme ve ön hazırlık atıkları.
2. Oltu Taşı işleme atıkları.

- Kaba işçilik atıkları.
 - İnce işçilik atıkları.
3. 1-3mm eninde ve 3-8mm boyunda plaka şeklinde ince parçalar.
 4. Tespih tanesinden küçük 7-8mm'lik tespih yapımı için elverişli olmayan parçalar.
 5. Boyutu 5mm'nin altında kalan takı yapımına elverişli olmayan parçalar.

Atölyelerde ortaya çıkan talaş tozları ve atık parçaları çuval içine doldurularak depolarda muhafaza edilmektedir. Herhangi bir işlevi olmadığı düşünülen atıklar uzun süreler boyunca bu depolarda atıl biçimde kalmaktadır.



MATERYAL VE METOT

Atığın Ayrıştırılması

Oltu Taşı atıklarından (ocak ve atölye) parçacık boyutlarına göre fraksiyonlarına ayrılmıştır. Ayrılan parçalar yıkanarak safsızlıklarından arındırılmış, yıkanan ve safsızlıklarından arındırılan parçalara yüzdürme ve batırma testleri uygulanmıştır. Kül tayini ile içerisindeki kül yüzdeleri hesaplanmıştır. Böylece ortaya çıkan sonuçlar değerlendirilerek iyileştirilen Oltu Taşı atıklarının mamul yapımında kullanılacak hammadde kalitesinde olup olmadığı saptanmıştır.

Kullanılan Oltu Taşı atıkları, ocak önü ve atölye atığı, aynı fiziksel özelliklere sahip olduğundan dolayı, elek analizi, kül analizi ve yüzdürme batırma testleri aynı şekilde gerçekleştirilmiştir. Atık hazırlama işlemleri gerçekleştirilirken, ilk önce çuvallardan çıkarılan atıklar homojen karışım sağlanana kadar tahta bir ayraç ile karıştırıldıktan sonra dörde bölünüp çeyrekleme yapılarak atıklardan temsili numuneler alınmıştır. Bütün atıkların hazırlık işleminden önce ağırlıkları tartılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Paketlenerek kenara ayrılan numuneler

Elek Analizi

Elek analizi yardımıyla farklı boyutlara sahip malzemelerin tane boyutlarına göre dağılımları tespit edilebilir. Kullanılan her elek farklı göz açıklıklarına sahiptir ve malzeme bu gözlerin arasından geçebilir ve eleğin altına dökülebilir veya gözün arasından geçemeyerek eleğin üst kısmında kalır. Böylece elek analizi yardımıyla boyut küçültme işlemlerinin kontrolü sağlanır (Timur, 2019). Elek analizi yardımıyla parça boyutlarına göre oluşan gruplara

fraksiyon denir ve oluşan her fraksiyon toplam atık içinde bulunan her parça kategorisini bildirmektedir (Chaloupkova et al., 2016).

Elek analizi, sabit delikli eleklerle gerçekleştirilen madencilikte, tarımda ve kimya alanlarında yaygın olarak kullanılan, tane boyutuna göre farklı büyüklükteki malzemeyi sınıflandırma işlemidir. Numuneleri tane boyutuna göre sınıflandırma hangi boyutta ne kadar malzeme olduğunun tespitini sağlar. Malzemenin parçacık boyutunun tespiti, aşağıda belirtilen hususlar açısından önem teşkil etmektedir;

1. Boyut küçültme işleminin denetimini sağlamak.
2. Boyut küçülten cihazların istenilen boyutta çıktı verdiğinin kontrolünü sağlamak.
3. Malzemelerin boyutlarına göre dağılımını oluşturmak.

Elek analizi yönteminde, numune sabit delikli eleklerden geçirilmektedir. Elek altına geçen malzeme daha küçük delikli elekten geçirilerek bu işlem bir dizi elekte gerçekleştirilmektedir. Eleme işleminde kullanılan elekler boyutlarına göre sınıflandırılırken “mesh” numarası terimi kullanılmaktadır. Mesh numarası bir elekte birim uzunluk (inch veya mm) başına düşen delik sayısını göstermektedir (Hrncirova et al., 2013).

Elek analizinde eleme işlemi yapılırken el ile eleme veya makine ile otomatik eleme yapılabilir. El ile eleme yapılırken elekler tek tek kullanılmakta, elek altına geçen malzeme ayrı bir yere alınmaktadır. Otomatik elemelerde ise elekler üst üste dizilmekte, malzeme en üstteki eleğe boşaltılarak malzeme en alttaki eleğe geçene kadar eleme makinesi çalıştırılmaktadır (Şekil 7). Eleme makinesi sürekli titreşerek, eliptik, dönüş ve darbe şeklinde hareketler yaparak eleme işlemini gerçekleştirmektedir. Eleme işlemi bittikten sonra üst üste dizilmiş elekler çıkarılarak elekler üzerinde kalan malzemeler kenara ayrılmaktadır. Eleme işlemi gerçekleştirildikten sonra eleğin altında ve üstünde kalan malzeme tartılarak değerlendirilmektedir (Timur, 2019).



Şekil 7. Standart elek ve elek setlerini yerleştirildiği titreşimli elek makinesi

Elek analiziyle ilgili terimler

Tam elek dizisi: Standart elek ölçülerinde olan eleklerle verilen addır.

Elek gözü veya elek deliği: Elek telleri arasındaki sabit boşluklara verilen addır.

Delik açıklığı: Elek telleri arasındaki sabit boşlukların sayısal değerine verilen addır.

Kare deliklerde delik kenarı uzunluğu, yuvarlak deliklerde ise delik çapıdır.

Tel çapı: Eleğin imalatında kullanılan tellerin çapıdır.

Delik adımı: Yan yana olan iki elek deliğinin merkezleri arasındaki uzaklıktır.

Elek altı (-): Malzemeye eleme işlemi gerçekleştirdikten sonra elek deliğinden elek altına geçen kısımdır.

Elek üstü (+): Malzemeye eleme işlemi gerçekleştirildikten sonra elek deliğinden geçmeyip elek üstünde kalan kısımdır.

Kritik tane: Elek deliğine eşit büyüklükteki malzeme tanesidir.

Elek analizi gerçekleştirilirken kullanılacak en büyük delikli elek, malzeme tane boyutu dikkate alınarak seçilmektedir. İlk eleğin delik açıklığı, en büyük malzeme tanesinden daha küçük olmalıdır. Birinci eleği takip eden eleklerin geometrik bir dizi oluşturması tercih edilmektedir.

Kül Tayini

Malzemeler, içerisinde süreksizlikler ve yabancı mineraller barındırmaktadır. Bu minerallerin ve yabancı maddelerin varlığı ve miktarı malzeme içerisindeki safsızlıkları oluşturur. Bir malzemenin içerisindeki inorganik malzeme miktarını tespit etmek için kül analiz yöntemi kullanılabilir (Liu, 2019). Organik malzemeler yakılarak içerisindeki kül miktarı tespit edilir. (Sezer, 2016). Bunun için malzemenin özelliğine göre kül fırının sıcaklığı ve o sıcaklıkta malzemenin durması gereken süre bilinmesi gerekmektedir. Porselen krozelerin içine yerleştirilen 3-5 gr malzeme belli bir süre fırının içinde kaldıktan sonra geriye sadece inorganik maddelerin kalmasıyla birlikte krozeler tekrardan tartıldığında kroze ağırlıklarında farklılıklar görülebilmektedir. Elde edilen bu veriler kül analizi olarak adlandırılmaktadır (Yılmaz, 2019).

Krozelere yerleştirilen malzemeler yaklaşık 750°C'deki kül fırınında (Şekil 8) genellikle 2 saat boyunca bekletilir (ASTM D 2795-95). İnorganik malzemelerin yanma sıcaklığı 750°C'den çok daha yüksek olduğu için yanan organik maddelerden sonra kroze dibinde oksitlenmiş bir halde kalırlar (Şekil 9). Yanma sonucu kalan kül miktarı tayin edilir. Kül olarak adlandırılan

oksitlenmiş inorganik malzemenin içeriği çoğunlukla; Na, K, Mg ve Ca, P gibi elementlerden oluşurken, Fe, Cu ve Zn gibi elementleri de içeriğinde barındırabilmektedir (Sezer, 2016).



Şekil 8. Kül analizlerinde kullanılan standart bir kül fırını



Şekil 9. Kül fırına krezelerle birlikte konulmuş malzeme (solda), yakılmış malzeme ve her krezedeki farklı kül miktarları (sağda)

Kül yüzdesi hesabı

Kül yüzdesi hesabı için oluşturulan denklemde kullanılan değerler krozenin boş ağırlığı, numune ile birlikte olan ağırlığı ve fırınlama işleminden sonraki kroze içinde kalan kül ile birlikte olan ağırlık değerleri kullanarak gerçekleştirilir. Kül yüzdesini hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$\%K\ddot{u}l = \frac{\{[Kroze+K\ddot{u}l (g)]-[Kroze Ağırlığı(g)]\}}{\{[Kroze+Numune (g)]-[Kroze Ağırlığı (g)]\}} \times 100 \quad [1]$$

Yüzdürme Batırma Testi

Yüzdürme-batırma testi malzemenin içindeki yabancı malzemeleri veya atığı ayırmak için kullanılan yöntemlerden biridir (Suiçmez, 2007). Malzemenin yoğunluğuna göre ağır sıvı ortamlar oluşturularak malzemenin sıvı içerisindeki yüzme veya batma davranışları incelenerek asıl malzemeyi yabancı maddelerden ayırmak amaçlanır (Sayın, 2019). Yüzdürme-batırma testi için gerekirse bir ön hazırlık yapılarak (elek analizi, vs.) malzeme yüzdürme-batırma için hazır hale getirilir. Hazırlanan çözeltilerin içerisine malzeme bırakılır ve belirli bir süre tanınarak sıvı içerisindeki malzemenin denge durumuna gelmesi gerekmektedir. Uygun aralıklarla seçilen farklı yoğunluktaki sıvılar hazırlandıktan sonra, en düşük veya en yüksek yoğunluktan başlayarak her bir sıvıda numuneler yüzdürme batırma işlemine tabi tutulur.

Numune önce en yüksek yoğunluktaki veya en düşük yoğunluktaki sıvı içine konulur. Yoğunluğu sıvıdan düşük olan malzeme sıvıda yüzerken, daha yoğun malzeme dibe çöker. Sıvı yüzeyinde kalan malzeme dikkatlice toplanır, tamamen süzdürülür ve sonrasında dipte kalan malzeme için aynı işlemler tekrarlanır. Bir sıvı için yüzdürme batırma deneyi sırasında yapılan işlemler tamamlandıktan sonra bir sonraki sıvıya geçilir.

Yüzdürme batırma deneyi gerçekleştirilirken uygulanan prosedürler;

1. Teste tabi tutulacak numune iyice yıkanmalı ve kuru olmalıdır.
2. Test için hazırlanacak sıvılar iyice karıştırılmalı ve istenilen yoğunluktan emin olunması için kontrol edilmelidir.
3. Kullanılmış sıvılar ikinci bir defa kullanılmadan önce yoğunluğu kontrol edilmeli ve yoğunluğunda herhangi bir bozulma olmuşsa tekrardan ayarlanmalıdır.
4. Yüzdürme batırma testi uygulanmış malzeme sıvıdan çıkarıldıktan sonra iyice süzdürülmelidir.
5. Sıvı içine konulmuş malzemenin eğer yoğunluğu sıvıya çok yakın ise yüzmesi veya dibe çökmesi için belli zaman beklenmelidir.
6. Tuz çözdürülerek hazırlanmış sıvılardan çıkarılan numuneler yıkanarak tamamen tuzdan arındırılmalıdır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Atığın Ayırıştırılması ve Elek Analizi

Karışık atölye atığından numune hazırlama

Toplam atık kendi içinde, karıştırma işlemi uygulandıktan sonra her seferinde dörde bölünerek çeyrekleme yapılmıştır. İki çapraz parçası kenara ayrılmış, diğer iki çapraz parçalar tekrardan karıştırılarak bu işlem tekrarlanmıştır. Bölme işlemi toplam numunenin 1/10' u kalana kadar devam ettirilmiştir. Son kalan bu parça paketlenerek ayrılmış, kalan 9/10'luk kısım temsili numune olarak üzerinde çalışılmıştır.

Temsili numuneler, uygun elekler seçilerek elek analizine tabi tutulmuştur. Eleklerden geçirme işlemi gerçekleştirilirken eleğin üstünde kalan ve altına geçen malzemeler birbirinden tane boyutuna göre ayrılmıştır.

Temsili numune eleklerden geçirildikten sonra ortaya çıkan dağılım, parçacık boyutlarının oransal dağılımı hakkında sayısal değer vermektedir.

Temsili numune için kullanılan elekler sabit delikli ve delik boyları sırasıyla 20, 15, 10, 5, 2, 0,5mm'den oluşmaktadır. Atıklar eleklerden geçirilerek fraksiyonlarına ayrılmış, ardından paketlenen atıklar tartı ile tartılıp ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 10). Böylece toplam 60 kg atık içinde hangi fraksiyonda hangi miktarda atık olduğu tespit edilmiştir. İleri aşamada gerçekleştirilecek yıkama işleminde, sonrasında yapılacak yüzdürme batırma testinde ve kül analizinde boyutların bilinmesi hangi tane boyutunda ne kadar süreksizlik içerdiği hakkında bilgi sağlayacaktır.



Şekil 10. Atölye atığının elekler yardımıyla ayrıştırılması

Tablo 2. Elekten geçirilen temsili numunelerin ağırlıkları ve oranları (Atölye atığı)

Elek Boyutu (mm) (+) Üstünde Kalan (-) Altına Geçen	Temsili Numune (g)	Temsili Oranı (%)
+20	3195	5,51
-20+15	5129	8,85
-15+10	15630	26,98
-10+5	21800	37,62
-5+2	6130	10,58
-2+0,5	5130	8,85
-0,5	927	1,60
Toplam	57941	100

Atölye atığının her fraksiyondaki miktar ve oranları Tablo 2’de verilmiştir. İleri aşamada gerçekleştirilecek bütün analizler (kül tayini vs.) temsili numune üzerinden gerçekleştirilecektir. En büyük orana sahip numune -10+5mm’ye aittir. Üzerinde en çok analiz gerçekleştirme imkânı olan numune türü en fazla miktara sahip numune olacaktır.

Ocak önü atığından numune hazırlama

Karışık atölye atığına uygulanan prosedürler tekrarlanarak elek analizi gerçekleştirilmiştir. Atölye atığında kullanılan elekler (20, 15, 10, 5, 2, 0,5mm delik boyutlu) tekrar kullanılarak ocak önü atığı elek analizi işlemine tabi tutulmuştur. Elekten geçirilen numuneler tartılmış ve paketlenmiştir. Temsili numuneler kül analizi ve yüzdürme batırma testi için ayrılmıştır.

Her numune 20mm, 15mm, 10mm, 5mm, 2mm ve 0,5mm olmak üzere toplamda altı elekten geçirilmiştir (Şekil 11). Elek analizinden elde edilen sonuçlardan anlaşılabacağı üzere en fazla orana sahip temsili numune grupları -15+10mm ve -10+5mm fraksiyonlarında kalan parçacık gruplarıdır. Tablo 3’de elek analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 11. Ocak önü atığının elekler yardımıyla ayrıştırılması

Tablo 3. Elekten geçirilen numunelerin ağırlıkları ve oranları (Ocak önü atığı)

Elek Boyutu (mm) (+) Üstünde Kalan (-) Altına Geçen	Temsili Numune (g)	Temsili Oran (%)
+20	4231,71	20,05
-20+15	3934,61	18,64
-15+10	7829,67	37,10
-10+5	3537,5	16,76
-5+2	1054,64	5,00
-2+0,5	419,08	1,99
-0,5	99,59	0,47
Toplam	21106,80	100

Numuneleri Suda Bekletme ve Yıkama

Karışık atölye atığı temsili numunelerinden +20mm, -20+15mm, -15+10mm, -10+5mm ve -5+2mm olanlarından yaklaşık 300gr alınıp 5 litre suyun içine konulmuş ve 24 saat bekletilmiştir (Şekil 12). Böylelikle numune yüzeyindeki kum ve kil taşı suyun içinde yumuşayarak Oltu Taşı yüzeyinden ayrılmış ve suyun dibine çökmüştür. 2mm’den küçük parçacıklı numune grubu suyla birlikte kum haline geldiğinden ve dibe çöken inorganik

malzemeden ayrılması ve yıkanması çok zor olduğundan dolayı kategori dışında tutulmuştur. Suda bekletilen numunelerin ağırlıkları ve her numune için kullanılan su miktarları Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 12. Suda 24 saat bekletilen numuneler (solda) ve yıkandıktan sonra kontrol için suya bırakılan numuneler (sağda).

Tablo 4. Suya bırakılan numune ağırlıkları ve her numune için kullanılan su miktarı.

Karışık Atölye Atığı Elek Boyutu (mm) (+) Üstünde Kalan (-) Altına Geçen	Malzeme Ağırlığı (g)	Karıştırılan Su (litre)
+20	301,22	5
-20+15	304,34	5
-15+10	301,76	5
-10+5	301,05	5
-5+2	304,23	5
Toplam	1512,60	

24 saat suda bekletilen numuneler sudan çıkarılarak dibe çöken kil ve kumtaşıyla birlikte sular süzdürülmüştür. Suda 24 saat bekletilmesine rağmen numune yüzeyinde kalan inorganik maddeler ise tazyikli suyla yıkanarak numunenin tamamen arındırılması sağlanmıştır. Yaş numuneler 105°C' deki fırında 24 saat kurutulmaya bırakılmıştır (Şekil 13).

Beş numune grubundan -20+15mm ve -15+10mm parça boyutlu olanlar kolayca yıkanırken, daha küçük parçacıklı numuneler daha uzun süre tazyikli suyla yıkanmıştır.

-10+5mm ve -5+2mm parçacık boyutundaki numuneler miktarının fazla olmasından dolayı diğer boyuttaki numunelere göre daha uzun süre boyunca yıkanmıştır. Daha parlak ve görünüşte daha temiz malzemeler elde edilmiştir.



Şekil 13. Sudan çıkarılan ve yıkanan örnek numune grubu (-10+5mm) ve yıkanmış yaş malzemeleri kurutmak için kullanılan fırın.

Atölye Atığının Tamamının Yıkanması ve Kurutulması

Temsili numuneler (20mm, +20-15mm, -15+10mm, -10+5mm ve -5+2mm) ilk önce kovalara konularak 24 saat suyun içinde bekletilmiştir. Bekletilen su boşaltıldıktan sonra numuneler süzgeçten geçirilerek tazyikli su ile yıkanmıştır. Tamamen yıkanan malzeme 105°C 'deki sabit sıcaklıklı fırında 24 saat kurutulmuştur (Şekil 14). Sonrasında tartılarak paketlenmiştir. Tablo 5'te malzeme ağırlıkları ve oranları belirtilmiştir.

Yüzeyindeki inorganik maddelerden arınan ve kurutulan numunelerin ağırlıklarının bir kısmını suda bekleme ve tazyikli suyla yıkanma dolayısıyla azalmıştır.

Büyük numuneler yıkanırken kendiliğinden dağıldığı ve ufalandığı gözlemlenmiştir. Numune boyutu küçüldükçe yıkama işlemi daha zor hale gelmiştir.



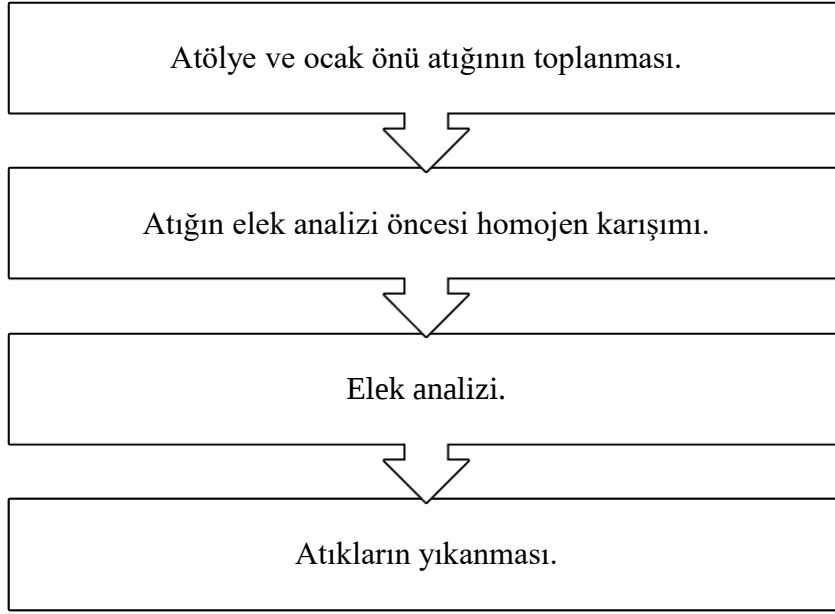
Şekil 14. Kurutma fırını ve kurutulmuş numuneler.

Tablo 5. Yıkanmış, kurumuş ve paketlenmiş numune ağırlıkları ve oranları

Elek Boyutu (mm) (+) Üstünde Kalan (-) Altına Geçen	Malzeme Ağırlığı (g)	Oran (%)
+20	1800,33	4,61
-20+15	3404,42	8,71
-15+10	12031,56	30,8
-10+5	17940,05	45,92
-5+2	3891,35	9,96
Toplam	39067,71	

Bu çalışma kapsamında ocaklardan ve atölyelerden toplanan Oltu Taşı atıkları, su ile yıkanarak yabancı maddelerden arındırılmaya çalışılmıştır. İlk önce suda bekletilen malzeme sonrasında yıkanarak temizlenmiştir. Burada suyun yumuşatma ve tazyik etkisiyle malzeme yüzeyinden yabancı unsurları kaldırmak ve uzaklaştırmak amaçlanmıştır. Yüzeyi arındırılmış ve temizlenmiş atıklar incelendiğinde daha parlak ve Oltu Taşının kendine has rengine daha yakın renkte malzeme elde edildiği görülmüştür. Su ile temizleme dışına farklı yöntemlerle de kehribar sınıfı taşların yüzeyleri temizlenmektedir. “Electric Discharge” yöntemiyle de saf kehribar yüzeyini temizleme ve daha parlak malzemeler elde etmek mümkündür (Martynov et al., 2020).

Bu aşamaya kadar uygulanan elek analizi, atıkları yıkama ön hazırlık işlemleri, atıkları kategorize etmek ve kalitesini artırmak için yürütülmüş çalışmalardır. Atıkları tekrardan hammadde olarak kullanmak için gerçekleştirilen ön hazırlık çalışmaları aşağıdaki şemada da verilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Atıkların tekrardan hammadde olarak kullanılması için gerçekleştirilen ön hazırlık aşamaları

Kül Analizi ve Yüzdürme Batırma Testi

Numuneleri ayırıcıdan geçirme ve kül analizi için ön hazırlık

Elek analizi gerçekleştirilmiş numunelerin her fraksiyonundan ayırıcı ile temsili örnekler alınmıştır. Miktar olarak diğer fraksiyonlardan az olduğundan ve tane boyutu ayırıcı mazgallarından büyük olduğundan dolayı +20mm numune dörde bölünmüş ve yaklaşık olarak 500g temsili örnek alınmıştır. Diğer fraksiyonlar 500gr kalana kadar ayırıcıdan geçirilmiştir (Şekil 16). Ayırıcıdan geçirme işlemi sayesinde malzemelerin homojen olarak azaltılması ve temsili numune alınması sağlamıştır. Alınan örnekler üzerinde kül tayini gerçekleştirilmiş ve fraksiyonlar içindeki kül yüzdeleri belirlenmiştir.



Şekil 16. Temsili numune alınması için kullanılan ayırıcı

Kül analizinden önce bir ön hazırlık gerekmektedir. Ön hazırlık kapsamında bütün malzemenin 75 mikron boyutun altına indirilmesi ve 1 gramlık krozelere doldurmak için hazırlanması gerekmektedir. Bütün yarım kiloluk fraksiyonlar 3mm boyutun altına düşene kadar merdaneli kırıcıdan (Şekil 17) geçirilmiş ve paketlenmiştir. Ardından her fraksiyon için -3mm numunelerden 40'ar gram alınmış olup ilk önce bilyeli sonrasında halkalı öğütücüden geçirilerek 75 mikron altına indirilmiş (Şekil 18) ve bu numuneler kül analizi için kullanılmıştır (Şekil 19). Kül analizi gerçekleştirilirken her bir fraksiyonda tekerrür olması için Tablo 6'da görüldüğü gibi üçer kroze kullanılmıştır.



Şekil 17. Merdaneli kırıcı



Şekil 18. Malzeme boyutunu küçültmek için kullanılan bilyeli (soldaki) ve halkalı öğütücü (sağdaki)



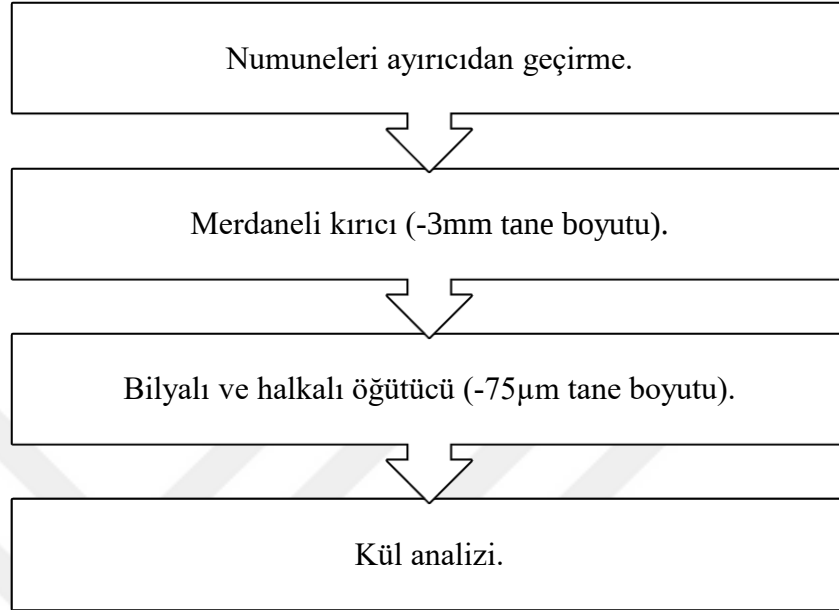
Şekil 19. Toz haline getirilmiş (soldaki) ve kül analizi gerçekleştirilecek krozeler içindeki malzeme (sağdaki)

Toz haline getirilmiş malzemeler krozelere konulmadan önce kroze ağırlıkları tartılmıştır. Ardından bütün fraksiyonlardan krozelere yaklaşık 1g numune konulmuş ve kroze ağırlıkları tekrar ölçülmüştür. Krozelere konulan numuneler 750°C'lik fırında 2 saat tutulmuştur.

Tablo 6. Fırına konulan numuneler ve bütün fraksiyonlar için kül analizi

Numune (mm)	Kroze Ağırlığı (g)	Kroze + Numune (g)	Kroze + Kül (g)	Kül (%)
N1 (-3)	9,10	10,18	9,61	47,73
	8,10	9,13	8,60	47,97
	8,63	9,67	9,13	47,83
N2 (-5+3)	8,81	9,81	8,94	12,87
	8,46	9,47	8,57	11,03
	8,90	9,92	9,02	12,01
N3 (-10+5)	8,01	9,01	8,11	9,40
	7,81	8,81	7,91	10,07
	9,02	10,03	9,12	9,53
N4 (-15+10)	8,16	9,20	8,32	15,32
	8,51	9,52	8,65	13,76
	8,09	9,11	8,24	14,34
N5 (-20+15)	8,93	10,00	9,04	10,54
	8,87	9,87	9,00	12,15
	7,97	8,97	8,07	10,26
N6 (+20)	8,95	9,96	9,12	17,41
	8,89	9,90	9,10	19,92
	8,86	9,87	9,01	15,58

2 saat sonunda numuneler fırından çıktıktan sonra krozellerle beraber tekrardan tartılmıştır. Tablo 6'daki kül yüzdesi hesabı [1] numaralı işlemdeki gibi hesaplanmıştır. Boş kroze ağırlıkları, kroze + numune ağırlıkları, kroze + kül ağırlıkları ve kül oranları Tablo 6'da verilmiştir. Kül analizi öncesi atık hazırlığı aşamaları şekil 20 'de verilmiştir.



Şekil 20. Kül analizi için numune hazırlanması

Yüzdürme batırma testi ve kül analizi (-10+5mm)

Elek analizi gerçekleştirilmiş numunelerden tekrar örnekler alınarak yüzdürme-batırma testleri gerçekleştirilmiştir. Test sonucunda kategorize edilen fraksiyonlar üzerinde de kül tayini gerçekleştirilmiştir.

Yüzdürme batırma testi için -10+5mm fraksiyon kullanılmıştır. Bu fraksiyon miktarı en fazla olan kategoriye oluşturmaktadır. Ayrıca yüzdürme batırma testi öncesi yapılan kül analizinde en düşük kül yüzdesi çıkan grubu oluşturmaktadır.

Yüzdürme batırma testi için -10+5mm fraksiyonundan 1kg alınarak merdaneli kırıcıdan ve halkalı kırıcıdan geçirilerek boyut küçültme işlemi gerçekleştirilmiştir. Başlangıç ağırlıkları N1=14,46g, N2=349,59g, N3=365,85g, N4=210,72g, N5=28,05g (Numune 1, 2, 3, 4, 5) numunelerden 2, 3 ve 4. numunelerden 100'er gram alınmıştır, geriye kalan numunelerin miktarının az olmasından dolayı elde edilenin tamamı alınmıştır. -0,1mm fraksiyonu çok küçük boyutlu olmasından dolayı yüzdürme batırma testi gerçekleştirilememiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Yüzdürme batırma testine tabi tutulan fraksiyonlar

Numune (mm)	Ağırlık (g)
N1 (+3)	14,46
N2 (-3+1)	100,02
N3 (-1+0,5)	100,04
N4 (-0,5+0,1)	100
N5 (-0,1) (test yapılmadı)	28,05

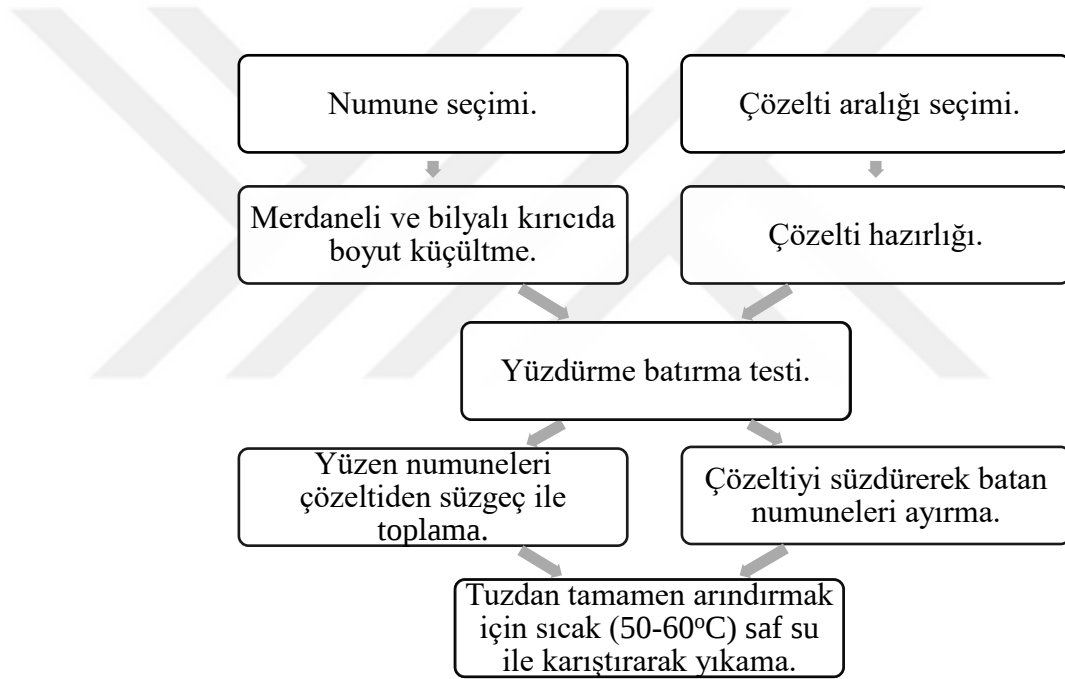
Çinko klorür (ZnCl_2) tuzu saf su ile karıştırılarak çözeltiler hazırlanmıştır. Çözeltilerin yoğunlukları sırasıyla $1,4\text{g/cm}^3$, $1,35\text{g/cm}^3$, $1,3\text{g/cm}^3$, $1,25\text{g/cm}^3$, $1,2\text{g/cm}^3$, $1,15\text{g/cm}^3$ olacak şekilde ayarlanmıştır. Bütün numuneler ilk önce en yoğun çözeltiliye bırakılmış, yüzeyde kalanlar süzgeç yardımıyla toplanırken dibе batanlar süzdürme kağıdı ile çözeltiden arındırmak için çözeltiliyle birlikte kenara ayrılmıştır (Şekil 21). Çözelti dibine batan malzeme süzdürme kâğıdı kullanılarak çözeltiden arındırılmıştır, bu yolla çözelti diğer bir fraksiyon için tekrar kullanılabilmesi amacıyla hazır hale getirilmiştir (Şekil 22). Yüzdürme batırma testi akış şeması Şekil 23’te verilmiştir.



Şekil 21. Yüzdürme batırma testi uygulanan numune



Şekil 22. Yüzdürme batırma için hazırlanan çözeltiler (soldaki) ve test sonrası malzeme filtreleme işlemi (sağdaki)



Şekil 23. Yüzdürme batırma testi akış şeması

Çözeltiden arındırılan fraksiyonların yüzeyinde çinko tuzu kalmasından dolayı temizlendiğinden emin olana kadar saf su ile iyice yıkanmış ve çözeltinin tamamen malzeme yüzeyinden temizlenmesi sağlanmıştır. Islak malzeme 105⁰C' deki fırında kurutulmuştur (Şekil 24).



Şekil 24. Yüzdürme batırma testinden sonra kül analizi için kurutulan malzemeler

Yüzdürme batırma testi ve kül analizi gerçekleştirilirken malzemelerin karışmaması ve daha rahat kategorize edilmesi için numune isimlendirmesi yapılmıştır (Tablo 8). Örneğin I.a numunesi, 3mm'den büyük parça boyutlu ve $1,40\text{g/cm}^3$ çözeltide batan parçaları temsil etmektedir. Bir başka örnek vermek gerekirse III.c 1mm ve 0,5mm arasındaki parça boyutunda olan ve $1,35\text{g/cm}^3$ çözeltide yüzmüş fakat $1,30\text{g/cm}^3$ çözeltide batmış parçacıkları temsil etmektedir. Tablo 8'de numune isimlendirme şekli ve Tablo 9'da numunelerin kuru ağırlıkları görülmektedir.

Tablo 8. Numune isimlendirme tablosu

Elek Boyutu (mm) (+) Üstünde Kalan (-) Altına Geçen	Yoğunluk (g/cm^3) (+) Batan (-) Yüzen
I = +3mm	a = +1,40 g/cm^3
II = -3+1mm	b = -1,40+1,35 g/cm^3
III = -1+0,5mm	c = -1,35+1,30 g/cm^3
IV = -0,5+0,1mm	d = -1,30+1,25 g/cm^3
	e = -1,25+1,20 g/cm^3
	f = -1,20+1,15 g/cm^3
	g = -1,15 g/cm^3

Tablo 9. Numuneler ve kuru ağırlıkları

Numuneler	Kuru Ağırlık (g)
I.a	0,95
I.b	0,50
I.c	0,41
I.d	1,52
I.e	6,00
I.f	4,01
I.g	0,51
II.a	7,03
II.b	1,54
II.c	2,15
II.d	8,00
II.e	13,81
II.f	9,21
II.g	4,77
III.a	7,82
III.b	1,92
III.c	2,50
III.d	4,52
III.e	27,93
III.f	47,45
III.g	4,38
IV.a	6,38
IV.b	1,03
IV.c	1,06
IV.d	3,00
IV.e	13,26
IV.f	2,51
IV.g	0,28

Kül analizine başlamadan önce bütün numuneler tekrar değirmende -75 mikron boyutuna indirilmiştir. Krozelerin boş ağırlıkları tartıldıktan sonra yaklaşık olarak 1g numune krozelere doldurulmuştur. 1g ‘dan az olan numunelerin tamamı krozelere doldurulmuştur. Kül fırınına konulan numuneler, 750°C sıcaklıkta 2 saat boyunca bekletildikten sonra kroze + kül ağırlıkları tartılmıştır. Tablo 10’da kül analizinin değerleri verilmiştir. Numune isimlendirmesi Tablo 8’deki gibidir.

Tablo 10. Yüzdürme batırma testinden sonraki kül analizi

S#	Kroze Ağırlığı (g)	Kroze + Numune (g)	Kroze + Kül (g)	Kül (%)
I.a	8,28	9,10	8,71	52,61
I.b	8,04	8,43	8,11	16,32
I.c	8,95	9,18	8,97	10,30
I.d	8,88	9,88	8,96	7,30
I.e	8,87	9,88	8,80	2,39
I.f	8,94	9,96	8,96	1,66
I.g	9,03	9,33	9,03	1,95
II.a	8,18	9,21	8,88	68,16
II.b	8,76	9,80	8,93	16,81
II.c	8,65	9,69	8,75	10,21
II.d	8,82	9,88	8,87	4,81
II.e	8,86	9,92	8,88	1,89
II.f	9,24	10,25	9,25	0,99
II.g	8,96	9,98	8,97	1,08
III.a	8,56	9,58	9,34	76,86
III.b	8,58	9,60	8,82	21,72
III.c	8,05	9,08	8,16	9,84
III.d	9,10	10,15	9,16	5,26
III.e	8,88	9,89	8,90	2,17
III.f	8,69	9,82	8,71	0,98
III.g	8,63	9,60	8,64	0,94
IV.a	8,07	9,12	8,97	85,58
IV.b	9,40	10,28	9,55	16,69
IV.c	8,19	9,10	8,26	7,34
IV.d	8,74	9,83	8,79	3,79
IV.e	8,79	9,86	8,81	1,58
IV.f	8,13	9,23	8,14	1,19
IV.g	8,60	8,81	8,60	0,48

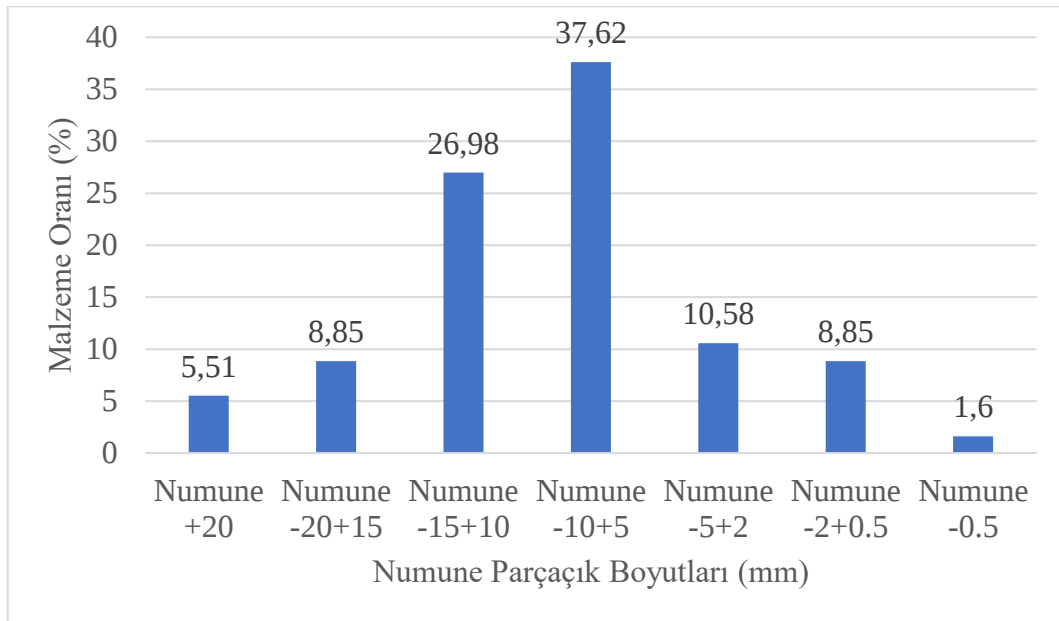


Şekil 25. Kül analizinden önce (soldaki) ve sonra (sağdaki) krozeler içindeki malzeme

Yüzdürme batırma testinden önce ve sonra yapılan kül analizinde (Şekil 25) malzemedeki kül oranının belli fraksiyonlarda oldukça az olduğu gözlemlenmiştir. Oltu Taşının yaklaşık öz kütlesi $1,25\text{g/cm}^3$ 'tür. Öz kütlesinden daha ağır ortamda yüzen parçacıkların kül yüzdesi fazla çıkarken, ortam öz kütlesi Oltu Taşının öz kütlesine yaklaştıkça yüzen ve batan parçacıkların kül yüzdesi düşmektedir.

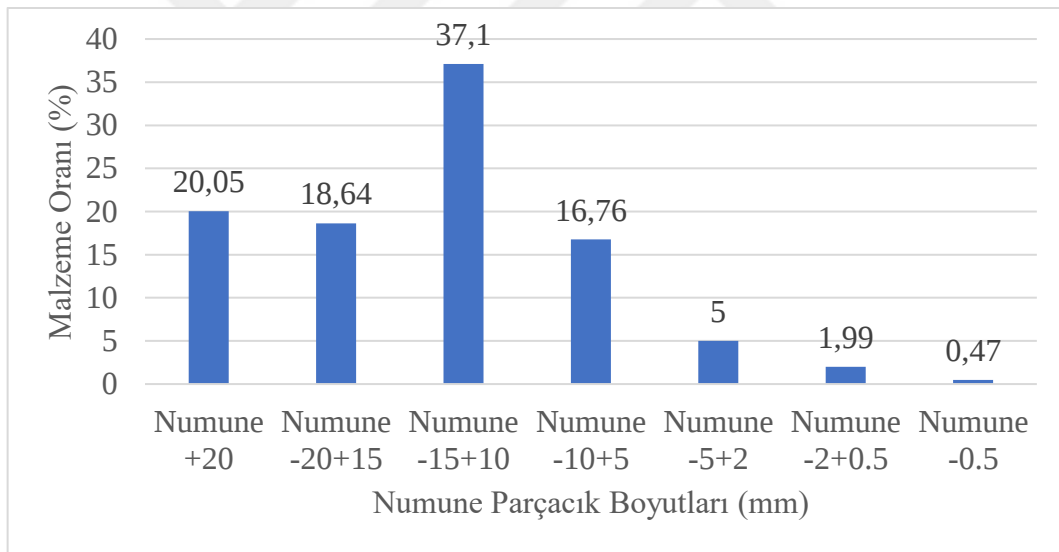
Numunenin Ayırıştırılması ve Elek Analizi Sonuçları

Elek analizi sonucunda, atölye atığında $-10+5\text{mm}$ fraksiyonunda en fazla miktarda malzeme olduğu görülmektedir (Şekil 26).



Şekil 26. Elek analizi sonucu elde edilen numune gruplarının % dağılımı (Atölye atığı)

Elek analizi işleminden geçirilen ocak önü atığında da, en fazla miktarın -15+10mm parçacık boyutundaki fraksiyon olduğu görülmüştür (Şekil 27).



Şekil 27. Ocak önü atığı analiz numunesi oransal dağılımı

Suda Bekletilen ve Yıkanan Numunelerden Elde Edilen Sonuçlar

Numuneler suya konulduktan 24 saat sonra, parçacıklar üzerindeki inorganik maddelerin suyun etkisiyle yumuşadığı, suyun dibine çöktüğü ve suyu bulandırdığı gözlemlenmiştir (Şekil 28). Oltu Taşı parçası üzerine yapışarak kalan yabancı maddelerin ise el yardımı ile kolayca ufalandığı tespit edilmiştir. El ile ufalanmayan daha sert maddeler ise tazyikli musluk suyu yardımıyla süzgeçten geçirilerek tamamen ufalanmış ve Oltu Taşı yüzeyini terk etmiştir. Tamamen temizlenen Oltu Taşı atıkları tekrardan berrak suya konulduğunda suda herhangi bir bulanma olmamış ve dibe Oltu Taşı dışında herhangi bir

yabancı madde çökmemiştir. Suyun Oltu Taşını temizleme konusunda yeterince başarılı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 28. 24 saat sonunda çökelen malzemenin görüntüsü (kum ve kil taşı gibi yabancı inorganik maddeler)

Farklı boyutlardaki Oltu Taşı parçacıkları yıkandıktan sonra 5mm-0,5mm arasında kalan parçacıkların daha parlak ve siyah olduğu, 5mm ve üstünde kalan parçacıkların ise parça boyutu büyüdükçe daha mat olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 29). Ayrıca 5mm'den büyük parçacıkların tanelerini tek tek incelediğimizde tanelerin içerisinde kalmış olan süreksizliklerden dolayı daha küçük parçalara ayrıldıkları gözlemlenmiştir.

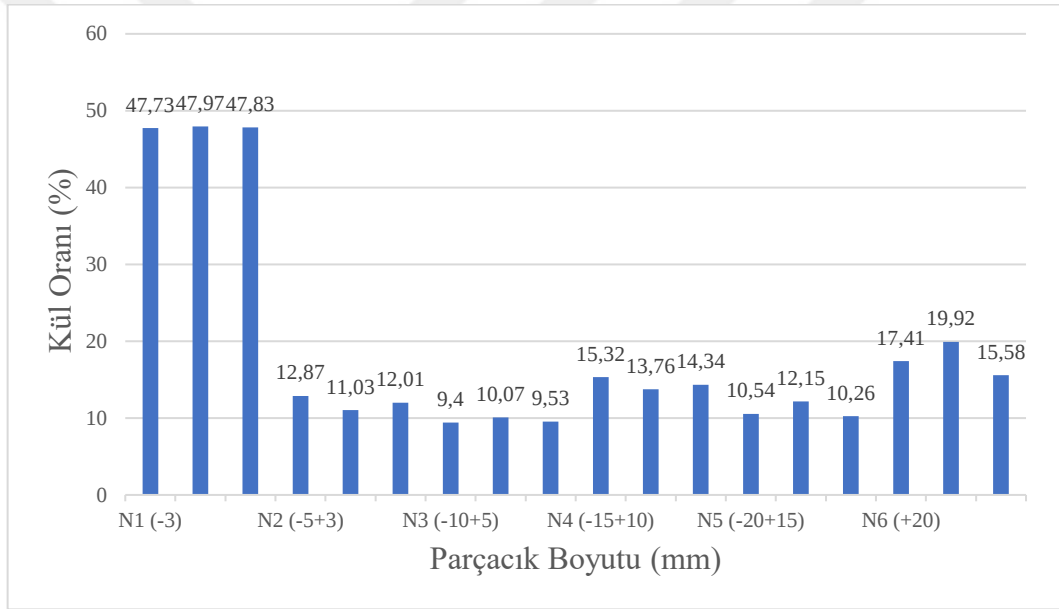


Şekil 29. Farklı fraksiyonlardaki Oltu Taşı parçacıklarının yıkandıktan sonraki görüntüsü

Yıkama esnasındaki bir diğer sorun ise, parça boyutu küçüldükçe yıkama işlemi daha fazla zorlaşmakta ve parçaları yıkmak daha fazla zaman almaktadır. Tane boyları küçüldükçe malzemenin daha parlak ve siyah olduğu gözlemlenmiştir.

Kül Analizi Sonuçları

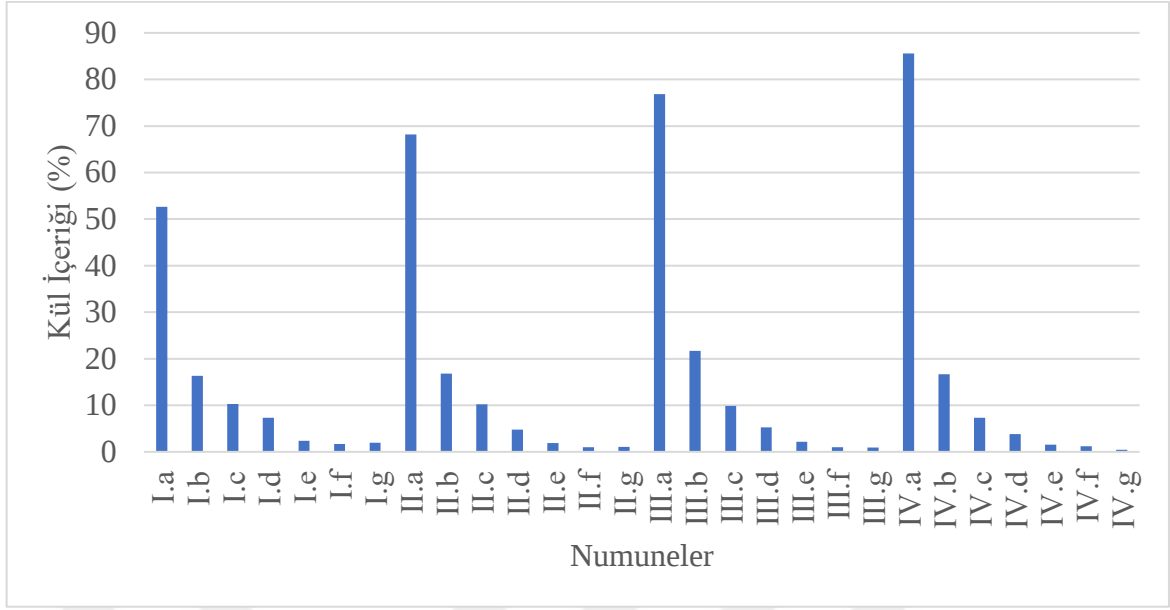
Kül analizi için hazırlanan ve krozelere doldurulan fraksiyonlar 750°C'deki fırında 2 saat bekletildikten sonra ortaya çıkan sonuçlara bakıldığında; ön yıkama zorluğundan dolayı 3mm'nin altındaki malzemenin kül yüzdesinin yüksek çıktığı görülmüştür. 10mm'den büyük malzemelerde ise parçacıklar arasındaki süreksizliklerin fazlalığından dolayı kül yüzdesinin daha küçük parçacıklara oranla daha yüksek çıktığı görülmüştür. Şekil 30'da görüldüğü gibi 3mm'nin altında kalan parçacıklarda kül yüzdesi yaklaşık %50 kadardır. Diğer boyutlarda ise kül yüzdelерinin %15' ten fazla olmadığı görülmüştür.



Şekil 30. Bütün fraksiyonlar için kül analizi

Yüzdürme batırma sonrası kül analizi

Oltu Taşının öz kütlesi yaklaşık 1,25g/cm³'tür. Bu bilgidен yararlanarak çinko tuzuyla hazırlanan çözeltiler kullanılarak fraksiyonların yüzme batırma davranışları incelenmiştir. Yüzdürme batırma testi sonucunda malzemeler kül analizine tabi tutulmuştur. 1,40g/cm³'ten 1,15g/cm³'e yaklaştıkça kül analizinin sonuçları da Oltu Taşının öz kütlesini doğrular nitelikte sonuçlar vermektedir. Oltu Taşına göre yoğun çözeltide yüzen malzemelerin kül yüzdeleri yüksek çıkarken, Oltu Taşına yakın öz kütleli çözeltide yüzen veya batan malzemenin kül yüzdesi düşük çıkmıştır. En düşük öz kütleli çözeltilerin 1,15g/cm³ seçilmesinin sebebi ise artık malzemenin tamamen dibe çökmesidir. Şekil 31'de yüzdürme batırma sonrası gerçekleştirilen kül analizinin ardından numunelerin kül yüzdeleri gösterilmektedir.



Şekil 31. Yüzdürme batırma sonrası kül analizi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Elek analizi sonucunda en fazla numune miktarının atölye atığı için -10+5mm fraksiyonunda, ocak önü atığı için -15+10mm fraksiyonunda olduğu tespit edilmiştir. Numune yıkama esnasında parça boyu küçüldükçe fraksiyonların süreksizliklerinin daha az olduğu ve yıkandıktan sonra daha parlak malzeme elde edildiği gözlemlenmiştir. -15+10mm'den büyük parçalar yıkandıktan sonra süreksizliklerinden dolayı hala kum ve kil taşı barındırdığı gözlemlenmiştir. 10mm'den küçük fraksiyonlar ise tane boyutundan dolayı yıkanması daha uzun zaman almaktadır. Orta büyüklükteki fraksiyonların miktarının çok olması ve yıkanmasının kendinden büyük ve küçük parçalara göre daha kolay olması, üzerinde en çok çalışma ve analiz gerçekleştirme imkanının daha fazla olduğunu göstermektedir. +20mm ve -20+15mm boyutundaki malzemeler süreksizliklerinden dolayı bazen ufalanma eylemi göstermektedir. Bu da aslında yıkama esnasında büyük boyutlu malzeme için karşılaşılan zorluktur. Malzeme boyutu küçüldükçe yıkama daha fazla zaman almaktadır fakat daha parlak malzemeler elde edilmekte ve süreksizliklerinin de azaldığı gözlemlenmektedir. 5mm'den küçük malzemeler suda bekletildikten sonra kirli suyun tahliyesi esnasında bazı dipte kalan malzemelerinde kil ve kum taşıyla beraber tahliye edildiği ve kayıp yaşandığı gözlemlenmiştir. 2mm'den küçük malzemeler yıkama ve suda bekletme esnasında kil ve kum taşı gibi inorganik maddelerin arasına karışmakta ve kirli su tahliyesi esnasında daha fazla malzeme kaybı yaşanmaktadır bu durum malzemenin temizlenmesini zorlaştırmaktadır. Malzeme kaybını en aza indirmek için su tahliyesi esnasında malzeme boyutuna uygun elekler kullanılabilir.
2. Kül analizi sonucunda yıkama esnasında süreksizliklerinden tam arındırılmadığı için +20mm fraksiyonun kül yüzdesi %15-20 civarında çıkarken, -10+5mm boyutundaki fraksiyonun kül yüzdesi, %9-10 civarında çıkmaktadır. Genel olarak malzeme boyutu küçüldükçe, kül yüzdesi daha düşük çıkmakta fakat çok küçük taneli malzemeler için yıkanma esnasında karşılaşılan zorluklar sebebiyle yeteri kadar ayıklanamadığı için kül yüzdesi yükselme eylemi göstermektedir, örneğin -5+3mm boyutundaki fraksiyonun kül yüzdesi %11-12 civarında çıkarken, -3mm fraksiyonu kum ve kil taşıdan ayırt edilemeyecek büyüklükte olduğu için hem yıkama esnasında yeteri kadar ayıklanamamıştır hem de kül yüzdesi %47 çıkmıştır.

3. Yüzdürme batırma testi için kül yüzdesi en düşük olan -10+5mm fraksiyonu tercih edilmiştir. Tekrardan boyutlandırma yapılarak yüzdürme batırma testine daha elverişli hale getirilmiştir. Sırasıyla +3mm, -3+1mm, -1+0,5mm ve -0,1mm boyutlarına getirilerek 5 test grubu oluşturulmuştur. -0,1mm boyutundaki malzeme toz haline geldiği için test yapılamamış, test için fazla küçük olduğu test aşamasında fark edilmiştir. Oltu Taşının yoğunluğu $1,25\text{g/cm}^3$ olduğundan dolayı, bu yoğunluk değeri civarına yakın çözeltiler hazırlanmıştır. Çözelti yoğunlukları sırasıyla $1,4\text{g/cm}^3$, $1,35\text{g/cm}^3$, $1,3\text{g/cm}^3$, $1,25\text{g/cm}^3$, $1,2\text{g/cm}^3$, $1,15\text{g/cm}^3$ 'tür. Çözeltilere konulan test grupları çinko tuzu karıştırılmış çözeltilere batırıldığı için üzerinde tuz kalmadığına emin olana kadar saf su ile yıkanmalı ve temizlenmeli gerekirse ılık saf suda karıştırılarak tuzdan arındırılması sağlanmalıdır. Yüzdürme batırma sonrası kül yüzdesi $1,4\text{g/cm}^3$ yoğunluktaki çözeltide batan malzemede %50 ve üzerinde çıkarken, $1,25\text{g/cm}^3$ ve $1,2\text{g/cm}^3$ çözeltilerinde yüzen ve batan malzemelerde %0,99'a kadar düşmüştür.
4. Oltu Taşı atıkları yıkanarak iyileştirilmiş ve yabancı maddelerden arındırılması sağlanmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, Oltu Taşı atıklarının birtakım işlemlerden geçirilerek tekrardan mamul Oltu Taşı yapımında kullanılabileceği anlaşılmıştır, fakat hazırlanan Oltu Taşı atıkları, malzemeyi iyileştirmede belli bir noktaya taşımış olmasına rağmen, mamul yapımına kullanılmadan önce daha ileri ve farklı prosedürlerden geçirilmesi gerekmektedir. Aksi taktirde bu haliyle mamul yapımında kullanılamaz.

KAYNAKLAR

- 2795-95, A. D. (1996). *Standard Test Methods for Analysis of Coal and Coke Ash* (Vol. 05, Issue Reapproved).
- Alparslan, E. (2009). Oltu Taşı İşletmeciliği ve Yörede Üretilen Ürünlerin Bazı Özellikleri. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ev Ekonomisi (El Sanatları) Anabilim Dalı, Ankara*.
- Alparslan, E. (2010). Oltu Taşı, Altın Ve Gümüş Kullanılarak Üretilen Kol Düğmesi ve Kravat İğnesi Örneklerinin İncelenmesi. *Journal of World of Turks*, 2(2), 179–189.
- Babalık, H. (2009). Türkiye Değerli Taş Potansiyeli ve Pazarlama Sorunları. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Aydın*.
- Bilgin, Ö. (2019). Examination of Analysis Results of Oltu Stone / Side Rock Samples. *International Journal of New Innovations in Engineering and Technology*, 12(3), 23–29.
- Caldararo, N., Hirschbein, J., Palmer, P., & Shepard, H. (2013). The Analysis, Identification and Treatment of An Amber Artifact. *Archeomatica*, 6(1), 86–93.
- Chaloupkova, V., Ivanova, T., & Havrland, B. (2016). Sieve Analysis of Biomass: Accurate Method for Determination of Particle Size Distribution. *Engineering for Rural Development*, 2016–05, 1012–1017.
- Czajkowski, M. J. (2009). Amber From the Baltic. *Mercian Geologist*, 17(2), 86–92.
- Hrncirova, M., Pospisil, J., & Spilacek, M. (2013). Size Analysis of Solid Particles Using Laser Diffraction and Sieve Analysis. *Engineering MECHANICS*, 20(4), 309–318.
- Kalkan, E., Bilici, Ö., & Kolaylı, H. (2012). Evaluation of Turkish black amber: A case study of Oltu (Erzurum), NE Turkey. *International Journal of Physical Sciences*, 7(15), 2387–2397.
- Kınacı, E. H. (2013). Mineralogical and Gemmological Investigation and Genesis of Oltu Stone (Carbon Black). *Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences; İzmir*.
- Kocaman, S. (2011). Turistik Bir Ürün Olarak Rus Taşı (Gürcistan Siyah Kehribarı) ve Erzurum Oltu Taşı Sektörüne Etkileri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 30, 115–135.
- Lambert, J., & Pionar, G. (2002). Amber: The Organic Gemstone. *Accounts of Chemical Research*, 35(8), 628–636.
- Liu, K. (2019). Effects of Sample Size, Dry Ashing Temperature and Duration on Determination of Ash Content in Algae and Other Biomass. *Algal Research*, 40, 101486.
- Martynov, N., Avramov, D., Kozlov, G., & Pushkarev, M. (2020). Pulsed Electric Discharge in an Aqueous Medium for Frocessing Raw Amber. *Journal of Physics: Conference Series*, 1614, 012060. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1614/1/012060>
- Sayın, N. T. (2019). Linyit Tesis Atığından Temiz Kömür Kazanımının Araştırılması. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Cevher Hazırlama Anabilim Dalı, Sivas*. <https://www.bps.go.id/dynamictable/2018/05/18/1337/persentase-panjang-jalan-tol-yang-beroperasi-menurut-operatornya-2014.html>
- Sezer, B. (2016). Buğday Fraksiyonlarında Lazer İndüklü Plazma Spektroskopisi ile Kül ve

Protein Analizi. *Spectroscopy*”, ICBC 2016 15th Internal Cereal and Bread Congress, 18-21 Nisan, 2016, İstanbul, Türkiye.

- Suiçmez, T. (2007). Kömürün Petrografik Bileşenlerinin Seçimli Olarak Ayrılması. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak*. <http://arxiv.org/abs/1011.1669>
- Tarawneh, K., Alnawafleh, H., & Bani Yasin, I. (2020). Mineralogical Studies on Some Selected Semi-Precious Stones from Northeast Jordan. *Natural Resources*, 11(04), 168–183.
- Timur, T. (2019). Kardemir A.Ş’de Farklı Toz Cevherlerle Üretilen Sinterin Kalitesinin İncelenmesi. *Karabük Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük*.
- Toprak, S. (2013). Petrographical Properties of a Semi-Precious Coaly Stone, Oltu Stone, From Eastern Turkey. *International Journal of Coal Geology*, 120, 95–101. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coal.2013.10.004>
- Toy, S., Eymirli, E. B., & Gürbüz, G. (2016). Oltu Taşı Değer Zinciri Analizi. *MEGARON / Yıldız Technical University, Faculty of Architecture E-Journal*, 12(1), 120–129.
- Volkan Çil. (2013). Oltu Taşı İle Rus Taşı (Gürcü Taşı)’nın Jeolojik, Mineralojik, Gemolojik Ve Teknolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilimdalı*.
- Wagner-Wysiecka, E. (2018). Mid-infrared Spectroscopy for Characterization of Baltic Amber (succinite). *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 196(1), 418–431.
- Watts, S., Pollard, A., & Wolff, G. (1997). Kimmeridge Jet A Potential New Source For Britihs Jet. *Archaeometry*, 39(April), 125–143.
- Yılmaz, S. (2019). A New Approach for the Testing Method of Coal Grindability. *Advanced Powder Technology*, 30, 1932–1940.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Ümit Bora AKBULAK
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
Adres:	
Tel:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Pendik Anadolu Lisesi
Lisans:	Işık Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği
Yüksek Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Almanca:	Orta