

**AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ ANDEZİTLERİNİN  
SERAMİK ÇAMUR VE SIR BÜNYELERİNDE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hakan ERGUN

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yard. Doç. Dr. Münevver ÇAKI

Ocak, 2009

Afyonkarahisar

**T.C.  
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
SERAMİK ANASANAT DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ ANDEZİTLERİNİN  
SERAMİK ÇAMUR VE SIR BÜNYELERİNDE  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hazırlayan  
Hakan ERGUN**

**Danışman  
Yard. Doç. Dr. Münevver ÇAKI**

**AFYONKARAHİSAR 2009**

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi Olarak ‘‘Afyonkarahisar Bölgesi Andezitlerinin Seramik Çamur ve Sır Bünyelerinde Değerlendirilmesi’’ adlı çalışmanın tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Kaynakça’da gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

30/01/2009

Hakan ERGUN

**TEZ JÜRİSİ VE ENSTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAYI**

**İmza**

Danışman Üye : Yrd.Doç.Dr. Münevver ÇAKI



Jüri Üyeleri : Doç.Dr. Soner GENÇ



: Doç.Dr. İsmail YARDIMCI



Seramik Anasanat dalı tezli yüksek lisans öğrencisi Hakan ERGUN'un "Afyonkarahisar Bölgesi Andezitlerinin Seramik Çamur ve Sır Bünyelerinde Değerlendirilmesi" başlıklı tezini değerlendirmek üzere 30.01.2009 günü saat 14:00'de Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

**Doç.Dr.Mehmet KARAKAŞ**  
**MÜDÜR**



## **YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZETİ**

### **AFYONKARAHİSAR BÖLGESİ ANDEZİTLERİNİN SERAMİK ÇAMUR VE SIR BÜNYELERİNDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Hakan ERGUN**

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
SERAMİK ANASANAT DALI**

**Ocak 2009**

**TEZ DANIŞMANI: Yard. Doç. Dr. Münevver ÇAKI**

Andezit çok eski dönemlerden bu yana mimari, inşaat, sanat alanlarında yaygın olarak kullanılan volkanik kökenli bir kayadır. İçerdiği mineral bileşenlerine bağlı olarak doğal görünümü açık griden koyu gri, siyah, kırmızımsı kahverengi ve pembemsi tonlarında değişir. Isı değişimlerine ve dona dayanıklı olması, yüksek aşınma direnci, sertliğinin yanısıra dekoratif ve estetik özellikleri açısından önemli ve değerlidir.

Son yıllarda, kaliteli hammadde rezervlerinin hızla tükenmekte olması geleneksel seramik üretimine yönelik olarak; ekonomik, sanatsal ve çevresel faktörlerin dikkate alındığı alternatif hammadde arayışlarını ön plana çıkarmıştır. Teknik ve estetik olarak istenilen üretim ve kullanım özelliklerine sahip olan ancak daha düşük maliyetle üretilmiş ürün eldesi üzerine çalışmalar önem kazanmıştır. Bu nedenle günümüzde de Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde yer alan hammadde kaynaklarının seramik çamur, sır ve astar gibi farklı bünyelerde değerlendirilmesi ile ilgili olarak çok sayıda araştırma yapılmaktadır.

Bu alışmada Afyonkarahisar ili, İŖcehisar ilçesinden temin edilen ve toplam alkali oksit oranı yüksek olan andezitin, yarı yaş ve yaş yöntemlerle Ŗekillendirilebilen, 1160, 1180 ve 1200  C ‘lerdeki pişirim sonrası açık kahverengiden, kırmızımsı ve koyu kahverengiye değişen bünyelerin eldesinde, ayrıca farklı sıcaklıklarda olgunlaşabilen sırlarda sır bileşeni olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Andezit, seramik bnye, Ŗekillendirme, stoneware sır.

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF AFYONKARAHISAR REGION ANDESITES IN CERAMIC CLAY AND GLAZE BODIES**

**Hakan ERGUN**

**AFYON KOCATEPE UNIVERSITY  
THE INSTITUTE OF SOCIAL SCIENCES  
DEPARTMENT of CERAMIC ART**

**Janury 2009**

**ADVISOR: Asist. Prof. Dr. Münevver ÇAKI**

Andesite is a volcanic rock that has been commonly used in architecture, building and art since the ancient times. Depending on its mineral constituents, andesite in raw state has a colour range changing from light gray to black, reddish brown and pinky tones. Besides its hardness, high abrasion resistance against for heat exchange and frost, decorative and aesthetical properties of andesite make it outstanding and valuable .

In recent years, as quality raw material resources have been rapidly used up; researches for new alternative raw materials regarding the economic, artistic and environmental fields have come into prominence in the traditional ceramics production. Studies for producing wares, which possess the desired production and usage properties either technically and aesthetically but at low cost has become a current issue. Therefore , multiple researches are currently done related to the evaluation of raw material resources from several regions of our country in the different bodies like ceramic clays, glazes and engobes .

In this study, the andesite, provided from Afyonkarahisar, Iscehisar County and whose proportion of total alcali oxides is high, has been researched for

obtaining of different bodies . which can be formed by slip casting and plastic forming and which are changing colours from pinky to reddish brown after the firing in 1160-1180 and 1200°C and also its usability as a glaze component in the glazes which may be developed in differential temperatures.

**Key words:** Andesite, ceramic body, forming, stoneware glaze

## ÖNSÖZ

“Afyonkarahisar Bölgesi Andezitlerinin Seramik Çamur ve Sır Bünyelerinde Değerlendirilmesi” isimli tez çalışması boyunca her konuda bilgi ve destek veren danışmanım Yrd. Doç. Dr. Münevver ÇAKI’ya, Dekanım Prof. Dr. H. Rıza AŞIKOĞLU’na, değerli hocam Doç. İsmail YARDIMCI’ ya ve Prof. Ayşegül TÜREDİ ÖZEN’e teşekkür ederim.

Yakın ilgi ve katkılarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali SARIŞIK’ a, Öğr. Grv. Ömer GÖRKEM’ e, Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Bölümü akademik, idari ve teknik personeline sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında maddi ve manevi her konuda destek veren Sayın Mürşit AYMERGEN, Nadire AYMERGEN ve Ozan AYMERGEN’ e, sevgili anneme ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam süresince her türlü desteği esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili eşim Mine ERGUN’ a teşekkür ederim.

Hakan ERGUN

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

YEMİN METNİ.....	ii
TEZ JÜRİSİ VE ENSİTİTÜ MÜDÜRLÜĞÜ ONAYI.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
RESİMLER LİSTESİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM SERAMİK BÜNYELERDE KULLANILAN HAMMADDELER

1. ÖZLÜ SERAMİK HAMMADDELERİ.....	3
1.1. KİL MİNERALLERİ.....	3
1.1.1.Kaolin Grubu Kil Mineralleri.....	4
1.1.2.Montmorillonit Grubu Kil Mineralleri.....	5
1.1.3.İllit Grubu Kil Mineralleri.....	5
2. ÖZSÜZ SERAMİK HAMMADDELERİ.....	6
2.1.FELDSPAT.....	6
2.2.KUVARS.....	7
2.3.KALK.....	7
2.4.DOLOMİT.....	7
2.5.MAGNEZİT.....	8
2.6. WOLLASTONİT.....	8

### İKİNCİ BÖLÜM MAGMATİK KAYAÇLAR

1. MİNERALLER VE KAYAÇLAR .....	9
1.1. MİNERALLER.....	10
1.2. KAYAÇLAR.....	10
1.2.1.Magmatik Kayaçlar.....	11
1.2.1.1 Derinlik Kayaçları (Plütonik Kayaçlar).....	12
1.2.1.2 Yarı Derinlik Kayaçları (Damar Kayaçları).....	17
1.2.1.3 Yüzey Kayaçları (Volkanik Kayaçlar).....	19

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ANDEZİT, TANIMI, ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI	
1. ANDEZİTİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ.....	24
2. KULLANIM ALANLARI.....	25

**DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**  
**DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SERAMİK UYGULAMALAR**

<b>1. ANDEZİT VE DİĞER HAMMADDELERİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MİNERALojİK ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>35</b>
<b>2. ÇAMUR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI.....</b>	<b>40</b>
2.1. YARI YAŞ YÖNTEMLE ŞEKİLLENDİRMEYE UYGUN REÇETE ARAŞTIRMALARI.....	40
2.2. YAŞ YÖNTEMLE ŞEKİLLENDİRMEYE UYGUN REÇETE ARAŞTIRMALARI.....	55
<b>3. ANDEZİTİN SIR BİLEŞENİ OLARAK KULLANIMI.....</b>	<b>63</b>
<b>4. SERAMİK UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER.....</b>	<b>73</b>
<b>SONUÇ.....</b>	<b>94</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>97</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>100</b>

## TABLULAR LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 1.</b> Afyonkarahisar andezitin XRF ile belirlenen kimyasal analizi (ağırlıkça %).....	37
<b>Tablo 2.</b> Reçete Araştırmalarında Kullanılan Diğer Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri (ağırlıkça % ).....	39
<b>Tablo 3.</b> Reçete Araştırmalarında Kullanılan Kil ve Kaolinlerin Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri.....	39
<b>Tablo 4.</b> Andezit ve Şamot Çamuru ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri.....	41
<b>Tablo 5.</b> Andezit –Şamot Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri.....	41
<b>Tablo 6.</b> Andezit ve Kırmızı Kil ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri.....	44
<b>Tablo 7.</b> Andezit – Kırmızı Kil Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri.....	44
<b>Tablo 8.</b> Andezit ve Yıkanmış Uşak Kaolini (YUK) ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri.....	47
<b>Tablo 9.</b> Andezit ve Yıkanmış Uşak Kaolini (YUK) Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri .....	47
<b>Tablo 10.</b> Andezit ve Akas Kili ile hazırlanan reçete bileşimleri.....	50
<b>Tablo 11.</b> Andezit – AKAS karışımlarının toplam küçülme ve su emme Değerleri.....	50
<b>Tablo 12.</b> Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamur Reçeteleri.....	53
<b>Tablo 13.</b> Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamurların Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri.....	53
<b>Tablo 14.</b> Andezit ve Döküm Kili ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri ve Döküm Özellikleri.....	55
<b>Tablo 15.</b> Andezit ve Döküm Kili Karışımlarından Üretilen Bünyelerin Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri.....	56
<b>Tablo 16.</b> Andezit ve Döküm Kili ile Üretilen ve 1160 °C’de Pişirilen Bünyelere Ait Renk Değerleri.....	57
<b>Tablo 17.</b> Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamuru Reçeteleri ve Döküm Özellikleri.....	58
<b>Tablo 19.</b> Standart ve Andezit Katkılı Bünyelerin 1160 °C’deki Renk Değerleri.....	60
<b>Tablo 20.</b> Andezit ve Üleksitle Hazırlanan Sırların Reçete Bileşimleri.....	69
<b>Tablo 21.</b> Andezit ve Kolemanitle Hazırlanan Sırların Reçete Bileşimleri.....	69



## RESİMLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Resim 1.</b> Granit.....	13
<b>Resim 2.</b> Granit ile Kaplanan Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğü.....	13
<b>Resim 3.</b> Siyenit.....	14
<b>Resim 4.</b> Sütunları Siyenitten Yapılmış Alman Çeşmesi.....	15
<b>Resim 5.</b> Nefelin Siyenit.....	16
<b>Resim 6.</b> Gabro.....	17
<b>Resim 7.</b> Pegmatit.....	18
<b>Resim 8.</b> Aplit.....	19
<b>Resim 9.</b> Lav.....	20
<b>Resim 10.</b> Riyolit.....	21
<b>Resim 11.</b> Bazalt.....	22
<b>Resim 12.</b> Hitit Maraş Aslanı.....	22
<b>Resim 13.</b> Hitit Aslan Protomu.....	23
<b>Resim 14.</b> Andezit.....	24
<b>Resim 15.</b> Çankırı Şifahanesi (Taş Mescit).....	26
<b>Resim 16.</b> Çankırı Şifahanesi Detay, Tıp Sembolü, Andezit, Kabartma İki Yılan.....	26
<b>Resim 17.</b> Kurtuluş Savaşı Müzesi (I. T.B.M.M) , 1930.....	27
<b>Resim 18.</b> Kurtuluş Savaşı Müzesi (I. T.B.M.M) , 2006.....	27
<b>Resim 19.</b> Kemeraltı - Salepçioğlu Camii.....	28
<b>Resim 20.</b> Pers Mezar Anıtı 1.....	29
<b>Resim 21.</b> Pers Mezar Anıtı 2.....	29
<b>Resim 22.</b> Akdamar Kilisesi.....	30
<b>Resim 23.</b> Akdamar Kilisesi (Detay).....	30
<b>Resim 24.</b> Anadolu Medeniyetleri Müzesi'ndeki Andezit Frig At Kabartması.....	31
<b>Resim 25.</b> Anadolu Medeniyetleri Müzesi'ndeki Andezit Frig Aslan Kabartması.....	31
<b>Resim 26.</b> Ana Tanrıça Kibele'nin Andezitten Yapılmış Kabartması.....	32
<b>Resim 27.</b> Mümtaz Demirkalp, Dua, Andezit Heykel, 2005.....	33
<b>Resim 28.</b> Melih Aba, Yaprak I, Andezit ve Mermer Heykel, 1998.....	34
<b>Resim 29.</b> Melih Aba, Yaprak IV, Andezit Heykel, 1998.....	34
<b>Resim 30.</b> İyigün Andezit Ocağı 1.....	35
<b>Resim 31.</b> İyigün Andezit Ocağı 2.....	36
<b>Resim 32.</b> İyigün Andezit Ocağı 3.....	36
<b>Resim 33.</b> Andezitin Ham Halde, 950, 1000, 1160, 1180 ve 1200 °C'lerde Pişirim Sonrası Renk Değişimleri ve Ergime Davranışları.....	38
<b>Resim 34.</b> Andezit ve Şamot Karışımlarının 1160 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri.....	42
<b>Resim 35.</b> Andezit ve Şamot Karışımlarının 1180 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri.....	42

<b>Resim 36.</b> Andezit ve Şamot Karışımlarının 1200 °C’ deki Sırsız Pişme Renkleri.....	43
<b>Resim 37.</b> Andezit ve Şamot Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	43
<b>Resim 38.</b> Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının 1160 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	45
<b>Resim 39.</b> Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının 1180 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	45
<b>Resim 40.</b> Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının 1200 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	46
<b>Resim 41.</b> Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	46
<b>Resim 42.</b> Andezit ve YUK Karışımlarının 1160 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	48
<b>Resim 43.</b> Andezit ve YUK Karışımlarının 1180 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	48
<b>Resim 44.</b> Andezit ve YUK Karışımlarının 1200 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	49
<b>Resim 45.</b> Andezit ve YUK Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	49
<b>Resim 46.</b> Andezit ve Akas Kili Karışımlarının 1160 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	51
<b>Resim 47.</b> Andezit ve Akas Kili Karışımlarının 1180 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	51
<b>Resim 48.</b> Andezit ve Akas Kili Karışımlarının 1200 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	52
<b>Resim 49.</b> Andezit ve Akas Kil Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	52
<b>Resim 50.</b> Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamurların 1160, 1180 ve 1200 °C ‘deki Sırsız Pişme Renkleri.....	54
<b>Resim 51.</b> Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamurların Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	54
<b>Resim 52.</b> Andezit ve Döküm kili Karışımlarının 1160 ve 1180°C’ deki Sırsız Pişme Renkleri.....	56
<b>Resim 53.</b> Andezit ve Döküm Kili Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	57
<b>Resim 54.</b> Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamurlarının, 1160 °C’ deki Sırsız Pişme Renkleri.....	59
<b>Resim 55.</b> Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamurlarının 1180 °C’ deki Sırsız Pişme Renkleri.....	60
<b>Resim 56.</b> Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamurlarının 1160 °C’ deki Saydam Sırlı Pişme Renkleri.....	61
<b>Resim 57.</b> Andezit Katkılı Döküm Çamuru ile Hazırlanan Formların Alçı Kalıpta Şekillendirilmiş ve Daha Sonra 1160 °C de Pişirilmiş Görüntüleri	62
<b>Resim 58.</b> Andezitin Tek Başına Stoneware Bünye Üzerinde Farklı Sıcaklıklarda Sır Uygulaması.....	63
<b>Resim 59.</b> Andezitin Güral Porselen Fabrikasında Yapılan 1150 °C’ deki Sır Uygulaması ve Detayı.....	64
<b>Resim 60.</b> Andezitin Güral Porselen Fabrikasında Yapılan 1160 °C’ deki Sır Uygulaması ve Detayı.....	64

<b>Resim 61.</b> Andezitin Güral Porselen Fabrikasında Yapılan 1220 °C’ deki Sır Uygulamaları.....	65
<b>Resim 62.</b> Andezite CoO Katkısı ile Oluşturulan Sırlar.....	66
<b>Resim 63.</b> Andezite CuO Katkısı ile Oluşturulan Sırlar.....	66
<b>Resim 64.</b> Andezite CuCO <sub>3</sub> Katkısı ile Oluşturulan Sırlar.....	67
<b>Resim 65.</b> Andezite Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Katkısıyla Oluşturulan Sırlar.....	67
<b>Resim 66.</b> Andezite TiO <sub>2</sub> Katkısıyla Oluşturulan Sırlar.....	68
<b>Resim 67.</b> Andezite ZnO Katkısıyla Oluşturulan Sırlar.....	68
<b>Resim 68.</b> Andezite NiSO <sub>4</sub> Katkısıyla Oluşturulan Sırlar.....	68
<b>Resim 69.</b> Andezit ve Üleksitle Hazırlanan Sır Örnekleri.....	70
<b>Resim 70.</b> Andezit ve Kolemanitle Hazırlanan Sır Örnekleri.....	71
<b>Resim 71.</b> CoO ile Renklendirilmiş AS2 Sırının Görüntüsü.....	72
<b>Resim 72.</b> Andezit, Sülyen ve Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ile Oluşturulmuş Sır Uygulaması.....	72
<b>Resim 73.</b> Andezit, Metal Oksit ve Seramik Boyalarla Oluşturulan Sır Örneği.....	73
<b>Resim 74.</b> “Engel” 30x60x3 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	75
<b>Resim 75.</b> “Engel” Detay.....	75
<b>Resim 76.</b> “Çift Başlı Kartal” 30x30x2 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	76
<b>Resim 77.</b> “Kafes 1” 30x60x2 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	77
<b>Resim 78.</b> “Kafes 1” Detay.....	77
<b>Resim 79.</b> “Ejder” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1150 °C.....	78
<b>Resim 80.</b> “Ejder” Detay.....	78
<b>Resim 81.</b> “İsimsiz 1” 30x60x2 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	79
<b>Resim 82.</b> “İsimsiz 1” Detay.....	79
<b>Resim 83.</b> “İsimsiz 2” 30x60x3 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	80
<b>Resim 84.</b> “İsimsiz 2” Detay.....	80
<b>Resim 85.</b> “Volkanizma 1” 30x60x3 cm, 2007, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	81
<b>Resim 86.</b> “Volkanizma 1” Detay.....	81
<b>Resim 87.</b> “İsimsiz 3” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	82
<b>Resim 88.</b> “İsimsiz 3” Detay.....	82
<b>Resim 89.</b> “İsimsiz 4” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	83
<b>Resim 90.</b> “İsimsiz 4” Detay.....	83
<b>Resim 91.</b> “İsimsiz 5” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	84
<b>Resim 92.</b> “İsimsiz 5” Detay.....	84
<b>Resim 93.</b> “İsimsiz 6” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	85
<b>Resim 94.</b> “İsimsiz 6” Detay.....	85
<b>Resim 95.</b> “İsimsiz 7” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	86
<b>Resim 96.</b> “İsimsiz 7” Detay.....	86

<b>Resim 97.</b> “İsimsiz 8” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	87
<b>Resim 98.</b> “İsimsiz 8” Detay.....	87
<b>Resim 99.</b> “İsimsiz 9” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	88
<b>Resim 100.</b> “İsimsiz 9” Detay.....	88
<b>Resim 101.</b> “Volkanizma II 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	89
<b>Resim 102.</b> “Volkanizma II” Detay.....	89
<b>Resim 103.</b> “İsimsiz 10” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	90
<b>Resim 104.</b> “İsimsiz 10” Detay.....	90
<b>Resim 105.</b> “İsimsiz 11” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	91
<b>Resim 106.</b> “İsimsiz 11” Detay.....	91
<b>Resim 107.</b> “İsimsiz 12” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	92
<b>Resim 108.</b> “İsimsiz 12” Detay.....	92
<b>Resim 109.</b> “Lale” 48x14x1 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C.....	93

## KISALTMALAR DİZİNİ

- A : Andezit
- ADKR1 : Andezit ve Döküm Kili Reçetesi 1
- ADKR2 : Andezit ve Döküm Kili Reçetesi 2
- ADKR3 : Andezit ve Döküm Kili Reçetesi 3
- ADR 1 : Andezitli Döküm Reçetesi 1
- ADR 2 : Andezitli Döküm Reçetesi 2
- ADR 3 : Andezitli Döküm Reçetesi 3
- A.K : Ateşte Kayıp
- AKR1 : Akas Killi Reçete 1
- AKR2 : Akas Killi Reçete 2
- AKR3 : Akas Killi Reçete 3
- APR1 : Andezitli Plastik Reçete 1
- APR2 : Andezitli Plastik Reçete 2
- AS : Andezitli Sır
- AŞR1 : Andezit ve Şamotlu Reçete 1
- AŞR2 : Andezit ve Şamotlu Reçete 2
- AŞR3 : Andezit ve Şamotlu Reçete 3
- DPT : Devlet Planlama Teşkilatı
- KKR1 : Kırmızı Killi Reçete 1
- KKR2 : Kırmızı Killi Reçete 2
- KKR3 : Kırmızı Killi Reçete 3
- M : Mika
- S : Sanidin
- STPR : Standart Plastik Reçete
- STDR : Standart Döküm Reçetesi
- TOT : Üç Tabakalı Montmorillonit Yapısı
- YUKR1 : Yıkanmış Uşak Kaolinli Reçete 1
- YUKR2 : Yıkanmış Uşak Kaolinli Reçete 2
- YUKR3 : Yıkanmış Uşak Kaolinli Reçete 3

## GİRİŞ

İnsanoğlunun doğada yaşama tutunabilmesi için kayaçlar ile ilişkisi ilk çağlara kadar uzanır. Önce etrafındaki keskin taşları silah gibi kullanarak avlanan ilk insan daha sonra taşlara şekil vererek yaptığı bu basit aletler ile besinleri sağlamada ve kendini korumada konumunu geliştirmiştir. İnsanoğlu kayaçlardan yararlanmaya, yaşadığı yerleşimlerde ve mağaralarda devam etmiş, ayrıca kaba taşlardan anıtlar yapmaya başlamıştır.

Volkanik bir kayaç olan ve adını And Dağlarından alan andezit insanoğlunun bu dönemlerde yararlanmaya başladığı taşlardan birisidir. Andezit, geçmiş dönemlerden günümüze kadar birçok uygarlıkta kale surları, anfi tiyatro, odeon, köprü, kilise, cami, medrese gibi mimari yapılarda, heykellerde ve kabartmalarda görülmektedir. Anadolu Medeniyetleri Müzesi'ndeki Frig at, aslan, boğa, grifon kabartması (M.Ö.7. y. Yıl), M.Ö. 1500 yıllarında yapıldığı belirtilen Assos Atena Tapınağı, Kadife Kale, Ankara Kalesi, Taş Mescit, I. Türkiye Büyük Millet Meclisi, Ak Damar Kilisesi andezitin kullanıldığı mimari yapılara ve esere verilen örneklerden bazılarıdır.

Coğrafi konumu itibari ile Ege Bölgesinin İç Batı Anadolu bölgesinde yer alan Afyonkarahisar, Kütahya, Uşak, Denizli, Isparta, Konya, Eskişehir İlleri ile çevrelenmiştir. Yüksel (2004), Afyonkarahisar adının ilde yoğun olarak yetiştirilmekte olan afyon (haşhaş) bitkisi ve yaklaşık 3 bin 350 yıllık tarihe sahip olan kalesinin Türk egemenliğindeki adı olan Karahisar'ın bileşiminden meydana geldiğini ve Afyonkarahisar'ın klasik çağlardaki eski isminin eski Yunanca kaynaklara göre Akronio olduğunu ifade etmektedir. Afyonkarahisar zengin bir tarihi geçmişe sahiptir. Geçmişte Hititler, Frigler, Lidyalılar, Persler, Romalılar, Bizanslılar, Selçuklular ve Osmanlılar Afyonkarahisar'ı yerleşim bölgesi olarak seçmişlerdir.

Afyonkarahisar'ın diğer şehir merkezlerine giden bir yol kavşağında olması, iklimi, bitki örtüsünün yerleşime uygun olmasının yanısıra yeraltı zenginliklerinin varlığı da çok eski bir yerleşim yeri olmasının nedenleri olarak gösterilmektedir. Afyonkarahisar ili jeolojik olarak, magmatik, metamorfik ve sedimanter oluşumların olduğu bir bölgedir. Eski dönemlerde metamorfik tüflerin bulunduğu yüksek

kesimler barınak – mabet yapımında, daha sonra ise mermer ve diğer doğal taşlar yapı kaplamalarında kullanılmışlardır. Afyonkarahisar maden çeşitliliği bakımından oldukça zengin bir şehirdir. Endüstriyel hammaddeler grubuna dahil başta mermer olmak üzere tuğla, kiremit ve çimento hammaddeleri Afyonkarahisar İli'nin ekonomisinde önemli yer tutarlar. Bölgenin magmatik kökenli kısımlarında bulunan bazalt, andezit, trakit gibi kayalar dış mekanlarda kaplama malzemesi olarak işletilmektedir (Büyüksağış, 2002).

Yukarıda belirtildiği gibi geçmişten bugüne, çeşitli alanlarda çok farklı şekillerde kullanılmış olan doğal taş andezitin son dönemlerde seramik sırlarıyla kaplama malzemesi ve hammadde olarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Günümüzde geleneksel seramik ürünlerin üretiminde ekonomik, sanatsal ve çevresel faktörlere bağlı olarak teknik ve estetik açıdan istenilen üretim ve kullanım özelliklerine sahip fakat maliyeti daha düşük olan hammadde arayışları önem kazanmıştır.

Bu tez çalışmasında Afyonkarahisar ili, İncehisar ilçesindeki İyigün Andezit Ocağından alınan andezit; yarı yaş ve yaş yöntemleri ile şekillendirmeye uygun bünye üretiminde hammadde kaynağı olarak kullanılmıştır. 1160, 1180 ve 1200 °C olarak seçilen çalışma sıcaklıklarında, bu hammaddenin renkli bünye üretiminde, ayrıca belirlenen sıcaklıklarda olgunlaşabilen sırlarda sır bileşeni olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üretilen andezitli bünyeler ve sırlar aynı zamanda çeşitli boyutlarda kesilmiş olan andezit taşları üzerinde farklı tasarımlarla yer almıştır.

Birinci bölümde seramik hammaddeleri ile ilgili literatür bilgileri verilirken ikinci bölümde andezitin bağlı bulunduğu magmatik kayaların sınıflandırılması ve örneklemeler görsel bir şekilde aktarılmış, üçüncü bölümde ise andezitin tanımı ve kullanımı ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Son bölümde ise andezit katkısı ile oluşturulan bünye ve sırların deneysel çalışmaları, analizler görsellerle desteklenerek aktarılmış ve bu deneysel çalışmalar sonucunda oluşturulan malzemeler ile seramik uygulamalar yapılarak tez oluşturulmuştur.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### SERAMİK BÜNYELERDE KULLANILAN HAMMADDELER

Gündelik yaşamın hemen her aşamasında yoğun olarak farklı şekillerde karşılaşılan seramik ürünler, “seramik hammaddeleri” olarak tanımlanan çeşitli maddelerin bir araya getirilmesiyle üretilmektedir. Seramik bünyenin oluşturulması için kullanılan hammaddeler; özlü ve özsüz olarak temelde iki ana grupta sınıflandırılır.

#### 1. ÖZLÜ SERAMİK HAMMADDELERİ

Su ile kolayca yoğrulabilen dağılmadan kolayca şekillendirilen, kuruduklarında şeklini bozulmadan muhafaza eden hammaddelere özlü seramik hammaddeleri denir. Oluşumlarına göre içerikleri, tane irilikleri, yoğrulmaları için alabildikleri su miktarı bu sınıflandırmada rol oynar. En özlü seramik hammaddesi olarak bentonit, sonra killer ve kaolinler sıralama yerlerini alırlar (Arcasoy, 1988).

##### 1.1. KİL MİNERALLERİ

Dünyada ve Türkiye’ de seramik denilince akla killer gelmektedir. Kil kaynaklarına yakın yerlerde ilk seramik fabrikaları bu nedenle kurulmuştur. Çünkü seramikte kullanılan hammaddelerin içinde hem teknolojik, hem de miktar açısından en önemlisi killerdir (DPT, 2001). Killer, volkanik kayaların jeolojik koşullarda çözümlerinden meydana gelir. Kilin türü, ana kayacın cinsine ve geçirdiği sürece bağlıdır. Kil içinde, alüminyum silikatlarla beraber demir, magnezyum, sodyum, kalsiyum ve potasyum bileşikleri gibi bileşiklerde bulunur. Buna göre çok çeşitli renk ve özellikte olurlar (Köktürk, 2002).

Kil minerallerinin, uzun yıllardan beri çeşitli yöntemler ile bileşimleri, oluş ve bulunuş şekilleri, orijinleri, özellikleri, tayin etme yolları ve ekonomik değerleri incelenmektedir. Farklı litolojik özellikte kayaçların içinde bulunan kil minerallerinin oluşumu, dağılışı ve ortam koşulları da araştırılmaktadır. Kil minerallerinin bileşimi esas olarak sulu alüminyum silikattan ibarettir. Burada  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tetraederleri,



tabakalar meydana getirmek üzere çeşitli şekillerde birleşir ve çeşitli özellikte kil minerallerini meydana getirir. ( Erguvanlı, 1994)

Kil minerallerinin farklı endüstriyel alanlarda (seramik, kimya, petrol endüstrisi vb.) kullanılması ile, bu minerallerin kristal yapısı ve kimyası arasında yakın bir ilişki vardır. Bu sektörlerde değerlendirilebilmeleri için; mineralojileri, tane boyutları ve şekilleri, yüzey kimyası, renk, viskozite, plastisite, absorpsiyon gibi özellikler önemlidir (Karakaya, 2007 ).

“Kil minerallerinin oluşabileceği bir ortamın bulunması, kil minerallerinin oluşumunda çok önemli bir etkidir. Kil yataklarının oluşumu sırasında ortam alkali olursa, kil minerallerinden sadece montmorillonit meydana gelir. Ortamda potasyum hakim olacak olursa potasyumca zengin muskovit ve serisit içeren mikalı kil mineralleri oluşur” (Kibici, 2005: 21).

#### **1.1.1. Kaolin Grubu Kil Mineralleri**

“Kaolin terimi endüstriyel anlamda, kayaç ismi ve mineral ismi olarak kullanılmaktadır. Kaolinler; kaolin grubu minerallerinden (kaolinit, halloysit, dikit ve nakrit) çoğunlukla birini içeren kayaçlardır” (Karakaya, 2007: 235). Kimyasal bileşimi:  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  şeklinde olup elektron mikroskopunda hegzagonalimsi ince levhalar halinde görülür. Bu gruptaki kil mineralleri, feldispatların asit ortamlarda, sıcak, soğuk ve hidrotermal eriyiklerin etkisiyle ayrışması sonucunda oluşurlar. Dikit ve Nakrit’e, tipik hidrotermal mineralleri olarak bakılmaktadır. Bu grupta bulunan halloysit sulu arazide fazla miktarda su içerebilir, fakat suyunu, kuruyunca bırakır ( Erguvanlı, 1994).

Pişme rengi, ateşe dayanım ve şekillendirilebilme özellikleri kaolinlerde önemli olan özelliklerdendir.

Seramik sanayinde pişme rengi beyaz olan kaolinler aranmaktadır. Hammadde rengi beyaz olup,  $Fe_2O_3$  oranı düşük olan kaolinler arazide kolayca tanınır. Bu hammaddenin ateşe dayanım özelliğini hümüs asidi sağlar. Döküm yoluyla şekillendirmeye uygun kaolin ve killerin en önemli karakteri bunların belli bir miktarda hümüs asidini içermeleridir (Kibici, 2002).

### **1.1.2. Montmorillonit Grubu Kil Mineralleri**

Bu gruba giren kil minerallerinin genel yapıları kaolinit gibi alüminyum silikat olmalarına karşın farklı bir görünüm içindedirler. Montmorillonit grubu kil minerallerinin renkleri beyaz, sarı, açık yeşil, mavimsi ve siyahımsı arasında değişir. En bilinen mineralleri beidellit ve vermiküllittir (Kibici, 2002).

İki tetrahedral tabaka (Silika Tabakası) arasına bir oktahedral tabakanın (Alumina tabakası) girmesiyle montmorillonit mineralinin (TOT) şeklinde simgelenen birim katmanı oluşmuştur. Çok sayıda (TOT) birim katmanının birbirine paralel olarak istiflenmesiyle montmorillonit partikülleri meydana gelmiştir. Katmanlar arasında su ve değişebilen iyonlar bulunmaktadır. Yapısındaki Al→Fe ile yer değiştirdiğinde “Nontronit”, (Mg) ile yer değiştirdiği zaman ise, Hektorit, Saponit ve Saukonit adıyla tanımlanır.

Montmorillonit, şişme özelliği olan kil minerallerindendir. Kuru halde bünyesine su alarak hacminin maksimum 15-20 katı kadar şişme gösterebilir. Bentonit; %85-95 montmorillonit içeren ve bünyesinin 20 katı şişme gösterebilen çok plastik, absorpsiyon ve iyon değiştirme kapasitesi yüksek olan bir kil mineralidir. Bentonitik formdaki montmorillonit, yani BENTONİT, emaye, sır ve çamurlarda, plastikliği artırmak için kullanılır. Çok ince taneli ve dolayısıyla yüzey alanları büyük olduğu için özellikle sırlarda (beyaz pişme renginde olma koşuluyla) süspanse edici (çöken tanecikleri askıda tutabilen) malzeme olarak kullanılır.

### **1.1.3. İllit Grubu Kil Mineralleri**

İllit mikaya benzeyen kil minerallerine verilen genel bir isimdir. İlk olarak 1937 de İllinois’de bulunduğu için, H. Grimm tarafından illit adı verilmiştir. Elektron mikroskopundaki görüntüsü, ufak yassı levhacıklar veya düzensiz topluluklar şeklindedir. Montmorillonit grubundaki gibi üç tabakalı yapıdadır. Potasyum bakımından zengin ortamlarda oluşmuşlardır. Plastitesi diğer iki grubun arasındadır. İllit grubu kil mineralleri; illite, Glauconitedir (Erguvanlı, 1994).

## 2. ÖZSÜZ SERAMİK HAMMADDELERİ

### 2.1. FELDSPAT

Yeryüzünü oluşturan minerallerin en önemlilerinden olan feldspatlar bir mineral grubunun genel adıdır. Feldspat, yerkabuğundaki birçok magmatik, metamorfik ve sedimanter kayacın bileşiminde büyük ölçüde bulunması dolayısıyla ticari olarak çeşitli kaynaklardan üretimi veya feldspat oranı yeterli olduğu takdirde bu kayaçların direkt olarak sanayinde kullanımı mümkün olmaktadır. Ticari feldspat kaynağı olarak halen kullanılan kayaç türleri: pegmatitler, apilitler, feldspat filonları , nefelinli siyenit , alaskit, grafik granit (yazı graniti), perlit, feldspatik kumlar, altere granitlerdir (DPT, 1995).

Kimyasal olarak Alkali içeren Alümina Silikatlardır şeklinde tanımlanır. Bünyesindeki alkaliler ile ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ), kil ve kaolinlere göre ergime derecesi düşük olan bir seramik hammaddesidir.

Seramik ürünlerin oluşumunda “feldspatlar” bünyelerindeki, alkali oranına bağlı olarak sinterleşme ve camlaşmayı sağlarlar. Sert mineraller oldukları için üretim prosesi içinde öğütülmeleri gerekmektedir. Özellikle seramik ve cam sektörü için önemlidirler. Bünyede ergitici görevi yaparlar. Seramik sır veya çamur reçetesinde ergiticiler, bünye pişirildiğinde sıvı oluşumunu sağlayacak sıcaklığın düşürülmesi amacıyla katılır. Alkali içerikleri feldspatlara, nispeten düşük erime sıcaklığı kazandırır. Böylece (kil+kuars+feldspat)’tan oluşan bünyede, feldspat yumuşar, camsı veya sıvı hale geçer. Erimeyen tanecikler arasındaki gözenekleri doldurur. Bünyenin camlaşma derecesini kontrol eder. Farklı seramik bünyelere hangi tip feldspatların, hangi oranlarda ilave edilmesi gerektiği pek çok teknik kritere bağlıdır (pişme sıcaklığı, ürünün kullanım alanı, sır tipi, bileşimi vs.).

Erime özelliğini sağlayan temel faktör, toplam alkali içeriği ve  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$  gibi alkali oksitlerin oranlarıdır. Bunun dışında silika içeriği ve bünye bileşimi de etkilidir (Prudence, 1987 ve Yet, 2007).

## 2.2. KUVARS

Köktürk (2002) kuvarısı şöyle açıklıyor; ‘‘feldspatlardan sonra en sık rastlanan ve en yaygın bulunan mineraldir. Pek çok magmatik ve metamorfik kayada esas mineral olarak bulunur. Sertliği 7, yoğunluğu 2,65gr’dır. Renksiz veya çok değişik renkli olup kıymetli türleri renklerine göre isimlendirilir. Dünyanın hemen her yerinde bulunur. Türkiye kuvarıları özellikle Çine-Aydın, Yatağan-Muğla, Karacasu-Aydın, Salihli-Manisa, Dursunbey-Balıkesir, Simav-Kütahya ve Bayat-Afyon bölgelerinde volkanik ve magmatik kayalara bağlı olarak gözlenir’’.

Sileks; değirmenlerin iç kaplama malzemesi olarak, flint ise bu değirmenlerde öğütücü malzeme olarak kullanılır. SiO<sub>2</sub>, seramik çamur ve sırlarında önemli görevler yüklenerek geniş kullanım alanları bulur. Seramik endüstrisinde SiO<sub>2</sub>’nin en çok kuvars kumu ve kuvars minerali şeklinde türleri kullanılır. Doğada bol ve yaygın olarak bulunan ince taneli kumlar, demir ve diğer safsızlıkları içermiyorsa, büyük kırma ve öğütme masraflarına gerek kalmaksızın seramik endüstrisinde kullanılırlar. Kuvars, seramik çamurunda pişme esnasında iskelet görevi yapar, porozite ve geçirgenliği düşürür, plastisiteyi, pişme küçülmesini, deformasyonunu azaltır. Bünyenin asitlere karşı dayanıklılığını sağlar (Kibici, 2002).

## 2.3. KALK

Kimyasal bileşimleri; CaCO<sub>3</sub> ve ortalama sertlikleri 3 olan kalk türleri doğada kalsit (kalktaşı), tebeşir ve mermer şeklinde bulunur. Kalk, kalktaşı şeklinde çimento, kireç üretiminde, hammadde olarak kullanılır. Silika tuğlalarının üretiminde yararlanır. Mermer küçük CaCO<sub>3</sub> kristallerinden oluşur. Çamur ve sırların bileşimine girer. Karışık ve kalklı akçini çamurlarının mineralojik bileşimlerinde % 5–20 arasında CaCO<sub>3</sub>, çok ince öğütölmüş şekli ile mermerden alınır. Seramik çamurlarında kalk ile katkı oranına bağlı olarak 1080–1200 °C’ler arasında sinterleşen bir çamur elde edilir. Bunun nedeni, kalk türlerinin seramik çamurlarında artan sıcaklıkla birlikte gözenekliliği azaltmasıdır (Arcasoy, 1988).

## 2.4. DOLOMİT

MgCa (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> bir kalsiyum magnezyum karbonatı olan dolomit, teorik olarak %45,65 MgCO<sub>3</sub> içerir. Pratikte ise MgCO<sub>3</sub> %10–40 arasında değişir. Renksiz, beyaz, bej, sarımsı ve kahverengi tonlarda olabilirler. Mohs sertlik cetveline göre 3,5-4’dür.

Dolomit ya kireç taşında CaO'in yerini kısmen veya tamamen MgO'un alması şeklinde gelişir yada sedimanter olarak lagünlerde, kıyılarda tuzca zengin sulardan evaporitlerle birlikte çökeler ve evaporit ailesinin bir üyesidir (Köktürk, 2002 ve Kuşcu, 2001). Dolomit seramik endüstrisinde refrakter tuğla ve akçini çamurlarının üretiminde kullanılır (Arcasoy, 1988).

## 2.5. MAGNEZİT

“Magnezit ( $MgCO_3$ ) saf iken renksiz, diğer hallerde beyaz, sarı, kahverengi, gri veya siyah kadar değişik renklerde bulunan bir mineraldir. Teorik olarak % 47,8 MgO ve % 52,2  $CO_2$  içerir. Fakat değişik oranlarda karbonatlar, oksitler ile demir, kalsiyum, mangan ve alüminyum silikatları içerir”(Köktürk, 2002: 145). “Saf  $MgCO_3$ 'ın zinterleşme ve erime noktaları birbirinden uzakta bulunur. Bu özelliğinden de yararlanılarak  $MgCO_3$ 'tan ateşe dayanıklı (1600 °C'in üzerinde) magnezit ve kromit tuğlalar yapılır. Magnezit katkısı, seramik çamurlarında  $CaCO_3$ 'ın yaptığı etkiyi yapar. Magnezit, MgO olarak sırlarda artistik dokuların ve eriticiliğin oluşmasını sağlar” (Arcasoy, 1988: 19).

## 2.6. WOLLASTONİT

Amerika'da 1952 yılından beri kullanılan, beyaz lifsi, yarı saydam bir mineral olan Wollastonit, bir kalsiyum metasilikattır.  $CaSiO_3$  veya  $CaO.SiO_2$  şeklinde tanımlanır. Teorik bileşimi % 48,25 CaO ve % 51,75  $SiO_2$ 'dir. Mohs'a göre sertliği 4,5-5 civarındadır. Türkiye'de Çanakkale, Bursa ve Balıkesir dolaylarında wollastonit yataklarının olduğu ifade edilmektedir (Arcasoy, 1988 ve Kuşcu, 2001). Wollastonitin ana kullanım alanı seramik sanayidir. Seramik malzemelerde üretimde feldspat, kalsit, kuvars, dolomit, talk gibi hammaddeler yerine veya seramik mamülün belirli özelliklerinin düzenlenebilmesinde wollastonit kullanılmaktadır. Sıhhi tesisat ve çinilerde çatlamayı, sıkıştırmayı, kırılmayı ve mamüller üzerindeki ısı genişlemesini önlemesi bakımından aranan bir katkı maddesidir. Diğer malzemelere oranla daha büyük bir potansiyele sahiptir. Wollastonit kullanıldığında seramik ürünün gerek plastik halde, gerekse kurutulmuş halde iken dayanımı çok yüksektir. Ayrıca kurumayı hızlandırır, nemlilik genişlemelerini asgariye indirir. Hamurdaki miktarı arttıkça fırınlama sürecinde kısılma söz konusu olduğundan yakıtta da tasarruf sağlar (Yersel ve Töre, 2001).

## İKİNCİ BÖLÜM

### MAGMATİK KAYAÇLAR

#### 1. MİNERALLER VE KAYAÇLAR

Erkan'a (2006) göre; insanların kayaç ve minerallerle olan ilişkileri çok eskilere, çakmaktaşı ve nefrit gibi sert kayaçlardan koruyucu aletler yapan ilk insana kadar uzanır. Eski devirlerde kayaç ve mineraller üzerinde bilimsel sayılabilecek çalışmaların yapıldığı, bugüne kadar ulaşan eserlerden anlaşılmaktadır. Aristoteles (M.Ö.340) kayaçları, bir anlamda da mineralleri; madenler, taşlar ve yanıcı maddeler olmak üzere bölümlenmiş; İbn-i Sina (980–1037) minerallerin sistematik sınıflamasını yaparak bunları, kayaçlar ve topraklar, yanabilen mineraller, tuzlar ve metaller şeklinde dört ana gruba ayırmış; Agricola (1546) 10 bantlık "De Natura Fossilium" adlı eserinde mineraloji ve madencilik konularına eğilmiştir.

Yerkabuğunda insanların ihtiyaç duyduğu ve paraya çevrilebilen her türlü element ve mineral zenginleşmeleri; jeolojik hammaddeler, mineral kaynakları veya yeraltı zenginlikleri olarak tanımlanmaktadır. Jeolojik hammaddeler kullanım alanlarına göre metalik(cevher) madenler ve metalik olmayan yeraltı zenginlikleri şeklinde iki temel gruba ayrılırlar. Doğadan çıkarıldıktan sonra metalürjik işlemlerle metal üretimi için kullanılan yeraltı zenginlikleri "metalik madenler" olarak bilinir. Metal üretimi yapılmayan, farklı amaçlara yönelik olarak değerlendirilen yeraltı zenginlikleri ise kullanım alanları bakımından endüstriyel hammaddeler, süs taşları, enerji hammaddeleri ve yeraltı suları şeklinde alt gruplara ayrılırlar (Gökçe, 1995).

Endüstriyel kayaçlar ve mineraller ifadesi malzemelerin tabiatını, özelliklerini ve geniş bir kullanım alanını kapsar. İnşaat endüstrisi; yapı taşları, çimento, tuğla ve kiremit için hammadde materyalleri şeklindeki üretimiyle tüm endüstriyel hammaddelerin yarısından fazlasını tüketir. Kil, kaolen, feldspat, dolomit v.b. hammaddeler seramik endüstrisi tarafından tüketilir. Kireçtaşı ve fluorit; demir cevheri kadar çelik endüstrisi içinde gereklidir. En az elli kayaç ve mineral günümüz endüstrisinde önemlidir (Kuşçu, 2001).

Yer kabuğu çeşitli kimyasal maddeler ve bileşiklerden meydana gelmiştir. Bu kimyasal madde ve bileşikler, çok sayıda birleşerek ve yan yana gelerek mineralleri, minerallerde yan yana gelerek kayaçları, kayaçlar ise dağları, kıtaları, ovaları, kısacası üzerinde yaşadığımız yer kabuğunu oluştururlar. Kayaç, genel anlamda mineraller topluluğudur. Bir kayaç yalnızca bir mineralden meydana gelebileceği gibi, birkaç mineralinde bir araya gelmesiyle oluşabilmektedir (Karaman, Kibici, 2008).

### 1.1. MİNERALLER

Mineral; jeolojik süreçlerle doğal olarak oluşmuş, katı veya anorganik, nadiren sıvı veya organik, karakteristik kristal yapıya ve farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip doğal, katı malzemelerdir. Bir minerali oluşturan atomlar kimyasal bağlarla bir arada tutunur. Bu bağlar minerallerin özelliklerini belirler. Mineral; yeraltından (yer kabuğundan) çıkarılan cisim anlamına gelen “Mineralis” sözcüğünden gelmektedir. Her mineral Kuvars ( $\text{SiO}_2$ ), Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), gibi, bir kimyasal formüle sahiptir. Kuvars ve kalsit katı, su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) ve petrol ise sıvı minerallerdir. Doğal koşullarda oluşan ve genellikle homojen olan ve kristal yapıları olan mineraller ekonomik önem taşıyorlarsa cevher veya maden adını alırlar (Akyol, Kayabalı, 2006, Karaman, Kibici, 2008).

### 1.2. KAYAÇLAR

Kayaç bir veya birkaç mineralin bir araya gelmesiyle oluşan mineral topluluklarıdır. Genel olarak kayaç kelimesi, jeolojide yer kabuğunu meydana getiren tüm katı maddeler için, yani taş, kaya, kütle anlamında kullanılmaktadır (Karaman ve Kibici, 2008). Erguvanlı'nın (1994) tanımına göre kayaç; “...yer kabuğu içinden çıkarılan doğal işlenmemiş maddelere verilen isimdir” Erguvanlı taşı da şu şekilde tanımlamıştır. “Ticaret amacıyla tabiattan kırılarak çıkartılan, blok ve parçalara da <<Taş>> ismi verilmektedir”.

Kayaçlar yer kabuğunu meydana getiren ana maddeler olduğu gibi, yer tarihi boyunca meydana gelen değişikliklerin özelliklerini bünyelerinde taşırlar.

Yerkabuğunda bulunan kayaçlar kökenleri ve oluşum şartlarına göre başlıca üç grupta toplanırlar.

- 1) Magmatik kayaçlar
- 2) Sedimanter Kayaçlar
- 3) Metamorfik Kayaçlar

Magmatik ve metamorfik kayaçlar, yerküresinin % 95'ni oluştururlar. Sedimanter kayaçlar ise yerküresinin % 5'ni oluştururlar (Karaman ve Kibici, 2008).

### 1.2.1. Magmatik Kayaçlar

Kurt (1998) magmatik kayaçları şu şekilde tanımlamaktadır. ‘‘Yunanca hamur anlamına gelen Magma, yer içinde kısmen veya tamamen eriyik halde bulunan, çözülmüş gaz içeren silikat eriyiğidir. Magmaların katılaşmış şekline magmatik kayaç denir’’.

Kökeni magma olan, yerin derinliklerinde akkor (erimiş) vaziyette bulunan magmanın, yerin içinde veya yüzeye yakın derinliklerinde veya yüzeyde soğuyarak katılaşması ile oluşan kayaçlardır. İçerdikleri SiO<sub>2</sub> yüzdelerine göre bu kayaçları oluşturan magmalar; asit (granitik, riolitik), nötr (andezitik), bazik (bazaltik) ve ulltrabazik magma ( peridotitik) tiplerine ayrılırlar. Magmanın ortalama sıcaklığı yaklaşık 1300 °C kadardır. Magma, yerin derinliklerinde ve yüzeyde hareket edebilir. Magmatik kayaçlar ise, magmanın yer içinde ve yeryüzüne yakın çeşitli derinliklerinde soğuyarak katılaşması ile oluşur. Magmanın yerin derinliklerindeki hareketlerine plütonizma, yeryüzündeki hareketlerine de volkanizma adı verilir. (Karaman ve Kibici, 2008)

Erguvanlı, (1994) kayaçları oluşturan minerallerin şekil ve büyüklüklerini doku olarak tanımlamaktadır.

Kurt (1998); magmatik bir kayacın kimyasal analizinde SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, H<sub>2</sub>O'nun majör elementler,

Ni, Co, Cr, V, Sc, Ba, Rb, Cu, Zn, Sr, Y, Zr, La, Ce ve nadir toprak elementlerinin ise minör elementler olduğunu ifade etmektedir.

Magmatik kayaçlar, dokularına, mineralojik bileşimlerine ve bulunuş şekillerine göre sınıflandırılmaktadır. Aynı mineralojik bileşimli kayaçlar



dokularının özelliğine ve oluşturdukları yerlerin derinliğine göre farklı isimler alırlar. Örneğin; granit ile riyolit aynı mineralojik bileşimdedirler, kuvars, ortoklas, mika, amfibol içerirler. Granit, iri taneli kristalli, riyolit ise ince tanelidir. Jeolojik deyimle Riyolit, Granitin volkanik türüdür (Erguvanlı 1994).

Magmatik kayaçların sınıflandırılmasında araştırılan kaynaklarda farklı sınıflandırma yöntemleri gözlenmiştir. Kayaçların pek çok özelliğinin olduğu göz önüne alınırsa farklı sınıflandırmalarla karşılaşmak mümkündür. Bu nedenle magmatik kayaçların araştırma alanına uygun, amaca yönelik sınıflandırılması gerekmektedir.

“Magmanın yer kabuğunda soğuduğu derinliklere göre, yapı bakımından üç tür kayacın oluşumu söz konusudur” (Genç, 1992: 25). Bunlar; derinlik kayaçları (plütonik kayaçlar), yarı derinlik kayaçları (damar kayaçları),ve yüzey kayaçları (volkanik kayaçlar) olarak tanımlanır.

#### **1.2.1.1. Derinlik Kayaçları (Plütonik kayaçlar)**

Magmanın yer kabuğu içerisinde yani yüzeyden derinlerde, yavaş yavaş soğuyup katılaşması sonucu oluşan kayaçlardır. Derinlik kayaçlarına granit, siyenit, nefelinli siyenit ve gabro örnek verilebilir.

##### **a) Granit**

“Granit adı, tanelerden oluşan kayaç anlamına gelir” (Uz, 2000: 52).

Derinlik kayaçlarının en çok tanınan kayacı granittir (Resim: 1). Granitlerin bileşiminde alkalin feldspat, albit, oligoklas, kuvars, siyah ve beyaz mika hornblend vardır. Genel olarak açık renkte olurlar. Kristaller birbiri içine girerek yaklaşık aynı büyüklüktedir. Bu kristal doku, kayacı oluşturan magmanın yavaş soğuması ile oluşmuştur. İnce taneli bir granit, tuz- biber karışımını andırır. Derinlik kayaçları alkalin feldspattan dolayı kırmızı renkte de olabilirler. Granit yapı işlerinde ve mermer sanayisinde kullanılmaktadır (Karaman ve Kibici, 2008).

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Rektörlük ve Eğitim Binaları granit ile kaplanmıştır ( Resim: 2).



***Resim 1. Granit***

Kaynak: <http://www.beg.utexas.edu/mainweb/publications/graphics/granite.htm>



***Resim.2 Granit ile kaplanan Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörlüğü***

Kaynak: <http://www.aku.edu.tr/genel/fotoaku.php>

### **b) Siyenit :**

“Siyenit adını, çok iyi olduğu Mısır’ daki Siena bölgesinden almıştır. Piramitler de bu taşlarla örtülmüşlerdir”( Kurt, 1998:164).

“Siyenitler, açık renkli mineral olarak feldspat içeren kayalardır (Resim 3). Çoğunlukla açık renkli olup, pembemsi, beyazımsı, açık grimsi, soluk yeşil veya kahverengimsi renkler gösterirler” (Erkan, 2006: 86). Ülkemizde Bursa–Orhaneli bölgesinde oldukça büyük bir rezerv bulunmaktadır. Masse malzemesinde eritici olarak kullanılmaktadır. Özellikle alkali feldspatça zengin olması ve düşük miktarda kuvars içermesi, siyenitleri potansiyel bir potasyum feldspat kaynağı haline getirmektedir. Siyenitler yapılarında önemli oranda demir içeren bileşikler ihtiva ettiğinden pişme renkleri açık kahverengi ve tonlarındadır (Kulaksız, Özçelik, 1997 ve Töre, 1999).

Siyenitler içinde, kırmızımtırak ortoz ve yeşil renkteki hornblend birlikte iyi bir şekilde uyumuş ise bu şekildeki kayalar süs ve kaplama taşı olarak kullanılırlar. Granite göre daha iyi cilalanırlar. Bu taşlar cilalandığında güzel bir görünüm kazanırlar. İstanbul’ da Sultanahmet’ teki Alman çeşmesinin sütunları bu taştan yapılmıştır (Resim 4 ) (Uz, 2000).



***Resim.3 Siyenit***

Kaynak: <http://geology.about.com/library/bl/images/blsyenite.htm>



**Resim 4. Sütunları Siyenitten Yapılmış Alman Çeşmesi**

Kaynak:[http://tr.wikipedia.org/wiki/Resim:Alman\\_%C3%87e%C5%9Fmesi\\_Front.jpg](http://tr.wikipedia.org/wiki/Resim:Alman_%C3%87e%C5%9Fmesi_Front.jpg)

### c) Nefelinli Siyenit

Albit, mikroklin türü feldspat ve nefelinden oluşan bir kayadır (Resim 5). Ticari olarak halen Kanada, Norveç, SSCB ve ABD'de işletilmektedir. Düşük serbest silis, yüksek alkali ve alümina içeriği, yüksek ergitme gücü ve dar erime aralığı, önemli karakteristiklerindedir. Kayacın endüstriyel özelliklerini veren nefelin minerali,  $\text{Na}_3\text{KAl}_4\text{Si}_4\text{O}_{16}$  formülü ile ifade edilir. Sodyum, potasyum oranı: 3/1, mohs sertliği: 5-6 ve özgül ağırlığı:  $2,5 - 2,7 \text{ gr/cm}^3$  tür. En önemli kullanım alanı cam sanayii olup, toplam tüketimin % 65'ini oluşturur. Genel olarak feldspat ve nefelinli siyenitin tercih edilmesi maliyete bağlıdır. Nefelinli siyenitin alümina içeriği %23 civarında, buna karşılık feldspatın %16–18 civarındadır. Demir oksit, nefelinli siyenitlerde genel olarak daha düşüktür. Bunlar, aynı zamanda, nefelinli siyenitin bazı seramik uygulamalarında daha popüler hale gelmesini de temin eden unsurlardır (DPT, 1995). “Karo bünyelerinde kullanıldığında pişme sıcaklığını



düşürür ve camsı fazın alkali seviyesini yükseltir. Nefelinli siyenitin saf feldspata göre avantajı, (potasyum+sodyum) içeriğinin fazla olmasıdır. Feldspatlarda,  $K_2O+Na_2O$  toplamı yaklaşık 9–12 iken bu toplam nefelin siyenitte %14 veya daha fazladır” (Yet, 2007:11).

Türkiye’de, Kırşehir yöresinde çok büyük rezerve sahip nefelinli siyenit yataklarının bulunduğu ifade edilmektedir. Kartal, Schulle ve Emrulloğlunun (1998) Kırşehir-Kaman yöresi nefelinli siyenit cevherinin seramikte kullanılabilirliği üzerine yaptıkları çalışmalar bu hammaddenin sıhhi tesisat ve karo masseleri yapımında değerlendirilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir.



**Resim 5. Nefelin Siyenit**

Kaynak <http://www.umanitoba.ca/geoscience/faculty/arc/nesyen.html>

#### **d) Gabro**

Gabrolar başlıca plajiyoklaz ve piroksen mineralleri içeren kayalardır. Plajiyoklazlar kayadaki tüm feldspat miktarının % 90-100’ ünü teşkil ederler ve labrador-bitovnit arasında değişen bir bileşim gösterirler (Yavuz, 2006: 88).

Gabroların  $SiO_2$  yüzdeleri 45–53 arasındadır. Esas mineralleri bazik plajiyoklas, mafik mineral olarak, piroksen olivin ve nadiren hornblend içerirler. Plajiyoklas içindeki anortit oranı % 50’ den fazla ise kayacın gabbro olarak adlandırılır. Rengi gri, koyu gri, mavi ve yeşil tonlarında olan bazik bir kayadır (Resim 6). Minerolojik bileşiminde kuvars bulunmaktadır. Fakat istisnai durumlarda nadiren kuvars içerirler. Kuvars içerirlerse kuvars gabbro ismini alırlar. Gabrolarda tali

mineral olarak; magnetit, ilmenit, sfen, apatit, kromit, zirkon, granat, rutil, spinel bulunur (Kurt, 1998 ve Kibici, 2006).



**Resim 6. Gabro**

Kaynak: <http://geology.about.com/library/bl/images/blgabbro.htm>

#### **1.2.1.2. Yarı Derinlik Kayaçları (Damar Kayaçları)**

“Yarı derinlik kayaçları magmanın yeryüzüne yakın derinliklerinde, çatlak ve yarıklar içinde soğuyup katılaşmasıyla oluşmuştur. Görünüş ve yapı bakımından hem derinlik hem de yüzey (volkanik) kayaçlarına benzerlik gösterirler. Yarı derinlik kayaçlarının soğuma hızı derinlik kayaçlarının soğuma hızından daha fazladır” (Karaman ve Kibici, 2008). Pegmatit ve aplit yarı derinlik kayaçlarının en bilinen örneklerindedir;

##### **a) Pegmatit:**

Pegmatit olarak bilinen magmatik kayaçlar; feldspat, mika, lityum, mineralleri (başlıca spodümen) ve berilden oluşan 4 önemli endüstriyel mineralin kaynağıdır. Magmatik kayaçlara bağlı yarı derinlik kayaçlarından en önemli grubu pegmatitler oluştururlar ( Resim 7) (Kuşçu 2001 ve Uz, 2000).

Minerolojik olarak; kuvars, alkali feldspat (ortoklas, mikroklin), asit plajiyoklas (albit) kuvars, muskovit, vermikülit, turmalin bileşimlerindeki pegmatitler içerdikleri beyaz mika ( muskovit), feldspat ve kıymetli mineraller için

işletilebilirler. Genellikle % 30 serbest kuvars, % 60–70 feldspat, % 5- 10 mika grubu mineralleri içerir. Pegmatit içinde pişmiş seramik ürünün rengini olumsuz etkileyecek demir ve titan olmamalıdır (Yet, 2007 ve Karaman, Kibici, 2008). Pegmatitler endüstriyel hammadde olarak önemli bir kullanım alanına sahiptir. Seramik endüstrisinde kullanılan kuvars ve feldspatın yanısıra ender elementler bakımından da zengindirler. Potasyum kaynakları ine bölgesinde pegmatit damarları şeklinde bulunmakta olup, damarlar içerisinden 1. kalite ve 2. kalite olarak K<sub>2</sub>O oranlarına göre üretim yapılmaktadır. Pegmatitlere bağlı olarak işletilen ikinci bölge; Kütahya-Simav ve Demirci bölgesidir (Erkan, 2006 ve DPT, 1995).



***Resim 7. Pegmatit***

<http://www.gc.maricopa.edu/earthsci/imagearchive/pegmatite.htm>

### **b) Aplit**

Aplit, içinde mineral olarak kuvars ve feldspatın hakim olduğu kayaca (Resim 8) denir (Karaman, Kibici, 2008). Açık gri – gri arasında değişen renklere sahiptir. Hematit içeriğine bağlı olarak kırmızımsı renkte gösterebilirler (Erkan, 2006). Mineralojik olarak, damar kayacı şeklinde ve granit bileşiminde bir kayac dokusunu, ticari olarak ise; büyük lde albitten oluşan feldspatik bir damar

kayacını ifade eder. Kaolinleşmiş türleri de sanayide kullanılmaktadır. Bunlar da granitik kayalarla ilişkili olarak oluşmuşlardır (DPT, 1995).



**Resim 8. Aplit**

<http://picasaweb.google.com/lh/photo/-poNL26LRbV5oaZ-DkMuBg>

### **1.2.1.3. Yüzey Kayaları (Volkanik Kayalar)**

Magmanın yeryüzüne çıktuktan sonra veya yeryüzüne çok yakın derinliklerde, hızlı bir şekilde soğuması neticesinde meydana gelen kayalardır. Bu kayaları oluşturan magma; yarı, çatlak veya noktasal püskürmeler (volkanlar) aracılığıyla yüzeye çıkar. Lav adı verilen ve yüzeye çıkan bu ergimiş haldeki silikat karışımları, bünyelerinde bulunan uçucu maddeleri ve gazları kaybederek aniden kristalleşir (Resim 9). Kısacası kristalleşme sırasını izleyemeden magma içindeki mineraller magmanın yüzeye çıkma sıcaklığında kristalleşmek zorunda kalırlar veya silikat mineralleri kristalleşmeden ani soğuma sonucu cam halinde katılırlar (Genç, 1992 ve Karaman, Kibici, 2008). Yüzey kayalarına riyolit, bazalt ve andeziti örnek verilebilir.





*Resim 9. Lav*

Kaynak:[http://www.nationalgeographic.com.tr/ngm/ozelsayi3/images/zoomEtna/mercek4\\_b.jpg](http://www.nationalgeographic.com.tr/ngm/ozelsayi3/images/zoomEtna/mercek4_b.jpg)

#### **a) Riyolit**

Açık renkli asit bir kayaç olup, minerolojik bileşimi granite benzer (Resim 10). Çok ince taneli bir dokusu vardır. Kayacın minerolojik bileşiminde kuvars, camsı feldspat (sanidin), biyotit, hornblend ve hamur maddesi vardır.

Granitin yüzey kayacıdır. Kayacın rengi genellikle beyaz, gri, kırmızımsı veya kahverengidir. Riyoliti oluşturan magmanın yüzeye ani olarak çıkmasıyla kristalleşmesi sonucu, içerdikleri su miktarına göre değişik isimler alan riyolit bileşimli bazı kayaçlar oluşur. Eğer kayaç % 1 den az su içeriyorsa obsidiyen, % 2-5 arasında su içeriyorsa perlit adını alır. Riyolitlerde, feldspat asit eriyikler karşısında kaolenleşir. Eriyikler etkisiyle Montmorillonit ve serisit oluşur (Kibici 2007: 118).



***Resim 10. Riyolit***

Kaynak:[http://www.bgsd.k12.wa.us/hml/jr\\_cam/science/rocks/%20web\\_rocks/rhyolite2.jpg](http://www.bgsd.k12.wa.us/hml/jr_cam/science/rocks/%20web_rocks/rhyolite2.jpg)

### **b) Bazalt**

Yeryüzünde en çok rastlanan türlerdendir Renkli genellikle koyu siyah ve yoğun kayaçlardır(Resim 11). Gabronun yüzey kayacıdır. Yerküresinde birçok yerde bulunan ağır, koyu renkli bir lavdır. Piroksen ve bazik plajiyoklaslardan oluşmuştur. Fakat o kadar ince dokuludur ki bu mineralleri gözle görmek oldukça zordur. Ayrıca kayaç minerolojik bileşiminde olivinde içerebilir. Genel olarak kayaç yarı yarıya koyu renkli ( mafik) mineraller ve feldspattan oluşmuştur. Kayacın rengi koyu gri ile yeşilimsi siyah arasında değişir ( Uz 2000 ve Kibici, 2007). Kayaçta fazla miktarda olivinin varlığı onun bazalt olduğuna işaretler. Bazı bazaltlarda ise olivin hiç bulunmayabilir. Bazaltlar çok büyük örtü ve veya damar, bazen kubbe oluştururlar (Kurt 1998). Bazaltlar ticari olarak siyah volkanik taş olarak isimlendirilirler. Kırma taş, yol maddesi ve çimento harcı için dördüncü beşinci derecede yararlanılır ve kalanın çoğu demiryolu balastı, çatı örtmede ve rip-rap malzemesi olarak ve nükleer reaktörlerin çimento kalkanlarında yüksek yoğunluklu harç şeklinde kullanılır (Kuşcu, 2001). Bazaltlar dekorasyon için kaplama malzemesi olarak

değerlendirilmektedir. Anadolu medeniyetlerinde görülen pek çok taş heykel, sütun, kabartma, yazıt ve surların bazalttan yapıldığı görülmektedir (Resim 12–13).



**Resim 11. Bazalt**

Kaynak: <http://geology.about.com/library/bl/images/blbasalt.htm>



**Resim 12. Hitit Maraş Aslanı**

Kaynak: <http://www.kahramanmaras.bel.tr/2008/sehirajandasi/sehrintarihi/sehrintarihi.php>



***Resim 13. Hitit Aslan Protomu***

Kaynak: <http://www.gaziantepmuzesi.gov.tr/tr/kronolojihitit.asp>



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### ANDEZİT, TANIMI, ÖZELLİKLERİ ve KULLANIM ALANLARI

#### 1. ANDEZİTİN TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

And Dağları'nda yaygın olarak bulunduğu için adını buradan alan andezit, dokusu granite benzeyen diyoritin bir yüzey kayacıdır (Resim 14). Andezitlere doğada diğer kayalara oranla daha fazla rastlanır. Arazide lav akıntıları şeklinde görülür.



*Resim 14. Andezit*

Kaynak:<http://www.pitt.edu/~cejones/GeoImages/2IgneousRocks/IgneousCompositions/5Andesite/AndesiteHblPlagPorph.jp>

Andezitlerin mineralojik bileşiminde, plajiyoklaz, biyotit, hornblend ve piroksen bulunur. Kayaçta opak mineral olarak manyetit daima bulunur. Bunların dışında alkali feldispat, kuvars ve çok ender olarak olivin bulunur. İçerdikleri koyu renkli minerallere göre biyotitli andezit, hornblendli andezit şeklinde isimlendirilirler.

Andezitler koyu renkli mineral miktarı ve tane büyüklüğüne bağlı olarak açık gri-gri arasında değişen renkler gösterirler. İnce taneli ve volkan camı içeriği yüksek

olan andezitlerin koyu gri-siyah renklere sahip olduğu gözlenir. Bozunma sonucu kahverengi, morumsu veya kırmızımsı renkler, kloritleşmeye bağlı olarak yeşilimsi-gri renklere gösterebilirler (Kibici, 2007 ve Erkan 2006).

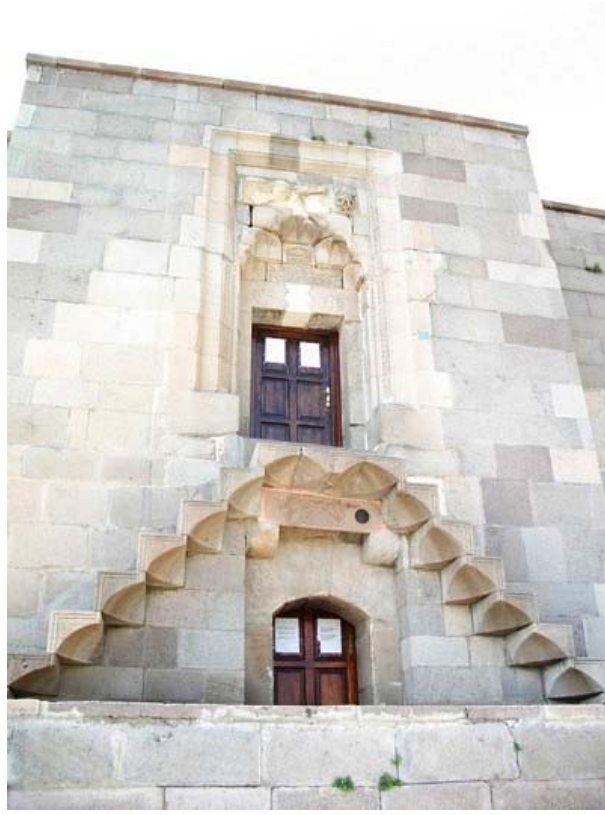
## 2. KULLANIM ALANLARI

Volkanik kökenli olan andezit kayaçlarının renk, doku ve sertlik açısından uygun olan bazı türleri, değişik şekillerde mimari ve tarihi yapılarda kullanılmaktadır. Su emmeyen, suda dağılmayan özelliği sıkı dokulu ve koyu kırmızı renkli olmasının yanı sıra kırıldığında ve disk kesicilerde kesildiğinde düzgün yüzey veren andezitler, aranan özelliktedirler. İç Anadolu bölgesinde (Ankara, Çankırı, Afyon) andezit üretimi son yıllarda büyük artış göstermiştir (DPT, 2001).

Devlet Planlama Teşkilatı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporuna (2001) göre andezitler; ‘‘homojen, solmayan, renkleri ve cilasız, silinmiş, çekiçlenmiş veya kaba yontulmuş yüzey biçimleri ile son on yılda yurtiçi ve yurtdışı doğal taş kullanıcılarının tercihi olan ‘‘rustik’’ tarz, tarihi dokuyu anımsama, pastel ve dingin renk formatıyla birebir uyuşmaktadır. Bu özelliğine atmosferin bozuşturma tesirlerine karşı dayanıklılığı ve ısı-ses izolasyonu sağlama özellikleri eklenince birçok projede kaplama taş olarak kullanılmaya başlamıştır. Ankara’ da bugüne kadar 100 km uzunluğunda andezit bordür ve 300 000 m<sup>2</sup>’yi aşan andezit kaldırım taşı döşenmiştir. Bu tercihin en önemli sebepleri arasında yapay beton bordür ve döşemelerin 4 – 5 yıl gibi kısa bir süre içerisinde atmosferik koşullardan etkilenerek dağılması ve bozulmasının yanı sıra çok sık olarak tamir ihtiyacı gösterebilir. Halbuki andezit bordür ve kaldırım taşları 60 – 70 yıl süreyle bozulmadan kullanılabilir. Bu nedenle yaya trafiğinin yoğun bölgelerinde andezit gibi dayanıklı doğal yapı taşlarının kullanımı geçen birkaç yıl içinde önemi ve özellikleri anlaşılacak pek çok şehrimizde kullanılmaya başlanmıştır. Andezit doğal yapıtaşı ürünlerini kullanan iller arasında Ankara, İstanbul, İzmir, Afyon, Konya, Uşak, Çanakkale sayılabilir’’.

Ülkemizin pek çok yöresinde yaygın olarak gözlenen ve her dönemin taş ustalarının ilgisini çeken volkanitler; kale surları, anfi-tiyatro ve odeonlar yanı sıra özellikle Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde de hem yapı taşı hem de tezyin (süsleme) taşı olarak yoğun bir biçimde kullanılmıştır. Çankırı Şifahanesi girişinde

bulunan ve tıp camiası tarafından simge olarak seçilen figür, (Resim 15–16), andezitten yontulmuştur (Türkmen ve Kun, 2001).



**Resim. 15 Çankırı Şifahanesi (Taş Mescit)**

Kaynak: <http://www.cankiri.bel.tr/tr/genel.asp?islem=incele&LID=151>



**Resim 16. Çankırı Şifahanesi Detay, Tıp Sembolü, Andezit, Kabartma İki Yılan**  
Kaynak:<http://www.kultur.gov.tr/TR/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFF1D2BBDFC4052639B7D720C6B23F3D068>



1981 yılında Ankara Kurtuluş Savaşı Müzesi'ne dönüştürülen I. Türkiye Büyük Millet Meclisi binasının duvarlarında andezit kullanılması en önemli özelliği olarak bilinmektedir (Resim 17–18).



**Resim 17. Kurtuluş Savaşı Müzesi (I. T.B.M.M) , 1930**  
Kaynak: <http://www.ankara.gov.tr/turkce/foto.aspx?id=108>



**Resim 18. Kurtuluş Savaşı Müzesi (I. T.B.M.M) , 2006**  
Kaynak: [http://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara'daki\\_m%C3%BCzeler](http://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara'daki_m%C3%BCzeler)



Yeşil ve kırmızı renkteki andezitler Eski İzmir Agora’da kemerlerde kilit ve üzengi taşı olarak kullanılır iken, Kemeraltı - Salepçioğlu Camii’nde (Resim 19), ve birçok camide Alsancaktaki yapılarda (Alman Konsolosluğu), Etnografya Müzesinde taş duvar olarak kullanılmıştır.



**Resim 19. Kemeraltı - Salepçioğlu Camii**

Kaynak: <http://www.turkeyarena.com/turkeyarena/izmir/19851-salepcioglu-camii.html>

İzmir’in simgesi tarihi asansör aslında 1800’lü yıllarda andezit üretimi için açılan bir taş ocağıdır. Foça yakınlarında Pers Anıtı olarak da bilinen eski bir mezar (Resim 20–21) andezitten yapılmıştır (Türkmen ve Kun, 2001).

Mimar Keşiş Manuel’ in yaptığı, Van Adasında bulunan Akdamar kilisesinin duvarlarında da andezit taşı kullanılmıştır (Resim.22-23).

Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesindeki Frig taş kabartmalarından at kabartması ve aslan kabartması andezitten yapılmıştır (Resim 24–25).

Resim 26’ da Ana Tanrıça Kibele’ nin andezitten yapılmış bir kabartması görülmektedir.



***Resim. 20 Pers Mezar Anıtı 1***

Kaynak: <http://www.panoramio.com/photo/7361765>



***Resim 21. Pers Mezar Anıtı 2***

Kaynak: <http://www.focafoca.com/default.asp?sayfa=50&katid=9&altid=10>



***Resim 22. Akdamar Kilisesi***

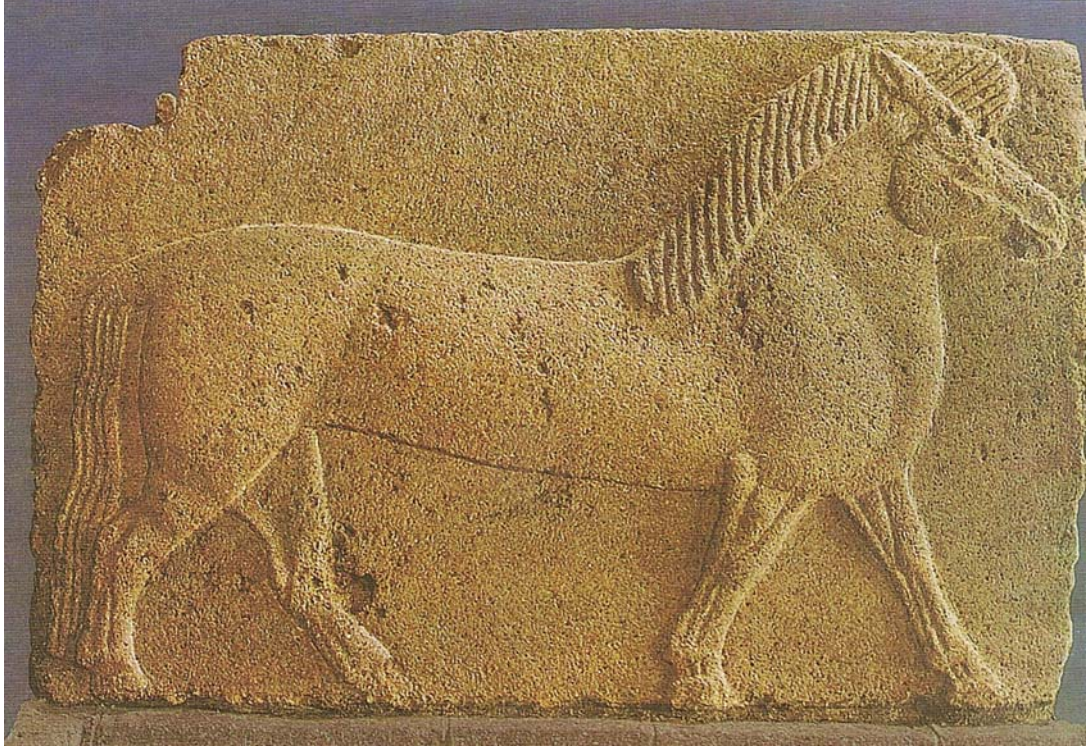
Kaynak: <http://www.van.gov.tr/turizm/akdamar2.jpg>



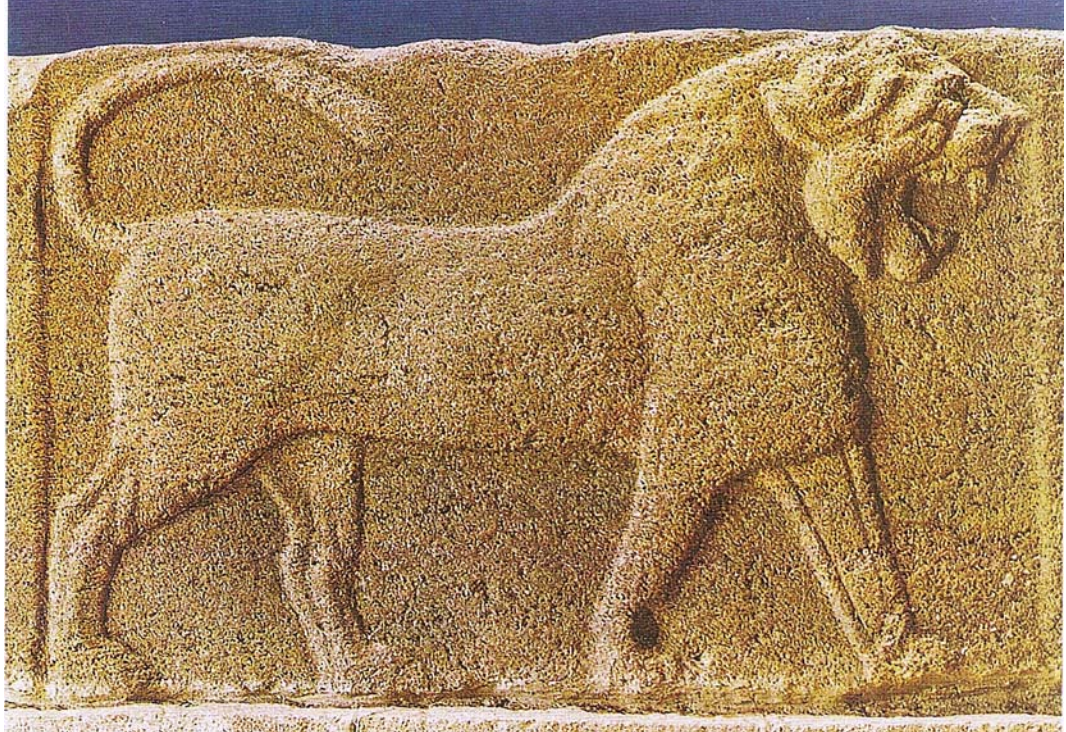
***Resim 23. Akdamar Kilisesi (Detay)***

Kaynak: <http://www.van.gov.tr/turizm/akdamar2.jpg>



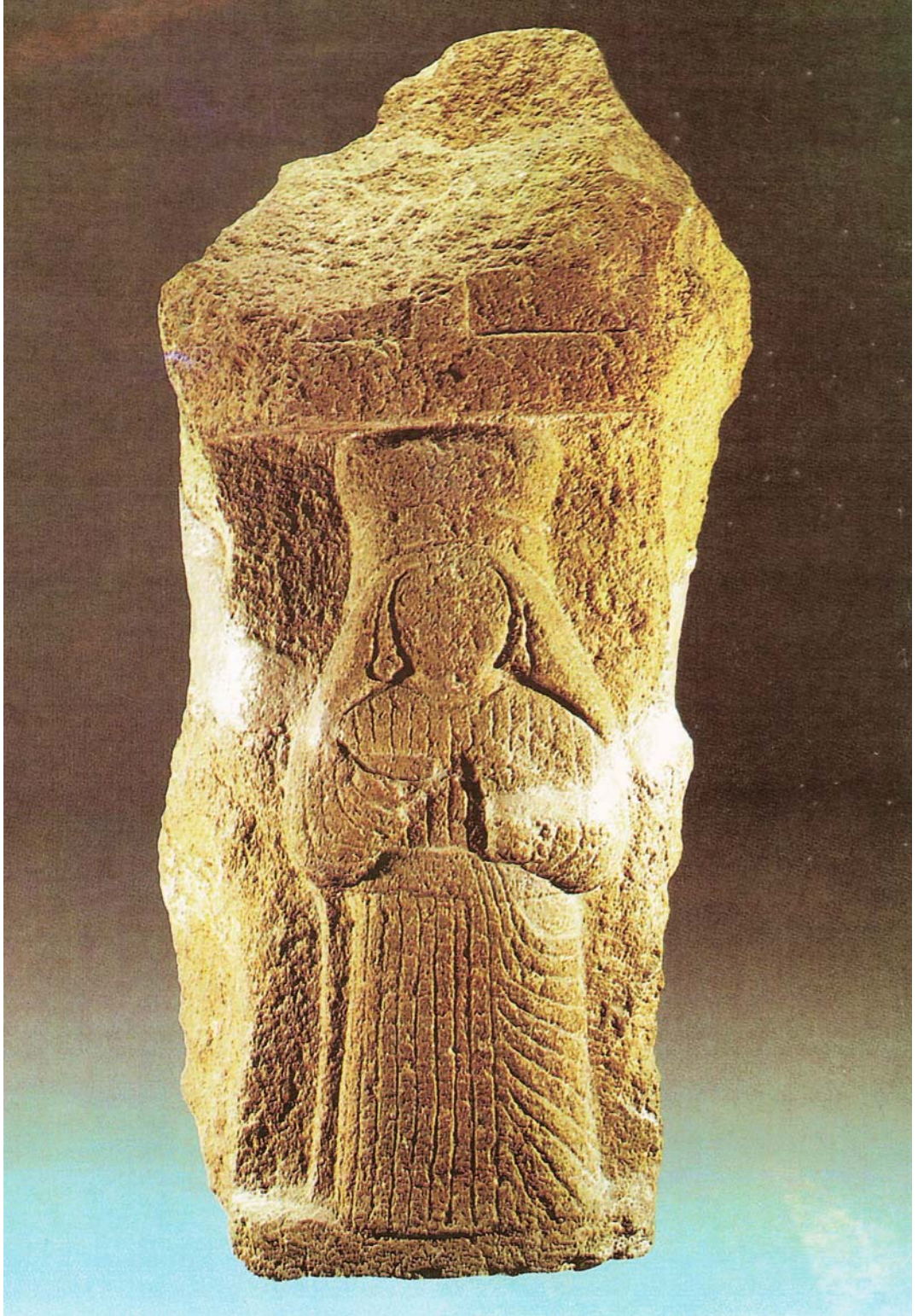


*Resim 24. Anadolu Medeniyetleri Müzesi'ndeki Andezit Frig At Kabartması*  
Kaynak: Uçankuş, 2002: 325.



*Resim 25. Anadolu Medeniyetleri Müzesi'ndeki Andezit Frig Aslan Kabartması*  
Kaynak: Uçankuş, 2002: 325.





*Resim 26. Ana Tanrıça Kibele'nin Andezitten Yapılmış Kabartması*  
Kaynak: Uçankuş, 2002: 323.

Geçmişten bugüne, çeşitli alanlarda çok farklı şekillerde kullanılmış olan doğal taş andezitin son dönemlerde seramik sektöründe kaplama malzemesi ve hammadde olarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Sarışık ve ark.(2008), Afyon bölgesi andezit-bazalt doğal taşlarının yüzeylerine 1000–1200 °C’ lerde gelişen, metal oksitler ve seramik boyalarla renklendirilmiş sır uygulamaları yapmışlar, zengin görsel etkiye sahip yüzey görüntüleri elde etmişlerdir. Andezit bünye ve sır arasında uyumsuzluk gözlenmemiştir. Ayrıca sıraltı ve sırüstü dekor teknikleri uygulamalarıyla malzemenin yüzey kaplama elemanı ya da sanatsal, dekoratif ürün olarak kullanımı amaçlanmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Dural, Demir ve Gönenç (2002) ise Isparta bölgesi andezitlerinin kurşunlu, borlu ve alkalili sır bünyeleri üzerinde farklı sıcaklıklarda artistik etkilerini araştırmışlar, 1200 °C’ de olumlu artistik sır bünyeleri elde etmişlerdir.

Eski dönemlerde heykelerde ve kabartmalarda çok sık görülen andezit, günümüzde de heykel malzemesi olarak kullanılmaktadır. Mümtaz Demirkalp ve Melih Aba andezit ile çalışan heykel sanatçılarındandır. Bu sanatçıların andezit ile çalıştıkları eserlerden bazı örnekler resim 27- 28 ve 29’ de verilmiştir.



**Resim 27. Mümtaz Demirkalp, Dua, Andezit Heykel, 2005**

Kaynak:[http://www.turkishpaintings.com/index.php?p=34&modPainters\\_artistDetailID=1846](http://www.turkishpaintings.com/index.php?p=34&modPainters_artistDetailID=1846)





**Resim 28. Melih Aba, Yaprak I, Andezit ve Mermer Heykel, 1998**  
Kaynak: <http://melihapa.googlepages.com/calismalar>



**Resim 29. Melih Aba, Yaprak IV, Andezit Heykel, 1998**  
Kaynak: <http://melihapa.googlepages.com/calismalar>

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 1. AFYONKARAHİSAR ANDEZİTİNİN VE KULLANILAN DİĞER HAMMADDELERİN ÖZELLİKLERİ

Bu çalışmada kullanılan andezit Afyonkarahisar ili, İncehisar ilçesindeki İyigün Andezit Ocağından (resim 30 – 32) bloklar halinde çıkarıldıktan sonra farklı boyutlarda kesilmiş plakalar halinde temin edilmiştir. Araştırmanın ilk aşamasında ön kırma- parçalama ve çeneli kırıcıda boyut küçültme işlemlere tabi tutulmuştur. Daha sonra 30 kg kuru hammadde kapasiteli bilyalı değirmenlerde yaş olarak öğütülmüş ve takiben 110 °C’ de etüvde kurutulmuştur. Andezitin X- ışını floresan (XRF) analizi tablo 1’ de, sunulmuştur. Şekil 1. Andezitin XRD değerlerini göstermektedir.



*Resim 30. İyigün Andezit Ocağı 1*

Kaynak: <http://www.iyigunandezit.com/ocak.htm>





***Resim 31. İyigün Andezit Ocağı 2***  
Kaynak: <http://www.iyigunandezit.com/ocak.htm>

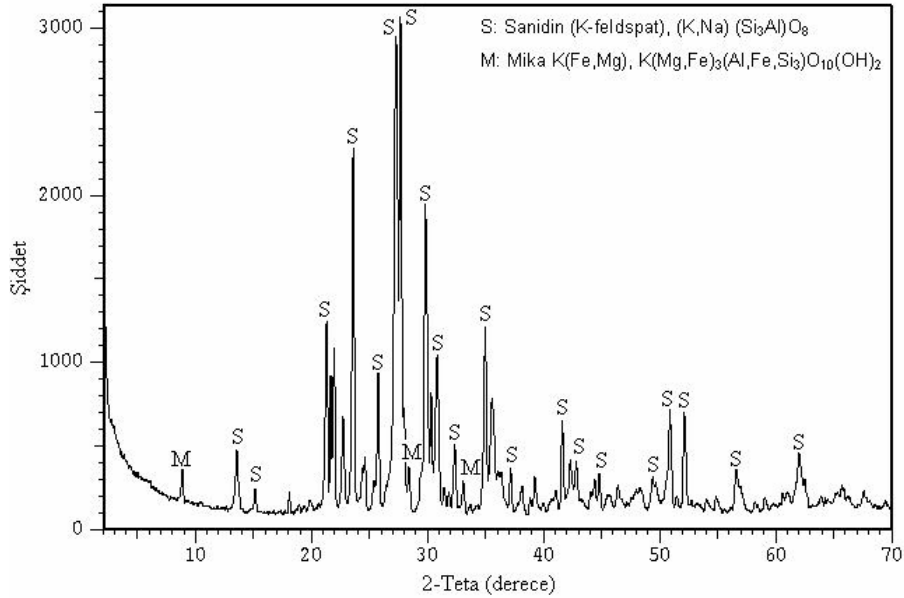


***Resim 32. İyigün Andezit Ocağı 3***  
Kaynak: <http://www.iyigunandezit.com/ocak.htm>

**Tablo 1. Afyonkarahisar andezitin XRF ile belirlenen kimyasal analizi (ağırlıkça %)**

SiO <sub>2</sub>	60,34	K <sub>2</sub> O	6,03	MgO	1,36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,80	CaO	4,31	TiO <sub>2</sub>	0,83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,12	Na <sub>2</sub> O	3,14	*A.K.	0,98

\*A.K.: Ateşte kayıp (Losses on ignition).



**Şekil 1. Andezitin XRD Desenleri**

Stoneware bünyelerde kullanılabilirliği araştırılan İsehisar andezitinin temel kristal fazları; Sanidin ve mikadır.

Resim 33’de öğütülmüş andezitin doğal halde, 950, 1000, 1160, 1180 ve 1200 °C’ lerde pişirim sonrası renk değişimleri ve ergime özellikleri görülmektedir.

Andezit doğal halde gri renkte iken artan sıcaklıkla birlikte bariz bir renk değişimi göstermiştir. 950 °C’ de açık sütlü kahve, 1000 °C’ de koyu sütlü kahverengi 1160 °C’ den sonra siyahımsı kahverengiden siyaha doğru bir renk geçişi gözlenmektedir. Ayrıca bu sıcaklıktan sonra öğütülmüş ve toz haline getirilmiş andezit örneklerinde erime meydana gelmiştir.



A- Doğal



A-950 °C



A -1000 °C



A-1160 °C



A-1180 °C



A-1200 °C

**Resim 33. Andezitin Doğal Halde, 950, 1000, 1160, 1180 ve 1200 °C'lerde Pişirim Sonrası Renk Değişimleri ve Ergime Davranışları**

Genelde bütün hammaddeler belirli oranlarda demir oksit içeriğine sahiptirler. Dolayısıyla demir oksitin miktarına ve pişme sıcaklık derecesine ve pişme sürecinde yaşanacak yükseltgen ve indirgen atmosfer koşullarına bağlı olarak renk değişimi gösterirler. Andezitin Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oranı % 6,12' dir. Bu orandaki demir içeriğinin pişme esnasında doğal olarak artan sıcaklıkla renk değişiminde etkin bir rol oynaması söz konusudur.

Yarı yaş ve yaş şekillendirmeye uygun çamur reçetelerinin araştırılmasında andezitin dışında kullanılan diğer hammaddelerin ( kil, kaolin, kuars, feldspat ) kimyasal analizleri tablo 2'de, kil ve kaolinlerin küçülme ve su emme değerleri tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 2. Reçete Araştırmalarında Kullanılan Diğer Hammaddelerin Kimyasal Bileşimleri (ağırlıkça % )**

Hammaddeler	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	*A.K.
S. Feldspat	69,37	18,90	0,20	0,54	0,45	9,16	0,24	0,30	0,84
Kuars	99,50	-	-	-	-	-	-	0,07	0,43
Potasyum Feldspat	68,68	15,06	0,20	0,54	0,05	2,46	10,45	-	0,58
Y. Uşak Kaolini	69,12	18,98	0,80	1,30	1,51	0,25	2,93	0,80	4,31
Döküm Kaolini	55,09	25,59	1,32	0,35	0,50	0,78	0,32	0,64	11,08
Döküm Kili	53,17	29,17	2,134	0,33	0,6	0,2	2,25	0,91	10,84
Akas Kili	52,76	28,14	1,91	0,39	0,871	0,2	1,705	0,84	12,7
Kırmızı Kil	57,14	20,13	5,40	2,28	2,53	0,74	1,93	1,68	8,17
Şamot Çamuru	53,67	15,80	2,96	0,53	0,57	0,24	1,79	1,15	6,77

\*A.K: Ateşte kayıp

**Tablo 3. Reçete Araştırmalarında Kullanılan Kil ve Kaolinlerin Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Hammaddeler							
	Toplam Küçülme (%)				Su Emme (%)			
	Şamot	Kırmızı Kil	Y.Uşak Kaolini	Akas Kili	Şamot	Kırmızı Kil	Y.Uşak Kaolini	Akas Kili
1160	8,33	13,33	13,20	9,16	8,12	1,82	1,85	2,10
1180	9,60	14,66	15,20	12,4	6,30	0,00	0,00	1,20
1200	10,30	15,25	16,7	13,75	5,28	0,00	0,00	0,45

## 2. ÇAMUR REÇETESİ ARAŞTIRMALARI

Fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri belirlenen andezit ve diğer hammaddeler ile yarı yaş ( plastik ) ve yaş ( döküm yöntemiyle şekillendirme ) stoneware çamuru oluşturmak için farklı reçete harmanları deneysel bazda çalışılmıştır.

### 2.1. YARI YAŞ YÖNTEMLE ŞEKİLLENDİRMEYE UYGUN REÇETE ARAŞTIRMALARI

Reçete araştırmasında andezit, öncelikle plastik şekillendirmeye uygun özellikler taşıyan çamur, kil ve kaolenlerle ikili sisteme uygun olarak, belirlenen oranlarda karıştırılmıştır. Reçeteler içindeki andezitin miktarı %35 ile %45 arasında değişmektedir. Bu sisteme göre hazırlanan reçete bileşimleri tablo 4 – 7' de verilmiştir.

İkinci aşamada sodyum feldspat, kuvars, kaolen ve kilden oluşan plastik şekillendirmeye uygun standart reçeteden (STPR) hareketle, artan oranlarda andezit ilavesiyle 2 farklı stoneware bünye reçetesi (APR1, APR2 ) hazırlanmıştır.

Yarı yaş çamur hazırlamada; andezit ve diğer sert hammaddeler (feldspat, kuvars ve sert kaolenler) önceden, 100 meş elek üstünde bakiye bırakmayacak şekilde öğütülmüştür. Daha sonra suda dağılma özelliğine sahip kil ve kaolenlerle birlikte belirlenen reçete bileşimlerine uygun olarak tartılmış ve suyla homojen bir karışım elde etmek amacıyla bilyalı değirmenlerde 1 saat süreyle karıştırılmışlardır. Belirlenen oranlara uygun olarak hazırlanan yarı yaş çamurların alçı plakalar üzerinde fazla suyu uzaklaştırılmıştır. Yoğrulma işlemiyle plastik halde tornada, kalıba basarak ve serbest şekillendirmeye uygun hale getirilmişlerdir.

Küçülme ve su emme özelliklerinin belirlenmesi için numuneler, 200x200x15 mm boyutlarındaki alçı kalıplarda şekillendirilmiş, kurutma işleminden sonra 1160, 1180 ve 1200 °C'lerde pişirilmiştir. Pişirme renklerinin ve ergime durumlarının belirlenmesi için ise çamurlar, plakalara basılarak şekillendirilmiş ve aynı sıcaklıklarda pişirime tabi tutulmuşlardır. Sırlı pişirim için bünyelerin önce 980 °C'de bisküvi pişirimleri yapılmış, daha sonra, alkali ve bor içerikli saydam sırla akıtma yöntemi ile sırlanıp 1160 °C'de son pişirimleri gerçekleştirilmiştir..

**Tablo 4. Andezit ve Şamot Çamuru ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri**

Hammadde	Bileşim ( %)		
	AŞR 1	AŞR 2	AŞR 3
Andezit	35	40	45
Şamot Çamuru	65	60	55

**Tablo 5. Andezit –Şamot Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)			Su Emme (%)		
	Reçete No			Reçete No		
	AŞR 1	AŞR 2	AŞR 3	AŞR 1	AŞR 2	AŞR 3
1160	10,30	10,1	10	3,22	3,30	3,52
1180	10,75	10,58	10,51	2,67	2,81	3,02
1200	11,77	11,42	11,24	1,05	1,31	1,53

Andezit ve şamotlu çamurun belirlenen oranlarda karıştırılması ile oluşturulan bünyelerin farklı sıcaklıklarda pişirilmesi sonucu ortaya çıkan karışımların (%) toplam küçülme ve (%) su emme değerleri tablo 4’ de, renk değişimleri resim 34-37’de görülmektedir. Andezit oranının %35 olduğu karışımda renk artan sıcaklığa bağlı olarak açık kırmızımsı kahverengiden, koyu kahverengiye giden bir değişim göstermektedir. Çamur bileşimindeki andezit oranının artmasıyla pişmiş bünyede renk yine koyu kahverengiye dönüşmektedir. %45 andezit içeren karışımlarda 1180 ve 1200 °C’lerde bünyede sinterleşme miktarını arttırdığı ve plaka yüzeylerinde hafif camlaşmaların olduğu gözlenmektedir. Bu sonuçlar, şamot ve andezit ile oluşturulan çamurların uygun küçülme ve su emme özelliklerine sahip olduklarını göstermektedir. Bu sıcaklıklarda tek başına kullanıldığında pişme rengi krem olan şamot çamuru, andezit katkısı ile kahverengi tonlarında zengin bir renk skalası oluşturmaktadır.





Şamot -1160 °C



AŞR1-1160 °C



AŞR2-1160 °C



AŞR3-1160 °C

**Resim 34. Andezit ve Şamot Karışımlarının 1160 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri**



Şamot -1180 °C



AŞR1-1180 °C



AŞR2-1180 °C



AŞR3-1180 °C

**Resim 35. Andezit ve Şamot Karışımlarının 1180 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri**



Şamot -1200 °C



AŞR1-1200 °C



AŞR2-1200 °C



AŞR3-1200 °C

**Resim 36. Andezit ve Şamot Karışımlarının 1200 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri**



Şamot -Sırlı



AŞR1- Sırlı



AŞR2- Sırlı



AŞR3- Sırlı

**Resim 37. Andezit ve Şamot Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri**



Tablo 6’da reçete bileşimleri verilen andezit - kırmızı kil karışımlarında 1160 ve 1180 °C’lerde yapılan pişirim sonucunda toplam küçülme değerlerinde reçete içindeki andezit miktarına bağlı olarak artma ve su emme değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Tablo 7).

**Tablo 6. Andezit ve Kırmızı Kil ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri.**

Hammadde	Bileşim ( %)		
	KKR1	KKR2	KKR3
Andezit	35	40	45
Kırmızı Kil	65	60	55

**Tablo 7. Andezit – Kırmızı Kil Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)			Su Emme (%)		
	Reçete No			Reçete No		
	KKR1	KKR2	KKR3	KKR1	KKR2	KKR3
1160	10,83	11,33	11,88	1,25	1,21	1,12
1180	13,33	13,43	13,60	0,67	0,62	0,56
1200	14,33	14,42	14,85	0,00	0,00	0,00

Pişmiş bünye renklerinde ise kızıl kahve tonlarında bir renk geçişi olduğu görülmektedir. 1180 °C’de %45 andezitli bünyede perdahlanmış bir yüzey görüntüsü gözlenmektedir.1200 °C’de ise bünyelerde aşırı deformasyon ve şişme ortaya çıkmıştır. Daha camsı bir görünüm, plaka yüzeylerinde kabarcık oluşumu söz konusudur.



Kırmızı Kil -1160 °C



KKR1-1160 °C



KKR2-1160 °C



KKR3-1160 °C

**Resim 38. Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının 1160 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



Kırmızı Kil -1180 °C



KKR1-1180 °C



KKR2-1180 °C



KKR3-1180 °C

**Resim 39. Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının 1180 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



Kırmızı Kil -1200 °C



KKR1-1200 °C



KKR2-1200 °C



KKR3-1200 °C

**Resim 40. Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının 1200 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



Kırmızı Kil-Sırlı



KKR1-Sırlı



KKR 2-Sırlı



KKR3-Sırlı

**Resim 41. Andezit ve Kırmızı Kil Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri**

**Tablo 8. Andezit ve Yıkanmış Uşak Kaolini (YUK) ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri**

Hammadde	Bileşim ( %)		
	YUKR1	YUKR2	YUKR3
Andezit	35	40	45
YUK	65	60	55

Yıkanmış uşak kaolinine ikili sisteme uygun olarak %35, 40 ve 45 andezit ilavesi ile hazırlanmış çamurların boyutça küçülme değerlerinde sıcaklık ve andezit miktarının yanı sıra kaolinin küçülme özelliklerindeki etkili olduğu görülmektedir.

**Tablo 9. Andezit ve Yıkanmış Uşak Kaolini (YUK) Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)			Su Emme (%)		
	Reçete No			Reçete No		
	YUKR1	YUKR2	YUKR3	YUKR1	YUKR2	YUKR3
1160	14,16	14,36	14,91	0,20	0,12	0,09
1180	14,58	14,58	14,92	0,06	0,05	0,03
1200	15,00	15,20	15,33	0,00	0,00	0,00

Yıkanmış uşak kaolininin 1160, 1180 ve 1200 °C ‘deki toplam küçülme değerleri sırasıyla %15, 16 ve 17’dir. Bu nedenle plastik şekillendirme için uygun özellikler taşıyan bu hammaddenin ikili sistemde hazırlanan karışımlarında tornada veya elde şekillendirmede sorun yaratmamasına karşın, aşırı küçülmede etkin rol oynamasından dolayı 1160 °C ‘nin altındaki pişirimler için uygun olduğu düşünülmektedir. Pişme renkleri %35 andezit katkısında koyu sütlü kahverengi iken, %45 andezit katkısında siyaha dönük bir kahverengi oluşumu söz konusudur. 1200 °C sıcaklıkta pişirilen örneklerde aşırı sinterleşme gözlenmiştir (Resim 44).



YUK-1160 °C



YUKR1-1160 °C



YUKR2-1160 °C



YUKR3-1160 °C

**Resim 42. Andezit ve YUK Karışımlarının 1160 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



YUK-1180 °C



YUKR1-1180 °C



YUKR2-1180 °C



YUKR3-1180 °C

**Resim 43. Andezit ve YUK Karışımlarının 1180 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



YUK-1200 °C



YUKR1-1200 °C



YUKR2-1200 °C



YUKR3-1200 °C

**Resim 44. Andezit ve YUK Karışımlarının 1200 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



YUK- Sırlı



YUKR1- Sırlı



YUKR2- Sırlı



YUKR3- Sırlı

**Resim 45. Andezit ve YUK Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri**



**Tablo 10. Andezit ve Akas Kili ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri.**

Hammadde	Bileşim ( %)		
	AKR1	AKR2	AKR3
Andezit	35	40	45
Akas Kili	65	60	55

**Tablo 11. Andezit – AKAS Karışımlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)			Su Emme (%)		
	Reçete No			Reçete No		
	AKR1	AKR2	AKR3	AKR1	AKR2	AKR3
1160	11,07	11,46	12,06	1,55	1,42	1,22
1180	12,49	12,55	12,69	0,92	0,87	0,82
1200	12,91	13,08	13,28	0,21	0,16	0,07

Akas kili ve andezitle hazırlanan çamurlarda 1160 °C’de andezitin reçete içindeki miktarının artmasına bağlı olarak toplam küçülmede belirli bir artış olmasına rağmen bu değerlerin kabul edilebilir sınırlarda olduğu düşünülmektedir. Yaş yöntemle şekillendirmede bu çamurlarda herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır. AKR 1, AKR 2 ve AKR 3 şeklinde kodlanmış olan plastik çamurlar; tornada, kalıba basarak ve elde şekillendirme yöntemleri için uygun şekillendirme özellikleri göstermişlerdir. Pişme sonrası renk değişimleri ise açık kahverengiden koyu kahverengiye değişmektedir (Resim 46–48).



Akas Kili-1160 °C



AKR1-1160 °C



AKR2-1160 °C



AKR3-1160 °C

**Resim 46. Andezit ve Akas Kili Karışımlarının 1160 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



Akas Kili-1180 °C



AKR1-1180 °C



AKR2-1180 °C



AKR3-1180 °C

**Resim 47. Andezit ve Akas Kili Karışımlarının 1180 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**





Akas Kili-1200 °C



AKR1-1200 °C



AKR2-1200 °C



AKR3-1200 °C

**Resim 48. Andezit ve Akas Kili Karışımlarının 1200 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



Akas Kili-1160 °C



AKR1- Sırlı



AKR2- Sırlı



AKR3- Sırlı

**Resim 49. Andezit ve Akas Kili Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri**

Bölüm 2,1’de ifade edildiği şekilde, sodyum feldspat, kuvars, kaolin ve plastik kil kullanılarak çok sayıda reçete bileşimi deneysel bazda çalışılmış ve pişme rengi beyaz olan, plastik şekillendirmeye uygun (STPR) olarak kodlanan standart bir reçete belirlenmiştir. Bu reçeteden hareketle, farklı oranlarda andezit ilavesiyle reçeteler oluşturulmuş ve bunların içinden şekillendirmeye en uygun olan iki farklı stoneware bünye reçetesi (APR1, APR2 ) seçilmiştir ( Tablo 12).

**Tablo 12. Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamur Reçeteleri**

Hammadde	Bileşim Oranları (%)		
	STPR	APR1	APR2
Na-F	30	-	-
Kuars	7,5	7,5	7,5
Kaolin	12,5	12,5	7,5
Kil 1	25	25	25
Kil 2	25	25	25
Andezit	-	30	35

Standart reçete içindeki karışımların, 1160 °C’ de yapılan pişirimlerinde toplam küçülmede artış ve su emme değerlerinde kısmi bir azalma olduğu görülmektedir. Ancak bu değerler standart reçete değerlerine oldukça yakındır. Sıcaklık artışı ile boyutça küçülme artmakta, su emme azalmaktadır. Elde edilen sonuçlara bağlı olarak, bu reçetelerin 1160 – 1180 °C sıcaklık aralığında kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

**Tablo 13. Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamurların Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)			Su Emme (%)		
	Reçete No			Reçete No		
	STPR	APR1	APR2	STPR	APR1	APR2
1160	11,20	11,60	11,66	3,93	3,72	3,60
1180	12,30	12,35	12,47	2,20	2,15	2,10
1200	13,20	13,78	13,90	1,16	0,75	0,25

Bünyelerin pişme renklerinin açık sütlü kahverengiden koyu kahverengiye doğru değiştiği gözlenmektedir. Artan sıcaklıkla birlikte renk koyulaşmıştır (Resim 50). Örneklerin sırlı pişirim sonuçları, resim 51’ de verilmiştir.



**Resim 50. Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamurların 1160, 1180 ve 1200 °C 'deki Sırsız Pişme Renkleri**



**Resim 51. Standart ve Andezit Katkılı Plastik Çamurların Saydam Sırlı Pişme Renkleri**

## 2.2. YAŞ YÖNTEMLE ŞEKİLLENDİRMEYE UYGUN REÇETE ARAŞTIRMALARI

Bu aşamada andezit ve döküm özelliğine sahip kil ile ikili karışımlar oluşturulmuş (Tablo 14), daha sonra feldspat, kuvars, kaolin ve beyaz pişen killere birlikte kullanılarak yaş yöntemiyle şekillendirmeye uygun çamur reçeteleri hazırlanmıştır (Tablo 15).

Döküm çamuru araştırması içinde yer alan reçetelerde, hammaddeler sodyum silikat (cam suyu) ve su ile önce mikserde sonra homojenliği sağlamak amacıyla bilyalı değirmenlerde 1 saat süreyle karıştırılmışlardır. 100 meşlik elekten geçirilen çamurların litre ağırlığı, viskozite ve alçı kalıpta şekillendirilebilme özellikleri belirlenmiştir. Daha sonra çamurların küçülme ve su emme özelliklerinin saptanması için numuneler 200 ×200×15 mm boyutlarındaki alçı kalıplarda döküm yöntemiyle şekillendirilmiş, kurutma işleminden sonra 1160 °C’ de pişirilmişlerdir. Sırlı ve sırsız olarak pişirilmiş bünyelerin renk ve ergime davranışları incelenmiştir.

**Tablo 14. Andezit ve Döküm Kili ile Hazırlanan Reçete Bileşimleri ve Döküm Özellikleri**

Hammadde	Bileşim ( %)		
	ADKR1	ADKR2	ADKR3
Andezit	45	40	35
Döküm kili	55	60	65
Su Miktarı (ml)	430	460	500
Cam Suyu Miktarı (ml)	2	2	2
Sodyum Karbonat Miktarı (gr)	1	1	1
Litre Ağırlığı (gr)	1650	1670	1680
Viskozite(sn)	27	30	30
Döküm Özelliği	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun

**Tablo 15. Andezit ve Döküm Kili Karışımlarından Üretilen Bünyelerin Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)			Su Emme (%)		
	Reçete No			Reçete No		
	ADKR1	ADKR2	ADKR3	ADKR1	ADKR2	ADKR3
1160	13,13	14,60	15,00	1,04	0,82	0,78
1180	15,3	15,85	16,66	0,00	0,00	0,00

Döküm kili ve andezitin belirlenen oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen döküm çamurlarından üretilen bünyelerin farklı sıcaklıklardaki pişme renklerinin (Resim 52) kırmızımsı kahveden koyu kahveye bir geçiş yaptığı görülmüştür. 1160 °C’ de pişirilen örneklerin Minolta spektrofotometre (M-T600d) ile yapılan renk ölçümlerinde L değerlerinde görülen azalma bu sonuçları teyit etmektedir (Tablo 16). Sıcaklıklardaki artış renkte koyulaşmaya neden olmaktadır. Elektrolit ilgisi yüksek olan döküm kilinin küçülme değerlerinin yüksek olması bünyenin toplam küçülmesini etkilemiştir. 1180 °C’ deki aşırı küçülmeden dolayı bu örneklerin 1200 °C’ de pişirimleri yapılmamıştır.



**Resim 52. Andezit ve Döküm kili Karışımlarının 1160 ve 1180°C’ deki Sırsız Pişme Renkleri**

Andezit ve döküm kili ile oluşturulan bünyelerin saydam sırlı pişirimleri 1160°C’ de yapılmıştır (Resim 53). Aşırı deformasyon ve küçülme gösterdikleri için bu bünyelerin, uyumlu sır reçeteleri kullanılarak 1160 °C’ nin daha altında bir sıcaklıkta pişirilmelerinin ya da döküm özelliğine ve yüksek sıcaklıklarda daha az küçülme ve deformasyon özelliklerine sahip killerin kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.



*Resim 53. Andezit ve Döküm Kili Karışımlarının Saydam Sırlı Pişme Renkleri*

*Tablo 16. Andezit ve Döküm Kili ile Üretilen ve 1160 °C’de Pişirilen Bünyelere Ait Renk Değerleri*

Reçete No	L*	a*	b*
ADKR 1	44.04	6.16	11.85
ADKR 2	42.37	7.14	10.49
ADKR 3	41.53	7.40	10.15

**Tablo 17. Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamuru Reçeteleri ve Döküm Özellikleri**

Hammaddeler	Bileşim Oranları (%)			
	STDR	ADR1	ADR2	ADR3
NF	17,5	-	-	-
KF	10	10	-	-
Kuars	5	5	5	-
Kaolen 1	7,5	7,5	7,5	7,5
Kaolen 2	12,5	12,5	12,5	12,5
Kil1	20	20	20	20
Kil 2	30	30	30	30
Andezit	-	17,5	27,5	32,5
Su Miktarı (ml)	500	500	500	500
Cam Suyu Miktarı(ml)	2	2	2	2
Sodyum Karbonat Miktarı (gr)	1	1	1	1
Litre Ağırlığı (gr)	1700	1690	1680	1670
Viskozite(sn)	33	30	27	27
Döküm Özelliği	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun	Açık ve Kapalı Dökümler İçin Uygun

**Tablo 18. Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamurlarının Toplam Küçülme ve Su Emme Değerleri**

Pişme Sıcaklığı (°C)	Toplam Küçülme (%)				Su Emme (%)			
	Reçete No				Reçete No			
	STDR	ADR1	ADR2	ADR3	STDR	ADR 1	ADR 2	ADR3
1160	11,33	11,66	12,90	13,33	3,52	3,07	1,03	0,82
1180	12,66	13,63	13,89	15	1,22	0,82	0,77	0,33



Andezit katkılı döküm reçetelerinin şekillendirme için gerekli özelliklere sahip oldukları halde, boyutça küçülme değerlerinin 1160 °C'nin üzerinde ve %27,5 andezit katkısından sonra çok fazla olduğu gözlenmiştir. 1200 °C'de ise aşırı deformasyon meydana geldiği için bu sıcaklıktaki küçülme ve su emme değerleri verilmemiştir. Dökülebilirlik özelliklerinin yanısıra, yüksek sıcaklıklarda küçülme ve deformasyon oranları düşük olan killerle çalışılmasının uygun olacağı kanısına varılmıştır.

Renk özellikleri açısından bakıldığında, %17,5 andezit içeren ADR1 kodlu reçetenin daha standart reçeteye göre bünye rengini belirgin bir şekilde değiştirdiği görülmektedir. Reçete içindeki andezit katkı oranı arttıkça ve pişme sıcaklığı yükseldikçe renk koyulaşmaktadır (Resim 54–55). 1160 °C' de pişirilen örneklerin Minolta spektro-fotometre (M-T600d) ile yapılan renk ölçümlerinde L değerlerinin artan andezit miktarıyla azaldığı görülmektedir. (Tablo 19).



**Resim 54. Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamurlarının 1160 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri**





**Resim 55. Standart ve Andezit Katkılı Döküm Çamurlarının 1180 °C' deki Sırsız Pişme Renkleri**

**Tablo 19. Standart ve Andezit Katkılı Bünyelerin 1160 °C'deki Renk Değerleri**

Reçete No	L*	a*	b*
STDR	69,70	6,57	13.58
ADR1	51,90	5,78	11.31
ADR2	48.36	5,31	11.52
ADR3	45.66	5,14	10.75

Yaş yöntemle (döküm) şekillendirmeye uygun olarak hazırlanmış olan reçetelerden hareketle üretilen standart ve andezit katkıli çamurlardan dökülen plakaların, alkalili ve borlu saydam sırla sırlanarak 1160 °C’de pişirilmiş görüntüleri resim 56’de verilmiştir. Renk farklılıkları sırlı pişmiş örneklerde daha belirgin olarak görülmektedir. %32,5 andezit içeren ADR3 kodlu bünyede, %17,5 (ADR1) ve %27,5 (ADR2) andezit katkıli bünyelere göre sırlandığında siyahımsı bir kahverengi ton gözlenmiştir.



**Resim 56. Standart ve Andezit Katkıli Döküm Çamurlarının 1160 °C’deki Saydam Sırlı Pişme Renkleri**



**Resim 57. Andezit Katkılı Döküm Çamuru ile Hazırlanan Formların Alçı Kalıpta Şekillendirilmiş ve Daha Sonra 1160 °C de Pişirilmiş Görüntüleri**

### 3. ANDEZİTİN SIR BİLEŞENİ OLARAK KULLANIMI

Ocaktan çıkarıldıktan sonra boyut küçültme işlemleri uygulanan ve toz hale getirilen andezit, erime özelliklerini ve renk değişimlerini belirlemek amacıyla 1160, 1180 ve 1200 °C'deki sıcaklıklarda pişirilmiştir. Fırından alınan örneklerde erime gözlenmesi üzerine bu hammaddenin tek başına ve farklı ergiticilerle birlikte sır bileşeni olarak stoneware bünyeler üzerinde kullanılabileceği düşünülmüştür.

İlk aşamada andezit tozu, 100g kuru madde kapasiteli bilyalı değirmenlerde 30 dak. öğütülmüş, 63 µm'lik elekten geçirilmiştir. Andezit-su karışımının litre ağırlığı 1450g. olarak ayarlanıp, pişme rengi beyaz olan stoneware plakalar üzerine akıtma yöntemiyle uygulanmıştır. Sırlı pişirim 1160, 1180 ve 1200 °C'de yapılmıştır. 1160 °C'de koyu kahverengi, 1180 ve 1200 °C'lerde siyahımsı kahverengi tonlar oluşmuştur(Resim 58). Sırlı yüzeylerde herhangi bir hata görülmemiştir.



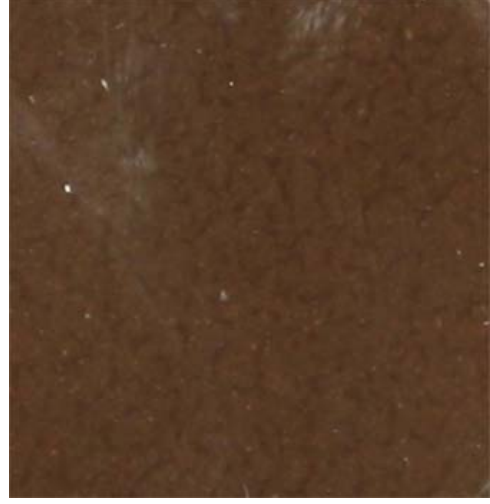
1160 °C

1180 °C

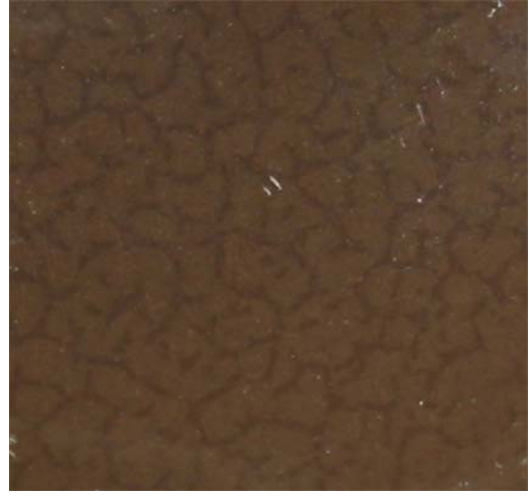
1200 °C

***Resim 58. Andezitin Tek Başına Stoneware Bünye Üzerinde Farklı Sıcaklıklarda Sır Uygulanması***

Andezit tozunun laboratuvar koşulları dışında endüstriyel kullanıma uygunluğunun belirlenmesi için Güral Porselen Fabrikasında sır uygulamaları yapılmış, üretimi yapılan bünyeler üzerine uygulanarak farklı sıcaklıklarda pişirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda 1150 °C'de ürün yüzeylerinde yeşilimsi kahverengi (Resim 59), 1160 °C'de opak kahverengi (Resim 60) tonların meydana geldiği gözlenmiştir. Yüzeyde deri kraklesini andıran doku oluşumları gözlenmektedir.



*Resim 59. Andezitin Güral Porselen Fabrikasında Yapılan 1150 °C' deki Sır Uygulaması ve Detayı*



*Resim 60. Andezitin Güral Porselen Fabrikasında Yapılan 1160 °C' deki Sır Uygulaması ve Detayı*

1220 °C’de pişirilen örneklerde (Resim 61) yatay yüzeylerin siyaha dönük parlak kahverengi, kenarların ve ince sırlanmış dik formun saydam, parlak ve açık kahve rengine dönüştüğü görülmüştür. Pişme sonrası sırlı yüzeylerde çatlama, kavlama veya toplanma gibi sır hatalarına rastlanmamıştır. Sır-bünye arasında uyum söz konusudur.



***Resim 61. Andezitin Güral Porselen Fabrikasında Yapılan 1220 °C’ deki Sır Uygulamaları***



Andezitin tek başına sır oluşturabilme özelliğinin gözlenmesinden sonra, farklı renklendirici oksitlerin sır rengi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla andezite, %3, 5 ve 7 oranlarında CoO, CuO, CuCO<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnO, TiO<sub>2</sub> ve NiSO<sub>4</sub> ilave edilmiştir. Bilyalı değirmenlerde öğütme ve eleme işlemlerinden geçirilen sırlar akıtma yöntemi ile plakalar üzerine uygulanmış ve 1200 °C’de pişirilmiştir

CoO katkısı ile koyu lacivertten siyahımsı laciverte giden bir renk oluşumu gözlenmiştir (Resim 62).



% 3 CoO

% 5 CoO

% 7 CoO

**Resim 62. Andezite CoO Katkısı ile Oluşturulan Sırlar**

CuO’ın andezite ilave edilmesi ile metalik yüzey etkisine sahip sırlı yüzeyler elde edilmiştir. CuO, %5 oranında andezitle birlikte ipek matı metalik yüzey, %7 oranında ise parlak gri bir metalik yüzey oluşturmuştur (Resim 63).



% 3 CuO

% 5 CuO

% 7 CuO

**Resim 63. Andezite CuO Katkısı ile Oluşturulan Sırlar**

%3  $\text{CuCO}_3$  ve andezit ile birlikte mat siyah bir sırlı yüzey elde edilmiş, %7 katkı oranında kurşuni metalik yüzey etkisi meydana gelmiştir ( Resim 64). Ancak, yüzeyde kabarmalar görülmektedir.



% 3  $\text{CuCO}_3$

% 5  $\text{CuCO}_3$

% 7  $\text{CuCO}_3$

***Resim 64. Andezite  $\text{CuCO}_3$  Katkısı ile Oluşturulan Sırlar***

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  'in andezite %3 ilave edilmesiyle siyahımsı kıvılcak kahve rengi gözlenmiş, demir oksit oranının artmasıyla koyu bordo rengin hakim olduğu görülmüştür (Resim 65).



% 3  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

% 5  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

% 7  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

***Resim 65. Andezite  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  Katkısıyla Oluşturulan Sırlar***

$\text{TiO}_2$ , andezit ile birlikte kıvılcak kahverengi bir sırlı yüzey görüntüsü vermiştir. Titanyum oksidin sır içindeki oranı artınca örtücü ve daha açık, soluk bir kahverengi ortaya çıkmıştır (Resim 66).





% 3 TiO<sub>2</sub>

% 5 TiO<sub>2</sub>

% 7 TiO<sub>2</sub>

**Resim 66. Andezite TiO<sub>2</sub> Katkısıyla Oluşturulan Sırlar**

ZnO ve andezit karışımlarının sarımsı kahve tonlarını (Resim 67), NiSO<sub>4</sub> karışımlarının ise koyu kahverengi tonlarını verdiği gözlenmiştir (Resim 68).



% 3 ZnO

% 5 ZnO

% 7 ZnO

**Resim 67. Andezite ZnO Katkısıyla Oluşturulan Sırlar**



% 3 NiSO<sub>4</sub>

% 5 NiSO<sub>4</sub>

% 7 NiSO<sub>4</sub>

**Resim 68. Andezite NiSO<sub>4</sub> Katkısıyla Oluşturulan Sırlar**

Andezitli sır araştırmalarının son aşamasında andezit; üleksit ve kolemanit ile birlikte ikili sistemde reçete bileşimleri içinde yer almıştır (Tablo 20–21). Belirlenen reğetelere uygun olarak tartılan sırlar öğütme ve eleme işlemlerinden sonra plakalar üzerine uygulanmış, 1200 °C’de pişirilmışlerdir.

**Tablo 20. Andezit ve Üleksitle Hazırlanan Sırların Reçete Bileşimleri**

Hammadde	Bileşim ( %)			
	AS 1	AS 2	AS 3	AS4
Andezit	80	70	60	50
Üleksit	20	30	40	50

**Tablo 21. Andezit ve Kolemanitle Hazırlanan Sırların Reçete Bileşimleri**

Hammadde	Bileşim ( %)			
	AS 5	AS 6	AS 7	AS8
Andezit	80	70	60	50
Kolemanit	20	30	40	50

Andezitin %80 oranında kullanılmasıyla üleksit ve kolemanit ile oluşturulan sırlarda saydam kahverengi renk tonları elde edilmiştir. Sır içindeki andezit miktarının azalması, üleksit ve kolemanit miktarlarının artmasıyla koyu bal renginden daha açık bal rengine dönüşümler gözlenmiştir. Kalın sırlı bölgelerde bor tülü oluşumuyla ortaya ęıkan yüzey dokuları ve andezitin %60 ve %50 oranlarında kullanıldığı sırlarda ęatlaklar mevcuttur (Resim 69–70). Ergitici katkısının andezitin tek başına sır olarak kullanımı sonucu elde edilen sırlı yüzeylerin renk ve erime özelliklerini etkilediği görülmüştür.



AS 1



AS 2



AS 3



AS 4

*Resim 69. Andezit ve Üleksitle Hazırlanan Sır Örnekleri*



AS 5



AS 6



AS 7



AS 8

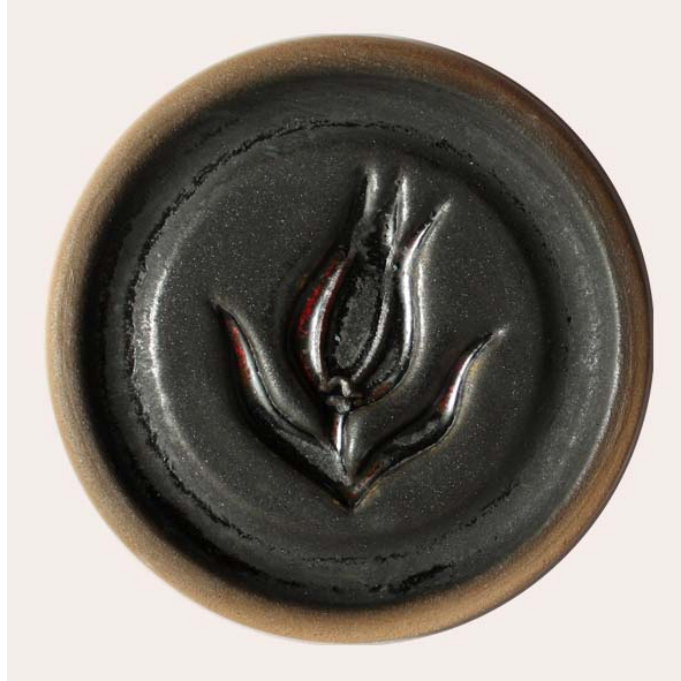
***Resim 70. Andezit ve Kolemanitle Hazırlanan Sır Örnekleri***

AS2 sırası (%70 andezit, %30 üleksit) %5 kobalt oksit ile renklendirilmiş, 1200 °C'de akışkan olmayan, çatlama, kavlama, toplanma vb. sır hatalarının görülmediği lacivert bir sır elde edilmiştir (Resim 71). Bu sır reçetesinin diğer renklendirici oksitlerin farklı oranlarda ilave edilmesiyle zengin renk ve yüzey etkilerine sahip sırların oluşturulabileceği düşünülmektedir.





**Resim 71. CoO ile Renklendirilmiş AS2 Sırının Görüntüsü**



**Resim 72. Andezit, Sülyen ve Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile Oluşturulmuş Sır Uygulaması**

% 75 Sülyen, % 20 Andezit ve % 5 krom oksit ile oluşturulan sır reçetesi 1160 °C de metalik siyah ve kısmi olarak kırmızı çizgilerin olduğu bir yüzey görüntüsü vermiştir (Resim 72).



*Resim 73. Andezit, Metal Oksit ve Seramik Boyalarla Oluşturulan Sır Örneği*

#### **4. SERAMİK UYGULAMALARDAN ÖRNEKLER**

Afyonkarahisar ili, İncehisar ilçesi andezitinin farklı seramik hammaddeleriyle kullanılması sonucunda uygun şekillendirilebilme, boyutça küçülme özelliklerine sahip ve farklı renk tonlarında üretilen çamurlar çeşitli boyutlarda kesilmiş olan andezit plakalar üzerinde kullanılarak farklı görünüm ve boyutlarda eserler oluşturulmuştur. Andezitin doğrudan kullanımı ve ergitici katkısıyla oluşturulan sırlar bu çalışmalar üzerine uygulanmıştır.

Seramik uygulamalarda kullanılan andezit plakalar ocaktan blok halde çıkarıldıktan sonra fabrikada istenilen ölçülerde farklı büyüklükte ve kalınlıkta kesilmişlerdir. Yüzeyi temizlenen andezit plakaların kenarlarına çeşitli kalınlıklarda bantlar yapıştırılmış, böylece döküm için bir havuz oluşturulmuştur. Andezit katkılı çamurun andezit plakaya dökümü gerçekleştirilerek deri sertliğine gelen çamurlarda keskin uçlu aletler ile farklı tasarımlar yapılmıştır. Desen aktarıldıktan sonra hızlı kurutma işlemine başlanmıştır. Andezit taşının özelliğinden yararlanılarak çamurda kuruma aşamasında çatlama oluşturulmuştur. Kurutucunun yönü değiştirilmek sureti ile çatlama kısmi olarak yönlendirilmiştir. Çamurdaki çatlama küçük



olması için ince döküm ve daha hızlı bir kurutma, büyük aralıklarda olması için ise kalın döküm uygulanmıştır. Yüzeydeki çatlama ve kuruma tamamlandıktan sonra bazı uygulamalarda çatlama parçalarının bir kısmı tasarıma göre andezit plakadan alınmıştır.

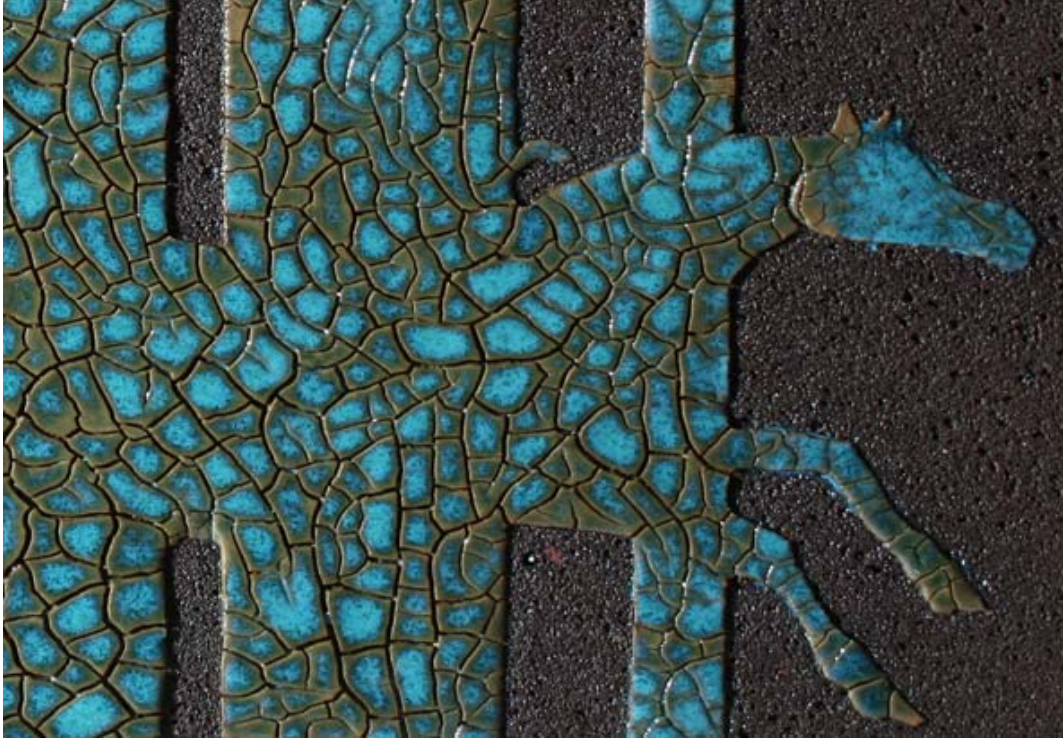
Döküm çamurlarının yanı sıra andezit ilavesi ile oluşturulmuş, plastik şekillendirmeye uygun özellikler taşıyan çamurlarda, yine çeşitli boyutlarda kesilmiş andezit taşları üzerinde tasarım amaçlı kullanılmıştır.

Andezitli çamurlar ile andezit plakalar arasında sır uygulaması yapılmamıştır. Andezitin 1160 °C'de toz haldeyken tamamen ergimesi, plaka halinde iken yarı camsı bir yüzey oluşturması nedeniyle, taş ve üzerine uygulanan çamur arasında bir ara yüzey oluşumu sağlanmaktadır.

Seramik uygulamalarda fırça, püskürtme, akıtma gibi sırlama teknikleri kullanılmıştır. Tek ve çift pişirim uygulaması yapılmıştır. Eserlere ait görüntüler resim 74–109 arasında sunulmuştur.



*Resim 74. "Engel" 30x60x3 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 75. "Engel" Detay*





*Resim 76. "Çift Başlı Kartal" 30x30x2 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*





*Resim 77. “Kafes 1” 30x60x2 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 78. “Kafes 1” Detay*





*Resim 79. "Ejder" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1150 °C*



*Resim 80. "Ejder" Detay*





*Resim 81. "İsimsiz 1" 30x60x2 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 82. "İsimsiz 1" Detay*





*Resim 83. "İsimsiz 2" 30x60x3 cm, 2009, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 84. "İsimsiz 2" Detay*





*Resim 85. "Volkanizma 1" 30x60x3 cm, 2007, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 86. "Volkanizma 1" Detay*





*Resim 87. "İsimsiz 3" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 88. "İsimsiz 3" Detay*





*Resim 89. "İsimsiz 4" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 90. "İsimsiz 4" Detay*





*Resim 91. "İsimsiz 5" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 92. "İsimsiz 5" Detay*





*Resim 93. "İsimsiz 6" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 94. "İsimsiz 6" Detay*



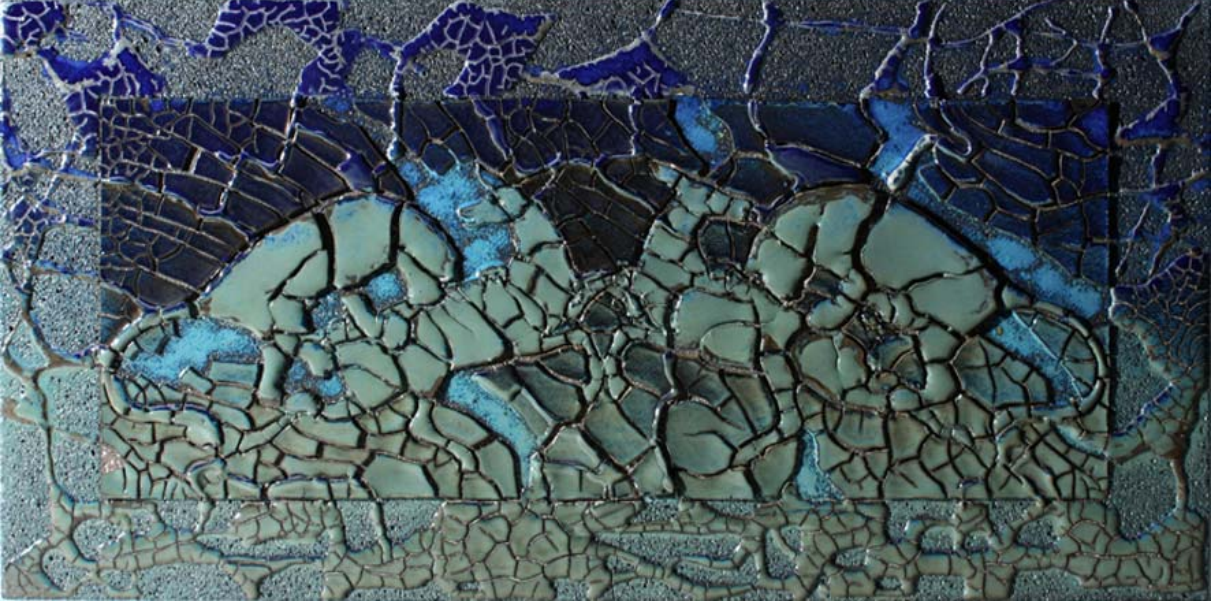


*Resim 95. "İsimsiz 7" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 96. "İsimsiz 7" Detay*





*Resim 97. “İsimsiz 8” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 98. “İsimsiz 8” Detay*





*Resim 99. "İsimsiz 9" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 100. "İsimsiz 9" Detay*





*Resim 101. “Volkanizma II 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 102. “Volkanizma II” Detay*

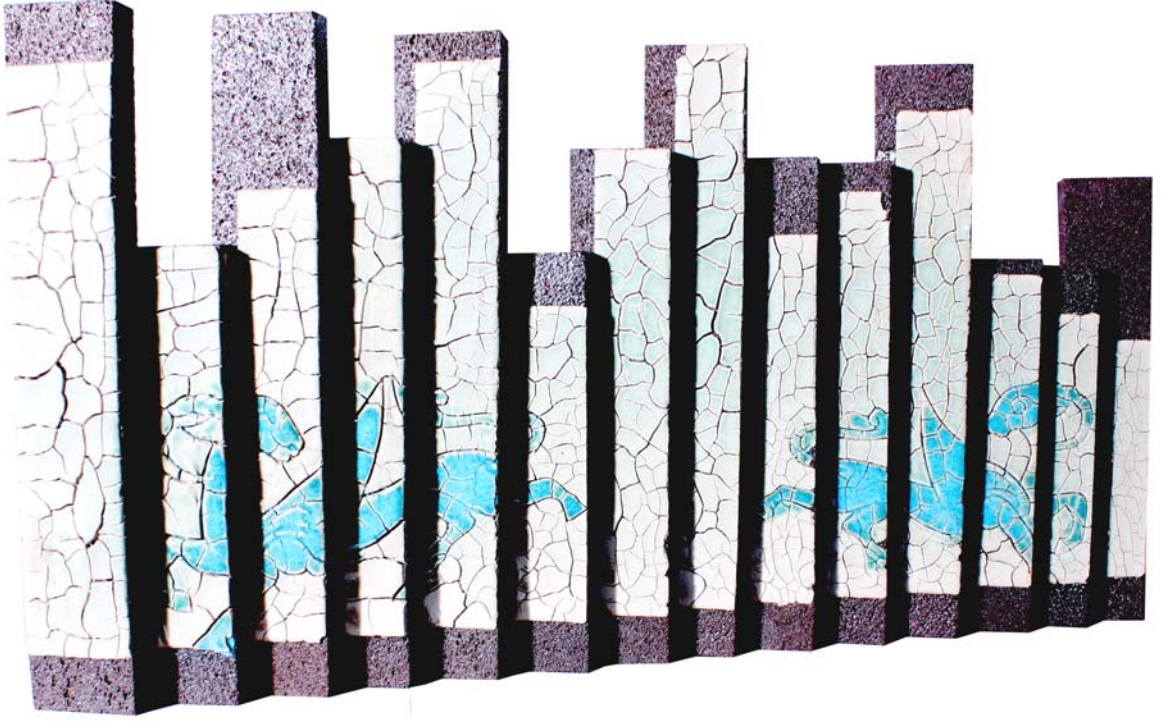




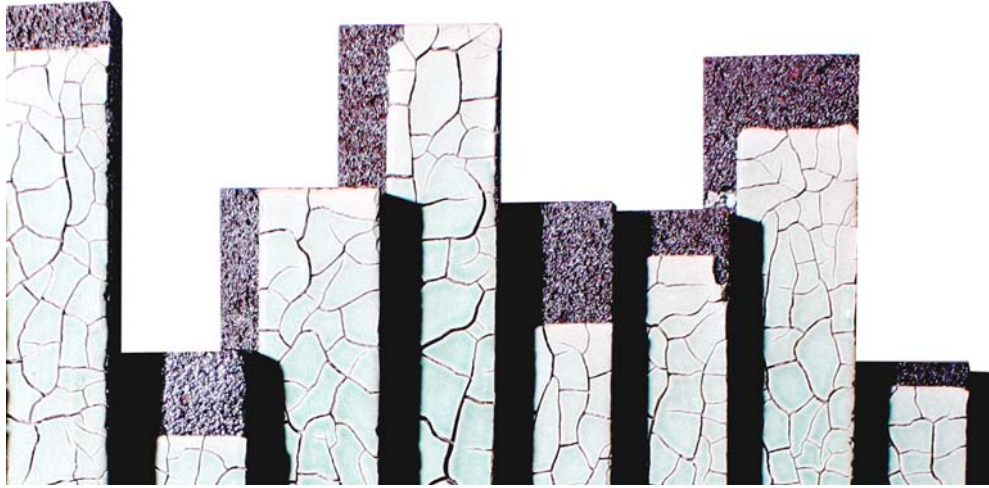
*Resim 103. "İsimsiz 10" 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 104. "İsimsiz 10" Detay*



*Resim 105. “İsimsiz 11” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 106. “İsimsiz 11” Detay*





*Resim 107. “İsimsiz 12” 30x60x3 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



*Resim 108. “İsimsiz 12” Detay*



*Resim 109. ‘Lale’ 48x14x1 cm, 2008, Andezit Karışık Teknik, 1160 °C*



## SONUÇ

Günümüzde, Dünyada ve Türkiye’de gelişen teknolojiye bağlı olarak, bireysel ve toplumsal yaşam biçimlerini etkileyen bir değişim süreci yaşanmaktadır. Bu süreç hemen hemen tüm endüstriyel alanlarda kendini göstermektedir. Dolayısıyla insanlar ekonomik, çevresel, kültürel ve sanatsal olarak yaşam kalitelerinin yükseltilmesi için farklı arayışlar içerisindeyler. Seramik endüstrisi ve seramik sanatı ile ilgili olanlar içinde, özellikle malzeme açısından farklı malzemeleri ve farklı teknikleri kullanma isteği ve zorunluluğu söz konusudur. Zira hızlı nüfus artışı ve tüketime bağlı olarak kaliteli hammadde rezervleri azalmaya başlamıştır. Ayrıca teknik, ekonomik ve estetik anlamda istenilen özellikleri sağlayan üretimler için araştırmalar devam etmektedir. Ürünle ilgili oluşturulmak istenen tüm etkiler farklı malzeme ve teknikler kullanılarak sağlanmaktadır. Seramik endüstrisi ve seramik sanatı açısından bünye, sır ve renklendirici bileşenler üretici ve sanatçı için önemli bir ifade biçimidir. Bu kapsamda dünyada ve Türkiye’de mevcut olan üretimde kullanılabilecek farklı özelliklerdeki hammaddelerin değerlendirilmesi ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmaktadır.

Türkiye’de çok miktarda ve çeşitli bileşimlerde volkanik kayalar bulunmaktadır. Andezit bu volkanik kayalar sınıfına girmektedir. Adını Güney Amerika’da bulunan And Dağlarından alan andezit Afyonkarahisar’ da yoğun olarak bulunmakta ve mermer ve doğal taş sektöründe işletilmektedir. Andezitin geçmiş dönemlerden günümüze kadar kilise, medrese, camii, köprü, kervansaray, çeşme, tiyatro vb. mimari yapılarda ve kabartmalarda kullanıldığı görülmektedir. Yakın zamanda andezitin çeşitli seramik sırları ve dekor yöntemleri ile dış ve iç mekanlarda kaplama malzemesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar yapılmış, başarılı sonuçlar alınmıştır.

Bu çalışmada andezit; bünye, sır ve renklendirici bileşen olarak kullanılmıştır. Andezitli seramik çamur ve sır bünyelerinin denemeleri yapılırken çalışma sıcaklıkları 1160, 1180, 1200 °C olarak belirlenmiştir. Çamur reçeteleri içinde andezit % 17,5’ dan % 45’e değişen oranlarda kullanılmıştır. Plastik ve yaş şekillendirme yöntemlerine uygun özellikler taşıyan reçete araştırmalarında andezit

miktarının ve sıcaklığın artmasıyla pişmiş bünyelerin renklerinin değiştiği tespit edilmiştir. Andezitli tüm bünyelerde açıktan koyuya kahverenginin farklı tonlarının olduğu gözlenmiştir.  $Fe_2O_3$ 'ün diğer safsızlıklar ile beraber içinde buldukları hammaddelerde ve katıldıkları bünyelerde pişme sonrası, pembeden, kırmızı ve kahverengiye bariz bir renk değişimine yol açtığı bilinmektedir. Bu nedenle, XRF analizi ile belirlenen andezit içindeki % 6,12 oranındaki  $Fe_2O_3$ 'ün pişme sıcaklığına bağlı olarak bünyenin son rengi üzerinde etkin bir rol oynadığı kanısına varılmıştır.

İkili sisteme göre uygun olarak belirli oranlarda andezit katkısıyla hazırlanan reçete araştırmaları sonucunda; andezit - şamot karışımları, boyutça küçülme ve su emme özellikleri açısından, seçilen üç ayrı çalışma sıcaklığında (1160, 1180, 1200 °C), yıkanmış uşak kaolini, akas kili, kırmızı kil ve döküm kiline göre daha uygun sonuçlar vermiştir.

Kırmızı kil ve Yıkanmış Uşak kaolini ile oluşturulan bünyelerde 1160 °C'nin üzerinde boyutça küçülme değerlerinin arttığı, kırmızı kil-andezit karışımlarında %40 ve %45 andezit katkılı bünyelerde aşırı deformasyon ve şişme olduğu görülmüştür. %35 andezit katkılı bünyede toplam küçülme yüksek olmasına karşın şişme olayı gözlenmemiştir. Kırmızı kil ve andezitle üretilen bünyelerin, 1160 °C'deki toplam küçülme ve su emme değerleri kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu halde, Yıkanmış Uşak kaolini-Andezit bünyelerine ait değerler bu sınırların çok üzerindedir.

Akas kili ve andezitin belirlenen oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan bünyelerin, 1160 ve 1180 °C'lerde, özellikle %35 ve %40 andezit oranlarında küçülme, su emme değerleri açısından istenilen özelliklere sahip olduğu saptanmıştır.

Döküm kili-andezit karışımlarında ise, 1160 °C'de %35 andezit içeren bünye, %13,13 oranında küçülürken, andezit miktarı %45'e çıkarıldığında küçülme oranı %15 olmaktadır. 1180 °C'de toplam küçülme oranları, %15,3 ile %16,66 arasında değişmektedir.

Standart bir reçetenin baz alınmasıyla oluşturulan yarıyaş (plastik) ve yaş (döküm) yöntemiyle şekillendirmeye uygun çamur reçetelerinde andezit, feldspatların yerine artan oranlarda %17,5 ile %37,5 arasında kullanılmıştır. Plastik şekillendirme için hazırlanan reçetelerde, andezit katkılı bünyelerin boyutça küçülme oranlarının

standart reçeteye yakın değerler verdiği, döküm çamurlarında ise andezitli bünyelerin standart bünyeye göre daha fazla küçülme gösterdiği gözlenmiştir.

Andezit katkılı bünyelere 1160-1200 °C sıcaklık aralığında olgunlaşan saydam sır uygulanmış ve sırlı pişmiş yüzeylerde, çatlama, kavlama, toplanma vb. hatalara rastlanmamıştır.

Bünye araştırmalarının sonuçları, Afyonkarahisar İli, İşçehisar İlçesinden temin edilen andezitin stoneware reçetelerinde yüksek oranda (%45) değerlendirilebileceğini göstermiştir. Alkali içeriğinden (toplam alkali oksit miktarı; %9,17) dolayı başlangıç harmanlarında feldispatların yerini almasının yanısıra, bileşimindeki yüksek Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miktarı sayesinde bünyelerde açık kahverengiden, kırmızımsı kahverengi ve koyu kahverengiye değişen renk avantajları sağlamaktadır.

63 mikron tane boyutuna öğütülen andezitin laboratuvar ve endüstriyel uygulamalarının sonucu, 1160 ve 1220 °C sıcaklık aralığında tek başına bal renginden siyahımsı koyu kahverengiye değişen renkli sır olarak kullanılabilmesini göstermiştir. Bunun dışında üleksit, kolemanit gibi farklı ergiticiler, metal oksitler ve seramik boyalarla birlikte oluşturulan sır reçetelerinde, koyu maviden laciverte, kahverengiden metalik siyaha ve mavimsi yeşile değişen renkli yüzeyler elde edilmiştir.

Son aşamada andezit katkısıyla elde edilen çamurlar ve sırlar, çeşitli boyutlarda kesilmiş olan andezit doğal taşının üzerinde farklı tasarımlarla kullanılmış, 1160 ve 1200 °C'lerde pişirimleri yapılmıştır. Andezit taşı ile andezitli çamur ve sırlar arasında bir uyumsuzluk gözlenmemiştir.

Bu çalışmada yer alan tüm deneysel çalışmalar ve uygulamalar, andezitin yüksek sıcaklıklarda erime özelliğinden faydalanılarak renkli seramik bünye ve sır üretiminde hammadde kaynağı şeklinde değerlendirilebileceğini göstermektedir. Hazırlanacak olan sırların bileşimine, pişirim sıcaklığına ve andezitin katkı miktarına bağlı olarak zengin görsel etki ile alternatif hammadde kapsamında herhangi bir soruna yol açmaksızın andezitin endüstriyel ve sanatsal seramik alanında rahatlıkla kullanılabilmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Akyol, E. ve Kayabalı, K. (2006). *Çevre Jeolojisine Giriş*, Ankara: Gazi Kitabevi Tic. Ltd. Şti.
- Arcasoy, A. (1985). *Seramik Teknolojisi*. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Seramik Anasanat Dalı Yayınları, No: 2, İstanbul 1988
- Büyüksağış, İ. S. (2002). *Afyonkarahisar'ın Yeraltı Zenginlikleri*, Afyonkarahisar Kütüğü, Baskı Uyum Ajans, Yayın No:35, Ankara
- Demirci, M. ve Karakaş, G. (1996). *Seramik Sektöründe Alternatif Hammadde – Siyemit*, İstanbul: Türk Seramik Derneği Yayınları No:16
- Dural,E., Demir, L. ve Gönenç, S., (2002). *Isparta Yöresi Andezitlerinin Kurşunlu, Borlu ve Alkalili (1000 °C- 1200 °C) Sır Bünyeleri Üzerinde Artistik Etkilerinin Araştırılması*, Eskişehir: II. Uluslararası Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Eskişehir Tepebaşı Belediyesi Yayınları.
- Erguvanlı, K. (1994). *Mühendislik Jeolojisi*, İstanbul: (5. Baskı), Seç Yayın Dağıtım
- Erkan, Y. (2006). *Magmatik Petrografi*, Ankara: (5. Baskı), TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 93
- Genç, S. (1992). *Mineraller-Kayaçlar, Jeolojik Yapılar ve Saha Jeolojisi*, Trabzon: (2. Baskı), Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi
- Gökçe, A. (1995). *Maden Yatakları*, Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları, No:29
- Karakaya, M., Ç. (2007). *Seramik Hammaddelerinin Minerolojisi, Kimyası ve Tüflerin Değerlendirilmesi*, Eskişehir: IV. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri Bildiriler Kitabı. Ongar Elektronik Baskı ve Fotokopi Merkezi.
- Karaman, E, M.ve Kibici, Y. (2008). *Temel Jeoloji Prensipleri*, Ankara: (2. Baskı), Belen Yayıncılık ve Matbaacılık.



- Kartal, A., Schulle W, ve Emrulloğlu Ö.F. (1998). *Kırşehir Kaman Yöresi Nefelinli Siyenit Cevherinin Seramikte Kullanılabilirliği Üzerine Yapılan Ön Araştırmalar*, Eskişehir: IV. Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği Yayınları No:20.
- Kibici, Y., (2005). *Seramik Hammaddeleri ve Teknolojik Özellikleri* Eskişehir: III. Uluslararası Katılımlı Seramik, Cam, Emaye, Sır ve Boya Semineri Bildiriler Kitabı. Ongar Elektronik Baskı ve Fotokopi Merkezi.
- Köktürk, U., (2002). *Endüstriyel Hammaddeler* İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları No:205
- Kurt, H., (1998). *Maden Mühendisleri İçin Mineraloji ve Petrografi* Konya: Uğur Matbaacılık.
- Kulaksız S., Özçelik Y., (1997). *Türkiye ve Dünyada Feldispat Üretim-Fiyat Değişimi ve Politikası*, İzmir: 2. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu.
- Kuşcu, M., (2001). *Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller*. Isparta: (1. Baskı), Süleyman Demirel Üniversitesi Basım Evi.
- Prudence, M. R., (1987). *Pottery Analysis*, Chicago: The University of Chicago Press.
- Sarışık, A., Demirel, Ş., Görkem, Ö., Ergun H., Ak, G, C., ve Ergun, M. (2008). *Afyon Bölgesi Andezitlerine Seramik Sır Tekniklerinin Uygulanması Ve Endüstriyel Yeni Ürün Geliştirme*. Afyonkarahisar: Türkiye VI. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Gurup Matbaacılık.
- Töre, İ., (1999). *Siyenit Hammaddesinin Seramik Bünyelere Etkilerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- TC. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001). *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayi Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu*, DPT:2611-ÖİK:622, Ankara.

- TC. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001). *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu*, DPT:2616-ÖİK:627, Ankara.
- TC. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (1995). *Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Seramik-Refrakter- Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu*, DPT:2418-ÖİK:47, Ankara.
- Türkmen, F., Kun, N., (2001). *İzmir İli Volkanitlerinin Doğaltaş Sektöründeki Yeri*, Afyon: Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Kozan Ofset Matbaacılık San. Ve Ticaret Ltd Şti.
- Uz, B., (2000). *Maden-Jeoloji-Jeofizik Mühendisliğinde Petrografi Prensipleri*, İstanbul: (3. Baskı), Birsen Yayınevi.
- Yersel, H., G. ve Töre, İ., (2001). *Vollastonitin Seramik Bünyelerde Uygulanabilirliğinin İncelenmesi*, İstanbul: Uluslararası Katılımlı V. Seramik Kongresi Bildiriler Kitabı, Türk Seramik Derneği Yayınları, No: 21 Türkiye.
- Yet, G., (2007). *Yer Karosu Bünyelerinde Farlı Ergiticilerin Çamur Reolojisi ve Sinterleme Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Yüksel, İ., (2004). *Anadolunun Kilidi Afyon*. Ocak 23, 2009. <http://www.afyonkarahisar.gov.tr/AnadolununKilidiAfyon.asp>

## EKLER SÖZLÜK

- Agricola** : Mineralleri fiziksel özelliklerine göre sınıflandıran Alman bilim adamı (G. Agricola).
- Apatit** : İçinde flüor ya da klor olan doğal kalsiyum fosfat.
- Granat** : Metamorfik ve magmatik kayalarda yaygın olarak bulunan bir mineral grubudur.
- Hornblend** : Derinlik kayaçlarının tipik bir mineralidir.
- Labrador** : Feldispat grubu içinde yer alan süs taşı olarak işlenen bir mineraldir.
- Litolojik** : Taş Bilimi.
- Metamorfik** : Kayaçların petrografik tanımlamaları.
- Mikroklin** : Alkali feldispat grubu içinde yer alan mineral.
- Piroklastik** : Volkanizma sırasında çıkan kül, kum, çakıl gibi taneli malzeme.
- Piroksen** : Zincir silikatlar grubunun bir üyesidir.
- Plajiyoklaz** : Sodyum ve kalsiyum içeren feldspatlardır.
- Sfen (Titanit)** :  $\text{CaTiO}(\text{SiO}_4)_4$  Büyük oluşumları titanyum cevheri olarak işletilir, süs taşı olarakta kullanılır.
- Spinel** :  $(\text{MgAl}_2\text{O}_4)$  Saydam ve düzgün kristalleri süstaşı olarak kullanılır.
- Turmalin** : Halka silikatları grubundan bir silikat mineralidir.
- Ultrabazik** : Kayacın kimyasal bileşimine ait  $\text{SiO}_2$  içeriği % 45'ten az olan kayaçlar için kullanılan bir terim.