

## Kil İçeriği Yüksek Aslantaş Baraj Gölü Çökelti Malzemesinin Seramik Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Nergis KILINÇ MİRDALI\*<sup>1</sup>, Mustafa DADAY<sup>2</sup>, Mine TAYKURT DADAY<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çukurova Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Bölümü, Adana

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü,  
Eskişehir

<sup>3</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme  
Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 15.01.2019

Kabul tarihi: 27.03.2019

### Öz

Aslantaş Baraj Gölü, Karatepe-Aslantaş Milli Parkı ve Açık Hava Müzesi'ne komşu olan kıyılara sahip bir baraj gölüdür. Bu bölgenin tarihi değeri düşünüldüğünde, çökelen hammaddenin tanınması ve seramiklerde kullanımının araştırılması önem arz etmektedir. Çökelti malzemesinin tane boyutu ve dağılımı, lazer parçacık boyutu ve dağılımı ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Hammaddenin kimyasal ve mineralojik analizi X-ışını floresans (XRF) ve X-ışını kırınımı (XRD) metodu ile yapılmıştır. Numunenin ısı davranışı termogravimetrik/diferansiyel taramalı analiz cihazı (TGA/DTA) ve optik dilatometre (ODHTM) ile tespit edilmiştir. Bünye numuneleri yarı-yaş yöntemle (plastik şekillendirme) hazırlanmış, astarlar renklendirilerek farklı kompozisyonlardaki seramik çamurlarından üretilen bünyeler üzerine uygulanmıştır. Numuneler 800, 900, 1000, 1100 ve 1200 °C'de fırınlanmış ve tüm bünyelerin boyutsal küçülme değerleri ölçülmüştür. Pişirimin ardından renk değerleri CIE-L\*a\*b\* yöntemiyle tespit edilmiştir. Alınan sonuçların ışığında, hammaddenin, seramik astar ve bünye olarak kullanılabileceği fakat içerisindeki kalsiyum karbonat miktarının yüksekliği nedeniyle ince bir katman olarak uygulanan astarlarda daha iyi sonuçlar elde edileceği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Karatepe, Seramik bünye, Astar, Karakterizasyon, Renk

### Investigation of Usage Possibility of High Sedimentary Clay Content in Raw Material from Aslantas Dam Lake for Ceramic Production

#### Abstract

Aslantaş Dam Lake is a dam with a shore adjacent to Karatepe-Aslantaş Open-Air and Closed Museum. Considering the historical value of this region, it is important to identify the raw material that has been precipitated and to investigate its use in ceramics. Particle size and distribution was defined with laser particle sizer of sedimentary clay material. The chemical and mineralogical composition of raw material

---

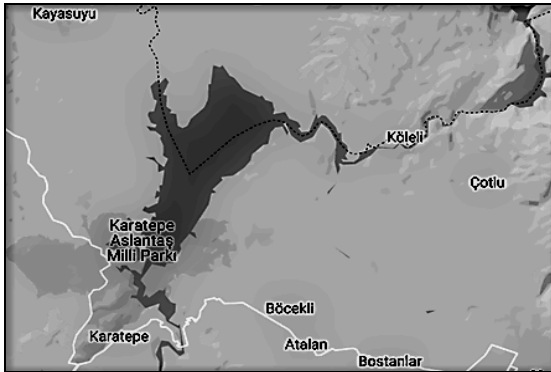
\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Nergis KILINÇ MİRDALI, [nergismirdali@gmail.com](mailto:nergismirdali@gmail.com)

was determined by X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (XRD) methods. Thermal behaviour of sample was studied by Thermogravimetric/Differential Scanning Analyzer (TGA-DTA) and Optical Dilatometer (ODHTM). The body samples were prepared by semi-dry (plastic shaping), the engobes were colored and applied on bodies made of ceramic muds in different compositions. The samples were fired at 800, 900, 1000, 1100 and 1200 °C and shrinkage values were measured for each bodies. The color properties obtained after firing was defined as CIE-L\*a\*b\* parameters. In the light of these results, it was determined that the raw material could be used as a ceramic body and an engobe, but because of the high amount of calcium carbonate, it was found that the engobe applied as a thin layer would have better results.

**Keywords:** Karatepe, Ceramic body, Engobe, Characterization, Color

## 1. GİRİŞ

Aslantaş Baraj Gölü, Karatepe-Aslantaş Milli parkı sınırları içerisinde ve Ceyhan Nehri üzerinde 37°16'19" Kuzey ve 36°16'21" Doğu enlemleri üzerinde yer almaktadır. Denizden yüksekliği 160 m, yüzeyi 49 km<sup>2</sup> ve en derin yeri 78 m'dir. Bölge Şekil 1'de haritada gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Aslantaş Baraj Gölü'nün haritada görünümü

Bu bölgenin tarihi Geç Hitit Dönemi'ne, yani MÖ 8. yy.'a kadar dayanmaktadır. Barındırdığı tarih 1946 yılından bu yana gün yüzüne çıkarılmakta ve eserler Türkiye'nin ilk açık hava müzesi olan Karatepe Aslantaş müzesinde sergilenmektedir [1]. Bazaltik kayalardan yapılmış olan eserlerin değerinin paha biçilmez oluşu, akıllara bölgeye ait taş ve toprağa dayalı sanat eserlerinin üretiminin gerekliliğini getirmektedir. Bu sebepten ötürü, Aslantaş Baraj Gölü'nün kıyısına çökelen kil içeriği yüksek hammaddeden hazırlanan bünye ve astarlar seramik özellikleri açısından incelenmiştir.

Bu bölgedeki kayaların ve bölgeden çıkartılan tarihi eserlerin bazaltik yapısı oluşan çökelti malzemelerin bazalt bozulmaları sonucu oluştuğu fikrini akla getirmiştir. Bazalt, içerisinde %45-52 silika içeren volkanik bir kayadır ve esas olarak içerisinde kalsitik plajiyoklas, klinoproksen ve olivin mineralleri bulunur. Bu baskın mineraller değişken hava şartları sayesinde kolaylıkla ayrışır [2]. Volkanik taşlar yüksek sıcaklıklarda oluşurlar ve suyun bulunduğu ortamlarda düşük sıcaklıklarda bile kararlı değildirler [3]. Bilindiği üzere kil mineralleri tabakalı yapısı ve buna bağlı olarak da plastiklik özelliği nedeniyle özgül hammaddeleri bir arada tutarak seramik ürünlerin şekillendirilmesine olanak veren temel seramik hammaddesidir. Ancak bütün kil mineralleri aynı içeriğe sahip değildir. Seramik ürünlerin yüzeyini kaplayan astarın yapımında doğal killerle çeşitli özelliklerde ve geniş renk yelpazesine sahip astarlar üretilebilir. Ayrıca astarların renklendirilmesinde pigment veya oksitler de kullanılabilir [4]. Kil mineralleri kaolinit, illit, smektit veya klorit karakterli olabileceği gibi, karışık yapıda da olabilmektedir [5]. Çalışma alanında kil dışında kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) içeren aragonit, kalsit ve dolomit mineralleri de yer almaktadır. Karbonat içermeyen killer oksijenli fırın atmosferinde pişirildiklerinde kırmızımsı kahverengiye ve indirgeyici atmosferde koyu griye dönüşürler [6-8]. Karbonatça zengin killer aynı pişirim koşullarında fırınladıklarında renkleri krem rengi veya kahverengimsi olur. Karbonatların seramiklerin pişirilmesi sırasındaki etkileri birçok araştırmacı tarafından araştırma konusu olmuştur [9-14]. Kalsit ve aragonit, aynı kimyasal formülde (CaCO<sub>3</sub>) olup, atomları farklı yapıda dizilir. Her iki mineral de kalsiyum karbonatın iki ayrı kristal

şeklidir ve teorik olarak %56 CaO ve %44 CO<sub>2</sub> içerir [15,16]. Özellikle kaba taneli kalsit (>1 mm) pişirim sırasında tamamıyla kalsiyum silikata dönüşmeyebilir. Hidratasyon ve karbürizasyon bünyenin hacimce genişmesine ve zararlı kireç patlaklarının oluşmasına neden olur [17]. Seramik astarlar deri sertliğindeki seramik ürün yüzeyine dekoratif ve teknik amaçla tek başına uygulanabileceği gibi, sır altına da uygulanabilir. Başka bir deyişle seramik astarlar uygulandıkları bünyenin rengini kapatabildikleri gibi, onlara geçirimsizlik ve opaklık kazandırarak yüzeydeki hataları gizlemek amaçlı da kullanılabilir [18-20]. Ancak seramik bünyelerde ağırlıkça %10'dan fazla kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) var ise hatalara yol açar.

Bu çalışmanın amacı, Aslantaş Baraj Gölü'nde çökelmiş kil içeriği yüksek olan hammaddenin, seramik üretimindeki teknolojik potansiyelini incelemektir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Hammadde, göl yatağının su kenarına yakın kısmından yaklaşık 5 cm kalınlıkta bir tabaka olarak yüzeyden kazınarak alınmıştır. Alçı tezgâh üzerinde suyu çektilirerek 5 gün oda koşullarında kurutulmuştur. El ile ayrılabilen organik atıklar (ağaç dalları ve yaprakları, otsu bitkiler vs.) ayıklanmıştır. Süspansiyonlar 1 gün bekletilip özsüz iri taneli kısmın dibe çökmesi sağlanmış ve 1 mm elek açıklığına sahip eleklerle kaba taneler ayrılmıştır.

### 2.1. Deney Tabletlerinin Hazırlanması

Bünyeleri yarı-yaş şekillendirebilmek için elenen süspansiyon, alçı plaka üzerine dökülerek fazla suyu çektilirilmiş. Plastik çamur yaklaşık %30 şekillendirme suyuna ulaştığında, 55 mm x 55 mm x 10 mm boyutlarında kesilerek yüzeylerine küçülme ölçümü yapabilmek için kumpas yardımı ile iz bırakılmıştır. Tabletler önce 2 gün oda koşullarında, ardından 110 °C'de etüvde 24 saat kurutulmuştur. Pişirimler elektrikli fırında, 800, 900, 1000, 1100 ve 1200 °C sıcaklıkta, 5 °C/dk ısıtma hızıyla ve 20 dk tepe sıcaklığında bekletilerek yapılmıştır.

### 2.2. Astarların Hazırlanması

Astarlar; yaklaşık 1500 g/lt litre ağırlığında olacak şekilde katkısız (H.M.) ve içerisine %10-15-20 kobalt klorür, nikel oksit ve bakır oksit ilave edilerek hazırlanmıştır. Ardından, hazırlanan süspansiyonlar kaolinitik karakterli ve demir oksit içeriği düşük beyaz döküm çamurundan (D.Ç.), illitik karakterli ve demir oksit içeriği yüksek kırmızı torna çamurundan (T.Ç.) ve şamotlu çamurdan (Ş.Ç.) üretilmiş, deri sertliğindeki bünyeler üzerine ince bir tabaka halinde fırça ile sürülerek uygulanmıştır. Astarlanmış numuneler, elektrikli fırında 900, 1000 ve 1100 °C sıcaklıkta, 5 °C/dk ısıtma hızıyla ve 20 dk tepe sıcaklığında bekleme verilerek pişirilmiştir.

### 2.3. Karakterizasyon

Hammaddenin tane boyutu ve dağılımı, Malvern marka MS 3000 model (Ölçüm aralığı: 0,01-3500 µm) lazer parçacık boyutu ve dağılımı ölçme cihazı ile ölçülmüştür.

Kimyasal analiz, toz numune üzerine Rigaku marka ZSX Primus II X-ışınları floresans spektrometresi (XRF) ile yarı kantitatif bir şekilde (Ölçüm aralığı: Bor'dan Uranyum'a kadar) ve mineralojik analiz, Rigaku marka Miniflex 600 model X-ışınları kırınımı (XRD) cihazı (Tarama hızı= 2 °C/dk, Tarama açısı (2θ)= 10-70, Enerji: 40 kV ve 30 mA, Cu=Kα) ile yapılmıştır.

Isıl analiz, Hitachi marka STA7300 model Termogravimetrik/Diferansiyel taramalı analiz cihazı (TGA/DTA) ile (Maksimum pişirim sıcaklığı: 1200 °C) ve Misura marka 3.32 ODHT-HSM 1600/80 model optik dilatometre ile (Maksimum pişirim sıcaklığı: 1200 °C) tespit edilmiştir.

% Nem miktarı Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Nem} = [(m_0 - m_1) / m_0] * 100 \quad (1)$$

Burada; Nem miktarı (%), m<sub>0</sub>: Yaş ağırlık (g) ve m<sub>1</sub>: Kuru ağırlık (g)'tir.

Pişirimler Protherm marka PLS 160 model elektrikli fırın ile gerçekleştirilmiştir. Sıcaklığa göre ateş kaybı değişimi değerleri Eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$A.K = [(m_1 - m_2) / m_1] * 100 \quad (2)$$

Burada; A.K: Ateş kaybı (%),  $m_1$ : Kuru ağırlık (g) ve  $m_2$ : Pişmiş ağırlık (g)'tir. Boyutsal değişimler Eşitlik 3 ve Eşitlik 4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$K.K = [(h_0 - h_1) / h_0] * 100 \quad (3)$$

$$T.K = [(h_0 - h_2) / h_0] * 100 \quad (4)$$

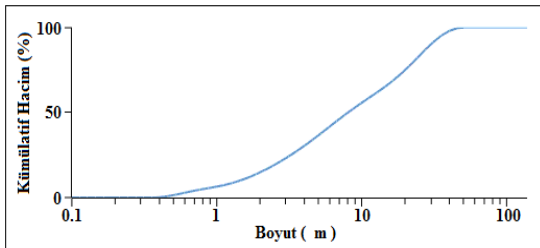
Burada; K.K: Kuru küçülme (%), T.K: Toplam küçülme (%),  $h_0$ : Yaş tablet üzerindeki iz boyutu (mm),  $h_1$ : Kuru tablet üzerindeki iz boyutu (mm) ve  $h_2$ : Pişmiş tablet üzerindeki iz boyutu (mm)'dur. Renk ölçümleri Konica Minolta marka 3600D model spektrofotometre ile CIE-L\*a\*b\* sisteminde tespit edilmiştir. Bu analizde L\* açıklık-koyuluk, a\* kırmızılık-yeşillik ve b\* sarılık-maviliktir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

#### 3.1. Hammadde Karakterizasyonu

##### 3.1.1. Tane Boyut Analizi

Bünyede ve astarda kullanılan hammaddenin tane boyut ve dağılımı Şekil 2'de verilmiştir. Yapılan analizde,  $d_{10} = 1,44 \mu m$ ,  $d_{50} = 8,04 \mu m$  ve  $d_{90} = 30,00 \mu m$  olduğu, en büyük tanelerin ise  $51,80 \mu m$  olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler, tanelerin düzgün dağıldığını ve hem bünye hem de astar üretimi için öğütme gerektirmeden kullanılabilirliğini göstermektedir.



Şekil 2. Hammaddenin tane boyut analizi

#### 3.1.2. X-Işını Floresans Spektrometresi Analizi (XRF)

Hammaddenin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de sunulmuştur. Hammaddenin ana bileşenlerinin  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  ve  $CaO$  olduğu görülmektedir. Silika, kristalin yapıda tetrahedraları oluşturması ve cam içerisinde cam yapıcı oksit olması nedeniyle miktarının %50 ve üzeri olması istenmektedir. Kristal yapıda görev aldığı ve oktahedraları oluşturduğu bilinen  $Al_2O_3$  değerinin %10'un üzerinde olması, hammaddeyi bünye ve astar için uygun kılmaktadır. Özellikle bünyenin yığımsal (bulk) yapısı nedeniyle olumsuz yönde etkilenebileceği en önemli bileşen,  $CaO$  olarak düşünülebilir.  $CaO$ , hammaddenin içerisinde  $CaCO_3$  formunda olduğunda ve miktarının %10'un üzerinde olması durumunda pişirimin ardından kireç patlağı denilen hataya yol açmaktadır. Hammaddenin içerisindeki  $Fe_2O_3$ , yükseltgen fırın atmosferinde ve sıcaklığın artmasıyla, özellikle bünyede rengin açıktan koyuya kahverenginin farklı tonlarına dönmesine neden olmaktadır.

Çizelge 1. Hammaddenin kimyasal analizi

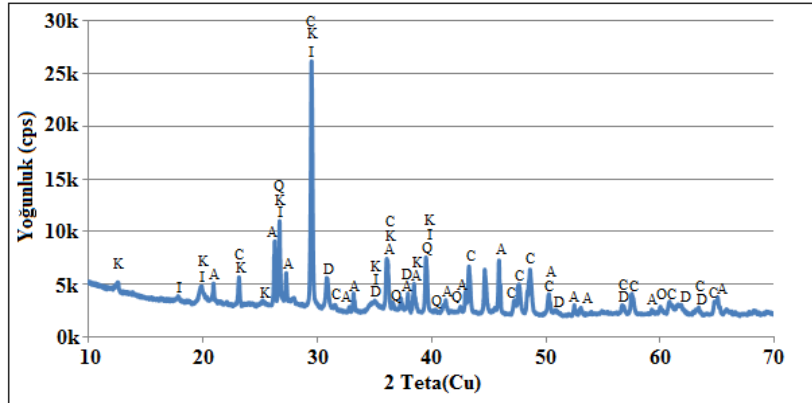
| Oksitler  | Miktar (%) |
|-----------|------------|
| $SiO_2$   | 37,24      |
| $Al_2O_3$ | 11,64      |
| $CaO$     | 40,18      |
| $MgO$     | 3,78       |
| $Na_2O$   | 0,36       |
| $K_2O$    | 1,31       |
| $Fe_2O_3$ | 4,11       |
| $TiO_2$   | 0,76       |
| Diğer     | 0,63       |

#### 3.1.3. X-Işını Kırınım Analizi (XRD)

Pişirim öncesi hammaddenin içerisindeki mineraller, pişirim sonrasındaki tüm kimyasal ve fiziksel özellikler için önem arz etmektedirler. Şekil 3'de hammaddenin X-ışını kırınım deseni gösterilmiştir. Hammadde içerisinde kil minerali olarak kaolinit ve illit bulunmaktadır. Kil mineralleri, şekillendirme aşamasında plastikliği ve mukavemeti sağlar ve sıcaklık arttıkça bozunarak yüksek sıcaklık fazlarını oluştururlar.

Aragonit ve kalsit, kalsiyumun karbonat kaynağı, dolomit ise kalsiyum ve magnezyumun kaynağı olarak bulunmaktadır. Toprak alkali grubuna ait elementleri içeren bu mineraller pişirim sıcaklığını

düşürmede fayda sağlamaktadırlar. Kuru mukavemeti artırıcı ve pişirim sırasında camsı fazı oluşturacak olan SiO<sub>2</sub>, kuvars minerali olarak tespit edilmiştir.



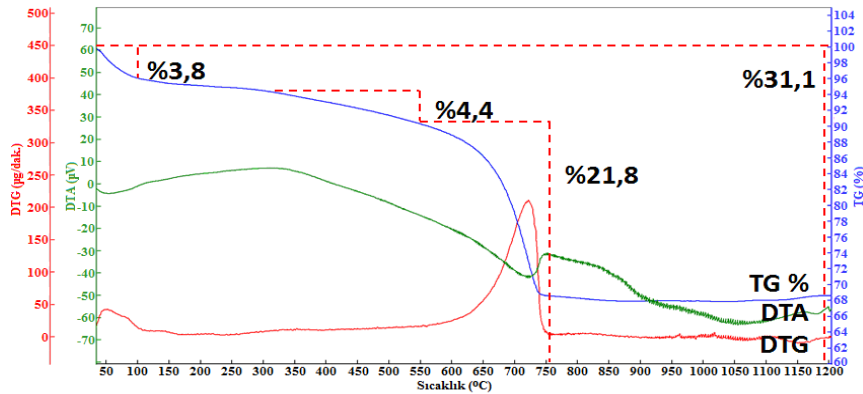
Şekil 3. Hammaddenin X-ışını kırınımı (K: Kaolinit, I: İllit, A: Aragonit, C: Kalsit, D: Dolomit ve Q: Kuvars)

### 3.1.4. Isıl Analiz

#### 3.1.4.1. Termogravimetrik/Diferansiyel Taramalı Analiz (TG/DTA)

Isıl davranışın tespit edilmesinde kullanılan TG/DTA analizine ait sonuç Şekil 4’de verilmiştir. Oda sıcaklığından 100 °C’ye kadar olan %3,8

kütle azalımı fiziksel suyun uzaklaşması, 325-550 °C arası %4,4 kütle azalımı kil bozunumu, 550-760 °C arası %21,8 kütle azalımı karbonat bozunumu olarak ve oda sıcaklığından 1200 °C sıcaklığa kadar toplamda kaybedilen kütle %31,1 olarak tespit edilmiştir. 1150 °C’nin üzerinde camsı fazın oluşmaya başladığı görülmektedir.

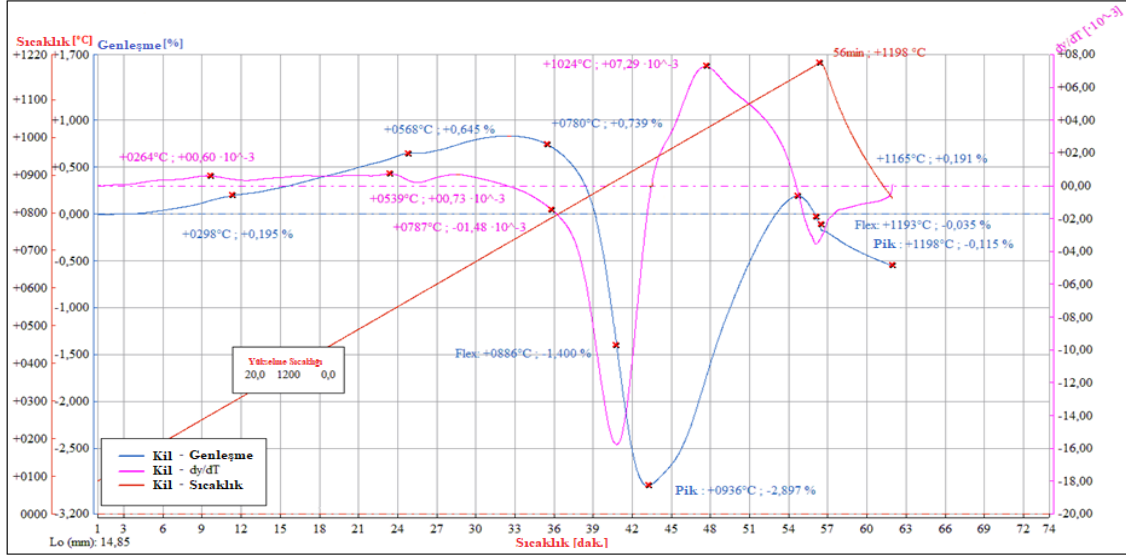


Şekil 4. Hammaddenin TG/DTA analizi

#### 3.1.4.2. Optik Dilatometre (ODHT-HSM)

Seramik pişirim sıcaklığını belirleyebilmek için yapılan dilatometrik analiz sonucu, Şekil 5’de sunulmuştur. Yapılan analiz, hammaddenin

sinterlenmesinin en hızlı olduğu sıcaklığın ~1190 °C olduğu ve pişirim sıcaklığının bu sıcaklık çevresinde olabileceği konusunda fikir vermektedir.

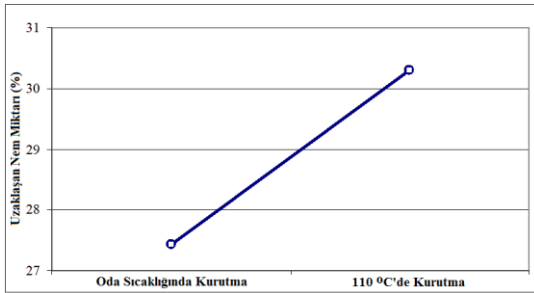


Şekil 5. Hammaddenin optik dilatometre analizi

### 3.2. Fiziksel Özellikler

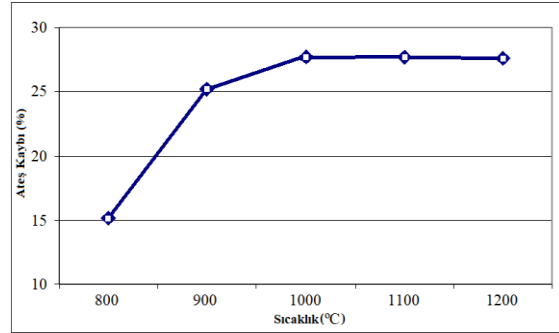
#### 3.2.1. Genel Fiziksel Özellikler

Bünyelerin kuruma davranışları Şekil 6'da gösterilmektedir. Oda sıcaklığında kurutulan numunelerden uzaklaşan nem miktarı %27,43, 110 °C'de etüvde kurutulan numunelerden uzaklaşan ise %30,31 olarak bulunmuştur. Aradaki fark %2,78'dir ve bu fark oda sıcaklığında şekillendirme suyunun tamamının bünyeden uzaklaşmadığını göstermektedir. Bu nedenle özellikle pişirimin ilk aşamasında numunelerin zarar görme riskleri vardır. Pişirim öncesi kalıntı rutubetin bünyeden tamamen uzaklaştırılması için etüvde kurutma yapılması gerekmektedir.



Şekil 6. Bünyelerin kurutma davranışları

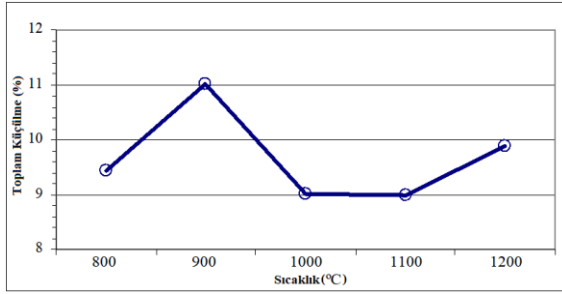
Şekil 7'de bünyelerin sıcaklığa karşı kütle kaybı eğrisi verilmektedir. En düşük sıcaklıkta %15,14 olarak tespit edilen ateş kaybı, sıcaklık arttıkça artmış, 1000 °C'ye gelindiğinde tüm bozunma reaksiyonları tamamlanmış ve 1200 °C'ye kadar %27,65 seviyesinde sabitlenmiştir.



Şekil 7. Bünyelerin ateş kayıpları

Seramik bünyelerde, normal koşullarda, sıcaklık arttıkça lineer küçülmenin de artması beklenmektedir. Şekil 8'de gösterilmiş olan pişirim sonrası toplam küçülme eğrisine bakıldığında, 800 °C'de %9,44 olan küçülme değeri, 900 °C'de %11,02'ye yükselerek beklenen davranışı sergilemiştir. Fakat 1000 ve 1100 °C'de küçülme değerleri %9,00'a düşmüştür. Bu durum 900-1200 °C aralığında bünyenin içerisinde kristal

oluşumu olabileceğini akla getirmektedir [21]. Sıcaklığa bağlı faz gelişimi bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Son pişirim sıcaklığında (1200 °C) toplam küçülme değeri %9,88'dir.



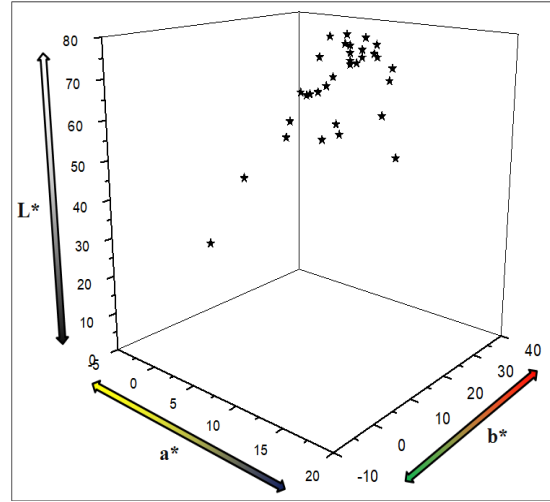
Şekil 8. Bünyelerin pişirim sonrası toplam küçülmeleri

### 3.2.2. Renk Özellikleri

Bünye ve astarların renklerini karşılaştırabilmek için, Karatepe-Aslantaş Açık Hava Müzesi tarihi eserlerinin fotoğraflarından renk değerleri alınmış ve veriler CIE-L\*a\*b\* renk sisteminde değerlendirilmiştir. Şekil 9'da tarihi eserlerin fotoğraflarındaki noktalar ve Şekil 10'da bu verilerin sayısal değerleri yıldız (\*) işaretiyle gösterilmektedir.

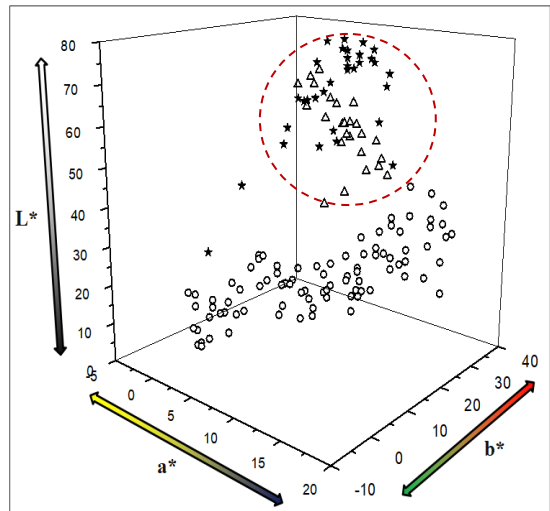


Şekil 9. Tarihi eserlerin fotoğraflarında [1] renk değeri belirlenen noktalar










Şekil 10. Tarihi eserler (\*) üzerinden alınan renklerin L\* a\* b\* sisteminde gösterimi
































Hem bünyelerin hem de astarların tüm denemeleri için renkleri Çizelge 2'de ve yapılan renk analizi Şekil 11'de verilmektedir. Analizden anlaşılmaktadır ki, tarihi eserlerin renk değerlerine en yakın olan renkler, bünyelerin farklı sıcaklıklardaki pişiriminden elde edilen renklerdir. Şekil 11'de bu verilerin sayısal değerleri; tarihi eserler yıldız (\*), bünyeler üçgen (Δ) ve astarlar çember (○) işaretleriyle gösterilmektedir.



Şekil 11. Tarihi eserler (\*), bünyeler (Δ) ve astarlardan (○) alınan renklerin L\* a\* b\* sisteminde gösterimi

**Çizelge 2.** Tüm denemeler için renkler

| Sıcaklık (°C) | Bünye | Katkı         | Katkı Oranı (%) | Renk  |
|---------------|-------|---------------|-----------------|---|
| 800           | H.M.  | -             | -               |    |
| 900           | H.M.  | -             | -               |    |
| 900           | D.Ç.  | -             | -               |    |
| 900           | S.Ç.  | -             | -               |    |
| 900           | T.Ç.  | -             | -               |    |
| 900           | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |    |
| 900           | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |    |
| 900           | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |    |
| 900           | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |    |
| 900           | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |    |
| 900           | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |    |
| 900           | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |   |
| 900           | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |  |
| 900           | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |  |
| 900           | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |  |
| 900           | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |  |
| 900           | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |  |
| 900           | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |  |
| 900           | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |  |
| 900           | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |  |
| 900           | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |  |
| 900           | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |  |
| 900           | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |  |
| 900           | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |  |
| 900           | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |  |
| 900           | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |  |
| 900           | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |  |
| 900           | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |  |
| 900           | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |  |
| 900           | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |  |
| 900           | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |  |
| 900           | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |  |

| Sıcaklık (°C) | Bünye | Katkı         | Katkı Oranı (%) | Renk  |
|---------------|-------|---------------|-----------------|---|
| 1000          | H.M.  | -             | -               |    |
| 1000          | D.Ç.  | -             | -               |    |
| 1000          | S.Ç.  | -             | -               |    |
| 1000          | T.Ç.  | -             | -               |    |
| 1000          | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |    |
| 1000          | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |    |
| 1000          | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |    |
| 1000          | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |    |
| 1000          | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |    |
| 1000          | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |    |
| 1000          | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |    |
| 1000          | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |   |
| 1000          | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |  |
| 1000          | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |  |
| 1000          | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |  |
| 1000          | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |  |
| 1000          | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |  |
| 1000          | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |  |
| 1000          | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |  |
| 1000          | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |  |
| 1000          | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |  |
| 1000          | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |  |
| 1000          | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |  |
| 1000          | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |  |
| 1000          | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |  |
| 1000          | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |  |
| 1000          | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |  |
| 1000          | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |  |
| 1000          | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |  |
| 1000          | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |  |
| 1000          | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |  |



Çizelge 2 (Devamı)

| Sıcaklık (°C) | Bünye | Katkı         | Katkı Oranı (%) | Renk |
|---------------|-------|---------------|-----------------|------|
| 1100          | H.M.  | -             | -               |      |
| 1100          | D.Ç.  | -             | -               |      |
| 1100          | S.Ç.  | -             | -               |      |
| 1100          | T.Ç.  | -             | -               |      |
| 1100          | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 10              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 15              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Kobalt Klorür | 20              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 10              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 15              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Nikel Oksit   | 20              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 10              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 15              |      |
| 1100          | D.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |      |
| 1100          | S.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |      |
| 1100          | T.Ç.  | Bakır Oksit   | 20              |      |
| 1200          | H.M.  | -             | -               |      |

H.M.: Hammaddenin kendisi, D.Ç.: Döküm çamuru, S.Ç.: Seramik çamuru, T.Ç.: Torna çamuru

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye'nin ilk açık hava müzesinde sergilenen bazaltik kayalardan yapılmış eserlerin özelliklerine benzer özelliklere sahip seramik bünye ve astarlar geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda;

- ✓ Aslantaş Baraj Gölü kıyısına çökelen kil içeriği yüksek hammaddenin tane boyutunun çok küçük olması nedeniyle öğütmeye gerek kalmadan seramik bünye ve astar olarak kullanılabilmesi görülmüştür.
- ✓ Yapılan analizler sonucunda XRF ile yüksek CaO (~%40) varlığı tespit edilmiş, XRD analizinde aragonit ve kalsit formunda olduğu görülmüştür. 550-760 °C aralığında ~%22 karbonat bozunumunun olması, üretilen seramik bünyelerde kireç patlağının oluşma riskini işaret etmektedir.
- ✓ Bünyeler ve astarlar çatlaksız kurutulabilmiştir. Özellikle bünyelerin kurutulması sırasında sıcaklık uygulanması, kalıntı nemin bünyeden uzaklaştırılması, pişirimin ilk aşamasındaki çatlak oluşumunun önlenmesi için önemlidir.
- ✓ Pişirim sonrasında bünyelerde küçülme nedeniyle çatlak oluşmamıştır. Astarlarda bünyeden ayrılma (kavlama) gözlenmemiştir.
- ✓ Katkısız ve %10, %15, %20 renklendirici oksit katkılı astarlar, farklı seramik çamur bünyeleri üzerinde hiçbir probleme yol açmadan 900 °C, 1000 °C ve 1100 °C sıcaklıklarda, geniş renk yelpazesine sahip, gerek estetik gerekse de teknik açıdan olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Astarların renklendirici katkı oranlarını değiştirerek tarihi eserlerin renklerine yaklaşılabileceği düşünülmektedir.
- ✓ Tarihi eserlere en yakın renkler, 800-1200 °C sıcaklık aralığında pişirilen bünyelerde elde edilmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

1. Karatepe-Aslantaş Açık Hava Müzesi, <http://www.osmaniye.gov.tr/karatepe-muzesi>, Alıntı Tarihi: 10.12.2018.
2. Badawy, I., 2004. Environmental Deterioration and Conservation of Monumental Basalt, Egypt, Ass. Univ. Bull. Environ. Res. 7(1), 153-171.
3. Grissom, C., 1990. The Deterioration and Treatment of Volcanic Stone a Review of the Literature Lavas and Volcans, Proceedings of the International Meeting, Easter Island Chile, 3-33.
4. Yılmaz, S., Gökbel F.M., Çakır, A., 2016. Inorganic and Organic Additives on Ceramic Bodies and Impacts on Surface, Editör: Efe Recep, Cürebal İsa, Nyussupova, Atasoy Emin, St. Kliment Ohridski University Press, ISBN: 978-954-07-4141.
5. Kilic A., Kilic Ö., Arıtan A. 2006. Duvertepe Kaolin Deposits in Balıkesir (North-West Turkey) and Ceramic Properties, Asian Journal of Chemistry, 18, 1352-1360.
6. Maritan, L., Nodari, L., Mazzoli, C., Milano, A., Russo, U., 2006. Influence of Firing Conditions on Ceramic Products: Experimental Study on Clay Rich in Organic Matter, Applied Clay Science, 31(1-2), 1-15.
7. Nodari, L., Marcuz, E., Maritan L., Mazzoli, C., Russo, U., 2007. Hematite Nucleation and Growth in the Firing of Carbonate-Rich Clay for Pottery Production, Journal of the European Ceramic Society, 27(16), 4665-4673.
8. Bayer Öztürk, Z., 2017. Effect of Addition of Avanos's (Nevşehir) Clays on the Physical and Microstructure Properties of Ceramic Tile, Journal of the Australian Ceramic Society, 53(1), 101-107.
9. Molera, J., Pradell, T., Vedrell-Saz M., 1998. The Colours of Ca-Rich Ceramic Paste: Origin and Characterization, Applied Clay Science, 13(3), 187-202.
10. Gonzalez-Garcia, F., Romero-Acosta, V., Garcia-Ramos, G., Gonzalez-Rodriguez, M., 1990. Firing Transformations of Mixtures of Clays Containing Illite, Kaolinite and Calcium Carbonate Used by Ornamental Tile Industries, Applied Clay Science, 5(4), 361-375.
11. Jord'an, M.M., Boix, A., Sanfeliu, T., de la Fuente, C., 1999. Firing Transformations of Cretaceous Clays Used in the Manufacturing of Ceramic Tiles, Applied Clay Science, 14(4), 225-234.
12. Carretero, M.I., Dondi, M., Fabbri, B., Raimondo, M., 2002. The Influence of Shaping and Firing Technology on Ceramic Properties of Calcareous and Non-calcareous Illitic-Chloritic Clays, Applied Clay Science, 20(6), 301-306.
13. Bauluz, B., Mayayo, M.J., Fernandez-Nieto, C., Cultrone, G., Gonzalez Lopez, J.M., 2003. Assessment of Technological Properties of Calcareous and Noncalcareous Clays Used for the Brick-making Industry of Zaragoza (Spain), Applied Clay Science, 24(1-2), 121-126.
14. Kurama, S., Özel, E., 2009. The Influence of Different CaO Source in the Production of Anorthite Ceramics, Ceramics International, 35, 827-830.
15. Kilic, O., Anil, M., 2006. Effects of Limestone Characteristic Properties and Calcination Temperature on Lime Quality, Asian Journal of Chemistry, 18(1), 655-666.
16. Kilic O., 2013. Impact of Physical Properties and Chemical Composition of Limestone on Decomposition Activation Energy, Asian Journal of Chemistry, 25, 8116-8120.
17. Daday, M., 2015. Ekstrüzyon ile Hızlı Pişirim Terracotta Dış Cephe Kaplaması Üretiminde Süreç Parametrelerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Seramik Mühendisliği Anabilim Dalı.
18. Dal Bo, M., Bernardin, A.M., Hotza, D., 2014. Formulation of Ceramic Engobes with Recycled Glass Using Mixture Design, Journal of Cleaner Production, 69, 243-249.
19. Santos, G.R., Melchiades, F.G., Boschi, A.O., 2007. Development a Methodology for Monitoring the Evolution of Ripening Engobes During Burn, Cerâmica Ind., 12(5), 22-27.
20. Eren Gültekin, E., 2018. Use of Avanos (Nevşehir) Clay for Engobe Production, Journal of the Australian Ceramic Society, 54, 701-709.
21. Example of Analysis Which is Necessary for Ceramics Products Design, [https://www.hitachi-hightech.com/file/global/pdf/products/science/appli/ana/thermal/application\\_TA\\_087\\_e.pdf](https://www.hitachi-hightech.com/file/global/pdf/products/science/appli/ana/thermal/application_TA_087_e.pdf), Alıntı Tarihi: 11.02.2019.