ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anavarza Antik Kentindeki Roma Dönemi Yapılarında Kullanılan Kayaç, Harç, Tuğla ve Kurşun Kenetlerin Arkeometrik Yöntemler ile İncelenmesi

Erkan AYNA

Arkeometri Anabilim Dali

Mart, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anavarza Antik Kentindeki Roma Dönemi Yapılarında Kullanılan Kayaç, Harç, Tuğla ve Kurşun Kenetlerin Arkeometrik Yöntemler ile İncelenmesi

---

Erkan AYNA

Arkeometri Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 16/03/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Doç.Dr Mustafa AKYILDIZ (Danışman) ……

: Doç. Dr. Tamer RIZAOĞLU ……

: Dr. Öğr. Üyesi Fatih GÜLŞEN ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoteknoloji Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Bilimsel Araştırma Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2021-14339

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VII
ŞEKİLLER DİZİNİ VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
2.1. Arkeoloji Çalışmaları 5
2.2. Arkeometri Çalışmaları 7
3. MATERYAL VE METOD 9
3.1. Materyal 9
3.1.1. Anavarza Antik Kenti 9
3.1.2. Anavarza Antik Kenti'nin Mimari Yapı Kalıntıları 11
3.2. Metod 17
3.2.1. Petrografik Mikromorfolojik İnce/Parlak Kesit Mikroskopi Analizi 18
3.2.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) 18
3.2.3. Kızdırma Kaybı Analizi 19
3.2.4. Agrega/Bağlayıcı Granülometrik (Elek)Analizi 19
3.2.5. Su Emme Kapasitesi Analizi 20
3.2.6. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi Analizi 20
3.2.7. TGA-DTA Analizi 20
3.2.8. Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Saçılımlı X-Işınları Spektroskopisi (SEM-EDX) 21
3.2.9. XRD (X-Işını Difraksiyonu) Analizi 21
3.2.10. Kurşun İzotop Çalışmaları 21
3.2.11. Renk Ölçümü 22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 23
4.1. Bölge Jeolojisi 23
4.1.1. Karataş Formasyonu (Tka) 24
4.2. Anavarza Antik Kentinte Kullanılan Kayaçlar 25
4.2.1. Petrografik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 26
4.3. Anavarza Antik Kentinde Kullanılan Harçlar 37
4.3.1. Harç Çeşitleri 37

4.3.2. Harçlarda Bağlayıcı Madde İle Kullanılan Agrega 38
4.3.3. Petrografik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 40
4.3.4. XRD Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 40
4.3.5. FT-IR Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 42
4.3.6. Granülometrik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 43
4.3.7. SEM-EDS Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 45
4.3.8. Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 49
4.4. Anavarza Antik Kentinde Kullanılan Tuğlalar ve Seramikler 51
4.4.1. Petrografik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 54
4.4.2. XRD Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 59
4.4.3. SEM Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 61
4.4.4. TGA-DTA Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 72
4.4.5. Yoğunluk ve Su Emme Kapasitesi Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 76
4.5. Anavarza Antik Kenti Yapılarında Kullanılan Metal Bağlantılar 77
4.5.1. SEM Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 81
4.5.2. Pb İzotop Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi 83
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 87
KAYNAKLAR 91
ÖZGEÇMİŞ 95

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anavarza Antik Kentindeki Roma Dönemi Yapılarında Kullanılan Kayaç, Harç, Tuğla ve Kurşun Kenetlerin Arkeometrik Yöntemler ile İncelenmesi

Erkan AYNA

Danışman: Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ

Arkeometri Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada, Anavarza Antik kentinde bulunan kayaçların türleri, harç ve tuğlalar ile taş blokları bağlamada kullanılan kurşun kenetlerin özellikleri araştırılmıştır. Yapılarda kullanılan kayaçlar kireçtaşıdır. Antik kentte bulunan sütunlarda ise farklı kayaçlar kullanılmıştır. Bu kayaçlar mermer, breşik kireçtaşı ile granit kayaçlarından oluşmaktadır. Kullanılan kireçtaşları, mermerler ve breşleşmiş kireçtaşı sütunları bölge jeolojisi ile uyumluluk gösterirken, granitik sütünlar bölgeye dışarıdan getirilmiştir. Harçların içerisindeki agrega ve bağlayıcı türlerini saptamak için Petrografik, XRD, FTIR, SEM- EDS, Granülometrik analizleri yapılmış ve harçtaki CaO bağlayıcı miktarı saptanmıştır. Agrega olarak; kalsit (kireçtaşı), kuvars ve tuğla kırıkları kullanılmıştır. Farklı boyutlarda ve düzensiz şekilli taneler bir araya gelmiştir. XRD yöntemi ile kalsit, kuvars, korund, alüminyum oksit ve kireç saptanmıştır. FTIR yöntemi ile de Kuvars, kalsit, illit, jips, mineralleri ile karbonat (kireç) saptanmıştır. Kireç taneler arasındaki bağlayıcı malzemeyi oluşturmaktadır. %5 lik HCl asit deneyi ile CaCO3 oranı %24 ile 27 arasında bulunmuştur. Tuğlalar, polarizan mikroskop, XRD, SEM–EDS ile TGA-DTA yöntemleri ile analiz edilmiştir. Tuğla örneklerin bir kısmının düşük sıcaklıkta fırınlandığı görülürken, bazı örneklerde matriksin daha sıkı ve yoğun olduğu görülmüştür. Diyopsit, Akermanit ve Gehlenit gibi yüksek sıcaklık minerallerine rastlanması pişme sıcaklığının yüksek olduğunu göstermekte ve bu nedenle de daha iyi vitrifiye olduğu gözlenmektedir. Bütün tuğla örneklerinde magnetit mineraline rastlanmıştır. Magnetitin varlığı, tuğla örneklerinin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde pişiriminin yapıldığını gösterirken, bazı örneklerde hem hematit, hem de magnetit minerali bir arada bulunmuştur. Bu örneklerin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde fırınlandığı, soğuma aşamasında da oksijene daha fazla maruz kaldığı düşünülmektedir. Pb izotop sonuçları, Aladağ Delikakaya, Horzum (Feke), Kayseri (Yahyalı) bölgeleri ile benzerlik göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Antik, Analiz, Mineral, Granülometri, Petrografi

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

Investigation of Rock, Mortar, Brick and Lead Clampus Used In Roman Period Structures In The Ancient City of Anavarza by Archaeometric Methods

Erkan AYNA

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYILDIZ

Department of Archaeometry

ABSTRACT

In this study, the types of rocks found in the ancient city of Anavarza, as well as the properties of bricks, mortar, and the lead clamps used to combine stone blocks, were investigated. The rocks used in the constructions are limestone. The columns in the ancient city were constructed from different types of rock. These rocks composed of marble, brecciated limestone and granite rocks. While the limestones, marbles and brecciated limestone columns used are compatible with the geology of the region, granitic columns were brought to the region from outside. Petrographic, XRD, FTIR, SEM_EDS Granulometric analyzes were performed to determine the aggregate and binder types in the mortar and the amount of CaO binder in the mortar was determined. As aggregate grain; It consists of calcite (limestone), quartz and brick fragments. Grains of different sizes and irregular shapes have come together. By using the XRD method, the minerals calcite, quartz, corundum, aluminum oxide, and lime were identified. The FTIR technique was used to identify the minerals carbonate (lime), quartz, calcite, illite, and gypsum. Between the grains, lime creates a binding substance. The CaCO3 ratio was discovered to be between 24% and 27% by using 5% HCl acid test. Bricks were analyzed by optical microscope, XRD, SEM–EDS and TGA-DTA methods. It was observed that while the matrix was more compact and dense in some samples, some brick samples were heated at low temperatures. It is observed that high temperature minerals such as Diopsite, Akermanite and Gehlenite are better vitrified due to the high baking temperature. Magnetite mineral was found in all brick samples. While the presence of magnetite indicates that the brick samples were baked in a closed atmosphere in a reduction atmosphere, in some samples both hematite and magnetite were found together. It is thought that these samples were baked in a reduced atmosphere in a closed environment, and were more exposed to oxygen during the cooling phase. Pb isotope results are similar for Aladağ Delikkaya, Horzum (Feke), Kayseri (Yahyalı) regions.

Keywords: Ancient, Analysis, Mineral, Granulometry, Petrography

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Kilikya Bölgesi'nin ve Anadolu'nun en önemli Roma kentlerinden birisi olan Anavarza Antik Kenti, Anadolu'nun güneyinde Çukurova'nın verimli topraklarında kurulmuştur. Anavarza Adana ili, Kozan ilçesi, Dilekkaya köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Adana şehir merkezine 70 km. uzaklıkta bulunmakta ve Doğu Akdeniz kara yolunun merkezinde bulunmaktaydı. Günümüzde de önemli yollarla ve geçitler ile bağlantılı olan kent Misis yolu ile Adana ve Yumurtalık'a kuzeyden gelen yollada Komana ve Kayseriye, Feke ve Saimbeyli yolları ile Kapadokyaya bağlanır. Anavarza Kenti'nin yerleşim yeri yaklaşık 4000 dönümlük arazi üzerine kurulmuştur. Kent surlar ile çevrili vaziyette Aşağı Şehir ve kayalıklar üzerine kurulmuş Yukarı Şehir olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

Bu çalışmada Aşağı Şehir'de bulunan kentsel yapı öğeleri saptanmış ve inşasında kullanılan malzemeler belirlenmiştir. Anavarza Antik Kenti'ndeki en önemli yapıları ve yapı kalıntılarından, (Zafer Takı, Sutunlu Yol, Kuzey Hamamı ve yanındaki Palestra yapısı ile Amfitiyatro) orijinal malzemeyi bozmadan döküntü ve kırıklarından temsili olarak alınan Kayaç, Harç, Tuğla, Seramik ve Metal malzeme örnekleri üzerinde çeşitli Arkeometrik yöntemler ile incelemelerde bulunularak, minerolojik ve kimyasal karekterizasyonu belirlenerek sınıflandırılmıştır. Çalışılan malzemeleri kategorilere ayırarak (Kayaçlar, Harçlar, Tuğla ve seramikler, Metaller) bu örnekler üzerinde; İnce Kesit, SEM, EDX, XRD, FT-IR, TG-DTA, Raman Spektrofotometresi, Granülometri ve Yaş Analizileri yapılmıştır. Bu verilerin ışığında burada kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri ve olası hammadde kaynakları hakkında veriler ortaya konmuştur.

Kayaçlar üzerinde yapılan petrografik analiz sonuçlarına göre minerolojik içeriği bölgenin jeolojik oluşumlarıyla karşılaştırıldığında Anavarza Yapılarında kullanılan kayaçların yerel veya bölgesel karakterli kireçtaşları olduğunu söyleyebiliriz. Antik kentte bulunan sütunlarda ise farklı kayaçlar kullanılmıştır. Bu kayaçlar mermer, breşik kireçtaşı ile granit kayaçlarından oluşmaktadır. Kullanılan kireçtaşları, mermerler ve breşleşmiş kireçtaşı sütunları bölge jeolojisi ile uyumluluk gösterirken, granitik sütünlar bölgeye dışarıdan getirilmiştir.

Harç örneklerinin içerisindeki agrega ve bağlayıcı türlerini saptamak için Petrografik, XRD, FTIR, SEM_EDS analiz yöntemleri ile Granülometrik analiz ve Atomik absorbsiyon yöntemi ile yapılmış Kimyasal Analiz sonuçlarına göre CaO oksit ile SiO_2 değerleri öne çıkmaktadır. CaO değerleri 27.354 ile ile 48,85 arasında, SiO_2 değerleri 2,28 ile 53,39 arasında değişmektedir. Fe_2O_3 0,31 ile 4,39 arasında bulunmaktadır. Kalsit mineralinin CaO dönüşmesi ile CaO miktarı arttığında Kızdırma kaybı miktarı artmaktadır harçtaki CaO bağlayıcı miktarı saptanmıştır. Petrografik inceleme sonuçlarına göre agrega bileşeni; kalsit (kireçtaşı), kuvars ve tuğla kırıklarından oluşmaktadır. Farklı boyutlarda ve düzensiz şekilli taneler bir araya gelmiştir.

SEM-EDS Analizleri ile bağlayıcıların mikro yapısal özellikleri belirlenmiştir. SEM-EDS görüntülerine göre agregalar ile kireç arasında zayıf bir yapışma görülmektedir. Analiz edilen temsili örneklerde puzolanların sıklığı, şekil ve boyutu oldukça benzer bulunmuştur. EDX sonuçlarıda bağlaycıcı olarak kireç kullanıldığını destekler niteliktedir.

XRD yöntemi ile yapılan analizlerde kalsit, kuvars, korund, Alüminyum oksit ve kireç saptanmıştır.

FTIR yöntemi ile de Kuvars, kalsit, illit, jips, mineralleri ile karbonat (kireç) mineralleri saptanmıştır. Harç içerisinde ince taneli kum (kuvars) boyutunda ve kil (illit) boyutunda malzemelerde bulunmaktadır. Bu sonuçlar petrografik incelemelerle uyuşmaktadır. Kireç taneler arasındaki bağlayıcı malzemeyi oluşturmaktadır.

Harcı oluşturan malzemenin boyut dağılımını (%) görmek için elek analizi yapılmıştır, Bu analiz sonuçlarına göre %0,5 ile 1,9 arasında kil-silt boyutu, % 69,384-97,193 arasında kum boyutu, % 0,791 ile 28,816 arasında ise çakıl boyutu malzemeden oluştuğu belirlenmiştir. %5 lik HCl asit deneyi ile $CaCO_3$ oranı %24 ile 27 arasında bulunmaktadır.

Tuğlalar ve seramikler üzerinde yapılan, polarizan mikroskop, XRD, SEM–EDS ile TGA-DTA, Su Emme kapasitesi yöntemleri ile analiz edilerek, renk ölçümleri yapılmıştır. Petrografik analiz sonuçlarına göre Örneklerin bir çoğunda Kuvars, kalsit, Biyotit ve Fe oksitler yaygın olarak bulunurken bazı örneklerde dolomit ve klorit mineralleri de saptanmıştır. Kuvars ve kalsitler genelde iri kristaller şeklinde gözlenirken biyotitler küçük kristaller halinde bulunmaktadır. Seramik örneklerde Kuvars, Kalsit, Muskovit, Byiotit ve Fe oksit'e rastlanmıştır. Genel olarak tuğlalara ait matrikslerin petrografik analizleri ve XRD analizleri incelendiğinde, örneklerin benzer üretim teknolojisi (kullanılan hammadde ve pişirim tekniği) ile üretildiği görülmektedir. SEM analiz sonuçları ile örneğin ve içerisinde yer alan elementlerin mikro yapısal ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. TGA-DTA analiz sonuçlarına göre Tuğla örneklerinin bir kısmının düşük sıcaklıkta fırınlandığı görülürken bazı örneklerde matriksin daha sıkı ve yoğun olduğu görülmüştür. Diyopsit, Akermanit ve Gehlenit gibi yüksek sıcaklık minerallerine rastlanması pişme sıcaklığının yüksek olduğunu göstermekte ve bu yüzden de daha iyi vitrifiye olduğu gözlenmektedir. Bütün tuğla örneklerinde magnetit mineraline rastlanmıştır. Magnetitin varlığı, tuğla örneklerinin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde pişiriminin yapıldığını gösterirken, bazı örneklerde hem hematit, hem de magnetit minerali bir arada bulunmuştur. Bu örneklerin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde fırınlandığı, soğuma aşamasında da oksijene daha fazla maruz kaldığı düşünülmektedir. Su emme oranları da yoğunluğa parelel olarak TGA analiz sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Anavarza Antik Kentin'de bağlayıcı malzeme olarak kullanılan kurşun üzerinde, Parlak Kesit, SEM-EDS ve Pb İzotop analizleri yapılmıştır. kurşun örneğine yapılan Parlak kesit incelemelerine göre eritilen kurşun içerisinde birincil galen kristallerine rastlanılmıştır. Bu durumda eritme işleminin homojen yapılmadığı söylenebilmektedir.

EDS analizinden elde edilen sonuçlara göre %74,97 Pb , %12,44 O, %12,59 C, elementi saptanmıştır. Eritme sonucunda yaklaşık PbO ($PbS \xrightarrow{550C} PbO$) dönüşmüş olduğu ve eritme için kullanılan Karbonun materyale karıştığı düşülmektedir. Analizi yapılan bölgedeki bir noktadan yapılan analizde ise %86,3 Pb , %13,7 C, elementi saptanmıştır.

Pb izotop sonuçlarına göre Anavarza da kullanılan kurşunun Kayseri-Niğde bölgesi içerisinde yer aldığı saptanmıştır. Anavarza antik kentine yakın bölgelerdeki Pb-Zn yataklarından yapılan Pb izotop analizlerini karşılaştırdığımızda Aladağ Delikaya, Horzum (Feke), Kayseri (Yahyalı) bölgelerinin arasında yeralamaktadır (Şekil.4.). Bu sunuçlara göre kurşunun, bölgeye yakın Aladağ ve Horzum civarlarından temin edildiği düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında yapılan analitik analiz teknikleri ile Anavarza Antik Kenti'nin yapı elemanlarının ayrıntılı olarak ele alınması ve ulaşılan sonuçlar ile Arkeometrik verilerin birlikte değerlendirilmesi, yapının bundan sonra yapılacak olan koruma ve onarım çalışmaları bağlamında malzeme seçimi, malzemelerin teminine yönelik ve uygun yöntemin seçiminde bir altlık oluşturulması amaçlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum Yüksek Lisans çalışmamda yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ'a öncelikle teşekkürlerimi sunarım.

Anavarza Kazı Başkanı Sayın Dr. Öğr.Üyesi M. Fatih GÜLŞEN hocama malzeme temini sırasındaki ilgisinden dolayı teşekkür ederim.

Tuğla Örneklerinin İncelenmesi sırasında birikimlerini bizle paylaşan Doç.Dr Nergis Kılıç MİRDALI'ya, Jüride yer alarak yapıcı eleştirisi ile katkıda bulunan Doç.Dr Tamer Rızaoğlu'na teşekkür ederim.

Tezin gerçekleşmesinde maddi destek sağlayan ÇÜ Bilimsel Araştırma Proje birimine teşekkür ederim.

Tez araştırmalarım sürecinde alınan örneklerin, laboratuvar ortamında analizlerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümündeki değerli hocalarıma , Arş.Gör.Dr. Burcu KARATAŞ'a, Arş.Gör.Dr. Emre PINARCI'ya Arş.Gör. Süleyman KARAHAN'a, Arş.Gör. Emrah ŞİMŞEK'e, Jeokimya Laboratuvarında birlikte çalıştığımız Ertuğrul ÇANAKÇI ve İnce Kesit Atolyesinden Ayhan ZENGİNOĞLU ağabeylerime de desteklerinden dolayı ayrıca teşekkürü bir borç bilirim.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. Kayaçlara ait Petrografik inceleme sonuçları. 27
Çizelge 4.2. XRD yöntemi ile saptanan mineraller 41
Çizelge 4.3. Harç örneklerine ait FTIR analiz spekturumlarına göre tanımlanan mineraller 42
Çizelge 4.4. Harcı oluşturan malzemenin boyut dağılımı (%) 44
Çizelge 4.5. Harç içerisindeki bağlayıcı miktarı 45
Çizelge 4.6. Harç örneklerine ait birincil element analiz sonuçları (%) 50
Çizelge 4.7. Tuğla ve Seramikler Üzerindeki Renk ölçümleri 53
Çizelge 4.8. Tuğla Örneklerinin Petrografik Özellikleri 54
Çizelge 4.9. Seramik Örneklerinin Petrografik Özellikleri 54
Çizelge 4.10. XRD yöntemi ile saptanan mineraller. 60
Çizelge 4.11. TGA-DGA analiz sonuçlarına göre ağırlık kayıpları 75
Çizelge 4.12. Tuğla ve seramik örneklerine ait yoğunluk ve su emme değerleri 77
Çizelge 4.13. Pb 206/204, 208/204, 207/206, 204/206 Sonuçları 83
Çizelge 5.1. Bölgedeki kil kaynakları 90

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Anavarza antik kenti yer bulduru haritası 2
Şekil 3.1. Anavarza Antik Kenti Yapı Kalıntıları 12
Şekil 3.2. Anavarza Zafer Takı /Ala Kapı-Anıtsal güney kapıdır 13
Şekil 3.3. Antik kentteki merkez aks'nın devamında Kuzey-Güney yönünde uzanan Sütunlu Cadde 14
Şekil 3.4. Roma dönemi'nden kalma Kuzey Hamamı yapısı 15
Şekil 3.5. Kentin merkezi bir konumunda bulunan Kilise görünümü 16
Şekil 3.6. Amfi Tiyatro 17
Şekil 3.7. CIELAB (The International Commission on Illumination L, a, b) renk skalası 22
Şekil 4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası. 23
Şekil 4.2. Çalışma alanı çevresindeki birimlerin stratigrafik ilişkisini gösteren ölçeksiz stratigrafik sütun kesit 25
Şekil 4.3. Anavarza Antik Kenti Yapı Kalıntıları 26
Şekil 4.4. Anavarza Antik Kenti Yapı Kalıntıları. 26
Şekil 4.5. Güney Nef 'ten görüntü 28
Şekil 4.6. Lepidoblastik doku gösteren muskovit şist ((muskovit (Ms), biyotit (Bt) muskovit (Ms), Biyotit (Bt). A; ÇN, B; TN 28
Şekil 4.7. Yeni Kilisede bulunan blok ve sütunlardan görüntü 29
Şekil 4.8. Yeni kilise de bulunan granit sütun. 29
Şekil 4.9. Kuvars (Qtz), K Feldispat (K-Feld), biyotit (Bt) mineralleri saptanmıştır. A-ÇN/B-TN 30
Şekil 4.10. Mermer sütun bloğu 30
Şekil 4.11. Granoblastik doku gösteren iri Kalsit (Cal) kristallerinden oluşan mermer. A ÇN, B; TN 30
Şekil 4.12. Anıtsal Çeşme civarından alını çevreleyen veya alan içerisinde bulunan kayaç blok örneği. 31
Şekil 4.13. A-mikritik kireçtaşı. B- Bol fosilli kavkı parçalı intraklastik, biyo mikritik Kireçtaşı 31
Şekil 4.14. Çatlaklarında İri Kalsit (Cal) kristallerinden mikritik kireçtaşı 32
Şekil 4.15. Granüler doku gösteren granit kesiti Kuvars (Qtz), Plajiyoklas (Pl), K Feldispat (K-Feld) ve biyotitler (Bt) oluşmaktadır (A :ÇN). 32
Şekil 4.16. Granüler doku gösteren granit kesiti Kuvars (Qtz), Plajiyoklas (Pl), K Feldispat (K-Feld) ve biyotitler (Bt) oluşmaktadır (B: TN). 32
Şekil 4.17. Kalsit mineralinden oluşan mikritik kireçtaşıdır.A: ÇN / B:TN 32
Şekil 4.18. Sütunlu yol üzerinde bulunan Kalkareanit. 33

Şekil 4.19. Sütunlu yol üzerinde bulunan Kalkareanit Kalsit(Cal). 33
Şekil 4.20. Amfi tiyatrodan genel görünüm. 34
Şekil 4.21. Mikritik kireçtaşı A:ÇN / B:TN 35
Şekil 4.22. Amfi tiyatro kenar kısmındaki duvar görüntüsü. 35
Şekil 4.23. Zafer Takından bir görünüm. 36
Şekil 4.24. Zafer takı kenarında bulunun duvarda bulunan kayaç bloklar. 36
Şekil 4.25. 42 nolu ve 43 nolu örneğe ait kesitlerde A mermer ve B: mikritik kireçtaşı saptanmıştır. 36
Şekil 4.26. Hamam yapısındaki tuğlalar duvar arasından bulunan harçlar. 39
Şekil 4.27. a-Amfi tiyatro yapısındaki harçlar – b- Hamam yapısını yanındaki duvardan alınan harçlar. 39
Şekil 4.28. a- Harç içerisindeki kuvars (Qtz), tuğla parçası (Tp), b-kalsit (Cal), c- tuğla parçası (TP), kalsit (Cal), d-Kumtaşı parçası, kalsit (Cal), e- Silttaşı f- kuvars, Silttaşı parçası, kalsit 40
Şekil 4.29. Örneklere ait XRD analiz sonuçları 41
Şekil 4.30. 2-3-18 nolu harç örneklerine ait FI-TIR grafikleri 43
Şekil 4.31. Tane boyu dağılım grafiği 44
Şekil 4.32. Harç Örneklerinin SEM Görüntüleri 46
Şekil 4.33. Harç ÖrneklerininSEM EDS Görüntüleri 46
Şekil 4.34. Harç Örneklerinin SEM EDS Görüntüleri 47
Şekil 4.35. H 7 Nolu Örneğin EDS Görüntüsü 47
Şekil 4.36 A: H 8 Nolu Örnek Üzerindeki SEM Görüntüleri. B: H 8 nolu örnekte yer yer iri boşluklar içerisinde boşluklar farklı boyutlardaki bileşenler. 48
Şekil 4.37. H 8 Nolu Örneğin EDS Görüntüleri 49
Şekil 4.38. Kızdırma Kaybı analiz sonuçları 50
Şekil 4.39. Şehrin Kuzeyinde yer alan Kuzeybatı Hamamı. 51
Şekil 4.40. Kuzeybatı Hamamı ve Tuğlaları 52
Şekil 4.41. Şehrin kuzeyinde yer alan küçük hamam ve havuz kısmında tuğlalardan görünüm 52
Şekil 4.42. Tuğla ve Seramikler Üzerinde Renk Ölçümü 53
Şekil 4.43. T4.1’ Nolu örneğe ait binoküler mikroskop görüntüsü Kuvars(Qtz), Feoksit(FeO) mineralleri 55
Şekil 4.44. Boşluklar içerisinde gelişen ikincil Kalsit(Cal), Kuvars(Qtz) minerali 55
Şekil 4.45. Örnek içerisinde bulunan kumtaşı kayaç parçası ile kalsit(Cal), Kuvars(Qtz) mineralleri. 56
Şekil 4.46. T4.2 Nolu Örnek Kuvars(Qtz), Kalsit(Cal), Feoksit(FeO), Biyotit(Bt) ve Plajiyoklas(PI) mineralleri bulunmaktadır. 56

Şekil 4.47. T4.2 Nolu Örnekte Kuvars (Qtz), kalsit(Cal), Feoksit(FeO) mineralleri bulunmaktadır. 57
Şekil 4.48. T4.2 Nolu Örneğin Petrografi görüntüleri kuvars (Qtz), kalsit (Cal) bazı bölgelerde ince taneli hamur bulunuyor. Karıştırma veya pişme sıcaklıklarının homojen olmadığını göstermektedir. 57
Şekil 4.49. Kuvars (Q), kalsit (Ca), Fe Oksit (FeO) ile dolomit (Dol) ve kireçtaşı parçaları (Kp) gözlenmektedir. 58
Şekil 4.50. Örneklerine kuvars kristalleri, Kalsit kristalleri (Cal), kuvars (Qtz), Fe oksit (FeO ile kumtaşı parçaları gözlenmektedir. 58
Şekil 4.51. Petrografi görüntüleri Kuvars (Qtz), (Kireçtaşı parçası(Kp), ...59
Şekil 4.52. Kireçtaşı parçası (Kp), Metamorfik kayaç parçası (Mkp), Fe-oksit (FeO), Zeolit (Zeo) ile kumtaşı parçaları muskovit(Mk) mineralleri parçaları 59
Şekil 4.53. T1 Nolu örnek içerisindeki farklı boyutlardaki tanelerden oluşan yapı. 62
Şekil 4.54. SEM EDS Görüntüleri 62
Şekil 4.55. T4.1 Nolu örneğin Pişmeye bağlı olarak vitrifiye görüntüsü. 63
Şekil 4.56. Yüksek oranda silisyum ve kalsiyum elementleri, düşük oranda ise alüminyum, potasyum, demir ve magnezyum element değerleri saptanmıştır. 63
Şekil 4.57. A- EDS analiz sonuçlarına göre saptanan kuvars minerali. Hafif erime ve yuvarlaklaşma gösteren Kuvars minerali. B- T4.2 Nolu örneğin SEM görüntüleri 64
Şekil 4.58. EDS analizi ile taranılan alanın kimyasal yapısı ve Çubusu yapılar illite kismen bozulan illit yapısı. 64
Şekil 4.59. Kalsiyumlu feldispat (anortit) minerali EDS analizi 65
Şekil 4.60. A- T4.3 Nolu örneğin SEM EDS Görüntüleri. B- T4.3 Nolu örneğin Minerallerin tam olarak erimediğini düşük sıcaklıkta bulunduğunu göstermektedir. 66
Şekil 4.61. EDS analizi Kalsiyumca zengin alandan alınmıştır. 67
Şekil 4.62. SEM EDS Görüntüleri 67
Şekil 4 63. 15A Nolu örneğin Kısmi ergimenin olduğu alanlar ile gaz çıkışlarından kaynaklı boşluklar 68
Şekil 4.64. 15A Nolu örneğin Kısmi ergime olduğu kısımlar ile erimenin tam olmadığı mineral görüntüsü 68
Şekil 4.65. 15A Nolu örneğin EDS analizlerinde taranan alanda bulunan kalsiyumlu ve İllit 69
Şekil 4.66. 15B Nolu örneğin Gaz çıkışlarından kaynaklı boşluklar ile soğuma veya yapım sırasında oluşan kırık. 69
Şekil 4 67. 15B Nolu örnek Kısmi vitrifikasyon ve erimemiş mineraller. 70
Şekil 4.68. 15B Nolu örneğin EDS analizlerinde taranan alanın kimyasal bileşeni İllit karakterlidir. 70
Şekil 4.69. 15B Nolu örnekte EDS analizlerinde saptanan kalsiyumlu ve İllit 71

Şekil 4.70. T 15C Nolu örnekteki Kil ve kuvarsça zengin matrislerde kuvars taneleri üzerinde oluşan çatlaklar 71
Şekil 4.71. 15C Nolu örnek Bu sıcaklıkta İllit, Kalsit ve SiO2'nin reaksiyona girmesi ile Anortit oluşumu gözlenir. 72
Şekil 4.72. 15A Örneğine ait fırınlanma sıcaklığı 73
Şekil 4.73. 15C Nolu örneğinin TGA/DTA analiz sonucu 74
Şekil 4.74. T1 Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu 75
Şekil 4.75. 15B Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu 76
Şekil 4.76. T4.3 Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu 76
Şekil 4.77. 32C Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu 76
Şekil 4.78. Taşta oluşturulmuş oyukların içerisine taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla yerleştirilen demir ve üzerine dökülen Kurşun kaplama 78
Şekil 4.79. Taşta oluşturulmuş oyukların içerisine taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla yerleştirilen demir 78
Şekil 4.80. Taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla yerleştirilen demir ve üzerine dökülen Kurşun kaplama 79
Şekil 4.81. Türkiye Pb-Zn Yatakları haritası 80
Şekil 4.82. M23 Nolu örnekte Açık gri renkli galen (Ga) ile Pb oksitler 80
Şekil 4.83. M23 Nolu örnek Oksitli Pb mineralleri 81
Şekil 4.84. M23 örneğinin SEM görüntüleri 81
Şekil 4.85. M23 Nolu Pb örneğin EDS görüntüsü 82
Şekil 4.86. M23 Nolu Pb örneğin A bölgeden yapılan analiz B noktasal EDS analiz sonuçları 82
Şekil 4.87. M23 Nolu Pb örneğin EDS görüntüsü 83
Şekil 4.88. ^{204}Pb-^{206}Pb ile $^{207}Pb/^{206}Pb$ oranına göre Anavarzada kullanılan kurşun kaynak bölgesi 84
Şekil 4.89. ^{208}Pb-^{206}Pb ile $^{207}Pb/^{206}Pb$ diyagramında Anavarza da kullanılan kurşun yaklaşık kökensel yeri 84
Şekil 4.90. Yakın Bölgelerdeki Pb yataklarına ait Pb izotop değerlerinin karşılaştırılması 85

SİMGELER VE KISALTMALAR

% : Yüzde

℃ : Santigrat derece

DTA : Diferansiyel Termal Analiz

EDX : Enerji Saçılımlı X-Işınları Spektroskopisi

FTIR : Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi Analizi

ÇN : Çift Nikol

H : Harç

K : Kayaç

m : Metre

M.Ö. : Milattan Önce

M.S. : Milattan Sonra

MTA : Maden Tetkik Arama

S : Seramik

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

T : Tuğla

TGA : Termogravimetrik Analiz

TN : Çift Nikol

XRD : Tek Nikol

yy. : Yüzyıl

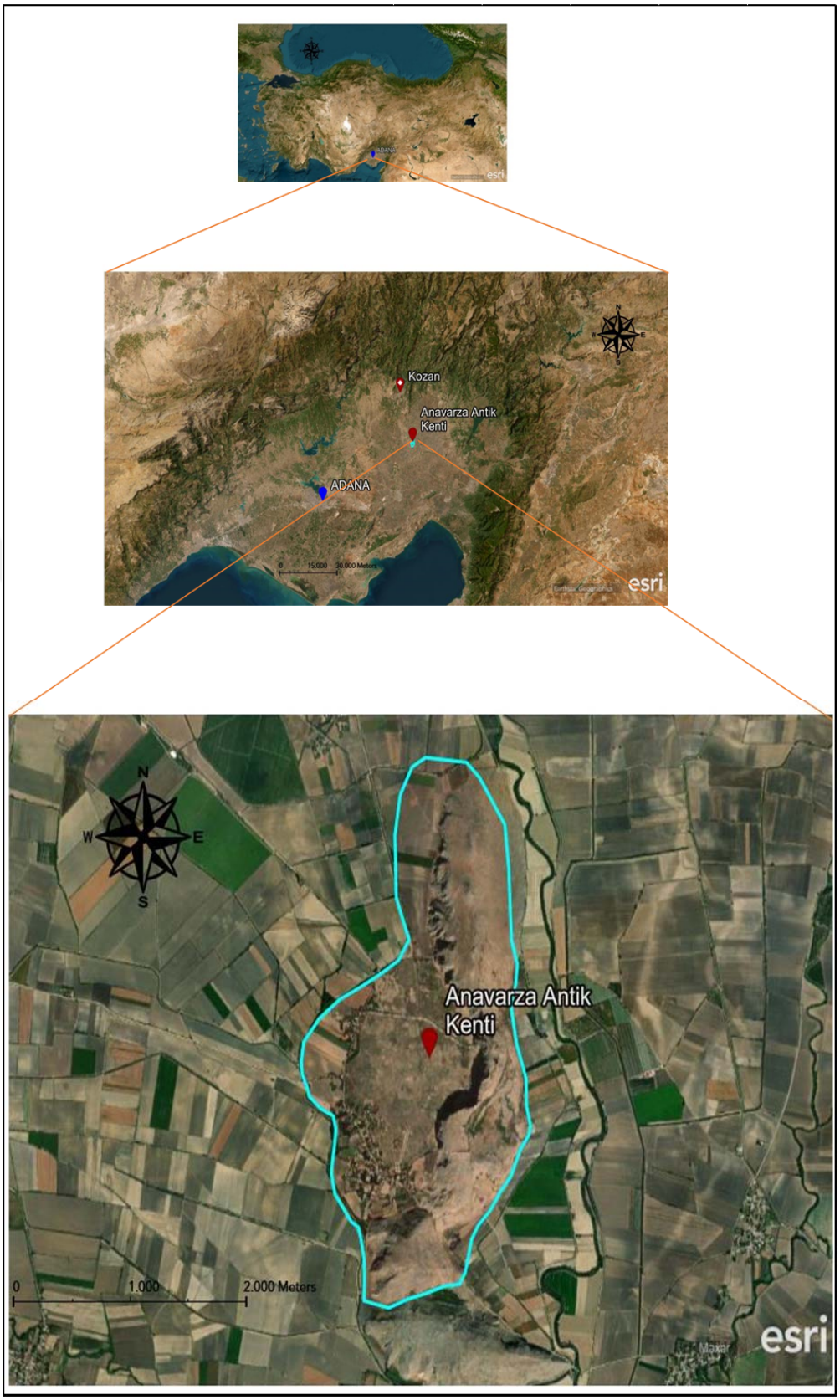
1. GİRİŞ

Bu çalışma, geçmişten günümüze kadar Anadolu sınırları içerisinde yer alan Ovalık Kilikya bölgesinde kurulmuş 14 antik kentten birisini teşkil eden, Roma Dönemi'nin en önemli kentlerinden biri olan Anavarza Antik Kenti'ni kapsamaktadır.

Anavarza, Antik dönemde Kilikya Bölgesi olarak isimlendirilen Dağlık (Trakheia) Kilikya ve Ovalık (Pedias) Kilikya olmak üzere iki bölgeden oluşan yerin, Ovalık Kilikya bölgesinde yer almaktadır. Anavarza Antik Kenti Adana ili, Kozan ilçesi, Dilekkaya köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Adana şehir merkezine 70 km. Kozan'a ise 35 km. uzaklıkta bulunmaktadır. Sumbas çayı ile Ceyhan nehrinin birleştiği yerinde 8 km. kuzeyindedir (Şekil 1.1).

Anavarza Antik çağlarda Ovalık Çukurova'nın ve Doğu Akdeniz karayolunun merkezinde bulunmaktaydı. Günümüzde de önemli yollar ve geçitlerle bağlantılı olan kent, Misis yoluyla Adana ve Yumurtalık'a kuzeyden gelen yolla Komana ve Kayseri'ye, Feke ve Saimbeyli yolları ile Kapadokya'ya baglanır.

Anavarza kentinin yerleşim yeri şehrin merkezi yaklaşık 4000 dönümlük arazinin üzerine, 33 rakımlı düzlüğe kurulmuştur. Kent surlarla çevrili vaziyette aşağı şehir ve kayalıkların üzerine kurulmuş yukarı şehir olmak üzere iki kısma ayrılır. Antik yolların kavşağı konumunda kurulmuş aşağı kentin güney doğusunda, yukarı kentin ise güney uç kısmında, bölgenin yerli halkının ''Ali Kesiği'' olarak adlandırdığı Dogu-Batı istikametinde doğal bir şekilde oluşmuş yarık, kalker kaya blogunu ikiye bölmekte ve doğu istikametine giden antik yol buradan sağlanmaktadır (Buyruk, 2016).



Şekil 1.1. Anavarza antik kenti yer bulduru haritası

Anavarza, MS 5.yy.'larda Kilikya (Pedias)'nın başkenti konumunda bulunmuş ve Roma İmparatorluğu Döneminin Doğu Akdeniz'deki en dikkat çekici askeri merkezlerinden birisi olarak tarih sahnesinde yer almıştır.

Kilikya Bölgesi'nin ve Anadolu'nun en önemli Roma kentlerinden birisi olan Anavarza Antik Kenti, 15 Nisan 2014 tarihinde Unesco Dünya Mirası Geçici Listesine girmiştir.

İnsanlar geçmişten günümüze kadar barınma ihtiyaçlarını karşılamak veya kamusal nitelikteki inşa ettikleri yapılarda malzeme olarak Taş, Kerpiç, Tuğla, çeşitli ahşaplar ve bağlayıcı malzeme olarak Metali kullanmışlardır.

Anadolu coğrafyasının çok çeşitli bir görünümü olmasına karşın, yapılarda kullanılan taşların çeşitleri oldukça sınırlı kalmıştır. Anadolu'nun birçok yerinde özellikle kireçtaşları görülür. Bu kireçtaşlarının yontulmasıylaoluşturulan taşlar, oldukça fazla miktarda kullanılarak bunların daha çok Kaya Anıtı olarak işlendiği görülmüştür. Taş ocaklarının üst tabakalarında yontulmuş olarak görülen yumuşak yapıdaki hava etkilerine karşı mukavemetsiz karekterde olan kayaç türleri yalnızca Roma Dönemi yapılarının temelinde görülmüştür. Daha eski yerleşim tabakalarında ise daha sert yapıda olan kireç taşı kullanılmıştır. Bundan dolayı bu eski tabakalarda mermer yoktur. Çünkü mermer Roma yapılarında temelin üstündeki kısımlarda kullanılmıştır. Buna ilaveten taşların sınırlı olduğu yerlerde pişmiş tuğla kullanılırken, taşların bol olduğu bölgelerde ise pişmiş tuğlanın az rağbet görmesi durumu ortaya çıkmıştır (Nauman, 2019).

Aynı durum Helenistik dönemin sonundan itibaren, yapıdaki kullanılan taş malzemelerin az olduğu Güney Dogu ve Orta Anadolu'daki yapılarda tuğlanın kullanımı artmış ama buna karşılık tuğlanın asıl kullanım yeri olan duvar ve kemer gibi kısımlarının yapımında yaygın kullanımı Romalılar Döneminde daha da artmıştır. Örneğin hamamlar ve sivil mimari yapılar tuğlanın kullanıldığı yapılardır. Tuğla üretimi; hammaddeyi hazırlama, şekillendirme, kurutma, pişirme ve ambalajlama-sevk olarak beş aşamada gerçekleşmektedir (Işık, 2010).

Tuğla ve taş malzemeler kullanılarak inşa edilen yapılarda malzemeyi birbirine bağlamak, derzlemesini yapmak ve yüzeylerinin korunmasının sağlamak için bağlayıcılara uygun katkı maddeleri veya ince agregalar ilave edilerek harç karışımı oluşturulmuştur. İlk kullanılan harç kerpiçtir. Harçlar tarihte ilk olarak Orta Doğu'da kullanılmıştır. Antik Mısır'da kerpiç ile beraber anıtsal yapıların inşasında taşlarla aralarına alçı bağlayıcı harçlar kullanıldığıbilinmektedir. Antik dönemde iyi yontulmuş taş blokların arasına konulan alçılı harç, iri boyutlardaki taş blokların birbirine bağlamaktan ziyade, bu blokların doğru düzgün vaziyette yerlerine oturmasını sağlamak için kullanılmıştır. Harçlar işlevlerine göre; Sıvalar, Kaplama harçları, Dekoratif amaçlı kullanılan harçlar, Kargir yapı harçları ve Özel harçlar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Harçlar içerisinde bulunan bağlayıcı malzemenin türüne ve doğal yapısına göre ise; Alçı bağlayıcı harçlar, Kireç harçları, Kireç ve puzolanlı harçlar, Killi bağlayıcılı harçlar, Organik bağlayıcılı harçlar ve Birden çok bağlayıcısı olan harçlar olarak ayrımı yapılmaktadır (Pekmezci, 2012).

Harçlar, inorganik bağlayıcılar içerisine çoğunlukla ince boyuttaki agregaların su ve bazende organik inorganik maddelerin belli bir miktarda katılmasıyla oluşturulurlar. Bağlayıcı malzemeler her zaman maliyeti yüksek malzemelerden meydana gelmiştir. Harç karışımı yapılırken kum, taş kırığı, tuğla kırıgı ve tozu ve kül benzeri malzemeler katılarak belli oranda seyreltilme işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılmıştır. Harçları oluşturacak agregaların seçilmesi inşası yapılacak olan yapıların yakınında bulunan doğal kaynaklarla olan konumuyla yakın ilişkilidir. Bu bağlamda bazı durumlarda eski kireç harçlarıda öğütülmek kaydı ile tekrar kullanımının yapılması olasıdır. Harçta en sık kullanılan bağlayıcı, yakın bir dere veya kum ocağı kaynağından temin edilecek olan malzeme olan kum dur. Bunlardan başka bağlayıcı olarak toprak, taş, taş kırıkları ve tozu, kül ve puzolan benzeri maddeler kullanılmıştır (Pekmezci, 2012).

Tarihi yapılarda bir diğer kullanılan yardımcı eleman metal olmuştur. Anadolu'da kurulmuş en önemli uygarlıklardan biri olan Hititler'in MÖ 2000'lerde çeşitli aletlerini demirden yaptıkları bilinmektedir. Bunun yanı sıra Hititler yapılarda harç kullanmadan kesme taş duvarları demir kenetlerle bağlamışlardır. Ancak demirin Antik çağda inşaat sektörüne dahil olmasının başlangıcı Yunan ve Roma döneminde demir cinsi malzemeleri ankraj ve taşları bir birine bağlayıcı eleman olarak kullanımı yaygınlaşması ile olmuştur (Çakmak, 2021).

Romalılar sütunları ve başlıklarını bir birine bağlamak için kenet ve demiri kullanmışlardır. İki ucu kıvrık olan kenet demirleri taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla taşta oluşturulmuş oyukların içerisine girdirilmiş kıvrımlı uçların üzeri kurşun dökülerek kaplanmıştır (Kurugöl-Küçük, 2015).

Bu çalışma ile günümüze kadar gelebilmiş Anavarza Antik Kenti'nin kentsel yapı öğeleri saptanmış ve inşasında kullanılan malzemeleri belirlenmiştir. Anavarza Antik Kenti'ndeki en önemli yapılar ve yapı kalıntılarından, (Zafer Takı, Sutunlu Yol, Kuzey Hamamı ve yanındaki Palestra yapısı ile Amfitiyatro) orijinal malzemeyi bozmadan döküntü ve kırıklarından temsili olarak alınan kayaç, harç, tuğla, seramik ve metal malzeme örnekleri üzerinde çeşitli Arkeometrik yöntemler ile incelemelerde bulunularak, minerolojik ve kimyasal karekterizasyonu belirlenerek sınıflandırılmıştır. Çalışılan malzemeleri kategorilere ayırarak bu örnekeler üzerinde; İnce Kesit, SEM, EDX, XRD, FT-IR, TG-DTA, Raman Spektrofotometresi, Granülometri ve Yaş Analizileri yapılmıştır. Bu verilerin ışığında burada kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri ve, olası hammadde kaynakları hakkında veriler ortaya konmuştur.

Bu çalışma kapsamında yapılan analitik analiz teknikleri ve spot tesler ile Anavarza Antik Kenti'nin yapı elemenlarının ayrıntılı olarak ele alınması ve ulaşılan sonuçlar ile arkeometrik verilerin birlikte değerlendirilmesi, bundan sonra yapılacak olan koruma ve onarım çalışmalarında malzeme seçimi ve teminine yönelik bir altlık oluşturulması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Arkeoloji Çalışmaları

Özcan (2001), Anavarza antik kenti hakkında 19. yy'a kadar arkeolojik tarihsel gelişimi dışında bölgenin teknolojisi hakkında yeterince bilgi bulunmuyordu. Bu tarihe kadar henüz Avrupalı araştırmacılar tarafından da kentle ilgili yapılmış çalışmalara rastlanmamıştır.

Texier (2002), Elimizde bulunan mevcut kaynaklara göre Anavarza kentini ilk ziyaret eden araştırmacı Charles Texier olmuştur. Bu araştırmacı kentte sadece bir gün kalmasına rağmen buradaki zafer takı ve kaleyi ayrıntılı bir şekilde tarif etmiştir.

Langlois (1856), kendisinin bir Ermeni aratırmacısı olduğunun ve 1852 yılında Anavarza'da on gün kaldığını belirtir. V. Langlois "Voyage dans a Clicia" isimli seyahatnamesinde kent ile ilgili bilgiler verir.

Ainswort (1888), Charles Texier'den sonra kenti William Barker ve Fırat araştırma grubu ziyaret etmiştir. Barker, bazı ön bilgilerden yola çıkarak Anavarza'nın tarihini belirlemeye çalışmıştır.

Davis (1879), 1875'te Türkiye'nin güneyini tamamen gezmiş ve Anavarza Kentinde bulunan zafer takının ölçümünü yaparak ilk defa şehrin surlarının 1 km. kadar uzağında bulunan kayalığın yüzünde kazılı halde bulunan "FURIES " cenaze rölyefine ulaşmıştır.

Gough (1952), 1882'de Sir Charles Wilson ve Binbaşı Bennet Anavarza kentinden yahut bu bölgeden gelmiş birer adet kitabeyi yayınlamışlardır. Bent (1890), Anavarza Kenti'nin tarihsel gelişim süreçlerini tanımlamıştır.

Herdbey (1896), 1891 ve 1892'de kendisinin ve Adolf Wilhelm'in Kilikya Bölgesine yapmış oldukları ziyaretlerinde Anavarza'ya da uğramışlardır. Bu ziyaretin sonucunda amfi tiyatronun kalıntılarını da ortaya çıkartararak birkaç kitabenin daha tespitinde bulunmuşlardır.

Schaffer (1901), 1900 yıllarında Anavarzaya gelerek ören yerinin genel bir şekilde tanımlamasını yayınlamıştır.

Bell (1906), 1905 yılında kendisinin Anavarza gelerek burası hakkında geçmişte yapılmış çalışmaları ve gezi notlarını elden geçirerek burada bulunan bazı kilise ve mezarların ilk planlarını oluşturmuştur.

Keil ve Willhelm (1931), 1910'larda kendilerinin iki Anazarbus'lu ''Demirgi'' imparator Domitiana'nın adına ithaf ederek tesbit edip çüzümlemesini birlikte yapmışlardır.

King (1937), 1936 yılında Doğu Kilikya'yı tümüyle dolaşarak incelemelerde bulunmuştur. King'in kaleme aldığı yazıları ağırlıklı olarak Ermeni Tarihini kapsar. Bundan dolayı verdiği bilgiler Anavarza'nın geç dönemiyle ilgili bilgilerdir.

Alkım (1950), 1948 yılında Karatepe kazılarını yaptığı sıralarda antik çağ yollarını ve bu güzergahta ki ören yerlerini yerinde incelemiştir. Alkım aynı zamanda burada bulunan kent yapıları ve yolun kullanımı hakkındada bilgiler vermiştir.

Gough (1952), kendisinin Ankara İngiliz Arkeoloji Enstitüsü üyesi olarak Anavarza Kentine ziyarette bulunmuş ve kentin Klasik Dönem mimarisi konusunda çalışmalar yapmıştır. Gough yapmış olduğu bu çalışmaları sonucunda Anavarza'nın Roma eyalet şehirlerinin bir parçası olduğunu ve şehrin konumunun stratejik olarak çok daha önemli ve dikkate değer olduğunu tespit etmiştir.

Altay (1966), Anavarza'da bulunan mozaikler konusunda ön araştırma raporu yayınlanarak bu mozaiklerin koruma altına alındığını ve bu eserlerden bazılarının da günümüzde Adana Arkeoloji Müzesinde sergilendiğini belirtmiştir.

Taşyürek (1975), tarafından yapılan bu çalışmalar daha çok kurtarma kazısı olduğu için tahrip edilecek düzeyede olan eserlere müdahale şeklinde ya da doğal koşulları nedeni ile ortaya çıkmış mezarların kazıları olarak gerçekleştirilmiştir.

Uğuruyar (2019), 1987'de Edwars yazmış olduğu kitabında Anavarza hakkında geniş ölçüde bilgiler vermiştir.

Sayar (1966), 1988 yılında Doğu Kilikya Bölgesi Epigrafi ve Tarihi Coğrafyası adı altındaki başlattığı araştırmalarında Anavarza antik kentinde bulunan yazıtları incelemiştir.

Ergeç (2001), 1992 yılında Anavarza nekropolündeki mezarlar konusunda bir çalışma yaparak, buradaki mezarların yapım teknikleri, dönemsel biçimsellikleri ve üzerindeki figürleri boyutlarıyla birlikte ele almıştır.

Arslan (1992), 1992 yılında Anavarza kentinde bulunan sikkeler konusunda çalışma ortaya koymuş ve bu çalışmasında kentin ismi, tarihçesi ve kentteki mimari yapılar üzerine detaylı bilgiler vermiştir.

Salman (2000), Kitabında Anavarza kentinin ismi, tarihçesi, mimari öğeleri ve günümüze kadar gelmiş durumuyla ilgili bilgiler vermiştir

Ünal ve Girginer (2007), Çalışmalarıyla İlk Çağdan Osmanlı Devletine kadarki Kilikya'nın tarihi coğrafyasını anlatan geniş içerikli bir çalışmayı kitap şekline dönüştürmüştür.

Buyruk (2011)'un çalışmasıyla ''Akdeniz'den Kapadokya'ya Bağlayan Kervan Yolu Kaleleri'' Doktora tezi olarak çalışılmıştır. Buyruk (2014)'un bildirdiğine göre, kendisi tarafından yapılan çalışmayla Anavarza antik kenti anlatılarak buradaki kale hakkında bilgiler verilmiştir. Bunun yanı sıra bu çalışmada 1905' li yılların Anavarzasındaki çekilmiş fotoğraflar ile günümüze yakın tarihli Anavarza fotoğraflarını birlikte sunarak görsel olarakta değerlendirme imkânı veren bir çalışma yapmıştır.

Durukan (2015), ''Anazarbus, Aegeai ve Tarsus Kentlerinin Ticaret Yollarıyla Bağlantısı'' adında bir çalışma yayınlamıştır.

Erhan (2015), Özel koleksiyonlar içerisinde yer alan Anavarza sikkelerinden bazıları incelenerek Anavarzanın tarihçesini aydınlatacak bilgiler vermiştir.

Buyruk (2016), ''Konumu, Geçmişi ve Kimliği ile Anazarbus'' başlıklı çalışmasını yayınlamıştır.

Özbey ve Saban (2019), ‘‘Unesco Dünya Mirası Listesi ‘ne Doğru Anavarza Antik Kenti’’ çalışmalarını yayınlamışlardır.

Anavarza Kazıları 2013 yılı Ağustos ayında Adana Müze Müdürlüğü başkanlığında ve Çukurova Üniversitesi Öğretim Üyesi F. Fatih Gülşen’in bilimsel danışmanlığında başlamış ve ardından 2020 yılı haziran ayında Cumhurbaşkanı kararıyla kazı statüsüne alınarak Öğretim Üyesi F. Fatih Gülşen’in kazı başkanlığında çalışmalara devam edilmektedir.

2.2. Arkeometri Çalışmaları

Türkiye’de Arkeoloji alanındaki çalışmaların başlangıç tarihi oldukça eskilere gider. Arkeolojik bir kazıda ele geçen buluntuların değerlendirilmesinde sosyal bilimlerden yardım alınmasının yanında jeoloji, fizik, kimya jeofizik, malzeme bilimi istatistik ve bilgisayar bilimleri gibi fenni bilimlereden de destek alınması ise henüz oldukça yeni sayılır.

Esin (1985), Arkeometri alanındaki ilk çalışmalar 19. yy. başlarında yapılmıştır. 1800‘de ilk kez M. H. Klaproth Berlin Bilimler Akademisi’nde camlar ve Ortaçağ Dönemine ait heykellere bazı kimyasal analizler yapmış ve çıkan bilimsel verileri akedemiye bildirmiştir 1878 yılında Baron De Geer İsveç’te göl ve bataklıktaki tortulların bitki kalıntılarını inceleyerek, bunların içinde yer alan balçık katmanlarının sayımına dayanan ‘‘Varv Analizi’’ olarak adlandırılan bir tarihlendirme yöntemi geliştirerek balçığın tarihlendirilmesini gerçekleştirmiştir.

Esin, (1985), 1878‘de Yugoslav matemetikçi Milutin Milankovitz güneş sisteminde ki lekelerin dünyadaki iklimsel değişikliklerden kaynaklandığı varsayımından hareketle, bu değişimlerin matemetiksel olarak hesaplamasıyla buzul çağının 600.000 yıl kadar geriye tarihlendirilebileceğini bilimsel olarak ortaya koyar.

Esin, (1985), 1901 yılında ilk kez bulunmasına rağmen arkeoloji alanındaki çalışmalarda ilk uygulamaları 1929 yılında yapılan bir başka yöntemde ‘‘dendrokronoloji’’ Analiz yöntemidir. Bu yöntemle uzun yıllar yaşamış ağaçlarda yatay kesitlerindeki Halkaların oluşumları ve bunların sayımıyla ağacın kesildiği zamanki yaşının Mutlak olarak saptanabileceği anlaşılmıştır.

Yeşil ve Fırat (2020), Arkeolojik buluntular üzerinde metrik analizlerle değerlendirilmesi için bir takım fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yapılan malzeme incelemelerinin farklı alandaki bilim adamları tarafından çeşitlendirilerek İkinci Dünya Savaşına kadar gelişimlerine katkılar sundukları gözlemlenmiştir. Buna ilaveten arkeolojiye yönelik yapılmış bu bilimsel çalışmaların ‘‘Arkeometri’’adıyla yeni bir boyut kazanması ve bugünkü durumuna gelmesi 1950-1960 yılları arasında olmuştur.

Esin (1985), 1955 yılında Willard Libbiy ve arkadaşları tarafından, organik maddelerin içisinde bulunan radyoaktif karbon-14‘ün ölçülmesine dayanan tarihlendirme tekniğini bulmaları arkeometrinin başlangıcı olarak kabul edilir. bu zaman aralığında Anadoluda artan kazılar sonucunda ele geçen organik türde yapılmış buluntular (seramik, cam, metal, duvar resimi boyaları gibi) değerlendirmek için kimyasal yöntemler kullanılarak yapılan analizlerin sayısıda artmıştır.

Yalçın (2012), 1980 yılına gelindiğinde ülkemizde sistematik olarak yapılmış ilk arkeometrik çalışmalar TÜBİTAK bünyesinde Arkeometri Ünitesi adı altında ve ODTÜ desteğiyle 1980'de Arkeometri Biriminin kurulmasıyla başlatılmıştır.

Caner ve Ark. (1985), 1984 yılında Adana Kadirli Karetepe'deki bazaltan yapılmış arkeolojik malzemedeki bozulmaların saptanmasıyla bu sorunun önüne geçmek amacıyla gerekli önlemleri almak için buradan alınan örneklerin mineralojik ve petrografik yapısı incelenmiştir.

Süslü (2000)'nün anlatımı ile, Y. L. tezinde Adana müzesinde bulunan bazalttan yapılmış Tanrı Tarhunda'nın heykelinin ana kayacının belirlenerek minerolojik incelemelerde bulunulmuştur.

Akça (2000)'nın çalışması ile, Tarsus'ta bulunan Cumhuriyet alanındaki Roma Yolunu kaplayan çökeltiyi fiziksel, kimyasal, mikromorfolojik ve minerolojik olarak incelenmiştir.

Uguruyar (2019), Kilikya Bölgesindeki Kalelerde bağlayıcı malzeme olarak kullanılan harcı kimyasal ve ince kesit analizleriyle incelemişlerdir.

Çakar (2009), Y. L. Tezi ile Kilikya Bölgesi'ndeki Karatepe Aslantaş Açıkhava Müzesi'ndeki bazalt kayaçlar üzerindeki meydana gelen bir tür mantar olan likenlerin kayaçlarda yaptığı ayrışmaları ve bozulmalarına sebep olduğunu tesbit ederek bu yönde çalışmalar gerçekleştirmiştir.

Demirkıran (2010), Y. L. tezinde Kilikya Bölgesi'nde temsili olarak belirlenmiş antik mermer eserler üzerinde, bunların kökenlerinin belirlenmesi için incelemerde bulunarak çalışmalarını yapmıştır.

Pekmezci (2012), Çukurova Bölgesi'ndeki bazı yapılardaki harçların karakterizasyonunu onarım sırasında harç önerisi olarak sunulması açısından harçlar incelenmiştir.

Uğuruyar (2019), Y. L. tezinde Anavarza Antik kenti'nde bulunan Zafer Takın'da kullanılan kayaçların petrografik incelemesi yapılarak adlandırılmıştır.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Anavarza Antik Kenti

Anavarza Antik Kenti'nin Coğrafi Konumu, İklimi ve Tarihçesi

Antik dönemde Kilikya Bölgesi olarak isimlendirilen bölge Dağlık (Trakheia) ve Ovalık (Pedias) Kilikya olmak üzere iki bölgeye ayrılmaktaydı. Anavarza Ovalık Kilikya bölgesinde yer almaktadır. Anavarza Antik Kenti Adana ili, Kozan ilçesi, Dilekkaya köyü sınırları içerisinde yer almaktadır. Adana şehir merkezine 70 km. Kozan'a ise 35 km. uzaklıkta bulunmaktadır. Sumbas çayı ile Ceyhan nehrinin birleştiği yerinde 8 km. kuzeyindedir.

Anavarza Antik çağlarda Ovalık Çukurova'nın ve Doğu Akdeniz karayolunun merkezinde bulunmaktaydı. Günümüzde de önemli yollar ve geçitlerle bağlantılı olan kent, Misis yoluyla Adana ve Yumurtalık'a kuzeyden gelen yolla Komana ve Kayseri'ye, Feke ve Saimbeyli yolları ile Kapadokya'ya bağlanır. Anavarza kentinin yerleşim yeri yaklaşık 4000 dönümlük arazinin üzerine, 33 rakımlı düzlüğe kurulmuştur. Kent surlarla çevrili vaziyette aşağı şehir ve kayalıkların üzerine kurulmuş yukarı şehir olmak üzere iki kısma ayrılır. Antik yolların kavşağı konumunda kurulmuş aşağı kentin güney doğusunda, yukarı kentin ise güney uç kısmında, bölgenin yerli halkının ''Ali Kesiği'' olarak adlandırdığı Dogu-Batı istikametinde doğal bir şekilde oluşmuş yarık, kalker kaya blogunu ikiye bölmekte ve doğu istikametine giden antik yol buradan sağlanmaktadır (Buyruk, 2016).

Anavarza, Ortaçağın meşhur liman kentlerinden Ayas'ın 50 km. kuzeyinde Ovalık Kilikya'nın en büyük ikinci kenti konumunda olmuştur. Suriye ve Kapadokya ile bağlantılı ticaret yolları kavşağında bulunmasından dolayı ekonomik yönden de önemli bir kent olmuştur (Kaplan, 2015).

Çukurova bölgesinde bulunan üç antik yoldan bir tanesi Anavarza'dan geçmektedir. Bu antik yol Karkamış'tan çıkarak Amanosları geçip Çukurova'nın doğusuna uzanan yoldur. Genişliği bazı yerlerde 6 m'yi bulabilmektedir. Bu yol Anavarza, Yılan Kale arasından geçerek Misis'e ardından da Adana ve Tarsus'a erişir.

Anavarza'nın iklimi tipik Akdeniz iklimi özelliklerini gösterir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Bölgenin yüksek seviyelere çıkan nemli hava şartları ve yıl içerisinde oynaklık gösteren mevsimsel ısı farklılaşması Anavarza antik kentindeki tarihi dokuyu olumsuz bir şekilde etkileyerek zarar vermektedir. Buna ilaveten bazı araştırmacılar aşırı derecede ki sıcaklıklar ve bitki örtüsünden kaynaklı sebeplerden incelemelerde bulunamadıklarından bahsederler (Yıldız, 2001).

Yağışlar ardından kentin üzerini kaplayan örtü tabakasının erozyona uğraması sonucunda oluşmuş kalıntıların, mezar yapılarını açığa çıkartması kaçak kazı yapan kişilerin tahribatına zemin hazırlamıştır. (Özcan, 2001),

Anavarza tarihi süreç içerisinde Anazarba, Anazarbos, Ayn-Zarba, Günta, Anabarza, veya Anazarbus adları ile dile getirilmiştir. Tarihte "Yenilmez Şehir" ismiylede anılan Anavarza'nın tarihini incelediğimizde Asurlular, Hellennistik, Roma, Bizans, Müslüman Araplar, Haçlılar, Ermeniler, Memluklular, Sasani ve Osmanlıların tarih sahnelerinde rol aldıklarını gösterrmektedir (Buyruk, 2016). Anavarza'nın Roma'dan önceki dönem ile ilgili bilgiler oldukça sınırlıdır. Kenti'in Roma İmparatorluk Dönemi'nden önce var olduğuna dair kesinliği olan belge niteliğindeki, sınırlı sayıda bulunan tek kanıt M.Ö. 1. yy'da ANAZAPBEΩN yazılı Bronz sikkelerdir (Texier, 2002). Bu sikkelere göre Anavarza Kenti'nin M.Ö. 1.yy. kadar uzanan bir geçmişi vardır. Bunun yanısıra Anavarza Kenti'nin M.Ö. 2.-1. yy. sikkelerdeki görülen yazıtlar burada Helenistik dönemde de yaşandığını desteklemektedir (Sayar, 2000). M. Ö. 1. yy'da Romalılar Ceyhan Havzasını kontrollerinde tutmuşlar ve sonrasında bölgeyi Vasal Kral Tarkondimotas'ın kontrolüne bırakmışlardır (Erhan, 2015).

Anavarza Roma İmparatorluk Döneminde ilk 2 yy süresince tarih sahnesinde önemli bir gelişme gösterememiştir. Roma İmparatorlarından Septimius Severus'un, Niger'i İsos'ta mağlup ederek, İmparatorluğun yegane hakimi olmuş ve böylece Anavarza tarihinde en parlak dönemini yaşamaya başlamıştır (Kıran, 2016).

M.S. 2. yy'ın sonlarına doğru şehir büyük bir kente dönüşerek, artık bir eyaletin başkenti konumunda olan Tarsus ile mücadele edebilecek seviyeye ulaşmıştır. Roma İmparatoru Septimius Severus resmiyette de kenti statü olarak ileri seviyelere çıkartarak Tarsus ve Mopsuhestia ile eşit statüye getirmiştir. Septimius M. S. 203'te Ne℃oros, 204'te ise Metropol haline sokarak onurlandırmıştır. Daha sonrasında şehire Severia Olympia Epineikia ve severia Philadelphia v.b. şenlikler ve sportif faliyetler düzenleme vazifesi verilmiştir. Kent, ayrıcalıkları olan bir devlet şeklini almıştır. Ne℃oros unvanı ve İmparatorluk kültüne ilaveten artık M. S. 204'te devlet meclisinin de Anavarza'da toplanmaya başlanması ile bölgenin en önemli kenti haline gelmiştir. M. S. 249-251 yıllarında imparatorluk yapan Traianus üçüncü defa Ne℃oros olarak kentin değerini artırmıştır. Necoron ünvanına sahip şehirler tanrı ve tanrıçalarını imparatorluk kültü ile aynı seviyeye getirmişlerdir. Bu değerli ünvanı üç defa almış olan Anavarza'da Tanrı Zeus'a saygı gösterilerek imparatorluk tapınakları yapılmıştır (Gülşen ve ark, 2015).

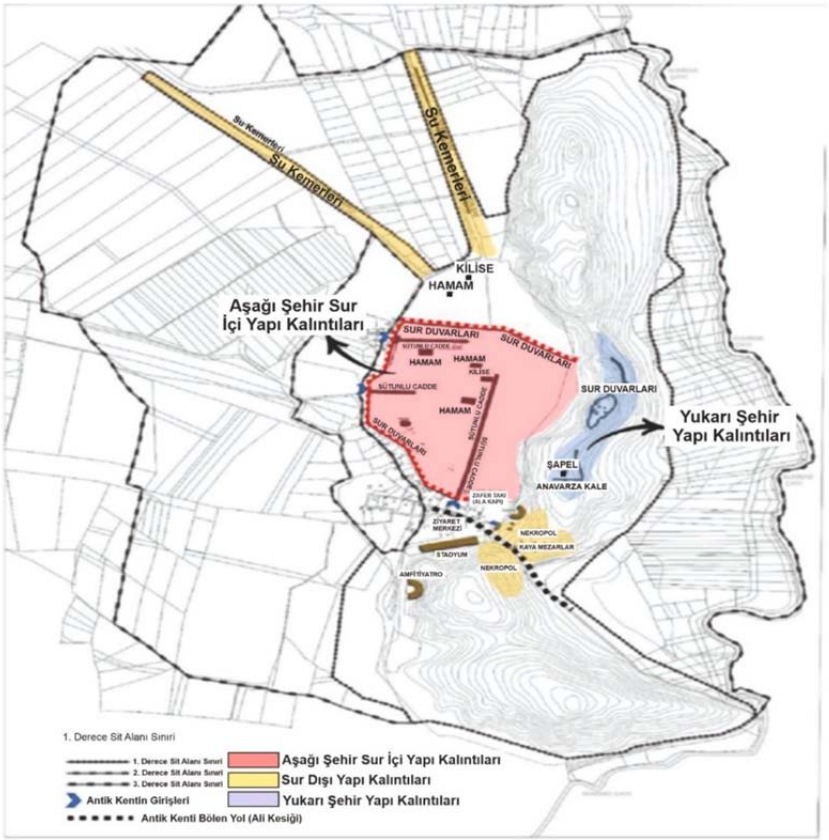
M.S. 3. yy. ortalarına gelindiğinde kentte refah seviyesi üst düzeylere gelerek ilerlemeye devam etmiştir. Bu ilerlemeler imparatorlarında desteğiyle mimari açıdanda gelişmeler göstererek kentin en göz alıcı dönemini yaşatmıştır. Anavarza'nın siyasi, askeri ve ekonomik yöndeki faaliyetlerinin de ilerlemesiyle devletin ve bölgenin liderliğini üstlenme yarışına girmiştir. Daha sonra MS 408 yılında Theodisius'un imparatorluğu döneminde devlet iki başkente ayrılmıştır. Anavarza Kilikya secunda'nın (Ovalık Kilikya) başkenti, Tarsos Kilikya Prima'nın (Dağlık Kilikya) başkentleri konumuna gelmiştir (Ünal, 2006).

M.S. 525 ile 561‘de yaşanan depremlerle tahrip olan kent daha sonrasında tekrar inşa edilmiştir. Kent 7. ve 8. yy.’larda Arapların işgaline uğrayarak birçok defa başkalarının kontrolüne geçmiştir. Bu süreçte adınıda Ayn Zarba şeklinde değiştirmişlerdir. MS 964’te Nikephoros Phokas dönemiyle beraber Doğu Roma İmparatorluğu’nun sınırlarında yer almıştır. 11. yy.’da 1. Toros kenti işgal altına almıştır. Aynı yüzyılda şehir Küçük Ermenistan Krallığı’nın başkentliğini de yapmıştır. Depremler sonucunda büyük oranda tahrip olarak yıkılan ve önemini kaybeden kent 1375‘ten sonra Memlükler‘in, Ermeniler’in ellerinden kenti almasıyla artık önemini gittikçe kaybetmiş, ardından ortaya çıkan veba salgını ve bazı doğal afetlerin sebebiyle tamamıyla terk edilmiştir (Gough, 1952). Bu hale geldikten sonra terk edilen kent zamanla bir harabe şekline dönmüştür. M.S. 14. yy da Ramazanoğlu Beyliği bölgenin hakimi olmuş ve ardından kent köy yerleşkesi şeklini almıştır. MS 1515’te Osmanlı Devleti tarafından ele geçirilmesiyle geçmişte bu bölgenin doğusuna tamamıyla hakim konumda olan kent, küçük bir köy şekline girerek varlığını sürdürmüştür (Uğuruyar, 2019).

19. yy’da Anadolu’yu dolaşan gezgin Texier (Texier, 2002), Anavarza hakkında bir öngörüde bulunarak Kent’in kuruluş şeklinin ve görünüşü bakımından Van şehri ve Kalesine benzediğini, her ikisinin de büyük bir kaya bloğunun üzerine oturtularak Asur kentlerindeki karakterde olduğunu söylemiştir (Altay,1966).

3.1.2. Anavarza Antik Kenti’nin Mimari Yapı Kalıntıları

Anavarza Antik Kentin‘de günümüze kadar gelmeyi başarmış aynı dönemi veya farklı dönemleri içine alan birçok mimari yapı kalıntıları ve yapılar bulunmuştur. Bu yapılardan önemli olanları ve özellikle tezin kapsamında ki çalışılan yerlerden alınan temsili örneklerin, yapı kalıntılarının mimari ve dönemsel özellikleri burada açıklanmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Anavarza Antik Kenti Yapı Kalıntıları (Türkoğlu, 2021).

Zafer Takı (Güney Kapı-Ala Kapı)

Anavarza Kent'in de aşağı şehrin sur içi yerleşkesinin güney giriş kapısıdır. Anavarza Zafer Takı, diğer adıyla Alakapı, anıtsal güney kapıdır. Burası Sütunlu cadde'nin başladığı yerdir. Günümüze kadar ulaşmış tek Roma yapısı olan kapı anıtsal şekliyle antik kentin sembolleşmiş bir yapısıdır.

Kentin giriş kapıları Roma Dönemi'nde Anadolu'da oldukça yaygındı. Roma mimarisinin en önemli yeniliklerinden birisi olan, oldukça etkileyici görünümü olan kemer (Zafer Tak'ı) ile sütunları geliştirmesidir. Kemerlerin sıralı şekilde kullanılışı tamamı ile Roma anıtlarına özgü bir dış görünüş kazandırmıştır (Akurgal, 2020).

Anavarza Ala kapı Roma İmparatorluğu Dönemi'nin Roma kentlerindeki Zafer Takları tarzında planlanarak yapılmıştır. Kentin en eski, en görkemli ve süslemeli kapısıdır. Üç tonozlu girişi ve sekiz ayak üzerine yapılmış olan bu anıtsal yapının yüksek ihtimalle partlara karşı kazanılmış zaferin anısına yapılmıştır. Güney asıl cephe kısmında altı korinth sütunu, Kuzeye bakan yüzünde ise nişler iç tarafında heykellerle süslü kapı ikinci yüzyıldan kalmıştır. Ortada ki kemerin yer aldığı ana giriş yaklaşık 10 m. yüksekliğinde üçgen şeklindeki alınlıkların arasındaki mesafe 22,60 m. yan kanatlarıyla beraber kapı yaklaşık 30 m. genişliğindedir. Kapının yapımında malzeme olarak oldukça düzgün kesilmiş kireçtaşı kullanılmakta, bunun yanı sıra kemerin iç kısmı ve kavislerinde daha sert ve dayanıklı kalker malzeme kullanılmıştır (Gülşen ve ark, 2021) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Anavarza Zafer Takı /Ala Kapı-Anıtsal güney kapıdır (Anavarza Kazı Arşivi)

Sütunlu Cadde

Anıtsal şehir kapısı Güney Kapı'dan itibaren Antik kentteki merkez aksı'nın devamında Kuzey-Güney yönündeki ana caddenin (cardo maximus) Kuzeyinde bulunan Doğu Roma surlarına kadar devam etmektedir. Kentte bulunan Kuzey-Güney istikametinde giden sütunlu yolu, kenti doğu ve batı olmak üzere ikiye ayırarak, kentteki yapıların birçoğu sütunlu caddeye göre oluşturulmuştur. Geçmişte yapılmış yüzey araştırmalarında kentte binden fazla sütun bulunmuştur. İlerleyen zamanlarda kazılarında başlaması ve devam etmesiyle bu sayı her geçen günde artmaktadır. Sütunların 4,5 m yüksekliğinde, birbirleriyle arasındaki uzaklık ise 3, 15 - 3,50 m. olarak yer yer değişim göstermektedir. Sütunlar 0, 85 m. çapında olup, aynı zamanda konsollar da sütunlar tarafından taşınmaktadır. Buradaki görülen devasa büyüklükteki sütunlu caddenin diğer bir benzeri de Palmyra'da görülmektedir. Caddenin mevcut uzunluğu 1700 m. olmakla beraber geçmişten günümüze kalan izlere göre bu mesafenin 2700 m. kadar uzandığı düşünülmektedir, Ana caddenin (Anıtsal kapınında içerisinde bulunduğu) güneyindeki genişlik 28 m. iken kuzey ucuna gidildiğinde bu genişlik 34 metrenin üzerine çıkmaktadır. Anavarza Kent' inin merkezinde cardo'dan başka diğer bir Dogu-Batı yönünde uzanan daha dar şekilde iki sütunlu cadddeye daha rastlanmıştır (Gülşen ve ark, 2021). (Şekil 3.3)

Sütunlu yollar Roma mimarisinin güzel bir buluşudur. Bu yollar Roma Dönemi'ndeki kentin planlamasındaki büyük ilerlemeleri temsil etmesinin yanısıra kentteki yaşama özgü törensel bir karakter de vermektedir. Anadolu'nun birçok kentinde halen bu şekilde yapılmış sütunlu yolların büyüleyici güzellikteki kalıntıları günümüze ulaşmıştır (Akurgal, 2020).



Şekil 3.3. Antik kentteki merkez aks'nın devamında Kuzey-Güney yönünde uzanan Sütunlu Cadde (Anavarza Kazı Arşivi)

Hamamlar

Antik Çağ'da hemen hemen bütün eski uygarlıklar vücut temizliklerinin yanında simgesel olarak ruhsal temizliği de amaçlayan ve dinsel bir anlamı olan yıkanmaya önem vermişlerdir. Hamamlar Helenistik Dönem'de dönemin ihtişamını yansıtan olağan üstü kompleks yapılara dönüşmüştür. Bu dönemde gymnasion ve therma sözcükleri de hamam ile eş anlamlı olarak kullanılmıştır. İçerisi özel bir şekilde ısıtılan, sıcak sulu ilk hamamlar Roma Dönemine aittir. Bu hamamlar daha çok zengin kentlilerin bir araya geldikleri sosyal ve kültürel yapının önemli bir kentsel ögesidir. Roma Dönemi'nde gymnasion'a paleistra eklenmesiyle bu yapı kompleksinde spor oyunları için ayrılarak açık avlu haline getirilmiştir. Palaistra da gençler, özellikle güreş gibi bazı sporlar öğrenerek bunların uygulamalarını yaparlardı. Bu kısımda aynı zamanda yağlanma, kumlanma, tartışmaların yapıldığı antrenman yerleri olduğu da düşünülmektedir (Karatağ, 2011).

Anavarza hamamları, mimari açıdan ele alındığında Roma Dönemi'nden kalma yapıları olarak bilinen dört hamam bulunmaktadır. Bu hamamların ikisi Kuzey-Batı ve Güney-Batı hamamlarıdır. Bu hamamları yapım tekniği ve sütunlu caddeye yakın ve merkezi bir konumda yer almasından dolayı M.S. 2. yy'a tarihlenmektedir. Kent'te bulunan diğer iki hamam Küçük Batı Hamamı ve Kuzey hamamı ise araştırmalar sonucunda kent içindeki merkeze olan uzaklıkları sebebiyle M.S. 2.yy'a tarihlenmektedir. Kentteki hamamlarda Roma tarzındaki yeni yapım teknikleri uygulanmasının yanı sıra bölgeye has bazı mimari tekniklerinde beraber uygulandığı tespit edilmiştir. Anavarza'da hamamların yapımında tuğla ve harç malzemesi kullanımakta, Kilikya'da MS 2. yy'da kullanılan opus latercium tekniği ile yapılmıştır. Buna ilaveten kentte bulunan hamamların bazılarının ise Geç Antik Döneme ait oldugu düşünülmekle beraber henüz kesin bir tarihlendirmesi ve işlevsel olarak belirlenemeyen 30'dan fazla tuğlaya daha rastlanmıştır. Kentte bulunan hamamlar bölgeye özgü birtakım özellikleri ile Kilikya hamamları tarzındadır

(Şekil 3.4). Bu yapıları plansal yönleriyle incelediğimizde Kuzey-Batı Hamamı sıra tipli, Güney-Batı Hamamı blok tipinde, Küçük-Batı Hamamı ve Kuzey hamamı ise enine sıra tipinde olarak sınıflara ayrılmaktadır (Gerçek, 2021).



Şekil 3.4. Roma dönemi'nden kalma Kuzey Hamamı yapısı

Kiliseler

Anavarza Antik Kenti'nde dört kilise vardır. Bunların içerisindeki en önemli olan kilise kentin merkezi bir konumunda bulunan Havariler Kilisesidir. Bu yapı sütunları ve taşları üzerindeki işlemeleri ile oldukça dikkat çekicidir. Kilise depremden kaynaklı apsisin güney kısmının haricindeki çoğu kısmı yıkılmıştır. Kentteki ikinci kilise Güneybatı kilisesidir. Burası batıdaki giriş kapısının güneydoğu tarafında bulunmakta ve yıkılmış durumdadır. Üçüncü kilise Kaya Kilise burası yukarı şehrin kale surlarının güney tarafında nekropol alanında yer almaktadır. Kalker kayalıklara içi oyularak yapılan Kaya Kilisesi günümüze gelindiğinde çoğu kısmı tahrip olmuş haldedir. Anavarza'da ki diğer kilise ise Ermeni Kralları Kilisesidir. Bu kilise yukarı kentteki kalenin birinci bölümünün avlusunun içerisindeki kısımda bulunmaktadır. Yapı üç nefli bazilikal planda 13,1× 9,7 m. ölçülerinde yapılmıştır. İnşasında düzgün kesme taşlar kullanılmıştır. Kilisenin en iyi ayakta kalabilmeyi başarmış bölümü doğu duvarı olmasına karşın, kiliseye bitişik halde olan şapelden günümüze ulaşabilen ise sadece küçük bir bölümüdür (Karaömerlioğlu Boz, 2021). (Şekil 3.5)



Şekil 3.5. Kentin merkezi bir konumunda bulunan Kilise görünümü

Antik Tiyatro Stadium ve Amfi Tiyatro

Kilikya'da İmparator Hadrianus Dönemi'nden itibaren başlayıp M.S. 3. yy'a kadar devam eden bazı imparatorluk kültü ile ilintili olarak bazı oyunların yapılması için uygun mekanlara duyulan gereksinimden dolayı M.S. 2. yy'ın ortalarına gelindiğinde tiyatro yapımlarına ve bunların yenilenmesi çalışmalarında oldukça ilerleme görülmüştür (Gerçek, 2021).

Antik Tiyatro akrapolün batısındaki kemerin yamaç kısmında, Ali Kesiği'nin kuzeyinde ve Güney Kapı'nın güneydoğusunda bulunmaktadır. Cevanın doğudaki bölümü akrapoldeki kayalığın oyulması sonucunda meydana gelmiştir. Buranın yapımında kullanılan malzemelerin büyük bir kısmı Doğu Roma Dönemi'ndeki surların ve Arap Döneminde yapılan surların inşası için götürülmüştür. Kentin çoğu yerinde ceveaya ait bazı malzemelerin parçaları dağıtılmıştır. Bu malzemelerden surların güney kısmındaki bazı parçalar tespit edilmiştir (Gülşen ve ark, 2021).

Stadium tiyatronun ve Anavarza kayalığını ikiye bölen antik yolun güney kısmında bulunmaktadır. Kuzeydoğu-Güneybatı aksı tarafında kayalığa yaslı yapı 64 m. genişliğinde yaklaşık olarak 410-420 m. uzunluğundadır. Pistinde yer alan mevcut spinası, yapının bir circus şeklinde sınıflandırılmasına fırsat vermiştir. Tiribünlerin güneydoğusunda kayaya oyularak şekillendirilmiştir. Kuzey batı kısmında ise günümüze ulaşmış hiçbir kalıntıya rastlanmadığı için buranın ahşaptan yapıldığı düşünülmektedir. Kaya yüzeyindeki oturma sıralarının üzeri pürüzsüzleştirilmiş ve geçici olarak yapılmış bir çatı düzeneğinin varlığını gösteren hatıl yuvaları yapılmıştır. Bu yapı bir gösteri amacıyla yapılmış binadan çok kentteki çoğu askerin müsabakalarda keyifli vakit geçirmeleri amacıyla yapılmış olmalıdır (Gerçek, 2021).

Amfitiyatro circus stadium'un güney batısında ve akrapol kayalığının yamacında yer almaktadır. Oturma yerleri olarak ayrılan bölümlerin doğu kenarı stadium'daki gibi ana kayanın oyulması sonucunda meydana getirilmiştir. Kayalığın en güney kısmında bulunan yapı doğu yönünde ana kayaya yaslı şekilde bulunurken diğerlerinde kemerli ayaklar üzerine yapılmıştır. Mevcut bilgilere göre oval şekilde yapılmış olan bu yapı Anadolu'da yalnız Pergamon, Mastuara ve Kyzikos'ta varlığını bildiğimiz amfitiyatroların dördüncüsünün de Anavarza antik kentindeki yapı olduğunu göstermektedir. Antik dönemde burada çeşitli dövüş gösterileri insanların birbirleri ile ve hayvanlar ile yaptıkları mücadeleler ve müsabakalar yapılmıştır. Amfitiyatro 62×83 metre ölçülerinde oval planlı tamamen yıkılmış halde kent planı içerisinde en güney ucunda bulunan büyük boyutta devlet yapılarından biridir. Bu yapı kazı ve restarasyon çalışmaları yapılması ile ayağa kalkabilecek vaziyettedir (Gülşen ve ark, 2021). (Şekil 3.6)

Anavarza'da tiyatro, stadium ve amfitiyatro'nun kent planı içerisindeki konumları itibarı ile birbirlerinin oldukça yakınında inşa edilmeleri, belli bir yerin sadece sosyal ve eğlence hayatını kapsayacak nitelikte yapılarla şekillendirilerek kompleks bir görünüme kavuşturulmuştur (Gerçek, 2021).



Şekil 3.6. Amfi Tiyatro

3.2. Metod

Anavarza Antik Kent'inden temsili olarak alınan örnekler kayaçlar, harçlar, tuğlalar, seramikler ve metaller olarak sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan bu örnekler üzerinde çeşitli Arkeometrik analiz yöntemleri uygulanılarak fiziksel, kimyasal ve petrografik olarak tanımlanmış ve değerlendirmelerde bulunulmuştur.

3.2.1. Petrografik Mikromorfolojik İnce/Parlak Kesit Mikroskopi Analizi

Anavarza Antik kenti kayaç, harç, tuğla, seramik örneklerinin mineral tanımlamaları, dokusal yapısı, gözeneklilik oranı ve bağlayıcı/agrega oranı ince kesit ve optik mikroskop analizleri ile gerçekleştirilmiştir. İnce/parlak kesit analizleri Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır. İnce Kesit için alınan Kayaç, tuğla ve seramik örnekleri ilk önce kaba kesme makinasında kibrit kutusu büyüklüğünde dıştan içe doğru tüm yapısını gösterecek şekilde kesilir. Harç örneklerde ise uygun bir reçine ile yeterli düzeyde sertliğe getirilerek hazırlanır. Daha sonrasında cam üzerine yapıştırma, inceltme ve parlatma işlemi ihtiyaca göre bazı toz malzeme kullanılarak yapılmaktadır. Örnek hazırlandıktan sonra polarizan mikroskopla, inceleme yapılmaktadır. Metal örneklerde ise parlak kesit analizi uygulanarak malzemenin içyapısını mikroskop altında görmek amaçlanmıştır. Bazı kimyasal sıvı malzeme kullanılarak parlatma işlemi gerçekleştirilmiş ve üstten aydınlatmalı mikroskopla İncelemelerde bulunulmuştur. Araştırmalar Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Olympus BX51 polarizan mikroskopla yapılmıştır.

3.2.2. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)

Atomik Apsorpsiyon Spektroskopisi Element Ananalizi Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında örnekler önce çeneli kırma-öğütme makinesinde 0. 5mm boyutlarında küçültüp daha sonra agat öğütme makinesi yardımıyla 0. 1 mm boyutunun altına getirecek seviyede öğütülmüştür. Daha sonra numunenin içindeki nemi almak için 105 ^{0}C etüvde bekletilmiştir. Daha sonrada 250 ml'lik behere 0. 5 gr örnekten alarak üzerine HCL ve HNO_3 asit koyup ısıtıcı tablada 250 ^{0}C çözünmesi için bekletilmiştir. Sonrasında soğutulup yaklaşık 100 mm kadar saf su ilave edilmiştir. Kaynama noktasına kadar ısıtılmıştır. Çözelti içerisinde çözünmeyen tanecikler silisyum olarak kabul edilir (HCL + HNO_3 silisyum haricindeki tüm elementleri çözer.) Çözülen ile çözülmeyeni ayırmak için huni yardımıyla mavi bant filtre kâğıdı kullanarak 500 mm lik balonuna süzülmüştür. Süzgeç kâğıdı sıcak saf su ile üç defa yıkanmıştır. Her yıkama bir önce yıkama tamamlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Çözülmüş olan örnek 500 mm'lik balonlara koyarak majör element analizleri yapılmak için saklanır. Diğer yandan süzgeç kâğıdı içerisinde kalan silisyum örneği için Silisyum analizi yapılır. Sabit tartıma getirilmiş bir platin kıroze içerisine süzgeç kâğıdı ve içindeki partikül yerleştirildi. 400-500 ℃ kömürleşinceye kadar fırınında bekletilir. Daha sonra fırın 1000 ^{0}C'ye yükseltilir ve bu sıcaklıkta 1 saat bekletilir ve silisyum analizi yapılır. Bu yöntemle kuvarsla kompleks yaparak diğer asitle çözeltiye geçirilemeyen elementleri çözeltiye almak için kullanılan yöntemdir. Daha sonra Atomik Absorpsiyon Spektrometresi element analizi yapan cihazda element okumaları yapılmıştır.

Balonlardaki çözelti bakılacak olan elemente göre gerekli seyreltme işlemi yapılarak alev üzerine püskürtülülerek ısıtılır. Bakılan elementin sadece onun emdiği bir dalga boyunun ışığı çözelti içerisinde yönlendirilir. Çözeltiden geçtikten sonra ortaya çıkan ışık demetinin yoğunluğunun ölçülmesidir.

3.2.3. Kızdırma Kaybı Analizi

Kimyasal analizlerdeki kayıp miktarının tespiti, içerisindeki toplam organik madde ve inorganik karbon oranının belirlenmesi amacıyla kızdırma kaybı analizi uygulanmıştır. Tartımı alınan örnekler önceden tartımı yapılmış krozeye alınarak, içerisindeki nemin atılması için 105 ^{0}C'de 24 saat etüvde tutulmuştur. Tekrar tartıma alınan örnekler, daha sonra 1000 ^{0}C'de iki saat fırında bekletildikten sonra tartımı yapılarak, ortaya çıkan tartım sonuçları aşagıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

W_1= Etüvde nemi alınmış örneğin ağırlığı

W_2 = 1000 ^{0}C'de 2 saat tutulduktan sonraki ağırlık

1000 ^{0}C'deki ağırlık kaybı % = $(W_1 - W_2) / W_1 \times 100$

Bu analiz Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında Memmert marka Beschickung-Loading Model 100-800 Etüvde ve PROTHERM marka Furnaces model Fırında yapılmıştır.

3.2.4. Agrega/Bağlayıcı Granülometrik (Elek)Analizi

Temsili Harç örneklerinde agrega ve bağlayıcı oranlarının belirlenmesinde öncelikle kuru tartıma alınan örnekler daha sonra bağlayıcı (tüm karbonat içerik:CO^{2}) içeriklerinden arındırılmak üzere seyreltik asitle (%5'lik HCI) muamele edilmektedir. Süzme, yıkama ve kurutma işlemleri ile çözünen tüm karbonat içeriğinden (bağlayıcısından) ayrılan ve agrega kısmı elde edilen harç ve sıva örnekler, oda sıcaklığında kurutulduktan sonra tekrar tartıma alınarak ağırlıkça toplam bağlayıcı (çözünen) ve agrega (%^{w}/w) miktarlarına ulaşılmıştır (Akyol, 2019).

Numunelerin karbonat içerikli olmayan agregalarına 5 farklı boyutta elek kullanılarak (4, 75mm, 2mm, 0, 425mm, 0, 15mm, 0, 075mm ve tavada kalan) sistematik eleme işlemi yapılarak agrega tanecik dağılımları (granülometrik analiz) belirlenmiştir. Bu analiz Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır.

3.2.5. Su Emme Kapasitesi Analizi

Atmosferik şartlar altında, açık gözenekleri aracılığıyla kılcal (kapiler) etkiden dolayı taş, harç, sıva, tuğla, seramik gibi malzemelerde su emme katsayısının belirlendiği yöntemdir. Su etkisiyle malzemede oluşan donma/çözülme gibi tahribatlar malzemenin mukavemetini etkiler. bu sebepten dolayı malzemenin suyu emme kapasitesi ve içerisine aldığı suyun oranı önemlidir Su emme kapasitesi, örneğin yüzeyinde ve içerisindeki boşlukların alabileceği maksimum su miktarının belirlenmesi için yapılmaktadır (Albuz Geren, 2019).

Bu analiz Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında yapılmıştır (TS EN 1097-6).

3.2.6. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi Analizi

Kızılötesi (IR) absorbsiyon spektroskopisi bir tür titreşim spektroskopisidir. IR ışınların molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Her dalga boyunu ayrı ayrı tarama gerekmeksizin hızlı ve yüksek çözünürlükte spektrumlar elde edilir. Az miktarda örnekle bile (0, 1mm elek altı) kısa sürede sonuç alınmaktadır. FTIR analizi, bu çalışmada tamamlayıcı bir teknik olarak kullanılanılarak, örneklerden alınan spektrumlar ve karakteristik pikler örneklere ait minerallerin özgün kimyasal yapısı hakkında bilgiler elde edilmiştir. Bu analiz Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında Jasco marka FT/IR-6700 model cihazla yapılmıştır.

3.2.7. TGA-DTA Analizi

Termal analiz, çeşitli metodlar kullanılarak, bir madde ısıtıldığında veya soğutulduğunda fiziksel değişikliklerin meydana geldiği zaman ve sıcaklığı analiz etmek için kullanılan bir tekniktir. Analiz metodlarında, her teknik analiz edilen fiziksel değişiklik türlerine göre tanımlanır. Yapmış olduğumuz bu teknik en yaygın termal analiz tekniklerindendir. TGA (Termogravimetrik Analiz), bir malzemenin ağırlık kaybına uğradığı veya ağırlık kaybının olmadığı sıcaklığı saptamaktır. Agırlıktaki değişim oranını zamanın veya sıcaklığın bir fonksiyonu olarak araştırır. DTA (Diferansiyel Termal Analiz), ekzotermik yada endotermik reaksiyonlar sonucu meydana gelen sıcaklık değişimlerini tesbit ederek, erime kaynama ve parçalanma noktalarını düşük hata payıyla tesbit ederek kristalleşme ve faz değişimleri hakkında bilgi verir. 25-1000℃ sıcaklık aralığında takip edilmiş ve oluşan reaksiyonlar (endortemik/ekzotermik) gözlemlenmiştir. Genellikle pişmiş malzemelerde kullanılan bu yöntem pişmemiş malzemelerde ise farklı yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında Mettler Toledo marka TGA 3+ model cihazda yapılmıştır.

3.2.8. Taramalı Elektron Mikroskobu ve Enerji Saçılımlı X-Işınları Spektroskopisi (SEM-EDX)

Analizi yapılan örneklerin SEM ile bağlayıcı ve agreganın mikro yapısı, EDX ile örneklerin yapısal ve kimyasal karakterisazyonu incelenmiştir. SEM-EDX yönteminin çalışmasının ana prensibi, yüksek enerjili elektronların küçük bir yüzeyi yoğun olarak taramasıdır. Analiz edilecek örneğe gönderilen elektronlar bir etkileşim oluşturur ve bunun sonucunda ortaya çıkan sinyaller bize numunenin mikro yapısal, morfolojik, topografik bilgilerini verir. Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında FEI marka Quanta 650 Field Emission SEM model cihazında, iletken olmayan numuneler çok ince iletken malzemeyle (altın/paladyum) kaplanarak incelemeler yapılmıştır.

3.2.9. XRD (X-Işını Difraksiyonu) Analizi

X-Işını Kırınım yöntemi (XRD) analiziyle örneklerin mineral/faz içerikleri tayin edilmeye çalışılmıştır. Her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırmasıdır. Kimyasal bir bileşiğin kristal yapısı farklılık gösterebileceği için XRD analiz yönteminin kullanımı minerallere ait fazların belirlenmesinde önemli bir yöntemdir. Analiz yapılmadan önce örnekler önce (0, 1 mm elek altı) toz haline getirilmiştir. Bu analiz yönteminde çok az miktarda numuneye ihtiyaç duyulmaktadır. X-Işını Kırınım cihazıyla kayaçların, tuğla, seramik, kristal malzemelerin, ince filmlerin ve polimerlerin nitel ve nicel yönden incelenmesi yapılır. Arkeolojide tarihi yapıları oluşturan malzemelerin mineral yapısını tanımlamada uygulanan yöntemlerden birisidir. Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Merkez Laboratuvarında PANalytical marka EMPYREAN XRD model cihazla yapılmıştır.

3.2.10. Kurşun İzotop Çalışmaları

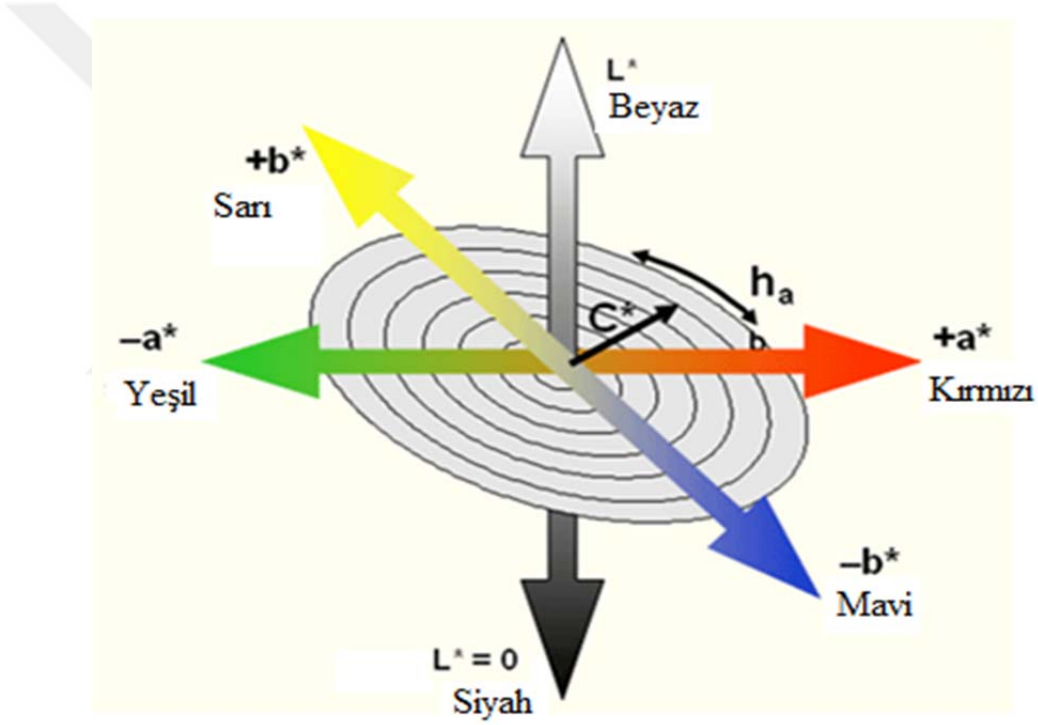
Kurşunun ^{204}Pb ^{206}Pb ^{207}Pb ^{208}Pb olmak üzere dört ana izotopu vardır. Bunlardan ^{204}Pb'ün uzun ömürlü radyoaktif bir ana izotopu olmadığı için jeolojik zamanlar boyunca yeryüzündeki miktarının sabit olduğu kabul edilir. Diğer üç izotop ise radyojeniktir ve jeolojik zaman içinde radyoaktif ana izotopları olan uranyum ve toryumun ^{206}Pb ^{207}Pb ^{208}Pb'e bozunmasının bir sonucu olarak, yeryüzündeki bolluğunda artış göstermiştir. Bundan dolayı kurşun izotop ölçümleri genelde indeks izotop olan ^{204}Pb'e oranlanarak raporlanır.

Minerallerde çok düşük U/Pb ve Th/Pb oranlarıyla oluşan kurşuna, yaygın kurşun denir. Çünkü izotopik yapısı, zaman içinde kayda değer bir değişime uğramaz. Kurşunun izotop analizi için tavsiye edilen yaygın kurşun minerali galenittir. Galenitin bulunmadığı durumlarda ise sülfidin içinde en azından 500ppm kurşun içeren örnekler tercih edilebilir. Az miktarda kurşun içeren silikat kaya (veya mineral) örneklerinin ya da sülfitin varlığı ve sülfit mineralojisinin bilinmemesi, uranyum ve toryumun bozuşarak radyojenik içeriği arttırması ve bunun sonucu olarak kurşun izotoplarının ölçümlerinin sülfit miktarını doğru yansıtmaması riskini ortaya çıkarır. Buna ek

olarak, ^{204}Pb izotopunun az miktarda bulunuşu (toplam kurşunun sadece %1.4'ünü oluşturması), az kurşun içeren örneklerin incelenmesi işlemlerinde analitik hataların meydana gelme olasılığını arttırır (Young, 1995).

3.2.11. Renk Ölçümü

Tuğla örneklerinin rengi Minolta CR 400 renk ölçüm cihazı ile direkt ölçülmüştür. Bu sistemde 4 filtre kullanılarak L*, a*, b* renk değerleri elde edilmekte, L*, a*, b* değerleri 3 boyutlu koordinat sistemi ile verilmekte ve bu koordinat sisteminde L* değeri dikey eksende parlaklıktan koyuluğa gidişi belirtirken +a* kırmızılığa, -a* yeşilliğe, +b* sarılığa, -b* ise maviliğe gidişi göstermektedir (Şekil 3.6). Bu ölçümlere ilave olarak C (√a*2+b*2) hue (arctan b*/a*) değerleri hesaplanmıştır (Lee ve Castle, 2001).



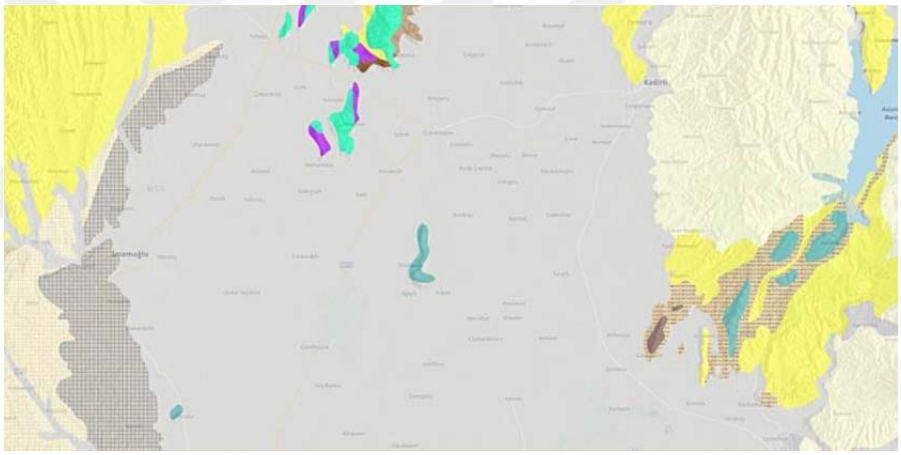
Şekil 3.7. CIELAB (The International Commission on Illumination L, a, b) renk skalası (Anon., 1996)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bölge Jeolojisi

Misis-Andırın birliği; güneyde Karataş, batıda Adana-Yakapınar (Misis), doğuda Ceyhan ile Yumurtalık arasında uzanan bölgeyi içerisine almaktadır (Şekil 4.1). Çalışma alanı olan Anavarza yerleşkesi bu grup içerisinde yer almakta olup, düzlük bir alanda ada şeklinde yüksek bir bölge ile temsil edilmektedir. Doğu Toros otokton kayaları ile ilişkisi görülemeyen ve Adana Baseni ile Amanoslar arasında kalan Misis grubu; Dokuztekne, Andırın ve Karataş Formasyonlarına ayrılmaktadır (Şekil 4.1).

Bu yüksek bölgedeki kireçtaşı blokları Eosen-Oligosen yaşlı Bulgurkaya Olistostromu içerisinde yer almakta olup, bu birim bölgede Alt-Orta Miyosen yaşlı türbiditik Karataş Formasyonu üzerinde bindirmelidir (Ünlügenç ve Akıncı, 2017). Ada şeklinde oluşmuş olan Anavarza yükselim bölgesi çepeçevre Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla örtülü durumda gözlenmektedir (Şekil.4.2).



Şekil 4.1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Alüvyonların ortasında yer alan mavi renkle gösterilen bölge Anavarza Antik yerleşim alanı olup, yüzeyleyen birimler Bulgurkaya Olistostromu ve Karataş formasyonudur; MTA Genel Müdürlüğü Haritalar arşivinden alınmıştır).

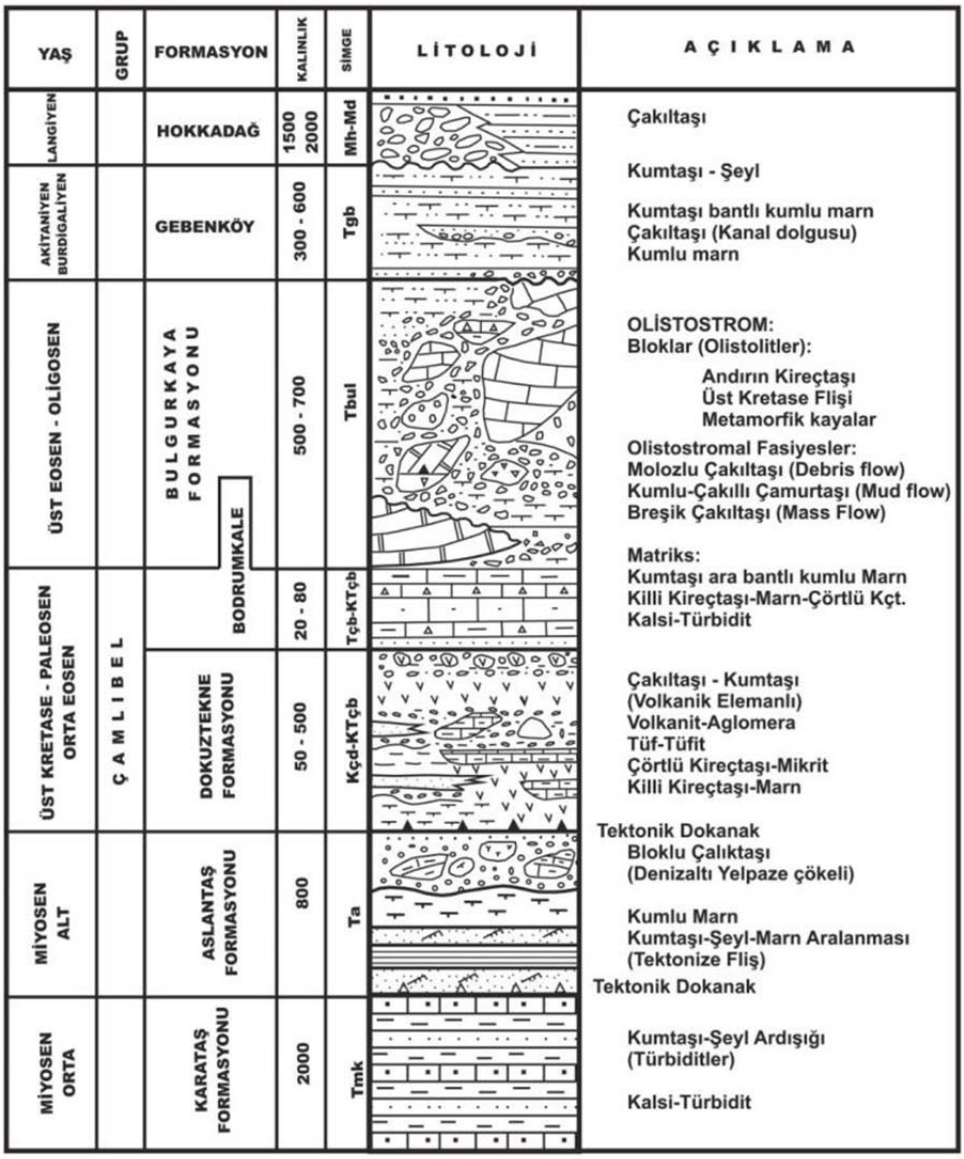
Çoğunlukla serpantinitlerden oluşmuş moloz akması özelliğindeki Andırın Formasyonu (melanjı) içinde, çakıldan çok büyük olistolitlere kadar değişik boyutta Paleozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşı, Mesozoyik ve Eosen yaşlı kireçtaşları, volkanik ve ofiyolit blokları yer alır (Şekil 4.2). Birimin yaşı Üst Lütesiyen Alt Miyosen'dir.

Melanj içerisinde en fazla göze çarpan kaya birimi, aşınmaya karşı olan mukavemetinden dolayı kireçtaşlarıdır. Özellikle Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşları oldukça sert karekterde olduğu için yükselim içerisindeki en yüksek alanları oluşturmaktadır. Birimin matriksi ise genellikle serpantinit, gabro gibi ofiyolitik kayaçlar ile bazalt, spilit, andezit benzeri volkanik kayaçlardan, volkanoklastik kumtaşları ve türbiditik parçacıklardan ibarettir.

Misis uzanımı boyunca Bulgurkaya olistostrumu, Jura'dan Oligosen'e kadar değişen yaş aralıklarında yüzlerce metre boyutlara varabilen breşleşmiş kireçtaşı blokları ile temsil edilmektedir. Daha büyük boyutlu blokları oluşturan kireçtaşları genellikle tekrardan kristalize olmuştur. Detrital kuvars, kuvarsit, detrital kumtaşı, mermer, nadir silisik lav (kuvars mikrofenokristalli) ve biyotit içermektedir. Melanjın yaşı bir bütün olarak, güneydeki levha üzerindeki en genç korunmuş istiften alınan Erken Eosen yaşına ve yersel olarak mostra veren Melanjın üzerindeki örtüden alınan Erken Miyosen yaşına dayanmaktadır (Ünlügenç ve Akıncı, 2017).

4.1.1. Karataş Formasyonu (Tka)

Karataş Formasyonu genelde kumtaşı-marn-kumlu kireçtaşı-çamurtaşı ardalanması ile temsil edilen türbiditik bir istiftir (Şekil 4.2). Çoğun olistostromal düzeylerde yaygın olmak üzere, çeşitli yaşta ve litolojide bloklar içerir. Ayrıca sedimantasyon sırasında naplar ve bloklar şeklinde havzaya taşınmış olan Andırın Formasyonuna ait kayaları da bulundurur. Birim genellikle kumtaşı ve şeyllerden oluşmaktadır. Birimin egemen litolojisi ise kumtaşıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çalışma alanı çevresindeki birimlerin stratigrafik ilişkisini gösteren ölçeksiz stratigrafik sütun kesit (Kozlu, 1997).

4.2. Anavarza Antik Kentinte Kullanılan Kayaçlar

Geniş bir alana yayılan Anavarza Antik şehrinin kalıntılarını; yukarı şehir, aşağı şehir ve sur dışında kalan yapılar olmak üzere üç bölüme ayrılmaktadır (Şekil 3.1;4.3). Anavarza'nın ova üzerine kurulu aşağı şehir bölümü, yüksekliği yer yer 7 metreye ulaşan 20 burçla desteklenmiş, üzerinde kente girişi sağlayan beş farklı kapısı bulunan surlarla çevrilmiştir.



Şekil 4.3. Anavarza Antik Kenti Yapı Kalıntıları (Anavarza Kazı Arşivi).

Antik kentte, günümüze ulaşan kalıntıların yoğunlaştığı alanlardan biride kentin ana sütunlu caddesidir. Yapılan yüzey araştırmaları ve kazılar sonucu aşağı kent surları içerisinde kalan alanda kuzey-güney ve doğu-batı doğrultusunda inşa edilmiş, birbirlerini kesen üç farklı sütunlu caddelerin izlerine rastlanılmaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Anavarza Antik Kenti Yapı Kalıntıları.

4.2.1. Petrografik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Antik kentte kullanılan kayaçların türlerini saptamak için bu cadde üzerindeki sütunlardan, kilise, hamam ve amfi tiyatrodaki kullanılamayacak kayaç parçalarından örnekler alınmıştır. Petrografik incelemeleri yapılan örneklere ait kayaç türleri (Çizelge 4.1)'de verilmiştir.

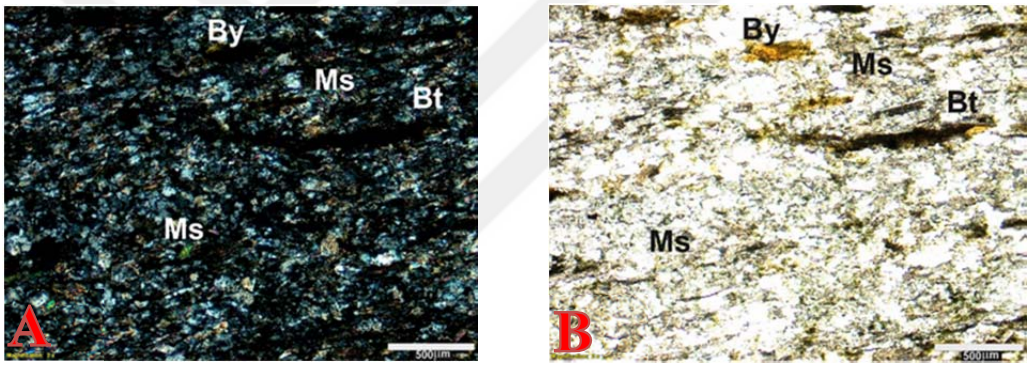
Çizelge 4.1. Kayaçlara ait Petrografik inceleme sonuçları.

Örnekler	Kayaç Türü	Açıklamalar
K2	Muskovit şist	Kuvars, Muskovit, Şist, Biyotit (Kloritleşme var)
K5	Kireç taşı	Kalsit minerali
K6	Granit	Kuvars, Plajiyoklaz, Potasyum Feldispat, Biyotit,
K8	Kireç taşı	Kalsit minerali
K10	Kireç taşı	Kalsit minerali orta, Basınç ikizlenmesi nettir.
K11	Kireç taşı	K10 ‘ nolu örnekle aynı, Kalsit damarları belirgin.
K12	Kireç taşı	K10 ‘nolu örnekle aynı özellikler ve Fosil var.
K13	Magmatik	Granit, Kuvars, Plajiyoklaz, Potasyum Feldispat
K16	Kireç taşı	Kalsit, Kalkı Parçaları, (Basınç ikizlenmesi görülür)
K17	Granit	Kuvars, Plajiyoklaz, Potasyum Feldispat
K19	Kireç taşı	Kalsit minerali küçük tanelerde, İkizlenme nettir.
K36A	Kireç taşı	Kalsit Minerali
K36B	Kireç taşı	Kalsit Minerali
K36C	Kum taşı	Kalsit çimento kum tanelerini bir birine bağlıyor.
K38	Kum taşı	K36C ‘nolu örnekle aynı özellikte
K40	Kireç taşı	Kalsit Parçası
K41	Kireç taşı	Kalsit, Demir Oksit, Klorit
K42	Kireç taşı	Kalsit
K43A	Kireç taşı	Kalsit
K45	Kireç taşı	Kavkı Parçaları
K46	Kireç taşı	Kalsit

Güney Nefi Üzerinden alınan 2 nolu örneğe ait petrografik incelemede Kayaç Muskovitşist olarak saptanmıştır. Lepidoblastik doku göstermektedir. Bileşeninde Kuvars, muskovit, biyotit (kloritleşme var) lerden oluşmakta olup, belirgin yönlenme göstermektedir (Şekil 4.5; 4.6).



Şekil 4.5. Güney Nef 'ten görüntü



Şekil 4.6. Lepidoblastik doku gösteren muskovit şist ((muskovit (Ms), biyotit (Bt) muskovit (Ms), Biyotit (Bt). A; ÇN, B; TN

Yeni kilise olarak adlandırılan alan içerisinde taş bloklar ile magmatik ve sedimanter kökenli sütunlar bulunmaktadır (Şekil 4.7;4.8;4.9).

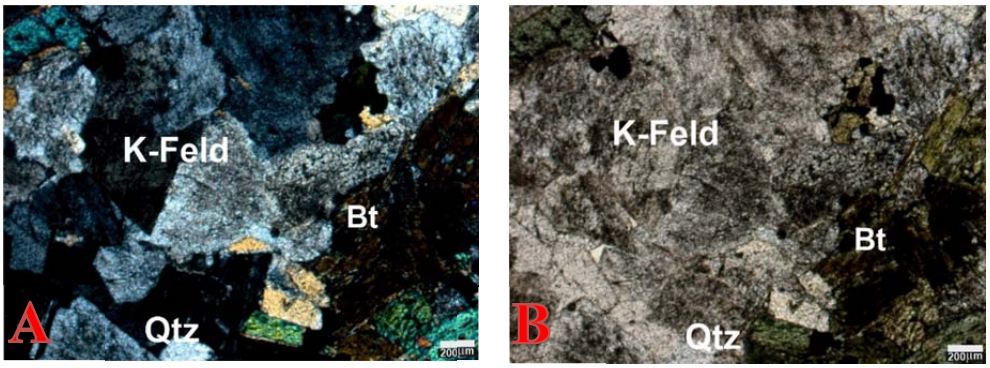


Şekil 4.7. Yeni Kilisede bulunan blok ve sütunlardan görüntü.



Şekil 4.8. Yeni kilise de bulunan granit sütun.

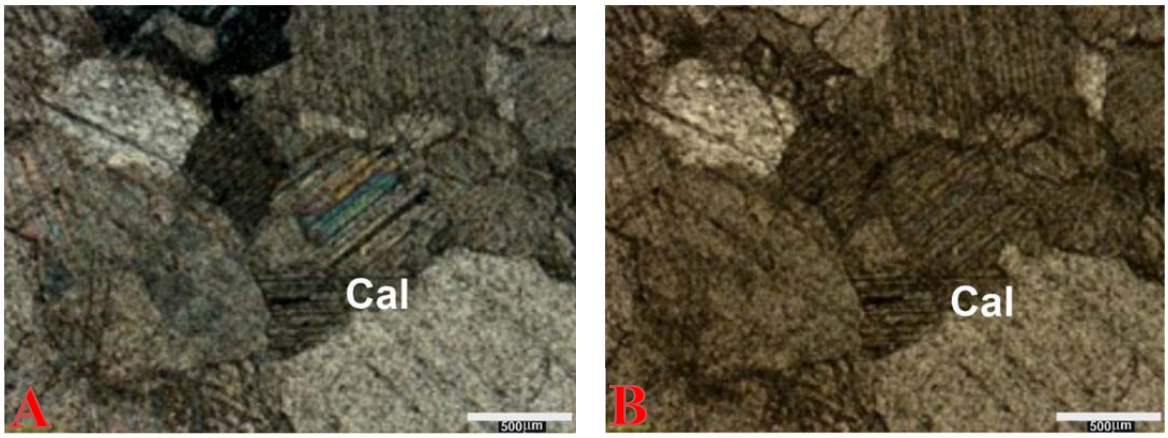
Bu sütunlardan 6 nolu örneklerde (Yatay Sutun) granüler doku gösteren kayaçta kuvars, plajiyoklaz, K Feldispat, biyotit mineralleri saptanmış kayaç granit olarak adlanmıştır.



Şekil 4.9. Kuvars (Qtz), K Feldispat (K-Feld), biyotit (Bt) mineralleri saptanmıştır. A-ÇN/B-TN

Duvar kenarında yatık olarak bulunan beyaz renkli mermer sütun bulunmaktadır (Şekil 4.10). Beyaz renkli sütuna ait kırıktan alınan 9 nolu örnek üzerinde yapılan petrografik incelemelerde granoblastik doku gösteren iri kalsit minerallerden oluşan mermer olarak saptanmıştır (Şekil 4.11).


Şekil 4.10. Mermer sütun bloğu



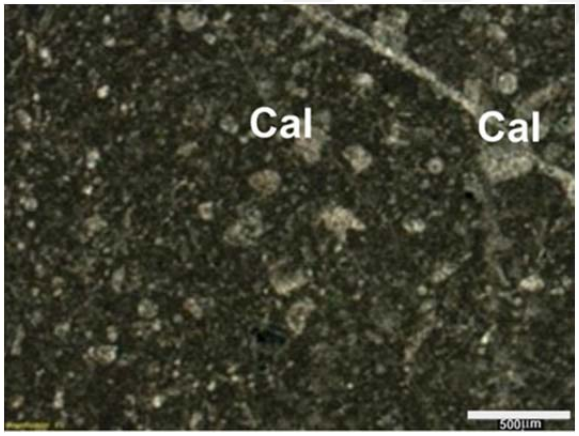
Şekil 4.11. Granoblastik doku gösteren iri Kalsit (Cal) kristallerinden oluşan mermer. A ÇN, B; TN

Yeni kilise civarından alını çevreleyen veya alan içerisinde bulunan kayaç bloklarından (K/ 8-10-11-12)' nolu örnekler alınmıştır (Şekil 4.12).

K8-10-11-12 nou örnekler petrografik olarak benzer özellik göstermektedir. İncelemelerinde 8 nolu örnekte kalsit ve fosil kavkılarından oluşmaktadır. Bol fosilli kavkı parçalı intraklastik, biyo mikritik dokuludur. 10-11 nolu örnekler mikritik kireçtaşıdır (Şekil 4.13)



Şekil 4.12. Anıtsal Çeşme civarından alını çevreleyen veya alan içerisinde bulunan kayaç blok örneği.



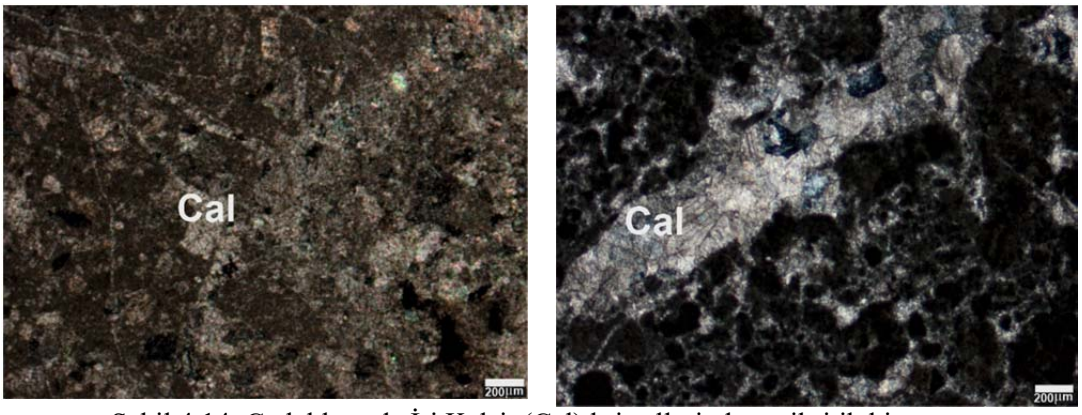
A- mikritik kireçtaşı



B- Bol fosilli kavkı parçalı ıntraklastik, bio mikritik Kireçtaşı,

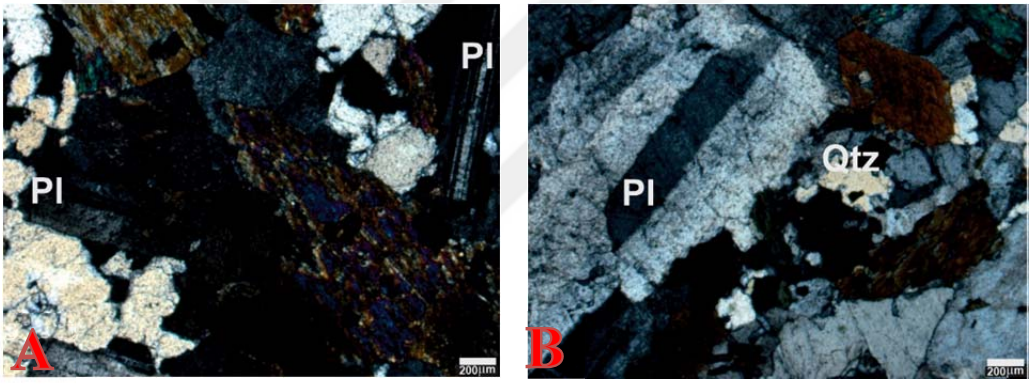
Şekil 4.13. A-mikritik kireçtaşı. B- Bol fosilli kavkı parçalı intraklastik, biyo mikritik Kireçtaşı

Sütunlu galeri Kuzey-Batı sütunundan alınan 12 nolu da çatlakları ikincil iri kalsit dolgulu ve yer yer intraklast taneler içeren mikritik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Çatlaklarında İri Kalsit (Cal) kristallerinden mikritik kireçtaşı

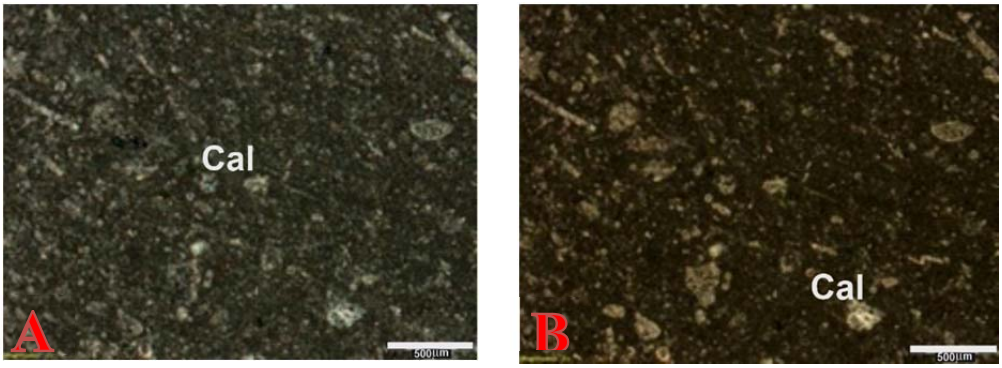
Kuzey-güney doğrultusunda uzanan sütunlu galeri yatay sütundan alınan K13 (Havariler Kilisesi Apsisin Kuzeyi) Sutun örneği granit kayacından yapılmıştır. Petrografik incelelemerinde granüler doku gösteren kuvars, plajiyoklas, K feldispat ve biyotitlerden oluşan kayaç granit olarak saptanmıştır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Granüler doku gösteren granit kesiti Kuvars (Qtz), Plajiyoklas (Pl), K Feldispat (K-Feld) ve biyotitler (Bt) oluşmaktadır (A :ÇN).

Şekil 4.16. Granüler doku gösteren granit kesiti Kuvars (Qtz), Plajiyoklas (Pl), K Feldispat (K-Feld) ve biyotitler (Bt) oluşmaktadır (B: TN).

Havariler Kilisesi Duvarınından alınan K19 örneği mikritik kireçtaşından oluşmaktadır (Şekil 4.16) .

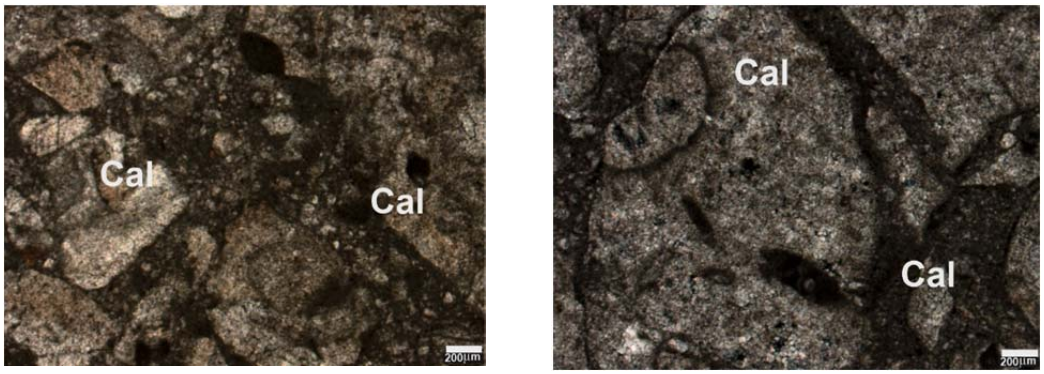


Şekil 4.17. Kalsit mineralinden oluşan mikritik kireçtaşıdır.A: ÇN / B:TN

Sütunlu yol'daki kireçtaşı parçalarından oluşan sütunun petrografik incelemelerinde intraklastlı mikritik kireçtaşı tespit edilmiştir (Şekil 4.17;4.18).



Şekil 4.18. Sütunlu yol üzerinde bulunan Kalkareanit.



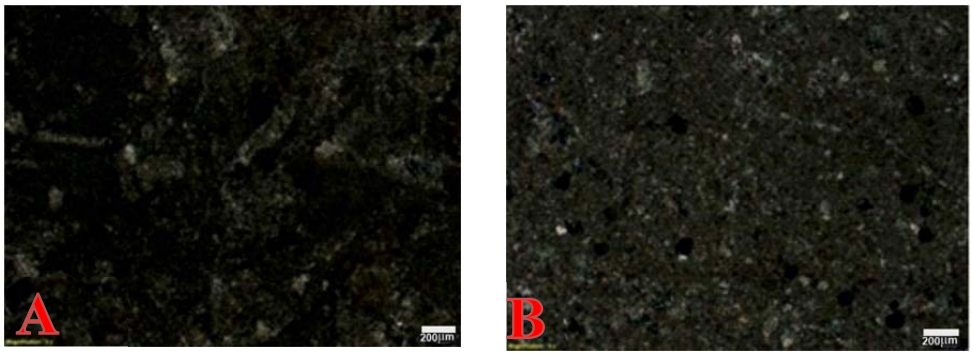
Şekil 4.19. Sütunlu yol üzerinde bulunan Kalkareanit Kalsit(Cal).

Şehir surlarının dışında 62x83 m ölçülerinde eliptik bir plana sahip bir de Amfi tiyatro bulunmaktadır (Şekil 4.19; 4.20; 4.21). Amfi tiyatrodan alınan örnekler 36A-B, K39-40-41örnekleri Kireçtaşı olarak tespit edilmiştir.

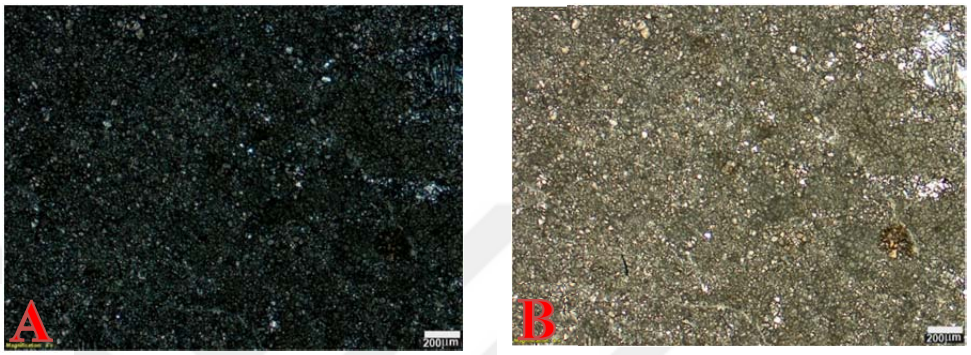


Şekil 4.20. Amfi tiyatrodan genel görünüm.

Kesitlerde kalsit kristalleri bulunmakta olup, mikritik kireçtaşı özelliğindedir (Şekil 4.20).



A-36A Nolu Örnek B- 38 nolu örnek mikritik kireçtaşı



Şekil 4.21. Mikritik kireçtaşı A:ÇN / B:TN



Şekil 4.22. Amfi tiyatro kenar kısmındaki duvar görüntüsü.

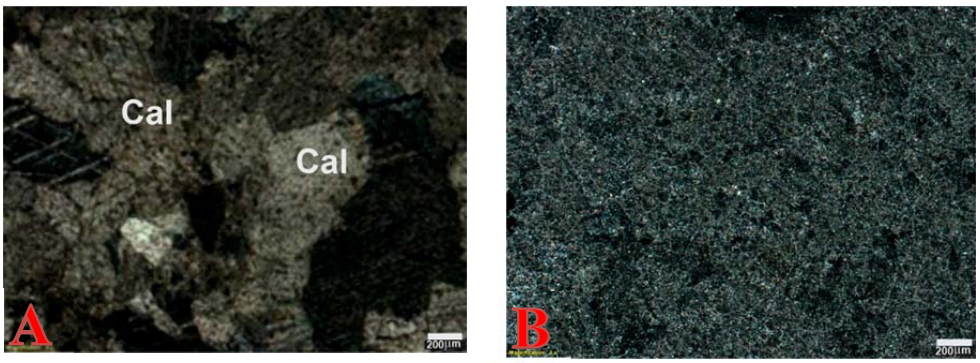
Zafer takı yan duvarından alınan K47- 48 nolu örnekler kireçtaşıdır (Şekil 4.22-23). Anavarza'da Üst şehirinde üzerinde bulunduğu bloktan alınan 42 ve 43 nolu örneklerden 42 nolu örnek kristalen karbonat içeren mermer olarak saptanmıştır. Mermer örneği granoblastik doku göstermektedir. 43 nolu örnek ise mikritik kireçtaşıdır (Şekil 4.24-25). Bölgede saptanan kireçtaşlarının buradan sağlandığı düşünülmektedir. Diğer saptanan Granit ve şist örneği bölge jeolojisinde bulunan kayaçlar değildir. Bu sütunların dışardan getirildiği düşünülmektedir.



Şekil 4.23Zafer Takından bir görünüm.



Şekil 4.24. Zafer takı kenarında bulunun duvarda bulunan kayaç bloklar.



Şekil 4.25. 42 nolu ve 43 nolu örneğe ait kesitlerde A mermer ve B: mikritik kireçtaşı saptanmıştır.

4.3. Anavarza Antik Kentinde Kullanılan Harçlar

Ağırlıkça veya hacimce önceden tespit edildiği miktarda bağlayıcı malzeme ile kum, kırılmış taş gibi dolgu malzemelerinin karıştırılması, bu karışıma hidratasyon ve işlenebilme özelliği sağlayan su ilave edilmesi ve tekrar karıştırılması ile elde edilen, doğal ve sentetik katkı maddeleri de içerebilen, katılaşma özelliğine sahip olan karışıma harç denir. Harçlar, duvar malzemeleri arasındaki tüm boşlukları doldurma kapasiteleri ve taş veya tuğlaya uygulandıklarında sertleşme ve kuvvetli adhezyon özellikleri nedeniyle kullanılırlar. Bünyelerine giren bağlayıcı malzeme çeşidine göre; kil harcı, alçı harcı, çimento harcı, kireç harcı ve melez harç olarak adlandırılırken, yapıdaki kullanım yerlerine göre duvar örgü harçları, sıva harçları, şap-şerbet ve badana olarak sınıflandırılırlar. Duvar örgü harçları; kâgir elemanları birleştirmek ve yatay yükleri almak amacıyla hazırlanan harçlardır. Sıva harçları ise duvar ve tavan yüzeylerini estetik açıdan düzgünleştirmek ve teknik açıdan korumak amacıyla uygulanan sürekli kaplamalardır (Uğur, 2011).

Romalılar, harç olarak kireç ve kumdan veya killi toprakla kumdan oluşturdukları malzemeyi kullanmışlardır. Romalılar Puzolan olarak adlandırdıkları malzemenin bağlayıcılık özelliğini keşfetmişlerdi. Puzolanik malzemeyle yaptıkları su içerisinde dahi sertleşebilen harçları ve betonları birçok önemli yapılarda kullanmışlardır. İnce taneli puzolonik malzemelerin içerisine kalsiyum hidroksitle ve su ile birleştirilmesiyle oluşturulan bağlayıcı hamura kum katılması ile puzolonik harç oluşturulmuştur. Geçmişten günümüze, Puzolonik harçların içine taş parçalarıda ilave edilerek bir çeşit beton elde edilmiştir (Erdoğan ve Erdoğan, 2007).

Tarihinin başlangıcından bu yana kullanılan bağlayıcılar Kil, alçı ve kireç 19. yüzyılda çimentonun icadından önce harçlarda bulunan en yaygın bağlayıcı malzemelerdir.

Antik dönemde harç ve sıvaların dayanırlıklarını arttırmak için harcın içine kan, yumurta, albümin, peynir, reçine gibi organik veya pişmiş toprak gibi (kırılmış ve öğütülmüş olarak) inorganik maddeler eklemişlerdir. Bu maddelerden bazıları sertleşmeyi sağlamak, bazıları sertleşmeyi geciktirmek, bazıları ise sertleşmeden sonra dayanımı arttırmak için kullanılmıştır. Bazı yerlerde ise saman, bitki lifleri, hayvan kılları hatta insan saçı kireç ve alçı sıvalarda bağlayıcı olarak kullanılarak dayanıklılıkları arttırılmıştır. Dolgu maddeleri olarak ise kum, puzzolana, kırılmış taş, mermer ve tuğla parçacıkları kullanılmıştır (Çördük, 2006).

Antik dönemde kullanılan harçlar; Horasan harcı, Alçı harçlar, kireç harçlar ve Roma betonu olarak sınıflandırılmaktadır.

4.3.1. Harç Çeşitleri

Horasan Harcı

Harcın direncini arttırmak amacı ile malzemenin içine yumurta akı, kan, peynir, reçine, pişmiş toprak gibi katkı maddeleri ekleyerek oluşturdukları harçtır. Bazı uygulamalarda saman, bitkisel lifler, insan kılları vb. bağlayıcı maddelere karıştırılmış, dayanıklılığın artması

amaçlanmıştır. Horasan harcı olarak bilinen harç, içinde pişirilmiş ve öğütülmüş toprak ürünleri katılan bir malzemedir. Bazı uygulamalarda kireç, kum ve çakıl karışımı da görülür (Çördük, 2006).

Alçı Harçlar

Günümüzden 4.500 yıl önce Mısırlılar, piramitleri, yaklaşık 2 ile 45 ton arasında değişen taş bloklar ve alçı harcı kullanarak inşa etmişlerdir. Alçı harcının bu inşadaki fonksiyonu bağlayıcılık olmayıp taş blokların düzgün yerleşmesinde sürtünmeyi azaltmak olmuştur (Çördük 2006).

Kireç Harçlar

Antik dönemlerde çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede, kireç yapıların inşalarında kullanılan en temel bağlayıcı malzeme olmuştur. Kireçtaşının ($CaCO_3$) yaklaşık 800-1000^{o}C arasında pişirilmesi ile elde edilmektedir.

Roma Betonu

Roma betonu (opus caementicium) modern betona benzer ve agrega (kum, çakıl, kırmataş), bağlayıcı malzeme ve suyun karışımından meydana gelen yapay bir yapı malzemesidir. Agrega çakıl boyutu malzeme, iri taş-moloz ve tuğla parçalarından elde edilen dayanım sağlayan malzemedir. Bağlayıcı ise, ıslak agrega (sulandırılmış) ile karıştırılıp, kuruduğunda sağlam bir malzeme meydana getirir. Tarihsel olarak kireç veya alçıtaşı bağlayıcı madde olarak kullanılmış, moloz taşlarla karıştırılıp kuvvetli bir harç (kireç harcı) meydana getirilmiştir. Roma'nın bu temel yapı karışımına katkısı, birincil bağlayıcı olarak, İtalya merkezinde Baiae yakınlarında ve Vesuvius Dağı'nın eteklerindeki kentlerin çevresinde bulunan volkanik toz olan Pozzolona'yı (puzolan) ilave etmesidir (Çördük, 2006).

4.3.2. Harçlarda Bağlayıcı Madde İle Kullanılan Agrega

Kum ve çakıl (veya kırma taş) karışımı olarak bilinir. Genellikle büyüklüğü 1-4 mm arasında olan agrega kum olarak, 8-31,5 mm arasında olan agrega ise çakıl olarak adlandırılır. Tabii etkenlerin etkisiyle ufalanma ürünü olup tabiatta hazır rastlanan tanelere iriliklerine göre kum veya çakıl adı verilir.

Tarihi bağlayıcılar içerisinde kireç, arkeolojik yerlerde ve tarihi yapılarda en yaygın şekilde kullanılan bağlayıcı malzeme olmuştur. İnkalar, Mayalar, Çinliler, Mısırlılar, Yunanlılar ve Romalılar gibi birçok farklı medeniyet, tuğla veya taş duvar yapımında ve yüzeylerin işlenmesinde kireç harçları kullanmıştır. Anadolu'da kireç, Neolitik Dönem'de Çatal Höyük (yaklaşık M.Ö. 6500), Hacılar, Aşıklı Höyük (yaklaşık M.Ö. 7000) ve Çayönü'nde sıva olarak kullanılmıştır. Kireç, MÖ 4000 yıllarında Mısır'da harç olarak kullanılmıştır. Bir kireç fırınının kalıntılarında

antik Mezopotamya'da bulunmuştur. Yukardaki veriler ışığında Kireçtaşı kalsinasyonu uygulamasının M.Ö. 2450'den beri bilindiği düşünülmektedir. Harç yapımında kirecin kullanımına ilişkin yazılı belgelere Roma kaynaklarından ulaşılabilmektedir. Buna göre kireç harçlarının Roma döneminde bilinen ilk kullanımı M.Ö. 3. yüzyılın ilk yarısın olarak kabul edilir.

Eski çağlarda kireç yapımı kireçtaşının kalsinasyonu taş veya tuğladan yapılmış fırınlarda içine odun ve kalker yığınları konduktan sonra yakılıp, bir iki gün yandıktan sonra soğumaya bırakılır ve daha sonra sönmemiş kireç fırının alt kısmından çıkarılırdı (Taşcı, 2021).

Kireç katılarak yapılan sıva ve harçlar, Antik Yunan, Roma ve onun devamındaki dönemlerden itibaren çimentonun bulunuşuna kadar geçen zamanda, yapılardaki inşalarında kullanılmıştır. Bağlayıcı madde olarak kullanılan kireç, dolgu malzemesi olarak da agregaların içerisine katılmasıyla kireç harcı ve sıvaları elde edilmiştir. Kireç harcı hazırlanırken kirecin veya harcın özelliğini geliştirmek için kirecin veya harcın içerisine organik ve inorganik maddelerin ilave edilerek oluşturulduğunu da bilinmekteyiz (Mahrebel, 2006).

Anavarza antik alanından Hamam-Palestra yapısındaki tuğlaların arasından bulunan harçlar ile amfi tiyatro da bulunan duvarlardan orijinal konumdaki harçlar alınmıştır (Şekil 4.26; 4.27). Örnekler üzerinde petrografik, Sem, XRD, FTIR analizleri ile tane boyu dağılımı analizleri yapılmıştır.



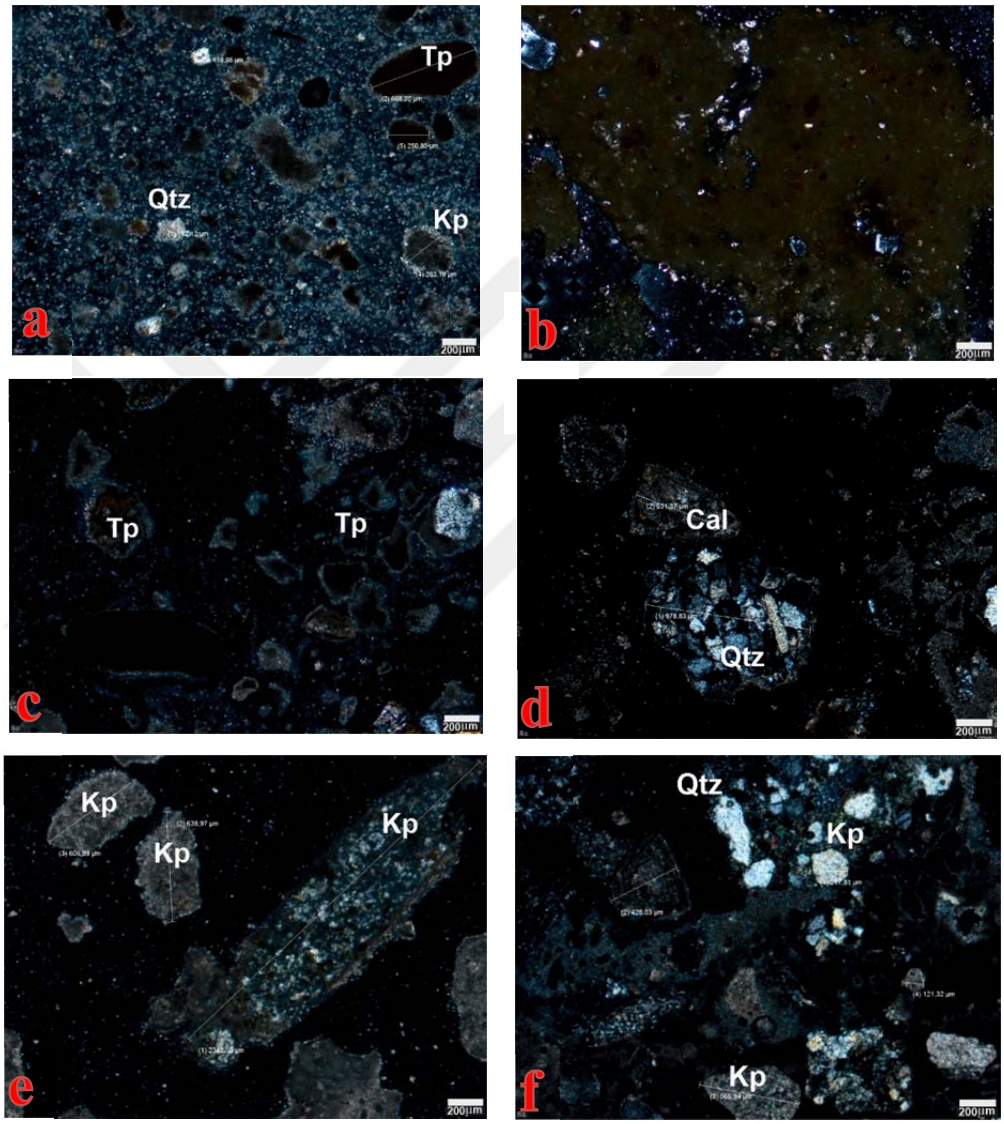
Şekil 4.26. Hamam yapısındaki tuğlalar duvar arasından bulunan harçlar.



Şekil 4.27. a-Amfi tiyatro yapısındaki harçlar – b- Hamam yapısını yanındaki duvardan alınan harçlar.

4.3.3. Petrografik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Harç örnekleri üzerinde ince kesitler yapılarak harç içerisinde kullanılan agrega malzemelerin Petrografik inceleme sonuçlarına göre harç içerisinde bulunan agrega tanelerinin kökeni saptanmaya çalışılmıştır. İncelemelerde agrega tanesi olarak; kalsit, kireçtaşı parçası, kuvars ve tuğla kırıklarından oluşmaktadır. Farklı boyutlarda ve düzensiz şekilli taneler bir araya gelmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. a- Harç içerisindeki kuvars (Qtz), tuğla parçası (Tp), b-kalsit (Cal), c- tuğla parçası (TP), kalsit (Cal), d-Kumtaşı parçası, kalsit (Cal), e- Silttaşı f- kuvars, Silttaşı parçası, kalsit

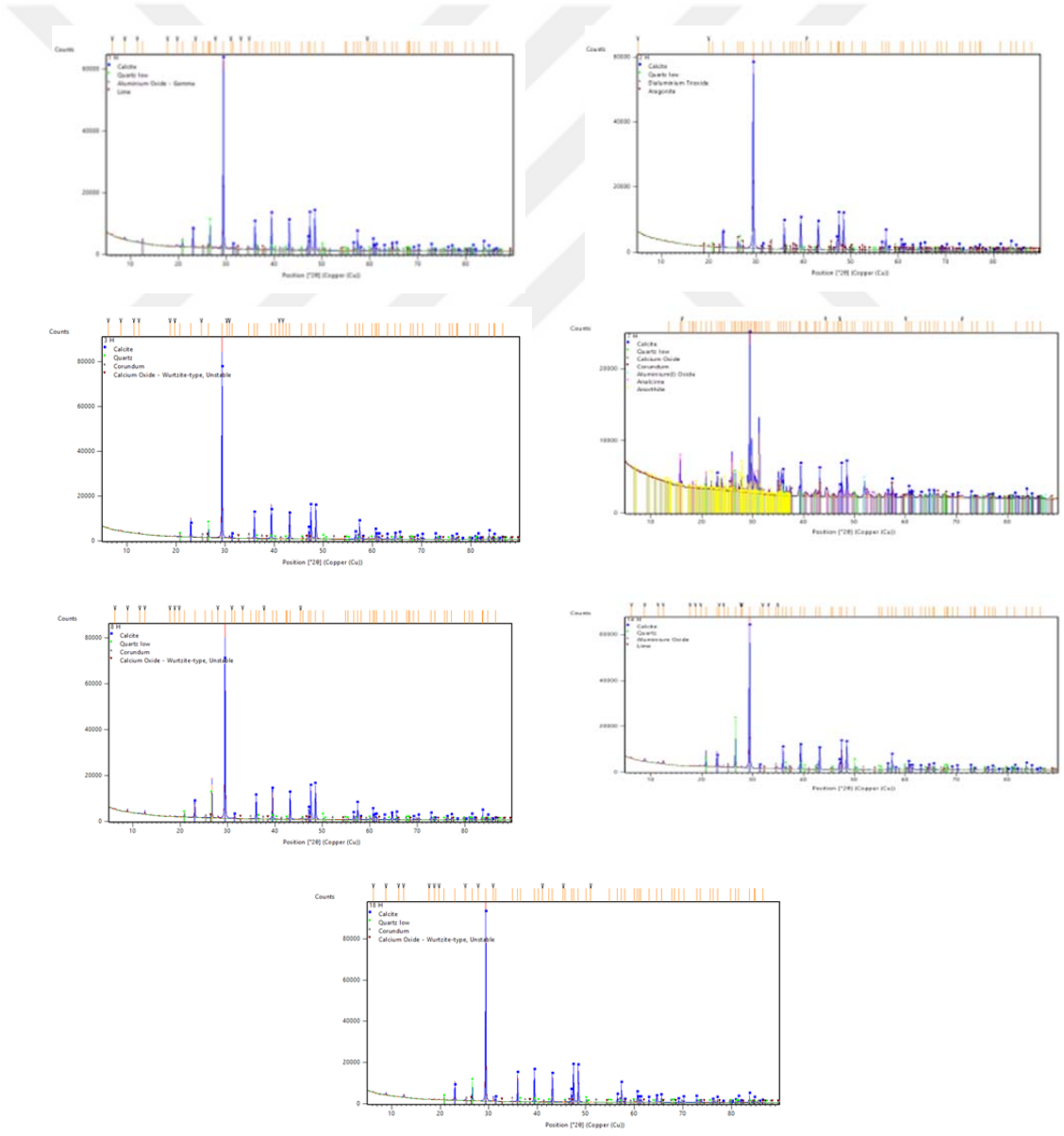
4.3.4. XRD Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

7 örnekte harç içerindeki bağlayıcı ve mineralleri tanımaya yönelik XRD yöntemi kullanılmış olup saptanan mineraller verilmiştir (Çizelge 4.2). Örneklerde çoğunlukla kalsit, kuvars, korund, Alüminyum oksit ve kireç gibi mineraller saptanmış olup petrografik incelemelerle

uyuşmaktadır. Harç içerisinde kuvars, kalsit ve tuğla kırığı ile kil özellikli mineraller saptanmıştır. Kireç taneler arasındaki bağlayıcı malzemeyi oluşturmaktadır (Şekil 4.28).

Çizelge 4.2. XRD yöntemi ile saptanan mineraller

Örnek No	Mineraller			
1H	Kalsit	Kuvars	Alüminyum oksit	Kireç
2 H	Kalsit	Kuvars	Aragonit	Alüminyum oksit
3H	Kalsit	Kuvars	Korundum	Kalsiyum oksit
7H	Kalsit	Kuvars	Korundum	Kalsiyum oksit
8H	Kalsit	Kuvars	Korundum	Kalsiyum oksit
14H	Kalsit	Kuvars	Alüminyum oksit	Kireç
18 h	Kalsit	Kuvars	Korundum	Kalsiyum oksit



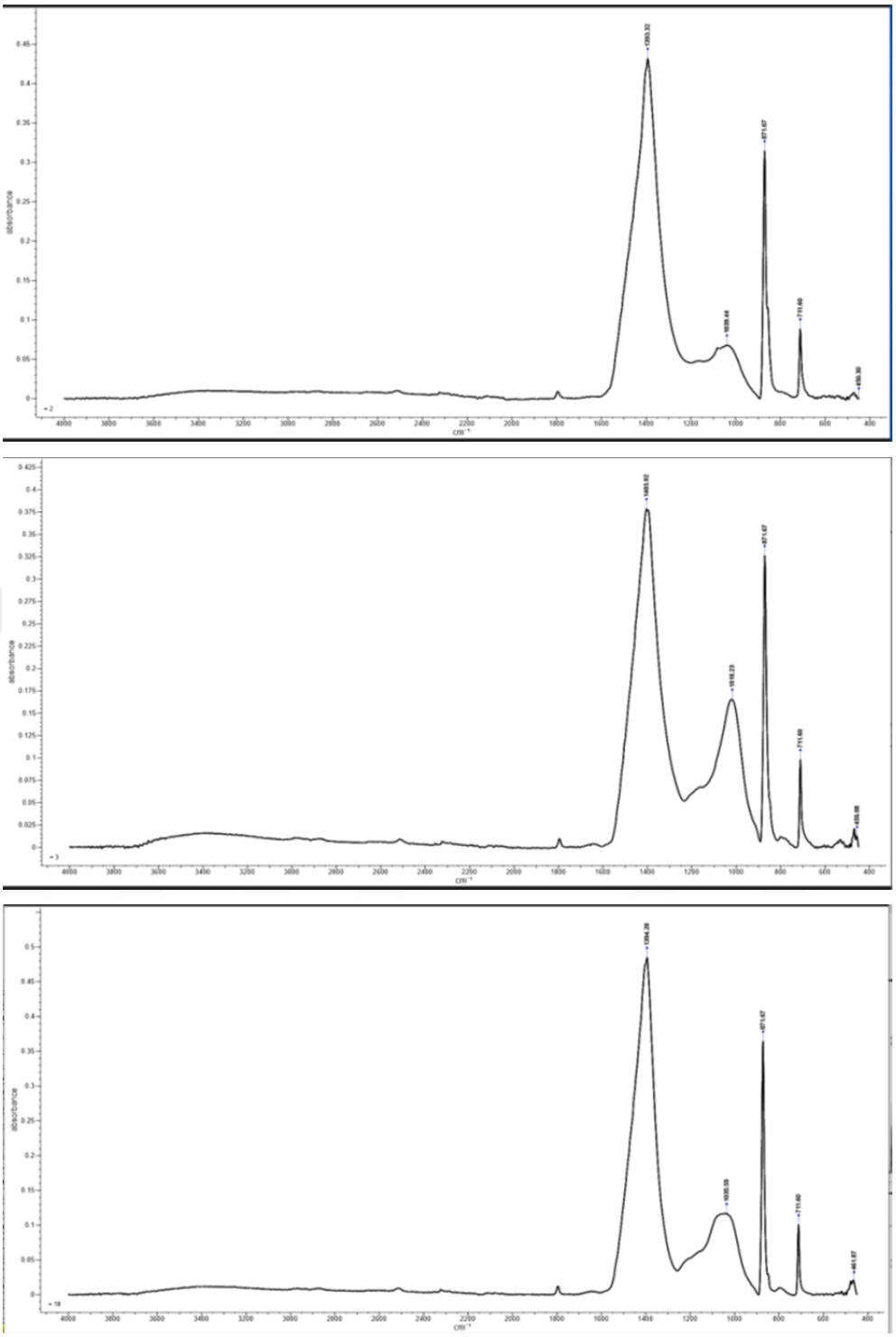
Şekil 4.29. Örneklere ait XRD analiz sonuçları

4.3.5. FT-IR Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Harç içerisindeki bileşenler ile birlikte organik materyallerin kullanıp kullanılmadığının saptanması için FT-IR analizi yaptırılmıştır. Örneklerinin içerisindeki minerolojik bileşimler saptanmış, elde edilen spektrumlar Legodi ve diğ 2007, Benedetto ve diğ 2002 ve Medekhini 2016, ile karşılaştırılarak, örneklerdeki mineral bileşimleri verilmiştir (Çizelge 4.3). Kuvars, kalsit, illit, jips, mineralleri ile karbonat (kireç) mineralleri saptanmıştır. Harç içerisinde ince taneli kum (kuvars) boyutunda ve kil (illit) boyutunda malzemelerde bulunmaktadır (Şekil 4.29). EDX sonuçlarıda bağlaycıcı olarak kireç kullanıldığını destekler niteliktedir,

Çizelge 4.3. Harç örneklerine ait FTIR analiz spekturumlarına göre tanımlanan mineraller

Örnek No	Peak cm-1	Mineral faz	
2	1393,32	Karbonat	C-O
	711,6	Karbonat	
	871,67	Karbonat	
	1039,44	Kuvars/illit	
3	1403,92	Kalsit	
	1018,23	Jips	Si-O
	871,67	Karbonat	C-O
	711,6	Karbonat	C-O
	456,08	Kuvars/İllit	Si-O-Si
18	1394,28	Karbonat	
	1035,59	Silika/Kil	Si-O,Si-O-Si
	871,67	Karbonat	C-O
	711,6	Karbonat	
	461,87	Kuvars/İllit	Si-O-Si



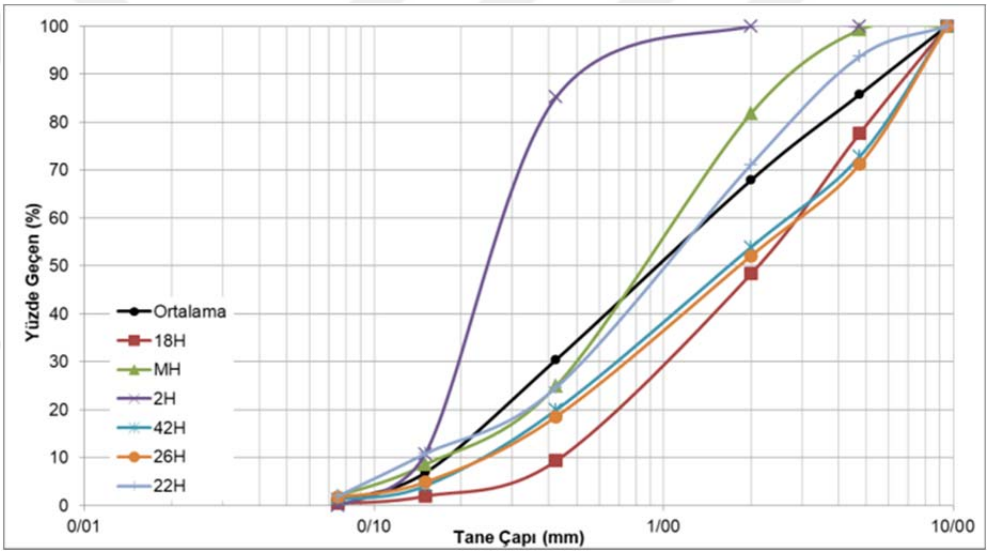
Şekil 4.30. 2-3-18 nolu harç örneklerine ait FI-TIR grafikleri

4.3.6. Granülometrik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Harcı oluşturan malzemenin boyut dağılımını (%) belirlemek için elek analizi yapılmıştır (Şekil 4.30). Bu analiz sonuçlarına göre H-2 nolu örnekte genelde malzeme kum boyutundadır, Diğer örneklerde ise %0,5 ile 1,9 arasında kil-silt boyutu, % 69,384-97,193 arasında kum boyutu malzemeden, % 0,791 ile 28,816 arasında ise çakıl boyutu malzemeden oluşmaktadır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Harcı oluşturan malzemenin boyut dağılımı (%)

Örnek No	Kil + Silt % <0,075 mm	Kum % >0,075-<4,75 mm	Çakıl % >4,75 mm	Örnek Alınma Yeri
18	0,500	77,175	22,333	Havariler Kilisesi harç
MH	2,017	97,193	0,791	Hamam yanı mozayik
2H	0	100,00	0,000	Yeni kilise Güney nefi Üzerindeki 1, ayak
42H	1,325	71,467	27,208	Amfi Tiyatro Kenar duvarı
26H	1,800	69,384	28,816	Palestra Kuzey taş duvar
22H	1,974	91,672	6,354	Palestra Doğu tuğla duvar



Şekil 4.31. Tane boyu dağılım grafiği

Harçta Bağlayıcı Miktarı

Harç örnekleri %5 lik HCL çözeltisi içerisinde iyice çözünene kadar bekletilmiş ve sonra tartılmıştır. Aradaki fark bağlayıcı içerisindeki $CaCO_3$ miktarını vermektedir (Çizelge 4.5). Bu sonuçlara göre H2 ve H22nolu harç örneklerinin %80 üzerinde $CaCO_3$ lı bağlayıcından oluştuğu, H42 ve H26 örneklerinde ise $CaCO_3$ oranı %24ile 27 arasında bulunmaktadır.

Çizelge 4.5. Harç içerisindeki bağlayıcı miktarı

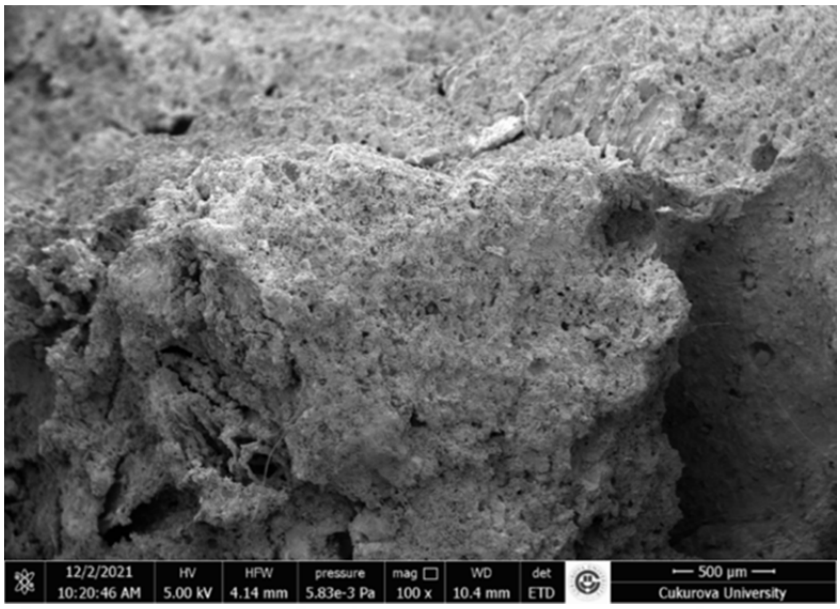
Örnek No	İlk ağırlığı (gr)	Son Ağırlık (%5 lik HCL) (gr)	Bağlayıcı Miktarı(gr)	% CaCO3 Bağlayıcı
H18	275,700	186,800	88,90	32,245
MH	67,700	21,400	46,30	68,390
H2	37,700	5,700	32,00	84,881
H42	418,400	315,900	102,50	24,498
H26	444,900	323,100	121,80	27,377
H22	166,200	19,800	146,40	88,087

4.3.7. SEM-EDS Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

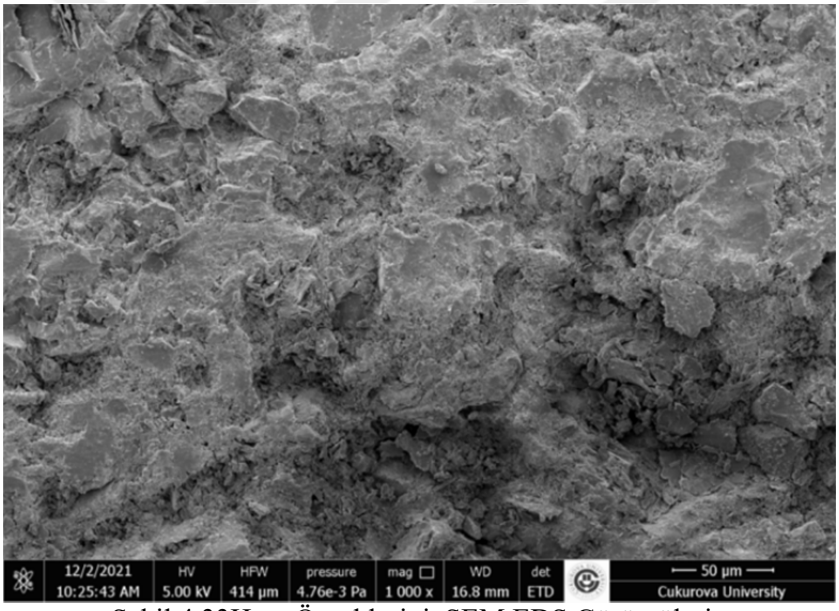
Örnekler üzerinde farklı büyütmelerde SEM taraması gerçekleştirilmiştir. 1000 büyütmede genelde ince tanelerin kireç bağlayıcı ile oluşturduğu gözenekli yapı ve bunların içerisinde iri taneler görülmektedir (Şekil 4.31). Büyütmeyi artırarak, ince agregaların morfolojisini gözlemleyebiliriz.

İnce agregalar, SEM görüntülerinde düzensiz morfoloji gösteren küçük kristal yapılara sahip veya küçük boyutlu amorf parçacıklardan oluşmaktadır (Şekil 4.32; 4.33). SEM görüntüleri ayrıca silikanın camsı fazlarını da göstermektedir. Amorf partiküller, puzolanın kireçle reaktivitesini artırabilecek şekilde puzolanın yüzey alanını genişletmiştir. Analiz edilen örneklerde puzolanların sıklığı, şekli ve boyutu oldukça benzer bulunmuştur. Bağlayıcıların mikroyapısal özellikleri SEM-EDS analizleri ile belirlenmiştir. SEM-EDS görüntülerinde agregalar ile kireç arasında zayıf bir yapışma tespit edilmiştir.

Bağlayıcıların mikroyapısal özellikleri SEM-EDS analizleri ile belirlenmiştir. SEM-EDS görüntülerinde agregalar ile kireç arasında zayıf bir yapışma tespit edilmiştir.

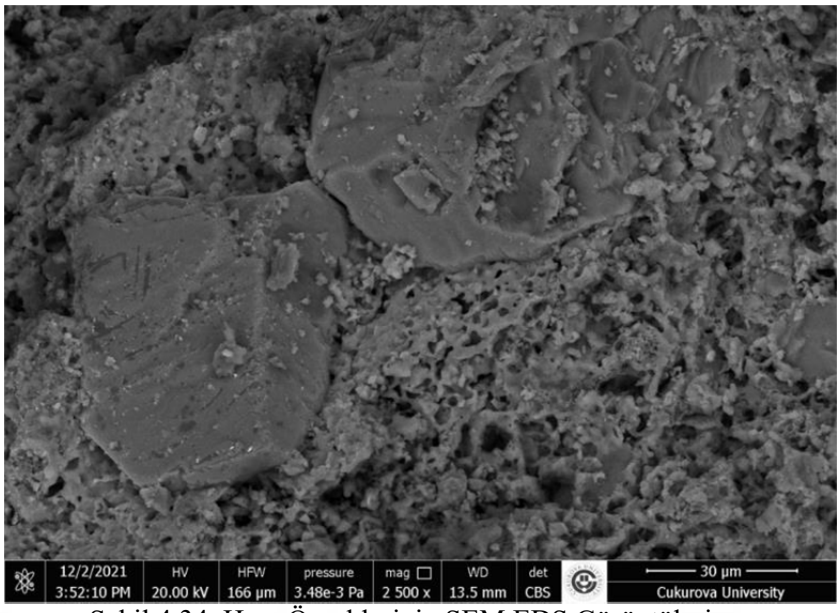


Şekil 4.32. Harç Örneklerinin SEM Görüntüleri



Şekil 4.33Harç ÖrnekleriniSEM EDS Görüntüleri

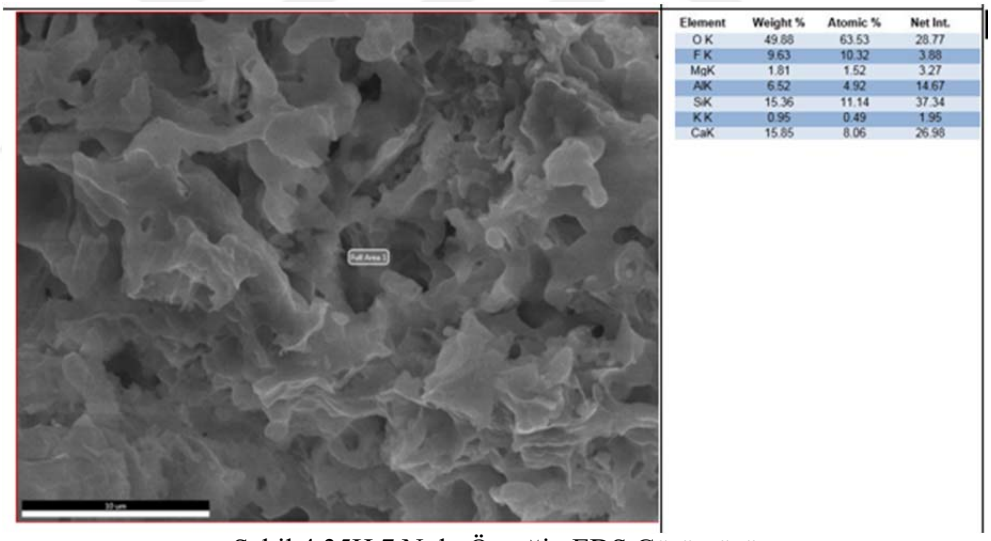
SEM görüntüleri örneklerin çoğunda kalsit bağlayıcı ve silikatlı agregalar arasındaki iyi adhezyonu göstermektedir.



Şekil 4.34. Harç Örneklerinin SEM EDS Görüntüleri

H 7 Nolu Örnek

SEM EDS analizlerinde Ca, O, Si, Al, K, F, Mg elementlerin saptanması bu yapı içerisinde kireç, kil, kuvars içeriklerinin bulunduğunu doğrulamaktadır (Şekil 4.34).

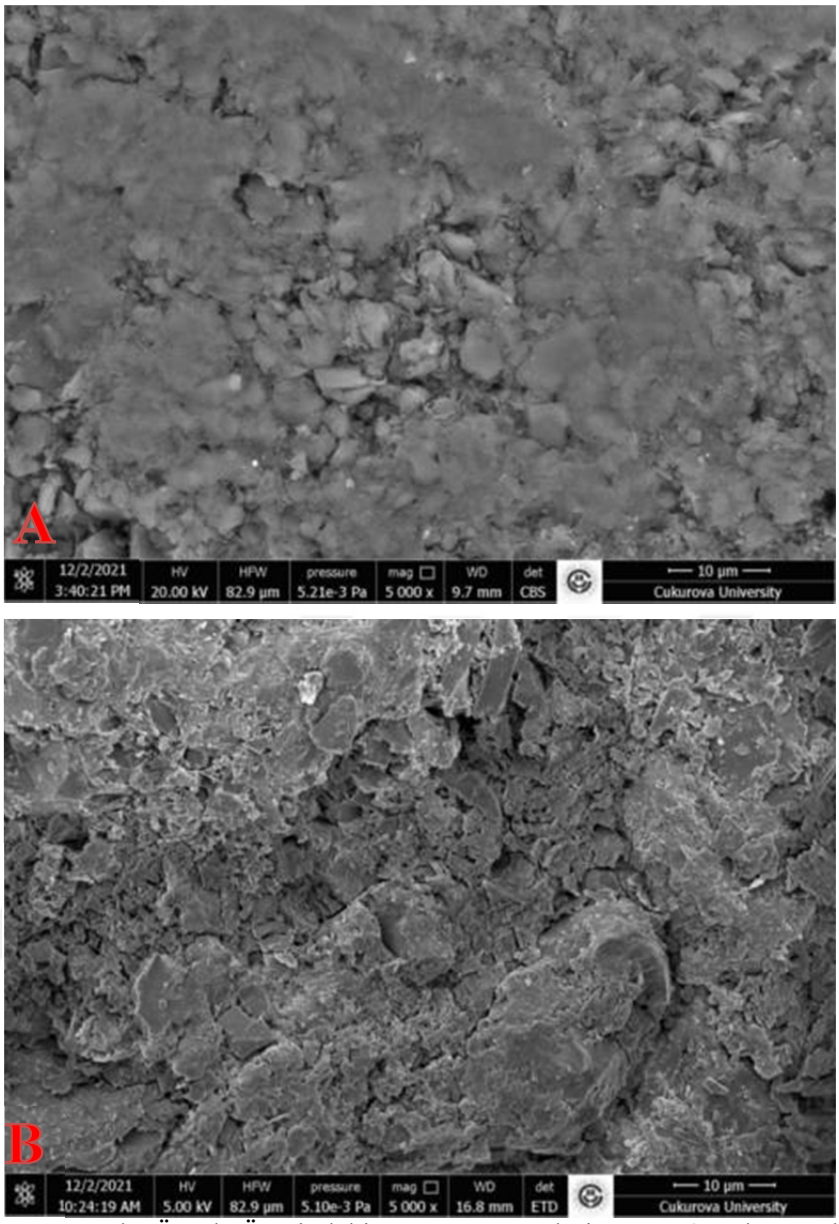


Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	49.88	63.53	28.77
F K	9.63	10.32	3.88
MgK	1.81	1.52	3.27
AlK	6.52	4.92	14.67
SiK	15.36	11.14	37.34
K K	0.95	0.49	1.95
CaK	15.85	8.06	26.98

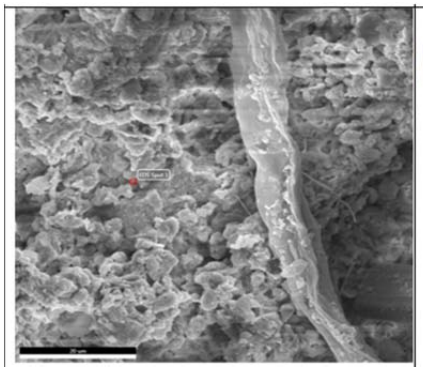
Şekil 4.35H 7 Nolu Örneğin EDS Görüntüsü

H 8 Nolu Örrnek

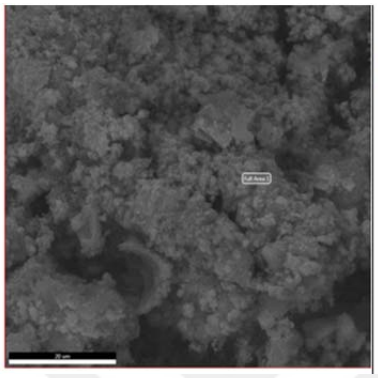
Kireç topaklarının XRD ve SEM-EDS analizlerinin sonuçları, Roma kireç harçlarının üretiminde küçük portlandit ((Ca (OH)2) yeniden oluşan) kristallerinden oluşan, hidrolik olmayan ve yüksek kalsiyumlu kireç kullanıldığını ortaya çıkarmıştır (Şekil 4.35; 4.36).



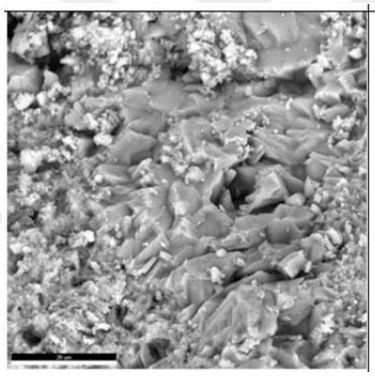
Şekil 4.36 A: H 8 Nolu Örnek Üzerindeki SEM Görüntüleri. B: H 8 nolu örnekte yer yer iri boşluklar içerisinde boşluklar farklı boyutlardaki bileşenler.



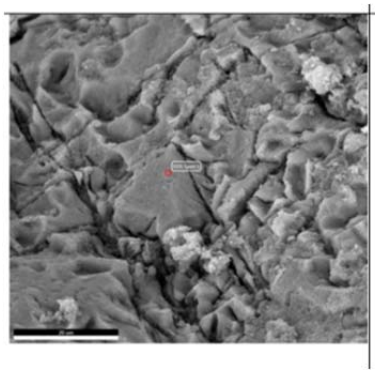
Element	Weight %	Atomic %
O K	68.1	84.25
CaK	31.9	15.75



Element	Weight %	Atomic %
O K	56.34	75.06
SiK	7.57	5.75
CaK	36.08	19.19



Element	Weight %	Atomic %
C K	6.41	11.02
O K	52.61	67.88
CaK	40.98	21.11



Element	Weight %	Atomic %
O K	53.44	66.83
SiK	46.56	33.17

Şekil 4.37. H 8 Nolu Örneğin EDS Görüntüleri

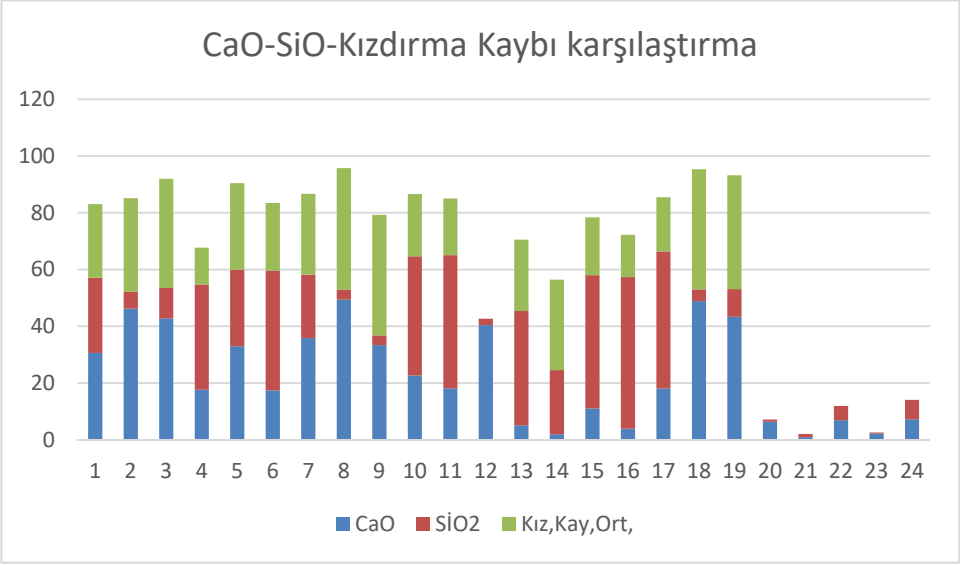
4.3.8. Kimyasal Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Harç örnekleri üzerinde Birincil element analizleri Gravimetrik ve Atomik absorbsiyon yöntemi ile yapılmış ve sonuçlar (Çizelge 4.6 'da verilmiştir). Analiz sonucunda CaO oksit ile SiO_2 değerleri öne çıkmaktadır. CaO değerleri %27.354 ile ile 48,85 arasında, SiO_2 değerleri %2,28 ile 53,39 arasında değişmektedir. Fe_2O_3 %0,31 ile 4,39 arasında bulunmaktadır. Kalsit mineralinin CaO dönüşmesi ile CaO miktarı arttığında Kızdırma kaybı miktarı artmaktadır (Şekil 4.37).

Çizelge 4.6. Harç örneklerine ait birincil element analiz sonuçları (%)

Örnek No	CaO	SİO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	K2O	Na_2O	Kızdırma Kaybı	Genel Toplam
H 1	30.58	26.53	3.09	2.19	1.71	0.416	0.124	25.95	91
H 2	46.24	5.9	0.88	0.81	0.53	0.187	0.092	32.99	88
H3	42.76	10.77	0.79	0.91	0.76	0.2	0.09	38.43	95
H7	17.64	37.09	7.74	4.39	2.86	1,174	0.84	12.99	85
H8,	32.99	26.97	2.03	1.78	1.48	0.178	0.09	30.51	96
H14	17.4	42.23	1.66	3.05	1.61	0.23	0.074	23.82	90
H 18	35.83	22.35	0.91	1.45	1.09	0.12	0.154	28.5	90
H22	49.41	3.53	0.6	0.35	0.23	0.166	0.19	42.79	97
H25	33.38	3.42	0.38	0.31	0.3	0.452	0.06	42.5	81
26A,H,	22.62	42.07	2.1	3.11	1.47	0.18	0.23	21.9	94
27 H,	18.12	46.94	4.18	2.94	1.7	0.169	0.48	19.98	95
37 H,	11.04	46.95	3.69	3.26	1.34	1,160	0.28	20.38	88
42 H,	3.94	53.39	4.2	1.53	0.59	0.23	0.28	14.88	79
44 H,	18.09	48.25	2.17	3.37	1.56	0.157	0.1	19.16	93
50 H,	48.85	4.15	0.62	0.34	0.59	0.283	0.132	42.35	97
55B H,	43.36	9.75	1.23	0.76	1.35	0.34	0.082	40.13	97

Ort	27.35	26.08	2.12	1.97	1.07	276.91	0.20	28.57
Max	49.41	53.39	7.74	4.39	2.86	1568	0.84	42.79
Min	1.94	2.28	0.32	0.31	0.23	0.066	0.028	12.99



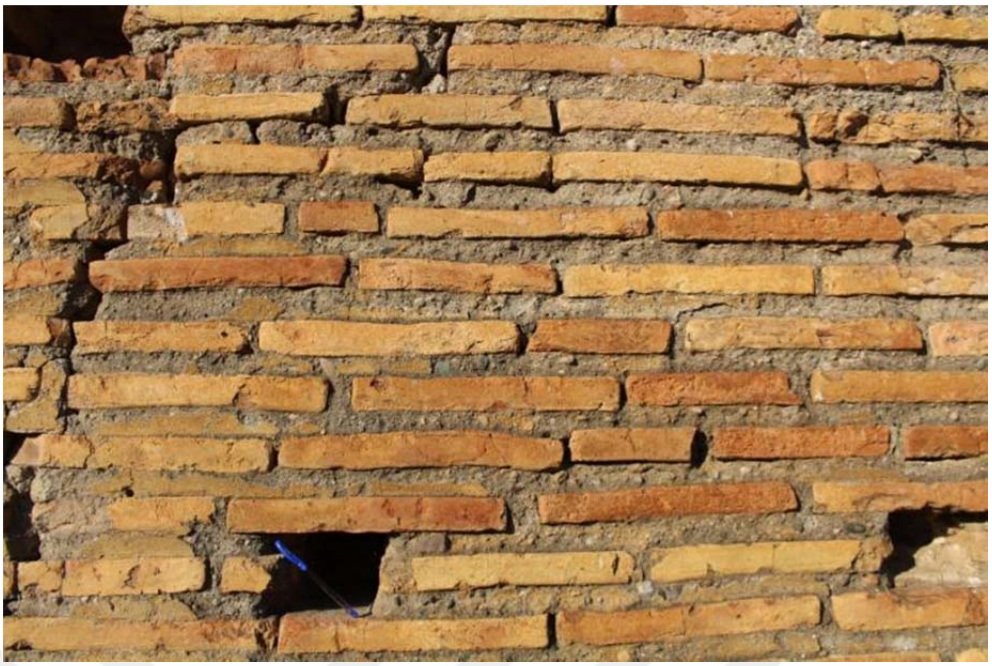
Şekil 4.38. Kızdırma Kaybı analiz sonuçları

4.4. Anavarza Antik Kentinde Kullanılan Tuğlalar ve Seramikler

Anavarza'da yakın dönemlerde yapılan araştırmalarda otuzdan fazla tuğla yapı tanımlanmış olmasına rağmen birçoğunun işlevleri saptanamamıştır. Anavarza'da bu tuğla yapılardan dört veya beşinin hamam yapısı olduğunu belirtmektedir (Cicci, 2013: 141-166). Roma dönemine tarihlenen bu yapılardan ilki kentin merkezinde sütunlu caddeye yakın olan güneybatı hamamıdır. Cicci bu yapıyı Anavarza'daki ana yapılardan biri olarak tanımladıktan sonra ikinci büyük hamam olarak, daha kuzeyde yer alan kuzeybatı hamamını ise kentin en büyük hamamı olarak niteler (Şekil 4.38; 4.39). Hamam batı kenarında büyük su havuzlu 40x25 m. bir alan kaplamaktadır (Cicci, 2013, Buyruk 2016) (Şekil 4.40).



Şekil 4.39. Şehrin Kuzeyinde yer alan Kuzeybatı Hamamı.



Şekil 4.40. Kuzeybatı Hamamı ve Tuğlaları

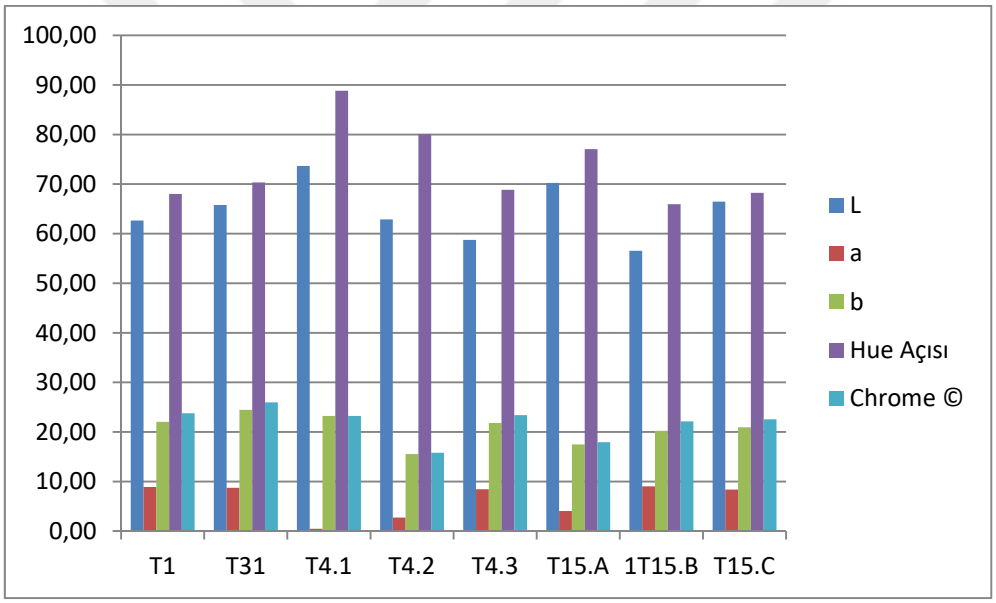


Şekil 4.41. Şehrin kuzeyinde yer alan küçük hamam ve havuz kısmında tuğlalardan görünüm

Büyük Hamam ve Kuzey Doğusundakki tuğlalardan örnekler alınmıştır. Alınan bu örnekler üzerinde petrografik incelemeler, XRD, TGA, SEM ve renk ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 4.7; Şekil 4.41).

Çizelge 4.7.Tuğla ve Seramikler Üzerindeki Renk ölçümleri

Örnek No	L	a	b	Hue Açısı	Chrome ©
T1	62.65	8.90	22.04	68.01	23.76
S31	65.79	8.73	24.45	70.35	25.96
T4.1	73.65	0.48	23.22	88.83	23.22
T4.2	62.86	2.73	15.56	80.04	15.79
T4.3	58.76	8.44	21.80	68.85	23.38
T15.A	70.23	4.04	17.49	77.03	17.95
1T15.B	56.53	9.02	20.21	65.94	22.13
T15.C	66.47	8.38	20.92	68.24	22.54
S32.A	50.73	19.29	29.59	56.80	35.35
S32.B	55.76	15.02	28.40	62.12	32.13



Şekil 4.42. Tuğla ve Seramikler Üzerinde Renk Ölçümü

4.4.1. Petrografik Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Hamam ve havuz kısmında bulunan açık renkli ve koyu renkli tuğlalar ile havuz içerisinde bulunan kanalet örneği üzerinde ince kesitler yapılarak Petrografik incelemeleri yapılmış, analiz sonuçları verilmiştir (Çizelge 4.8; 4.9). Örneklerin bir çoğunda Kuvars, kalsit, Biyotit ve Fe oksitler yaygın olarak bulunurken bazı örneklerde dolomit ve klorit mineralleri de saptanmıştır (Şekil 4.43;4.44). Kuvars ve kalsitler genelde iri kristaller şeklinde gözlenirken biyotitler küçük kristaller halinde bulunmaktadır.

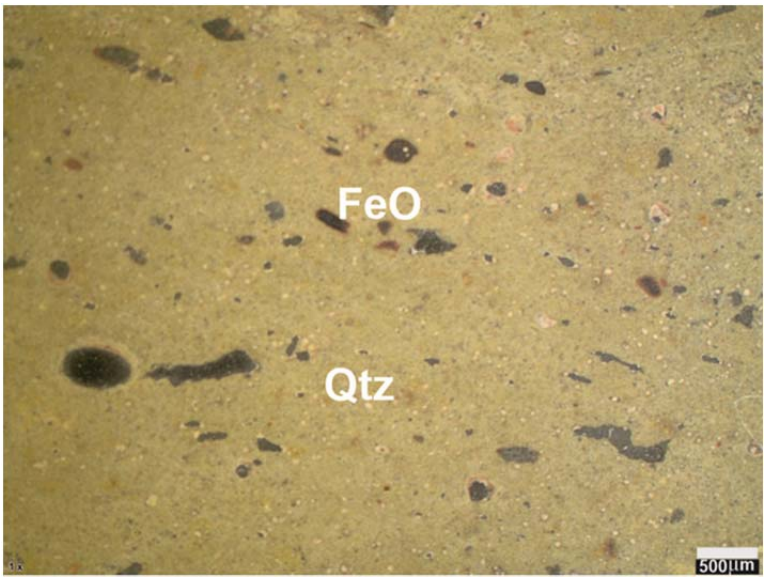
Çizelge 4.8. Tuğla Örneklerinin Petrografik Özellikleri

Örnekler	Minerolojik Bileşim
T1	Kuvars,Kalsit,Dolomit, Biotit,Demir Oksit,
T4.1	Kuvars,Kalsit,Demir Oksit,Biotit ,kumtaşı parçası
T4.2	Kuvars,Kalkı Parçası,Demir Oksit,Biotit,Kalsit
T4.3	Kuvars,Kaya Parçası,Biotit,Klorit,Demir Oksit
T15A	Kuvars,Kalsit ,Kaya Parçası,Demir Oksit
T15B	Kuvars, Kalsit, dolomit Demir Oksit,Biotit
T15C	Kuvars, dolomit, Demir Oksit,Küçük Biotitler

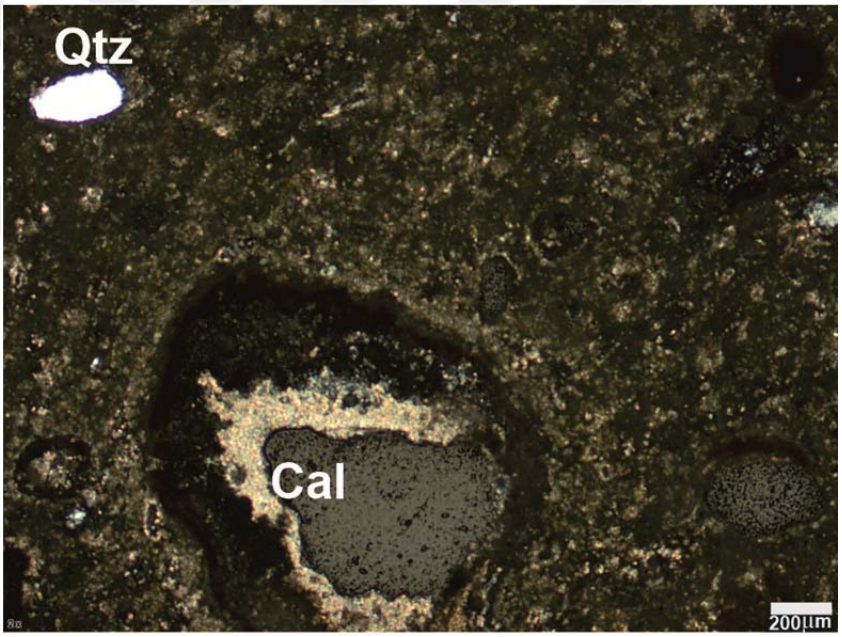
Çizelge 4.9. Seramik Örneklerinin Petrografik Özellikleri

Örnekler	Minerolojik Bileşim
S31	Kuvars,Kalsit,Muskovit,Biotit
S32A	Kuvars,Demir Oksit
S32B	Demir Oksit
S32C	Kuvars,Kalsit

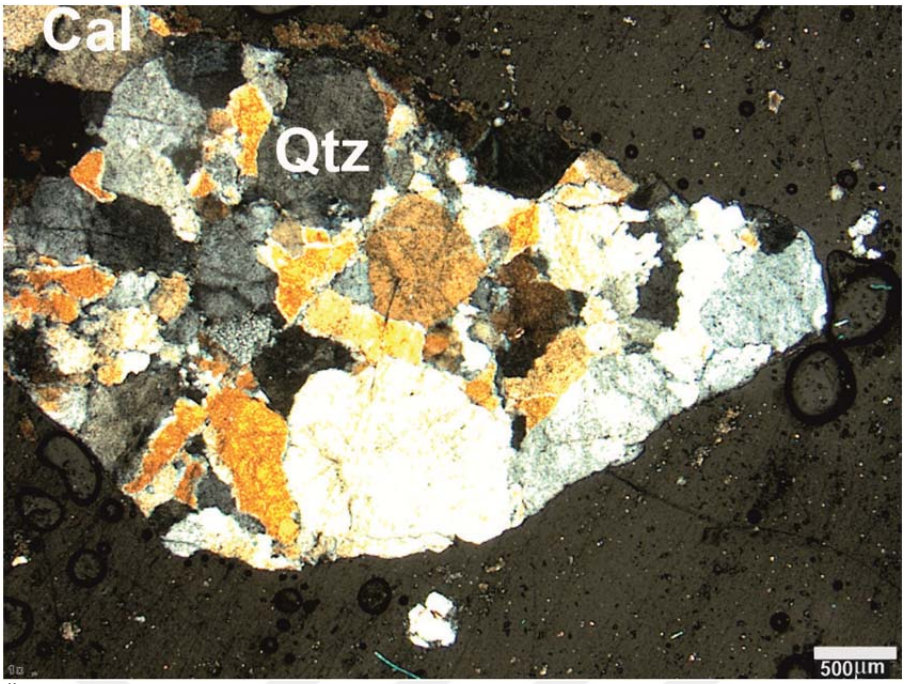
Hamamdan alınan T 4.1-4.3 nolu örneklerde mineraller hamur içerisinde genellikle küçük taneler şeklinde dağılmaktadır (Şekil 4.42). Bağlayıcı kil hamur içerisinde kuvars minerali, birincil kalsit ve boşluklar içerisinde gelişen ikincil kalsit mineralleri bulunmaktadır (Şekil 4.43). Ayrıca Fe oksitler (Hematit) ile ince biyotit yer yer kumtaşı parçalarına rastlanılmaktadır (Şekil 4.44).



Şekil 4.43. T4.1' Nolu örneğe ait binoküler mikroskop görüntüsü Kuvars(Qtz), Feoksit(FeO)mineralleri (Mineraller hamur içerisinde genellikle küçük taneler şeklinde dağılmaktadır.)

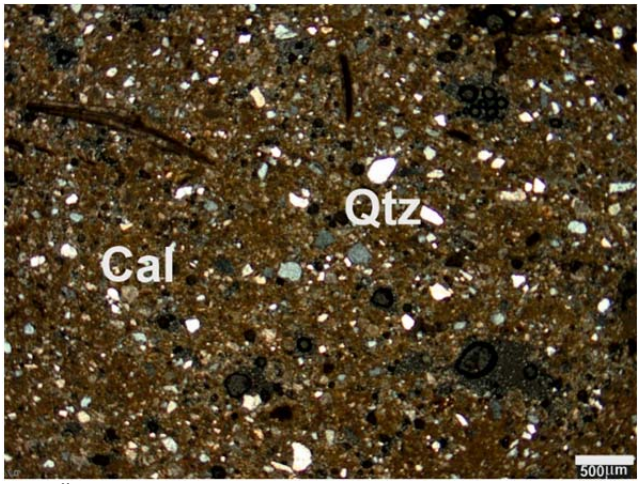


Şekil 4.44. Boşluklar içerisinde gelişen ikincil Kalsit(Cal), Kuvars(Qtz) minerali

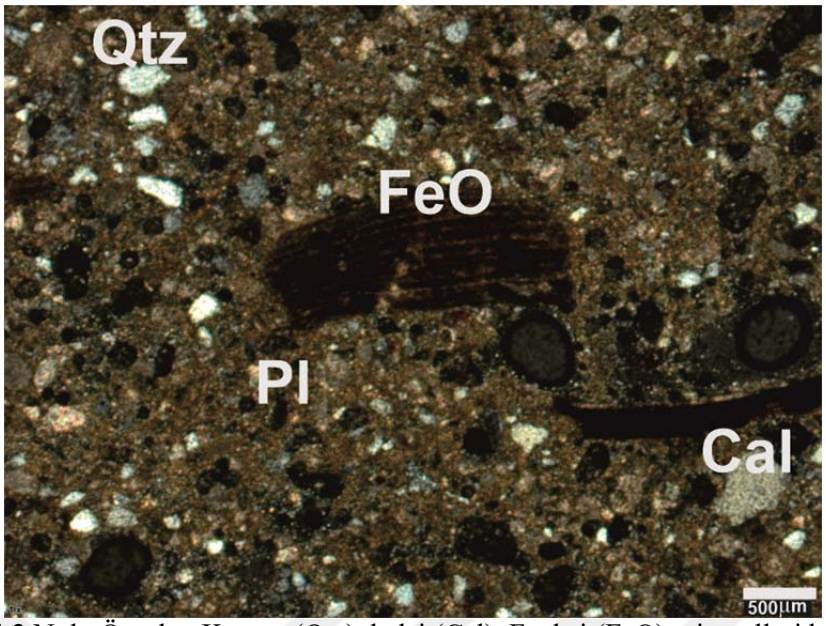


Şekil 4.45. Örnek içerisinde bulunan kumtaşı kayaç parçası ile kalsit(Cal), Kuvars(Qtz) mineralleri.

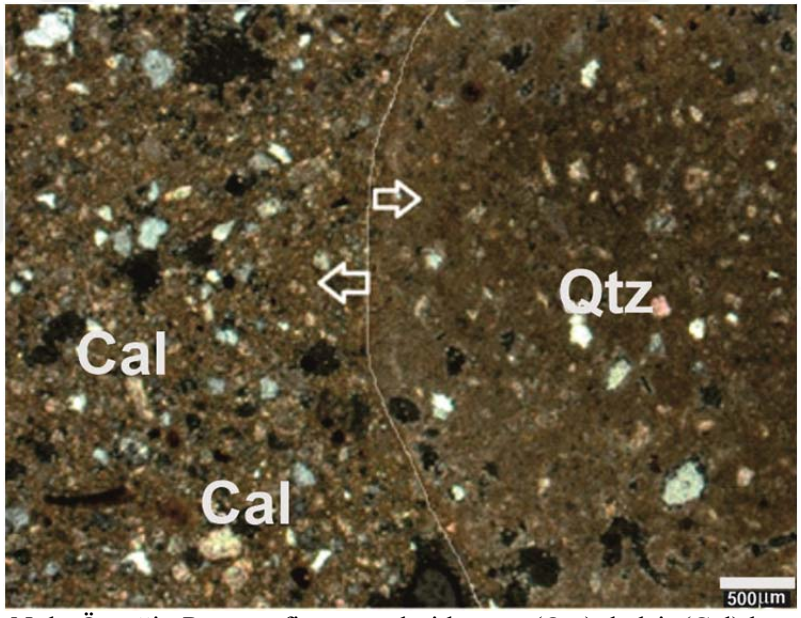
Kesit T4.2 tuğla örneklerine ait kesitlerde daha iri minerallere rastlanılmaktadır. Kesitte Kuvars, kalsit, Fe-oksit mineralleri ve fosil kavkıları bulunmaktadır (Şekil 4.45). İkincil boşluk içerisinde kalsit, zeolit saptanmıştır. Kesit içerisinde yer yer bazı bölgelerde ince taneli hamur bulunmaktadır. Bu durum karıştırma veya pişme sıcaklıklarının homojen olmadığını göstermektedir (Şekil 4.46; 4.47;4.48).



Şekil 4.46. T4.2 Nolu Örnek Kuvars(Qtz), Kalsit(Cal), Feoksit(FeO), Biyotit(Bt) ve Plajiyoklas(PI) mineralleri bulunmaktadır.

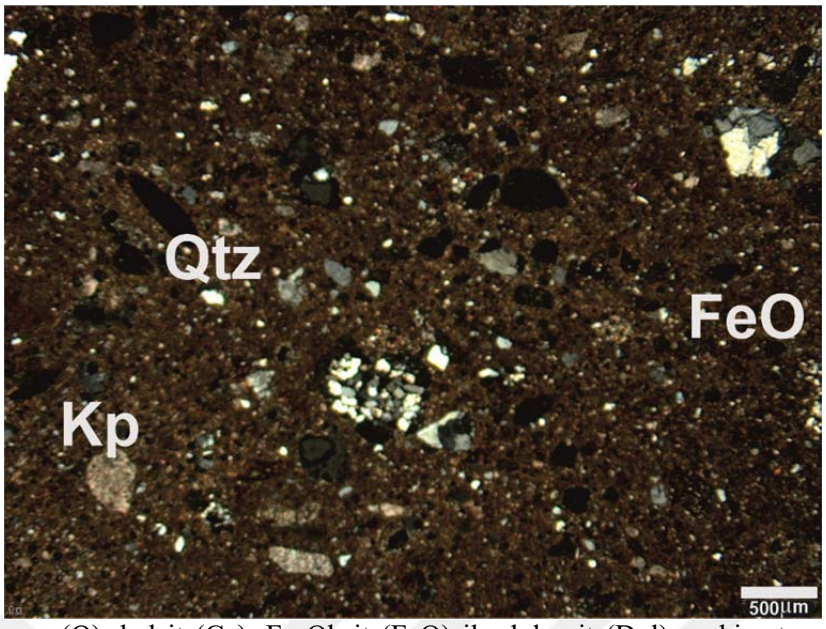


Şekil 4.47. T4.2 Nolu Örnekte Kuvars (Qtz), kalsit(Cal), Feoksit(FeO) mineralleri bulunmaktadır.

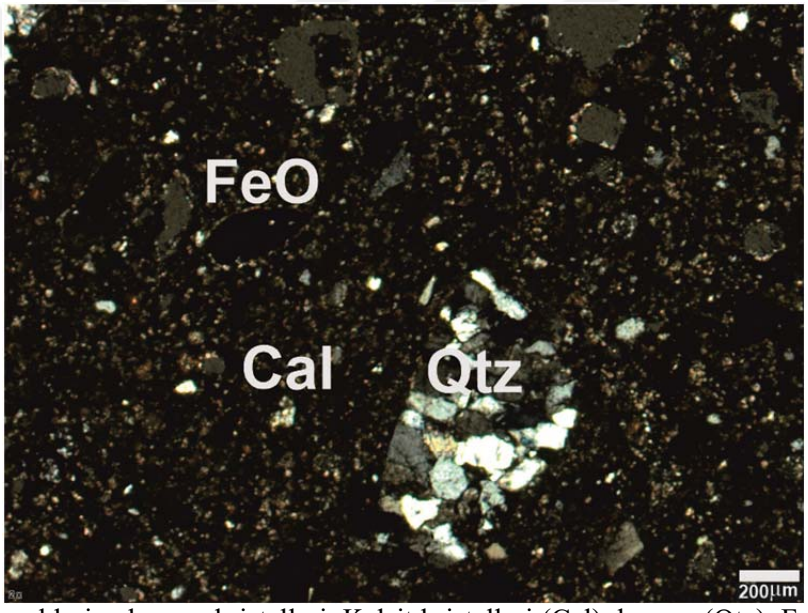


Şekil 4.48. T4.2 Nolu Örneğin Petrografi görüntüleri kuvars (Qtz), kalsit (Cal) bazı bölgelerde ince taneli hamur bulunuyor. Karıştırma veya pişme sıcaklıklarının homojen olmadığını göstermektedir.

15 A-B-C örneklerine ait kesitlerde de farklı boyutlarda kuvars (Qtz), kireçtaşı parçası (Kp), kalsit (Cal) kristalleri, Fe Oksit, dolomit ve magmatik kayaç parçaları gözlenmektedir (Şekil 4.49).

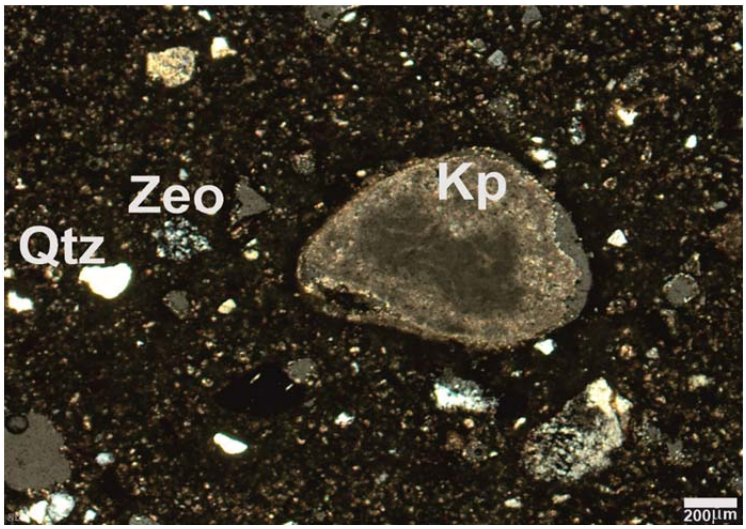


Şekil 4.49. Kuvars (Q), kalsit (Ca), Fe Oksit (FeO) ile dolomit (Dol) ve kireçtaşı parçaları (Kp) gözlenmektedir.



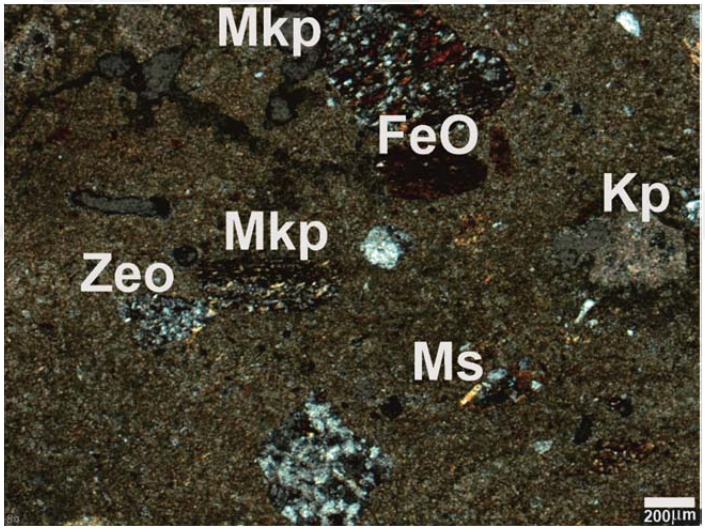
Şekil 4.50. Örneklerine kuvars kristalleri, Kalsit kristalleri (Cal), kuvars (Qtz), Fe oksit (FeO ile kumtaşı parçaları gözlenmektedir.

15 A-B-C Örneklerine ait kesitlerde de farklı boyutlarda kuvars kristalleri, kireçtaşı parçaları, Metamorfik kayaç parçası (Mkp), Fe Oksit ile kumtaşı parçaları gözlenmektedir (Şekil 4.50).



Şekil 4.51. Petrografi görüntüleri Kuvars (Qtz), (Kireçtaşı parçası(Kp),

15 A-B-C örneklerine ait kesitlerde kuvars kristalleri (Qtz),kireçtaşı parçası (Kp), ikincil kalsit ile zeolit (Zeo) kristalleri, Fe Oksit mineralleri gözlenmektedir (Şekil 4.51;52).



Şekil 4.52. Kireçtaşı parçası (Kp), Metamorfik kayaç parçası (Mkp), Fe-oksit (FeO), Zeolit (Zeo) ile kumtaşı parçaları muskovit(Mk) mineralleri parçaları

4.4.2. XRD Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

7 Örnek üzerinde XRD analizi yapılmıştır. Tuğlaların ince kesitlerinin polarizanmikroskopta incelenmesi ile *çoğunlukla* mika ailesinin koyu renkli demirce zengin üyesi olan levha yapılı *Biyotit* (K $(Mg, Fe)_3AlSi_3O_{10}$ $(F, OH)_2$) mineraline rastlanmıştır. Özsüz hammadde olarak kuvars, dolomit ve kalsit bulunmaktadır. Killi matriks içerisinde özsüz malzemelerin miktarı göreceli olarak fazladır ve irili ufaklı farklı boyutlarda, heterojen bir şekilde dağılmıştır. Tuğla örneklerine ait ince kesitlere ait polarizan mikroskop görüntülerinden, örneklerin redüksiyonlu ortamda kapalı fırında pişirildiği sonucuna varıla bilinir. Bu bilgiyi XRD analiz sonuçlarında görülen magnetit minerali desteklemektedir. (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. XRD yöntemi ile saptanan mineraller.

Örnek kodu	Mineraller (Optik Mikroskop/XRD)
T1	Kuvars, Kalsit, Dolomit, Biotit, Demir Oksit, Kalsit, Kuvars, İllit, Demir (II) Oksit, Kireç
T4.1	Kuvars, Kalsit, Demir Oksit, Biotit, Kalsit Anortit, Kuvars, Magnetit, Kireç, Kalsiyum Katena Silikat, Kaolinit, illit, montmorillonit
T4.2	Kuvars, Demir Oksit, Biyotit, Kalsit, Kuvars, Kalsit, Dolomit, Magnetit, Kireç, Albit, İllit, Bentonit, Montmorillonit
T4.3	Kuvars, dolomit, Biyotit, Klorit, Demir Oksit, Kuvars, Kalsit, Magnetit, Kireç, Dolomit, İllit, Bentonit, Kaolinit, Montmorillonit
T15A	Kuvars, Kalsit, Dolomit, Demir Oksit, Kalsit, Kuvars, Diyopsit, Hematit, Kireç, Manyetit, Akermanit-Gehlenit
T15B	Kuvars, Kalsit, Dolomit Demir Oksit, Biotit, Kalsit, Magnetit, Kuvars, Albit, Kireç, İllit, Bentonit, Montmorillonit
T15C	Kuvars, Dolomit, Demir Oksit, Küçük Biyotitler, Kalsit, Kuvars, Anortit, Kireç, Magnetit, Hematit İllit, Bentonit, Montmorillonit

Numuneler hammaddeler açısından değerlendirildiğinde, XRD analiz yöntemine göre tuğla bünyelerin üretiminde özlü hammadde olarak demir içeren illitik karakterli kil minerallerinin kullanıldığı görülmektedir. Killi matriks içerisinde özsüz hammadde ve temper malzeme olarak kuvars ve $CaCO_3$ içeren kalsit (polarizan mikroskop görüntülerinde kalsit işaretlenirse majör/minör faz olup olmadığı konusunda yorum yapılabilir. Eğer minör faz ise, örnek tuğlanın içerisindeki kalsitin gömü şartlarında sel suları ile gözeneklerden içeriye sızmış kalsit minerali olduğunu söyleyebiliriz), dolomit gibi kireçtaşları kullanılmıştır. Aynı zamanda Killi matriks içerisinde karbonatları içeren hammaddelerin kullanımı, fırınlama sırasında CO_2 çıkışından dolayı düşük sıcaklıkta ürünü daha gözenekli hale getirmektedir. Bu da tuğlanın daha hafif olmasını sağlamaktadır.

İllit, hidroksil grubunu 700 ℃'de kaybetmeye başlasa da, illitin yapısal bozunumunu tamamlaması 900-1000 ℃'de gerçekleşir. T15A kodlu numune hariç, diğer örneklerde İllit mineraline rastlanmıştır. 1000 ℃ ile 1100 ℃ sıcaklıklarda İllit ile Kuvarsın reaksiyonu sonucu Mullit ve Sanidin gibi yüksek sıcaklık mineralleri oluşur. XRD analizinde bu tür yüksek sıcaklık mineraline rastlanmaması, tuğla numunelerinin 1000 ℃'den daha düşük sıcaklıklarda fırınlandığını göstermektedir.

İllit ve Kalsit karışımından 850 ℃ sıcaklıkta Gehlenit oluşmaktadır. 900-1000 ℃ sıcaklık aralığında killer ve karbonatların reaksiyonu sonucu Akermanit oluşur (T15A).

900 ℃'de Dolomit ve Kuvars (SiO_2) reaksiyonundan Diyopsit oluşur (T15A). Bu sıcaklıkta İllit, Kalsit ve SiO_2'nin reaksiyona girmesi ile Anortit oluşumu gözlenir (T15C). T4.1 kodlu tuğla örneği de anortit içermektedir ve yaklaşık 900 ℃ sıcaklıkta fırınlandığı söylenebilir. T4.2 kodlu numunenin Albit içermesi T4.3 kodlu numunenin Fe'ce zengin killerden Klorit içermesi dikkat çekmektedir.

Demir oksitin varlığı seramik bünyenin rengi ve fırınlama koşulları hakkında bilgi verir. Demir oksit içeren killerle üretilen bir seramik bünyede hematit mineralinin varlığı, bu seramiğin oksijenli ortamda fırınlandığını, magnetit mineralinin varlığı ise aynı seramiğin redüksiyonlu ortamda fırınlandığını göstermektedir.

Bütün tuğla örneklerinde magnetit mineraline rastlanmıştır. Magnetitin varlığı, tuğla örneklerinin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde pişiriminin yapıldığını göstermektedir.

T15A ve T15C Kodlu örnekler hem hematit, hem de magnetit mineralini bir arada içermektedir. Bu örneklerin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde fırınlandığı, soğuma aşamasında da oksijene daha fazla maruz kaldığı düşünülmektedir (karışık atmosfer/stabil olmayan pişirim prosesi/büyük olasılıkla çukurda pişirim).

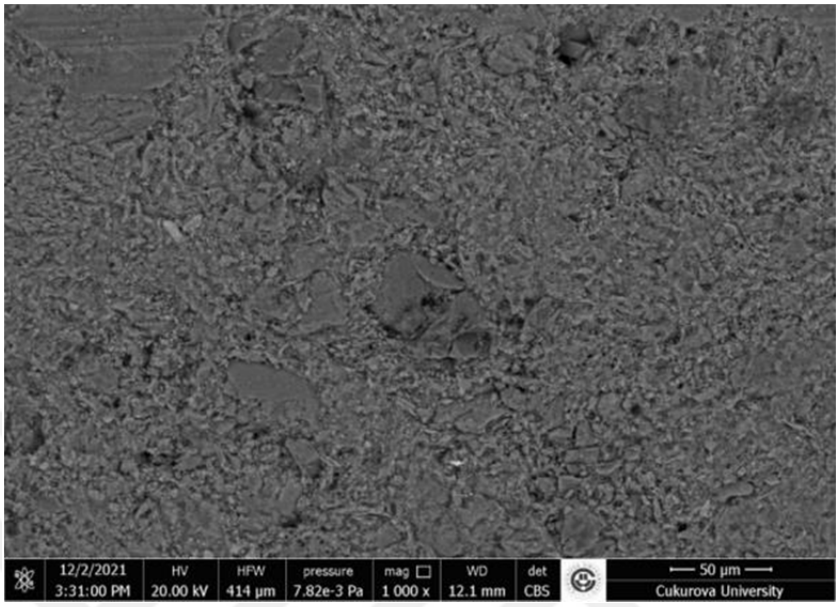
Yine de tuğla örneklerinde reaksiyonlar sonucu oluşan mineraller/fazların fırınlama sıcaklığı, fırın atmosferi, fırın basıncı, fırınlama süresi, kullanılan hammaddelerin miktarı, tane boyutu, ürünün et kalınlığı gibi faktörlerden etkileneceğini unutmamak gerekir.

Genel olarak tuğlalara ait matrikslerin petrografik analizleri ve XRD analizleri incelendiğinde, örneklerin benzer üretim teknolojisi (kullanılan hammadde ve pişirim tekniği) ile üretildiği görülmektedir. T15A Kodlu örneğin gehlenit, akermanit, diyopsit içermesi ve dolomit ve illit mineraline rastlanmaması, bu örneğin fırınlama sıcaklığının/fırınlama süresinin göreceli olarak diğerlerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (900-1000 ℃). Ayrıca ürünlerin yerel/ithal üretim olup olmadığı da bölgenin jeolojisi ve maden yataklarının incelenmesi ile netlik kazanacaktır.

4.4.3. SEM Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

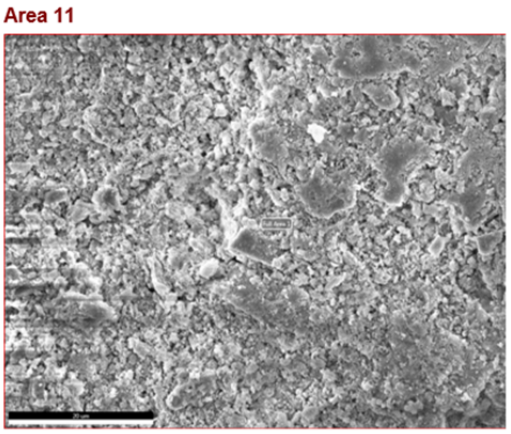
SEM analiz sonuçları ile örneğin ve içerisinde yer alan elementlerin mikro yapısal ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. T1 kodlu tuğla örneğinin optik mikroskop ve XRD sonuçları ile Taramalı Elektron Mikroskobu görüntüleri incelendiğinde bozunmamış kalsit, kireç, dolomit ve illitin varlığı, bu örneğin düşük sıcaklıkta fırınlandığını göstermektedir. Bu nedenle görüntüden de anlaşılacağı üzere vitrifikasyon gözlenmemektedir. Killi matriks içerisinde heterojen dağılımlı (Optik mikroskopta bulunan kayaçların adı verilebilir) ve tane boyutları da birbirinden farklı (yaklaşık x µm ile y µm) taneler mevcuttur. (Şekil 4.53 ; 4.54) Örneklerde XRD analizi sonucunun yanında, EDS analizi ile Ca (%17,82) Si%17,82 O %49,29 Al 7,56,K. 2,32 F 1,32 oranında bulunmaktadır. Demir EDX analizinde bulunmamaktadır.

Kireç ve XRD de gözlenen İllit içeriğine uymaktadır. Yüksek oranda silisyum ve kalsiyum elementleri, düşük oranda ise alüminyum, magnezyum, potasyum ve demir görülmektedir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. T1 Nolu örnek içerisindeki farklı boyutlardaki tanelerden oluşan yapı.

EDS analizi ile Ca (% 17,82) Si% 17,87 O %35,28 Al 5,64 Fe 4,41 oranında bulunmaktadır. Kireç ve XRD de gözlene İllit içeriğine uymaktadır. Yüksek oranda silisyum ve kalsiyum elementleri, düşük oranda ise alüminyum, magnezyum, potasyum ve demir görülmektedir (Şekil 4.54).



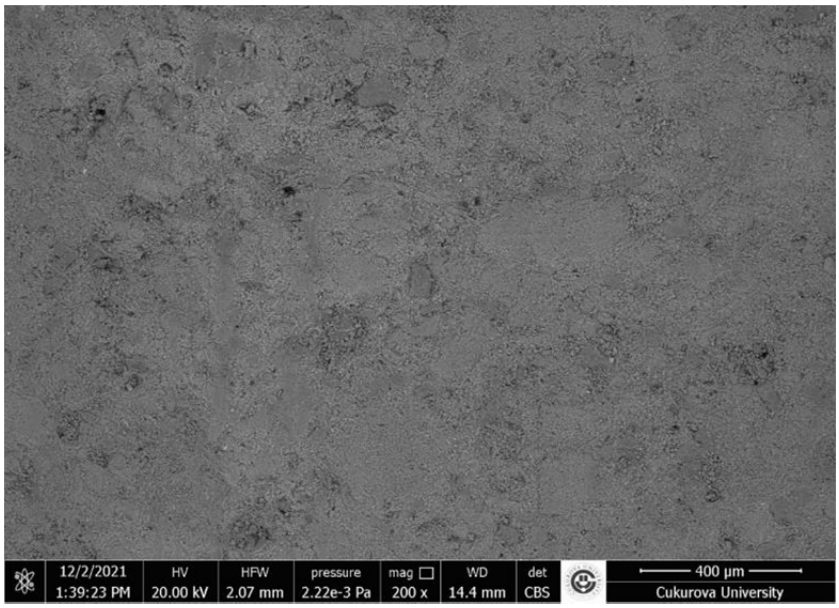
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	35.28	57.24	47.83
F K	1.32	1.8	1.8
MgK	1.52	1.63	4.08
AlK	7.56	7.28	19.8
SiK	17.87	16.52	43.48
AuM	15.71	2.07	12.51
K K	2.92	1.94	2.98
CaK	17.82	11.54	13.99

Şekil 4.54SEM EDS Görüntüleri

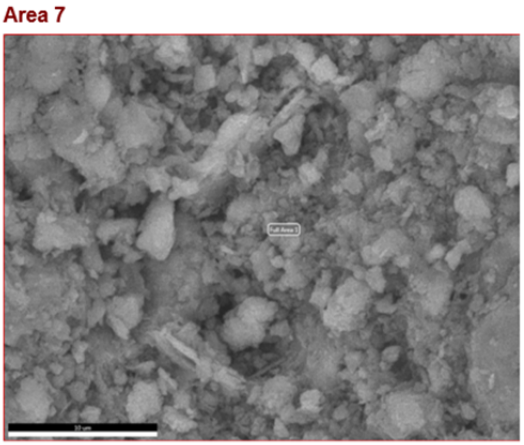
Tuğla içerisindeki farklı boyutlardaki tanelerden tam erimemiş yapı

T-4.1 nolu örnekte yüzeyde pişmeye bağlı olarak vitrifiye bir görüntü sunmaktadır (Şekil 4.55).



Şekil 4.55. T4.1 Nolu örneğin Pişmeye bağlı olarak vitrifiye görüntüsü

Örneklerde XRD analizi sonucunun yanında, EDS analizi ile Ca (%20,21,39-1) Si %18,41 O %49,29 Al 5,64 Fe 4,41 oranında bulunmaktadır. Kireç ve XRD de gözlene İllit içeriğine uymaktadır. Yüksek oranda silisyum ve kalsiyum elementleri, düşük oranda ise alüminyum, magnezyum, potasyum ve demir görülmektedir (Şekil 4.56).

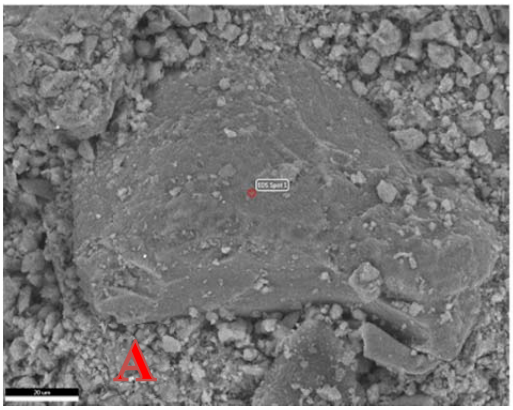


eZAF Smart Quant Results

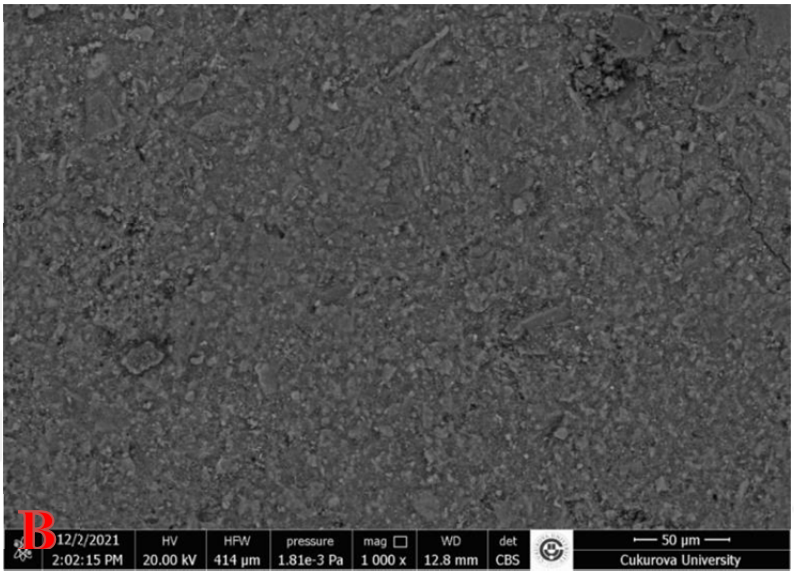
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	49.29	67.07	44.65
MgK	0.81	0.73	2.7
AlK	5.64	4.55	23.48
SiK	18.41	14.27	83.08
K K	1.23	0.68	4.57
CaK	20.21	10.98	61.65
FeK	4.41	1.72	6.53

Şekil 4.56. Yüksek oranda silisyum ve kalsiyum elementleri, düşük oranda ise alüminyum, potasyum, demir ve magnezyum element değerleri saptanmıştır.

EDS verilerine göre %40,79 O%57,21 ve %2 Al sonuçlarına göre analiz edilen nokta kuvars üzerinde yapılmıştır (Şekil 4.57:A). T-4.2 Nolu örneğin SEM görüntülerinde yüzeyde kısmen erime gelişmişken yüzey içerisinde kısmen erimemiş farklı büyüklükteki mineraller görülmektedir (Şekil 4.57:B).

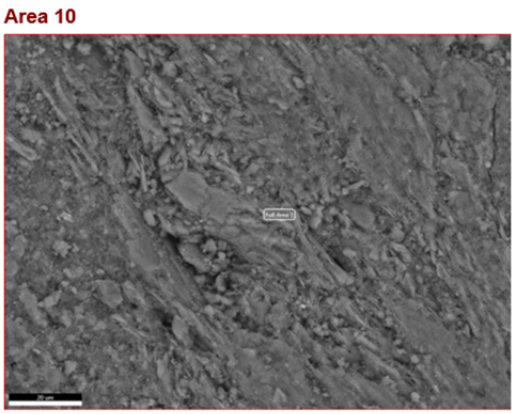


Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	57.21	70.08	135.59
AlK	2	1.45	13.2
SiK	40.79	28.46	288.06



Şekil 4.57. A- EDS analiz sonuçlarına göre saptanan kuvars minerali. Hafif erime ve yuvarlaklaşma gösteren Kuvars minerali. B- T4.2 Nolu örneğin SEM görüntüleri

Örneklerde, EDS analizi ile Si%19,83, Al 12,86, Ca (%9,96), O %43,92 Fe 6,88, K % 5,24, Mg 1,11 oranında bulunmaktadır. Kalsit ve dolomit ile İllit içeriğine uymaktadır (Şekil 4.58). illitin kristal yapisinin bozulmamiş olmasi 900-1000 dereceyi firinda fazla geçmediklerini göstermektedir

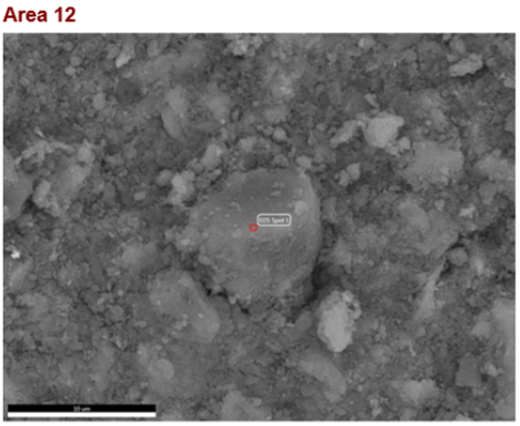


eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	43.92	61.17	101.93
MgK	1.31	1.2	10.04
AlK	12.86	10.62	120.52
SiK	19.83	15.73	183.25
K K	5.24	2.99	40.6
CaK	9.96	5.54	64.79
FeK	6.88	2.75	22.43

Şekil 4.58. EDS analizi ile taranılan alanın kimyasal yapısı ve Çubusu yapılar illite kismen bozulan illit yapısı

Örneklerde, EDS analizi ile Si %30,3, Al 5,73, Ca % 4,57, O %52,66, K % 6,42, oranında bulunmaktadır (Şekil 4.59).

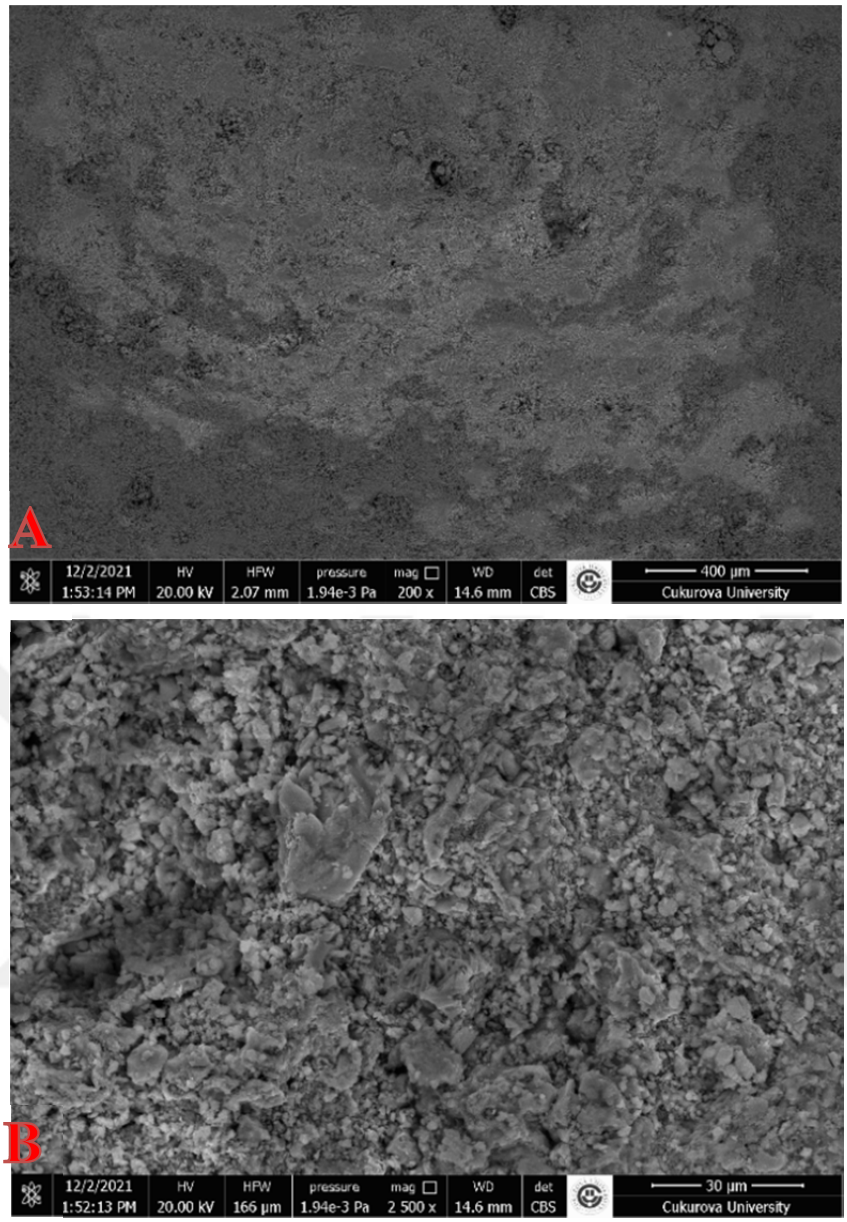


eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	52.66	67.52	165.24
NaK	0.32	0.28	1.67
AlK	5.73	4.36	69.12
SiK	30.3	22.13	380.17
K K	6.42	3.37	57.74
CaK	4.57	2.34	34.7

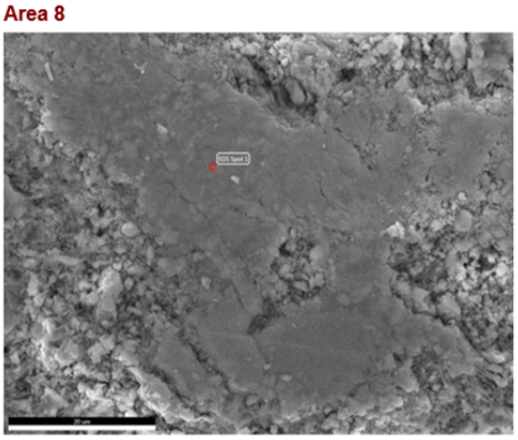
Şekil 4.59. Kalsiyumlu feldispat (anortit) minerali EDS analizi

T4.3 Nolu Örnekte SEM analiz sonuçları ile minerallerin tam olarak erimediğini düşük sıcaklıkta bulunduğunu göstermektedir (Şekil 4.60) .



Şekil 4.60. A- T4.3 Nolu örneğin SEM EDS Görüntüleri. B- T4.3 Nolu örneğin Minerallerin tam olarak erimediğini düşük sıcaklıkta bulunduğunu göstermektedir.

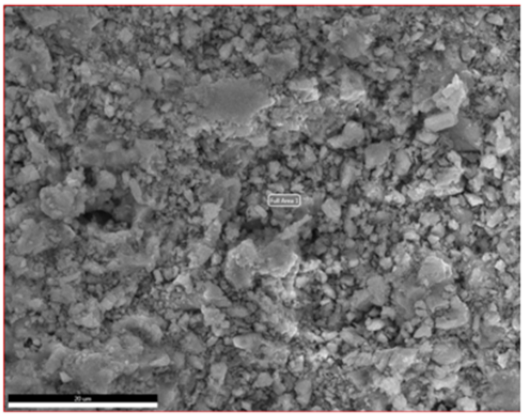
Örneklerde, EDS analizi ile Ca %33,24, Si %3,94, Al %0,25, O %55,86 Mg % 0,12 oranında bulunmaktadır. Analiz edilen alan Kalsit oranının bol olduğu alan içerinden alınmıştır (Şekil 4.61). Şekil 4.62'de taranan geniş alanda ise kimyasal bileşim illite benzemektedir(Şekil 4,62).



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
C K	6.59	10.92	11.84
O K	55.86	69.49	83.06
MgK	0.12	0.1	0.82
AlK	0.25	0.19	2.13
SiK	3.94	2.79	39.02
CaK	33.24	16.51	216.17

Şekil 4.61. EDS analizi Kalsiyumca zengin alandan alınmıştır.



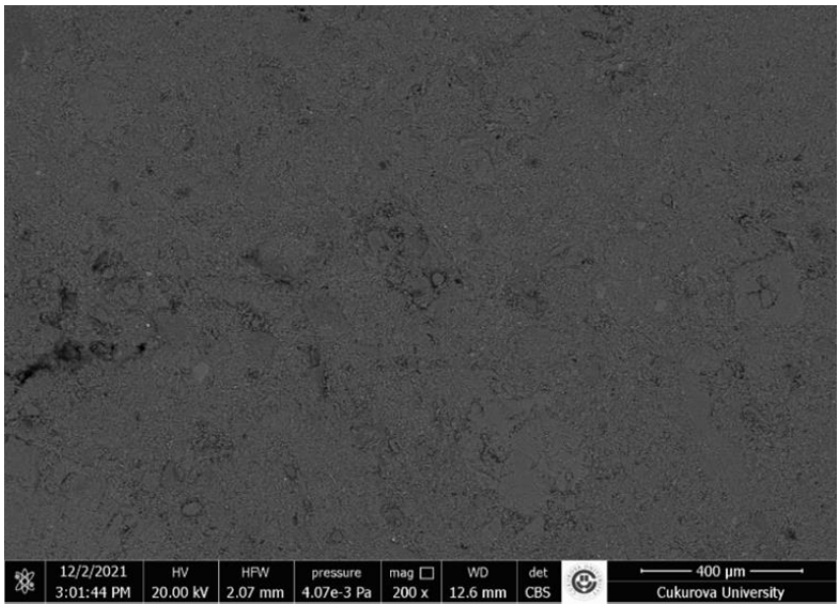
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	44.28	61.3	88.22
MgK	2.13	1.94	14.29
AlK	9.76	8.01	78.62
SiK	22.99	18.12	188.84
CaK	15.15	8.37	85.31
FeK	5.69	2.25	15.69

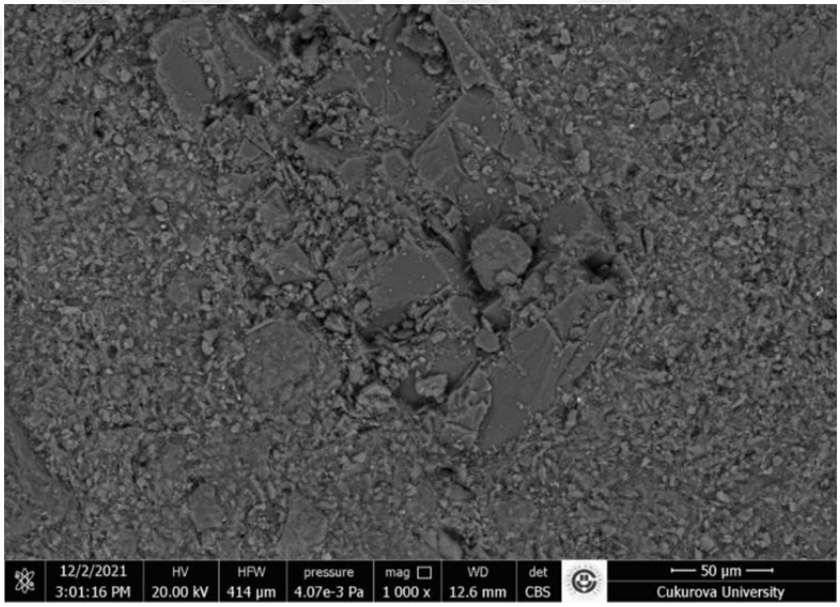
Şekil 4.62. SEM EDS Görüntüleri

Şekil 4.61'de İllit içerisinde K minerali de bulunmaktadır. 4.3 nolu örneğin polarizan mikroskop ve XRD sonuçları incelendiğinde kil minerali olarak bentonit ve montmorillonite rastlanmıştır. Bu sonuçlar EDX analizi ile uyumludur (EDX'te Fe, Mg, Ca minerallerinin varlığı).

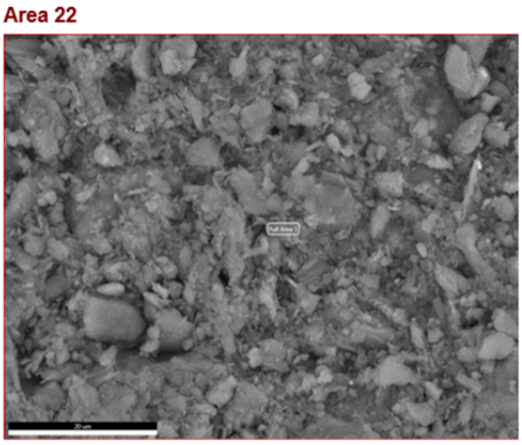
15A SEM görüntülerinde kısmi ergime olduğu kısımlar ile erimenin tam olmadığı mineraller ile gaz çıkışlarından kaynaklı boşluklar izlenmektedir (Şekil 4.63). EDS analizlerinde taranan alanın kimyasal bileşeni İllit karakterlidir (Şekil4.64;4.65). 15 A Kodlu örneğin optik mikroskop ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) sonuçları incelendiğinde Matriksin daha sıkı ve yoğun olduğu görülmektedir. Killi matriks içerisinde optik mikroskop incelemelerine göre erimemiş kalsit ve dolomit mineraline rastlanmıştır. XRD sonuçlarında ise Diyopsit, Akermanit ve Gehlenit gibi yüksek sıcaklık minerallerine rastlanmıştır. Bu örneğin SEM görüntüsünde de diğer örneklerle kıyaslama yapıldığında pişme sıcaklığının yüksek olması nedeniyle daha iyi vitrifiye olduğu gözlenmektedir. Yine diğer mikroyapılarla kıyaslandığında 15 A kodlu örneğin por boyutu daha küçük, por şekilleri daha yuvarlaktır. Bu da örneğin daha yüksek sıcaklıkta fırınlandığının ve vitrifikasyon düzeyinin daha yüksek olduğunun göstergesidir.



Şekil 4 63. 15A Nolu örneğin Kısmi ergimenin olduğu alanlar ile gaz çıkışlarından kaynaklı boşluklar



Şekil 4.64. 15A Nolu örneğin Kısmi ergime olduğu kısımlar ile erimenin tam olmadığı mineral görüntüsü

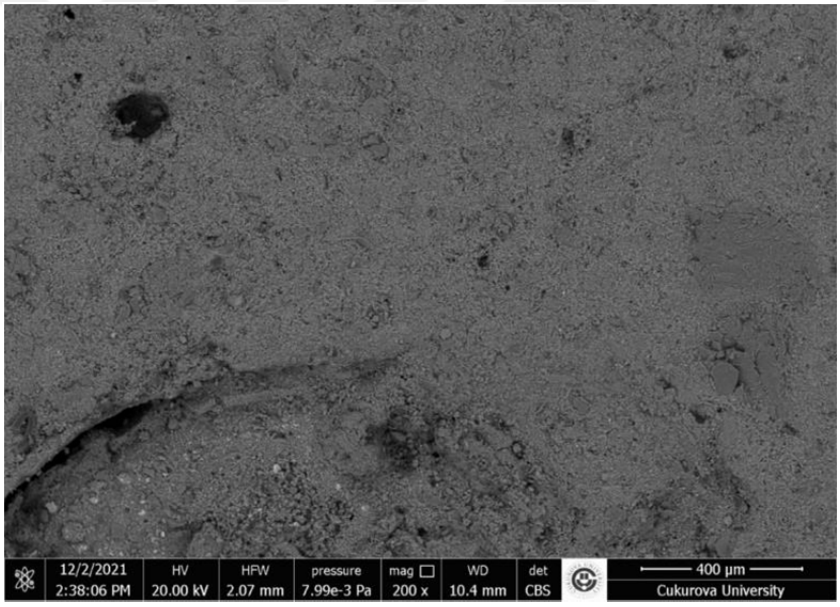


eZAF Smart Quant Results

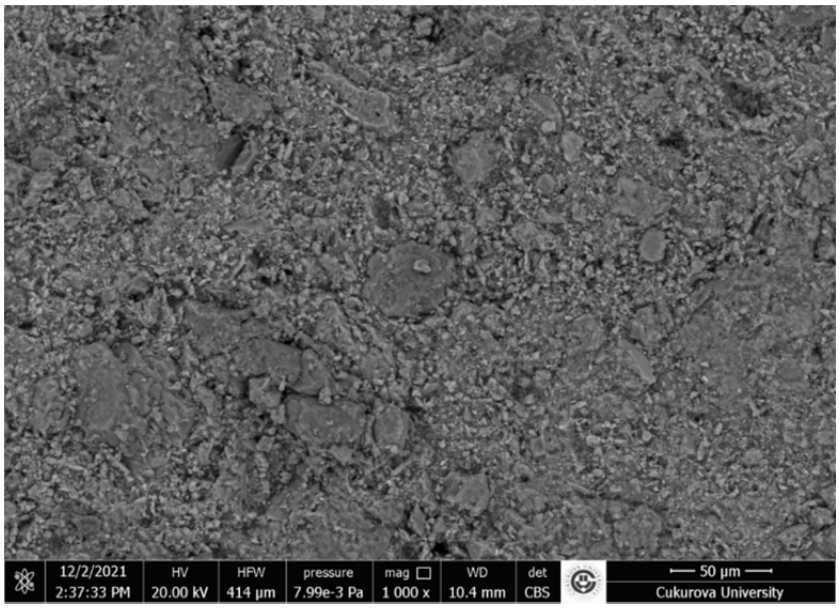
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	49.51	65.71	158.13
MgK	1.92	1.68	18.01
AlK	10.1	7.95	115.02
SiK	22.1	16.71	255.78
K K	2.23	1.21	21.03
CaK	9.19	4.87	73.5
FeK	4.95	1.88	19.81

Şekil 4.65. 15A Nolu örneğin EDS analizlerinde taranan alanda bulunan kalsiyumlu ve İllit

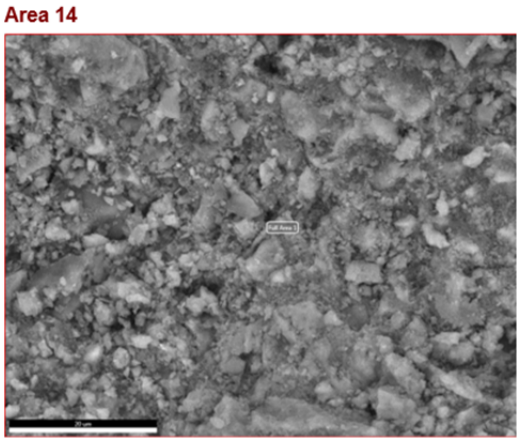
15 B Nolu örnekte SEM analizlerinde gaz çıkışlarından kaynaklı boşluklar ile soğuma veya oluşum sırasında oluşmuş kırık izlenmektedir (Şekil 4.66). 1000 büyütmede ise kısmi vitrifikasyon ve erimemiş mineraller (Şekil 4.67). EDS analizlerinde taranan alanın kimyasal bileşeni İllit karakterlidir (Şekil.4.68; 4.69).



Şekil 4.66. 15B Nolu örneğin Gaz çıkışlarından kaynaklı boşluklar ile soğuma veya yapım sırasında oluşan kırık.



Şekil 4 67. 15B Nolu örnek Kısmi vitrifikasyon ve erimemiş mineraller

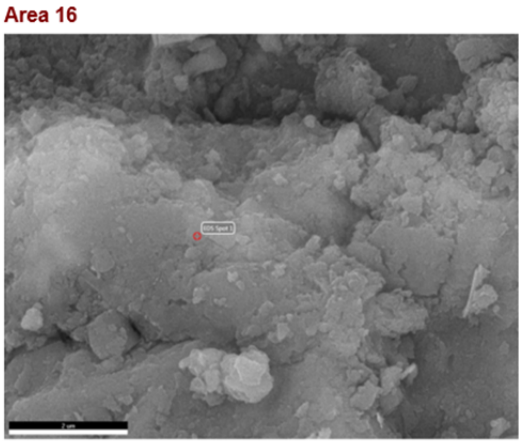


eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	49.05	66.47	104.11
MgK	1.07	0.96	9.37
AlK	6	4.82	65.77
SiK	18.48	14.27	218.67
CaK	23.76	12.85	191.97
FeK	1.63	0.63	6.41

Şekil 4.68. 15B Nolu örneğin EDS analizlerinde taranan alanın kimyasal bileşeni İllit karakterlidir

EDS analizlerinde taranan alan kalsiyumlu ve İllit karakterlidir. Kaynaşmış, parçacıkları $1000^{O}C$ derecenin üzerinde bir araya gelip dayanımı arttırırlar. Arada seyrek olarak kalsitin kalmiş olmasi sicakliğin 1100 dereceyi geçnmediğini kanitlamaktadir (Şekil 4.69).

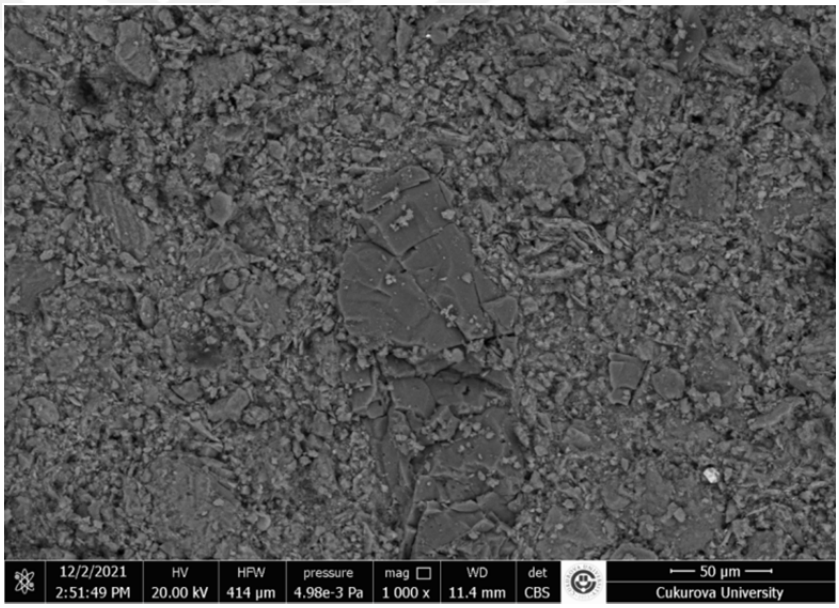


eZAF Smart Quant Results

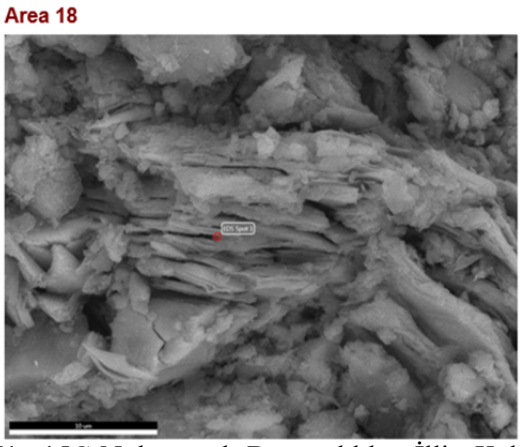
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	51.41	66.82	214.29
MgK	3.27	2.8	48.52
AlK	9.12	7.03	160.95
SiK	20.6	15.25	374.41
CaK	15.6	8.09	197.96

Şekil 4.69. 15B Nolu örnekte EDS analizlerinde saptanan kalsiyumlu ve İllit

15 C Nolu örnek üzerinde yapılan noktasal EDX analizleri ışığında kuvars olduğu düşünülen tanelerdeki çatlakların oluşumunda ise Kuvars dönüşümünün hızlı gerçekleşmesi sonucu tanelerde ve bünye içerisinde mikro çatlaklar oluşabilmektedir (Şekil 4.70; 4.71; 4.77).



Şekil 4.70. T 15C Nolu örnekteki Kil ve kuvarsça zengin matrislerde kuvars taneleri üzerinde oluşan çatlaklar



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
O K	17.77	39.23	16.66
AlK	2.29	3	5.12
SiK	5.85	7.36	16.38
K K	2.58	2.33	7.67
CaK	11.49	10.12	29.37
FeK	60.02	37.96	71.03

Şekil 4.71. 15C Nolu örnek Bu sıcaklıkta İllit, Kalsit ve SiO2'nin reaksiyona girmesi ile Anortit oluşumu gözlenir.

4.4.4. TGA-DTA Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kil esaslı pişmiş toprak ürünlerinde sıcaklığın artmasıyla birlikte bir takım bozunum dönüşüm reaksiyonları gözlemlenmektedir. DTA ve TG eğrilerindeki değişimler bu reaksiyonların sistem içerisindeki karşılıklarını bulmada yardımcı olacak açıklamalara işaret etmektedir. DTA eğrilerinde 50-200 ℃ sıcaklık aralığında gözlemlenen geniş endotermik pik higroskopik (absorbe, adsorbe) suyun uzaklaşmasına işaret etmektedir. Kimyasal bağlı suyun uzaklaşması ise 200-350 ℃ sıcaklık aralığındaki endotermik pikler ile saptanmaktadır.

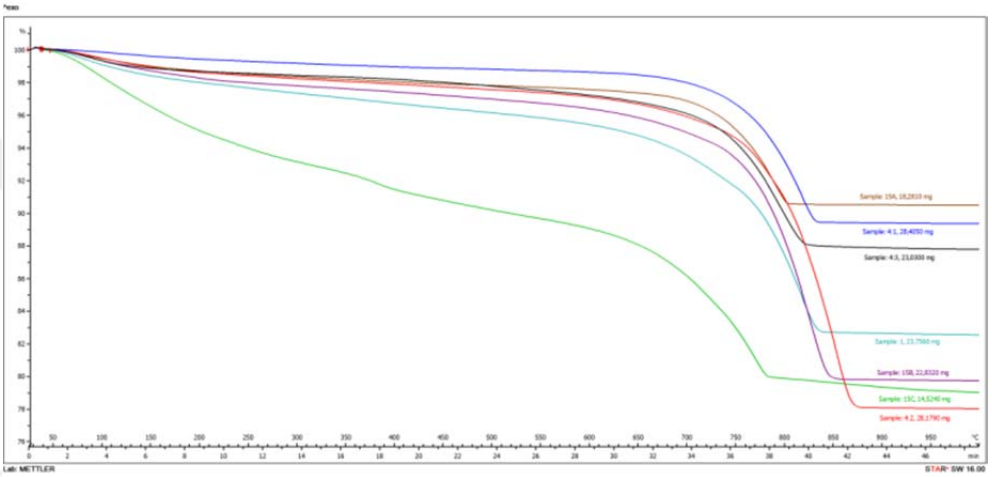
Yaygın birçok kil minerali (kaolinit, illit, smektit) 550-650 ℃ aralığında gösterdikleri nispeten kuvvetli endotermik etkileri ile tanınabilmektedir. 450-650 ºC aralığında gözlemlenen endotermik etki kaolinitin varlığına işaret etmekte ve bu etki dehidroksilasyona bağlı olarak oluşmaktadır. Bu karakteristik etkinin varlığı kaolinit mineralinin eski çağlarda üretim yapan çömlekçiler tarafından uygulanan pişirim işlemi sırasında bozunmadan kaldığının bir göstergesidir. Kaolinitin dehidroksilasyonuna ait bir pikin varlığı numunenin (pişmiş toprak ürününün) bu sıcaklıktan daha yukarıda bir değerde pişirilmediğine işaret etmektedir. Montmorillonit grubu kil mineralleri 125-260 ℃ ve 625-750 ℃ sıcaklık aralıklarında iki endotermik pik vermektedir.

Karbonatlar 700 ℃ ile ~900 ℃ sıcaklık aralığında endotermik bir etkiye sahiptir; şöyle ki 700- 850 ℃ aralığında gözlemlenen belirgin endotermik etki kalsite aitken, ~780 ℃ ve 860 ℃ sıcaklık değerlerinde beliren ikili endotermik pikler dolomite işaret etmektedir.

700-1000℃ aralığındaki ekzotermik etki katı faz dönüşümünü gösteren bir oluşumdur (örneğin; meta-kaolinin Al-Spinel'e dönüşümü - 980 ℃). 1050-1100 ℃ sıcaklık aralığındaki ekzotermik etki numune içerisindeki polimorfik bir değişimle ilgilidir 900-1000 ℃ aralığında ekzotermik bir etkinin olmaması seramik numunenin bu sıcaklığın daha altında bir sıcaklıkta pişirildiğine işaret etmektedir. Termal analizi yapılan seramik numunelerde gözlemlenen ağırlık kaybı ise genel olarak üç adımda açıklanabilmektedir (Bayazid ve ark, 2014).

1. Dehidratasyon (Oda sıcaklığı - 100℃),
2. Hidroksil Dekompozisyonu - Dehidroksilasyon (400–500℃),
3. Karbonatların Dekompozisyonu, (700–800℃).

Tuğla örneklerinin termal analizi incelendiğinde çalışılan malzemelerin heterojenliği, minerolojik bileşimi ve fırınlanma koşullarını yansıttığı görülmektedir. Düşük fırınlama sıcaklığına sahip örneklerde (15C) 200 ℃, 450-600 ℃, ve 700-800 ℃ 'de meydanan gelen simektit-illit/mika varlığına bağlı ağırlık kayıpları çok belirgindir. Bu kayıplar fırınlama sıcaklığının artması ile aşamalı olarak azalmaktadır (15A) (Şekil 4.72).



Şekil 4.72. 15A Örneğine ait fırınlanma sıcaklığı

İllit, hidroksil grubunu 700 ℃'de kaybetmeye başlasa da, illitin yapısal bozunumunu tamamlaması 900-1000 ℃'de gerçekleşir. T15A kodlu numune hariç, diğer örneklerde İllit mineraline rastlanmıştır. 1000 ℃ ile 1100 ℃ sıcaklıklarda İllit ile Kuvarsın reaksiyonu sonucu Mullit ve Sanidin gibi yüksek sıcaklık mineralleri oluşur. XRD analizinde bu tür yüksek sıcaklık mineraline rastlanmaması, tuğla numunelerinin 1000 ℃'den daha düşük sıcaklıklarda fırınlandığını göstermektedir.

İllit ve Kalsit karışımından 850 ℃ sıcaklıkta Gehlenit oluşmaktadır. 900-1000 ℃ sıcaklık aralığında killer ve karbonatların reaksiyonu sonucu Akermanit oluşur (T15A).

900 ℃'de Dolomit ve Kuvars (SiO_2) reaksiyonundan Diyopsit oluşur (T15A). Bu sıcaklıkta İllit, Kalsit ve SiO_2'nin reaksiyona girmesi ile Anortit oluşumu gözlenir (T15C) (Şekil 4.73). T4.1 kodlu tuğla örneği de anortit içermektedir ve yaklaşık 900 ℃ sıcaklıkta fırınlandığı söylenebilir. T4.2 kodlu numunenin Albit içermesi T4.3 kodlu numunenin Fe'ce zengin killerden Klorit içermesi dikkat çekmektedir (Şekil 4.76).

Demir oksitin varlığı seramik bünyenin rengi ve fırınlama koşulları hakkında bilgi verir. Demir oksit içeren killerle üretilen bir seramik bünyede hematit mineralinin varlığı, bu seramiğin

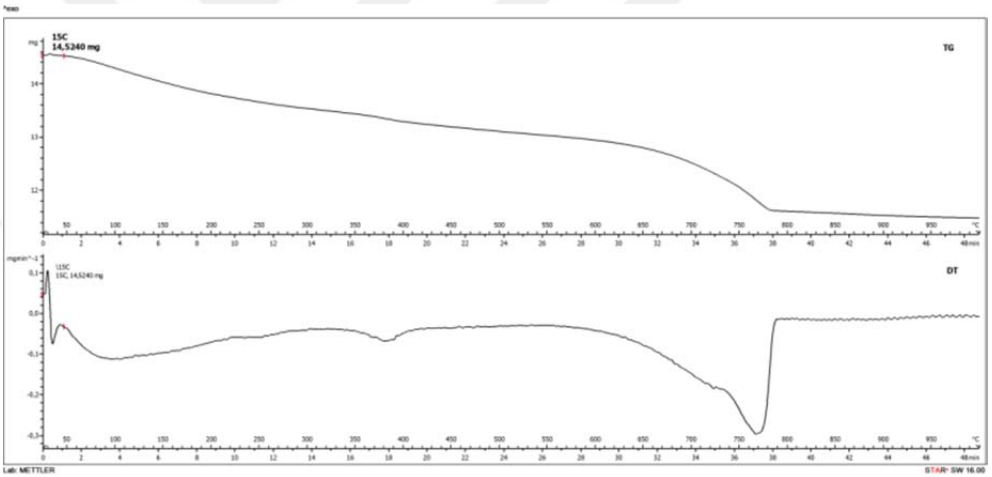
oksijenli ortamda fırınlandığını, magnetit mineralinin varlığı ise aynı seramiğin redüksiyonlu ortamda fırınlandığını göstermektedir.

Bütün tuğla örneklerinde magnetit mineraline rastlanmıştır. Magnetitin varlığı, tuğla örneklerinin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde pişiriminin yapıldığını göstermektedir.

T15A ve T15C Kodlu örnekler hem hematit, hem de magnetit mineralini bir arada içermektedir. Bu örneklerin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde fırınlandığı, soğuma aşamasında da oksijene daha fazla maruz kaldığı düşünülmektedir (karışık atmosfer/stabil olmayan pişirim prosesi/büyük olasılıkla çukurda pişirim).

Yine de tuğla örneklerinde reaksiyonlar sonucu oluşan mineraller/fazların fırınlama sıcaklığı, fırın atmosferi, fırın basıncı, fırınlama süresi, kullanılan hammaddelerin miktarı, tane boyutu, ürünün et kalınlığı gibi faktörlerden etkileneceğini unutmamak gerekir.

Kalsit 650 ℃, civarında CaO ve CO_2 şeklinde ve yaklaşık 900-1000 ℃ 'de bozunuma uğrar ve yaklaşık 900 ℃ 'ye kadar bozunum devam eder. İllit/ muskovit/ mika yapısı 900-1000 ℃ 'de bozunur (Şekil 4.74; 4.75).



Şekil 4.73. 15C Nolu örneğinin TGA/DTA analiz sonucu

Genel olarak tuğlalara ait matrikslerin petrografik analizleri ve XRD analizleri incelendiğinde, örneklerin benzer üretim teknolojisi (kullanılan hammadde ve pişirim tekniği) ile üretildiği görülmektedir. T15A kodlu örneğin gehlenit, akermanit, diyopsit içermesi ve dolomit ve illit mineraline rastlanmaması, bu örneğin fırınlama sıcaklığının/fırınlama süresinin göreceli olarak diğerlerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (900-1000 ℃). TG Analizi sonucu da bu görüşü destekler niteliktedir.

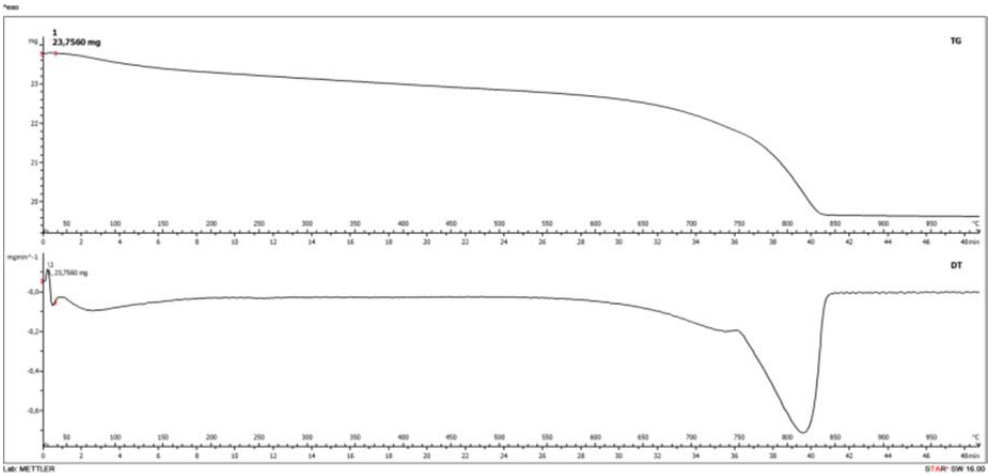
Tuğla örneklerinin termal analiz sonuçları incelendiğinde ağırlık kaybının en az olduğu örnek, yüksek sıcaklıkta fırınlandığı düşünülen 15A kodlu numunedir (%9,5436). En fazla ağırlık kaybı (en yüksekten en düşük orana doğru) 4.2 (%22,0028), 15C (%20,7131) ve 15B (%20,2741)'dir. En düşük fırınlama sıcaklığına sahip örneklerin de ağırlık kaybı göreceli olarak

daha yüksek olan bu örnekler olduğu söylenebilir. Kısaca fırınlama sıcaklığı arttıkça kademeli olarak termal kayıplar da azalmaktadır (Çizelge 4.12).

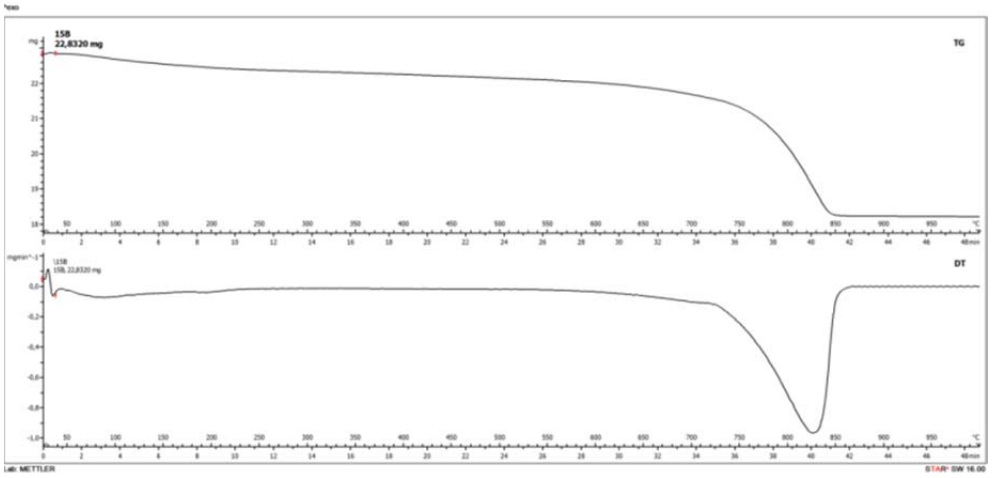
Ayrıca ürünlerin yerel/ithal üretim olup olmadığı da bölgenin jeolojisi ve maden yataklarının incelenmesi ile netlik kazanacaktır.

Çizelge 4.11. TGA-DGA analiz sonuçlarına göre ağırlık kayıpları

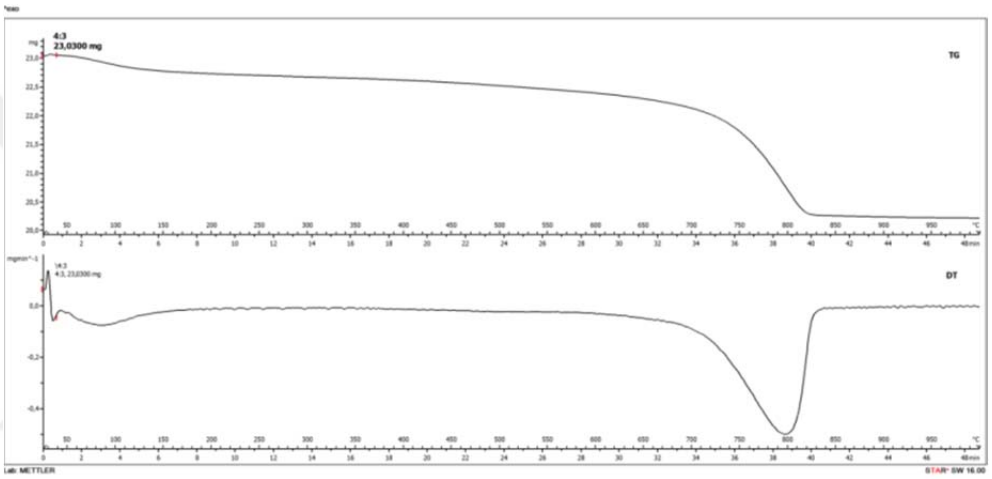
Örnek Kodu	Ağırlık Kaybı (ağ. %)				Pişme Sıcaklığı Artar
	Dehidrasyon (Higroskopik suyun uzaklaşması) (25–200 °C)	Hidroksil bozunumu (400-600 °C)	Karbonatlı malzemelerin bozunumu (600-850 °C)	Toplam (25-1000 °C)	
4.2	2,2980	19,7048		22,0028	
15C	6,92	13,7931		20,7131	
15B	2,7725	17,5016		20,2741	
T1	2,6549	14,7095		17,3644	
4.3	1,7938	10,4320		12,2258	
4.1	1,1390	9,5110		10,65	
15A	2,2646	7,2790		9,5436	



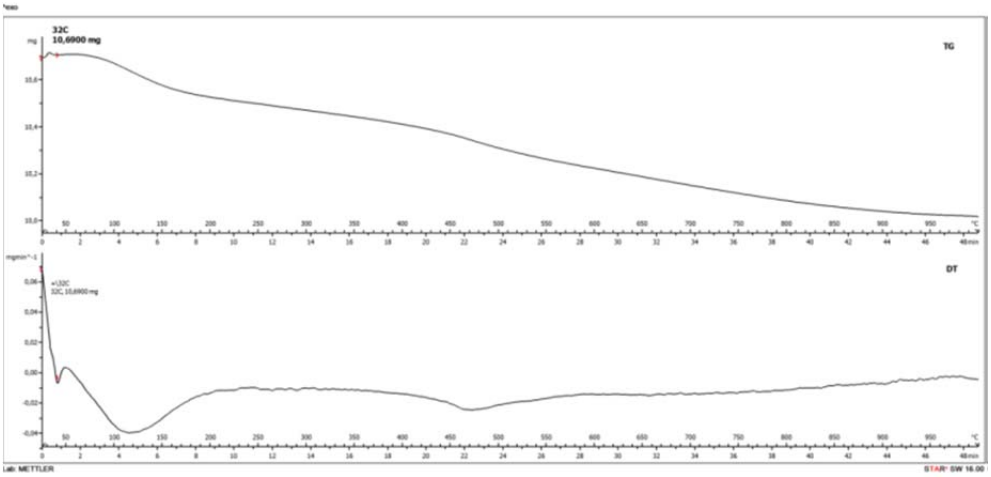
Şekil 4.74. T1 Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu



Şekil 4.75. 15B Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu



Şekil 4.76. T4.3 Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu



Şekil 4.77. 32C Nolu örneğinin TG/DT analiz sonucu

4.4.5. Yoğunluk ve Su Emme Kapasitesi Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Örnekler üzerinde yoğunluk ve su emme deneyleri yapılmış, sonuçlar Çizelge 4.12. 'de verilmiştir. En fazla yoğunluk değeri 2,06 g/cm^3 ile T 4.3 örneğinden elde edilirken, en düşük değer ise 1,57 g/cm^3 ile T15B örneğinden elde edilmiştir. Su emme oranları ise en düşük %11,35 ile T4.3

ve en yüksek %19,88 ile T15B örneklerinden elde edilmiştir. Bu sonuçlarda TGA analiz sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Çizelge 4.12. Tuğla ve seramik örneklerine ait yoğunluk ve su emme değerleri

Numune	Doygun (g)	Suda (g)	Etüv kurusu (g)	Tane Yoğunluğu (ρcm)	Ağırlıkça Su Emme (%)
T1	467	244.4	412.8	1.85	13.13
T4.1	107.4	55.4	96.4	1.85	11.41
T4.2	209.9	110.9	187.5	1.89	11.95
T4.3	61.8	34.8	55.5	2.06	11.35
15.A	150.9	81.5	135.4	1.95	11.45
15.B	144.1	67.7	120.2	1.57	19.88
15.C	57.6	29.3	48.2	1.70	19.50
S31	311.2	155.4	270.6	1.74	15.00

4.5. Anavarza Antik Kenti Yapılarında Kullanılan Metal Bağlantılar

Zıvanalar, üst üste gelen taş blokları birbirine bağlayarak yapıya gelen yatay kuvvetlere karşı taş blokların hareketini engelleyen metal bağlantı elemanlarıdır. Taş blokları birbirine sabitlemek için kullanılan zıvana, alttaki ve üstteki taş bloklara açılan oyuklara yerleştirilir ve zıvananın çevresine kurşun dökülerek sabitlenir. Zıvanaların sabitlenmesi için dökülen kurşun malzemesi sayesinde, zıvanalar taş bloklardan sıyrılmadan yerinde sabit kalabilmektedir. MÖ.6. yy Yunan mimarisinde önemli yapılarda demir kelepçe ve kelepçenin üzerine eritilmiş kurşun dökülerek taş blokları birbirine sabitlenmiştir. Zıvana demirin paslanmaması, sürtünmenin önüne geçilmesi ve zıvananın sabit kalması amacıyla etrafı kurşun dökülerek doldurulmuştur (Çördük, 2006). Benzer teknik daha önceleri Romalılarda da uygulanmıştır. Pers ve Sasaniler döneminde düzenli derzli kesme taş duvarların örgülerinde bağlantı malzemesi olarak demir kenetlerin kullanıldığı görülmektedir.

Romalılar sütunları ve başlıklarını bir birine bağlamak için kenet ve demiri kullanarak bağlamışlardır. İki ucu kıvrık olan kenet demirleri taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla taşta oluşturulmuş oyukların içerisine girdirilmiş kıvrımlı uçların üzeri kurşun dökülerek kaplanmıştır (Kurugöl-Küçük, 2015) (Şekil 4.78) Taş yapıların kenarlarında ve duvarın içerisine bulunan demirli/ kurşunlu yapılardan örnekler alınmıştır (Şekil 4.80).

Anavarza antik kentinde iri lahit bloklarda kenetler için açıldığı düşünülen boşluklar bulunmaktadır (Şekil.4.79). Ancak bu boşlukların ağız kısmında demir ve kurşun örneklere rastlanmıştır.



Şekil 4.78. Taşta oluşturulmuş oyukların içerisine taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla yerleştirilen demir ve üzerine dökülen Kurşun kaplama



Şekil 4.79. Taşta oluşturulmuş oyukların içerisine taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla yerleştirilen demir



Şekil 4.80. Taş duvara yatay olarak eklenerek birleştiği kısmın sağlamlaşması amacıyla yerleştirilen demir ve üzerine dökülen Kurşun kaplama

Tarihi dönemler içerisinde cevherlerin metale dönüşümünün kanıtı, metalürjik cüruf ve/veya cüruflu potaların bulunmasıdır. Bu tür buluntuların verilerine yalnızca MÖ 5-6. binyıldan itibaren rastlanılmaktadır. Kurşun insan tarafından işlenen ikinci metaldir.Kurşun çok daha düşük bir sıcaklıkta, yani 327°C'de erir ana minerali olan galenden (PbS) ayrılır. Erken dönemde bulunması sıvı kurşun metalin kazara bir ortamda üretilmiş olabileceğini düşündürebilir. Galen ağır, yoğun, metalik parlaklığa sahip, siyah ve, yumuşak bir mineral olup kolayca şekillendirilebilir. Görünüşe göre zaman zaman süs eşyaları için kullanılmıştır (Krysko, 1979).

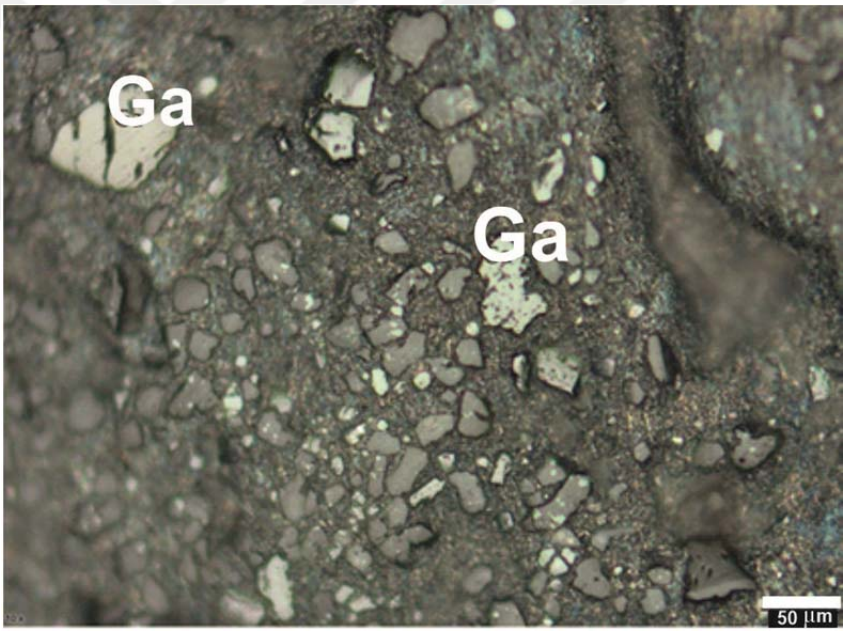
İlk üretim yapılan kurşun madenlerinden en iyi bilineni Balıkesir'de Balya-Karaaydın madenidir. Mısır'da eski Mısır medeniyetine ait kurşun borular bulunmuş ve kurşun lehimlerin çeşitli alanlarda kullanıldığı saptanmıştır. Fenikeliler Kıbrıs, Sardinya ve İspanya'da kurşun madenleri işletmişlerdir.

Türkiye'de farklı bölgelerde önemli Pb-Zn yatakları bulunmaktadır (Şekil 4.81). Anavarza antik kentine yakın Pb-Zn yatakları; Horzum (Feke/Adana), Delikkaya (Kayseri Yahyalı), Bolkar (Adana-Niğde) bölgeleridir.

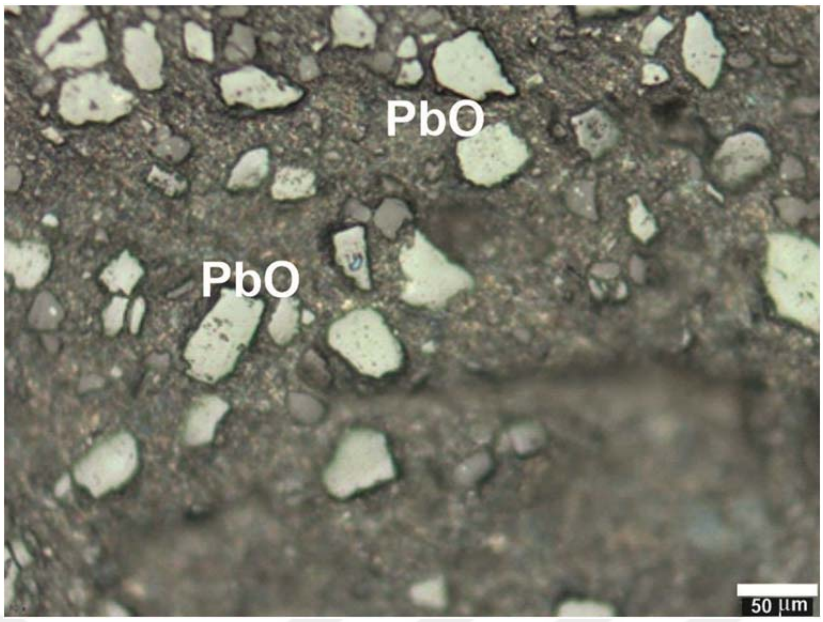


Şekil 4.81. Türkiye Pb-Zn Yatakları haritası (mta.gov.tr den alınmıştır)

Anavarzadan alınan kurşun örneklerinden yapılan parlak kesit incelemelerinde eritilen kurşun içerisinde birincil galen kristallerine rastlanmıştır(Şekil 4.82; 4.83). Bu verilere göre eritme işleminin homojen yapılmadığı söylenebilmektedir.



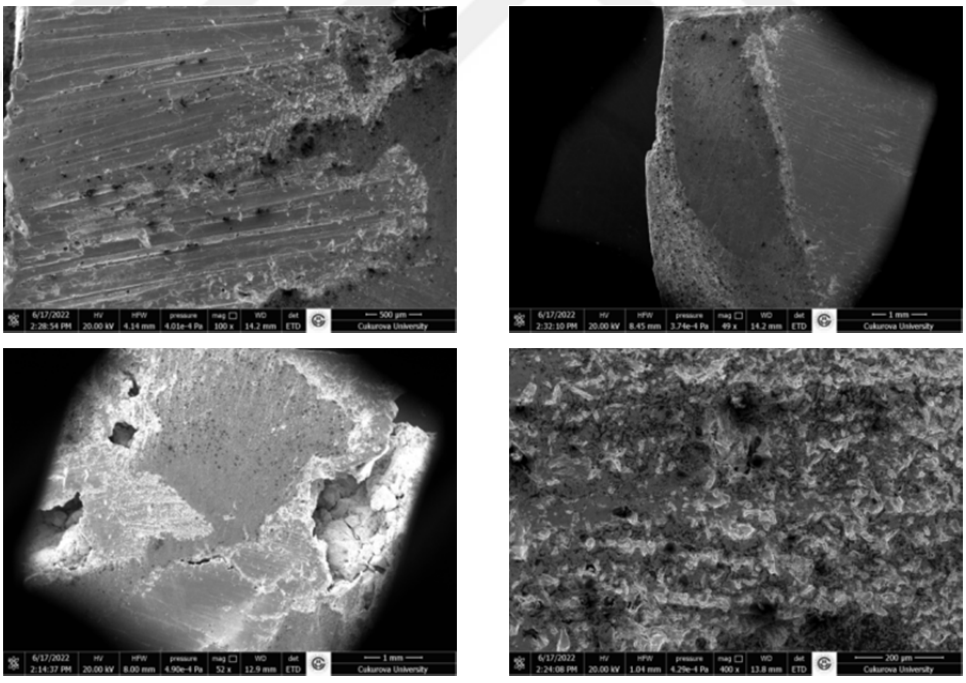
Şekil 4.82. M23 Nolu örnekte Açık gri renkli galen (Ga) ile Pb oksitler



Şekil 4.83. M23 Nolu örnek Oksitli Pb mineralleri

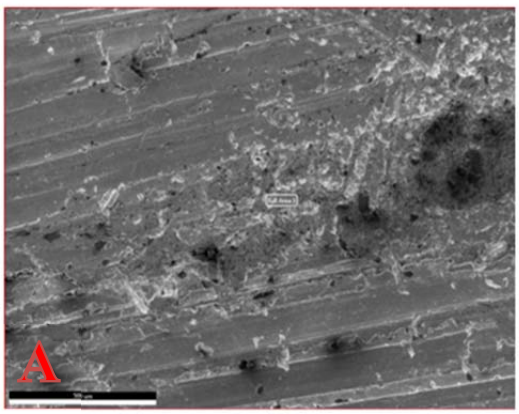
4.5.1. SEM Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kurşunlu örnek üzerinde SEM görüntüleri elde edilmiş ve EDS analizleri yapılmıştır (Şekil 4.84).


Şekil 4.84. M23 örneğinin SEM görüntüleri

EDS analizi yapılan bölge ve noktalardan elde edilen sonuçlara göre 74,97 Pb , 12,44 O, 12,59 C , elementi saptanmıştır. Eritme sonucunda yaklaşık PbO ($PbS \xrightarrow{550C} PbO$) dönüşmüş olduğu ve eritme için kullanılan Karbonun materyale karıştığı düşünülmektedir (Şekil 4.85).

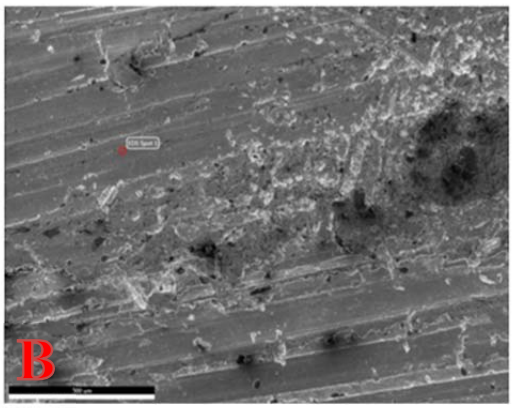
Analizi yapılan bölgedeki bir noktadan yapılan analizde ise 86,3 Pb , 13,7 C, elementi saptanmıştır (Şekil 4.86).



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
C K	12.59	47.92	113.14
O K	12.44	35.54	97.79
PbM	74.97	16.54	1227.44

Şekil 4.85. M23 Nolu Pb örneğin EDS görüntüsü

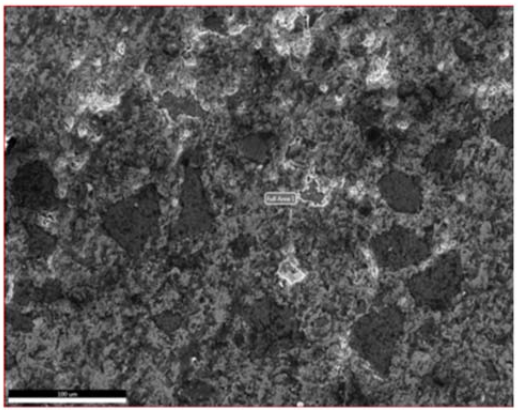


eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net
C K	13.7	73.26	132
PbM	86.3	26.74	1538

Şekil 4.86. M23 Nolu Pb örneğin A bölgeden yapılan analiz B noktasal EDS analiz sonuçları

Aşağıdaki yüzeyi taranan bölge ve noktalardan elde edilen sonuçlara göre 41,98 Pb, 15,48 O, 19,43 C, 13,66 Si, 4,45 Fe 3,89 Al, 0,4 Co elementi saptanmıştır. Analizi yapılan bu alan içerisinde Si, Al, Fe gibi elementlerin bulunmasıından dolayı eritme potasından malzeme aldığı düşünülmektedir (Şekil 4.87).



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %	Net Int.
C K	19.43	45.93	121.47
O K	15.48	27.47	149.57
AlK	3.89	4.1	176.93
SiK	13.66	13.81	681.78
ZrL	0.04	0.01	0.84
PbM	41.98	5.75	757.62
CaK	0.68	0.48	19.18
FeK	4.45	2.26	71.12
CoK	0.4	0.19	5.43

Şekil 4.87. M23 Nolu Pb örneğin EDS görüntüsü

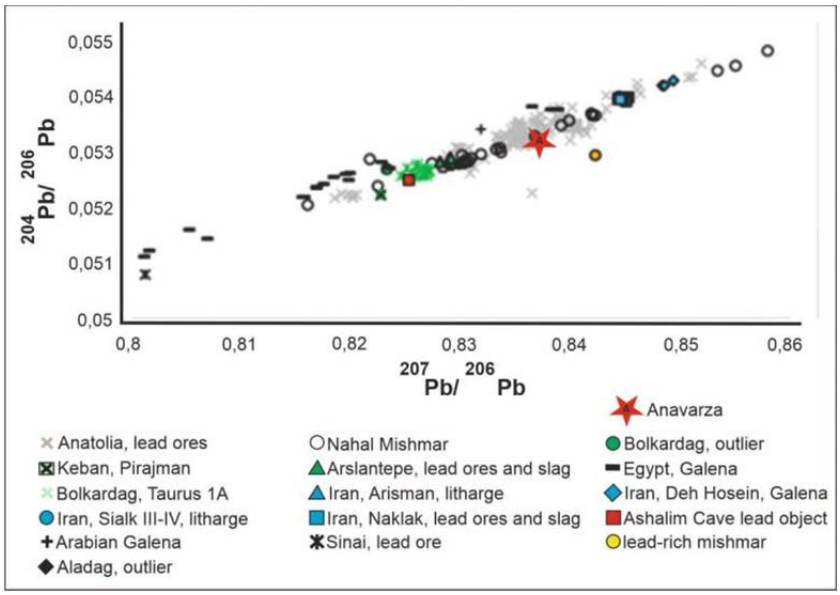
4.5.2. Pb İzotop Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Dünya yüzeyindeki kurşun iki kaynaktan meydana gelir. Birincisi dünyanın oluşması sırasında meydana gelen 204Pb, diğer üç kurşun izotopu ise (206Pb, 207Pb, 208Pb) Uranyum ve Toryum izotoplarının bozunmalarından meydana gelir. Kurşunun kararlı dört izotopundan üçü yörelere göre farklılıklar gösterirler (206Pb, 207Pb, 208Pb). Belli bir bölgede oluşan cevherdeki kurşun izotop oranı değişmez. Böylece kurşun içeren gümüş, vb. metal eserlerin kurşun izotop oranıyla, bölgedeki maden cevherinin kurşun izotop oranı eşit olursa, o eski eserin bölgedeki o cevherden alınarak yapılmış olduğu belirlenebilmektedir. Bir örnek üzerinde yapılan Pb izotop analizi sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.13'te verilmiştir.

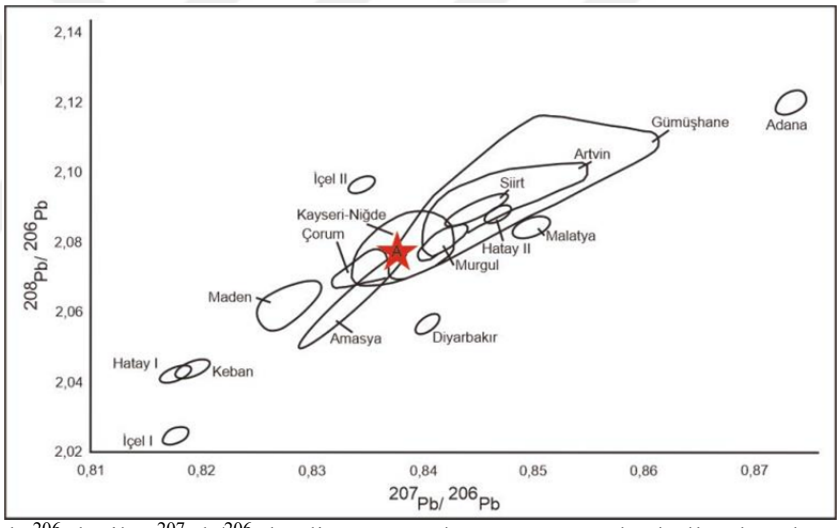
Çizelge 4.13. Pb 206/204, 208/204, 207/206, 204/206 Sonuçları

206 Pb/204Pb	207 Pb204Pb	208 Pb/204Pb	208 Pb/206Pb	207 Pb/206 Pb	204 Pb/206Pb
18,771	15,726	38,966	2.051	0.838	0.0533

Orta Toros bölgesi için örnek kaynak alanları arasında Bolkardağ, Aladağ, ve Niğde masifi gibi bölgelerde farklı araştırıcılar (Yener ve ark, 1991) tarafından yapılan Pb izotop verileri bir araya getirilerek kullanılan metallerin kaynağı saptanmaya çalışılmıştır (Şekil.4.88) Bu sonuçlara göre ^{204}Pb-^{206}Pb ile ^{207}Pb/^{206}Pb diyagramında Anatolid bölgesinde ^{208}Pb-^{206}Pb ile ^{207}Pb/^{206}Pb diyagramında Anavarza da kullanılan kurşun Kayseri-Niğde bölgesi içerinde yer almaktadır (Şekil 4.88). Yine benzer şekilde oluşturulan diyagramda Kayseri, Niğde alanına düşmektedir (Şekil 4.89). Bölge oldukça karmaşık bir jeolojik bölge olarak tanımlanmıştır.

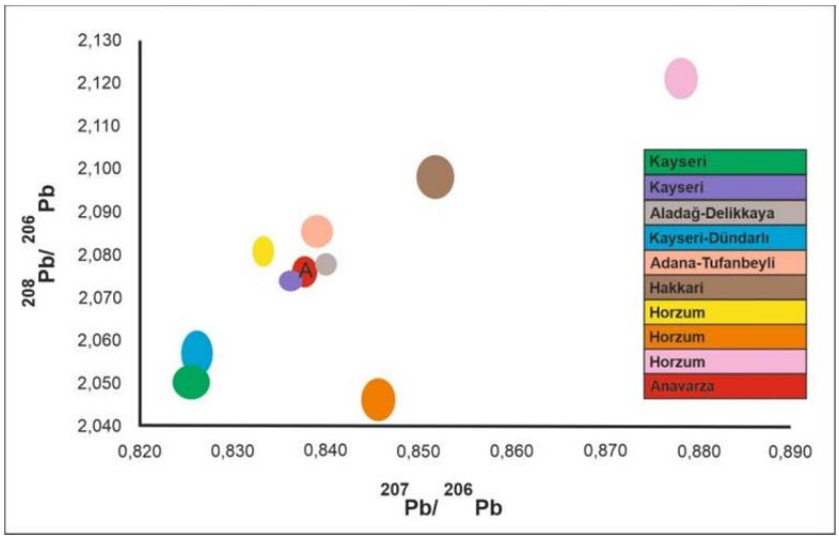


Şekil 4.88. ^{204}Pb-^{206}Pb ile $^{207}Pb/^{206}Pb$ oranına göre Anavarzada kullanılan kurşun kaynak bölgesi (Yalçın, 2013'ten alınmıştır).



Şekil 4.89. ^{208}Pb-^{206}Pb ile $^{207}Pb/^{206}Pb$ diyagramında Anavarza da kullanılan kurşun yaklaşık kökensel yeri (Yalçın Ü. ve Yalçın, H., 2013'ten alınmıştır).

Anavarza antik kentine yakın bölgelerdeki Pb-Zn yataklarından yapılan Pb izotop analizlerini karşılaştırdığımızda Aladağ Delikakaya, Horzum (Feke), Kayseri (Yahyalı) bölgelerinin arasında yeralmaktadır (Şekil 4.90). Bu sunuçlara göre kurşunun bölgeye yakın Aladağ ve Horzum civarlarından temin edildiği düşünülmektedir.



Şekil 4.90. Yakın Bölgelerdeki Pb yataklarına ait Pb izotop değerlerinin karşılaştırılması (Akyüz, 2019 değiştirilerek alınmıştır).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Anavarza Antik Kenti'nde Aşağı Şehir'de bulunan kentsel yapı öğeleri saptanmış ve inşasında kullanılan kayaçlar, tuğlalar ve bunların arasında yer alan harç ve taş blokları bağlamakta kullanılan kurşun kenetlerin özellikleri belirlenmiştir.

Anavarza Antik kentindeki sütunlar ve yapılarda kullanılan kayaçların türlerini saptamak için yapılan petrografik incelemeler sonucunda kullanılan malzemelerin büyük çoğunluğu kireçtaşı olup, yer yer mermer ile granit kullanıldığı saptanmıştır. Kayaçların kaynak alanını bulmak için bölge jeolojisine bakıldığında Doğu Toros otokton kayaları ile ilişkisi görülemeyen ve Adana Baseni ile Amanoslar arasında kalan Misis grubu içerisinde bulunmaktadır. Bu yüksek bölgedeki kireçtaşı blokları Eosen-Oligosen yaşlı Bulgurkaya Olistostromu içerisinde yer almakta olup, (Ünlügenç ve Akıncı, 2017). Ada şeklinde oluşmuş olan Anavarza yükselim bölgesi çepeçevre Kuvaterner yaşlı alüvyonlarla örtülü durumda gözlenmektedir.

Melanj içinde en fazla göze çarpan kaya birimi, aşınmaya karşı mukavemetinden dolayı kireçtaşlarıdır. Özellikle Mesozoyik yaşlı kireçtaşları ve dolomitik kireçtaşları oldukça sert karekterde olduğu için yükselim içerisindeki en yüksek alanları oluşturmaktadırlar. Misis uzanımı boyunca Bulgurkaya olistostromu, Jura'dan Oligosen'e kadar değişen yaş aralıklarında yüzlerce metre boyutlara ulaşan breşleşmiş kireçtaşı blokları ile temsil edilmektedir. Daha büyük boyutlu blokları oluşturan kireçtaşları ise genellikle yeniden kristalize olmuşlardır. Detrital kuvars, detrital kumtaşı, kuvarsit, mermer, nadir silisik lav (kuvars mikrofenokristalli) ve biyotit içerir (Ünlügenç ve Akıncı, 2017).

Bu sonuçlara göre antik kentte kullanılan kireçtaşları, mermerler ve breşleşmiş kireçtaşı sütunları bölge jeolojisi ile uyumluluk göstermekte olup bu malzemeler yöreden temin edilmiştir. Ancak granitik sütünlar bölgeye dışarıdan getirilmiştir.

Harç örneklerinin içerisindeki agrega ve bağlayıcı türlerini saptamak için Petrografik, XRD, FTIR, SEM_EDS analiz yöntemleri ile Granülometrik analizi ve harçtaki CaO bağlayıcı miktarı saptanmıştır. Petrografik inceleme sonuçlarına göre agrega tanesi olarak; kalsit (kireçtaşı), kuvars ve tuğla kırıklarından oluşmaktadır. Farklı boyutlarda ve düzensiz şekilli taneler bir araya gelmiştir.

XRD yöntemi ile analizlerde kalsit, kuvars, korund, Alüminyum oksit ve kireç mineralleri saptanmıştır.

FTIR yöntemi ile de Kuvars, kalsit, illit, jips, mineralleri ile karbonat (kireç) mineralleri saptanmıştır. Harç içerisinde ince taneli kum (kuvars) boyutunda ve kil (illit) boyutunda malzemelerde bulunmaktadır. Bu sonuçlar petrografik incelemelerle uyuşmaktadır. Kireç taneler arasındaki bağlayıcı malzemeyi oluşturmaktadır.

EDX sonuçlarıda bağlaycıcı olarak kireç kullanıldığını destekler niteliktedir,

Harcı oluşturan malzemenin boyut dağılımını (%) görmek için elek analizi yapılmıştır, Bu analiz sonuçlarına göre %0,5 ile 1,9 arasında kil-silt boyutu, % 69,384-97,193 arasında kum boyutu malzemeden, % 0,791 ile 28,816 arasında ise çakıl boyutu malzemeden oluşmaktadır.

%5 lik HCl asit deneyi ile CaCO3 oranı %24ile 27 arasında bulunmaktadır.

Hamam ve havuz kısmındaki bulunan açık renkli ve koyu renkli tuğlalar ile havuz içerisinde bulunan kanalet örneği üzerinde ince kesitler yapılarak Petrografik incelemeleri yapılmış, Kuvars, kalsit, Biyotit ve Fe oksitler yaygın olarak bulunurken, az oranda kuvarsitlerden oluşan kayaç parçaları ile boşluklarda ikincil kalsit mineralleri gözlenmektedir.

SEM-EDS örneğin ve içerisinde yer alan elementlerin mikro yapısal ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. T1 kodlu tuğla örneğinin optik mikroskop ve XRD sonuçları ile Taramalı Elektron Mikroskobu görüntüleri incelendiğinde bozunmamış kalsit, kireç, dolomit ve illitin varlığı, bu örneğin düşük sıcaklıkta fırınlandığını göstermektedir. Killi matriks içerisinde heterojen dağılımlı ve tane boyutları da birbirinden farklı taneler mevcuttur. EDS analizi ile Ca (%17,82) Si%17,82 O %49,29 Al 7,56,K. 2,32 F 1,32 oranında bulunmaktadır. Kireç ve XRD de gözlenen İllit içeriğine uymaktadır. Yüksek oranda silisyum ve kalsiyum elementleri, düşük oranda ise alüminyum, magnezyum, potasyum ve demir görülmektedir

15 A Kodlu örneğin SEM sonuçları incelendiğinde Matriksin daha sıkı ve yoğun olduğu görülmektedir. Killi matriks içerisinde polarizan mikroskop incelemelerine göre erimemiş kalsit ve dolomit mineraline rastlanmıştır. XRD sonuçlarında ise Diyopsit, Akermanit ve Gehlenit gibi yüksek sıcaklık minerallerine rastlanmıştır. Bu örneğin SEM görüntüsünde de diğer örneklerle kıyaslama yapıldığında pişme sıcaklığının yüksek olması nedeniyle daha iyi vitrifiye olduğu gözlenmektedir. Yine diğer mikroyapılarla kıyaslandığında 15 A kodlu örneğin por boyutu daha küçük, por şekilleri daha yuvarlaktır. Bu da örneğin daha yüksek sıcaklıkta fırınlandığının ve vitrifikasyon düzeyinin daha yüksek olduğunun göstergesidir.

Genel olarak tuğlalara ait matrikslerin petrografik analizleri ve XRD analizleri incelendiğinde, örneklerin benzer üretim teknolojisi (kullanılan hammadde ve pişirim tekniği) ile üretildiği görülmektedir. T15A Kodlu örneğin gehlenit, akermanit, diyopsit içermesi ve dolomit ve illit mineraline rastlanmaması, bu örneğin fırınlama sıcaklığının/fırınlama süresinin göreceli olarak diğerlerine göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (900-1000℃). TG Analizi sonucu da bu görüşü destekler niteliktedir.

Tuğla örneklerinin termal analiz sonuçları incelendiğinde ağırlık kaybının en az olduğu örnek, yüksek sıcaklıkta fırınlandığı düşünülen 15A kodlu numunedir (%9,5436). En fazla ağırlık kaybı (en yüksekten en düşük orana doğru) 4.2 (%22,0028), 15C (%20,7131) ve 15B'dir (%20,2741). En düşük fırınlama sıcaklığına sahip örneklerin de ağırlık kaybı göreceli olarak daha yüksek olan bu örnekler olduğu söylenebilir. Kısaca fırınlama sıcaklığı arttıkça kademeli olarak termal kayıplar da azalmaktadır.

Örneklerin benzer üretim teknolojisi (kullanılan hammadde ve pişirim tekniği) ile üretildiği görülmektedir. Bütün tuğla örneklerinde magnetit mineraline rastlanmıştır. Magnetitin varlığı, tuğla örneklerinin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde pişiriminin yapıldığını gösterirken bazı örnekler hem hematit, hem de magnetit mineralini bir arada içermektedir. Bu örneklerin kapalı ortamda redüksiyonlu atmosferde fırınlandığı, soğuma aşamasında da oksijene daha fazla maruz kaldığı düşünülmektedir

T 4.3 örneği 1,98 gr/cm^3 ile en fazla yoğunluğa 2. Sırada T15 A örneği 1,92 gr cm^3 en az değere ise 1,63 ile T15C örneği gelmektedir. Su emme oranları da yoğunluğa paralel olarak T-4.3, T15A ve enaz T15 C örnekleri gelmektedir. Bu sonuçlarda TGA analiz sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Romalılar'ın düşük sıcaklıkta pişirerek ve öğütükleri kiremit veya tuğla parçacıklarını puzolanik özellikleri nedeni ile Batı Asya ve Ortadoğu'da Horasan harcı adı ile bilinen tuğla ve kiremit parçacıkları/tozu ve kirecin karıştırılması ile oluşturulan bu harç türüne Bizanslıların, Selçukluların ve Osmanlıların eserlerinde oldukça sık rastlanmaktayız. Bu harçlar kireç, tuğla/seramik parçacıkları/tozları gibi yapay puzolanlar ve diğer agregaları kapsayan kompozit malzemelerdir. Çok ince boyutta öğütülen kil mineralleri, 600℃ ile 900℃ de pişirilerek yüksek puzolanik aktivite göstermiştir. Bu türdeki killeri içeren tuğla/kiremit kırığı ya da kiremit tozu şeklindeki malzemeler, kireç ile karıştırılarak reaksiyona girmesi ile , bağlayıcılık özelliğini arttırıcı ürünler ortaya çıkartırlar. Kireçtaşının pişirilirken, kirece karışan küllerin, kireç söndürülmesi ile temizlenmemesinin, malzemeye hidrolik karekter kazandırdığını bilmekteyiz. Yüksek seviyede şist, feldspat, bazalt ve mika içeren killi kum çeşitleri de kısmi olarak puzolanik özelliklerini göstermektedir. Harçlarda sıklık ile kullanılan agrega genellikle uygun bir kaynaktan (dere veya kum ocağı gibi) sağlanan "kum"dur. Buna ilaveten toprak, kül, taş kırığı, taş tozu veya puzolan gibi malzemeler de agrega olarak kullanılmaktadır (Pekmezci, 2012).

Anavarza antik kentinde kullanılan harç oluşumlarında kullanılan mineraller bölge jeolojisi ile saptanan tuğla kırıkları ve kireç Roma dönemi ile uyuşmaktadır.

Bölgede tuğla yapımında kullanılabilecek kil kaynakları olarak (Yıldız ve ark., 2003) (Çizelge 5.1)'e göre Tatarlı kil ocakları, Tepsi tepe Toprakkale, Almanpınarı-Hasan beyli kil ocakları bulunmaktadır. Tuğlalar üzerinde yapılan XRD sonuçlarında Kuvars, Kalsit, Dolomit, Magnetit, Kireç, Albit, İllit, Bentonit, Montmorillonit mineralleri saptanmıştır. Toprakkale ve Tatarlı yataklarına benzerlik göstermektedir.

Çizelge 5.1. Bölgedeki kil kaynakları (Pekmezci, 2012).

Bulunduğu Yer	Açıklamalar
Tatarlı (Ceyhan) Kil Ocakları	Jeoloji: Ceyhan ovası alüvyon sahaları içerisinde yer alır. Kirli-sarı renkte, orta sertlikte, tabakalaşma göstermeyen, ince tane boyutlu kil olup içerisinde mika pulcukları ve yer yer silişleşme görülür. Smektitçe zengin killer olup bunu illit ve kaolin izler.
Tepsi Tepe-Toprakkale Kil Ocakları	Jeoloji: Pliyosen formasyonları içerisinde yer alır. Kahverengi-bej renkli, orta sertlikte, çok az kumlu ve yer yer mika pulcukları içerir. İllitçe zengin killer olup bunu kaolinit, smektit izler.
Almanpınarı-Hasanbeyli Kil Ocakları	Jeoloji: Üst Kretase yaşlı killer, killi kireçtaşları içerisinde görülür. Koyu kiremit renginde kırmızımtırak, orta sertlikte, topak parçalar halinde az miktarda mika pulcukları ile yer yer kum boyutlu malzeme içerir. İllitçe zengin killer olup bunu kaolinit izler.

Kum ve çakıl boyutu malzemenin Anavarza antik kentinin yakınından geçen Ceyhan nehrinden sağlandığı düşünülmektedir.

Bağlayıcı kısımlar genellikle beyaz, kirli beyaz, krem gibi açık tonlu renklerdedir. Bazı örneklerde ise hamurun, gri, kahverengi veya pembe renkli olduğu görülmektedir. Bu durum, kullanılan bağlayıcıların ve kil boyutundaki agregaların farklılığından kaynaklanmaktadır. Oldukça fazla miktarda kil içeren örneklerin hamuru kahverenkli, tuğla tozu içeren örneklerde ise pembe renge yakın bir tondadır. SEM-EDX analiz sonuçlarına göre incelenen örneklerin çoğunda bağlayıcı kısmında tamamıyla karbonatlaşmış, kristalize kalsitten meydana geldiği görülmüştür. Bu bağlamda kalsiyum hidroksitin $Ca(OH)_2$ havadaki CO_2 ile birleşerek tamaıyla kalsiyum karbonat haline dönüştüğünü göstermektedir. Buna ilaveten ölçülen iyi mekanik değerler de bu durumu destekleyici niteliktedir. Örneklerin bazılarında bağlayıcı kısımlarında kireç ile beraber yüksek miktarda (%50-80) alçı içerdiği görülmüştür. Bu durum, kirece alçı katılarak yerel bir teknik ile yapıldığını düşündürmektedir (Pekmezci, 2012).

Pb izotop sonuçlarına göre Anavarza da kullanılan kurşun Kayseri-Niğde bölgesi içerinde yer aldığı saptanmıştır. Anavarza antik kentine yakın bölgelerdeki Pb-Zn yataklarından yapılan Pb izotop analizlerini karşılaştırdığımızda Aladağ Delikakaya, Horzum (Feke), Kayseri(Yahyalı bölgelerinin arasında yeralamaktadır (Şekil.4.88). Bu sunuçlara göre kurşunun kaynağı olarak bölgeye yakın Aladağ ve Horzum cıvarlarından temin edildiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ainsworth, W. F., 1888. A Personal Narrative of the Euphrates Expedition, London.

Akça, F., 2000, Tarsus (İçel) Gülşehir Arkeolojik Buluntuların Örten Çökelin Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Akurgal, E., 2020, Anadolu Uygarlıkları, Ankara, s.215-216.

Akyol, A.A., 2019, Sivrihisar Ulu Cami Yapı Malzeme Analizleri, Akdeniz Sanat Dergisi, s.13-40.

Akyüz, F., 2019. Horzum-Kozan (Adana) Pb-Zn Cevherleşmelerinin Kökeni, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Alburz Geren, Gülşen., 2019, İstanbul Topkapı Sarayı Darphane-i Amire Binaları Yapı Malzemelerinde Arkeometrik Çalışmalar, Gazi Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara s.49.

Alkım, U.B., 1950, Üçüncü Dönem Karatepe Çalışmaları Kazı ve Geziler Belleten XXIV (56), s. 515-541.

Altay, M. H., 1966. Anazarbos Mozayikleri Hakkında Ön Rapor. TAD XV-II: 49-54.

Anonymous, 1996. Aplication Note: CIE L*C*h color scale. Hunter associates Laboratory, Inc., Virginia, 4:8-11.

Arslan, M., 1992, Anadolu Medeniyetleri Müzesindeki Roma Dönemi Kilikya Sikkeleri, Anadolu Medeniyetleri Müzesi 1992 yıllığı Ankara s.197-211.

Bell, G.L.,1906, Notes on a Journey Through Clicia and Lycaonia RA VII (1): 1-29, 385-414.

Bent, Th. J., 1890, Recent discoveries in Eastern Cilicia. Journal of Hellenic studies 11, s. 231-235.

Beyazit, M., Işık, I., İssi, A., Taşkıran, G., Ersan,H.Ö., 2014, Uluslararası 8. Eskişehir Pişmiş Toprak Sempozyumu, Seramik Arkeometrisinde TG-DTA Termal Analiz Uygulamaları, Eskişehir, s.55-68.

Buyruk, H., 2011, Sis'i (Kozan) Akdeniz'den Kapadokyaya Bağlayan Kervan Yolu Kaleleri ,Atatürk Üniversitesi Doktora Tezi, Erzurum, 2011.

Buyruk, H., 2014, Gertrude Bell'den Günümüze Fotoğraflarla Anavarza, Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi, 33, 176-215.

Buyruk, H., 2016 " Anazarbus with its L°Cation, past and Identity" odu Journal of s°Cial Science Research, 6-3, 695-710.

Caner, E.- Türkmenoğlu, A.- Böke, B., 1985, Arkeometri Ünitesi Bilimsel Toplantı Bildirileri V Tübitak, Ankara, s.128-130.

Çakar, T., 2009, Likenlerin Karatepe Aslantaş Açık Hava Müzesi Bazaltik Kayaç Eserler Bilimler Enstitüsü, Adana, s.27-64.Üzerindeki Ayrışmaya/Bozunmaya Etkisi, Çukurova Üniversitesi Fen

Çakmak, A., 2020, Yapı Malzemesinin Tarihsel Gelişimi ve Mimarlığa Etkileri, ATA Planlama ve Tasarım Dergisi, 5:1 s.47.

Çördük, A., 2006, Yunan ve Roma mimarisindeki yapı teknikleri. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Davis, J., 1879, Life in Asiatic Turkey: a journal of travel in Cilicia (Pedias and Trachoea), Isauria, and parts of Lucaonia and Cappad°Cia, London.

Demirkıran, Ş., 2010, Kilikya Bölgesi'nden Seçilmiş Antik Mermer Eserlerin Kökeninin Saptanması, Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Adana, s.37-71.

Durukan, M., 2015, Anazarbus Aegeai ve Tarsus Kentlerinin Ticaret Yollarıyla Bağlantısı, Çukurova Araştırma Dergisi, 1 (1), 1-7.

Erdoğan,S.T., Erdoğan, T.Y., 2007, Bağlayıcı Malzeme ve Betonun Onbin Yıllık Tarihi, Ankara, s.29-33.

Ergeç, R., 2001, ''Anazarbus Antik Kenti ve Nekropolü'' Kilikya Mekanlar ve Yerel Güçler (MÖ II.binyıl-MS IV. Yüzyıl) Uluslar Arası Yuvarlak Masa Toplantısı Bildirileri ,Varia Anatolica XIII. (Eds: E. Jean-A.M. Dinçol et.al.) Paris, s.389-410.

Erhan, F., 2015, Özel Bir Koleksiyondan Bir Grup Anazarbos Sikkesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 24 (1):303-320.

Esin, U., 1985, Arkeolojide Kullanılan Arkeometrik Araştırmalara Genel Bir Bakış, AST1 Ankara, s.1-6.

Gerçek, A., Roma İmparatorluğu'nda Siyaset ve Mimari İlişkinin Anazarbos'a Yansıması, Anazarbos & Anavarza (I), Ankara, s.295-300.

Gough, M., 1952, ''Anazarbus'', Anatolian Studies, C, 2, s. 85-170.

Gülşen, F.F., Tosun, K., Tabakoğlu, O.A., Dervişoğlu, N., Yastı, N., Kiminsu, B., Gülşen, H., 2021, Yeni Bulgular Işığında Anazarbos'da Arkeoloji ve Sanat Tarihi Araştırmaları, Anazarbos & Anavarza (II), Ankara, s.165-168.

Heberdey, R., Wilhelm, A., 1896, Reisen in Kilikien, Denkschriften der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften in Wien, Band XLIV, Viyana.

Işık, Ö., 2010, Konya Şerafeddin Camisi Yakınındaki Türbenin Tuğla Duvar Malzemesinin Arkeometrik Yönden Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, s.50-55.

Kaplan, A., 2015, Hellenistik ve Roma Döneminde Klikia Pedias (Çukurova)Yerleşimleri, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya. s.194.

Karaömerlioğlu Boz, D., 2021, Tarihi ve Kültürel Miras Turizmi Bakımından Anavarza Antik Kenti'nin Turizm Potansiyeli, Anazarbos & Anavarza (III), Ankara, s. 222.

Karatağ, M., 2011, Klasik Arkeoloji Sözlüğü, Ankara, s.177-300.

Keil, J., Wilhelm, A., 1931, Denkmaler aus dem Rauhen Klikien, Monumenta Asiae Minoris Antigua III.

Kıran, 2006 Kıran, Ö., "Kozan Yöresi Florasındaki Tıbbi Bitkiler ve Bunları Halk Tıbbında Kullanılışı" Y. L. Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana. s.2.

King, E.H., 1937, A Journey Thorugh Armenian Clician Journal of the Royal Central Asian S°Ciety XXIV.

Kozlu, H., 1997, Doğu Akdeniz Bölgesinde Yer Alan Neojen Basenlerin 8İskenderun,Misis-Andırın) Tektono-stratigrafi Birimleri ve Bunların Tektonik Gelişimi, Çukurova Ünv.Fen Bilimleri Enstitüsü Jeo.Müh. Doktora Tezi.

Krysko, W.W., 1979, Lead in History and Art.urgique dans les societes anciennes en Mediter- Blei in Geschichte und Kunst, Stuttgart

Kurugöl, S., Küçük, S.G., 2015, Tarihi Eserlerde Demir Malzeme Kullanımı ve Uygulama Teknikleri, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Gelecege Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, (5) s.521-526.

Langlois, V., 1856, Voyage Dans La Cilicie. Anazarbe et Ses Environs. Paris.

Lee, H. S., Castle, W. S., 2001. Seasonal Changes of Carotenoid Pigments and Color in HamLin, Earlygold, and Budd Blood Orange Juices. J. Agric. Food Chem. 49: 877-88.

Mahrebel, H.A., 2006, Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s.16.

Nauman, R., 2019, Eski Anadolu Mimarlığı, Ankara, s.34-53.

Özbey, V., Saban, D., 2019, Unesco Dünya Miras Listesine Doğru Anavarza Antik Kenti, Dergi Park Art.Sanat, 299-314.

Özcan, A., 2001, Anazarbos Antik Kenti. Ank. Ü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s. 30-76

Pekmezci, I.P., 2012, Çukurova Bölgesindeki (Kilikya) Bazı Tarihi Yapılarda Kullanılan Harçların Karakterizasyonu ve Onarım Harçları İçin Öneriler, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, s.5 -108.

Sayar, M. H., 2000, Die Inschriften von Anazarbos und Umgebung, Inschriften aus dem Stadtgebiet und der naehsten Umgebung der Stadt. Teil I, Bonn

Sayar, M.H., 1996, Kilikya'da Epigrafi ve Tarih Coğrafya Araştırmaları XIII AST 1 s. 55-75.

Schaffer, F.X., 1901, Schaffer, F.X. Bericihte über seine in Klikien unternommenen Reisen. Jahresbericht des Vereins zur Förderung der naturwissenschaftlichen Erforschung des Orients in Wien.

Seton –Williams, V.M., 1954, Clician Survey IV, s.121-174.

Süslü, O.M., 2000, Adana-Çine Köyünde Yeni Bulunan Geç Hitit Dönemine Ait Bazalt Eserin Mineralojik ve Mikromorfolojik Özelliklerinin ve Kaynak Kaycının Saptanması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, s.14-26.

Taşçı, B., 2021, Properties of Lime Binderes and Aggregates of Roman Mortars in Western Anatolia. İzmir Institute of Technology Doktora Tezi, İzmir, s.1-2.

Taşyürek, A.O., 1975, 1973 Yılı Kilikya Araştırmaları Türk Arkeoloji Dergisi XXII/1 s.117-120.

Texier, C., 2002, Küçük Asya Coğrafyası, Tarihi ve Arkeolojisi, C.3, (Çev: A. Suut, Latin Harflerine Aktaran: K. Y. Kopraman, Sadeleştiren M, Yıldız), Ankara.

TS EN 1097-6, 2002. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini, Ankara.

Türkoğlu, H.G., 2021, Arkeolojik Alanlardaki Onarım ve Müdehalelerinin Alan Sunumu Bağlamında Değerlendirilmesi: Anavarza Antik Kenti (Adana), Mersin Ünv. Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 66.

Uğur, T., 2011, Perge Antik Kentine Ait Mozaik Harçların Karakterizasyonu, İstanbul Ünv. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

Uğuruyar, M., 2019, Anazarbos Zafer Takı'nın Taş Analizi ve Petrografisi, Ç. Ü. Yüksek Lisans Tezi, Adana, s. 5,17

Ünal, A., 2006, Hitit İmparatorluğu'nun Yıkılışından Bizans Dönemi'nin Sonuna Kadar Adana ve Çukurova Tarihi Ç. Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Arkeoloji Özel Sayısı, 3 (15), 67-102.

Ünal, A., Girginer, K.S., 2007, Kilikya -Çukurova İlk Çağlardan Osmanlı Dönemine Kadar Kilikya'da Tarihi Coğrafya, Tarih ve Arkeoloji, Homer Kitabevi ,İstanbul, s.22.

Ünlügenç, U.C., Akıncı, A.C., 2017, Kızıldere-Güneydoğu(Ceyhan-Adana) Civarının Tektono-Stratigrafisi, Çukurova Ünv.Müh.Mimarlık Fak. Dergisi 32(2)- s.85-99.

Yalçın, H. G., Yalçın, Ü., 2013, Reassessing Anthropomorphic Metal Figurines of Alacahöyük, Anatolia. Near Eastern Archaeology, 76(1): 38-49. Doi: 10.5615/neareastarch.76.1.0038, (AHCI)*M*

Yalçın, Ü., Pernicka, E., 1999, Frühneolithische Metallbearbeitung am Aşıklı Höyük, Türkei, in: A. Hauptmann

Yalçın, Ü., 2012, Neden Arkeometri? Türkiye'de Arkeometrinin Ulu Çınarları Prof. Dr. Ay Melek Özer ve Prof. Dr. Şahinde Demirci'ye Armağan, İstanbul, s.39-41.

Yener, K.A., Özbal, H., Sayre, E.V., Joel, E.C., Brill, R.H., 1991, Journal of Archaeological Science, 18(5)-s.541-577.

Yeşil, M., Fırat, M., 2020, Arkeometri ve Cumhuriyet Dönemi'nden Günümüze Arkeometri Çalışmaları, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Sosyal Bilimler Dergisi 50- s.307.

Yıldız, A., 2001, Kilikya Bölgesi Antik Anazarbos Kentinin Yapı ve Taş Eserlerinin Malzeme Tespiti ile Petrografik İncelenmesi. Ç. Ü. Yüksek Lisans Tezi, Adana, s. 3,20-33.

ÖZGEÇMİŞ

Erkan AYNA, İlkokulu, Ortaokulu ve Lise öğrenimini Adana' da tamamladı. 2013 yılında Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Arkeoloji Bölümünden mezun oldu. Yüksek düzeyde Farsça bilmektedir. Turizm alanında ve özel sektörde çalışma hayatına devam etti. 2020 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.2020-2021 yılı döneminde Sofular Höyük'te Seramiksiz Neolitik ve Antropoloji kazısına katıldı.