ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURSA-AKTOPRAKLIK HÖYÜK'TEN ELE GEÇEN KALKOLİTİK DÖNEME AİT BİR GRUP SERAMİĞİN ARKEOMETRİSİ

Melike POLAT

Arkeometri Anabilim Dalı

Eylül, 2025

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

BURSA-AKTOPRAKLIK HÖYÜK'TEN ELE GEÇEN KALKOLİTİK DÖNEME AİT BİR GRUP SERAMİĞİN ARKEOMETRİSİ

Melike POLAT

Arkeometri Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 22/08/2025 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI (Danışman) ……

: Prof. Dr. Necmi KARUL ……

: Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2024-16414

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
TEŞEKKÜR iii
ÇİZELGELER DİZİNİ iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR ix
1. GİRİŞ 1
1.1.Arkeolojik Açıdan Aktopraklık Höyük 4
1.1.1. Keşif ve Araştırma Tarihçesi 4
1.1.2.Tabakalanma ve Mimari 5
1.1.3. Aktopraklık Höyük'teki Fırınlar 10
1.2. Kuzeybatı Anadolu'nun Doğal Çevre Ortamı ve Fiziki Özellikleri 13
1.2.1. Topografik Yapı 13
1.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü 15
1.2.3.Toprak Özellikleri ve Madenler 16
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 17
3. MATERYAL VE METOT 21
3.1. MATERYAL 21
3.2.METOT 26
3.2.1.Petrografik Analiz 27
3.2.2. X Işını Difraksiyon (XRD) Analizi 28
3.2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işınları Spektrometresi (EDS) Analizi 28
3.2.4. Raman Spektroskopisi Analizi 29
3.2.5. X-Işını Floresans (XRF) Analizi 29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 31
4.1. Petrografik Analiz 31
4.2. XRD (X Işını Difraksiyon) Analizi 50
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işınları Spektrometresi (EDS) Analizi 68
4.4. Raman Spektroskopisi Analizi 88
4.5. XRF (X-ışını Floresans) Analizi 94
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 97
KAYNAKLAR 101
ÖZGEÇMİŞ 107

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BURSA-AKTOPRAKLIK HÖYÜK'TEN ELE GEÇEN KALKOLİTİK DÖNEME AİT BİR GRUP SERAMİĞİN ARKEOMETRİSİ

Melike POLAT

Danışman: Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI

Arkeometri Anabilim Dalı

ÖZ

Bu çalışmada Bursa ili Aktopraklık Höyük'ten ele geçen Kalkolitik döneme ait 15 adet tasnif dışı seramik parça arkeometrik analizlerle karakterize edilmiştir. Örneklere ait kimyasal analizler X-Işını Floresans (XRF), mineralojik analizler X-Işınları Difraktometresi (XRD), petrografik analizler ince kesitten Optik Mikroskop (OM), mikroyapısal ve mikrokimyasal analizler Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), örnek üzerinde belirlenen nokta veya alanların mikrokimyasal analizleri Enerji Saçınımlı Spektrofotometre (EDS) yöntemleri ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca parçaların yüzeyindeki organik ve inorganik bileşiklerin kompozisyonları Raman Spektroskopisi yöntemleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Böylece seramik buluntuların şekillendirme tekniği, kullanılan hammaddeler, pişirim sıcaklığı, pişirim atmosferi, pişirim koşulları, porozite, tane boyutu, tekstür, homojenlik, renk gibi özellikleri seramik üretim teknolojisi açısından değerlendirilmiştir. XRD analiz sonuçlarına göre örneklerde gözlenen spinel, anortit, diyopsit gibi yüksek sıcaklık fazları, fırınlama sıcaklığının 900°C-1000°C aralığında olduğunu göstermektedir. Hematit ve manyetit fazlarının birlikte gözlenmesi, örneklerin karışık atmosferde (indirgen-yükseltgen) fırınlandığını göstermektedir. Seramik parçalarda hem yüksek sıcaklık fazlarının bulunması, hem de hematit ve magnetit fazlarının birlikte bulunması, üretimin kapalı ortamda ısıyı ve fırın atmosferini kontrol ederek yapıldığını düşündürmektedir. SEM analizi ile elde edilen mikroyapı görüntülerinde örneklerin vitrifikasyon düzeylerinin de yüksek olduğu görülmüştür. Optik mikroskop verileri, kap üreten ustaların killi matrikste kuvars, plajiyoklas, biyotit, muskovit, metamaorfik kayaç parçaları ve kalsitin yanında pişmiş seramik kırıklarını (grog) da kullanarak ürünün termal şok direnci, erime özellikleri ve mukavemetini kontrol ettiklerini göstermiştir. Kimyasal ve petrografik analiz sonuçlarından üretimde yerel hammaddelerin tercih edildiği ve matrikste heterojen tane boyutu ve dağılımı sergileyen kuvars kalsit gibi kayaç parçalarının varlığı, killerin herhangi bir eleme işleminden geçirilmeden kullanıldığı göstermektedir. Ayrıca petrografik analizler, kabın işlevine göre hazırlanan çamurların farklı reçetelendirildiğini ve üretimin birden fazla atölyede yapılmış olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arkeometri, Seramik, Kalkolitik, Arkeoloji, Aktopraklık Höyük.

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

ARCHAEOMETRY OF A GROUP OF CHALCOLITHIC CERAMICS FROM BURSA-AKTOPRAKLIK HÖYÜK

Melike POLAT

Advisor: Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI

Department of Archaeometry

ABSTRACT

In this study, 15 unclassified ceramic fragments from the Chalcolithic period, unearthed at Aktopraklık Höyük in Bursa province, were characterized through archaeometric analyses. Chemical compositions of the samples were determined using X-Ray Fluorescence (XRF), while mineralogical analyses were conducted via X-Ray Diffraction (XRD). Petrographic examinations were performed on thin sections using Optical Microscopy (OM), and microstructural and microchemical features were investigated using Scanning Electron Microscopy (SEM). Additionally, Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) was employed to analyze the microchemical composition of specific points or areas on the samples. The surface compositions of organic and inorganic compounds were further characterized using Raman Spectroscopy. These analyses enabled the evaluation of ceramic production technology in terms of forming techniques, raw materials used, firing temperature and atmosphere, firing conditions, porosity, grain size, texture, homogeneity, and color. According to XRD results, the presence of high-temperature phases such as spinel, anorthite, and diopside indicates firing temperatures in the range of 900°C to 1000°C. The simultaneous presence of hematite and magnetite phases suggests that the ceramics were fired in a mixed (reducing-oxidizing) atmosphere. The coexistence of these high-temperature phases and iron oxides implies that the production was carried out in a controlled environment, where both heat and kiln atmosphere were regulated. Microstructural images obtained via SEM revealed a high degree of vitrification in the samples. Optical microscopy data showed that the potters incorporated quartz, plagioclase, biotite, muscovite, metamorphic rock fragments, calcite, and grog (crushed fired ceramic) into the clay matrix to enhance thermal shock resistance, melting behavior, and mechanical strength. Chemical and petrographic analyses indicate that local raw materials were preferred in production. The presence of rock fragments such as quartz and calcite with heterogeneous grain sizes and distributions in the matrix suggests that the clays were used without any sieving process. Furthermore, petrographic analyses imply that the clay recipes were tailored according to the intended function of the vessels, and that production may have taken place in multiple workshops.

Keywords: Archaeometry, Ceramics, Chalcolithic, Archaeology, Aktopraklık Mound

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Yüksek Lisans tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Nergis KILINÇ MİRDALI' ya tez danışmanlığı ve kattığı tecrübeler için öncelikle saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Jeoloji' yi daha iyi anlamamı sağlayarak, bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren Sayın Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ hocama, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Arkeoloji alanında lisans eğitimimden bu yana akademik vizyonumu şekillendirmemde önemli rol oynayan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Necmi KARUL' a en derin saygı ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Uludağ Üniversitesi Arkeoloji Bölümü Araştırma Görevlisi Serap Ala ÇELİK'e malzeme seçimi ve yardımları için, Arkeolog Sena ACAR'a çanak çömlek çizimleri için,

Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü'nden Dr. Emrah ŞİMŞEK'e ince kesit analizi konusundaki yardım ve önerileri için,

Jeokimya laboratuvarından Ertuğrul ÇANAKÇI ve İnce Kesit laboratuvarından Ayhan ZENGİNOĞLU'na analizler öncesi numune hazırlık sürecinde titiz ve nezaketli yardımları için,

Yüksek lisans derslerine katılırken yeni kurduğum atölyemde bana tecrübeleri ve her türlü manevi desteğini veren kıymetli Hanze GENÇSOY, Gülnar-Günay NAĞIYEVA ve D.Sanem AKYOL'a,

Aktopraklık Höyük'te çalışan /çalışmış olan tüm emektarlara ve akademisyenlere,

Teşekkürlerimi sunuyorum.

Lisans döneminde Aktopraklık kazı alanında birlikte çalıştığım ve aynı kazıya yüksek lisans süreciyle yeniden dahil olmamda önemli rol oynayan sınıf arkadaşlarım Mehmet POLAT ve Berk KOÇAK'a, destekleri ve arkadaşlıkları için teşekkür ederim.

Her zaman benden desteğini esirgemeyen ve tez sürecimde beni motive eden dostlarıma, her zaman yanımda olan aileme ve kedim Gofret'e, özellikle kardeşim M. Buğra POLAT' a değerli destekleri için sonsuz teşekkür ediyorum.

Son olarak bu tez çalışmasını, FYL-2024-16414 proje koduyla finansal olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi'ne göstermiş oldukları destek ve katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.1 Aktopraklık Höyük ’ten çıkarılan 15 adet örneğin numune kodu, açma adı ve örneğin temsil ettiği parça türü 21
Çizelge 3.1.2. Seramik buluntuların numune kodu, iç-dış yüzey ve kesit fotoğrafları 22
Çizelge 3.2. Analizler, cihazlar ve analizlerin uygulandığı örnekler listesi 26
Çizelge 4.1. Aktopraklık Höyük seramik parçalarına ait; numune kodu, mineralojik fazlar ve tahmin edilen fırın sıcaklığı (℃) 67
Çizelge 4.2. AKT-5 kodlu örneğin EDS analizi 70
Çizelge 4.3. AKT-5 kodlu örneğin EDS analizi sonucu (Beyaz nokta) 71
Çizelge 4.4. AKT-7 kodlu örneğin EDS analizi sonucu (Tüm Bölge 1) 73
Çizelge 4.5. AKT-7 kodlu örneğin EDS analizi sonucu 74
Çizelge 4.6. AKT-7 kodlu örneğin EDS analizi sonucu 75
Çizelge 4.7. AKT-13 kodlu örneğin EDS analizi sonucu 79
Çizelge 4.8. AKT-13 kodlu örneğin EDS analizi sonucu (Tüm Bölge) 80
Çizelge 4.9. Aktopraklık Höyük Kalkolitik Dönem Seramik buluntulara ait XRF Analizi 96

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Höyük'ün Topografik Haritası (Karul, 2017).....5
Şekil 1.2. İlk Kalkolitik'e Ait Çanak Çömlek Örnekleri (Karul, 2017) 7
Şekil 1.3. Aktopraklık Höyük B Alanı, Hendeğe Paralel Oluşturulmuş Yerleşim (Schroedter ve Nelle (2015)'ten değiştirilerek alınmıştır).....8
Şekil 1.4. Aktopraklık Höyük ve Çevresi Genel Görünümü (Karul, 2017) 9
Şekil 1.5. Mekân içlerindeki fırınlar (Karul, 2017) 10
Şekil 1.6. Aktopraklık Höyük'te mekân içi fırını (Karul, 2017) 11
Şekil 1.7. Aktopraklık Höyük'te bulunan; 19H -avlu fırını, 19I -Sol altta, avlu fırını, 20L- sağ altta, yapı içi fırınları (Aktopraklık Kazı Arşivi).....12
Şekil 1.8. Aktopraklık Höyük konumu (Schroedter ve Nelle, 2015).....13
Şekil 1.9. Güney Marmara'nın Jeoloji Haritası (Adatepe ve ark.., 2002) 14
Şekil 1.10. Bursa ve çevresindeki su kaynakları (Kazancı ve ark., 2006'dan düzenlenmiştir).....15
Şekil 1.11. Bursa İli Maden Haritası (mta.gov.tr/ 23.07.2024) 16
Şekil 3.1. Petrografik analizler için örnek hazırlama aşamaları 27
Şekil 3.2. XRD analizleri için örnek hazırlama aşamaları.....28
Şekil 4.1. AKT-1 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Px: Piroksen; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç). 33
Şekil 4.2. AKT-2 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, f, h) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Grog; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....35
Şekil 4.3. AKT-3 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç; Bt: Biyotit).....36
Şekil 4.4. AKT-4 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas) 37
Şekil 4.5. AKT-5 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f).....38
Şekil 4.6. AKT-6 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....39
Şekil 4.7. AKT-7 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....40

Şekil 4.8. AKT-8 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, f, h) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Px: Piroksen; Qtz: Kuvars; Ms:Muskovit; MRF: Metamorfik kayaç) 41
Şekil 4.9. AKT-9 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....42
Şekil 4.10. AKT-10 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....43
Şekil 4.11. AKT-11 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars).....44
Şekil 4.12. AKT-12 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....45
Şekil 4.13. AKT-13 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, h, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....46
Şekil 4.14. AKT-14 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g, ı) ve tek nikol (b, d, f, h, j) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç) 47
Şekil 4.15. AKT-15 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, f, h) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).....48
Şekil 4.16. AKT-1 kodlu örneğe ait XRD grafiği 52
Şekil 4.17. AKT-2 kodlu örneğe ait XRD grafiği 53
Şekil 4.18. AKT-3 kodlu örneğe ait XRD grafiği 54
Şekil 4.19. AKT-4 kodlu örneğe ait XRD grafiği 55
Şekil 4.20. AKT-5 kodlu örneğe ait XRD grafiği 56
Şekil 4.21. AKT-6 kodlu örneğe ait XRD grafiği 57
Şekil 4.22. AKT-7 kodlu örneğe ait XRD grafiği 58
Şekil 4.23. AKT-8 kodlu örneğe ait XRD grafiği 59
Şekil 4.24. AKT-9 kodlu örneğe ait XRD grafiği 60
Şekil 4.25. AKT-10 kodlu örneğe ait XRD grafiği.....61
Şekil 4.26. AKT-11 kodlu örneğe ait XRD grafiği.....62
Şekil 4.27. AKT-12 kodlu örneğe ait XRD grafiği.....63
Şekil 4.28. AKT-13 kodlu örneğe ait XRD grafiği.....64

Şekil 4.29. AKT-14 kodlu örneğe ait XRD grafiği....65
Şekil 4.30. AKT-15 kodlu örneğe ait XRD grafiği....66
Şekil 4.31. AKT-5 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri....69
Şekil 4.32. AKT-5 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu 70
Şekil 4.33. AKT-5 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu 71
Şekil 4.34. AKT-7 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri....72
Şekil 4.35. AKT-7 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu 73
Şekil 4.36. AKT-7 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu 74
Şekil 4.37. AKT-7 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu 75
Şekil 4.38. AKT-9 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri....76
Şekil 4.39. AKT-12 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri....77
Şekil 4.40. AKT-13 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri....78
Şekil 4.41. AKT-13 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu 79
Şekil 4.42. AKT-13 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu (Tüm Bölge) 80
Şekil 4.43. AKT-15 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri....81
Şekil 4.44. AKT-5 kodlu örneğe ait EDS haritası 82
Şekil 4.45. AKT-7 kodlu örneğe ait EDS haritası 83
Şekil 4.46. AKT-9 kodlu örneğe ait EDS haritası 84
Şekil 4.47. AKT-12 kodlu örneğe ait EDS haritası 85
Şekil 4.48. AKT-13 kodlu örneğe ait EDS haritası 86
Şekil 4.49. AKT-15 kodlu örneğe ait EDS haritası 87
Şekil 4.50. AKT-5 kodlu seramik parçanın (siyah bölge) (a) yüzeyinden temsili Raman spektrumu (b) kömür (Coal), petrol ayrışma ürünü olan glisonit ve metalik parlaklığa sahip kalkosit-(Cu_2S)'e ait spektrumun karşılaştırılması 89
Şekil 4.51. AKT-5 kodlu örneğe (beyaz bölge) ait (a) bünye kesitinden temsili raman spektrumu (b) Retinet, uintahite, glisonit, camsı karbona (glassy carbon) ait raman spektrumu ile karşılaştırılması 90
Şekil 4.52. AKT-7 kodlu örneğe ait (a) bünye kesitinden temsili Raman spektrumu (b) Mendipite ($Pb_3O_2Cl_2$), Kurşun oksit (Lead oxide),

Kurşun dioksit (lead dioxide)'e ait raman spektrumu ile karşılaştırılması 91
Şekil 4.53. AKT-13 kodlu örneğe (siyah bölge) ait (a) bünye kesitinden temsili Raman spektrumu (b) Komerupine (Fe_3O_4), Magnetit (Fe_3O_4-spinel grup), Kurşun camı (Lead glass) ile Raman spektrumunun karşılaştırılması 92
Şekil 4.54. AKT-13 kodlu örneğe (beyaz bölge) ait (a) bünye kesitinden temsili Raman spektrumu (b) 93

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C : Derece

Mm : mikrometre

% : Yüzde

bkz. : Bakınız

EDS : Enerji Saçılımlı X-Işınları Spektroskopisi

ÇN : Çift Nikol

M : Metre

M.Ö. : Milattan Önce

M.S. : Milattan Sonra

MRF : Metamorphic Rock Fragment (Metamorfik Kaya Parçası)

MTA : Maden Tetkik Arama

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

SRF : Sedimentary Rock Fragment (Sedimanter Kaya Parçası)

TN : Tek Nikol

ÇN : Çift Nikol

XRD : X-Işını Difraksiyonu

XRF : X-Işını Floresansı

yy : Yüzyıl

1. GİRİŞ

Arkeometri, arkeoloji çalışmalarında uygulanan bir grup niceliksel ve niteliksel analitik tekniği kapsar. Bu tekniklerle toplanan veriler, ilgili geçmiş toplumların kavramsallaştırma, üretme ve kullanma biçimlerini anlamamıza olanak sağlar. Ayrıca arkeometri, fen ve sosyal bilimlerdeki disiplinler arası ilişkiye dayanmaktadır. Bu ilişki arkeolojide çok önemlidir çünkü bilim insanları, somut olan fiziksel nesnelerin sınırlarını aşan ve bunun yerine soyut ve sosyal kaygılarla ilgili sorularla karşılaşmaktadır **(Santacreu, 2014).**

İsveç'te gerçekleştirilen çalışmalarla, göl ve bataklık ortamlarında biriken yıllık balçık katmanlarının (varvların) sayımına dayalı 'Varv Analizi' adlı mutlak tarihlendirme yöntemi geliştirilmiş ve bu yöntem aracılığıyla yaklaşık 9.000 yıl öncesine kadar uzanan güvenilir bir kronoloji oluşturulmuştur. Bu gelişmeye paralel olarak, İkinci Dünya Savaşı'na dek arkeolojik materyallerin değerlendirilmesi amacıyla çeşitli fiziksel ve kimyasal analiz teknikleri de ortaya konmuştur. Libby ve arkadaşlarının 1955 yılında yaptığı, organik maddeler içerisinde bulunan radyoaktif karbonun ölçülmesiyle "C-14 Yöntemi" bulunur **(Esin, 1985)**. Ancak bu yöntemle yapılan araştırmalar ilerledikçe ilk yapılan hesaplamaların çok hassas olmadığı görülmüş ve 1960'lı yıllardan itibaren tarihlendirmeler farklı bir yarı yaşa göre yapılmaya başlanmıştır. Özellikle karbon yaşıyla radyoaktif yaşın arasındaki farkın standart olmaması konunun kapsamlı olarak ele alınmasını zorunlu kılmıştır. Dendrokronoloji, karbon yaşının hesaplanmasında kullanılmaya başlanmıştır. Arkeometri alanında yapılan çalışmalar 19. yüzyılın başlarına kadar gitmektedir. İlk kez Martin Heinrich Klaproth'un 1800 yılında Berlin Bilimler Akademisi'ndeki çalışmalarında; camlar, sikkeler ve ortaçağ heykelleri üzerinde yapmış olduğu birtakım kimyasal analizlerin sonuçlarını yayınlar.1878 yılında Baron De Geer'ün ağaçlarla, arkeolojik kazılarda çıkan ağaçların kömürleşmiş halka sayısı örneklerinin bilgisi birleştirilince günümüzden 10.000 yıl öncesine giden ağaç halka dizilimleri oluşturulabilmiştir. Bu yöntem daha sonra toryum, uranyum, potasyum gibi maddeler için de Paleolitik dolgulara uyarlanmıştır. Kısacası arkeoloji ve doğa bilimleri arasındaki bu ilişki giderek çeşitlenmiş ve "arkeometri" bilimi adını verdiğimiz bilim ortaya çıkmıştır **(Özdoğan, 2014).**

"Bursa-Aktopraklık Höyük'ten Ele Geçen Kalkolitik Döneme Ait Bir Grup Seramiğin Arkeometrisi" başlıklı tez çalışması Aktopraklık Höyük'ün Kalkolitik Dönemi'ne ait olan parçalardır. Analizi gerçekleştirilen parçaların tamamı tek bir tabakanın malzemesidir. Söz konusu tabaka B Alanı'nda geniş bir alanda kazısı yapılmış olan hendekle çevrili yerleşim dokusunun görüldüğü tabaka olup yaklaşık olarak MÖ 5800-5600 arasına tarihlendirilebilmektedir. *

*Serap Ala Çelik ile 11.06.2025 tarihinde yazılı olarak görüşülmüştür.
https://orcid.org/0000-0002-3844-9159

Kuzeybatı Anadolu'da yer alan Aktopraklık Höyük, Son Neolitik ve İlk Kalkolitik'e tarihlenen tabakaları içermesi ve bu kültürel evrimin kesintisiz biçimde izlenebilmesine olanak tanıması açısından bölgenin en önemli yerleşim alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Höyük B Kuzey Yamaç yerleşiminde, taş temel üzerine kerpiç malzeme ile inşa edilmiş dörtgen planlı yapılar mimari açıdan yeni bir unsur olarak ortaya çıkarken; çanak çömlek grubu içerisinde ise 'impresso' tekniğiyle oluşturulmuş baskı bezekli formların belirginleştiği özgün bir çanak çömlek geleneği dikkat çekmektedir. Bu tür yapısal ve çanak çömleklerdeki dönüşümün, Kuzeybatı Anadolu tarihöncesi kültürleri arasında önemli bir yere sahip olan Fikirtepe Kültürü'nde de gözlemlendiği bilinmektedir. Söz konusu mimari ve seramikteki değişimlerin en yakın paraleli ise Ege Bölgesi'nde izlenmektedir. Özellikle Höyük B Kuzey Yamaç yerleşiminden elde edilen baskı bezekli çanak çömlek buluntularındaki çeşitlilik, bu kültürel etkileşimi destekler niteliktedir. Dolayısıyla, Aktopraklık'taki topluluğunun söz konusu dönemde Ege Bölgesi ve Orta Anadolu'daki topluluklarla daha yoğun bir kültürel temas içinde olduğu söylenebilir **(Kaycı, 2013).**

Anadolu arkeolojisinde Kalkolitik Çağ terimi, ilk kez Üç Çağ Sistemi'nin Güney Levant'a adaptasyonunu gerçekleştiren John Garstang tarafından, Mersin-Yumuktepe kazılarında Mezopotamya modeli temel alınarak yapılan dönemlendirme çerçevesinde tanımlanmıştır **(Schoop, 2011).** Hacılar yerleşiminin stratigrafisini inceleyen James Mellaart, IX-VI tabakalarını Son Neolitik, V-I tabakalarını ise İlk Kalkolitik'e tarihlendirmiş ve bu çerçevede Anadolu'da "Kalkolitik" teriminin kullanımı yaygınlık kazanmıştır. Buna karşın, Yakın Doğu'daki gibi belirgin toplumsal ve kültürel dönüşümler Anadolu'da aynı ölçüde saptanamamaktadır. Kültürel ayrımların net olmayışına rağmen dönemlendirme sürdürülmüş; bu sürecin en karakteristik özelliği ise, Anadolu'dan İran'a dek uzanan bir bölgede boyalı çanak çömleklerin ilk kez görülmeye başlanması olmuştur **(Kaycı, 2013).**

Arkeolojik çanak çömlek tipolojilerinde, farklı kültürel gruplar ya da üretim merkezleri olarak yorumlanan grupları ayırt etmek amacıyla kapların yüzey işlemesi, biçimi ve dokusundaki ince farklılıklar sıklıkla vurgulanır. Teknolojik tercihler perspektifi ise bu farklılıkların, çömlekçilerin algı ve niyetleri ile içinde bulundukları sosyal ve siyasal bağlamda ne ifade edebileceğine dair bir düşünsel çerçeve sunmaktadır **(Sillar ve ark., 2000).** Aktopraklık Höyük, hendekle çevrelenmiş bir alan içerisinde dairesel bir plan doğrultusunda düzenlenen yapı gruplarından oluşan bu yerleşim tabakası, toplumsal açıdan güçlü bir örgütlenmeye sahip bir yapının varlığına işaret etmektedir. Her ne kadar bu tabakaya ait çanak çömlek analizleri henüz tamamlanmamış olsa da bazı ön değerlendirmeler yapılabilmektedir. Bu bilgiye göre; başta mineral katkılı koyu yüzlü mallar olmak üzere, devetüyü ve kırmızı-bordo renkli açkılı mallarla temsil edilmektedir. Bu tabakada kırmızı astarlı malların oranı artarken, boyalı mallar nadir örneklerle sınırlı kalmaktadır. Siyah ve kahverengi tonlarında, parlak yüzeyli ve özenli işçilik gösteren mallar dikkat çekicidir. Kap formları arasında küresel gövdeli çömlekler, devetüyü/krem tonlarında parlak yüzeyli boyunlu çömlekler, derin çanaklar ve omurgalı kâseler ön plana çıkmaktadır. Bezemede ise

çizi ve sokma tekniğiyle oluşturulmuş geometrik desenler ve bitkisel motifler gözlemlenmektedir. Dal örgü mimari tabakasında belgelenen koyu yüzlü ve astarlı malların bu evrede varlığını sürdürdüğü görülmektedir. Ancak kırmızı-bordo renkli sert açkılı mallar söz konusu tabakada yer almamaktadır. Yine bu tabakadan bilinen "S" profilli ve dışbükey kenarlı kâseler kullanılmaya devam ederken, omurgalı kaseler bu dönemin ayırt edici formlarındandır **(Çelik, 2022).**

Aktopraklık Höyük'te 15 parça numuneden edinilen bilgiler ışığında seramik kullanımının gelişim sürecini anlamak ve mevcut hipotezleri değerlendirerek bir perspektif oluşturmaya çalışılmıştır. Höyük'te cevap aranan temel soruları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- MÖ 5800-5600 yıllarına tarihlenen çanak çömlek yerel üretim midir, yoksa ithal/yerleşmeye çok uzak bir yerden mi gelmiştir?
- Seramiklerin mineral içeriği, çamurun bileşenleri, pişirme teknolojisi?
- Kazıda çok sayıda kırık parçanın bulunması bir ritüel mi yoksa kapların pişirimdeki teknolojinin yetersizliğinden mi kaynaklanmaktadır? Yoksa başka bir teknik problem miydi?
- Arkeometrik ve arkeolojik verilere dayanarak höyükte fırın tipi nasıldı?
- Höyük'teki tarihöncesi topluluk seramik üretiminde kolektif çalışıyor muydu?

Bu çalışmada yukarıda verilen soruların cevapları 15 adet seramik parçaya yapılacak arkeometrik analizler ile ortaya çıkarılabileceği düşünülmektedir.

Bu arkeometrik çalışmada terim olarak "seramik" kavramı tercih edilmiştir; çünkü yalnızca tipolojik, kronolojik ya da kültürel bağlamda değerlendirilen çanak çömlek analizlerinden farklı olarak, üretim süreci, teknolojik özellikler ve malzeme bilimi temelli yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Her ne kadar arkeoloji literatüründe "çanak çömlek" terimi (özellikle tarihöncesi dönemler) yaygın olarak kullanılsa da arkeometrik analizlerde "seramik" ifadesi, bu bütüncül yaklaşımı daha doğru yansıtmaktadır. Örneğin, seramiğin hammadde seçimi, pişirme atmosferi ve mikroyapısal özelliklerinin belirlenmesine yönelik yapılan XRD, SEM-EDS ya da petrografik analizler, yalnızca "çanak çömlek" terimiyle ifade edildiğinde bu teknolojik boyutu yeterince yansıtamamaktadır. Bu nedenle "seramik" kavramı, arkeometrik çözümlemelerin içeriğini ve kapsamını daha doğru şekilde karşılamaktadır.

1.1.Arkeolojik Açıdan Aktopraklık Höyük

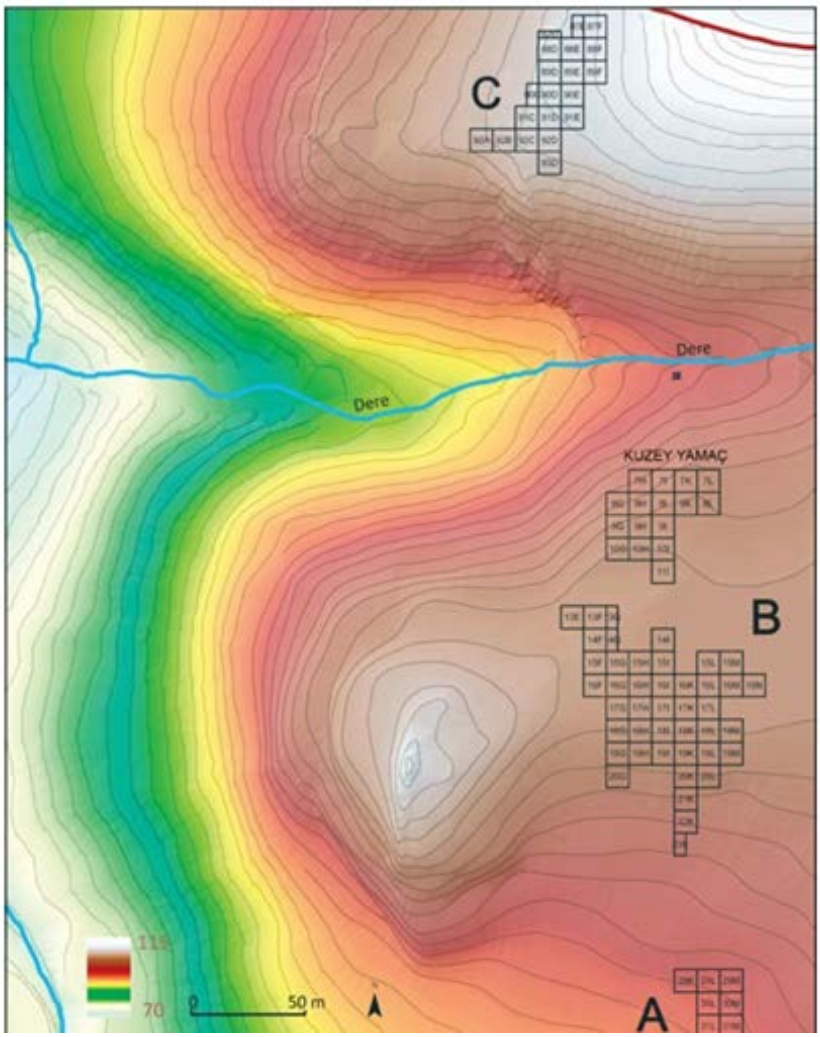
1.1.1. Keşif ve Araştırma Tarihçesi

İstanbul Üniversitesi'nin Tarihöncesi Arkeolojisi Anabilim Dalı tarafından 2002 yılında yapılan araştırmalarda keşfedilen Aktopraklık Höyük, Bursa Arkeoloji Müzesi'nin de yaptığı sondaj kazıları sonucunda bölge sit alanı ilan edilmiştir. Bölgenin Bursa-İzmir otoyolunun güzergahında yer almasının yanı sıra Akçalar Belediyesi ve Bursa Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun bu alanı, Sanayi İmar Planı'na açması amacıyla yaptığı başvuru sonucunda yerleşmenin sit derecelendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmaların ardından Bursa Arkeoloji Müzesi özellikle MS 4. ve 8. yüzyıllara ait yapı kalıntıları tespit etmiştir. Bu kalıntılardan biri MS 5. yüzyıla ait üç apsisli bir kilise olduğu ve bu yapının MS 8. yüzyıla kadar bazı değişiklikler yapılarak kullanıldığı görülmüştür. Diğer sondajlarda ise Geç Roma ve Erken Bizans Dönemi'ne ait yapı (Bu yer sistematik kazılar başladıktan sonra C alanı olarak adlandırılacaktır.) kalıntılarıdır. Geç Roma- Bizans döneminin yanı sıra yakın çevresinde tarihöncesi bulgularla karşılaşılmasıyla 2004 yılında İstanbul Üniversitesi Prehistorya (Tarihöncesi) Anabilim Dalı tarafından oluşturulan bir ekiple, Bursa Arkeoloji Müzesi adına kurtarma çalışması yapılmış ve 2007 yılında İstanbul Üniversitesi'nin projesi haline dönüşmüştür **(Karul, 2017)**.

Aktopraklık Kültürel Miras Yönetim Planı kapsamında tarihöncesi döneme tarihlenen iki yerleşim evresi ile Bursa dağ köylerindeki geleneksel dokuyu yansıtan Eskikızılelma Köyü'ndeki yapıların canlandırması çalışmalarına 2009 yılında başlanmış ve yapılar sökülerek, kapsamlı olarak belgelendirilmeleri yapılmıştır. Ardından bu yapılar Arkeopark alanında gerçek haline uygun olacak şekilde yeniden inşa edilmiştir **(Karul ve ark., 2010).**

1.1.2.Tabakalanma ve Mimari

Aktopraklık Höyük kuzey güney doğrultusunda 450 metre uzunluğunda yaklaşık 70 hektarlık birbiriyle kronolojik ve kültürel olarak birbiriyle bağlantılıdır. Höyük alanında yapılan arkeolojik kazılar ve yüzey taramaları ile jeomanyetik ölçümler sonucunda höyükleşmenin tek bir noktada olmadığı görülmektedir. Yerleşmelerin her birinin kendi içinde birden fazla tabaka içeren kısacası, höyükleşen katmanlar olarak tanımlanabilir. Bu durum, höyüğün kesin tabakalanmasını güçleştirse de kendi içinde süreklilik gösteren yükseltiler A, B ve C alanı olarak adlandırılarak ilerde çıkacak sorunlar önemli ölçüde giderilmeye çalışılmıştır **(Karul, 2017).**



Şekil 1.1. Höyük'ün Topografik Haritası **(Karul, 2017)**

A alanı, kısmen araştırılan, yerleşimin en güneyinde olup çıkartılan kalıntılar bir hendek ve hendekle çevrili alanı kapsamaktadır. Oldukça eski duvar kalıntıların olduğu bu alanın ölçümler sonucunda 65 metre çapında olduğu anlaşılmıştır ancak hendek kısmen kazılmıştır. Hendek kenarları yaklaşık 30 derecelik açı ile derinleşirken tabana doğru hafif düzleşerek birleşmekte ve en üstten iki kenar arasındaki açıklığın 6 metre, derinliğin ise 2 metre olduğu gözlemlenmektedir. Hendeğin çevresinde, hendeğe teğet bulunan kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda uzanan iki sıra

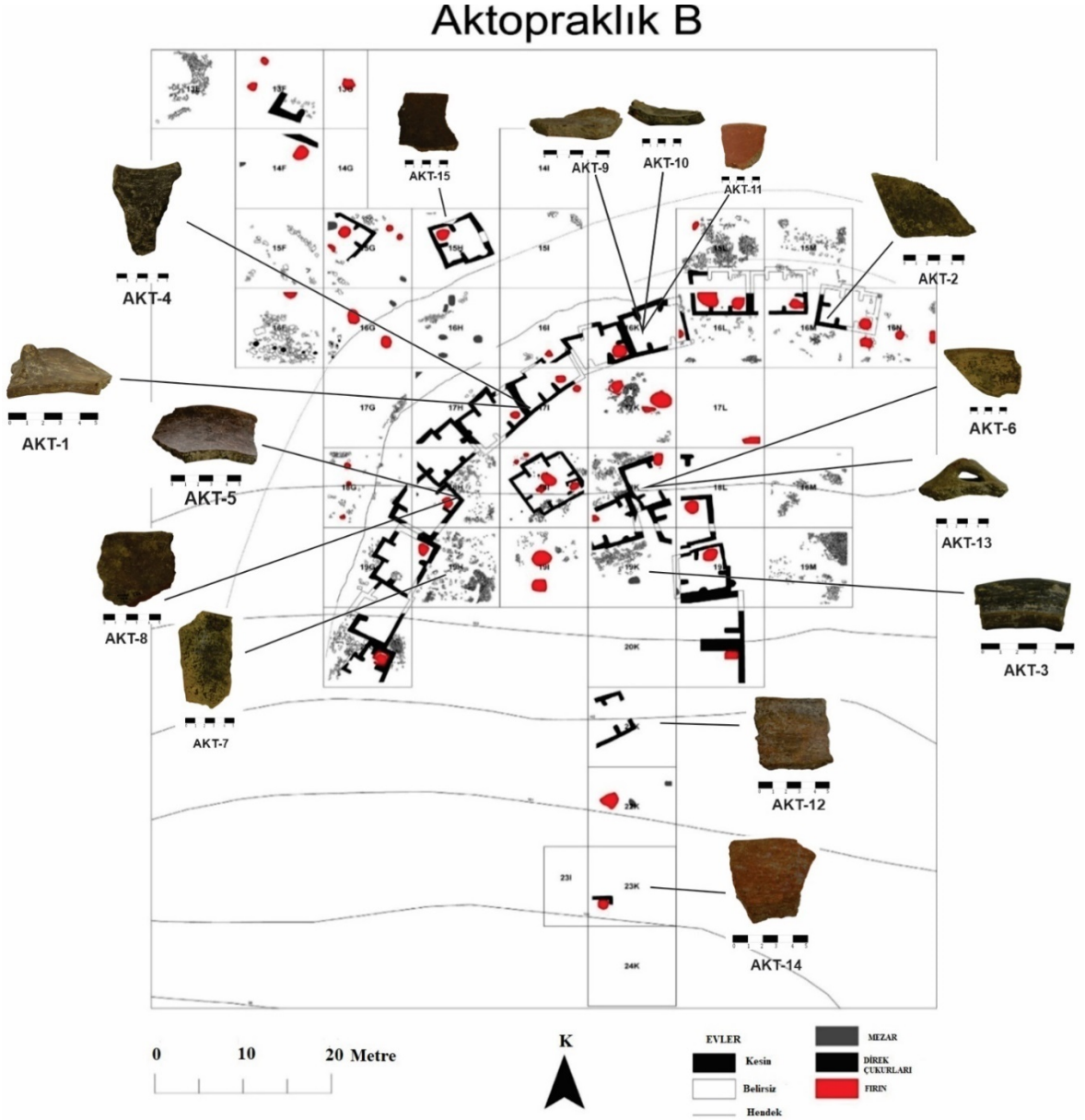
taş duvar bulunmaktadır ve bunlar arazinin eğimiyle uyumlu hatlar oluşturmuştur. Birbirine paralel uzanan iki duvarın da boyutları 1,5x2 metreye kadar olan, dikine yerleştirilen düzgün taşlar kullanılmıştır. Taş blokların arka kısmı orta boy taşlarla yapılan bir kaplamayla desteklenmiştir. İki duvar arasındaki açıklık 10 metre kadardır ve toprak dolgusu homojendir **(Karul, 2017).**

Karul, (2017)'nin raporladığı gibi B alanı, iki vadinin arasında yer alan bir kesimdir. Batı bölümünde, kuzey-güney yönünde uzanan kalker kayalık höyüğü sınırlanmıştır. Üst tabakalar tahrip olmuş olsa da arkeolojik dolgunun yaklaşık 150 x 150 metrelik bir alana yayıldığı gözlemlenmektedir. Höyüğün genel özellikleriyle benzer şekilde bu alan da 600 yıllık bir süreyi kapsamakla birlikte, dikey bir tabakalanmadan söz etmek mümkün değildir. Bu kısımda malzeme yüzeyle karışık olduğu için mutlak bir tarihlendirmeden söz etmek zordur fakat çanak çömlek buluntular bu kısmın C alanını takip eden Son Neolitik sonu ve İlk Kalkolitik'in başına tarihlendirmede yardımcı olmaktadır. Bu çanak çömlekler genelde kahverengi ve kızıl tonlarında, açkılı yüzeylere sahip, tüp ve aycık biçimli tutamaklar ile S-profilli çanaklardır. Ana kazıların yürütüldüğü güney yamaçta çanak çömleğin büyük bir kısmı kahverengi ve siyah tonlarındaki koyu yüzlü, açık kahverengi ya da devetüyü tonlarındaki açkılı mallardır. Ayrıca az sayı da olsa kırmızı astarlı mallara da rastlanır. Balkan Neolitiğinde bilinen kırmızı zemin üzerine beyaz boya bezemeli kaplar da bulunmuştur. Kuzey yamaçtaki alan, radyokarbon ölçümleriyle MÖ 6000-5900 tarihlendirilmiştir. Yapı içlerinin duvar dip kısımlarında kubbeli fırınlar gözlenmiştir**.**

Kaycı, (2013)'nın çalışmasına göre B Alanı'ndaki ilk yerleşime ait Kuzey Yamaç buluntuları, çanak çömlek açısından dört ana mal grubu altında sınıflandırılmaktadır: koyu yüzlü mallar, kırmızı mallar, impresso (baskı bezemeli) mallar ve krem renkli sert mallar. Bu döneme ait kap formları arasında yayvan kâseler, sığ ve küçük boyutlu kâseler, boyunlu çömlekler, küresel gövdeli çömlekler ve dar ağızlı çömlekler öne çıkmaktadır. Kaplara eklenen elemanlar; tekli ve çiftli yumrucuk, aycık, tüp ve düğme biçimli tutamakların yanı sıra dikey ve yatay kulplardan oluşmaktadır. Bezemede ise çift paralel hatlı ve kıvrımlı kabartmalar, oluk bezemeler, boynuz biçimli kabartmalar, impresso ve boya bezekler tercih edilmiştir. Bu veriler, yerleşimin çanak çömlek üretiminde biçim ve bezeme açısından dikkate değer bir çeşitlilik sergilediğini ortaya koymaktadır.



Şekil 1.2. İlk Kalkolitik'e Ait Çanak Çömlek Örnekleri **(Karul, 2017)**



Şekil 1.3. Aktopraklık Höyük B Alanı, Hendeğe Paralel Oluşturulmuş Yerleşim (**Schroedter ve Nelle (2015)'ten değiştirilerek alınmıştır)**

Şekil 1.4’te Aktopraklık Höyük ve çevresine ait genel görünüm verilmiştir.



Şekil 1.4. Aktopraklık Höyük ve Çevresi Genel Görünümü **(Karul, 2017)**

Tez kapsamında çalışılan çanak çömlekler, B alanından çıkarılan tasnif dışı örneklerdir. Bu açıdan, bu alandaki arkeolojik çalışmalar değerlendirilip tezin arkeometrik olan kısmındaki çalışmalarla bütün halde ele alınacaktır.

C Alanı, Aktopraklık Höyük'ün hemen kuzeyinde yer alan dere yatağının kuzeyindeki kireçtaşı kayalığı üzerinde konumlanmaktadır **(Kaycı, 2013).** Aktopraklık Höyük’ teki Son Neolitik Dönem’i yansıtan bu ilk yerleşim yeri, alanın en kuzeyinde yer alan 1200 m^2’lik bir yerleşmedir. Neolitik Dönem katmanlarının bulunduğu bu alan kendi içerisinde en az iki evreye ayrılmaktadır. Bu alan daha sonra İlk Kalkolitik’te mezar (MÖ 6.binyılın başlarından itibaren) olarak kullanılmıştır. Bu bilgiye göre bu dönemde evlerin alt kısmına yapılan gömüt geleneğinin yerini yerleşim dışı gömüt geleneği almıştır. Gömütlerin yanına bırakılan kapların İlk Kalkolitik çanak çömlek geleneğini yansıtırken bu mezarlığın ne kadar süre kullanıldığı tam olarak henüz belirlenememiştir. Alanı, Bizans döneminde yeniden bir yerleşim yeri olmuş ve bu döneme ait kalıntılar doğuda ana kayanın yüzeye çıktığı kesimden, batıda Ulubat Gölü’ne ve güneyinde yer alan dere yatağına doğru yaklaşık 150x100 metrelik eğimli araziye yayılmaktadır. Bugünkü topografik yapı içerisinde bu yer, Ulubat Gölü’ne yakın ve bir pınarın yakınlarında kurulmuştur. Tarihöncesi dönem insanlarına sunduğu tatlı su kaynaklarının yanı sıra o dönemdeki insanlara ormanlık alanın besin kaynaklarını sunduğunu, bitki ve hayvan kalıntılarına bakarak söylemek mümkündür **(Karul, 2017).**

1.1.3. Aktopraklık Höyük'teki Fırınlar

Tez kapsamında her ne kadar seramik buluntuların arkeometrisi araştırılmış olsa da höyükteki fırınların tezin analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Arkeometrik analizler sonucunda çıkan bilgiler tezin ilgili bölümlerinde anlatılmıştır ve sonuca bağlanmıştır.

Arkeolojik çalışmalar sonucunda; fırınların tümü girişin sağında ve yapının payandalarda sınırlandırılmış köşesinde yer almaktadır. Fırınların taban formu yuvarlağa yakın elips biçiminde ve 1,2-1,5 m^2 kadar ve genellikle zeminden 20 cm yukarıda platform üzerine inşa edilmiştir. Fırın tabanı küçük taşlarla zemin oluşturulmuş ve 1-2 cm kalınlığında kerpiç ile çok düzgün zemin oluşturulmuştur. Fırın duvarları kerpiç çamuru ile kaplandıktan sonra dış yüzey kalker ile sıvanmıştır. Fırının kubbesi büyük olasılıkla dallarla örülerek şekillendirilmiş ve kerpiçle kaplanmıştır. Duvar kalınlığı 10-15 cm iken, üst kısım yaklaşık 10 cm kadardır. Fırının ağız açıklığı yuvarlatılmış kenarlara sahip olup, 65-80 cm arasında değişen ve 20 cm yüksekliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca fırının ağız kısmı mekânın içine bakacak şekilde ortalanmıştır. Eğimli tabanların ağız kısmının sağında, yaklaşık 15–20 cm çapında eliptik bir çukur oluşturulmuş olup, bu alanın muhtemelen köz biriktirme yeri olarak kullanıldığı düşünülmektedir. Böyle bir düzenlemenin varlığı, gerektiğinde közü kaybetmeden korumaya olanak sağlayan temiz ve kontrollü bir alan yaratıldığını göstermektedir. Bu kısım olasılıkla közün toplandığı yer olarak kullanılmıştır **(Karul, 2017).**

Şekil 1.5'te **Karul, (2017)**'un çalışmasında raporladığı mekân içlerindeki fırınlar görülmektedir. Bu fırınlar **Karul, (2017)**'a göre zeminden yaklaşık 20 cm yükseltilmiş ve kubbeleri muhtemelen dal örgü tekniği kullanılarak inşa edilmiştir.



Şekil 1.5. Mekân içlerindeki fırınlar **(Karul, 2017)**

Şekil 1.6’da **Karul, (2017)**un çalışmasında belirttiği Aktopraklık Höyük’ten mekân içi fırını görülmektedir.



Şekil 1.6. Aktopraklık Höyük’te mekân içi fırını **(Karul, 2017)**



Şekil 1.7. Aktopraklık Höyük'te bulunan; 19H -avlu fırını, 19I -Sol altta, avlu fırını, 20L- sağ altta, yapı içi fırınları **(Aktopraklık Kazı Arşivi)**

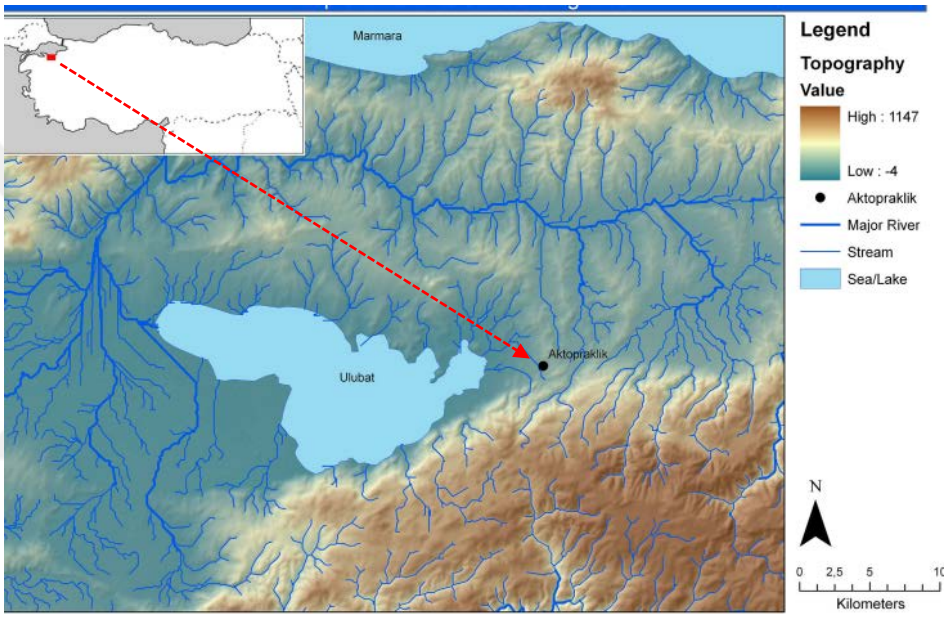
Şekil 1.5, Şekil 1.6 ve Şekil 1.7'de sunulan ve Karul (2017)'nin çalışmalarında raporladığı fotoğraflar ve arkeolojik bilgilere göre bu çalışmada sunulan arkeometrik analiz sonuçları birbirleri ile ilişkilendirilerek "fırın tipi önerisi" sunulmaya çalışılmıştır.

1.2. Kuzeybatı Anadolu'nun Doğal Çevre Ortamı ve Fiziki Özellikleri

Kuzeybatı Anadolu Bölgesi, Marmara Bölgesi'nin iç kısmında yer alır. Konumu nedeniyle hem kara hem de deniz iklimlerinin etkisi altındadır. Bu bölge verimli tarım toprakları ve zengin su kaynaklarının varlığı nedeniyle insanların yerleşim alanı olarak tercih etmesi açısından uygun koşulları beraberinde getirmiştir.

1.2.1. Topografik Yapı

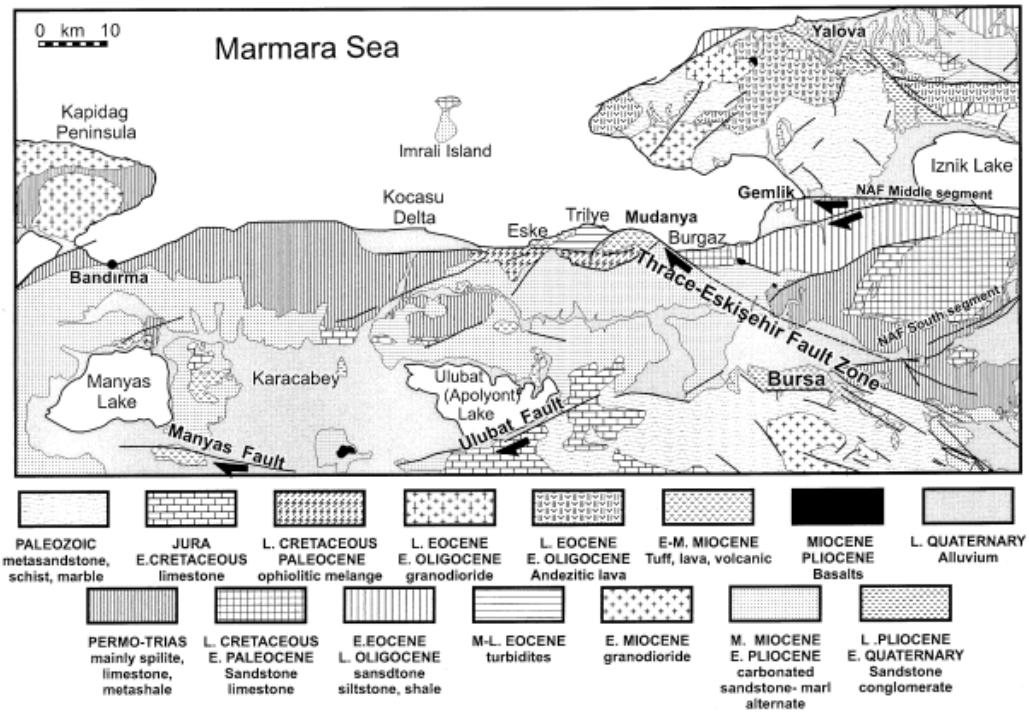
Tez kapsamında çalışılan Aktopraklık Höyük, Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nin güneydoğusunda yer almaktadır. Höyüğünde dahil olduğu bölge, bu kısımda günümüz coğrafi koşulları göz önüne alınarak değerlendirilecektir.



Şekil 1.8.: Aktopraklık Höyük konumu **(Schroedter ve Nelle, 2015)**

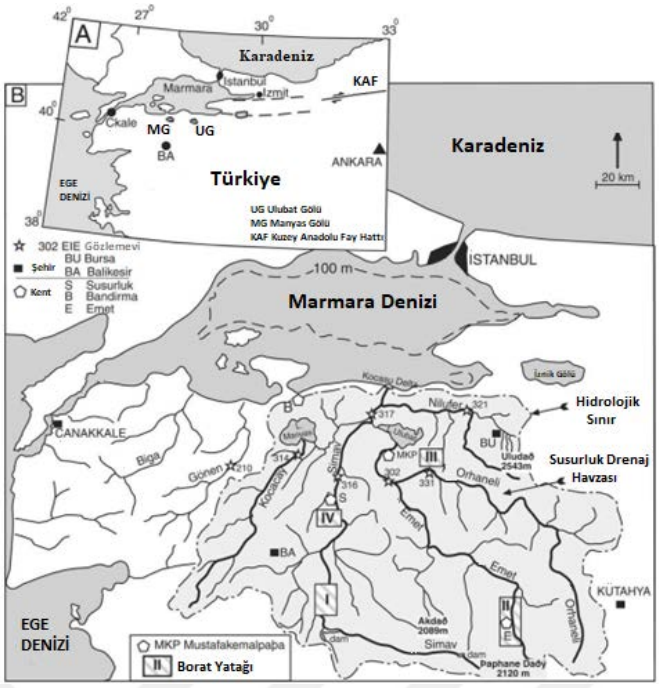
Adatepe ve ark., (2002)'ne göre Bursa'nın kuzeyinde bir iç deniz olan Marmara Denizi'nin uzunluğu 280 km ve genişliği 80 km'dir. Marmara Denizi kuzeyinde İstanbul Boğazı ve Karadeniz ile birleşmekte, güneybatısında ise Çanakkale Boğazı ile Ege Denizi'ne bağlanmaktadır.

Şekil 1.9'da Güney Marmara Bölgesine ait Jeoloji Haritası sunulmuştur. Manyas-Ulubat-Bursa üçgeni içindeki Çamlık Fluviyo-Göl formasyonları Orta-Geç Miyosen olarak tarihlendirilmiştir.



Şekil 1.9.Güney Marmara'nın Jeoloji Haritası **(Adatepe ve ark.., 2002)**

Ulubat Gölü, doğuda Mezozoik çağa ait karstlaşmış kireçtaşları ile yakından çevrilidir. Neojen, çoğunlukla Miyosen yaşlı tortul ve volkan-sedimanter kayaçlar drenaj alanında geniş birimler oluşturur. Bu kayaçlar, birçok orta derinlikte vadi tarafından kesilmiş nispeten alçak bir topografya sağlar. Drenaj havzasının yüksek kesimleri ve uzak güney kısmı, nehir yataklarının çok sıkıştırılmış Neojen öncesi kayalardan oluşmaktadır. Genellikle fay hatlarını takip ettikleri için neredeyse dikdörtgen bir drenaj modeli oluştururlar. Susurluk Drenaj Havzası ve aslında tüm Kuzeybatı Anadolu'nun ana morfolojik unsuru olan derin akarsu vadileridir (I, III ve IV) Manyas Gölü ve Ulubat Gölü bölgenin tatlı su kaynağı olmakla kalmayıp, aynı zamanda yerel akarsular için ikincil taban seviyeleri olarak da işlev görmektedir. Ana nehirler Kocaçay Nehri, Simav/Susurluk Nehri, Emet Nehri, Orhaneli Nehri, Nilüfer Nehri bunların kollarıdır. Emet ve Orhaneli nehirleri Ulubat Gölü'nün 45 km güneyinde birbirleriyle birleşerek Mustafakemalpaşa Nehri'ni oluştururlar (Şekil 1.10). Tüm nehirler Karacabey ilçesi yakınlarında birleşerek denize dökülmeden hemen önce Kocasu Nehri'ni oluştururlar **(Kazancı ve ark., 2006).**



Şekil 1.10. Bursa ve çevresindeki su kaynakları **(Kazancı ve ark., 2006'dan düzenlenmiştir)**

1.2.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Bursa ili, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında yer alan bir 'geçiş iklimi' özelliği taşımaktadır. Bununla birlikte, kuzey sınırlarını oluşturan Marmara Denizi'nin etkisiyle iklimi genel olarak ılıman bir karakter gösterir. Uzun yıllara ait meteorolojik verilere göre ilin yıllık ortalama sıcaklığı 14,6 °C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 706,9 mm'dir. Yağışlar en yoğun olarak ilkbahar ve kış mevsimlerinde gerçekleşmekte, kış aylarında ise zaman zaman kara dönüşebilmektedir. Ancak, karla kaplı gün sayısı oldukça sınırlıdır **(Özsoy, 2019).**

Uludağ'ın kuzeye bakan yamaçlarında ve Nilüfer İlçesi'nde nemli ormanlar bulunurken orman tahribatları sonucu kestane ve sapsız meşe toplulukları görülmektedir. Katırlı Dağları'nın güney yamaçlarında ise maki türleri ve kuru ormanlar görülmektedir. Yine Uludağ'ın kuzey yamaçlarında kesintisiz bir şekilde kayın, karaçam, göknar, akçaağaç, adi gürgen, titrek kavak, kızılağaç ve ıhlamur bulunur. Vadi yamaçlarında kızılçam ve meşelerden oluşan kuru ormanlar görülmektedir. Ova sahası ise yerleşime açıldığı için tarım alanı (ek olarak sanayi faaliyetleri) olarak kullanılmaktadır **(Köpük, 2003).** Aktopraklık Höyük'te incelenen kömürleşmiş odun kalıntılarından yola çıkılarak Geç Neolitik ve Erken Kalkolitik'in bitki örtüsü hakkında bilgiler edinilmiştir. M.Ö 7.binyılın sonlarından 6.binyılın ortalarına doğru tespit edilen Pistacia, cf. Ceratonia, Rhamnus and Phillyrea indicates parlak ve kuru meşelerin varlığına, Populus/Salix type, Ulmus and Fraxinus türleri nemli meşelerin olduğuna işaret etmektedir. Bu veriler Kuzeybatı Türkiye'nin Orta Holosen'deki bitki örtüsü hakkında da yeni bilgiler vermektedir **(Roodenberg, 2011).**

1.2.3.Toprak Özellikleri ve Madenler

Karul, (2017)'a göre höyüğün bulunduğu coğrafya kalker (kireç) içerikli kayalık ve toprak katmanlarından oluşmaktadır. "Aktopraklık" ismi de bu özelliklerden dolayı verilmiştir. Höyük'ün yakın çevresinde yapılan arkeobotanik çalışmaları sonucunda taban suyu yüksek, yarı tuzlu bataklık alanda yetişen bazı saz türlerinin (Cladium mariscus) varlığı bize bazı fikirler sunabilir. Yine B ve C alanlarındaki vadide açılan kesitte, günümüz yüzey alanından 3 m aşağıda oldukça elastik özelliği olan yeşil renkte kil damarı gözlenmiştir. Ayrıca İlk Kalkolitik'e tarihlenen yapıların kerpiç bloklarındaki bu analizlerde bulunan başka veriler ise kaolinit ve montmorillonit türü kil minerallerinin de varlığını göstermektedir**.**

Şekil 1.11'de Bursa İli Maden Haritası yer almaktadır. Bu çalışmada bölgenin toprak özellikleri, seramik buluntulara yapılan arkeometrik analiz sonuçları ile ilişkilendirilmiş, seramiklerin nerede üretildiği konusunda çıkarım yapılmıştır.



Şekil 1.11**.** Bursa İli Maden Haritası **(mta.gov.tr/ 23.07.2024)**

MTA'nın hazırlamış olduğu rapora göre; Bursa'da Krom (Cr), Bakır-Kurşun-Çinko (Cu-Pb-Zn), Demir (Fe), Mangan (Mn), Molibden (Mo), Antimuan (Sb)'nın yanısıra, Altın (Au) ve Nikel (Ni) gibi metalik madenler bulunmaktadır. Yine aynı rapora göre endüstriyel hammaddelerden ise Mermer, Kireçtaşı, Kalsit, Feldispat, Jips, Kaolen, Magnezit, Talk ve Wolfram hammaddeleri yer almaktadır **https://www.mta.gov.tr** [Son erişim tarihi: 25.05.2025].

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışması kapsamında yapılan arkeometrik çalışmaların sonuçlarıyla ilgili yerli ve yabancı kaynaklar taranarak analizler karşılaştırılmıştır. Ayrıca arkeolojik seramiklerin tipolojisi/biçim grubu vb. arkeolojik ve arkeometrik çalışmalar ise höyükte yapılan kazı çalışmalarının (yüksek lisans, doktora, kazı toplantısı, kitap, arşivler) sonuçları incelenerek arkeolojik çalışmaların bütün halde ele alınması gayreti gösterilmiştir.

Provenans çalışmaları bilim insanları tarafından arkeolojik eserlerin üretim yerini veya bunları üretmek için kullanılan ham madde kaynaklarının yerini belirlemeyi amaçlayan analitik araştırmaları belirtmek için kullanılan yaygın bir ifadedir. Bir eserin üretim yeri, kökeni olarak tanımlanır ve arkeolojik olarak bulunduğu yer, kökeni olarak tanımlanır. Burada tanımlanan köken araştırmaları, arkeolojik seramiklerin petrografik veya kimyasal analizlere dayanarak atfetmeyi amaçlayan prosedürleri ve akıl yürütmeyi ifade eder. Kökeni bilinmeyen seramiklerin analitik özelliklerinin önceden tanımlanmış üretimlerinkilerle karşılaştırılması, hipotezleri test etmemizi ve bu üretimler yerelleştirildiğinde kökenlerini belirlememizi sağlar. Bu tür kanıtların bulunmadığı durumlarda, saha araştırmaları, jeolojik haritalar ve raporlar ile işçilikle ilgili metinsel belgeler, hammaddelerin kaynaklarının olası yerleri hakkında bilgi verebilir. Genel olarak, provenans çalışmaları, arkeolojik kriterlere dayalı hipotezleri test etmek için genellikle veri tabanlarında düzenlenen uygun karşılaştırmalı verilere ihtiyaç duyar **(Hunt, 2017)**.

Aktopraklık Höyük hakkında yapılan arkeolojik çalışmalarda, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Tarih Öncesi Arkeolojisi Ana Bilim Dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Necmi Karul'un çalışmalarından faydalanılmıştır. Kazıda çalışılan; mimari, stratigrafi, diğer arkeolojik buluntular, jeolojik yapı, mekân analizi gibi konular incelenerek çalışılan seramik buluntuların bu bilgilerle bütün halde incelenmesi sağlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında yapılan arkeometrik çalışmaların sonuçlarıyla ilgili yerli ve yabancı kaynaklar taranarak analizler karşılaştırılmıştır. Ayrıca arkeolojik seramiklerin tipolojisi/biçim grubu vb. arkeolojik ve arkeometrik çalışmalar ise höyükte yapılan kazı çalışmalarının (yüksek lisans, doktora, kazı toplantısı, kitap, arşivler) sonuçları incelenerek arkeolojik çalışmaların bütün halde ele alınması gayreti gösterilmiştir.

Shepard, (1956)'da özellikle seramiklerin yapısal özelliklerinin anlaşılmasında mineraloji, kimya ve fizik gibi bilim dallarının sağladığı katkıları ortaya koyması açısından, arkeolojik malzeme analizlerine metodolojik bir temel sunmaktadır. Shepard, petrografik inceleme yöntemlerinin seramik üretiminde kullanılan kil türlerinin ve katkı malzemelerinin tanımlanmasında nasıl kullanılabileceğini sistematik olarak açıklamıştır.

Rye (1981)'ın**,** seramik teknolojisinin arkeolojik bağlamda nasıl analiz edilebileceğine dair uygulamalı ve kuramsal bir çerçeve sunar. Özellikle üretim zincirinin her aşamasını –hammadde seçimi, şekillendirme teknikleri, kurutma, pişirme ve yüzey işlemleri– ayrıntılı biçimde inceleyen Rye, sadece malzeme özelliklerinin analiziyle sınırlı kalmayıp, bu özelliklerin arkasındaki üretim

bilgisine ve teknolojik davranışa ulaşmayı hedeflemesi bakımından, arkeometrik seramik çalışmalarında üretim tekniklerinin yeniden inşasına odaklanan araştırmalar için de fikirler sunmuştur.

Rice (1987)'de seramiklerin teknoloji, ekonomi, toplumsal yapı ve kültürel kimlik gibi farklı bağlamlardaki rolünü tartışarak, seramik verilerinin sadece tipolojik değil, aynı zamanda işlevsel ve sembolik analizlerle de değerlendirilmesi gerektiğini vurgular. Ayrıca, çalışmada seramik analizine dair çeşitli teorik yaklaşımlar (örneğin fonksiyonel, biçimsel, davranışsal yaklaşımlar) sistematik biçimde sınıflandırılmış ve bu yaklaşımların arkeolojik yorumlara nasıl entegre edilebileceği gösterilmiştir. Bu yönüyle, sadece teknik bir el kitabı değil, aynı zamanda seramik verileri üzerinden arkeolojik yorum geliştirmekte fayda sağlamıştır**.**

Tite, (1999)'da fiziksel bilimlerin katkısıyla seramik üretiminden kullanım ve yayılıma kadar seramiğin döngüsü incelenir. Mikroskopi, kimyasal analizler, ince kesit petrografisi ve organik kalıntı analizleri kullanılarak teknolojik tercihler, ticaret stratejileri ve sosyal davranışlar değerlendirilir.

Velde ve Druc (1999), kil minerallerinin oluşum koşulları, jeolojik kökenleri ve farklı kil tiplerinin fiziksel/kimyasal özellikleri ayrıntılı biçimde açıklanmaktadır. Killerin mineral bileşimlerinin üretim teknolojisi ve pişirme davranışı üzerindeki etkilerine vurgu yapılmaktadır. Arkeometrik analiz yöntemleri (petrografi, X-ışını difraksiyonu, taramalı elektron mikroskobu, kimyasal analiz teknikleri vb.) ayrıntılı olarak tanıtılmakta ve bu yöntemlerin seramiklerin üretim yeri tespiti, ticaret ağlarının belirlenmesi ve teknolojik değişimlerin izlenmesindeki rolü vurgulanmaktadır. Ayrıca, farklı kültürlerde seramik kullanım biçimleri ve teknolojik tercihler arasındaki ilişkiler örneklerle ortaya konmaktadır.

Garrison (2003), temel olarak arkeolojik jeoloji tekniklerine dair kapsamlı bir inceleme sunar: jeomorfolojik ve jeolojik haritalama, yeraltı jeofizik yöntemleri, sediman örneklemesi, petrografi, istatistiksel analizler gibi pek çok yöntemlerden bahsetmiştir.

Tite ve ark. (2003), farklı temper türleri ve pişirme sıcaklıklarının seramiğin dayanıklılığına etkisini araştırmıştır.

Noei, S., (2007) yüksek lisans tez çalışmasında Aktopraklık Höyük, 19H numaralı kerpiç örneğinin hazırlanan kalın ve ince kesitlerinin incelenmesi sonucunda, bağlayıcı agregalar ile bağlayıcının kendi iç yapısının zayıf ve dağınık bir faz gösterdiğini belirtmiştir. Bunların yanısıra, örnek içerisinde seyrek olarak metamorfik kayaç parçaları, yer yer kuvars, az miktarda siyah cüruf tozları, %5–10 oranında kireç topakları ve %3–5 oranında kireçtaşı parçaları gözlemlenmiştir. XRD analizi sonucunda kaolinit, kuvars, kalsit ve düşük sıcaklık fazı kuvars (low quartz) mineralleri gözlenmiştir. SEM-EDX analizine göre, seramik parçada ağırlıkça %44,35 SiO_2, %30,78 CaO, %13,04 Al_2O_3, %1,86 MgO ve %6,28 FeO bulunmuştur. Noei'nin bu çalışması, Aktopraklık Höyük'te daha önce yaptıkları kerpiç analizi çalışmasında, seramik buluntuların

kökenini daha iyi anlamak için önemli olmuştur. Aynı zamanda bu açma çalıştığımız İlk Kalkolitik (M.Ö 5800-5600) dönemle çağdaş kronolojiye sahiptir.

Aktopraklık Höyük hakkında yapılan arkeolojik çalışmalarda, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Tarih Öncesi Arkeolojisi Ana Bilim Dalı öğretim üyelerinden **Prof. Dr. Necmi Karul'**un **(2010,2015, 2017)** çalışmalarından faydalanılmıştır. Kazıda çalışılan; mimari, stratigrafi, diğer arkeolojik buluntular, jeolojik yapı, mekân analizi gibi konular incelenerek çalışılan seramik buluntuların bu bilgilerle bütün halde incelenmesi sağlanmıştır.

Hunt, (2017)' de yaptığı çalışmalarda genel olarak, provenans çalışmalarını arkeolojik kriterlere dayalı hipotezleri test etmek için, veri tabanlarında düzenlenen uygun karşılaştırmalı verilere ihtiyaç duyarak yaptığından bahsetmektedir. Bir eserin üretim yeri, kökeni olarak tanımlanır ve arkeolojik olarak bulunduğu yer, kökeni olarak tanımlanır. Burada tanımlanan köken araştırmaları, arkeolojik seramiklerin petrografik veya kimyasal analizlere dayanarak atfetmeyi amaçlayan prosedürleri ve akıl yürütmeyi ifade eder. Kökeni bilinmeyen seramiklerin analitik özelliklerinin önceden tanımlanmış üretimlerinkilerle karşılaştırılması, hipotezleri test etmemizi ve bu üretimler yerelleştirildiğinde kökenlerini belirlememizi sağlar. Bu tür kanıtların bulunmadığı durumlarda, saha araştırmaları, jeolojik haritalar ve raporlar ile ilgili metinsel belgeler, hammadde kaynaklarının olası yerleri hakkında bilgi edinmemizi sağlamıştır.

Özdoğan (2019), Anadolu arkeolojisi bağlamında üretim teknolojilerinin tarihsel gelişimini ve bu süreçteki kültürel dönüşümleri ele alan kapsamlı bir çalışmasında, özellikle arkeometrik yaklaşımlar açısından seramik/ çanak çömlek üretiminde kullanılan hammaddelerin kaynak analizi, pişirme teknikleri ve üretim organizasyonu gibi konulara dair dolaylı veriler(etnografik) sunmakta; bu yönüyle analitik araştırmalara tarihsel ve kültürel bir bağlam kazandırmaktadır. Arkeoloji, malzeme bilimi ve teknoloji tarihi arasındaki kesişim noktalarında duran bu çalışma, arkeometrik analizlerin yorumlanmasında disiplinlerarası bir perspektifin gerekliliğini vurgulamıştır.

Kaycı O. H., (2013) ve **Çelik, S., A., (2022)** yüksek lisans tezlerinde Aktopraklık Höyük'te bulunan çanak çömleklerin teknolojik özelliklerini; arkeolojik, kültürel ve teknik bağlamlarıyla ele almakta; üretim süreçlerinin anlaşılmasına yönelik sistematik yaklaşımlar içermektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

Bu çalışma kapsamında incelenen seramik buluntular Kalkolitik Dönem'e aittir. Söz konusu tabaka B Alanı'nda geniş bir alanda kazısı yapılmış olan ve hendekle çevrili yerleşim dokusunun görüldüğü tabaka olup yaklaşık olarak MÖ 5800-5600 arasına tarihlendirilebilmektedir.

Aktopraklık Höyük 'ün B Alanı'ndaki açmalardan çıkarılan 15 adet seramik parça Uludağ Üniversitesi Arkeoloji Bölümü'nden Araştırma Görevlisi Serap Ala Çelik tarafından belirlenmiştir. Numuneler belirlenirken, seramik kabın bütününü temsil eden, yüzey özellikleri farklı ve parçanın kesitinden bakıldığında profil veren numuneler olmasına dikkat edilmiştir.

Tez çalışması kapsamında, numune adı "AKT" ile başlayan örneklere, 1'den 15'e kadar numaralar verilmiştir. Seramik buluntuların, iç-dış yüzey ve kesit fotoğrafları detaylı fotoğraflandırılmıştır (Bkz. EKLER). Seramik numuneler höyükte B alanı adı verilen yerleşmeden çıkarılan seramik parçalardır. Tasnif dışı olan bu parçalara; numune kodu, çıkarıldığı açma adı, örneğin temsil ettiği parça türünün bilgileri Çizelge 1'de yer almaktadır. Seramik buluntuların arkeolojik ve arkeometrik bilgileri not alınmıştır. Fotoğraflar ölçeklendirilerek Iphone 12, Nikkon D3200 model dijital fotoğraf makinesiyle detaylı çekimleri yapılarak belgelendirilmiştir (Çizelge 3.1.1.). Seramik buluntuların çizimleri Arkeolog Sena Acar tarafından yapılmıştır (Bkz. EKLER).

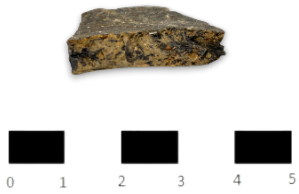
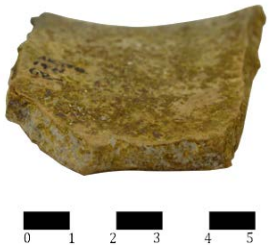
Çizelge 3.1.1 Aktopraklık Höyük 'ten çıkarılan 15 adet örneğin numune kodu, açma adı ve örneğin temsil ettiği parça türü

Numune Kodu	Açma Adı	Örneğin Temsil Ettiği Parça Türü
AKT-1	17I	Ağız
AKT-2	16M	Ağız
AKT-3	19K	Ağız
AKT-4	17I	Ağız
AKT-5	18H	Ağız
AKT-6	18K	Ağız
AKT-7	19H	Ağız
AKT-8	18H	Ağız
AKT-9	16K	Dip
AKT-10	16K	Dip
AKT-11	16K	Ağız
AKT-12	21K	Ağız
AKT-13	18K	Dip
AKT-14	23K	Ağız
AKT-15	15H	Ağız

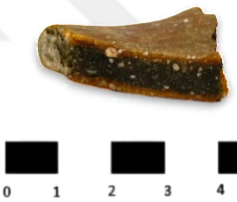
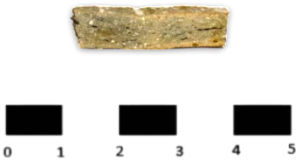
Çizelge 3.1.2. Seramik buluntuların numune kodu, iç-dış yüzey ve kesit fotoğrafları

Numune Kodu	İç Yüzey/ Ağız kısmı	Dış Yüzey/Kesit	Kesit
AKT-1			
AKT-2			
AKT-3			
AKT-4			

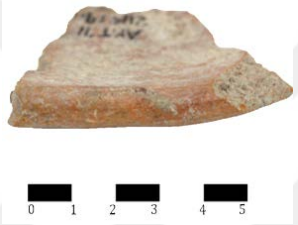
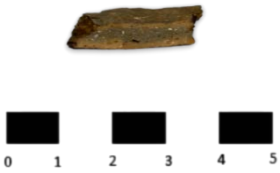
Çizelge 3.1.2**.** Seramik buluntuların numune kodu, iç-dış yüzey ve kesit fotoğrafları (devamı)

Numune Kodu	İç Yüzey/ Ağız kısmı	Dış Yüzey/Kesit	Kesit
AKT-5			
AKT-6			
AKT-7			
AKT-8			

Çizelge 3.1.2. Seramik buluntuların numune kodu, iç-dış yüzey ve kesit fotoğrafları (devamı)

Numune Kodu	İç Yüzey/ Ağız kısmı	Dış Yüzey/Kesit	Kesit
AKT-9			
AKT-10			
AKT-11			
AKT-12			

Çizelge 3.1.2. Seramik buluntuların numune kodu, iç-dış yüzey ve kesit fotoğrafları (devamı)

Numun eKodu	İç Yüzey/ Ağız kısmı	Dış Yüzey/Kesit	Kesit
AKT-13			
AKT-14			
AKT-15			

3.2.METOT

Bu çalışmada, Aktopraklık Höyük kazılarında bulunan, tasnif dışı seçilmiş seramik örneklerinin arkeometrik özellikleri, Çizelge 3.2'de listelenen ve birbirini tamamlayarak çok yönlü veri sağlayan analitik cihazlarla, aynı numuneler üzerinde eş zamanlı olarak incelenmiştir.

Çizelge 3.2. Analizler, cihazlar ve analizlerin uygulandığı örnekler listesi

Analizler	Cihaz adı	Cihaz Marka ve Modeli	Analizlerin uygulandığı örnekler (Arkeometrik Kod)
Mineralojik-Petrografik Analiz	Optik Mikroskop (OM)	Olympus marka ve BX51 model	AKT-1, AKT-2, AKT-3, AKT-4, AKT-5, AKT-6, AKT-7, AKT-8, AKT-9, AKT-10, AKT-11, AKT-12, AKT-13, AKT-14, AKT-15
	X- Işını Difraksiyonu (XRD)	PANalytical Marka ve Empyrean XRD Model	
Kimyasal Analiz	X-Işını Flouresans (XRF)	PANalytical Marka ve MiniPal 4 Model	AKT-1, AKT-2, AKT-3, AKT-4, AKT-5, AKT-6, AKT-7, AKT-8, AKT-9, AKT-10, AKT-11, AKT-12, AKT-13, AKT-14, AKT-15
	Enerji Saçınımlı X-Işınları Spektrometresi (EDS ve EDS Mapping)	FEI Marka ve Quanta 650 Field Emission SEM Model	AKT-5, AKT-7, AKT-9, AKT-12, AKT-13, AKT-15
Mikroyapısal Analizler	Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	FEI Marka ve Quanta 650 Field Emission SEM Model	AKT-5, AKT-7, AKT-9, AKT-12, AKT-13, AKT-15
Moleküler Spektroskopik Analiz	Raman Spektroskopisi	Renishaw marka ve In Via Qontor Model	AKT-5, AKT-7, AKT-13

3.2.1.Petrografik Analiz

Bursa Aktopraklık Höyük'ten ele geçen seramik buluntulardan 15 adet örneğin, petrografik analiz için Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ince kesit hazırlama laboratuvarında ince kesitleri hazırlanmıştır. Bunun için örnekler sulu bir testere yardımı ile yanal kesit görülecek şekilde kesilmiştir. Kesilen örneklerin yüzeyleri silisyum karbür (SiC) zımpara ile düzeltilmiş ve epoksi reçine ile lam üzerine yapıştırılmıştır. Lama yapıştırılan örnekler, epoksi sertleştikten sonra farklı boyutlardaki toz aşındırıcılar yardımı ile parlatma diskleri üzerinde yaklaşık 30 µm kalınlığa kadar inceltilmiştir **(Lan ve ark., 2024; Stoltman, 2015)**. Şekil 3.1'de ince kesit hazırlama aşamaları verilmiştir.



Şekil 3.1. Petrografik analizler için örnek hazırlama aşamaları

Örneklerin ince kesit görüntüleri, 2x-40 x büyütme aralığında çalışan Olympus marka ve SC50 model kamera (12 piksel) ile birleştirilmiş Olympus BX51 marka ve model polarize mikroskop cihazıyla elde edilmiştir. Dijital görüntü ve görüntü dokümantasyonu için yazılım programı olarak CellSens Entry kullanılmıştır.

Görüntüler polarize mikroskopta hem çift nikol, hem tek nikol olacak şekilde alınmıştır. Çift nikol altında alınmış görüntülerde kristal yapıların optik özellikleri belirgin şekilde gözlemlenmektedir. Tek nikol altında alınmış görüntülerde ise minerallerin doğal renkleri ve yüzey morfolojileri izlenmektedir.

3.2.2. X Işını Difraksiyon (XRD) Analizi

Şekil 3.2'de XRD analizleri için örnek hazırlama aşamalarından agat havanda öğütülme işlemi görülmektedir.



Şekil 3.2. XRD analizleri için örnek hazırlama aşamaları

Numuneler, AKT-1'den AKT-15'e kadar olan numuneler, agat havanda toz haline getirilmiştir. Çalışmada **Holakooei ve ark. (2014)**'nın gerçekleştirdiği gibi 100 mg toz örnek, PANalytical marka Empyrean XRD cihazı ve Cu-Kα ışını kaynağı (λ=1,5405 Å) kullanılarak ölçümler yapılmıştır. Ölçümler 2θ = 5-90° açı aralığında, 0,0001 derece/dakika hızında, 45 kV kaynak voltajı ve 40 mA kaynak akımı ile gerçekleştirilmiş. HighScore Plus yazılımı, toz difraksiyon veri tabanlarını tarayarak örneklerdeki fazları tespit etmek için kullanılmıştır.

3.2.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işınları Spektrometresi (EDS) Analizi

Örneklerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri, Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (ÇÜMERLAB) bünyesindeki FEI marka Quanta 650 Field Emission SEM cihazı ile elde edilmiştir. AKT-5, AKT-7, AKT-13 kodlarına sahip seramik buluntuların her biri, yüzey iletkenliğini sağlamak amacıyla 30 saniye süreyle altın (Au) ile kaplanmıştır. Seramik buluntuların kırık yüzeylerinden alınan BSE (back scattering) görüntüleri, 20 kV hızlandırma voltajı ile sırasıyla 250x, 500x, 1000x ve 5000x büyütmelerde elde edilmiştir. Görüntüler üzerinde belirlenen noktalar veya alanlar için yapılan elementel kimyasal analizler, SEM'e bağlı Bruker Axe marka enerji saçınımlı X-ışını spektrometresi ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Raman Spektroskopisi Analizi

Raman analizi, Çukurova Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı (ÇÜMERLAB) bünyesinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizler, AKT-5, AKT-7 ve AKT-13 kodlu seramik numunelere uygulanmış olup, Raman spektrumları, **Ogalde ve ark. (2021)**'in raporladığı gibi 50x büyütme objektif lensi kullanılarak, Renishaw marka In Via Qontor model cihazla **Ogalde ve ark. (2021)** ve **Jadot ve ark. (2016)**'nın gerçekleştirdiği gibi 785 nm lazer dalga boyunda, 15 mW güç çıkışıyla 100-3200 cm^{-1} geniş aralıkta taranarak elde edilmiştir.

3.2.5. X-Işını Floresans (XRF) Analizi

Seramik buluntuların kimyasal bileşimlerini belirlemek için X-Işını Floresans analizi gerçekleştirilmiştir. XRF yöntemi ile Aktopraklık Höyük'te bir grup seramiğin element analizi için örnekler agat havanda 20 dk süre ile 100 μm elek altına gelecek şekilde öğütülmüş ve **Hacıosmanoğlu, (2016)**'nun raporladığı gibi 100°C sabit sıcaklıkta fırında 24 saat boyunca kurutulmuştur. Her bir örnek toplamda 0,5 (± 0,003) g toz ve 8 g eritici (2,72 g lityum metaborat ve 5,28 g lityum tetraborat) ile karıştırılmış ve 1100°C'de eritilerek kimyasal analiz için homojen bir cam disk elde edilmiştir. Kimyasal analiz, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Laboratuvarında bulunan PANalytical marka ve MiniPal 4 model XRF cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Petrografik Analiz

Petrografi, mineral ve kayaçları güvenilir bir şekilde tanımlayan önemli bir jeolojik tekniktir ve bu özellik, çanak çömlek analizi için de uygundur. Çanak çömlek, doğal kalıntılar ve insan katkıları (temper malzemeler) içeren bir karışım olarak incelenebilir **(Stoltman, 2015).** Bu mineraller ve kayaçlar hakkında bilgi sahibi olmak, seramiğin hammaddesi, üretimi, kullanımı ve teknolojik gelişmelre ilişkin arkeolojik yorumlar için değerlidir.

Petrografik gözlemler, çamurun seçilmesinden hazırlanmasına, bilinçli eklemelerle kabın özelliklerinin değiştirilmesine ve kapları şekillendirmek için kullanılan teknikten fırınlama koşullarına kadar seramik teknolojisinin farklı aşamaları hakkında bilgi sunmaktadır **(Middleton, 1997).**

Çömlekçiler, kilin kurumasını ve pişirme sürecini kolaylaştırmak amacıyla 'temper' adı verilen katkı malzemeleri kullanırlar. Bu malzemeler; pişirilip öğütülmüş çömlek parçaları (grog), deniz kabukları, kum veya taş benzeri kayaç parçacıkları, tüf ve çeşitli organik maddeler olabilir **(Garrison, 2003).**

Rye, (1988), Rice, (1987) ve Shepard, (1956)'a göre, seramik kapların fonksiyonel dayanıklılığı açısından en kritik özelliklerden biri, tekrarlayan ısıtma-soğutma döngüleri sırasında ortaya çıkan termal şoka karşı gösterdikleri dirençtir. Termal şok, sıcaklık farklarının malzeme içerisinde yarattığı gerilmeler sonucunda çatlak oluşumuna yol açar. Özellikle doğrudan ateşe maruz kalan dış yüzeyin, daha serin kalan iç yüzeye kıyasla daha fazla genleşmesi, iç kısımlarda çekme gerilmeleri yaratır ve bu durum zamanla mikro çatlakların oluşmasına neden olur. Bu çatlaklar başlangıçta mikroskobik düzeyde olup gözle fark edilmeyebilir; ancak süreç ilerledikçe büyüyerek kabın bütünlüğünü bozabilir ve yapısal çöküşe yol açabilir. Soğuma evresinde ise, iç kısmın dış kısımdan daha sıcak kalması durumunda, bu kez dış yüzeyde benzer çatlamalar meydana gelebilir. Seramiklerin termal şoka karşı dayanıklılığını belirleyen başlıca değişkenler şunlardır:

(1) Malzemenin gözeneklilik oranı ile gözeneklerin dağılımı ve boyutları,

(2) Mineral inklüzyonların (katkı maddeleri) türü, miktarı ve tane boyu dağılımı,

(3) Kil matriksinin ve içerdiği inklüzyonların termal genleşme katsayısı,

(4) Kabın geometrik formu ve hacim-yüzey oranıdır.

Bu parametrelerin her biri, ısı dağılımı, gerilme yönü ve çatlakların yayılma eğilimleri üzerinde belirleyici rol oynar **(Rye, 1988; Rice, 1987; Shepard, 1956).**

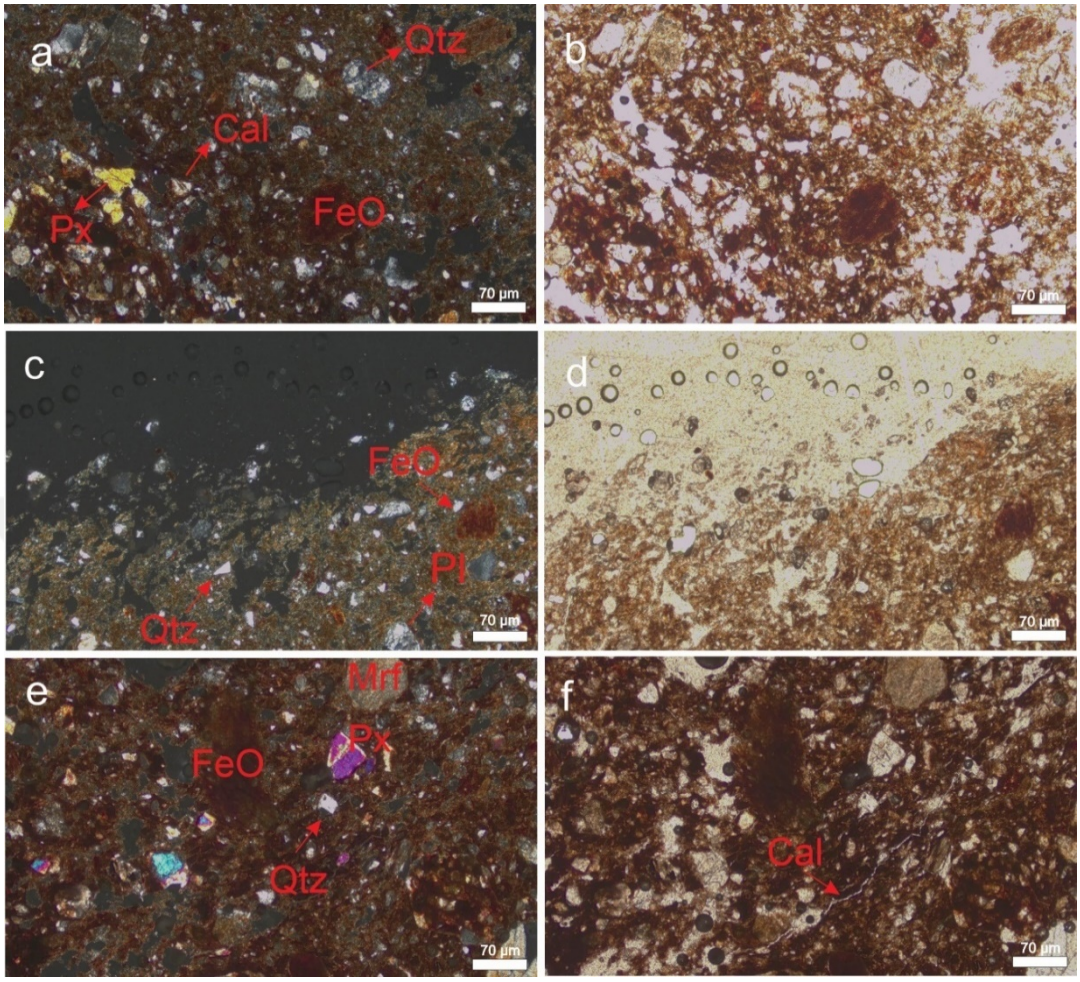
Kalsiyum oksit (CaO), kalsiyum karbonatlarının ($CaCO_3$) ayrışmasıyla oluşan bir madde olup, ince dağılmışsa daha düşük sıcaklıklarda vitrifikasyon sağlar. Kalsiyum oksit, kil bileşenleriyle reaksiyona girmezse, pişirim sonrası atmosferden nem alarak kalsiyum hidroksit oluşturur ve bu da genleşme nedeniyle kap yüzeyinde patlamaya yol açabilir **(Shepard, 1956).**

Arkeolojik seramiklerde, çömlek kapların en çok üzerinde durulan işlevsel gereksinimlerinden biri, kullanım sırasında kaçınılmaz olarak maruz kaldıkları hızlı sıcaklık değişimlerine dayanabilmeleri için pişirme kaplarının yüksek termal şok direncine sahip olmalarıdır. Buna karşılık, darbeye karşı dayanıklı olmaları gereksinimi, potansiyel olarak zorlayıcı olsa da, darbeler genellikle kazara meydana gelir. Bu nedenle, kapların darbelerden zarar görme riski, dikkatli kullanım ile en aza indirildiği kabul edilmiştir.Mikro çatlaklardan oluşan bir ağ, ek gerilim altında genişleyerek termal şok nedeniyle oluşan gerilim yoğunluklarını azaltabilir. Bu sayede, daha önce hafif bir şok geçiren bir seramiğin termal şok direnci önemli ölçüde arttırılabilir **(Tite ve ark., 2003).**

Arkeometrik analizlerle birlikte, Aktopraklık Höyük'te AKT-9, AKT-12, AKT-14 ve AKT-15 kodlu örneklerin petrografik analizi sonucunda ince kesit görüntülerinde tanecik ve paralel boşluk yönlenmesi gözlemlenmiştir. Ayrıca, SEM görüntüleri de kısmi olarak yönlenmeyi destekler niteliktedir. **Özdoğan, (2019)**'a göre, hızlı dönen çarkın öncülü olan yavaş dönen çarkın ne zaman ve nerede ilk kez kullanıldığı kesin olarak bilinmemektedir. Bazı araştırmacılar bu yöntemin Halaf Dönemi'nden itibaren kullanıldığını öne sürerken, Anadolu ve çevresinde MÖ 4. binyılda, Obeid Dönemi'yle birlikte kullanılmaya başlandığı genel kabul görmektedir. Üretim sürecinde çark, usta ya da yardımcısı tarafından elle döndürülür; bu sayede hamur çarkın devinimiyle biçimlendirilir ve elle şekillendirme yöntemlerine kıyasla daha simetrik formlar elde edilir. Ancak kaplar üzerinde bu yönteme dair doğrudan izler bırakmadığı için arkeolojik bağlamda tanımlanması çoğu zaman mümkün olmamaktadır.

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalarda, özellikle optik mikroskop ile petrografik analizler ve taramalı elektron mikroskobu ile mikroyapısal analizler killi matrikste paralel boşluk ve tane yönlenmesine dair veriler elde edilmiştir.

Şekil 4.1'de sunulan optik mikroskop görüntüleri, AKT-1 kodlu seramik parçanın ince kesitine ait olup, mikroyapısal özelliklerin ve mineralojik bileşimin detaylı olarak incelenmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil 4.1. AKT-1 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Px: Piroksen; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç).

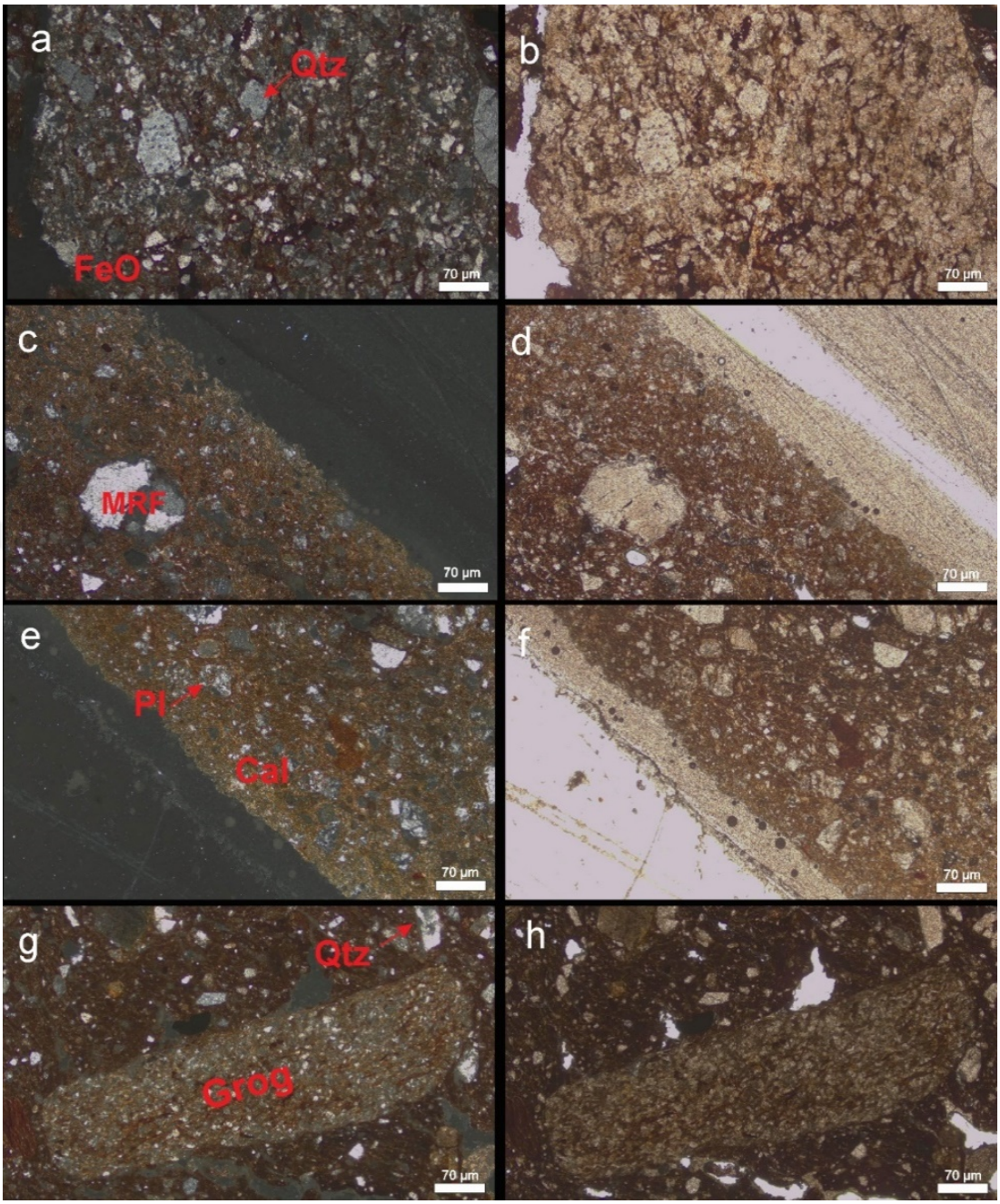
Görüntülere göre heterojen dağılım gösteren çeşitli mineral fazları gözlenmiştir. Özellikle, en uzun boyutu yaklaşık 110 µm olan plajiyoklas parçacıkları ile en büyük boyutu yaklaşık 60 µm olan kuvars taneleri dikkat çekmektedir. Bu minerallerin şekil ve boyutları, **Bernardini ve ark., (2024)**'nın raporladığı gibi seramiği oluşturan bünyenin bileşenlerinin farklı kaynaklardan geldiğini ve muhtemelen doğal jeolojik kökenli olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, ince kesitte piroksen, kalsit, demir oksit, magmatik kayaç parçaları ve tekrar plajiyoklas minerallerinin matriks içerisinde düzensiz bir şekilde dağıldığı gözlemlenmiştir. Bu çeşitlilik, **Lerner** ve **Shimshoni (2022)**'nin raporladığı gibi seramiğin üretiminde kullanılan hammaddenin mineralojik olarak zengin ve karmaşık bir yapıya sahip olduğunu düşündürmektedir.

Optik mikroskop görüntüsünde, matriks içerisinde belirgin bir çatlak oluşumu gözlenmiştir. Bu çatlağın, **Gilstrap ve ark., (2021)**'in raporladığı gibi üretim sürecinde kurutma işleminin kontrolsüz gerçekleştirilmesi veya pişirme sırasında CO_2 gazının çıkışı esnasında yeterli gaz

tahliyesinin sağlanamaması gibi nedenlerle meydana gelmiş olabileceği değerlendirilmektedir. Bu tür çatlaklar seramik malzemenin mekanik mukavemeti açısından kritik öneme sahiptir. Çatlak boyunca ikincil kalsit çökelimi gözlemlenmiştir. Bu durum, **Cau-Ontiveros ve ark., (2002)**'nın raporladığı gibi örneğin gömüldüğü çevresel koşullarda karbonatlı yer altı sularının bu çatlaklara sızarak, zamanla kalsit minerali çökelttiğini göstermektedir. Seramik buluntularda kalsit minerali hem birincil hem de ikincil olarak bulunabilir. **Fabbri ve ark., (2014)** tarafından yapılan çalışmaya göre, birincil kalsit, (jeolojik kökenli kalsit), karbonat içeren killerden veya seramik üretiminde işlevsel özellik (termal şok dayanımı, kurutma süresi vb) kazandırmak amacıyla reçeteye eklenen kalsitten kaynaklanmaktadır. Ayrıca birincil kalsit, düşük sıcaklıklarda pişirilmiş seramiklerin yapısında da bozunmadan bulunabilmektedir. Buna karşılık, **Fabbri ve ark., (2014)** ve **Schneider (2017)**'in raporladıkları gibi ikincil kalsit, gömü koşullarına bağlı olarak sonradan oluşan ve genellikle çatlak veya boşluklara çökelmiş karbonatlı minerallerdir.

Şekil 4.2' de sunulan AKT-2 kodlu seramik parçanın Çift Nikol (ÇN) ve Tek Nikol (TN) altında ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntüleri yer almaktadır. Örneğin ince kesitinde; kuvars, demiroksit (a), kalsit, plajiyoklas (e), metamorfik kayaç parçaları (MRF) (c), grog ve kuvars (g) gözlenmiştir. AKT-2 kodlu örnek, fazla miktarda ve heterojen dağılımlı, 10 µm-500µm boyutlarında grog parçacıkları mevcuttur. Grog parçacıkları, önceden pişirilmiş seramik ürünün öğütülerek tekrar çamur reçetesine eklenmesiyle oluşur. Bu katkı, seramiğin mekanik dayanımını artırmak ve kurutma/çekme davranışını kontrol etmek amacıyla kullanıldığı gibi, kırılan ürünlerin üretim yapan usta tarafından yeniden değerlendirildiğini de göstermektedir. Plajiyoklas ve kuvars taneleri, genellikle orta boyutlu ve yönlenmiş kristaller olarak gözlemlenmiştir. Bu mineraller **Medeghini ve ark., (2018)**'in de belirttiği gibi seramiği oluşturan killi matriksin silikatça zengin bir jeolojik kaynak içerdiğini göstermektedir ayrıca matriksin sıkı paketlendiği ve örneğin iç ve dış yüzeylerinin perdahlı/astarlı olduğu görülmektedir. Optik mikroskop görüntülerinden demir oksit fazlarının, opak ve koyu renkli alanlar olduğu gözlenmiştir.

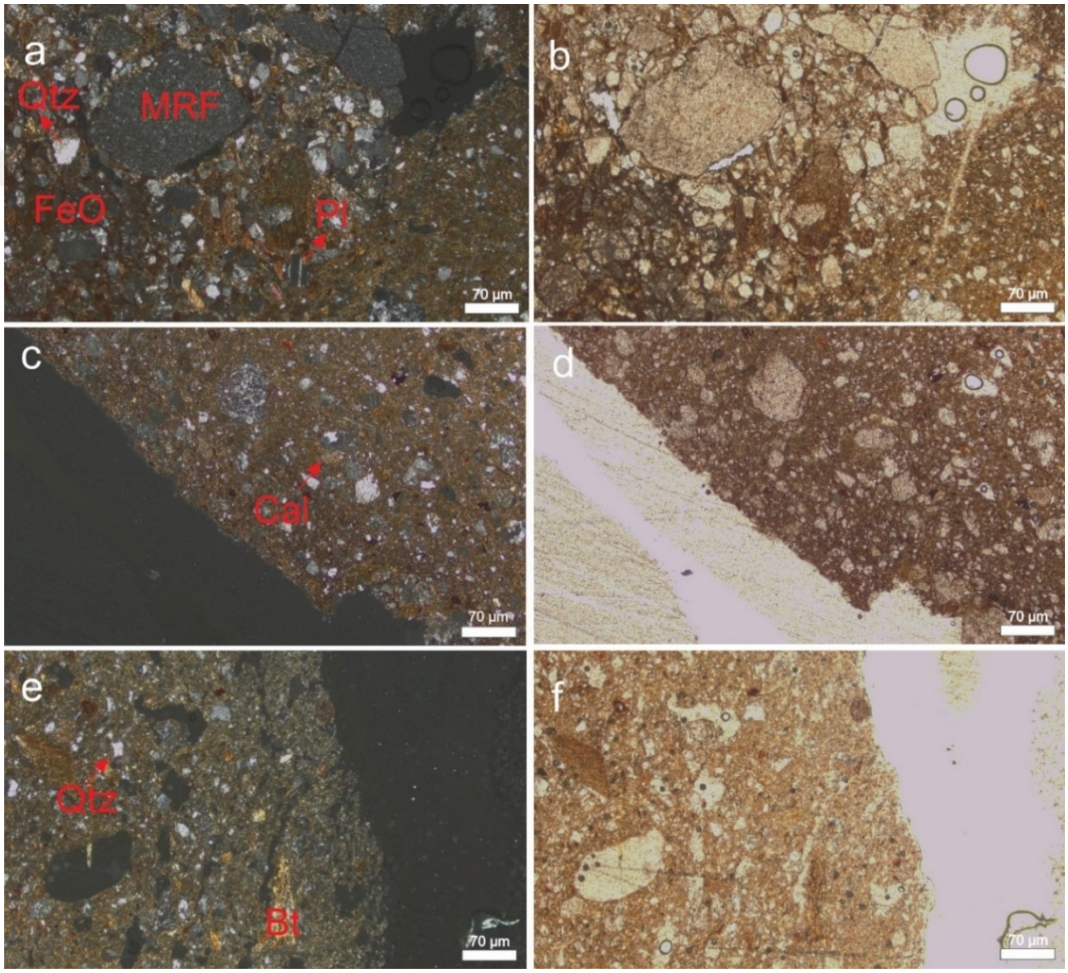
Bu, **Gilstrap ve ark., (2021)**'in de raporladığı gibi seramik kabın, pişirim atmosferi ve sıcaklığı hakkında bilgi vermektedir. Buluntunun fırınlama koşullarının karışık atmosfer (oksidatif ve redüktif) olduğu gözlenmiştir. Bu bulgu, XRD verilerindeki hematit (Fe_2O_3) ve magnetit (Fe_3O_4) fazlarının bulunması da destekler niteliktedir.



Şekil 4.2. AKT-2 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, f, h) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Grog; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.3.'de sunulan AKT-3 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntülerinde hem çift hem de tek nikol altında yapılan incelemelerde heterojen dağılımlı bir mikroyapı gözlemlenmiştir. Görsellerde, kristal yönlenmeleri, tane sınırları ve çatlak oluşumları belirgin şekilde izlenebilmektedir. Özellikle çift nikol görüntülerde, minerallerin optik özellikleri sayesinde kristal yapılar daha net ayırt edilmiştir. AKT-3 kodlu örneğin yapısında demiroksit, kuvars, magmatik kayaç parçası, plajiyoklas (a), biyotit (e), kalsit (c) gözlenmiştir. Killi matriks içerisinde en büyüğü yaklaşık 200 µm boyutuna sahip metamorfik kayaç parçacıkları

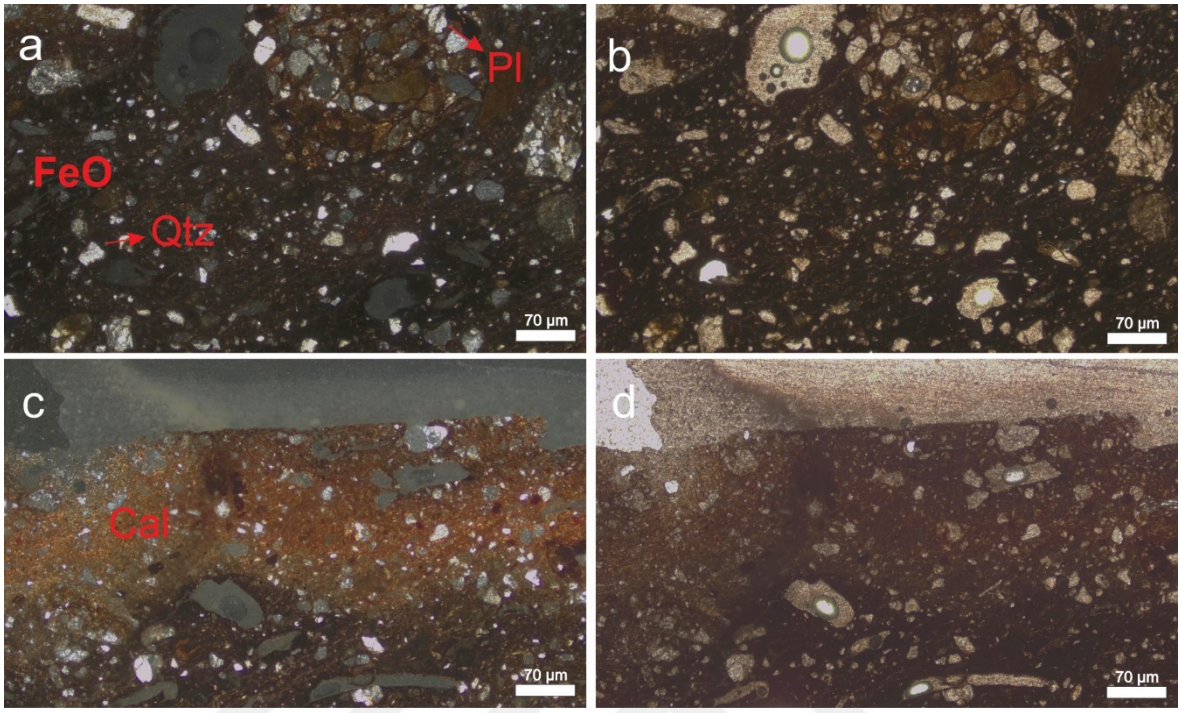
(MRF) bulunmaktadır. Killi matrikste bu kayaçların dağılımı, 20µm tane boyutunun altında kalsit taneleri, 35µm tane boyutunun altında kuvars (SiO_2) ve plajiyoklas ($NaAlSi_3O_8CaAl_2Si_2O_8$) taneleri olacak şekilde heterojen dağılım sergilemiştir. Ayrıca matrikste kalsit ve koyu renkli demir oksit açısından zengin mikalardan biyotit bulunmaktadır. Biyotit (Bt) gibi mafik mika minerallerin varlığı, seramik kabın yapısındaki mineralojik çeşitliliği artırmakta ve muhtemelen **Quinn (2022)**'nin de raporladığı gibi metamorfik kökenli temper kayaçların kullanıldığını düşündürmektedir. Demir oksitin (FeO) varlığı XRD analizinde gözlemlenen demir içerikli fazların varlığıyla desteklenmektedir.



Şekil 4.3. AKT-3 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç; Bt: Biyotit)

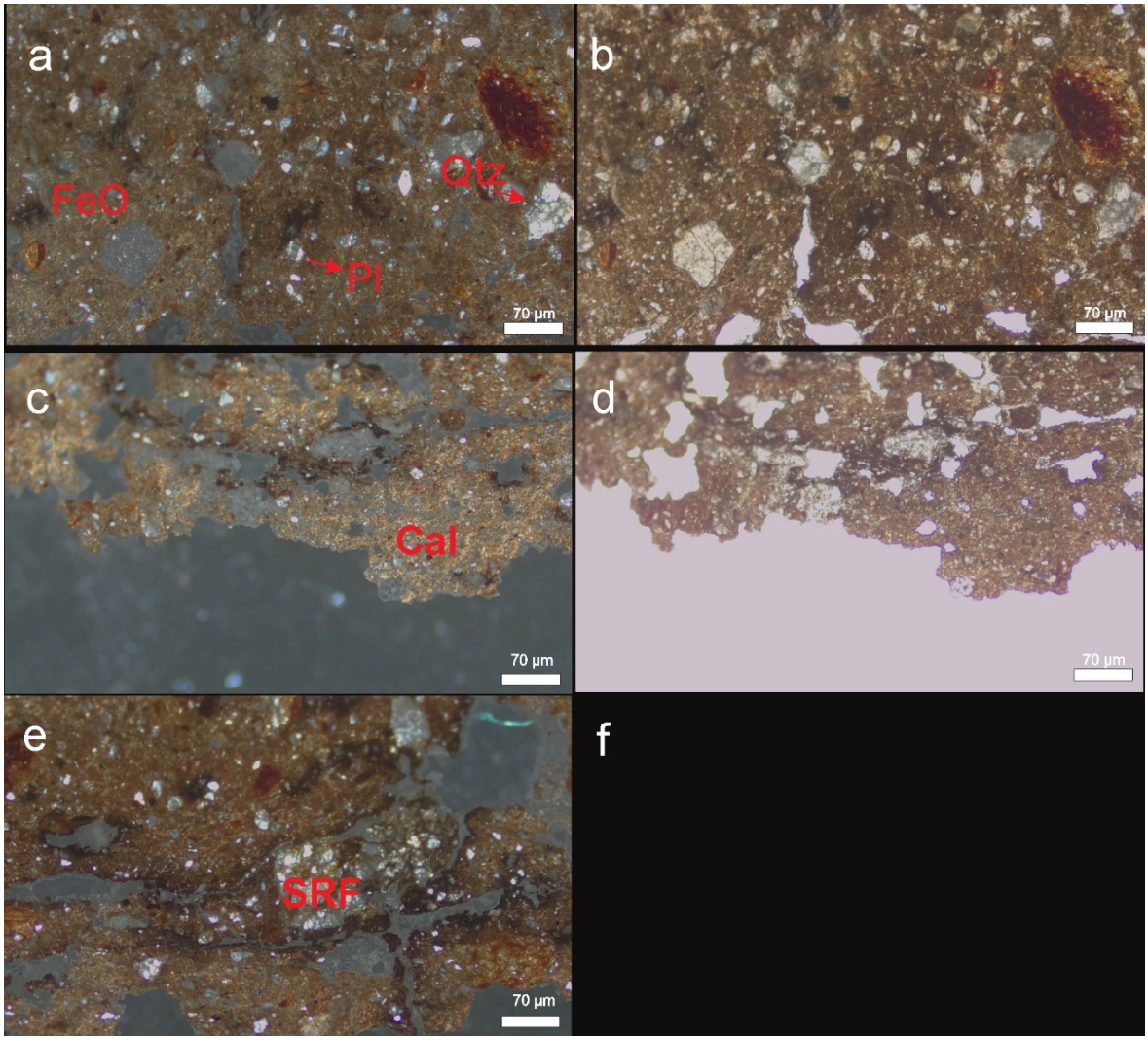
Şekil 4.4'de sunulan AKT-4 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntülerinde; plajiyoklas, kuvars,yoğun demiroksit(a), kalsit gözlenmiştir. Görüntülerde matrikse göre daha ince tane boyutuna sahip killi malzeme ile astarlanmış ürün kesiti (c-d) görülmektedir. Ayrıca AKT-4 kodlu seramik parçanın karışık atmosferde fırınlandığını

kanıtlamaktadır. Bu durum XRD analiz sonuçlarında tespit edilen magnetit (Fe_3O_4) ve hematitin (Fe_2O_3) varlığını destekler niteliktedir.



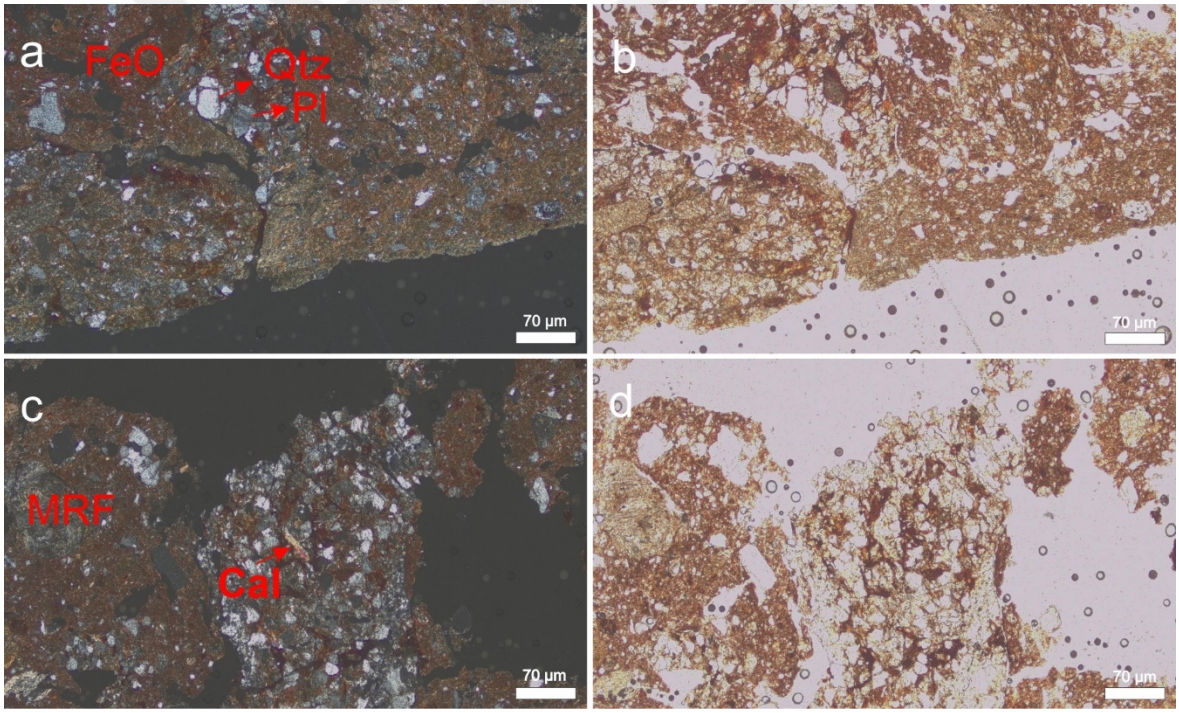
Şekil 4.4. AKT-4 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas)

Şekil 4.5.'te sunulan AKT-5 kodlu seramik parçanın ince kesitinde; plajiyoklas, kuvars, yoğun demiroksit (a), kalsit (c), sedimenter kayaç parçası (e) gözlenmiştir. İnce kesitten alınan optik mikroskop görüntülerinden görüldüğü üzere killi matriks, sıkı dokulu ve mikroçatlaklar görülmektedir. Ayrıca AKT-5 kodlu örneğin karışık atmosferde fırınlandığı düşünülmektedir. Bu durum XRD analiz sonuçlarında tespit edilen magnetit (Fe_3O_4) ve hematitin (Fe_2O_3) varlığını destekler niteliktedir. **Shepard, (1956)**'ya göre; Demir minerallerinin çoğu, 800°C'de tamamen oksitlenir ve demir içeren kil, bu sıcaklıkta oksidasyon süreciyle de en açık renge ulaşmaktadır**.**



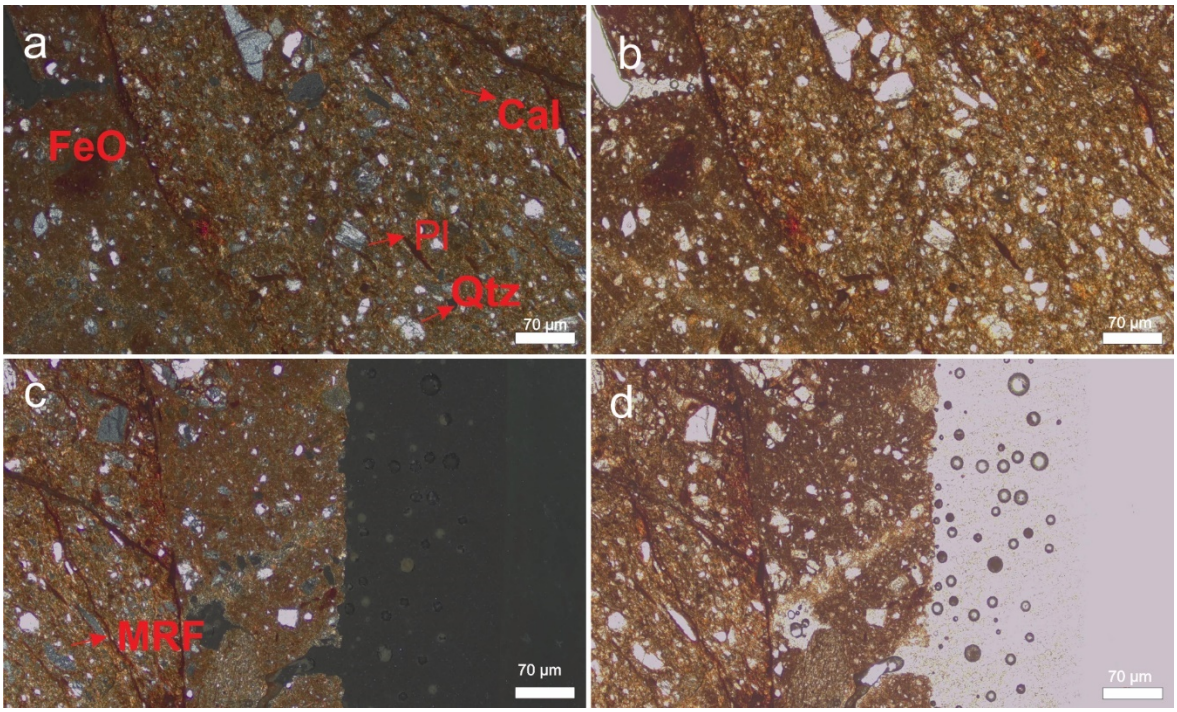
Şekil 4.5. AKT-5 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f)
altında optik mikroskop görüntüleri
(Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; SRF: Sedimanter kayaç parçası)

Şekil 4.6.'da verilen AKT-6 kodlu seramik parça, mineralojik çeşitliliği ve belirgin çatlak ve gözenek yapısıyla oldukça karmaşık bir üretim sürecine işaret etmektedir. Hem silikat içeren hem de karbonat minerallerini içeren hammaddelerin birlikte bulunması, üretim yapan ustanın seramiğin işlevsel ve teknolojik özelliklerini modifiye etmek amacıyla seçtiği hammaddelerden üretim yaptığının göstergesi olarak düşünülmektedir. Düzensiz şekilli ve heterojen dağılımlı gözeneklerin varlığı, pişirme sıcaklığının yeterli düzeyde olup olmadığını, organik madde veya karbonatlı kayaçların varlığı ve killi matriksin homojenliğini değerlendirmek açısından oldukça önemlidir. AKT-6 kodlu örneğin ince kesitinde; plajiyoklas, kuvars, yoğun demiroksit (a), kalsit (c), metamorfik kayaç parçası (c) gözlenmiştir. Özellikle metamorfik kayaç parçası çevresinde çatlaklar belirgin bir şekilde gözlenmektedir. Bu durumun pişme-soğuma sürecinde matriks içerisindeki hammaddelerin farklı genleşme katsayısına bağlı olarak, farklı gerilmeler oluşturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yer yer oksitlenmiş FeO varlığı, fırınlamanın yarı oksitleyici atmosferde gerçekleştirildiğini düşündürmektedir. XRD analiz sonuçlarına göre düşük yoğunluklu magnetit mineralinin varlığı, bu durumu desteklemektedir.



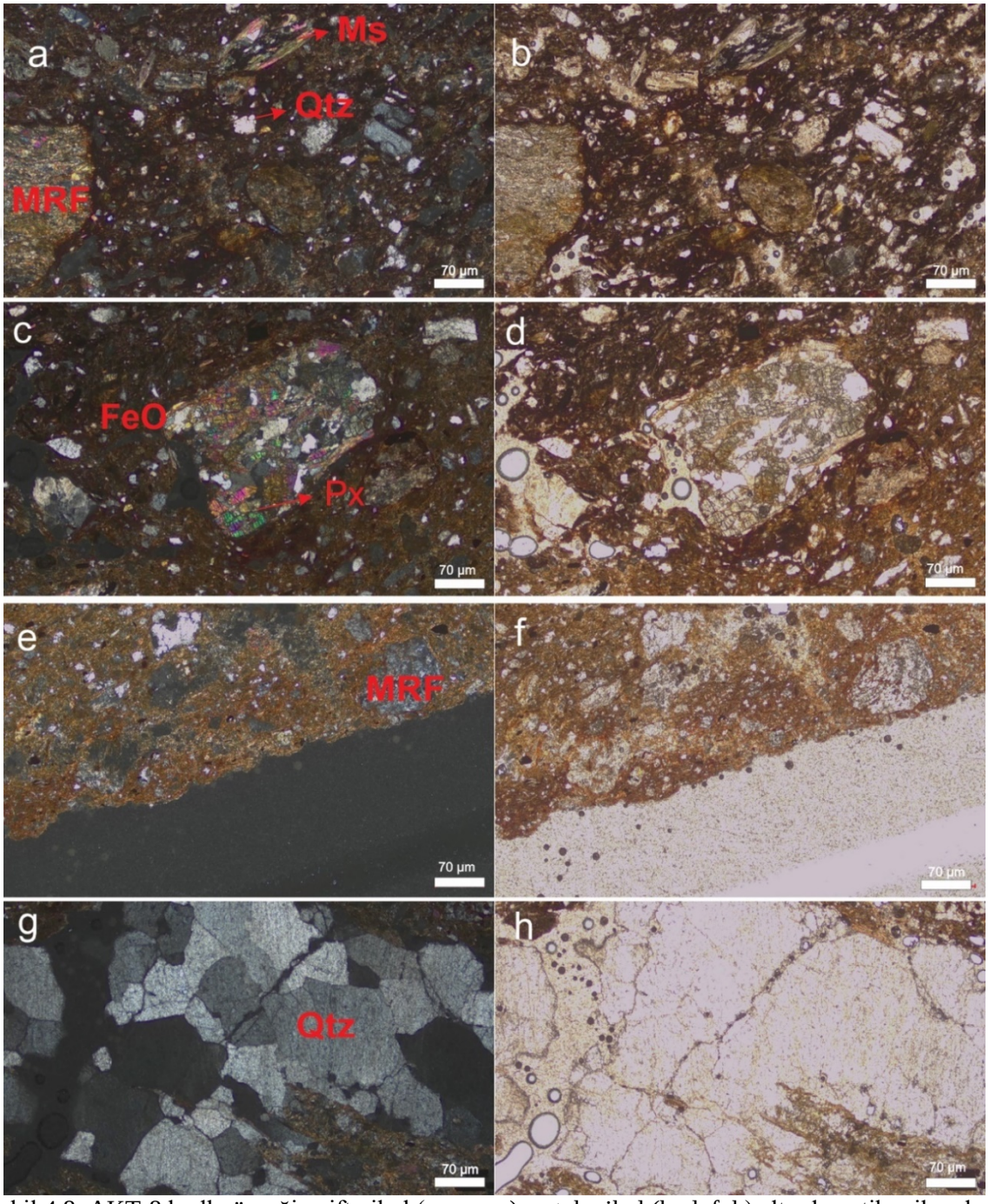
Şekil 4.6. AKT-6 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.7.’de sunulan AKT-7 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınmış optik mikroskop görüntüsünde; demiroksit, plajiyoklas, kuvars (a) ,kalsit ve magmatik kayaç parçası (c) gözlenmiştir. Matrikste heterojen dağılımlı yer yer kalsitçe zengin alanlar bu seramik parçada de mevcuttur. Killi matriks sık dokulu ve mikroçatlaklar mevcuttur. Ürün yüzeyindeki perdahlama işleminden dolayı -perdahlı olan kısım matrikste daha sık dokulu görünmektedir (c-d). Pişirim koşulları açısından örneğin yarı oksitleyici atmosferde fırınlanmış olma olasılığının yüksek olduğu düşünülmektedir. XRD sonuçlarında düşük yoğunluklu pike sahip magnetit mineralinin varlığı bu durumu desteklemektedir.



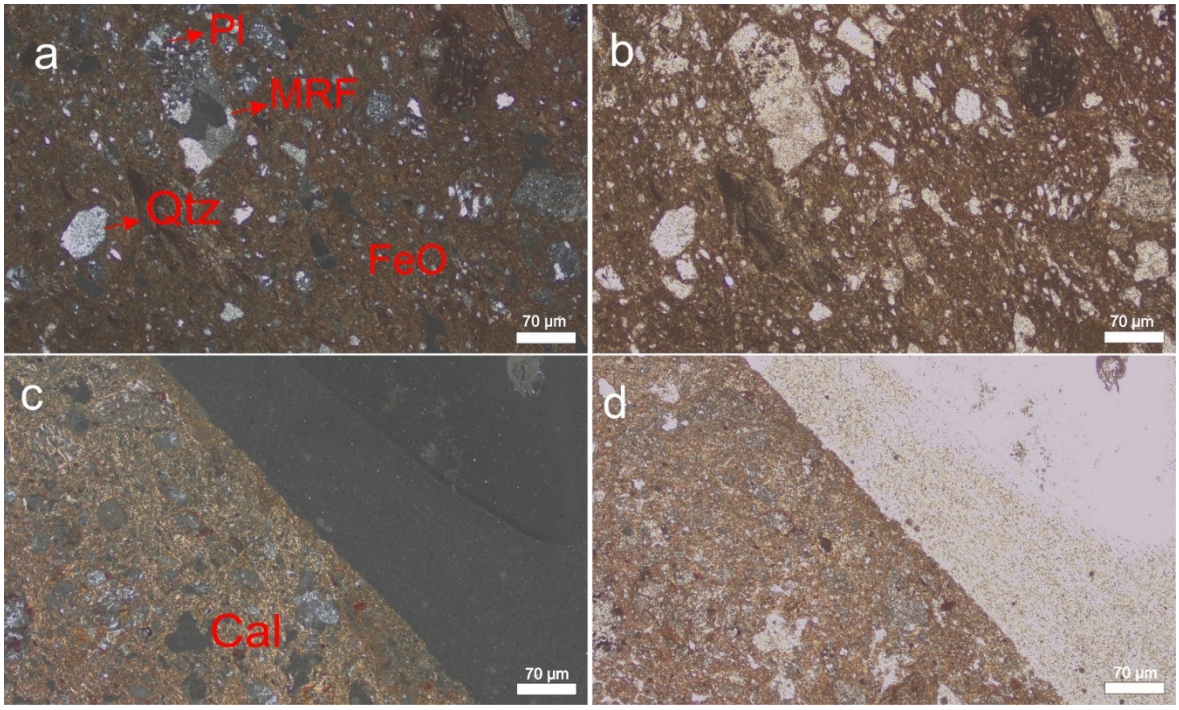
Şekil 4.7. AKT-7 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.8.'de sunulan AKT-8 kodlu seramik parçanın ince kesitinde; muskovit, kuvars, metamorfik kayaç parçası (a), yoğun demiroksit, piroksen (c) gözlenmiştir. Killi matrikste mineraller heterojen dağılmıştır ve boyutları da birbirinden farklıdır. Demiroksit, XRD analiz sonuçlarında tespit edilen magnetit (Fe_3O_4) ve hematitin (Fe_2O_3) varlığıyla doğrulanmaktadır. Petrogfrafik analizde çift nikolde (a, c, e, g) gözlemlenen renk değişimleri fırın atmosferinin karışık rejimde olduğunu göstermektedir.



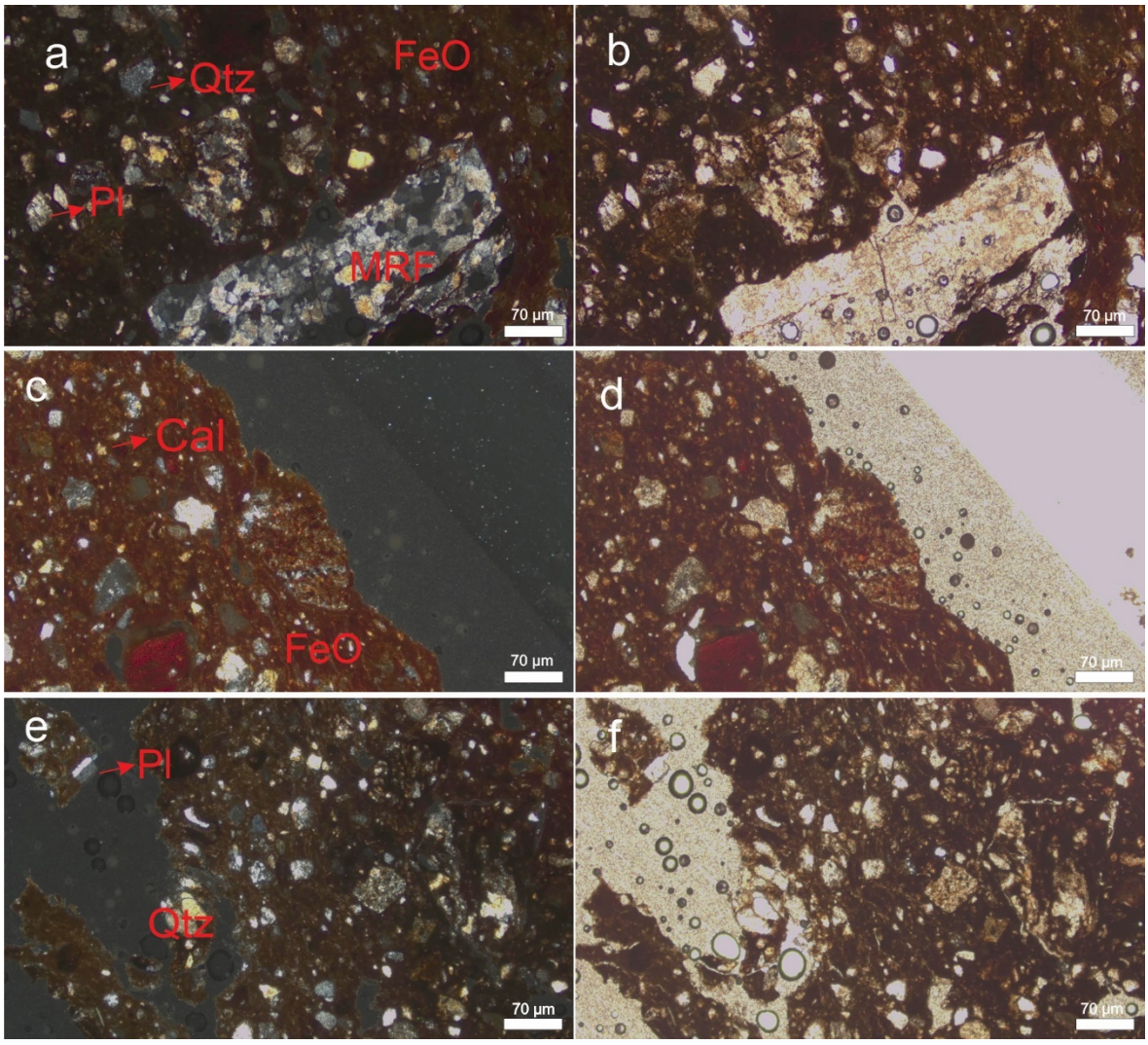
Şekil 4.8. AKT-8 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, f, h) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Px: Piroksen; Qtz: Kuvars; Ms:Muskovit; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.9.’da sunulan AKT-9 kodlu seramik parçanın ince kesitinden elde edilen optik mikroskop görüntüsünde; demiroksit, plajiyoklas, kuvars, metamorfik kayaç parçası (a) ve kalsit (c) mineralleri gözlenmiştir. Bu seramik parçada de diğer örneklerde olduğu gibi demiroksit (FeO) varlığı XRD analizlerinden elde edilen demir içerikli fazların varlığı ile desteklenmektedir. Killi matrikste bulunan malzemelerin boyutu birbirlerinden farklıdır. Çift nikol (a-c) ve tek nikol (b-d) görüntülerinden kısmi olarak paralel tanecik ve boşluk yönlenmesi gözlenmektedir.



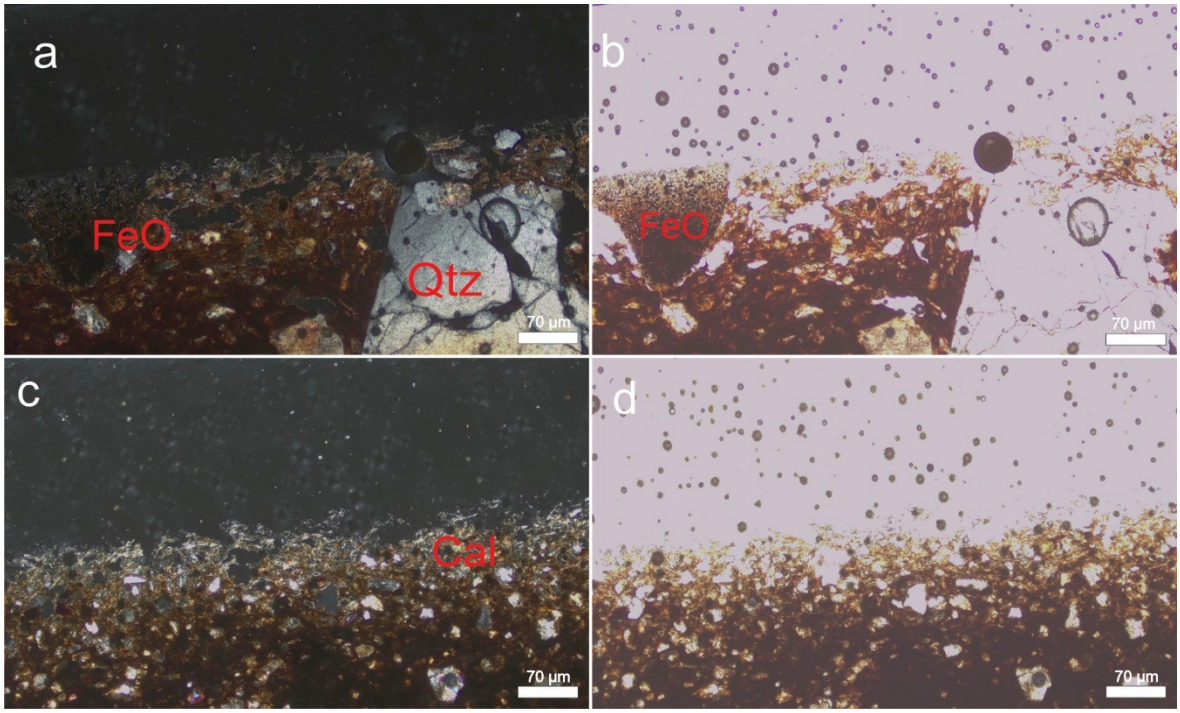
Şekil 4.9. AKT-9 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.10’da sunulan AKT-10 kodlu kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntüsünde demiroksit, plajiyoklas, kuvars, metamorfik kayaç parçası (a) ve kalsit gözlenmiştir. Bu örneğe ait killi matriks içerisinde genel olarak metamorfik kayaç parçacıkları (MRF) heterojen dağılımlıdır ve en büyüğü yaklaşık 280 µm tane boyutundadır.



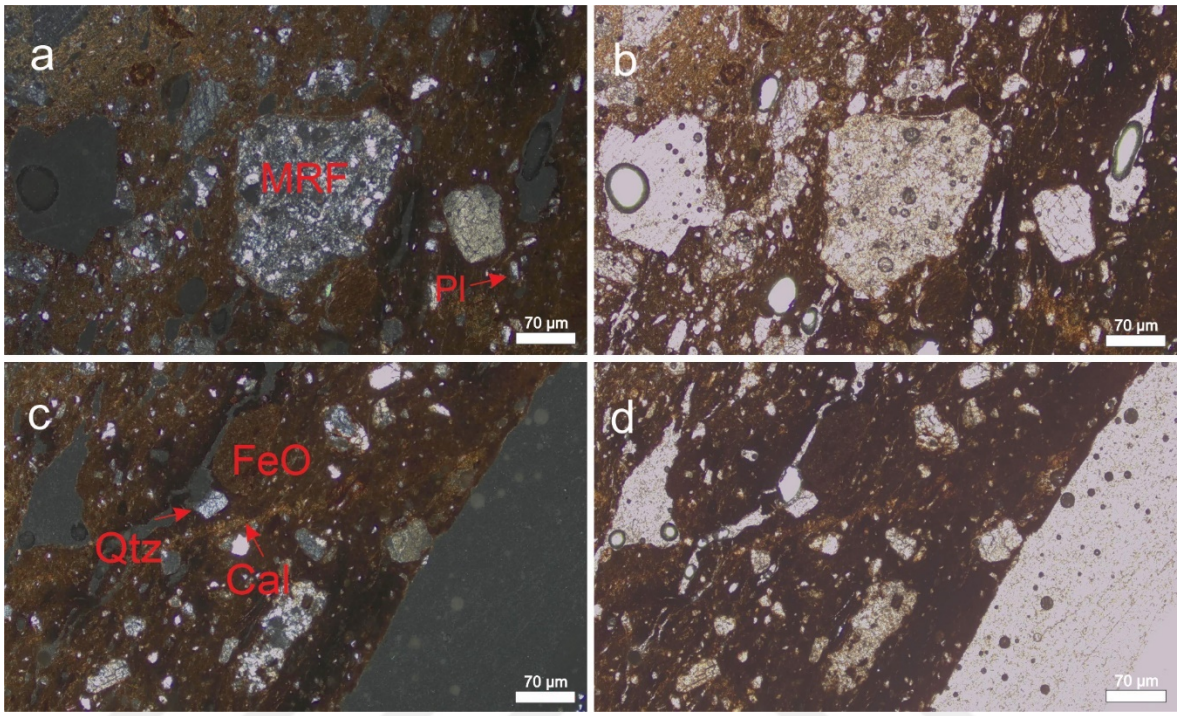
Şekil 4.10. AKT-10 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e) ve tek nikol (b, d, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.11'de sunulan AKT-11 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntüsünde demiroksit, kuvars (a) ve kalsit (c) gözlenmiştir. Çanak çömlek üzerindeki astarlı/perdahlı tabakanın, incekesit hazırlarken parlatma sırasında dağılarak koptuğu gözlenmiştir. Bu da fırınlama sıcaklığının düşük olması ile ilişkilendirilebilir. İri taneli kuvars üzerindeki çatlakların (a), kuvarsın ısıtma-soğutma döngüsündeki polimorfik dönüşümleri sırasında hacimce genleşme-büzülme davranışlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.



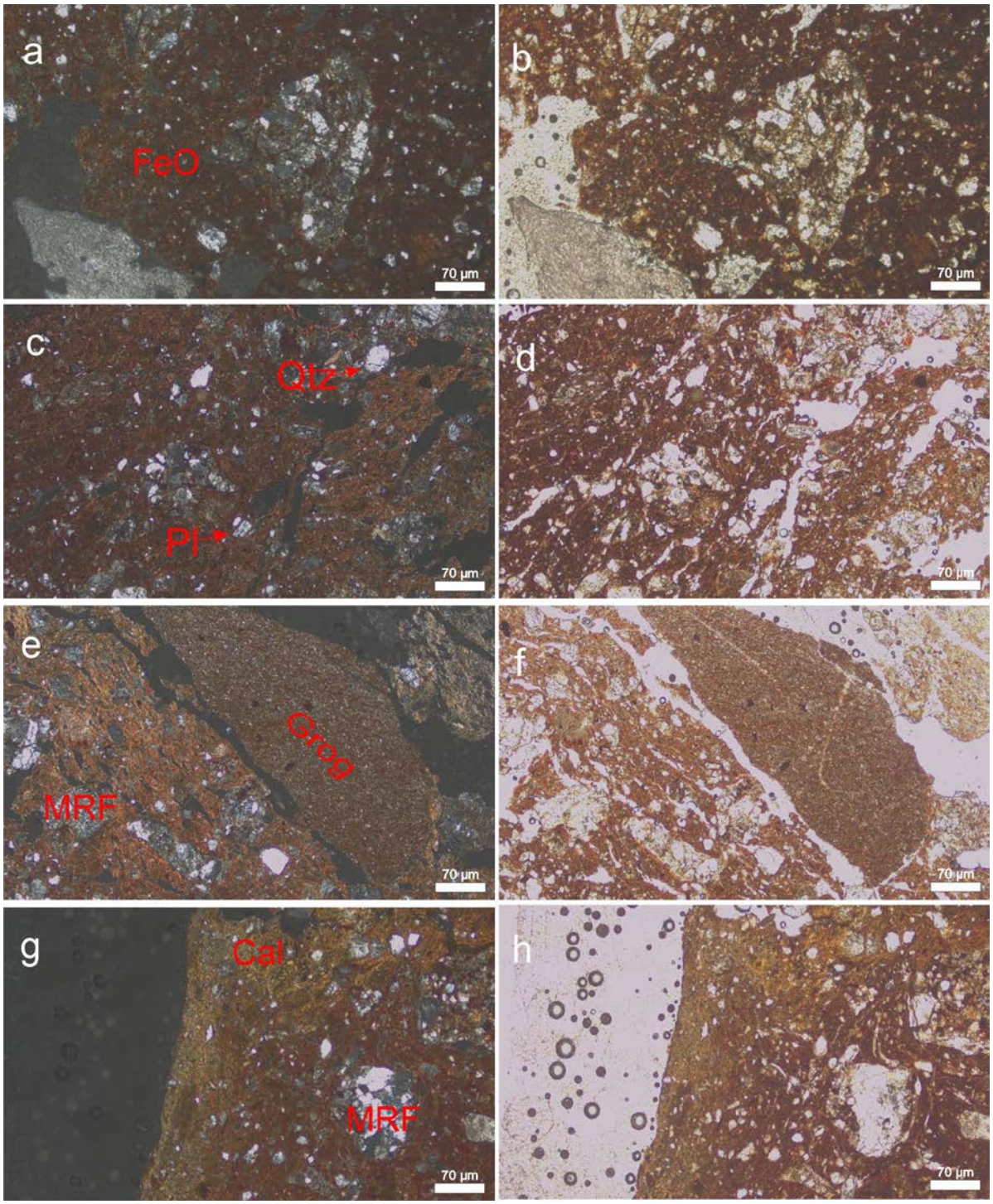
Şekil 4.11. AKT-11 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars)

Şekil 4.12’de sunulan AKT-12 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntüsünde demiroksit, plajiyoklas, kuvars, metamorfik kayaç parçası ve kalsit gözlenmiştir. Özellikle (d) kısmi tanecik yönlenmesi gözlenmektedir. Killi matriksin içerisinde yoğun olarak demiroksit gözlemlenmektedir.



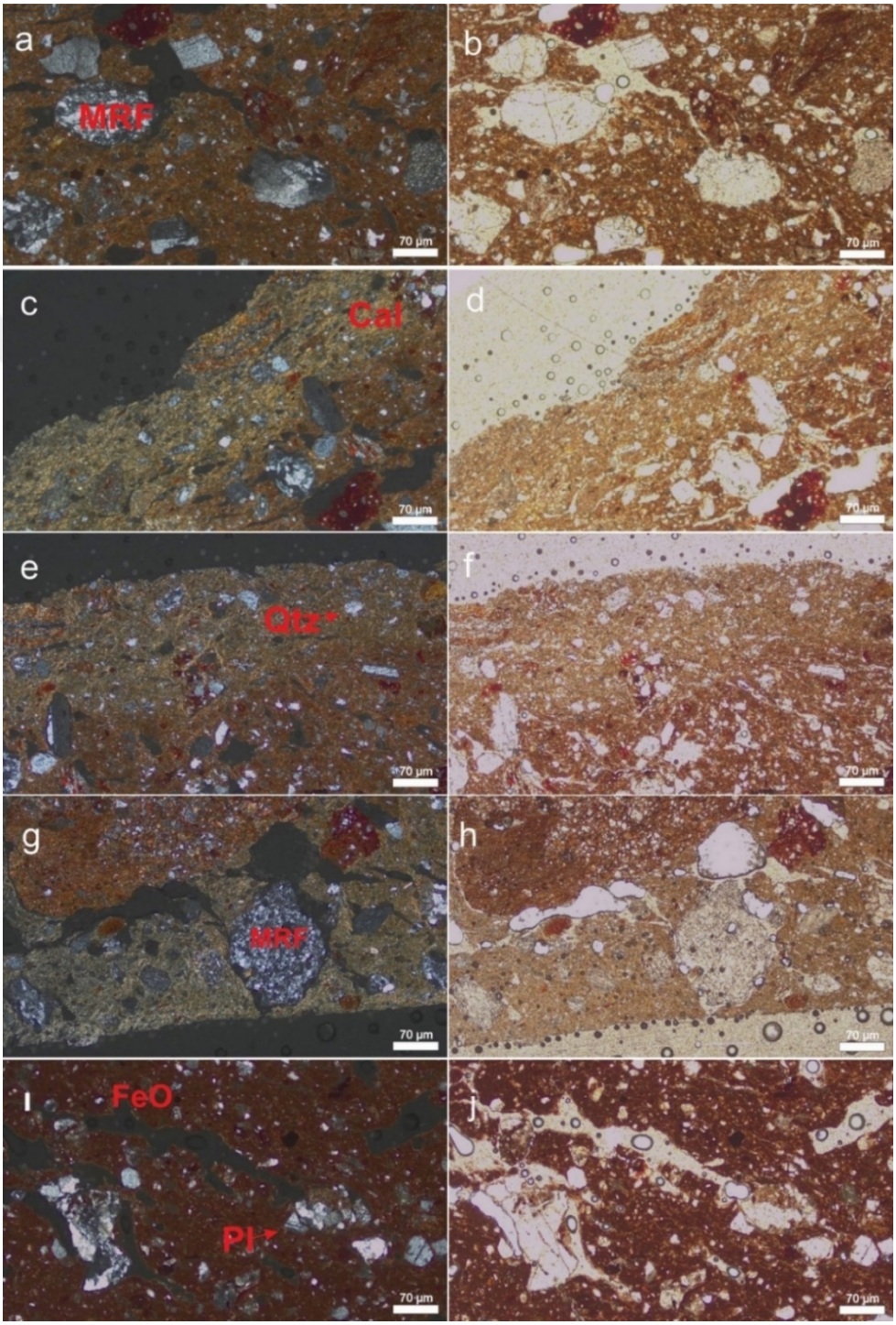
Şekil 4.12. AKT-12 kodlu örneğin çift nikol (a, c) ve tek nikol (b, d) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.13.'de sunulan AKT-13 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntüsünde; perdah izlerine rastlanmıştır (g-h). Grog (e) parçacıklarının varlığı, önceden kullanılan ve ömrünü doldurmuş seramik kap kırıklarının uygun tanecik boyutuna getirildikten sonra kil içeriği yüksek topraklarla karıştırılarak yeniden üretime dahil edilmesiyle geri dönüşümünün de yapıldığının göstergesi olduğu düşünülmektedir.



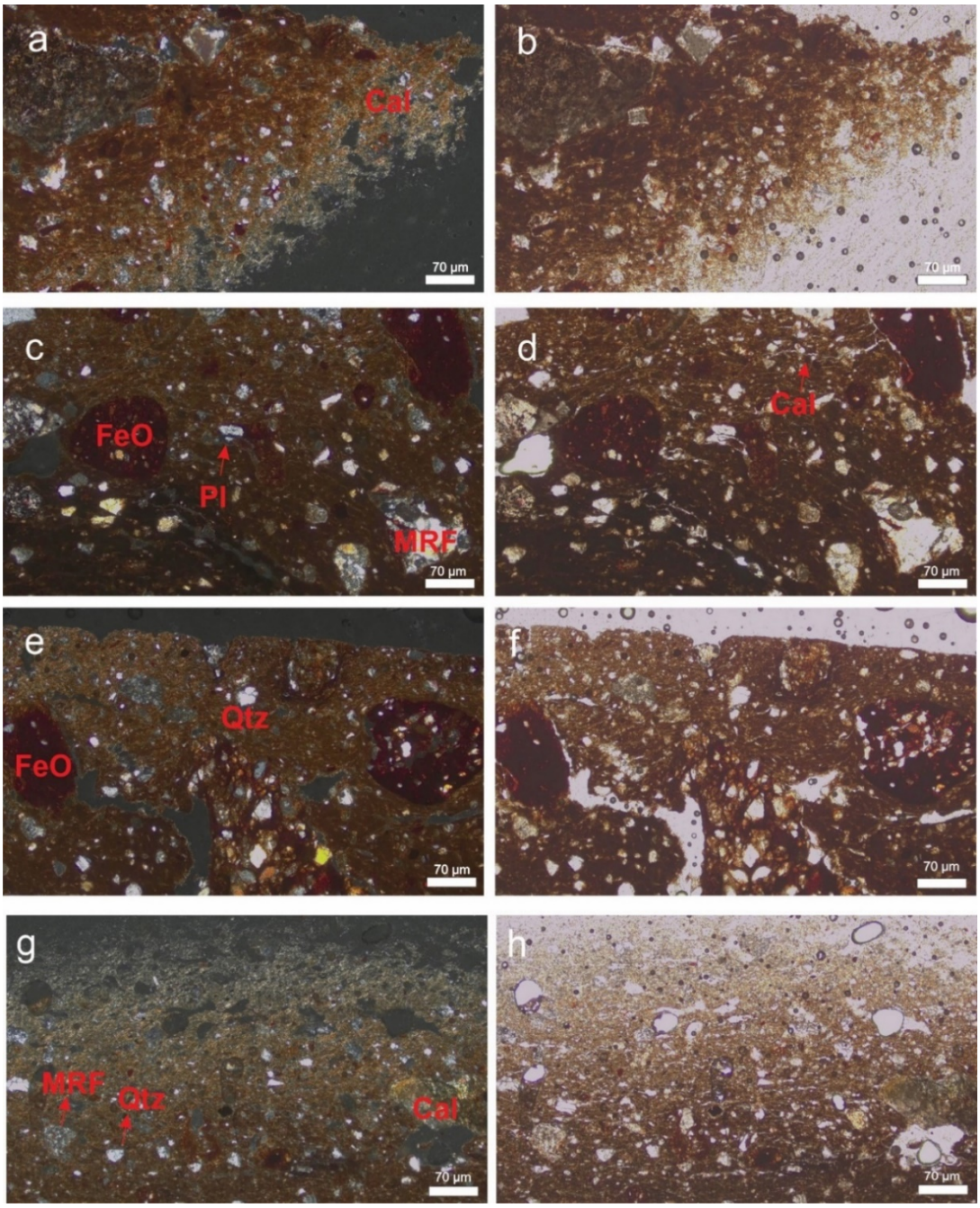
Şekil 4.13. AKT-13 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, h, f) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.14'te sunulan AKT-14 kodlu seramik parçanın ince kesitten alınan optik mikroskop görüntüsünde demiroksitin varlığı yoğun olarak gözlenmiştir. (a) ve (c)'de kısmi olarak tanecik yönlenmesi olduğu söylenebilirken, hammadde içerisindeki özsüz taneler heterojen boyut dağılımına sahiptir. En büyük metamorfik kayaç parçası (MRF) yaklaşık 140 µm tane boyutuna sahiptir.

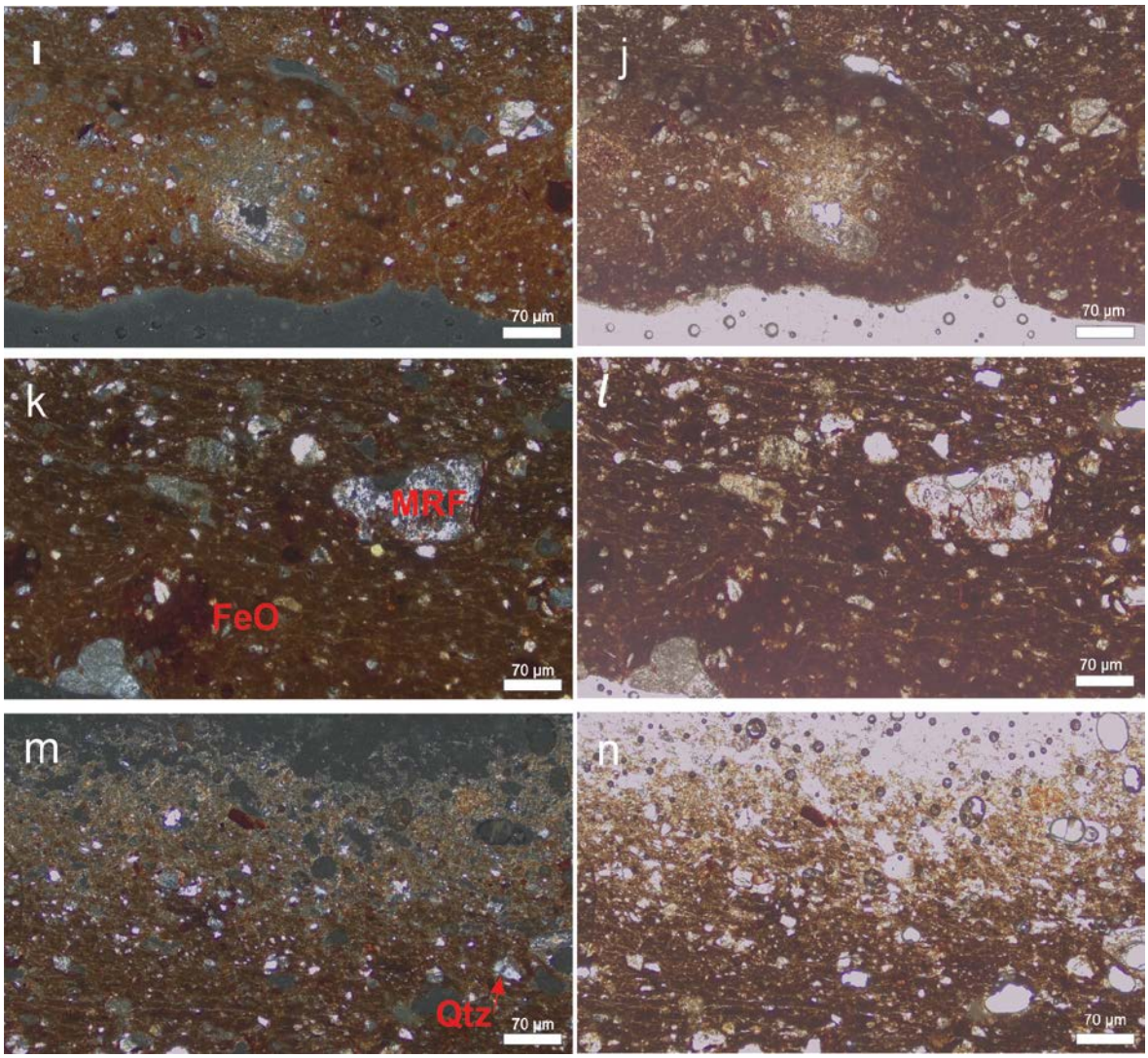


Şekil 4.14. AKT-14 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g, ı) ve tek nikol (b, d, f, h, j) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

Şekil 4.15'de sunulan AKT-15 kodlu seramik parçanın ince kesitinden alınan optik mikroskop görüntüsünde demir oksit (c-e-j), plajiyoklas (c), kuvars (g-m), metamorfik kayaç parçası (c-g-j), kalsit (a-g) tespit edilirken, (a) ve (b)'de kesit hazırlanırken oluşan dökülme/kopmalar mevcuttur. Fırın atmosferinin karışık atmosfer (oksidasyon ve redüksiyon) olduğu gözlenmiştir. Yer yer görülen demiroksit, ince kesitte görülen renk değişimleri ve parçanın kesitinde gözle görülen renk değişimleri, fırınlamanın hem yükseltgen hem de indirgen koşullarda karışık atmosferde yapılmış olabileceğine işaret etmektedir. XRD'de tespit edilen hematit (Fe_2O_3) ve magnetit (Fe_3O_4) fazları petrografik analiz sonuçlarını destekler niteliktedir.



Şekil 4.15. AKT-15 kodlu örneğin çift nikol (a, c, e, g) ve tek nikol (b, d, f, h) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)



Şekil 4.15.(devamı) AKT-15 kodlu örneğin çift nikol (ı, k, m) ve tek nikol (j, l, n) altında optik mikroskop görüntüleri (Cal: Kalsit; FeO: Demir Oksit; Qtz: Kuvars; Pl: Plajiyoklas; MRF: Metamorfik kayaç)

4.2. XRD (X Işını Difraksiyon) Analizi

Seramiklerin çoğunda yüksek oranda dönüşmüş killer bulunur. Bu killer genellikle şekilsizdir ve bu nedenle periyodik, düzenli bir atomik yapıya sahip olmadıkları için X-ışını kırınımına tepki vermezler. Ancak, bazı durumlarda düşük sıcaklıkta fırınlama işlemleri ile killer tanımlanabilir. Ayrıca, belirli bir bölgedeki kil kaynakları hakkında bilgi edinmek istendiğinde, X-ışını kırınımı, kil minerallerinin tanımlanmasında en etkili yöntemdir. Diğer taraftan, temper malzemeleri kolaylıkla tanımlanabilir **(Velde ve Druc, 1999).**

Temper malzeme (arkeoloji literatüründe) çömlekçiler tarafından, kilin plastisitesini değiştirmek, işlenebilirlik kazandırmak veya bazı spesifik özellikler eklemek amacıyla eklenen malzemeyi ifade eder. Bu malzemeler, kil, kum veya diğer mineral, bitkisel, organik ya da insan eliyle dönüştürülmüş maddeler (örneğin, ezilmiş kemikler, kabuklar, hayvan gübresi, pamuk topları, içki vb.) olabilir. Şu anda bu tanım, malzeme bilimlerde de kullanılmaktadır. Bununla birlikte temper, doğal olarak bulunan plastik olmayan, kil boyutunda olmayan tanelere veya kil malzemesine eklenen bir madde olarak tanımlanır **(Velde ve Druc, 1999).**

Hammaddede bulunan veya temper olarak eklenen birincil fazlar, pişirme işlemi sırasında oluşan yeni fazlar ve seramiklerin kullanımı ya da gömülmesi sırasında ortaya çıkan ikincil fazlar olarak üç gruba ayrılabilir. Birincil mineraller, genellikle ham maddelerin kaynağını belirlemek için kullanılırken, yeni oluşan fazlar pişirme teknolojisi hakkında bilgi verir. İkincil mineraller ise nesnenin ömrü ve gömülme sürecindeki jeolojik ve kimyasal koşullarla ilgilidir. **(Bersani ve Lottici 2016).** XRD analizi, tarih öncesi dönemlerde açık ateşte pişirilen kapların pişme sıcaklıklarını belirlemede önemi büyük olan bir yöntemdir. Özellikle kalkerli arazilerde yaygın olan illitin yapısı, yaklaşık 850°C'de bozulmaya başlar. İllitin, bozunma süreci oldukça yavaş olduğundan, 1000°C civarında pişirilmiş kaplarda dahi illit mineralinin varlığı tespit edilebilmektedir **(Rice, 1987).**

Fırınlama sıcaklıklarını belirlemede kullanılan analitik yöntemler, sıcaklık ile seramiğin mineralojisi ve mikroyapısındaki değişiklikler arasında doğrudan bir ilişki kurmayı hedefler. Gözeneklilik düzeyi, killi matriksin özellikleri, aşamalı sinterleşme ve vitrifikasyon gibi faktörler, bir kabın maruz kaldığı maksimum pişirme sıcaklığının belirlenmesinde kritik rol oynar ve bu sıcaklık, arkeolojik değerlendirmeler açısından önemli bir göstergedir **(Rasmussen ve ark., 2012).**

Kalkerli killerin en büyük avantajı, 850–1050°C aralığında vitrifikasyon yapısının sabit kalmasıdır. Buna karşılık, kireçsiz killerde vitrifikasyon, sıcaklık arttıkça kademeli olarak gelişir. Bu nedenle, güçlü ve dayanıklı çömlekler üretmek için gereken pişirme sıcaklığının hassas kontrolü, kireçli killerde kireçsizlere göre daha az önemlidir. Antik çömlekçilerin, 800°C üzerindeki sıcaklıklarda kireçli killeri tercih etmiş olmaları, bu farklılıkların farkında olduklarını düşündürmektedir **(Maniatis ve Tite, 1981).**

$CaCO_3$'ün temperleme malzemesi olarak kullanılmasının bazı riskleri olsa da düşük sıcaklıkta pişirilen çömlek gövdelerinde yaygın ve başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Bu bağlamda

iki soru öne çıkmaktadır: $CaCO_3$, CaO'nun hidrasyonuna bağlı hasar oluşmadan bu tür bünyelerde hangi koşullarda kullanılabilir? İkincisi ise, kalsit veya kabuklu canlı gibi $CaCO_3$ içeren temperlerin, pişirme kaplarında diğer alternatif malzemelere kıyasla özellikle termal şok direnci açısından sağladığı belirgin avantajlar var mıdır?" Bu soruların ilkine yanıt olarak görüşülen çömlekçiler şu iki faydadan bahsetmişlerdir: Birincisi, kile tuz eklemek: bu türden yapılmış su depolama kaplarının suyu daha serin tutmasını sağlamaktadır. İkinci faydası ise tuzun, bünyelerin pişme rengi üzerinde kesinlikle bir etkisi vardır. Tatlı su kullanıldığında, kırmızı toprak bir bünye, yaklaşık 600°C ile 1000°C sıcaklıklar arasında nispeten sabit bir kırmızı renkte pişecektir. Tuz eklendiğinde, bünyede 600°-700°C sıcaklıkta kabaca aynı renkte pişecektir, ancak pişirme sıcaklığı arttıkça renk 800°C-900°C'de kademeli olarak sarı veya beyaza dönüşür ve 1000°C ile 1100°C arasında açık yeşil ve ardından daha koyu zeytin yeşili olur **(Rye, 1976).**

Velde ve Druc (1999)'a göre kalsiyum karbonat içerikli temperlerde, pişirme sırasında CO_2 gazının seramikten çıkışı ve geride kalan kalsiyum oksidin nemle birleşerek genleşmesi çatlak veya kırılmalara yol açabilir. Bu riski azaltmak için, kabuklu canlılar veya diğer karbonatlı malzemeler genellikle çamur reçetesine eklenmeden önce ısıtılarak CO_2'nin atılması sağlanır; bu işlem aynı zamanda malzemenin öğütülmesini/tane boyutunun düşürülmesini de kolaylaştırır. Ayrıca, malzemenin ince öğütülmesi, genleşmeyi azaltır. Diğer bir yöntem de ürünü oluşturacak çamura tuz veya tuzlu su eklemektir; bu, karbonatın ayrışmasını sınırlayarak pişirimde hasarı azaltır ve kireç dökülmesini önler. Nitekim, tarih öncesi Kuzey Amerika'da Mississippian kültürüne ait seramiklerde bu yöntemin uygulandığı bilinmektedir. Uygun şekilde hazırlanmış kabuklu canlı ve kalsiyum karbonatlar, kile benzer termal genleşme katsayılarına sahip olduklarından, termal şoka karşı yüksek direnç sunar ve bu nedenle pişirme kaplarında tercih edilen temperlerdir. Aktopraklık'ta söz konusu dönemde yarı tuzlu bataklık alanlarının olduğu bilinmektedir.

Karbonatça zengin örnekler 1000°C'nin üzerinde pişirildiğinde, gehlenitin ana kırınım pikinde belirgin bir azalma görülür. Bu durum, gehlenitin kuvarsla tepkimeye girerek wollastonit ve anortit oluşturmasından kaynaklanır; bu da 1100°C'de söz konusu minerallerin, Bragg Pik yoğunluklarının artmasıyla uyumludur **(Cultrone ve ark., 2001).** Gehlenit, wollastonit ile birlikte bulunursa 950°C 'yi aşan sıcaklıklarda kararlıdır ve reaksiyona girecek kadar silika varsa wollastonit ve anortit olarak ayrışır **(Rathossi ve ark., 2004).**

Dolomitin kuvars ile birlikte reaksiyonu sonucu 900°C' de aşağıdaki reaksiyonla oluşmaya başlar **(Cultrone ve ark., 2001).**

Kuvars Dolomit Diyopsit

$$2SiO_2 + CaMg(CO_3)_2 \rightarrow CaMgSi_2O_6 + 2CO$$

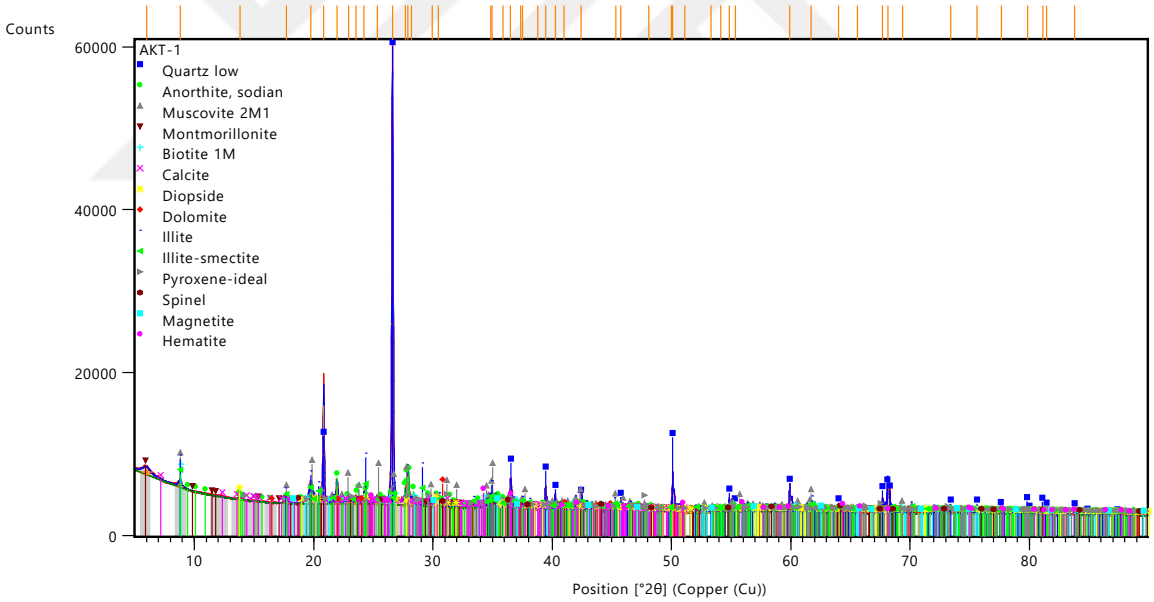
İllit ve kalsitin reaksiyonu sonucu anortit oluşmaya başlar.

İllit Kalsit K-feldispat Anortit

$$KAl_2(Si_3Al)\,O_{10}(OH)_2 + 2CaCO_3 + 4SiO_2 \rightarrow 2KAlSi_3O_8 + 2Ca_2Al_2SiO_8 + 2CO_2 + H_2O$$

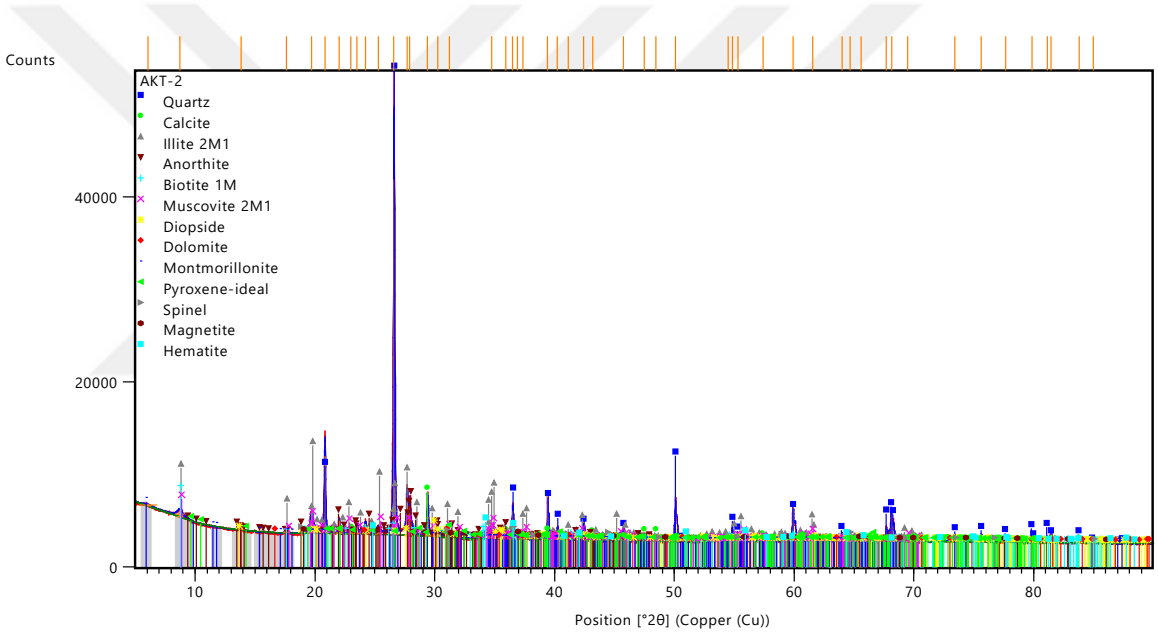
Bu çalışmada Diyopsit fazı, analiz yapılan 15 adet seramik parçada da tespit edilen yüksek sıcaklık fazlarından biridir. **Kramar ve ark., (2012)**'ye göre diyopsit, hematit ile birlikte bulunduğunda parçanın, daha yüksek bir pişirme sıcaklığına (>850 °C) maruz kaldığına işaret etmektedir. Killerin ve temper malzemenin (kuvars ve plajiyoklas) ayrışmasıyla açığa çıkan SiO_2 ve Al_2O_3, serbest CaO ile reaksiyona girerek diyopsit ve wollastonit gibi Ca-silikatlar ile anortit ve gehlenit gibi Ca–Al silikatlar oluşturur**.**

Şekil 4.16.'de sunulan AKT-1 kodlu seramik parçaya ait XRD analiz sonucu verilmiştir. Analiz sonucuna göre hematit ve magnetit fazlarının varlığı, fırın atmosferinin oksijenli ve redüksiyonlu olmak üzere iki fırınlama türünün de birlikte kullanıldığı, karışık atmosfere işaret etmektedir. AKT-1 kodlu seramik parçanın makro ve petrografik gözlemleri, bu görüşü desteklemektedir. Ayrıca mineral fazlar hem kil kökenli mineralleri hem de yüksek sıcaklıkta oluşan Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) fazlarını içermektedir. Oluşan fazlardan pişirme sıcaklığının 900°C-1000°C sıcaklık aralığında olduğu tahmin edilmektedir.



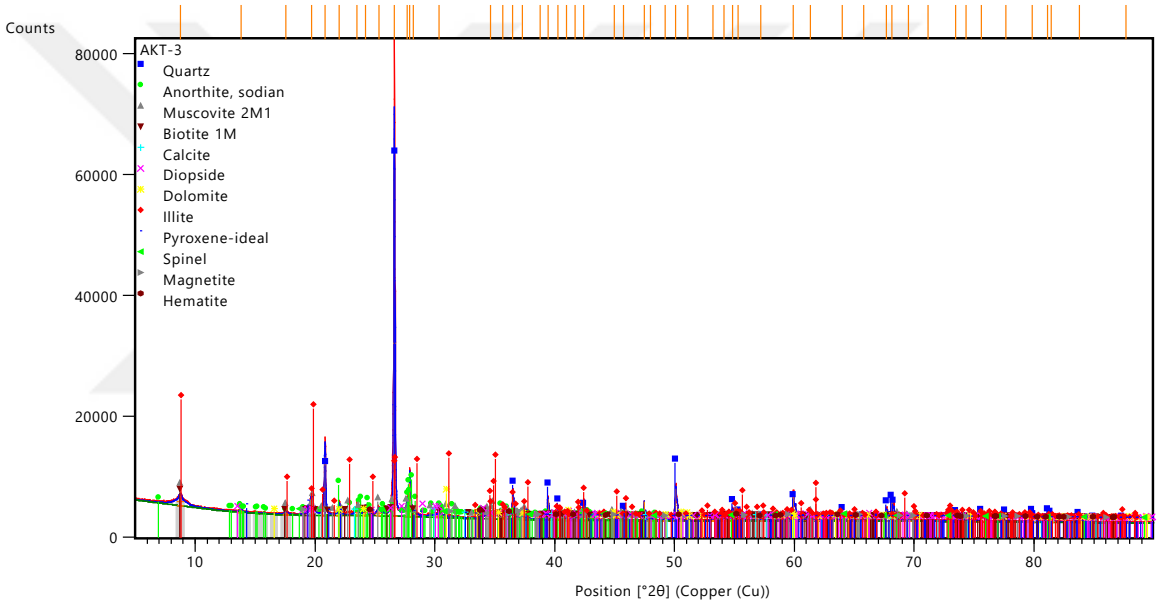
Şekil 4.16. AKT-1 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.17.'de sunulan AKT-2 kodlu seramik parça hem kil minerallerini hem de yüksek sıcaklıkta oluşan Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) fazlarını içermektedir. Mikalar (muskovit ve biyotit) genellikle kil kökenli minerallerdir ve sıcaklığın 900°C sıcaklığı aşmadığını gösterirken, bu minerallerin yüksek sıcaklık fazları varken dahi matrikste bulunmasının bir nedeni, killlerin yer altı suyu, sıcaklık ve basınç gibi faktörlerin etkisiyle seramik bünyede yeniden oluşmasıyla açıklanabilir. Bir başka neden gömü koşullarında gözeneklerden içeriye su ile birlikte yerleşen mika minerallerinden kaynaklandığını düşündürmektedir. Bu görüş petrografik analiz ile de mikaların belirgin bir şekilde görülmesiyle desteklenmektedir. Fırınlama sıcaklığının 900°C–1000°C arasında olduğu tahmin edilmektedir. Faz çeşitliliği ve karbonat fazlarının varlığı, pişirme işleminin tam kontrollü olduğunu düşündürmektedir.



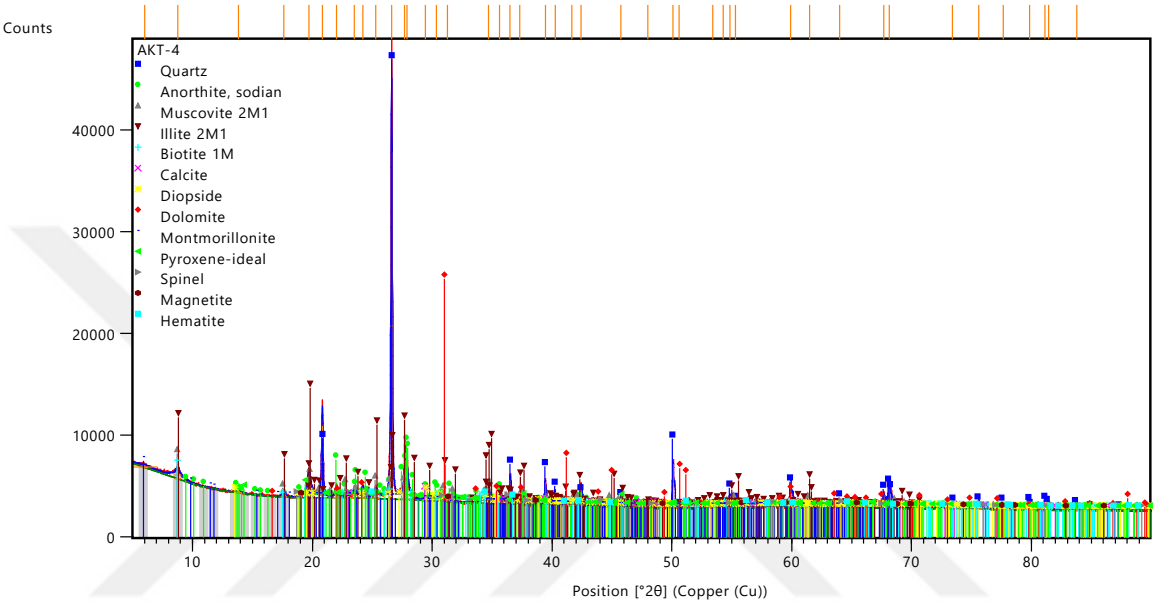
Şekil 4.17. AKT-2 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.18'de verilen AKT-3 kodlu seramik parça**,** AKT-1 ve AKT-2 kodlu seramik parçalarda olduğu gibi hem kil kökenli (illit, muskovit, biyotit) hem de yüksek sıcaklıkta oluşan Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($Ca_1MgO_6Si_2$) fazlarını içermektedir. Dolomit'in varlığı, düşük sıcaklığa (<850°C) işaret eder ancak diğer yüksek sıcak fazlarının da dolomitle birlikte varlığı seramik bünyeye gömü şartları altında gözeneklerden suyla yerleşmiş olabileceğine veya hammadde içerisinde bulunup, örnek kalınlığı, ısının homojen olmaması gibi faktörlerden dolayı bozunumunu tam olarak gerçekleştiremediğine de işaret edebilir. Örneğe ait pişirim sıcaklığının, yüksek sıcaklık fazlarının varlığı nedeniyle 900°C–1000°C sıcaklıklar arasında olduğu tahmin edilmektedir. Hematit ve magnetit'in varlığı ise fırın atmosferinin hem oksitleyici hem indirgen (karışık atmosfer) olabileceğine işaret etmektedir.



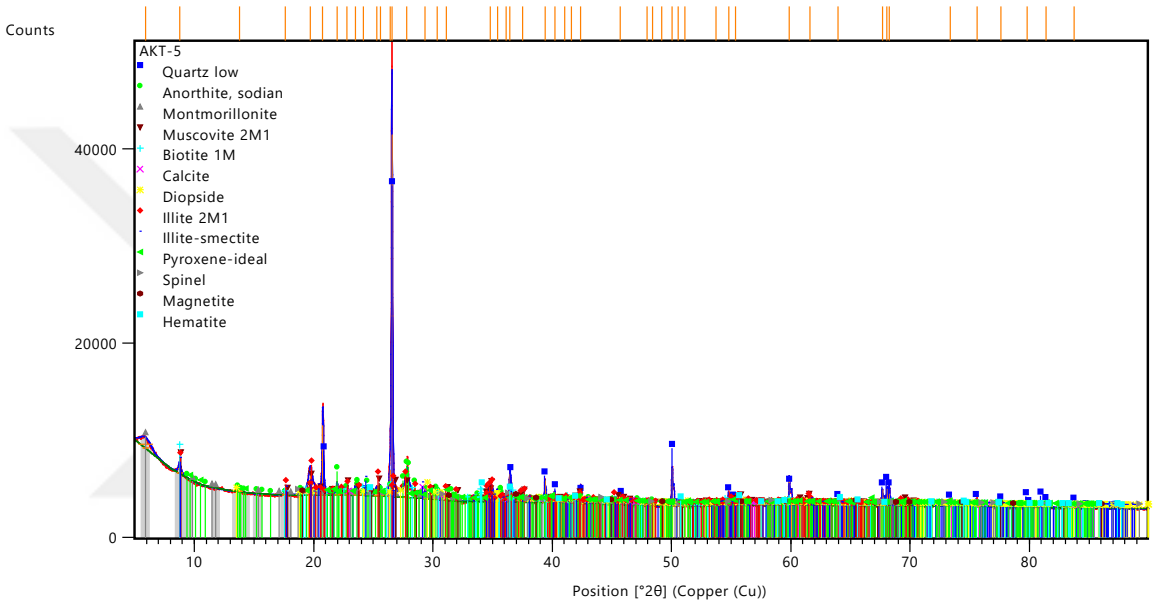
Şekil 4.18. AKT-3 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.19.'de sunulan AKT-4 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde hem kil kökenli (illit, muskovit, biyotit) hem de yüksek sıcaklıkta oluşan; Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al._{52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) fazlarını içerdiği gözlenmektedir. Kalsit ve Dolomit'in bulunuyor olması düşük sıcaklığı işaret etse de matriks içerisindeki varlığının tane boyutu, gömü şartları, örnek kalınlığı veya fırın ısının homojen dağılmaması gibi faktörlere bağlı olabileceği düşünülmektedir.



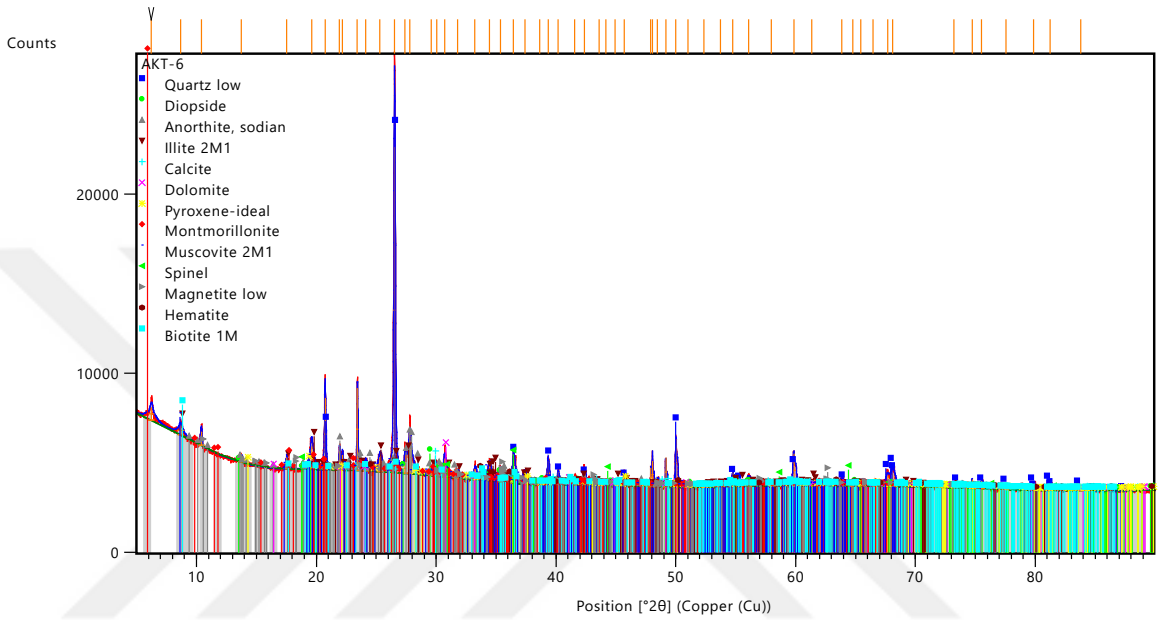
Şekil 4.19. AKT-4 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.20.'de sunulan AKT-5 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde, kil türevli mineraller (İllit, ilit-smektit, montmorillonit), feldispatlar ve yüksek sıcaklık minerallerinden Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) fazları gözlenmiştir. SEM-EDS analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, 900°C–1000 °C pişirim sıcaklığı aralığında pişen seramiğin, yoğun mikro yapısı ve gözeneklerin az olmasına bağlı düşük porozitesi, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen etkin bir vitrifikasyon düzeyini doğrulamaktadır. Buna ek olarak Raman spektroskopisinde tespit edilen (Şekil 4.51) camsı karbon (glassy carbon) bu sıcaklıkta vitrifikasyonun olduğu görüşünü desteklemektedir.



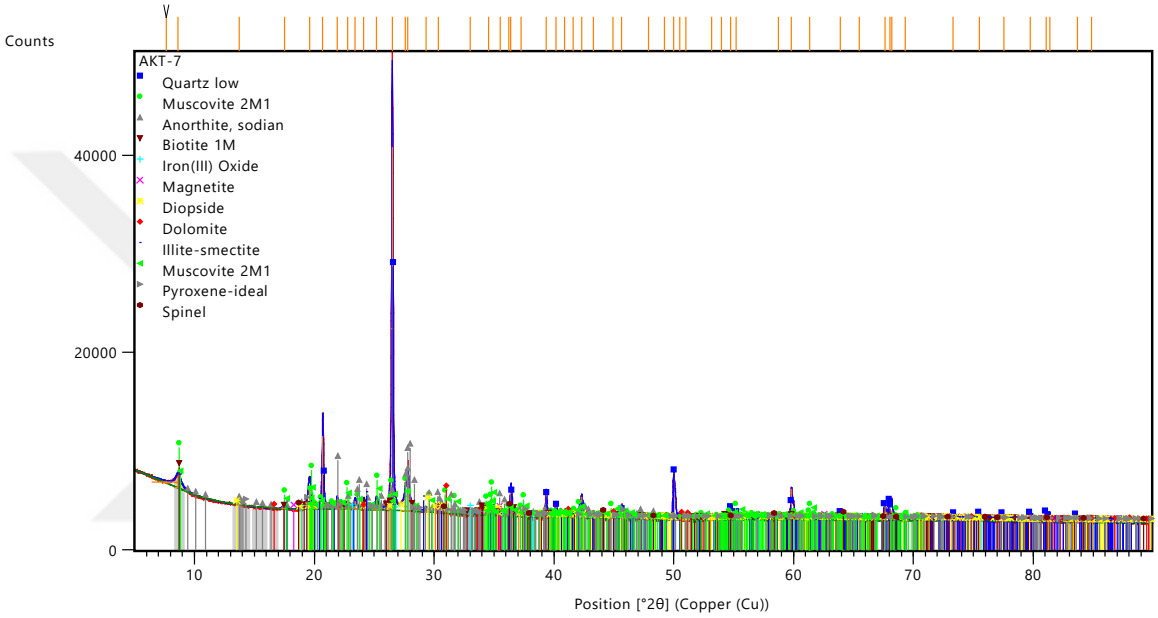
Şekil 4.20. AKT-5 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.21'de sunulan AKT-6 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde yüksek sıcaklık fazlarından Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$)'in varlığı, seramik parçanın yaklaşık 900°C-1000°C pişirme sıcaklığı aralığına sahip olduğuna işaret etmektedir. Hematit ve magnetitin varlığı, fırınlama sürecinde karışık atmosfer kullanıldığını göstermektedir. Petrografik analizde bulunan demir oksitin varlığı da hematit ve magnetitin varlığını desteklemektedir.



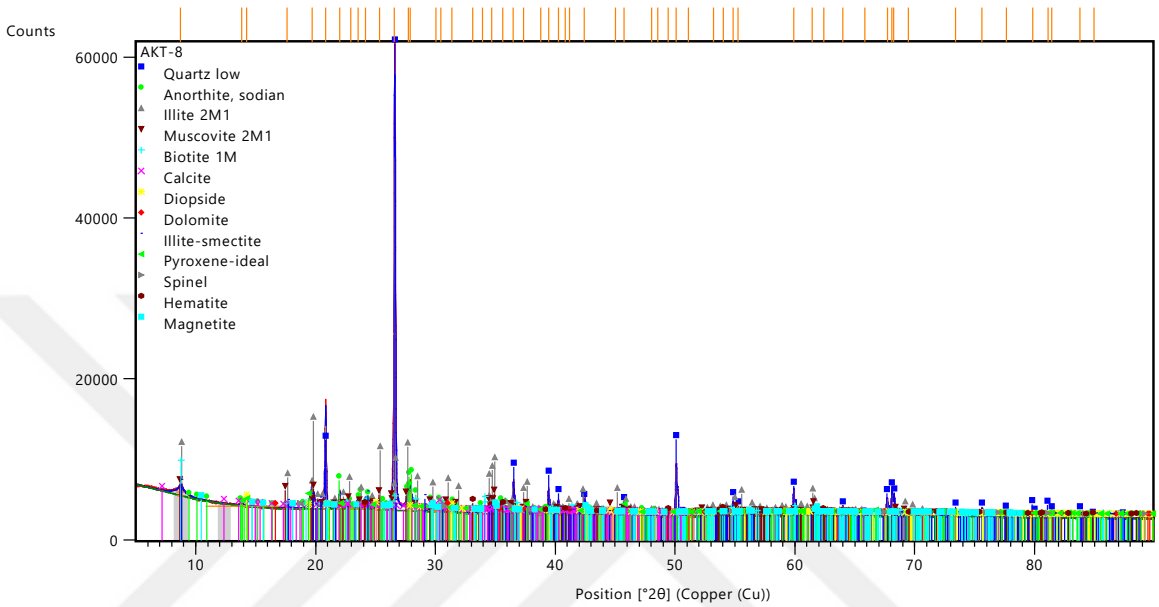
Şekil 4.21. AKT-6 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.22'te sunulan AKT-7 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde hem kil grubu mineraller (illit-smektit, muscovit, biotit) hem de yüksek sıcaklık fazlarından Spinel ($Al_2Mg_1O_4$), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMg_1O_6Si_2$) varlığı dikkat çekmektedir. Dolomitin varlığı, killi matriks içerisindeki tanecik boyutunun büyük olması ya da dolomitin seramik buluntuya gömü şartlarından kaynaklı sonradan dâhil olduğu düşündürmektedir. Bu seramik parçada demir oksitin varlığı fırın atmosferinin oksitleyici olabileceğine işaret ederken, bu sonuç petrografik analizle de doğrulanmaktadır. Fırınlama sıcaklığının bu fazlara göre yaklaşık 900°C –1000°C sıcaklıklar arasında olabileceği düşünülmektedir.



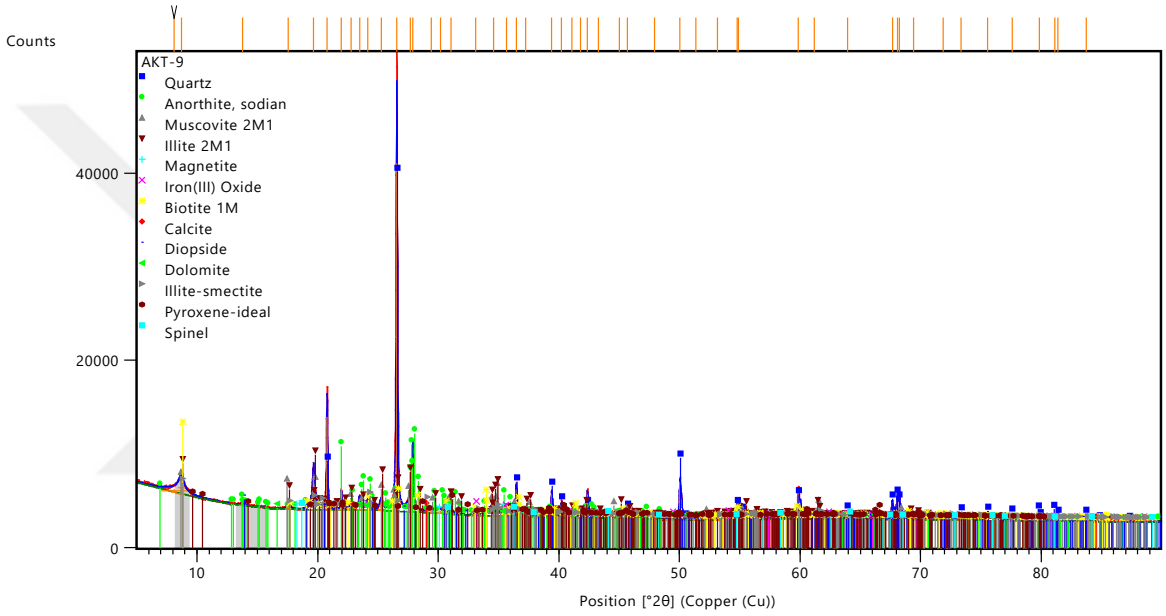
Şekil 4.22. AKT-7 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.23.'te sunulan AKT-8 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde yüksek sıcaklık fazlarından Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$)'e rastlanmıştır. Bu fazların varlığından, fırınlama sıcaklığının yaklaşık 900°C-1000°C sıcaklıklar aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Seramik parçada Hematit ve Magnetit'in birlikte bulunması, fırınlama işleminin karışık atmosferde gerçekleştirildiğini göstermektedir.



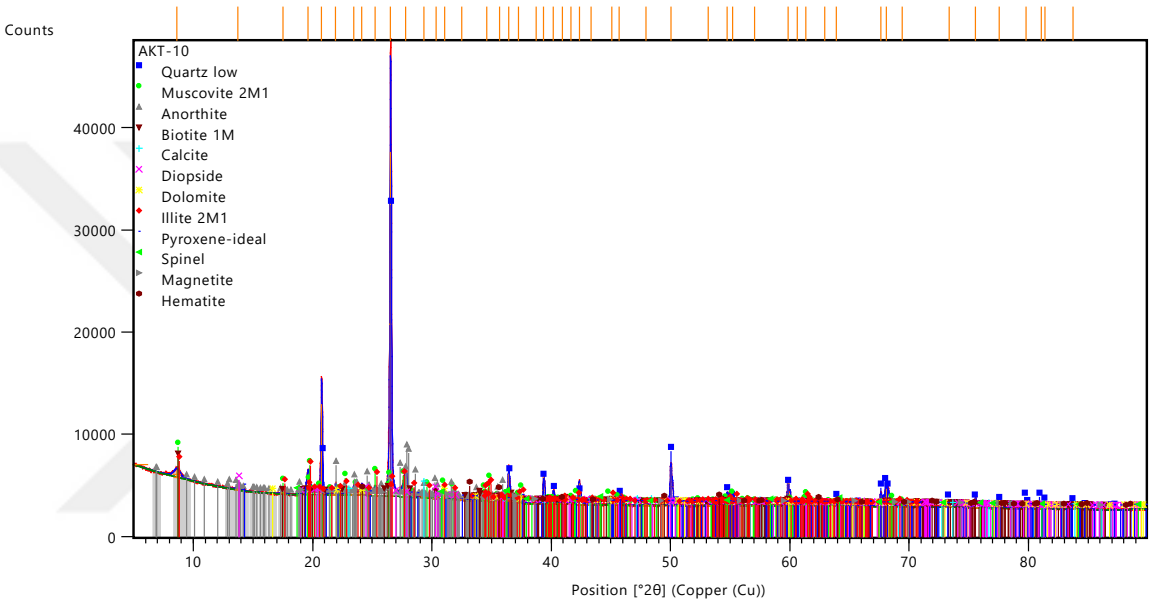
Şekil 4.23. AKT-8 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.24.'te sunulan AKT-9 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde kil minerallerinden illit ve mika türü ile yüksek sıcaklık minerallerinden Spinel ($Al_2Mg_1O_4$), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($Ca_1Mg_1O_6Si_2$)'in birlikte bulunduğu gözlenmektedir. Seramik parçanın yaklaşık 900℃-1000℃ sıcaklık aralığında fırınlandığı düşünülmektedir. Bu durum, bölgede üretim yapan çömlek ustalarının fırın ısısını kontrol altına alabildiklerini, dolayısıyla uzun süreli pişirim sıcaklığına işaret etmektedir. Ayrıca fırın ısısını kontrol altına almak, fırın içerisinde yüksek sıcaklıklara ulaşılmış olabileceğinin göstergesidir. Magnetit mineralinin varlığı, bu örneğin ağırlıklı olarak redüksiyonlu ortamda fırınlandığına işaret etmektedir.



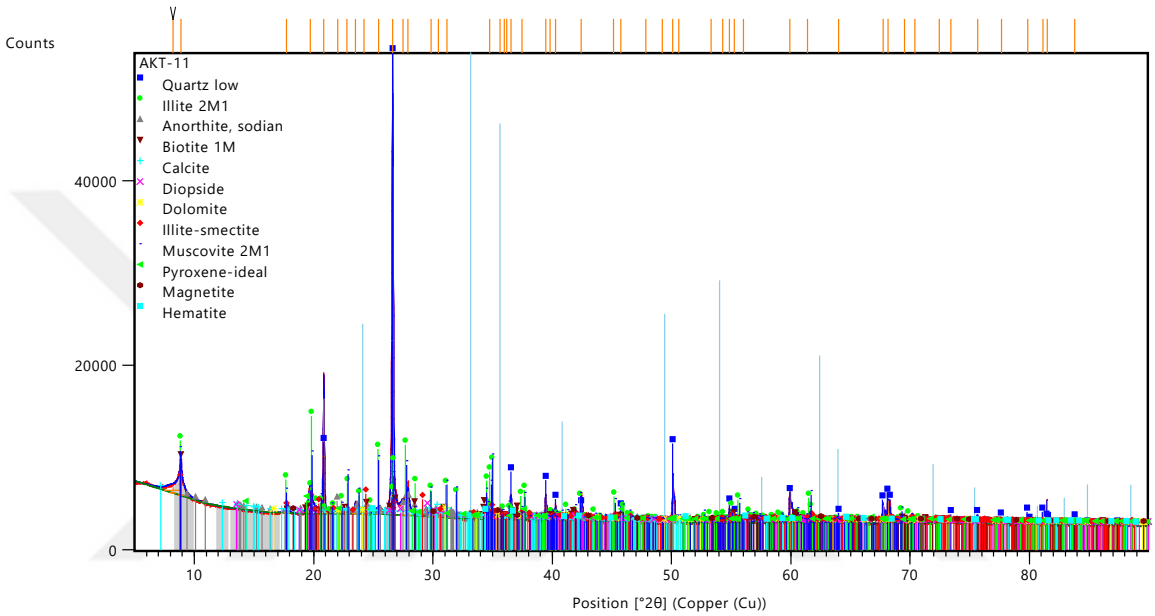
Şekil 4.24. AKT-9 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.25'de sunulan AKT-10 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde yüksek sıcaklık fazlarından Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48)}$ ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_{2)}$ varlığı gözlenmiştir. Magnetit ve hematit'in varlığı bu örneğin pişirim atmosferinin redüksiyon-oksidasyon olacak şekilde karışık atmosferde yapıldığını göstermektedir. Fırınlama sıcaklığının ise XRD analizi bulgularından yaklaşık 900°C–1000°C sıcaklık aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Gelişmiş kontrollü bir pişirim diğer tüm örneklerde olduğu gibi AKT-10 kodlu seramik parçada de gözlenmiştir. Ayrıca seramik parçada hem biyotit hem de piroksen mineraline rastlanmıştır. **Druc (1998)**'e göre biyotit ve piroksen mafik kayaç grubunda bulunmaktadır.



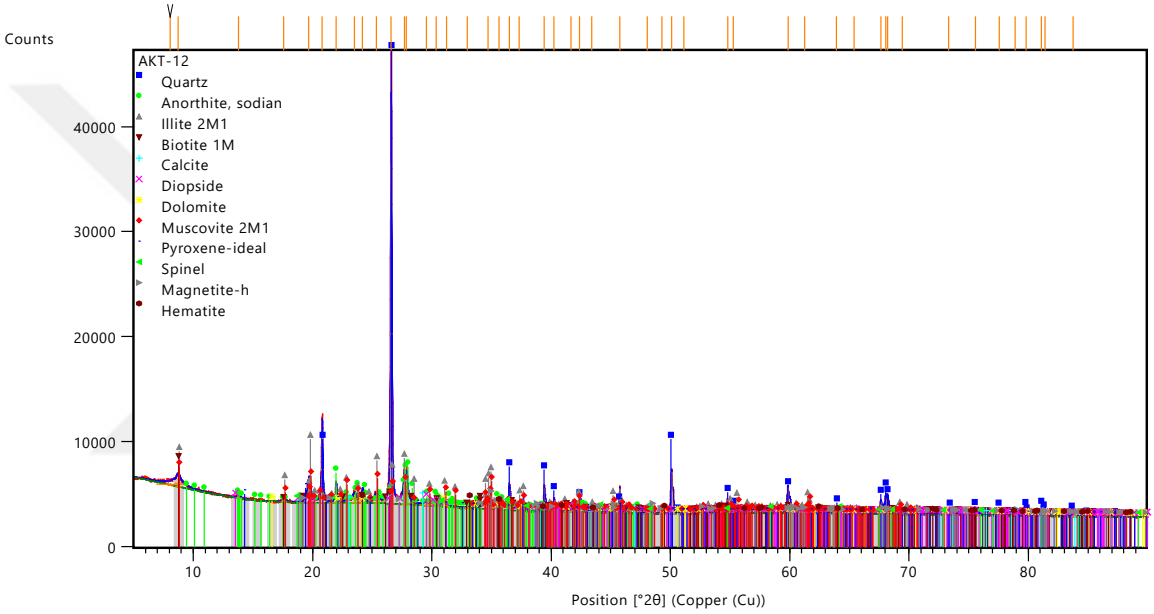
Şekil 4.25. AKT-10 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.26'da sunulan AKT-11 kodlu seramik parçanın XRD analizi incelendiğinde Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_{2)}$ fazları içermesi nedeniyle pişirme sıcaklığının 900°C-1000°C aralığında olduğu tahmin edilmektedir. Bu seramik parçada diğer örneklerden farklı olarak spinel fazı tespit edilememiştir. Magnetit ve hematit gibi demir oksitlerin birlikte görülmesi hem oksitleyici hem de indirgen atmosfere (karışık atmosfer) işaret etmektedir. Bu durum, üretilen ürünlerin pişirildiği fırınların da kontrol edebildiklerinin göstergesidir. Ayrıca mafik minerallerden piroksen, biyotit ve muskovit gözlenmiştir.



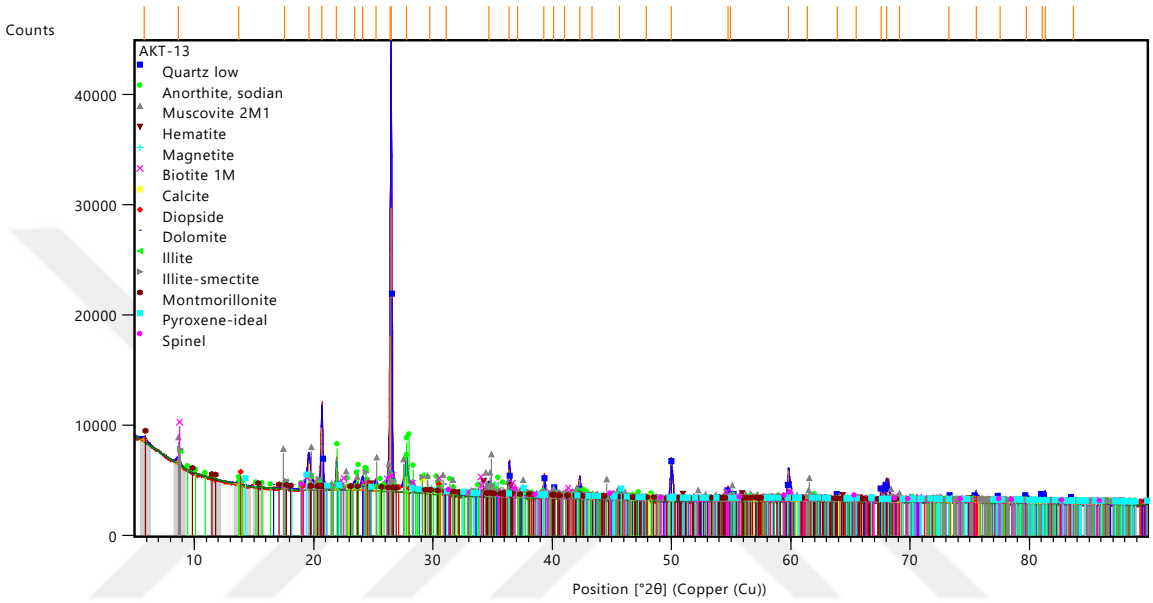
Şekil 4.26. AKT-11 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.27'de sunulan XRD grafiği incelendiğinde, AKT-12 kodlu seramik parçanın yüksek sıcaklık fazlarından Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) içerdiği gözlenmiştir. Bu nedenle fırınlama sıcaklığının 900°C-1000°C sıcaklık aralığında gerçekleştiği düşünülmektedir. Kil mineralleri illit, biyotit, muskovit gibi daha düşük sıcaklıklarda (850°C) bozunmaya başlar. Kullanılan hammadde çeşitliliğinden kaynaklı dolomit ve kalsitin varlığı, bunların killi matriks içerisinde iri taneli olmasından kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir. Aktopraklık'ın kalkerli toprak özeliğinden dolayı da ikincil kalsitin ve diğer karbonat grubu minerallerin seramik buluntuların gözeneklerinden içeriye dolmasını mümkün kılmaktadır.



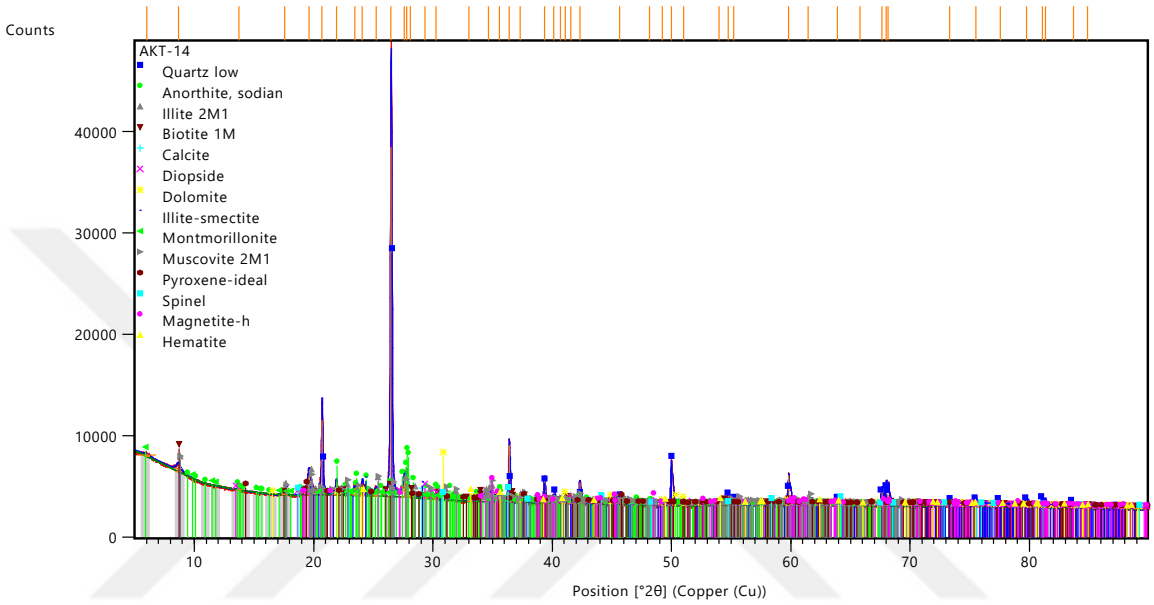
Şekil 4.27. AKT-12 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.28’de sunulan XRD grafiği incelendiğinde AKT-13 kodlu seramik parçanın, hem kil mineralleri (muskovit, illit, montmorillonit, smektit) hem de yüksek sıcaklık fazları (anortit, spinel, diyopsit) birlikte bulunduğu için pişirim sıcaklığının yaklaşık 900℃-1000℃ arasında olduğu tahmin edilmektedir. Hematit ve Magnetit’in aynı parçadaki varlığı, karışık atmosferde fırın pişirimi olduğunu işaret ederken, ince kesitten petrografik analizde gözlenen renk değişimleri, bu bilgiyi desteklemektedir.



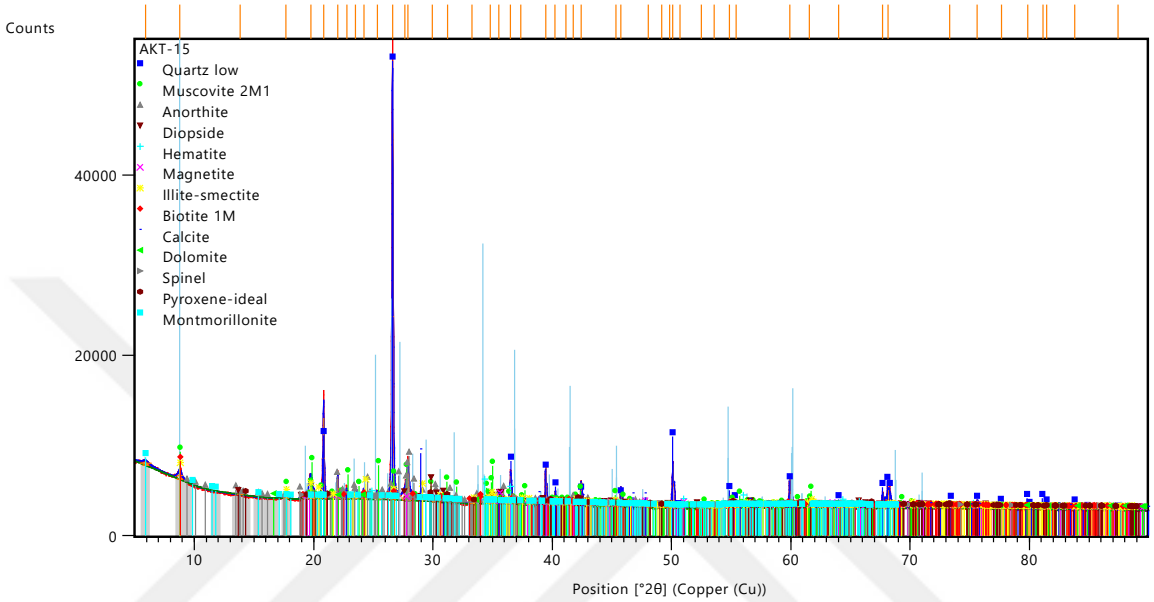
Şekil 4.28. AKT-13 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.29’da sunulan XRD grafiği incelendiğinde, AKT-14 kodlu seramik parçada hem kil minerallerine hem de yüksek sıcaklık minerallerinden Spinel (Al_2MgO_4), Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$) ve Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) gibi silikat fazları gözlenmiştir. Fırın atmosferi hem indirgen hem de oksitleyici (hematit-magnetit) ortama işaret etmektedir. Örneğe ait fırınlama sıcaklığının elde edilen yüksek sıcaklık fazlarından yaklaşık 900℃-1000℃ aralığında olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.29. AKT-14 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Şekil 4.30’da sunulan XRD grafiği incelendiğinde AKT-15 kodlu seramik parçada, hem kil mineralleri (muskovit, illit, smektit, montmorillonit) hem de yüksek sıcaklık fazları (anortit, spinel, diyopsit) birlikte bulunmaktadır. Pişirme sıcaklığı 900°C-1000°C aralığında tahmin edilmektedir. Magnetit ve hematit’in birlikte bulunması, fırınlama koşullarının hem indirgen hem de oksitleyici fırın ortamında gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 4.30. AKT-15 kodlu örneğe ait XRD grafiği

Çizelge 4.1. Aktopraklık Höyük seramik parçalarına ait; numune kodu, mineralojik fazlar ve tahmin edilen fırın sıcaklığı (℃)

Numune Kodu	**Mineralojik Fazlar**	**Tahmin Edilen Fırın Sıcaklığı (℃)**
AKT-1	Kuvars, Anortit, Muskovit, Montmorillonit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, illit, İllit-Smektit, Piroksen, Spinel, Magnetit, Hematit	900℃-1000℃
AKT-2	Kuvars, Kalsit, İllit, Anortit, Biyotit, Muskovit, Diyopsit, Dolomit, Montmorillonit, Piroksen, Spinel, Magnetit, Hematit	900℃-1000℃
AKT-3	Kuvars, Anortit, Muskovit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit, Piroksen, Spinel, Magnetit, Hematit	900℃-1000℃
AKT-4	Kuvars, Anortit, Muskovit, İllit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, Montmorillonit, Piroksen, Spinel, Magnetit, Hematit	900℃-1000 ℃
AKT-5	Kuvars,Anortit, Montmorillonit, Muskovit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, İllit, Spinel, Magnetit, Hematit, Piroksen, illit-smektit	900℃-1000 ℃
AKT-6	Kuvars, Diyopsit, Anortit, illit, Kalsit, Dolomit, Piroksen, Montmorillonit, Muskovit, Spinel, Magnetit, Hematit, Biyotit	900℃-1000℃
AKT-7	Kuvars, Muskovit, Anortit, Biyotit, Demiroksit, Magnetit, Diyopsit, Dolomit, İllit-smektit, Muskovit, Piroksen, Spinel	900℃-1000℃
AKT-8	Kuvars, Anortit, İllit, Muskovit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit-Smektit, Piroksen, Spinel, Hematit, Magnetit	900℃-1000 ℃
AKT-9	Kuvars, Anortit, Muskovit, İllit, Magnetit, Demiroksit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit-Smektit, Piroksen, Spinel	900℃-1000 ℃
AKT-10	Kuvars, Muskovit, Anortit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit, Piroksen, Spinel, Magnetit, Hematit	900℃-1000 ℃
AKT-11	Kuvars, İllit, Anortit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit-Smektit, Muskovit, Piroksen, Magnetit, Hematit	900℃-1000℃
AKT-12	Kuvars, Anortit, İllit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, Muskovit, Piroksen, Spinel, Magnetit-h, Hematit	900℃-1000℃
AKT-13	Kuvars, Anortit, Muskovit, Hematit, Magnetit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit, İllit-Smektit, Montmorillonit, Piroksen, Spinel	900℃-1000 ℃
AKT-14	Kuvars, Anortit, İllit, Biyotit, Kalsit, Diyopsit, Dolomit, İllit-Smektit, Montmorillonit, Muskovit, Piroksen, Spinel Magnetit-h, Hematit	900℃-1000℃
AKT-15	Kuvars, Muskovit, Anortit, Diyopsit, Hematit, Magnetit, Biyotit, Kalsit, Dolomit, Spinel, Piroksen, Montmorillonit, İllit-Smektit	900℃-1000℃

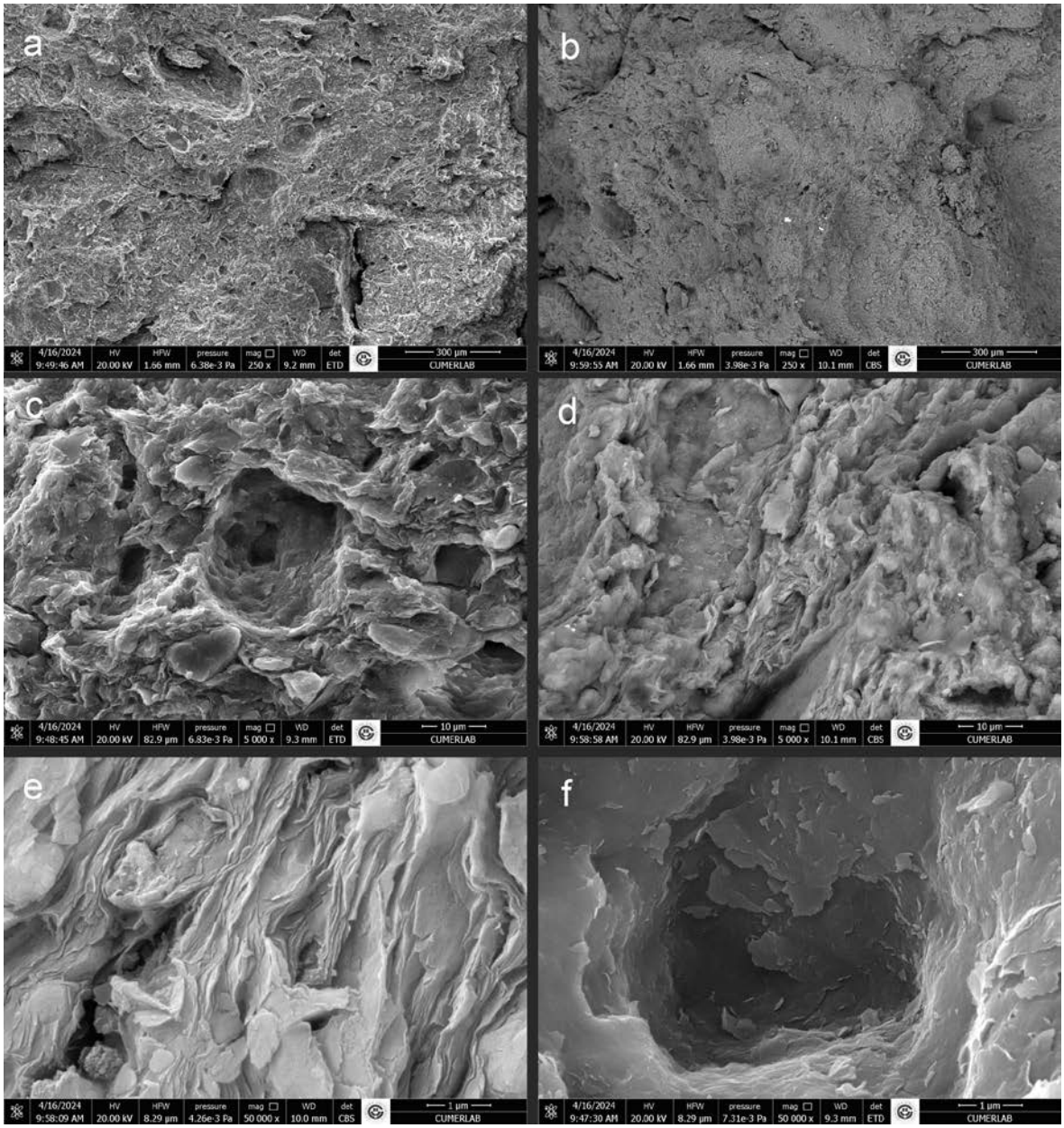
4.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılımlı X-Işınları Spektrometresi (EDS) Analizi

SEM-EDS analizi; AKT-5, AKT-7, AKT-9, AKT-12, AKT-13, AKT-15 kodlu seramik buluntulara uygulanmıştır. Ayrıca, aynı kodlu numunelere EDS haritası bulguları da eklenmiştir.

SEM görüntülerinin geniş odak derinliği sayesinde, incelenen numunelerin net ve detaylı resimleri elde edilir. Bu sayede, fazla teknik bilgiye ihtiyaç duymadan görseller kolayca yorumlanabilir **(Froh, 2004).** Kalsitin başlangıçta mevcut olduğu yerde, gözenek kenarlarında dağınık grimsi parçalar içeren boş bir alan bulunabilir. Örneklerde 900°C'de gözlenen gözenekler, 1100 °C sıcaklıkta erimeye başlayarak vitrifikasyon sağlayan hammaddelerin gözeneklere dolarak su emmeyi azalttığı bilinmrktedir **(Cultrone ve ark., 2001).**

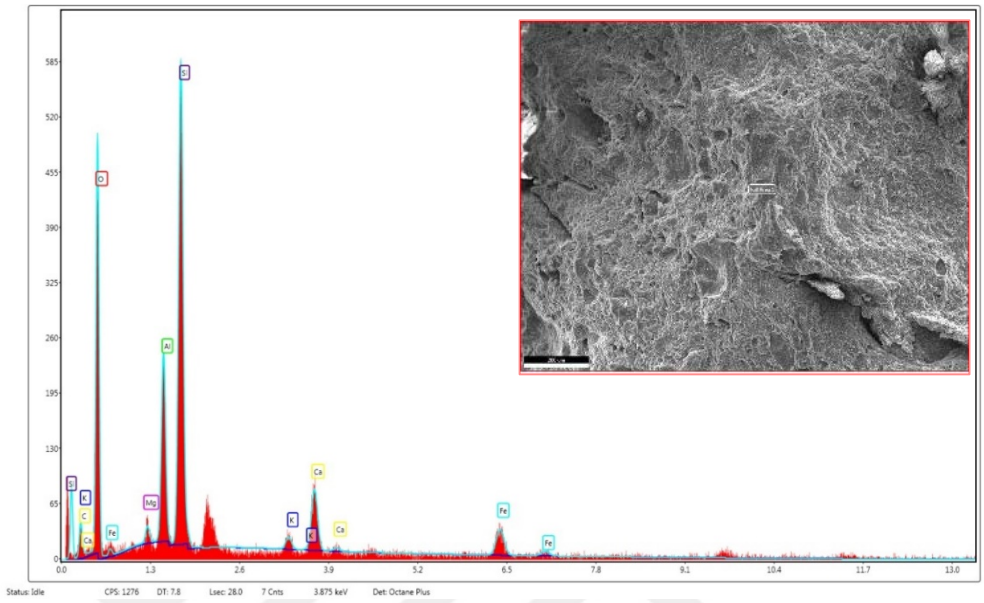
Şekil 4.31.'de AKT-5 kodlu seramik parçada Enerji Saçınımlı X-Işınları Spektoskopisi (EDS) ile elde edilen mikrokimyasal analiz sonuçları, Bursa Aktopraklık Höyük'ten ele geçen çanak çömleklerin MTA'dan alınan bilgilere göre üretiminin yerel olduğunu düşündürmektedir (bkz. Şekil 1.11). AKT-5 kodlu örneğin SEM'de BSE (geri yansıyan elektronlar) modunda alınmış görüntüleri Şekil 4.31'de verilmiştir. Örnek heterojen dağılımlı tane boyutuna sahiptir ancak vitrifikasyon düzeyinin yüksek olduğu görülmektedir. XRD analizindeki Anortit ($Al_{1.52}Ca_{0.54}Na_{0.48}O_8Si_{2.48}$), Diyopsit ($CaMgO_6Si_2$) ve Spinel ($Al_2MgO_4$) fazları da bu bulguyu destekler niteliktedir. AKT-5 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin temsili BSE görüntüsünde Çizelge/Şekil'de, işaretli bölgede yaklaşık 20 µm boyutunda ve %60,64 miktarında Altın (Au) ve %23,06 miktarında karbon (C) elementine rastlanmıştır. Elde edilen bu bilgilerden yola çıkarak MTA'nın raporunda belirttiği gibi bölgede altın mineralinin varlığı, bu seramiğin yerel hammaddeler kullanılarak üretilmiş olabileceğini düşündürmektedir. Burada tespit edilen Azot (N)'un gömü koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Şekil 4.31.’de AKT-5 kodlu seramik parçada genel olarak mikroyapısının, farklı büyütme oranlarında elde edilen görüntülerinden (a–f) yola çıkılarak seramik yüzeyinin morfolojisi heterojen dağılımlı vitrifikasyona bağlı yuvarlak gözenekli bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Mikroyapıda gözlemlenen camsı oluşumlar, fırın sıcaklığının 900°C-1000°C ve üzeri sıcaklıkta olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.31. AKT-5 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri

Şekil 4.32’de AKT-5 kodlu örneğin işaretli alandan EDS Spektrumu verilmiştir. Çizelge 4.2’de sırasıyla ağırlıkça %21,75 Silisyum (Si), %8,42 Karbon (C), %8,34 Alüminyum (Al), %5,96 Demir (Fe) ve %5,96 Kalsiyum (Ca) elementleri, oksijenden sonra en çok bulunan elementlerdir.

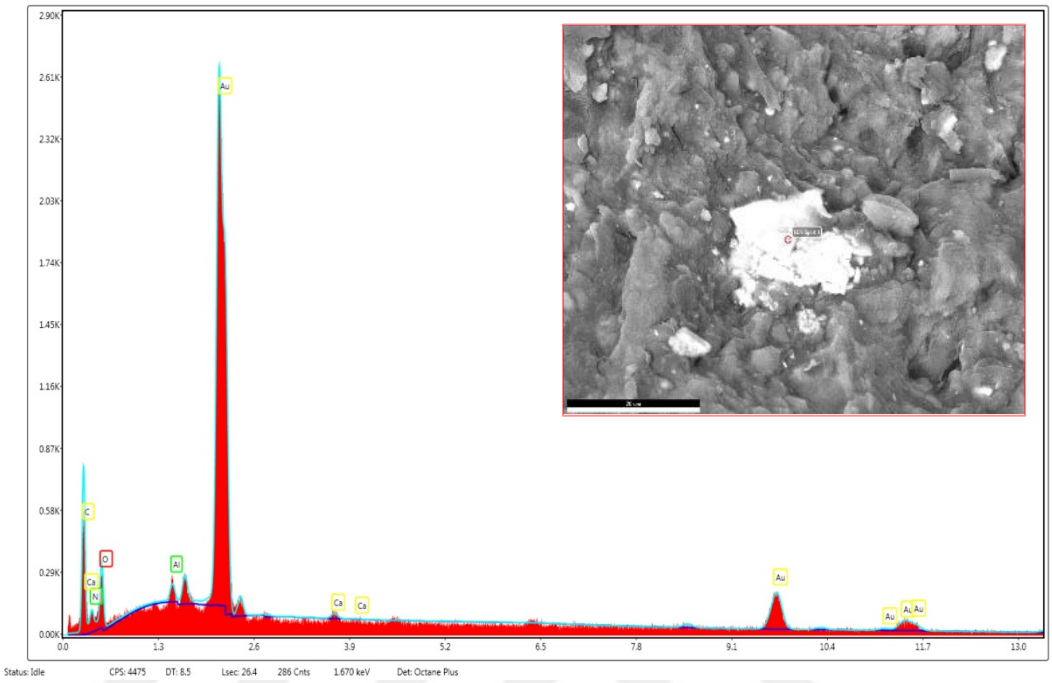


Şekil 4.32. AKT-5 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu

Çizelge 4.2. AKT-5 kodlu örneğin EDS analizi

Element	**%Ağırlık**
C	8.42
O	48.35
Mg	0.83
Al	8.34
Si	21.75
K	0.89
Ca	5.46
Fe	5.96

Şekil 4.33’te AKT-5 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu verilmiştir. Çizelge 4.3’te sırasıyla ağırlıkça %60,64 altın (Au), %23,06 Karbon (C), %4.35 Azot (N) elementleri, oksijenden sonra en çok bulunan elementlerdir.

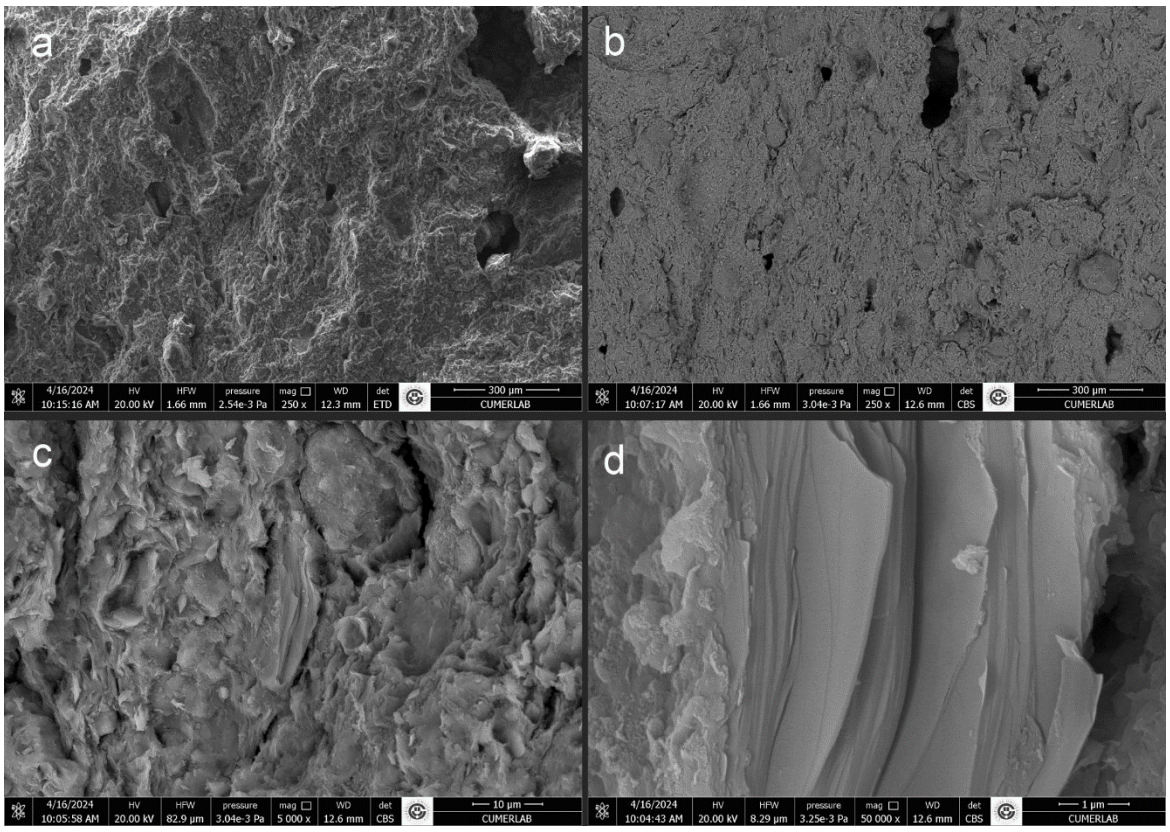


Şekil 4.33. AKT-5 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu

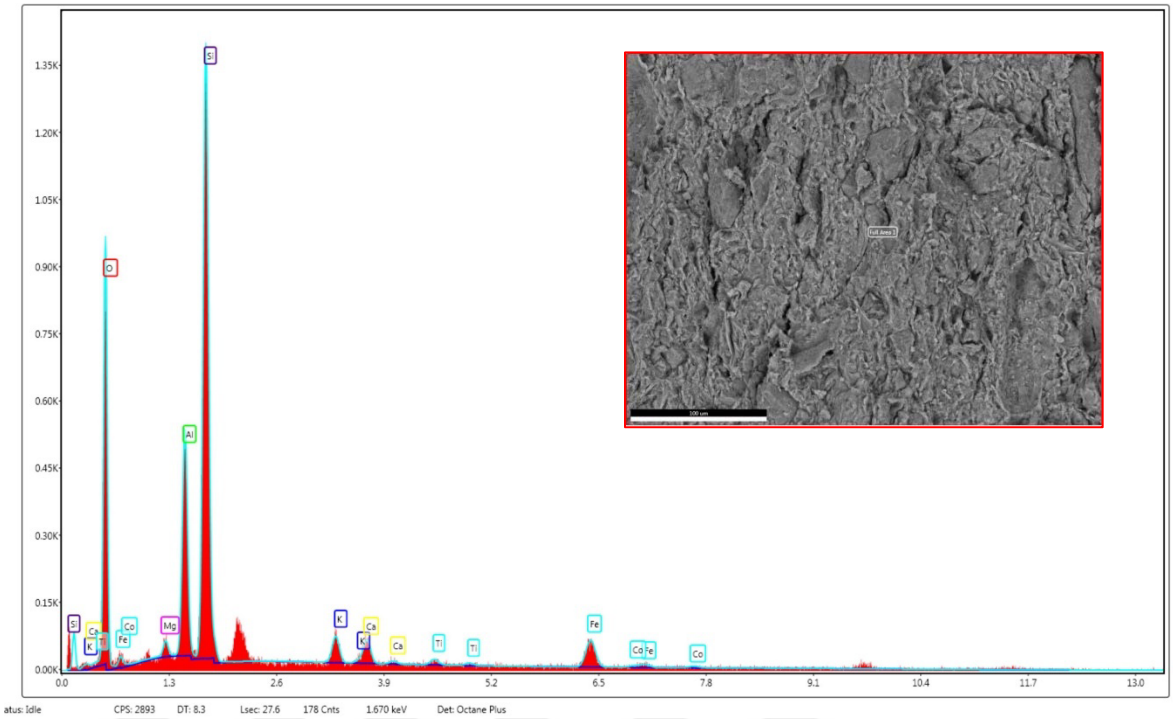
Çizelge 4.3. AKT-5 kodlu örneğin EDS analizi sonucu (Beyaz nokta)

Element	%Ağırlık
C	23.06
N	4.35
O	10.79
Al	0.67
Ca	0.48
Au	60.64

Şekil 34’te, AKT-7 kodlu seramik parçanın mikroyapısında gerçekleşen erimelere-cam fazı oluşumlarına bağlı olarak taneler arası boşluklarının azaldığı, dolayısıyla matriksin daha yoğun olduğu görülmektedir. Bu durum, seramiğin daha yüksek sıcaklıkta pişirildiğini, hammaddenin hazırlanmasında malzemelerin iyi öğütüldüğünü ve fırın atmosferinin redüksiyonlu olabileceği ihtimalini ortaya koymaktadır. Görseller 250x büyütmeden 50.000x büyütmeye kadar incelendiğinde yoğunluğun artmış olduğu görülmüştür. XRD analiziyle tespit edilen yüksek sıcaklık fazları bu sonucu desteklemektedir.



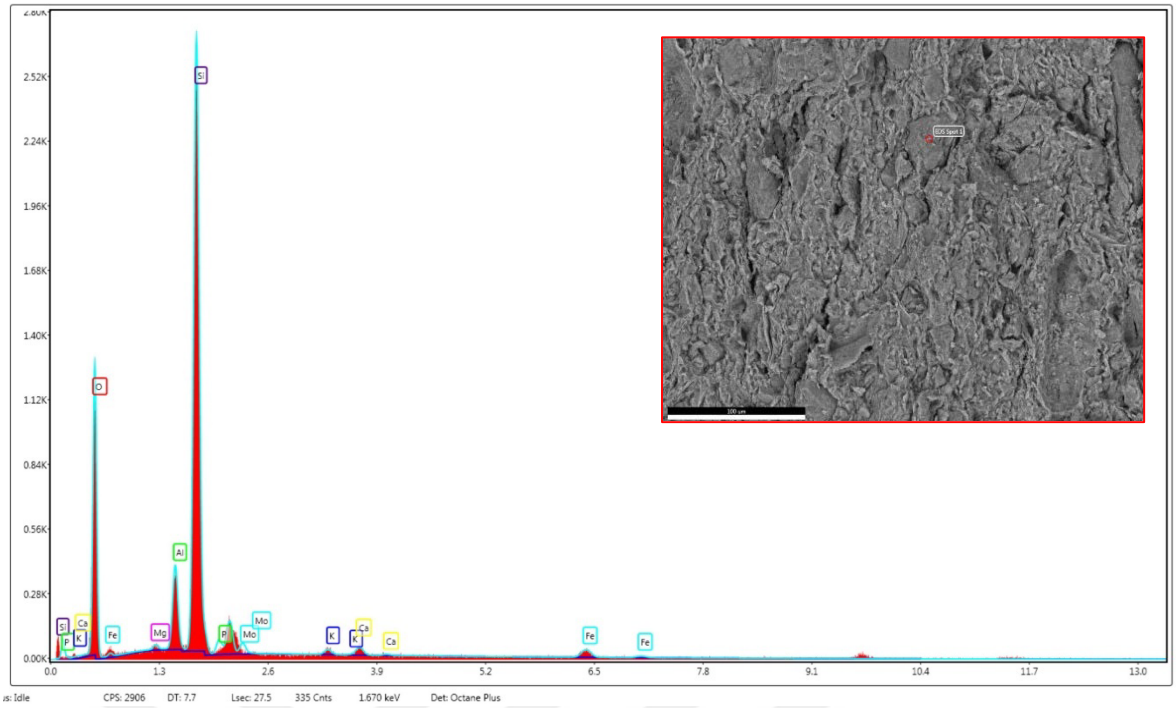
Şekil 4.34. AKT-7 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri



Şekil 4.35. AKT-7 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu

Çizelge 4.4. AKT-7 kodlu örneğin EDS analizi sonucu (Tüm Bölge 1)

Element	**%Ağırlık**
O	45.51
Mg	0.81
Al	10.58
Si	30.38
K	2.24
Ca	2.41
Ti	0.71
Fe	6.88
Co	0.47



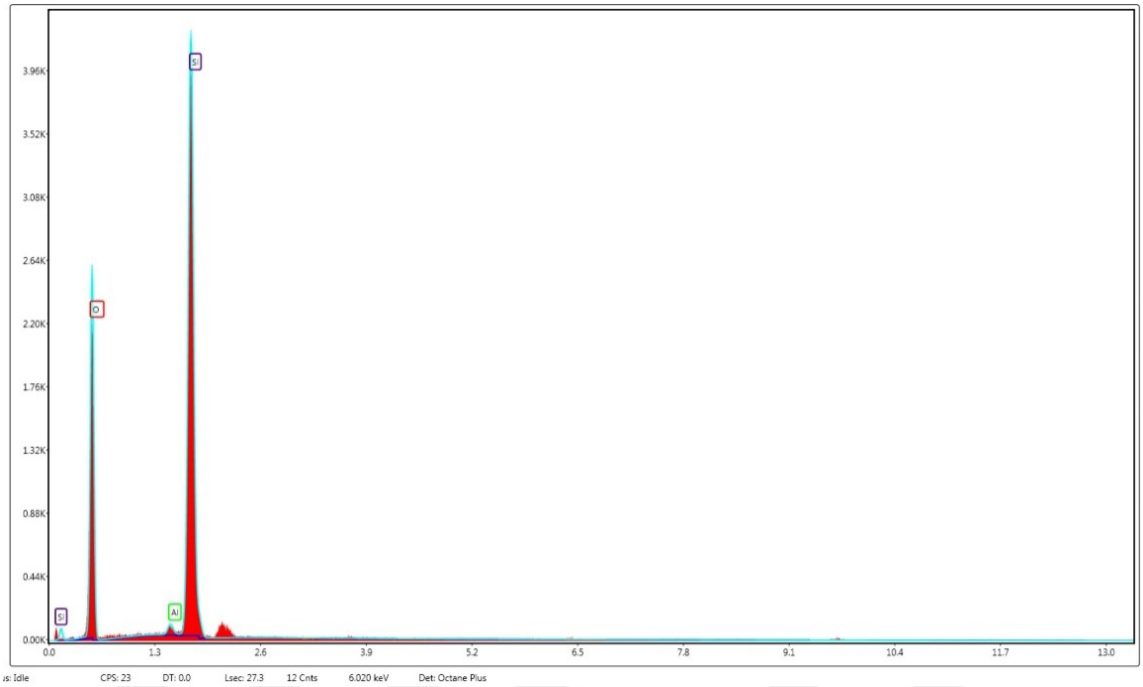
Şekil 4.36. AKT-7 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu

Çizelge 4.5. AKT-7 kodlu örneğin EDS analizi sonucu

Element	**% Ağırlık**
O	46.04
Mg	0.32
Al	5.31
Si	40.02
P	1.5
Mo	2.2
K	0.64
Ca	1.12
Fe	2.85

Şekil 4.37’de AKT-7 kodlu seramik parçaya ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu verilmiştir. EDS analizinden elde edilen nokta analizine göre mineralin kuvarsa ait olduğu açık bir şekilde gözlenmiştir.

.

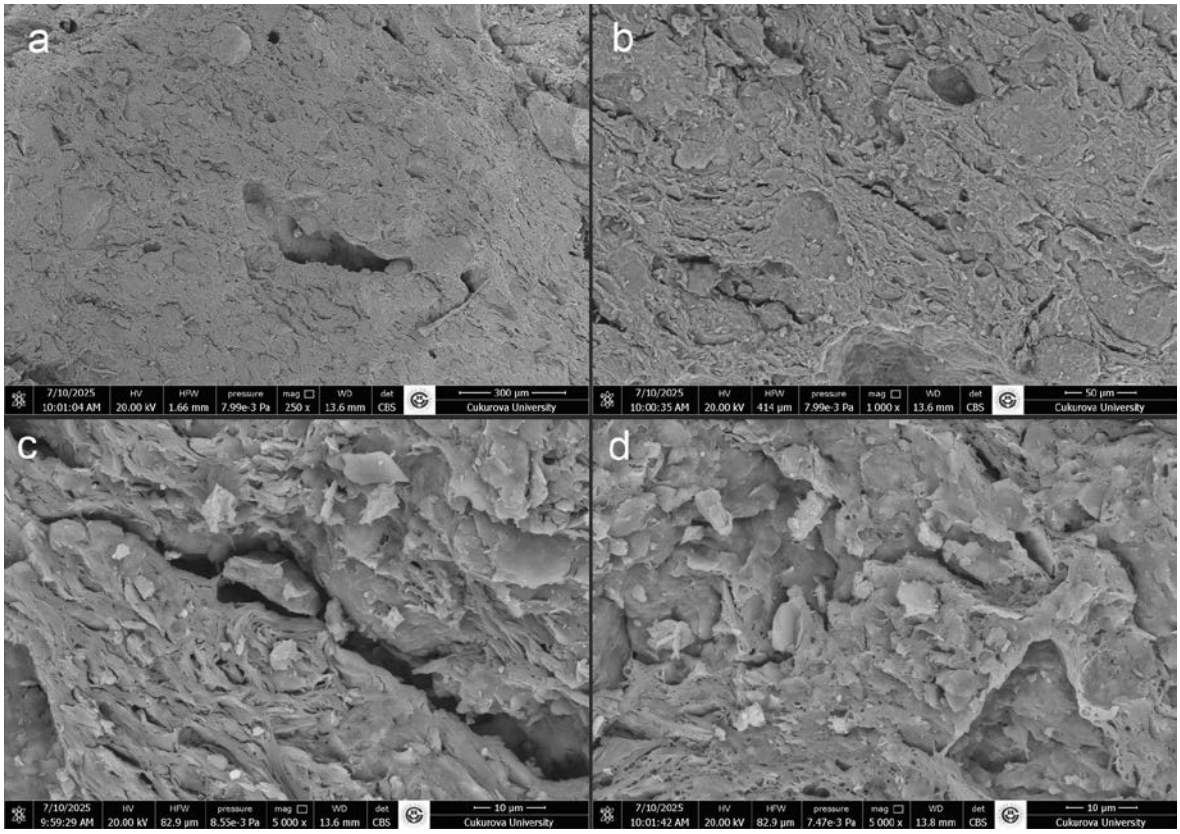


Şekil 4.37. AKT-7 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu

Çizelge 4.6. AKT-7 kodlu örneğin EDS analizi sonucu

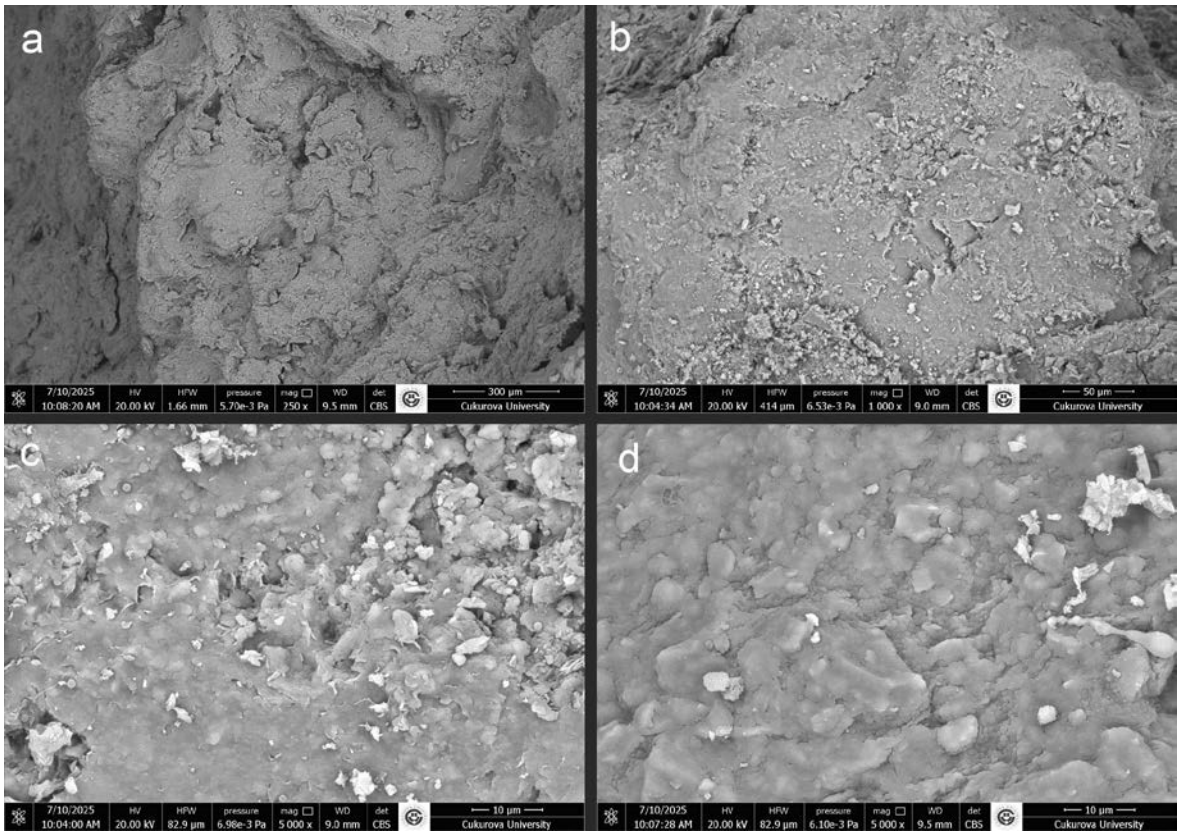
Element	**% Ağırlık**
O	56
Al	0.75
Si	43.25

Şekil 4.38’de sunulan AKT-9 kodlu seramik parçanın farklı büyütme oranlarında (250x, 1000x ve 5000x) elde edilen görüntülere göre; (a)’da düşük büyütmede (250x) örnek yüzeyindeki genel morfolojiyi ve gözlemlenen makro boşluklar gözlenmektedir. Matrikste (a-b)’de kil minerallerine ait plaka şeklindeki tanelerin ve boşlukların belirgin şekilde paralel yönlenme sergilediği görülmektedir. Bu yönlenme, çamurun şekillendirilmesi sırasında uygulanan baskı veya çekme hareketlerine bağlı olarak oluşmaktadır. Şekil 4.9.’da AKT-9 kodlu örneğin petrografik analiz sonucunda görülen tanecik ve boşluk yönlenmesi SEM ile elde edilen mikroyapı ile uyum göstermiştir. İnce taneli fazların dağılımı (c) ve (d)’de, kil minerallerinin levha yapısını ve mikroskobik çatlak gelişimlerini detaylı olarak ortaya koymaktadır. Ayrıca, gözeneklerin, çatlakların ve tanelerin yönlenme doğrultusuna paralel veya kısmen dik bir şekilde uzanarak matriks içinde devam ettiği gözlemlenmiştir.



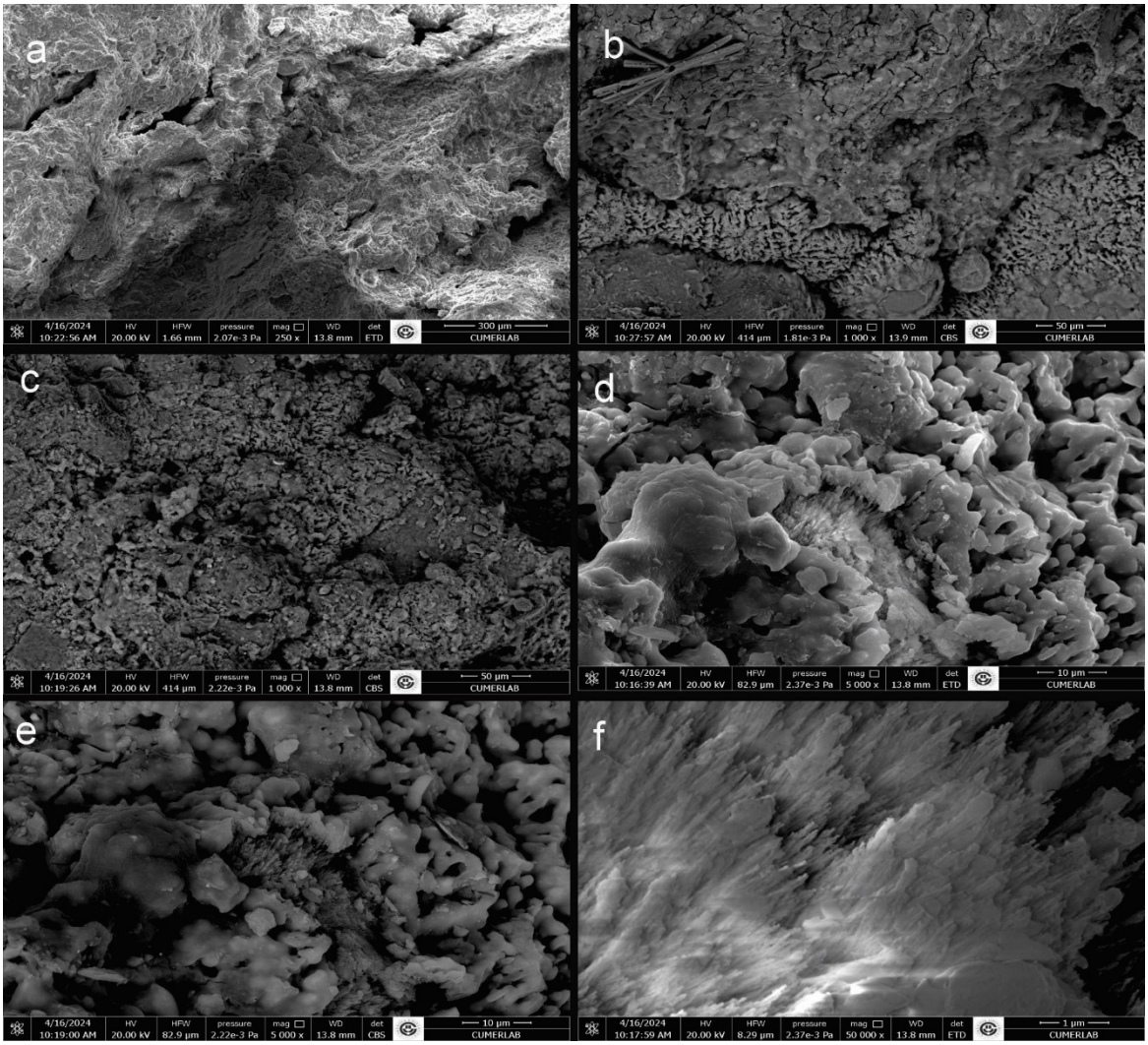
Şekil 4.38. AKT-9 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri

Şekil 4.39.’ da AKT-12 kodlu seramik parçada farklı büyütme oranlarında (250x, 1000x ve 5000x) elde edilen görüntülere göre; (a) ve (b), 250x büyütmede örnek yüzeyindeki makro düzeyde çatlaklar gözlemlenmektedir.



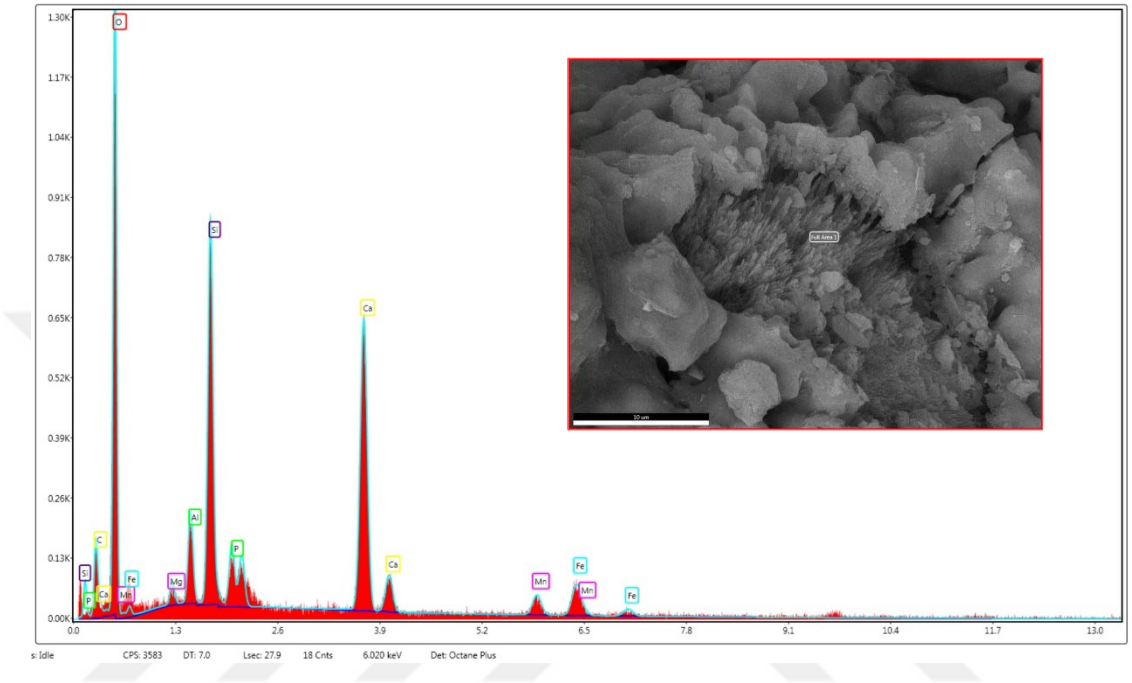
Şekil 4.39. AKT-12 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri

Şekil 4.40’da sunulan AKT-13 kodlu seramik parçaya ait SEM görüntülerden (a–f) seramik parçanın matriksinde heterojen dağılımlı özsüz tanelerin yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen pişirme işlemi sonucunda yeniden kristalleşme süreçleri gözlenmiştir. Genel büyütmede (a) yapının oldukça iyi vitrifiye olduğu görülmektedir.



Şekil 4.40. AKT-13 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri

Şekil 4.41'de AKT-13 kodlu seramik parçaya ait işaretlenmiş noktanın EDS Spektrumu verilmiştir. Bütün alandan alınan kimyasal analiz sonucuna göre yapıda kalsiyum (Ca), silisyum (Si), karbon (C), demir (Fe), mangan (Mn) elementlerinin yer aldığı görülmektedir. Bölgenin maden haritası incelendiğinde mangan, demir ve kireç taşları içeren toprakların bulunduğu görülmektedir. Bu veriler de üretilen seramik kapların yerel olma olasılığını güçlendirmektedir.

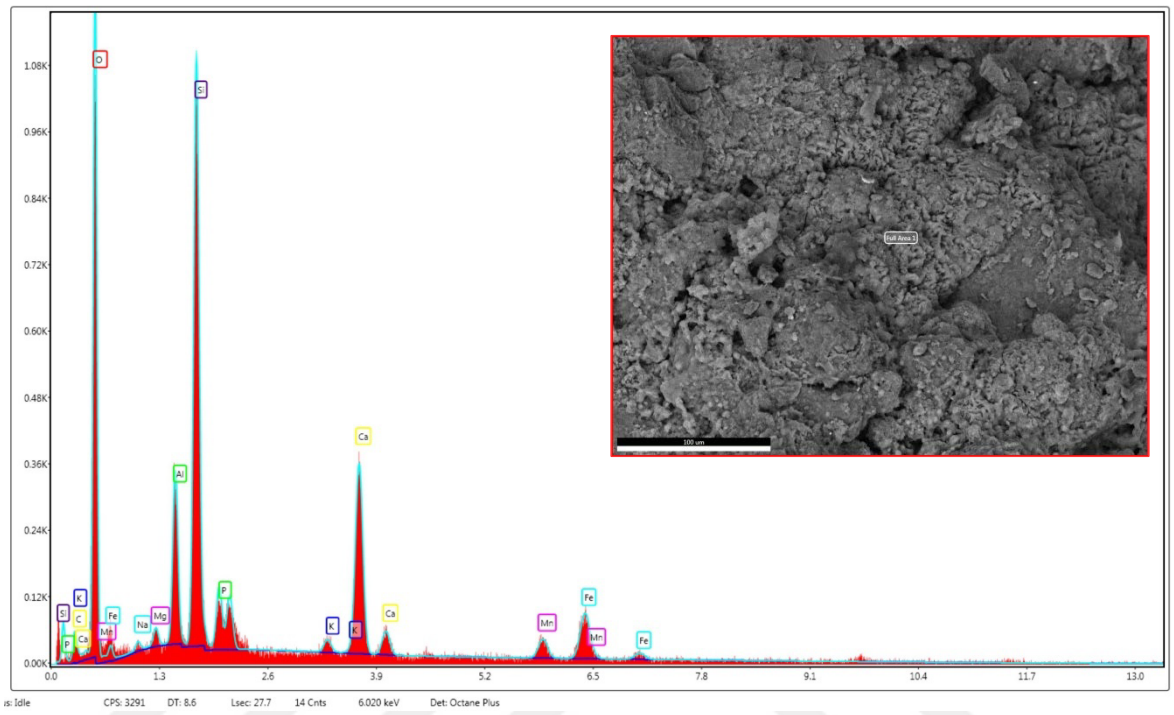


Şekil 4.41. AKT-13 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu

Çizelge 4.7. AKT-13 kodlu örneğin EDS analizi sonucu

Element	% Ağırlık
C	8.24
O	53.33
Mg	0.75
Al	2.58
Si	10.28
P	2.03
Ca	15.86
Mn	2.48
Fe	4.45

Şekil 4.42’de AKT-13 kodlu seramik parçaya ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu verilmiştir. Bütün alandan alınan kimyasal analiz sonucuna göre yapıda silisyum (Si), karbon (C), alüminyum (Al) ve az miktarda sodyum (Na), potasyum (K) elementlerinin yer aldığı görülmektedir. Veriler, hammadde içerisinde plajiyoklas varlığını düşündürmektedir.

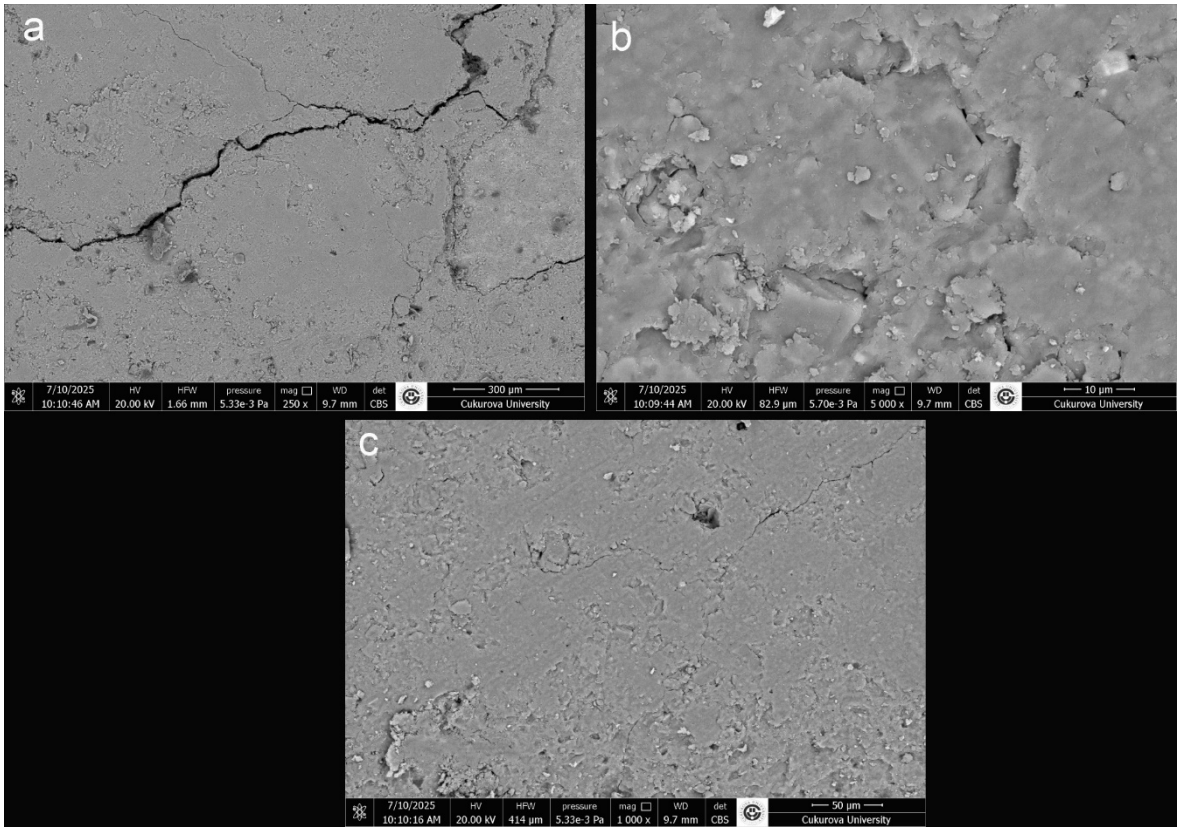


Şekil 4.42. AKT-13 kodlu örneğe ait işaretlenmiş bölgenin EDS Spektrumu (Tüm Bölge)

Çizelge 4.8. AKT-13 kodlu örneğin EDS analizi sonucu (Tüm Bölge)

Element	% Ağırlık
C	3.98
O	49.88
Na	0.51
Mg	0.59
Al	5.08
Si	16.81
P	2.33
K	0.58
Ca	10.92
Mn	2.43
Fe	6.89

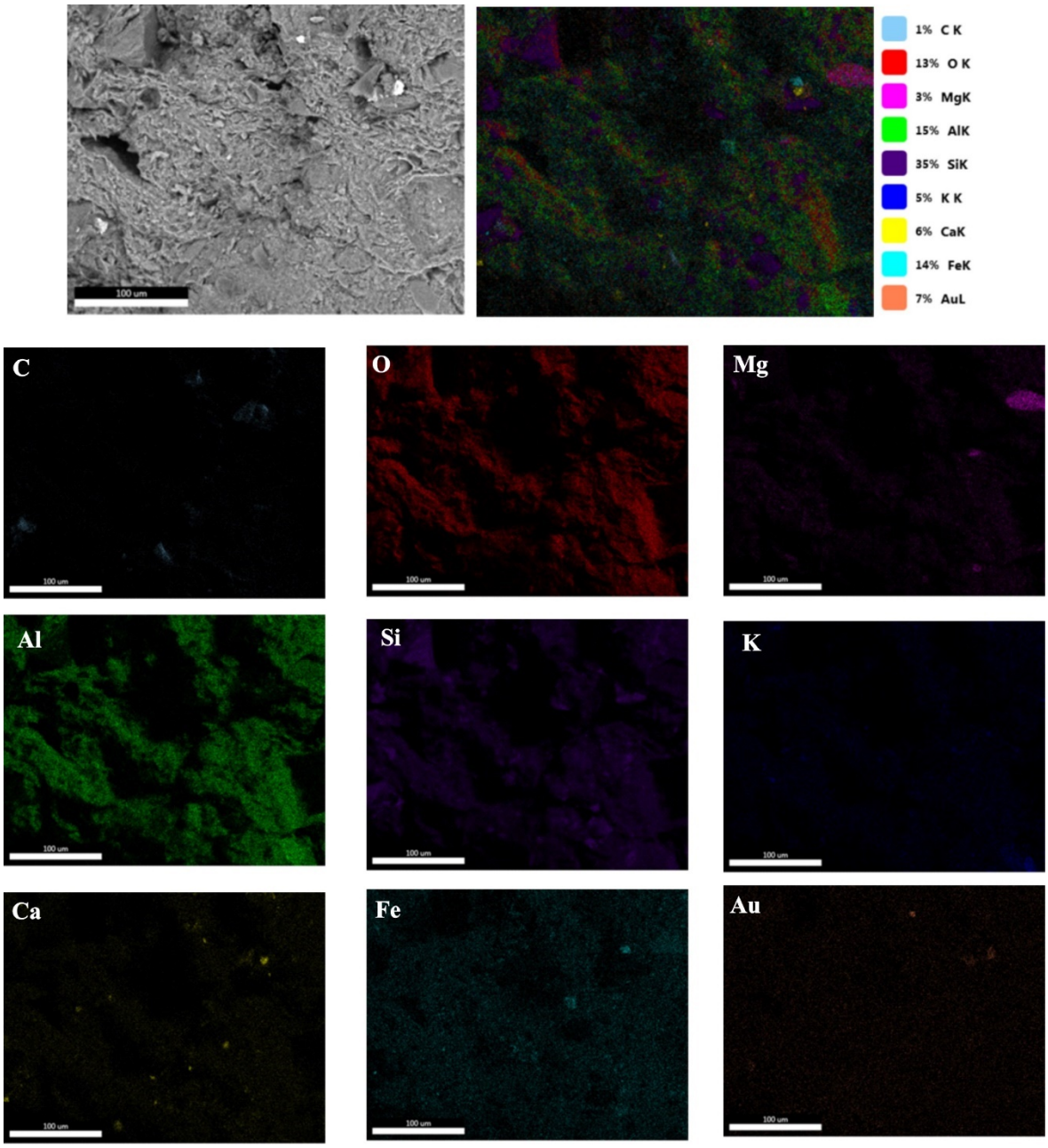
Şekil 4.43’te sunulan SEM görüntülerinden AKT-15 kodlu örneğin farklı büyütme oranlarında (250x, 1000x ve 5000x) elde edilen görüntülerinden, seramik parçada belirgin şekilde gelişmiş mikro çatlakların varlığı izlenmektedir. Bu çatlaklar yüzey boyunca düzensiz yönelimler göstererek, bazı bölgelerde daha genişlediği ve birleşme eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum, seramik üretimi sırasında pişirimden önce gerçekleşen kurutma koşullarının uygun olmadığı, buna bağlı olarak da pişirim sırasında organik maddeler ve karbonatların bünyeyi terk etmesi sonucu bu çatlakların daha fazla ilerlemesiyle ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.43. AKT-15 kodlu örneğe ait Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri

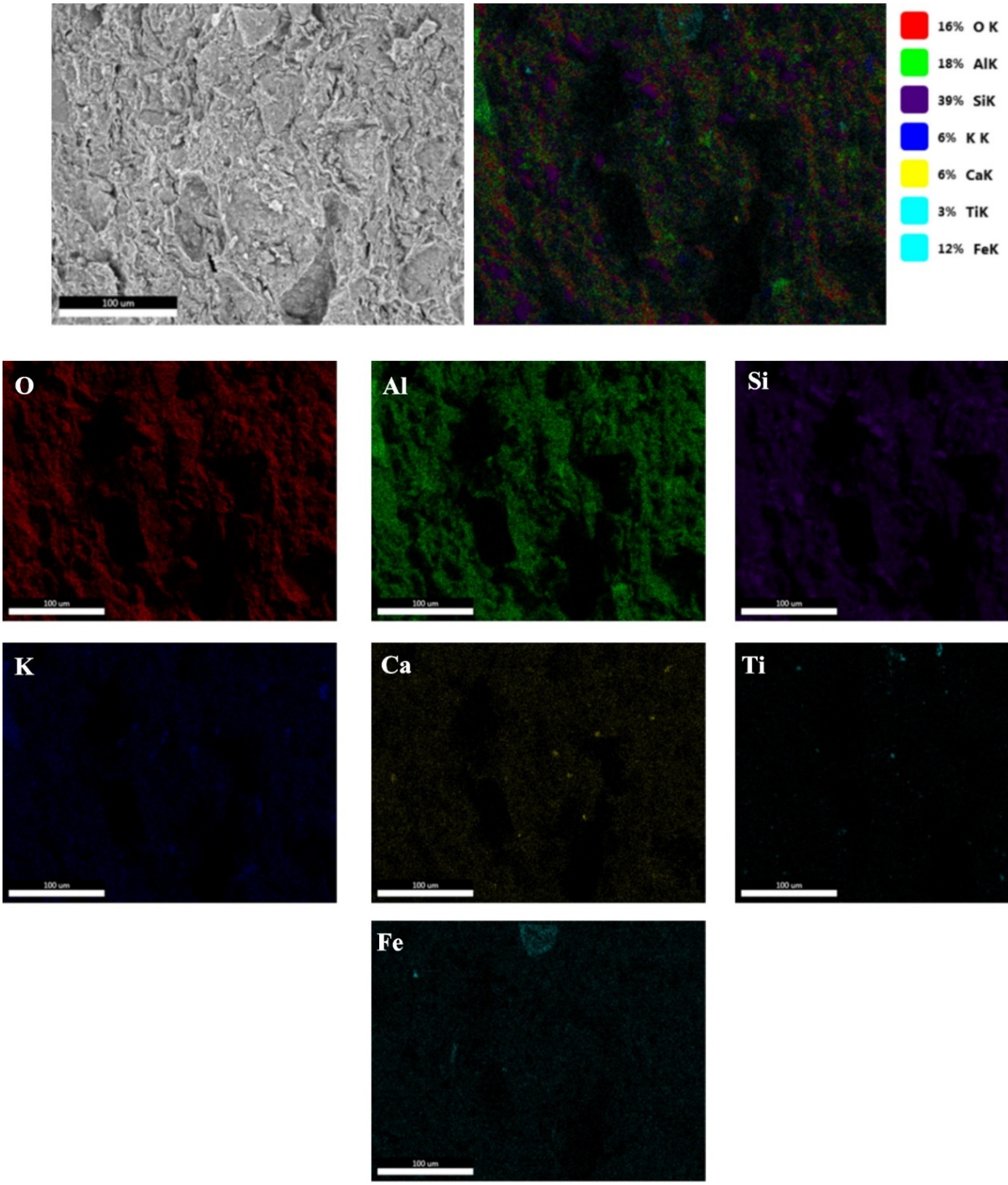
Element dağılımının görselleştirilmesi için EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy) haritalama yöntemi AKT-5, AKT-7, AKT-9, AKT-12, AKT-13 ve AKT-15 kodlu örneklere uygulanmıştır. EDS haritalama, seramik parçası içindeki başlıca elementlerin nerede toplandığını, net olarak gösteren renkli haritalardır. İlgili koda ait örnekler 100 veya 200 µm boyutlarda ölçeklendirerek çekilmiştir.

Şekil 4.44. AKT-5 kodlu seramik parçada %1 Karbon (C), %13 Oksijen (O), %33 Magnezyum (Mg), %15 Alüminyum (Al), %35 Silisyum (Si), %5 Potasyum (K), %6 Kalsiyum (Ca), %14 Demir (Fe), %7 Altın (Au) gözlenmiştir.



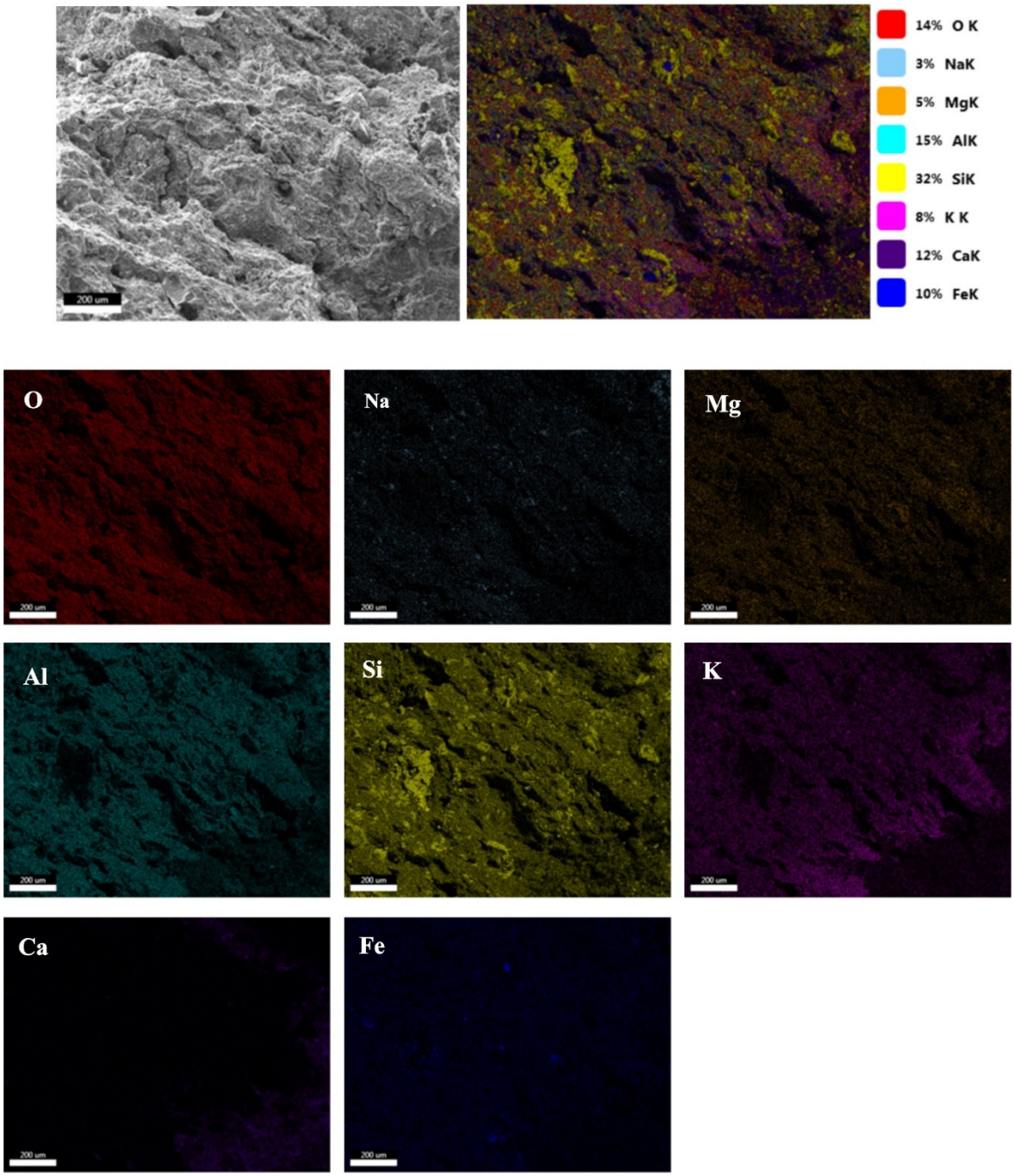
Şekil 4.44. AKT-5 kodlu örneğe ait EDS haritası

Şekil 4.45. AKT-7 kodlu seramik parçada ağırlıkça %16 Oksijen (O), %18 Alüminyum (Al), %39 Silisyum (Si), %6 Potasyum (K), %6 Kalsiyum (Ca), %3 Titanyum (Ti) ve %12 Demir (Fe) elementleri gözlenmiştir.



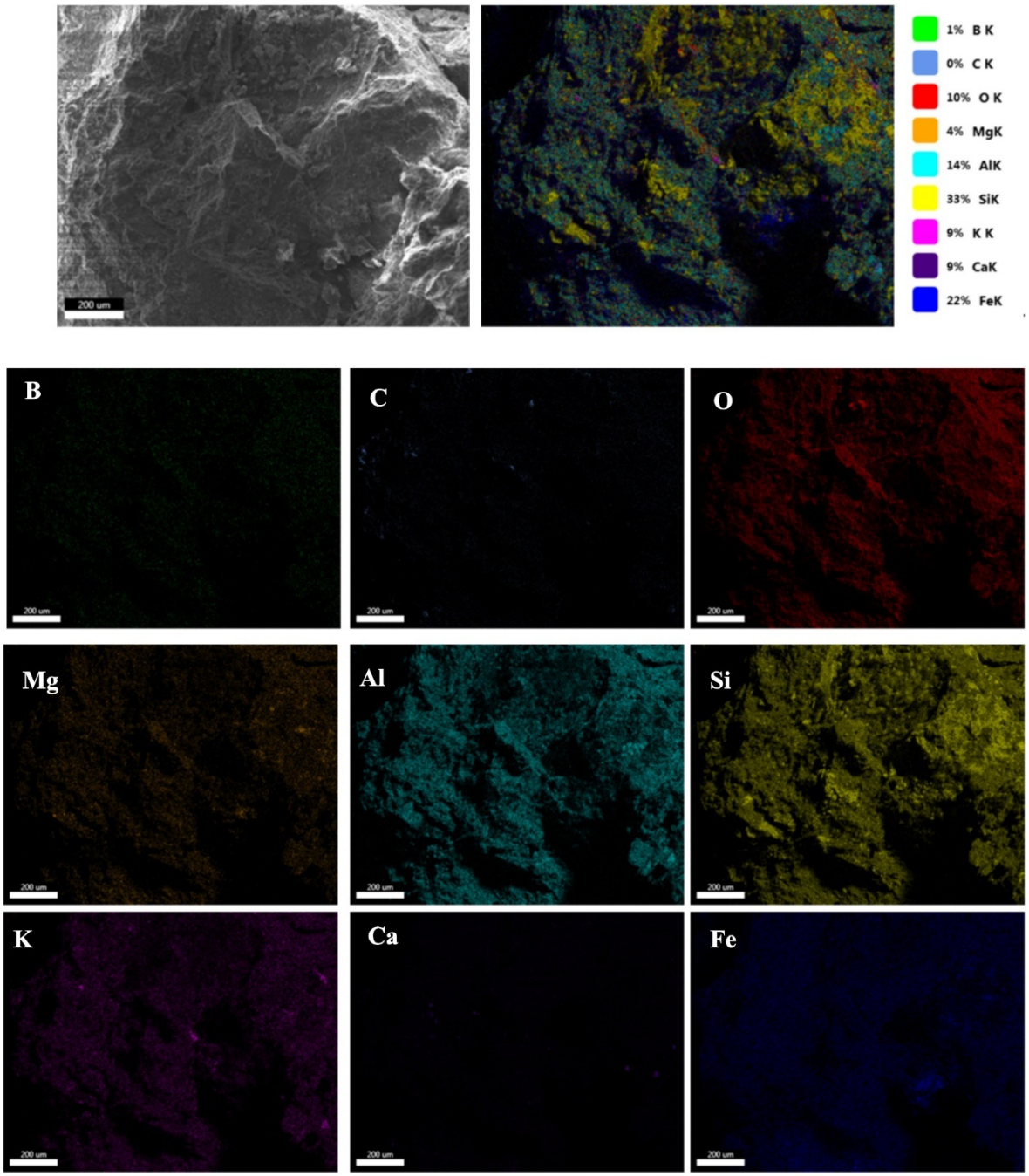
Şekil 4.45. AKT-7 kodlu örneğe ait EDS haritası

Şekil 4.46. AKT-9 kodlu seramik parçada %14 Oksijen (O), %3 Sodyum (Na), %5 Magnezyum (Mg), %15 Alüminyum (Al), %32 Silisyum (Si), %8 Potasyum (K), %12 Kalsiyum (Ca), %10 Demir (Fe) tespit edilmiştir.



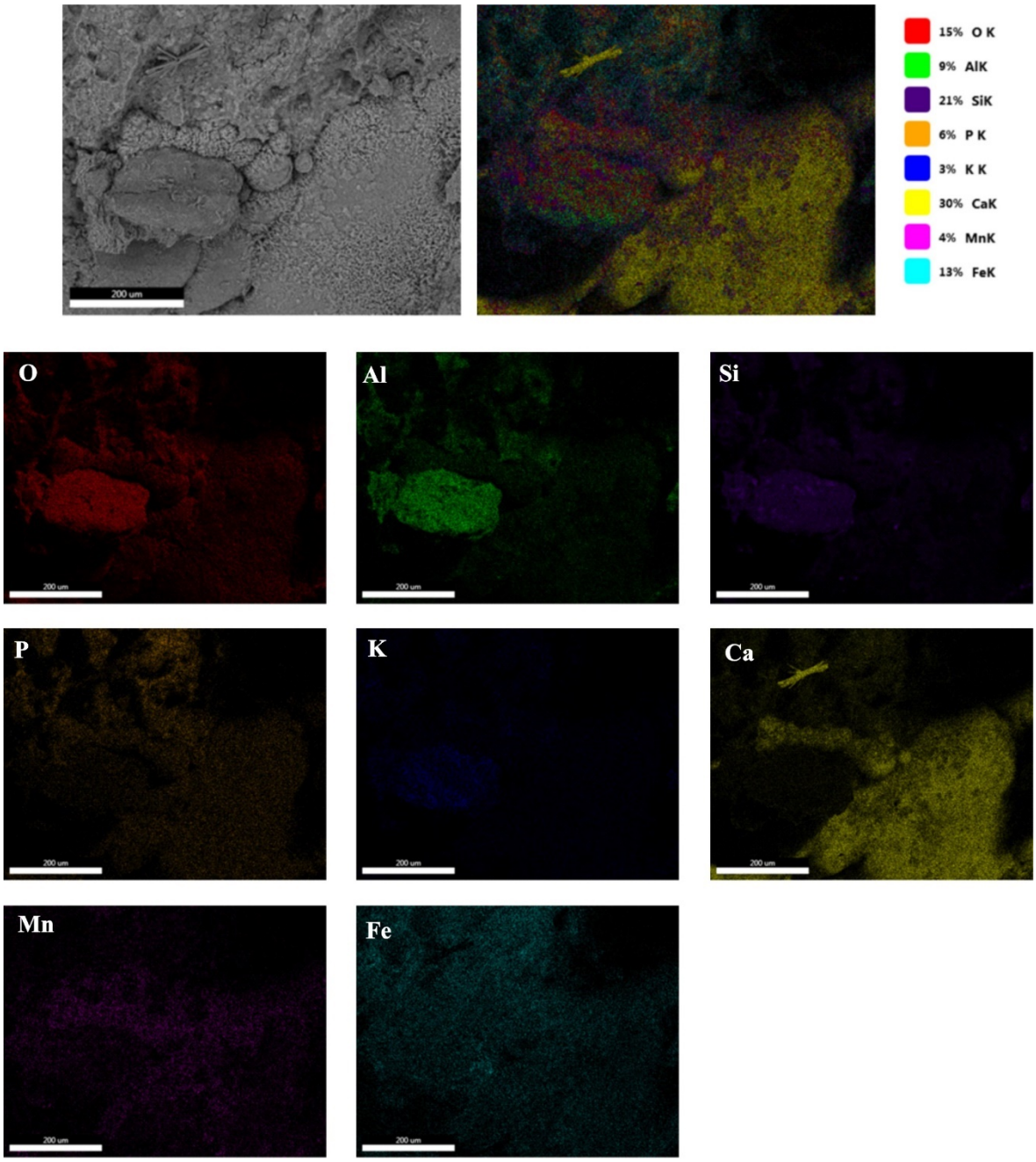
Şekil 4.46. AKT-9 kodlu örneğe ait EDS haritası

Şekil 4.47. AKT-12 kodlu seramik parçada %1 Bor (B), %10 Oksijen (O), %4 Magnezyum (Mg), %14 Alüminyum (Al), %33 Silisyum (Si), %9 Potasyum (K), %9 Kalsiyum (Ca), %22 Demir (Fe) gözlenmiştir.



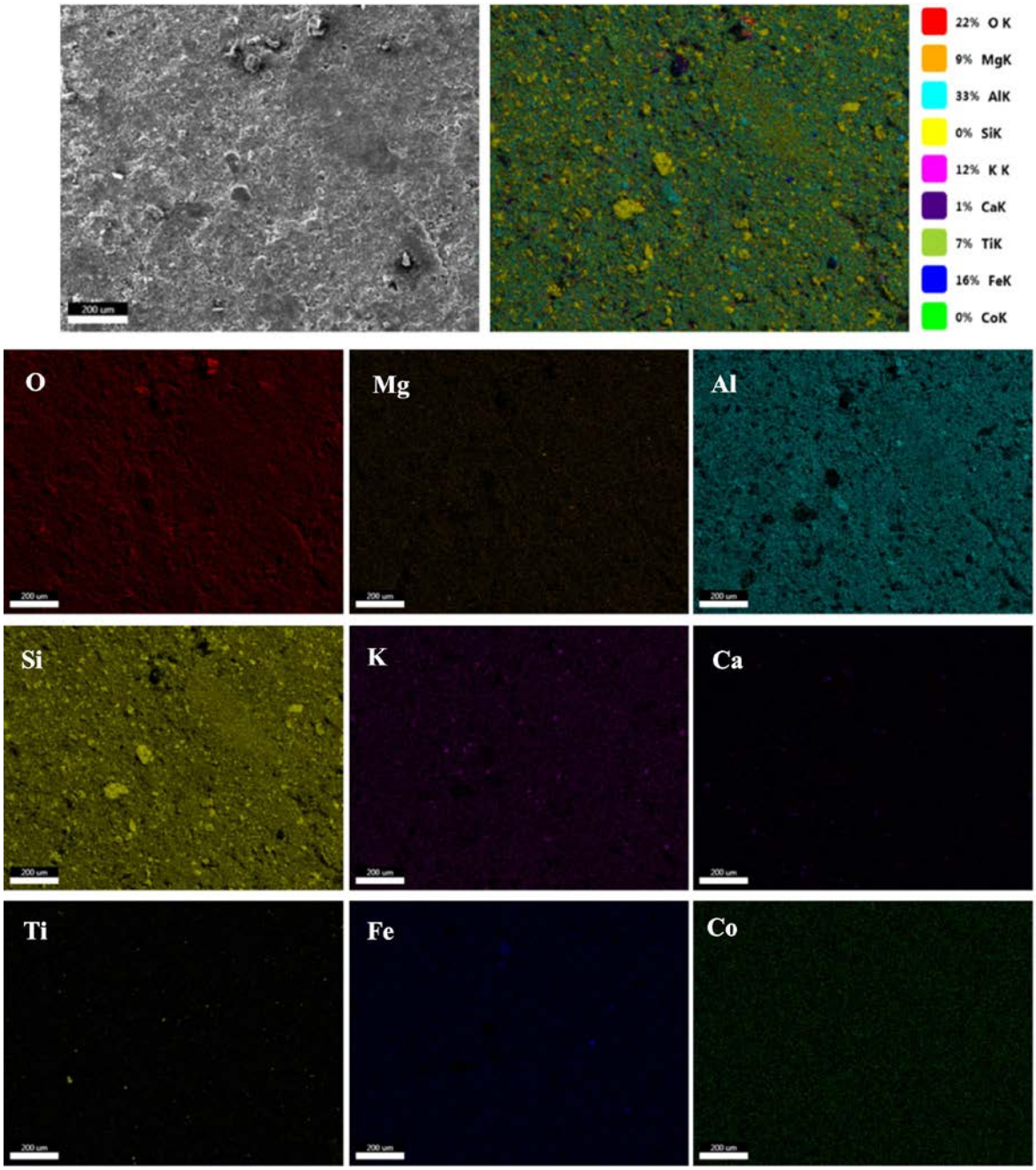
Şekil 4.47. AKT-12 kodlu örneğe ait EDS haritası

Şekil 4.48. AKT-13 kodlu seramik parçada %15 Oksijen (O), %9 Alüminyum (Al), %21 Silisyum (Si), %6 Fosfor (P), %3 Potasyum (K), %30 Kalsiyum (Ca), %4 Mangan (Mn), %13 Demir (Fe) gözlenmiştir.



Şekil 4.48. AKT-13 kodlu örneğe ait EDS haritası

Şekil 4.49. AKT-15 kodlu seramik parçada %22 Oksijen (O), %9 Magnezyum (Mg), %33 Alüminyum (Al), %12 Potasyum (K), %1 Kalsiyum (Ca), %7 Titanyum (Ti), %16 Demir (Fe), %0 Kobalt (Co) gözlenmiştir.



Şekil 4.49. AKT-15 kodlu örneğe ait EDS haritası

4.4. Raman Spektroskopisi Analizi

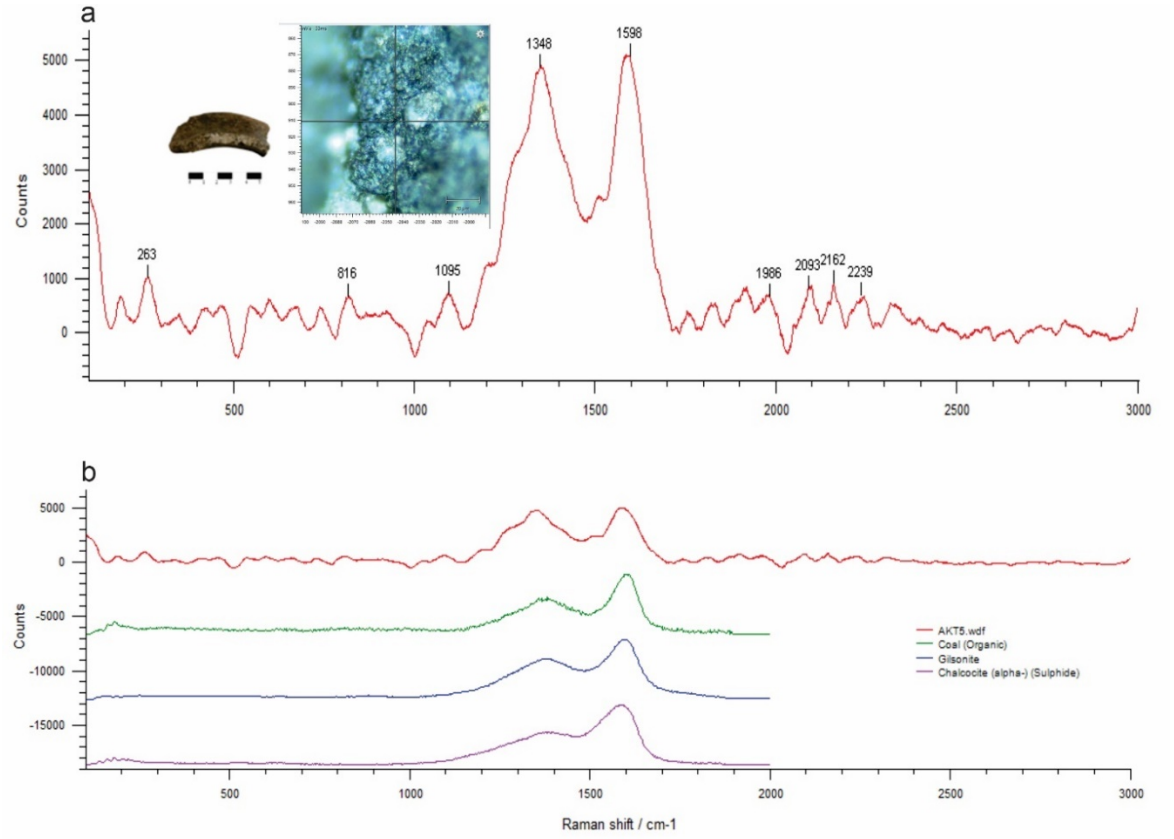
Raman spektroskopisi, bir parmak izi tekniği gibi çalışarak malzemelerin karakteristik titreşim spektrumlarını kullanır ve bu spektrumlar bir veri tabanında tanımlanarak karşılaştırılır **(Smith ve Clark, 2004).**

Raman spektroskopisi, özellikle diğer tekniklerle zor tespit edilen küçük fazların non-invaziv bir şekilde belirlenmesine olanak tanır. Bu nedenle Raman, optik veya elektron mikroskobu ile kullanılan bir kırınım tekniğiyle birlikte seramiklerin incelenmesinde oldukça etkili bir yöntem oluşturur. Seramiklerde bulunan minör mineral fazlar arasında demir oksitler en fazla araştırılanlardan biridir; çünkü genellikle kırmızı-siyah renklenmeden sorumlu olup, fırın atmosferinin oksitleyici veya indirgeyici özelliklerini belirlemede de önemli bir rol oynar **(Bersani ve Lottici, 2016).**

Çanak çömleklerin yüzeyinde camsı tabaka olduğu düşünülen çok ince bir katmanın yer alması, Raman analizinde düşük sıcaklıklarda bile erime sağlayan kurşun (Pb) ve EDS-Mapping analizinde Bor (B) varlığı ile ilişkilendirilmektedir. Bunun da sırlı ürünlere geçiş aşaması olabileceği fikri akla gelmektedir.

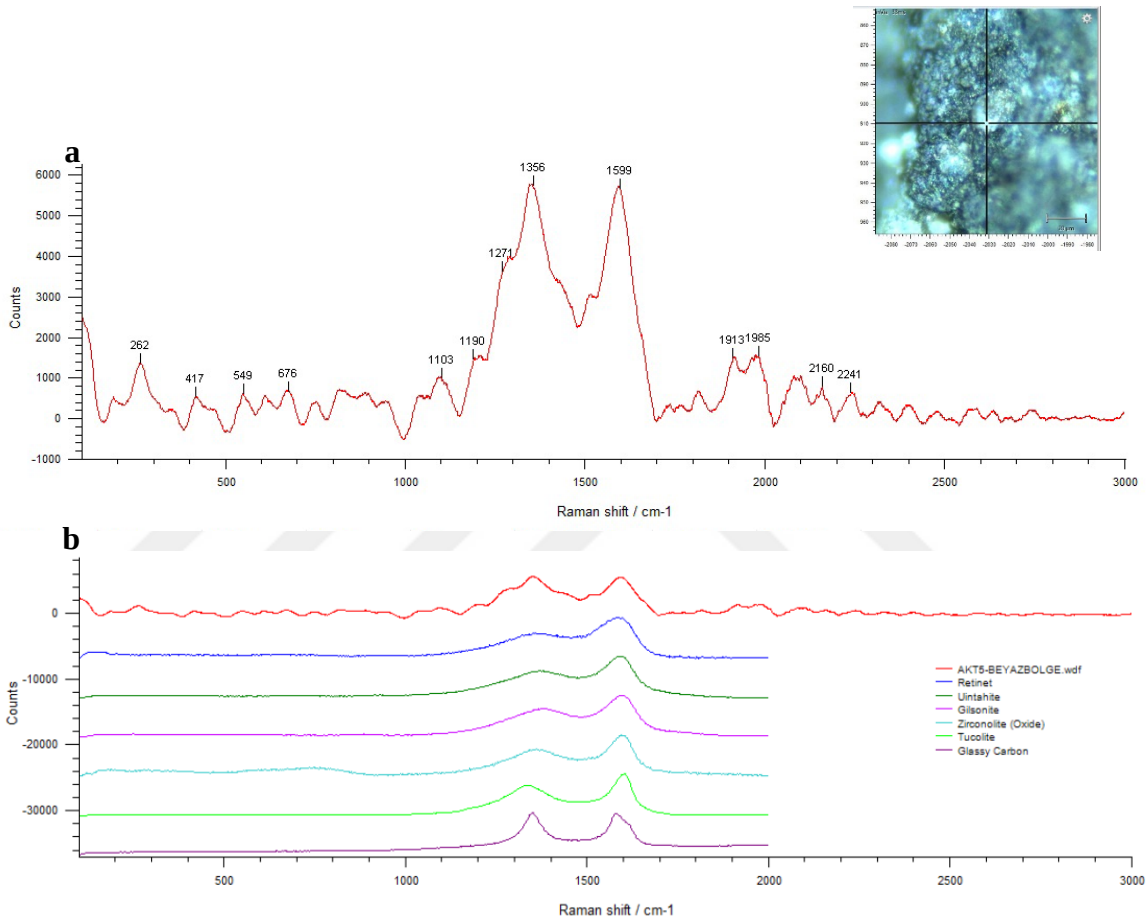
Rye (1981)'e göre; Seramik sırlarında üç temel bileşen grubu bulunur: (1) ağ oluşturucular, (2) ağ değiştiriciler veya akışkanlar ve (3) yardımcı bileşenler. Sırlar kullanılan maddelerin türü, miktarı, hangi mineralle eklendiği ve tanecik boyutuna göre ayarlanarak, istenilen sıcaklıkta eriyip yüzeye tutunacak şekilde hazırlanabilir.

Şekil 4.50'de AKT-5 kodlu seramik parçanın yüzeyinde bulunan siyah bölgenin Raman spektroskopisi görülmektedir. Şekilde verilen X ekseninde Raman kayması (cm^{-1}) bulunurken, Y ekseninde Raman yoğunluğu (Counts) değeri bulunmaktadır. Şekil 4.50 (a)'da elde edilen spektrum (kırmızı renkli çizgi), Şekil 4.50 (b)'de elde edilen referans spektrumlar (yeşil, mor ve pembe renkli çizgiler) ile ilişkilendirildiğinde, **Jadot ve ark., (2016)**, **Vander Weerd ve ark., (2004)** ve **Smith ve Clark (2004)**'ın raporladığı gibi yaklaşık 1348 cm^{-1} ve 1598 cm^{-1} aralığında belirgin olan piklerin karbon (Coal: kömür)'un varlığına dair kalıntılara işaret ettiği gözlenmektedir. Bu aralıktaki pikler aynı zamanda organik bileşiklerin varlığına da işaret etmektedir.



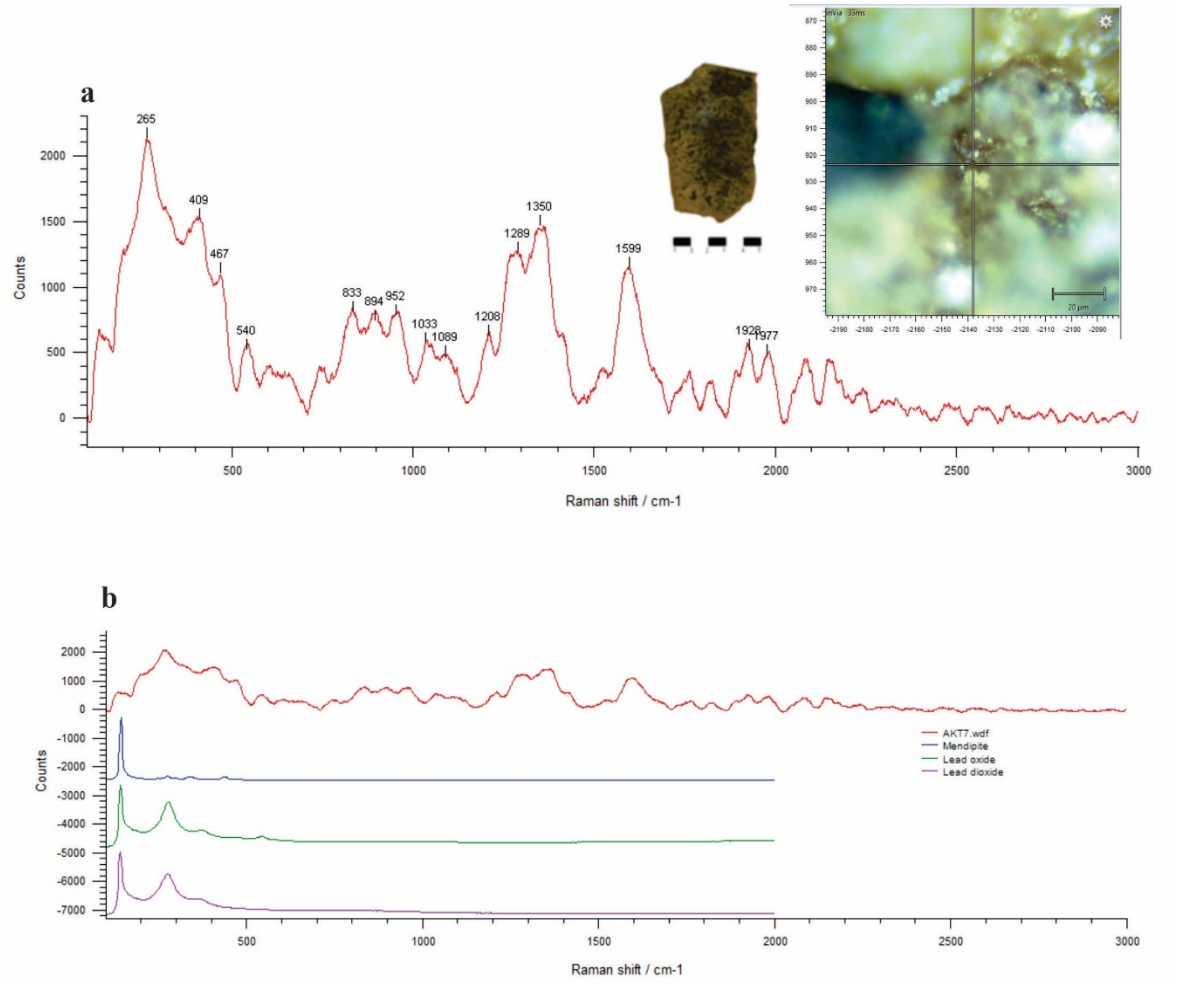
Şekil 4.50. AKT-5 kodlu seramik parçanın (siyah bölge) (a) yüzeyinden temsili Raman spektrumu (b) kömür (Coal), petrol ayrışma ürünü olan glisonit ve metalik parlaklığa sahip kalkosit-(Cu_2S)'e ait spektrumun karşılaştırılması

Şekil 4.51’de AKT-5 kodlu seramik parçanın yüzeyinde bulunan beyaz bölgeye ait Raman spektrumu verilmiştir. **Jadot ve ark., (2016), Bikiaris ve ark., (2000), Faria ve ark. (1997)** ve **Ogalde ve ark.** (2021), yaklaşık 225, 290, 405, 500,-610 cm^{-1} aralığındaki piklerin genellikle hematitin karakteristik yapısıyla uyum gösterdiğini raporlamıştır. 1356 cm^{-1} –1599 cm^{-1} aralığındaki güçlü piklerin ise, organik bileşiklerden reçine (retinet) ve karbon ile ilişkili olduğu görülmektedir.



Şekil 4.51. AKT-5 kodlu örneğe (beyaz bölge) ait (a) bünye kesitinden temsili raman spektrumu (b) Retinet, uintahite, glisonit, camsı karbona (glassy carbon) ait raman spektrumu ile karşılaştırılması

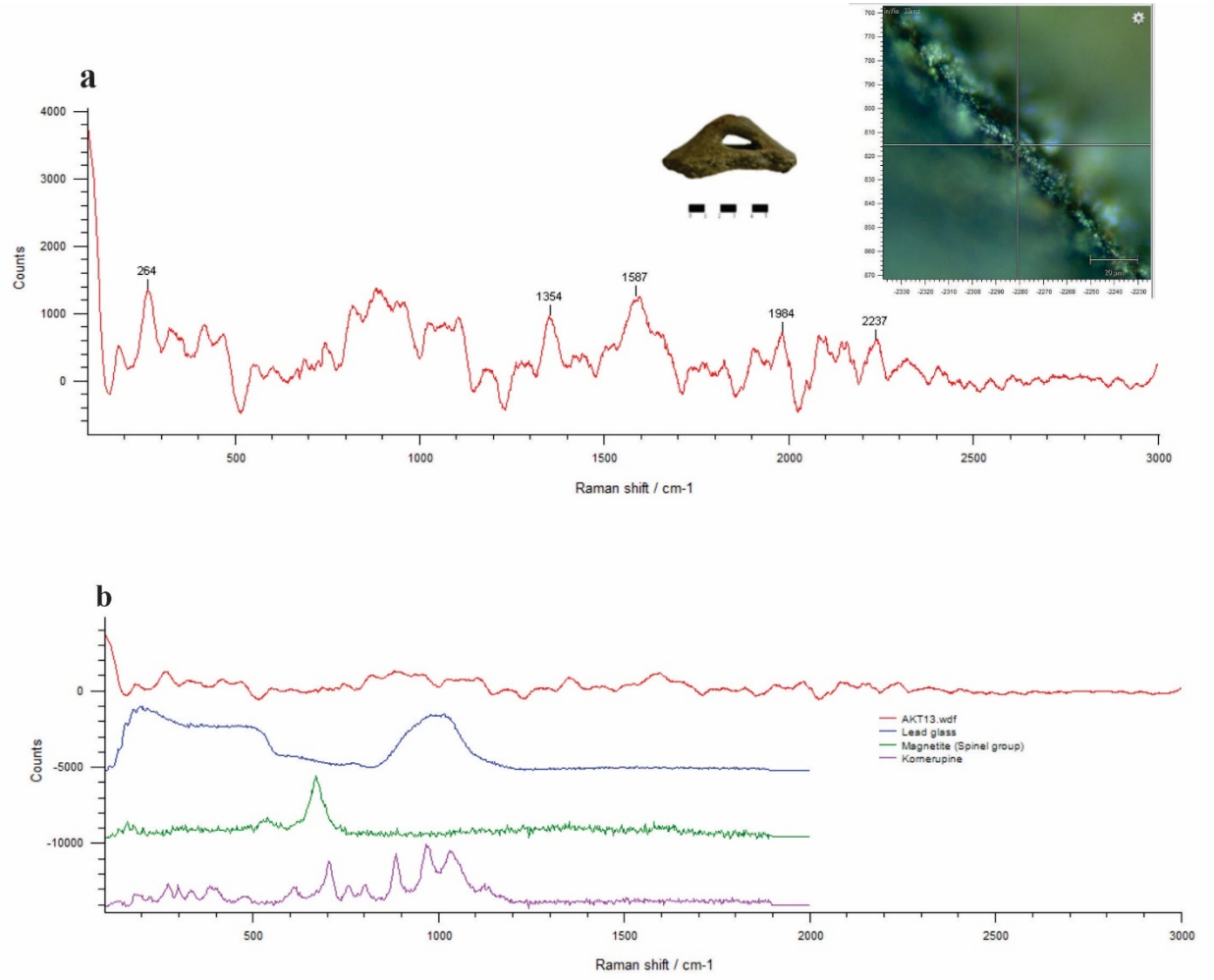
Şekil 4.52.'de sunulan veride AKT-7 kodlu seramik parçaya ait Raman spektrumu görülmektedir**.** Seramik parçadaki düşük dalga sayılarında (265 cm^{-1}**,**409 cm^{-1}**,** 467 cm^{-1}) gözlemlenen pikler, hematit gibi metal oksitlerin ve silikat yapıların karakteristik titreşimlerini temsil eder. Kurşun içeren bileşiklerin karakteristik titreşimleri (PbO**,** PbS, Pb_3O_4) **Burgio ve Clark (2001)**'e göre genellikle orta dalga sayısında 102-150 cm^{-1}ve 400-500 cm^{-1} aralığında yer almaktadır. Şekil 4.52. (b)'de görülen mendipite ($Pb_3Cl_2O_2$.) minerali, örnek yüzeyinin kurşun içerikli çok ince camsı tabaka ile kaplanmış olma ihtimalini güçlendirmektedir**.** 1350 cm^{-1} –1599 cm^{-1} aralığındaki güçlü piklerin ise, organik bileşiklerden karbona ait olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.52. AKT-7 kodlu örneğe ait (a) bünye kesitinden temsili Raman spektrumu (b) Mendipite ($Pb_3O_2Cl_2$), Kurşun oksit (Lead oxide), Kurşun dioksit (lead dioxide)'e ait raman spektrumu ile karşılaştırılması

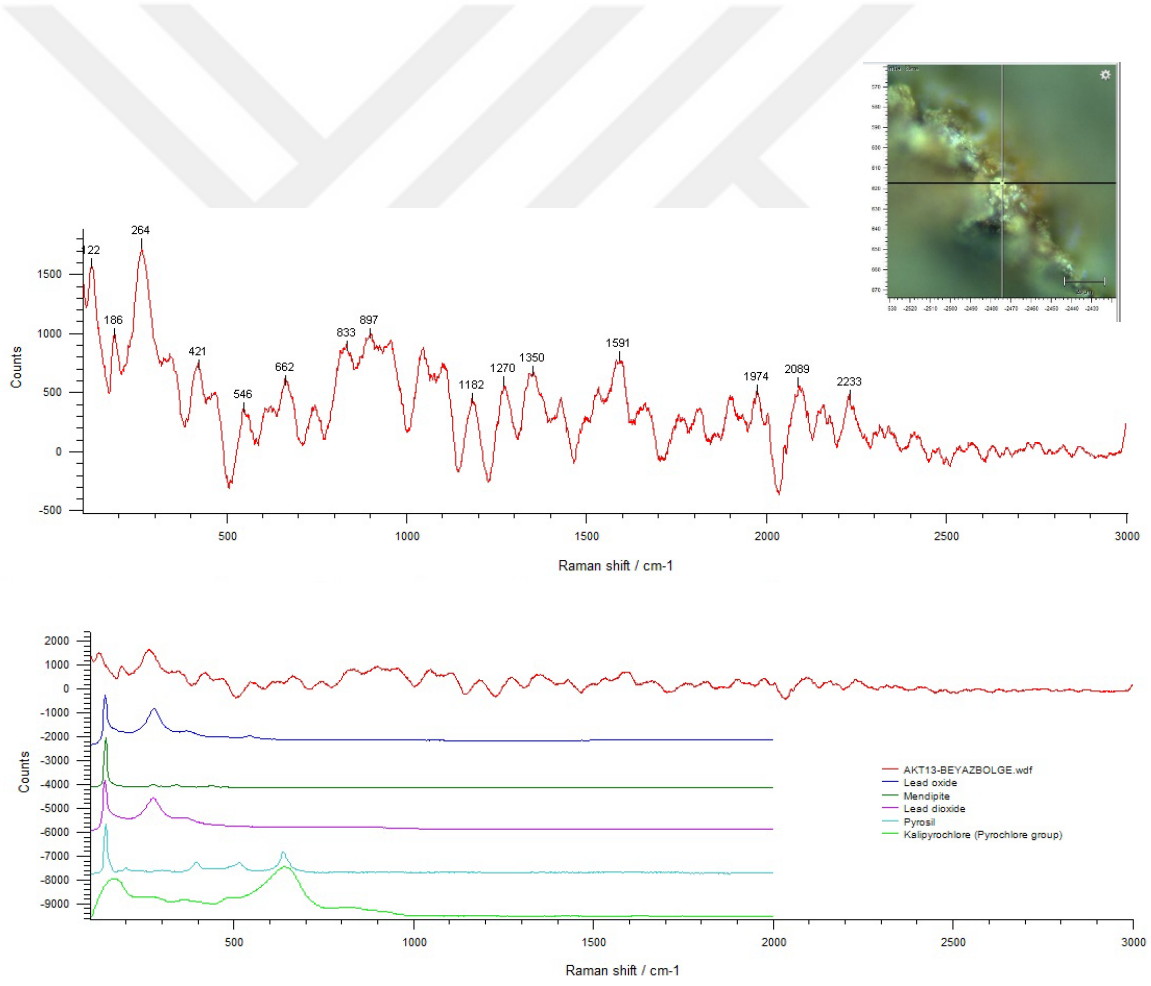
Şekil 4.53.'de, AKT-13 kodlu örneğin siyah bölgesine ait Raman spektroskopisi görülmektedir. AKT13 kodlu seramik parçada bu bölgeye karşılık gelen 264 cm^{-1} piki, hem kurşun camını (Pb-O) hem de magnetit (Fe-O) varlığını destekler. Bu pik aynı zamanda hematit gibi demir oksitlerle de örtüşebilir. Magnetit, spinel yapısında bir demir oksittir ve Raman spektrumunda genellikle **Jadot ve ark. (2016) ve Faria ve ark., (1997)**'e göre ~660–670 cm^{-1} aralığı

karakteristik Raman piki vermektedir. ~540 cm^{-1} ise Fe–O bağlarının başka bir titreşim modudur. Kabın aynı zamanda redüksiyonlu koşullarda fırınlanması magnetit (demirin redüksiyonlu ortamdaki fazı) oluşumunu güçlendirmektedir. Bu görüşü aynı numune koduna sahip olan, optik mikroskopta incelenen ince kesit görüntüsü ile XRD sonuçları da desteklemektedir.



Şekil 4.53. AKT-13 kodlu örneğe (siyah bölge) ait (a) bünye kesitinden temsili Raman spektrumu (b) Komerupine (Fe_3O_4), Magnetit (Fe_3O_4-spinel grup), Kurşun camı (Lead glass) ile Raman spektrumunun karşılaştırılması

Şekil 4.54'te AKT-13 kodlu örneğin beyaz bölgesine ait Raman spektroskopisi görülmektedir. AKT13 örneğinin beyaz bölgesinde Raman spektroskopisi ile yapılan analizde hem mineral hem de organik bileşenlere işaret eden çeşitli pikler gözlenmiştir. Spektrumda öne çıkan ilk pik, yaklaşık 264 cm^{-1} civarındadır. Bu bölge genellikle kurşun oksit bağlarının titreşimlerine karşılık gelmektedir. Bu durum, seramik parçada kurşun camı bulunduğunu güçlü şekilde destekler. İkinci pik, 816 cm^{-1} civarındadır ve bu titreşimler, seramik parçanın silikat yapılar içerdiğini gösterir; bu yapıların kuvars, feldspat gibi minerallerle uyumlu olduğu düşünülmektedir. 1095 cm^{-1} civarındaki üçüncü pik, genellikle fosfat veya karbonat gruplarının titreşimlerine karşılık gelir. Fosfat ve karbonatlar seramik üretiminde beyaz renk oluşumunda katkı sağlar. Daha yüksek frekanslı bölgelerde ise yaklaşık 1348 cm^{-1} ve 1598 cm^{-1} aralığında gözlemlenen pikler, karbon yapıları ve grafit benzeri bileşenler ile ilişkilidir. Bu pikler, seramik parçada organik bağlayıcılar veya karbon bazlı pigmentlerin bulunduğunu düşündürür.



Şekil 4.54. AKT-13 kodlu örneğe (beyaz bölge) ait (a) bünye kesitinden temsili Raman spektrumu (b)

4.5. XRF (X-ışını Floresans) Analizi

Çoğu element için yüksek hassasiyet ve nispeten kolay kullanım özellikleri, XRF'i arkeometride yaygın bir analitik teknik haline getirmektedir **(Artioli, 2010)**. XRF analizi, numunelerin küçük miktarlarını etkili bir şekilde inceleyerek, seramik örneklerdeki elementlerin göreceli konsantrasyonlarını doğru ve güvenilir bir şekilde belirlemeye olanak tanıyan ve gittikçe yaygınlaşan bir yöntemdir **(Santacreu, 2014)**. Çanak çömlek takası ve ticaretinin araştırılması, bu eşyaların üretildiği merkez ya da merkezlerin belirlenmesiyle başlar. Bu belirleme sürecindeki ilk adım, aynı kil ve kil+temper malzeme ile üretilmiş çanak çömlekleri bir araya getirmek amacıyla, ince kesit petrografisi ya da XRF yöntemiyle majör, minör ve iz elementler üzerinden kimyasal analiz yapmaktır **(Tite, 1999)**. Ayrıca seramiklerin üretim yeri hakkında daha net çıkarımlar yapılabilmesi için eser element analizlerinden faydalanılmaktadır **(Aubert ve Pinta, 1977)**.

Çizelge 4.9'da 15 adet seramik parçanın XRF yöntemi ile elde edilmiş kimyasal analizleri verilmektedir. AKT-1 kodlu örnek parçasının analizinde karışıklık olduğu düşünülmektedir. Analizin tekrarlanması için örnek miktarının yetersiz olması nedeniyle yorumlamalarda hariç tutulmuştur.

SiO_2 miktarının en yüksek olduğu örnekler AKT-15 (%60,69), AKT-14 (%60,42) iken bunu sırasıyla AKT-11 (%58,29), AKT-7 (%57,18), AKT-10 (%57,06), AKT-9 (%56,58), AKT-12 (%56,42) ve AKT-13 (%56,03) kodlu örnekler izlemektedir. Bunun, kilin doğal olarak kum içermesi ya da üretim sırasında seramiğin performans özelliklerini etkilemesi ve kontrol altına alınması açısından killi toprağa kuvars kumu (SiO_2) eklenmesi ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Kil içeren karışıma özellikle kabın sıcaklık değişimlerine karşı termal kararlılık sağlaması, ısı mukavemetini arttırması, kuruma küçülmesini azaltması ve bünyenin çatlamadan hızlı kurumasını sağlamak için kuvars, kalsit, volkanik kayaç parçaları ya da grog ilave edilebileceği **Hirshman ve Ferguson, (2012)** ve **Kilikoglou ve ark., (1995)** tarafından raporlanmıştır. Kuvars (SiO_2) miktarı en düşük örnek AKT-8 (%31,19) kodlu örnektir. Bunu sırasıyla AKT-3 (%41,94) ve AKT-2 (%49,07) kodlu örnekler izler.

Al_2O_3 miktarı genellikle %18,37 ile %15,23 arasında değişim göstermektedir. Bu oran, XRD analizinin de desteklediği ve **Rice (2015)** ve **Grim (1968)**'in raporladıkları gibi üretimde ana kil mineralleri olarak illit-smektit karakterli killerin kullanıldığını kanıtlamaktadır. Sadece AKT-8 kodlu örnekte Al_2O_3 miktarının ağırlıkça (%10,26) gibi düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Diğer örneklerle kıyaslandığında bu örneğin SiO_2 miktarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Analiz sonucu ile örneğin petrografik ve XRD analizi kıyaslandığında bu örnekte kil minerallerinin daha az kullanıldığı, piroksenli metamorfik kayaçların bünye bileşimine daha yoğun katkılandığı bulgusunu doğrulamaktadır. **Deer ve ark., (1992)** ve **Best, (2014)**'nın raporlarında piroksenli metamorfik kayaçların SiO_2 ve Al_2O_3 değerlerinin kuvars ve feldispat içeren kayaçlara göre daha düşük oranda olduğunu raporlamışlardır. Üretim, bölgenin jeolojik yapısı ve kap kacağı üreten ustanın teknolojik seçimine bağlıdır. Bu nedenle diğer örneklerin içerikleri de incelendiğinde AKT-

8 kodlu örneğin aynı bölgenin killi topraklarıyla daha fazla metamorfik kayaç ilave ederek, farklı üretim atölyesinde üretilmiş olabileceğini akla getirmektedir. Ya da aynı atölyede kabın farklı bir işlev için üretilmiş olabileceği düşünülmektedir.

AKT-3 kodlu örnek, ağırlıkça (%22,4) ile demir oksit (Fe_2O_3) içeriği açısından en yüksek miktara sahip örnektir. Bu miktarı ağırlıkça sırasıyla AKT-11 (%15,80), AKT-2 (%14,80), AKT-13 (%14,36), AKT-10 (%14,16) ve AKT-12 (%13,86) kodlu örnekler izlemektedir. En düşük Fe_2O_3 içeriği ise sırasıyla AKT-8 (%5,28) ve AKT-6 (%7,07) kodlu örneklerin izlediği görülmektedir.

Örneklerin tamamında pişmiş toprağa renk veren ve metamorfik kayaçlarda farklı miktarlarda gözlenen Fe, Mn, Cr, Co, Ni ve V elementleri gözlenmiştir. Cu ise sülfürlü damar ya da kontakt metamorfizma bölgelerinde bulunabilir. Sonuçlar, bölgenin maden yatakları ile de uyum göstermektedir.

Çizelge 4.9. Aktopraklık Höyük Kalkolitik Dönem Seramik buluntulara ait XRF Analizi

Numune Adı	SiO_2	Al_2O_2	TiO	Fe_2O_3	Cr_2O_3	CuO	NiO	ZnO	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	SO_3	V_2O_5	MnO	Co_3O_4
AKT 1	4,00	51,75	0,5	2,20	0,68	0,64	0,12	0,02	1,40	0,30	2,12	2,13	31,00	0,2	2,7	0,24
AKT 2	49,07	15,28	1,94	14,80	0,05	0,07	0,02	0,03	9,29	0,15	2,36	3,34	2,75	0,25	0,25	0,32
AKT 3	41,94	18,37	1,79	22,4	0,05	0,16	2,04	0,05	4,87	1,90	2,13	3,56	0,01	0,10	0,24	0,39
AKT 4	53,71	17,79	1,50	11,96	0,05	0,15	1,03	0,03	7,23	2,02	1,22	2,89	0,05	0,06	0,19	0,12
AKT 5	54,85	15,23	1,31	9,22	0,03	0,51	7,15	0,02	2,74	2,23	2,18	2,85	1,46	0,07	0,14	0,01
AKT 6	46,63	18,33	0,89	7,07	0,01	0,12	12,42	0,21	2,79	2,12	6,18	1,96	1,02	0,06	0,11	0,08
AKT 7	57,18	16,18	1,56	11,32	0,04	0,04	0,01	0,02	4,34	1,26	3,05	3,24	1,41	0,10	0,13	0,12
AKT 8	31,19	10,26	0,55	5,28	0,38	0,05	39,84	0,55	1,96	1,86	7,06	0,12	0,86	0,02	0,01	0,01
AKT 9	56,58	17,52	1,52	15,36	0,04	0,06	0,01	0,02	2,81	1,86	0,86	2,86	0,05	0,09	0,21	0,13
AKT 10	57,06	17,18	1,24	14,16	0,04	0,05	0,02	0,02	2,63	0,12	1,99	3,38	1,63	0,06	0,24	0,14
AKT 11	58,29	16,12	1,85	15,80	0,05	0,07	0,03	0,03	4,20	0,09	1,02	3,15	0,76	0,11	0,25	0,16
AKT 12	56,42	16,25	1,04	13,86	0,03	0,12	0,03	0,05	4,16	0,23	2,18	3,03	1,76	0,08	0,18	0,01
AKT 13	56,03	17,23	1,11	14,36	0,05	0,06	0,02	0,03	4,26	2,15	1,52	2,91	0,03	0,07	0,16	0,01
AKT 14	60,42	16,28	1,31	12,18	0,04	0,05	0,01	0,02	4,28	1,26	0,86	2,82	0,06	0,05	0,23	0,13
AKT 15	60,69	15,93	1,53	12,72	0,06	0,05	0,02	0,03	3,44	1,23	0,68	3,13	0,07	0,09	0,19	0,14

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada M.Ö 5800-5600 yılları arasında Aktopraklık Höyük B alanında bulunan İlk Kalkolitik'e ait 15 adet seramik malzeme çeşitli arkeometrik yöntemlerle karakterize edilmiştir. Söz konusu tabaka B alanında yapılan geniş bir alanda yapılan çalışmalardaki tabakaya ait tek bir tabakanın malzemesidir.

Öncelikle belirtilmelidir ki, Aktopraklık Höyük'te bulunan 15 adet seramik malzeme Höyük'ün genel olarak seramik teknolojisini ve kültürünün ancak küçük bir kısmını yansıtmaktadır. Söz konusu Höyük'te binlerce seramik parça içerisinden yalnızca 15 adet parça tez kapsamında araştırılmıştır. Yine de çalışmalar sonucu görmekteyiz ki Aktopraklık Höyük'te İlk Kalkolitik'e ait önemli bilgilerin elde edebileceğine dair bilgiler sunmaktadır. Elde edilen veriler, mevcut hipotezleri büyük ölçüde desteklerken, aynı zamanda yeni soruların ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Örneğin, seramik üretiminde kullanılan fırınların yapısal detayları, üretim organizasyonu ve seramik şekillendirme yöntemlerine ilişkin daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte de daha fazla buluntunun incelenmesi gerekir. Bu sonuçlara göre Aktopraklık Höyük'te; ilerleyen dönemlerde yapılacak olan daha geniş ve kapsamlı analizlerle birlikte, höyüğün seramik üretim sistemi ve topluluk içi dinamikleri daha derinlemesine anlaşılabilecektir.

Bu çalışmada ince kesitten gerçekleştirilen petrografik analizler ve mikroyapısal analizlerden (SEM) elde edilen verilere göre Aktopraklık Höyükten ele geçen İlk Kalkolitik'e ait AKT-9, AKT-12, AKT-14 ve AKT-15 kodlu seramik örneklerde paralel boşluk ve tane yönlenmesi gözlemlenmektedir. Birbirine paralel olacak şekilde yönlenmiş izler, yüzeye uygulanan perdahın paralel yönlenmesinden farklı olarak daha iç katmanlarda da fark edilen bir morfolojik özelliğe sahiptir. Bu gözlem, muhtemelen ürünlerden bazılarının yavaş dönen çark gibi turnet benzeri düz bir levha veya tabak üzerinde şekillendirilen kaplar olduğu ihtimalini düşündürmektedir.

Raman Spektroskopisi'nde yapılan analizlerde sır denilemeyecek kadar ince ama camsı bir tabakanın varlığından söz etmek mümkündür. Camlaşmış karbon ve kurşun içerikli malzemeler kullanılarak, yüzeyin geçirimsiz olmasını sağlayan "ince camsı" tabaka elde edilmiş olduğu gözlenmiştir. Seramiklerin camsı faz içermesi hem geçirimsizlik hem de dayanıklılık açısından önemli avantajlar sağlar. Camsı yapının, tarihöncesi toplumların belirli teknik bilgiye ve kontrollü pişirme sistemlerine sahip olabileceğini göstermesinde oldukça önemli/dikkat çekici bir bulgu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kabın iç ve/veya dış yüzeyleri, petrol türevlerinden Glisonit ve reçine türevlerinden Retinet gibi organik maddeler ile kaplanarak kaba geçirimsizlik işlevi sağlandığı görülmüştür.

Aktopraklık Höyük'ün XRD ve SEM-EDS analizi, pişirme sırasında oluşan mineral fazları tanımlayarak, seramiğin maruz kaldığı sıcaklık aralığına ve dolayısıyla kullanıldığı **fırın tipine** dair önemli bilgiler vermektedir. XRD sonuçları ve fırınla ilgili arkeolojik veriler birleştirildiğinde Aktopraklık Höyük'ün büyük oranda fırın tipi, rejimi ve teknolojik düzeyi hakkında dolaylı ancak

anlamlı veriler sağlanmaktadır. Bu bilgiler şu şekildedir; Arkeometrik analizlerde çıkan yüksek derece fazları 1000°C ve üzeri derecelere çıktığı tespit edilmiş ve arkeolojik çalışmalarla birleştirildiğinde aslında fırın bu sıcaklıklara uygun ve dayanıklı üretilmiştir. Fırının dış yüzeyinin kireçle sıvanması fırının yalıtımı açısından oldukça önemlidir aynı zamanda kireçle sıvanması fırın içerisinde pişirilen kapları ani şoklardan korurken, kapların renk ve dokusal anlamda homojenliğinin kalitesini arttıran bir faktördür. Muhtemelen camsı yüzeylerin sinterleşerek seramik çamur bünyeyle uyuşması fırın içerisindeki dengeli atmosferin sonucundan kaynaklanmaktadır. Öte yandan, gerek seramik kesitlerden çıplak gözle görülebilen gerekse petrografik analizlerdeki mikroskop görüntüleri malzemelerde, karışık atmosferli bir ortamda ürünlerin pişirildiğini göstermektedir. Bu ancak kontrollü bir pişirimle sağlanır. Fırın kapağının açılması ani şoklara sebebiyet vereceği için kapları da çatlatacağından muhtemelen fırını daha iyi kontrol etmek amacıyla baca mutlaka gereklidir. Fırın içeresinde taban sıvalarının değiştirilmesi, taban altı taş düzleminin onarılması fırının aktif olarak kullanıldığını gösterir. Ayrıca ısı yalıtımının dışında fırının kireçle sıvanması (arkeolojik verilere göre), fırın içerisinde pişirilen kapları ani şoklardan korurken, kapların renk ve dokusal anlamda homojenliğini dengeleyen bir faktördür. Öte yandan, seramik buluntuların makro ve mikro gözlemlerinden, seramiklerin fırın ortamı olarak karışık atmosferde (indirgen-yükseltgen) pişirildiğini göstermektedir. Bu ancak kontrollü bir pişirimle sağlanır. Bu durumda bir bacanın da olması gereklidir. Fırında yapılacak olan arkeometrik analizlerin yapılmasıyla bu bilgiler daha çok netlik kazanacaktır.

Höyük'ün bulunduğu coğrafyanın, kalker (kireç) içerikli kayalık ve toprak katmanlarından oluştuğu dikkate alındığında, seramik kapların analizlerinde görülen kalsiyum (Ca) içeren hammaddelerin görülmesi, bu kapların yerel olduğunu düşündürmektedir. Kireci ustalıkla kullanan Kalkolitik Dönem'de yaşamış toplumların, malzemeyi birçok alanda (takı, yalıtım, vb) bilinçli bir şekilde kullandıkları görülmektedir. Aktopraklık Höyük'te Kalkolitik Dönem'e ait kerpiç bloklar üzerinde daha önce araştırmacılar tarafından yapılan analizlerde, kil minerallerinden kaolinit ve montmorillonit tespit edilirken, bu çalışmada incelenen 15 adet seramik buluntuya ait parçalarda da montmorillonit'e rastlanmıştır. Ayrıca örneklerin EDS mikro kimyasal ve XRF kimyasal analizlerinden Mangan (Mn), Demir (Fe) ve Kobalt (Co) elementlerinin varlığı, bölgede var olan metalik madenlerle uyum sağlamaktadır. Bu bulgular, seramik buluntuların yerel üretim olma olasılığını daha da güçlendirmiştir. Bu çalışmanın devamında **Rice (1987)**'ın raporladığı gibi Aktopraklık Höyük'ün yaklaşık 7 km yarıçapı uzaklıkta bulunan kil içeren toprakların kimyasal analizleri yapılmalıdır. Özellikle topraklar ve buluntu seramik parçalara yapılacak iz element analizi, seramiklerin köken araştırmaları için önem taşımaktadır. Bu nedenle Höyüğe yaklaşık 7 km uzaklıktan elde edilecek killi topraklarla geniş sıcaklık aralıklarında ve farklı fırınlama koşullarında yeniden seramik üretimi yapılarak petrografik, mineralojik ve mikroyapısal analizlerle karakterize edilmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada, Aktopraklık Höyük'ün İlk Kalkolitik'te; hammadde seçimi, ürünün hazırlanması ve fırınlanmasını içeren seramik üretim süreçleri, o dönemde ulaşılan bilgi ve teknolojik düzeyin gelişmişliğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda seramik üretimi, hammadde temininden pişiriminde kadar olan süreçte yalnızca bireysel beceriye değil, topluluk içindeki ortak bilgi aktarımı ve deneyim paylaşımına dayanan kolektif bir faaliyet olduğunu göstermektedir.

Petrografik analizlerde grog malzeme görülmesi önceden kırılmış seramik parçaların geri dönüştürüldüğünü gösterir. Yani atık malzemenin yeniden üretime katılması söz konusudur. Bu durum teknik açıdan ustalık gerektirir ve hammadde de yerel üretimin olduğuna dair ipucu da verebilir. İnce kesit görüntülerinden ve makro gözlemlerden de anlaşılacağı üzere, hammadde seçimi bilinçli olarak yapılmış ve kapta istenilen özellikler hammadde hazırlık süreci (malzemenin öğütme boyutları, grog, diğer temper malzeme, cidar kalınlığı vb.) ve hazırlama süreci sonrası yüzeye yapılan işlemler (geçirimsizlik için glisonit, reçine, kurşun, astar kullanımı gibi) Aktopraklık'taki Kalkolitik Dönem topluluğun malzeme bilincinin olduğunun göstergesidir. Aynı zamanda XRD analizlerindeki fırın sıcaklıklarının; 900-1000 °C arasında olması, oksijenli ve redüksiyonlu atmosferi ayarlamaları, fırın iç ve dış tasarımı (arkeolojik veri) fırını çok iyi kullandıklarını gösterirken, malzemeyi de bir kez daha iyi tanıdıklarını pekiştiren bir veridir.

Bu çalışma kapsamında, Aktopraklık Höyük'ün Kalkolitik Dönem tabakalarından elde edilen 15 seramik örneği arkeometrik yöntemler aracılığıyla analiz edilmiş ve teknolojik özellikleri karakterize edilmiştir. Çalışma sonuçları, yerleşimde uygulanan seramik üretim teknolojisine ilişkin dikkate değer bulgular sağlamaktadır; ancak daha kapsamlı ve karşılaştırmalı (kendi içerisinde ve özellikle çağdaş arkeolojik yerleşmelerle) değerlendirmelerin yapılabilmesi için buluntu sayısının artırılarak arkeometrik yöntemlerle incelenmesi bilimsel açıdan gerekli görülmektedir.

.

KAYNAKLAR

Adatepe, F, Demirel, S., Alpar, B., 2002. "Tectonic setting of the southern Marmara Sea region: Based on Seismic Reaection Data and Gravity Modelling", Marine Geology 19, s.383-395.

Artioli, G., 2010. Scientific Methods and Cultural Heritage. United States by Oxford University Press Inc., New York: Oxford, 553s.

Aubert H, Pinta M., 1977. Trace elements in soils. In: Developments in soil science vol.7. Amsterdam: Elsevier. 395s.

Bernardini, F., Velicogna, M.,De Min, A., Barago, N., Antonelli, F., Micheli, R., Piorico, M., Roma, S., Visentini, P., 2024. Exploring pottery technology and mineralogical, petrographic and chemical composition at the Neolithic pile-dwelling site of Palù di Livenza in north-east ItalyArchaeological and Anthropological Sciences, 16:145 https://doi.org/10.1007/s12520-024-02043-z

Bersani, D., & Lottici, P. P., 2016. Raman spectroscopy of minerals and mineral pigments in archaeometry. Journal of Raman Spectroscopy, 47 (5), 499-530. doi:10.1002/jrs.4914.

Bikiaris, D., Daniilia, S., Sotiropoulou,S., Katsimbiri, O., Pavlidou, E., Moutsatsou, A. Chryssoulakis, Y., 2000. Ochre-differentiation through micro-Raman and micro-FTIR spectroscopies: applicationon wall paintings at Meteora and Mount Athos, Greece, Spectrochim. ActaAMol. Biomol. Spectrosc.56(1)(2000)3–18. [20]

Burgio L, Clark RJ., 2001. Library of FT-Raman spectra of pigments, minerals, pigment media and varnishes, and supplement to existing library of Raman spectra of pigments with visible excitation. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. Jun; 57 (7):1491-521.

doi: 10.1016/s1386-1425(00)00495-9. PMID: 11446703.

Cau-Ontiveros, M., Day, P. and Montana, G. 2002. Secondary calcite in archaeological ceramics: In: n.e.Modern trends in scientific studies on ancient ceramics:.Oxford: Archaeopress. pp. 9-18.

Cultrone G., Navarro C.R., Sebastian E., Cazalla O., Torre M. J., 2001. Carbonate and Silicate Phase Reactions during Ceramic Firing, Eur. J. Mineral, 13: 621-634.

Çelik, S. A., 2022. Aktopraklık Höyük Çanak Çömleği: Dal Örgü Mimari Tabakası. In Colloquium Anatolicum, 21: 37-67. Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü.

Esin, U., 1985. Arkeolojide kullanılan arkeometrik araştırmalara genel bir bakış. I. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, 20-24.

Fabbri, B.; Gualtieri, S.; Shoval, S., 2014. The Presence of Calcite in Archeological Ceramics. J. Eur. Ceram. Soc., 34:1899-1911.

Faria, D.L.A., Venancio Silva, S., Oliveirade M.T., 1997., Raman micro spectroscopy of some iron oxides and oxyhydroxides, J.RamanSpectrosc.28(11)(1997)873–878.

Froh, J.,2004., Archaeological Ceramics Studied by Scanning Electron Microscopy Printed in the Netherlands.: Kluwer Academic Publishers, 154: 159-176.

Garrison, Ervan G., 2003. Techniques in Archaeological Geology. Springer-Verlag London Ltd., Berlin, 304s.

Gerwulf, S., 2017. Mineralogical and Chemical Alteration in Alice Hunt (ed.), The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis, Oxford Handbooks.

Gilstrap, W. D., Meanwell, J. L., Paris, E. H., López Bravo, R., & Day, P. M. 2021. Post-Depositional Alteration of Calcium Carbonate Phases in Archaeological Ceramics: Depletion and Redistribution Effects. Minerals, *11*(7), 749. https://doi.org/10.3390/min11070749.

Grim, R. E. 1968. Clay Mineralogy (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

Hacıosmanoğlu, S., 2016. "Provenance study of the Late Bronze Age Cypriote potteries: White slip and monochrome wares from tell Atchana/the Ancient Alalakh (Hatay) and archaeometrical approaches, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 152 s.

Hirshman, A. J., AU - Ferguson, J. R., 2012. Temper mixture models and assessing ceramic complexity in the emerging Tarascan state. Journal of Archaeological Science, 39 10, 3195-3207

Holakooei, P., Tessari, U., Verde, M., Vaccaro, C., 2014. A new look at XRD patterns of archaeological ceramic bodies: An assessment for the firing temperature of 17th-century haft rang tiles from Iran. J Therm Anal Calorim (2014) 118:165–176

Hunt, A. M. W., 2017. The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis. 724s.

Hunt, A. M., & Speakman, R. J., 2015. Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics. Journal of Archaeological Science, 53: 626-638.

Jadot, E., Schiavon, N., Manso, M. 2016. The ceramics of Malpaís of Zacapu, Michoacán, Mexico, during the Early and Middle Postclassic periods (900–1450AD): Micro-chemical characterization of surface paintings, Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, https://doi.org/10.1016/j.sab.2016.03.002.

Karul, N., Avcı, M. B., Deveci, A., & Karkıner, N., 2010. Bursa Aktopraklık Höyük'te Kültür Sektörünün Oluşturulması: Çok Yönlü Bir Proje. Tüba-Ked Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi, (8), 241-262.

Karul, N., 2015. Aktopraklık Açıkhava Müzesi ve Arkeoloji Okulu. Arkeoloji ve Sanat Dergisi, 150: XI-XXII.

Karul, N., 2017. Aktopraklık: Tasarlanmış Prehistorik Bir Köy. İstanbul: Ege Yayınları, 213s.

Kaycı, O. H., 2013. Aktopraklık Verileri Işığında Kuzeybatı Anadolu'da Son Neolitik İlk Kalkolitik Geçiş Sorunu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi,İstanbul, 337 s.

Kazancı, N, Ö. Toprak, S. A. G. Leroy, S. Öncel, Ö. İleri, Ö. Emre, P. Costa, K. Erturaç, E. McGee. 2006. “Boron content of Lake Ulubat sediment: A key to interpret the morphological history of NW Anatolia, Turkey”, Applied Geochemistry 21, s. 134-151.

Kilikoglou, V., Vekinis, G., and Maniatis, Y., 1995, Toughening of ceramic earthenware by quartz inclusions: an ancient art revisited, Acta Metallurgica et Materialia, **43**, 2959–65.

Kramar, S., Lux, J., Mladenović, A., Pristacz, H., Mirtič, B., Sagadin, M., & Rogan-Šmuc, N. 2012., Mineralogical and geochemical characteristics of Roman pottery from an archaeological site near Mošnje (Slovenia). Applied Clay Science, *57*, 39-48.

Lan, L., Rui, M., Deha, S., Yuniu, L. 2024. “Primary Selection? Petrographic Analysis of CeramicsExcavated From the Jianchuan Basin, Northwest Yunnan Province”, Archaeological Research in Asia (40), 100546

Lerner, J., Shimshoni, I. 2022. Thin section analysis for ceramic petrography using motion analysis and segmentation techniques Machine Vision and Applications 33, 70

Maniatis, Y., & Tite, M. S., 1981. Technological Examination of Neolithic-Bronze Age pottery from central and southeast Europe and from the Near East. Journal of Archaeological Science, 8(1): 59-76.

Middleton,A.,1997.Ceramic petrography. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia,Supplement 2: 73-79.

Noei, S., 2007. Tarihöncesi Anadolu'da (MÖ 8500-3500) Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç'in Arkeolojik ve Arkeometrik Değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü , İstanbul. 283 s.

Ogalde, J. P., Arriaza, B., Lara, N., Paipa, C., Leyton, P., & Campos-Vallette, M., 2021. Chemical analyses of colors in the Cabuza phase ceramics (900–1200 CE), Azapa Valley, northern Chile .Journal of Archaeologica lScience: Reports, 38 , 103058.

Özdoğan, M., Eres, Z., Yılmaz, Ö., 2014. 50 Soruda Arkeoloji. 7 Renk Basım Yayın, İstanbul, 240s.

Özdoğan, M.,2019. Hammaddeden Ustalara: Tarihöncesi Arkeolojisinde Malzeme: Arkeoloji ve Sanat Yayınları,İstanbul,303s.

Özsoy, D., 2019. Nilüfer Çayı ile Sulanan Alanların Bazı Önemli Toprak Özellikleri ve Ağır Metal İçeriklerinin Konumsal Analizi ile Güncel Arazi Kullanım Türlerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 96 s.

Rathossi, C., Tsolis-Katagas, P., & Katagas, C., 2004. Technology and composition of Roman pottery in northwestern Peloponnese, Greece. Applied Clay Science, 24 (3-4):313-326.

Rye, O.S.,1976. Keeping your temper under control: Materials and Manufacture of Papuan Pottery. Archeology and Phys. Anthropology in Oceania, 11, 12, 106-137.

Quinn, S.P., 2022. Thin Section Petrography, Geochemistry and Scanning Electron Microscopy of Archaeological Ceramics, Archaeopress, ISBN: 9781803272719, DOI 10.32028/9781803272702

Santacreu, D. A., 2014. Materiality, Techniques and Society in Pottery Production. Warsaw/Berlin: De Gruyter Open Ltd, 323s.

Smith, G. D., & Clark, R. J. H.,2004. Raman microscopy in archaeological science. Journal of Archaeological Science, 31(8): 1137-1160.

Stoltman, J. B.,2015. Ceramic Petrography and Hopewell Interaction. Tuscaloosa, Alabama: University Alabama Press, 209s.

Rasmussen, K. L., De La Fuente, G. A., Bond, A. D., Mathiesen, K. K., & Vera, S. D , 2012. Pottery firing temperatures: a new method for determining the firing temperature of ceramics and burnt clay. Journal of Archaeological Science, 39(6): 1705-1716. doi:10.1016/j.jas.2012.01.008

Rice, P. M. (2015). Pottery Analysis: A Sourcebook (2nd ed.). Chicago: University of Chicago Press.

Rice, P. M.,1987. Pottery Analysis: A Source Book. University of Chicago Press: Chicago, 552 s.

Roodenberg, S. M., 2011. A Preliminary Study of the Burials from Late Neolithic–Early Chalcolithic Aktopraklık. Anatolica XXXVII, s. 17-43.

Santacreu, D. A., 2014. Materiality, Techniques and Society in Pottery Production. Warsaw/Berlin: De Gruyter Open Ltd, 324s.

Schoop, U.D., 2011, The Chalcolithic on the Plateau", eds. Steadman. S. R, Mc Mahon. G, The Oxford Handbook of Ancient Anatolia, 10000-323 B.C.E., Oxford University Press, Oxford, s. 150-173.

Schroedter, T.M., Nelle, O., 2015. New insights into Mid-Holocene vegetation in the southern Marmara region: Charcoal from the Late Neolithic to Early Chalcolithic settlement site Aktopraklık, northwestern Turkey, Quaternary International 366: 81-95

Shepard, A., 1956. Ceramics for the Archaeology. Publication 609.Carnegie Institution of Washington. Washington D.C., 414s.

Sillar, B., & Tite, M. S., 2000. The Challenge Of 'Technological Choices'for Materials Science Approaches in Archaeology. Archaeometry, 42(1): 2-20.

Smith, G. D., Clark, R. J. 2004. Raman microscopy in archaeological science. Journal of Archaeological Science, 31(8), 1137-1160. https://doi.org/10.1016/j.jas.2004.02.008

Tite, M. S., Kilikoglou, V., & Vekinis, G., 2003. Strength, Toughness and Thermal Shock Resistance of Ancient Ceramics, and Their Influence On Technological Choice. Archaeometry, 43(3): 301-324. doi:10.1111/1475-4754.00019

Tite M.,1999. Pottery production, distribution, and con sumption: the contribution of the physical sciences. J Archaeol Method Theory 6 (3):181–233.

VanderWeerd, J., Smith, G.D., Firth, S., Clark, R.J.., 2004. Identification of black pigments on prehistoric southwest American potsherds by infrared and Raman microscopy, J. Archaeol.Sci.31(10)1429–1437.

Velde, B., & Druc, I. C., 1999. Archaeological Ceramic Materials: Origin and Utilization (Vol. 1): Springer-Verlag Berlin Heilberg New-York, 299s.

İnternet Kaynakçaları:

http://www.mta.gov.tr/ [Son erişim tarihi: 23.07.2024].

https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgimerkezi/maden_potansiyel_2010/Bursa_Madenler.pdf [Son erişim tarihi: 10.07.2025].

http://www .thermofisher.com/blog/materials/sem-signal-types-electrons-and-the-information-they-provide/ [Son erişim tarihi: 09.04.2025].

ÖZGEÇMİŞ

Melike POLAT 2016 yılında İstanbul Üniversitesi Tarihöncesi Arkeolojisi (Prehistorya) bölümünden mezun oldum. Bursa-Aktopraklık, Mersin-Yumuktepe ve Adana-Tepebağ kazılarında görev aldım. Ayrıca Orkun H. Kaycı tarafından Doğu Akdeniz bölgesinde yapılan çalışmalar kapsamında, Adana'nın bazı ilçelerinde yüzey araştırmalarına katılarak tecrübeler kazandım. Arkeoloji 'ye ara verdikten sonra 2021 yılında kendi seramik atölyemi açtım. Eski mesleğimi ve kurduğum işten ilham alarak yüksek lisans araştırmaya karar verdim ve neticesinde 2022 yılında Arkeometri Anabilim Dalı'nda öğrenciliğime yeniden başladım. Halen seramiğe olan tutkum, binlerce yıl önce aynı toprağı yoğurup ateşle şekillendiren ustaların izinde, bugün kendi atölyemde yaşamaya devam etmektedir. Bu tutku, sadece bir uğraş değil; geçmişle kurulan bir bağ ve geleceğe taşınacak bir mirastır.

EKLER

Katalog No: 1 **AKT-1**

Buluntu Yeri-No: 17I, 29.- 395

Parça Formu: Ağız parçası, tutamaç

Biçim: Dışa dönük ağızlı “S” biçimli kâse

Yüzey İşlemleri: İç ve dış yüzey iyi perdahlanmış. Kulp olan yeri çentiksiz eklenmiş.



Üretim Tekniği: Elle şekillendirme

Fırınlama Koşulu: Karışık atmosfer (Redüksiyon-Oksidasyon)



Açıklama: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 22 cm çapında ağız parçası ve 6 cm yüksekliği olan ölçülere sahiptir. Ağzın hemen altında başlayan tutamaç bulunmaktadır.



Katalog No: 2	**AKT-2**
Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye: 2009 16M 10.-	
Parça Formu: Ağız parçası	
Biçim: Uzun boyunlu, düz bitimli, küresel gövdeli	
Yüzey İşlemleri: İç ve dış yüzey perdahlı	
Üretim Tekniği: Elle şekillendirme	
Fırınlama Koşulu: Redüksiyon ancak yüzeyde çok ince bir tabaka daha kızıl renkli bu da soğutma sırasında az da olsa ürünün oksijenli ortama maruz kaldığını göstermektedir.	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 15 cm çağında ağız parçası olan ve yüksekliği 6,5 cm ölçülere sahiptir.	

Katalog No: 3 **AKT -3**

Buluntu Tarihi -Yeri-Seviye:
2012 19K 127.-

Parça Formu: Ağız parçası

Biçim: Dış bükey kenarlı derin kâse, S kıvrımlı

Yüzey İşlemleri:
Parlak görünümlü perdahlanmaya sahip ve bu perdahlama işlemi yatay doğrultuda yapılmış. Perdahlama muhtemelen tabak benzeri turnet yardımıyla üretildiği düşünülmektedir.

Üretim Tekniği: Elle şekillendirme

Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer
İç ve dış yüzey Redüksiyon
Kesit (Ortası): Oksidasyon

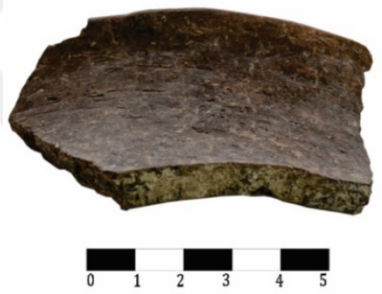
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere ağız parçası 21,8 cm çapında ve yüksekliği 5,6 cm olan ölçülere sahiptir.



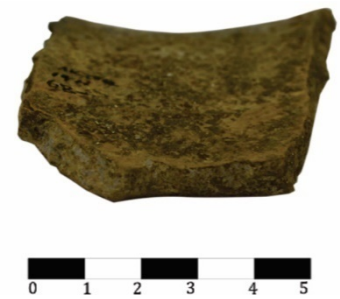




Katalog No: 4	**AKT-4**
Buluntu Yeri -Seviye: 17I B1.-	
Parça Formu: Ağız parçası	
Biçim: Düz yükselen, daralan ağızlı küresel/açılan ağızlı	
Yüzey İşlemleri: İç-dış yüzey perdah iyi	
Üretim Tekniği: Tabak benzeri turnet Paralel boşluk ve tanecik yönlenmesi bulunmaktadır.	
Fırınlama Koşulu: Redüksiyon	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 8 cm çapında bir ağız parçasına sahip olup yüksekliği 8,2 cm ölçülere sahiptir.	

Katalog No: 5	**AKT-5**
Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye: 2005 18H 16.-	
Parça Formu: Ağız parçası	
Biçim: Dışa dönük ağızlı “S” kıvrımlı çömlekler	
Yüzey İşlemleri: İç ve dış yüzeyi iyi perdahlanmış. (Yatay yönde)	
Üretim Tekniği: İri taneli parçacıklar olmakla birlikte kesitten anlaşıldığı üzere elle şekillendirilmiş.	
Fırınlama Koşulu: Redüksiyon	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 18 cm çapında ve 5,3 cm yüksekliğinde ölçülere sahiptir.	

Katalog No:6	**AKT-6**
Buluntu Tarihi- Yeri-Seviye: 2009 18K 107.-	
Parça Formu: Ağız parçası	
Biçim: Dışa dönük ağızlı “S” kıvrımlı çömlek	
Yüzey İşlemleri: Ağız bölgesinde devetüyü renginde ince astar uygulanılmış.	
Üretim Tekniği: Elle şekillendirme	
Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer Kesit: Redüksiyon İç ve Dış Yüzey: Oksidasyon	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 28,4 cm çapında ve yüksekliği 6,5 cm’dir.	

Katalog No: 7	**AKT-7**
Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye: 2012 19H 68.-	
Parça Formu: Ağız parçası	
Biçim: Dışa dönük ağızlı “S” biçimli çömlekler	
Yüzey İşlemleri: İnce tabakalı astar	
Üretim Tekniği: Elle şekillendirme	
Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer Kesit: Oksidasyon İç ve Dış Yüzey: Redüksiyon	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 19 cm çapında ve 10 cm yüksekliğinde ölçülere sahiptir.Killi matriks ağırlıkta, %5 kum. Demir içeriği yüksek, ince cidarlı.	

Katalog No: 8 **AKT-8**

Buluntu Tarihi-Seviye-No:
2005 18H 9.- 524

Parça Formu: Ağız parçası

Biçim: Düz yükselen, kısa boyunlu çömlek

Yüzey İşlemleri: Deve tüyü renkli çok ince astar

Üretim Tekniği: Elle şekillendirme

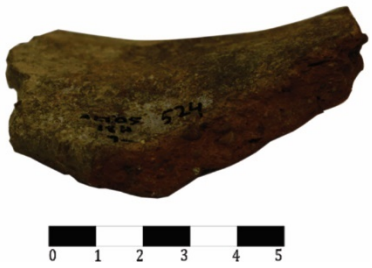
Fırınlama Koşulu: Oksidasyon

Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere Yaklaşık 18 cm çapında ve 6,4 cm yüksekliğinde bir ağız parçasıdır.

Killi matriks içerisinde %15 civarı iri taneler







Katalog No: 9	**AKT-9**
Buluntu Tarihi-Seviye: 2008 16K 11.-	
Parça Formu: Dip	
Biçim: Dipler	
Yüzey İşlemleri: Özsüz taneler AKT-8 ile kıyaslandığında daha ince boyutlu	
Üretim Tekniği: Çarkla (tabak benzeri olabilir) yardımıyla şekillendirilmiş.	
Fırınlama Koşulu: Oksidasyon	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 9,6 cm ağız çapı ve 2 cm yüksekliğinde ölçülere sahiptir.	

Katalog No: 10 **AKT-10**

Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye:
2009? 16K 10.-

Parça Formu: Dip

Biçim: Dipler

Yüzey İşlemleri: Makro gözlemlerden anlaşılacağı üzere, iç yüzey PbO (kurşun) içeren ince astar ile kaplı camsı tabaka çizilmeleri de var.



Üretim Tekniği: Elle şekillendirme

Fırınlama Koşulu:
Karışık Atmosfer
Kesit(ortası): Redüksiyon
İç ve Dış Yüzey: Oksidasyon



Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 8 cm çapında ve 2,4 cm yüksekliğinde ölçülere sahiptir.



Katalog No: 11	**AKT-11**
Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye: 2008 16K 10.-	
Parça Formu: Ağız parçası	
Biçim: Uzun boyunlu, açılan ağızlı çömlekler	
Yüzey İşlemleri: İç ve dış yüzeyine çok çok şekilde kırmızı astar uygulanmış.	
Üretim Tekniği: Elle şekillendirme	
Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer Kesit(ortası): Redüksiyon İç ve Dış Yüzey: Oksidasyon	
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere 16 cm çapında ve de 6,3 cm yükseklik ölçülerine sahiptir	

Katalog No:12	**AKT-12**
Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye: ???? 21K 42.- Kalkolitik	
Parça Formu: Ağız	
Biçim: Dışa dönük ağızlı, kıvrımlı çömlekler	
Yüzey İşlemleri: İç ve dış yatay yönde perdahlı. Camsı yüzey.	
Üretim Tekniği: Çark? Paralel boşluk yönlenmesi mevcut.	
Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer Kesit(ortası): Redüksiyon İç ve Dış Yüzey: Oksidasyon	
Tanım: 42,4 cm çapında ağız parçasına sahip ve yüksekliği 5,2 cm'dir.	

Katalog No: 13 **AKT-13**

Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye:

? 18K 40.-

Parça Formu: Gövde (Dikey Kulplu)

Biçim: Belirlenemedi

Yüzey İşlemleri: İnce astarlı. Raman sonucuna göre PbO (kurşun) oluşumu var.



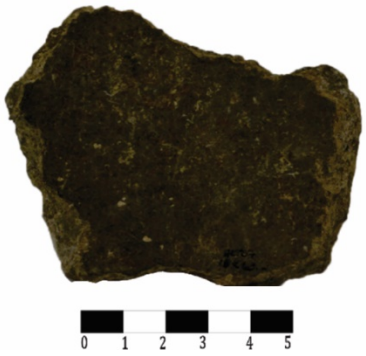
Üretim Tekniği: Elle şekillendirme (kesitine bakıldığında iri taneler az genellikle ince taneli)



Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer

Kesit(ortası): Redüksiyon
İç ve Dış Yüzey: Oksidasyon

Tanım: Bütün halde duran dikey kulp parçası çentiksiz olarak gövdeye birleştirilmiştir.



Katalog No: 14 **AKT-14**

Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye:
2011 23K 29.-

Parça Formu: Ağız ve Dip

Biçim: Düz bitimli, dışbükey kenarlı derin kaseler

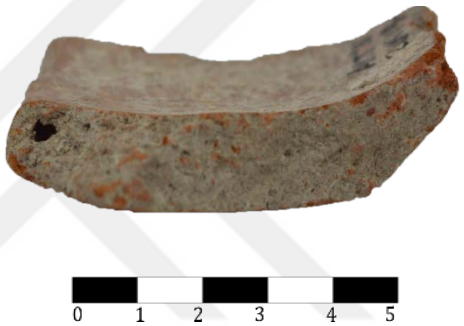
Yüzey İşlemleri: İç ve dış yüzeyi çok iyi perdahlanmış. Camsı görünümlü çok ince astarlı.

Üretim Tekniği: Çark
Çok iri taneli yapıda özsüz taneler.

Fırınlama Koşulu: Oksidasyon

Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere ağız yarı çapı 21,8 cm ve yüksekliği 5,1 cm yüksekliğindedir.







Katalog No: 15 **AKT-15**

Buluntu Tarihi-Yeri-Seviye:
?? 15H 43.-

Parça Formu: Ağız parçası

Biçim: Dışa Dönük Ağızlı Kıvrımlı Çömlekler

Yüzey İşlemleri: Dış yüzey parlak astar, iç yüzey mat astarlı

Üretim Tekniği: Elle şekillendirme

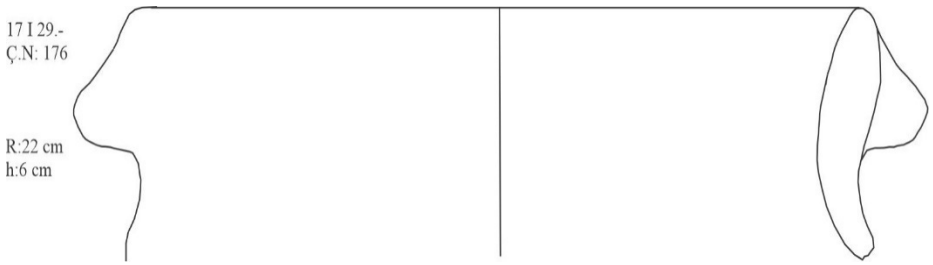
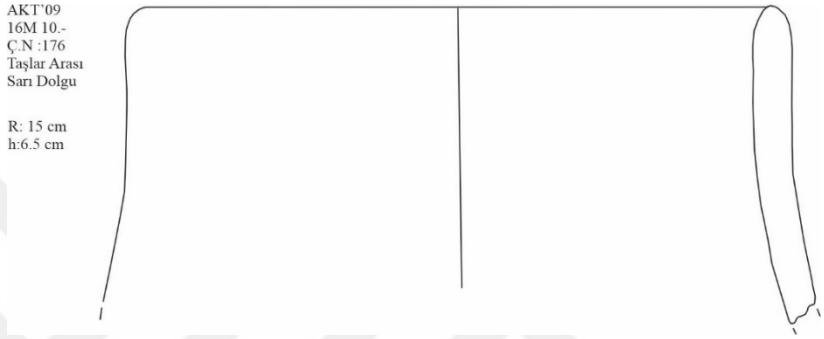
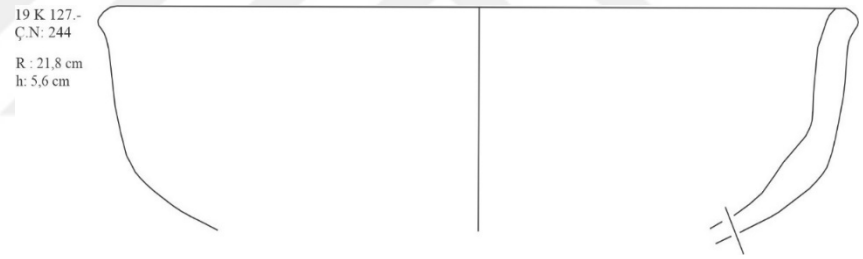
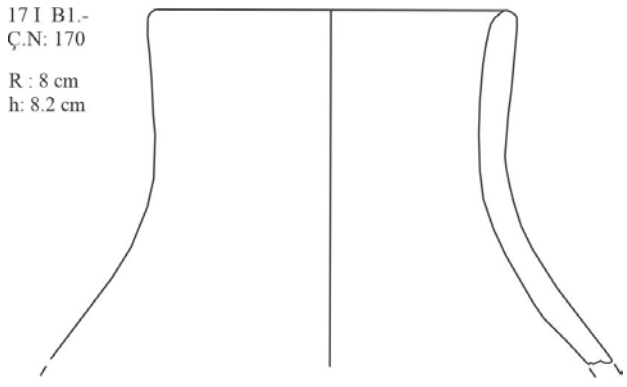
Fırınlama Koşulu: Karışık Atmosfer
Kesit(ortası): Redüksiyon
İç ve Dış Yüzey: Oksidasyon

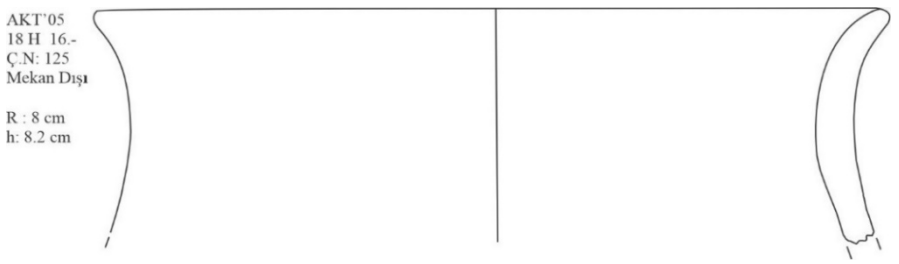
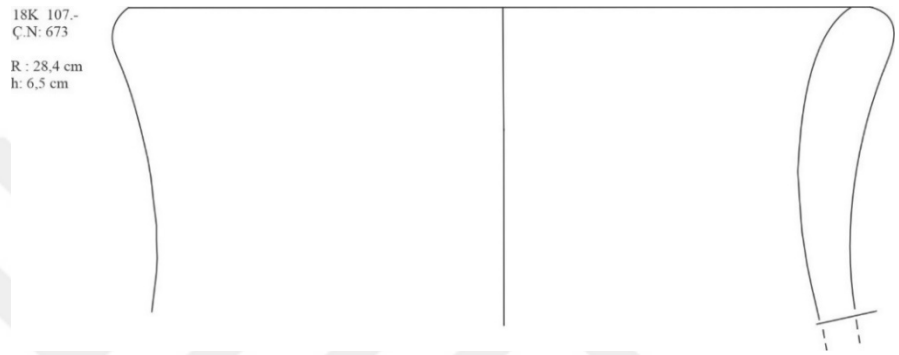
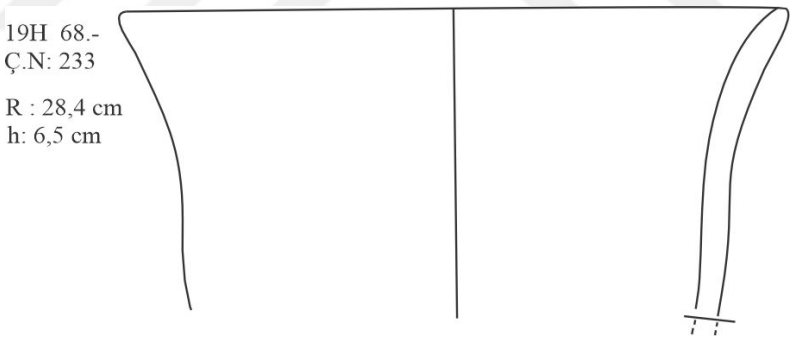
Tanım: Çizimlerden anlaşıldığı üzere ağız çapı 24,4 cm ve yüksekliği 7 cm'dir.

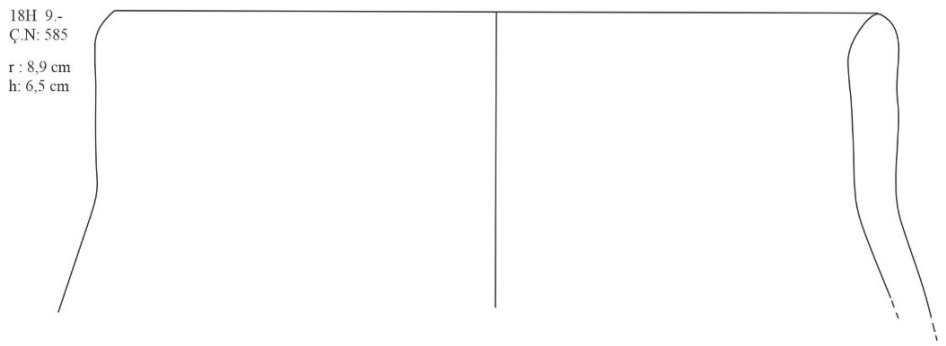
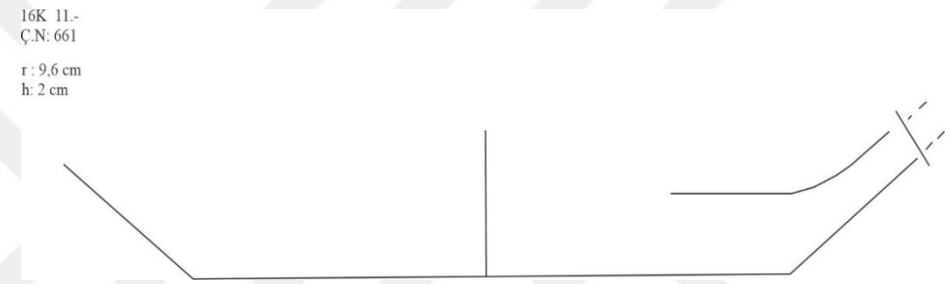
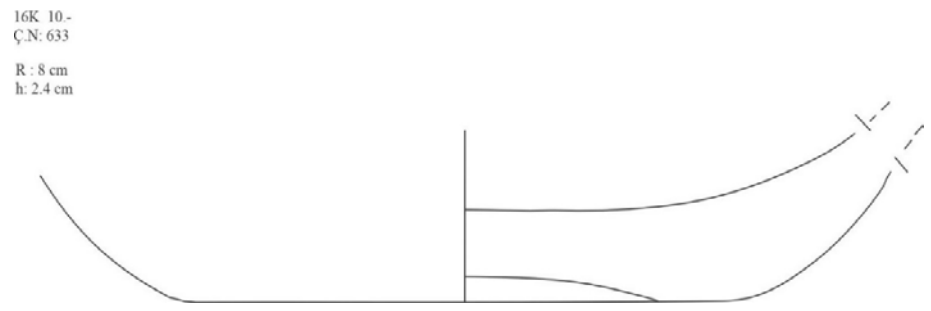


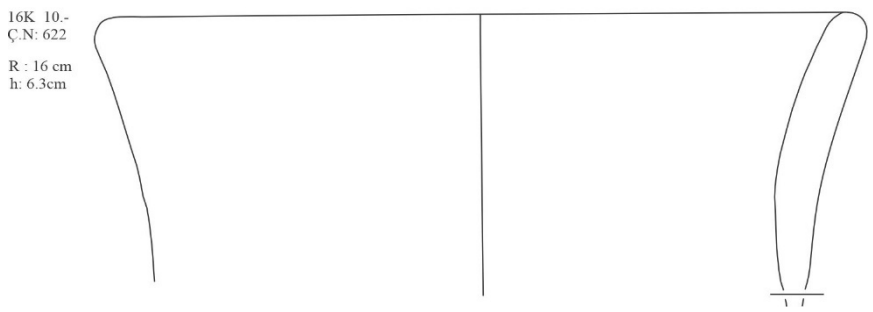
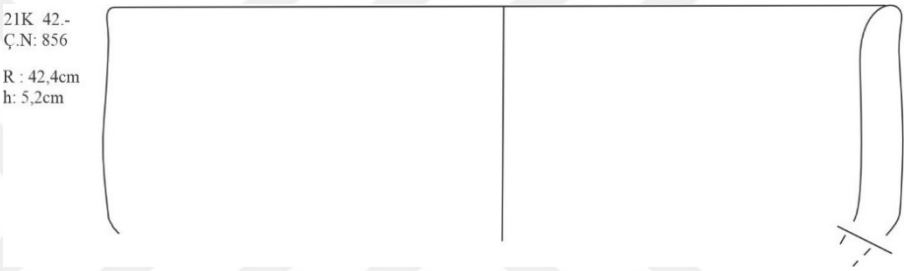
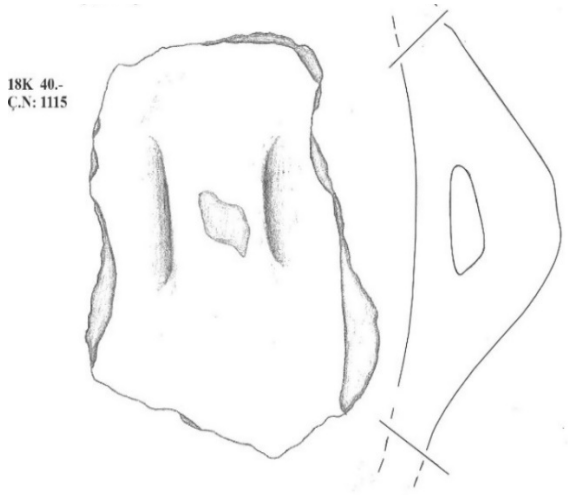


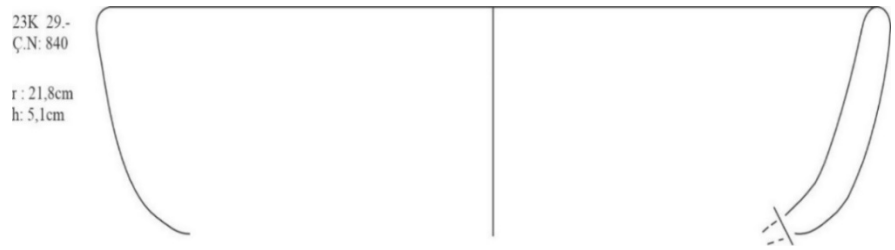
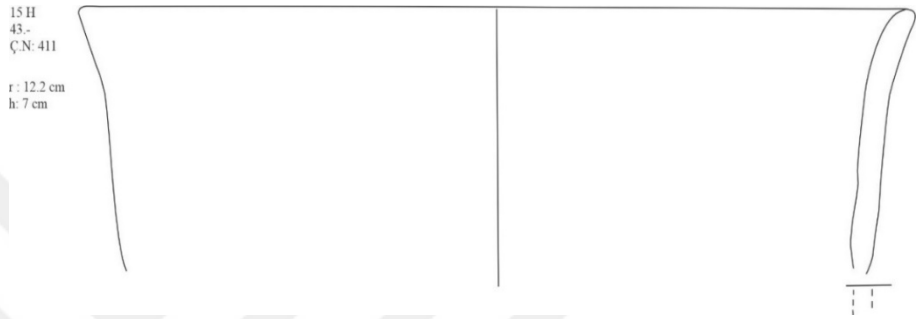


NUMUNE KODU	Numunelerin Çizimi
AKT-1	
AKT-2	
AKT-3	
AKT-4	

AKT-5	
AKT-6	
AKT-7	

AKT-8	
AKT-9	
AKT-10	

AKT-11	
AKT-12	
AKT-13	

AKT-14	 23K 29.- Ç.N: 840 r : 21,8cm h: 5,1cm
AKT-15	 15 H 43.- Ç.N: 411 r : 12.2 cm h: 7 cm