KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA PROGRAMI

BRONZ ESERLERDE KORUMA: AİZANOİ KAZI BULUNTULARI

DEVRİM BEKRET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İSTANBUL, TEMMUZ, 2024

Devrim Bekret Yüksek Lisans Tezi 2024

BRONZ ESERLERDE KORUMA: AİZANOİ KAZI BULUNTULARI

DEVRİM BEKRET
DANIŞMAN: PROF. DR. E. FÜSUN ALİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Lisans Programı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli kısmi şartların yerine getirilmesi amacıyla Kadir Has Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne teslim edilmiştir.

İstanbul, Temmuz, 2024

ONAY

Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Lisans Programı'nda **DEVRİM BEKRET** tarafından hazırlanan **BRONZ ESERLERDE KORUMA: AİZANOİ KAZI BULUNTULARI** başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. E. Füsun Alioğlu (Danışman)
(Kadir Has Üniversitesi)

Prof. Dr. Bekir Eskici
(Hacı Bayram Veli Üniversitesi)

Prof. Dr. Banu Manav
(Kadir Has Üniversitesi)

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet Timur AYDEMİR
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü
Onay Tarihi: 24/07/2024

ARAŞTIRMA ETİĞİ VE
YAYIN YÖNTEMLERİ BİLDİRİMİ

Ben, DEVRİM BEKRET;

- Hazırladığım bu Yüksek Lisans Tezinin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve başka çalışmalardan yaptığım alıntıların kaynaklarını kurallara uygun biçimde belirttiğimi;
- Bu Yüksek Lisans Tezinin başka bir eğitim kurumunda bir derece veya diplomaya sunulan veya kabul edilen herhangi bir materyal içermediğini;
- "Yükseköğretim Kurulu Etik Davranış İlkeleri" uyarınca hazırlanan "Kadir Has Üniversitesi Akademik Etik İlkeleri"ni takip ettiğimi onaylıyorum.

Buna ek olarak, bu çalışma ile ilgili ortaya çıkabilecek herhangi bir usulsüzlük iddiasının, üniversite mevzuatına uygun olarak disiplin işlemi ile sonuçlanacağını kabul ediyorum.

DEVRİM BEKRET

_____

(24/07/2024)

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında ve yüksek lisans eğitimimde, tez danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. E. Füsun ALİOĞLU'na tüm yüksek lisans sürecim boyunca bana yaptığı değerli katkılar ve beni cesaretlendirmesi sebebiyle teşekkürlerimi bir borç biliyorum. Ayrıca bana bu tez çalışmasının konusunu sağlayan Aizanoi Kazı Başkanı, değerli hocam Prof. Dr. Gökhan COŞKUN'a da bana sunduğu tüm kolaylık ve yardımlar için minnet borçluyum. Katkılarıyla bana her zaman destek olan Doç. Dr. Fikret ÖZBAY, Öğr. Gör. Fatma ŞENOL, arkeolog Çağrı SARIKAYA ile Ankara Restorasyon-Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü'nden restoratör Ömer ÇOKDOĞAN, Ali Rıza ÇAKIR ve kimya mühendisi- restoratör Sinan ASILKAZANCI'ya, Aizanoi kazı arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim. Son olarak her zaman yanımda olan kıymetli ailem ve eşim Saim Ahmet BEKRET'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aileme…

BRONZ ESERLERDE KORUMA: AİZANOİ KAZI BULUNTULARI

ÖZET

Arkeolojik kazı alanlarında yapılan bilimsel çalışmalar bütünleşmiş koruma politikaları ile büyük bir anlam kazanmaktadır. Amaç kültürel mirasın uzun süreli korunmasını ve gelecek nesillere aktarılmasını sağlamaktır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarda önleyici koruma ve sürdürülebilirlik uygulamaları daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Tez çalışmasında da bu yaklaşımlar esas alınarak alanda ve laboratuvarda bronz buluntular için yapılan uygulamalar anlatılmıştır. Öncelikle 2. bölümde bakır ve alaşımlarının tarihçesi incelenmiş, 3. bölümde bakır alaşımı eserlerin koruma sorunlarına değinilmiştir. 4. bölümde ise arkeolojik kazı alanları ve laboratuvarlarda bronz eserlerin korunmasına yönelik günümüz uygulamaları genel bir başlık altında sıralanarak anlatılmıştır. Bu değerlendirmeler ışığında Aizanoi antik kenti buluntularından sekiz adet bronz eser ele alınmıştır. Bu eserler 2012 yılında UNESCO geçici kültür miras listesine dahil olan Aizanoi antik kentinde 2021 yılı kazı döneminde ele geçirilmiştir. Eserlerin alanda bulunma anından başlayarak depolama sürecine kadar yapılan tüm uygulamalar sistemolojik olarak anlatılmıştır. Bu süreçte çalışılan eserlerin bozulma durumları ve yapıldıkları malzemelerin özellikleri bilimsel analiz yöntemleri ile incelenmiştir. Sonuç bölümünde çalışmanın bütünü hakkında değerlendirmeler ve öneriler yapılmıştır. Bu tez çalışması ile arkeolojik alanda ve laboratuvarda bronz eserlerin korunmasına yönelik çalışmalar yapan restoratör-konservatörlerin günümüz koruma yaklaşımlarını esas alarak gerçekleştirdikleri uygulamalar anlatılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Koruma, Önleyici Koruma, Bronz, Bakır Alaşımı, Aizanoi, Sürdürülebilirlik, Analiz Yöntemleri.

PRESERVATION OF BRONZE ARTIFACTS: AIZANOI EXCAVATION FINDINGS

ABSTRACT

Scientific investigations conducted at archaeological excavation sites are greatly enhanced by integrated conservation policies aimed at ensuring the enduring preservation of cultural heritage for future generations. Within this framework, preventive conservation and sustainable practices have gained increasing significance. This thesis focuses on these methodologies, specifically addressing their application to bronze artifacts both in fieldwork and laboratory contexts. The study commences with an examination of the historical aspects of copper and its alloys in the second chapter, followed by an exploration of conservation challenges pertinent to copper alloy artifacts in Chapter 3. Chapter 4 provides a comprehensive overview of current preservation practices for bronze artifacts in archaeological excavation sites and laboratories. Drawing on these insights, the thesis discusses eight bronze artifacts discovered at the ancient city of Aizanoi during the 2021 excavation season, a site inscribed on UNESCO's provisional cultural heritage list since 2012. Detailed explanations are provided for all stages of artifact handling, from initial discovery in the field to subsequent storage procedures. Scientific analysis methods are employed to study artifact deterioration and material properties. The concluding section offers critical reflections and recommendations derived from the study. Throughout, the thesis elucidates the methodologies employed by conservators and restorers in the archaeological field and laboratory, informed by contemporary conservation practices.

Keywords: Preservation, Preventive Conservation, Copper, Copper Alloy, Aizanoi, Sustainability, Analytical Methods.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR ..... **iv**
ÖZET ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **xi**
EKLER LİSTESİ ..... **xvii**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **xxv**
SİMGELER LİSTESİ ..... **xxvi**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xxvii**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Amaç **2**
1.2 Kapsam **3**
1.3 Yöntem **3**
2. TARİHSEL SÜREÇTE BAKIR MADENCİLİĞİ VE BAKIR KULLANIMI **5**
2.1 Bakır Cevherinin Özellikleri **5**
2.2 Bakır Kullanımına Dair İlk Buluntular ve Anadolu'nun Rolü **6**
2.3 Tarihsel Süreçte Bakır Alaşımları **20**
2.4 Tarihsel Süreçte Bakır ve Alaşımlarının Kullanım Alanları **23**
2.5 Tarihsel Süreçte Bakır ve Alaşımı Eserlerin Yapım Teknikleri **24**
3. BAKIR VE BAKIR ALAŞIMI ESERLERDE KORUMA **33**
3.1 Bakır ve Bakır Alaşımı Eserlerde Korumanın Tarihsel Gelişimi ve Disiplinlerarası Yaklaşımlar **35**
3.2 Bakır ve Bakır Alaşımı Eserlerin Koruma Sorunları **40**
3.2.1 Fiziksel bozulmalar **43**
3.2.2 Kimyasal bozulmalar **44**
3.2.3 Biyolojik bozulmalar **46**
4. ARKEOLOJİK ALANLARDA ELE GEÇEN BRONZ ESERLERE UYGULANAN MODERN KORUMA YÖNTEMLERİ **47**
4.1 Kazı Alanında Yapılan Uygulamalar **51**
4.1.1 Buluntunun durumu **51**

4.1.2 Belgeleme 52
4.1.3 Kaldırma yöntemleri 53
4.2 Laboratuvarda Yapılan Uygulamalar 56
4.2.1 Belgeleme 56
4.2.2 Teşhis yöntemleri 57
4.2.3 Temizlik 63
4.2.4 Stabilizasyon ve sağlamlaştırma 71
5. AİZANOİ KAZISI BULUNTULARINDA KORUMA UYGULAMALARI 79
5.1 Aizanoi Antik Kenti 79
5.2 Aizanoi Kazısı Bronz Buluntuları 88
5.2.1 Bronz obje (AFD-02) 90
5.2.2 Bronz kap parçası (ADT-11) 92
5.2.3 Bronz sikke (ADT-12) 94
5.2.4 Bronz maşrapa (AEV-03) 95
5.2.5 Bronz kantar (AEV-04) 97
5.2.6 Bronz haç parçası (AEV-11) 100
5.2.7 Bronz çan (AEV-15) 102
5.2.8 Bronz sikke (AFB-24) 104
5.3 Alanda Yapılan Uygulamalar 105
5.4 Laboratuvarda Yapılan Uygulamalar 112
5.4.1 Belgeleme ve görsel teşhis 113
5.4.2 Analitik çalışmalar 121
5.4.3 Temizlik, sağlamlaştırma ve stabilizasyon çalışmaları 140
5.5 Depolanacak Ve Müzeye Gidecek Eserlere Yapılan Uygulamalar 147
5.6 Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Uygulamaları 150
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME 153
KAYNAKÇA 156
EK A Aizanoi Kazı Başkanı Prof. Dr. Gökhan Coşkun'dan Tez Çalışması ve Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Analitik Çalışmalar İçin Alınan İzinler ve Belgeler 167
EK B Aizanoi Kazısı Bronz Buluntu Örneklerinin SEM (taramalı elektron mikroskobu) Analiz Sonuçları 175

EK C Aizanoi Kazısı Bronz Buluntu Örneklerinin XRD (x ışınları difraktrometresi) Analiz Sonuçları 348
EK D Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) Toprak Analiz Raporları 353
EK E Aizanoi Kazısı Bronz Buluntu Örneklerinin P_XRF (portatif x- ışınları floresans spektrometresi) Analizi Sonuçları 368
EK F Eserlerin buluntu ve koruma/uygulama onarım (EK 18) fişleri 373
EK G Aizanoi ve bulunduğu bölgenin topografik haritası 389
ÖZGEÇMİŞ 390

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Doğal ortamda ham bakır barındıran bazı mineral örnekleri ……. 5
Şekil 2.2 Shanidar Mağarası-malahit buluntu ……. 7
Şekil 2.3 Çayönü'nden bakır boncuk ……. 8
Şekil 2.4 Anadolu ve Yakın Doğu'da Çanak Çömleksiz Neolitik, Bereketli Hilal. MÖ 10800-6500 ……. 8
Şekil 2.5 Çatalhöyük 2003 kazı çalışmalarında ortaya çıkarılan dövme bakırdan kol bandı/bileklik……. 9
Şekil 2.6 Alacahöyük'ten tunç dinsel sunak ve tunç boğa heykelciği ……. 11
Şekil 2.7 Uluburun batığı bakır külçeleri ……. 12
Şekil 2.8 Anadolu'daki bakır ve kalay yatakları ve tarih öncesi dönemlerde kullanılması muhtemel maden işletmeleri ……. 15
Şekil 2.9 Kütahya çevresindeki eski maden işletmeleri ……. 16
Şekil 2.10 Simav Karakoca madeni ……. 17
Şekil 2.11 Tokat-Erbaa, çok çukurlu taş havan ve Aktepe maden sahası, cevher kırma-öğütme aleti kullanılması muhtemel maden işletmeleri ……. 20
Şekil 2.12 Kaman-Kalehöyük'ten taş kalıp ……. 28
Şekil 2.13 Kaybolan modelli kalıpta döküm yöntemi ……. 30
Şekil 2.14 Sikke basımı için kullanılan aparat ve malzemeler ……. 31
Şekil 3.1 Köşk Höyük'te ele geçen, kullanıldığı dönemde onarım görmüş küp……..33
Şekil 3.2 Antik dönemde bronz onarımları için ergitme kaynağı örnekleri……34
Şekil 3.3 (Solda) Aya İrini ve (Sağda) Aya İrini'de açılan silah sergisi ……..37
Şekil 3.4 1890'lar İstanbul Arkeoloji Müzesi ……. 39
Şekil 3.5 Bir bronz Roma büstünde bronz hastalığı izleri ……. 42
Şekil 3.6 En sık karşılaşılan bakır alaşımı mineral bozulmalarının stereo mikroskop görüntüleri ……. 45
Şekil 4.1 Bronz eserler için önleyici koruma planlaması ……. 50
Şekil 4.2 Kazı alanında belgeleme ……. 53
Şekil 4.3 Destekli kaldırma yöntemi ……. 54
Şekil 4.4 Laboratuvarda görsel teşhis ……. 59

Şekil 4.5 Korozyon kabuğunun morfolojisi…… 64
Şekil 4.6 Elektrokimyasal yöntem …….....67
Şekil 4.7 "Porta della Paradiso", Floransa, tombaklı kapıdaki bakır korozyonunun lazer ile temizlenmesi …….....69
Şekil 4.8 Biopassivasyon uygulaması yapılmış bir bronz eserin uygulama öncesi, uygulama sonrası ve 5 yıl sonraki görüntüsü …….....70
Şekil 4.9 Temizlik sonrası bronz sikkenin paraloid B72 ile stabilizasyonu……71
Şekil 4.10 Bronz eser stabilizasyonunda BTA hazırlanması…… 73
Şekil 4.11 Bronz eser stabilizasyonunda gümüş oksit kullanımı…… 74
Şekil 4.12 Cosmolloid H80 partikülleri ve çözelti içinde eritilmesi …… 77
Şekil 5.1 Çavdarhisar ve Aizanoi antik kenti coğrafi konumu .....……79
Şekil 5.2 Penkalas/Kocaçay 2 ve 4 Numaralı Köprüler Arası Hava Fotoğrafı Güneyden Görünümü .....……80
Şekil 5.3 Aizanoi antik kenti içinde bulunan eski bir Osmanlı dönemi yapısı ……81
Şekil 5.4 Çavdarhisar ve Aizanoi arkeolojik sit alanı haritası, Léon de Laborde 1838 .....……82
Şekil 5.5 Zeus Kutsal Alanı'nın güneyden görünümü, Léon de Laborde 1838……82
Şekil 5.6 Penkalas/Kocaçay üzerinde yer alan 2 numaralı Roma köprüsü hava fotoğrafı .....…… 83
Şekil 5.7 Stadion-tiyatro kompleksi ve hava fotoğrafı.....…… 84
Şekil 5.8 Aizanoi genel hava fotoğrafı. Tapınak alanı, agora ve Pankelas …… 85
Şekil 5.9 Aizanoi Zeus Tapınağı .....……. ……. 85
Şekil 5.10 Aizanoi kent planı ..... ……87
Şekil 5.11 2021 Aizanoi Penkalas ve Agora kazı alanları. .....…… 88
Şekil 5.12 2021 yılı kazı sezonunda Aizanoi Agora kazı alanında bulunan üç adet bronz eserin konumları. .....…… 89
Şekil 5.13 2021 yılı kazı sezonunda Aizanoi Penkalas kazı alanında bulunan beş adet bronz eserin konumları.....……90
Şekil 5.14 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması.....…… 91
Şekil 5.15 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. .....……91

Şekil 5.16 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması 92
Şekil 5.17 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.). 93
Şekil 5.18 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçasının çizimi.....93
Şekil 5.19 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması 94
Şekil 5.20 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke 95
Şekil 5.21 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması 96
Şekil 5.22 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa 96
Şekil 5.23 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapanın çizimi 97
Şekil 5.24 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması.....99
Şekil 5.25 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) 99
Şekil 5.26 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantarın çizimi.....100
Şekil 5.27 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması 101
Şekil 5.28 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu 101
Şekil 5.29 AEV-11 buluntu numaralı haç kolunun çizimi 102
Şekil 5.30 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması 103
Şekil 5.31 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) 103
Şekil 5.32 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan çizimi 104
Şekil 5.33 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması 105
Şekil 5.34 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) 105
Şekil 5.35 Aizanoi Kazısı boş buluntu fişi örneği 106
Şekil 5.36 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. Alanda belgeleme 107

Şekil 5.37 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. Alanda belgeleme .....…108
Şekil 5.38 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. Alanda belgeleme .....…108
Şekil 5.39 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. Alanda belgeleme .....…109
Şekil 5.40 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. Alanda belgeleme .....…110
Şekil 5.41 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu. Alanda belgeleme .....…111
Şekil 5.42 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. Alanda belgeleme .....…111
Şekil 5.43 Aizanoi Kazısı eser teslim belgesi .....…112
Şekil 5.44 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…114
Şekil 5.45 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…115
Şekil 5.46 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…116
Şekil 5.47 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…117
Şekil 5.48 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…118
Şekil 5.49 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…119
Şekil 5.50 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…120
Şekil 5.51 AFB-24 buluntu numaralı sikke. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis) .....…121
Şekil 5.52 DPÜ İLTEM laboratuvarı ve DAX Nova Nano Sem 650 cihazı .....…122
Şekil 5.53 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…123
Şekil 5.54 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…123
Şekil 5.55 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…124
Şekil 5.56 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…125

Şekil 5.57 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…125
Şekil 5.58 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…126
Şekil 5.59 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…126
Şekil 5.60 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) .....…127
Şekil 5.61 El tipi Hitachi X-MET 8000 Expert GEO cihazı .....…128
Şekil 5.62 AFD-02 buluntu numaralı bronz objenin SEM fotoğraflarında çalışılan noktalar ve parlak beyaz rengiyle fark edilen kurşun (Pb) elementi .....…131
Şekil 5.63 AEV-03 buluntu numaralı maşrapa'nın K2 örneğinde seçilen ilk alandaki SEM-EDS analiz sonucu .....…133
Şekil 5.64 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolundan alınan K-1 numaralı örneğin XRD analiz sonucu .....…136
Şekil 5.65 AEV-15 buluntu numaralı bronz çandan alınan K-3 numaralı örneğin XRD analiz sonucu .....…137
Şekil 5.66 AEV-15 buluntu numaralı bronz çanın SEM fotoğraflarında çalışılan noktalar ve parlak beyaz rengiyle fark edilen kurşun (Pb) elementi. .....…138
Şekil 5.67 Çalışılan eserlerin ele geçirildiği agora ve Penkalas'dan alınan toprak numunelerinin konumları .....…139
Şekil 5.68 Temizlik çalışmalarında kullanılan aletler ve cihazlar .....…141
Şekil 5.69 Çalışmalarda kullanılan "Woodpecker Uds-E Kavitron Su Hazneli Led" model kavitron cihazı .....…142
Şekil 5.70 Kavitron, dremel, bistüri ve büyüteç ile mekanik temizlik çalışmaları ….143
Şekil 5.71 AEV-04 buluntu No'lu kantarın mekanik temizlik çalışmaları .....…144
Şekil 5.72 AEV-15 buluntu No'lu çanın kalın deposit tabakaları .....…144
Şekil 5.73 Eserlerin BTA içerisinde bekletilmesi .....…146
Şekil 5.74 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje'ye gümüş oksit uygulaması .....…147
Şekil 5.75 Koruma/onarım ve uygulama fişi .....…149
Şekil 5.76 Geri dönüşüm için kullanım sonrası biriktirilen metal malzemeler .....…151

Şekil 5.77 Nem alıcı özelliğini kaybeden silika jel taneciklerinin yeniden kullanımı için fırınlanması .....…152
Şekil 5.78 Fırınlama sonrası yeniden kullanıma kazandırılan silika jel tanecikleri …152
Şekil 5.79 Geri dönüştürülen silika jellerin eser poşetlerine koyulması .....…152

EKLER LİSTESİ

EK A.1 Aizanoi Kazı Başkanı Prof. Dr. Gökhan Çoşkun'un Devrim Bekret'in tez çalışması izni 167
EK A.2 Kütahya Müze Müdürlüğü SEM ve XRF izinleri 1. Sayfa 168
EK A.3 Kütahya Müze Müdürlüğü SEM ve XRF izinleri 2. Sayfa 169
EK A.4 Kütahya Müze Müdürlüğü SEM ve XRF izinleri 3. Sayfa 170
EK A.5 Kütahya Müze Müdürlüğü SEM ve XRF izinleri 4. Sayfa 171
EK A.6 Kütahya Müze Müdürlüğü SEM ve XRF izinleri 5. Sayfa 172
EK A.7 Kütahya Müze Müdürlüğü Toprak Analizleri izni 1. Sayfa 173
EK A.8 Kütahya Müze Müdürlüğü Toprak Analizleri izni 2. Sayfa 174
EK B.1 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa 175
EK B.2 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa 176
EK B.3 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa 177
EK B.4 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa 178
EK B.5 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa 179
EK B.6 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa 180
EK B.7 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa 181
EK B.8 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa 182
EK B.9 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa 183
EK B.10 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa 184
EK B.11 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa 185
EK B.12 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa 186
EK B.13 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa 187
EK B.14 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa 188
EK B.15 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. Sayfa 189
EK B.16 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. Sayfa 190
EK B.17 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. Sayfa 191
EK B.18 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. Sayfa 192
EK B.19 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. Sayfa 193
EK B.20 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. Sayfa 194
EK B.21 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. Sayfa 195

EK B.22 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. Sayfa .....…196
EK B.23 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. Sayfa .....…197
EK B.24 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 10. Sayfa .....…198
EK B.25 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 11. Sayfa .....…199
EK B.26 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 12. Sayfa .....…200
EK B.27 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 13. Sayfa .....…201
EK B.28 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa .....…202
EK B.29 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa .....…203
EK B.30 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa .....…204
EK B.31 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa .....…205
EK B.32 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa .....…206
EK B.33 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa .....…207
EK B.34 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa .....…208
EK B.35 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. Sayfa .....…209
EK B.36 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…210
EK B.37 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…211
EK B.38 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…212
EK B.39 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…213
EK B.40 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…214
EK B.41 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…215
EK B.42 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…216
EK B.43 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…217
EK B.44 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…218
EK B.45 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…219
EK B.46 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…220
EK B.47 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 12. Sayfa. .....…221
EK B.48 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 13. Sayfa. .....…222
EK B.49 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…223
EK B.50 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…224
EK B.51 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…225
EK B.52 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…226
EK B.53 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…227

EK B.54 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…228
EK B.55 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…229
EK B.56 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…230
EK B.57 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…231
EK B.58 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…232
EK B.59 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…233
EK B.60 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…234
EK B.61 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…235
EK B.62 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…236
EK B.63 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…237
EK B.64 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…238
EK B.65 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…239
EK B.66 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…240
EK B.67 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…241
EK B.68 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…242
EK B.69 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…243
EK B.70 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…244
EK B.71 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…245
EK B.72 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…246
EK B.73 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…247
EK B.74 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…248
EK B.75 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…249
EK B.76 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…250
EK B.77 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…251
EK B.78 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…252
EK B.79 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…253
EK B.80 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…254
EK B.81 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…255
EK B.82 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…256
EK B.83 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…257
EK B.84 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…258
EK B.85 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…259

EK B.86 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…260
EK B.87 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…261
EK B.88 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…262
EK B.89 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…263
EK B.90 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…264
EK B.91 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…265
EK B.92 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…266
EK B.93 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…267
EK B.94 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…268
EK B.95 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…269
EK B.96 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…270
EK B.97 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…271
EK B.98 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…272
EK B.99 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…273
EK B.100 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…274
EK B.101 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 12. Sayfa. .....…275
EK B.102 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 13. Sayfa. .....…276
EK B.103 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 14. Sayfa. .....…277
EK B.104 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…278
EK B.105 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…279
EK B.106 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…280
EK B.107 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…281
EK B.108 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…282
EK B.109 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…283
EK B.110 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…284
EK B.111 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…285
EK B.112 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…286
EK B.113 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…287
EK B.114 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…288
EK B.115 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…289
EK B.116 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…290
EK B.117 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…291

EK B.118 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…292
EK B.119 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…293
EK B.120 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…294
EK B.121 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…295
EK B.122 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…296
EK B.123 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…297
EK B.124 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…298
EK B.125 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 12. Sayfa. .....…299
EK B.126 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 13. Sayfa. .....…300
EK B.127 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…301
EK B.128 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…302
EK B.129 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…303
EK B.130 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…304
EK B.131 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…305
EK B.132 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…306
EK B.133 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…307
EK B.134 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…308
EK B.135 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…309
EK B.136 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…310
EK B.137 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…311
EK B.138 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 12. Sayfa. .....…312
EK B.139 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 13. Sayfa. .....…313
EK B.140 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 14. Sayfa. .....…314
EK B.141 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 15. Sayfa. .....…315
EK B.142 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 16. Sayfa. .....…316
EK B.143 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 17. Sayfa. .....…317
EK B.144 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…318
EK B.145 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…319
EK B.146 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…320
EK B.147 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…321
EK B.148 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…322
EK B.149 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…323

EK B.150 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…324
EK B.151 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…325
EK B.152 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…326
EK B.153 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…327
EK B.154 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…328
EK B.155 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 12. Sayfa. .....…329
EK B.156 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 13. Sayfa. .....…330
EK B.157 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 14. Sayfa. .....…331
EK B.158 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 15. Sayfa. .....…332
EK B.159 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 16. Sayfa. .....…333
EK B.160 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 17. Sayfa. .....…334
EK B.161 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. Sayfa. .....…335
EK B.162 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. Sayfa. .....…336
EK B.163 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. Sayfa. .....…337
EK B.164 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. Sayfa. .....…338
EK B.165 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. Sayfa. .....…339
EK B.166 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. Sayfa. .....…340
EK B.167 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. Sayfa. .....…341
EK B.168 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. Sayfa. .....…342
EK B.169 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. Sayfa. .....…343
EK B.170 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. Sayfa. .....…344
EK B.171 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. Sayfa. .....…345
EK B.172 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 12. Sayfa. .....…346
EK B.173 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 13. Sayfa. .....…347
EK C.1 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (XRD) .....…348
EK C.2 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (XRD) .....…349
EK C.3 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (XRD) .....…350
EK C.4 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (XRD) .....…351
EK C.5 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (XRD) .....…352
EK D.1 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 1. Sayfa .....…353

EK D.2 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 2. Sayfa .....…354
EK D.3 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 3. Sayfa .....…355
EK D.4 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 4. Sayfa .....…356
EK D.5 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 5. Sayfa .....…357
EK D.6 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 6. Sayfa .....…358
EK D.7 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 7. Sayfa .....…359
EK D.8 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 8. Sayfa .....…360
EK D.9 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 9. Sayfa .....…361
EK D.10 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 10. Sayfa .....…362
EK D.11 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 11. Sayfa .....…363
EK D.12 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 12. Sayfa .....…364
EK D.13 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 13. Sayfa .....…365
EK D.14 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 14. Sayfa .....…366
EK D.15 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları arka kapak .....…367
EK E.1 Bronz obje AFD-02 (P-XRF) .....…368
EK E.2 Bronz kap parçası ADT-11 (P-XRF) .....…369
EK E.3 Bronz maşrapa AEV-03 (P-XRF) .....…370
EK E.4 Bronz haç parçası AEV-11 (P-XRF) .....…371

EK E.5 Bronz çan AEV-15 (P-XRF) .....…372
EK F.1 AFD-02 buluntu numaralı bronz objenin buluntu fişi .....…373
EK F.2 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçasının buluntu fişi .....…374
EK F.3 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikkenin buluntu fişi .....…375
EK F.4 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapanın buluntu fişi .....…376
EK F.5 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantarın buluntu fişi .....…377
EK F.6 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu buluntu fişi .....…378
EK F.7 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan buluntu fişi .....…379
EK F.8 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke buluntu fişi .....…380
EK F.9 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje koruma/uygulama ve onarım fişi. ..…381
EK F.10 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası koruma/uygulama ve onarım fişi .....…382
EK F.11 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke koruma/uygulama ve onarım fişi …383
EK F.12 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa koruma/uygulama ve onarım fişi .....…384
EK F.13 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar koruma/uygulama ve onarım fişi ...385
EK F.14 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç parçası koruma/uygulama ve onarım fişi 386
EK F.15 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan koruma/uygulama ve onarım fişi ..…387
EK F.16 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke koruma/uygulama ve onarım fişi …388
EK G.1 Aizanoi ve bulunduğu bölgenin topografik haritası .....…389

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Başlıca doğal bakır mineralleri, kimyasal formülleri ve bakır yüzdeleri.....6
Tablo 2.2 Anadolu da Bakırın Tarihsel Gelişimi. 13
Tablo 2.3 Kütahya çevresindeki maden cevher alanları.....19
Tablo 3.1 Bakır alaşımında karşılaşılan bozulmalar. 43
Tablo 5.1 Eserler ve alınan korozyon örnekleri ile yapılan ileri aletli analizler 128
Tablo 5.2 P-XRF analiz sonuçlarına göre çalışılan 5 eserin majör (Cu, Sn, Pb) elementleri ve test sonucu çıkan diğer elementler 130
Tablo 5.3 Agora ve Penkalas'dan alınan toprak numunelerinin tuz, iletkenlik ve pH oranlarının karşılaştırılması 140
Tablo 5.4 Mekanik temizlik çalışmalarında kullanılan araçlar 145

SİMGELER LİSTESİ

Å Ångström

KISALTMALAR LİSTESİ

AMT : 2-amino 5-merkapto-1,3,4-tiadiazol

ASTM : American Standards for Testing and Materials

ATA : Aminotriazol

BİTA : Bitriazol

BTA : Benzotriazole

CAU : Christian Albrechts Universitat zu Kiel

DPÜ : Dumlupınar Üniversitesi

EDTA : etilendiamin tetra asetik asit

EKAR : Eskişehir ve Kütahya İlleri Tarih Öncesi Dönem Yüzey Araştırması

gr : Gram

ICOM : International Council of Museums

ICOMOS : International Council on Monuments and Sites

INA : Institute of Nautical Archaeology

İLTEM : İleri Teknolojiler Merkezi

KUDEB : Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü

JIAA : Anadolu Arkeoloji Enstitüsü

lt : Litre

XRD : X-Işını Difraksiyon Spektroskopisi

XRF : X-Işını Floresans

MÖ : Milattan Önce

MS : Milattan Sonra

P-XRF : Portatif X-Işını Floresans

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

TEM : Geçirimli Elektron Mikroskobu

TÜBİTAK : Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu

UNESCO : Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Organizasyonu

vd : Ve diğerleri

yy : Yüzyıl

1. GİRİŞ

Kültür varlıklarının korunması, zaman içinde değişen, farklı perspektifler sunan ve tüm ülkelerin tartıştığı bir konu olmuştur. Metal buluntular da arkeolojik mirasın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Metal buluntuların yaygın olarak kullanıldığı ilk örneklerini de bakır ve alaşımlarından elde edilen aletler oluşturmaktadır. Bronz, tunç, bakır alaşımı olarak adlandırılan bu metal grubu insanlık tarihinde ilk kullanılmaya, işlenmeye başlanmasıyla çağlara adını vermiş ve buluntuların her biri yapıldığı dönemin önemli bilgilerini taşıyan kültür varlıkları olmuştur. Bakır elde edilmesinin ve işlenebilmesinin kolay olması sebebiyle hayatın birçok alanında değişik malzemelerin üretiminde kullanılmıştır. Ancak bu metalin en önemli zayıflıklarından biri bozulmaya çok açık olmasıdır. Arkeolojik alanlarda ele geçen bronz eserlerin önemli bir bölümü maruz kaldıkları ortam sebebiyle çok ağır bozulmalara uğramakta ve ele geçtikten sonra korunmaları da önemli bir problem olmaktadır. Bu eserlerin korunmasında birçok farklı disiplindeki uzmanın katkısı bulunmakta, fakat esas sorumluluk konservatörlere ait olmaktadır. Konservatör gerek duyduğu uzmanlardan yardım alarak korumanın tüm süreçlerini yürütür. Bronz (bakır alaşımı) eserlerin korunmasına yönelik çalışmaların yaklaşık iki yüzyıllık bir geçmişi bulunmaktadır. Korumanın başlangıcından günümüze kadar geçen sürede bilimsel gelişmeler neticesinde yeni teknikler ve uygulamalar ortaya çıkmıştır. Bronz eserlerin korunmasında da doğal olarak bu yeni teknik ve uygulamalardan faydalanılmaktadır. Çalışmaların yoğun olarak yapıldığı yerler ise arkeolojik kazı alanları ve kazı laboratuvarları olarak öne çıkmaktadır. Buralarda bilimsel gelişmelerin ışığında günlük pratiklerle yapılan yeni çalışmalar ve yayınlar bu alanda benzer çalışmalar yürüten araştırmacılar için değerli bilgiler barındırmaktadır.

Arkeolojik kazı çalışmalarında gün yüzüne çıkarılan metallerden bronz eserler ile çok sık karşılaşılmaktadır. İç Batı Anadolu'da, Kütahya'nın Çavdarhisar ilçesinde bulunan Aizanoi Kazısı da bu alanlardan birisidir. 2012 yılında Unesco Dünya Mirası Geçici Listesi'ne kabul edilen Aizanoi'de ilk kazılar 1926-1928 yıllarında Alman arkeolog Daniel Krencker başkanlığında bir ekip tarafından yapılmıştır. Bu kazılarda özellikle Zeus Tapınağı ve çevresi araştırılmış, Krencher bu çalışmalarını 'Der Zeustempel von

Aizanoi' başlığıyla yayınlamıştır. 1970 yılına kadar uzunca bir süre ara verilen kazılar aynı yıl Rudolf Naumann başkanlığındaki bir ekip tarafından yeniden başlatılmış ve 1982'ye dek süren çalışmalar kentteki hamam yapılarında yoğunlaşmıştır. 1982-1990 yılları arasında kazı çalışmaları A. Hoffmann başkanlığında özellikle Tiyatro-Stadion kompleksinde yürütülmüştür. 1990-2007 yılları arasında Roma köprüleri, Penkalas nehri sel/taşkın koruma duvarları, tapınak restorasyonu ve Aizanoi topografyası üzerine yoğunlaşan kazı çalışmalarının başkanlığını K. Rheidt üstlenmiştir. 2008-2009 yıllarında R.V.D. Hoff başkanlığında yürütülen kazı çalışmalarında kentin özellikle Hellenistik, Roma ve Bizans Dönemleri araştırılmıştır. 2011-2020 yılları arasında kazı çalışmaları Prof. Dr. Elif Özer başkanlığında yürütülmüştür. Bu çalışmalarda, Zeus Tapınağı çevresi, Hamam-Palaestra, Bouleterion/Odeon, Penkalas, Güney ve Kuzey nekropolisleri, Tiyatro ve Stadion alanlarına yoğunlaşılmıştır. Aizanoi kazı çalışmaları 2021 yılından beri Prof. Dr. Gökhan Coşkun başkanlığında yürütülmekte ve Agora, Proyplon, Tiyatro ve Penkalas Çayı'nda sürdürülmektedir.

Bu çalışmada öncelikle, bakır ve bronzun tarihçesine yer verilmiş, tarihsel süreçte bronz eserlerde koruma uygulamalarının gelişimi incelenmiştir. Bronz eserlerin koruma çalışmalarında günümüzde gelinen nokta Aizanoi Kazısı buluntuları örneklendirilerek anlatılmıştır. Çalışmaya konu olan taşınabilir 8 adet bronz eserin koruma çalışmalarında kullanılan en son uygulamalar metodolojik olarak açıklanmıştır.

1.1 Amaç

Tarihsel süreçte, uluslararası örgütlenmeler ve çeşitli meslek gruplarının ortaklaşa çalışmalarıyla belirlenen, kültürel mirasın korunması alanında bronz eserler ile ilgili yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Tüm bu çalışmalar sonucunda antik metal eserlere ilişkin koruma bilinci oluşmaya başlamış, gelişen teknolojiyle de bakır ve bakır alaşımı eserlerde yaygın olarak uygulanmaya başlayan modern koruma yöntemleri şekillenmeye başlamıştır. Bu tezin amacı bronzun tarihçesini ve koruma yöntemlerinin günümüzde geldiği noktanın Aizanoi Kazısı buluntuları üzerinden incelenmesi ve bu alanda çalışmalar yürüten araştırmacılar için bir kaynak oluşturulmasıdır.

1.2 Kapsam

Bu tezin kapsamını bakır madenciliği, antik bronz eserlerin korunma yöntemlerinin gelişimi, bronz eserlere uygulanan modern korumanın Aizanoi'de ele geçirilen 8 adet bronz eser üzerinden örneklendirilmesi oluşturmaktadır. Bakır madenciliği başlığı altında bakır madenciliği tanımı ve bakır madenciliğinin tarihsel süreci ele alınmış, ilk çağlarda bakır eserlere Anadolu'da yoğun olarak rastlandığı için bakır ve bakır alaşımı eserlerin tarihsel sürecine Anadolu özelinde daha kapsamlı olarak değinilmiştir.

Rönesans ile başlayan koruma kavramının geçirdiği süreçte, uluslararası örgütlenmeler ve çeşitli meslek gruplarının ortaklaşa çalışmalarıyla belirlenen, kültürel mirasın korunması alanında bronz eserler ile ilgili yapılan çalışmalar tarihsel süreç içerisinde incelenmiştir. Bakır ve bakır alaşımı eserlerde koruma başlığı altında antik metal eserlerde koruma bilincinin oluşması, antik bakır ve bakır alaşımı eserlerin koruma yöntemlerinin tarihsel gelişimi ve bakır alaşımı eserlerin bozulmaları, bronz eserlere uygulanan disiplinlerarası modern koruma yöntemleri ve bu yöntemlerin günümüzde geldiği nokta ele alınmıştır. Bu doğrultuda UNESCO kültür mirası listesinde yer alan Aizanoi Antik Kenti'nde 2021-2022 kazı çalışmalarında ele geçen bronz (bakır alaşımı) sekiz eser ile günümüzde kullanılan malzeme ve yöntemlerle restorasyon-konservasyon uygulamalarının incelenmesi tezin kapsamını oluşturmaktadır.

1.3 Yöntem

Bu çalışmada üç yöntem benimsenmiştir. Bunlar konuyla ilgili eski ve yeni yayınların taranmasıyla yapılan literatür çalışmaları, alanda ve laboratuvarda yapılan uygulamalar ve bilimsel veriler gözetilerek yapılan analitik çalışmalarıdır. Öncelikle literatür taraması yapılmış ve bu çalışmanın konusu olan yayınlar incelenerek değerlendirilmiştir. Laboratuvar çalışmaları ile arkeolojik kazı çalışmalarında ele geçen bronz eserlere yapılan modern koruma uygulamaları örneklendirilmiştir. Bu örneklendirmelerde Aizanoi antik kenti 2021 yılı kazı döneminde ele geçen 8 adet bronz eser üzerinde çalışılmıştır. Bu eserlerin belgelemeleri yapılmış, eserlerle ilgili yapılacak analitik çalışmalar için DPÜ Aizanoi Kazısı başkanı Prof. Dr. Gökhan Coşkun'dan ve Kütahya Müze Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmıştır (EK A). Eserlerden alınan örneklerin

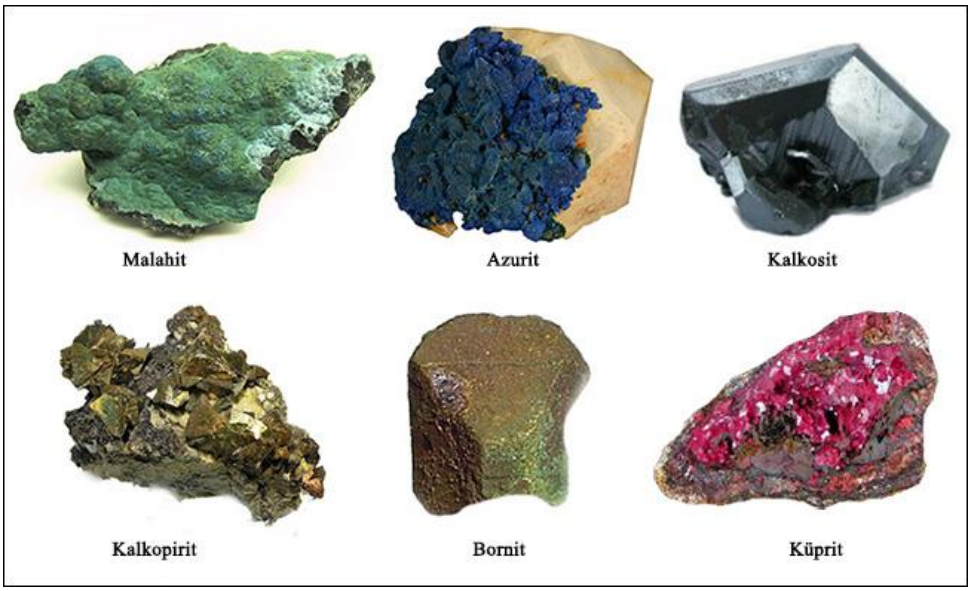
DPÜ – İLTEM laboratuvarlarında SEM ve XRD analizleri gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçları alınmıştır. Bu eserlerden etütlük olarak ayrılan 5 tanesine ise Aizanoi Kazısı laboratuvarında P-XRF analizleri yapılmıştır. Eserlerin bulunduğu alanlardan alınan toprak örneklerine de İstanbul KUDEB laboratuvarlarında toprak analizleri yapılmış ve alınan toprak örneklerindeki tuz oranları tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan yöntemler bu konuda uzun yılları kapsayan günlük çalışma pratikleri ve kazanılan tecrübeler ile de desteklenmiştir.

Yapılan tüm literatür ve analitik çalışmalarda elde edilen sonuçlar değerlendirilerek örneklendirilen eserler üzerinde gerekli görülen uygulamalar yapılmıştır. Eserler üzerinde yapılan alanda belgeleme, önleyici koruma, kaldırma, teşhis, analitik yöntemler ve konservasyon gibi tüm uygulamalar sırasıyla anlatılmış ve yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

2. TARİHSEL SÜREÇTE BAKIR MADENCİLİĞİ VE BAKIR KULLANIMI

2.1 Bakır Cevherinin Özellikleri

Bakır hidrojenden pasif olup, civa, gümüş, altın ve platin elementlerinden aktiftir. Bakıra oksijensiz asitler etki etmez. Oksijenli asitler ise yükseltgen olarak etki eder. Bakır atmosferik şartlara oldukça dayanıklıdır. Mukavemeti düşük, döküm ve kaynak kabiliyeti iyi değildir. Kübik yüzey merkezli kristal yapısı sebebiyle soğuk olarak şekillendirilebilir. Bir başka deyişle kolay dövülüp işlenebilen bir metaldir (Ünal vd., 2016, s.1). Doğada ham bakır, kalkopirit, malahit, azurit, kalkosit, küprit, bornit ve enargit gibi birçok mineral içerisinde bulunmaktadır (Baykan, 2016, s.62). Türkiye Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nce hazırlanan Türkiye ve dünyada bakır başlıklı rapora göre "*doğada içerisinde farklı konsantrasyonlarda bakır içeren yüzlerce mineral bulunmaktadır. Bir mineral, içerisinde %6'dan fazla bakır bulundurur ise zengin sayılmaktadır. Başlıca üretim yapılan mineraller; kuprit, kalkosit, kovellit, kalkopirit, bornit, tetrahedrit, tenorit, malahit, azurit ve tennantit'dir*" (Ünal vd., 2016, s.1) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Doğal ortamda ham bakır barındıran bazı mineral örnekleri (Ünal vd., 2016, s.2, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Bu mineraller içerisinde kolay işlenebilirliği sebebi ile en çok tercih edilen malahit, bakır yataklarının, sülfürlü cevher mineralleri içeren ve yoğun olarak oksit, hidroksit ve karbonat bileşimli cevher minerallerine dönüştükleri zonda oluşan ikincil bir mineraldir. Bu zonlarda oluşan malahit minerali azurit ve kuprit ile birlikte yer alır (Doğan, 2012, s.192). Doğada ham bakır barındıran ikincil kökenli minerallerin bakır yüzdeleri açısından ise ilk sırayı küprit alır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1 Başlıca doğal bakır mineralleri, kimyasal formülleri ve bakır yüzdeleri (Ünal vd., 2016, s.2, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Mineral	Kimyasal Formül	Cu %
Kuprit	Cu_2O	88,82
Tenorit	CuO	79,89
Kalkosit	Cu_2S	79,85
Kovellit	CuS	64,46
Bornit	Cu_5FeS_4	63,31
Malahit	$Cu_2(CO_3)(OH)_2$	57,48
Azurit	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$	55,31
Tennantit	$(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$	47,51
Tetrahedrit	$(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$	34,8
Kalkopirit	$CuFeS_2$	34,63

2.2 Bakır Kullanımına Dair İlk Buluntular ve Anadolu'nun Rolü

Az rastlanmasına karşın parlaklığıyla doğada kolayca ayırt edilebilen altın fark edilen ve ilgi gösterilen ilk metaller arasında yer almıştır. Ancak genel olarak metallerin kullanımının başlangıcına bakarsak, erken dönemlerden itibaren kullanıldığı anlaşılan bakır ilk işlenen metal olarak öne çıkmakta ve metalürjinin başlangıcı olarak bu metal kabul edilmektedir. (Başak, 2008, s.15). Bakır cevherinin kullanımı ve insanlığın kültür mirasına dahil olması günümüzden yaklaşık 12000 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Anadolu'da metale dair en eski izler demir oksit kalıntıları olarak yaklaşık M.Ö. 10000 yıllarında Karain ve Beldibi mağaralarında bulunmuştur. Bu veriler bize Anadolu'da madenciliğin başlangıcını işaret etmektedir. Yine bu dönemlerde doğada saf olarak bulunan bakır parlak renginden dolayı altın ile birlikte dikkat çekici ve fark edilmesi kolay bir metal olmuştur (Ehsani ve Yazıcı, 2016, s.44). Bugüne kadar yapılan arkeolojik ve

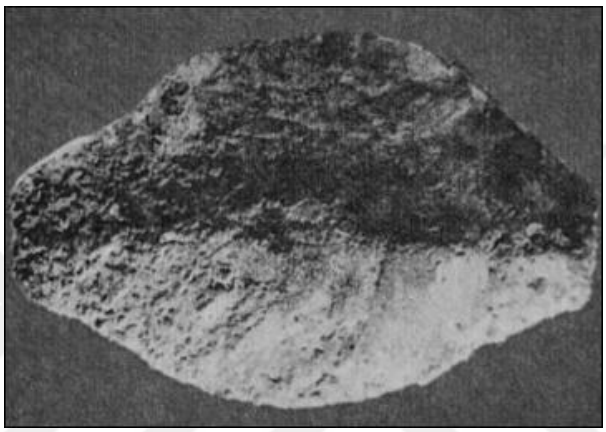
arkeometalürjik çalışmalar "*dünyada en erken metal işleme teknolojisinin Çanak-Çömleksiz Neolitik dönemde başladığını ve bilinçli işlenen ilk madenin bakır olduğunu ortaya koymaktadır*" (Tekin, 2015, s.228). Yakındoğu, Akdeniz havzasında Kıbrıs adası ve özellikle Anadolu bu konuda başrolü üstlenmiştir. Anadolu dışında MÖ XI. Binyılda Kuzey Irak'taki Shanidar Mağarası'nda ele geçen, bir bakır minareli olan malahitten insan eli ile şekillendirildiği düşünülen eser Yakındoğu'nun en eski tekil metal buluntusu olarak görülebilir (Tekin, 2015, s.228) (Şekil 2.2). Madenciliğin başlangıcını üretimin yoğunlaştığı MÖ 9500-MÖ 5500 yılları arasına tarihlemek, süreci üretimin başlangıcı ile ilişkilendirilebilmek açısından doğru olacaktır. Anadolu'da başlayan bu süreç insanoğlunun yerleşik hayata geçerek tarım ve hayvancılık faaliyetlerini günlük yaşantının vazgeçilmez öğeleri olarak kabul ettikleri bir dönem olarak tanımlayabileceğimiz Neolitik Döneme denk gelmektedir (Fidan, 2016, s.50).



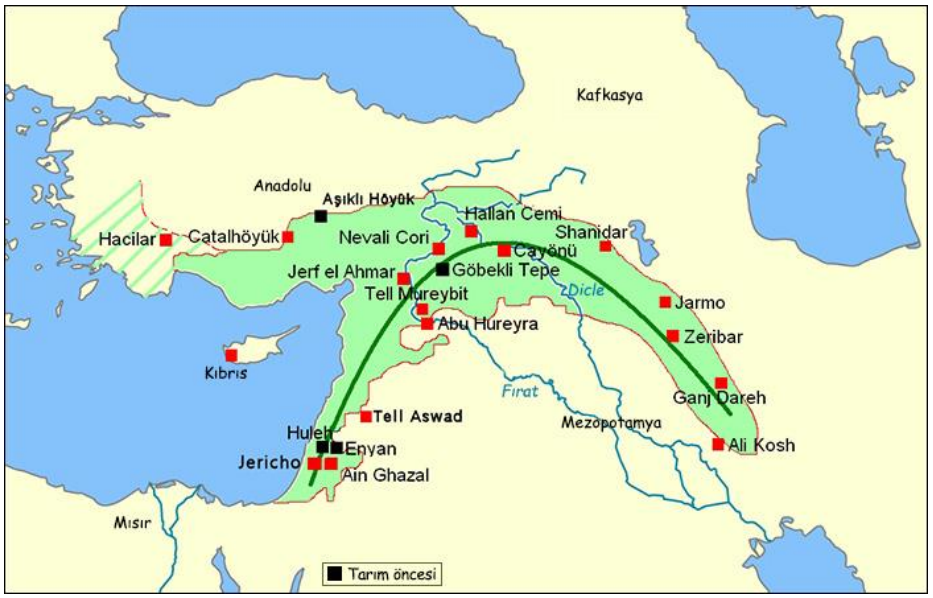
Şekil 2.2 Shanidar Mağarası-malahit buluntu (Smith, 1975, s.603, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Bu dönemde Anadolu'nun sakinleri doğada tesadüfen rastladıkları saf bakırdan şekillendirdikleri takı ve basit günlük eşyaları yaşamlarına sokmaya başlamışlardır (Ehsani ve Yazıcı, 2016, s.43). Anadolu da metalik madenden yapılmış en eski işlenmiş materyaller, Diyarbakır-Ergani'ye yakın Çayönü tepesi olarak anılan höyükteki kazılarda bulunmuştur (Kaptan, 1990, s.175). Anadolu'da MÖ VII. Binyılda Çayönü (Diyarbakır), Hallan Çemi (Batman) ve Aşıklı Höyük (Aksaray) gibi merkezlerde bakırdan boncuk,

bız, iğne, kanca ve çeşitli levha parçalarından oluşan çok sayıda eser bulunmuştur (Bardakçı ve Bardakçı, 2019, s.99). Bu eserler dünya üzerinde gerçek anlamda ilk madeni eser üretiminin Anadolu'da yapıldığını göstermektedir (Fidan, 2016, s.50). Neolitik Dönem yerleşim merkezlerinden olan Diyarbakır-Çayönü, Aksaray-Aşıklı Höyük ve Urfa-Navala Çori Höyüğü'nde bulunan bakır buluntular, insanlık tarihinin şimdiye kadar bilinen en erken madeni buluntuları temsil ederler (Başak, 2008, s.15) (Şekil 2.3, Şekil 2.4).



Şekil 2.3 Çayönü'nden bakır boncuk (Başak, 2008, s.29, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir-Orijinal resim V.Sevin).



Şekil 2.4 Anadolu ve Yakın Doğu'da Çanak Çömleksiz Neolitik, Bereketli Hilal. MÖ 10800-6500 (https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-Pottery_Neolithic esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Üreticiliğe geçiş safhasının önemli bir kültür merkezi olan Çatalhöyük'te, cevherden arıtma yoluyla bakır elde edildiği, arkeolojik kazılar sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Anadolu'da bakırın ergitilmesiyle ilgili ilk denemelerin başladığını müjdeleyen Çatalhöyük buluntularının MÖ 6000 yıllarını kapsaması son derece ilginç ve sevindiricidir. Saptanan bu tarih, Anadolu'daki metalürjinin başlangıç tarihi olarak kabul edilmelidir (Kaptan, 1990, s.176). Anadolu, Neolitik Dönemde, metalurji alanında o kadar ileri gitmiş ki, cevherden izabe[1] yöntemiyle arıttığı bakır madenini, büyük uygarlıklara ev sahipliği yapmış bölgelerden Mezopotamya ve Mısır'a ihraç etme başarısını dahi gösterebilmiştir (Başak, 2008, s. 20) (Şekil.2.5).



Şekil 2.5 Çatalhöyük 2003 kazı çalışmalarında ortaya çıkarılan, çağdaş buluntulardan daha büyük, dövülerek yapılmış bakırdan bir kol bandı/bileklik (Lyon ve Taylor, 2003, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

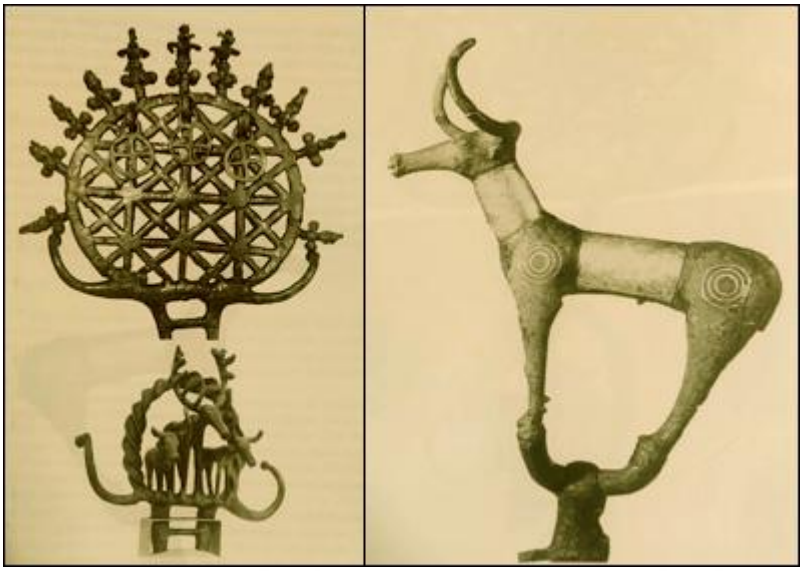
MÖ 5500'lerde Kalkeolitik Çağ'a gelindiğinde artık Anadolu'da bakırın izleri daha fazla görülmeye başlanır. Kalkolitik Dönemin sonlarında Anadolu'da maden sanatı ileri bir düzeye erişip madenden özellikle de bakırdan hemen her türlü eşya üretimi yaygınlaşınca, insanların madene olan ilgileri de artmıştır. Madenleri, bilhassa bu dönemde çok ilgi çeken bakırı elde edebilmek için karşılığında başka değerli maddeler, dokuma ve seramik gibi mamul eşyayı değiştirme isteği, ticareti de beraberinde getirmiştir (Başak, 2008, s. 21). Bakırın bu yaygın kullanımı Değirmentepe örneğinde görüldüğü üzere Geç Kalkolitik Anadolu yerleşmelerinde irili ufaklı bakır ticaret merkezlerinin oluşmaya başlamasına yol açmıştır. Madencilik faaliyetlerinin MÖ 5. Binyılın sonlarında başladığı anlaşılan Değirmentepe Höyüğü'nde Kalkolitik Çağı'na ait büyük bir yapı kompleksi içerisinde kubbesi kısmen sağlam bir fırın bulunmuştur. Fırının ağzında bulunan bakır

[1] Madenleri ergitme, sıvı durumuna getirme. www.tdk.gov.tr: https://sozluk.gov.tr/ adresinden alındı.

cüruflarından fırının maden işlemek amacıyla kullanılan bir ocak olduğu anlaşılmıştır (Yüksel, 2018, s.88).

Bakır alaşımlarının yaygın olarak kullanılmaya başlandığı arkeolojik kazılar sonucu kanıtlanan Tunç Çağları'na gelindiğinde karşımıza Anadolu'nun hemen her yerindeki yerleşim alanlarından bronz eserler çıkmaya başlar. Kalay ve bakırın karışımından oluşan tunç Anadolu'da Kalkeolitik sonunda görülür. Ancak tunç madeninin alet ve kap yapılmasında kullanılması 3. Binin başlarına rastlar (Akurgal, 1995, s.26).

Anadolu'da madenciliğin yaygınlaşması, daha çok eskilerden beri madenlerin, özellikle bakırın, az da olsa kullanılmasından kaynaklanan uzun bir sürecin sonucudur. Gelişimini "eski", "orta", "son" olarak üç döneme böldüğümüz Tunç çağlarının 1000 yılı aşkın bir süreyi kapsayan 'eski' döneminin ancak son evresinde tunç eşya ilk kez gerçekten çoğalmıştır (Dinçol, 1982, s.15). Erken Tunç Çağının son safhasında madeni örnekleri taklit ederek yapılan gaga ağızlı testilerin, sepet kulplu çaydanlıkların, keskin köşeli fincanların, vazoların miktarı artmıştır. Bu kap şekillerinin birçoğu sonraki devirde görülen Hitit kap şekillerinin prototipidir. Orta ve Kuzey Anadolu'da tunçtan mızrak uçları, ilk defa bu devirde görülmektedir (Kısıklı, 2006, s.3). Alacahöyük, Kayapınar, Eskiyapar, Mahmatlar, Alişar, Dündartepe, Horoztepe, Hasanoğlan ve Troia gibi belli başlı merkezlerde ele geçen buluntular, Tunç Çağı'nda Anadolu'nun maden sanatında ulaşmış olduğu seviyeyi gösteren buluntulardan bazılarıdır (Başak, 2008, s.16). Alacahöyük'deki mezarlarda bulunmuş olan ve artık herkes tarafından tanınan güneş kursları, dağ keçileri, boğalar ve sistrum adını verdiğimiz çıngıraklar bu çağın eserleridir (Dinçol, 1982, s.15) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Solda: Evreni (dünyayı) simgeleyen tunç dinsel sunak. Alacahöyük, MÖ 2100 2000. Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi (Akurgal, 2000, s.25, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir); Sağda: Gümüş kakmalı tunç boğa heykelciği Hititlerde gök tanrısını simgeleyen bu yapıt, Hattili ustalar tarafından üretilmiştir. Alacahöyük, MÖ 2100-2000. Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi (Akurgal, 2000, s.26, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Yine bu dönemde bakır ve kalay ticaretinin de daha küresel bir hale dönüştüğü anlaşılmaktadır. Uluburun Batığı bu küresel ticaretin belgelendiği güzel bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Uluburun batığında ortaya çıkarılan yaklaşık 10 ton bakır ve bir ton kalaydan oluşan öküzgönü külçelerin[2] her biri ortalama 28-29 kg ağırlığa sahiptir (Tekin, 2015, s.223) (Şekil 2.7).

[2] Arkeoloji literatüründe ingilizce külçe kelimesinin karşılığı olan ingot kelimesi kullanılmaktadır. Bir çok şekilde dökülebilen ve şekline göre adlandırılan ingotlardan Uluburun batığında ele geçenler, yatay durumda yere serilmiş bir sığır derisini andırdıkları için "öküzgönü ingotlar" olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 2.7 Uluburun batığı bakır külçeler- Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi (https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_a/illustr/ia_1_8.html, sayfası esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Bakır ve kalayın başrolde olduğu bir başka örnek ise Asur Ticaret Kolonileri Çağı'dır. Yönetim merkezi Mezopotamya'daki Asur kenti olan Asur Devleti vatandaşları olan tüccarlar, MÖ 19. Ve 18. Yüzyıllarda Anadolu'nun değişik yerlerinde ticaret kolonileri kurmuşlar ve iyi örgütlenmiş bir Pazar ağı geliştirmişlerdi (Dinçol, 1982, s.21). Bu çağın tacirleri Anadolu'ya kalay ithal etmiştir. Asur ile Anadolu arasındaki ticaretin temelini, Asur'dan Anadolu'ya kalay ve dokuma ürünleri dışalımı, karşılığında da Anadolu'dan genellikle gümüş, bazen de altın dışsatımı oluşturmaktaydı. Anadolu'dan Asur'a bakır dışsatımı yapıldığı da bilinmektedir (Dinçol, 1982, s.21). MÖ 2. Binyılın başlarında Anadolu'ya akın eden Asurlu tüccarlar, Anadolu'da 250 yıl sürecek Asur Ticaret Kolonileri Devri'ni başlatarak tarihi imzalarını atmışlardır. Asur Ticaret Kolonileri

çağında (MÖ 1974-1723) henüz yazı ile tanışmamış olan Anadolu yazıyı öğrenmiş ve Anadolu, tarihi devirlere bu çağ ile girmiştir (Soğandereli, 2019, s.37).

MÖ 1680-1200 yıllarında Anadolu'da bir imparatorluk kuran Hititler'in siyasi ve kültürel başarılarında demir cevherini işlemeyi öğrenmiş olmalarının yanısıra hiç kuşkusuz bakır metalürjisini geliştirmiş olmalarının da rolü vardır (Ehsani ve Yazıcı, 2016, s.46). MÖ 1450- 1200 yılları arasında 'Büyük Hitit İmparatorluk Dönemi'nde madencilik, Anadolu'da bir endüstri dalı olarak yoğun ve yaygın bir şekilde devam etmiştir. Milâttan önce 1200 yıllarında Anadolu Demir Çağına girmiş olmasına rağmen demirden yapılmış malzemeler, diğer metallerden yapılmış malzemeden azdır (Kaptan, 1990, s.177). MÖ 859-595 arasında Doğu Anadolu'da büyük bir uygarlık inşa eden Urartu Devleti ve MÖ 685-547 yıllarında Batı Anadolu'da hüküm süren Lidya Devleti bakır işletmeciliğini ve metalürjisini büyük ölçüde geliştirmişlerdir. Anadolu'da MÖ 150-MS 700 Roma İmparatorluğu döneminde ise madencilik faaliyetleri ve özellikle de bakır madenciliği en üst seviyeye ulaşmıştır. Romalılar Ergani bakır madenini işletmişlerdir. Ayrıca Kıbrıs adasında bakır üretimine başlamışlardır. Bakırın etimolojik kökeni bu dönemden gelmektedir (Ehsani ve Yazıcı, 2016, s.46). (Tablo 2.2).

Tablo 2.2 Anadolu da Bakırın Tarihsel Gelişimi (Ehsani ve Yazıcı, 2016, s.47, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

YIL (yaklaşık)	YER	BULUŞ-KULLANIM
MÖ.10000	Karain ve Beldibi Mağaraları	İlk metal bulgular.
MÖ.7000-8000	Çatalhöyük (Konya)	İlk bakır metal süs eşyaları.
MÖ.7000-6500	Çayönü (Ergani)	İlk bakır madencilik, dövme ve tavlama-kanca-tığ.
MÖ.6500-4000	Çayönü (Ergani)	Muhtemelen Malahit cevherinden bakır izabe işlemi.
MÖ.5000	Can Hasan (Karaman)	Bakır dökümü.
MÖ.3700-3300	Bronz Çağı (Orta Anadolu)	Bakır ve kalay komleks cevherden bronz eldesi.
MÖ.4000-2000	Anadolu	Sümerliler, Bronz Çağı gelişimi, bakır eldesi.
MÖ.2000-1750	Anadolu	Asurlular, Ergani Bakır Madeni, Gümüş madenciliği.
MÖ.1680-1200	Anadolu (Hattuşaş-Çorum)	Hititler, bakır metalürjisi, Demir Çağı başlangıcı.
MÖ.860-540	Anadolu	Lidya ve Urartu -Bakır madenciliğinin gelişimi.
MÖ.150-MS. 700	Anadolu-Kıbrıs-Ege-Balkanlar	Bakır madenciliğinin ve ticaretinin gelişimi.

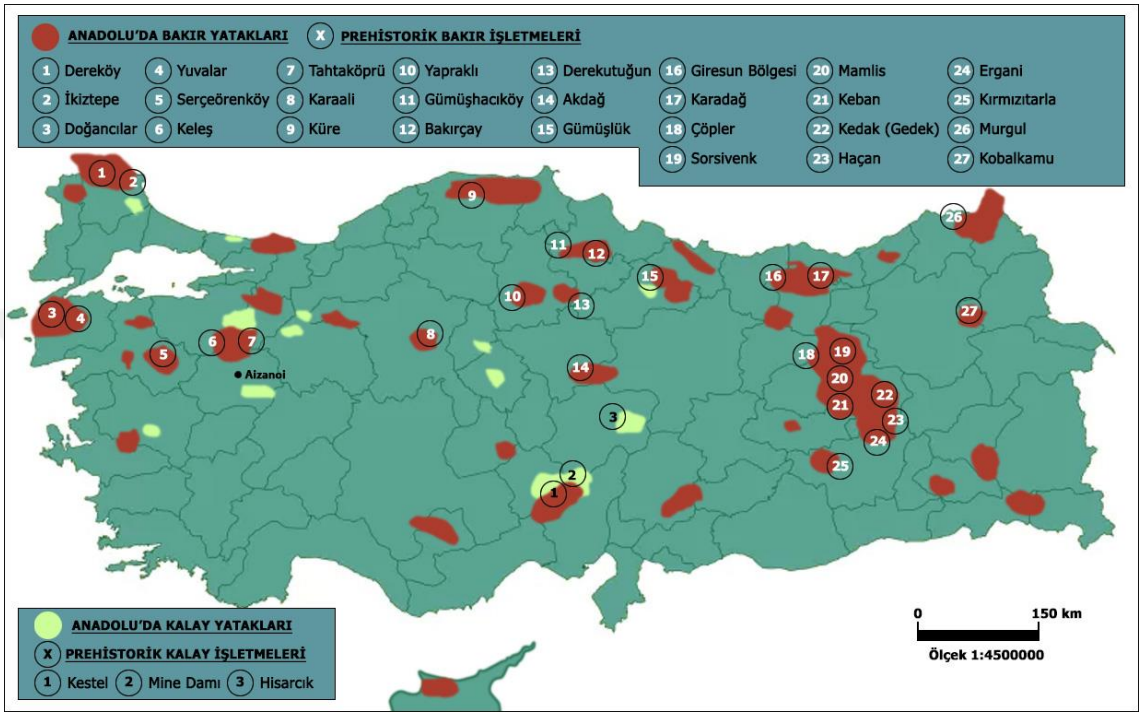
'Levha Tektoniği Kuramı' göz önüne alındığında, jeolojik zamanlar boyunca hareketsiz kalan Arap Plakası içinde yer alan Mezopotamya metalik yataklardan yoksunken, hareket halinde bulunan Anadolu Plakası mineroloji açısından zengin bir bölge durumundadır.

Söz konusu iki plakanın temas ettiği Güneydoğu Toroslar oldukça zengin mineral yataklarına sahiptir (Tekin, 2015, s.38-39).

Anadolu'da bilinçli madenciliğin başladığı MÖ 5000 yıllarında, prehistorik dönem madencileri, madenleri çıkartabilmek için ateş ve sudan faydalanmışlardır. Eski madenciler, odun ateşi ile ısıttıkları yerin üzerine döktükleri suyun, zeminde oluşturdukları çatlak ve yarıklara çaktıkları kazıklar sayesinde maden cevherlerini çıkarttıkları düşünülmektedir (Kısıklı, 2006, s.91). Yeraltı madenciliği konusunda bilgilenmemizi sağlayan birçok veri ele geçmiştir. Bunlar arasında eski maden galerilerinde ele geçen madenci araç ve gereçlerinin, ahşap taşıma kürekleri ve cevher taşıma tekneleri bulunmaktadır. Bu araç ve gereçler madenlerin cevherden çıkartılmasından kullanıma müsait hale getirilene kadar çeşitli aşamalarda kullanılırlar (Kısıklı, 2006, s.93).

Anadolu'da maden ocaklarının ilk kez Kalkolitik dönemde kullanılmaya başlandığı belgelenmiştir. Bugünkü bilgilerimize göre, Anadolu'da bilinen en eski maden işletmesi, Çorum ilinde yer alan Derekutuğun'dur. Prof. Dr. Ünsal Yalçın'ın yapmış olduğu kazı ve araştırmalar işletmede, galeriler açılarak bakır çıkarıldığı tespit edilmiştir (Fidan, 2017, s.669). En erken tarihli işletmelerden bir diğeri Tokat'ın Erbaa ilçesi sınırları içindeki Kozlu Eski Gümüşlük'tedir. Bu maden yatağında sülfürlü bakır bulunduğu ve bu yatağın çok eski çağlarda da kullanıldığı ele geçen bulgulardan anlaşılmaktadır (Tekin, 2015, s.48). Burası MÖ IV. Bin yıl başlarından itibaren tarihî devirlere değin tarihsel işlevini binlerce yıl devam ettirmiş olan Anadolu'nun en eski bakır işletmesidir (Kaptan, 1983, s.144). Doğu Anadolu Bölgesi'nde Ergani maden yatağı erken dönemlerde kullanılmış bakır maden yataklarının başında gelmektedir. Bu alandaki çukurların düzensiz ve plansız durumları, tarih öncesi dönem işletmeciliğini hatırlatır niteliktedir (Fidan, 2017, s.671). Türkiye yeraltı madenciliğine ait en eski buluntulardan biri de 1979 yılında bulunan Kütahya-Gümüşköy, Aktepe mevkiindeki galeriler kompleksidir. (Kaptan, 1990, s.177). Bu madende gümüş işletildiği saptanmıştır (Tekin, 2015, s.51). 1987 yılında saptanan Niğde-Çamardı, Celaller köyü Santuzla antik maden galeriler kompleksinin işletme tarihi Eski Tunç çağına ait olup Roma-Bizans çağına değin işletilmiştir (Kaptan, 1990, s.179). Anadolu'da MÖ I. Binyıla tarihlendirilen diğer iki işletme de Artvin-Murgul ve Sivas-

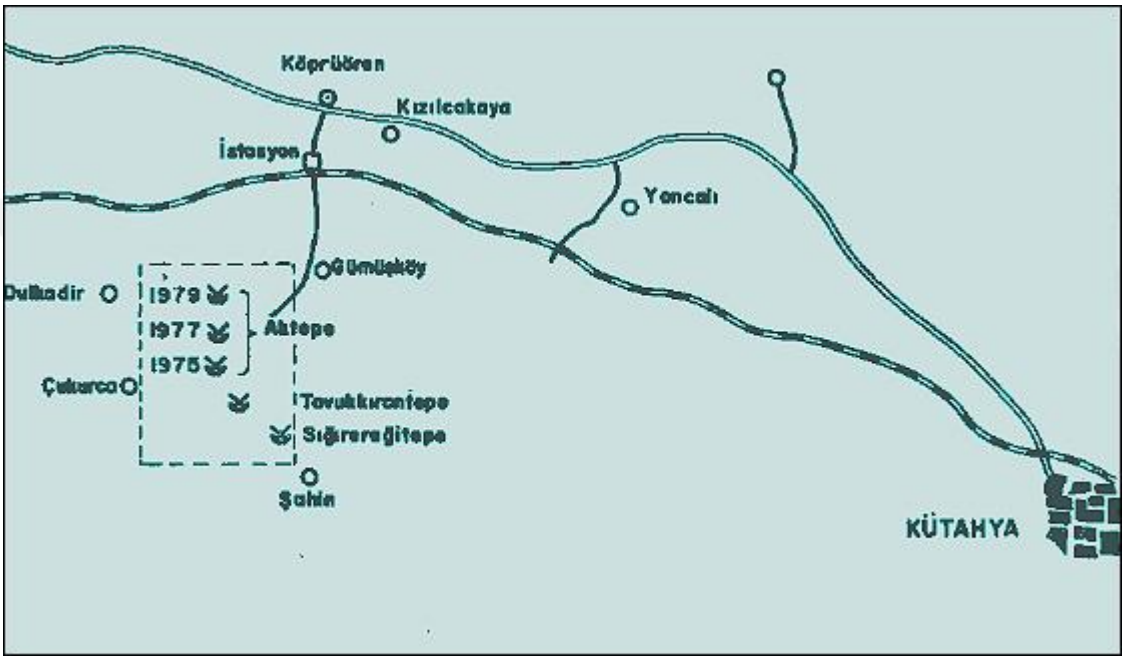
Koyulhisar Kurşunlu Köyü yöresindedir (Kaptan, 1990, s.179). Adı geçen maden işletmelerinden başka, Akdağmadeni (Yozgat), Maden (Elazığ), Keban (Elazığ) ve Küre (Kastamonu) gibi maden yataklarının tarih öncesi çağlarda kullanıldığı genel kabul görmektedir (Tekin, 2015, s.51) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Anadolu'daki bakır ve kalay yatakları ve tarih öncesi dönemlerde kullanılması muhtemel maden işletmeleri (Fidan, 2016, s.51, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Aizanoi'nin de yer aldığı İç Batı Anadolu'nun madencilik tarihine göz attığımızda daha önce bahsedilen Kütahya-Gümüşköy'deki galeriler kompleksi öne çıkmaktadır. Gümüşköy'deki yerleşim alanı bir tepe üzerinde olup, büyük bir kısmı eski metalürjiye ait kalın bir cüruf tabakası ile kaplıdır. Binlerce yılı kapsayan bir ergitme sonucu oluşan bu birikim için gerekli olan maden cevheri, çok yakın maden yataklarından sağlanmış olmalıdır. Köprüören Höyük, Gümüş Höyük, Hisartepe, Tavşanlı Höyük, Saruhanlar Höyük, Kureyşler-Höyüktepe'de bakır ve gümüş cüruflarının yoğun olarak bulunduğu ifade edilmektedir (Usta, 2023, s.6) Gümüşköy'e en yakın ana cevherleşme alanı olarak Aktepe maden sahası, Tavukkırantepe ile Sığırereğitepe sahaları vardır (Kaptan, 1983, s.141). Aktepe eski maden sahası, Gümüşköy'e yaklaşık 3 km uzaklıktadır ve buradaki galerilerden biri, eski Anadolu yeraltı madenciliğini tanıtan en önemli buluntular arasında

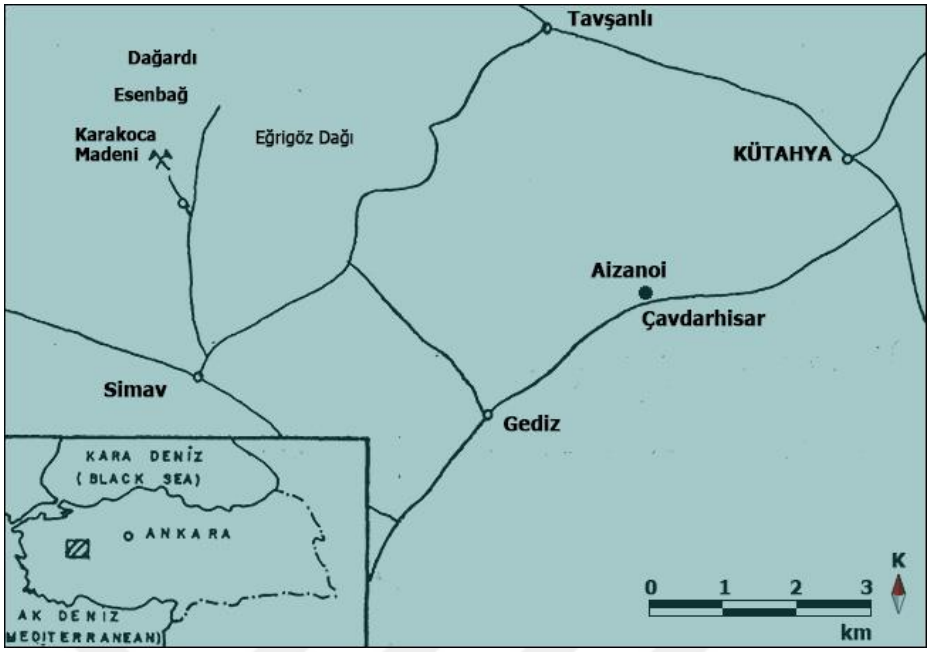
yer alır. Ayrıca sözü edilen maden sahasında, milâttan önce ve milâttan sonraki çeşitli devirleri kapsayan ve madencilik işlerinde kullanılmış antik buluntular ele geçmiştir (Kaptan, 1983, s.141). Gümüşköy, Aktepe ve Tavukkırantepe maden sahaları arasında en erken kullanım MÖ 2. Binyıl başlarına giden Aktepe maden sahasındadır. Bu üç maden sahası da özellikle kurşun ve gümüş cevherleri barındırmasından dolayı önem arz etmektedir (Cesur, 2019, s.2) (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Kütahya çevresindeki eski maden işletmeleri (Kaptan, 1983, s.142, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Karakoca köyünün 3 km batısında Akdağ eteklerinde Musalar Yaylası'nda yer alan Karakoca köyünde geçmiş yıllarda işletilen kurşun, çinko ve bakır rezervli bir maden bulunmaktadır. Ayrıca maden sahasının bulunduğu alana yakın Dağardı ve Esenbağ'da zengin antimon[3] yatakları vardır (Kütahya İli Maden ve Enerji Kaynakları, 2010) (Şekil 2.10).

[3] (Antimon, 2024)



Şekil 2.10 Simav Karakoca madeni (Erler, 1979, s.118, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Araştırmacılar Kuzey Batı Anadolu'da tarihöncesi dönemlerde kullanıldığı tahmin edilen 8 adet maden işletmesinin varlığını tespit etmişlerdir (Tekin, 2015, s.48). Son yıllarda Kütahya'da, Kütahya Müzesi Müdürlüğü tarafından yürütülen çok sayıdaki kurtarma kazısının yanı sıra 2021 yılında başlayan Tavşanlı Höyük kazısı ve uzun yıllardır devam eden Aizanoi Antik Kenti kazısı sayesinde arkeolojik bilgi birikimi oldukça artmıştır. Bahsedilen bu kazılar sayesinde bölgenin metalürji tarihine dair önemli verilere ulaşılmıştır (Karatak vd., 2021, s.175). Aizanoi antik kentinde ele geçen madeni buluntuların kent dışından bir atölyede üretilip kente getirilmesine gerek yoktur. Çünkü bu eserlerin kent içerisinde ya da yakın çevresinde ufak çaplı bir atölyede üretilip kullanıma sunulması mümkündür. Aizanoi antik kenti çevresinde yeterli sayıda maden yatakları bulunduğu için kentin metal eser üretimi için gerekli hammaddeyi buralardan karşılaması beklenir (Cesur, 2019, s.95). 1993 yılı kazı çalışmalarında belirlenen Aizanoi'de sütunlu caddedeki ufak çaplı demirci işliği kentte küçükte olsa bir metal işçiliğinin olma olasılığını arttırmaktadır (Cesur, 2019, s.23).

2016 yılında yapılan çalışmalarda, Höyüktepe, Çiledir Höyük, Ağızören Mezarlığı ve Seyitömer Höyük gibi arkeolojik merkezlere ait olan MÖ 3. ve 2. binyıllara tarihlenen buluntulardan oluşan Kütahya örneklerinin analiz sonuçları, bölgenin önemli bir metalürji

geleneğine sahip olduğunu göstermektedir (Karatak vd., 2021, s.176). Kütahya'daki tarihöncesi metal üretimi ve metal işçiliği hakkındaki bir başka önemli veri kaynağı da yüzey araştırmalarıdır. 80'li ve 90'lı yıllarda Turan Efe tarafından bölgede yürütülen yüzey araştırmalarında Erken Tunç Çağ madenciliği ile ilgili önemli veriler ortaya çıkarılmıştır (Karatak vd., 2021, s.178). Efe, Demircihöyük'ün kuzeybatısında, Oluklu Höyük'ün 1 km. kadar batısında Söğütlüdere Çeşmesi'nin bulunduğu yerde, geniş bir alana yayılmış olarak, yüzeyde irili ufaklı bakır cürufu bulunduğundan bahseder ve bu höyük ve çevresinde yapılacak araştırmaların İlk Tunç Çağ ile ilgili sorunların çözümüne büyük katkılarda bulunacağı kanısında olduğu değerlendirmesini yapar (Efe, 1990, s.15-17). Aynı yüzey araştırmasında Efe, Kütahya Domaniç hattının güneyinde Tavşanlı ilçesinin yakınlarındaki Tepecik Höyük yüzeyinden de bol miktarda bakır cürufu toplamış ve bölgede en azından İTÇ 1 döneminden itibaren madenciliğin önem kazandığını varsaymıştır (Efe, 1990, s.8). Bursa ilinde, Koçayaylar'ın 5 km kuzey batısında yer alan Tahtaköprü bakır maden ocağı her ne kadar Geç Roma Dönemi'ne tarihlense de prehistorik madencilerin burayı kullanmış olması muhtemeldir. Aynı ilin Keleş ilçesindeki bakır maden ocağında eski maden işletmeciliğine ait deliller ele geçirilmiş olmasına rağmen, tarihleme yapılamamıştır. Ancak bu bakır yatağının, tarih öncesi dönemlerde kullanılmış olabileceği varsayılmaktadır (Fidan, 2016, s.52).

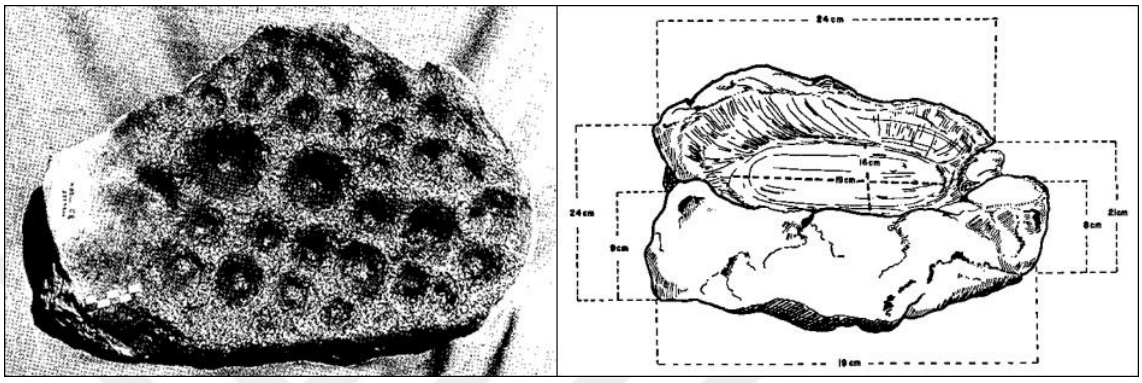
"Eskişehir ve Kütahya İlleri Tarih Öncesi Dönem Yüzey Araştırması" (EKAR) kapsamında son yıllarda yapılan araştırmalarda bahsedilen Kütahya'nın Emet ilçesindeki kurşun, çinko ve bakır cevherleşmesine sahip Çakırahmet Çiftliği ile Tavşanlı ilçesindeki baryum, kurşun ve bakır cevherleşmesine sahip Dudaş da eski dönemlerde yöredeki önemli maden kaynakları olarak düşünülebilir (Karatak vd., 2024, s.60-67) (Tablo 2.3).

Tablo 2.3 Kütahya çevresindeki maden cevher alanları.

Aizanoi çevresindeki maden alanları		
Gümüşköy	Kurşun ve gümüş	Erken Tunç Çağ ve sonrası
Aktepe	Kurşun ve gümüş	Erken Tunç Çağ ve sonrası
Tavukkırantepe	Kurşun	Tunç Çağ ve sonrası
Sığırereğitepe	Kurşun	Tunç Çağ - ?
Karakoca	Kurşun, çinko, bakır	? - Geç dönemler
Dağardı-Esenbağ	Antimon	?
Çakırahmet Çiftliği	Kurşun, çinko, bakır	?
Tahtaköprü	Bakır	Erken Bizans
Tavşanlı - Dudaş	Baryum, kurşun, bakır	?

Anadolu'da yaşayan krallıkların neredeyse tamamı bakır madenciliği ve metalürjisi (bronz üretimi ve döküm teknolojisi) ile ilgili büyük gelişmeler kaydetmiştir (Ehsani ve Yazıcı, 2016, s.46). Madenlerin işlenmesinde başlıca iki aşama bulunmaktadır. Birincisi, çıkarılan cevherin metal haline gelmesi için gerekli olan metalurjik işlemler, diğeri de bu işlemler sonucu oluşan metalin işlenerek metal eser haline getirilmesi sırasında kullanılan yöntemdir (Kısıklı, 2006, s.93). Maden cevherini ergitmeye hazır duruma getirebilmek için cevherin kırılarak tane boylarının istenilen büyüklüğe getirildiği, Eski Anadolu'ya ait birbirinden çok farklı olmayan çeşitli cevher zenginleştirme aletleri kullanılmış olmalıdır. 2009 tarihlerinde yürütülen Çamlıbel Tarlası yerleşimi I. Ve II. katmanlarda bulunan ve bakır madeni eritme amacıyla kullanıldığı düşünülen çukurların etrafından aşağıya doğru uzanan beyaz bir kül tabakasının içinde, küçük parçalar hâlinde, limonit adı verilen ve bakır yataklarının içinde görülen bir mineral bulunmuştur. Büyük olasılıkla bu limonitler, bakır madeni eritilmeden önce istenmeyen parçaların ayıklanması sırasında atılan parçalardır (Schachner, 2011, s.222). Son yıllarda yapılan çalışmalarda bunlara kaynaklık edecek güzel örnekler ele geçmiştir. Türkiye madencilik tarihi için önemli buluntulara sahip Tokat bölgesinde Kozlu-Ezebağı köyünde ele geçirilen ve MÖ II. binyılın başlarına tarihlenen 'çok çukurlu havan' ve 'çok çukurlu ezme taşı' eski cevher

zenginleştirme aletlerine güzel bir örnektir (Kısıklı, 2006, s.94). Ayrıca Kütahya yakınlarında bulunan Aktepe madeninde 1977 yılında ele geçen ve orta-ince kırma ve öğütme işlemlerinde kullanıldığı anlaşılan, bir cevher kırma-öğütme aleti eski madenciliğe ait güzel örneklerdendir. Bu örnek MS II. yy.a ait olup Anadolu'da ele geçen ilk örnektir (Kaptan, 1983, s.146) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Solda: Tokat-Erbaa, çok çukurlu taş havan (Kaptan, 1991, s.100, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir). Sağda: Aktepe maden sahası, cevher kırma-öğütme aleti (Kaptan, 1983, s.145, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

2.3 Tarihsel Süreçte Bakır Alaşımları

Metal malzemelerin yer kabuğunda bulunan ve tarih boyunca insanoğlu tarafından mekân tasarımında sıkça kullanılmış olan doğal taşlara kıyasla üstünlüğü ergitilebilmeleri, döküm yapılabilmeleri ve genellikle de sünek olmalarıdır. Alaşım yapılabilmesiyle de mukavemeti oldukça arttırılabilir (Tulgar, 2015, s.110). Bu metallerin başında gelen bakır, işlemesi kolay, yumuşak bir madendir. Doğal bakırın işlenmesi aşamasında malahit diğerlerine nazaran daha avantajlı özelliklere sahip olduğundan tercih edilmiştir. Daha sonraki aşamalarda bakırın oksit, silikat ve karbonatları kullanılmıştır. Sülfürlü cevherler ise daha geç aşamalarda kullanılmaya başlanmıştır (Tekin, 2015, s.233). Doğal veya bakır oksitler ile karbonatlarına ait arınmış bakır, soğukken dövülerek şekillendirilebilir. Fakat bu tip bakır, dökümden sonra dövülünce kolayca dağılabilir. Bu yüzden sertleştirilmesi için başka maden filizlerinin bakır ile eritilmesi yoluna gidilmiştir (Esin, 1969, s.107).

Geç Kalkolitik Çağ'ın sonlarında Eski Anadolu yerleşimlerinde insanlık tarihinin bilinen ilk bronz eserleri bulunmuştur. İlk alaşımlar, içinde az miktarda arsenik bulunan 'Arsen Bronzları' ve daha sonra kalay karışımlı 'Kalay Bronzları'dır. Gerçek anlamda bilinçli bakır-arsenik alaşımından söz etmek için arseniğin %2 veya daha fazla bir orana sahip olması gerekir (Tekin, 2015, s.135). Parlak kurşuni renge sahip arsenik elementi, prehistorik insanlar tarafından bilinmekte ve Geç Kalkolitik Çağ'dan itibaren kullanılmaktaydı. Bu dönem ile birlikte bilinçli olarak yüksek arsenik oranına sahip bakır filizlerinin seçilmiş olma ihtimalinin yanında arseniğin bakıra katılarak kullanılması da mümkündür (Fidan, 2016, s.54-55). İçinde yüksek oranda arsenik bulunan bakır, gümüşi bir renk aldığından erken dönemlerde daha çok süsleme amacıyla kullanılmıştır (Tekin, 2015, s.135). Katkı maddeli ilk bakır alaşımları özellikle arsen katkılı arsen bronzları 4. Binden itibaren Yukarı Fırat ve Kilikya bölgesinde, kalay bronzları ise MÖ 3000 yıl dolaylarında görülmeye başlar (Başak, 2008, s. 22).

Neolitikten beri kullanılan bakıra, MÖ 4. Binin sonunda bir miktar kalay katarak elde edilen bu alaşım, maden sanatında yepyeni bir çığır açmıştır. Tunç Çağı'na gelindiğinde ise bakır alaşımlarındaki gelişmede çok büyük bir başarı elde edilir. Bu çağa adını veren tuncun keşfi ile, başta döküm tekniği olmak üzere metalurji alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Maden işçiliğinin üst seviyeye çıktığı Tunç Çağı'nda bir bakır-kalay alaşımı olan tuncun elde edilmesi maden sanatı için yeni bir milat olmuştur (Başak, 2008, s.15).

Doğal ve cevher halinde bulunan kalayın cevher durumu kalay oksit ve kasiterit şeklindedir. Kasiterit (kalay taşı) başlıca kalay minerali olup, kahverengi, siyah bazı durumlarda ise kırmızı, gri veya sarı renklidir. Doğada diğer minerallerle birlikte damarlar halinde bulunan kalay, bazen saf olarak da oluşmaktadır. Ayrıca kalay, alüvyal birikintiler içerisinde de bulunmaktadır. Ancak prehistorik dönemlerde kullanılan kalayın daha ziyade kasiterit cevherlerinden elde edildiği düşünülmektedir (Fidan, 2016, s.54).

Tunç ya da diğer adıyla bronz, kalay ve bakır alaşımıdır. Tunç bakırdan daha sert ve sağlam bir malzemedir, korozyona ve aşınmaya dayanıklıdır. Bakırın sertleştirilmesinde kullanılan en elverişli maden kalaydır. İçinde yeteri kadar kalay barındıran kaliteli bir tunç malzeme soğuk halde işlenmez ve eridiğinde bakır gibi hava kabarcıkları içermediği için döküm tekniğiyle eser üretilmesi daha kolaydır. Kalay miktarı %10 olan alaşımlar en

iyi kalitede tunç olarak kabul edilir (Esin, 1969, s.107). Alaşım oranına ve bulunduğu yerin özelliklerine göre tunç materyaller sarıdan griye, kahverenginden siyaha kadar çeşitli renklerde olabilmelerine karşın en saf halleri kırmızımtırak sarıdır. Alaşımda kullanılan kalay miktarı tuncun sertliğini ve işlenebilme özelliğini belirler. İlk dönem tunçları %2'den az kalay içermekte ve bu sebeple alaşımlar gevrekleşmekte ve kırılganlaşmaktadır. Kalay miktarı, bir bakır eserin içinde %2-6 arasında bulunduğu sürece, o eser soğukken de çekiçleme ile şekillendirilebilir. Ancak içinde bulunan kalay miktarı %6'nın üzerine çıktığı zaman, artık bu alaşım, tavlama esnasında sıcakken ya da dökümden sonra suya daldırılıp dövülerek işlenebilir (Esin, 1969, s.107). Çoğu eski alaşımda %17'den az kalay bulunur. Bu seviyedeki kalay içeriğinde bronzlar soğuk işlenebilir ve tavlanabilir. Ancak kalay içeriği %17 ile %19 arasındaysa alaşımın işlenemez olduğu bulunmuştur. Ancak kalay oranı %19'un üzerine çıkarsa bronz sıcak işlenebilir (Scott, 1991, s.26).

Bakıra sonraları kalayın yanı sıra, kurşun da katılarak çoklu alaşımlar elde edilmeye başlanmış, çinko katkısı ile de çok daha sert ve kullanışlı olan pirinç elde edilmiştir. Pirinç bakır ile çinkodan elde edilen ve tunca nazaran korozyona daha dayanıklı bir alaşımdır. Pirinç alaşımı bakır ile çinkonun bir cevheri olan kalamin ile karıştırılarak elde edilmektedir. Çinko metali, 420 ºC' de ergimesine ve 906ºC' de kaynamasına rağmen, bu metalin üretimi için 1000oC' den daha yüksek sıcaklıklar gerekli olduğundan, çinko oksidin kömür ile redüklenmesi 18.yy'a kadar gerçekleştirilememiştir. Saf çinko eksikliğinde pirinç, simitsonit[4] cevherinin (kalamin) bakır ile bir potada ergitilmesi ile elde edilmeye çalışılmıştır (Şentürk, 2007, s.3). Gerçekte kalamin mineralini cevherden tasfiye etmek için gelişmiş bir metalürji bilgisi gerektiğinden, pirinç üretiminin başlangıcı altın, gümüş, bakır ve demir gibi madenlere göre çok geç başlamıştır (Tekin, 2015, s.137). Saf çinkonun son yüzyıla kadar keşfedilmemiş olmasına rağmen yine Romalılar tarafından bakır cevherleri ile birlikte karışık olarak izabe edilmesi sonucunda pirinç alaşımı şeklinde kullanıldığı bilinmektedir (Özdağ, 2015, s.35).

Pirinç renk ve parlaklık özelliği ile altına çok benzediğinden, eski çağlarda üretimi keşfedildikten sonra kullanımı yaygınlaşmıştır. MÖ 1. Yüzyılın sonlarında ayırt edici

[4] (Simitsonit, 2024)

özellikleri ile sikke ve süs eşyası olarak işlenmeye başlansa da yaygın kullanımı 18. Yy ile birlikte yoğunlaşmıştır. Bugün için en erken pirinç eser Urartu döneminde bilinmektedir. Pirinç eserler maden teknolojisindeki gelişmeye koşut olarak MÖ I. Binyılda yaygınlaşmaya başlamaktadır (Tekin, 2015, s.137).

2.4 Tarihsel Süreçte Bakır ve Alaşımlarının Kullanım Alanları

Bakır ilk işlenmeye başladığı dönemlerde dövme yöntemi ile süs eşyası olarak şekillendirilmiştir. Sonraki dönemlerde yeni işleme tekniklerinin bulunmasıyla gündelik hayatın her alanına girmeye başlamıştır. Kalkolitik Döneme ait bakırdan yapılmış materyaller, taş aletlere oranla daha azdır. Ancak bu çağda bakırın kullanımının yaygınlaşmaya başladığını varsayabiliriz. Kalkolitik Dönemde Anadolu'da maden sanatı ileri bir düzeye erişip madenden özellikle de bakırdan hemen her türlü eşya üretimi yaygınlaşınca, insanların madene olan ilgileri de artmıştır. Madenleri, bilhassa bu dönemde çok ilgi çeken bakırı elde edebilmek için karşılığında başka değerli maddeler, dokuma ve seramik gibi mamul eşyayı değiştirme isteği, ticareti de beraberinde getirmiştir (Başak, 2008, s.21). MÖ5000 yıllarında Anadolu insanları için bakır çok değerliydi. Bu nedenle bakır, gereksinim duyulan ok uçları, balta, keski, biz savaş ve av malzemeleri gibi önemli materyallerin üretiminde kullanılmaktaydı (Özdağ, 2015, s.37). Geç Kalkolitiğin önemli temsilcilerinden biri olan Beyce Sultan'da, bir çömlek içinde ele geçirilen bakırdan muhtelif aletler, gümüş yüzük, hançer parçası ve iğneler, Karaman-Can Hasan'da bakırdan bir bilezik, topuz / asa başı gibi madenden yapılmış değişik aletlerin bulunması, madenin Kalkolitik Çağ'da hemen her alanda kullanılmış olduğunu belgeleyen önemli bulgulardır (Başak, 2008, s.20-21; Dinçol, 1982, s.14).

Başlarda ulaşılması güç ve değerli bir malzeme olan bakır ve sonrasında tunç malzemenin doğal olarak belli zümrelerin kullanım tekelinde olduğu düşünülebilir. Bu durumun da revaçta olan malzemenin benzerlerinin ya da günümüz tabiriyle imitasyonlarının kullanılmasına yol açtığı öngörülebilir. Örneğin tunç çağında güney ve kuzey Kafkasya ile doğu Anadolu'da yayılan Karaz Kültürü kap kacağının tipik özelliği, görünüş olarak tunca benzeyen koyu kirli yüzlü, parlak açkılı ürünlerdir. Tipik Karaz Kültürü'ne ait kap kacak renklerinin ait oldukları kültürünün metal kullanımı ile de bağlantılı olabileceği

öne sürülmüştür (Yiğitpaşa ve Can, 2012; Işıklı, 2005). Eski Tunç Çağı'nın ilk iki evresinde madenciliğin önem kazanmış olduğu, ele geçen tunç eşyanın sayısının fazla oluşundan çok, taş aletlerin ortadan kalkmış olmasından ve bu çağların parlak perdahlı yüzleri, madeni kulpların benzeri kulpları, keskin omurgaları, akıtacaklarındaki sert kıvrımlar ve üzerlerindeki oluk ve yiv biçimindeki bezemeleriyle açıkça madeni kapları taklit eden çanak- çömleğinden anlaşılmaktadır (Dinçol, 1982, s.15).

Tunç Çağı'ndaki gelişmeler, metal eserlerin çeşitliliği ve sayısını artırmıştır. Tekli kalıpların yanı sıra çoklu kalıpların da kullanılmaya başlandığı bu dönemde, Anadolu'da bir önceki dönemde bilinen yapım ve süsleme tekniklerinin daha da geliştirildiği görülür (Başak, 2008, s.15). Metalurjideki gelişmelerin de etkisiyle, özellikle Tunç Devriyle birlikte madenden yapılmış ürünlerin, (mutfak eşyası ve avcılık başta olmak üzere), gündelik yaşantıda kullanımlarına ağırlık verilmiştir. Bu dönemde, madenden, farklı kullanım alanları için değişik formlarda hafif ve dayanıklı eserler yapılmaya başlanmıştır (Başak, 2008, s.18). Tunç Çağı'nda mutfak eşyalarının yanı sıra, kemer ve kemer tokaları gibi giyim, takı ve süs eşyaları yapımında da tunç malzemeden yararlanılmaya başlanmış, tuncun askeri alanda kullanımını yoğunlaştırmıştır. Ok ve mızrak uçları, kılıç, kama ve bıçaklar, zırhlar, vb. gibi silah ve aksamları tunç çağında sıklıkla karşılaşılan askeri malzemedir. Tunç Çağında insanlar, önceki çağların tarım, dokumacılık, çömlekçilik vb. buluşlarına ek olarak, daha etkili silahların üretilmesine, kaliteli, sağlam, ince ve hafif kaplar ile daha zarif süs eşyalarının yapılmasına olanak tanıyan tuncu elde etme başarısını göstermişlerdir (Başak, 2008, s.22-23). En etkin savaş aletlerinden olan tunçtan yapılmış kılıcın dünyadaki en eski örneklerinden biri Alacahöyük'te bulunmuştur (Kaptan, 1990, s.176).

2.5 Tarihsel Süreçte Bakır ve Alaşımı Eserlerin Yapım Teknikleri

Taş çağlarında doğal bakırın soğuk çekiçleme yöntemiyle biçimlendirildiği, laboratuvar analiz sonuçları ile kanıtlanmaktadır (Tekin, 2015, s.72). MÖ 8. Binyılın ortalarından itibaren Çayönü'nde nabit (doğal) durumdaki bakırdan dövme yöntemi ile şekillendirilmiş boncuk ve bız gibi eserler bakır ve alaşımlarının yapım tekniği açısından bize ilk bilgileri vermektedir. Doğal bakırın ısı karşısında gövdesinde çatlaklar

oluşmadan ve kırılmadan şekillendirilebildiği Anadolu'da Çayönü bakır buluntularından anlaşılmaktadır (Tekin, 2015, s.72). 'Kafataslı Yapı' olarak bilinen yerde ele geçen bakır bir boncuğun analizlerinden boncuğun tavlama işlemine tabi tutularak şekillendirildiğini ve dövme tekniğinin de başarılı bir şekilde uygulandığını göstermiştir (Başak, 2005, s.55).

1960'lı yıllarda Keban Baraj bölgesinde başlayan Karakaya ve Atatürk Barajları alanlarında da devam eden çok sayıda arkeolojik kazı, bölgenin erken dönem kültür tarihinin aydınlanmasına ışık tutarken, bu kazılarda ele geçen mineral, cüruf, pota, döküm kalıbı ve metalik eşya Neolitik'ten Geç Tunç Çağı'na kadar ki geniş bir tarih yelpazesinde madenciliğin başlangıç ve gelişiminin izlenmesine de imkân sağlamıştır. (Aslantaş ve Yılmaz, 2022, s.31). Konya-Çatalhöyük'te (MÖ 7000-6400) küçük bakır objeler ve cüruf parçaları, Kırklareli Aşağı Pınar'da (MÖ 5700-5000) bakır malahit parçaları, Mersin-Yümüktepe'de (MÖ 5000-4900) keski, balta, rulo başlı iğne, vs; Burdur- Hacılar'da (MÖ 4600-4300) bakır boncuklar, Karaman- Can Hasan'da (MÖ 4600-4400) bakır objeler ve topuz başı yurdumuzda tespit edilen diğer madencilik buluntularından bazılarını oluşturur (Kartalkanat, 2008, s.92). Mersin Yümüktepe'nin MÖ 5000–4900 yılarına tarihlendirilen IV. Tabakasında ele geçen iki keski, bir yassı balta ve beş adet rulo başlı iğnenin arkeometalurjik analiz sonuçları, bunların cevherden izabe yoluyla elde edilen bakırdan üretildiklerini göstermiştir. Dünyanın ilk maden aletleri olan bu aletler, döküm tekniği ile şekillendirilmişlerdir (Başak, 2008, s.21).

Dövme yöntemiyle elde edilen eserler, bakırın ergitmesi keşfedildikten sonra daha yaygın olarak külçeler halinde dökülmesi, bu külçelerden levhalar halinde parçaların kesilmesi ve bu parçaların bir çekiç yardımıyla yüzeyine vurularak şekillendirilmesi ile oluşturulmuştur. Anadolu'da eski yeraltı madenciliği için yapılan araştırmalarda saptanan en önemli buluntular, kesinlikle tarihlenen maden galerileri ile ona ait madenci araç ve gereçleridir. Sözü edilen yeraltı maden işletmeciliğinden sağlanan cevherlerin ergitilmeye hazır duruma getirilmesi için gerekli olan cevher hazırlamada kullanılan taş materyaller ise değişken ve çeşitlidir. Bu taş materyaller iki ana bölümden oluşur: "Taş havanlar" ve "El taşları" (Kaptan, 2013, s.133).

Eski Anadolu madenciliğinde metal işleme tekniklerini belli gruplara ayırmak mümkündür. Halil Tekin'e göre bunlar; "*dövme tekniği, döküm tekniği, madeni parçaları birleştirme tekniği ve metal eserlerin süslenme teknikleri olmak üzere dört ana başlıkta toplanmıştır*" (Tekin, 2015, s.72).

Daha geç dönemlerde ve günümüzde geleneksel yollar kullanılarak dövme tekniği ile üretilen bakır eserlerin yapım metodolojileri izlenerek bu tekniğin ilk dönemleri hakkında da fikir sahibi olabiliriz. Bu teknikte üretilmesi planlana kap için ince, birkaç mm. kalınlığında bir bakır levha kullanılır. Eseri şekillendirmek için kullanılan aletler ise Karaağaç gibi sert bir ahşaptan üretilen dövme kütüğü, çekiçlenecek levhanın üzerine konulduğu örs, çekiç, tutma kerpeteni ve düzeltme için ahşap tokmaktan oluşmaktadır. Günümüzde çelikten üretilen örs ve çekiç için ilk dönemlerde taş versiyonlarının kullanıldığını düşünebiliriz. Tavlama yöntemi de dövme tekniğinin gelişmesini sağlayarak, bu teknik için gerekli olan aletlerin de imal edilip kullanılmasına etken olmuştur. Öyle ki madeni eşya yapımında dövme tekniği ile üretim yapabilmek için çeşitli biçim ve boylarda örsler, çekiçler vb. aletlere ihtiyaç duyulmuştur (Kısıklı, 2006, s.116-117).

Dövme tekniğinde çökertme (çukurlama) ve yükseltme (toplama) olarak tanımlayabileceğimiz iki şekillendirme yöntemi bulunur. Çökertme yöntemi ile dövme kütüğü üzerine yerleştirilen bakır plakanın iç ve dış yüzeylerine kademeli olarak çekiç ile vurulur. Çökertme yöntemi ile çalışıldığında örs, çekiç gibi yardımcı aletlere ihtiyaç duyulmaktadır. Metal levha, bir örs üzerine konularak çekiçle vurmak süratiyle işlem yapılmaktadır. Levha dibe doğru kademeli olarak çukurlaştırılır. Bu yöntem çoğunlukla geniş ağızlı ve sığ kapların üretiminde tercih edilmektedir (Tekin, 2015, s.74). Derin ve yüksek kenarlı kapların üretiminde kullanılan yükseltme yönteminde ise kullanılacak olan yassı levhanın ortasına yapılacak kabın kaidesi çizilir. Bu levha kütüğün kenarına yerleştirilir ve çizginin dışına vurularak şekillendirilir. Derin kaplarda önce kabın dibi şekillendirilir. Bu yöntemde dikkat edilecek konular çökertme yönteminden pek farklı değildir. Çökertme yöntemi ile geniş ağızlı sığ ve daha yuvarlak hatlara sahip kaplar üretilirken, yükseltme işlemi ile daha derin ve daha sert köşeleri bulunan kaplar elde edilmektedir (Tekin, 2015, s.75).

Dökme tekniği MÖ 6. Binyılda Kalkolitik çağda ortaya çıkmıştır. MÖ 3000'lerde bakır alaşımlarının yaygın olarak kullanılmaya başlanması, o dönemin bilinen dünyasında günümüz söylemiyle küresel bir boyuta ulaşan, bakır ve alaşımlarıyla bunlardan üretilen ürünlere talebin ve bunun sonucunda ticaretinin yoğunlaşması üretimde yeni tekniklerin de ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Tunç üretimiyle seri üretime geçilen bu dönemde döküm, tavlama, kaynak, kaplama gibi tekniklerde büyük başarılar kaydedilir. (Başak, 2008, s. 23).

Döküm tekniği için kullanılan gerekli alet ve materyaller ateş, döküm potası, tutma kerpeteni, bakır hammadde ve kalıplardır. İlk dönemlerde taş kalıpların yanı sıra pişirilmiş ya da kurutulmuş kil kalıplar da kullanılmıştır. Döküm işleminde ilk kullanılan kalıplar tek parçalı ve basit yapıdadır. Bu ilk kalıpların işlenmesi kolay olduğundan, kilden yapılmış olmaları kuvvetle muhtemeldir. Şekil ve işlevsellik olarak bu kalıplar tek parçalı ya da iki veya daha fazla parçalı olabilmektedir. Tek parçalı açık kalıplar, MÖ III. Binyıl boyunca Anadolu'nun pek çok yerinde görülmektedir. Bu kalıplar, MÖ II. binyılda kullanılmaya devam etmekle beraber, bu dönemde çift parçalı kalıpların revaçta olduğu anlaşılmaktadır (Tekin, 2015, s.81).

İki parçalı kalıplar Tunç Çağ'ın başlarında ortaya çıkmıştır. İki parçalı taş kalıplar daha çok tek parçalı kalıplarda üretimi mümkün olmayan, silindir gibi köşeli olmayan nesnelerin ve ok uçları gibi üç boyutlu eserlerin dökümü için kullanılmıştır. JIAA tarafından yapılan üç bölgedeki kazılarda Bronz Çağı ve Demir Çağı'ndan kalma, metal nesnelerin dökümü için 33 taş kalıp çok sayıda pota ve kalıp bulunmuştur; bunlardan 27'si Kaman-Kalehöyük'ten gelmektedir (Paterakis ve Omura, 2017, s.176) (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Kaman-Kalehöyük'ten taş kalıp (Resim: © Japonya'daki Orta Doğu Kültür Merkezi) (Paterakis ve Omura, 2017, s.177, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Bu kalıplar taştan olduğu kadar kilden de yapılmıştır. Kil kalıplar taş örneklere nazaran fazla dayanıklı olmadığı için, birden fazla kullanımdan sonra tahrip olma olasılığı fazladır (Tekin, 2015, s.84-85). Kalıp olarak kil tercih edildiğinde üretilmek istenen eserin balmumu veya benzeri bir madde ile modelinin yapılması gerekir. Balmumu kullanılarak hazırlanan kil kalıplarda önce dökümü yapılacak eserin mumdan bir modeli oluşturulur. Daha sonra eserin modeli yaş kil ile tüm yüzeyi dolgun biçimde kaplayacak şekilde sıvanır. Modelin kile yapışmaması için genelde kumlu toprak kullanılmaktadır. Kil kalıplar kuruduktan sonra içindeki model dikkatlice çıkarılır ve kalıba karşılıklı hava delikleri açılır. Kalıpların sabitlenmesi için perçin kullanılır ve sertleşmesi için hafifçe pişirilir (Tekin, 2015, s.85).

Daha sonraki dönemlerde döküm teknolojisindeki gelişmelerle yeni teknikler geliştirilmiştir. Dövme tekniği ile şekillendirilmesi zor olan çan ya da kaplar özlü döküm

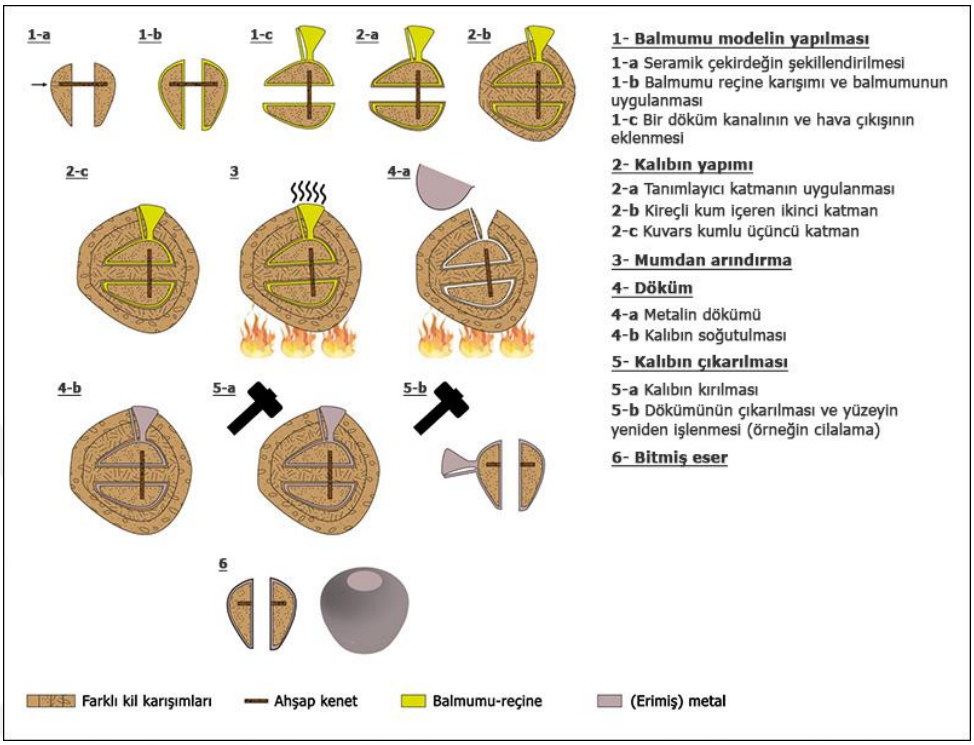
yöntemi ile çok daha kaliteli olarak üretilebilmiştir. Bu tür döküm için taş kalıplar uygun değildir ve kil kalıplara ihtiyaç duyulur. Ana kalıp ve özün hazırlanması hassas bir işçilik gerektirmektedir. Anadolu'da özlü döküm tekniğiyle dökümcülüğün en erken örnekleri Malatya-Arslantepe'de karşımıza çıkar. Arslantepe'deki krali mezarda ortaya çıkarılan bakır kaplar ve kadeh, özlü döküm tekniğinde üretilmiş olmalıdır. Bu döküm tekniğinin MÖ III. Binyılın başında keşfedildiği, ardından yaygınlaştığı anlaşılmaktadır (Tekin, 2015, s.87).

MÖ III. Binyıl boyunca döküm konusunda uzmanlaşmaya başlayan madenci ustaları üç boyutlu ve daha karmaşık eserlerin dökülebilmesi için yeni yöntemler arayışına girmişlerdir. Bu arayışlar sonunda günümüzde de dökümcü ustaları tarafından hala tercih edilen bir yöntem olan 'kaybolan modelli kalıpta döküm yöntemi[5]' geliştirilmiştir. Böylelikle istenen boyutta ve üç boyutlu (plastik eser) metal eserlerin üretimi gerçekleştirilmeye başlanmıştır (Tekin, 2015, s88). Bu tekniğin erken tarihinin güncel değerlendirmeleri tartışılmaktadır. Bazı araştırmacılar bu tekniğin kökenlerinin önceden düşünülenden çok daha eski olduğunu ve coğrafi yayılımının daha geniş olduğunu öne sürmektedir (Davey, 2009, s.147). Bilinen en eski kayıp balmumu döküm nesneleri, MÖ beşinci binyılın ortalarına tarihlenen, altından yapılmıştı ve Bulgaristan'ın Varna mezarlığında bulundu. Muhtemelen eşzamanlı olarak (MÖ 4500 ila 3600), alaşımsız bakır Belucistan'da kayıp balmumu dökümü için kullanıldı (Rose vd., 2023, s.15). Diğer araştırmalarla birlikte değerlendirildiğinde, Kuzey Ege'de Limni adasının doğu kıyısında Geç Kalkolitik ve Erken Tunç Çağı'na ait bir yerleşim yeri olan Poliochni'de bulunan bir kalıbın homojen yapısı, cilalama ve kazıma yoluyla yüzey iyileştirme gerektiren nesneler üretebilecek ve kaba ateşe dayanıklı olması MÖ III. Binyılın başlarında, Hindistan'dan Avrupa'ya kayıp mum tekniklerinin bilindiğini gösteriyor (Davey, 2009, s.152-153).

Bu teknikte birinci aşamada, üretilmek istenilen nesnenin balmumu veya don yağından bir modelinin yapılması gerekir. Sonra bu model iki ya da daha fazla parçalı kil ile kaplanır, balmumundan kile kadar hava ve eriyen mumun akması için delik açılır ve kurutulur. Kurutulan kil ısıtıldığında balmumu eriyerek akar ve dökülmek istenen eserin

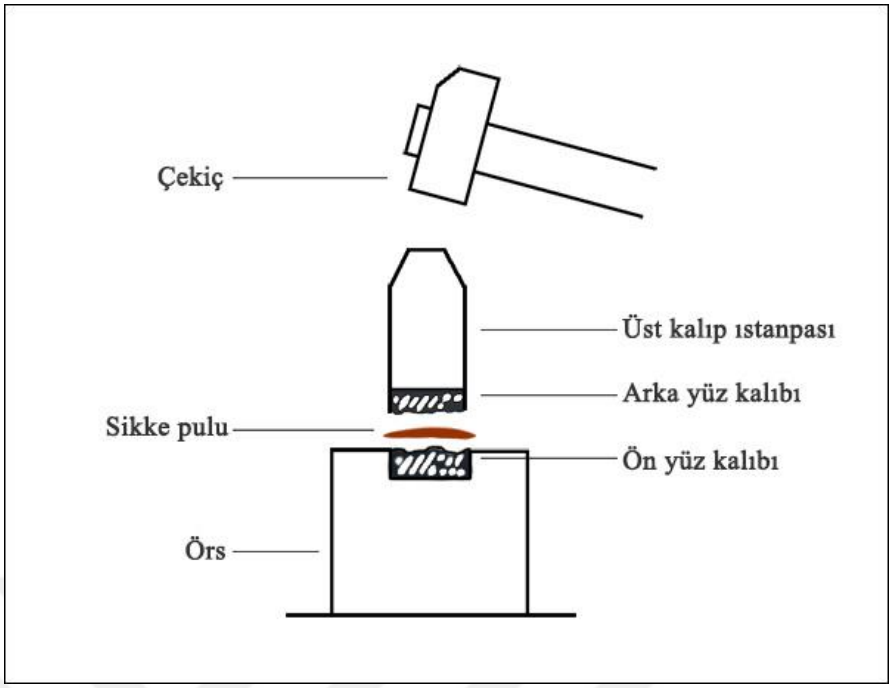
[5] Pek çok metal teriminde olduğu gibi, bu dökümcülük tanımı da Fransızca bir terim olan "cire pérdue" şeklinde adlandırılmakta olup bu evrensel bir tanımdır (Tekin, 2015, s.88).

kil kalıbı oluşturulur. Sonrasında, modelin eriyip dışarı aktığı delikten sıvı haldeki metal dökülür ve son aşamada ise metal soğuyup donduktan sonra kalıp kırılarak eser ortaya çıkarılır (Tekin, 2015, s.88) (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Kaybolan modelli kalıpta döküm yöntemi (Rose vd., 2023, s.17, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Tarihsel olarak daha geç bir süreçte baskı ya da presleme yolu ile de materyal üretilmiştir. Bu şekilde üretilen eserlerin çoğunlukla üstü bezemeli, süslü ve figürlü sikkeler olduğu görülmektedir. Bronzun, bakırdan daha sert ve sağlam olması, kolay erimesi ve pulların kalıba daha kolay dökülmesi, antik sikke basımında daha fazla tercih edilen bir alaşım olmasını sağlamıştır (Okumuş, 2012, s.171). Bu eserler, ürünün üretileceği boyutta kesilmiş parçalara daha sert bir malzemeden yapılmış negatif bir kalıp yardımıyla baskı uygulanarak oluşturulmuştur. Sikke pulu önceleri çubuk haline getirilmiş madenden kesiliyordu; daha sonra ise madenin ısıtılarak yuvarlak sığ kalıplara dökülmesi suretiyle daha düzgün sikke pulu elde edilmeye başlanmıştır (Tekin, 1992, s.12). İlk sikkeler tek bir kalıp ile basılırdı. Bu kalıp örs üzerine ters ve içbükey kazınan ön yüz kalıbıdır. Fakat çok geçmeden ıstampanın bu yüzü de (alt) bir kalıp olarak hazırlanmış ve böylece tek bir darp sonucu, sikke pulunun her iki yüzüne de bir resim (tip) çıkması sağlanmıştır (Tekin, 1992, s.12-13) (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Sikke basımı için kullanılan aparat ve malzemeler (Tekin, 1992, s.12, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Tarih boyunca bakır eser üretiminde eğer üretilen eserler tek parça değilse ve bir araya getirilerek bütünlenmeleri gerekiyorsa değişik birleştirme yöntemleri kullanılmıştır. Anadolu'da metal parçaların birleştirilmesi işleminin Erken Tunç Çağı'ndan önce yapıldığına dair sağlam bir kanıt yoktur. Bu dönem ile birlikte perçin, lehim ve kaynak (kenet) gibi bağlayıcı işlemlerin başladığı, kazılarda ele geçen çok sayıdaki metal eserden anlaşılmaktadır (Tekin, 2015, s.91).

Anadolu madenciliğinde perçinleme işleminin Kalkolitik sonunda başladığı, Erken Tunç Çağı'nda ise yaygınlaştığı anlaşılmaktadır. Perçin kullanımı sadece alet ve kap-kacaklarda uygulanmamış, silahların namlu ile kabzalarını birleştirme işleminde de yaygın biçimde kullanılmıştır (Tekin, 2015, s.93). Perçinleme diğer bağlayıcı yöntemlere göre daha basit ve kolay bir işlem gerektirmektedir. Bu yüzden günümüzde de sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Metal nesneleri birleştirmede kullanılan bir başka yöntem lehimdir. İki metal eşyanın arasına ergime derecesi daha düşük bir metal veya alaşımın katılmasıyla elde edilen dayanıklı birleştirme işlemine lehim denmektedir (Tekin, 2015, s.93). Kaynak ya da kenet ise, metal levhaların basınç yoluyla birleştirilmesi yöntemidir. Bu yöntemi günümüzde kullanılan modern kaynak ile karıştırmamak gerekir. Eski

çağlarda kullanılan bu yöntemde birbirine kenetlenen parçalar sıcak ya da soğuk olarak çekiçlenmekte ve bu şekilde birbirleriyle kaynaşmaları sağlanmaktadır. Soğuk basınçla yapılan işlemde birleşecek kısımlar üst üste getirilerek üzerine yüksek bir basınç uygulanmaktadır. Sıcak basınç kaynağı ise, sadece sıcak halde çekiçlemeye uygun metallere uygulanabilmektedir. Bundan dolayı bakır, tunç gibi yüksek ısıda gevrekleşen madenler ve alaşımlara sıcak basınç kaynağı uygulandığında, iyi sonuç alınmayabilir (Tekin, 2015, s.96).

3. BAKIR VE BAKIR ALAŞIMI ESERLERDE KORUMA

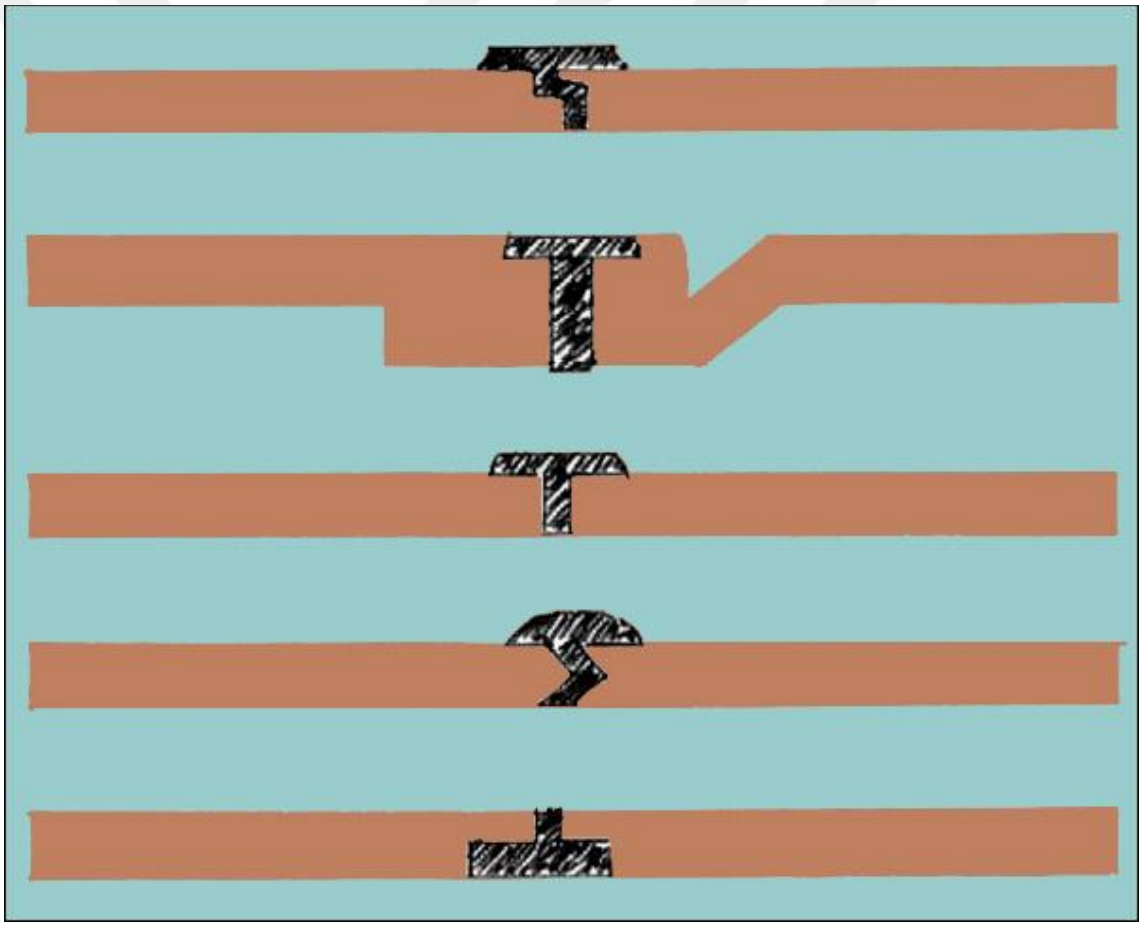
Koruma kavramı ve yapılan uygulamalar her ne kadar XX. yy.ın ikinci yarısında şekillenmeye başlamış olsa da, anlaşılabilir şekilde geçmişte günlük yaşantının içerisinde koruma her zaman var olmuştur. Gündelik yaşamda kullanılan bir aletin kırılması ya da deforme olması o aletin, muhtemelen kullananlar tarafından yenisi ile değiştirilmesindense onarılmasını ekonomik olarak daha uygun bulmuş olmalıdırlar. Yapılan kazılar ve araştırmalar sonucu eskiçağlarda onarım gördüğü kanıtlanmış birçok eser ele geçirilmiştir. Örneğin, Neolitik ve Kalkolitik Çağ yerleşimi olan Köşk Höyük'ün 2009 dönemi kazı çalışmalarında açığa çıkarılan, döneminde onarım görmüş bir pithosun restorasyon-konservasyon çalışmaları Niğde Müzesi'nde gerçekleştirilmiştir (Karakaya, 2019, s.198) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Köşk Höyük'te ele geçen, kullanıldığı dönemde onarım görmüş küp. (Karakaya, 2019, s.204, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Bunların çoğunluğunu taş ve seramik gibi materyallerden üretilen eserler oluştursa da geçmişte çokça kullanılan bakır alaşımı eserlerin de kullanıldıkları dönemde onarıma uğradıklarını düşünebiliriz. Onarım yapmak için kullanılan teknikler temel olarak

bronzda karmaşık şekilli parçaları birleştirmek için kullanılan tekniklerle aynıdır. Antik Yunanistan'da küçük figürinlerden büyük bronz heykellere kadar birçok bronz nesnenin yaşamlarının bir aşamasında onarıldığı bilinmektedir (Dooijes, 2012) (Şekil 3.2). Ancak metal eserlerin onarımından ziyade eritilerek dönüştürülmelerinin daha kolay olabileceği ve basit onarımlar dışında ağır hasarlı eserlerin metalürjik işlemlerden geçirilerek yeni eserlerin yapılması için kullanılmış olabileceği de göz önüne alınmalıdır. Bu onarım uygulamalarına, genele yayılan bilinçli yaklaşımlar değil gündelik hayatın gerektirdiği uygulamalar olarak yaklaşılması uygun olur. Ancak koruma uygulamalarının tarihçesi irdelendiğinde, belki de bu onarımları ilk koruma uygulamaları olarak değerlendirmek yanlış olmayacaktır.



Şekil 3.2 Antik dönemde bronz onarımları için ergitme kaynağı örnekleri. (Dooijes, 2012, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

3.1 Bakır ve Bakır Alaşımı Eserlerde Korumanın Tarihsel Gelişimi ve Disiplinlerarası Yaklaşımlar

Konservasyon- Restorasyon alanının şekillenmeye başlaması, günümüze kadar geçirdiği süreçte alınan uluslararası kararlar çerçevesinde 20. yy.ın son çeyreğinde gerçekleşmiştir. İkinci dünya savaşı öncesi usta-çırak ilişkisiyle şekillenen ve ana unsuru oluşturmayan bakır alaşımı eserlerin terminolojisi ve koruması da bu dönemden sonra temel çerçevesini bulmaya başlamıştır. Ancak günümüzde gelinen noktada ve tarihsel süreç göz önüne alındığında "*arkeologlar, arkeometalurjistler ve jeologlar, mekânsal ve zamansal değişimleri gözlemlemek için bakır, arsenik bakır ve bakır-kalay alaşımının (yani kalay bronz) doğrusal kullanım sırasını yeterli çaba göstermeden bir faktör olarak kabul etmektedirler*" (Dardeniz, 2022, s.210).

19. yy'ın başından itibaren Tunç Çağ ve Bakır Çağ gibi kavramlar litaretüre girmiştir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan, geçmişi Taş Devri, Tunç Devri ve Demir Devri olarak bölümleyen 'üç çağ sistemi', ilk olarak 1817 yılında Danimarka'da Kopenhag Ulusal Müzesi Müdürü Thomsen'in müzede bulunan ve dönemi bilinmeyen buluntuları sınıflandırabilmek için geliştirdiği bir sisteme dayanır (Özdoğan,2011, s.35). Aynı zamanda bir antikçağ tarihçisi olan Christian Jürgensen Thomsen müdürlüğünü yaptığı müzede koleksiyonları düzenlerken, sergilenecek eserleri yapıldıkları hammaddelere göre kategorize etmiş ve eserler arasında bir kronoloji saptamıştır. Thomsen, hammadde ve teknolojinin bir gösterge olabileceğini düşünüp, en basitten gelişkine doğru taş, tunç ve demir olarak geçmişi sınıflandırmış ve müzedeki sergiyi buna göre oluşturmuştur (Uğur, 2017, s.2). Thomsen'den sonra bu konu üzerinde çalışan bilim insanları aynı yöntemi kullanarak geliştirmiş, örneğin Taş Devri'ni Eski Taş ve Yeni Taş, Maden Devri'ni Bakır ve Tunç gibi daha alt dönemlere ayırmışlardır (Özdoğan,2011, s.36). Ancak bu dönemlere ayırma sisteminin doğruluğu sorgulanabilmektedir. Anadolu'da yapılan tarihöncesi kazılar, 'keramiksiz neolitik' olarak adlandırılan devirlerden itibaren bakır eserlerin kullanılmış olduğunu göstermiştir. Bu yüzden, eski dünyanın diğer yerlerinde olduğu gibi 'Üç Çağ' sistemine göre yapılan Anadolu tarih öncesi devirlerine ait terminolojinin doğru olmadığı ve bu terminoloji için yeni tekliflerin yapılması gerektiği açıktır (Esin, 1969, s.106).

Arkeoloji ve arkeolojik dönemlerin tanımlanması, bilgi paylaşımı ve değerlendirme toplantılarının yüzyılın sonundan itibaren yoğunlaşmaya başlaması önemli bir adımdır. 1865 yılında Societa Italiana di Science Naturali tarafından düzenlenen Congrès Paléethnologique International (C.P.I.) adlı kongrede, arkeolojinin sorunları, yöntemi ve terminolojisiyle ilgili konuların tartışılarak belirli ölçütlere bağlanması amaçlanmıştır. Sonrasında 1866-1912 yılları arasında 14 kongre daha gerçekleştirilmiş ve bu kongrelerde özellikle tarihöncesi ve öntarih dönemleri üzerinde günümüzde kullanılan birçok tanım ve kavram tanımlı hale getirilmiştir (Özdoğan, 2011, s.65).

Bu dönemlerde arkeolojide kullanılan kavramlar netleşmeye başlarken bir yandan da eserlerin korunmasına yönelik çalışmalar hız kazanmaya başlamıştır. Bronz özelinde konu irdelendiğinde; 19. yy'ın sonlarına doğru Friedrich Rathgen ve Marcellin Berthelot gibi kimyagerlerin bronz bozulmaları hakkında makaleler yayınlamaya başlaması bir milat kabul edilebilir. Yapılan kazılarda eski çağlara ait madeni eserlerin çok sayıda ele geçmesi, ilgiyi bu eski kültürlerde madenciliğin hangi düzeyde olduğunu araştırmaya yöneltmiş, böylece madeni eserlerin kimyasal ve teknolojik yönlerden incelenmesine başlanarak ilk maden analizleri yapılmıştır (Esin, 1969, s.1). Bronz üzerine çalışmalar yapılan ilk müze araştırma laboratuarı 1 Nisan 1888'de Berlin'de, Chemisches Labor der Königlichen Museen zu Berlin (Berlin Kraliyet Müzeleri Kimya Laboratuarı) adıyla kurulmuştur (Subaşılar, 2013, s.25). 1888'de Berlin'deki Kraliyet Müzeleri Kimya Laboratuvarı müdürü Friedrich Rathgen'in (1862-1942) müzedeki eserlerin korunması, incelemesi ve eserlerin üretim teknikleri ile ilgili yaptığı kimyasal analizler arkeoloji alanında yapılan ilk bilimsel laboratuvar çalışmaları olarak değerlendirilebilir (Pollard, 2018, s.113).

Yine bronz çalışmalar dahil olmak üzere 1890'da Kopenhag Ulusal Müzesi'de bilimsel yaklaşımlarla konservasyon işlemlerine başlanmıştır. Birinci dünya savaşından sonra özellikle Mısır ve Mezopotamya'da yapılan kazılar ile maden araştırmaları yeniden hız kazandı. Sümer bakırlarıyla Desch, Plenderleith, Brittner, Mısır buluntularıyla da Sebelien gibi kimyager araştırmacılar ciddiyetle uğraşmaya başladılar (Esin, 1969, s.2).

1. ve 2. Dünya savaşları sonrasında hızlanmış olan kültür varlıklarını koruma bu konudaki uluslararası örgütlenmeler ve ortaklaşa alınan kararlar doğrultusunda koruma kavramı

kollektif bir bilince dönüşmüştür. UNESCO'nun 26 Kasım 1976 tarihli "Tarihi Alanların Korunması ve Çağdaş Rolleri Konusunda Tavsiye Kararları" ile ICOMOS'un 1990 tarihli "Arkeolojik Mirasın Korunması ve Yönetimi Beyannamesi"nde arkeolojik alanların yalnızca yer aldıkları coğrafyadaki halkların değil, tüm dünya insanlarının kültürel mirası olduğunun yanı sıra, bunların korunmasının bulundukları coğrafyadaki halk ve devletin sorumluluğunda olduğu da belirtilmektedir (Çetin, 2013, s.83). XXI. Yüzyıla gelindiğinde arkeologlar kültürel mirasın en iyi şekilde gün yüzüne çıkarmak, acil müdahale önlemleri başta olmak üzere eserleri korumak, belgelemek, yayın yapmak ve interdisipliner olarak çalışmak gibi birçok alandan sorumlu oldular (Pavlovic, 2020, s.184).

Antik eserlerin korunması ve Bronz özelinde yapılan çalışmaları Türkiye coğrafyası kapsamında incelemek gerekirse başlangıç tarihinin 1846 olması gerektiği görülmektedir.

Türkiye de 1846 yılında Aya İrini'de açılan müze ile bu coğrafyada arkeolojinin ilk adımları atılmaya başlamıştır. Tophane-i Amire'den sorumlu Ahmet Fethi Paşa bu yıl Aya İrini'de yer alan koleksiyonları tasnif etmeye ve eserleri bölümlere ayırmaya başlamış, kısa süre sonra Aya İrini ilk Osmanlı müzesi olarak tarihin sayfalarında kendine yer bulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 (Solda) Aya İrini ve (Sağda) Aya İrini'de açılan silah sergisi (https://istanbultarihi.ist/281-osmanli-donemi-istanbul-muzeleri esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

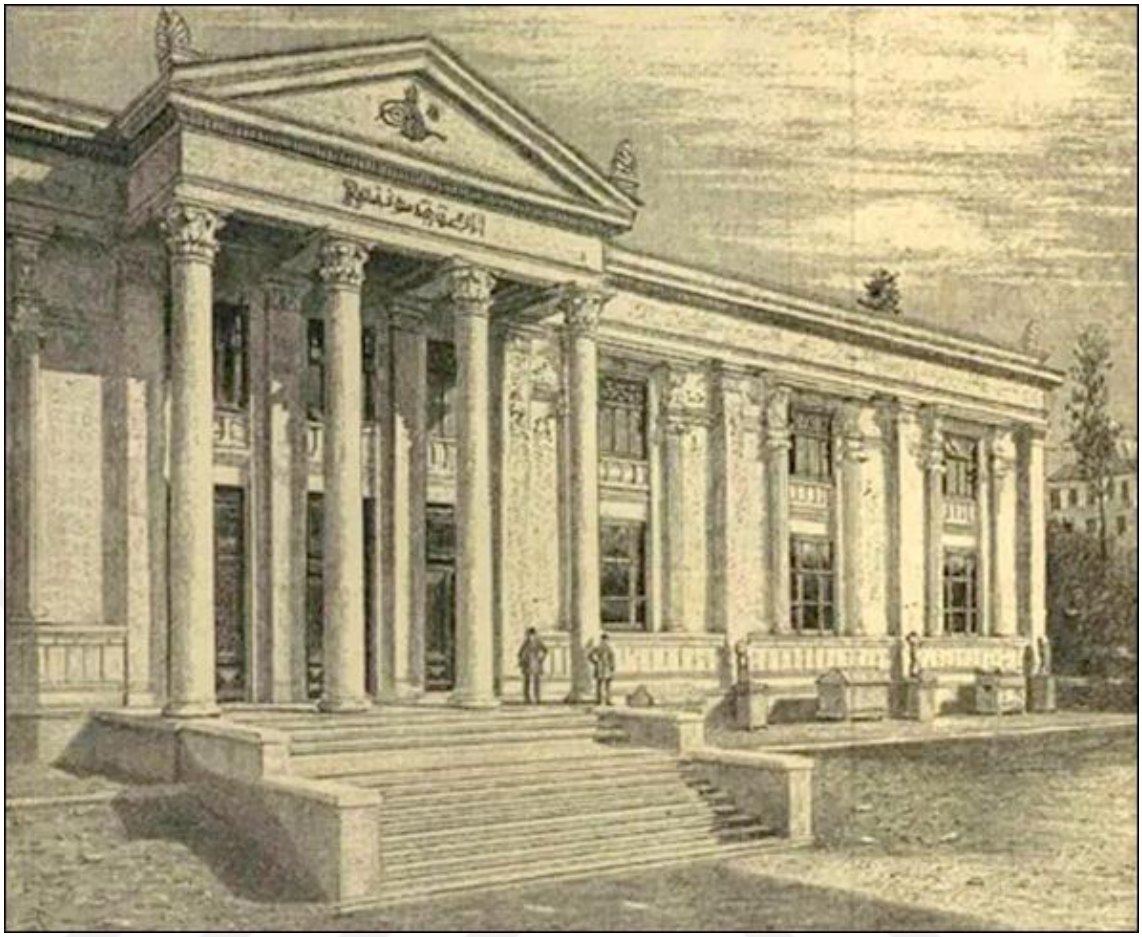
3 Kasım1839'da ilan edilen Tanzimat Fermanı sonrasında Osmanlı coğrafyasında birtakım yasal düzenlemelerin hayata geçirildiği görülür. Bu düzenlemelerden en önemlisi, 1869'da çıkarılan ve salt tarihi eserlerin korunmasıyla ilgili ilk yasal düzenleme

olan Asar-ı Atika Nizamnamesi'dir[6]. Kapsam olarak bakıldığında Asar-ı Atika Nizamnamesi eser tanımı yapmaksızın, arkeolojik araştırmalar, arkeolojik alandaki eserleri koruma ve arkeolojik alanlarda ele geçen eserlerin ülke dışına çıkarılmasını engelleme adına düzenlenmiştir (Pavlovic, 2020, s.16). Eski Eserler hukukunun temelini oluşturan ilk yasa olan 13 Şubat 1869 tarihli Birinci Asar-i Atika Nizamnamesi özellikle arkeolojik kazı ve araştırma çalışmalarını denetlemeyi ve bazı taşınır kültür varlıklarına tanım getirmeyi amaçlamaktadır. Bu ilk yasal düzenlemenin arkasından 7 Nisan 1874 tarihinde ikinci nizamname yürürlüğe girmiştir. İkinci nizamname taşınır eski eserler kadar mükemmel yapıların da devletçe korunması gereğini benimseyen daha geniş kapsamlıdır. Burada getirilen en önemli hüküm eski eserlerin devlet malı olmasıdır. Bu kavram 1874 yılından bugüne kadar yapılan tüm yasal düzenlemelerde yer almıştır[7].

Ülkemizde konservasyon ve restorasyonun başlangıcını ise Müze-i Humayun'da heykel restoratörü olarak görev yapan Oskan Efendi ile İstanbul Arkeoloji Müzeleri bünyesinde 1936'da kurulan 'Kimyahane' ye dayandırmak mümkündür.

Yapılan araştırmalarda Müze-i Hümayun'daki tarihi eser onarımlarında ilk isim olarak sadece Oskan Efendi görülmektedir. Dolayısıyla Oskan Efendi'nin Osmanlı Devleti'nin ilk resmi restoratörü olduğunu iddia etmek yanlış olmayacaktır (Yarlıgaş, 2015, s.303). 26 Mart 1892 tarihinde Oskan Efendi'nin 'Âsâr-ı Atika tamirat ve fotografi memuru' olarak göreve tayin edildiği görülmektedir (Yarlıgaş, 2015, s.301). Sanayi-i Nefise Mektebi'nin 1883 yılında Müze'nin hemen girişindeki Eski Şark Eserleri binasında eğitime başlamış olması da bununla son derece bağlantılı bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Zira Oskan Efendi aynı zamanda Sanayi-i Nefise Mektebi'nde heykeltıraşlık eğitimi vermektedir. Müze'nin içindeki hangi mekânda restorasyonların yapıldığı bilgisine net olarak ulaşılamamakla birlikte, Sanayi-i Nefise atölyelerinde restorasyonların gerçekleştirilmiş olabileceği ihtimali akla gelmektedir (Yarlıgaş, 2015, s.301) (Şekil 3.4).

[6] Çal, Halit, Osmanlı Devletinde Asar-ı Atika Nizamnameleri, 1997, Vakıflar Dergisi. s.391-400.
[7] Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürü Altan Akat'ın açılış konuşması (T.C. Kültür Bakanlığı, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurultayı, 1990, Ankara)



Şekil 3.4 1890'lar İstanbul Arkeoloji Müzesi

İstanbul Arkeoloji Müzeleri'nin yıllıkları incelendiğinde 1937 tarihli ikinci yıllıkta 1 Eylül 1936 yılında Topkapı Sarayı'nda metruk bir binanın onarılarak koruma laboratuvarının, yani en bilinen ismiyle Kimyahane'nin kurulduğu ve hizmete açıldığı belirtilmektedir (Yarlıgaş, 2015, s.304). Topkapı Sarayı'nın Has Mutfakları'nın hemen yakınında, yani birinci avluda Aya İrini Kilisesi ile karşı karşıya yer almakta olan bu metruk binada kurulan Kimyahane Türkiye'deki koruma laboratuvarlarının başlangıcını oluşturmuştur. 1950'lerden itibaren Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi'nde, restorasyonla ilgili çalışmalar yapılmıştır. 1983 yılında Kültür Bakanlığı'na bağlı, Restorasyon Konservasyon Merkez Laboratuvarı'nın İstanbul'da kurulması için ön çalışmalar başlatılmış ve Laboratuvar 1984 yılında kurulmuştur (Bingöl, 1999, s.14).

Ülkemizde önceleri 'küçük eşya restorasyonu' diye nitelenen, konunun bilimsel yaklaşımla ele alınmaya başlanmasından sonra ise 'taşınabilir kültür varlıklarının konservasyonu' sıfatına kavuşan tüm uygulamaların 'restorasyon' sözcüğünün

çağrıştırdığı ‘mimari restorasyon’ kimliği içinde değerlendirilmesi biraz da ‘taşınabilir kültür varlıklarının korunması’ ile ilgili bu belirsizlikten kaynaklanmaktadır. Oysa temel ilkeleri ortak olmasına karşın taşınmaz ve taşınır kültür varlıklarının korunması ve onarımı, mesleki formasyon, uygulama ve korumadan amaçlananlar açısından farklılık gösterirler (Kökten, 1999, s.34). 23.07.1983 tarihinde 18113 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan 2863 sayılı kültür ve tabiat varlıklarını koruma kanunu ile korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili tanımlar belirlenmiş, yapılacak işlem ve faaliyetler düzenlenmiş, bu konuda gerekli ilke ve uygulama kararlarını alacak teşkilatın kuruluş ve görevleri tespit edilmiştir (Resmi Gazete, 1983).

3.2 Bakır ve Bakır Alaşımı Eserlerin Koruma Sorunları

Arkeolojik kazı çalışmalarında gün yüzüne çıkarılan metal eserler üzerinde yapılan incelemeler, kimyasal bileşimlerinin yapısında bulunan elementlerin belirlenmesi ile birçok bilgiye ulaşılmasını sağlar. Metal eserler kazılarda sıklıkla karşımıza çıkan fakat tarihsel veri anlamında diğer malzemelere oranla daha zayıf bir gruptur. Çünkü metal eserler çok uzun süre kullanım görmelerinden kaynaklı, üretim ve son kullanım tarihleri arasındaki büyük zamansal fark ve kullanılmayacak duruma geldiklerinde eritilerek dönüştürülmeleri sonucunda diğer buluntulara oranla daha az sayıda ele geçmektedirler (Cesur, 2019 s.1). Yapılan arkeolojik kazılar sonucu ortaya çıkan tüm bronz eserler, bulundukları bölgenin o dönem koşullarına sahip olunabilen bakır ve diğer alaşım elementleri ile yapılmışlardır. Doğal olarak, her bir eser, zamanın teknolojisi de göz önüne alındığında, birbirlerinden çoğunlukla farklı oranlarda meydana getirilmiş alaşımlardır (Güçlütürk, 1999, s.28). Cevherin çıktığı yer, metallerin hangi yollarla çıkarıldığı nasıl işlendiği, alaşımların üretilmesi ve ardından farklı kullanım amacına uygun yapılarak örneğin, madeni paralar, silahlar, takılar, dini kaplar, giysi aksesuarları, aletler gibi nesnelere dönüştürülür (Mircea vd., 2012, s.179). Bu nesneler, orijinalliklerinin ve özelliklerinin belirlenmesiyle, toplumların kültürel yönleri, estetik yaklaşımı, yaşamdaki işlevleri ve kullanımları ile birer belge olarak değerlendirilir.

Arkeolojik kazılarda buluntuların hatırı sayılır bir kısmını oluşturan bakır alaşımı eserler bulundukları ortamdan çok çabuk etkilenir. Metaller genel olarak nispeten kalıcı ve

kararlı malzemeler olarak kabul edilmekle birlikte, bazıları daha hızlı ve bazıları çok daha yavaş olmak üzere çevre ile temasları giderek bozulur. Bu özellikle arkeolojik buluntular için geçerlidir. Bronz eserler, toprak altında kaldıkları uzun bir zaman süreci içerisinde, çevrelerinde bulunan oluşumlarla fiziksel ve kimyasal etkileşime girerek, asıl hallerinden kayıplar vererek yeni bir yapılanmaya, yeniden şekillenmeye başlarlar (Güçlütürk, 1999, s.27). Metaller gömülü kaldıkları süreçte, oksijen ve nemin varlığı nedeniyle korozyona (bozulmaya) uğrayarak yeniden okside olurlar. Asit ve alkali gömü ortamlarında veya sodyum klorür gibi tuzların bulunduğu koşullarda korozyon oluşumu artacaktır. Karbonat ve sülfat gibi diğer tuzlar kimyasal açıdan metallerle birleşerek geniş yayılım gösteren korozyon tabakaları oluşturabilirler (Kökten, 2002, s.2). Herhangi organik veya inorganik bir eserin veya malzemenin zamanla bozulmaya yüz tutması, iki ana nedenden kaynaklanmaktadır. Birincisi, malzemenin kendi doğası, ikincisi de malzemeyi kuşatan çevre faktörlerdir (Güçlütürk, 1999, s.28). Aslında arkeolojik alanlarda sıkça karşılaşılan bakır alaşımı (bronz) eserler yapıldıkları andan itibaren bozulmaya başlarlar. Çünkü bu metaller, genellikle doğada oksidasyona uğramış cevher halinde bulunan maden minerallerinden arıtılarak elde edilmektedir. Bu nedenle metaller doğada bulundukları kararlı mineral formuna geri dönme çabası içerisindedir. Bu dönüşüm sürecinde metal, yüzeyini örten toz mineral birikintileriyle kaplanarak, parlaklığını yitirmekte ve bozulmaya uğramaktadır (Sansar, 2018, s.23).

Korozyon, Latince ‘corrodere’ kelimesinden gelmektedir. Korozyon ile ilgili ilk yazılı tanıma Plato’nun (MÖ 427-347) çalışmalarında rastlamaktayız. Plato korozyonu metalden ayrılan toprağımsı bir bileşen olarak tarif etmiştir. Ondan 2000 yıl sonra Georgius Agricola da Mineroloji kitabında aynı fikri savunmuştur; pas, metalik demirin bir salgısıdır. Metalik demir bu problemden, bitüm ve zift gibi çeşitli kaplamalarla korunabilir diye düşünmüştür (İşdaş, 2010, s.45).

Antik eserlerde yapılan ilk bilimsel araştırmalar, 19.yüzyılın başlarında başlamış ve bronz eserlerin korozyonunun kimyasal olarak incelenmesi en az 150 yıldan beri devam etmektedir. Oldukça erken örneklerden birinde, 1826 yılında Korfu yakınlarında denizde bulunan bronz bir miğfer üzerinde yapılan incelemelerde korozyon katmanları arasında yakut kırmızısı (bakır oksit/cuprite) tanımlanabilmiştir. Yine aynı örnekte karbonatın oluşturduğu yeşil korozyon (bazik bakır karbonat/malakit) ve bazik bakır

klörür/paratakamit veya atakatamit) tespit edilebilmiştir (Scott, 2002, s.7). Günümüzde tanımlanan benzer bir örnekte Roma'dan MÖ 1. yy.ın son çeyreğine tarihlenen bir kadın büstünde bronz hastalığının yol açtığı çukurlaşma izleri görülebilmektedir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Bir bronz Roma büstünde bronz hastalığı izleri (Scott, 2002, s.219 esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Diğer tüm metaller gibi bakır ve alaşımlarının bozulma nedenleri de bulundukları ortamın çeşitliliğine bağlıdır. Bronz eserlerde kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak sınıflandırabileceğimiz bu bozulmalardan kimyasal bozulma korozyona yol açarken, mekanik çözülmelerden oluşan bozulmalara fiziksel bozulmalar adı verilmektedir. Biyolojik bozulmalar ise mikroorganizmalar, bakteriler, mantar, liken, yosun ve alglerdan kaynaklanmaktadır. Kazılarda bulunan bronz buluntular her zaman bir korozyon katmanıyla birlikte ele geçerler. Toprak altında uzun yıllar kalan buluntularda, oksijenin, nemin ve klorürlerin etkisiyle veya anaerobik ortamlarda mikroorganizmaların etkisiyle

çeşitli tip ve seviyelerde bozulmalar meydana gelir. Kısaca korozyon dediğimiz bozulmalar, bir metalin çevresiyle yaptığı etkileşimlerin sonucu olarak karşımıza çıkar (Faltermeier, 1995, s.15) (Tablo 3.1).

(Tablo 3.1) Bakır alaşımında karşılaşılan bozulmalar (Yılmaz, 2024, s.47-48 esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Tür	Kimyasal İsim	Mineral	Formül	Renk
Bazik bakır bileşikler	Bakır (I) oksit	Küprit	Cu_2O	Kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi
	Bakır (II) oksit	Tenorit	CuO	Metalik gri siyah
Bazik bakır karbonatlar	Bakır (II) karbonat	Azurit	$2CuCO_3, Cu(OH)_2$	Camsı mavi
	Bakır (II) karbonat	Malahit	$CuCO_3, Cu(OH)_2$	Soluk yeşil
Tuzlar	Bakır (I) klorür	Nantokit	CuCl	Renksiz ya da gri ya da soluk yeşil
	Bakır (II) klorür	Eriokalkit	$CuCl_2$	Mavi ya da yeşil
	Bazik küprik klorür	Atakamit	$CuCl_2, 3Cu(OH)_2$	Cam yeşili
	Bazik bakır klorür	Paratakamit	$CuCl_2, 3Cu(OH)_2$	Soluk yeşil
	Bazik bakır klorür	Botallakit	$Cu_2(OH)_3Cl$	Soluk mavimsi yeşil
Sülfatlar	Bazik bakır sülfat	Brokanit	$Cu_4SO_4(OH)_6$	Camsı yeşil
	Bazik bakır sülfat	Antlerit	$Cu_3SO_4(OH)_4$	Camsı yeşil
	Bazik bakır sülfat	Posnjakite	$Cu_4SO_4(OH)_6, H_2O$	Camsı yeşil
Fosfatlar	Bakır fosfat	Libetenit	$Cu_2(PO_4)(OH)$	Koyudan açığa zeytin yeşili
	Bakır fosfat klorür	Sampleit	$NaCaCu_5(PO_4)_4Cl,5H_2O$	Parlak açık mavi
	Alüminyum bakır fosfat	Zapalit	$Cu_3Al_4(PO_4)_3(OH)_9,4H_2O$	Yarı saydam soluk mavi
Sülfürler	Bakır (I) sülfür	Kalsosit	Cu_2S	Metalik siyahımsı gri
	Bakır sülfür	Kovelit	CuS	Yarı metalik mavi
	Bakır sülfür	Geerite	Cu_9S_5	Metalik mavimsi beyaz
	Bakır demir sülfür	Kalkopirit	$CuFeS_2$	Pirinç sarısı

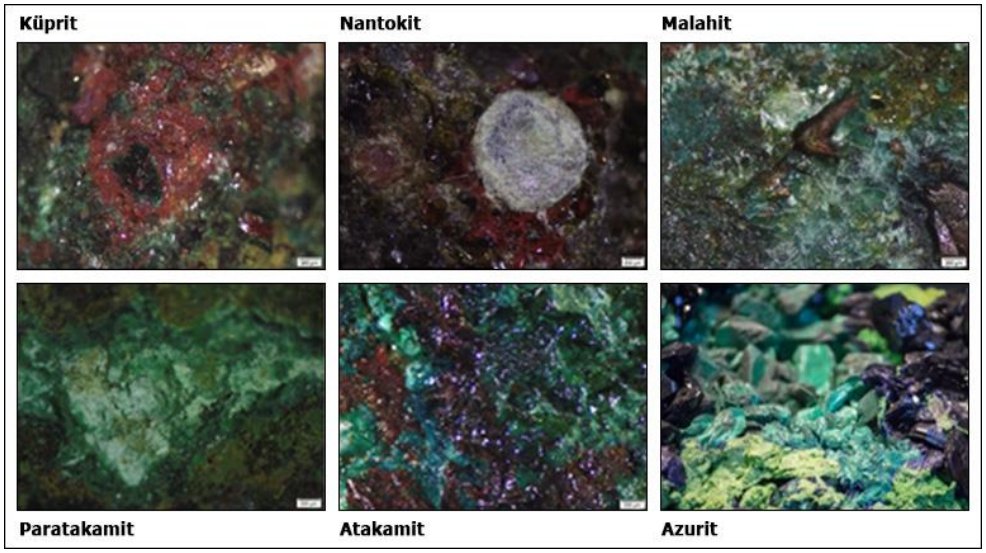
3.2.1 Fiziksel Bozulmalar

Bakır ve alaşımlarından oluşan eserlerde görülen ve mekanik çözülme olarak da adlandırılan fiziksel bozulmalara ise doğa şartlarından ya da herhangi bir sebeple fiziksel etkiye maruz kalan eserlere aşınma, birçok kez maruz kaldığı yükle zorlanması sonucu fiziksel yapısının deformasyona uğramasına yorulma, yine aşırı yükten kaynaklanan gerilim altında çatlaması ya da kırılmalar meydana gelmesine ise aşırı yüklenme denilmektedir. Ayrıca yangın sonucunda meydana gelen deformasyon ve buruşma şeklinde görülen bozulmalar da fiziksel bozulmalardır (Özdağ, 2015).

3.2.2 Kimyasal Bozulmalar

Eserlerin korozyona uğramasının en büyük sebebi içinde bulundukları ortamda maruz kaldıkları asidik ve organik etkidir. Bu etkiyi yaratan, eserin içinde bulunduğu atmosferik şartlardaki hava kirliliği olabileceği gibi, eserin bir kısmının ya da tamamının temas ettiği deniz, göl ve akarsular ile nemli toprak ortamlardır. Yine eserin bulunduğu ortamdaki kuş ve hayvan artıklarının teması sonucu asidik etkinin yol açtığı ve organik diye nitelendirdiğimiz kimyasal bozulmalar ortaya çıkar. Kimyasal bozulmanın bir diğer kaynağı da toz ve kirdir. Toz ve kir kükürt bileşiklerinin zararlı etkisini arttıran bir özelliğe sahiptir. Tozun içerisinde bulunan asit kökleri, bozulmayı tetikleyen metal iyonları da taşır. Ayrıca tozun nem tutucu bir özelliği de vardır ve nem kirletici gazların kimyasal davranışları için gereklidir (Özdağ, 2015, s.66).

Korozyonun oluşumunu sağlayan tepkimelerin türü; kimyasal ve elektrokimyasal olarak değerlendirilmektedir. Kimyasal korozyon (kuru korozyon): Metal ve alaşımlarının gaz ortam koşullarında oluşturduğu reaksiyonlar sonucunda oluşan bozulma sürecidir. Elektrokimyasal korozyon (ıslak korozyon): Metal ve alaşımlarının sulu ortam koşullarında oluşturduğu reaksiyonlar sonucunda oluşan bozulma sürecidir (Sansar, 2018, s.24). Bakır ve alaşımları için karşılaşılan en yaygın kimyasal bozulma oksijen ya da diğer kimyasallar sonucu oluşan oksidasyondur. Toprak altı korozyon oluşumları kimyasal ya da elektrokimyasal olarak incelenebilmektedir. Gömü ortamında buluntunun ortam şartlarıyla doğrudan reaksiyona girmesi kimyasal korozyonun baskın olduğu bozulma türlerini oluşturur (Yılmaz, 2024, s.47) (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 En sık karşılaşılan bakır alaşımı mineral bozulmalarının stereo mikroskop görüntüleri (Yılmaz, 2024, s.47-48, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

Bakır ve alaşımlarının maruz kaldığı tüm bu bozulmaların yanı sıra bronza has ve 'Bronz Kanseri' olarak adlandırılan bir bozulma daha bulunmaktadır. Bronz kanseri olarak adlandırdığımız bozulma, bakır ve bakır alaşımlarında görülen ve klor iyonlarının neden olduğu bir kimyasal değişmedir. Bu kimyasal değişmede bakır metali klor iyonlarından etkilenerek korozyona uğrar. Nantokitten paratakamite aktif değişim süreci literatürde 'bronz hastalığı' olarak tanımlanmaktadır. Bakır klorürün tamamının bazik bakır klorüre dönüşmesine izin verilirse nesnenin kararlı bir kimyasal durumda olduğu düşünülür. Böyle mineralize bir nesnenin yapısı fiziksel olarak çok kırılgandır ve bir miktar malzeme kaybı olmadan ele alınamaz (Faltermeier, 1995, s.19). Bu korozyona türüne kanser denmesinin nedeni, korozyon reaksiyonları bir kere başladığında; bozulmaya neden olan koşullar değişmedikçe ve önlem alınmadığı sürece bozulmanın ardışık reaksiyonlar sonucu metal ve stabil haldeki korozyon ürünleri tükenene kadar devam etmesidir (Özen, 1999, s.178). Bronz hastalığı, bronz patina içindeki klorür içeren türlerin nem ve hava ile etkileşim süreci olarak tanımlanabilir. Genellikle bakır alaşımının kendisinin korozyonu ile birlikte görülür. Bu süreç son 100 yıldır az çok anlaşılmıştır. Reaksiyonun ürünleri, yüzeyi bozan ve nesneyi çirkinleştirebilen açık yeşil, tozlu, hacimli bazik bakır klorürleridir (Scott, 1990, s.194).

Birçok makalede bu bozulma ‘bronz kanseri’ nin yanı sıra ‘bronz hastalığı’ olarak da tanımlanmıştır. Chase, Hamilton, Lucey, Organ, Plenderleith, Sease gibi birçok konservatör arasında bu sorunun arkasındaki temel kimyaya ilişkin genellikle düşük düzeyde bir anlayışla karşılaşıldığı görülmektedir. Bronz hastalığı saf bakırdan, kalay içeren bronz ile çinko ve başka diğer küçük elementler içeren alaşımlardan mamul bakır bazlı metal nesneleri etkileyebilir. Birçok bronz ve pirinçte korozyonun doğası gereği belirli koşullar altında daha fazla aktif korozyon için temel oluşturan bir dizi micropit gelişebilir. Bronzların ve pirinçlerin korozyon ve patinasında ana alaşım elementinin kimyası hakimdir (Macleod, 1981, s.16).

3.2.3 Biyolojik Bozulmalar

Bakır ve bronz eserlerin maruz kaldığı biyolojik bozulmalara canlı organizmalar sebep olurlar. Mikroorganizmalar, bakteriler, mantar, liken, yosun ve alglar bulunduğu ortamda eser yüzeyindeki nem oranının değişmesine ve ortamı asidik bir hale dönüştürmektedir. Bunun sonucunda eserde kimyasal reaksiyonlara sebep olmakta ve eserde bozulmalara yol açmaktadır. Diğer bozulma türlerinde olduğu gibi biyolojik etkenlerden kaynaklanan bozulmalarda da zararlı türünün doğru teşhis edilmesi önemlidir (Beşkonaklı, 2010, s.116).

4. ARKEOLOJİK ALANLARDA ELE GEÇEN BRONZ ESERLERE UYGULANAN MODERN KORUMA YÖNTEMLERİ

Arkeolojik sit alanları insanoğlunun varoluşundan günümüze dek ulaşan, eski uygarlıkların yer üstü, yeraltı veya su altındaki ürünlerini, yaşadıkları dönemin sosyal, ekonomik, kültürel özelliklerini yansıtan kültür varlıklarının bulunduğu alanlardır. Arkeolojik kazılar, kurtarma kazılarını[8] bir yana ayırdığımızda arkeolojik sit alanı ilan edilen alanlarda gerçekleştirilir.

Arkeolojinin bir bilim dalı olarak ilk yıllarında yapılan kazılar, eserleri keşfetmeyi ve kurtarmayı hedeflemekteydi. O zamanlarda koruma sınırlıydı ve ikinci sırada yer alıyordu, eserlerin anatomisini onarmak ilk sıradaydı. Ortaya çıkarılan eserler sonunda ulusun, devletin, üniversitenin veya bölümün varlığı haline geldi ve sonuç olarak müze koleksiyonlarının bir parçası oldu (Patel, 2014, s.347).

Arkeologlar ve müze profesyonellerinin ortak çabalarının önemi 1931'de Atina'da, 1934'te Madrid'de, 1937'de de Kahire'de düzenlenen konferanslarda uzun uzadıya gündeme getirilmiş ve tartışılmıştır. 1949'da Uluslararası Müzeler Konseyi (ICOM), kazı ve müze arasındaki yakın ilişkilerin gerekliliğini ortaya koymuştur. İlgili soruları çözmek için sistematik kriterlerin belirlenmesi ile antik nesnelerin, köken, üretim teknikleri gibi kimyasal analiz çalışmalarına girişimleri başlamıştır (Patel, 2014, s.348). Korumayla ilgili atılan bu olumlu adımlardan sonra müzeler de kataloglama ve belgeleme yoluyla eserlerin uygun bakımını sağlamaya odaklanmış, süreç içerisinde standart koruma ilkeleri ile ilgili uluslararası yasalar olgunlaşmıştır.

Bilimsel bir çalışma yöntemi olarak konservasyon ve restorasyon arkeoloji literatüründe sıklıkla birbiri yerine kullanılmış ve günümüzde de maalesef kullanılmaya devam etmektedir. Koruma ve restorasyon, oldukça farklı amaçlara sahip iki farklı faaliyet türünü ifade eden ve bir bütün olarak meslek tarafından hiçbir zaman net bir tanım verilmeyen iki kelimedir. Sonuç olarak, her ulusal ve uluslararası dernek kendi bireysel

[8] Kurtarma arkeolojisi. (2021)

yorumunu sağlamakta ve yaymaktadır. Dolayısıyla bu tanımlar ülkeden ülkeye ve hatta ülke içinde farklılık göstermektedir (Guichen, 1999, s.4) Konservasyon ya da koruma kelime anlamının ifade ettiği gibi korumayı, restorasyon ise yenilemeyi simgeler ve bunlarla ilgili çalışmaları içerir. Çoğu ülkede, konservatör-restoratörün mesleği hala tanımlanmamıştır: eğitimin kapsamı ve derinliğine bakılmaksızın, konservatör ve restorasyon yapan kişiye konservatör veya restoratör denir[9] (ICOM, 1984).

Türkçe literatürde konservasyon ve koruma kelimeleri aynı anlamı taşımaktadır ve sıklıkla birbirinin yerine kullanılabilmektedir. Konservasyon kelimesi Fransızca muhafaza etme, koruma anlamına gelen 'conservation' kelimesinden arkeoloji literatürüne girmiştir. Konservatör kelimesi de benzer şekilde Türkçe'de korumacı kelimesi ile eş anlamlı kullanılmaktadır ve dünya arkeoloji literatürüne Fransızca tutucu, muhafaza edici 'conservateur' kelimesinden girmiştir[10].

2863 sayılı kültür ve tabiat varlıklarını koruma kanununun 3. Maddesinin (4) numaralı bendinde 'Koruma'; ve 'Korunma'; "*taşınmaz kültür ve tabiat varlıklarında muhafaza, bakım, onarım, restorasyon, fonksiyon değiştirme işlemleri; taşınır kültür varlıklarında ise muhafaza, bakım, onarım ve restorasyon işleridir*" olarak tanımlanmıştır (Resmi Gazete, 1983).

Konservasyon, 2008 tarihli 26993 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Vakıf Kültür Varlıkları İhale Yönetmeliği'nin, Birinci Bölüm, tanımlar başlıklı 4. Maddesi (g) bendinde "*Kültür varlıklarının özgün nitelikleri değiştirilmeden fiziksel, kimyasal, biyolojik değişikliklere yol açmadan, geriye dönüşü olan malzeme ve yöntemler kullanılarak söz konusu kültür varlığının ömrünü uzatmayı amaçlayan koruma işlemidir*" olarak tanımlanmıştır (Resmi Gazete, 2008).

Eylül 2008'de Yeni Delhi'de düzenlenen 15.Trienal Konferansında uluslararası koruma terminolojisine dair kararlar katılımcılar tarafından kabul edilmiştir. Konferansta konservasyon; "*somut kültürel mirasın şimdiki ve gelecek nesillere erişilebilirliğini*

[9] ICOM'un 1984 yılı bildirisinde konservatör-restoratör terimlerinin bildiride uzlaşılmış kelimeler olarak kullanıldığı, çünkü aynı terimlerin, İngilizce konuşulan ülkelerde "koruyucu", Roman ve Cermen dillerinin konuşulduğu ülkelerde ise "restoratör" olarak adlandırılmakta olduğu belirtilmiştir.
[10] https://sozluk.gov.tr/?ara=konservatör

sağlarken korumayı amaçlayan tüm önlem ve eylemlerdir" olarak tanımlanmıştır (ICOM-CC, 2008). Somut kültürel mirasın korunmasını karakterize etmeye yönelik terminoloji kararının ICOM-CC tarafından kabul edilmesi ancak bu konferansta gerçekleşti. Bu bildirgede önleyici koruma, iyileştirici koruma ve restorasyon kelimeleri korumanın bir parçası olarak kullanılmıştır (Boersma, 2016, s.5).

Ayrıca kayıt, uygun ortamlarda depolama, paketleme, nakliye, güvenlik, acil durum planlaması, personel eğitimi, halkın bilinçlendirilmesi gelecekteki bozulma ve kayıpları önlemeyi ve en aza indirmeyi amaçlayarak önleyici koruma olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca kayıt, çevre yönetimi (ışık, nem, kirlilik ve haşere kontrolü), yasal uyumluluk için uygun önlemler ve eylemlere de yer verilmiştir (Boersma, 2016, s.6). Aynı konferansta eser için mevcut zarar verici süreçleri durdurmayı veya yapılarını güçlendirmeyi amaçlayan bir öğeye veya bir grup öğeye doğrudan uygulanan tüm eylemler için ise iyileştirici koruma tanımlaması getirilmiştir. Örneğin aşınmış metallerin stabilizasyonu ve eserlerin tuzlarından arındırılması için kullanılan yöntemler iyileştirici koruma uygulamalarıdır (ICOM-CC, 2008).

Önleyici ya da koruyucu koruma kavramının terminolojiye nasıl girdiğiyle ilgili bir değerlendirme yapmak gerekirse; bu kavramlar ICOM-CC'nin koruma mesleğini tanımlayan 1984 tarihli belgesinde yer almaz, ancak belgede koruma ve restorasyon arasında bir ayrım yapılır. 'Önleyici koruma' terimi 1990'lı yıllarda bu konudaki bazı teşebbüsleri birleştirmek için 1993 yılında oluşturulan çalışma grubunu adlandırmak için kullanıldığında ICOM-CC'nin literatüründe kendine yer bulmuştur (Boersma, 2016, s.4).

Konservatör "*çalışmanın başlangıç döneminde koruma ile ilgili gereksinimlerin saptanmasına ve projedeki önceliklerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Tartışma ve planlama yardımıyla arkeoloğa buluntuların zarar görmeden çıkarılmaları, kaydedilmeleri ve tüm arkeolojik buluntuların işlemden geçmelerini belirlemede ve bu aşamaları uygulamada yol gösterir. Daha sonra, buluntunun stabilizasyonu sağlandığında, konservatör eserin stabil durumu bozulmaksızın incelenmesine, ele alınmasına ve depolanmasına dair aşamaları gerçekleştirir*" (Sease, 1999, s.2) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Bronz eserler için önleyici koruma planlaması.

Ayrıca arkeolojik kazılarda, alanda ve kazı laboratuvarlarında sağlık ve güvenlik konularına titizlikle eğilmek gerekmektedir. Kazı laboratuvarları genellikle yerleşime uzak yerlerde bulunduklarından güvenlik açısından daha dikkatli davranılmalıdır. Bundan dolayı kazı ekibinin konservasyon işleminde kullanılan ve insan sağlığı için tehlikeli olan tüm maddeler ve çözücülerin güvenli kullanımına, doğru depolanmasına ve atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde yok edilmesine özen göstermek gerekmektedir (Carroll ve Collas, 1999, s.2). Bu tür kimyasalların taşınması da güvenli bir şekilde yapılmalıdır. Yanıcı sıvılar ve asitler için kırılmaz plastik kaplar tercih edilmeli, kırılabilir kapların kullanılması gerekiyorsa özel olarak tasarlanmış polietilen taşıyıcılarla birlikte kullanılmalıdır (Sease, 1994, s.5).

4.1 Kazı Alanında Yapılan Uygulamalar

Günümüzdeki resmi mevzuat 2863 sayılı kültür ve tabiat varlıklarını koruma kanununa dayanmaktadır. Bu kanunun 2. Maddesi korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili hususları ve bunlarla ilgili gerçek ve tüzel kişilerin görev ve sorumluluklarını kapsar.

Aynı kanununun tanıtımlar ve kısaltmalar bölümündeki ilgili maddesi 14.07.2004 yılında 25535 sayılı resmi gazetede yayınlanan 5226 sayılı kanun ile; "Kültür varlıkları"; tarih öncesi ve tarihi devirlere ait bilim, kültür, din ve güzel sanatlarla ilgili bulunan veya tarih öncesi ya da tarihi devirlerde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan yer üstünde, yer altında veya su altındaki bütün taşınır ve taşınmaz varlıklardır, olarak değiştirilmiştir (Resmi Gazete, 2004).

Kazı alanında koruma planlaması, kazı alanı yönetiminin bir parçası olarak değerlendirilmeli ve kazı alanı yönetim planında belirlenen stratejiler çerçevesinde değerlendirilerek oluşturulmalıdır. Bu nedenle koruma uzmanı bulunsun ya da bulunmasın arkeolojik kazı alanında önleyici koruma ve ilk yardım uygulamalarının, bir koruma uzmanı ile kazı başkanı ve mümkünse kazı alanında çalışacak açma sorumlusu arkeologların katılımıyla, kazı alanında, yerinde değerlendirme yapılarak planlanması zorunludur (Çetin, 2013, s.84). Arkeolojik kazı alanında ele geçen bakır alaşımı buluntular için yapılacak çalışmaları arkeologlar ve konservatörlerin uyumlu bir iş birliği içinde yürütmeleri büyük önem taşımaktadır. Günümüzde pek çok kez bu çalışmalarda arkeologların daha aktif rol almak istediğine sık sık tanık olunmaktadır. Eserler, arkeolojik alandan kaldırıldıktan ve kazı laboratuvarına getirildikten sonra onarım ve koruma uygulamaları tamamlanmakta ve sonrasında müzeye teslim edilmektedir.

4.1.1 Buluntunun durumu

Arkeolojik kültür varlıklarının bulunduğu gömü ortamı, objenin korunma düzeyini belirleyen en temel unsurdur. Toprağın kuru ya da nemli oluşu metal ve organik objelerin fiziksel ve kimyasal yapısını etkiler. Toprağın asidik ve/veya alkali olması gömülü objenin kimyasal yapısını bozar. Asidik ve alkali ortamlar özellikle organik ve metal

objelerin hızla bozulmasına neden olur. Oksijeni bol gömü ortamı, korozyonu arttırıcı etkisi nedeniyle metal objelerin korunması için olumsuz koşullar içerir (Çetin, 2013, s.85).

Arkeolojik bir esere yapılan ilk müdahale bulunduğu andan itibaren başlamaktadır. Bakır ve bakır alaşımı buluntuların da topraktan kaldırılması sırasında esere zarar vermemek ve kırılıp dağılmasını önlemek için kontrollü bir çalışma planı uygulanması gerekir. Bunun için uyumlu bir arkeolog-konservatör çalışmasının büyük önemi bulunmaktadır. Aksi durumda en önemli problemlerden biri eserin dağılması, buluntu üzerindeki tarihi izlerin zarar görmesi ve geri dönüşü olmayan hasarlarla karşılaşmak söz konusu olabilir. Unutulmamalıdır ki kazı alanında bulunan ve aslında yapıldığı andan itibaren bozulmaya başlayan eser hava ile temas etmeye başladığı anda bozulma sürecinin farklı bir evresine geçmektedir. Bazı durumlarda hassasiyeti ve kırılganlığı çok yüksek olan eserlerin dağılması bile görülebilmektedir. Bu tür istenmeyen durumlarla karşılaşma olasılıkları düşünüldüğünde eserin ilk buluntu anından başlayarak durumunu belgelemenin ne kadar önemli olduğu anlaşılabilir.

4.1.2 Belgeleme

Toprakta eserin varlığı anlaşılınca sistemli ve özenli bir çalışma ile eserin in-situ[11] fotoğrafları çekilerek ilk belgeleme süreci başlatılır. Peachey ve Salzman alanda belgelemeyi, AIC'in "Meslek Etikleri ve Kuralları"nın 24. maddesine dayanarak, "konservasyonu yapan kişi inceleme, numune alma, bilimsel araştırma ve uygulama sırasında doğru, eksiksiz ve kalıcı belgeleme yapmak zorundadır. Gerektiğinde kayıtlar yazılı ve görsel olmalıdır" şeklinde tanımlamaktadırlar (Peachey & Salzman, 1999, s.2). Eserleri belgelemek yalnızca bir görev değil, aynı zamanda bir sorumluluk ve temel bir uygulamadır. Belgeleme her konservatörün uygulamadaki mesleki standartlarını yansıtır ve konservatörlerin kendi çalışmalarını diğerleri ile paylaşmalarını sağlayan bir yol açar (Peachey & Salzman, 1999, s.2). Alanda önleyici korumanın ilk aşaması eserin buluntu durumunun belgelenmesidir. Bu nedenle eserler gömü ortamından çıkarılmaya başlandığı

[11] Eserin alanda ilk bulunduğu, yeri değiştirilmemiş, dokunulmamış hali.

andan itibaren kazının ve önleyici koruma çalışmalarının her aşaması ayrıntılı olarak belgelenmelidir (Çetin, 2013, s.87) (Şekil 4.2).

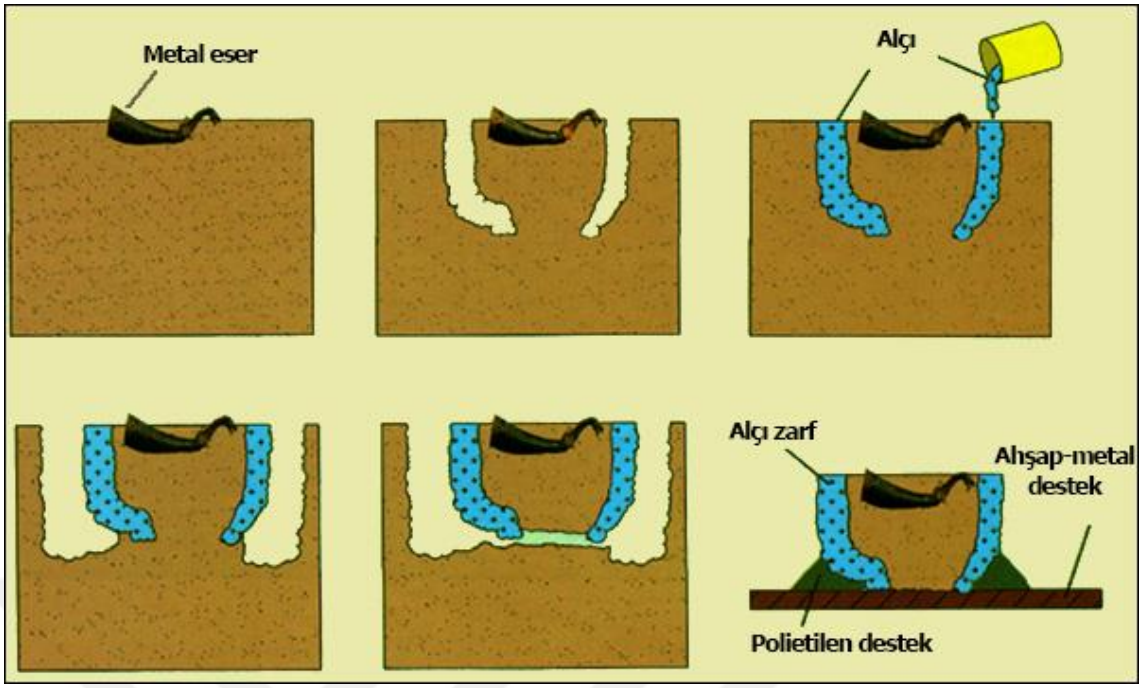


Şekil 4.2 Kazı alanında belgeleme.

Belgelemeleri yapılan buluntulara, bulundukları tabaka ve karelaj sistemine göre kod verilir. Verilen kod bilgisayar sistemlerine ve kod defterine işlenir. Bilgisayarla belgeleme arkeolojik projelerde kayıtların bütünleşmesini ve ulaşılabilirliğini kolaylaştırmaktadır. Veri tabanı programlarına sahip taşınabilir bir bilgisayar arazide belgelemeyi çabuklaştıracak, kolaylaştıracak ve daha esnek hale getirecektir (Peachey & Salzman, 1999, s.3).

4.1.3 Kaldırma yöntemleri

Bir kazı alanında bulunan eserin ilk buluntu anından alandan kaldırılmasına kadar geçen süreçte uygulanan işlemlere kaldırma yöntemleri denmektedir. Metal objeler genellikle kırılgan ve dayanıksız malzemelerdir. Kazı sırasında ele geçirildiğinde, yapım, üretim ve kullanım özellikleri ile birçok bilgiyi barındırabileceğinden üzerindeki korozyon tabakası temizlenmemelidir. Bu tür malzemeyi kaldırmak için mutlaka destekli yöntemler kullanılmalıdır (Şekil 4.3). Metal objelerin neme karşı dirençleri son derece azdır. Bu nedenle gömü ortamından çıkarıldıkları anda ağzı ya da kapağı açık polietilen torba ve polistren kutu içinde tutulmalıdır (Çetin, 2013, s.94).



Şekil 4.3 Destekli kaldırma yöntemi (Çetin, 2013, s.100, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir)

Kaldırma yöntemlerinin eser için sağlıklı sonuçlanmasında alanda çalışan arkeolog ve konservatörlerin iş birliği içinde çalışmasının büyük önemi bulunur. Hem arkeolog hem de konservatör kendi bilgi ve deneyimleri doğrultusunda sürece katkıda bulunur. Doğru ve verimli uygulandığı durumlarda bu iş birliğinin sonuçlarının önemi eser kaldırma süreci sonrasında da kendini gösterecektir. Her şeyden önce, buluntuların kaldırılması ve taşınmasını planlamak ve yönetmek konservatörün görevidir. (Foley, 1995, s.15). Konservatörün bağlamsal bilgiye ihtiyacı vardır, ancak arkeolog, bir konservatörün malzemenin kazı sonrası ortamıyla olası etkileşimi hakkında sağlayabileceği verilere ihtiyaç duyar (Foley, 1995, s.12). Bu konuda şöyle bir örnek verilebilir: alanda bulunan bronz bir sikkenin arkeolog açısından kronolojik ve tarihsel bir önemi olması olağandır. Bu sikkenin konservasyonu ile uğraşan konservatör de edindiği tecrübeler doğrultusunda bu farkındalığa sahip olmalı ve esere ne ölçüde müdahale etmesi gerektiğini bilmelidir. Bazen eserin korozyon tabakasına yapılacak müdahaleler eser üzerindeki bilgilerin de yok olmasına neden olabilmektedir (Foley, 1995, s.15).

Eserin topraktan kaldırılması aşamasında, yüz yıllardır toprak altındaki alışkın olduğu ortamdan uzaklaştırılacak olan metal buluntular yeni ortama alınırken toprağıyla birlikte polietilen kutulara ya da poşetlere konarak, tamamen kapatılmadan buluntu kasalarına

yerleştirilir. Kazıdan çıkarılmış korozyon veya bozulma ürünleriyle birlikte toprakla çevrelenmiş nesnenin kendisi malzemedir ve değiştirilmeden saklanması gerekebilir. Bu, doğru paketleme ve sabit depolama koşullarının sağlanmasıyla elde edilecek 'önleyici' veya 'pasif' bir koruma süreci olacaktır (Foley, 1995, s.11). Eserler toprağıyla birlikte alındığında alışkın olduğu ortamı devam ettirecek ve böylece hızlı ve ani değişiklikten kaynaklanan nem, güneş ve sıcaklık yüzünden ani kuruma ve kırılganlaşması önlenmiş olacaktır. Önleyici koruma yöntem ve teknikleri kullanılarak zaman içerisinde birikerek çoğalan bozulmalar ile aniden gelişen büyük hasarlar önlenebilmekte ya da sınırlandırabilmektedir (Doğruer ve Şener, 2017, s.240). Aslında kazı alanında başlayan ve 'ön koruma uygulamaları' ya da 'önleyici koruma' olarak adlandırılan bu süreçte buluntuların yeni ortama geçişi böylece daha sağlıklı bir şekilde başlamış olacaktır.

Önleyici koruma-endirekt koruma "*genel anlamda kültürel mirasın bozulmasını en aza indirmek, dolayısıyla restorasyon müdahalelerini azaltmak ve yapı veya objelerin özgün malzeme ve bütünlüğünü en uzun süre koruyabilmek için uygulanacak yöntemler bütünü olarak tanımlanmaktadır*" (Beşkonaklı, 2010, s.2). Metal buluntuların "*laboratuvara taşınırken üst üste koyulmaması, birbirinden ayrı tutulması ve mekanik baskıların önlenmesi gibi tedbirler, fiziksel bozulmaların önüne geçilmesi için gerekliliği kapsayan hususlar olup aslında önleyici koruma uygulamasına dahildir*" (Yılmaz ve Şener, 2019, s.433).

Kazı alanındaki önemli noktalardan bir diğeri ise eserlerin bulunduğu ortamın yani ıslak veya kuru olmasına dikkat edilmesidir. Bakır ve bakır alaşımı eserlerin kuru koşullarda saklanması tercih edilir. Ancak bakır alaşımı eserlerden üzerlerinde organik kalıntı bulunanlar nemli olarak paketlenmeli ve bu şekilde laboratuvara götürülmelidir. Keşif anından itibaren metaller genellikle korozyon nedeniyle büyük ölçüde hacim, şekil, ağırlık ve mekanik değiştirir: gömülme süresi boyunca özellikleri değişir, çoğu zaman okunamaz durumdadır, yeni ortam önceki dengelerin değişmesine ve dolayısıyla yeniden aktif hale gelmesine neden olur (Mereu vd., 2011, s.163).

4.2 Laboratuvarda Yapılan Uygulamalar

Kazı laboratuvarına getirilen eserlere uygulanacak işlemler sırasıyla belgeleme, teşhis ve yapılması gerekli görülen uygulamalardır. Tüm bu işlemler restoratör-konservatör için disiplinlerarası çalışmaları gerektirmektedir. Çalışmalarda tercih yöntemler çalışılacak eser için, en az zararı verecek ve en fazla verim alınabilecek yöntemler benimsenerek yapılmalıdır. Esere müdahale yoluyla yapılan tüm uygulamalar aktif koruma uygulamaları olarak tanınır. Aktif koruma-onarım uygulamaları, eserin kondisyonel durumuna bağlı olarak; ön sağlamlaştırma, temizlik, yapıştırma, dolgu-tümleme, koruyucu kaplama vb. şekillerde eser üzerine direkt müdahale yoluyla gerçekleştirilen uygulamaların tamamını kapsamaktadır (Yüceil, 2016, s.128).

4.2.1 Belgeleme

Korunması gerekli eserlerin aktif konservasyon işlemlerine geçilmeden önce, eserlerin korunma durumları, eserlerde saptanan bozulmalar, temizlik işlemi öncesi eserlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanması ve kayıt altına alınmasında en önemli işlem kuşkusuz ki belgelemedir. Belgeleme çalışması restorasyonda yapılan ilk ve son aşamadaki bir işlemdir. Çeşitli ölçeklerde yapılan çizim ve fotoğraf, video gibi görsel tekniklerle eserle ilgili ayrıntılarının belgelenerek saptanmasıdır. Eserlerin restorasyon ve konservasyon öncesi boyut ve ağırlıklarının, her obje için ayrı ayrı tutulan kayıt formlarına işlenmesi ve tüm objelere konservasyon işlem numaraları verilmesi belgeleme işleminde mutlak gerekli bir uygulamadır (Özdağ, 2015, s.102). Restorasyon sırasında uygulanacak işlemler en ince ayrıntılarıyla not edilip rapor hazırlanmalı, böylece gelecekte eseri yeniden çalışacak birine restorasyon sırasında ne yapıldığını bilme olanağı sağlanmalıdır. Koruma-onarım uygulamalarına geçmeden önce yapılan araştırmalar ve belgeleme çalışmaları, söz konusu eserin ayrıntılı tanımlanmasını sağlamaktadır (Şahin, 2018, s.132).

4.2.2 Teşhis yöntemleri

Belgelemeleri yapılan bronz eserlere uygulanan teşhis yöntemleri ile eserlerin maruz kaldıkları bozulmalar belirlenmekte ve bu teşhis sonuçlarına göre uygulamalar yapılmaktadır.

Eser laboratuvara getirildikten sonra öncelikle zarar görmeyecek fiziksel bir ortam yaratılmalı ve eserin görsel teşhisi yapılmalıdır. Görsel teşhisin ardından gerekli görüldüğü durumlarda eserden parça (örnek) almadan yapılan laboratuvar analizleri (tahribatsız) ve eser yüzeyinden parça (örnek) alınarak yapılan (tahribatlı) laboratuvar analizleri gelmektedir. Teşhis, belgeye, fiziksel inceleme ve analize, eğer gerekliyse fiziksel koşulların ölçümü ve tahribatsız analizlere dayanmalıdır. Bu durum zaruri küçük müdahaleleri ve acil tedbirleri etkilememelidir (Beşkonaklı, 2010, s.5).

Analitik laboratuvar çalışmaları yapılırken öncelikle eserin bütünlüğünün bozulmaması amaçlanmalıdır. Ancak çok özel durumlarda, eserin bütünlüğüne olabildiğince az zarar verecek şekilde eserden alınan örnek parçalarla bu analiz gerçekleştirilmekte fakat çok tavsiye edilmemektedir. Bu noktada ana hedef, geçmiş dönemleri aydınlatmak ve bunu tahribatsız olarak ya da bu durumu en aza indirgeyecek şekilde gerçekleştirmektir. Dolayısıyla eserin durumuna ve alt yapısına göre karakterizasyon teknikleri belirlemek gerekir. Her yöntemin bir diğerine göre üstünlüğü olabildiği gibi noksanlıkları da göz önünde bulundurulmalıdır (Işık, 2018, s.714). Ayrıca eserin yüzeyinde oluşan korozyon–bozulma tabakalarından alınan örnekler de analitik testlere tabi tutulabilmektedir. Bu şekilde eser yüzeyinde oluşan bozulmaların niteliği ayırt edilebilmekte ve eser için yapılacak koruma uygulamaları bir ölçüde belirlenebilmektedir.

Eser ile yapılan tüm analitik çalışmaların yanı sıra eserin bulunduğu ortamdaki toprak, kil, cüruf, kum, vb. gibi materyaller de analitik yöntemler kullanılarak test edilmektedir. Böylece eserin bulunduğu ortamdaki tuz başta olmak üzere birçok mineralin belirlenmesi ile de eserin maruz kaldığı reaksiyonlar belirlenebilmektedir.

Günümüzde analitik çalışmalarda kullanılan en yaygın modern analiz yöntemleri 1895 yılında Wilhelm Conrad Röntgen tarafından laboratuvarında Crookes tüpünde katot

ışınları üzerinde çalışırken tesadüfen bulduğu X-Işınları kullanılarak gerçekleştirilen XRF, P-XRF, XRD, ayrıca taramalı elektron mikroskobu olarak bilinen SEM ve EPMA (elektron probe micro analiz) yöntemleriyle gerçekleştirilmektedir (Scott, 2002, s.7). Daha az kullanılan LA-ICP-MS (lazer ablasyon-indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi)'de arkeolojik eserler ile yapılan analitik çalışmalarda iyi sonuçlar vermektedir. Analitik çalışmalarda tek element tayini yapan AAS (atomik absorpsiyon spektroskopisi) yaklaşık yarım asırdır kullanılmakta ve bu yöntem ile 60'dan fazla metal veya yarı metalin kantitatif tayini yapılabilir. ICP ve AAS genellikle yaş analizi yapmak için kullanılan tekniklerdir (Şimşek, 2005, s.66). Özellikle yaş analizi yapmak için kullanılan bir diğer yöntem de ESR (elektron spin rezonans) yöntemidir (Işık, 2018, s.724).

Bu yöntemlerden XRF ve XRD kullanımında X-Işınlarının önemi ultraviyole ışıktan çok daha yüksek enerjiye ve çok daha kısa dalga boylarına sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. X-ışınları, ultraviyole ışıktan çok daha yüksek enerjiye ve çok daha kısa dalga boylarına sahiptir ve bilim adamları genellikle x-ışınlarını dalga boylarından ziyade enerjileri açısından adlandırırlar. Bunun nedeni kısmen x-ışınlarının 0,03 ila 3 nanometre arasında çok küçük dalga boylarına sahip olmasıdır[12].

Tüm bu yöntemler dışında çalışılan eserlere tanılar koyabilmek için kullanılan AES (auger elektron spekroskopisi), XPS (x-ışınları foto elektron spektroskopisi), PIXE (parçacık tesirli x ışınları emisyonu), SIMS (ikincil iyon kütle spektrometresi) ve TEM (geçirimli elektron mikroskopisi) gibi başka teknikler de bulunmaktadır (Şimşek, 2018, s.408).

Görsel teşhis

Laboratuvara gelen ve kayıt altına alınan bir eserin diğer çalışmalara başlamadan görsel teşhisi yapılmalıdır. Eserin kırılganlık ve yapısal durumu incelenir, eserde bulunan kir, pas, toprak ve depositin varlığı ve yoğunluğu belirlenir. Eser bu şekilde çalışmalar sırasında örneğin kum havuzu gibi gerekli görülen ortamda konumlandırılır. Görsel teşhis ile aynı zamanda bronz eserin maruz kaldığı korozyon türleri anlaşılmaya çalışılır.

[12] (X-ray, 2022)

Korozyon renkleri ile eserdeki bozulmaları analiz etmek yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Ancak bu bir ön teşhistir ve analitik çalışmaların sonuçları ile mukayese edilemez (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Laboratuvarda görsel teşhis.

Görsel teşhis, eser ile yapılması planlanan çalışmalar için bir ön etüt niteliğindedir. Yapılacak tanı eserin restorasyon aşamalarının seyrini belirlemede önemli bir kriterdir. Bu aşama çok dikkate alınmalı, görsel ve bilimsel aşamalar tek tek incelenmelidir (Şahin, 2018, s.133). Bronz eserlerin restorasyon ve konservasyon çalışmaları yapılmadan önce, eğer imkanlar varsa bu eserlerin, röntgen ve kimyasal analizleri yapılmalıdır (Erhan vd., 2008, s.145).

XRF (x-ışınları floresans spektrometresi)

XRF (X-ışını floresans spektrometresi) cihazının çalışma prensibi X-Işını tüpü gibi bir kaynaktan üretilen ve absorplanıp tekrar yayılabilir, foton-madde etkileşmesi sonucu oluşan X-Işınları ve saçılma fotonlarının ölçülme ve değerlendirilmesine dayanır. Değerlendirme sonucu elementlerin cinsleri ve oranları saptanabilmektedir X-ışınlı analiz yöntemlerinde spektrometreler, karakteristik çizgi bantlarının ölçülmesi ve örnekten gelen yüksek enerjili ışın demetinin enerjisine göre ayırmayı sağlar (Gürçal, 2015, s.25). X-Işını Floresans spektrometresi, maddenin elementel kompozisyonunun belirlenmesi

için kullanılan tahribatsız bir yöntemdir. Bu yöntemde örneğe, yüksek enerjili X-ışınları uygulanır ve örnek yüzeyinin yüksek enerjili bir X-ışını kaynağı ile ışınlanması sonucu, elementlerde atom çekirdeğine en yakın katmanlarındaki elektronlar atomdan uzaklaşırlar. Daha sonra bir üst veya daha üstteki katmanlarda bulunan elektronlar, enerji kaybederek oluşan bu boşluğu doldurur ve bu süreçte kaybedilen enerji, yine bir X-ışını olarak salınır. Her element farklı elektron yapısında olduğu için, salınan X-ışınının enerjisi de analit elemente özgü ve tanımlayıcı nitelikte olur (Tanrıkulu, 2019, s.15).

Spektroskopi kısaca 'tayf ölçümü' olarak da tanımlanan, elektromanyetik radyasyon ile maddenin etkileşimi sonucu ortaya çıkan radyasyonun dalga boyu veya frekansının elektromanyetik spektrumunu ölçen ve yorumlayan bir çalışma alanıdır. Spektrometre ise bu ölçümleri yapan cihaza verilen isimdir. XRF (X-ışını floresans spektrometresi) cihazı atomların yüksek enerjili X-Işınları tarafından uyarılmasını sağlar. Bu uyarılma sonucu atomların yakın yörüngelerindeki elektronlar da etkilenir ve daha yüksek bir enerji düzeyine çıkarlar. Elektronlar normal enerji düzeylerine döndüklerinde kazandıkları fazla enerjiyi X-Işınları şeklinde açığa çıkarırlar. Açığa çıkan bu X-Işınlarının dalga boyları 0,1 ile 50 Å arasında değişir ve bu yayılıma 'floresans ışıması' adı verilir. Floresans ışıması her element için farklı bir dalga boyundadır ve bu farklılık elementlerin cins ve oranlarının belirlenebilmesini sağlar. Bir numuneden gelen bu tür fotonların enerjilerine ve sayım oranlarına göre analizi, numunedeki kimyasal elementlerin ve bunların konsantrasyonlarının sırasıyla tanımlanmasına olanak tanır. Modern ekipmanlarla berilyumdan uranyuma kadar tüm elementler prensipte analiz edilebilmektedir (Mantler ve Schreiner, 2001, s.635).

P-XRF (portatif x-ışınları floresans spektrometresi)

Portatif XRF cihazları XRF teknolojisinin laboratuvar ortamı dışında kullanımına olanak sağlayan ve teste tabi tutulan eserlerden tahribatsız yöntemlerle analiz sonuçları elde edilmesine olanak sağlayan cihazlardır. Mantık ve yöntem olarak aynı şekilde çalışan bu portatif cihazlar, kazı alanı dışında bulunan laboratuvarlara nakledilmesi teknik ve prosedür olarak zor olan eserlerin analizleri için kullanılmaktadır. P-XRF (Taşınabilir X-Işınları spektroskopisi), tamamen müdahalesiz-tahribatsız, yerinde hızlı ölçümler sunduğu ve eserlerin analizinde iyi sonuçlar verdiği için kazı alanlarında, müzelerde ve

özel koleksiyonlarda objelerin kimyasal bileşimini tespit etmek üzere kullanılan bir tekniktir (Şimşek vd., 2014, s.2).

SEM-EDS (taramalı elektron mikroskobu)

İlk geliştirilen elektron mikroskobu, Geçirimli Elektron Mikroskobudur (Transmission Electron Microscope). TEM'in, Taramalı Elektron Mikroskobundan (SEM) daha önce geliştirilmiş olması bilgisayara gereksinim duymamasıydı. Mikroskobi alanında yapılan çalışmalar ve düzenlemelerle ilk SEM 1942 yılında RCA laboratuvarlarında kullanılmaya başlandı (Karaduman, 2017, s.18). SEM, katı örneklerin karakteristik mikro yapıların incelenmesi için kullanılan bir cihazdır. SEM'in en önemli özelliği odak derinliğidir. Özellikle morfolojik ayrıntıların görüntülenmesinde bu özellikten yararlanılır. SEM ışık mikroskoplarına kıyasla yüksek çözünürlüğe sahip, morfolojik görüntüleme yapar (Karaduman, 2017, s.18). SEM'de metaller gibi iletken numuneler doğrudan incelenebilirler. Görüntü üzerinden nicel ölçümler yapılabilir ve farklı tetkikler ile elde edilen görüntüler karşılaştırılıp birleştirilebilir. Görüntü sinyallerinin sayısal hale getirilmesi ile de görüntü üzerindeki ölçüm ve analizlerin bilgisayarda yapılması mümkün hale gelir. Taramalı elektron mikroskobu ile harç, sıva, taş, seramik, ahşap, kağıt, tekstil, cam, metal ve boya gibi birçok malzemenin analizi yapılır. Yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen fiziksel etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve ekrana aktarılması prensibiyle çalışır (Güney, 2017, s.93).

XRD (x ışınları difraktrometresi)

XRD (x-ışınları kırınımı analizi) analiz yöntemi ile örneklerin mineral tanımlamaları ve bileşenlerinin miktarı belirlenir. XRD yöntemi, tahribatlı bir analiz yöntemidir (Yılmaz, 2019, s.6). XRD analizi ile metal, insan kemikleri, parşömen, çömlek, duvar resmi, pigment ve mühür gibi birçok farklı tarihi eser üzerinde uygulanmaktadır. XRD ile örnek içeriğindeki minerallerin tanımlanması yapılarak özellikleri belirlenmektedir. Bu analiz yöntemi maddeye herhangi bir tahribatta bulunmadan fiziksel ve kimyasal bileşenleri saptamada kullanılır (Işık, 2018, s.720). XRD ile ışığın geliş ve yansıma açısının,

polarizasyonun, enerjinin ya da dalga boyunun bir fonksiyonu olarak numuneye çarparak saçılan X ışınlarının yoğunluğunu belirlenir ve bunun sonucunda molekülün şekli veya geometrisi saptanmaya çalışılır (Işık, 2018, s.720). XRD kristal fazda olan kültürel miras materyallerinin analizinde en çok kullanılan cihazdır. Ancak analiz sonuçlarının yorumlanması diğer bazı yöntemler kıyaslandığında çok kolay olmayabilir. Çünkü bazen çoklu difraksiyon piklerine sahip minerallerin difraksiyon pikleri birbirleri ile çakışabilir (Özçatal, 2013, s.14).

EPMA (elektron probe micro analiz)

Arkeolojik numunelerin karakterizasyonunda yaygın olarak kullanılan kimyasal analiz tekniklerinden birisi de EPMA (elektron probe micro analiz) yöntemidir (Özçatal, 2013, s.11). EPMA tekniği öncelikle katı örneğin öğütülmeden belirlenen küçük bir alandan mineral bileşiminin incelenmesini sağlayan avantajlı bir yöntemdir. İlk EPMA ekipmanları 1950 lerin başında Castaig ve Guinier'in öncülüğünde yapılan çalışmalardan sonra geliştirilmiştir. 1960'ların başında ise ticari araçlar olarak yaygın hale gelmiştir. Bu yöntemle mineral tanımlanmasında daha net veriler elde edilir. 1-2 micron gibi küçük ölçekli alanların incelenmesine olanak tanır ve yüksek çözünürlük sağlar.

Raman Spektroskopisi Tekniği

Hintli Fizikçi C.V.Raman, 1928 yılında, belirli moleküller tarafından saçılan ışının küçük bir kesrinin görünür alandaki dalga boyunun gelen ışığınkinden farklı olduğunu ve buna ek olarak da, dalga boyundaki kaymaların, saçılmadan sorumlu moleküllerin kimyasal yapısına bağımlı olduğunu bulmuştur (Gürçal, 2015, s.30). Raman spektroskopisi gelişen lazer teknolojisi desteği ile arkeolojik nesnelerin üzerinde çeşitli araştırmalar yapmak için uygun deneysel teknik haline gelmiştir. Bunun yanında, malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini karakterize etmek için tahribatsız bir yöntem olarak dikkat çekmektedir.100 Raman spektroskopisinin en önemli avantajlarından birisi analiz için numune alma kolaylığıdır. İncelenecek malzemelerin kendileri ya da bu nesnelere ait bir parça son derece önemlidir. Analiz için en küçük bir numunenin ortamından kopartılması bile önemli bir hasara ve değer kaybına neden olmaktadır. Raman spektrumları,

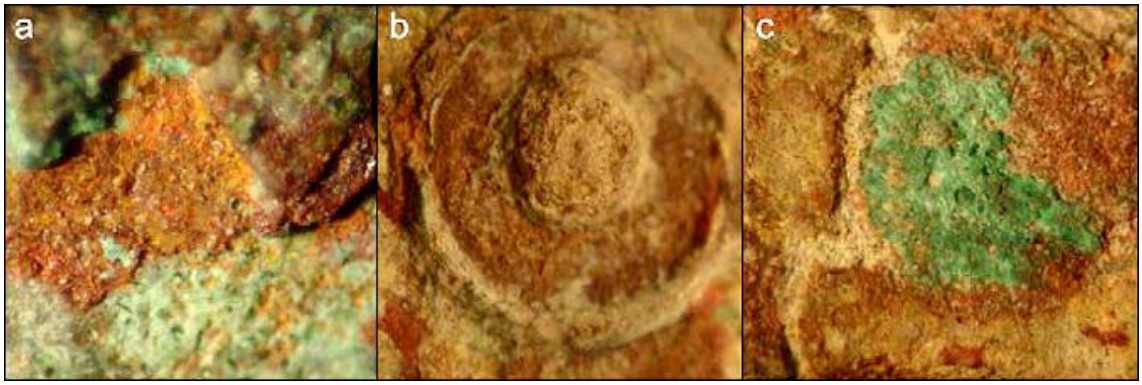
numuneyi ortamından ayırmadan, mikro örnekler veya katmanları altından konfokal tekniklerin kullanımı ile elde edilebilir (Gürçal, 2015, s.47).

4.2.3 Temizlik

Laboratuvarda çalışılmaya başlanan eserlerin temizliğinde birçok değişik yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemlerde en yaygın olarak tercih edileni mekanik temizliktir. Gerekli görüldüğü durumlarda kimyasal ve elektrokimyasal temizlik yöntemlerine de başvurulmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda lazer ile yapılan temizlik uygulamaları, ultrasonik temizlik uygulamaları ve biyolojik temizlik uygulamaları da kazı laboratuvarlarına girmeye başlamıştır.

Mekanik temizlik uygulamaları

Bir mikroskop ya da büyüteç altında yapılması önerilen mekanik temizleme yönteminde, bronz eserler ile yapılan çalışmalarda dikkat edilecek en önemli nokta koruyucu nitelikte olan patina tabakasına zarar vermemek olmalıdır. Patina, eser üzerinde uzun yıllar boyunca oluşmuş ve atmosferik şartlara karşı eseri koruyucu nitelikte olan bir tabaka olarak tanımlanabilir. Koruyucu nitelikte bir kılıf olan patina bozulmaların eserin içine işlemesine bir ölçüye kadar engel olur. Patina dediğimiz yüzey bir oksit tabakasıdır. Kararlı haldeki bu pasif tabaka, metalin yüzeyini koruyucu özellik gösterir (Yılmaz, 2019, s.31) (Şekil 4.5). Temizleme işlemine başlamadan önce koşullar doğru bir şekilde teşhis edilmelidir; bazı durumlarda bronzu kendi haline bırakmak daha iyidir. Mekanik temizlik işlemi sırasında başlangıçtaki bölge çok güzel temizlenebilir ancak daha sonra mekanik olarak iyi temizlenmeyen bir alanda derin çukurlaşmalarla karşılaşılabilir. Bu durumda, orijinal patina yerinde bırakıldığında yüzey muhtemelen daha iyi görünecektir; bistüriyi kullanan konservatörden estetik duyarlılık beklenir (Bassett & Chase, 1995, s.71).



Şekil 4.5 Korozyon kabuğunun morfolojisi, a- korozyon kabuğundaki kimyasal bileşiklerin dağılımı, b- korozyon kabuğundaki mikroyapılar, c- korozyon kabuğundaki çukurlar (Mircea vd., 2012, s.183, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir)

Bu yöntemde kullanılan gereçler çelikten yapılmış değişik sivri uçlu kazıyıcılar, bisturi, gerekli olduğu zaman kavitron ve dremel ucuna takılarak kullanılan metal-keçe fırçalardır (Fiorentino, 1995, s.27). Bu gereçlerle yapılan titiz çalışmalar ile toprak-korozyon tabakasının kazınarak eserden uzaklaştırılması sağlanır. Temizlik sırasında eserin yumuşak bir yere koyulması, mikroskop ya da büyüteç altında dikkatli bir şekilde çalışılması esere verilebilecek zararı en aza indirgeyecektir. Bu yöntem bronz eserler için tercih edilen en sağlıklı yöntemdir.

Kimyasal temizlik uygulamaları

Kazı laboratuvarlarında çok sık karşılaşmasak bile korozyona uğramış ancak sağlam durumdaki bronz eserlerde kimyasal temizlik için hazırlanacak çözeltiler restoratör-konservatörün kararı ile uygulanabilir. Son yıllarda yapılan araştırmalar bronz eserlerde kimyasal temizlik yöntemlerinin sakıncalarını ortaya koymuştur. Korozyon ürünlerinin kimyasal maddelerle tamamen uzaklaştırılması geçmişte yaygın olarak uygulanmıştır (Cronyn, 1990, s.224). Bronz buluntularda kimyasal temizlik için kullanılmış ya da kullanılmakta olan kimyasal yöntemler kontrolsüzdür yani lokal temizlik için uygun olmadığı gibi hedef tabaka seçmekte başarısızdırlar dolayısıyla kolaylıkla, uygulanabilir yöntemler olmadıkları söylenebilir (Yılmaz, 2019, s.48). Bu nedenle, korozyon dokusu bulunan nesneler basit aletler kullanılarak, mekanik olarak temizlenir ve üstteki bakır minerallerini yumuşatmak için yalnızca ara sıra ve dikkatlice kimyasallar kullanılır (Cronyn, 1990, s.224).

Kimyasal temizlik için geçmişte yaygın olarak kullanılan malzemeler EDTA (etilendiamin tetra asetik asit), sitrik asit, rochelle tuzu (sodyum potasyum tartarik), sodyum keski karbonat, Calgon (sodyum hekzametafosfat), alkalik gliserol, sülfirik asit ve formik asit'dir. Bu kimyasallardan bir kısmı günümüzde de ancak gerek duyulduğunda, çok tercih edilmemesine karşın kullanılmaktadır. Bu kimyasallardan alkali gliserol ve alkali Rochelle tuzu istenen biçimde, yavaşça klorürleri çözer ve küpriti giderirken, sodyum polifosfat (calgon) ve sitrik asit küprit katmanına şiddetli bir şekilde saldırır (Yılmaz, 2019, s.49). Eğer kimyasal temizlik yöntemi tercih edilecekse, Kimyasal temizlikten önce tercihan kıl fırçalar yardımıyla hafif fırçalama yapılır veya ultrasonik temizlik ile gevşek yapılı korozyon ürünlerinin giderilmesi sağlanır (ASTM, 1990, s.3).

Kimyasal temizlikte kullanılan malzemelerden biri olan EDTA eser yüzeyindeki kalkerlerin ve klorürlerin uzaklaştırılmasında aynı zamanda yüzeydeki kuprit ve bakır oksitlerin arındırılmasında kullanılır (Güçlütürk, 1999, s.64). Bu yöntemde genellikle cam kaplar kullanılarak 1 lt saf su içerisinde EDTA ile %10-50'lık çözelti oluşturulur (Kocabaş, 1997, s.122). Eserler oda sıcaklığında daldırma yöntemi ile çözelti içinde bekletilir. Daldırma sırasında sıcaklık sabit tutulmalıdır. Böylece çözeltinin etkinliği artar ve temizleme süresi kısalır. Bu çözelti ile yapılan uygulamalarda reaksiyon çok yavaş olduğu için eserin koruyucu patinasına zarar gelmeyecek şekilde uygulama yavaş yapılmalıdır. Dolayısıyla bu temizleme yöntemi diğer kimyasallarla yapılan temizleme yöntemlerinden daha sağlıklıdır. Sonrasında çözeltiden çıkarılan eserin su ile iyice yıkanması, eser üzerindeki kimyasal ve kalıntılardan arındırılması gerekir. Tüm işlemlerden sonra eser içinde tuz ve asit olup olmadığının anlaşılması için test edilmelidir.

Kimyasal temizlikte günümüzde başvurulan kimyasallardan biri de sitrik asittir. Cam ya da emaye bir kap içinde saf suyun içerisine %2 ile %5 oranında sitrik asit (limon asiti) konularak ph değeri 5.5 olacak şekilde amonyak ilave edilir. Amonyak asitik ortamı yok eder ve asitliği düşürür. Çözelti 60-80 derece ısıtılır ve eser çözeltiye daldırılarak fırçalanır ve kontrol edilerek işlem tekrarlanır. Çok dikkatli bir şekilde kontrollü çalışılmalıdır çünkü uzun süre sitrik asit çözeltisinde bekletilen eser yüzeyindeki koruyucu patina zarar görür (Güçlütürk, 1999, s.62). Temizlendikten sonra eser su ile iyice yıkanır, suda kaynatılarak içindeki tuz ve asitlerden arındırılmış olur. Bu işlemden

sonra aynı ETDA'da olduğu gibi eser, içinde tuz ve asit olup olmadığının anlaşılması için test edilmelidir.

Bir başka yöntem de ise alkali rochelle tuzu kullanılır. Çok zararsız bir madde olmasına karşın etkili bir kimyasal temizleme yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması için 1 litre saf su içine 50 gram sodyum hidroksit ve 150 gram potasyum rochelle tuzu eklenir. Son olarak %20'lik 100 ml oksijen süper oksit ilave edilerek iyice karıştırılır. Eser, çözelti içine daldırılır ve bronz eser üzerindeki bakır karbonat tuzları rochelle tuzu ile tepkimeye girer ve kısa sürede çözünürler. Eğer kısa sürede sonuç alınmak isteniyorsa çözeltinin sıcak kullanılması önerilmektedir (Güçlütürk, 1999, s.63). Uygulama ilk etabından sonra, eser yüzeyinde kahverengi-kırmızı bakır oksit (kuprit) görülecektir. Bu bakır oksit, metal üzerine yapışık bir vaziyette yer alacaktır ve fırçalanarak temizlenemez. Dolayısıyla, uygulama tamamlandıktan sonra mekanik olarak temizlenmek zorundadır (Özdağ, 2015, s.119).

Bir başka yöntemde damıtık su içine %5 sodyum seskikarbonat eklenerek hazırlanan çözeltide eserin bekletilmesiyle yapılan kimyasal temizliktir. Çözeltide bekletilen eserdeki klorürler temizlenmiş olur ve damıtık su ile yıkanarak ya da kaynatılarak nötr hale getirilir. Bazı araştırmacılar yapmış oldukları deneyler sonucu %5'lik sodyum seskikarbonat çözeltisinin klorür iyonlarını uzaklaştırarak korozyon oluşumunu engellediğini ortaya koymuşlardır. Fakat uygulama sonrası bronzlar üzerinde ikincil bir malahit tabakası oluşumu gözlemlenmiştir (Yılmaz, 2019, s.49).

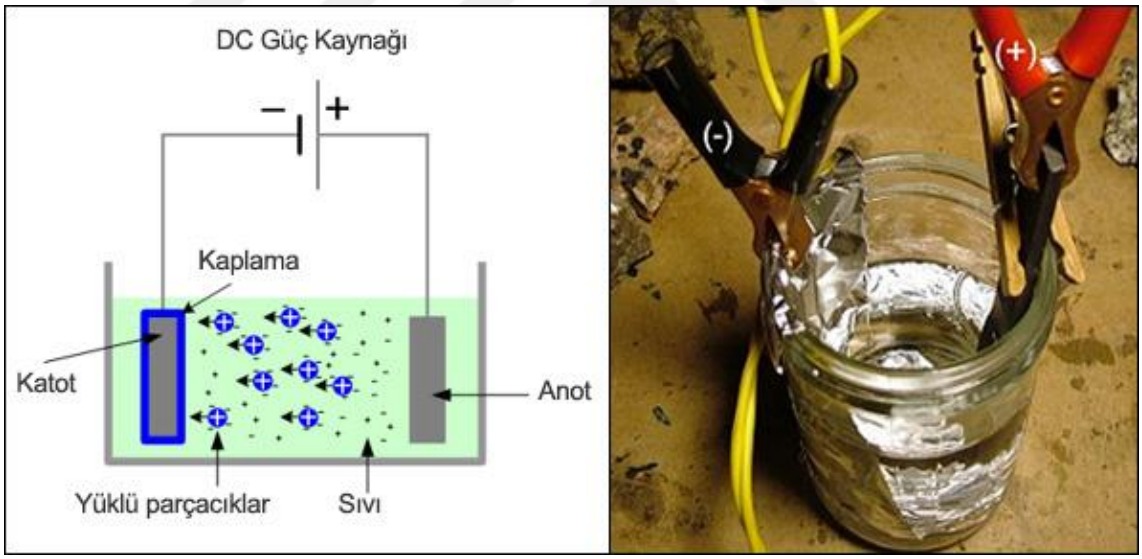
Elektrokimyasal temizlik uygulamaları

Elektrolitik temizlik voltajın bir voltaj kaynağı tarafından beslendiği elektrik akımını içerir. Pil gibi harici bir kaynak ile işlem gerçekleştirilir. Benzer bir etki elektrik kaynağı olmaksızın kimyasalların karıştırılmasıyla da elde edilebilir, buna elektrokimyasal temizlik adı verilir (Cronyn, 1990).

Elektrokimyasal temizleme hidrojenin mekanik etkisine dayanır. Genellikle çinko (Zn) ve sodyum hidroksit (NaOH) veya alüminyum ve sodyum hidroksit (NaOH) kullanılır. Alüminyum (Al) ya da çinko metalleri demir objenin etrafına sarılarak uygulanan yöntem

pil sistemi gibi çalışır. Demir obje katot, etrafına sarılı olan metal ise anot durumdadır. İşlem sırasında demir üzerindeki klorür iyonları objeden anot metale doğu hareket eder. İndirgenme sırasında anot metal, yüzeyin oksitlenmesi sonucunda pasif hale gelir. Elektrokimyasal temizlik hafif korozyon tabakaları üzerinde etkili bir yöntem olarak kabul edilebilir fakat işlem sırasında hidrojen çıkışı olduğundan ve işlem üzerindeki kontrolün sınırlı olmasından dolayı sıklıkla tercih edilen bir yöntem olmaktan uzaktır (Kökten, 1994, s. 192).

Eserin incelenerek tarihi değerinin araştırılması için okunaklı duruma getirilmesi temizlik ve sağlamlaştırma işleminin zorunlu halidir. Görsel açıdan belirgin hale getirmek korozyon temizliği ile depositlerin uzaklaştırılması için elektrotik /elektro kimyasal temizlik yöntemleri de olsa da günümüzde tercih edilmeyen yöntemlerden biridir çünkü; uygulama sırasında çözülen bakır kolayca metalik bakıra indirgenir ve metal çekirdeği pembe renk alan bir metalle kaplamaktadır (Cronyn, 1990) (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Elektrokimyasal yöntem
(https://acikders.ankara.edu.tr/mod/resource/view.php?id=141814 esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Ultrasonik temizlik uygulamaları

Ultrasonik temizlik küçük eserlerde başka şekilde ulaşılması zor delik, girinti gibi detaylara sahip ve temizlenmesi çok zor bölümlerin etkin bir şekilde temizliğinin yapılması için kullanılan bir uygulamadır. Ultrasonik temizlik, parça üzerinde diğer herhangi bir temizleme yönteminin yeteri kadar başarılı olamayacağı ölçüde bir temizlik yapılmasını sağlar. Bu yöntem, yüksek frekanslı ses dalgalarının neden olduğu kavitasyon kabarcıklarını kullanır. Metallerde çatlaklar ve girintiler gibi derin tabakalara yapışan kirletici maddeler üzerinde yüksek kuvvetler üretir. Arkeolojik kazılarda ele geçen küçük eserlerin ve bu tezin özelinde çalışmanın konusu olan bronz eserlerin temizliğinde de gerekli görüldüğü durumlarda ultrasonik temizlik yöntemi kullanılmıştır. Bu temizlik yönteminde yaygın olarak kullanılan alet kavitrondur.

Kavitron, ultrasonik bir cihazdır ve yüksek frekansta ultrasonik titreşimler üretir. Bu titreşimler vasıtasıyla özel uçlar kullanılarak eser yüzeyinde ulaşılması ve temizlenmesi zor olan sert ve kalın depozit tabalarının temizliği yapılabilmektedir. Örneğin, mekanik temizliğin yeterli olmadığı durumlarda Parion Nekropolü'nde bulunan bronz bir amphoranın konservasyonunda yoğun, sert ve kalın korozyon tabakalarının olduğu bölümlerde değişik uçlar takılmış Piezo Ultrasound Descaler (ultrasonik kavitron âleti) kullanılmıştır (Başaran vd., 2012, s.59). Islak ve kuru olarak kullanılabilen kavitron diğer mekanik aletlere göre daha hızlı ve etkili temizlik sağlamaktadır.

Lazer ile yapılan temizlik uygulamaları

Lazer teknolojisinin koruma dünyasındaki yeni bir uygulama alanı da metal buluntularının restorasyonunda kullanılmasıdır. Metallerin lazerle temizlenmesi yeni bir gelişmedir. Lazer tarafından üretilen yüksek enerjili fotonların kontrollü patlamasının kullanımı metalik yüzeylerin temizlenmesi için kullanılabilir. Metalik yüzeylerin temizliğinde lazer kullanımına yönelik bir dizi farklı yaklaşım yayınlanmıştır. Bazı yaklaşımlarda metal temizliği için karbondioksit lazerlerinin kullanılması önerilirken bazı yaklaşımlarda ise yağ lazerleri tercih edilmektedir (Scott, 2002, s.362) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 "Porta della Paradiso", Floransa, tombaklı kapıdaki bakır korozyonunun lazer ile temizlenmesi (Zanini vd., 2010, s.92, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Lazer temizliği seçici ve son derece hassas bir şekilde ve mekanik baskı uygulamadan veya kimyasal madde gerektirmeden gerçekleştirilebildiğinden, kırılgan metal nesneler üzerindeki yüzey ayrıntılarının çok daha iyi korunmasına olanak tanır. Bununla birlikte, işlenmiş metal yüzeyin erimesi ve oksidasyonu gibi termal hasarlardan kaçınmak için tekniğin anlaşılması ve uygulanmasında dikkatli olunması gerekmektedir. Lazerler ayrıca sanat eserlerinin korunması ve restorasyonu alanında kullanımları açısından da araştırılmaktadır. Lazer temizleme, çeşitli koruma uygulamalarında başarıyla kullanılmış ve birçok geleneksel temizleme yöntemine etkili bir alternatif olma potansiyeli taşımaktadır.

Biyolojik temizlik uygulamaları

Biyolojik temizlik uygulaması son yıllarda literatüre girmiş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemin ilk uygulamalarının taş ve mimari eserler üzerine yapıldığı görülmektedir (Şenol, 2017, s.2). 2013'ten bu yana biyopasivasyon tedavisi, kentsel ve deniz ortamlarındaki çeşitli doğal ve yapay patinalar üzerinde değerlendirilmekte ve Cosmoloid H80 mum gibi dış mekan bronzlarında geleneksel olarak kullanılan tedavilerle karşılaştırılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, biyopatinanın balmumu ile karşılaştırıldığında çok daha farklı bir davranış sergilediğini, daha düşük kromatik varyasyona, daha iyi

korozyon stabilizasyonuna ve dış ortamdaki agresif ortamlara maruz kaldıktan sonra balmumundan daha düşük bozulmaya sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Joseph vd., 2013, s.208)

Yöntem olarak belirlenen mikroorganizmalar kullanılarak eser üzerinde amaçlanan temizlik gerçekleştirilmektedir. Seçilen mikroorganizmaları kullanarak bakır bazlı eserleri korumak için yeni bir ekolojik ve sürdürülebilir çözüm olarak bir biyopasivasyon yöntemi önerilmiştir (Şenol, 2017, s.8). Bu teknoloji, bazı mantarların bakır alaşımlarının aşınmış yüzeyinde bakır oksalatlar oluşturma konusundaki doğal kapasitesine dayanmaktadır. Bu yöntemin, daha geleneksel koruyucu sistemlerle karşılaştırıldığında daha az renk değişimine sahipken korozyon sürecini stabilize ettiğini göstermiştir (Joseph, 2021, s.2). Biyo-remediasyon/biyolojik iyileştirme terimi ise, genel olarak canlı organizmaların, zararlı ve aşındırıcı bileşiklerin ortamdan uzaklaştırması işlemini tanımlamada kullanılmaktadır (Şenol, 2017, s.8) (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Biopassivasyon uygulaması yapılmış bir bronz eserin uygulama öncesi, uygulama sonrası ve 5 yıl sonraki görüntüsü (Joseph, 2021, s.5, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Bakır alaşımlı eserlerde biyojenik patina, daha fazla bozulmanın meydana gelmesini önler (Joseph,2021, s.4). Mevcut kararsız ve toz halindeki korozyon ürünleri, işlenmiş yüzeylere korozyon sürecinin stabilizasyonunu ve estetik açıdan çekici bir yeşil rengi sağlayan, çözünmeyen ve kimyasal olarak stabil bir biopatinaya dönüştürülür. Bu işlem, örneğin bakır klorürlerin neden olduğu aktif korozyonun stabilize edilmesine ve toz halindeki ve suda çözünür korozyon ürünlerinin (örn. Bakır sülfatlar) sızması ve kaybı nedeniyle çevredeki malzemelerin yeşil lekelenmesini önlemeye olanak tanır (Joseph,2021, s.2).

4.2.4 Stabilizasyon ve sağlamlaştırma

Laboratuvarda eser için gerekli görülen temizlik çalışmaları tamamlandıktan sonra eser yüzeyinde bulunan korozyonu pasifize etmek gerekir. Koruyucu malzemeler kullanılarak gerçekleştirilen bu uygulamalar ile eserin laboratuvar çalışmaları sonrasında depolanmasında ya da sergilenmesinde uygun olmayan ortamlara maruz kalabileceği göz önüne alınarak hava ile temasında korozyonun artma olasılığı minimuma indirgenmeye çalışılır. Eserin stabilizasyonu olarak da adlandırılan bu işlemde yaygın olarak benzotriazol (BTA), gümüş oksit, paraloid B72, sodyum karbonat, sodyum seskikarbonat, silikajel, gümüş nitrat, çinko tozu, buhar yöntemi ile mikrokristalin ve polietilen mumlar kullanılmaktadır. (Şekil 4.9).

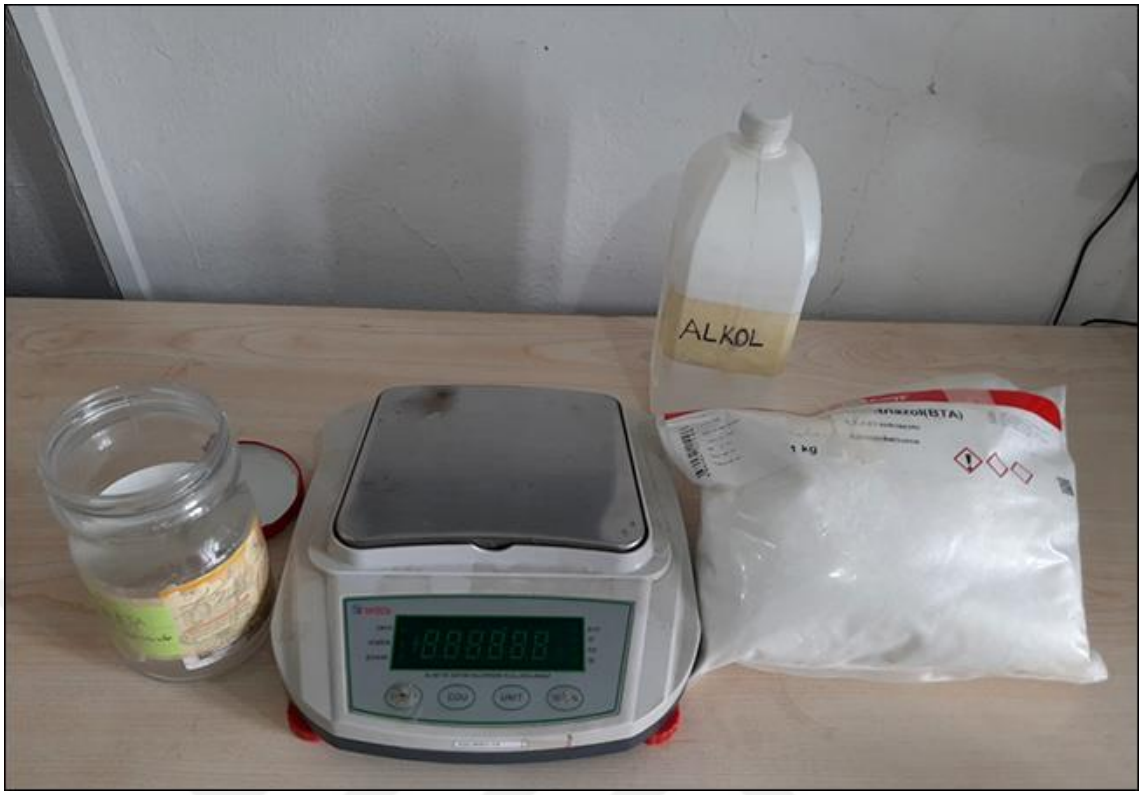


Şekil 4.9 Temizlik sonrası bronz sikkenin paraloid B72 ile stabilizasyonu.

Bahsedilen malzemelerden paraloid B72'nin kimyasal içeriğini etil metakrilat (%70) ve metil akrilat (%30) oluşturur. B72 berrak, renksiz ve termoplastik akrilik bir reçinedir (Baykan, 2018, s.2). Benzotriazole (BTA), bakır alaşımlı buluntularda sağlamlaştırma yöntemi olarak kullanılan ve bir denge mekanizması yaratan, en yayın kullanıma sahip inhibitördür. Nitrojen bazlı olan BTA'nın formülü $C_6H_5N_3$ olarak tanımlanmaktadır (Faltermeier, 1998, s.123). 1,2,3 benzotriazol olarak da isimlendirilen BTA'nın buluntular üzerinde etkin bir koruyucu film tabakası oluşturduğu gözlenmiştir (Scott, 2002, s. 377; Yılmaz, 2019, s.62).

Organik yapıda bir kimyasal olan benzotriazol (BTA) yüksek saflığa sahip bir korozyon önleyicidir. Kimyasal formülü $C_6H_5N_3$ ile ifade edilir. 1967 yılından beri bakır ve bakır alaşımı malzemeden yapılmış eserlerde bulunan asit ve tuzların sebep olduğu korozyonun stabilizasyonu için BTA (benzotriazol) kullanılmaktadır. (Sease, 1978, s.76). Endüstriyel olarak birçok kullanım alanı bulunmakla birlikte arkeolojik kazı laboratuvarlarında bakır ve bakır alaşımı metaller üzerinde zamanla oluşan ve korozyona sebep olan etkenlerin pasifizasyonu için tercih edilen BTA toz halindedir ve etil alkol içinde %3-30 oranlarında hazırlanarak kullanılmaktadır. Genellikle eserin desikatör[13] adı verilen kaplarda hazırlanan çözeltiye belli süre için daldırması yöntemi ile uygulanır. Uygulama süresi sonunda çözeltiden çıkarılan eser yüzeyinde BTA kristalleri oluşmuşsa alkol ile temizlenir. Faltermeier sorunlu bronzların %3'lük BTA çözeltisine yalnızca kısa bir süre batırılması gerektiğini ve mümkün olduğu yerde bunun, inhibitör çözeltisinin nem alımını en aza indirmek için vakum ile gerçekleştirilmesi gerektiğini tavsiye etmiştir (Scott, 2002, s.379; Faltermeier, 1995, s.261) (Şekil 4.10).

[13] İçinde nem alıcı madde bulunan ve içine konulan malzemenin kuru kalmasını sağlayan vakumlu ve vakumsuz koruyucu kap.



Şekil 4.10 Bronz eser stabilizasyonunda BTA hazırlanması.

BTA'nın yanı sıra BİTA (bitriazol), ATA (aminotriazol) ve AMT (2-amino 5-merkapto-1,3,4-tiadiazol) gibi sağlamlaştırıcılar kullanılıyor olsa da son yıllarda yapılan araştırmalar bu kimyasalların koruyuculuğunun BTA'ya nazaran daha düşük olduğunu kanıtlamıştır (Yılmaz, 2024, s.51). Ayrıca korozyon önleyici olarak son yıllarda nanoteknolojiden de faydalanılmaktadır. Eserlerin içindeki çatlakları azaltmak, mekanik dayanımını ve kimyasal direnci arttırmak, yüzeyi UV ışınlarına karşı korumak ve/veya hidrofobik karakterini veya gözenekli boyut dağılımını değiştirmek için nanoteknoloji ile çalışmalar yapılmıştır (Gençer, 2021, s.519).

Bazen bronzların yüzeyindeki korozyon ürünlerinin lokal olarak temizlenmesi gerekebilir. Çoğunlukla bu işlem bronzun stabilitesini arttırmak amacıyla klorürlerin uzaklaştırılmasına yöneliktir (Scott, 2002, s.364). Temizlenmiş eserlerin yüzeyinde yapay bir patina oluşturmak amacıyla kullanılan gümüş oksit (AG_2O) eser yüzeyinde gözüken bakır klorür kaynaklı toz şeklinde pudralaşmış korozyonlu alanlara noktasal olarak uygulanan bir stabilizatördür. Gümüş oksitin patina (film tabakası) oluşturmasının nedeni, gümüş klorürlerin bronz eser içerisindeki bakır oksitlerle tepkimeye girmesidir.

Bu film tabakasının oluşturulması için de yüksek nem oranı mutlaka sağlanmalıdır (Güçlütürk, 1999, s.59). Genellikle mekanik olarak temizlenen korozyonlu bölge alkol ile temizlenir ve kuru ya da alkolle karıştırılarak bir fırça yardımı ile lokal olarak uygulanır. Eser üzerinde uygulama yapılan alanlarda gümüş oksit klorürlerle tepkimeye girdiği için desikatörde ya da nemli bir ortam yaratılarak uygulama bu şekilde gerçekleştirilir. Tepkime sonucu kusma olduğunda kusma olan alan temizlenir ve işlem tekrarlanır. Bu yöntem, özellikle geçerli nem oranlarının düzenli olarak sağlanamayacağı ortamlarda saklanacak veya depolanacak eserler için kullanılmalıdır (Güçlütürk, 1999, s.58) (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 Bronz eser stabilizasyonunda gümüş oksit kullanımı.

Bakır ve bakır alaşımı eserlerin stabilizasyonu için kullanılan bir diğer malzeme Na_2CO_3 kimyasal formülü ile ifade edilen sodyum karbonat'dır. Birkaç kez uygulanmasına rağmen benzatriazol, eser üzerindeki bütün korozyonlar için aynı etkiyi göstermeyebilir ve bronz hastalığı süreklilik göstermeye devam eder. Bu durumda bir ön uygulama olarak sodyumkarbonat çözeltisi kullanılır (Özdağ, 2015, s.129). Sodyum karbonat beyaz renkte, alkali ve suda çözünür inorganik bir tuz bileşiğidir. Korozyon önleyici olarak kullanılmak

üzere saf su içinde %5'lik bir çözelti şeklinde hazırlanır. Eser yüzeyindeki aktif korozyonlu alana uygulandığında sodyum karbonat bakır klorür ile tepkimeye girer ve tepkime sonunda bakır klorürleri bakır okside dönüştürür. Bu reaksiyon sırasında CO_2 gazı içindeki karbonat baloncukları açığa çıkar ve hidroklorik asidi nötralize ederek pasif duruma getirir. Genelde eser üzerindeki korozyonlu bölgeye lokal olarak uygulanmasına rağmen eserin tamamı korozyon ile kaplanmış ise eser çözelti içine daldırılır ve bu çözelti içinde yaklaşık 1 saat bekletilir. Çözelti eser üzerindeki klorürleri yumuşatır ve pasifize eder. Bu işlem sırasında eser çözeltiden alınarak mekanik olarak kir tabakası temizlenir ve tekrar çözelti içine daldırılarak yaklaşık 2 saat kadar bekletilir. Eser çözeltiden alındıktan sonra deiyonize suda kaynatılır ve kurutulur.

Sodyum seskikarbonat ise doğal sodyum karbonatın saf olmayan kristalleşmiş bir formudur. Sodyum karbonat + sodyum bikarbonat + 2 su ($Na_2CO_3 \bullet NaHCO_3 \bullet 2H_2O$) formülüne sahip sodyum seskikarbonat ile yapılan pasifizasyon işlemi çok uzun zaman gerektirir. Gerektiğinde eserler bir yıl gibi uzun bir süre çözeltide bekletilebilir. Sodyum seskikarbonat çözeltisi içinde eserin nötralize olması sırasında sodyum klörür oluşur ve eser üzerindeki bakır 1 klörürü (CuCl) bakır 1 oksite (Cu_2O) dönüştürür. Sodyum klörürün eserin yıpranmasını önlemek için ikinci bir işlem uygulamak gerekir. Yapılan araştırma ve uygulamalar sonrasında sodyum seskikarbonat çözeltisinin klorür iyonlarını uzaklaştırarak korozyon oluşumunu engellediğini ortaya koymuşlardır; fakat uygulama sonrası bronzlar üzerinde ikincil bir malahit tabakası oluşumu gözlemlenmiştir. Malahit tabakasının oluşumunun çözelti içerisindeki klorür iyonlarının konsantrasyonu ile ilgisinin olmadığı söylenmiş ise de kesin olarak nedeni belirtilmemiştir. (Yılmaz, 2019, s.49). İşlem için 25 gr. sodyum bikarbonat ve 25 gr susuz sodyum karbonat 1 litre saf suda karıştırılarak oluşturulan çözeltiye daldırılır. Bu işlem çözelti değiştirilerek klorürler pasifize olana kadar tekrar edilir. Yapılan bu uygulamanın eserden klorürleri uzaklaştırdığından emin olmak için işlem sonrasında çalışılan esere klor testi yapılır. Deney tüpü içindeki 2ml örnek çözeltiye 1-2 damla gümüş nitrat ($AgNO_3$) çözeltisi

damlatılır. Bu işlem sonucunda çözeltide beyaz çökelek oluşarak rengi bulanıklaşıyorsa, klor muhteviyatı var demektir (Yüceil, 2016).[14]

Aktif korozyonu stabilize edilmiş eserlerde paraloid B72, paraloid B44 ve inclarac gibi malzemeler kullanılarak yüzeylerinde film tabakası halinde bir yüzey koruyucu oluşturulur.

Ayrıca bakır alaşımı eserlerin stabilizasyonu için mikrokristalin ve polietilen mumlar kullanılmaktadır. Geçmişte kullanılan doğal mumlar, nemle temas halinde yaşlanmanın organik asitler üretip metale zarar verebileceği için önerilmemektedir. Mikrokristalin mumlar, parafinik, izoparafinik ve naftenik hidrokarbonların bir karışımını içeren, petrolün rafine edilmesinden elde edilen yan ürünlerdir. Mikro yapıları elastikiyetlerine katkıda bulunan ince kristallerden oluşur. Erime noktaları 60 ila 90 °C arasında değişen farklı derecelerde mumlar üretilir. Mikrokristalin mumlara dayanan birçok ticari ürün vardır. Rönesans ve Cosmolloid H80 mumları koruma literatüründe en sık başvurulan mikrokristalin mumlardır (Molina vd., 2023, s.100).

Cosmolloid H80 bakır alaşımı eserlerin stabilizasyonu için kullanılan renksiz ve asitsiz bir mumdur. Bakırla reaksiyona girmemesi onu bakır alaşımı eserler için ideal koruyuculardan biri yapar. İspirto ya da petrolether gibi uygun bir çözücü ile hazırlanır ve daldırma, fırça ya da püskürtme ile uygulanır. Rönesans mumu ise, orijinal olarak British Museum'da geliştirilen bir balmumu cilasıdır ve mikrokristalin mum ve polietilen mumun bir karışımı olarak piyasaya sunulmuştur (Molina vd., 2023, s.100) (Şekil 4.12). Mikrokristalin ya da polietilen mum kullanımından sonra %7-10 paraloid B44 (aseton içinde) fırça ile uygulanarak stabilizasyon tamamlanır.

[14] Benzer şekilde klorürün varlığını güçlü şekilde kanıtlayan etkili bir yöntemde de aynı büyüklükte iki adet cam tüp alınır. Birine damıtık su diğerine ise eserin içinde bulunduğu çözelti konur. Her iki tüp içine suyun içindeki kalsiyum karbonatları yok etmek için 3-4 damla derişik (%65'lik) nitrik asit damlatılır. Daha sonra tüplerin içine 3-4 damla gümüş nitrat damlatılır. Her iki tüp yan yana konur ve aradaki bulanıklık farkı gözlenir. Bu deneyden sonra tüpler içindeki sıvıda bulanıklık farkı yok ise eserlerin klorürleri temizlenmiş demektir. Bulanıklık var ise eserlerin içinde aktif klorür vardır.



Şekil 4.12 Cosmolloid H80 partikülleri ve çözelti içinde eritilmesi.

Günümüzde maliyeti yüksek olmasına rağmen kimyasal sağlamlaştırma yöntemlerine alternatif olarak ortaya çıkan ve eserlerin mikro klima ortamlar yaratılarak paketlendiği ve saklandığı RP sistem de oldukça yaygınlaşmaya başlamıştır (Yılmaz, 2024, s.52). Sistemin metal eserler için kullanılan RP-A tipinde nem, oksijen ve korozyon oluşturucu gazların emilimi sağlanır (Özdemir, 2016, s.433). İçeriğinde az miktarda kimyasal ve organik bileşikler bulunduran ve değişik hava hacimlerine sahip, dışı polipropilen içi ise PVA olan Escal barier film poşetlerinin alt tabakasında seramik bir katman yer almaktadır. Yapılan çalışmalarla bu sistem kullanılarak poşetlenen eserlerin altı yıla kadar stabilizasyonunun sağlanabildiği kanıtlanmıştır (Özdemir, 2016, s.434).

Stabilizasyon uygulamalarını yapıştırma, dolgu gibi tümleme ve koruyucu kaplama çalışmaları takip eder. Yapıştırma işlemi esere ait olduğu kesinleşen, birbiriyle uyumlu şekilde temas eden parçaların belirli yapıştırıcılar yardımıyla birleştirilme işlemidir. Eksik kısımlar tamamlanırken, bütünle uyumlu bir şekilde bağdaştırılmalıdır; fakat bu onarımın, aynı zamanda sanatsal ve tarihi tanıklığı yanlış bir biçimde yansıtmaması için, özgünden ayırt edilebilecek bir şekilde yapılması gereklidir (ICOMOS, 1964, md.12).

Öncelikle eserin parçalarının birbiri ile yapışacak olan kenarları aseton içerinde çözünmüş %5 Paraloid ile birkaç kez konsolide edilmektedir; bu uygulama, eser yanlış yapışıp tekrar ayrılması gerekirse kenarlarının hasar görmemesi içindir (Köroğlu, 2019,

s.85). Yapıştırılacak parçaların büyüklüğünün izin verdiği ölçüde fiziksel olarak bozulmuş, yamulmuş, hasarlı olan parçalar hafif ısı verilerek, plastik tokmak gibi esere en az zararı verebilecek aletler yardımıyla mümkün olduğu kadar düzeltilmeye çalışılmalıdır. Ancak kırılma ihtimali göz önünde bulundurarak bu uygulama minimum ölçüde yapılmalıdır (Köroğlu, 2019, s.85).

Bu işlemler sonunda esere ait parçalar hazır duruma geldiğinde yapıştırma işlemine geçilir. Parçalar aseton içerisine çözünmüş %50 Paraloid B72 kullanılarak dikkatlice yapıştırılır. Kırık parçalar yapıştırıldıktan sonra eğer var ise kalan boşluklar yani "lacuna[15]"lar da tümlenir.

Metal eserler için tümleme malzemeleri genellikle epoksi, polyester reçine, cam elyafı ve kumaş gibi malzemelerdir. İşlem sırasında tümlenecek olan alan wax (mum kalıp) ile desteklenir ve tümleme için renklendirilmiş epoksi ya da polyester reçine kullanılır. Tümleme işleminde kullanılan kimyasalların içine eserin rengini yansıtan boyalar katılarak uygulama yapılır. Ayrıca eserlere uygulanan bu işlemlerden sonra kuruyan polyester reçine akrilik boya ile rahatlıkla boyanabilmektedir (Köroğlu, 2019, s.86). Tümleme işlemi sonunda artıklar kuru fırçalama ve aseton yardımıyla temizlenir (Güçlütürk, 1999, s.75).

Laboratuvarda yapılan uygulamalardan sonra eserlerin paketlenmesi ve uygun şartlarda depolanması sağlanmalıdır. Depolama aşamasında uygun şartlar sağlanmadığında eser bozulma riskiyle karşı karşıya kalabilmektedir.

[15] Koruma alanında kullanılan bu terim Latince'den literatüre girmiştir. "Lacuna" terimi, duvar resmi ve tuval gibi yüzeylerdeki boşlukları-kayıpları veya üç boyutlu heykel ve metal eserlerdeki renk ve hacim boşluğunu ifade eder (Basilissi vd., 2020, s.357).

5. AİZANOİ KAZISI BULUNTULARINDA KORUMA UYGULAMALARI

5.1 Aizanoi Antik Kenti

Aizanoi antik kenti günümüzde Kütahya'ya bağlı ve merkeze 58 km uzaklıkta bulunan Çavdarhisar ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 5.1). Antikçağda Phrygia bölgesinde konumlanan Aizanoi antik kenti MÖ 2. Yüzyılın ortalarından itibaren Roma hakimiyetinde dünya tarihinde kendine özgü ve önemde bir yer bulmuştur. Aizanoi'un kuruluşuna dair en erken verilerin elde edildiği MÖ 3. Binyılın ortalarından beri bölgede yaşam ve iskân tespit edilmişse de asıl yerleşimin Hellenistik Dönemde başladığı söylenebilir (Özer ve Korkmaz, 2014, s.11).



Şekil 5.1 Çavdarhisar ve Aizanoi antik kenti coğrafi konumu (https://www.google.com/maps/ esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Penkalas Çayı'nın yanı başında kurulan bu antik yerleşim Roma döneminde kültürel anlamda en gösterişli zamanlarını yaşamıştır. Bahse konu olan çay antik dönem yazarlarınca zaman zaman yanlış tanımlamalara maruz kalsa da Aizanoi yanından akan günümüz adıyla Kocaçay'ın antik dönem kaynaklarındaki Penkalas olduğu kesinleşmiştir[16]. Penkalas Çayı, Hellenistik Dönemden itibaren koruma duvarları ile ıslah edilmiştir. Roma Döneminde de hem MS 2. yy. hem de MS 4. yy.da onarım görmüştür. Bunun yanında yine Roma Döneminde çayın kent sınırları içinde kalan kısmında dört taş köprü inşa edilmiştir (Özer vd., 2022, s.30) (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Penkalas/Kocaçay 2 ve 4 Numaralı Köprüler Arası Hava Fotoğrafı Güneyden Görünümü (Coşkun vd., 2023, s.439, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

[16] "Kentin içinden geçen ve Penkalas adı ile bilinen nehir ise, Texier'de Rhyndakos şeklinde geçmektedir. Bu yanlış adlandırma, nehrin Tavşanlı bölgesinde, gerçek Rhyndakos olarak bilinen Orhaneli Çayı ile birleştiği ve çayın kaynağı olarak geçmesinden kaynaklanmıştır" (Özer ve Özcan, 2022, s.298.).

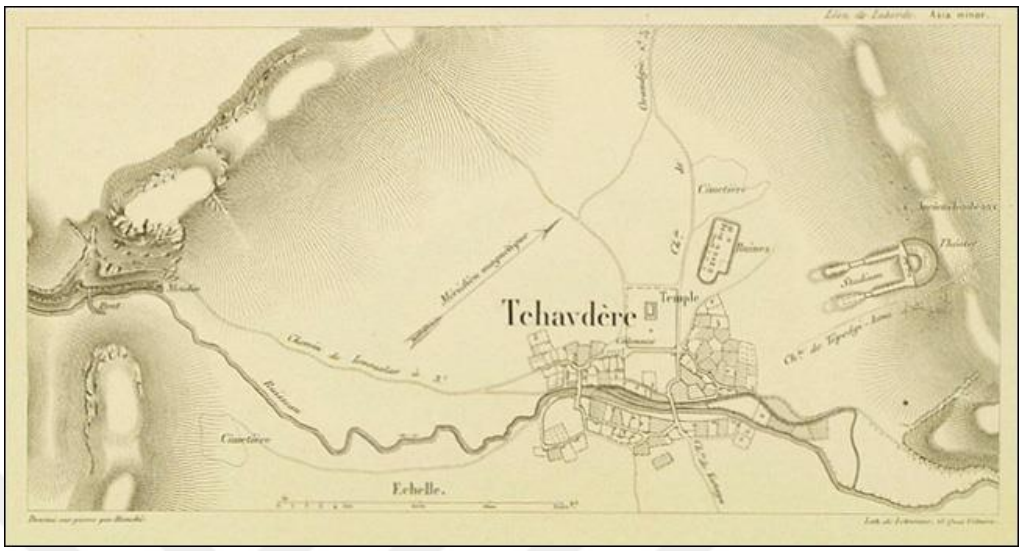
Bu yükseliş dönemi günümüzde Kütahya kent merkezine yaklaşık 50 km uzaklıkta bulunan Çavdarhisar ilçesinde 19. yy'ın başlarına kadar önce Bizans sonra Selçuklu ve en son da Osmanlı hakimiyetinde de kendini hissettirmiştir. Kültürel anlamda tarihi izleri son yüzyılın 2. Yarısından itibaren terkedilse de bu alandaki son miraslar 200-300 yıllık Osmanlı yapılarında günümüzde de göze çarpmaktadır (Şekil 5.3).



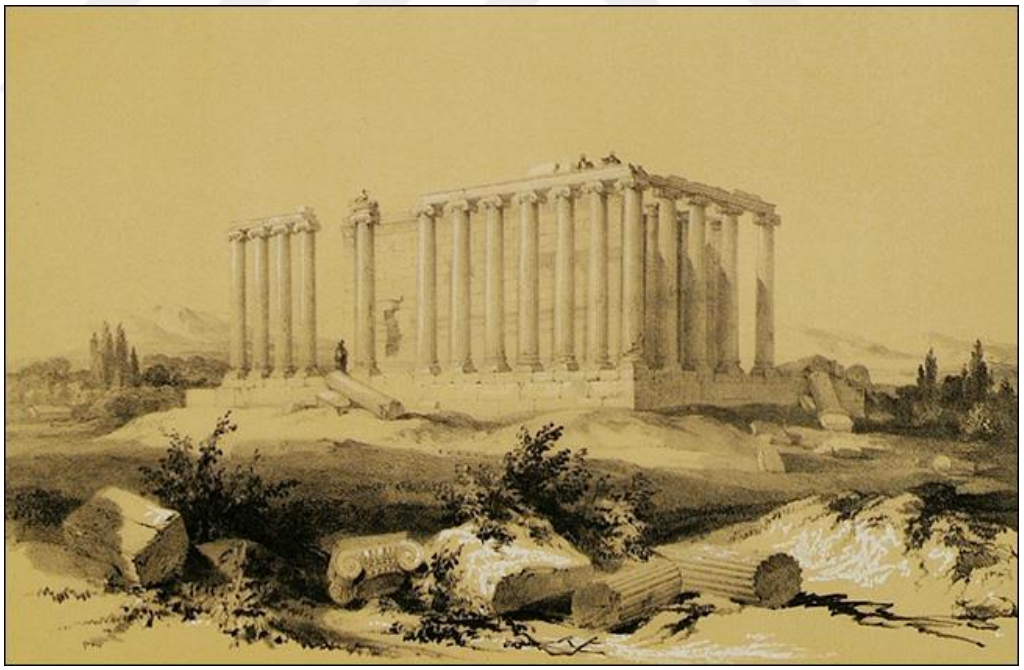
Şekil 5.3 Aizanoi antik kenti içinde bulunan eski bir Osmanlı dönemi yapısı (https://cavdarhisar.bel.tr/author/Cavdarhisar/ esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Aizanoi Antik Kenti'nin keşfi 19. Yüzyılın başlarında Küçük Asya'ya askerî, diplomatik ya da keşif amaçlarıyla gelen seyyahlar tarafından gerçekleştirilmiştir. Kenti ilk keşfeden kişinin Asburnham'ın 3. Kontu George Ashburnham olduğu söylenmektedir. Daha sonra sırasıyla, 1824'te St. Asaph, 1827 yılında Kont Alexander de Laborde, Dr. Hall, Mr. Becker ve Leon de Laborde, 1829 yılında George Thomas Keppel, 1830 yılında ise Haçlı Seferleri tarihçisi Joseph-François Michaud¸ 1834 ve 1847 yıllarında Charles Félix Marie Texier, İngiliz jeolog J. William Hamilton kente gelmişler ve yayınlandıkları makale ve

kitaplarda Aizanoi'daki yapılardan bahsetmişlerdir (Araştırma Tarihçesi, 2023) (Şekil 5.4, Şekil 5.5).



Şekil 5.4 Çavdarhisar ve Aizanoi arkeolojik sit alanı haritası, Léon de Laborde 1838 (https://tr.travelogues.gr/tag.php?view=13181, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).



Şekil 5.5 Zeus Kutsal Alanı'nın güneyden görünümü, Léon de Laborde 1838 (https://tr.travelogues.gr/tag.php?view=13181, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Kültürel anlamda Çavdarhisar'da bulunan bu iskân alanının en büyük önemi Roma dönemi yerleşkesi yani Aizanoi kenti ile ön plana çıkmaktadır. Tarihsel anlamda kayıt altına alınan ilk borsanın[17] burada kurulmuş olması bir yana yıllar içinde nüfusunun antik dünyanın öne çıkan kentleriyle boy ölçüşür duruma gelmesi[18] o dönemde Anadolu yüksek platosunda varlığını sürdüren bu kentin bilinen dünya içindeki önemi konusunda bir fikir vermektedir. Penkalas Çayı üzerinde kurulan ve günümüze 2 tanesi halen kullanılır olarak ulaşan 4 adet Roma köprüsü bile kentin yoğun kültürel ve sosyolojik hareketlerinin bir göstergesidir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 Penkalas/Kocaçay üzerinde yer alan 2 numaralı Roma köprüsü hava fotoğrafı (Aizanoi Kazı arşivi 2021).

Antik Yunan ve Roma dünyasından şimdiye kadar bilinen tek örnek olma karakteriyle Aizanoi'un 2012 yılında Unesco Dünya Mirası Geçici Listesi'ne kabul edilme kriterlerinden biri olan ve inşaatı İ.S.1. yy'da başlayıp, 3. Yy içine kadar devam eden stadion-tiyatro kompleksi de kentin ünik yapılarından birisidir (Özer ve Korkmaz, 2014,

[17] Bu alan yöre halkı tarafından 'borsa' olarak adlandırılan bir macellum yani pazar yeridir. Etrafı dükkânlarla çevrilmiş, ortasında yuvarlak bir yapı ile kimliğini tanımlayabileceğimiz macellum, İ.S. 2.-3. yy'da inşa edilmiştir (Özer ve Korkmaz, 2014, s.13).
[18] Roma döneminde, MS 2-3 yüzyıllarda Aizanoi Kenti'nde 100.000-120.000 kişilik bir nüfus yoğunluğundan bahsedilmektedir. (https://www.aizanoi.com/ksayfalar/sayfa/1/17/aizanoi-antik-kenti)

s.12). Bu yapı kompleksi stadion ve tiyatro yapılarının birlikte inşa edildiği dünyadaki tek örnektir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 Stadion-tiyatro kompleksi ve hava fotoğrafı (Aizanoi Kazı arşivi 2021).

Aizanoi'de bulunan Zeus Tapınağı, alanda arkeolojik kazıların yapılmaya başlandığı ilk yıllardan beri çalışılmış ve ilerleyen yıllarda koruma amaçlı restorasyonu tamamlanmıştır. Zeus tapınağı, alt katındaki tonozlu mekânıyla ayrıca dikkat çekicidir. Aizanoi yakındaki mermer ocaklarından getirilen malzeme ile inşa edilen ve monolit sütunların anıtsallığıyla hayranlık uyandıran tapınak pseudodipteros plan tipinde düzenlenmiştir ve yaklaşık 53x35 metre ölçülerinde bir podyum üstünde yükselir (Özer ve Korkmaz, 2014, s.12). Pseudodipteros tapınak tasarım tipini en iyi şekilde Vitruvius tarif etmektedir. Vitruvius'a göre Pseudodipteros, arkada ve önde sekizer, yanlarda ise köşeler de dahil olmak üzere on beşer sütun bulunacak şekilde inşa edilir (Şahin, 2002, s.22). Tapınak Roma Çağı'nda yapıldığı halde Anadolu Hellen tipine özgü pek çok özellik taşımaktadır (Akurgal, 1995, s.423) (Şekil 5.8, Şekil 5.9).



Şekil 5.8 Aizanoi genel hava fotoğrafı. Tapınak alanı, agora ve Pankelas (Aizanoi Kazı arşivi 2021).

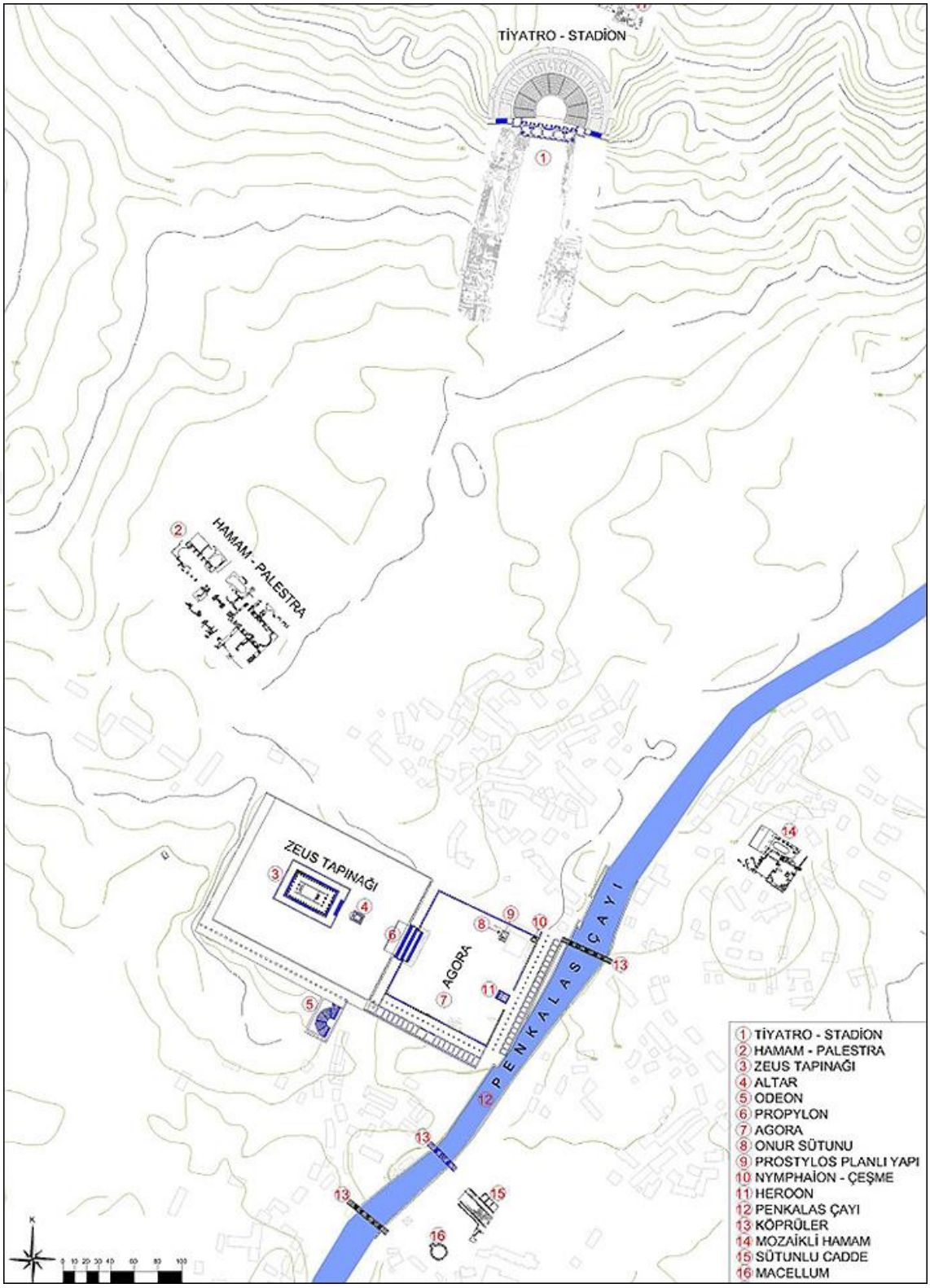


Şekil 5.9 Aizanoi Zeus Tapınağı (https://aizanoi.dpu.edu.tr/tr/index/sayfa/13865/zeus-tapinagi adresinden alınmış D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir).

Aizanoi Agorası, Zeus Tapınağı'nın hemen doğusunda, bu tapınak ile Penkalas Çayı arasındaki alanda yer almaktadır. Agoranın yeri, 1926-1928 yılları arasında yürütülen

kazı çalışmaları esnasında sondajlar açılmak suretiyle tespit edilmiştir. Agoranın lokalizasyonunun yapılmasının ardından geçen uzun süreç içerisinde burada geniş kapsamlı bir kazı çalışması yapılmamış olsa da 2019 yılında çeşitli sondajlar açılmıştır. Aizanoi agorasındaki kapsamlı kazı çalışmaları ise 2021 yılında başlatılmıştır (Coşkun vd, 2023, s.420).

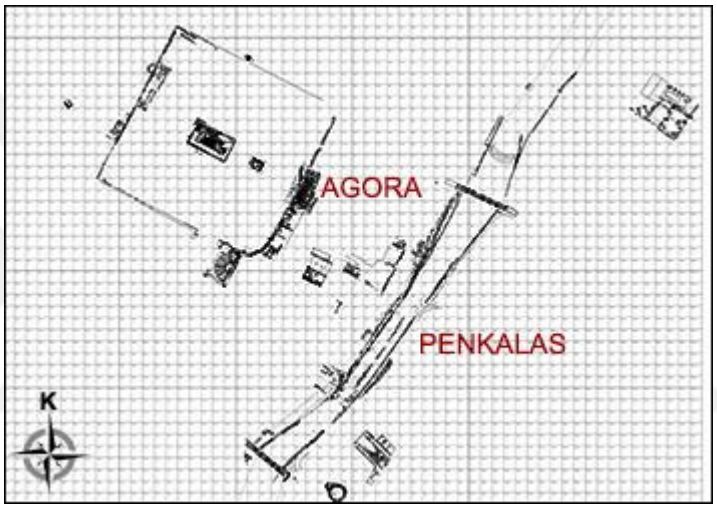
Aizanoi'da 1926'da başlayan ve günümüze kadar aralıklarla devam eden arkeolojik kazı çalışmaları, 2021 yılında Kütahya Müzesi başkanlığında Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Gökhan Coşkun'un bilimsel danışmanlığında yeniden başlamıştır. 2022 yılında ise Cumhurbaşkanlığı kararnamesi ile Aizanoi Kazı Başkanlığı'nı Prof. Dr. Gökhan Coşkun üstlenmiştir (Araştırma Tarihçesi, 2023) (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 Aizanoi kent planı (Coşkun vd., 2024, s.196).

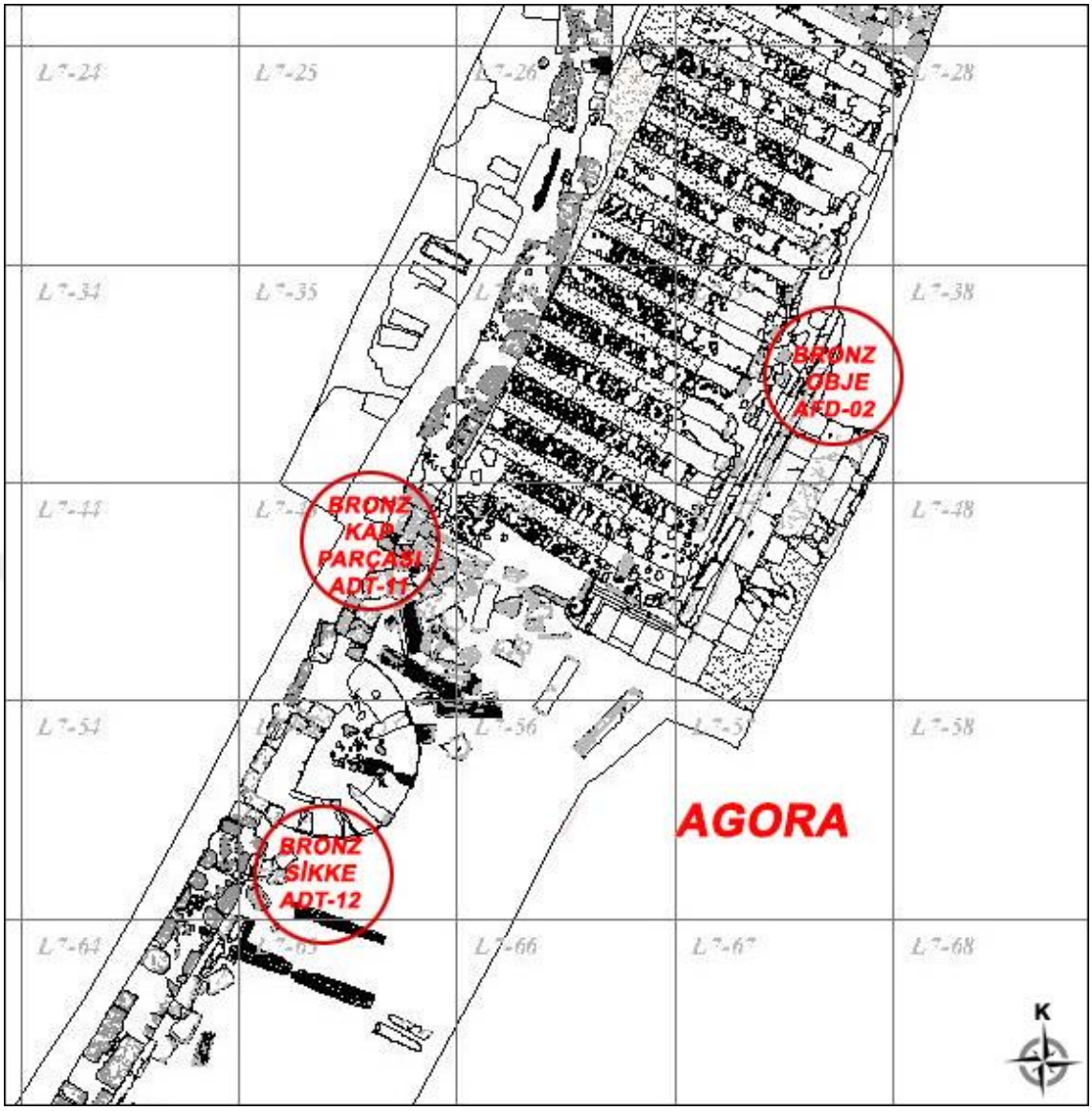
5.2 Aizanoi Kazısı Bronz Buluntuları

Bu tez çalışmasında örneklendirilen eserler Aizanoi kazı alanında 2021 kazı döneminde ele geçen buluntular arasından seçilmiş 8 adet bakır alaşımı eseri içermektedir. Bu eserler bir adet bakır alaşımı maşrapa, bir adet bakır alaşımı çan, bir adet bakır alaşımı haç parçası, bir adet bakır alaşımı kantar, bir adet bakır alaşımı obje, bir adet bakır alaşımı kap parçası ve iki adet bakır alaşımı sikkeden oluşmaktadır. Bu eserlerden 3 tanesi Aizanoi agorasında ve 5 tanesi ise Penkalas Çay'ı dere yatağındaki çalışmalarda ele geçirilmişlerdir (Şekil 5.11).



Şekil 5.11 2021 Aizanoi Penkalas ve Agora kazı alanları. (Aizanoi Kazı Arşivi, 2021)

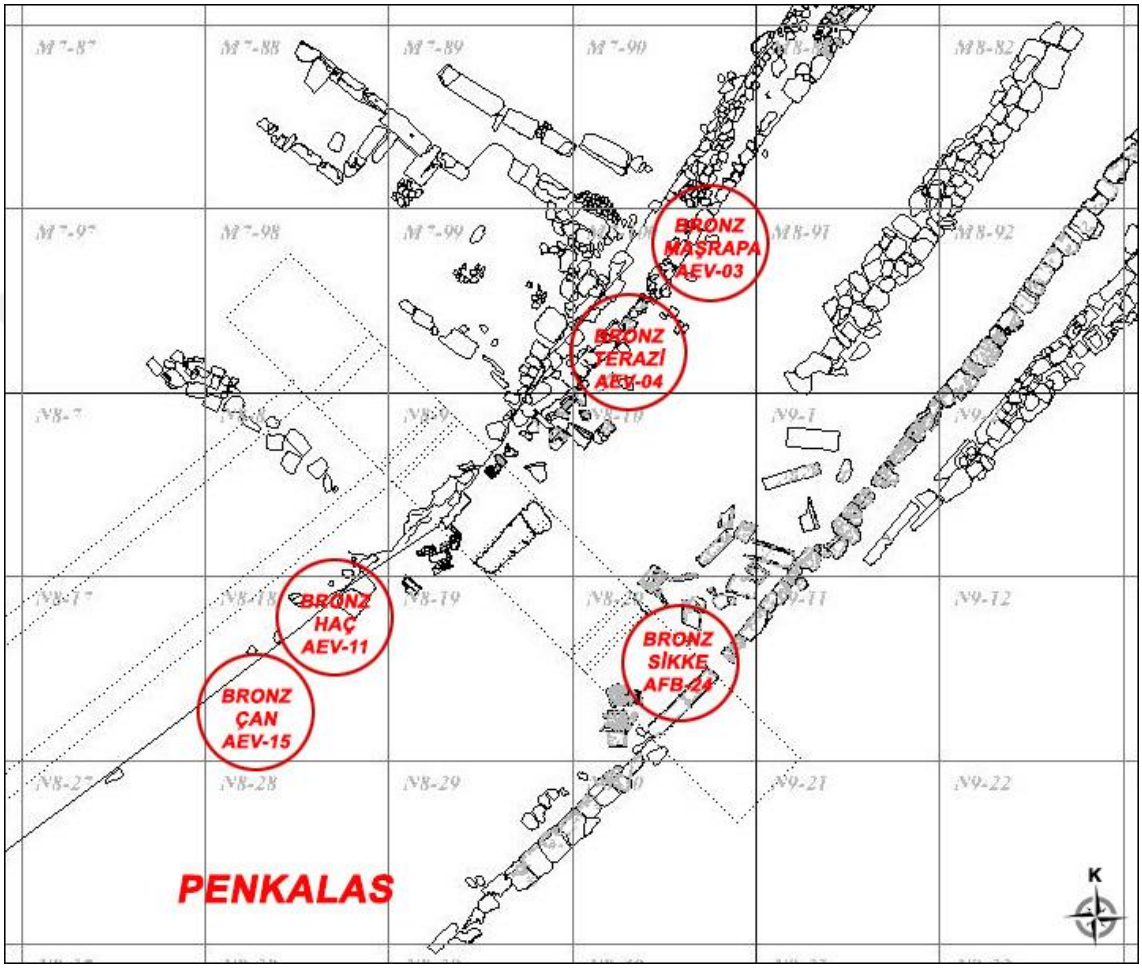
Agoradaki kazılarda bulunan ve bu tez çalışmasına konu olan eserler L7-37 numaralı plankare 3 No'lu açmada bulunan AFD-02 buluntu kodu verilen bronz obje, L7-45/d numaralı plankare 2 No'lu açmada bulunan ADT-11 buluntu kodu verilen bronz kap parçası ve L7-55/c numaralı plankare 2 No'lu açmada bulunan ADT-12 buluntu kodu verilen bronz sikkedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 2021 yılı kazı sezonunda Aizanoi Agora kazı alanında bulunan üç adet bronz eserin konumları (Aizanoi Kazı Arşivi, 2021)

2021 yılı kazı sezonunda, daha önceki yıllarda başlanan "Penkalas/Kocaçay Deresi 2-4 Nolu Köprüler Arası Islah Projesi" kapsamındaki çalışmalara devam edilmiştir. (Coşkun vd, 2023, s.428). Penkalas Çayı kıyısında gerçekleştirilen çalışmalarda bulunan ve bu tezin konusuna dahil olan eserler ise M7-100 numaralı plankare 3 No'lu etapta bulunan AEV-03 buluntu kodu verilen bronz maşrapa, M7-100/c numaralı plankare 3 No'lu etapta bulunan bronz kantar, N8-18 numaralı plankare 3 No'lu etapta bulunan bronz haç parçası, N8-18/c numaralı plankare 3 No'lu etapta bulunan bronz çan ve N8-20 numaralı plankare antik Roma köprü temelinin güneyinde bulunan bronz sikkeden oluşmaktadır (Şekil

5.13). Temizlik, fotoğraf çekimi, çizim ve katalogları tamamlanan eserler ele geçtiği tabaka ve benzer örnekler göz önünde bulundurularak tarihlendirilmeye çalışılmıştır. Eserlere ait tüm bu veriler FileMaker programında oluşturulan veri tabanına girilerek kazı arşiv sisteminde kayıt altına alınmıştır (Coşkun vd., 2024, s.194).

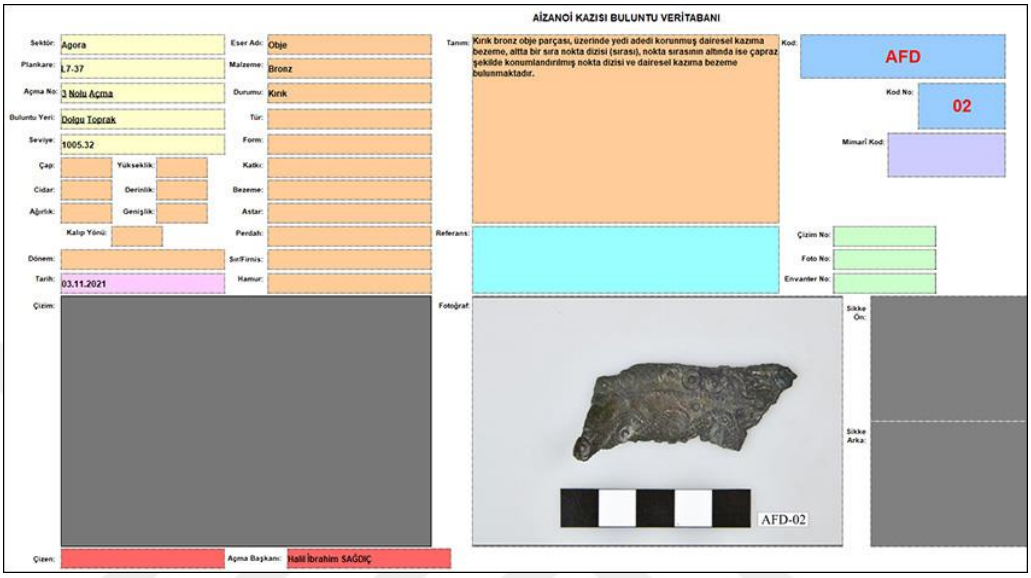


Şekil 5.13 2021 yılı kazı sezonunda Aizanoi Penkalas kazı alanında bulunan beş adet bronz eserin konumları (Aizanoi Kazı Arşivi, 2021)

5.2.1 Bronz obje (AFD-02)

03.11.2021 tarihinde ele geçen, üzerinde kazıma tekniğiyle yapılmış bezemeler bulunan kırık bronz parçanın bütününün ve işlevinin ne olduğu anlaşılamamıştır. Eserin üzerinde dairesel, noktalar şeklinde ve çapraz olarak betimlenmiş kazıma motifler bulunmaktadır.

Kazıma motiflerin üst sırasında 7 adet dairesel bezeme, altında çapraz şekilde konumlandırılmış nokta dizisi ve en alt sırada da yine dairesel kazıma bezemeler bulunmaktadır. Döverek şekillendirildiği anlaşılan eser kırık ve eksik olduğu için işlevsel ve tarihsel olarak tanımlaması yapılamamaktadır (Şekil 5.14, Şekil 5.15).



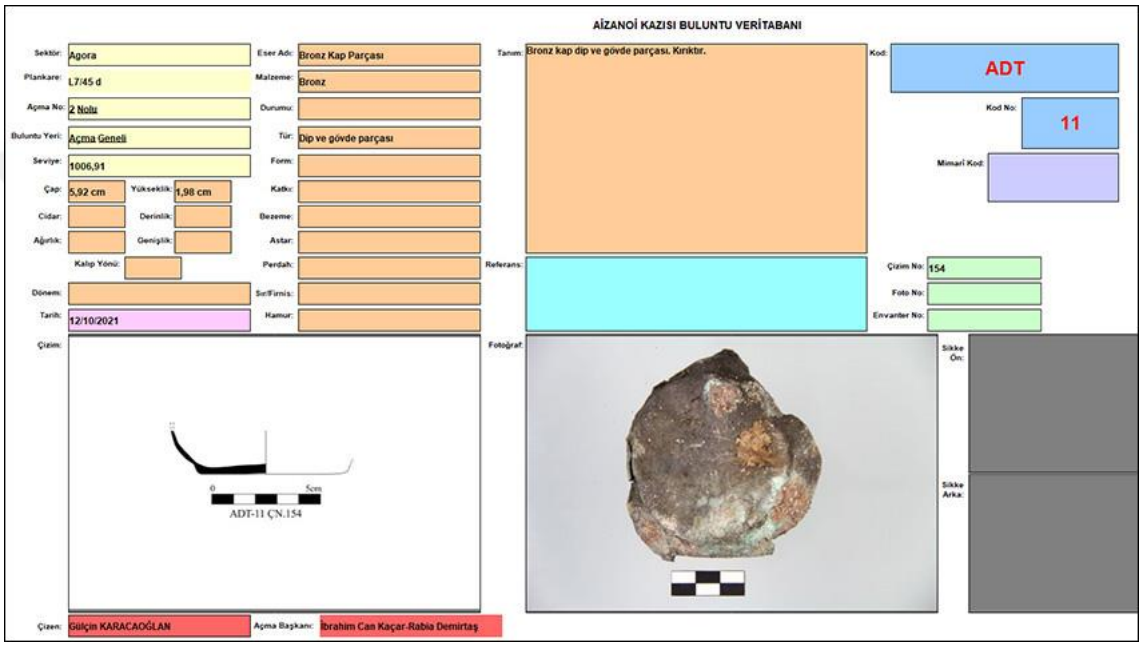
Şekil 5.14 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje dijital belgeleme. (Eser ile ilgili yapılan çalışmaların süreç içinde kayıt altına alınması.) (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



Şekil 5.15 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. (Ön ve arka yüz – Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

5.2.2 Bronz kap parçası (ADT-11)

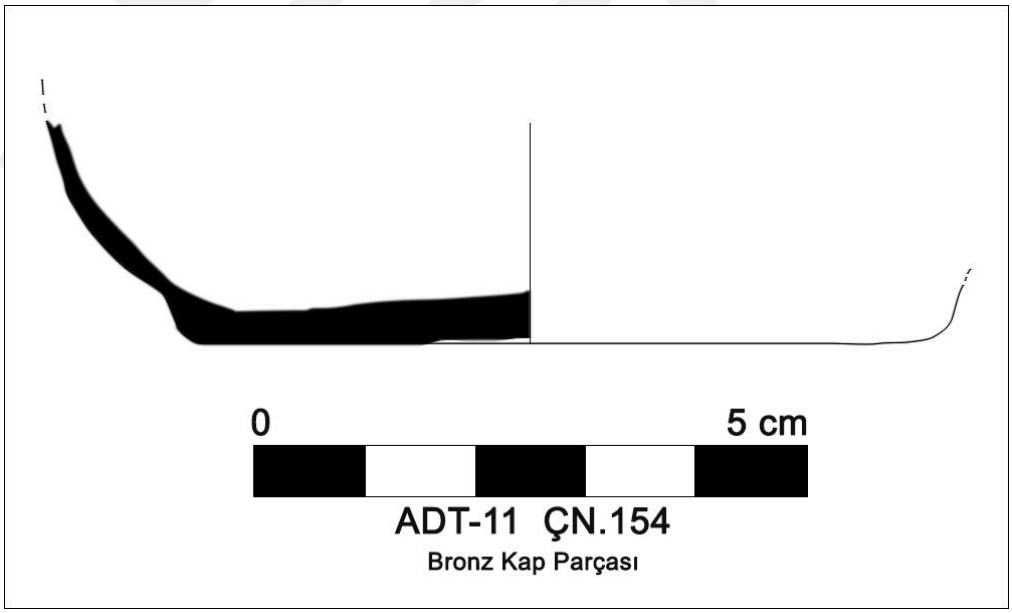
5,92 cm. çapında ve gövdesinin sağlam yüksekliği 1.98 cm. olan eser ADT-11 buluntu numarası ile ve 154 numaralı çizim ile buluntu veri tabanında kayıt altına alınmıştır. Çökertme yöntemiyle şekillendirildiği düşünülen eserin dip kısmı sağlam, gövdesi kırıktır. Bronz kap parçası kırık ve eksik olduğu için işlevsel ve tarihsel olarak tanımlaması yapılamamaktadır (Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18).



Şekil 5.16 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



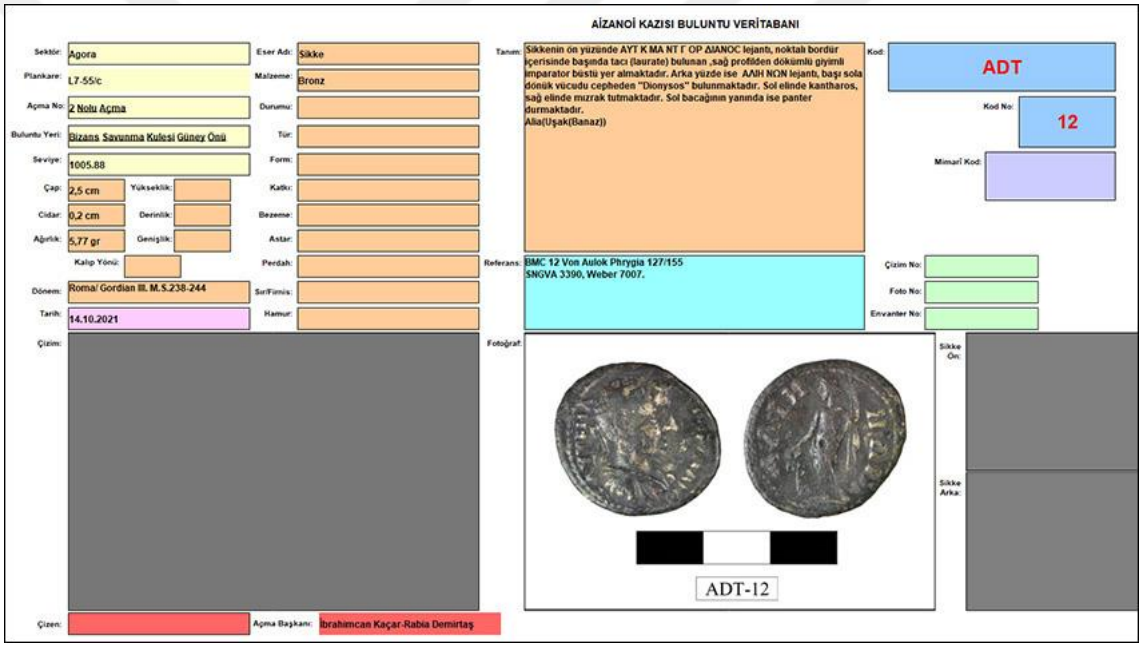
Şekil 5.17 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.18 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçasının çizimi. (Çizim: Gülçin Karacaoğlan / 08.08.2022. Aizanoi Kazı Arşivi 2022)

5.2.3 Bronz sikke (ADT-12)

ADT-12 buluntu numaralı bronz sikkenin 2,5 cm çapa, 0,2 cm cidara ve 5,77 gr. ağırlığa sahip olduğu tespit edilmiştir. Sikkenin ön yüzünde "AYT K MA NT Γ OP ΔIANOC" lejantı, noktalı bordür içerisinde başında tacı (laurate) bulunan, sağ profilden dökümlü giyimli imparator büstü yer almaktadır. Arka yüzde ise "ΑΛΙΗ ΝΩΝ" lejantı, başı sola dönük, vücudu cepheden "Dionysos" bulunmaktadır. Sol elinde kantharos, sağ elinde mızrak tutmaktadır. Sol bacağının yanında ise panter durmaktadır.[19] Antik Alia[20] kenti ve Roma / Gordion III dönemine ait olduğu anlaşılan sikke MS 238–244 yıllarına tarihlendirilebilir[21] (Şekil 5.19, Şekil 5.20).



Şekil 5.19 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)

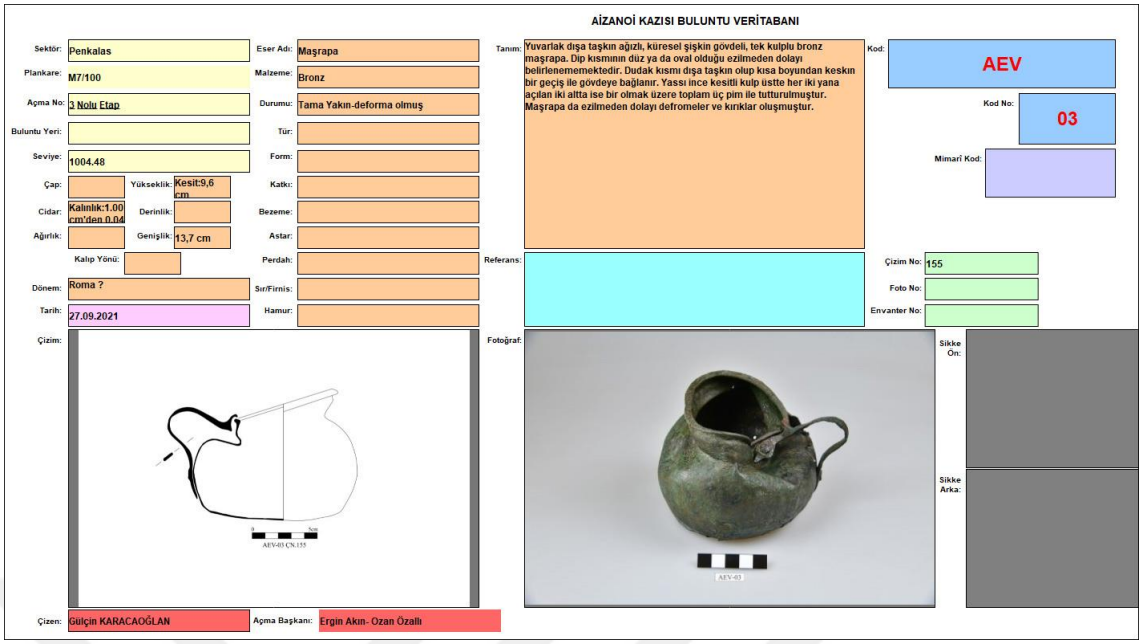
[19] Alia. (2023)
[20] Banaz -Uşak.
[21] (Head, 1906, s.44; Head, 1911, s.664)



Şekil 5.20 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

5.2.4 Bronz maşrapa (AEV-03)

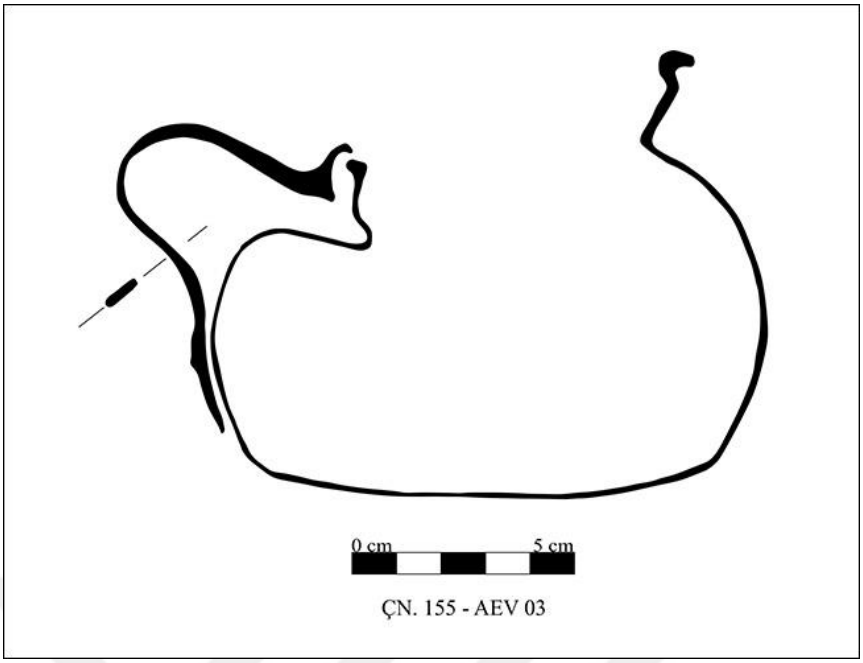
Tüme yakın, deforme olmuş 13,7 cm. genişliğindeki bronz maşrapa, yuvarlak dışa taşkın ağızlı, küresel şişkin gövdeli ve tek kulpludur. 335,68 gr. ağırlığındaki maşrapanın cidar kalınlığı 0,04 cm. ile 0,10 cm arasında değişmekte, dip kısmının düz ya da oval olduğu ezilmeden dolayı belirlenememektedir. Dudak kısmı dışa taşkın olup kısa boyundan keskin bir geçiş ile gövdeye bağlanmaktadır. Yassı ince kesitli kulp üstte her iki yana açılan kısımda iki altta ise bir adet olmak üzere toplam üç pim-perçin ile tutturulmuştur. Eserde ezilmeden dolayı deformeler ve kırıklar oluşmuştur. Roma dönemine ait olduğu ve kayıp mum döküm tekniğiyle şekillendirildiği anlaşılan bronz maşrapa 155 numaralı çizim ile buluntu veri tabanında kayıt altına alınmıştır (Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23).



Şekil 5.21 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



Şekil 5.22 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.23 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapanın çizimi. (Çizim: Gülçin Karacaoğlan / 15.08.2022. Aizanoi Kazı Arşivi 2022)

5.2.5 Bronz kantar[22] (AEV-04)

Kantar-kuvvet kolu eksik olan bronz eserin kantar aksamı üzerinde tepeliğe bağlı biri tam biri yarım iki zincir bulunmaktadır. Uzun zincirin uzunluğu 34,6 cm. ve kısa tam olmayan zincirin uzunluğu 19 cm.'dir. Bu zincirlerden tam olanın ucunda kancaların takılacağı bir çengel bulunmaktadır. Ele geçen iki kancadan biri tam diğerinin asma deliği kırıktır. Kantar aksamının takılı olduğu ve döküm olduğu anlaşılan tepelik 9,6 cm. genişliğe ve 0,5 cm. cidar kalınlığına sahiptir. Çengellerin tam genişliği sağlam çengelde 8.5 cm. olarak, asma deliği kırık olan çengelde ise 8,3 cm. olarak ölçülmüştür. Kantar aksamına ait olduğu anlaşılan küçük bir bağlantı halkası da bu grup buluntular içindedir. Eser AEV-04 buluntu No ve 157 çizim numarası ile kazı veri tabanına eklenmiştir (Şekil 5.24, Şekil 5.25, Şekil 5.26).

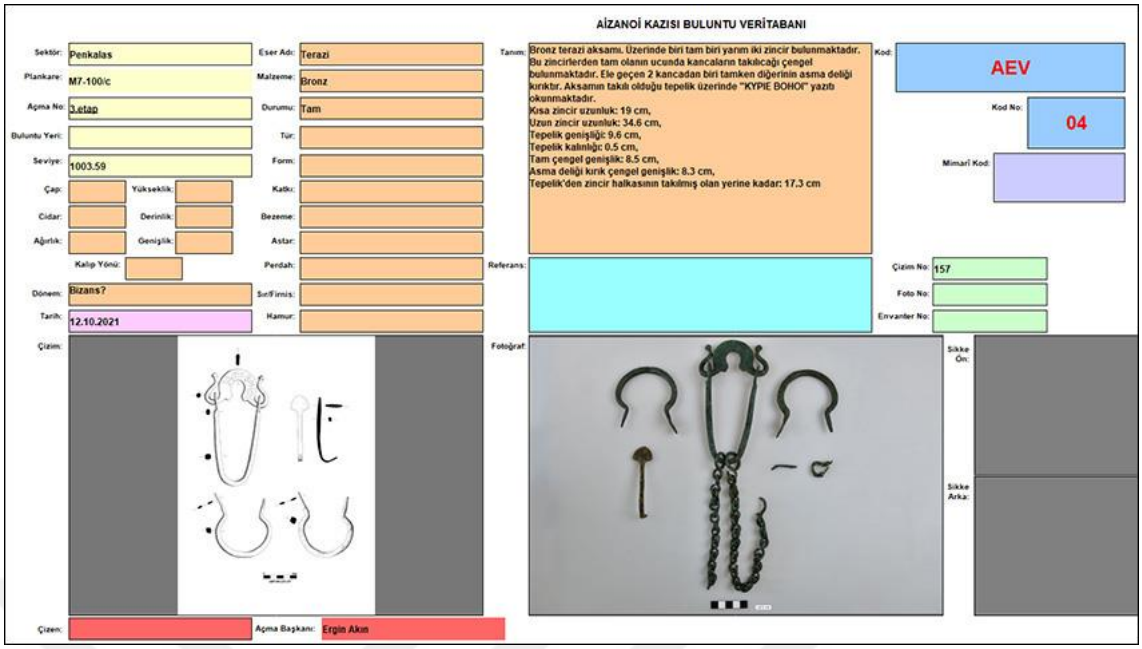
Kantarın tepelik kısmı üzerinde kazıma ve sivri uçlu bir alet yardımı ile vurma tekniği kullanılarak işlendiği anlaşılan "KYPIE BOHOI" yazısı okunmaktadır. Bu yazı için 1883

[22] Bu tez çalışmasına AEV-04 buluntu numarası ile konu olan eser buluntu fişlerine terazi olarak kaydedilmiştir. Literatür çalışmalarında benzer eserler "kantar" olarak tanımlandığı için bu çalışmada ilgili eserden bahsederken terazi yerine kantar kelimesi kullanılmıştır.

tarihli Revue Archéologique'de "Documents Pour Servir A L'histoire Des Thèmes Byzantins Sceaux De Plomb Inédits De Fonctionnaires Provinciaux" başlığı ile yayınlanan, ön sözünü Léon Gustave Schlumberger[23]'in yazdığı makalede, IX yy'da Sinop piskoposu Theodosios'un monogramı olduğu önermesi yapılmıştır (Schlumberger, 1883, s.289). Gustave Schlumberger Bizans İmparatorluğu ve Haçlı seferlerine iştirak eden devletlerin literatürde pek yer bulmayan nümismat ve mühür verilerini araştırarak elde ettiği bilgileri ilim âlemine sunmuştur. (Aydın, 2009, s.232). Sicilya'da Akragas Nehri'nin ağzındaki Emporion'un kumullarında bulunan antik nekrapol kazısında ele geçen ve orta doğu kaynaklı olduğu düşünülen VI. Ya da VII. Yy'lara ait bronz bir muskadaki yazıda da aynı monogram görülebilmektedir (Caminnecci, 2014, s.162).

Kantar kolu eksik olmasına rağmen eseri, tepelik formunun "Ω" (omega) şeklinde olması ve askı kancalarının küçük bir halkaya tutturulması sebebiyle masif bronz Konstantinopolis kantarları grubu içerisinde tanımlamak mümkündür. Üretim yerinin ismi ile anılan bu tip kantarlar yaygın olarak Yunanca etiketlenmektedir ve ana yayılım alanları Doğu Akdeniz bölgesindedir (Franken, 1993, s.93). 2016 yılında antik Lydia bölgesindeki Tripolis'de bulunan bronz kantar Anadolu'da bulunan bu gruba dahil kantarlara bir örnektir. Yayılım alanı olarak oldukça geniş bir coğrafyaya uzanan Konstantinopolis tipi kantarların N. Franken'e göre buluntu yerleri ele alındığında Tripolis kantarı, Menderes Bölgesi içerisinde yeni bir buluntu olarak tanımlanabilir. Konstantinopolis tipi kantarlar, Tripolis'in çevresinde Nysa, Sardeis, Laodikeia, Stratonikeia ve Ephesos kentlerinde tespit edilmiştir (Duman ve Duman, 2022). Bahsi geçen bu 6 Batı Anadolu kentine nazaran Aizanoi çok daha kuzeyde, yüksek Anadolu platosunun batı ucunda yer almaktadır. Kantar kolu eksik ve erken Bizans'a (V. yy) tarihlendirilen benzer bir eser de Dumbarton Oaks Müzesi koleksiyonlarında tespit edilmiştir[24]

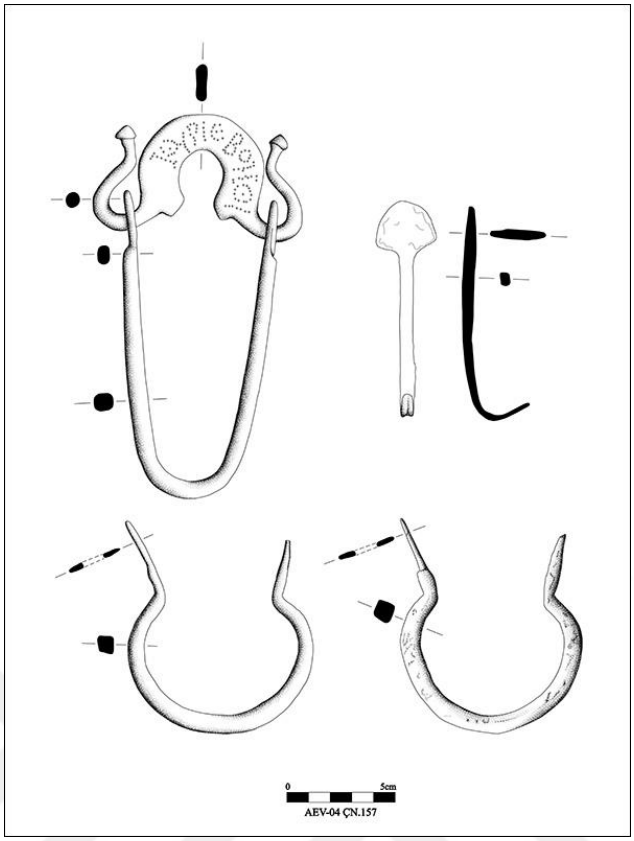
[23] Gustave Schlumberger. (2023)
[24] Hanson, J. (2022). Semi-Circular Collar for Steelyard. 12.12.2023 tarihinde http://museum.doaks.org: http://museum.doaks.org/objects-1/info/36393 adresinden erişildi.



Şekil 5.24 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



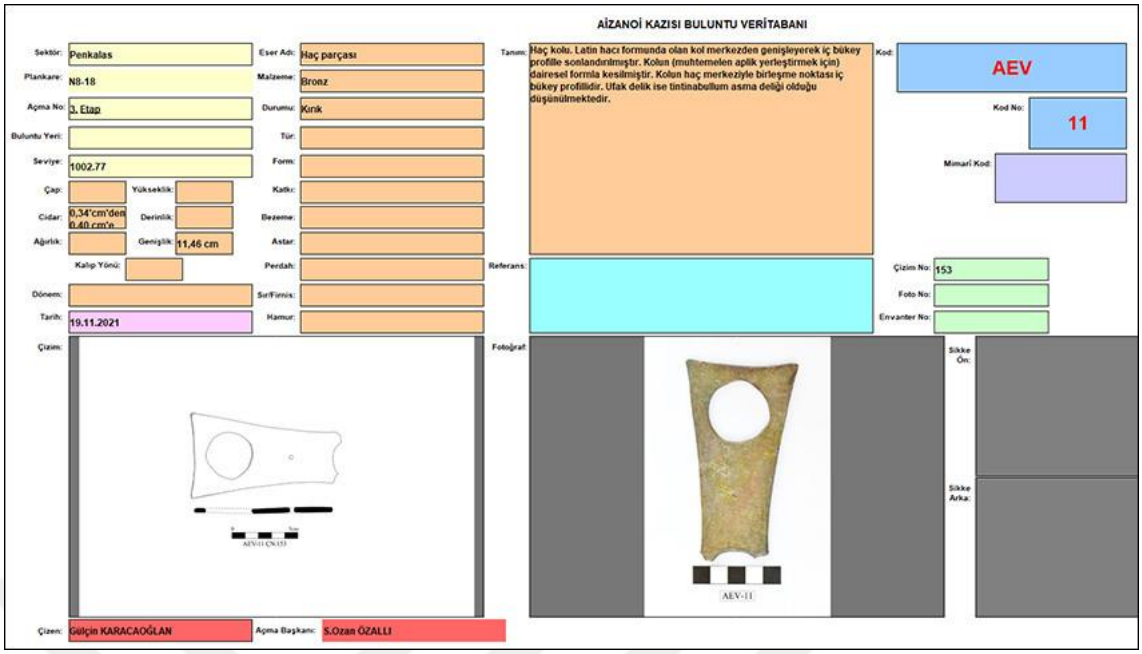
Şekil 5.25 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



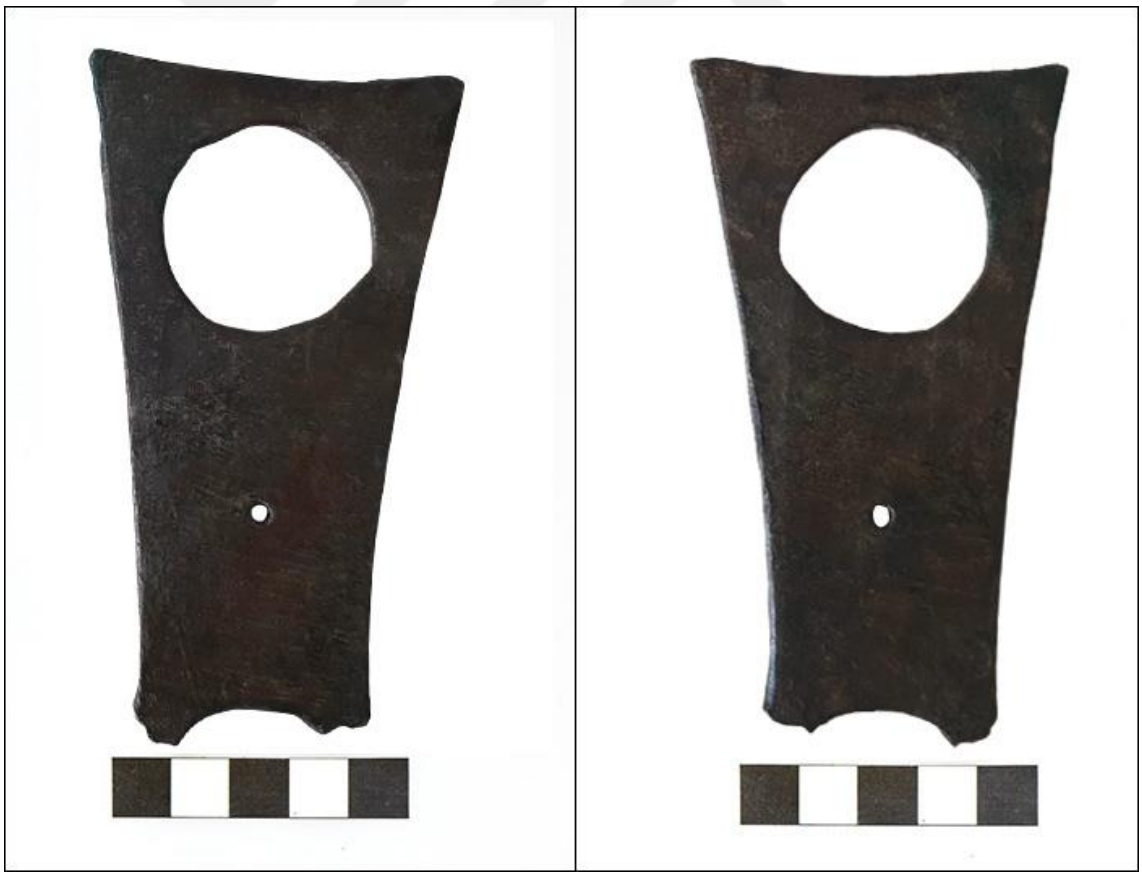
Şekil 5.26 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantarın çizimi. (Çizim No 157 – Aizanoi Kazı Arşivi 2022)

5.2.6 Bronz haç parçası (AEV-11)

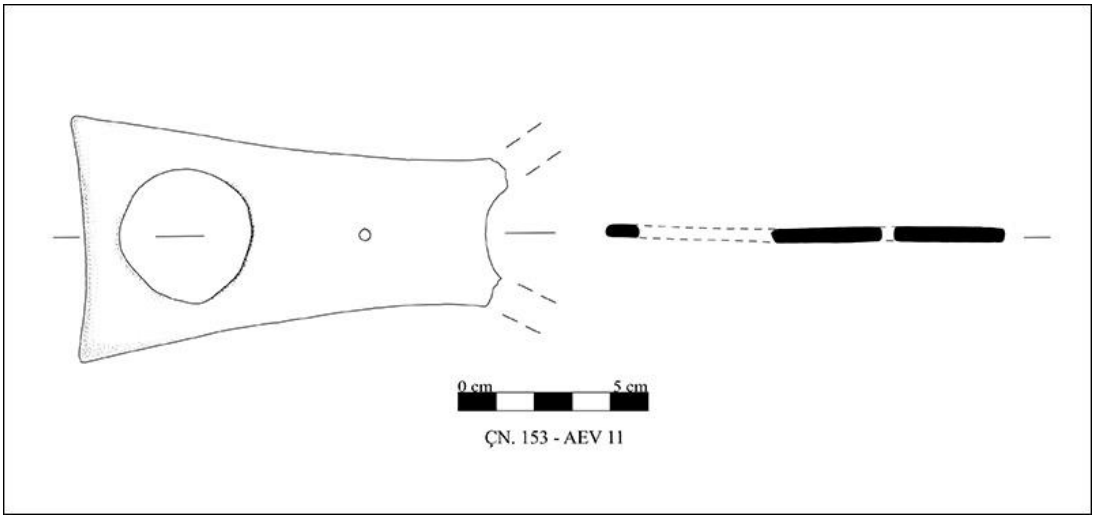
Döküm tekniği ile yapıldığı anlaşılan 11,46 cm. genişliğe sahip kırık bronz haç kolunun cidar kalınlığı 0,34 cm.'den 0,40 cm'ye kadar değişmektedir. Latin haçı formunda olduğu anlaşılan kol parçası kırıldığı merkez kısmından itibaren genişleyerek iç bükey bir profille sonlandırılmıştır. Haç kolu muhtemelen aplik yerleştirmek için dairesel formda kesilmiştir. Haç parçasının ucunda görülen küçük deliğin ise bir asma deliği olduğu düşünülmektedir. Bu durumda bronz haçın tüm halinin bir tintinabullum olduğu düşünülebilir. Daha önceki yıllara ait Aizanoi kazılarında da benzer formda haçlar bulunmuştur (Cesur, 2019, s.43). Eserin çizimi 08.08.2021 tarihinde yapılmış 153 numarası ile Aizanoi Kazısı veri tabanına eklenmiştir (Şekil 5.27, Şekil 5.28, Şekil 5.29).



Şekil 5.27 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



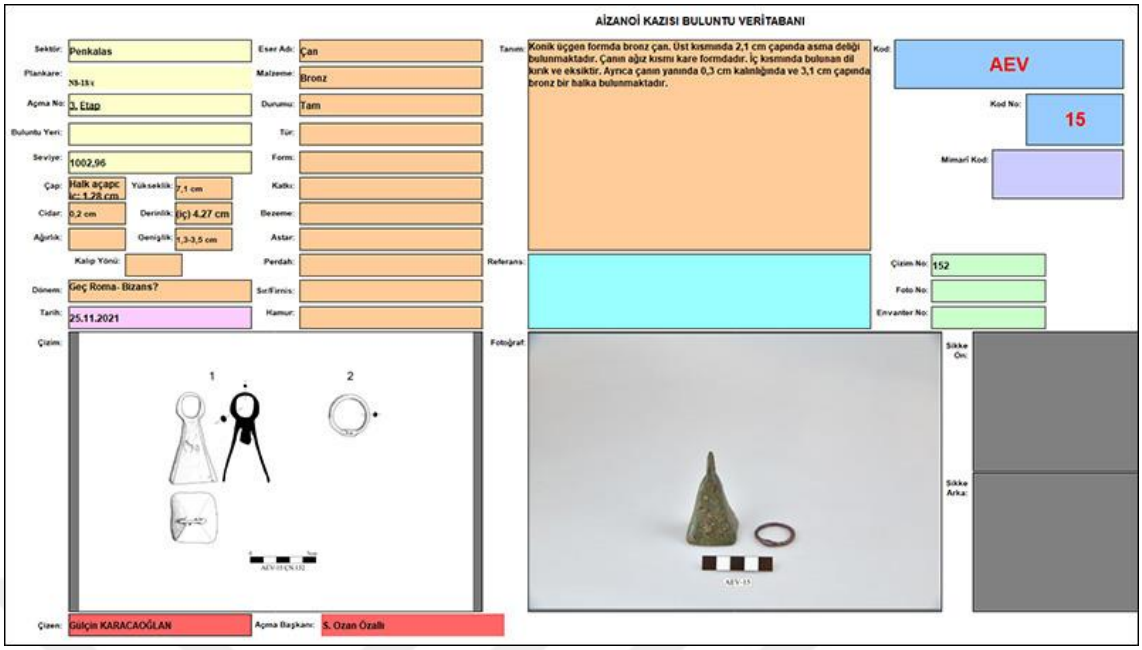
Şekil 5.28 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.29 AEV-11 buluntu numaralı haç kolunun çizimi. (Çizim: Gülçin Karacaoğlan / 08.08.2021. Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

5.2.7 Bronz çan (AEV-15)

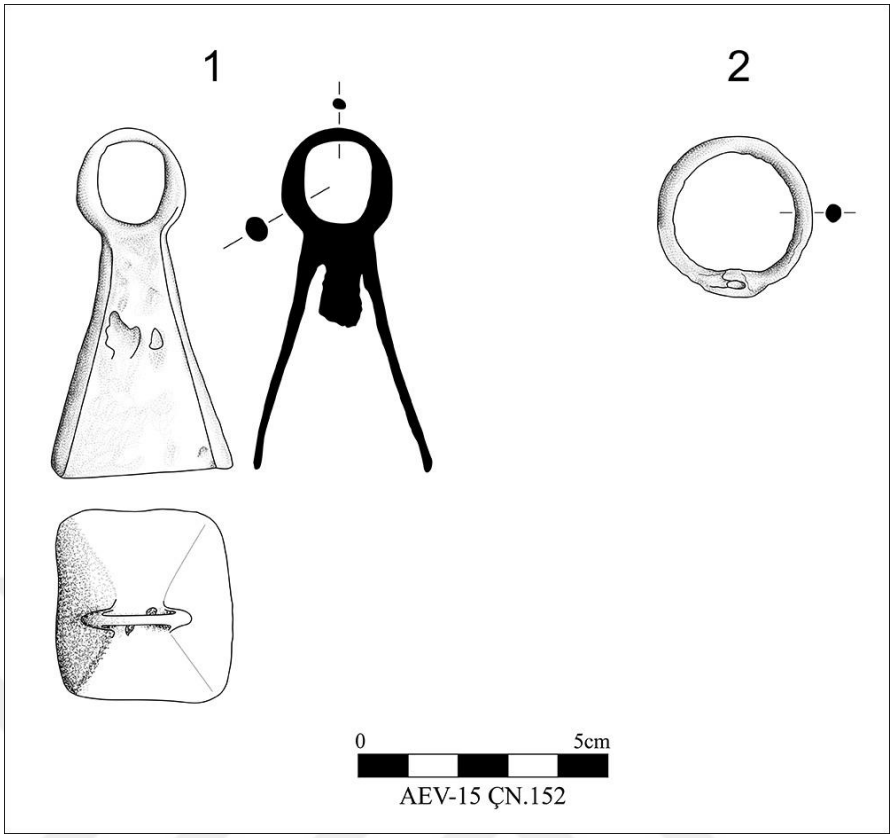
Aizanoi Kazısı'nda Penkalas Çayı kıyısındaki çalışmalarda ele geçen AEV-15 buluntu numaralı bronz çanın yüksekliği 7.1 cm, iç derinliği 4,27 cm., çanın üst kısım genişliği 1,3 cm. ve alt kısım genişliği 3.5 cm.dir. Bronz çanın üst kısmındaki halkanın iç çapı 1.28 cm. ve gövde cidar kalınlığı 0,2 cm olarak ölçülmüştür. Halkanın lehim tekniği ile çana bağlandığı anlaşılmaktadır. Geç Roma ya da Bizans dönemi olduğu düşünülen eser konik üçgen formdadır ve döküm tekniğiyle yapılmıştır. Çanın ağız kısmı kare formdadır ve çanın dili ya da klape kısmı kırıktır. Alandaki çalışmalarda çanla birlikte ve çana ait olduğu düşünülen 0,3 cm. kalınlığında ve 3,1 cm. çapında bronz bir halka bulunmuştur. Eserin çizimi yapılarak 153 numaralı çizim numarası ile Aizanoi Kazısı veri tabanına eklenmiştir (Şekil 5.30, Şekil 5.31, Şekil 5.32).



Şekil 5.30 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



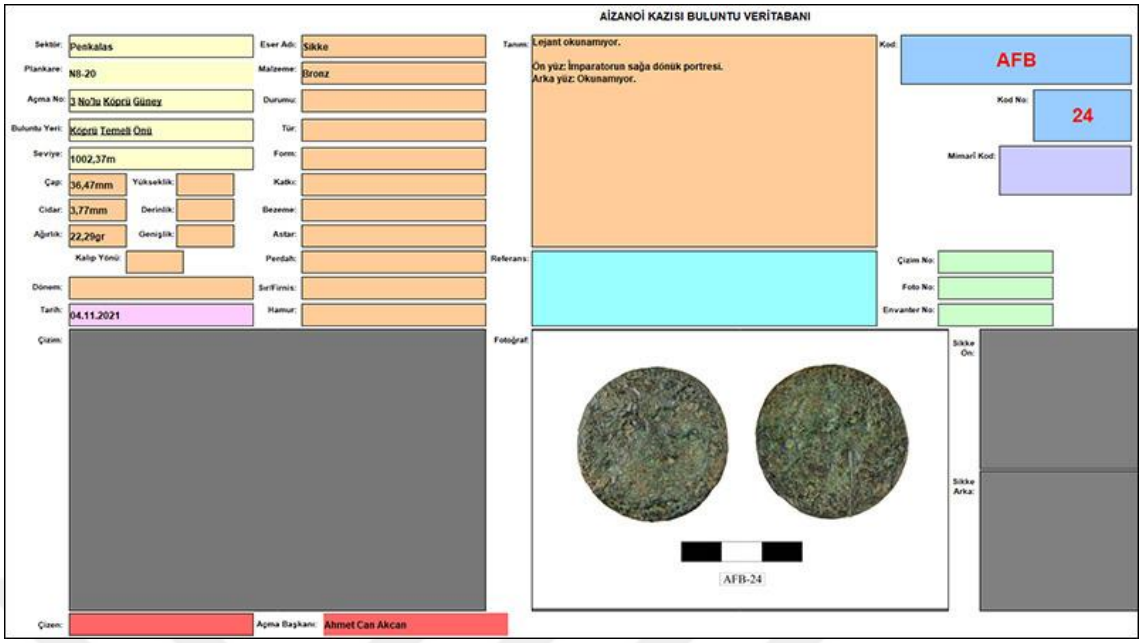
Şekil 5.31 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.32 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan çizimi. (Çizim: Gülçin Karacaoğlan. Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

5.2.8 Bronz sikke (AFB-24)

Penkalas'da ele geçen bir diğer eser AFB-24 buluntu numarası ile kazı veri tabanına eklenen bronz sikkedir. 3,77 mm cidar kalınlığı ölçülen sikkenin çapı 36,47 mm. ve ağırlığı ise 22,29. gr.dır. Sikkenin üzerindeki lejant okunamamakta, arka yüzünde ise sağa dönük olarak teşhis edilemeyen bir imparator portresi bulunmaktadır (Şekil 5.33, Şekil 5.34).



Şekil 5.33 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke dijital belgeleme. Eser ile ilgili yapılan çalışmaların kayıt altına alınması. (Aizanoi Kazı Arşivi veri tabanı 2021)



Şekil 5.34 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke. (Laboratuvar çalışmaları sonrası.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

5.3 Alanda Yapılan Uygulamalar

Aizanoi Kazısı'nda alanda keşfedilen yeni bir metal esere arkeologların ilk müdahalesi topraktan kaldırmadan önce insitu fotoğraflarının çekilmesi ve kimlik kartı özelliği taşıyan buluntu fişinin[25] doldurulması olmaktadır (Şekil 5.35). Taşınabilir durumdaki

[25] Buluntu fişi eser alanda bulunduğunda doldurulan, üzerinde buluntu kodu, adı, malzeme, dönemi, sektör, açma, plankare, buluntu yeri, seviye, ağırlık, çap, cidar, tarih, açma başkanı, çizim, fotoğraf,

küçük metal eserler, eserin kırılganlık durumu ve hassasiyetine göre gerçekleştirilen kaldırma işlemlerinden sonra oluşturulan buluntu fişi ile birlikte kilitli plastik poşet içine konulmaktadır. Poşetlenen eserler direk güneş altında bekletilmeden, gölge bir alanda ya da güneş ışığına maruz kalmamaları için üzerleri örtülerek bekletilmekte ve gün içinde ilk iş sonlandırıldığı zaman kazı evine üzerinde açma numarası, tarih ve açma sorumlusunun yazılı olduğu etiketler ile işaretlenmiş kasa ve kutularla getirilmektedir.



Aizanoi 202…			
Buluntu Kodu			
Adı			
Malzeme			
Dönemi			
Sektör			
Açma			
Plankare			
Buluntu Yeri			
Seviye			
Ağırlık			
Çap			
Cidar			
Tarih			
Açma Başkanı			
Çizim		Fotoğraf	
Envanter		Etütlük	
Restorasyon / Konservasyon			
FileMaker:			

Şekil 5.35 Aizanoi Kazısı boş buluntu fişi örneği. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

Bu tez çalışmasına konu olan 3 tanesi Aizanoi Agorası ve 5 tanesi Penkalas Çayı kıyısındaki açmalarda bulunan eserlerin topraktan kaldırılmaları arkeologlar tarafından yapıldı. Bunun sebebi alanda ele geçirilen bu eserlerin stabil durumda olduklarının gözlemlenmesi, topraktan kaldırılmaları ve taşınmaları esnasında dağılabilir durumda olmadıklarının değerlendirilmesi ve risk gözükmemesidir. Çalışılan eserlere arkeologlar tarafından yapılan uygulamaları şöyle özetleyebiliriz:

Aizanoi kazısı 2021 sezonunda 03.11.2021 tarihinde agorada, genel planda L7_37 nolu alana denk gelen plankarenin 3 No'lu açmasında yürütülen çalışmalarda agoranın

envanter, etütlük gibi başlıkların olduğu eserin kimlik kartıdır. Eserin bulunma sürecinden itibaren her zaman eserin yanında bulundurulur.

güneyinde ve hemen önünde dolgu toprak içerisinde bir bronz objeye rastlanmıştır. Eser AFD-02 buluntu numarası ile kayıt altına alınmıştır (EK F.1, Şekil 5.12, Şekil 5.36).



Şekil 5.36 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

Aizanoi Agorası'nda yürütülen 2021 sezonu çalışmalarında 12.10.2021 tarihinde L7-45/d plankare 2 No'lu açmada 5,92 cm. çapında ve 1.98 cm. yüksekliğinde, alt tarafı sağlam, gövdesi kırık bronz bir kap parçası bulunmuştur. Eser ADT-11 buluntu numarası ile kayıt altına alınmıştır (EK F.2, Şekil 5.12, Şekil 5.37).



Şekil 5.37 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

Aizanoi Agora'sında ele geçirilen bir başka eser ADT-12 buluntu numarası ile kayıt altına alınan bronz sikkedir. Sikke L7-55/c plankare 2 No'lu açmada Bizans savunma kulesinin güney önünde bulunmuştur (EK F.3, Şekil 5.12, Şekil 5.38).



Şekil 5.38 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

AEV-03 buluntu numarası ile kaydedilen bronz maşrapa 27.09.2021 tarihinde Penkalas Çayı kıyısında kuru alanda yer alan M7/100 plankare, 3 No'lu etapta yapılan çalışmalar sırasında ele geçmiştir. Maşrapa küresel şişkin gövdeli ve tek kulpludur (EK F.4, Şekil 5.13, Şekil 5.39).



Şekil 5.39 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

12.10.2021 tarihinde Penkalas Çayı kıyısındaki kuru toprak açmalardaki çalışmalar sırasında M7-100/c plankare 3 No'lu etapta bir bronz kantar aksamı ve kırık parçalarına ulaşılmıştır (Şekil 5.13). AEV-04 buluntu numarası ile kayıt altına alınan envanterlik eserin fotoğraf ile alanda belgeleme çalışmaları yapılmış ve kazı eser listesine kaydedilerek kilitli poşetler içerisinde koruma çalışmaları için kazı laboratuvarına nakledilmiştir (EK F.5, Şekil 5.40).



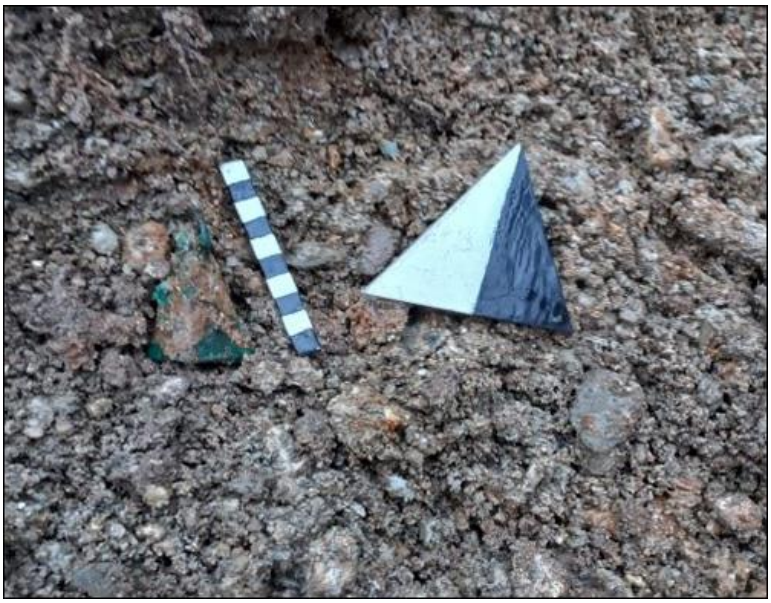
Şekil 5.40 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

AEV-11 buluntu No'lu latin haçı formunda olduğu anlaşılan kırık bronz haç kolu 19.11.2021 tarihinde Penkalas Çayı kıyısındaki kuru topraklı N8-18 plankare, 3. Etabında ele geçmiştir (Şekil 5.13). Haç kolunun fotoğraf ile alanda belgeleme çalışmaları yapılmış ve kazı eser listesine kaydedilerek kilitli poşetler içerisinde koruma çalışmaları için kazı laboratuvarına nakledilmiştir (EK F.6, Şekil 5.41).



Şekil 5.41 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

25.11.2021 tarihinde Aizanoi Kazısı Penkalas'da N8-18/c plankare 3. Etapta AEV-15 buluntu kodu ile kayıtlara geçen bronz bir çan ve halka bulunmuştur (Şekil 5.13). Yüzeyi ve içi kalın bir deposit tabakası ile kaplı çan günlük alan çalışması sonlandığında kilitli plastik poşetler ile kazı evine götürülmüş, kazı eser listesine kaydı yapılıp kazı laboratuvarına teslim edilmiştir (EK F.7, Şekil 5.42).



Şekil 5.42 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. Alanda belgeleme. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

04.11.2021 tarihinde Penkalas çalışma alanındaki N8-20 plankarede 3. Numaralı köprünün güneyinde bulunan açmada 1002,37 m seviyede (Şekil 5.13) bronz bir sikke ele geçmiştir. Sikkenin alanda fotoğraf ile belgelemesi yapılmış ve topraktan kaldırılarak kilitli plastik poşete konmuştur. AFB-24 buluntu numarası ile kayıt altına alınan ve Aizanoi Kazısı veri tabanına eklenen sikke koruma çalışmaları için kazı laboratuvarına götürülmüştür (EK F.8).

5.4 Laboratuvarda Yapılan Uygulamalar

Aizanoi Kazısı'nda ele geçen taşınabilir küçük eserler belgelemeleri yapıldıktan sonra laboratuvara getirilir ve kazı eser listesine yazılarak teslim alınır. Eserlerin laboratuvarda teslim alınması sırasında karşılıklı imzalar atılarak teslim alış ve depoya teslim tarihinin, buluntu numarası ve eser adlarının bulunduğu bir teslim belgesi düzenlenmektedir. (Şekil 5.43).



Şekil 5.43 Aizanoi Kazısı eser teslim belgesi örneği. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

Plastik ya da ahşap kutularda plastik kilitli poşetler içerisinde buluntu fişleri ile birlikte getirilen eserler laboratuvarda eserin durumuna uygun bir yerde konumlandırılır. Laboratuvarda teslim alınan eserler öncelikle buluntu fişi bilgileri de eklenerek dijital ortamda bir laboratuvar numarası da verilerek eser raporu hazırlanmaya başlanmaktadır.

Buluntu fişi esas alınarak hazırlanmaya başlanan, laboratuvara teslim tarihi, laboratuvar numarası eklenen rapor kaydedilir ve çalışma süresince yapılan işlemler buraya eklenir.

Bu tez konusu için örnek olarak çalışılacak 8 adet eser için de depo sorumlusu tarafından teslim belgesi imzalanarak teslim alındıktan sonra bilgisayar ortamında eser raporları oluşturulmuş ve eserlerin koruma çalışmalarına başlanmıştır. Eser raporunun hazırlanması sürecinin başlangıcını eserin görsel teşhisi oluşturmaktadır.

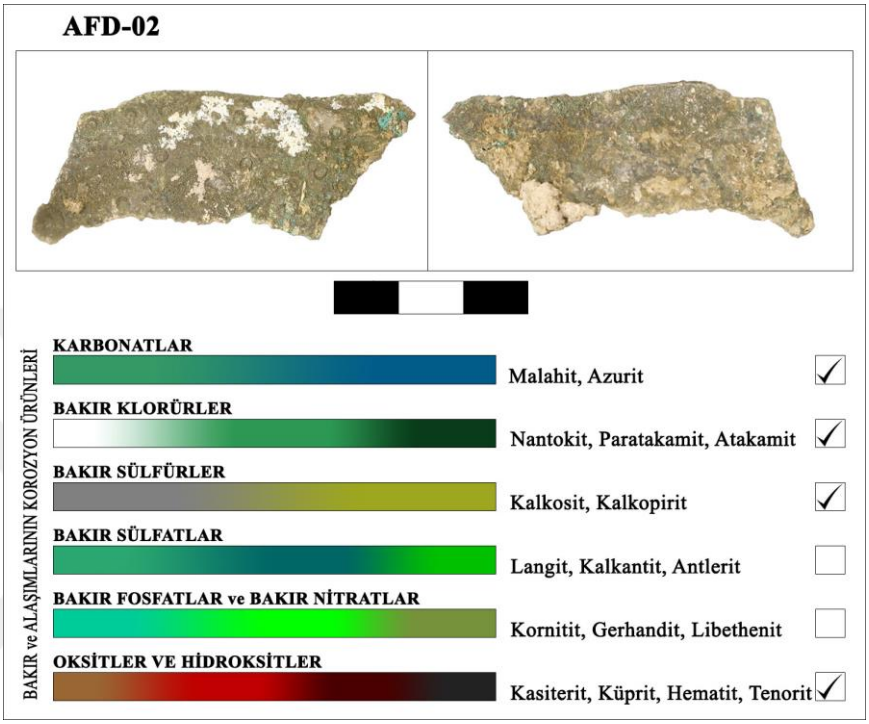
5.4.1 Belgeleme ve görsel teşhis

"Korozyon ürünlerinin renklerinden yola çıkılarak korozyon karakterizasyonunun görsel olarak yapılması ve standart uygulama prosedürlerinin yürütülmesi sıklıkla karşılaşılan bir durumdur" (Yüceil, 2016, s.150). Bu çalışma kapsamında laboratuvara gelen eserlerin görsel teşhis ve belgeleme çalışmaları yapılırken eserlerin üzerinde gözlemlenebilen bozulmalar eserlerin görselleri üzerinde lejantlar oluşturularak gösterilmiş ve belgelenmiştir. Bu çokça başvurulan bir belgeleme yöntemidir ancak analitik yöntemler sonucu elde edilecek veriler ile birebir örtüşmesi beklenemez.

Anlaşılabilir şekilde eseri tahrip etmeden, eserin üzerindeki toprak ve korozyonlu deposit tabakasından alınan örnekler de muhtemel olarak eserin tabiatına aykırı mineraller ve topraktan nüfuz eden materyaller içeriyor olabilmektedir. Bu bağlamda çalışılan eserlerden, korumacı restoratör yaklaşımıyla esere olabildiğince az zarar verecek şekilde örnekler alınmış ve bu örnekler analitik çalışmalara tabi tutulmuştur. Eserlerin kaplı olduğu deposit tabakalarından alınan örnekler özellikle, genel anlamda minerallerin belirlenmesi için kullanılan XRD analiz sonuçlarının görsel teşhis aşamasında gözlemlenen kimyasal bozulmaları tam olarak yansıtmaması doğaldır. Bu analiz sonuçlarında eserin tabiatından bağımsız, toprak ve kir tabakalarında bulunan minerallerin görülebilmesi bu yüzdendir ve olağan olarak düşünülmüştür.

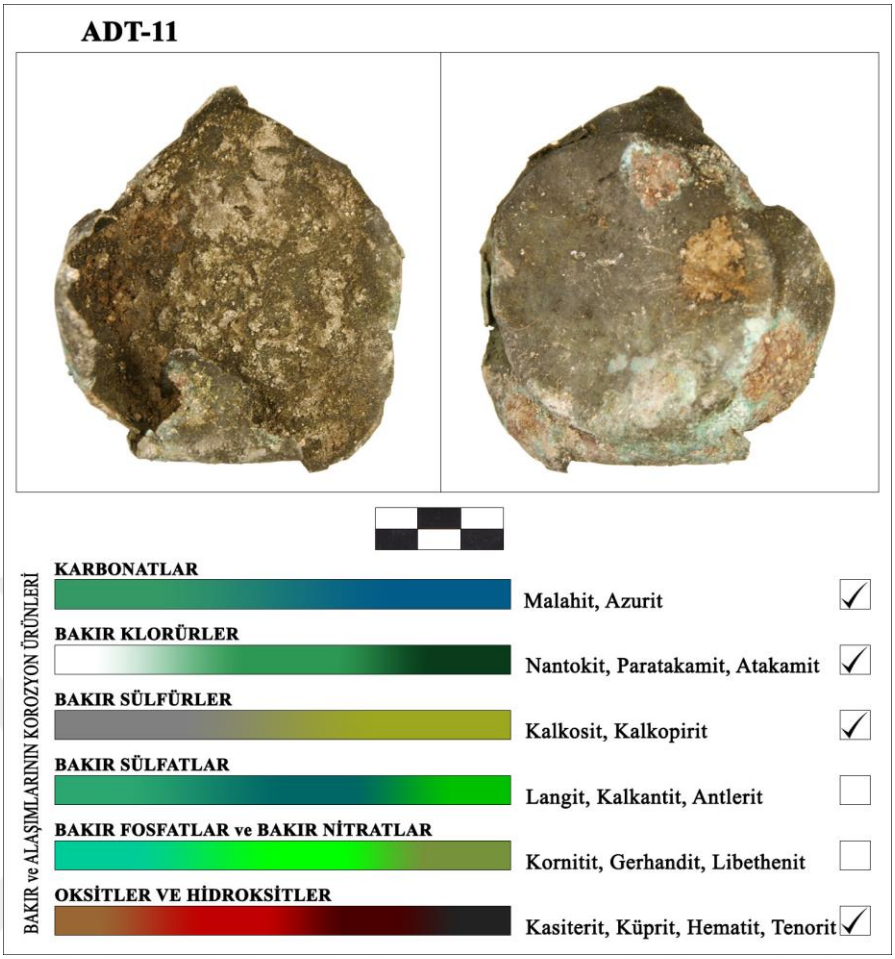
Agoradan gelen eserlerin ilki olan AFD-02 buluntu No'lu objenin yapısal olarak ön ve arka yüzeylerinde farklı korozyon renklerine sahip topraklı ince bir deposit bulunduğu, metal, olasılıkla bir bakır alaşımı olabileceği gözlemlenmiştir. Eserin fiziksel durumu tüm değil, işlevi anlaşılamayan bir bütünün parçasıdır ve eserin üzerinde motifler olduğu da

görülmüştür. Eser yüzeyinde bakır ve alaşımlarının bozulma sonucu ortaya çıkan korozyon ürünlerinin görsel olarak renksel analizleri yapıldığında, muhtemelen karbonat, bakır sülfür, bakır klorür, oksitler ve hidroksitlerden kaynaklanabilecek korozyonların olabileceği öngörülmüştür (Şekil 5.12, Şekil 5.44).



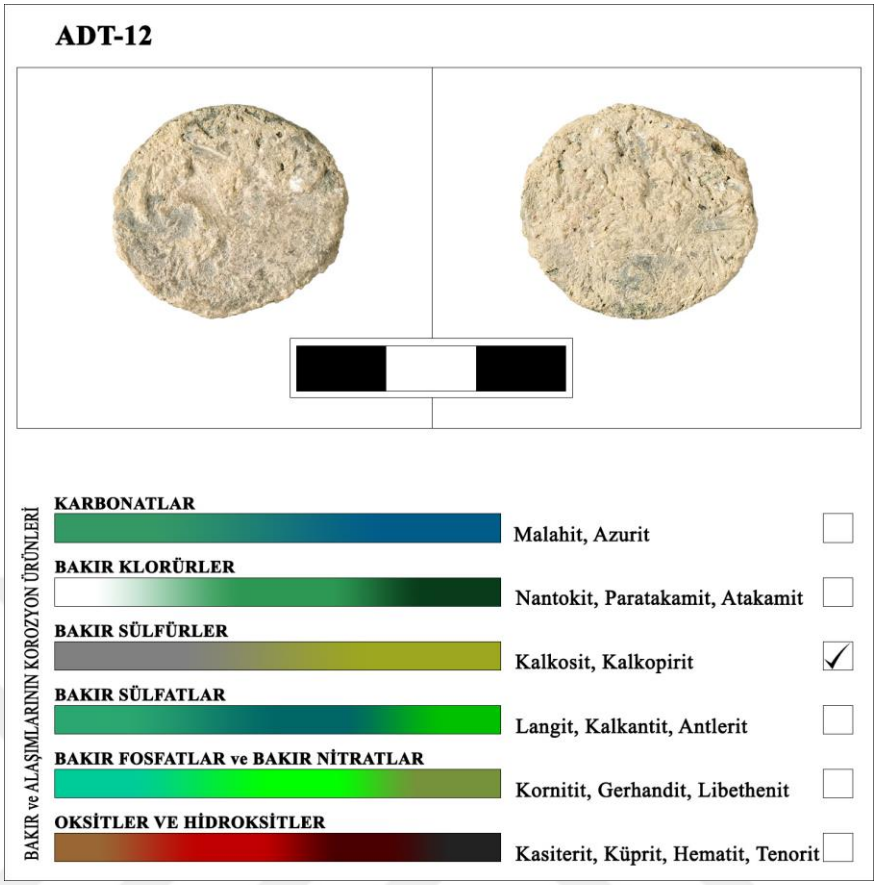
Şekil 5.44 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

Aynı alandan gelen ADT-11 buluntu No'lu metal kap parçasının üzerinde bitki ve toprak kalıntıları ile korozyon tabakalarından oluşan deposit bulunmakta olduğu gözlenmiştir. Eser yüzeyinde gözlemlenen bir kısmı beyaz olan, farklı renklerdeki korozyon ürünlerinin muhtemelen karbonat, bakır sülfür, bakır klorür, oksitler ve hidroksitlerden kaynaklanabileceği öngörülmüştür. Yüzeyde görülen beyaz noktasal bozulma ürünlerinin sebebi bronzun yapısındaki çinko (Zn) ve kurşun (Pb) olabilir (Kocabaş, 1997, s.135). Bu beyaz lekeler çinko ve kurşun karbonatlardır (Erhan vd., 2008, s.148). Eserin fiziksel yapısı incelendiğinde dip tarafı sağlam, gövdesinin kırık olduğu ve muhtemelen bakır alaşımı bir malzemeden üretildiği düşünülmüştür. Eser gövde kenarları kırık ve ezilmiştir. Eserin dip çapı 5,92 cm ve gövdesini oluşturan kırık kısım yüksekliği ise 1,98 cm. olarak ölçülmüştür (Şekil 5.12, Şekil 5.45).



Şekil 5.45 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

Çalışılan eserlerin agoradan gelen sonuncusu ADT-12 buluntu numarasına sahip, 25 mm. çapında, 2 mm. kalınlığında ve 5,77 gr. ağırlığında metal bir sikkedir. Görsel teşhiste fiziksel olarak kırık olmayan, tüm olduğu anlaşılan sikkenin iki yüzeyinin de çok kalın olmayan sert toprak ve bitki kalıntıları ile kaplı olduğu gözlemlenmiştir. Görsel teşhiste sikkenin hangi metalden ya da alaşımdan imal edildiği anlaşılamamıştır (Şekil 5.12, Şekil 5.46).



Şekil 5.46 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

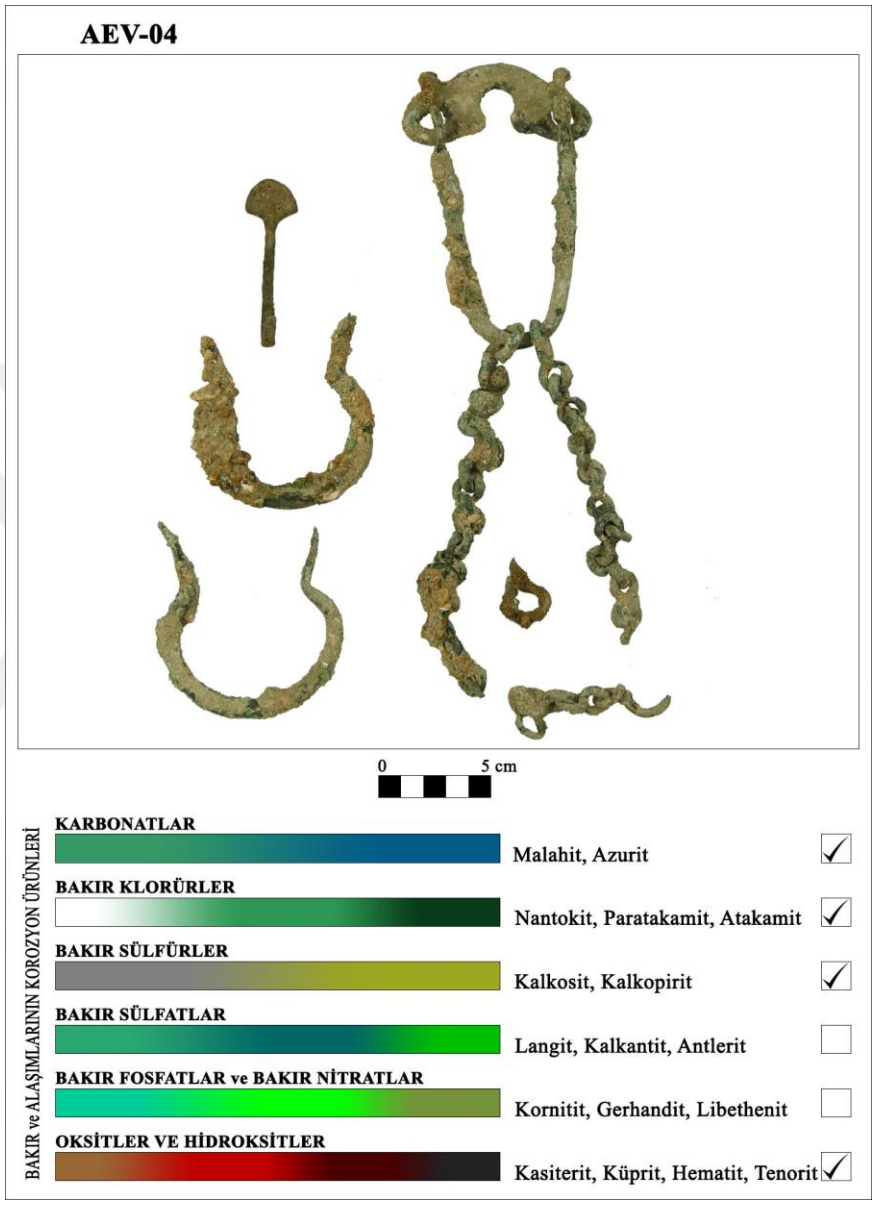
Çalışmaya konu olan 8 adet eserin 5 tanesi Penkalas Çayı kıyısında kuru alanlarda yer alan açmalardan ele geçmiştir (Şekil 5.13). Bu eserlerin birincisi AEV-03 buluntu No'lu metal bir maşrapadır. Görsel teşhis ile bakır alaşımı, muhtemelen bronz olduğu anlaşılan maşrapanın cidarı 0,04 ile 1 cm. arasında değişmektedir. Küresel şişkin gövdeli, tek kulplu olan maşrapa, belirgin olarak kulpa denk gelen ağız kısmından baskılanarak gövdesi ezilmiş, genişliği 13,7 cm. olarak ölçülmüştür. Eserin dip ve kulpa denk gelen gövde kısmında belirgin boşluklar ve kırıklar olduğu gözlemlenmiştir. Maşrapanın içinin tamamen birbirine tutunmuş sert toprak, kum, taş ve korozyon tabakası ile dolu olduğu ve dış yüzeyinin ise aynı deposit örtüsü ile kaplı olduğu görülmüştür. Görsel teşhis yapılırken bozulma renkleri göz önüne alınarak eser üzerinde muhtemelen karbonat, bakır sülfür, bakır sülfat ve bakır klorür kaynaklı korozyon ürünlerinin olabileceği düşünülmüştür. Eserin yoğun bir deposit tabakası ile kaplı olduğu düşünüldüğünde eserin tabiatına ait olmayan ancak bulaş sebebi ile karşılaşılabilecek kir, hava ve toprak kaynaklı maddelerin varlığı da olası görülmüştür (Şekil 5.47).



Şekil 5.47 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

Penkalas'dan gelen bir diğer eser AEV-04 buluntu No'lu metal kantardır (Şekil 5.13). Buluntu poşeti içinde 6 adet metal parça bulunmakta; bu parçalardan küçük olan bir parçanın demir bir obje olduğu belirlenmiş ve bu parçanın kantar ile ilişkili olup olmadığı anlaşılamamıştır. Diğer parçalarının bakır alaşımı olduğu anlaşılan kantar, üstte tepeliğin iki tarafından halkalar geçirilerek monte edilmiş gövdesi ile gövdeden aşağıya sarkan biri uzun biri kısa durumda zincirden, iki adet kancadan, bir zincir parçası ve zincirden kopmuş şekilde zincir ucunda olduğu düşünülen bir halka parçasından oluşmaktadır. Eserin tepelik ve kancalarının sağlam durumda görülmekte, zincirlerin ise eksik ve kırık

olduğu, zincir ucundaki halkalardan birinin de kayıp olduğu anlaşılmaktadır. Zincirlerin ve kancaların kalın bir deposit dolgu ile ve kantarın tepelik kısmının ise daha ince bir deposit ile kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 5.48).



Şekil 5.48 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

AEV-11 buluntu No'lu bakır alaşımı olduğu anlaşılan haç parçasının Penkelas'tan gelen diğer eserlerden farklı olarak topraklı ince bir korozyon tabakası ile örtülü olduğu görülmektedir. Latin hacı formunda olduğu görülen eserin cidarı 0,34 cm ile 0,40 cm arasında değişmektedir. Eserin kolu haç merkezinden kırılmıştır. Kolun merkezden kırık

olan kısmı iç bükeydir. Haç merkezden genişleyerek sonlanmakta ve üst kısmında bir delik bulunmaktadır (Şekil 5.13, Şekil 5.49).



Şekil 5.49 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

Buluntu numarası AEV-15 olan metal eserin dil, klape ya da tokmak olarak tanımlanan kısmının eksik bir çan olduğu anlaşılmaktadır. Çanın yanında bir de 3,1 cm. çapında metal halka bulunmaktadır. Penkalas Çayı açmalarından gelen eserlerin neredeyse hepsinde olduğu gibi bu eserin de çok benzer şekilde iç ve dışının kalın, sert, toprak, taş ve korozyonlu deposit ile kaplı olduğu görülmektedir. Yapısal olarak baktığımızda tüm

halde olduğunu söyleyebileceğimiz konik üçgen forma sahip çanın üst kısmında 2,1 cm çapında asma deliği bulunmaktadır. Ağız kısmı kare formlu olan çanın iç kısmında yer alan klape ya da dil kısmı eksik ve kırık olduğu için eser eksik olarak tanımlanmıştır. Ağız kısmında yüzeyden film tabakası halinde kalkmış korozyon tabakaları görülmektedir. Çanın muhtemelen döküm tekniği ile yapıldığı ve bakır alaşımı olduğu düşünülmüştür (Şekil 5.13, Şekil 5.50).



Şekil 5.50 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

Penkalas çalışma alanında ele geçen ve bu çalışmaya konu olan son eser buluntu numarası AFB-24 olan, 04.11.2021 tarihinde ele geçen, 36,47 mm. çapında, 3,77 mm. kalınlığında ve 22,29 gr. ağırlığında bir sikkedir. Sikkenin iki yüzünde de benzer bozulmalar görülmektedir. Yüzeyden kopmuş, ayrılmış korozyon tabakaları homojen olmayan bir

zemin yaratmaktadır. Sikkenin tüm halde ve ince topraklı bir deposit ile kaplı olduğu görülmüştür (Şekil 5.13, Şekil 5.51).



Şekil 5.51 AFB-24 buluntu numaralı sikke. Laboratuvar çalışmaları başlangıcı. (Korozyon ürünleri. Görsel teşhis)

Görsel teşhisleri yapılan eserlerin raporları dijital olarak kaydedilmiştir.

5.4.2 Analitik çalışmalar

Çalışılan 8 adet eserin görsel teşhisleri yapılıp laboratuvar raporuna kaydedildikten sonra temizlik işlemleri başlamadan eserlerin üzerinden korozyon örnekleri alınması ve bu örnekler ile analitik çalışmalar yapılması planlanmıştır. Bu doğrultuda öncelikle kazı başkanlığı ve Kütahya Müze Müdürlüğü'nden gerekli izinler alınmıştır (EK A). Daha sonra eserlerin yüzeylerinden alınan korozyon örnekleri DPÜ İLTEM laboratuvarlarına

gönderilmiştir. DPÜ İLTEM laboratuvarı uzmanları tarafından gerçekleştirilen tetkiklerde SEM-EDS analizleri için DAX Nova Nano Sem 650 cihazı, XRD analizleri için ise Panalytical EMPYREAN cihazı kullanılmıştır (Şekil 5.52).

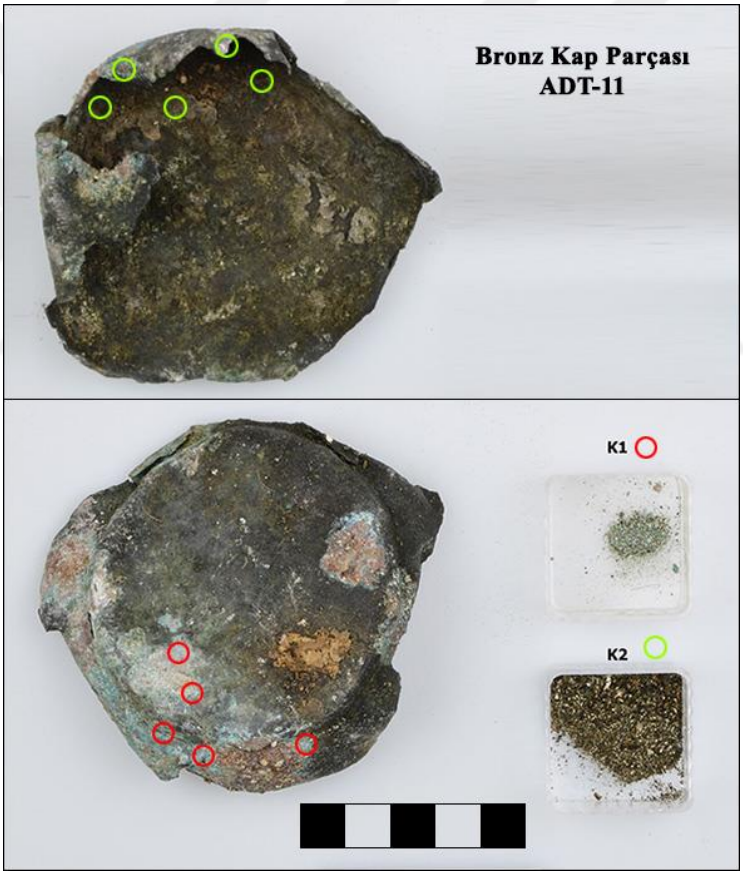


Şekil 5.52 DPÜ İLTEM laboratuvarı ve DAX Nova Nano Sem 650 cihazı.

Çalışılan sekiz eserden alınan toz – korozyon örneklerinin tamamına SEM-EDS ve 5 eserden alınan 5 adet örneğe de XRD analizleri yapılmıştır (Şekil 5.53, Şekil 5.54, Şekil 5.55, Şekil 5.56, Şekil 5.57, Şekil 5.58, Şekil 5.59, Şekil 5.60).



Şekil 5.53 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.54 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.55 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.56 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.57 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.58 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.59 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Şekil 5.60 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke. (Analitik çalışmalar öncesi eserden alınan örnekler.) (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

Aizanoi Kazı Başkanlığı isteği üzerine Bursa Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü tarafından 12.12.2022 tarihinde 2021 yılı çalışma sezonunda ele geçen ve bu çalışmanın konusunu oluşturan etütlük 5 adet bronz esere de kazı laboratuvarında tahribatsız P-XRF analizleri yaptırılmıştır. Bu analizlere ait tüm bilgiler Aizanoi kazı arşivinden alınmıştır. Yapılan P-XRF analizlerinde 'el tipi Hitachi X-MET 8000 Expert GEO (Oxford Instruments)' cihazı kullanılmıştır (Şekil 5.61). Bu cihaz ile yapılan analizlerde sodyum (Na) ölçülememektedir (Şimşek, 2020, s.319). Analizleri yapılan eserlerin buluntu kodları ve isimleri şöyledir: AFD-02 buluntu numaralı bronz obje, ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası, AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa, AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu ve AEV-15 buluntu numaralı bronz çan (EK E) (Tablo 5.1).



Şekil 5.61 El tipi Hitachi X-MET 8000 Expert GEO cihazı (https://frugalindustry.com/productimage.php?product_id=60, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir.)

(Tablo 5.1) Eserler ve alınan korozyon örnekleri ile yapılan ileri aletli analizler.

	İLTEM / SEM-EDS	İLTEM / XRD	Bursa Kons. Böl. Lab / P-XRF
Bronz obje (AFD-02)	K1	-	✓
Bronz kap parçası (ADT-11)	K1, K2	-	✓
Bronz sikke (ADT-12)	K1	K1	-
Bronz maşrapa (AEV-03)	K1, K2, K3	K3	✓
Bronz kantar (AEV-04)	K1, K2, K3	K2	-
Bronz haç parçası (AEV-11)	K1	K1	✓
Bronz çan (AEV-15)	K1, K2, K3	K3	✓
Bronz sikke (AFB-24)	K1	-	-

Çalışılan eserlere yapılan P-XRF analiz sonuçlarında ortaya çıkan değerler eserlerin bronz olduğunu ortaya çıkarmıştır. Saptanan majör elementlerin (Cu, Sn, Pb) yanı sıra AFD-02 buluntu numaralı bronz obje'de %4.5 oranında gümüş (Ag)'ün varlığı tesbit edilmiştir (EK E.1). ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası'nda ise kalay (Sn) tesbit edilememiş fakat alaşımda %10.84'lük kurşun (Pb) olduğu anlaşılmıştır. Alaşımda kalay (Sn)'ın varlığına rastlanmaması P-XRF ölçümünde hata olabileceğini düşündürmüş ancak eserin SEM-EDS analiz sonuçlarında da yüksek oranda kurşun (Pb) varlığı tesbit edilmiş ve eserin tümevarımdan bakır ve kurşun içerikli bir eser olabileceği değerlendirilmiştir (EK E.2).

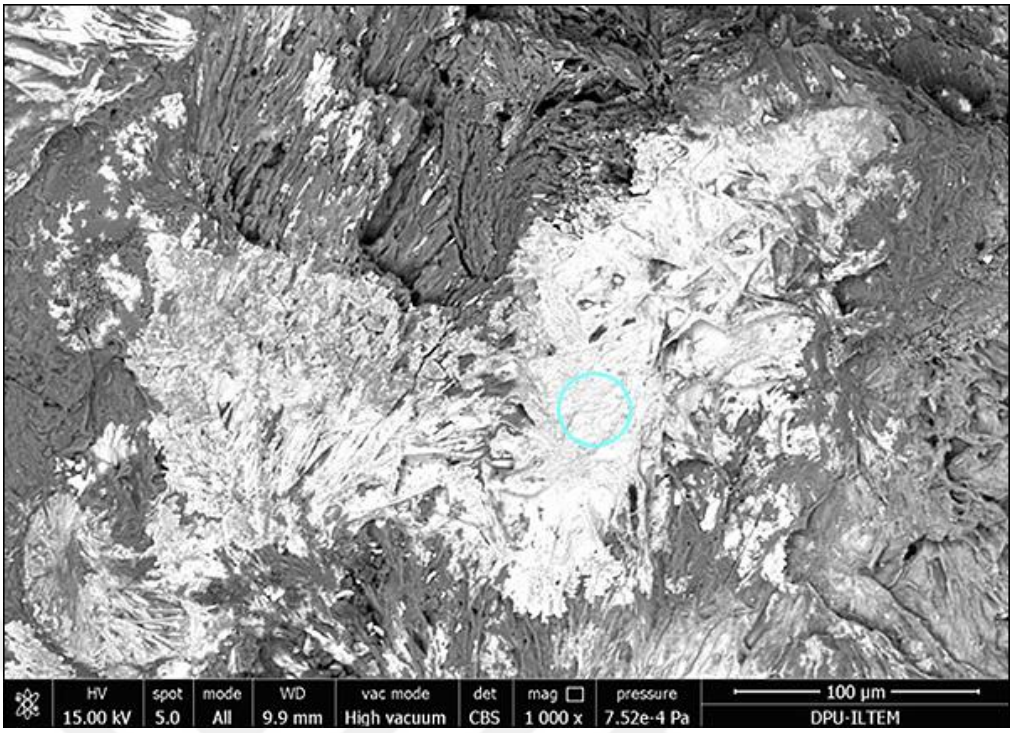
P-XRF analiz sonuçları incelendiğinde tüm örneklerde demir (ADT-11 bronz kap parçası hariç) ve kurşun alaşımı içerdiği dikkat çekmektedir (EK E). AEV-15 buluntu numaralı bronz çanda yüksek kurşun (Pb) %23-37 ve yüksek kalay (Sn) %9.14 oranları dikkat çekicidir (EK E.5). Ancak Roma dönemi çanları incelendiğinde genellikle belirli bir ses elde etmek için bronz alaşımında %5'den düşük oranda Kurşun (Pb) ve %20'lere varan yüksek bir kalay (Sn) oranı beklenir (Lopes vd., 2016, s.5). Antik çağda çanlar ve aynalar yaygın olarak, yaklaşık %20-25 kalay (Sn), %2-10 kurşun (Pb) ve geri kalanı bakırdan oluşan alaşımlardan elde ediliyordu (Scott, 1991, s.26). Eski Knidos kazısında ele geçen bazı metal eserlerin incelenmesinde eserlerin, 'çan alaşımı' olarak tanımlanan, kalay (Sn) oranı %17-17 ile %14.70 oranlarında olduğu gözlenmiştir (Tanrıkulu, 2019, s.25). Bir başka çalışmada incelenen 49 adet Roma dönemi bronz çanlarından 10 tanesinin %5'den fazla kurşun (Pb) içerdiği görülmüştür (Mühlhans ve Pomberger, 2024, s.150). Bu çanlardan bir kısmı %20'den fazla kurşun (Pb) içermektedir (Mühlhans ve Pomberger, 2024, s.155). AEV-15 buluntu numaralı bronz çandaki kalay ve kurşun oranları bu bakımdan dikkate değerdir.

Ayrıca eserlerde analiz sonuçlarında düşük oranlarda arsenik (As), çinko (Zn), nikel (Ni), silisyum (Si), sülfür (S), alüminyum (Al), kobalt (Co), fosfor (P), hafniyum (Hf), antimon (Sb), tungsten (W), manganez (Mn) ve selenyum (Se) gibi diğer elementlerin varlığına da rastlanmıştır (Tablo 5.2, EK E).

(Tablo 5.2) P-XRF analiz sonuçlarına göre çalışılan 5 eserin majör (Cu, Sn, Pb) elementleri ve test sonucu çıkan diğer elementler (D. Bekret tarafından düzenlenmiştir).

	Cu %	Sn %	Pb %	Zn %	Fe %	As %	Si %	Diğer
AEV-03 (Bronz Maşrapa)	93.10	0.10	0.13	0.05	0.33	0.26	2.26	3.77
AEV-15 (Bronz Çan)	61.20	9.14	23.37	1.78	3.33		0.73	0.45
AFD-02 (Bronz Obje)	78.05	6.52	0.12	0.05	0.34	0.10	9.80	5.02
ADT-11 (Bronz Kap Parçası)	70.24		10.84	9.16		0.02	5.52	4.22
AEV-11 (Bronz Haç Parçası)	76.10	4.60	6.00	3.86	2.84	0.10	4.61	1.89

AFD-02 buluntu numaralı obje'ye yapılan SEM-EDS analizlerinde P-XRF ile yapılan tahlillerde gözlemlenen gümüş (Ag)'nin varlığına rastlanmamıştır. SEM-EDS analizleri eser yüzeyinden alınan K1 örneğinde, 3 alanda 4 noktaya uygulanmıştır (Şekil 5.51). Birinci alanda ilk noktadan alınan sonuçlarda %75.58 gibi çok yüksek oranda kurşun (Pb) varlığı tespit edilmiş, P-XRF analizinde ölçülen %0.12'lik oran dikkate alındığında bunun eserin bulunduğu ortamdan kaynaklandığı düşünülmüştür. Ancak P-XRF analiz sonuçlarının doğru noktalara uygulanmamış olabileceği hesaba katılırsa bu durumda eserin bakır (Cu) ve kurşun (Pb) alaşımı olabileceği değerlendirilmelidir (EK E.1, EK B.2). Sikkenin SEM görüntüleri incelendiğinde çalışılan alandaki kurşun yoğunluğu fark edilmektedir. Ayrıca bu alanda yüksek bir oksitlenmeden bahsedebiliriz (Şekil 5.62).



Şekil 5.62 AFD-02 buluntu numaralı bronz objenin SEM fotoğraflarında çalışılan noktalar ve parlak beyaz rengiyle fark edilen kurşun (Pb) elementi. (DPÜ İLTEM-2022)

Ayrıca SEM fotoğraflarındaki açık bölgelerdeki bakır (Cu) yoğunlu düşükse ve oksijen (O)'in varlığı gözlemleniyorsa bu bölgelerin bakır oksit formunda olduğunu söyleyebiliriz. Beyaz bölgelerdeki bakır miktarı düşük olduğundan koyu renkli bölgeye göre oksitlenme meydana gelmiştir[26].

ADT-11 buluntu numaralı kap parçasına uygulanan SEM-EDS analizleri eserin iç ve dış yüzeylerinden alınan K1 ve K2 numaralı örneklere uygulanmıştır (Şekil 5.54). Analiz sonuçlarında K1 numaralı örnekte yoğun kalsiyum (Ca), karbon (C) ve silisyum (Si) olduğu gözlenmiş, bunun sebebinin eserin içinde bulunduğu ortamdaki toprak ve organik maddelerden kaynaklandığı düşünülmüştür (EK B.9, EK B.10). Aynı örnekte bakır oksit kaynaklı bozulmaların da varlığı gözlemlenmiştir. K2 numaralı örnek ile yapılan analizlerde gözlemlenen yoğun kurşun (Pb) P-XRF analizlerindeki verileri desteklemekte, eserin bakır (Cu), kurşun (Pb) ve çinko (Zn) içerikli olduğu

[26] Bu bilgiler 8 Mayıs 2024 tarihinde İstanbul Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden Doç. Mehmet Şeref Sönmez ile yapılan görüşmeden alınmıştır.

anlaşılmaktadır (EK E.2). Ayrıca K2 örneğinde de toprak ve organik kaynaklı olabilecek maddelere rastlanmıştır[27] (EK B.20, EK B.24).

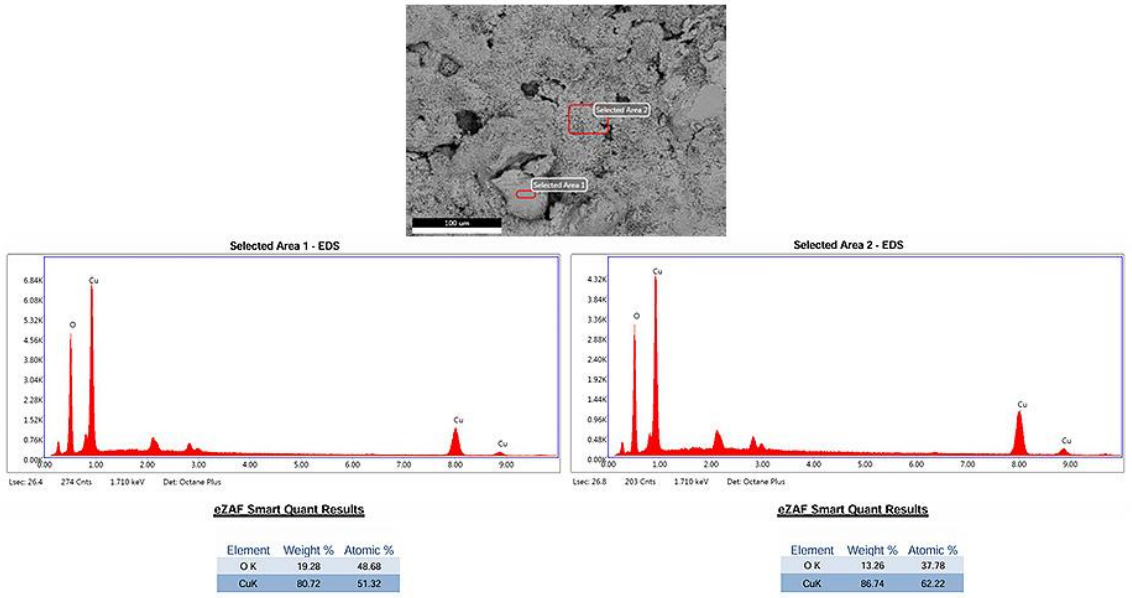
ADT-12 buluntu numaralı sikkeye SEM-EDS analizleri yüzeydeki ince sert deposit tabakasından alınan K1 numaralı örnekte belirlenen üç alana uygulanmıştır (Şekil 5.56). İlk alanda bir nokta, ikinci ve üçüncü alanlarda ikişer nokta seçilmiştir. İlk alandaki noktadan elde edilen veriler bakır oksit bozulmalarını göstermekte ayrıca topraktan bulaşan organik kalıntıları işaret etmektedir (EK B.29). İkinci alandan alınan veriler ilk alandan alınan verilerle uyuşmakta, ancak üçüncü alandaki iki noktadan elde edilen veriler eserin yüksek bakır (Cu) ve Çinko (Zn) alaşımından oluşan yani pirinç bir eser olabileceğini söylemektedir (EK B.34, EK B.35). Bu eser envanterlik bir eser olarak ayrılarak müzeye teslim edildiği için P-XRF analizleri yapılamamış ve sikkenin elementsel analizleri tamamlanamamıştır. Sikkeden alınan aynı örneğe uygulanan XRD analiz sonuçlarında bakır elementinin yanı sıra, eserin içinde bulunduğu ortamdan kaynaklanan ve eser üzerinde kabuk oluşturan silikat türevleri olan hatrurit, keatite, kuvarz ve demir oksit bazlı ana demir cevherlerinden birini oluşturan bir kaya minerali olan manyetit mineralleri de tesbit edilmiştir (EK C.1).

AEV-03 buluntu numaralı maşrapaya yapılan SEM-EDS analizleri maşrapanın yüzeyinden alınan K2 ve K3 numaralı korozyon örnekleri ile K1 numaralı taşıma torbası içinden alınan örneğe uygulanmıştır (Şekil 5.55). K1 numaralı örnekte yapılan analizler sonucu yoğun bakır (Cu) ve oksijen (O)'in varlığı küprit (Cu_2O) ile tenorit (CuO)'i düşündürmüş, aynı örneğin farklı noktalarında gözlemlenen yoğun sülfür (S), kalkosit (Cu_2S) ile kovellit (CuS) ve karbon (C) ise bir karbonat bozulması olan malahit ($Cu_2(OH_2)CO_3$)'in varlığına işaret etmiştir. Ayrıca daha düşük miktarlarda gözlemlenen demir ve kalsiyum büyük olasılıkla topraktan gelmektedir ve yok sayılabilir. Ancak K1 numaralı örneğin eser yüzeyinden alınmadığı, taşıma torbası içindeki eser yüzeyinden dökülen korozyon, toprak ve kir karışımlarını içerdiği için esere ait elementel analiz

[27] Çalışılan 8 eserin SEM-EDS ve XRD analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde Ankara Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü, Kimya Mühendisi-Restoratör Sinan Asılkazancı'nın görüşlerinden faydalanılmıştır.

sonucunun ve üzerindeki korozyon oluşumlarıyla ilgili bilgilerin net ve tam doğru olması mümkün değildir.

Aynı eserden alınan K2 numaralı örnekte ise 3 alanda ve 2'şer noktada analizler yapılmıştır. Seçilen ilk alanda 1. noktada %80,72 bakır (Cu) ve %19,28 oksijen (O) ile 2. noktada %86,74 ve %13,26 oksijen (O) tespit edilmiş olması, örneğin eser yüzeyinden kazınarak alındığı düşünüldüğünde, küprit (Cu_2O) ve tenorit (CuO)'in varlığını gösteriyor olabilir. (Şekil 5.63). Seçilen 2. ve 3. alanlardaki ölçümlerde görülen yüksek karbon (C), bakır (Cu) ve oksijen (O) ile birlikte değerlendirildiğinde malahit ($Cu_2(OH_2)CO_3$)'in varlığını düşündürmekte, ancak eserin bulunduğu ortamda organik kaynaklı maddelerin olabileceği de göz önüne alınmalıdır..



Şekil 5.63 AEV-03 buluntu numaralı maşrapa'nın K2 örneğinde seçilen ilk alandaki SEM-EDS analiz sonucu

AEV-03 numaralı maşrapa'nın SEM-EDS analiz sonuçları P-XRF analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirildiğinde, P-XRF analizlerinde görülen yoğun Bakır (Cu)'ın yanısıra Sülfür (S)'ün de bulunması, bakır sülfür bozulmaları olan kalkosit (Cu_2S) ile Kovellit (CuS)'in varlığını da işaret eden güçlü kanıtlar olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca element analizleri eserin bronz olduğunu da kanıtlamıştır. P-XRF analiz sonuçlarında

gözlemlenen düşük kurşun oranı eserin kulplarında kullanılan pim-perçinlerin kurşun bazlı bir alaşımla yapıştırılmış olabileceğini düşündürmüştür.

Aynı eserden alınan K-3 numaralı örneğe yapılan XRD analiz sonuçlarında ise esere ait korozyon ürünlerinden ziyade muhtemelen alanda içinde bulunduğu ortamdan gelen kuvarz, bir kuvarz formu olan coesite, alit ve diopside gibi mineral örneklerine rastlanmıştır (EK C.2).

AEV-04 buluntu No'lu kantardan alınan K1, K2 ve K3 numaralı örneklerin tamamına SEM-EDS analizleri yapılmıştır. Alınan örneklerden K1 eserin taşıma poşetinden gelen topraklı korozyon döküntüleridir. K2 numaralı örnek kantarın tepelik kısmında yüzeyden, K3 numaralı örnek ise zincir aksamının yüzeyinden alınmıştır (Şekil 5.57). K1 örneğinde çalışılan ilk alandaki ilk noktada %86.71'lik yüksek bakır (Cu) oranı gözükmesine rağmen diğer noktada %6.49'luk düşük bir bakır (Cu) oranının yanı sıra, silisyum (Si), potasyum (K), alüminyum (Al) ve oksijen (O) ağırlıklı bir dağılım gözlenmektedir. Bu elementlerin varlığı topraktan kaynaklanan bir bulaşmayı işaret etmektedir. Yine aynı örnekteki diğer alan ve noktalara uygulanan analizlerde de topraktan geldiği anlaşılan demir (Fe), Kalsiyum (Ca), silisyum (Si) ve Alüminyum (Al)'nin varlığı gözükmektedir. Yüksek bakır (Cu) ve oksijen (O) oranları örnekte küprit (Cu_2O) ve tenorit (CuO)'in varlığını göstermekte olabilir. Ancak K1 numaralı örneğin eser yüzeyinden alınmadığı göz önüne alındığında eserin elementsel analizi ve yüzeyinde oluşan bozulmalar hakkında net bir fikir vermeyeceği açıktır (EK B.69-EK B.79).

Kantarın tepelik kısmından alınan K2 numaralı örnekte, çalışılan ilk alandaki birinci noktadan elde edilen verilerde büyük ihtimalle toprak kaynaklı olan minör elementlere rastlanmıştır. Aynı alandaki ikinci noktada ise %66.46'lık bakırın (Cu) yanı sıra yüksek oranda sülfür (S) (%23) ve %5.40 oranında oksijen (O) bulunması büyük ihtimalle yüzeydeki bakır sülfür ve bakır oksit bozulmalarını işaret etmektedir. K2 numaralı örneğin diğer noktalarında yapılan tetkikler de yine bakır oksit varlığını doğrulamakta ve topraktan gelmiş olabilecek organik kalıntıları göstermektedir (EK B.80-EK B.89).

K3 numaralı örnek kantarın zincir kısmından alınmıştır. Bu örneğe uygulanan tetkikler de benzer sonuçlar vermiştir. Ancak örnekte değerlendirilen ikinci alandaki 1, 2 ve 3

numaralı noktalardan alınan verilerde elde edilen Çinko (Zn) ve bakır (Cu) oranları dikkat çekicidir. İlk noktada %6.44'lük bakır ve %86.22'lik çinko (Zn) ölçülmüştür. Diğer iki noktadaki ölçümlerde sırasıyla bakır (Cu) oranı %30.77 ve %53.14 gözlemlenirken çinko (Zn) oranları %5.09 ve %8.89 gözükmektedir. Bu noktalardaki ölçümlerde kalay (Sn) varlığına rastlanmaması da kantarın zincir kısmının pirinç olabileceğini düşündürmektedir (EK B.95-EK B.97). Ancak bu eser de envanterlik olarak kayıt altına alınıp müzeye teslim edildiği için P-XRF analizleri yapılamamış, eserin gerçek elementsel yapısı belirlenememiştir.

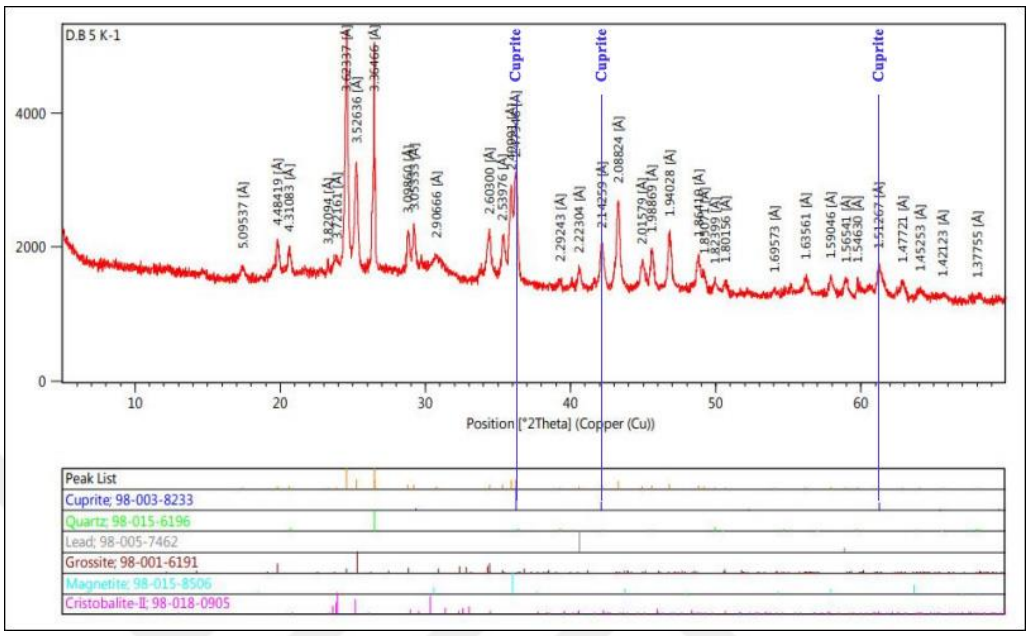
Kantardan alınan örneklere uygulanan XRD analizlerinde ise muhtemelen topraktan gelen kuvarz, zeolit ve silimanit mineralleri tespit edilmiştir (EK C.3). Çalışılan eserlere yapılan XRD analiz sonuçlarında görsel teşhis ile de fark edilen bozulmalardan, AEV-11 buluntu numaralı eserde küprit ve AEV 15 buluntu numaralı eserde ise tenorit (CuO)'in varlığı kanıtlanmıştır.

AEV-11 buluntu numaralı haç parçasına yapılan SEM-EDS analizleri eser yüzeyinden kazınarak alınan K1 numaralı örneğe uygulanmıştır (Şekil 5.58). Belirlenen 3 alanda ve 7 noktada yapılan ölçümler sonucu gözlemlenen yüksek kurşun (Pb) oranları dikkat çekicidir (EK B.105, EK B.107, EK B.109, EK B.112, EK B.113). Veriler P-XRF ile yapılan ölçümlerle de desteklenmektedir. P-XRF ölçümlerinde eserin yüksek bakır (Cu) ve kurşun (Pb) ile daha az miktardaki kalay (Sn) oranları gözlenmiştir (Tablo 5.2, EK E.4). XRD ölçümlerinde de bir miktar kurşun (Pb)'nin varlığı gözlenmiştir. Analizler sonucu bu esere bakır (Cu), kurşun (Pb) alaşımlı "kurşun bronzu" denilmesi yanlış olmayacaktır.

Ayrıca bazı noktalardaki SEM-EDS ölçümlerinde oksitlerin sebep olabileceği bakır ve bakır alaşımlarının korozyon ürünlerinin varlığı fark edilmiştir. Aynı örneklere uygulanan XRD analizlerinde, daha önce görsel teşhis ile de fark edilen, oksit kaynaklı bir korozyon ürünü olan küprit (Cu2O)'in varlığı da kesinleşmiştir (Şekil 5.64, EK C.4).

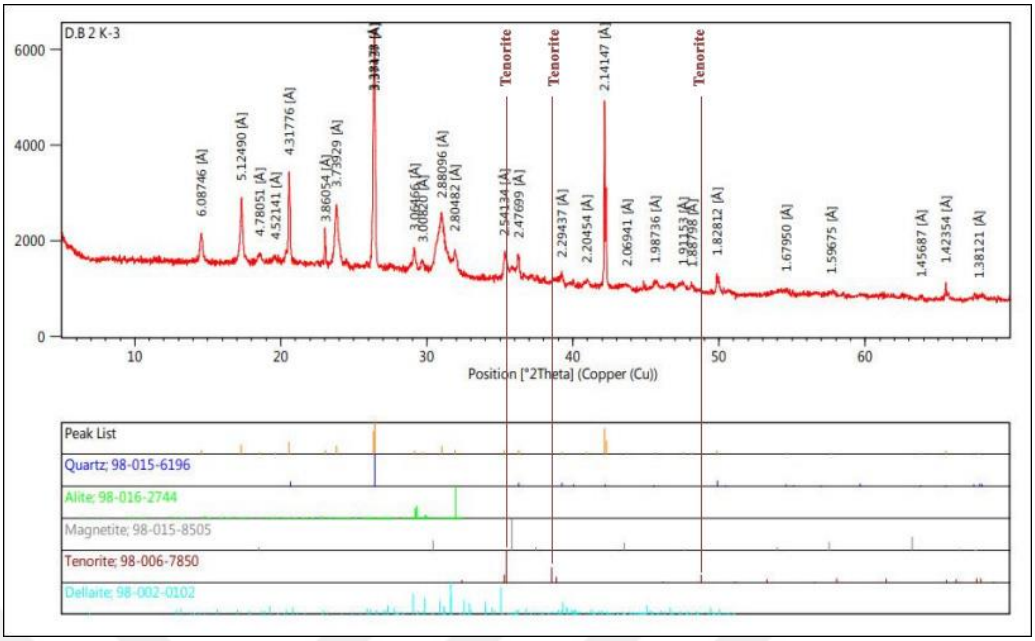
Yine XRD analizlerinde çalışılan örnekte muhtemelen topraktan gelen kuvarz, grosit ve manyetit tespit edilmiştir. SEM-EDS analiz verilerinde de topraktan kaynaklandığı düşünülen mineral ve organik kalıntı ürünlerine de rastlanmıştır. Diğer bakırla alaşım

yapabilecek özelliklerdeki metallerin, çinko (Zn), gümüş (Ag), arsenik (As), değerleri ise düşük seviyededir (EK B.104-EK B.113).



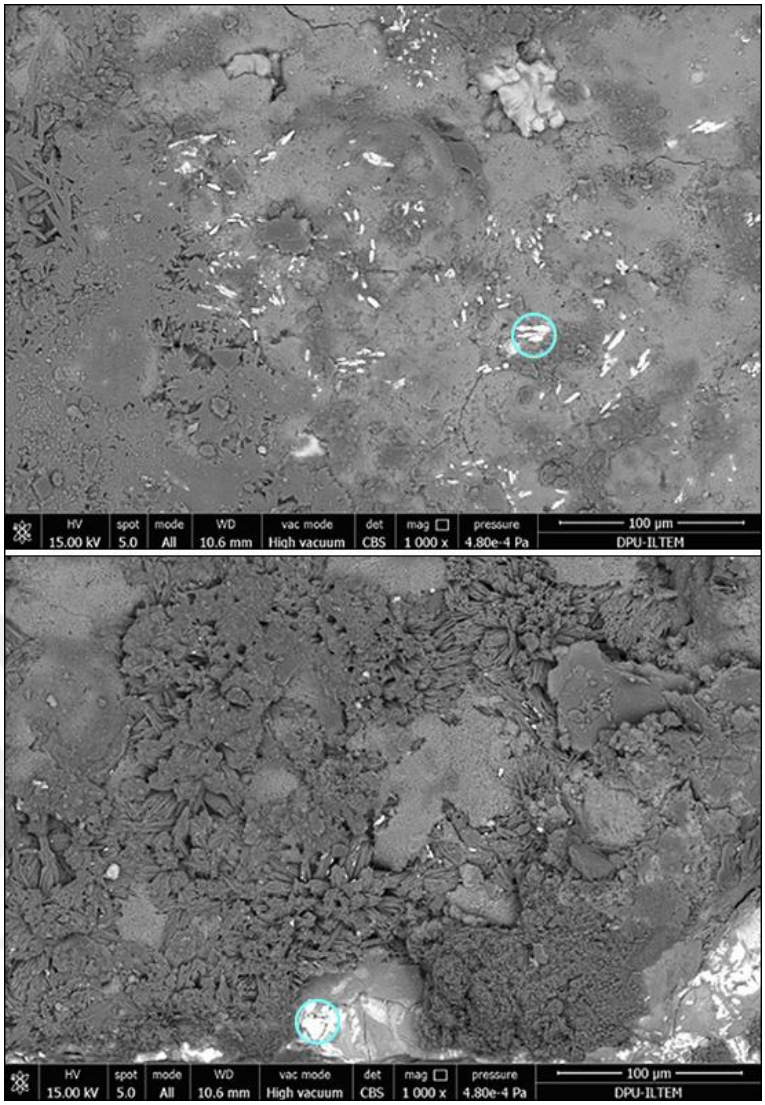
Şekil 5.64 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolundan alınan K-1 numaralı örneğin XRD analiz sonucu. (DPÜ İLTEM-2022)

AEV-15 buluntu No'lu çanın SEM-EDS analizleri K1, K2 ve K3 numaralı örnekler ile çalışılmıştır. Bu örneklerden K1 çan ağzının iç ve dış kesimlerinden, K2 ve K3 ise çan yüzeyinden kazınarak alınmıştır (Şekil 5.59). K1 numaralı örnekte belirlenen üç alanda toplam 10 noktada analizler yapılmıştır. İlk alandaki düşük bakır (Cu) oranlarına karşın yüksek sülfür (S), demir (Fe), Karbon (C) ve oksijen (O) oranları bakır sülfürlerin korozyon ürünleri olan kalkosit (Cu_2S), kalkopirit ($CuFeS_2$), kovellit (CuS) ile karbonat kaynaklı bozulmaları düşündürmüştür (EK B.115, EK B.117, EK B.118). İkinci alandaki ilk noktada muhtemelen toprak kaynaklı yüksek demir (Fe)'in yanı sıra ender bulunan toprak elementlerden biri olan terbiyum (Tb) gözükmektedir (EK B.120). K1 örneğinde diğer noktalara uygulanan analizlerde organik kalıntılardan ve topraktan kaynaklandığı düşünülen elementlere rastlanmıştır (EK B.123, EK B.124). Aynı örneğe uygulanan XRD analizlerinde fark edilen oksit kaynaklı bir bakır bozulması olan tenorit (CuO)'in varlığı da belli noktalardaki SEM-EDS analizleri ile kanıtlanmıştır (Şekil 5.65, EK C.5, EK B.125, EK B.126).



Şekil 5.65 AEV-15 buluntu numaralı bronz çandan alınan K-3 numaralı örneğin XRD analiz sonucu. (DPÜ İLTEM-2022)

K2 ve K3 numaralı örneklerde belirlenen noktalarda yapılan SEM-EDS analizlerinde belirlenen yüksek kurşun oranları esere yapılan P-XRF analiz sonuçlarını desteklemektedir (EK E.5, EK B.128, EK B.131, EK B.134, EK B.157, EK B.159, Tablo 5.2). Ayrıca SEM fotoğraflarında kurşun (Pb) parlak beyazlığı ile ayırt edilmektedir (Şekil 5.66). Daha önce bahsedildiği üzere bakır alaşımı çanlarda yüksek kurşun (Pb) oranı çok beklenmez. Ancak %20'den fazla kurşun içeren çanlar da bulunmuştur. Bu veriler değerlendirildiğinde AEV-15 buluntu numaralı çan için "kurşun bronzu" diyebiliriz. Yine eserden alınan örneklere uygulanan XRD analizlerinde ise olasılıkla içinde bulunduğu ortamdan kaynaklanan kuvarz ve manyetit tesbit edilmiştir (EK C.5).

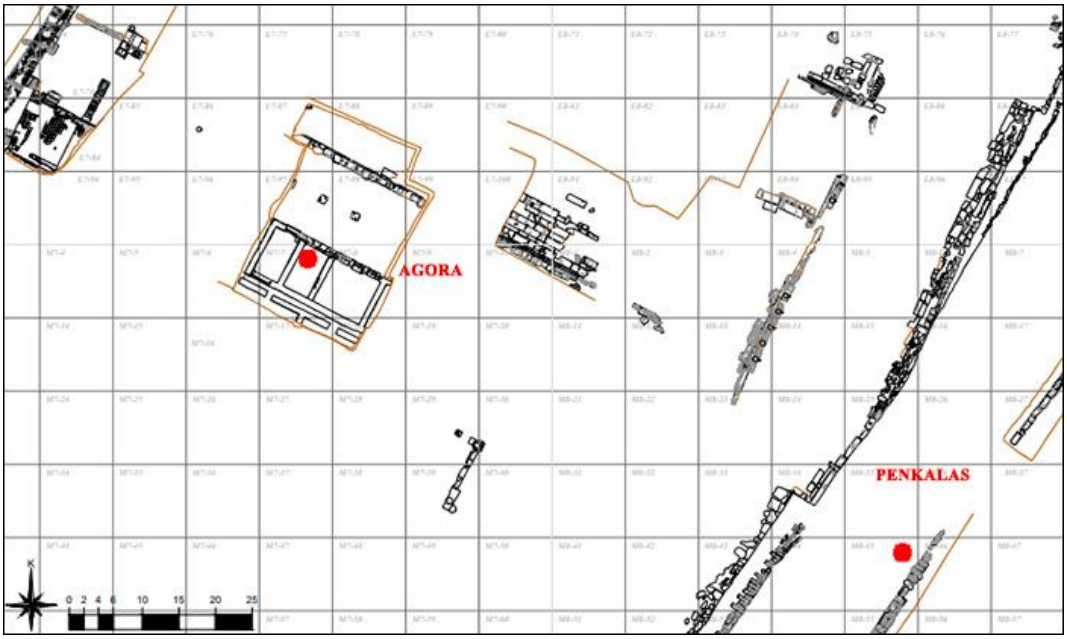


Şekil 5.66 AEV-15 buluntu numaralı bronz çanın SEM fotoğraflarında çalışılan noktalar ve parlak beyaz rengiyle fark edilen kurşun (Pb) elementi. (DPÜ İLTEM-2022)

AFB-24 buluntu numaralı sikkenin SEM-EDS analizleri eser yüzeyinden alınan K1 numaralı örnek ile çalışılmıştır (Şekil 5.60). Örnekte belirlenen 4 alanda değişik noktalar üzerinde analizler gerçekleştirilmiştir. Bu noktalardan ilk alandaki iki noktada, ve dördüncü alanda yoğun kurşun (Pb) varlığı gözlenmiştir (EK B.162, EK B.163, EK B.171, EK B.172, EK B.173). Değişik noktalara uygulanan analizlerde ayrıca bakır oksit ve bakır sülfür kaynaklı bozulmalar olabileceği değerlendirilmiş, örnekte ayrıca toprak kaynaklı minerallerin ve organik kalıntıların izleri görülmüştür. AFD-24 buluntu numaralı esere P-XRF ve XRD analizleri yapılmamıştır. Ancak SEM-EDS analizleri değerlendirildiğinde tümevarımdan bu sikkenin bakır (Cu), kurşun (Pb) ve kalay (Sn) alaşımlı bir bronz eser olduğu sonucuna varılabilir.

Yine 2022 yılı içerisinde gerekli izinler çerçevesinde eserlerin ele geçtiği agora ve Penkalas kazı alanlarının yanısıra tiyatrodan da alınan toprak örneklerinin İstanbul KUDEB'te tuz ve element analizleri yaptırılmıştır (EK D). Örneklerden 1 numaralı toprak örneği tiyatrodan, 2 numaralı toprak örneği agoradan ve 3 numaralı toprak örneği ise Penkalas'dan alınmıştır (Şekil 5.67). Çalışılan eserler agora ve Penkalas kazı alanlarından elde edildiği için yalnızca bu iki alandan alınan numunelerin sonuç değerlendirmelerine değinilmiş, tiyatrodan alınan 1 numaralı örnek tez kapsamında değerlendirilmemiştir.

Yapılan tetkikler sonucunda agoradan gelen 2 numaralı numunede yüksek miktarda silisyum tespit edilmiş olup daha az miktarlarda da alüminyum, kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum, sodyum, titanyum ve fosfor elementlerinin varlığı anlaşılmıştır. Bu toprak numunesinde, az miktarda klorür (Cl) tuzu ve az miktarda nitrat (NO_3) tuzu tespit edilmiş olup numunenin iletkenliği 137 µS tir. Toprak numunesinin içeriğinde, %24-25 aralığında dolomitik kireçtaşı ile yaklaşık %8,5 oranında demir bulunduğu ve yapısında kirlilik oranında titanyum dioksit bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca içerikteki %0,16 oranındaki fosforun toprak içerisindeki canlılardan ve atıklarından (gübre) kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Numunedeki toplam tuz oranı ise %0,86'dır (Tablo 5.3, EK D.12).



Şekil 5.67 Çalışılan eserlerin ele geçirildiği agora ve Penkalas'dan alınan toprak numunelerinin konumları.

Penkalas'dan gelen 3 numaralı toprak numunesinde de yüksek miktarda silisyumun yanısıra yine 2 numaralı numuneye benzer şekilde daha az miktarlarda alüminyum, kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum, titanyum ve sodyum tespit edilmiştir. Numunenin tuzları analiz edildiğinde, az miktarda klorür (Cl) tuzu ve az miktarda nitrat (NO_3) tuzu tespit edilmiş olup numunenin iletkenliği 163 µS tir. Toprak numunesinin içeriğinde, %18-19 aralığında dolomitik kireçtaşı ile yaklaşık %9,5 oranında demir bulunduğu ve yapısında kirlilik oranında titanyum dioksit bulunduğu tespit edilmiştir. Numunedeki toplam tuz oranı ise %1,03'dür (EK D.13, Tablo 5.3).

Tablo 5.3 Agora ve Penkalas'dan alınan toprak numunelerinin tuz, iletkenlik ve pH oranlarının karşılaştırılması.

TOPRAK ÖRNEKLERİ	Cl	SO_4^{2}	CO_3^{2}	NO_3	µS	Tuz Oranı %	pH
2 numaralı numune AGORA	+	-	-	+	137	0,86	7,96
3 numaralı numune PENKALAS	+	-	-	+	163	1,03	7,72

5.4.3 Temizlik, sağlamlaştırma ve stabilizasyon çalışmaları

Analitik çalışmalardan sonra eserlerin temizlik çalışmalarına geçilmiştir (Şekil 5.68). Temizlik aşamasına gelindiğinde bazı sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Birincisi temizliğin tam olarak doğru seviyeye gelindiğinde sonlandırılması. Bu aşama zaman zaman arkeolog ile restoratörleri karşı karşıya getirebilmektedir.



Şekil 5.68 Temizlik çalışmalarında kullanılan aletler ve cihazlar (Aizanoi kazı arşivi 2021)

Genellikle kazı evi çalışmaları birbirine benzeyen sistemlere sahip olsa da mekânsal farklılıklar ve şartlardan dolayı bazı kazılarda farklı sistemler uygulanabilmektedir. Genelde arkeologlar tarafından laboratuvara getirilen eserler dijital kayıt altına alınarak konservatöre teslim edilir. Genel bir sistem olarak bu noktada arkeoloğun eser ile fiziksel ilişkisi sonlanır. Birçok kazı laboratuvarında da bu yöntem izlenmesine rağmen Aizanoi Kazısı'nda gerekli olduğunda ve konservatörün inisiyatifiyle arkeolog-konservatör ilişkisi laboratuvarda da devam etmiştir.

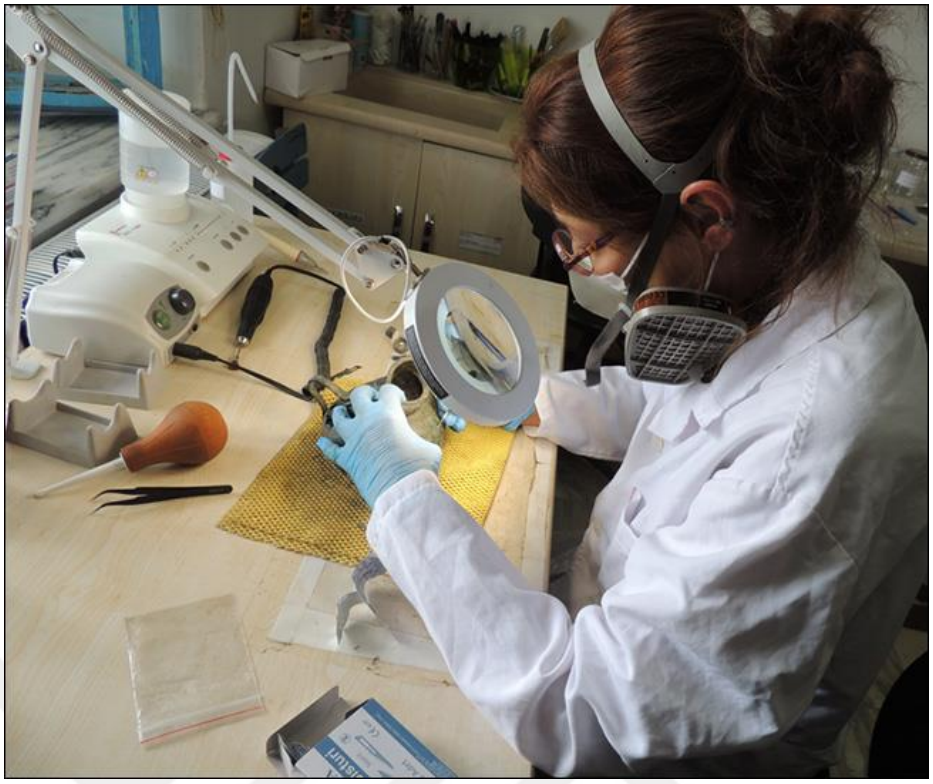
Arkeologlar, örnek vermek gerekirse özellikle sikkelerde tarihlendirme yapabilmek için sık sık kendi açmasına ait eserin laboratuvarda temizlik ve onarım çalışmalarına konservatör eşliğinde müdahil olmak istemiştir. Bu zaman zaman konservatörün verdiği izin ölçüsünde gerçekleştirilmiş ve bu durum her iki görevli meslek grubu çalışanı için de olumlu sonuçlanmıştır. Bu ortak çalışmanın olumlu yanı şöyle özetlenebilir; tarihlendirme ve işlevsellik konusunda yetkin olan arkeolog bu konularda çalışmalar sırasında konservatörü bilgilendirmiş ve esere olabildiğince az müdahale edilerek eserden işlevsellik ve tarihlendirme için gerekli bilgilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Bu şekilde

eser üzerinde yapılan çalışmalar ile esere verilebilecek hasar minimum seviyeye indirgenmiştir.

Çalışılan 8 eser üzerinde öncelikle mekanik temizlik çalışmaları yapılmış, eserler kuru ortamlardan geldiği için mekanik temizlik öncesi suda çözünebilir tuzlarından arındırma (önleyici koruma) çalışmalarına gerek duyulmamıştır. Mekanik temizleme yöntemi kimyasal temizleme yöntemlerine göre her zaman kolayca ulaşılabilen malzemeler ile çalışılabildiği için tercih edilen bir yöntem olmaktadır. Mekanik temizlik yaparken bisturi, cam elyafı kalem, dremel ucuna takılı tel, plastik, keçe, fırçalar, taş uçlar ve kavitron, ayrıca gerek duyulduğunda bambu çubuklara sarılı alkollü pamuk kullanılmıştır. Çalışmalarda kullanılan kavitron "Woodpecker Uds-E Kavitron Cihazı Su Hazneli Led" modeldir (Şekil 5.69, Şekil 5.70).



Şekil 5.69 Çalışmalarda kullanılan "Woodpecker Uds-E Kavitron Su Hazneli Led" model kavitron cihazı (https://www.depolaa.com/klinik-cihazlar/kavitron/woodpecker-uds-e-kavitron-cihazi-su-hazneli-led-1596, esas alınarak D. Bekret tarafından yeniden düzenlenmiştir)



Şekil 5.70 Kavitron, dremel, bistüri ve büyüteç ile mekanik temizlik çalışmaları.

ADT-11 buluntu No'lu kap parçası, AEV-11 buluntu No'lu haç parçası, AFB-24 buluntu No'lu sikke, AFD-02 buluntu No'lu obje ve ADT-12 buluntu No'lu sikkenin üzerlerindeki korozyon deposit kalınlığı diğer eserlere göre sert olsa bile daha ince olduğu için yalnızca bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça ve cam elyafı kalem ile mekanik temizlik yapılmıştır.

AEV-03 buluntu No'lu maşrapanın içi tamamen sert bir deposit ile dolu olduğu, dış yüzeyi de aynı sert deposit tabakası ile kaplı olduğu için temizlik çalışmalarında yukarıda bahsedilen tüm mekanik temizlik malzemelerinin yanı sıra kavitron da kullanılmıştır.

AEV-04 buluntu No'lu kantar ile iç ve dış kısmı kalın bir deposit ile kaplı AEV-15 buluntu No'lu çanın mekanik temizliğinde bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça ve cam elyafı kalem, gerek duyulduğunda da kavitron kullanılmıştır (Tablo 5.4, Şekil 5.71, Şekil 5.72).



Şekil 5.71 AEV-04 buluntu No'lu kantarın mekanik temizlik çalışmaları.



Şekil 5.72 AEV-15 buluntu No'lu çanın kalın deposit tabakaları.

Tablo 5.4 Mekanik temizlik çalışmalarında kullanılan araçlar.

	AFD-02	ADT-11	ADT-12	AEV-03	AEV-04	AEV-11	AEV-15	AFB-24
Bisturi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cam elyafı kalem	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Muhtelif toz fırçaları	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dremele takılı tel uçlar				✓				
Dremele takılı plastik uçlar				✓				
Dremele takılı taş uçlar				✓				
Dremele takılı keçeler	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Dremele takılı fırçalar				✓				
Kavitron				✓	✓		✓	
Bambu çubuklara sarılmış ve alkole batırılmış pamuk				✓				

Çalışılan eserlerin fiziksel özelliklerinin iyi durumda olması sebebiyle sağlamlaştırma yapılmasına gerek duyulmamış, temizlik çalışmalarından sonra eserlerdeki korozyonun ilerlememesi için stabilizasyon uygulamalarına geçilmiştir.

BTA uygulaması farklı bekletilme sürelerinde yapılmaktadır. Genellikle uygulama süresi 48 ile 72 saat arasında değişmektedir. %3 alkol içerisinde hazırlanmış BTA ile farklı bekletilme sürelerinde eserlerin pasifizasyonu sağlanırken bazen de desikatörde[28] bekletilmektedir.

Aizanoi laboratuvarında çalışılan eserler BTA içerisinde 72 saat bekletilmiştir. Bekletme uygulaması plastik kapaklı kutularda yapılmış ve uygulanan malzeme toksik olduğu için kapak kenarları bantlanarak hava geçirgenliği minimuma indirgenmiştir (Şekil 5.73).

[28] İçinde nem alıcı madde bulunan vakumlu ve vakumsuz olarak kullanılan cam kap.



Şekil 5.73 Eserlerin BTA içerisinde bekletilmesi.

2 günlük bekletilme süresinden sonra kutulardan çıkarılan eserler laboratuvar ortamında kuruduktan sonra üzerlerinde kalan beyaz renkli BTA kalıntıları alkollü pamuk kullanılarak temizlenmiştir. Tamamen kuruduklarından emin olunduktan sonra eserleri konsilide etmek için bir yüzey koruma uygulaması yapılmıştır. Bunun için aseton içinde %10-15 oranında hazırlanmış Paraloid B72 ile yüzeyde koruyucu bir film tabakası oluşturulmuştur.

AFD-02 buluntu numaralı bronz obje ve ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçasına mekanik temizlik sonrasında stabilizasyon için lokal olarak alkol ile karıştırılmış gümüş oksit (AG_2O) uygulaması yapılmıştır. Reaksiyonun hızlı olması için eser nemlendirilmiş alüminyum folyoya sarılmış ve bu işlem birkaç kez tekrarlanmıştır (Şekil 5.74).



Şekil 5.74 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje'ye gümüş oksit uygulaması.

AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa da "lacuna"lar olsa da, kabın formunun belirgin olması, boşlukların eserin dengesinde bir sorun oluşturmadığı ve estetik olarak görünümü bozmadıkları için tümleme yapılmaması uygun görülmüştür.

5.5 Depolanacak ve Müzeye Gidecek Eserlere Yapılan Uygulamalar

Genel bir kural olarak kazılarda ele geçen eserlerden envanterlik[29] olarak kabul edilenler arkeolojik kazı sezonu bitiminde, kazının bağlı olduğu il müzesi müdürlüğüne teslim edilir. Müzeye teslim edilmeyen etütlük eserler ise depolama için gerekli şartların ve ortamların oluşturulduğu kazı depolarında saklanmaktadır.

[29] Genellikle sergilenmesi öngörülen ve bu amaçla kazı sezonu sonunda ilgili müzeye teslim edilen tescillenmiş eserlerdir.

Uzun yıllar boyunca birçok farklı kazı çalışmasına katılmış korumacı bir restoratör olarak eser depolama alanları hakkında geçmiş ve günümüz arasındaki yaklaşımlarla ilgili doğru bir değerlendirme yapma tecrübesine sahip olduğumu düşünmekteyim. Tecrübelerime dayanarak çalıştığım kazılarda depo olarak kullanılan alanların, bazen bir konteyner, bazen restorasyon ve çizim yapılan ortak bir çalışma alanı bazen de sırf ayrı bir bölüm olması için çok da uygun olmayan mekanların tercih edildiğine şahitlik ettim. Kuşkusuz kazı ödeneklerinin ve desteklerin yeterli olmadığı çalışma alanlarında geçici çözümler ile depolama yapılmaya çalışılması bir yere kadar anlaşılabilir. Olanakları yeterli olan kazılarda ise sistemli bir şekilde tasarlanmış ve depolama için kullanılan alanlar bulunmaktadır.

Sezonluk arkeolojik kazılar, üç - dört ay gibi süreler alan çalışmaların bitiminde kapatılır ve bir sonraki kazı sezonuna kadar depolarında saklanan eserlerin bozulma durumlarının kontrol edilmesi kolay kolay mümkün olmamaktadır. Bu hem arkeolog hem de restoratör – konservatör açısından bir sonraki kazı sezonunda çalışmalar yeniden başladığında olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.

Son yıllarda ise uzun süreli olan hatta yıl boyu çalışmaların devam ettiği kazıların sayılarındaki artış ile eser depolarında gerçek anlamda sistemli tasarımlara sahip kazı depoları ile karşılaşmaktayız. Kazı bütçesinin her zaman yeterli olmamasının önemli bir faktör olduğunu unutmamak gerekse de şartlar ne olursa olsun uzun süreli kazılarda daha olumlu depolama alanlarının oluşturulmaya başlandığı bir gerçektir. Etütlük olarak tanımladığımız eserlerin kazı depolarında saklanması konusunda kazılarda çalışan uzman restoratör ve konservatörlerin de son yıllarda bu konularda tecrübe kazanarak depolama alanlarında gerekli şartların oluşturulabilmesi için katkıda bulundukları söylenebilir.

Depolama sorunlarının başında, her yıl depolara yeni eserlerin eklenmesiyle birlikte depolarda yığılmalar ve farklı malzemelerden yapılmış eserlerin zorunlu olarak aynı koşullarda saklanması yer almaktadır. Örnek olarak metal eserlerle kemikten yapılmış eserler için farklı bağıl neme sahip ortamlar olması gerekli olduğu halde kazı depolarında böyle bir ortamı sağlamak kolay olmamaktadır. Kazı deposunda ideal depolama saklama koşullarını oluşturmak güç olacağından eserlerin depolandığı malzemelerin yerleştirildiği

raflar, kutular, destekler ile mikro ortamlar yaratılarak depolama yapılabilmektedir. Bu durum her zaman oluşturulamasa da üzerinde durulan ana başlıklardan biri olmaktadır.

Aizanoi Kazısı'nda ele geçen ve laboratuvar çalışmaları sonlandırılan müzeye gitmesi kararlaştırılan envanterlik eserler silika jel ile paketlenen kilitli poşetlere konularak müze nakil aracına yerleştirilmiştir. Müzeye gidecek eserler için "Aizanoi Kazısı koruma/onarım ve uygulama fişi" oluşturulmuştur. Bu tez çalışmasına konu olan 6 adet eser (AFD-02 buluntu numaralı bronz obje, ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası, AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa, AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu, AEV-15 buluntu numaralı bronz çan, AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke) etütlük olarak ayrılarak kazı depolarında koruma altına alınmış, AEV-04 buluntu numaralı kantar ve ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke ise envanterlik olarak kaydedilmiş ve müzeye teslim edilmiştir.

Eserler için oluşturulan koruma/ uygulama ve onarım fişi "EK-18" istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivine koyulmuştur (Şekil 5.75, EK F.9-EK F.16).

EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No:	Eserin Adı:		Kazı Envanter No	
Eserin Mevcut Durumu	Uygulanan İşlemler	Kullanılan Malzeme	Uygulayan	

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

*Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.

Şekil 5.75 Koruma/onarım ve uygulama fişi.

5.6 Sürdürülebilirlik ve Geri Dönüşüm Uygulamaları

Kazı alanlarında ve kazı laboratuvarlarında yapılan tüm çalışmalarda sürdürülebilirlik faaliyetleri gözetilmeli, bu kapsamda geri dönüşüm uygulamalarına özel bir çaba sarf edilmelidir.

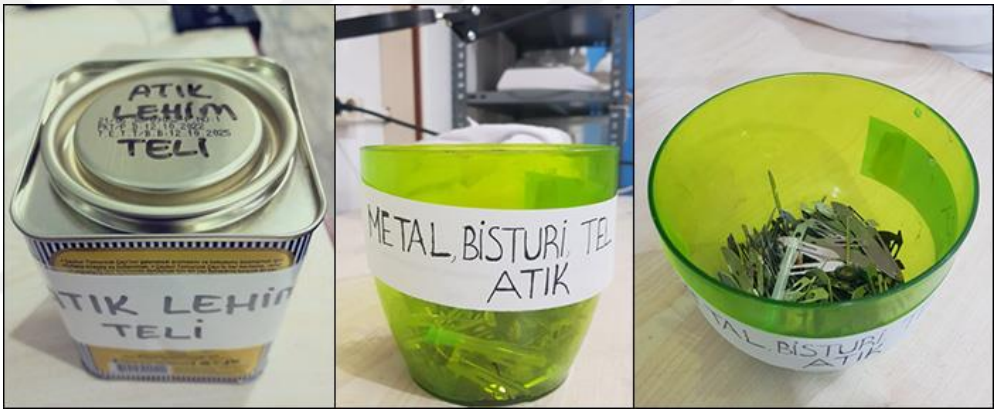
Sürdürülebilirlik kavramı günümüzde çalışma alanlarının neredeyse tamamını kapsayan, genelde çevresel etkiler ile ilgili, ekonomi, toplum ve çevre arasındaki bağlantıların sahip olduğu kaynak ve fırsatların adaletli dağılımı fikrini ifade etmektedir. Kültürel mirasın sürdürülebilirliği ise zaman, süreklilik, koruma ve değişimle yaşayabilme kavramlarıyla sağlanabilmektedir. Geçmiş değerlerin gelecek kuşaklara aktarılabilmesi için kültürel mirasın muhafazası olarak tanımlanan koruma bugünkü toplumların üzerine düşen önemli bir sorumluluktur (Orhan & Yaldız, 2021).

UNESCO'nun 2015 tarihli "Sürdürülebilir Kalkınma Perspektifinin Dünya Mirası Sözleşmesi Süreçlerine Entegrasyonuna İlişkin Politika Belgesi" başlıklı kararları Dünya Mirası Sözleşmesine Taraf Devletler Genel Kurulunun 20. oturumunda kabul edilmiştir (UNESCO, 2015).

Arkeolojik kazı laboratuvarlarında görev yapan korumacı restoratörlerin bu kararların bilincinde olması ve sürdürülebilirlik esasları doğrultusunda yapacakları çalışmalarında geri dönüşüm uygulamalarına yer vermeleri beklenmelidir.

Aizanoi kazısındaki koruma uygulamalarında bu esaslar sürekli gözetilmekte ve yapılan çalışmalarda geri dönüşüme özel bir önem verilmektedir. Bu tez çalışmasına konu olan eserlerle ilgili çalışmalar dahil olmak üzere laboratuvarda sürdürülebilirlik ve karbon ayak izi azaltma yöntemleri ile ilgili geri dönüşüm uygulamaları şu şekilde özetlenebilir; bisturi ucu, tel fırçalar, enjektör ucu ve çizim lehim telleri gibi metal malzemeler geri dönüşüm ve başka bir uygulamada kullanmak için biriktirilmiştir (Şekil 5.76), aseton, alkol, tolüen gibi toksit malzemelerle hazırlanacak olan sağlamlaştırıcı ve yapıştırıcıları az miktarda ve kullanımı yetecek kadar hazırlayarak atık oluşumunun engellenmesi hedeflenmiştir, uçucu, yanıcı ve insan ve çevre sağlığına zararlı malzemeler kapalı ve korunaklı dolap ya da kimyasal alanda saklanmıştır, koruma – onarım çalışmalarında

kullanılan aletlerin ve makinelerin belli periyotlarla bakımını yaparak uzun süreli kullanımı hedeflenmiştir, çalışma alanı yüzey temizliği ve el temizliği için kağıt havlu yerine yıkanabilir kumaş bezler kullanarak kağıt tasarrufu yapmak amaçlanmıştır, tek yüzü kullanılmış baskılı kağıtların boş yüzleri de değerlendirilerek ofis çalışmalarında ekstra atık oluşmasının önüne geçilmesi sağlanmıştır, atık yönetimi açısından düşünüldüğünde eserler ile yapılan çalışmalarda kullanılan ve kimyasal atıklar içerebilen sıvıların yeraltı sularına karışabilme ihtimali değerlendirilerek bu sıvılar genel kanalizasyona boşaltılmamış, bir atık su biriktirme alanında toplanıp bu konuda yetkili gerekli mercilere ulaştırılmıştır, metal eserleri atmosferik etkilerde izole etmek için gerçekleştirilen geri alınabilir akrilik reçine kullanarak sürdürülebilir koruma sağlanmıştır.

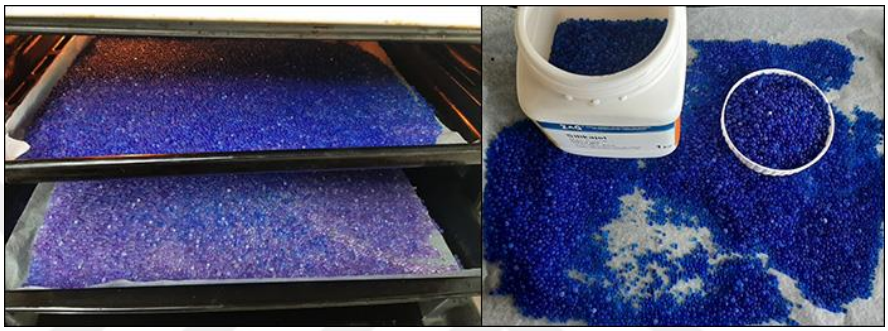


Şekil 5.76 Geri dönüşüm için kullanım sonrası biriktirilen metal malzemeler.

Ayrıca eserleri atmosferik şartlardan korumak amacıyla kullanılan özelliğini yitirmiş silika jeller 2023-2024 kazı sezonunda başlatılan uygulama ile yeniden fırınlanarak kullanıma kazandırılmıştır. Kullanım ömrü renk değiştirerek anlaşılan silika jel türleri indikatörlü silika jel olarak tanımlanmaktadır. Silika jel granülleri neme doyduğunda renk değiştirmektedir. Neme doyan turuncu silika jel granülleri yeşile, mavi silika jel granülleri ise pembeye döner. Nem özelliğini kaybetmiş ve renk değiştirmiş indikatörlü silika jel granülleri 180 -200 derecede fırınlanarak geri kullanıma kazandırılır. Bu işlem için özelliğini kaybeden granüller ince bir tabaka halinde bir pişirme kağıdı üzerinde fırın tepsisine koyulur ve renk değişimi kontrol edilerek fırınlanır. Silika jel granüllerinden yeşil renkliler nemini kaybedince turuncuya, pembe renkliler ise maviye dönüşür (Şekil 5.77, Şekil 5.78).



Şekil 5.77 Nem alıcı özelliğini kaybeden silika jel taneciklerinin yeniden kullanımı için fırınlanması.



Şekil 5.78 Fırınlama sonrası yeniden kullanıma kazandırılan silika jel tanecikleri.

Bu şekilde yeniden kullanıma kazandırılan silika jel granülleri eser poşetlerindeki nem alıcı özelliğini kaybeden granüller ile değiştirilmiş ve eser poşetleri depolanmıştır (Şekil 5.79).



Şekil 5.79 Geri dönüştürülen silika jellerin eser poşetlerine koyulması.

7. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İnsanlığın tarihi mirasında metal kullanımın önemli bir yeri vardır ve bilinçli işlenen ilk metalin ise bakır olduğu anlaşılmıştır. Anadolu'da bakır ve bakır alaşımı eserlere arkeolojik kazı ve yüzey araştırmalarında çok sık rastlanmakta, bu eserlerin korunması için yapılan uygulamalar sıklıkla bilimsel geçerliğini kaybetmiş yöntemlerle yapılmaktadır. Günümüzde modern analitik yöntemlerle desteklenen, kimyasallara daha az başvurulan, çalışmalarda sürdürülebilirlik esasları gözetilen basit yöntemlerin daha iyi sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Yeni deneyimler ve araştırmalar sonucunda "önleyici korumacılık" kavramı literatürde kendine yer bulmuştur. Bu çalışmada da önleyici koruma anlayışı esas alınmıştır. Bronz eserlerin temizlik yöntemlerinde ise hem esere hem de çevreye en az zararı verebilmek için kimyasal temizlik yöntemleri zorunlu haller dışında terkedilmiş, ucuz ve ulaşılması kolay malzemeler kullanılarak yapılan mekanik temizlik tercih edilmiştir.

Arkeolojik kazılarda arkeolog-konservatör ilişkisi çok önemlidir. Bu, bulunan eserin sağlıklı şekilde korunabilmesi kadar iş gücü ve zaman açısından da değerli bir birlikteliktir. Arkeologların, bulunan bir eserin kaldırılarak laboratuvara getirilme sürecini bir konservatör kadar sağlıklı yönetemeyecekleri varsayılmalıdır. Uluslararası kazılarda kaldırma yöntemleri uygulanırken arkeolog-konservatör iş birliğine özel bir önem verilmektedir. Ancak ülkemizde halen birçok arkeolojik kazıda konservatör, laboratuvarda sağlıksız şekilde alandan kaldırılmış ve zarar görmüş eserler ile çalışmak zorunda kalmaktadır.

Laboratuvar çalışmaları tamamlanan eserlerden kazı başkanlığınca envanterlik olarak ayrılmasına karar verilenlerin ilgili müzelere teslim edilmeleri ya da etütlük olarak ayrılanların kazı depolarında muhafaza edilmeleri de konservatörün sorumluluğundadır. Depolarda, eserler için gerekli şartların oluşturulması ilerleyen yıllarda bu konuda çalışmalar yürütecek araştırmacıların sağlıklı şekilde çalışabilmeleri için kritik önemdedir. Bu önem göz önüne alındığında eserlerin stabilizasyon ve saklanması için kullanılan RP sistem gibi yenilikçi yöntemlerin değeri daha iyi anlaşılmaktadır.

Analitik analiz yöntemleri konservatörlerin sıklıkla başvurdukları yöntemlerdir. Ancak bazı yöntemlerin uygulanması artık eserlerin korunması açısından tavsiye edilmemektedir. Bu konularda yapılan son 15-20 yıllık süre içindeki yayınlar tarandığında bronz eserlerde koruma uygulamalarındaki yenilikler izlenebilmektedir. Bu çalışmada bronz eserlerin günümüzdeki koruma uygulamaları anlatılırken modern analitik yöntemler de tanıtılmış, seçilen örneklerin analizleri yetkili laboratuvarlarda yaptırılmış ve sonuçlar uzman görüşlerine başvurularak değerlendirilmiştir. Analitik çalışmalar yalnızca eserde oluşan bozulmaları ya da eserin elementsel içeriğini göstermekle kalmamaktadır. Aynı zamanda eserlerin alaşımlarının elde edildiği madenler hakkında da öngörüşler oluşturabilmemizi sağlamaktadır. Analitik analizler sonucunda bu çalışmada ele alınan eserlerden bir kısmının Kütahya çevresindeki maden alanlarından elde edildiği anlaşılmaktadır.

Örneğin, AEV-15 buluntu numaralı bronz çanın P-XRF analizlerinde bakır, kurşun ve kalayın yanı sıra antimon (Sb) görülmüştür. Antimon, insanlar tarafından çok eski zamanlardan beri kullanılan bir metaldir ve kalay-kurşun gibi metaller, antimon ilave edilerek büyük ölçüde sertleştirilebilirler. Antimon, kurşun ve gümüş gibi metalik elementlerle bileşik oluşturma yeteneği nedeniyle doğada ender olarak nabit halde bulunur. Kütahya Simav'da Karakoca maden sahasında geçmiş yıllarda kurşun, kalay ve bakır işletmeciliği yapıldığı bilinmektedir. Karakoca madenine yakın alanlarda zengin antimon yatakları bulunmaktadır. Karakoca madeninin antik çağlarda kullanılıp kullanılmadığıyla ilgili bir araştırma bulunmamaktadır. Ancak AEV-15 buluntu numaralı çanda bakır, kurşun ve kalayın yanı sıra antimon'a rastlanması da bu alanların antikçağda Aizanoi'ye maden tedarik etmek için kullanılmış olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca P-XRF analizleri sonucunda, çalışılan eserlerin üçünde (AEV-15, ADT-11 ve AEV-11) görülen yüksek kurşun seviyeleri bu eserlerin "kurşun bronzları" oldukları anlaşılmıştır. Yüksek olasılıkla alaşımlarda kullanılan kurşun, Kütahya civarında antik dönemlerde işletildiği bilinen Gümüşköy, Aktepe, Tavukkırantepe gümüş-kurşun yatakları ve olasılıkla da Karakoca madeninden sağlanmış olmalıdır. AFB-24 numaralı sikkenin tipolojisi belirlenemediği için içerisinde barındırdığı yüksek kurşun oranına rağmen dolaşımda olabileceği düşünülerek bu değerlendirmeye katılmamıştır.

Analizler sonucu pirinç oldukları anlaşılan eserlerden ADT-12 numaralı sikkenin tipolojik değerlendirmeleri sonucu Uşak-Banaz'da bulunan Alia'ya da darp edildiği anlaşılmıştır. Alia'nın, MS 3.yy.da yoğun ticari faaliyetlere sahip olduğu anlaşılan Çavdarhisar'a yaklaşık 40 km.lik yakınlığı düşünüldüğünde bu sikkenin yöresel ticaret yoluyla Aizanoi'ye geldiği ve barındırdığı çinkonun da bu bölgeden tedarik edildiği düşünülebilir. Tepelik kısmı bronz, zincirinin ise prinç olduğu anlaşılan AEV-04 numaralı kantarın da aksamlarında kullanılan madenlerin değişik yerlerden temin edildikleri anlaşılmaktadır. AFD-02 numaralı obje, işlevi anlaşılamasa da barındırdığı yüksek gümüş oranı ve işçiliğiyle Aizanoi metalürji ustalarının becerileri göstermektedir. Barındırdığı gümüş ve kurşun da muhtemelen yine bölgedeki zengin maden yataklarından sağlanmıştır. Eserin üzerindeki zengin ve usta işi motifler, eserin kemer gibi bir aksesuara ya da gösterişli bir mobilyaya ait metal bir aksam olabileceğini düşündürmektedir.

Eserlerle ilgili yapılan analitik çalışmalara ilişkin tüm bu değerlendirmeler Aizanoi'li ustaların gelişmiş bir metalürji bilgisine sahip olduklarını ve bakır alaşımı eserlerin üretiminde yerel kaynakları kullandıklarını işaret etmektedir. Bu becerinin ekonomik hayata olumlu yansımaları da yadsınamaz. Aizanoi'nin MS III. yy.daki canlı ekonomisinin sebeplerinden biri olarak bu metalürji gösterilebilir. Ancak Aizanoi ve bulunduğu bölgenin madenciliği konusunda Hellenistik, Roma ve Bizans dönemlerini kapsayan fazla çalışma bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalar bölgenin madencilik faaliyetlerini daha çok tarihöncesi dönemler ile sınırlı tutmaktadır. İç Batı Anadolu ve Aizanoi'de yapılacak tarihi dönemlere ilişkin yeni metalürjik çalışmalar bölgenin madenciliği ve metal işçiliği konusunda daha kapsamlı bilgiler edinmemize yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

Akurgal, E. (1995). *Anadolu Uygarlıkları*. İstanbul: Net Turistik Yayınlar A.Ş

Akurgal, E. (2000). *Anadolu Kültür Tarihi*. Ankara: TÜBİTAK

Alia. (2023, 28 Aralık). İçinde Universitat Tubingen, The Digital Coin Cabinet of the Institute of Classical Archaeology. https://www.ikmk.uni-tuebingen.de/object?id=ID957

Antimon. (2024, 6 Haziran). İçinde MTA. https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/antimuan

Araştırma Tarihçesi (2023, 9 Haziran). İçinde DPU Aizanoi Antik Kenti https://aizanoi.dpu.edu.tr/tr/index/sayfa/13876/arastirma-tarihcesi

Aslantaş, Y., & Yılmaz, C. A. (2022). Kalkolitik ve Tunç Çağlarında Arslantepe'de Madencilik. İçinde Y. E. Tansü (Der.), *Şehir Tarihi Araştırmaları* (ss. 25-39). Ankara: IKSAD.

ASTM, (1990). Standard Practice for Preparing Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. *American Standards for Testing and Materials, 01*(90), 35-41. https://www.scribd.com/document/339985152/G1-pdf

Aydın, M., (2009). Schlumberger, M. Gustave. İçinde *TDV İslâm Ansiklopedisi* (Cilt. 6, ss. 232).

Bardakçı, A., & Bardakçı, K. (2019). *Taşeli ve Yakın Çevresinin Prehistorik (Tarih Öncesi) Dönem Bakır Madenciliği. 12,* 93-112.

Basilissi, V., Pannuzi, S., & Rivaroli, L., (2020). The Retouching on Archaeological Metal Artifacts: Refections and Proposals, Between Theory and Practice. *Ge-conservacion, 18*(1), 356-361. https://doi.org/10.37558/gec.v18i1.831

Bassett, J., & Chase, W. T. (1995). Considerations in the Cleaning of Ancient Chinese Bronze Vessels. İçinde D. A. Scott, J. Podany, & B. B. Considine (Ed.), *1. Art Metal-Work Conservation and Restoration Congresses*: Kasım 1991, Los Angelas, (ss. 63-74) Getty Publications, Los Angelas.

Başak, O. (2005). Diyarbakır'da Maden Sanatının Gelişimi. *Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi*, (15), 53-68.

Başak, O. (2008). Taş Çağı'ndan Tunç Çağı'na Anadolu'da Maden Sanatın Gelişimi ve Kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Dergisi,* (21), 15-33.

Başaran, C., Koçak, E., Ergürer, H. E., & Kasapoğlu, H. (2012). Parion Nekropolü'nde Bulunan Bronz Amphoranın Konservasyonu ve Restorasyonu. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 27. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, (ss.55-71). Malatya.

Baykan, C. (2018). Arkeolojik Buluntuların Koruma ve Onarımında Paraloid (B-72). *Mimarlar Arkeologlar Sanat Tarihçileri Restoratörler Ortak Platformu E-Dergisi, 12*(1), 1-9. https://dergipark.org.tr/tr/pub/masrop/issue/49589/635413

Baykan, D. (2016). Antik Metalurji Uygulamaları. *MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi, 9*, 61-67.

Beşkonaklı, J. (2010). *Dolmabahçe Sarayı'nda Endirekt Koruma Yöntemleri*. [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Bingöl, I. (1999). Türkiye'de Konservasyonun Tarihi. *1.Ulusal Taşınabilir Kültür Varlıkları Konservasyonu ve Restorasyonu Kolokyumu*, (ss.9-15). Ankara.

Boersma, F. (2016). Preventive Conservation more than 'Dusting Objects'? An Overview of the Development of the Preventive Conservation Profession. *Journal of the Institute of Conservation, 39*(1), 3-17. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19455224.2015.1136463

Caminnecci, V. (2014). Alla Foce dell'akragas. Storia ed Archeologia dell'antico Emporion di Agrigento. *Le opere e i giorni. Lavoro, produzione e commercio tra passato e presente,* 151-180. https://www.academia.edu/8309305/Alla_foce_dellAkragas_Storia_e_archeologia_dellantico_Emporion_di_Agrigento

Carroll, S., & Collas, T. (1999). Kazı Laboratuvarında Sağlık ve Güvenlik Önlemleri. *Japon Anadolu Arkeoloji Enstitüsü Kazı Notları Dergisi*, 6. http://www.jiaa-kaman.org/images/fn/pdf/fieldnotes_no_6.pdf

CAU. (Tarih yok). Uluburun Shipwreck. 28.05.2024 tarihinde https://www.tf.uni-kiel.de/matwis/amat/iss/kap_a/illustr/ia_1_8.html

Cesur, B. (2019). *Aizanoi Kazısı 1978-2018 Yılları Yerleşim Alanı Madeni Buluntuları*. [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Eskişehir.

Coşkun, G., Özbay, F., & Çevirici Coşkun, F. (2023). Aizanoi 2021. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 42. Kazı Sonuçları Toplantısı 2*, (ss.419-440). Ankara.

Coşkun, G., Özbay, F., Çevirici Coşkun, F., & Usta, H. (2024). Aizanoi 2022. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 43. Kazı Sonuçları Toplantısı 5*, (ss.185-206). Ankara.

Cronyn, J. M. (1990). *The Elements of Archeological Conservation.* Londra: Routledge Publishing.

Çal, H. (1997). Osmanlı Devleti'nde Âsâr-ı Atîka Nizamnâmeleri. *Vakıflar Dergisi,* (26), 391-400.

Çetin, C. (2013). Arkeolojik Kazı Alanında Önleyici Koruma. İçinde Görkem Kökdemir (Ed.), *Orhan Bingöl'e 67. Yaş Armağanı* (ss. 83-102). Ankara: Bilgin Kültür Sanat Yayıncılık.

Dardeniz, G. (2022). A New Paradigm for the Future of Archaeometallurgy in Anatolia: Review of Thai Archaeology Monograph Series (TAM). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration,* (167), 209-214. https://doi.org/10.19111/bulletinofmre.990063

Davey, C. (2009). The Early History of Lost-Wax Casting. *Metallurgy and Civilisation: Eurasia and Beyond*, 147-154. https://www.academia.edu/4614800/The_early_history_of_lost_wax_casting

Dinçol, A. M. (1982). Hititler Öncesinde Anadolu. İçinde *Anadolu Uygarlıkları Ansiklopedisi* (C. 1, ss. 14-16). Görsel Yayınlar.

Doğan, İ. B. (2012). *Tarihöncesinde Ticaret ve Değiş Tokuş*. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

Doğruer, F. S., & Şener, Y. S. (2017). Efes Müzesi'nin Mekânsal ve Yapısal Özelliklerinin Önleyici Koruma Açısından İncelenmesi. *Sanat ve Tasarım Dergisi, 20*, 239-254.

Dooijes, R. (2012). Ancient Repairs on Bronze Objects. *EXARC Journal, EXARC Journal Issue 2012*(3). https://exarc.net/issue-2012-3/ea/ancient-repairs-bronze-objects

Duman, B., & Duman, A. D. (2022). Tripolis'ten Bronz Bir Kantar. *TTK Höyük,* (9), 137-154. https://10.37879/hoyuk.2022.137

Efe, T. (1990). 1988 Yılında Kütahya, Bilecik ve Eskişehir İllerinde Yapılan Yüzey Araştırmaları. *Anadolu Araştırmaları*, *XII*, 1-19.

Ehsani, A., & Yazıcı, E. Y. (2016). Anadolu'da Bakır Madenciliği ve Kullanımının Kısa Tarihçesi. *MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi, 5*(9), 43-48.

Erhan, F., Girginer, S., & Tekin, O. (2008). Mersin Arkeoloji Müzesi'nden Bir Grup Antik Dönem Etütlük Sikkesinin Temizlik ve Koruma Çalışmaları ile Tarihlendirilmesi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, *17*(2), 133-162.

Erler, A. (1979). Karakoca (Simav-Kütahya) Kurşun Çinko Yatağı Kükürt İzotoplarının İncelenmesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22*, 117-119.

Esin, U. (1969). *Kuantitatif Spektral Analiz Yardımıyla Anadolu'da Başlangıcından Asur Kolonileri Çağına Kadar Bakır ve Tunç Madenciliği*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

Faltermeier, R. B. (1995). *The Evaluation of Corrosion Inhibitors for Application to Copper and Copper Alloy Archaeological Artefacts*. [Doktora Tezi]. University of London, Londra.

Faltermeier, R. B. (1998). A Corrosion Inhibitor Test for Copper-Based Artifacts. *Studies in Conservation, 44*(2), 121-128. https://doi.org/10.1179/sic.1999.44.2.121

Fidan, E. (2016). Tarih Öncesi Dönemlerde Anadolu'da Kullanılmış Olan Maden Yatakları. *MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi*, (9), 49-59.

Fidan, E. (2017). Madenciliğin Beşiği Anadolu: Tarih Öncesi Dönemlere Ait Bakır Yatakları. *Belleten, 81*(292), 667-676.

Fiorentino, P. (1995). Restoration of the Monument of Marcus Aurelius: Facts and Comments. İçinde D. A. Scott, J. Podany, & B. B. Considine (Ed.), *1. Art Metal-Work Conservation and Restoration Congresses*: Kasım 1991, Los Angelas, (ss. 21-32) Getty Publications, Los Angelas.

Foley, K. (1995). The role of the objects conservator in field archaeology. *Conservation on archaeological excavations*, 11-20. https://www.iccrom.org/sites/default/files/2018-02/1995_stanley-price_excavations_mediterranean_eng_61233_light.pdf

Franken, N. (1993). Zur Typologie Antiker Schnellwaagen. *Bonner Jahrbücher,* (193), 69-120. https://doi.org/10.11588/bjb.1993.0.61990

Gençer, G. M. (2021). The Importance of Corrosion Protection of Metal-Containing Historical Artifacts and Common Methods Used for Preservation. *International Journal of Environment and Geoinformatics, 8*(4), 514-520. https://doi.org/10.30897/ijegeo.915698

Guichen, de G. (1999). Preventive Conservation: A Mere Fad or Far-reaching Change. İçinde *Preventive Conservation* (ss. 4-6). UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114933

Gustave Schlumberger. (2023, 25 Eylül). İçinde Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Gustave_Schlumberger#:~:text=L%C3%A9on%20Gustave%20Schlumberger%20(17%20October,the%20coinage%20of%20the%20crusades.

Güçlütürk, T. (1999). *Bronz Eserlerin Konservasyon ve Restorasyon Sorunları*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, İstanbul.

Güney, H. (2017). Jeoloji ve Gemoloji Bilimlerinde Kullanılan Tahribatsız Arkeometrik Yöntemler ve Cihazların Günümüz Arkeoloji Biliminde Kullanımı ve Gerekliliği. *International Journal of Interdisciplinary and Intercultural Art, 2,* 89-98.

Gürçal, E. (2015). *X-ışınları Floresans Tekniği ile Raman Spektroskopisi'nin Arkeolojide Kullanımı ve Gökçeada Uğurlu-Zeytinlik Yerleşmesindeki Malzemeler Üzerinde Uygulamaları*. [Yüksek Lisans Tezi]. Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Edirne.

Hanson, J. (2022). Semi-Circular Collar For Steelyard. 12.12.2023 tarihinde http://museum.doaks.org/objects-1/info/36393

Head, B. V. (1906). *Catalogue of the Greek Coins of Phrygia*. Londra: BMC.

Head, B. V. (1911). *Historia Numorum: a Manual of Greek Numismatics*. Oxford: Clarendon Press.

ICOM-CC. (1984). *Definition of the Profession*. www.icom-cc.org: https://www.icom-cc.org/en/definition-of-the-profession-1984

ICOM-CC. (2008). *Terminology for Conservation*. www.icom-cc.org: https://www.icom-cc.org/en/terminology-for-conservation

ICOMOS (1964). *International Charter For The Conservation And Restoration Of Monuments And Sites*. https://www.icomos.org/en/participer/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/157-thevenice-charter

Işık, İ. (2018). Karakterizasyon ve Tarihlendirme Çalışmalarının Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi. *CEDRUS The Journal of MCRI, VI*, 713-736. https://doi.org/10.13113/CEDRUS/201834

Işıklı, M. (2005). *Doğu Anadolu Erken Transkafkasya Kültürünün Karaz, Pulur ve Güzelova Malzemesi Işığında Tekrar Değerlendirilmesi*. [Doktora Tezi]. Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, İzmir.

İşdaş, O. (2010). *Elektrokimyasal Korozyon İlkeleri.* 01.01.2023 tarihinde www.metalurji.org.tr: https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi155/d155_4548.pdf

Joseph, E., Letardi, P., Comensoli, L., Simon, A., Junier, P., Job, D., & Wörle, M. (2013). Assessment of a biological approach for the protection of copper alloys artefacts. *Metal 2013 Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC metal working group*, 203-208. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1430.0009

Joseph, E. (2021). Biopassivation Method for the Preservation of Copper and Bronze Artefacts. *Frontiers in Materials, 7*, 1-7. https://doi.org/10.3389/fmats.2020.613169

Kaptan, E. (1983). Türkiye Madencilik Tarihîne Ait Kütahya-Gümüşköy ve Yöresini Kapsayan Buluntular. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 97*(98), 140-147.

Kaptan, E. (1990). Türkiye Madencilik Tarihine Ait Buluntular. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi Dergisi, 111,* 175-186.

Kaptan, E. (1991). Eski Anadolu Madenciliğine Ait Yeni Tarihlenen Buluntular. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, VII. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, (ss.95-106). Çanakkale.

Kaptan, E. (2013). Boğazköy Müzesi'nde Eski Madenciliğe Ait Taş Havan. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 28. Arkeometri Sonuçları Toplantısı*, (ss.133-142). Çorum.

Karaduman, B. (2017). *Taramalı Elektron Mikroskobu ile Kriminolojik Saç Analizi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kriminalistik Anabilim Dalı, Bursa.

Karakaya, S. (2019). Köşk Höyük Kazılarında Ele Geçen, Kullanıldığı Dönemde Onarım Görmüş Bir Küpün Restorasyon-Konservasyon Çalışmaları. İçinde *Uğur Silistreli Anı Kitabı: Anadolu Arkeolojisi Üzerine Yazılar: C. III.3* (ss. 197-210). Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Arkeoloji Bölümü Dergisi.

Karatak, A., Keskin, H. L., Fidan, S. S., & Fidan, E. (2021). Eskişehir ve Kütahya İlleri Tarih Öncesi Dönem Yüzey Araştırması (Ekar) 2020 Yılı Madencilik ve Metal İşçiliği Araştırmaları. İçinde *Kütahya Arkeoloji, Sanat Tarihi ve Tarih Araştırmaları (2020 Yıllığı): C. VIII* (ss. 173-194).

Karatak, A., Fidan, E., & Keskin, H. L. (2024). Arkeolojik ve Tarihsel Bağlamda Kütahya'da Madencilik ve Metal İşçiliğine Dair Yeni Bulgular. *MT Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi, 25*, 57-78.

Kartalkanat, A. (2008). Anadolu'da Madenciliğin Tarihçesi; Kütahya-Gümüşköy'de 3500 Yıldır Süren Madencilik Çalışmaları, *MTA Dergisi, 137*, 91-97.

Kısıklı, S. (2006). *MÖ II. Binde Orta Anadolu Madenciliği ve Orta Anadolu Ticaretinde Madenin Konumu*. [Yüksek Lisans Tezi]. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.

Kocabaş U. (1997). *Arkeolojik Sualtı Kalıntılarının Konservasyonu*. İstanbul: Norm Ajans.

Kökten, E. H. (1994). Balıkesir Üçpınar Tümülüsü Araba Buluntuları Konservasyon Projesi Sonuçları ve Sardes, Bintepeler Tümülüsü Araba Buluntuları Ön Çalışması. *X. Arkeometri Toplantısı Sonuçları*, (ss.221-227). Ankara.

Kökten, E. H. (1999). Türkiye'de Taşınabilir Kültür Varlıklarının Konservasyonu Konusunda Etik Birliğinin Sağlanması. *1.Ulusal Taşınabilir Kültür Varlıkları Konservasyonu ve Restorasyonu Kolokyumu*, (ss.33-37). Ankara.

Kökten E. H. (2002). Arkeolojik Kazılarda Metal Buluntuların Konservasyonu. *Japon Anadolu Arkeoloji Enstitüsü Kazı Notları Dergisi, 11*. https://cool.culturalheritage.org/byorg/takiact/pdf/fieldnotes11.pdf

Köroğlu, Ş. (2019). *Pedasa Antik Kentinde Ele Geçen Bronz Kazanlar ve Koruma-Onarım Uygulamaları*. [Yüksek Lisans Tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Muğla.

Kurtarma arkeolojisi. (2021, 2 Temmuz). İçinde Wikipedia. https://tr.wikipedia.org/wiki/Kurtarma_arkeolojisi

Kütahya İli Maden ve Enerji Kaynakları. (2010). MTA. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden_potansiyel_2010/kutahya_madenler.pdf

Lopes, F., Silva, R. J. C., Araújo, M. F., & Correia, V. H. (2016). Roman Situlae from Conimbriga (Portugal): Compositional and Microstructural Characterization of Anthropomorphic Handle Attachments. *Materials and Manufacturing Processes*, 1-9. http://dx.doi.org/10.1080/10426914.2016.1221102

Lyon, J., & Taylor, J. (2003). Excavation of the 4040 Area. *Çatalhöyük 2003 Archive Report.* https://www.catalhoyuk.com/archive_reports/2003/ar03_04.html

Macleod, I. D. (1981). Bronze Disease: An Electrochemical Explanation. *ICCM Bulletin, 7*(1), 16-26. https://www.academia.edu/63595710/Bronze_Disease_An_Electrochemical_Explanation

Mantler, M., & Schreiner, M. (2001). X-ray Analysis of Objects of Art and Archaeology, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 247-3: 635-644. https://doi.org/10.1023/a:1010671619353

Mereu, M., Basilissi, V., Guida, G., Vidale, M., Casaletto, M. P., Ingo, G. M., Drago, L., & Greco, E. (2011). Conservation of Copper Alloys Artefacts from Archaeological Excavation. *YOCOCU: Contribute and Role of Youth in Conservation of Cultural Heritage,* (2), 163-175. https://doi.org/10.13140/2.1.2424.3525

Mircea, O., Sandu, I., Vasilache, V., & Sandu, I. G. (2012). A Study on the Deterioration and Degradation of Metallic Archaeological Artifacts. *International Journal Of Conservation Science, 3*(3), 179-188. https://ijcs.ro/pub/IJCS-12-18-Mircea.pdf

Molina, M. T., Cano, E., & Ramírez-Barat, B. (2023). Protective Coatings for Metallic Heritage Conservation: A Review. *Journal of Cultural Heritage, 62*, 9-113. https://doi.org/10.1016/j.culher

Mühlhans, J., & Pomberger, B. M. (2024). Roman Bells and Avar Pellet Bells Cast in Copper Alloys: the Materials' Influence on Acoustic and Psychoacoustic. *Studia Archaeologica Brunensia, 28*(2), 145-174. https://digilib.phil.muni.cz/sites/default/files/pdf/SAB2023-2-05.pdf

Okumuş, S. (2012). Side Müzesi Sikke Konservasyon Çalışmaları. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 21. Müze Çalışmaları ve Kurtarma Kazıları Sempozyumu*, (ss.169-184). Marmaris.

Orhan, B., & Yaldız, E. (2021). Koruma Kavramının Bileşeni Olarak Yeniden Kullanımın Sürdürülebilirliğe Katkıları. *Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi, 3*(4), 44-63. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2030379

Özçatal, M. (2013). *Seramik ve Metal Buluntuların Arkeometrik Karakterizasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi]. Anadolu Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Eskişehir.

Özdağ, M. (2015). *Antik Metallerin Restorasyonu ve Konservasyonu*. [Yüksek Lisans Tezi]. Arel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Özdemir, S. (2016). Arkeolojik Metal Buluntuların Depolanmasında RP (Devrimci Koruma) Sisteminin ve Escal Paketleme Yönteminin Kullanımı. *Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Ulusal Müzecilik Sempozyumu Bildirileri 20-22 Mayıs 2015*, (ss.433-440). İstanbul.

Özdoğan, M. (2011). *50 Soruda Arkeoloji.* İstanbul: Bilim ve Gelecek Kitaplığı.

Özer, E., & Korkmaz, H. (2014). Tarihsel Süreçte Aizanoi Kentindeki Dört Yapıda Tahrip ve Koruma. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* (18), 11-20. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/411548

Özer, E., & Özcan, S. (2022). Aizanoi Antik Kenti Penkalas Çayı Arkeoloji ve Restorasyon Çalışmaları. *Art-Sanat, 18,* 295-318. http://dx.doi.org/10.26650/artsanat.2022.18.1021334

Özer, E., Türkan, A., & Erdinç, Z. (2022). Aizanoi Antik Kenti 2019 ve 2020 Kazı Sezonları Kazı ve Araştırmaları. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 2019-2020 Yılı Kazı Çalışmaları 2*, (ss.19-36). Ankara.

Özen, L. (1999). Bronz Kanseri (hastalığı). *1.Ulusal Taşınabilir Kültür Varlıkları Konservasyonu ve Restorasyonu Kolokyumu*, (s.177-184). Ankara.

Patel, A. B. (2014). Conservation of Archaeological Metal Artifacts-Emphasizing on Copper/Bronze. *Heritage: Journal of Multidisciplinary Studies in Archaeology*, 2: 347-358.

Paterakis, A. B., & Omura, S. (2017). Orta Anadolu'da Bulunan Bronz Eserler Üzerinde Doğu ve Batının Etkisi: Kaman-Kalehöyük'ten Küçük Bronz Buluntular. *Bronz Sanat: Yunanlılar ve Mirasları, XIX. Uluslararası Antik Bronzlar Kongresi*, 175-182. Chicago. www.getty.edu/publications/ artistryinbronze/hellenistik-doğu/21-paterakis/

Pavlovic, N. K. (2020). *Antik Ören Yerlerindeki Mimari Eserlere XX. Yüzyılda Yapılan Koruma ve Onarım Uygulamalarının Değerlendirilmesi ve Çağdaş Bir Yaklaşım Önerisi:Re-Restorasyon*. [Doktora Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Peachey, C., & Salzman, E. (1999). Arazide Konservasyon Çalışmalarının Belgelenmesi. *Japon Anadolu Arkeoloji Enstitüsü Kazı Notları Dergisi, 8*. http://www.jiaa-kaman.org/images/fn/pdf/fieldnotes_no_8.pdf

Pollard, M. (2018). Archaeometallurgical Chemistry 1870-1920: The High Point of Gravimetric Analysis. *Historical Metallurgy, 52*(2), 110-117. https://hmsjournal.org/index.php/home/article/view/21/20

Resmi Gazete. (1983). Kanun No: 2863, Sayı: 18113

Resmi Gazete. (2004). Kanun No: 5226, Sayı: 25535

Resmi Gazete. (2008) Sayı: 26993

Rose, T., Fabian, P., & Goren, Y. (2023). The (in)visibility of Lost Wax Casting Moulds in the Archaeological Record: Observations From an Archaeological Experiment. *Archaeological and Anthropological Sciences,* 15-31. doi.org/10.1007/s12520-023-01731-6

Sansar, A. (2018). *Denizli Müze Müdürlüğü Kurtarma Kazılarından Ele Geçen Bakır ve Bakır Alaşımı Etütlük Eserlerin Bozulma Durumlarının İncelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Pamukkale Üniversitesi, Arkeoloji Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Anabilim Dalı, Denizli.

Schachner, A. (2011). Boğazköy-Hattuşa 2009 Yılı Çalışmaları. *T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 32. Kazı Sonuçları Toplantısı* 4, (ss.212-232). Ankara.

Schlumberger, G. (1883). Documents Pour Servir a L'histoire Des Thèmes Byzantins Sceaux De Plomb Inédits De Fonctionnaires Provinciaux. *Revue Archéologique, 1*, 277-298.

Scott, D. A. (1990). Bronze Disease: A Review of Some Chemical Problems and the Role of Relative Humidity. *Journal of the American Institute for Conservation, 29*(2), 193-206.

Scott, D. A. (1991). *Metallography and Microstructure in Ancient and Historic Metals.* Los Angeles: Getty Publications.

Scott, D. A. (2002). *Copper and Bronze in Art: Corrosion, Colorants, Conservation.* Los Angeles: Getty Publications.

Sease, C. (1978). Benzotriazole: a Review for Conservators. *Studies in Conservation, 23*(2), 76-85.

Sease, C. (1994). *A Conservation Manual for the Field Archaeologist.* California: Institute of Archaeology (UCLA). https://www.scribd.com/document/115013592/A-Conservation-Manual-for-the-Field-Archaeologist

Sease, C. (1999). Arkeolojik Kazıda Konservatörün Rolü. *Japon Anadolu Arkeoloji Enstitüsü Kazı Notları Dergisi, 1.* http://www.jiaa-kaman.org/images/fn/pdf/fieldnotes_no_1.pdf

Smith, C. S. (1975) Metallurgy as Human Experience. *Metallurgical and Materials Transactions A Physical Metallurgy and Materials Science, 6*(4), 603-623.

Simitsonit. (2024, 6 Haziran). İçinde MTA. https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/simitsonit

Soğandereli, F. (2019). *MÖ 3. Binyıldan 2. Binyıla Mezopotamya Anadolu İlişkileri*. [Lisans Bitirme Tezi]. Pamukkale Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Tarih Bölümü, Denizli.

Subaşılar, H. (2013). Teknik Sanat Tarihi: Sanat Eseri İncelemelerine Disiplinlerarası Yaklaşım. *Sanat Tarihi Yıllığı, 22,* 21-37.

Şahin, M. (2002). *Anadolulu Bir Mimar Hermogenes*. İstanbul: Ege Yayınları.

Şahin, M. (2018). Divriği Kalesi Kazısı'nda Bulunan Bir Grup Metal Objenin Konservasyon Çalışması. (CUJOSS) Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2, 129-144.

Şenol, F. (2017). Biyo-Remediasyon: Tarihi Yapılarda Kullanılan Karbonatlı Taşlarda Görülen Siyah Kabuk Tabakasının Temizliğinde Alternatif Bir Yöntem Olarak Biyo-Temizlik ve Biyosağlamlaştırma. *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Dergisi (IBAD), 2*(1), 1-15. https://doi.org/10.21733/ibad.2082

Şentürk, B. S. (2007). *Pirinç Alaşımlarının Ekstrüzyonunda Meydana Gelen Üretim Hatalarının Tespiti, Nedenleri ve Çözüm Yolları*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şimşek, G. (2005). *Topkapı Sarayı Müzesi Koleksiyonuna Ait Ka'be Perdelerindeki Metalik Tellerin Modern Yüzey Analiz Teknikleriyle İncelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şimsek, G., Casadio, F., Colomban, P., Bellot-Gurlet, L., Faber, K. T., Zelleke, G., Milande, V., & Moinet, E. (2014). On-Site Identification of Early Böttger Red Stoneware Made at Meissen Using Portable XRF: 1, Body Analysis, *Journal of American Ceramic Society, 97*(9), 2745-2754.

Şimşek, G. (2018). P-Xrf'in Kültürel Miras Eserleri Üzerine Yapılan Çalışmalarda Kullanımı, *Art-e Sanat Dergisi, 11(22),* 406-415. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/623982

Şimşek, G. F. (2020). Handheld X-Ray Fluorescence (XRF) Versus Wavelength Dispersive XRF: Characterization of Chinese Blue and White Porcelain Sherds Using Handheld and Laboratory-type XRF Instruments, *Applied Spectroscopy, 74/3,* 314-322.

Tanrıkulu, H. (2019). *Eski Knidos / Burgaz Kazısında Ele Geçen Metal Eserlerin Arkeometrik Yönden İncelenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi]. Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Batman.

Tekin, O. (1992). *Antik Numismatik ve Anadolu.* İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.

Tekin, H. (2015). *Eski Anadolu Madenciliği*. Ankara: Bilgin Kültür Sanat Yayınları.

Tulgar, S. (2014). Alman Çeşmesi ve Sultanahmet Örme Dikilitaşı'na Ait Metal Yapı Öğelerinin Konservasyon Uygulamaları. *Art-Sanat, 3,* 109-121.

Uğur, M. K. (2017). *Güneydoğu Anadolu'da Ubaid Kültürü*. [Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, İzmir.

Usta, R. B. (2023). *MÖ 3. ve 2. Binyıl'da Seyitömer Höyük Madenciliği*. [Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Anabilim Dalı, Ankara.

UNESCO. (2015). *Policy Document for the Integration of A Sustainable Development Perspective into the Processes of the World Heritage Convention*. whc.unesco.org/: https://whc.unesco.org/document/156000

Ünal, İ. H., Tuncer, S., Yoleri, B., Yücel, M. B., & Arslan, M. (2016). Türkiye ve Dünyada Bakır, *MTA Raporu,* Ankara. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Turkiyede_dunyada_bakir.pdf

X-ray. (2022, 9 Haziran). İçinde CAMEO. https://cameo.mfa.org/wiki/X-ray

Yarlıgaş, V. (2015). Kimyahane'den Merkez Laboratuvar'a Türkiye'nin İlk Koruma Laboratuvarının Tarihçesi Üzerine Bir İnceleme. *24. Müze Kurtarma Kazıları Sempozyumu ve 1. Uluslararası Müzecilik Çalıştayı*, (ss.299-319). Şanlıurfa.

Yılmaz, Z. (2019). *Parion Antik Kenti Bronz Sikke Buluntularında Analiz Verilerine Göre, Korunma Sorunları, Müdahalelerin Tespiti ve Koruma Onarım Uygulamaları*. [Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı, Ankara.

Yılmaz, Z., & Şener, Y. S. (2019) Arkeolojik Kazı Buluntusu Metallerin, Kazıda Bulunmalarından Koruma Onarım Uygulamalarına Kadarki Süreçleri. *Sanat ve Tasarım Dergisi, 23*, 431-439.

Yılmaz, Z., (2024). Bakır Alaşımı Buluntularda Sağlamlaştırma Yöntemleri. *Anatolian Archaeology, 3,* 45-54. https://dergipark.org.tr/tr/pub/anaarch/issue/83948/1353288

Yiğitpaşa, D., & Can, S. (2012) Van Müzesi Buluntuları Işığında Van-Muş Bölgesinde Erken Tunç Çağı ve Karaz Kültürü. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi, 5*(20), 274-291.

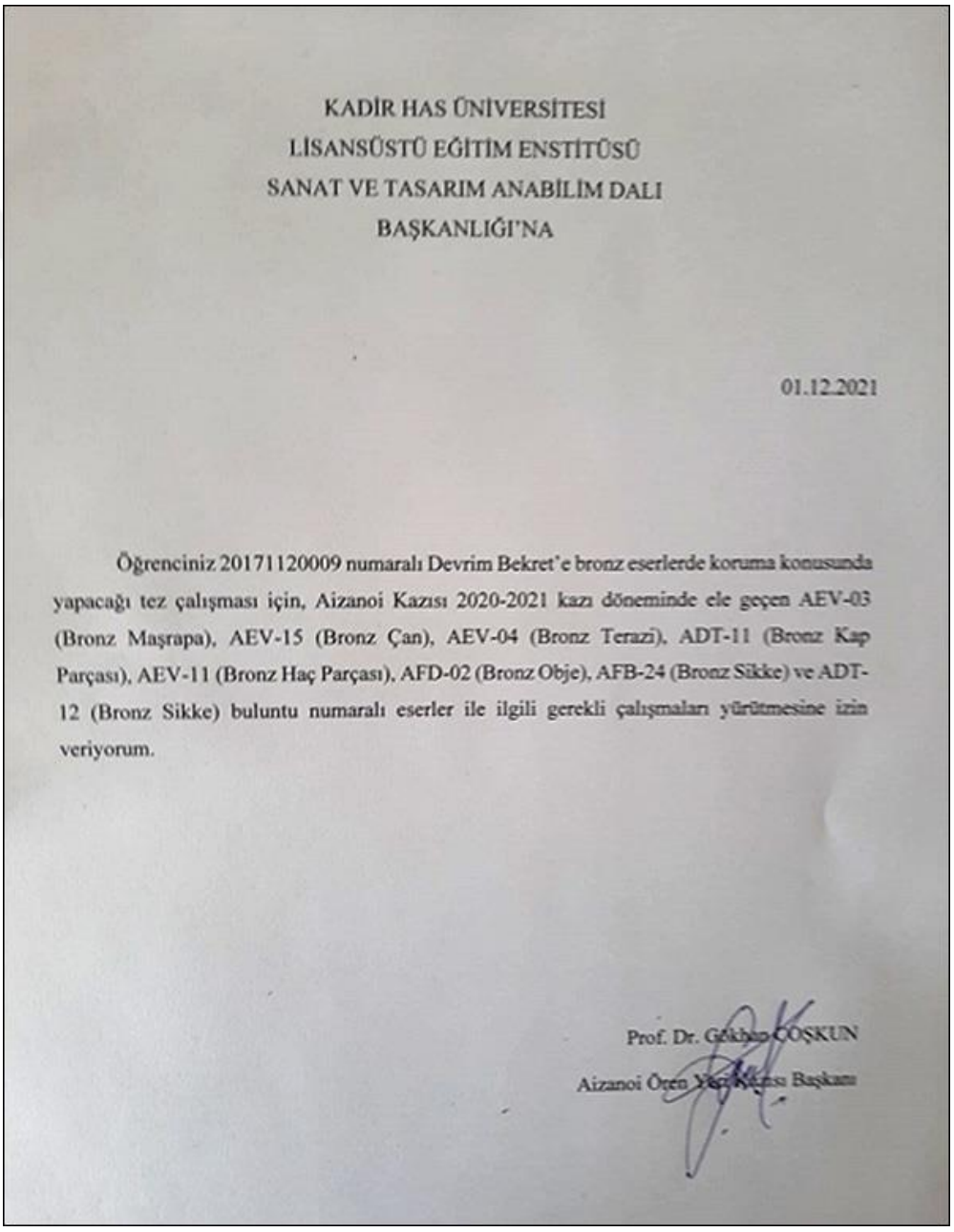
Yüceil, I. G. (2016). *Rezan Has Müzesi Urartu Takı Koleksiyonuna Ait Bir Grup Tunç Eserin Bozulmalarının Araştırılması ve Koruma-Onarım Uygulamaları*. [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Taşınabilir Kültür Varlıkları Koruma ve Onarım Anabilim Dalı, İstanbul.

Yüksel, İ. (2018). *Tarih Öncesi Dönemde Malatya*. [Doktora Tezi]. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tarih Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Zanini, A., Bresciani, V., & Yar, N. M. (2010). Mimari Taş Yüzeylerin ve Nesnelerin Lazerle Temizlenmesi. *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, 4, 89-93.

EK A

Aizanoi Kazı Başkanı Prof. Dr. Gökhan Coşkun'dan Tez Çalışması ve Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Analitik Çalışmalar İçin Alınan İzinler ve Belgeler



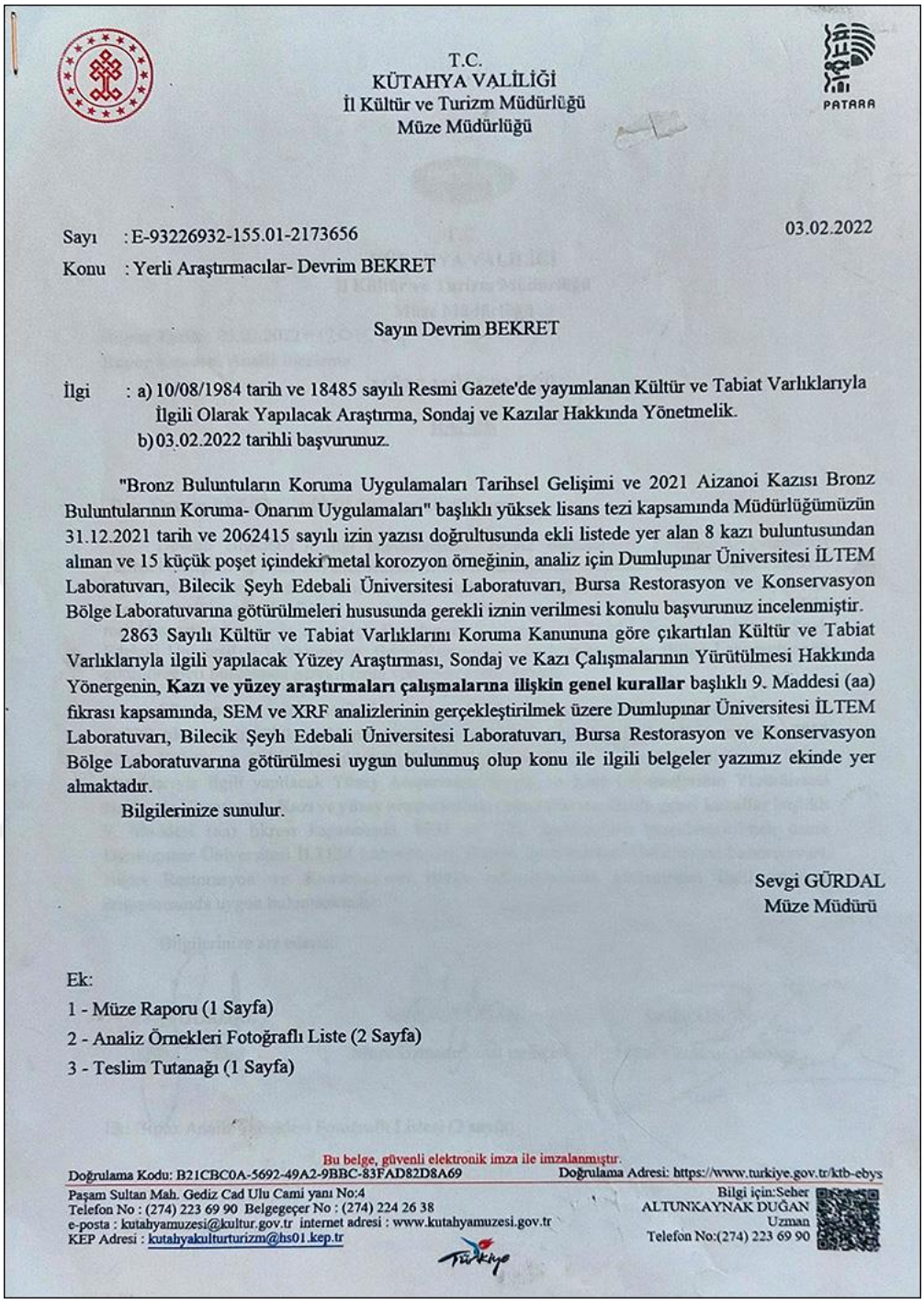
KADİR HAS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANABİLİM DALI
BAŞKANLIĞI'NA

01.12.2021

Öğrenciniz 20171120009 numaralı Devrim Bekret'e bronz eserlerde koruma konusunda yapacağı tez çalışması için, Aizanoi Kazısı 2020-2021 kazı döneminde ele geçen AEV-03 (Bronz Maşrapa), AEV-15 (Bronz Çan), AEV-04 (Bronz Terazi), ADT-11 (Bronz Kap Parçası), AEV-11 (Bronz Haç Parçası), AFD-02 (Bronz Obje), AFB-24 (Bronz Sikke) ve ADT-12 (Bronz Sikke) buluntu numaralı eserler ile ilgili gerekli çalışmaları yürütmesine izin veriyorum.

Prof. Dr. Gökhan COŞKUN
Aizanoi Ören Yeri Kazısı Başkanı

EK A.1 Aizanoi Kazı Başkanı Prof. Dr. Gökhan Çoşkun'un Devrim Bekret'in tez çalışması izni.



T.C.
KÜTAHYA VALİLİĞİ
İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
Müze Müdürlüğü

PATARA

Sayı : E-93226932-155.01-2173656 03.02.2022
Konu : Yerli Araştırmacılar- Devrim BEKRET

Sayın Devrim BEKRET

İlgi : a) 10/08/1984 tarih ve 18485 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla İlgili Olarak Yapılacak Araştırma, Sondaj ve Kazılar Hakkında Yönetmelik.
b) 03.02.2022 tarihli başvurunuz.

"Bronz Buluntuların Koruma Uygulamaları Tarihsel Gelişimi ve 2021 Aizanoi Kazısı Bronz Buluntularının Koruma- Onarım Uygulamaları" başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında Müdürlüğümüzün 31.12.2021 tarih ve 2062415 sayılı izin yazısı doğrultusunda ekli listede yer alan 8 kazı buluntusundan alınan ve 15 küçük poşet içindeki metal korozyon örneğinin, analiz için Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Laboratuvarı, Bursa Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarına götürülmeleri hususunda gerekli iznin verilmesi konulu başvurunuz incelenmiştir.

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanununa göre çıkartılan Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla ilgili yapılacak Yüzey Araştırması, Sondaj ve Kazı Çalışmalarının Yürütülmesi Hakkında Yönergenin, **Kazı ve yüzey araştırmaları çalışmalarına ilişkin genel kurallar** başlıklı 9. Maddesi (aa) fıkrası kapsamında, SEM ve XRF analizlerinin gerçekleştirilmek üzere Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Laboratuvarı, Bursa Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarına götürülmesi uygun bulunmuş olup konu ile ilgili belgeler yazımız ekinde yer almaktadır.

Bilgilerinize sunulur.

Sevgi GÜRDAL
Müze Müdürü

Ek:
1 - Müze Raporu (1 Sayfa)
2 - Analiz Örnekleri Fotoğraflı Liste (2 Sayfa)
3 - Teslim Tutanağı (1 Sayfa)

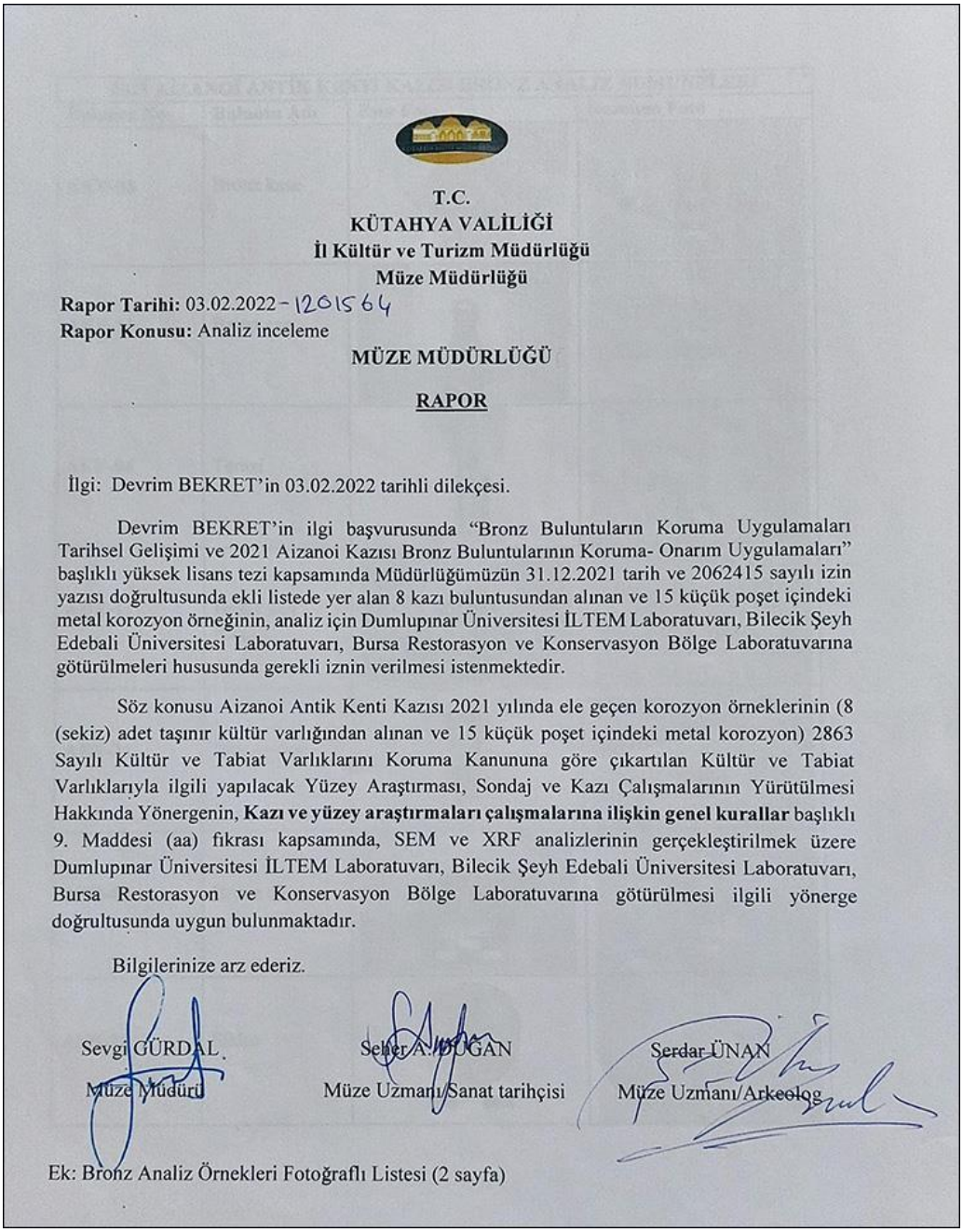
Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Doğrulama Kodu: B21CBC0A-5692-49A2-9BBC-83FAD82D8A69 Doğrulama Adresi: https://www.turkiye.gov.tr/ktb-ebys

Paşam Sultan Mah. Gediz Cad Ulu Cami yanı No:4
Telefon No : (274) 223 69 90 Belgegeçer No : (274) 224 26 38
e-posta : kutahyamuzesi@kultur.gov.tr internet adresi : www.kutahyamuzesi.gov.tr
KEP Adresi : kutahyakulturturizm@hs01.kep.tr

Bilgi için:Seher
ALTUNKAYNAK DUĞAN
Uzman
Telefon No:(274) 223 69 90

Türkiye

EK A.2 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan SEM ve XRF izinleri 1. sayfa.



T.C.
KÜTAHYA VALİLİĞİ
İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
Müze Müdürlüğü

Rapor Tarihi: 03.02.2022 - 120564
Rapor Konusu: Analiz inceleme

MÜZE MÜDÜRLÜĞÜ

RAPOR

İlgi: Devrim BEKRET'in 03.02.2022 tarihli dilekçesi.

Devrim BEKRET'in ilgi başvurusunda "Bronz Buluntuların Koruma Uygulamaları Tarihsel Gelişimi ve 2021 Aizanoi Kazısı Bronz Buluntularının Koruma- Onarım Uygulamaları" başlıklı yüksek lisans tezi kapsamında Müdürlüğümüzün 31.12.2021 tarih ve 2062415 sayılı izin yazısı doğrultusunda ekli listede yer alan 8 kazı buluntusundan alınan ve 15 küçük poşet içindeki metal korozyon örneğinin, analiz için Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Laboratuvarı, Bursa Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarına götürülmeleri hususunda gerekli iznin verilmesi istenmektedir.

Söz konusu Aizanoi Antik Kenti Kazısı 2021 yılında ele geçen korozyon örneklerinin (8 (sekiz) adet taşınır kültür varlığından alınan ve 15 küçük poşet içindeki metal korozyon) 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanununa göre çıkartılan Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla ilgili yapılacak Yüzey Araştırması, Sondaj ve Kazı Çalışmalarının Yürütülmesi Hakkında Yönergenin, **Kazı ve yüzey araştırmaları çalışmalarına ilişkin genel kurallar** başlıklı 9. Maddesi (aa) fıkrası kapsamında, SEM ve XRF analizlerinin gerçekleştirilmek üzere Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Laboratuvarı, Bursa Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarına götürülmesi ilgili yönerge doğrultusunda uygun bulunmaktadır.

Bilgilerinize arz ederiz.

Sevgi GÜRDAL	Seher A. DUGAN	Serdar ÜNAN
Müze Müdürü	Müze Uzmanı/Sanat tarihçisi	Müze Uzmanı/Arkeolog

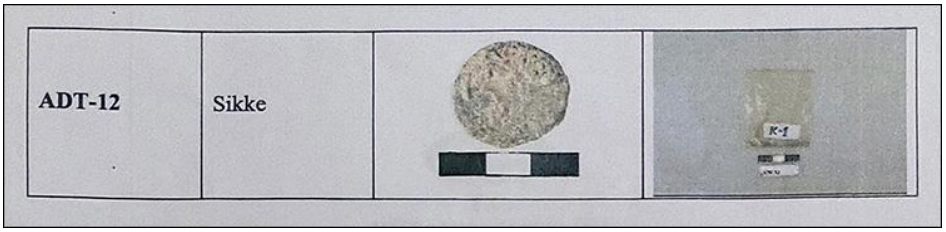
Ek: Bronz Analiz Örnekleri Fotoğraflı Listesi (2 sayfa)

EK A.3 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan SEM ve XRF izinleri 2. sayfa.



2021 AİZANOİ ANTİK KENTİ KAZISI BRONZ ANALİZ NUMUNELERİ			
Buluntu No	**Buluntu Adı**	**Eser Foto**	**Numune Foto**
AEV-03	Bronz kase		
AEV-15	Bronz çan		
AEV-04	Terazi		
ADT-11	Bronz kap parçası		
AEV-11	Haç parçası		
AFD-02	Bronz obje		
AFB-24	Sikke		

EK A.4 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan SEM ve XRF izinleri 3. sayfa.



EK A.5 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan SEM ve XRF izinleri 4. sayfa.



T.C.
KÜTAHYA VALİLİĞİ
İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
Müze Müdürlüğü

TUTANAK

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanununa göre çıkartılan Kültür ve Tabiat Varlıklarıyla ilgili yapılacak Yüzey Araştırması, Sondaj ve Kazı Çalışmalarının Yürütülmesi Hakkında Yönergenin, **Kazı ve yüzey araştırmaları çalışmalarına ilişkin genel kurallar** başlıklı 9. Maddesi (aa) fıkrası kapsamında Aizanoi Antik Kenti Kazısı 2021 yılında ele geçen 8 (sekiz) adet taşınır kültür varlığında alınan ve 15 küçük poşet içindeki metal korozyon örneğinin, SEM ve XRF analizlerinin gerçekleştirilmek ve Dumlupınar Üniversitesi İLTEM Laboratuvarı, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Laboratuvarı, Bursa Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarına götürülmek üzere aşağıda imzası bulunanlarca teslim edilmiş ve teslim alınmıştır.

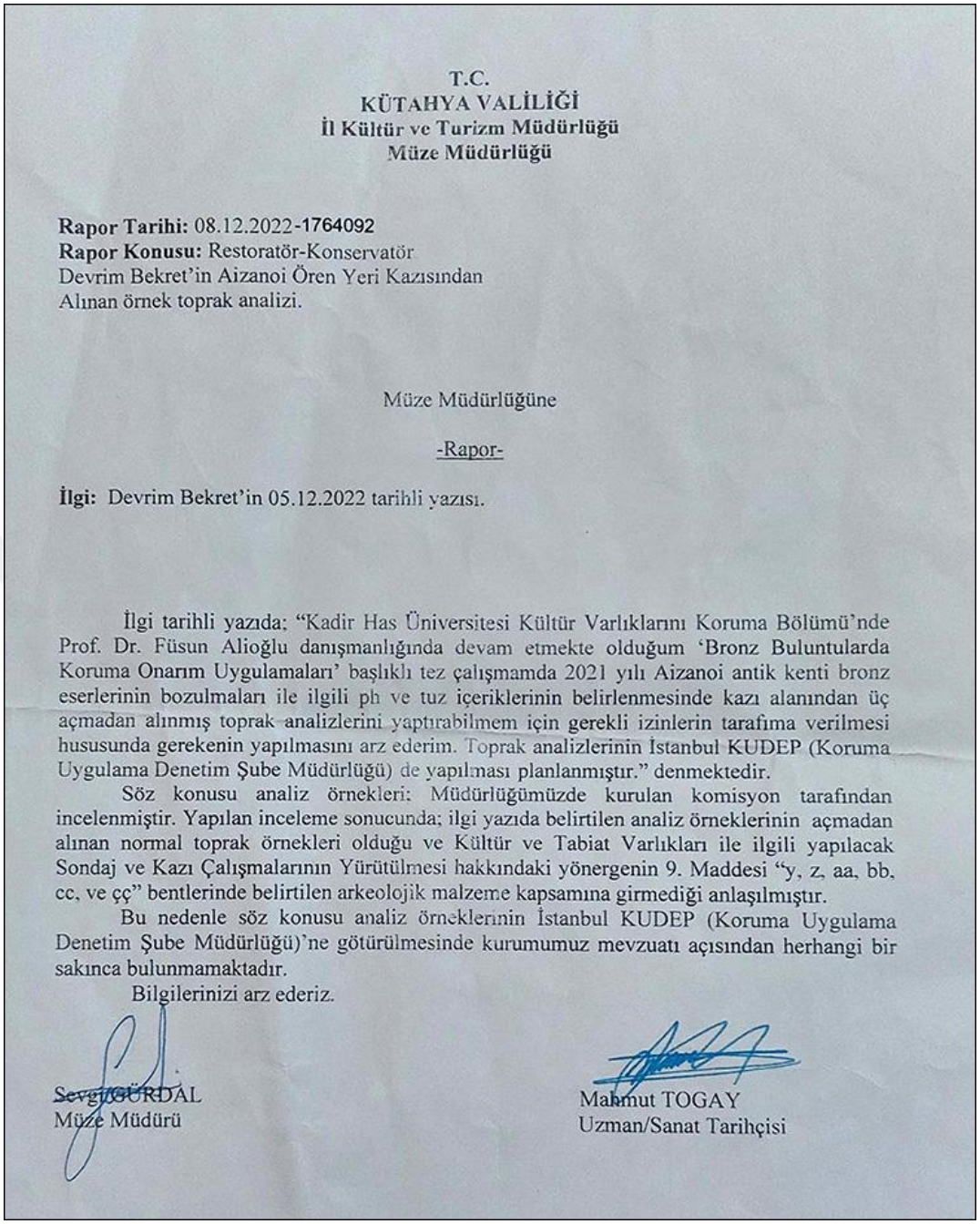
İş bu tutanak tarafımızdan imza altına alınmıştır. 03.02.2022

Teslim Eden
Seher A. DUĞAN
Müze Uzmanı/Sanat Tarihçisi

Hazır Bulunan
Yavuz OKTAY
Makine Teknikeri

Teslim Alan
Devrim BEKRET

EK A.6 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan SEM ve XRF izinleri 5. sayfa.



T.C.
KÜTAHYA VALİLİĞİ
İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
Müze Müdürlüğü

Rapor Tarihi: 08.12.2022-**1764092**
Rapor Konusu: Restoratör-Konservatör
Devrim Bekret'in Aizanoi Ören Yeri Kazısından
Alınan örnek toprak analizi.

Müze Müdürlüğüne

-Rapor-

İlgi: Devrim Bekret'in 05.12.2022 tarihli yazısı.

İlgi tarihli yazıda; "Kadir Has Üniversitesi Kültür Varlıklarını Koruma Bölümü'nde Prof. Dr. Füsun Alioğlu danışmanlığında devam etmekte olduğum 'Bronz Buluntularda Koruma Onarım Uygulamaları' başlıklı tez çalışmamda 2021 yılı Aizanoi antik kenti bronz eserlerinin bozulmaları ile ilgili ph ve tuz içeriklerinin belirlenmesinde kazı alanından üç açmadan alınmış toprak analizlerini yaptırabilmem için gerekli izinlerin tarafıma verilmesi hususunda gerekenin yapılmasını arz ederim. Toprak analizlerinin İstanbul KUDEP (Koruma Uygulama Denetim Şube Müdürlüğü) de yapılması planlanmıştır." denmektedir.

Söz konusu analiz örnekleri: Müdürlüğümüzde kurulan komisyon tarafından incelenmiştir. Yapılan inceleme sonucunda; ilgi yazıda belirtilen analiz örneklerinin açmadan alınan normal toprak örnekleri olduğu ve Kültür ve Tabiat Varlıkları ile ilgili yapılacak Sondaj ve Kazı Çalışmalarının Yürütülmesi hakkındaki yönergenin 9. Maddesi "y, z, aa, bb, cc, ve çç" bentlerinde belirtilen arkeolojik malzeme kapsamına girmediği anlaşılmıştır.

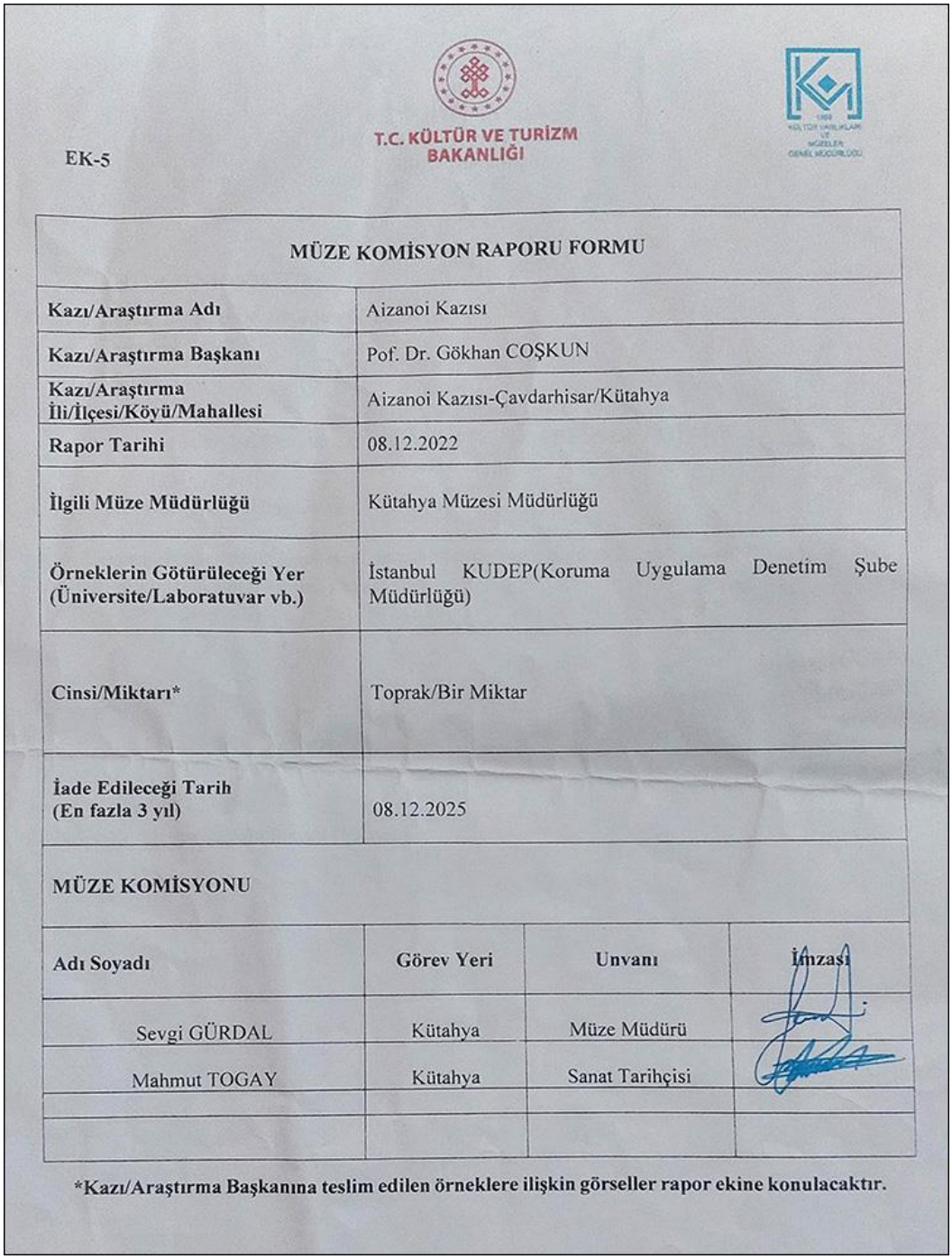
Bu nedenle söz konusu analiz örneklerinin İstanbul KUDEP (Koruma Uygulama Denetim Şube Müdürlüğü)'ne götürülmesinde kurumumuz mevzuatı açısından herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

Bilgilerinizi arz ederiz.

Sevgi GÜRDAL
Müze Müdürü

Mahmut TOGAY
Uzman/Sanat Tarihçisi

EK A.7 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan Toprak Analizleri izni 1. Sayfa.



EK-5

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

MÜZE KOMİSYON RAPORU FORMU

Kazı/Araştırma Adı	Aizanoi Kazısı
Kazı/Araştırma Başkanı	Pof. Dr. Gökhan COŞKUN
Kazı/Araştırma İli/İlçesi/Köyü/Mahallesi	Aizanoi Kazısı-Çavdarhisar/Kütahya
Rapor Tarihi	08.12.2022
İlgili Müze Müdürlüğü	Kütahya Müzesi Müdürlüğü
Örneklerin Götürüleceği Yer (Üniversite/Laboratuvar vb.)	İstanbul KUDEP(Koruma Uygulama Denetim Şube Müdürlüğü)
Cinsi/Miktarı*	Toprak/Bir Miktar
İade Edileceği Tarih (En fazla 3 yıl)	08.12.2025

MÜZE KOMİSYONU

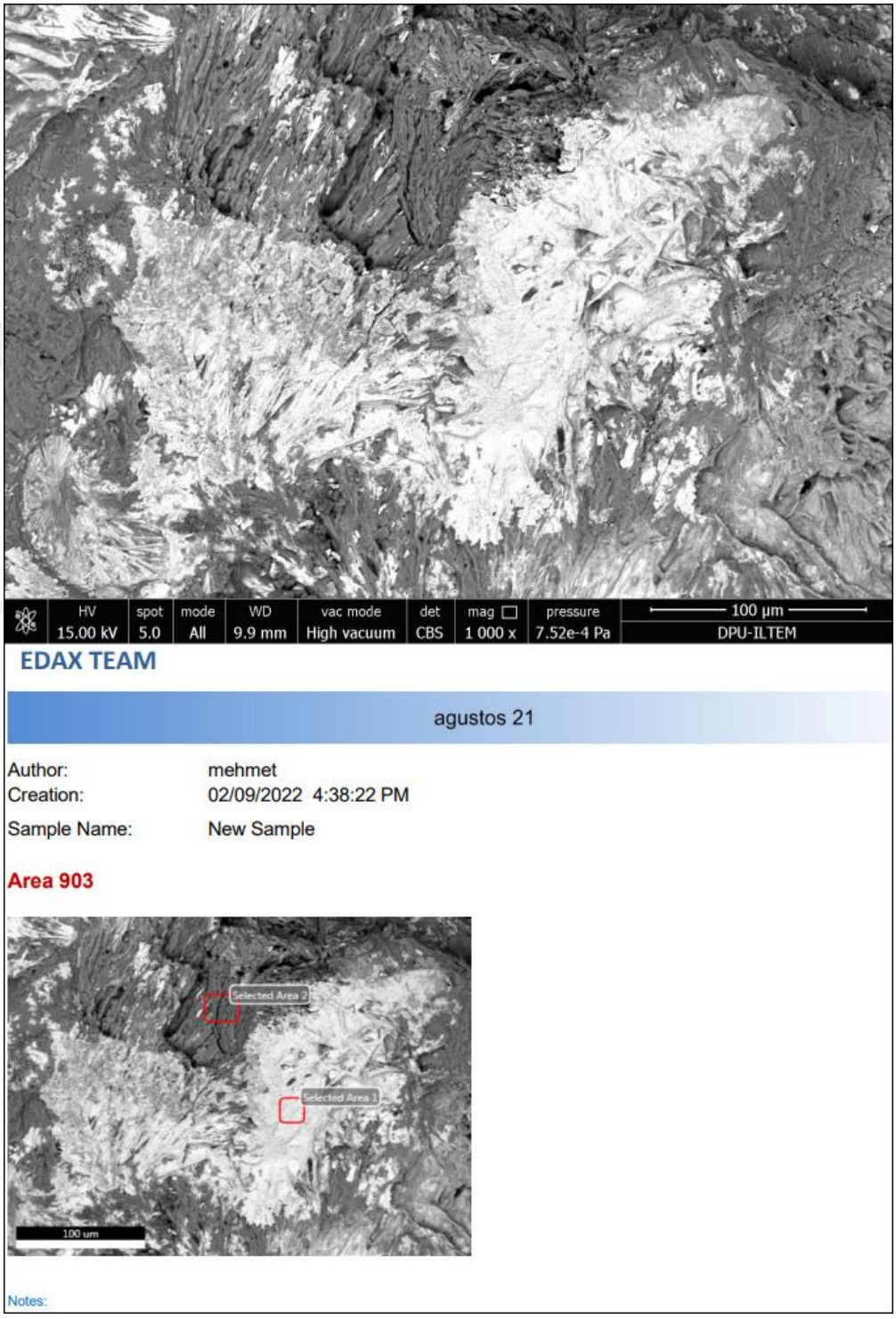
Adı Soyadı	**Görev Yeri**	**Unvanı**	**İmzası**
Sevgi GÜRDAL	Kütahya	Müze Müdürü	
Mahmut TOGAY	Kütahya	Sanat Tarihçisi	

***Kazı/Araştırma Başkanına teslim edilen örneklere ilişkin görseller rapor ekine konulacaktır.**

EK A.8 Kütahya Müze Müdürlüğü'nden Alınan Toprak Analizleri izni 2. Sayfa.

EK B

Aizanoi Kazısı Bronz Buluntu Örneklerinin SEM (taramalı elektron mikroskobu) Analiz Sonuçları



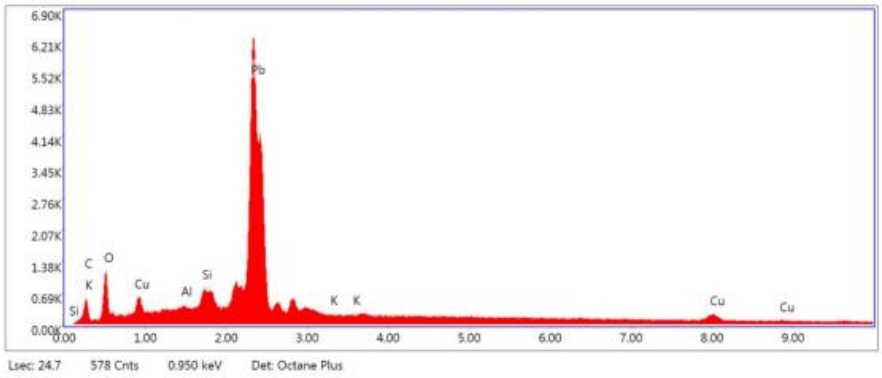
EK B.1 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.3 Live Time(s): 24.7 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

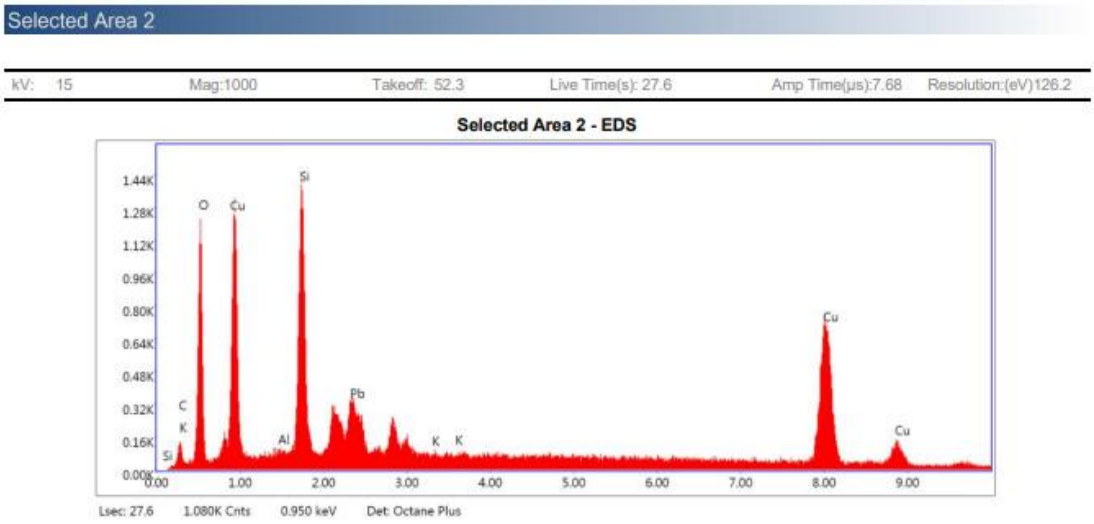


Lsec: 24.7 578 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.96	32.13
O K	7.96	32.23
AlK	0.00	0.00
SiK	1.02	2.36
PbM	75.58	23.62
K K	0.00	0.00
CuK	9.48	9.66

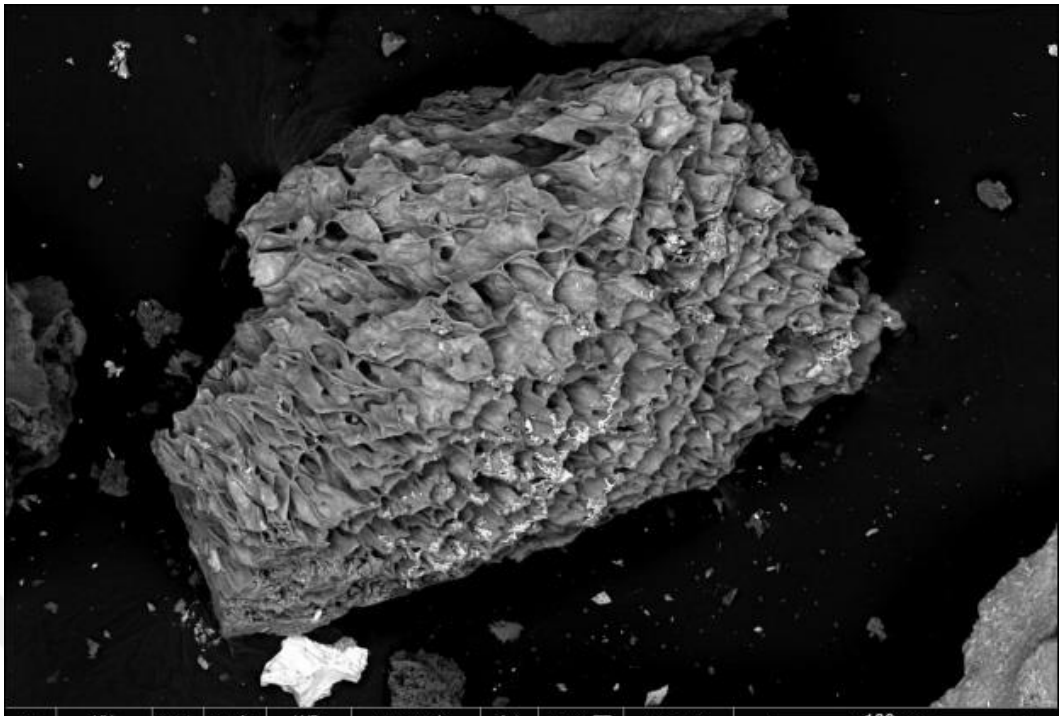
EK B.2 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	3.34	12.39
O K	7.43	20.65
AlK	0.00	0.00
SiK	7.86	12.45
PbM	5.11	1.10
K K	0.01	0.01
CuK	76.25	53.40

EK B.3 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.

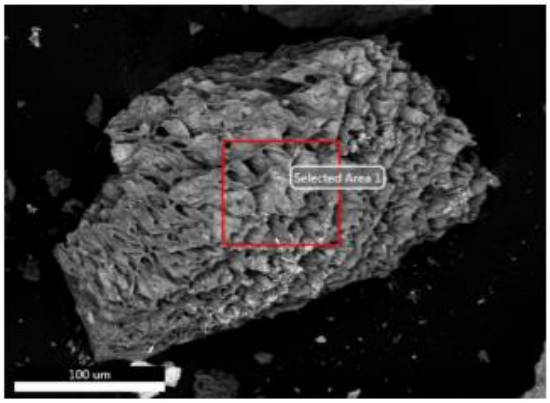


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 4:41:59 PM
Sample Name: New Sample

Area 904



Notes:

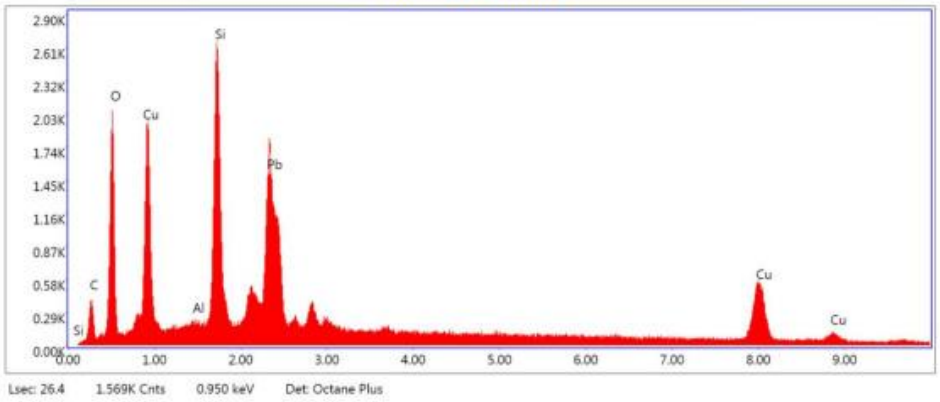
EK B.4 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.3	Live Time(s): 26.4	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

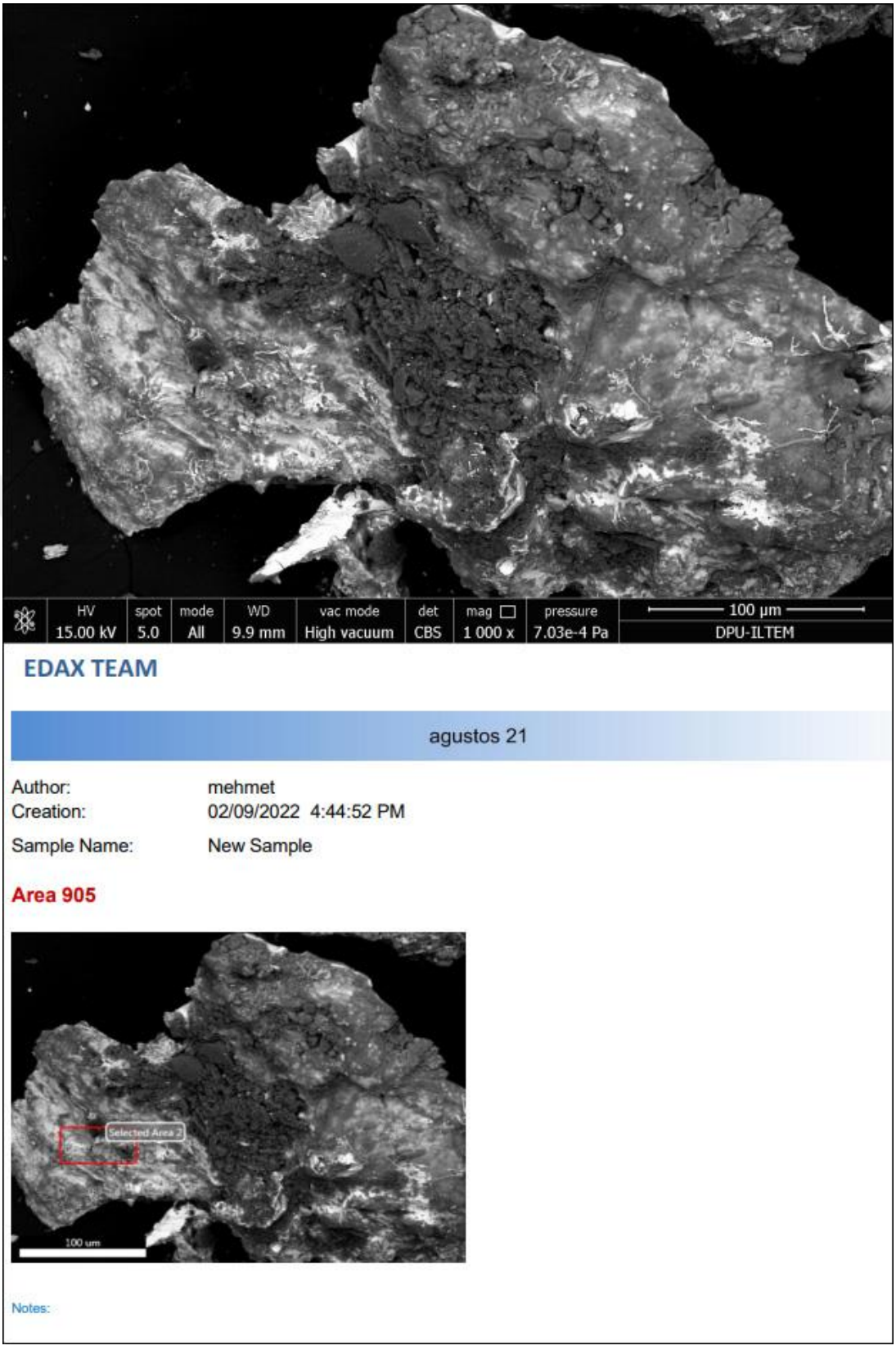


Lsec: 26.4 1.569K Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.31	23.19
O K	12.79	30.45
AlK	0.00	0.00
SiK	11.06	15.01
PbM	23.89	4.39
CuK	44.95	26.96

EK B.5 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.

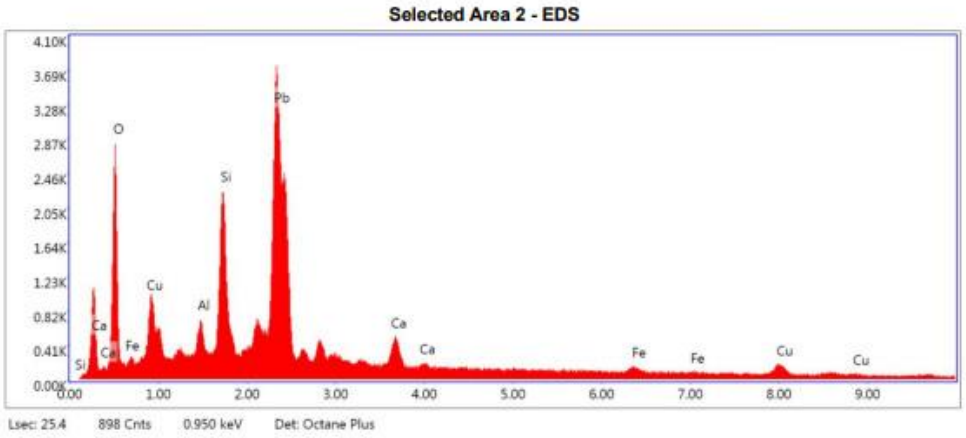


EK B.6 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 2

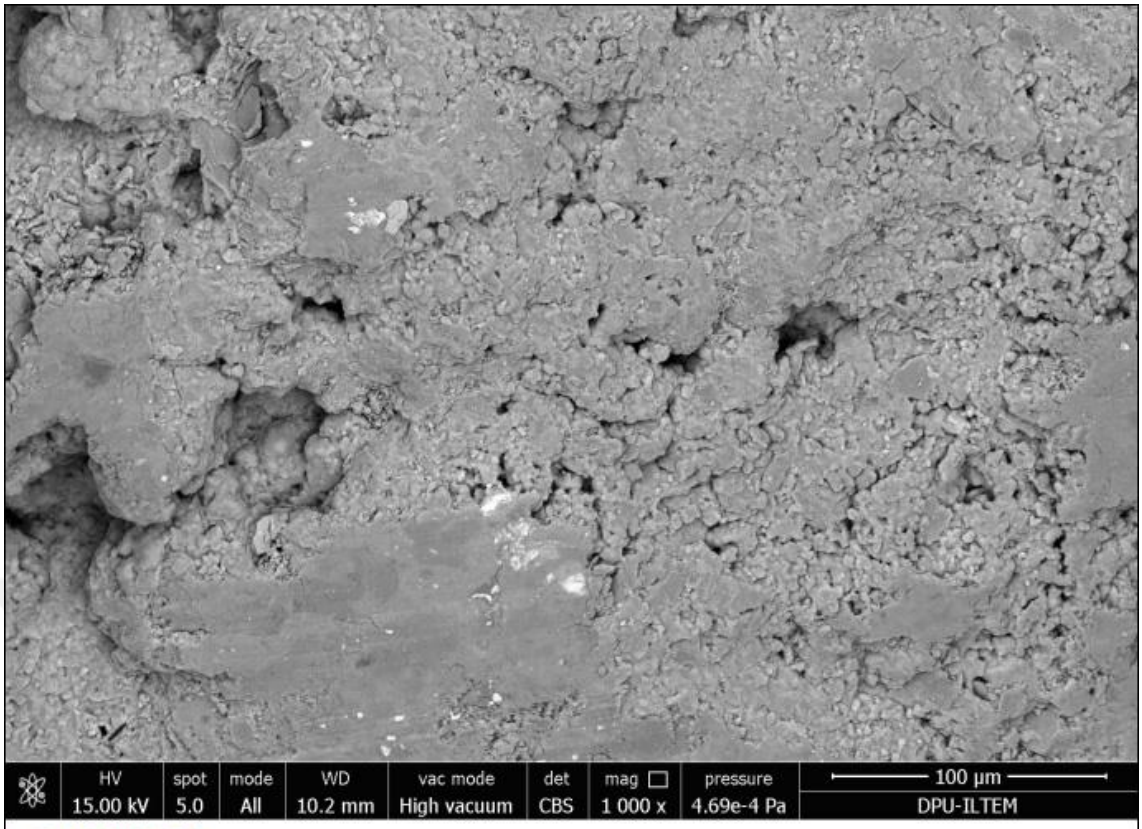
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.3 Live Time(s): 25.4 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	19.75	56.66
AlK	1.50	2.56
SiK	8.28	13.54
PbM	51.53	11.42
CaK	4.23	4.85
FeK	3.62	2.98
CuK	11.08	8.01

EK B.7 Bronz obje AFD-02 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.

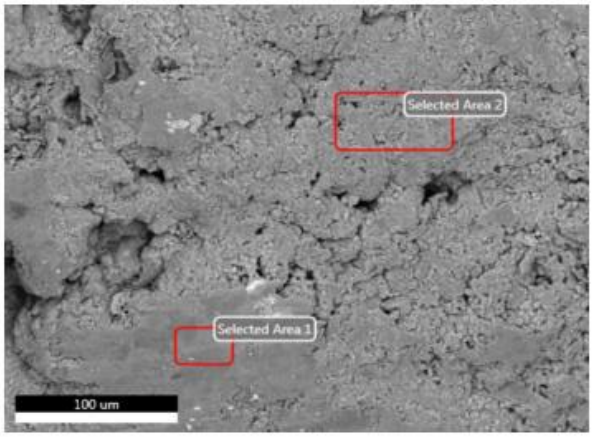


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 3:38:17 PM
Sample Name: New Sample

Area 893



Notes:

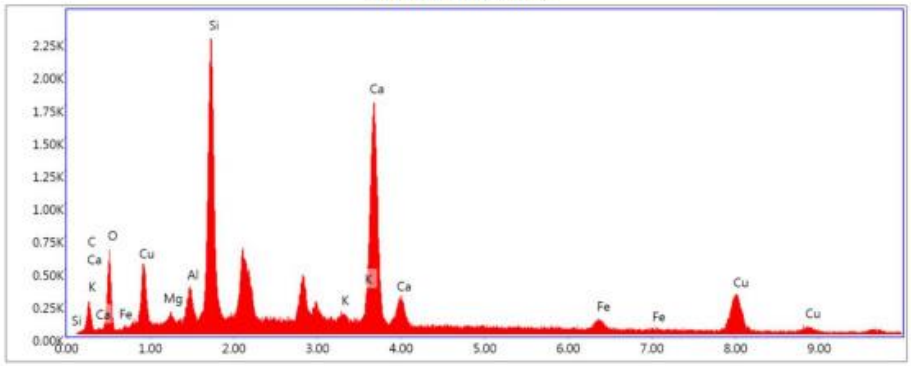
EK B.8 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV:	Mag:	Takeoff:	Live Time(s):	Amp Time(µs):	Resolution:(eV)
15	1000	52.7	27.8	7.68	126.2

Selected Area 1 - EDS



Lsec: 27.8 38 Cnts 8.580 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

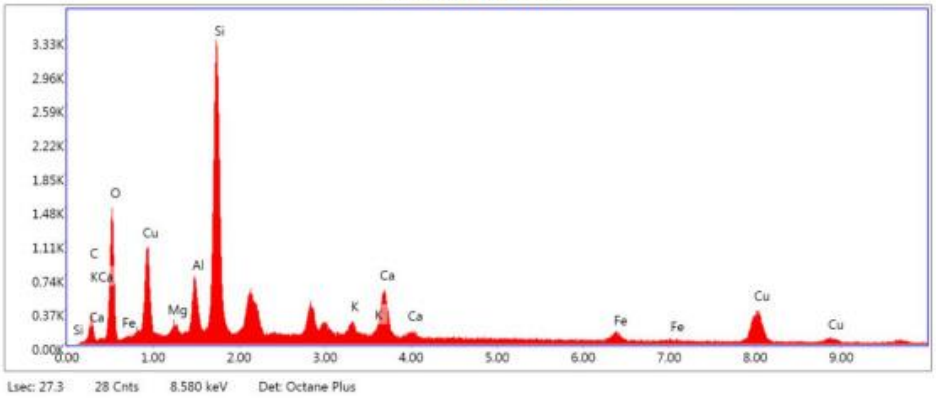
Element	Weight %	Atomic %
C K	5.39	15.63
O K	7.57	16.48
MgK	0.05	0.08
AlK	1.23	1.58
SiK	13.91	17.25
K K	1.23	1.09
CaK	27.53	23.92
FeK	4.47	2.79
CuK	38.62	21.17

EK B.9 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.

Selected Area 2

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.7 Live Time(s): 27.3 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

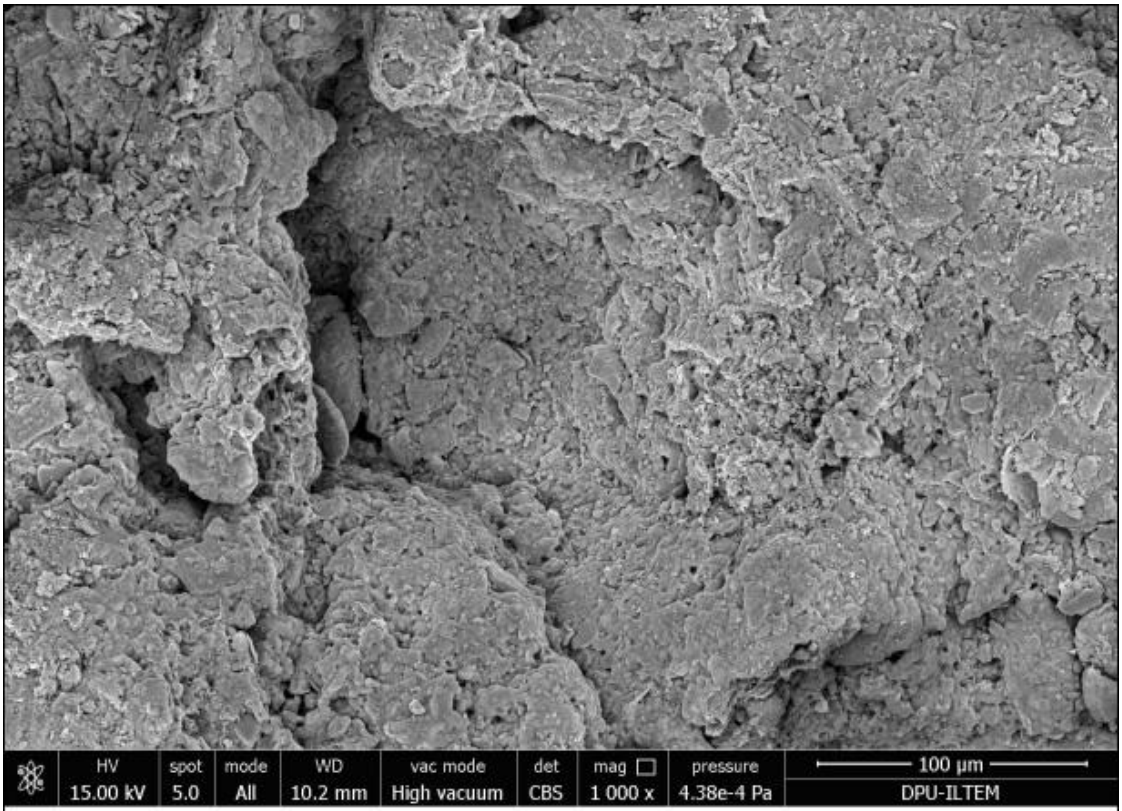
Selected Area 2 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.42	18.84
O K	13.47	25.66
MgK	0.38	0.47
AlK	3.37	3.81
SiK	20.03	21.74
K K	1.60	1.25
CaK	7.59	5.77
FeK	4.72	2.58
CuK	41.42	19.87

EK B.10 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.



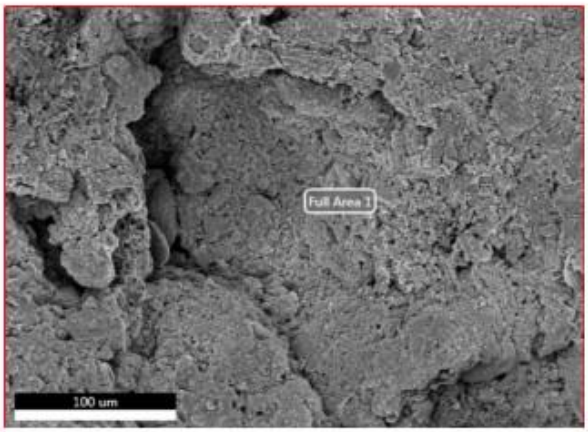
EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 3:54:15 PM

Sample Name: New Sample

Area 894



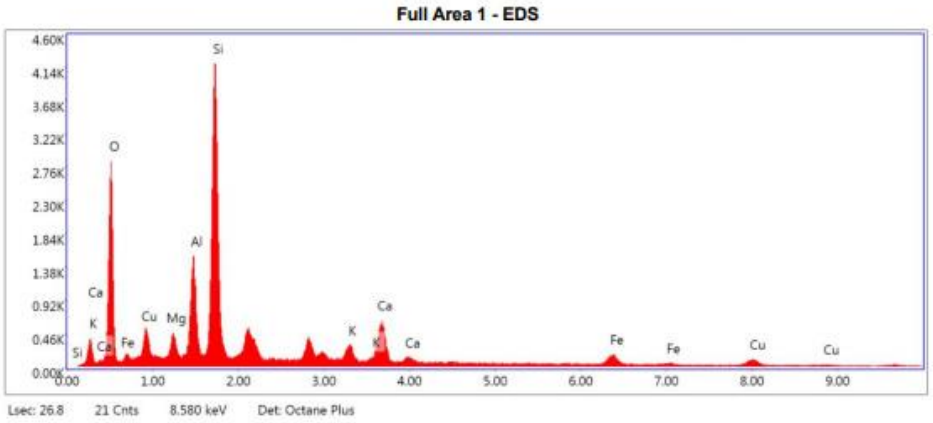
Notes:

EK B.11 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.

EDAX TEAM

Full Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.7 Live Time(s): 26.8 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	30.10	48.55
MgK	1.68	1.79
AlK	8.43	8.07
SiK	26.88	24.70
K K	2.97	1.96
CaK	9.79	6.30
FeK	8.29	3.83
CuK	11.84	4.81

EK B.12 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.

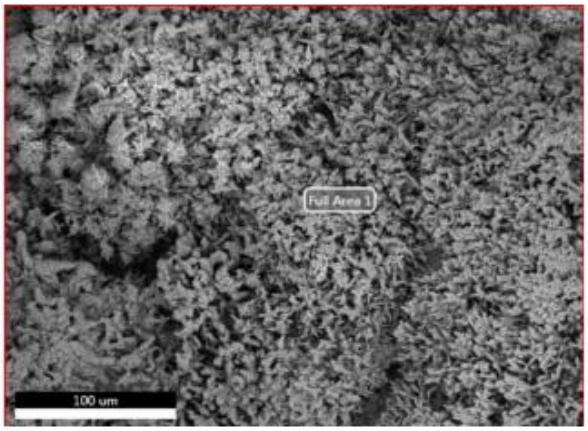


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 3:58:16 PM
Sample Name: New Sample

Area 895



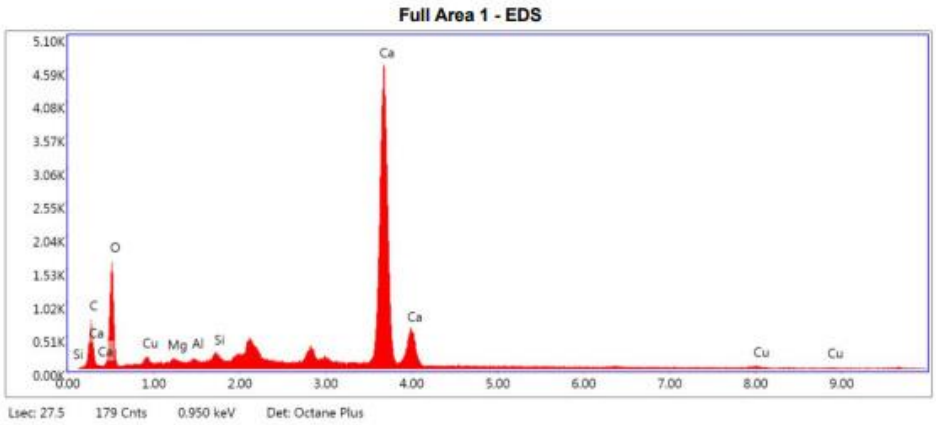
Notes:

EK B.13 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.

EDAX TEAM

Full Area 1

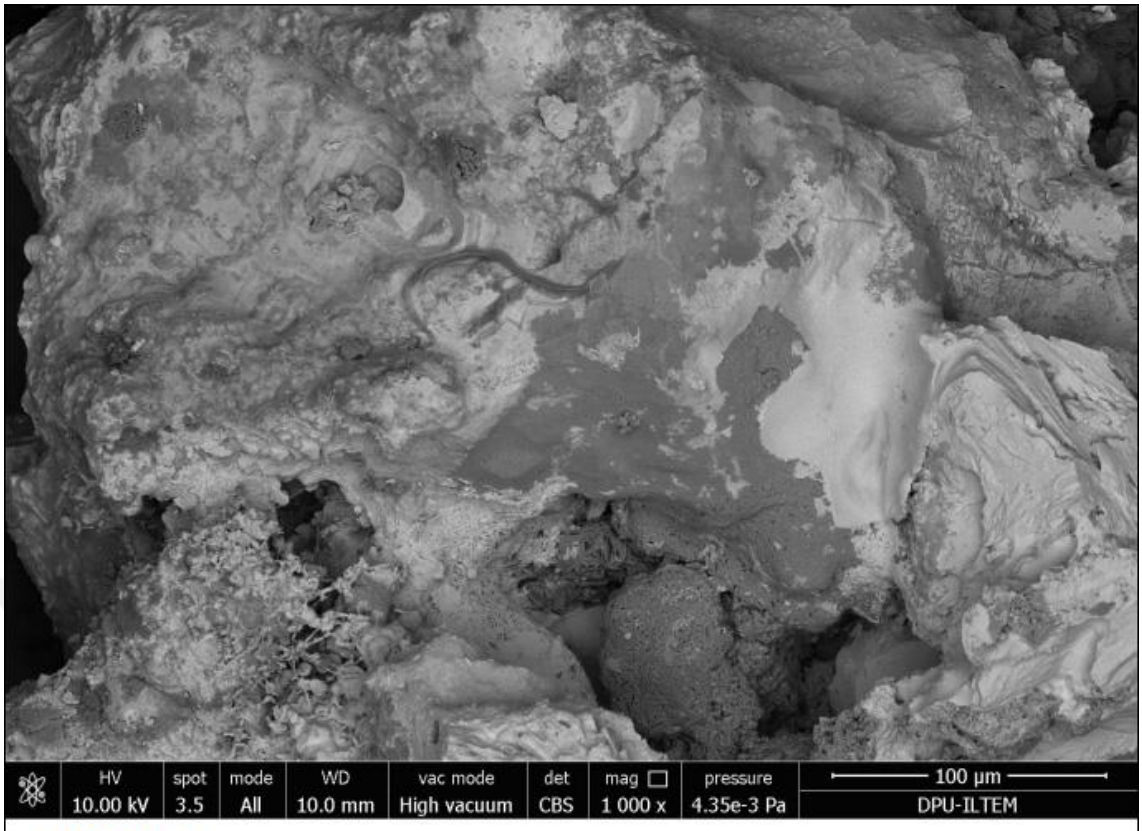
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.9 Live Time(s): 27.5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.50	13.70
O K	29.11	46.09
MgK	0.00	0.00
AlK	0.01	0.00
SiK	0.43	0.38
CaK	61.39	38.80
CuK	2.56	1.02

EK B.14 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.

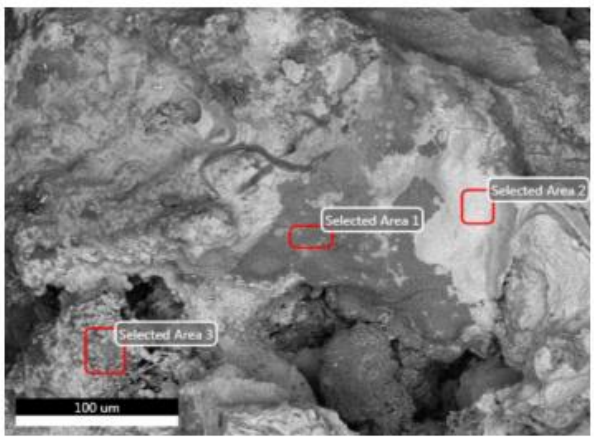


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 4:12:26 PM
Sample Name: New Sample

Area 896



Notes:

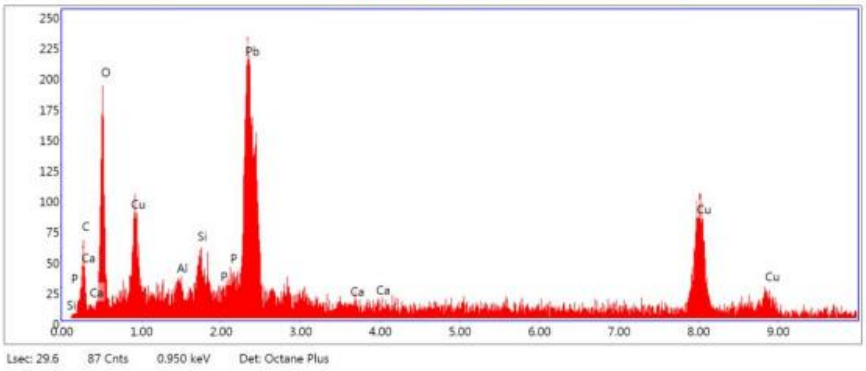
EK B.15 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 29.6 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

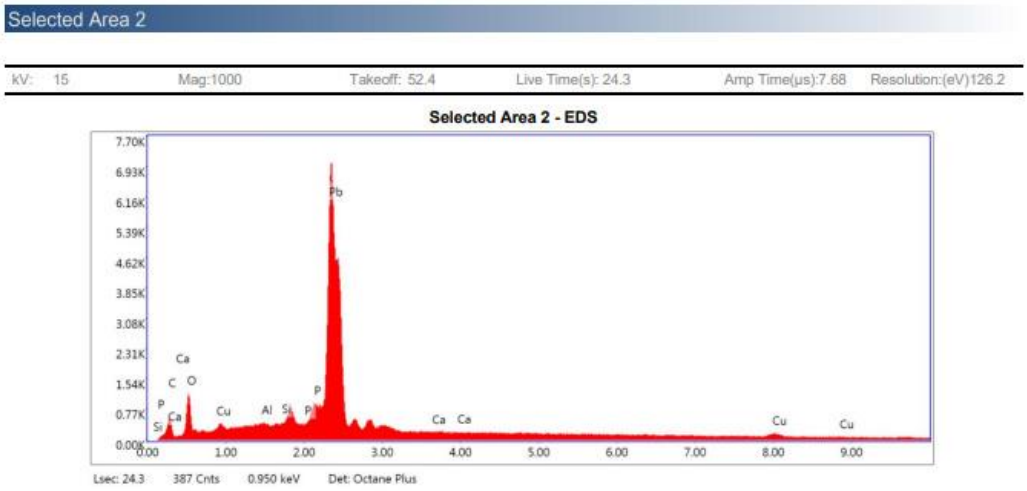
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.04	24.45
O K	15.24	46.31
CuL	8.97	6.86
AlK	0.49	0.88
SiK	2.15	3.72
P K	0.77	1.21
PbM	65.34	15.34
CaK	1.01	1.23

EK B.16 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

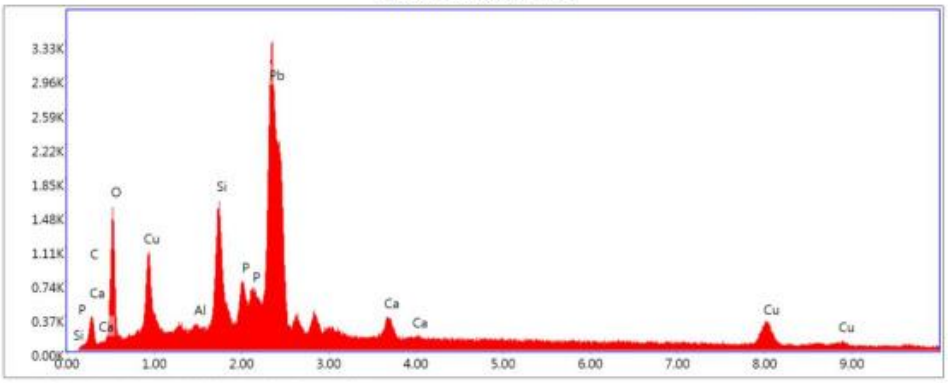
Element	Weight %	Atomic %
C K	5.64	31.47
O K	8.25	34.59
AlK	0.05	0.11
SiK	0.15	0.35
P K	0.76	1.64
PbM	79.49	25.73
CaK	0.18	0.30
CuK	5.50	5.80

EK B.17 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. sayfa.

Selected Area 3

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 25.6 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 3 - EDS

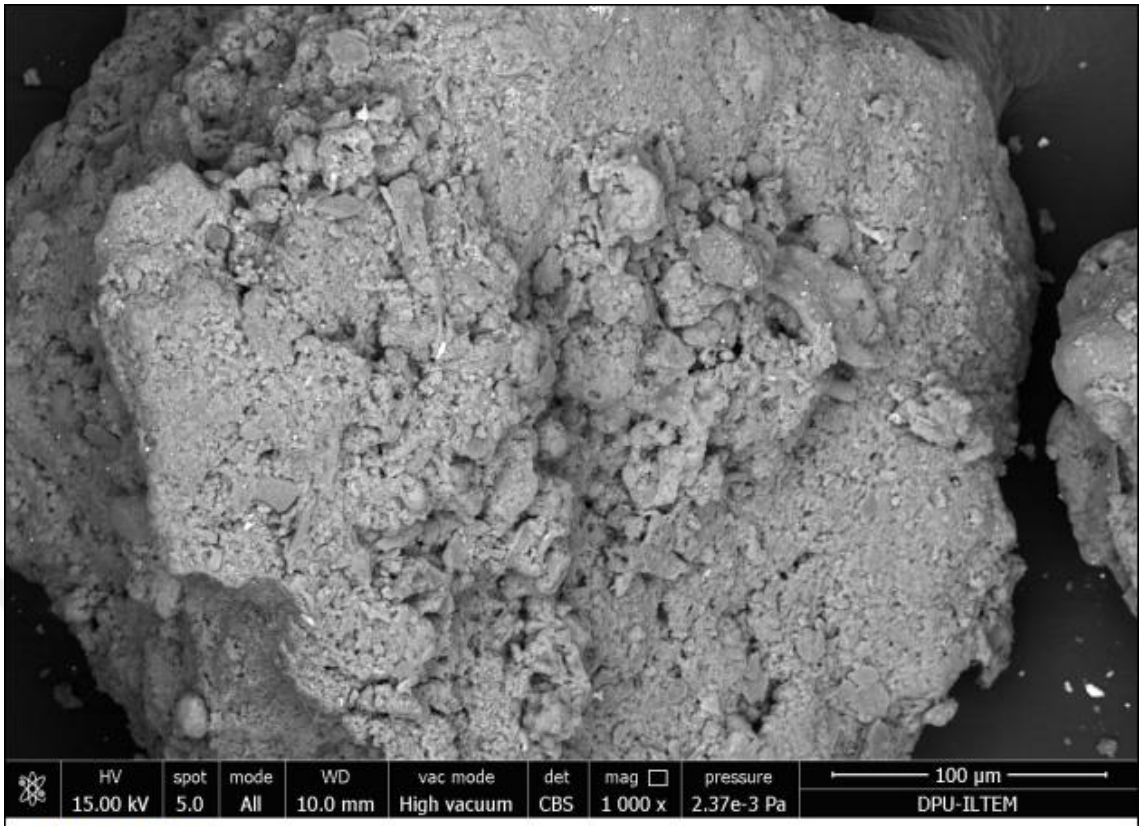


Lsec: 25.6 914 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.03	19.88
O K	11.12	33.01
AlK	0.01	0.02
SiK	5.80	9.80
P K	3.26	4.99
PbM	47.63	10.91
CaK	2.53	3.00
CuK	24.61	18.39

EK B.18 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. sayfa.



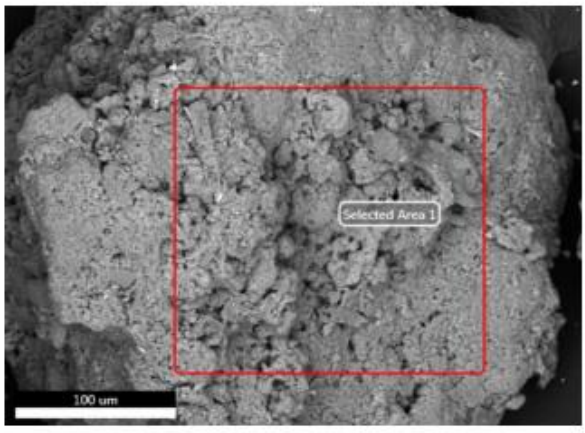
EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 4:16:47 PM

Sample Name: New Sample

Area 897



Notes:

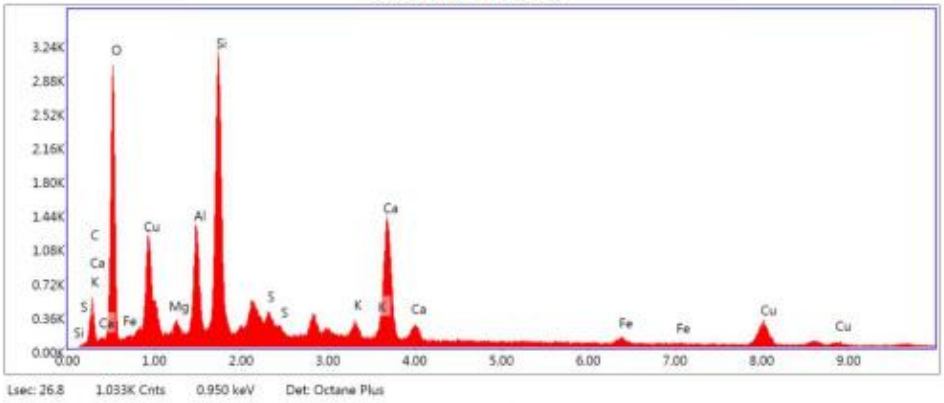
EK B.19 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 26.8 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

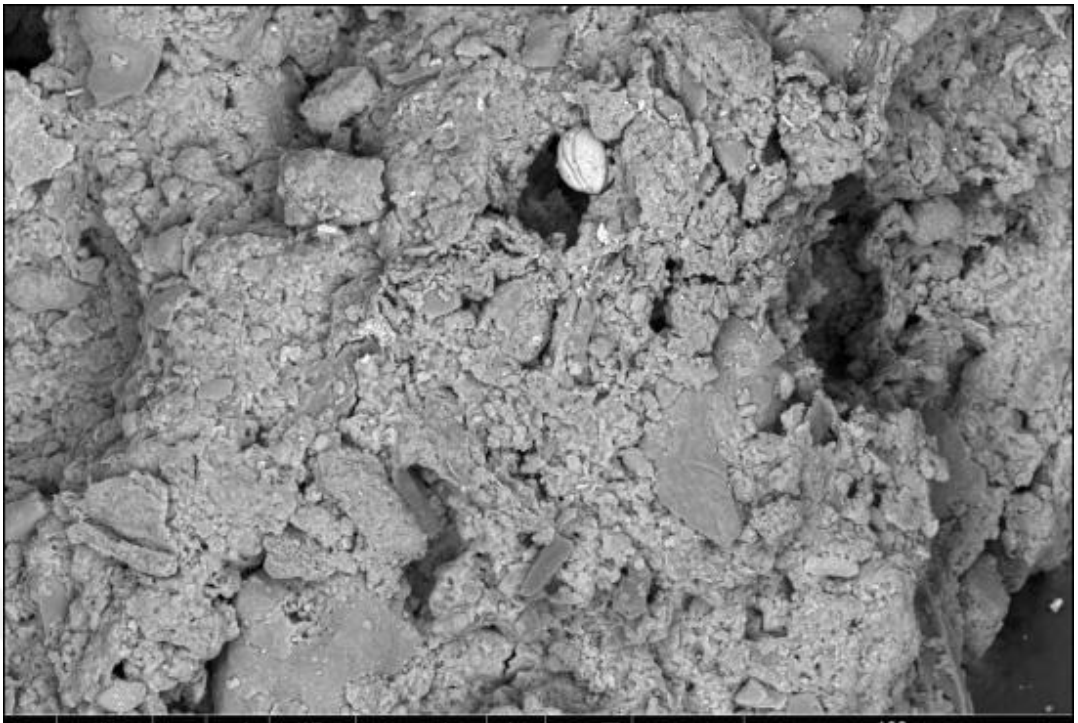
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.09	16.89
O K	26.92	42.21
MgK	0.30	0.31
AlK	5.04	4.68
SiK	14.04	12.54
S K	3.19	2.49
K K	1.45	0.93
CaK	15.69	9.82
FeK	2.46	1.11
CuK	22.83	9.02

EK B.20 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. sayfa.



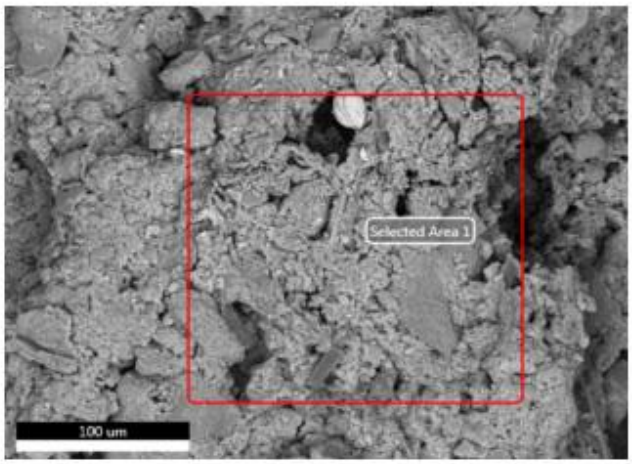
EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 4:20:27 PM

Sample Name: New Sample

Area 898



Notes:

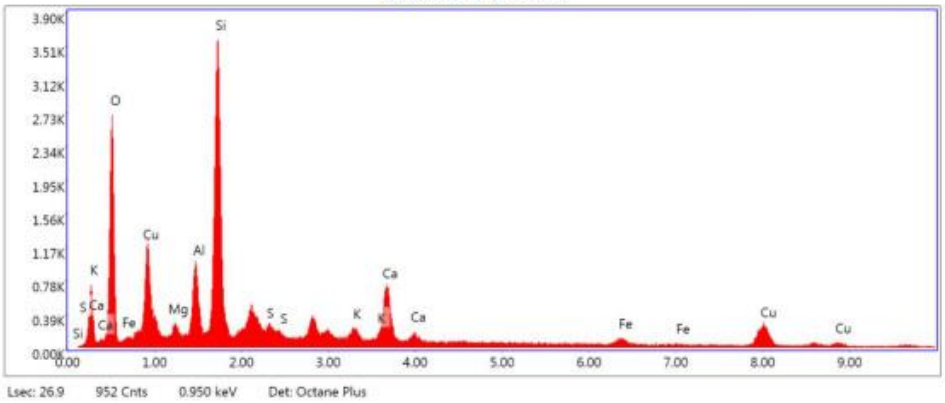
EK B.21 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.3 Live Time(s): 26.9 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

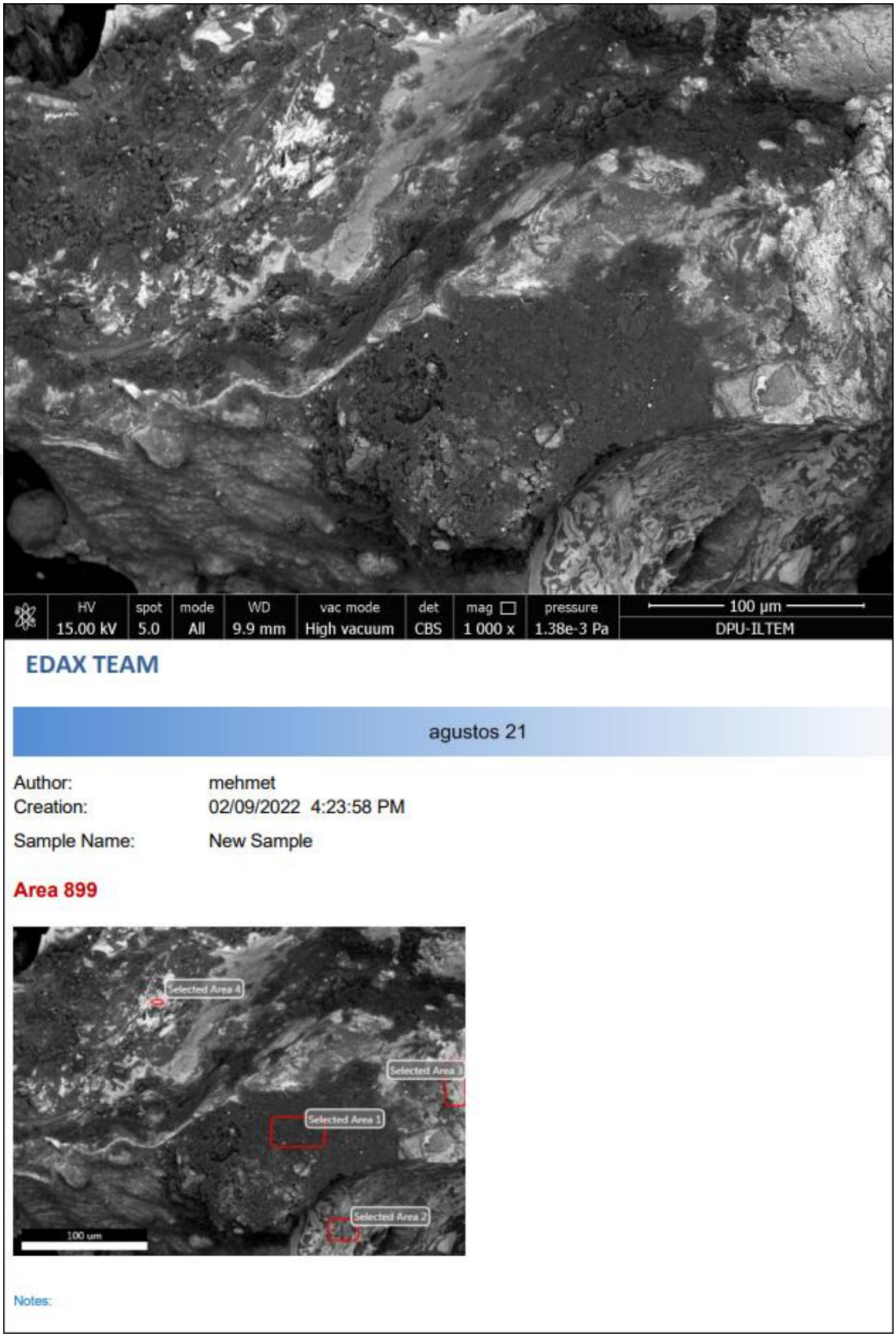


Lsec: 26.9 952 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	25.67	46.02
MgK	0.57	0.67
AlK	5.09	5.41
SiK	21.30	21.75
S K	3.20	2.86
K K	1.67	1.23
CaK	10.07	7.21
FeK	3.38	1.74
CuK	29.05	13.11

EK B.22 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. sayfa.



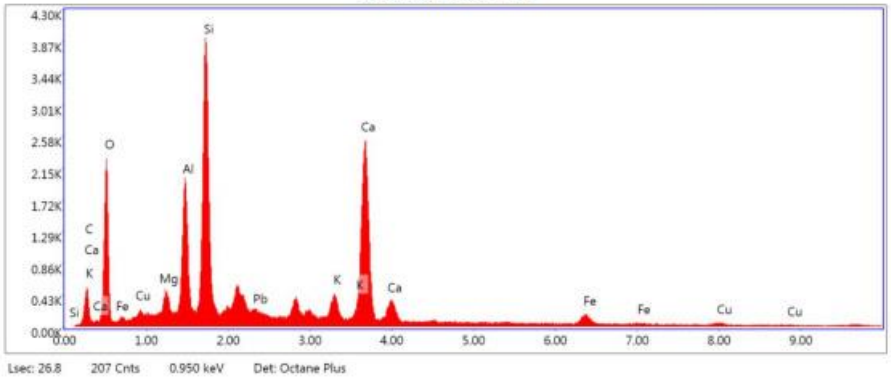
EK B.23 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.3 Live Time(s): 26.8 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS



Lsec: 26.8 207 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

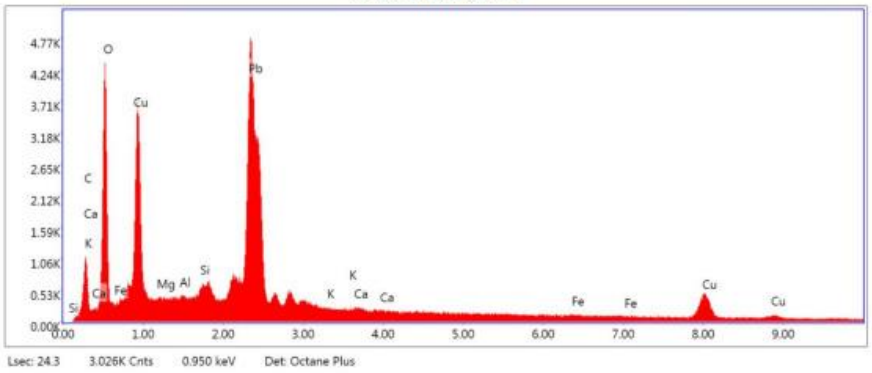
Element	Weight %	Atomic %
C K	6.84	14.16
O K	25.37	39.44
MgK	1.19	1.22
AlK	7.43	6.85
SiK	16.23	14.37
PbM	2.16	0.26
K K	3.10	1.97
CaK	29.19	18.12
FeK	5.42	2.41
CuK	3.07	1.20

EK B.24 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 10. sayfa.

Selected Area 2

kV:	Mag:	Takeoff:	Live Time(s):	Amp Time(µs):	Resolution:(eV)
15	1000	52.3	24.3	7.68	126.2

Selected Area 2 - EDS



eZAF Smart Quant Results

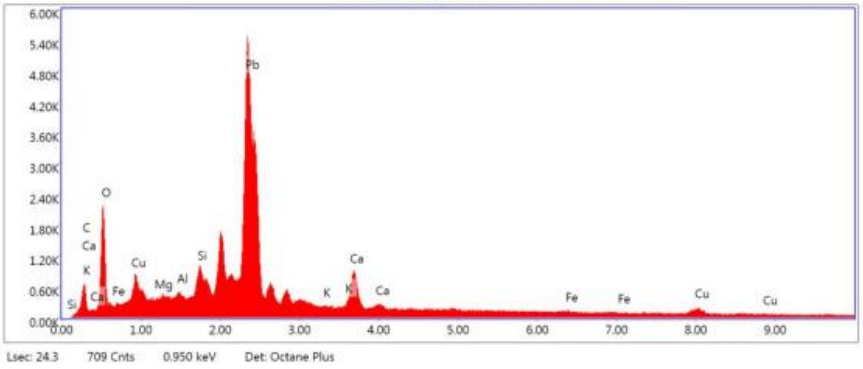
Element	Weight %	Atomic %
C K	7.84	25.07
O K	20.98	50.33
MgK	0.00	0.01
AlK	0.05	0.07
SiK	0.67	0.92
PbM	45.51	8.43
K K	0.00	0.00
CaK	0.18	0.17
FeK	0.71	0.49
CuK	24.05	14.52

EK B.25 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 11. sayfa.

Selected Area 3

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.3 Live Time(s): 24.3 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 3 - EDS

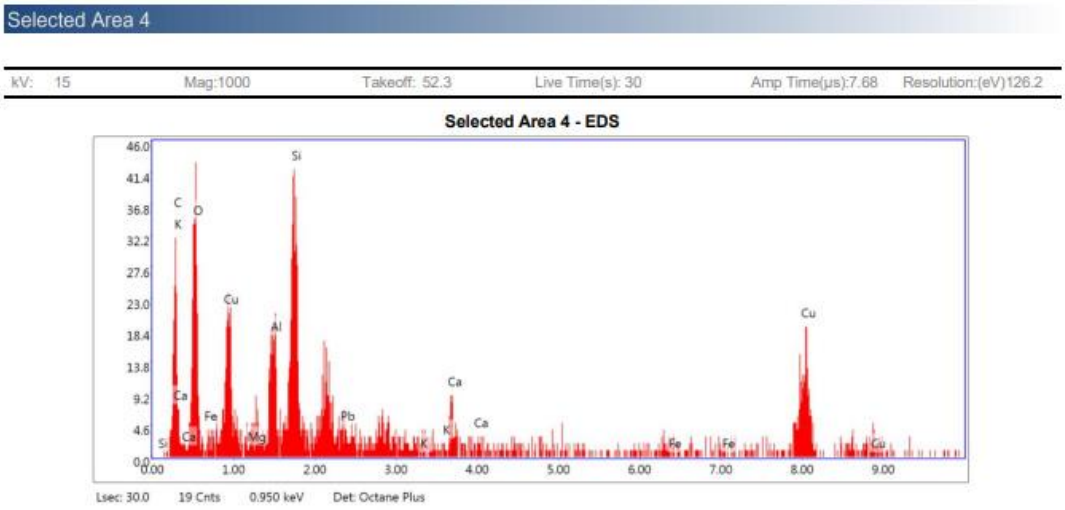


Lsec: 24.3 709 Cnts 0.950 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.34	21.11
O K	15.20	45.12
MgK	0.23	0.46
AlK	0.29	0.51
SiK	2.14	3.61
PbM	60.35	13.83
K K	0.02	0.03
CaK	6.75	8.00
FeK	1.11	0.95
CuK	8.55	6.39

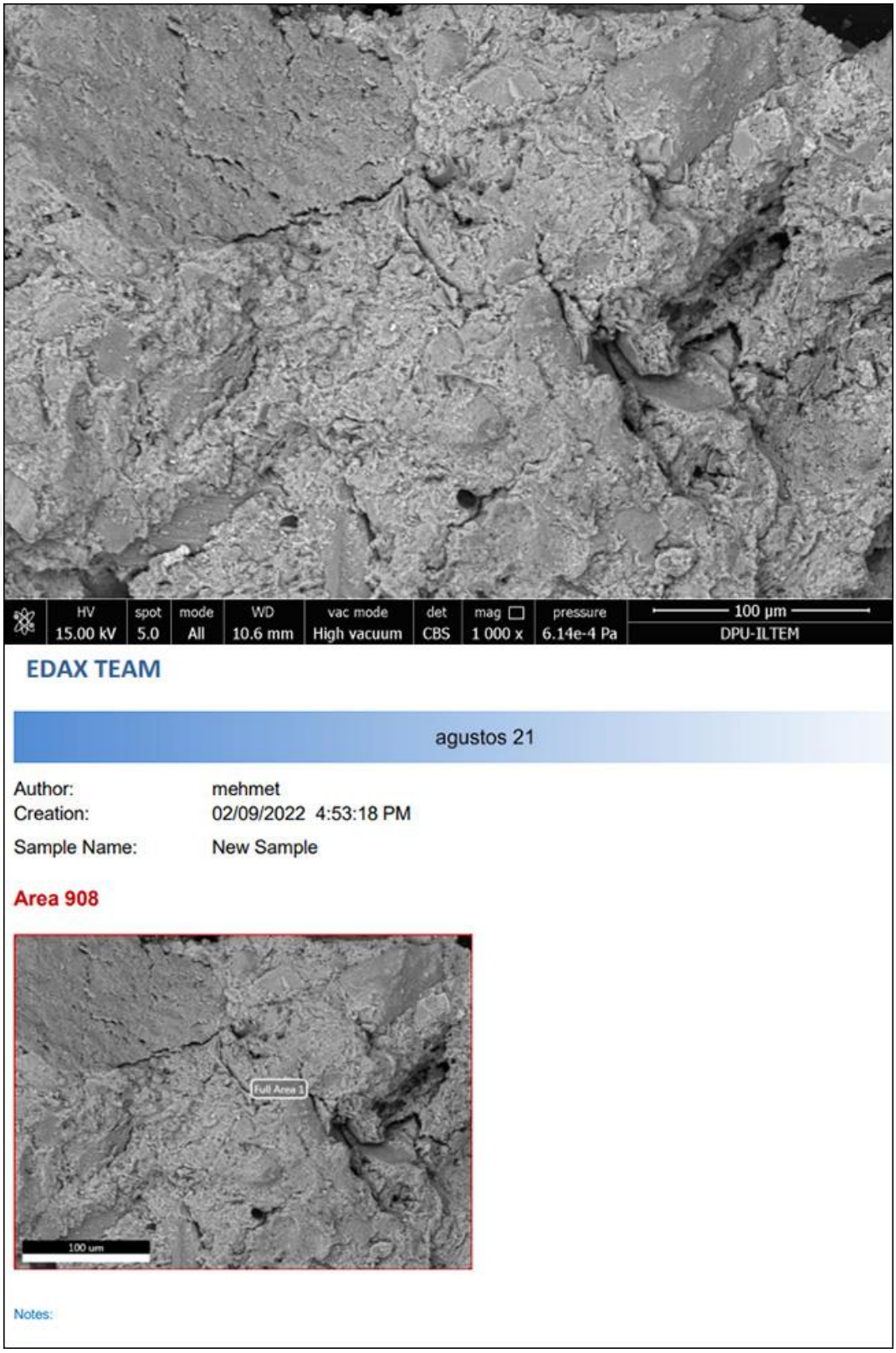
EK B.26 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 12. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	18.84	42.75
O K	12.02	20.47
MgK	0.68	0.76
AlK	3.50	3.54
SiK	7.96	7.72
PbM	0.93	0.12
K K	0.22	0.15
CaK	1.45	0.99
FeK	2.66	1.30
CuK	51.74	22.20

EK B.27 Bronz kap parçası ADT-11 (örnek K2) (SEM-EDS) 13. sayfa.



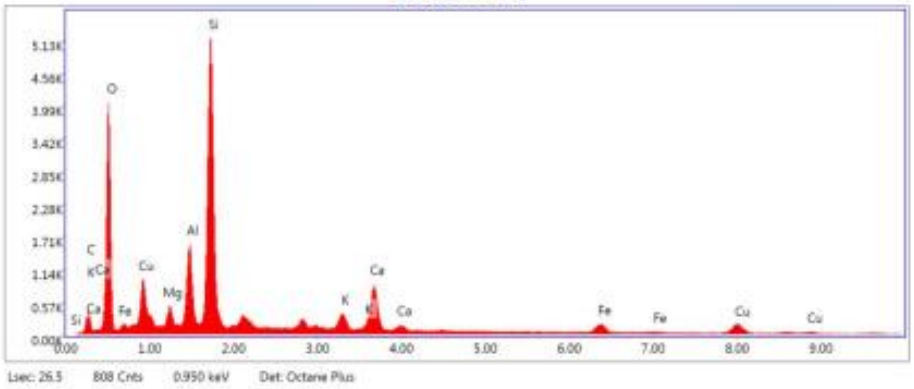
EK B.28 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Full Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 53 Live Time(s): 26.5 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

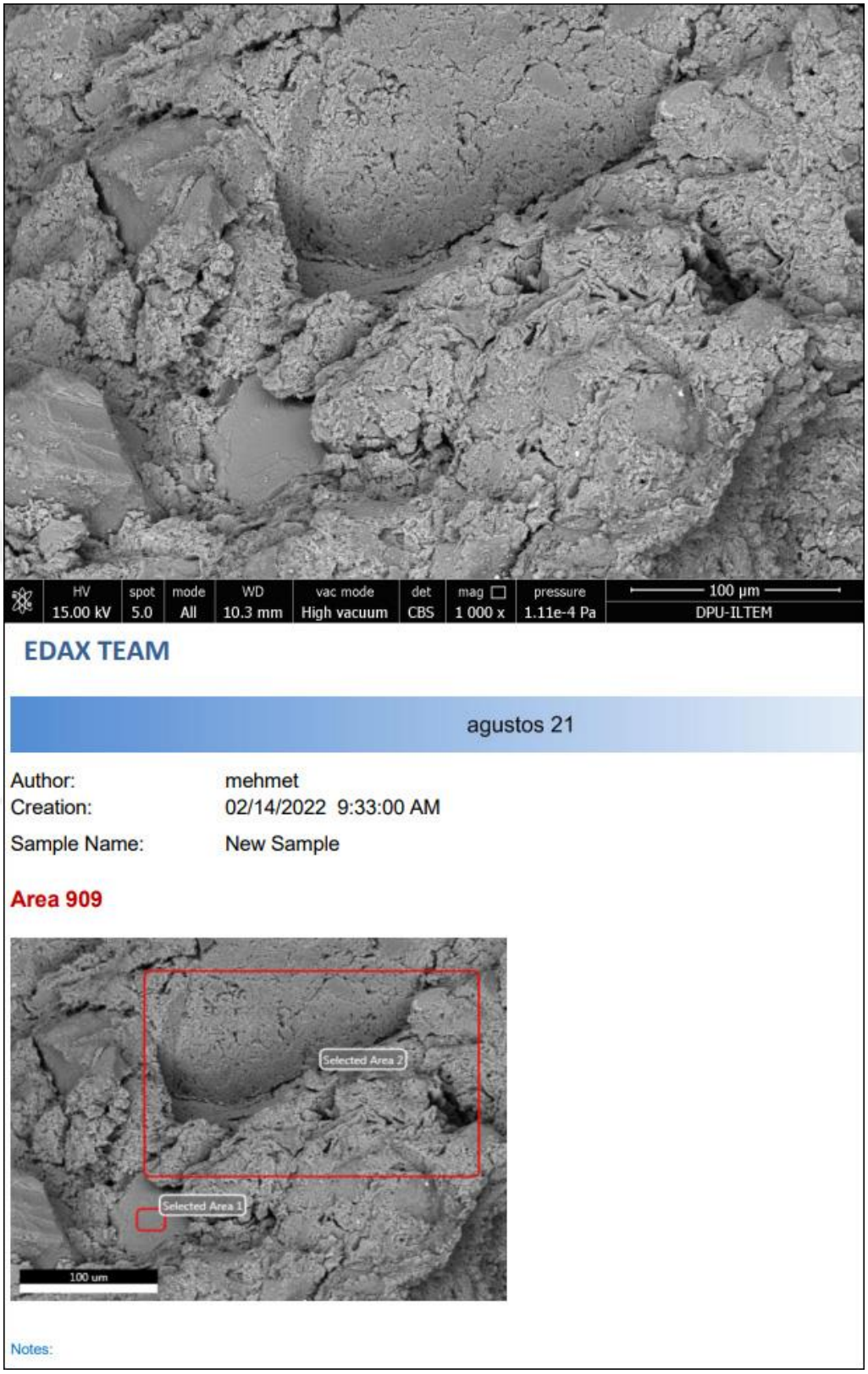
Full Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.80	13.55
O K	30.25	45.27
MgK	1.19	1.17
AlK	5.99	5.31
SiK	22.54	19.22
K K	2.60	1.59
CaK	9.12	5.45
FeK	6.09	2.61
CuK	15.43	5.81

EK B.29 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



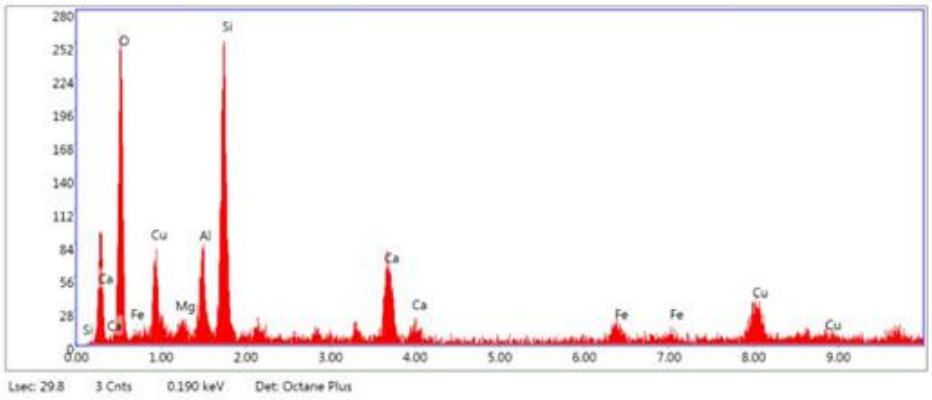
EK B.30 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV:	Mag:	Takeoff:	Live Time(s):	Amp Time(µs):	Resolution:
20	1000	52.7	29.8	7.68	(eV)126.2

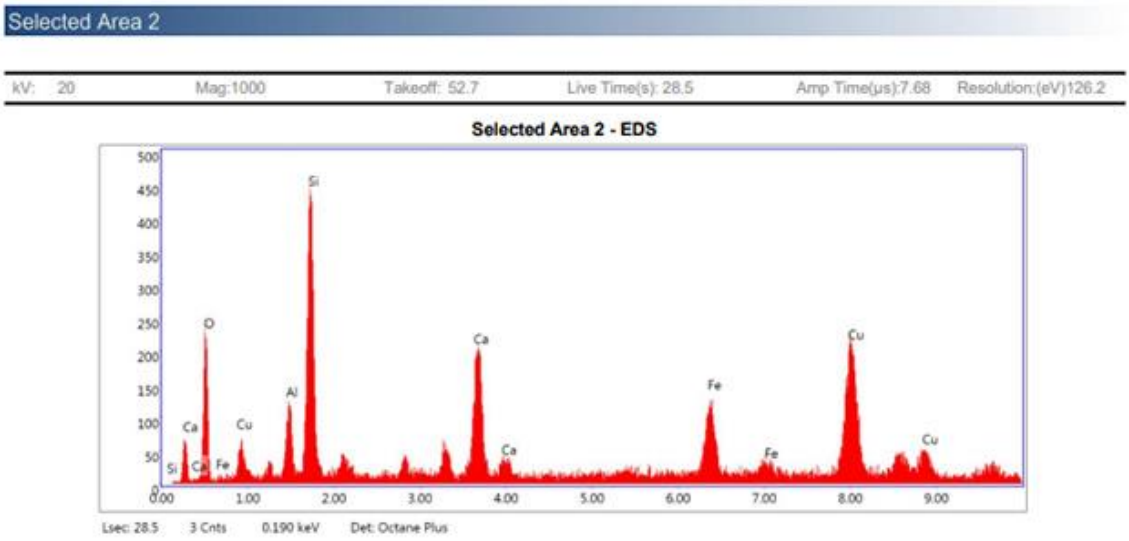
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	18.34	39.40
MgK	1.19	1.68
AlK	4.23	5.38
SiK	12.62	15.44
CaK	9.45	8.10
FeK	9.27	5.70
CuK	44.90	24.28

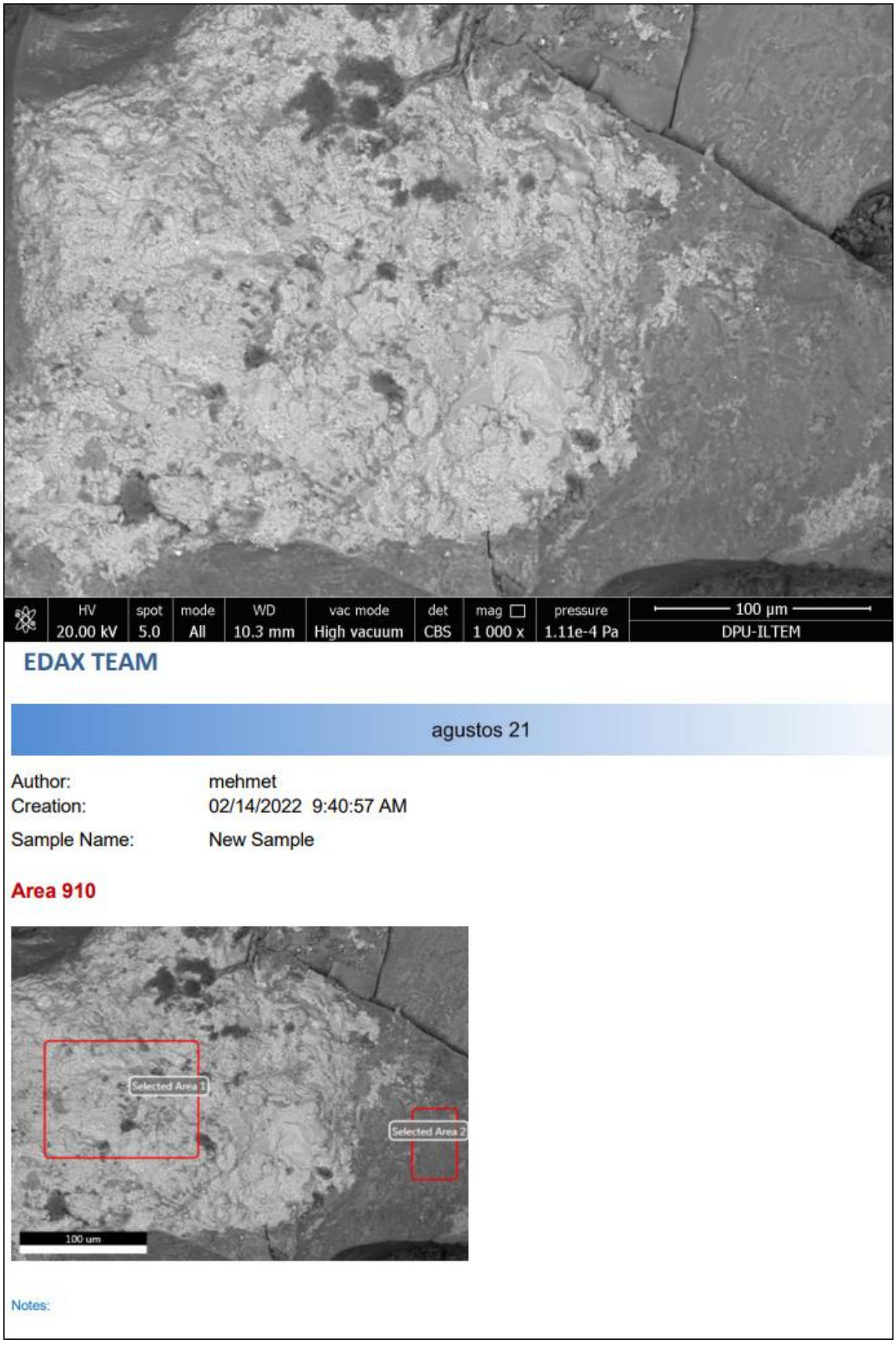
EK B.31 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	10.59	26.61
AlK	3.04	4.54
SiK	11.97	17.13
CaK	9.16	9.19
FeK	14.30	10.30
CuK	50.93	32.23

EK B.32 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.



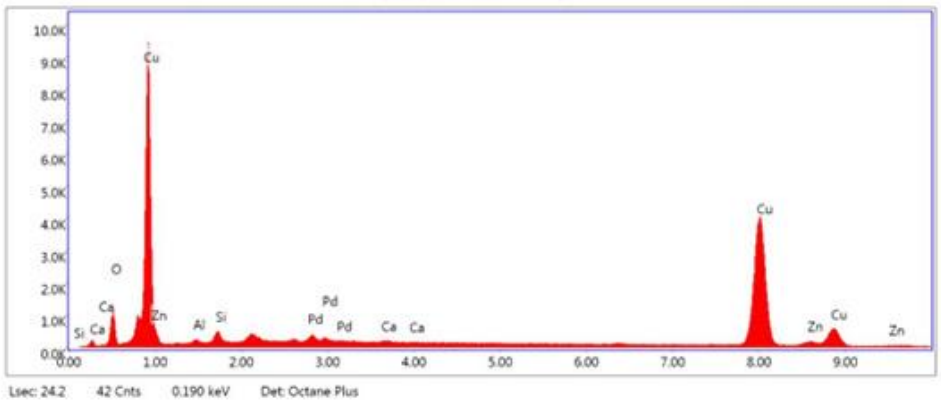
EK B.33 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 20 Mag:1000 Takeoff: 52.7 Live Time(s): 24.2 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

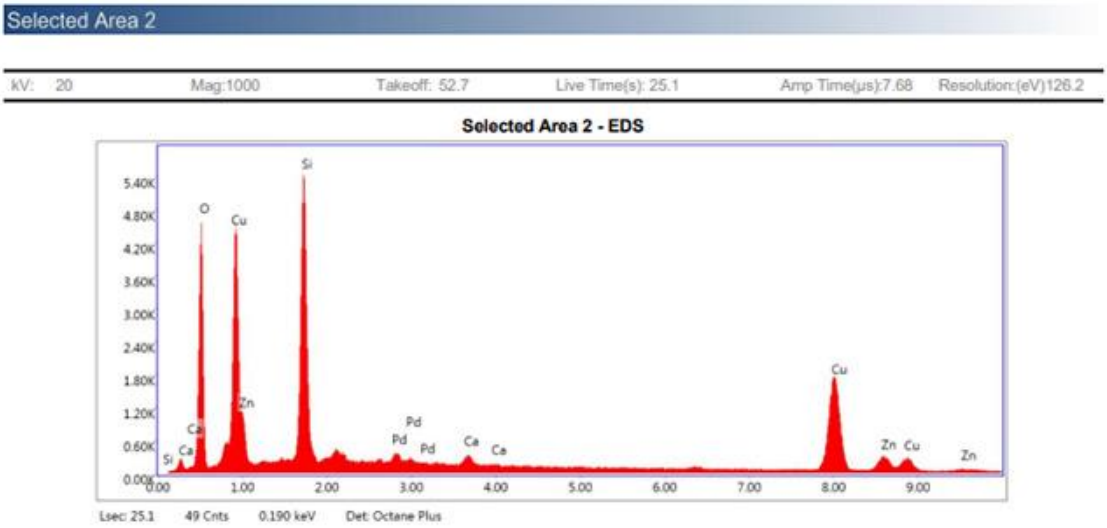


Lsec: 24.2 42 Cnts 0.190 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	4.34	15.16
AlK	0.18	0.37
SiK	0.80	1.58
PdL	0.99	0.52
CaK	0.17	0.23
CuK	89.03	78.29
ZnK	4.49	3.84

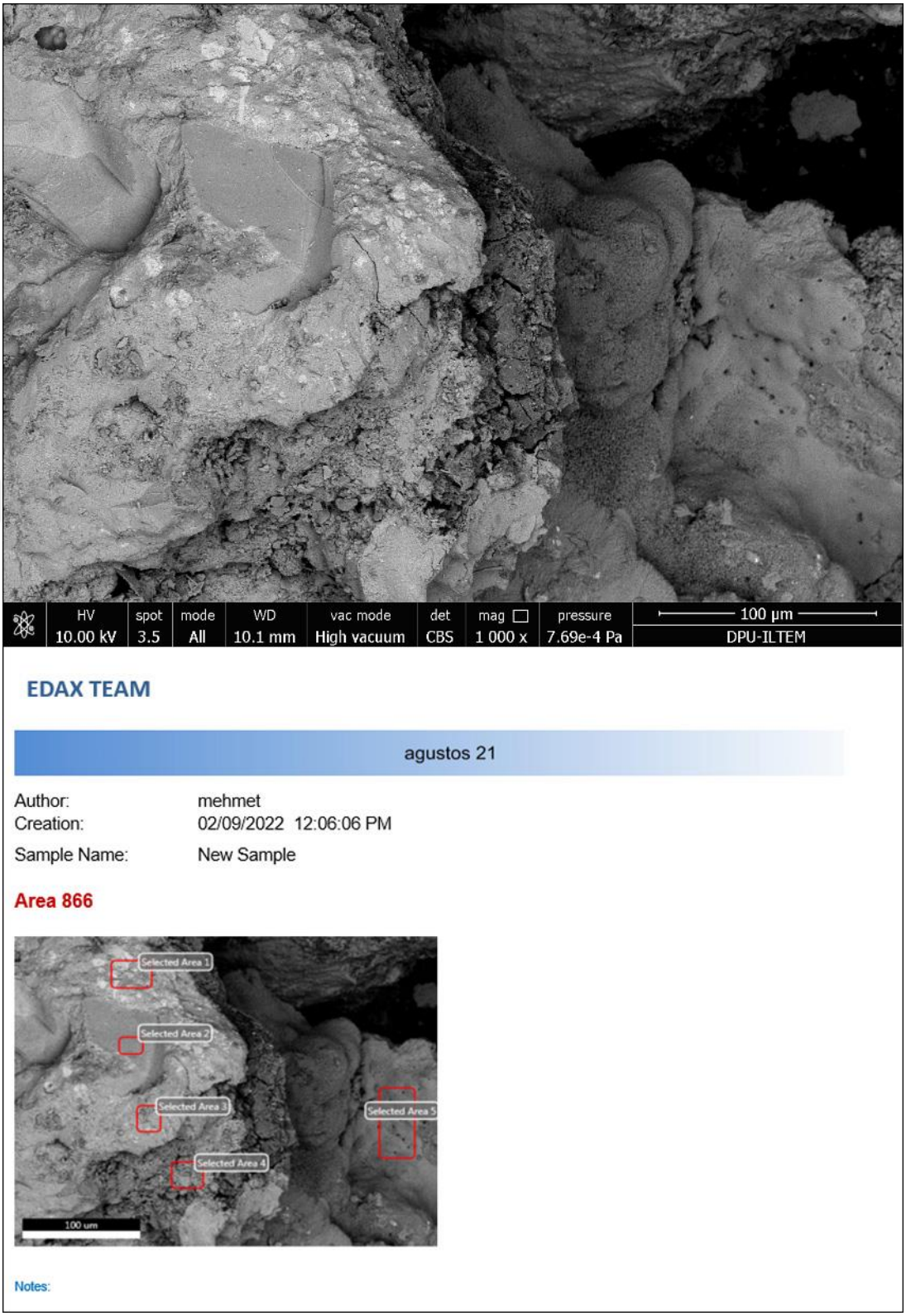
EK B.34 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	23.11	47.87
SiK	18.48	21.81
PdL	1.72	0.53
CaK	1.12	0.93
CuK	47.39	24.71
ZnK	8.18	4.15

EK B.35 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. sayfa.



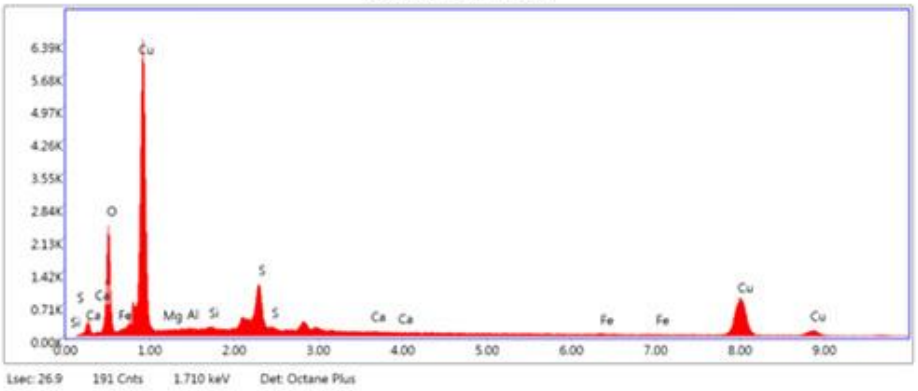
EK B.36 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.5 Live Time(s): 26.9 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV) 126.2

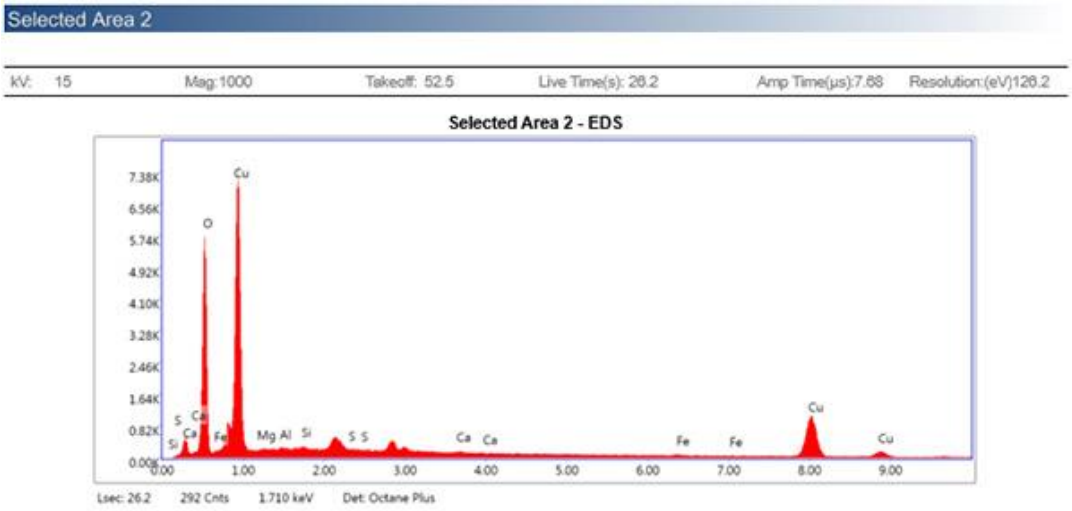
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	14.83	36.86
FeL	0.02	0.01
CuL	69.00	43.19
MgK	0.01	0.01
AlK	0.04	0.06
SiK	0.27	0.38
S K	15.18	18.83
CaK	0.65	0.64

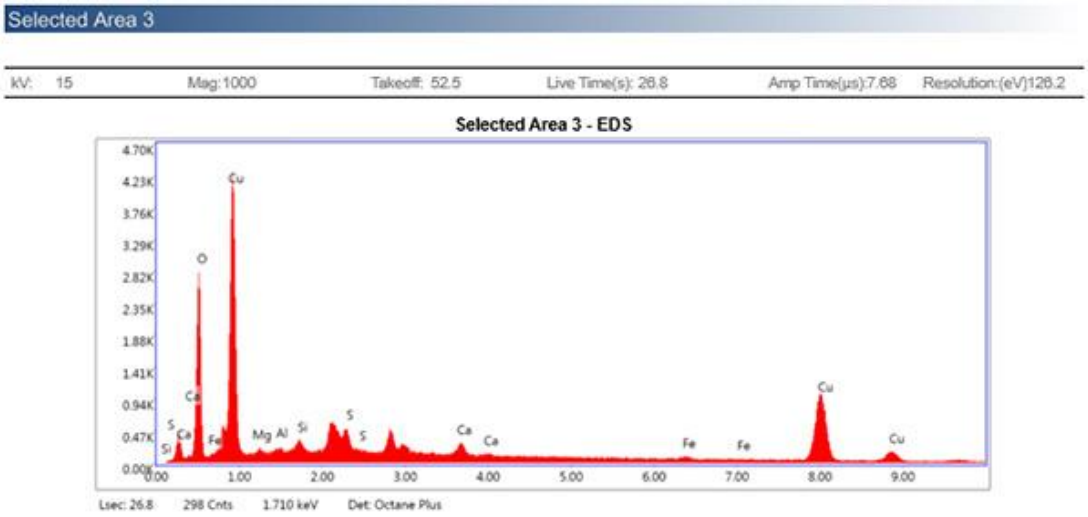
EK B.37 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	22.44	52.50
MgK	0.27	0.41
AlK	0.24	0.33
SiK	0.45	0.60
S K	1.56	1.82
CaK	0.28	0.26
FeK	0.33	0.22
CuK	74.43	43.85

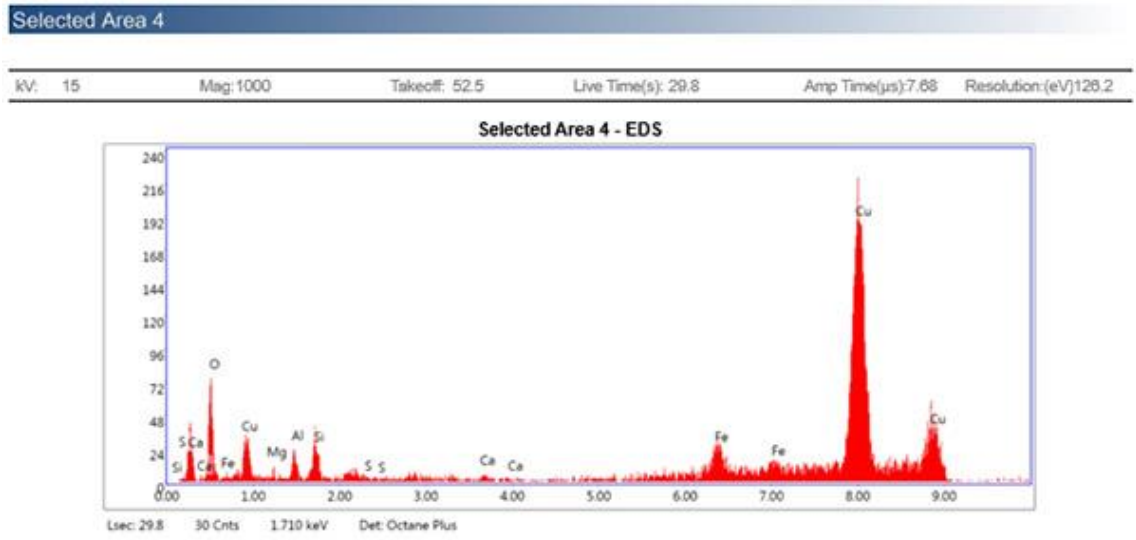
EK B.38 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	13.06	35.87
MgK	0.00	0.00
AlK	0.09	0.15
SiK	0.67	1.05
S K	3.70	5.07
CaK	1.73	1.89
FeK	1.15	0.91
CuK	79.60	55.06

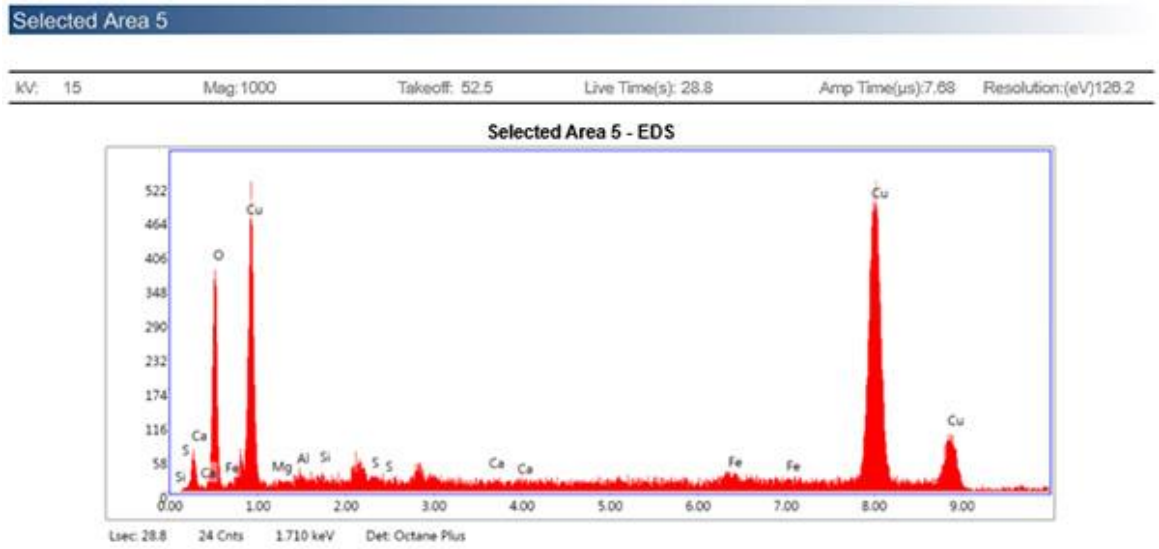
EK B.39 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	1.45	5.40
MgK	0.16	0.38
AlK	0.39	0.86
SiK	0.62	1.30
S K	0.14	0.26
CaK	0.12	0.18
FeK	6.69	7.11
CuK	90.43	84.51

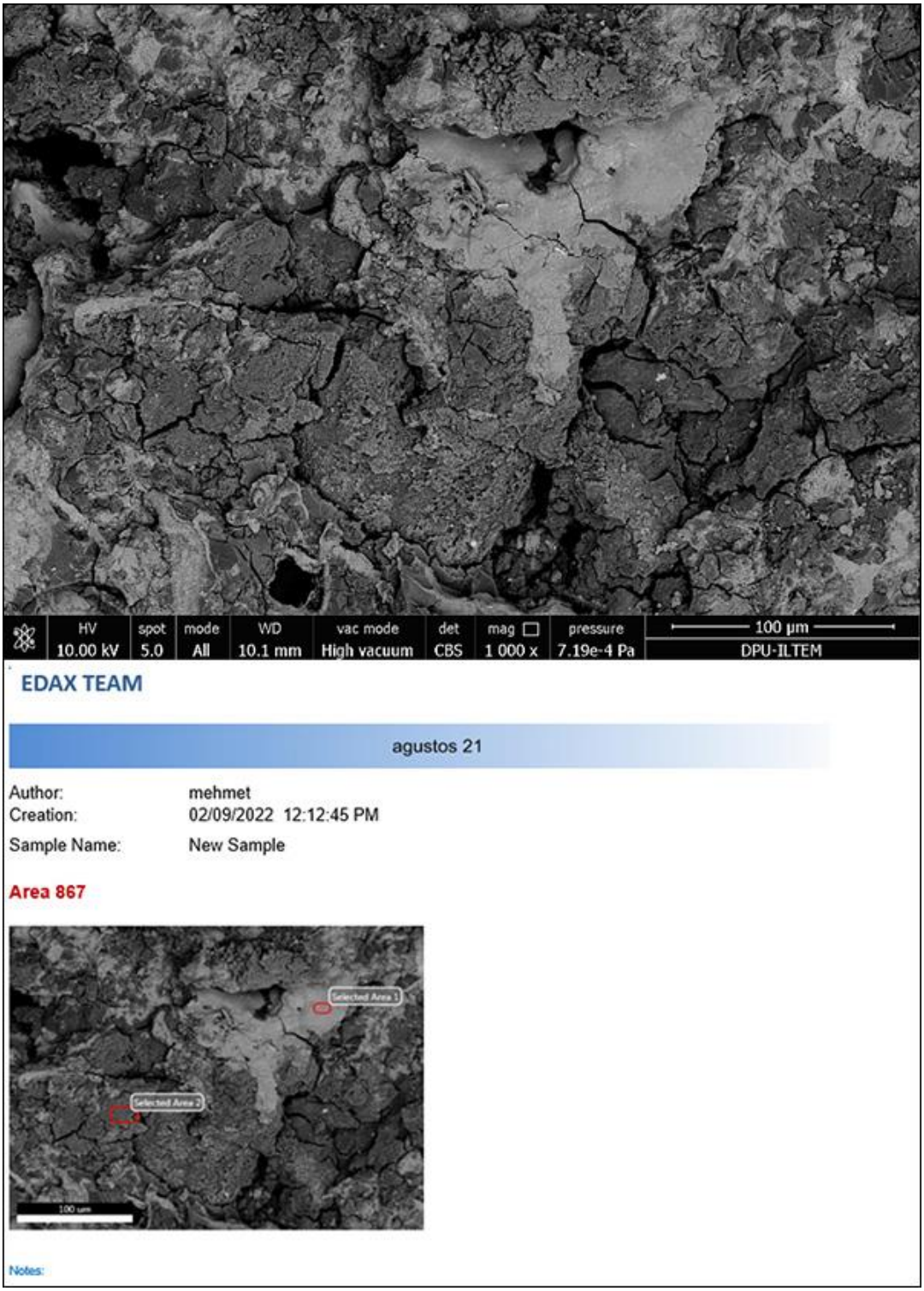
EK B.40 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	3.83	13.53
MgK	0.00	0.00
AlK	0.06	0.12
SiK	0.04	0.08
S K	0.36	0.63
CaK	0.13	0.19
FeK	2.40	2.44
CuK	93.18	83.01

EK B.41 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.

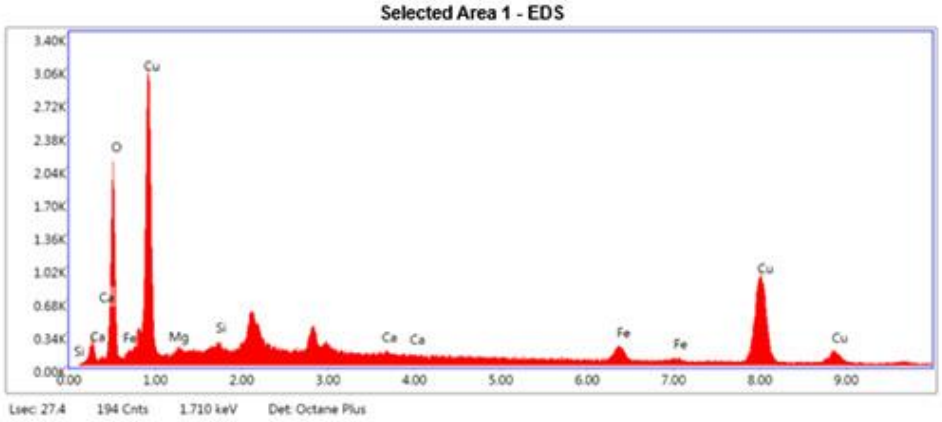


EK B.42 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

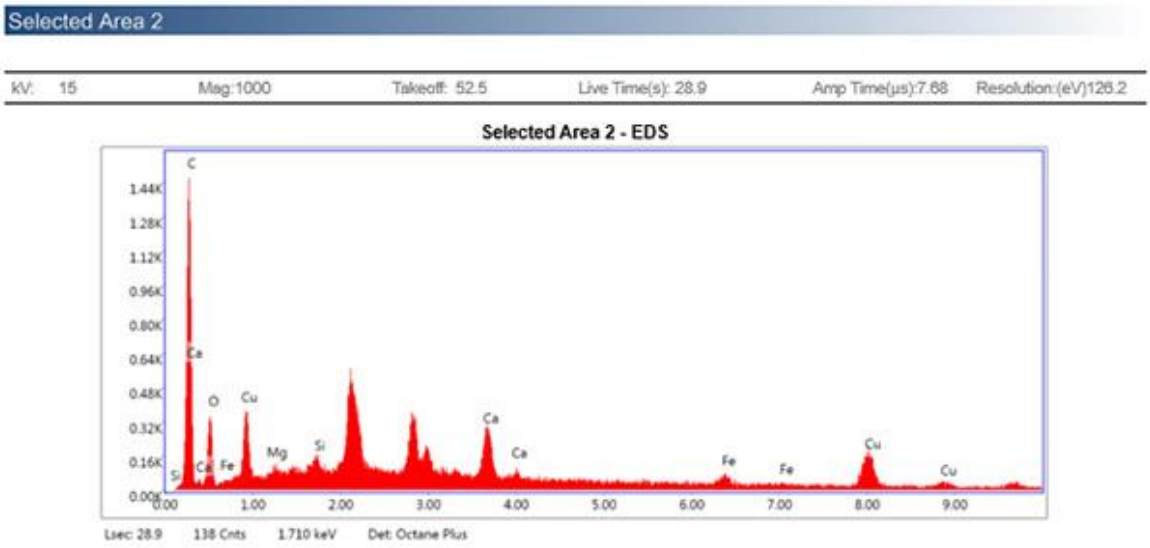
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.5 Live Time(s): 27.4 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)128.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	23.85	53.06
FeL	0.06	0.04
CuL	66.18	37.07
MgK	0.12	0.17
SiK	2.55	3.23
CaK	7.24	6.43

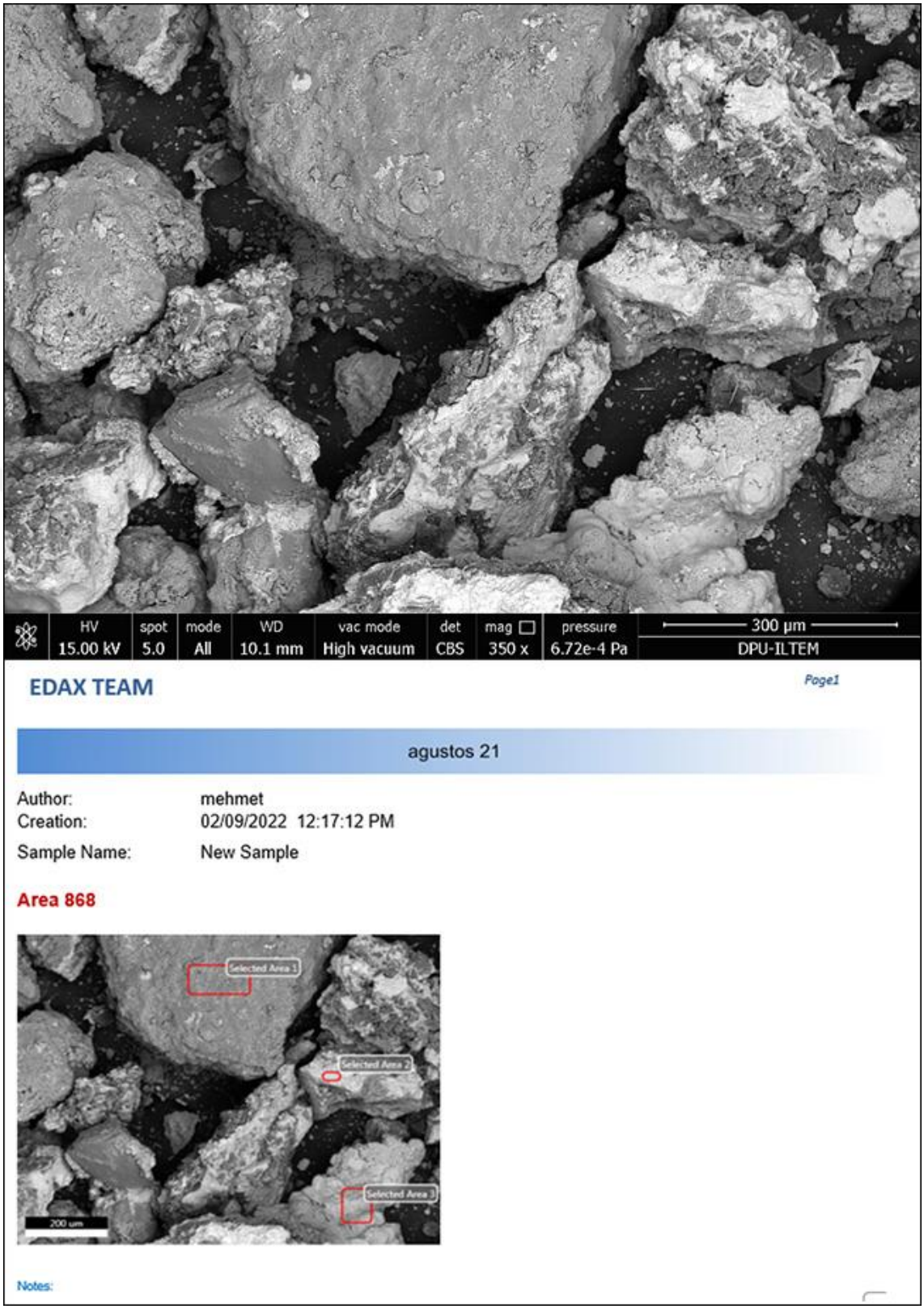
EK B.43 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	59.22	76.02
O K	16.24	15.65
FeL	0.00	0.00
CuL	8.29	2.01
MgK	0.00	0.00
SiK	0.39	0.21
CaK	15.86	6.10

EK B.44 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. sayfa.

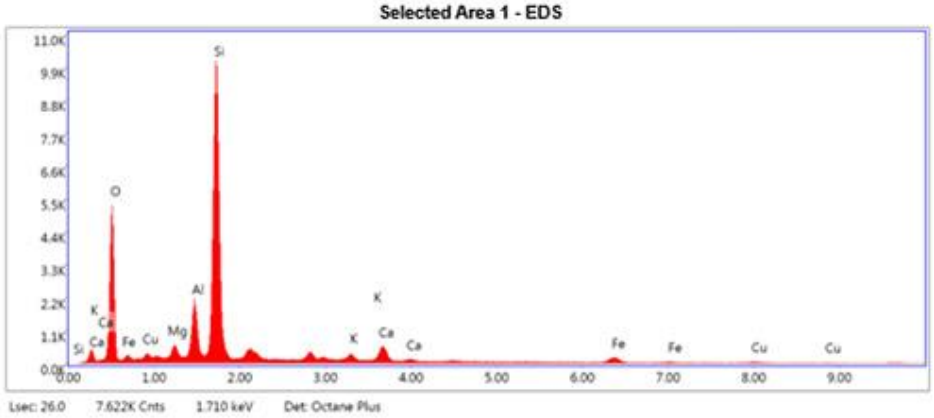


EK B.45 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

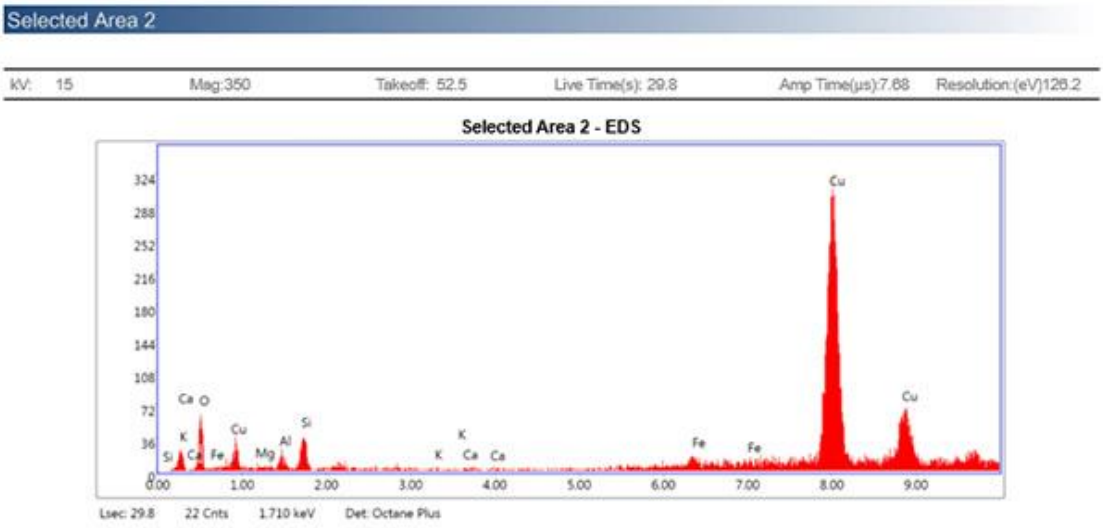
kV: 15	Mag:350	Takeoff: 52.5	Live Time(s): 26	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	34.75	50.78
MgK	1.38	1.33
AlK	7.12	6.17
SiK	40.66	33.85
K K	1.89	1.13
CaK	5.64	3.29
FeK	6.19	2.59
CuK	2.38	0.87

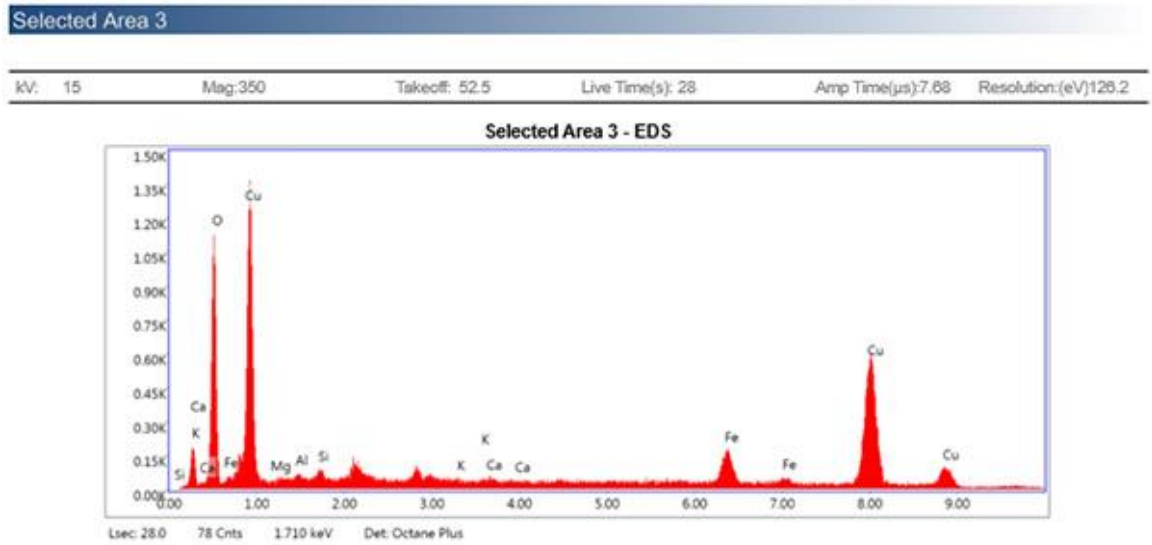
EK B.46 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	0.95	3.59
Mg K	0.17	0.43
Al K	0.33	0.75
Si K	0.62	1.33
K K	0.03	0.04
Ca K	0.06	0.09
Fe K	3.30	3.58
Cu K	94.55	90.19

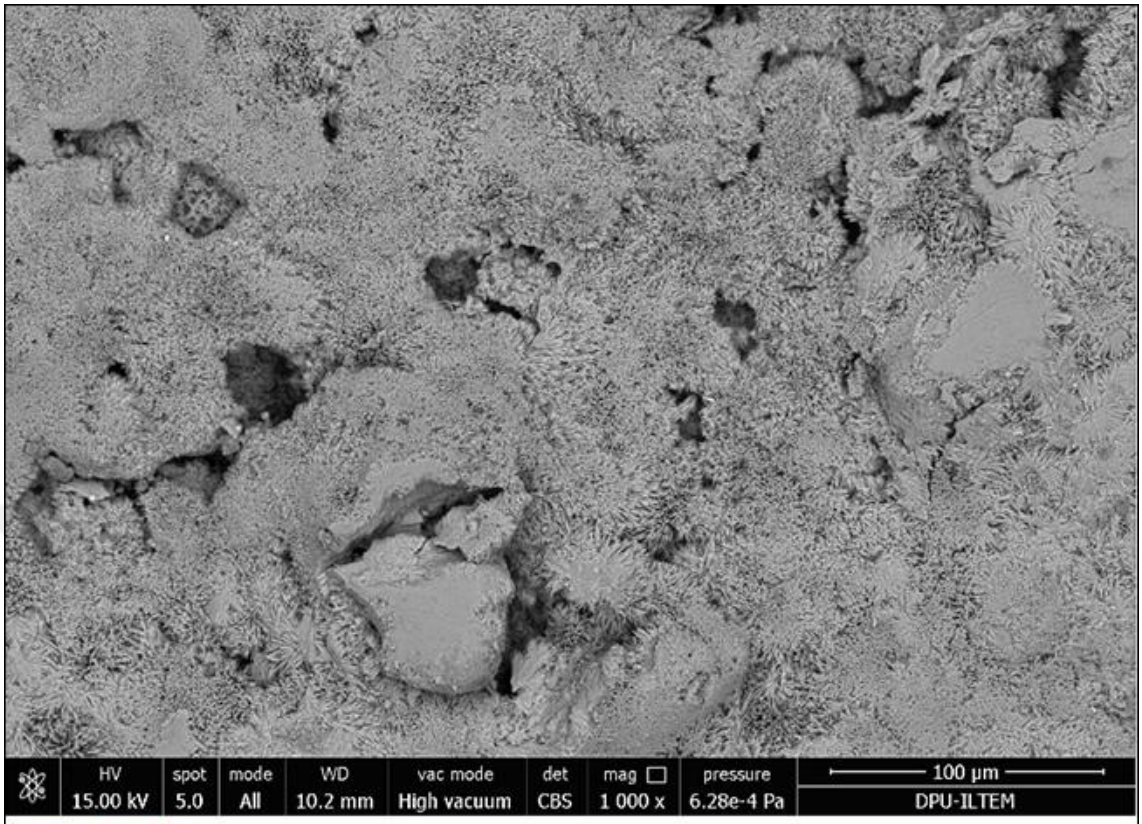
EK B.47 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 12. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	8.42	26.34
MgK	0.00	0.00
AlK	0.04	0.07
SiK	0.22	0.39
K K	0.11	0.14
CaK	0.27	0.33
FeK	9.99	8.95
CuK	80.96	63.77

EK B.48 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K1) (SEM-EDS) 13. sayfa.

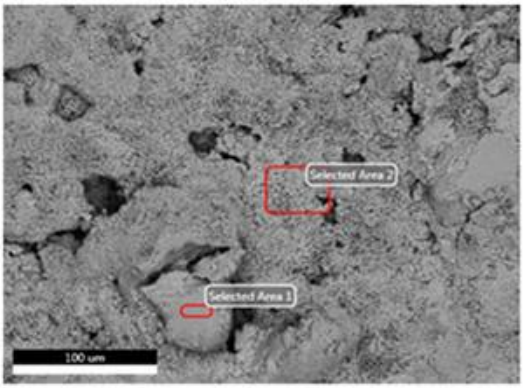


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 12:22:34 PM
Sample Name: New Sample

Area 869



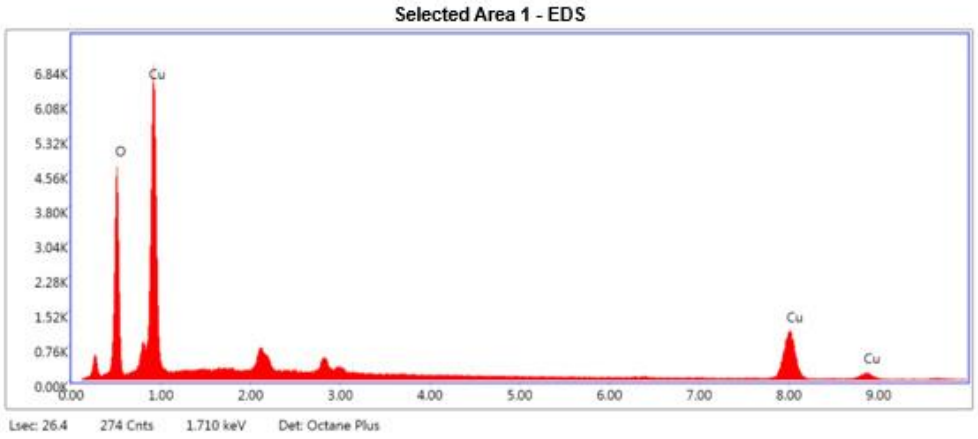
Notes:

EK B.49 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

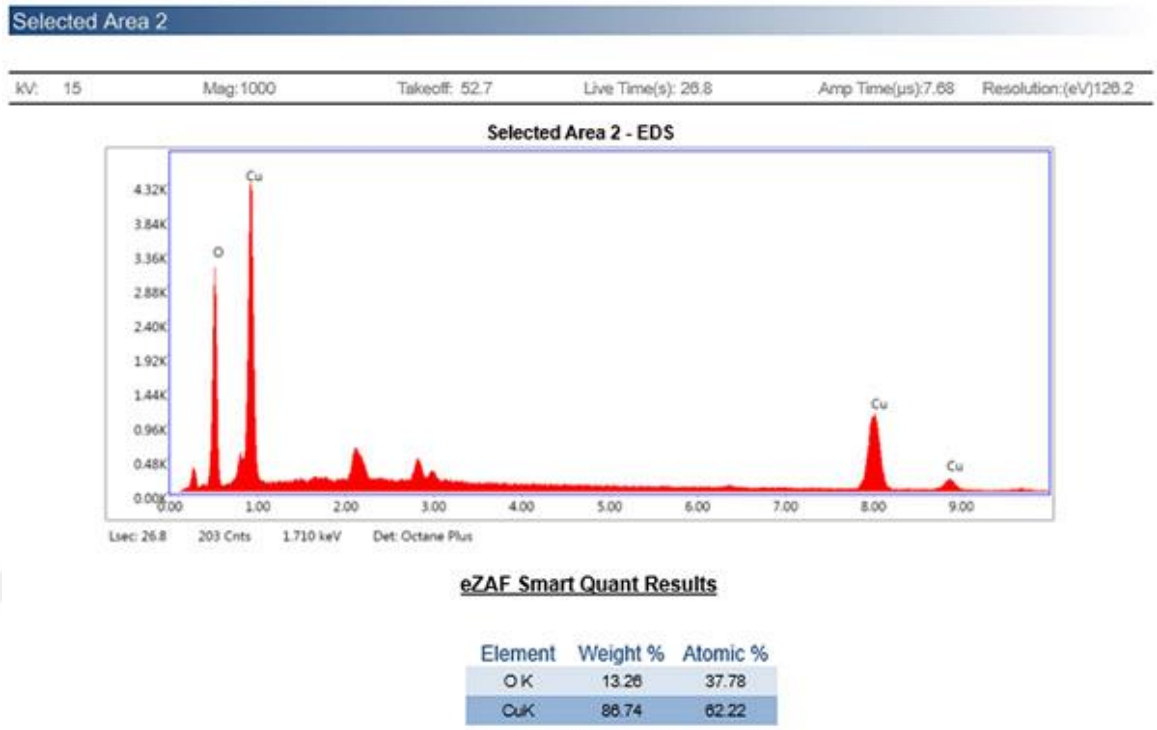
kV:	15	Mag:1000	Takeoff: 52.7	Live Time(s): 26.4	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	19.28	48.68
CuK	80.72	51.32

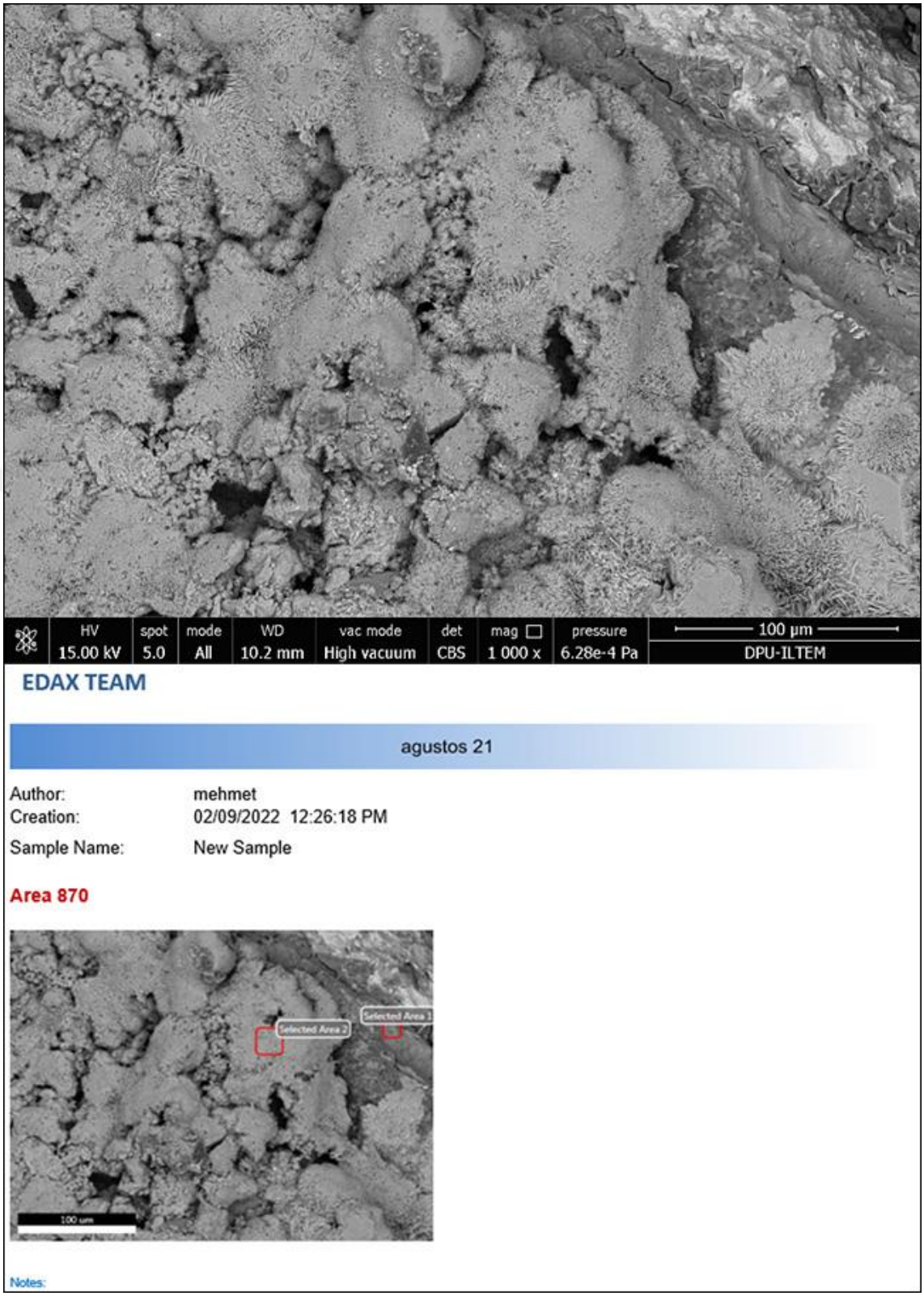
EK B.50 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	13.26	37.78
Cu K	86.74	62.22

EK B.51 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. sayfa.

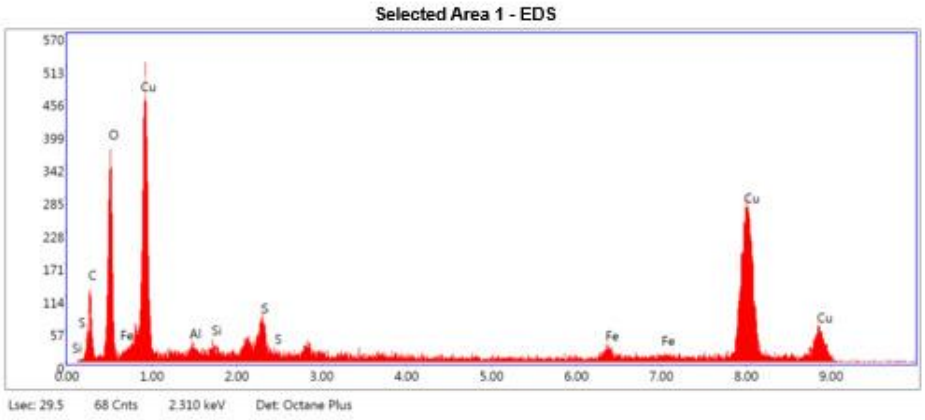


EK B.52 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

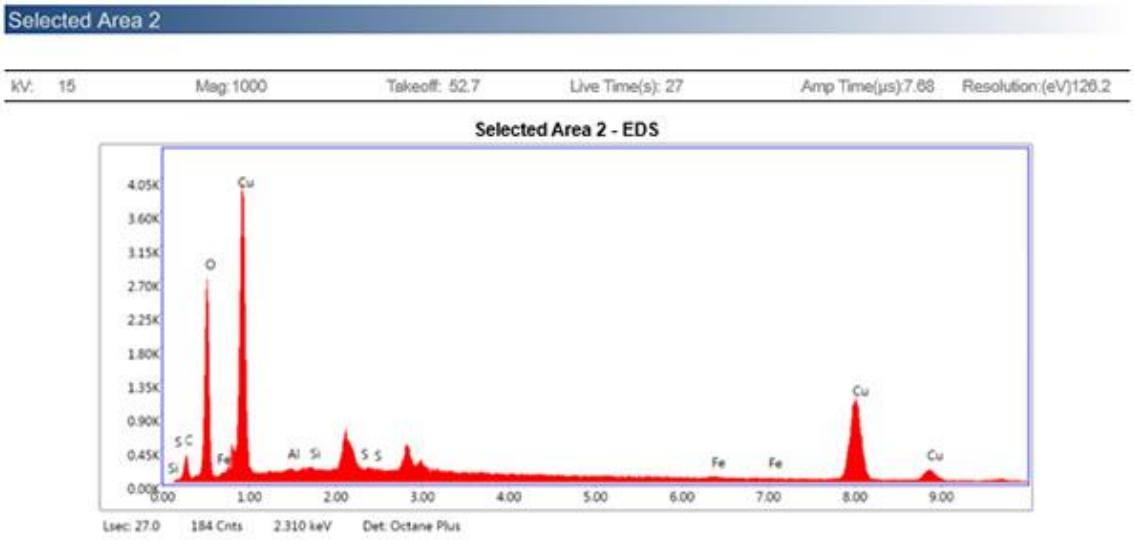
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.7	Live Time(s): 29.5	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.78	23.88
O K	6.23	16.47
Al K	0.18	0.28
Si K	0.21	0.32
S K	1.67	2.21
Fe K	3.07	2.33
Cu K	81.86	54.51

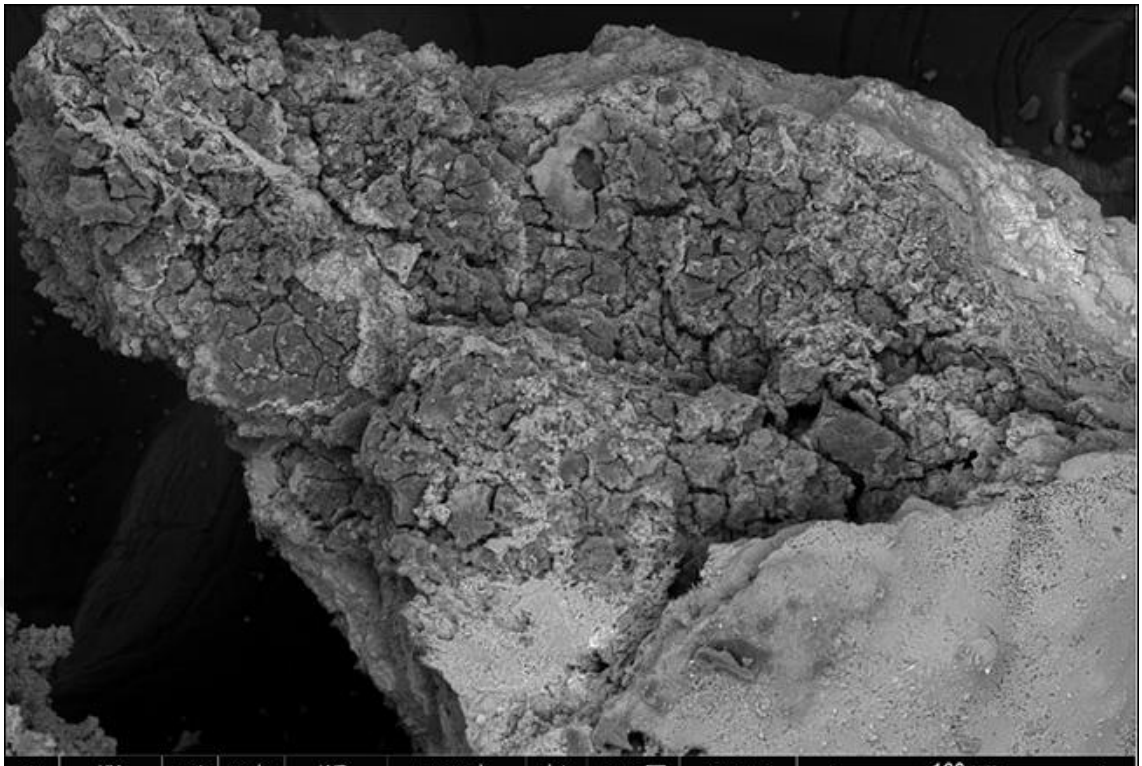
EK B.53 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.19	17.25
O K	11.78	29.39
AlK	0.00	0.00
SiK	0.02	0.03
S K	1.84	2.29
FeK	0.71	0.51
CuK	80.45	50.53

EK B.54 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. sayfa.



HV	spot	mode	WD	vac mode	det	mag	pressure	100 µm
15.00 kV	5.0	All	10.2 mm	High vacuum	CBS	1 000 x	6.28e-4 Pa	DPU-ILTEM

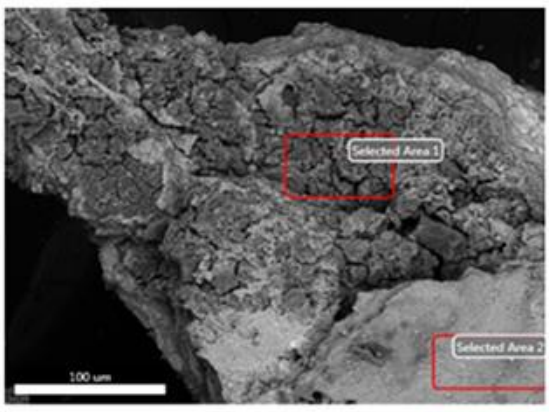
EDAX TEAM

Page1

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 12:29:41 PM
Sample Name: New Sample

Area 871



Notes:

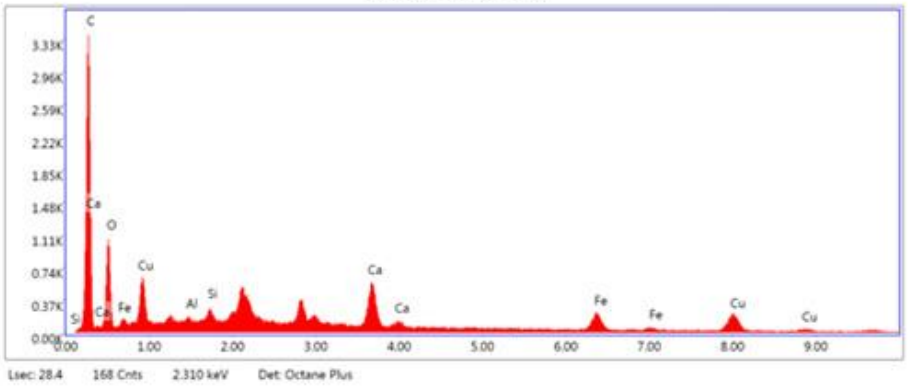
EK B.55 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

KV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.7 Live Time(s): 28.4 Amp Time(μs):7.68 Resolution:(eV) 126.2

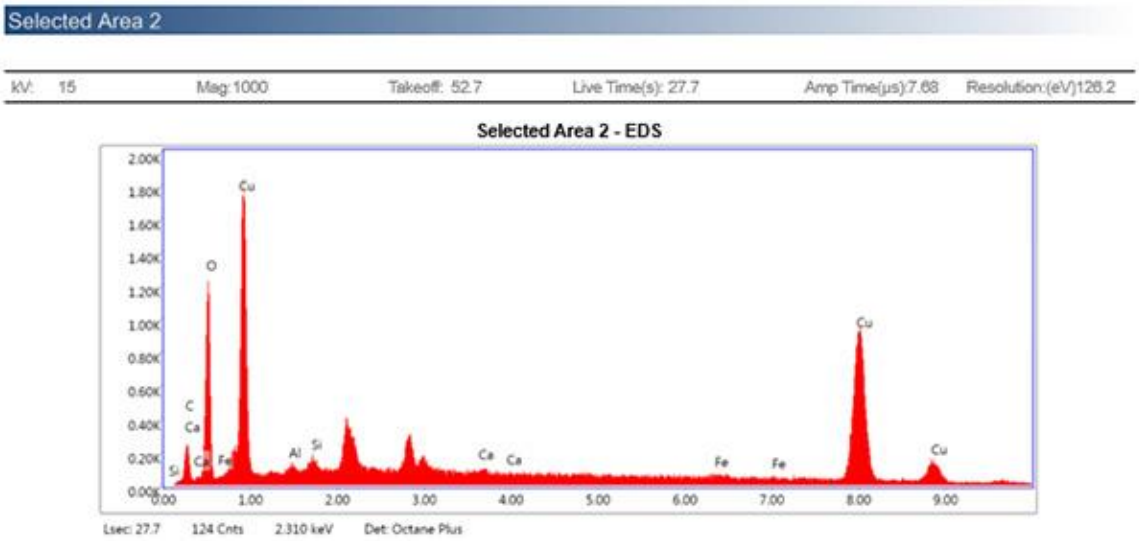
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	45.98	71.88
O K	11.51	13.52
Al K	0.07	0.05
Si K	0.67	0.45
Ca K	7.87	3.69
Fe K	9.61	3.23
Cu K	24.30	7.18

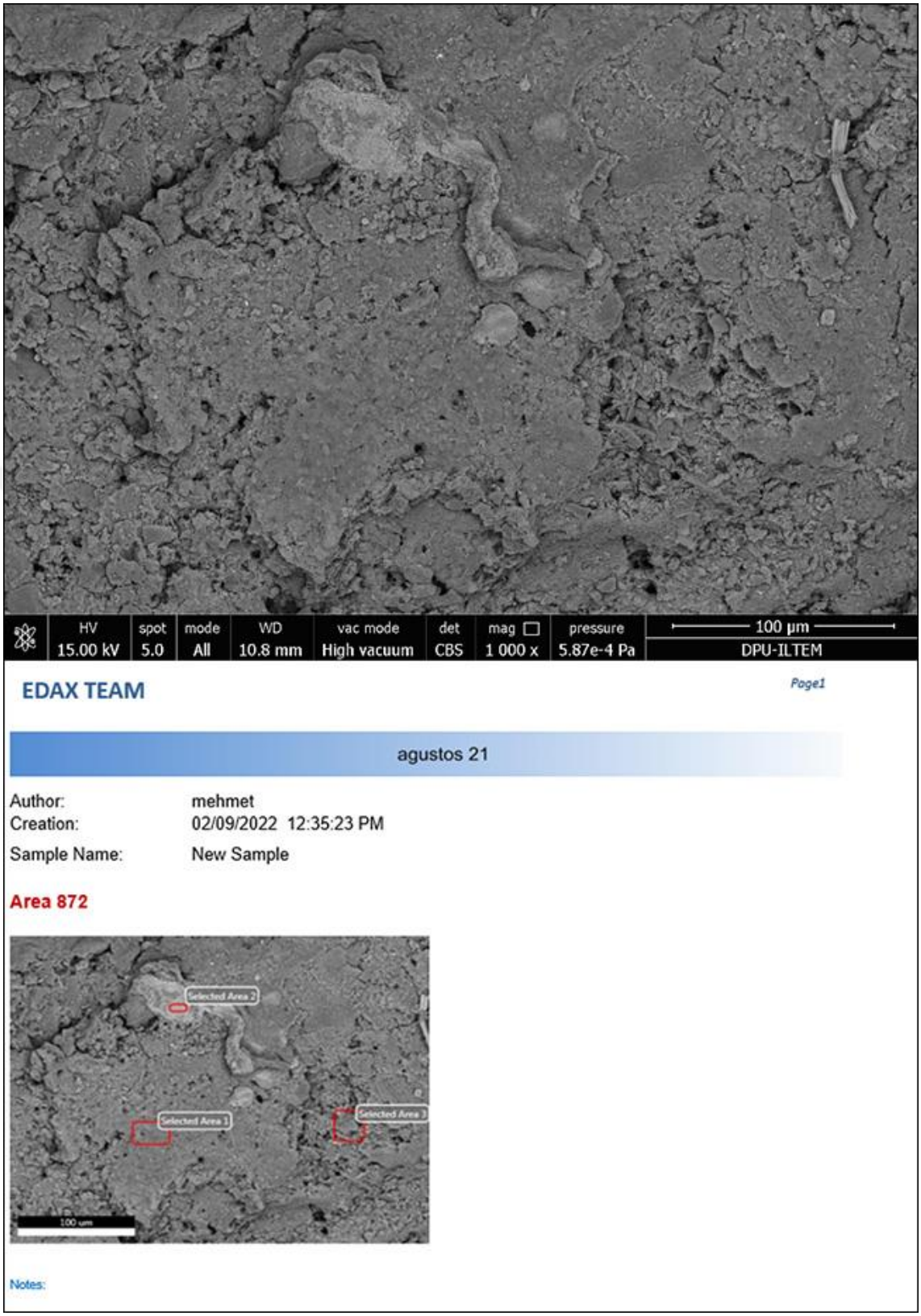
EK B.56 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.86	18.33
O K	6.32	17.91
AlK	0.02	0.03
SiK	0.14	0.22
CaK	0.17	0.19
FeK	1.84	1.50
CuK	86.66	61.83

EK B.57 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. sayfa.

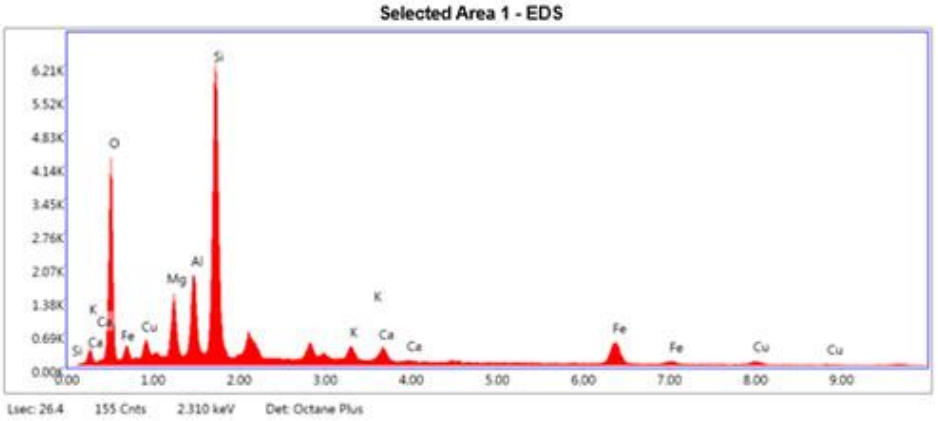


EK B.58 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

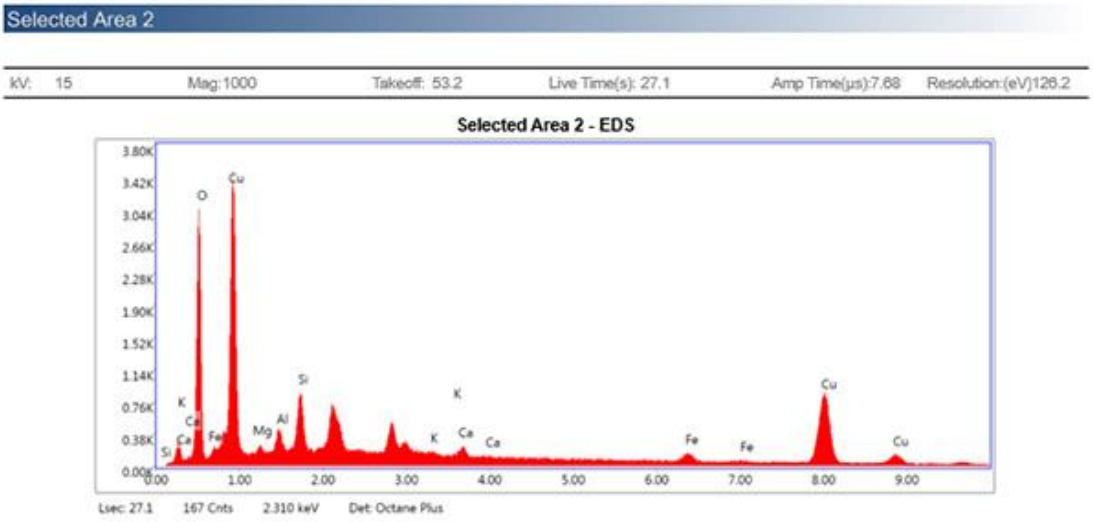
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 53.2	Live Time(s): 26.4	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	27.62	44.89
MgK	5.46	5.84
AlK	7.82	7.53
SiK	28.74	26.61
K K	3.13	2.08
CaK	3.46	2.25
FeK	19.05	8.87
CuK	4.72	1.93

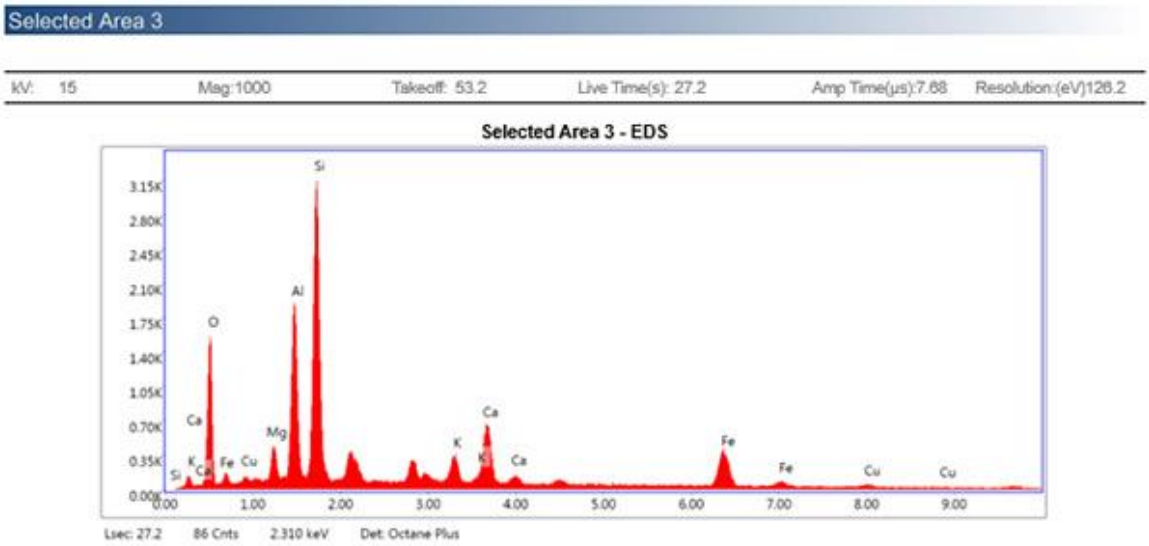
EK B.59 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	15.09	39.37
MgK	0.00	0.00
AlK	1.13	1.75
SiK	3.66	5.44
K K	0.31	0.33
CaK	0.95	0.99
FeK	3.37	2.52
CuK	75.49	49.60

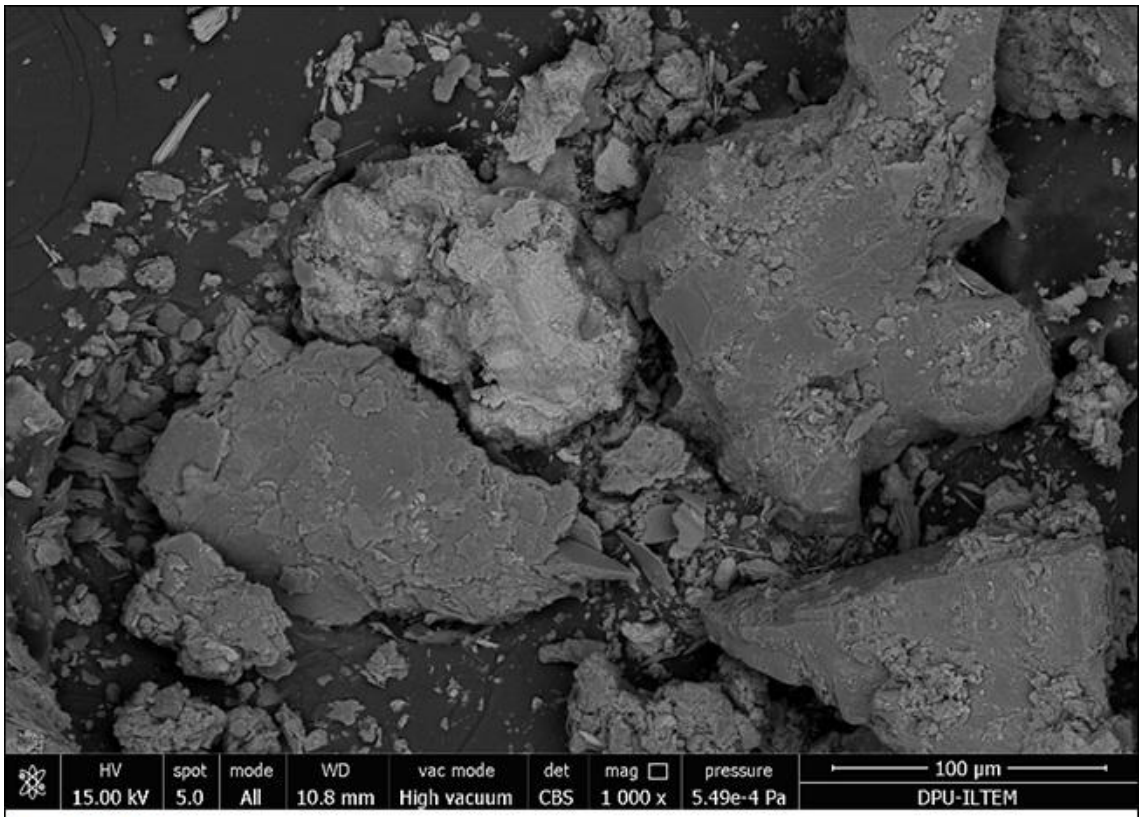
EK B.60 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	18.95	34.82
MgK	1.74	2.10
AlK	12.18	13.27
SiK	22.04	23.07
K K	3.90	2.93
CaK	11.55	8.47
FeK	25.44	13.39
CuK	4.20	1.94

EK B.61 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 4. sayfa.

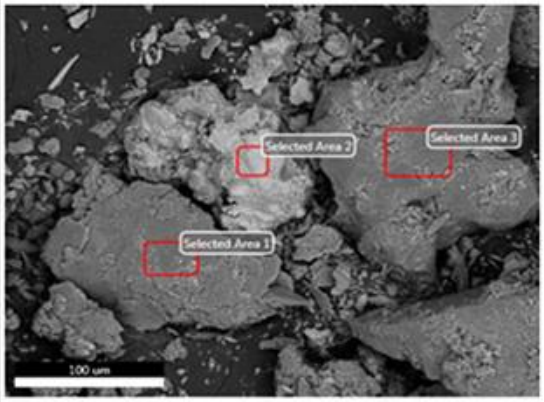


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 12:44:19 PM
Sample Name: New Sample

Area 874



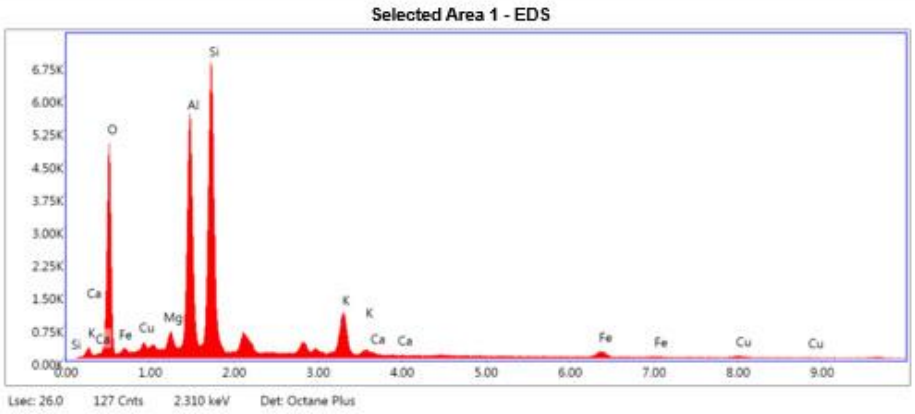
Notes:

EK B.62 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 5. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

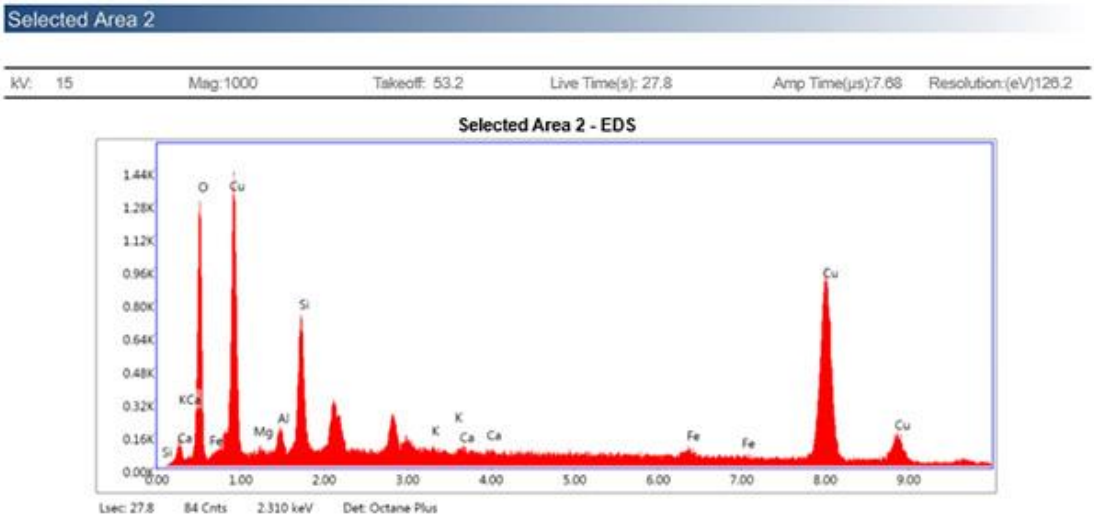
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 53.2 Live Time(s): 26 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	32.26	47.72
MgK	1.55	1.51
AlK	20.36	17.85
SiK	28.43	23.95
K K	9.27	5.61
CaK	0.38	0.22
FeK	4.76	2.02
CuK	2.99	1.11

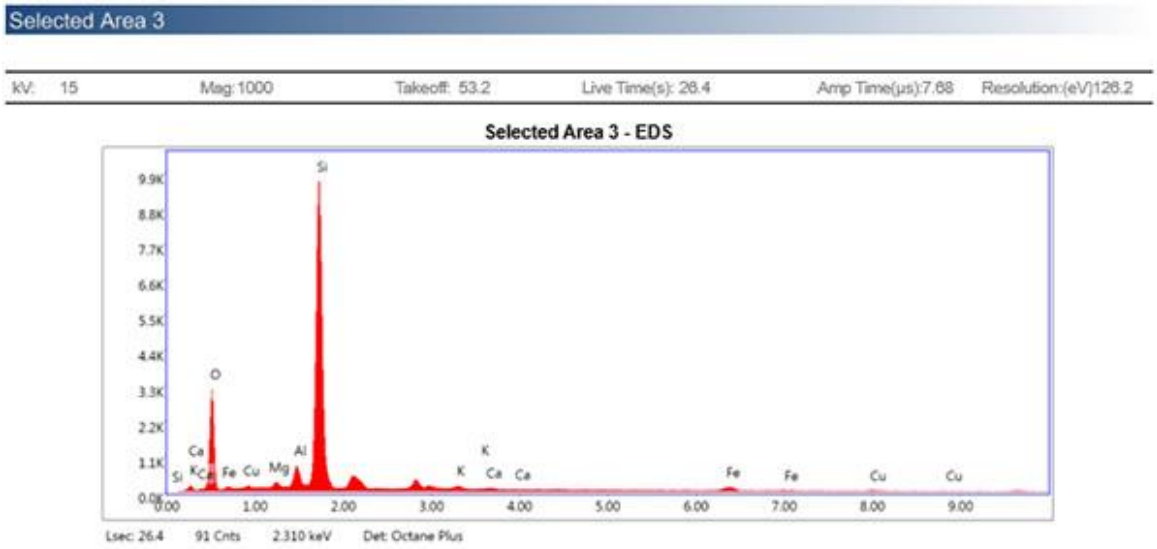
EK B.63 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 6. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	6.61	21.02
MgK	0.00	0.00
AlK	0.33	0.62
SiK	3.33	6.04
K K	0.06	0.07
CaK	0.21	0.26
FeK	2.98	2.71
CuK	86.49	69.27

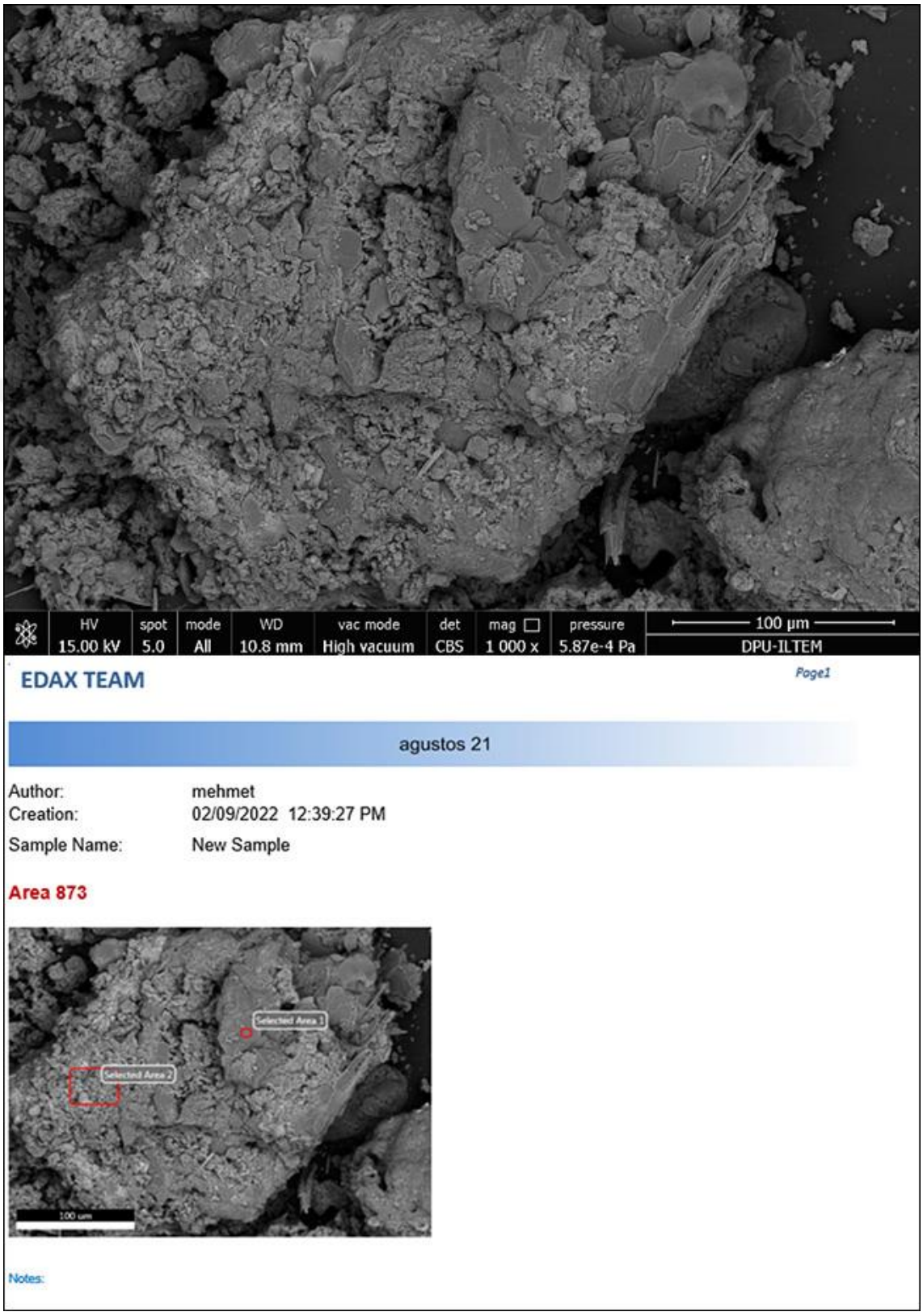
EK B.64 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 7. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	28.40	43.00
MgK	0.50	0.50
AlK	3.53	3.17
SiK	55.27	47.66
K K	1.76	1.09
CaK	0.91	0.55
FeK	7.05	3.06
CuK	2.58	0.98

EK B.65 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 8. sayfa.

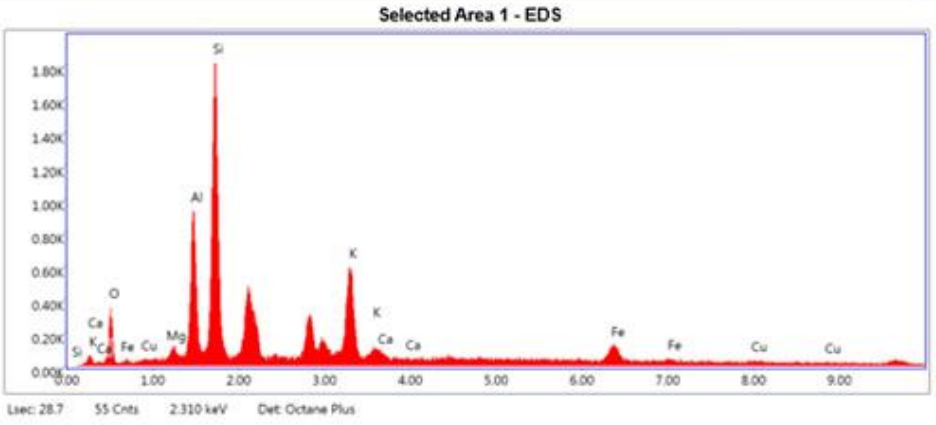


EK B.66 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 9. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

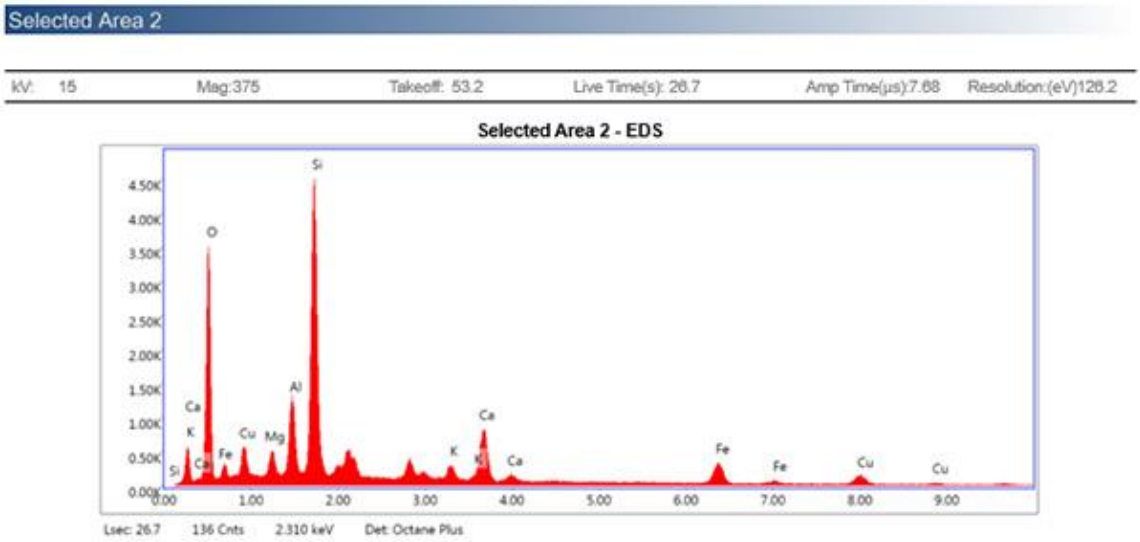
KV: 15	Mag:1000	Takeoff: 53.2	Live Time(s): 28.7	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	9.76	18.96
MgK	0.02	0.02
AlK	13.12	15.11
SiK	32.14	35.57
K K	22.45	17.85
CaK	0.95	0.73
FeK	17.92	9.98
CuK	3.65	1.79

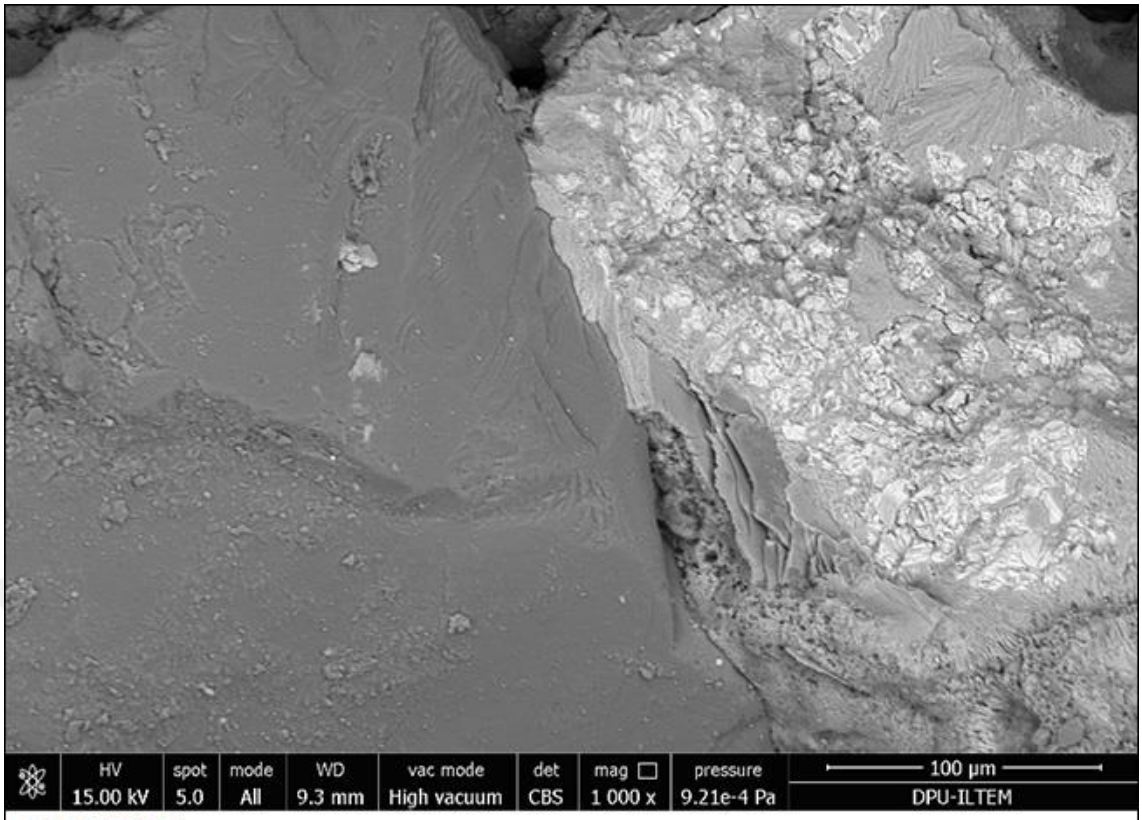
EK B.67 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 10. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	28.99	48.89
MgK	1.88	2.08
AlK	6.09	6.09
SiK	22.81	21.91
K K	2.10	1.45
CaK	10.40	7.00
FeK	13.70	6.62
CuK	14.03	5.96

EK B.68 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (SEM-EDS) 11. sayfa.

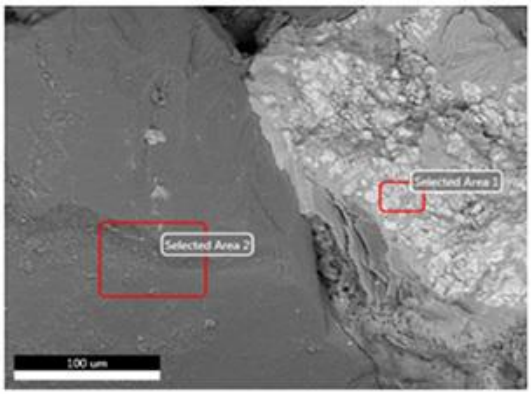


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 2:23:31 PM
Sample Name: New Sample

Area 884



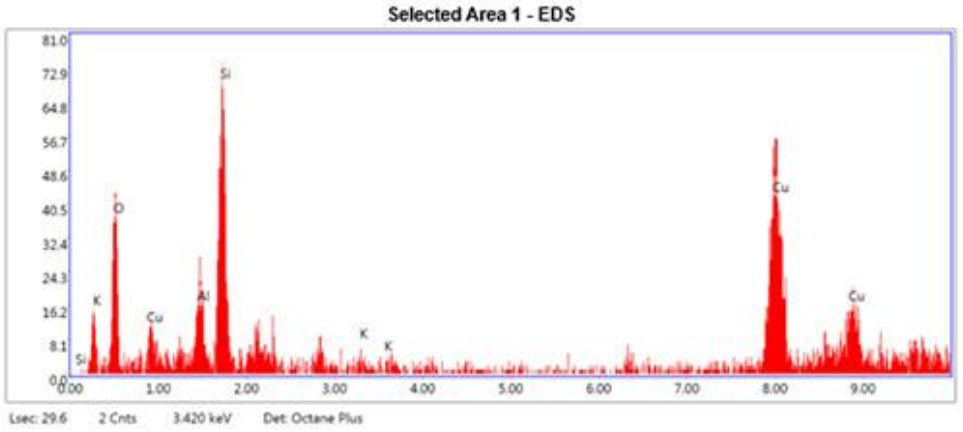
Notes:

EK B.69 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

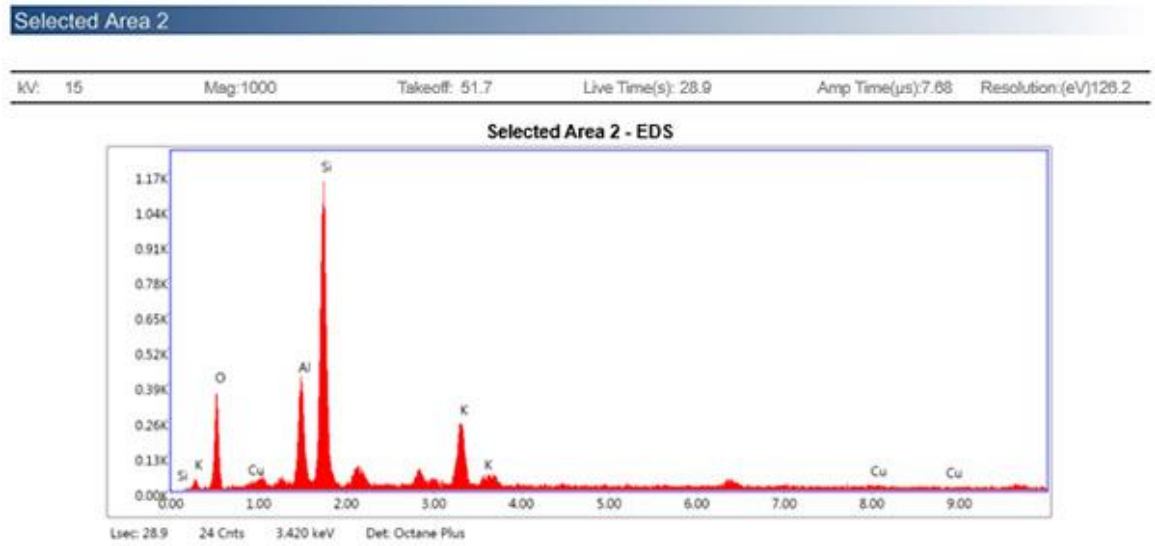
kV:	15	Mag: 1000	Takeoff: 51.7	Live Time(s): 29.6	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	4.15	13.28
Al K	2.37	4.50
Si K	6.65	12.14
K K	0.12	0.16
Cu K	86.71	69.92

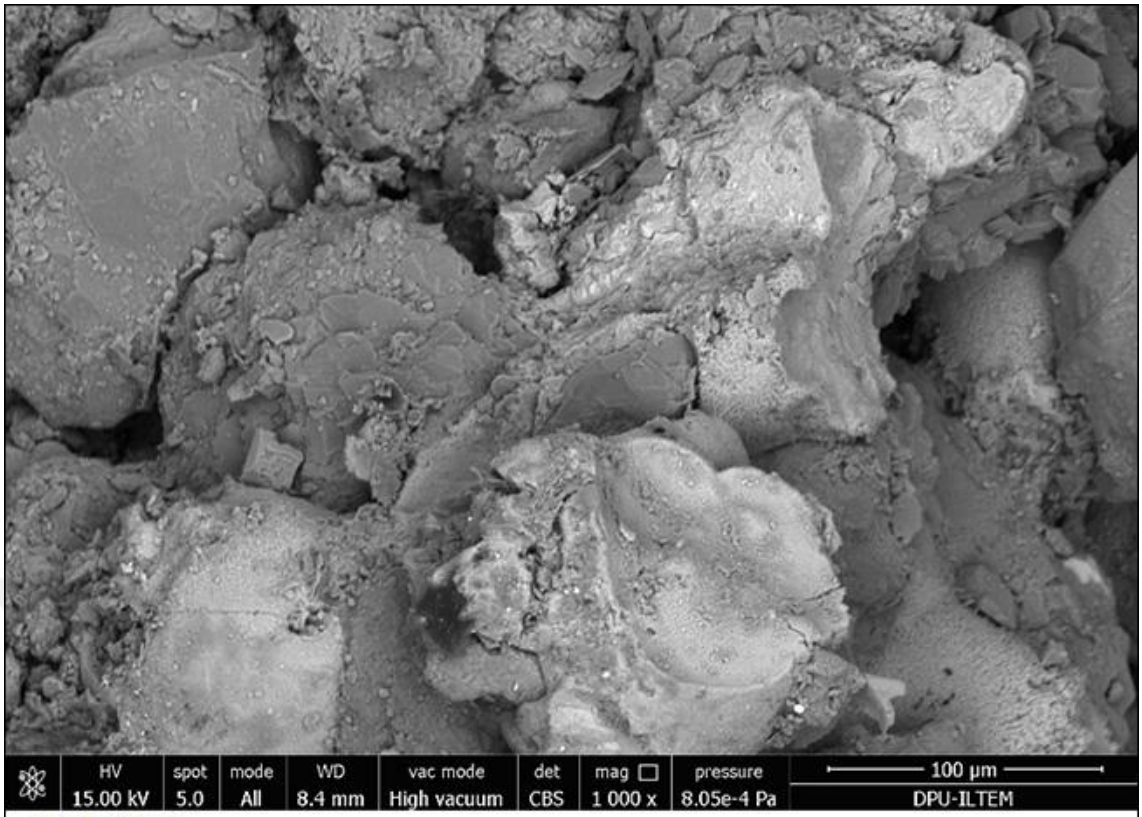
EK B.70 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	24.07	38.46
Al K	11.52	10.91
Si K	39.60	36.04
K K	18.32	11.98
Cu K	6.49	2.61

EK B.71 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.

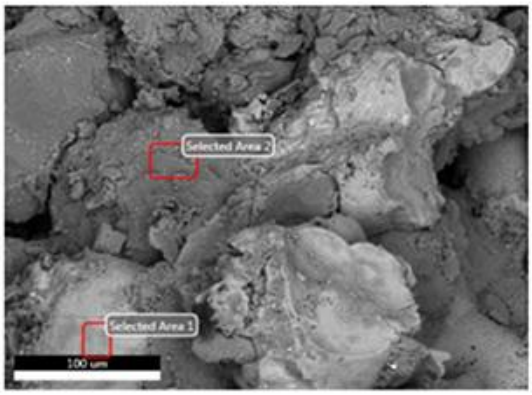


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 2:30:13 PM
Sample Name: New Sample

Area 885



Notes:

EK B.72 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.

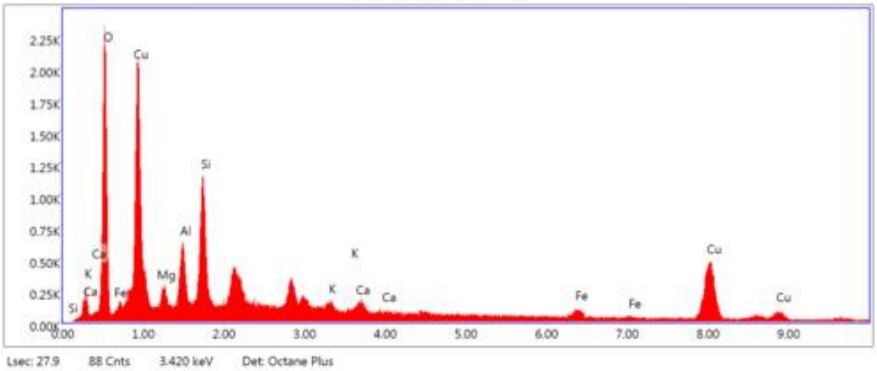
EDAX TEAM

Page2

Selected Area 1

kV:	15	Mag:1000	Takeoff: 50.7	Live Time(s): 27.9	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2

Selected Area 1 - EDS

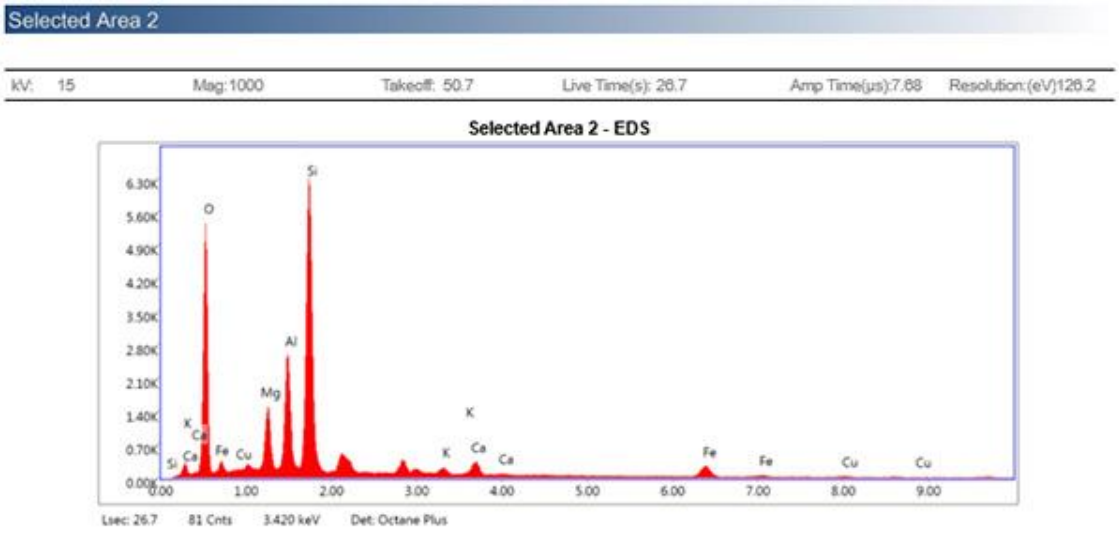


Lsec: 27.9 88 Cnts 3.420 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	19.23	43.57
MgK	0.77	1.15
AlK	3.75	5.03
SiK	8.07	10.41
K K	0.89	0.84
CaK	1.30	1.17
FeK	3.17	2.06
CuK	63.03	35.96

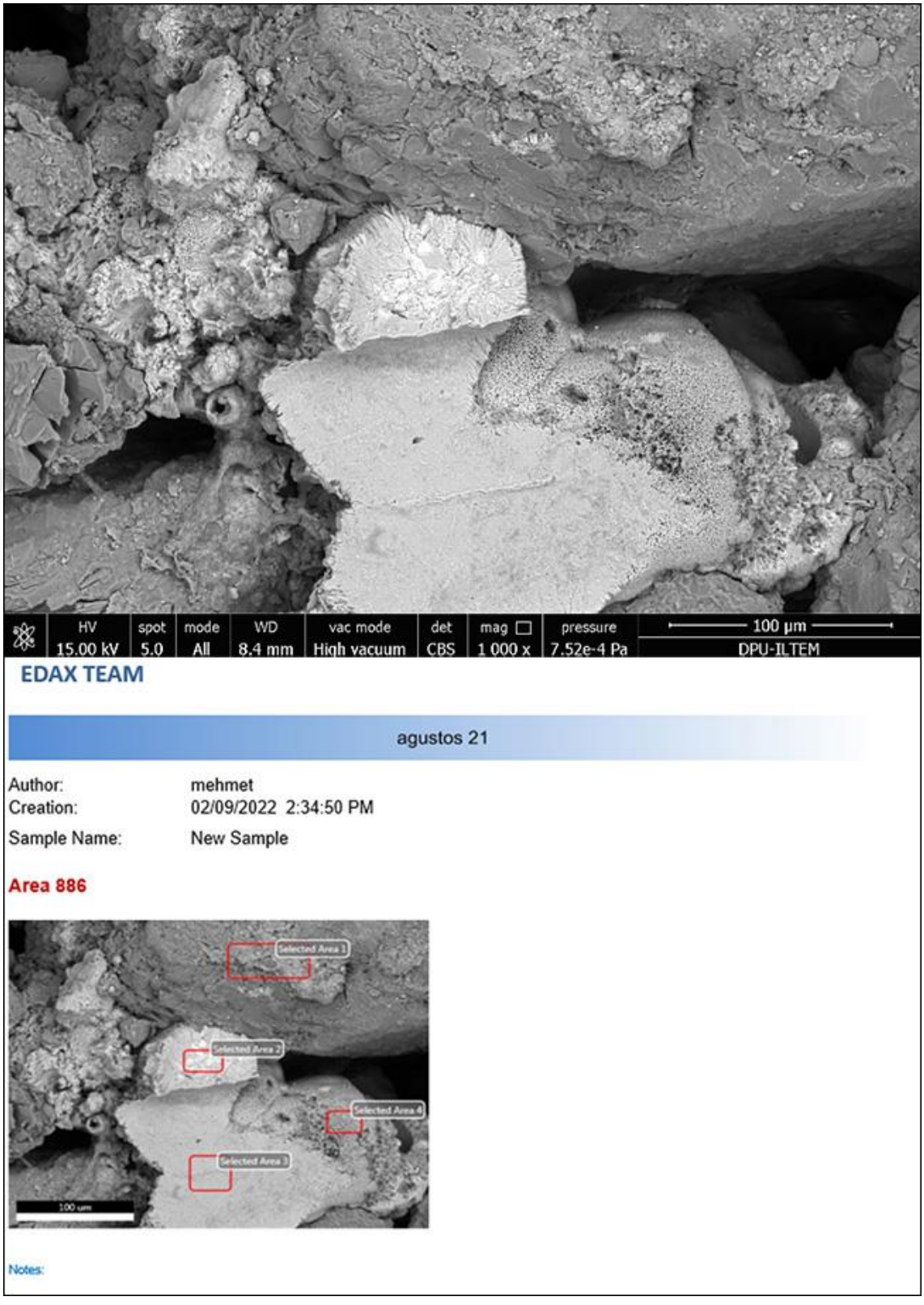
EK B.73 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	36.12	52.27
MgK	5.98	5.68
AlK	11.31	9.70
SiK	30.03	24.76
K K	1.40	0.83
CaK	3.47	2.01
FeK	9.77	4.05
CuK	1.94	0.71

EK B.74 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.

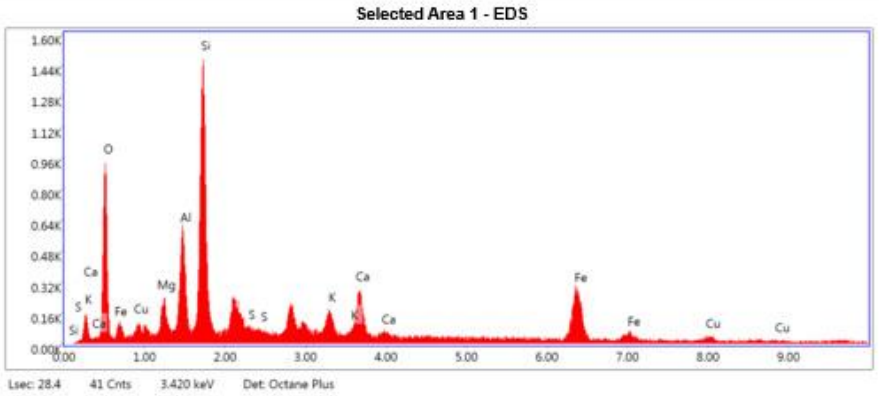


EK B.75 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

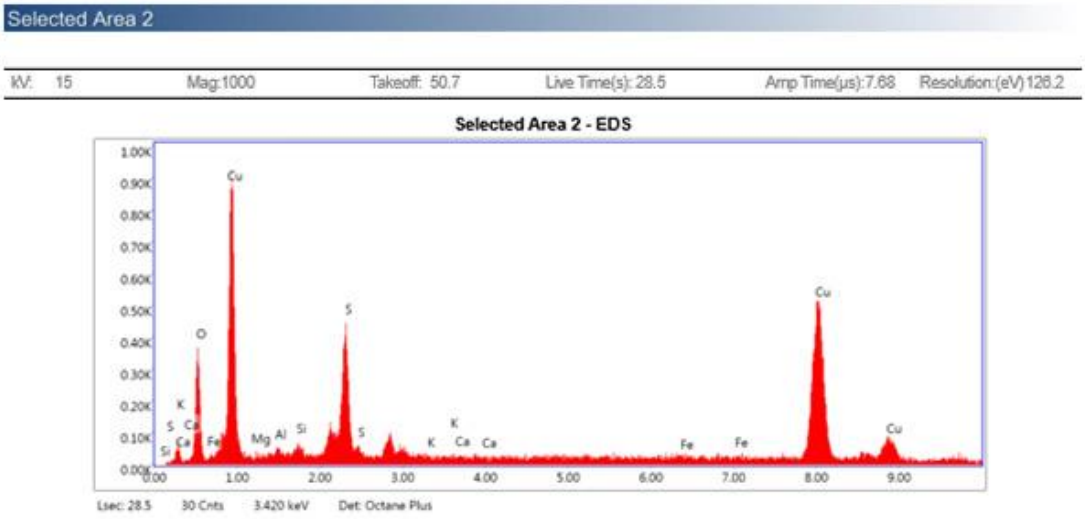
kV:	Mag:	Takeoff:	Live Time(s):	Amp Time(µs):	Resolution:(eV)
15	1000	50.7	28.4	7.68	126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	18.94	36.56
MgK	1.74	2.21
AlK	6.84	7.83
SiK	18.92	20.80
S K	2.27	2.18
K K	3.36	2.65
CaK	7.72	5.95
FeK	33.97	18.78
CuK	6.24	3.03

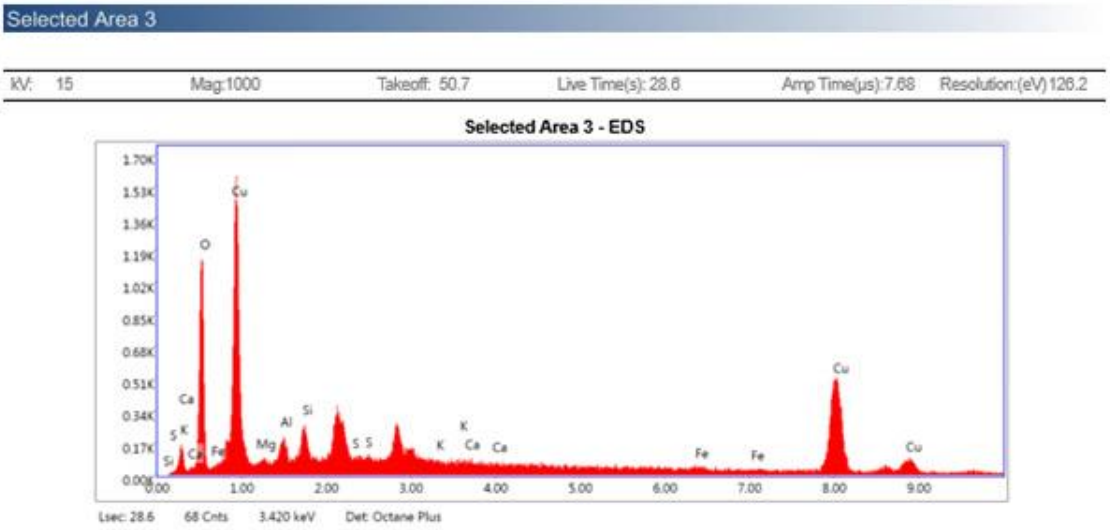
EK B.76 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	3.61	12.30
MgK	0.00	0.00
AlK	0.11	0.21
SiK	0.21	0.41
S K	5.40	9.16
K K	0.07	0.10
CaK	0.07	0.10
FeK	1.42	1.39
CuK	89.11	76.34

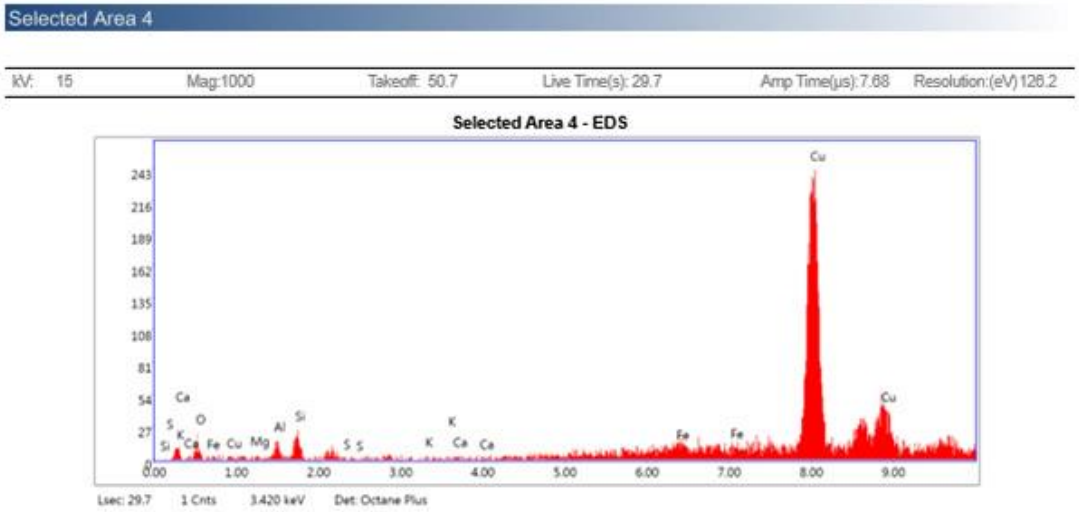
EK B.77 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	10.48	30.41
MgK	0.00	0.00
AlK	0.92	1.59
SiK	1.44	2.39
S K	2.28	3.30
K K	0.18	0.21
CaK	0.28	0.32
FeK	1.00	0.83
CuK	83.41	60.95

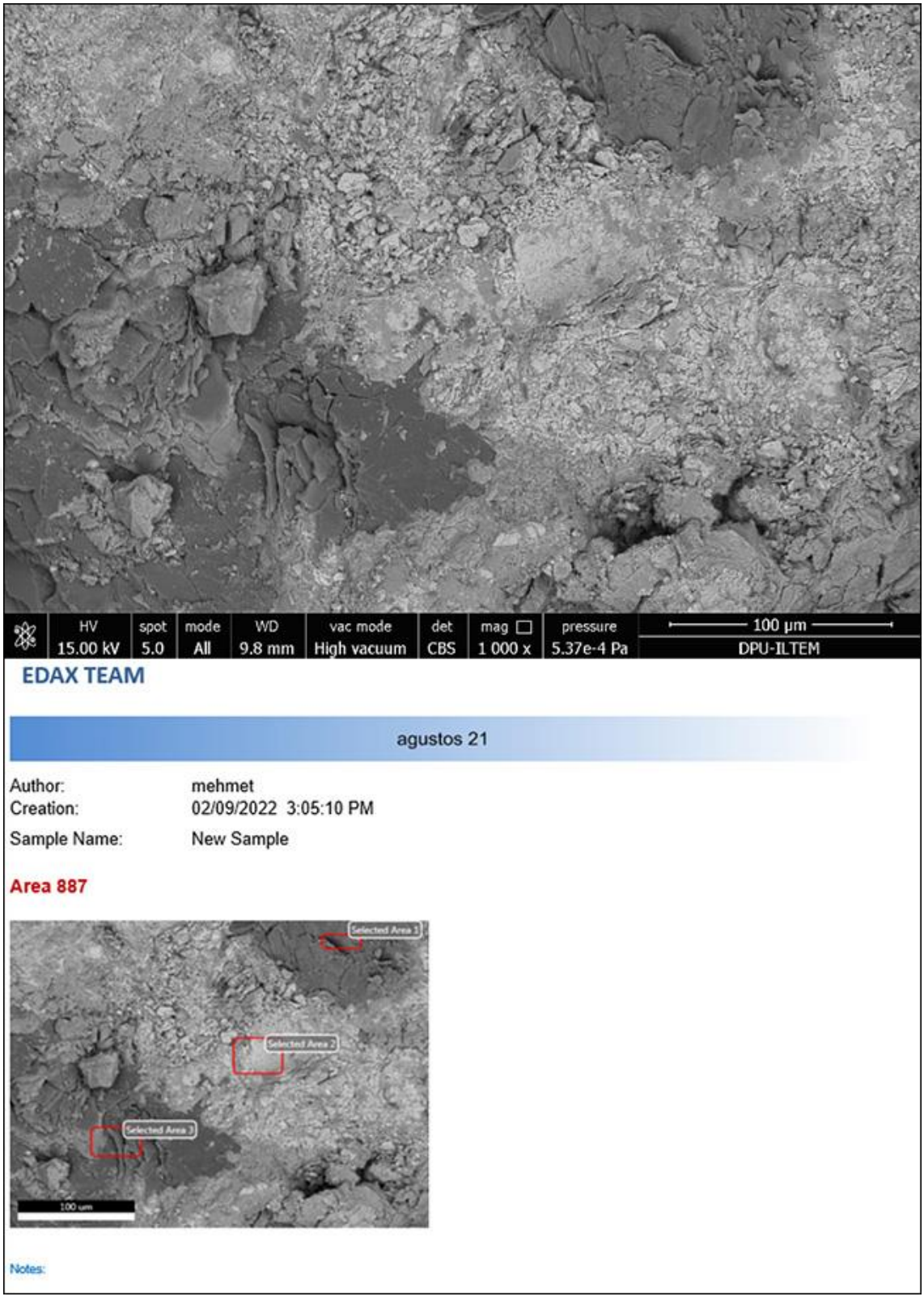
EK B.78 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	0.40	1.55
Mg K	0.07	0.18
Al K	0.33	0.75
Si K	0.45	0.98
S K	0.13	0.25
K K	0.08	0.09
Ca K	0.09	0.14
Fe K	5.42	5.98
Cu K	93.05	90.08

EK B.79 Bronz kantar AEV-04 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. sayfa.

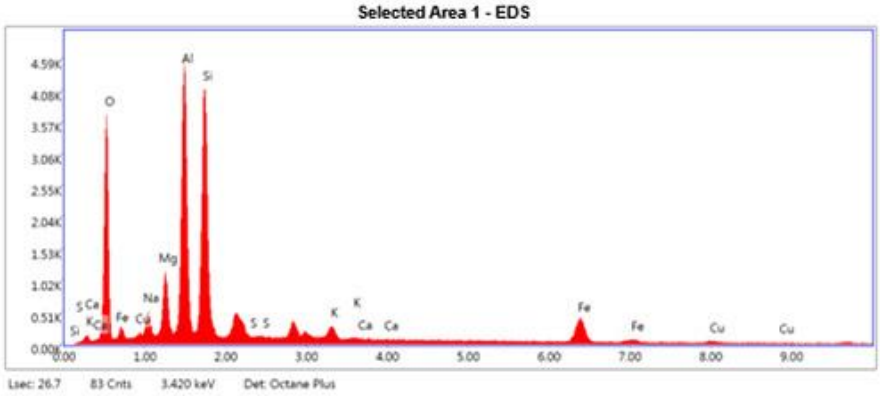


EK B.80 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

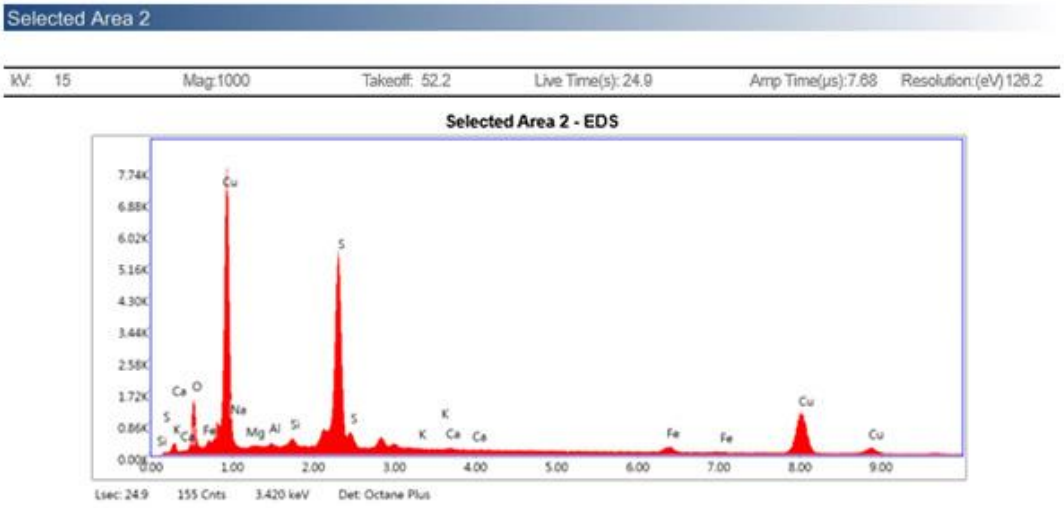
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.2	Live Time(s): 26.7	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	24.82	39.90
NaK	1.83	2.05
MgK	4.32	4.57
AlK	21.29	20.29
SiK	22.24	20.36
S K	2.30	1.84
K K	2.22	1.46
CaK	0.14	0.09
FeK	18.03	8.30
CuK	2.80	1.13

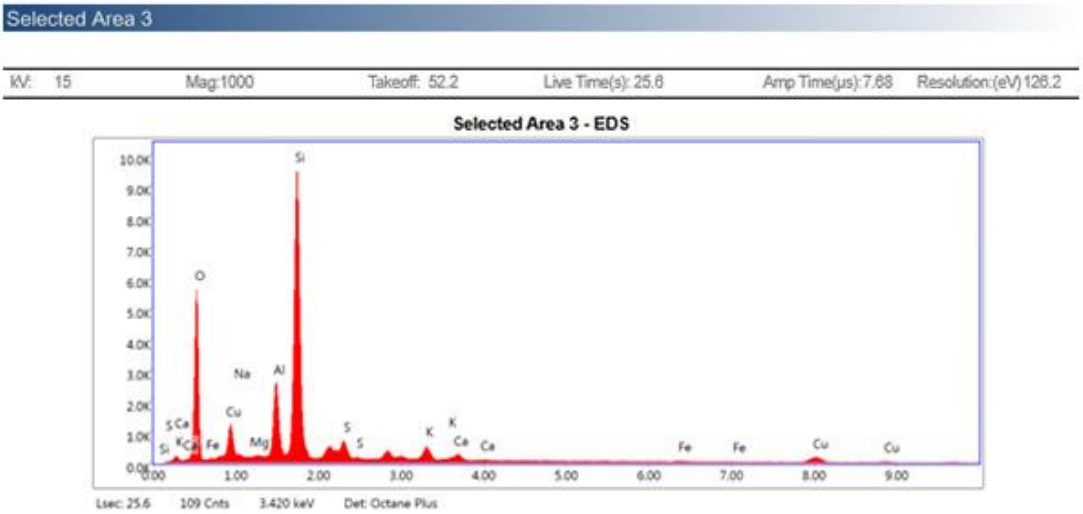
EK B.81 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	5.40	15.27
NaK	0.06	0.12
MgK	0.01	0.02
AlK	0.11	0.18
SiK	0.57	0.92
S K	23.00	32.46
K K	0.08	0.09
CaK	0.35	0.39
FeK	3.96	3.21
CuK	66.46	47.34

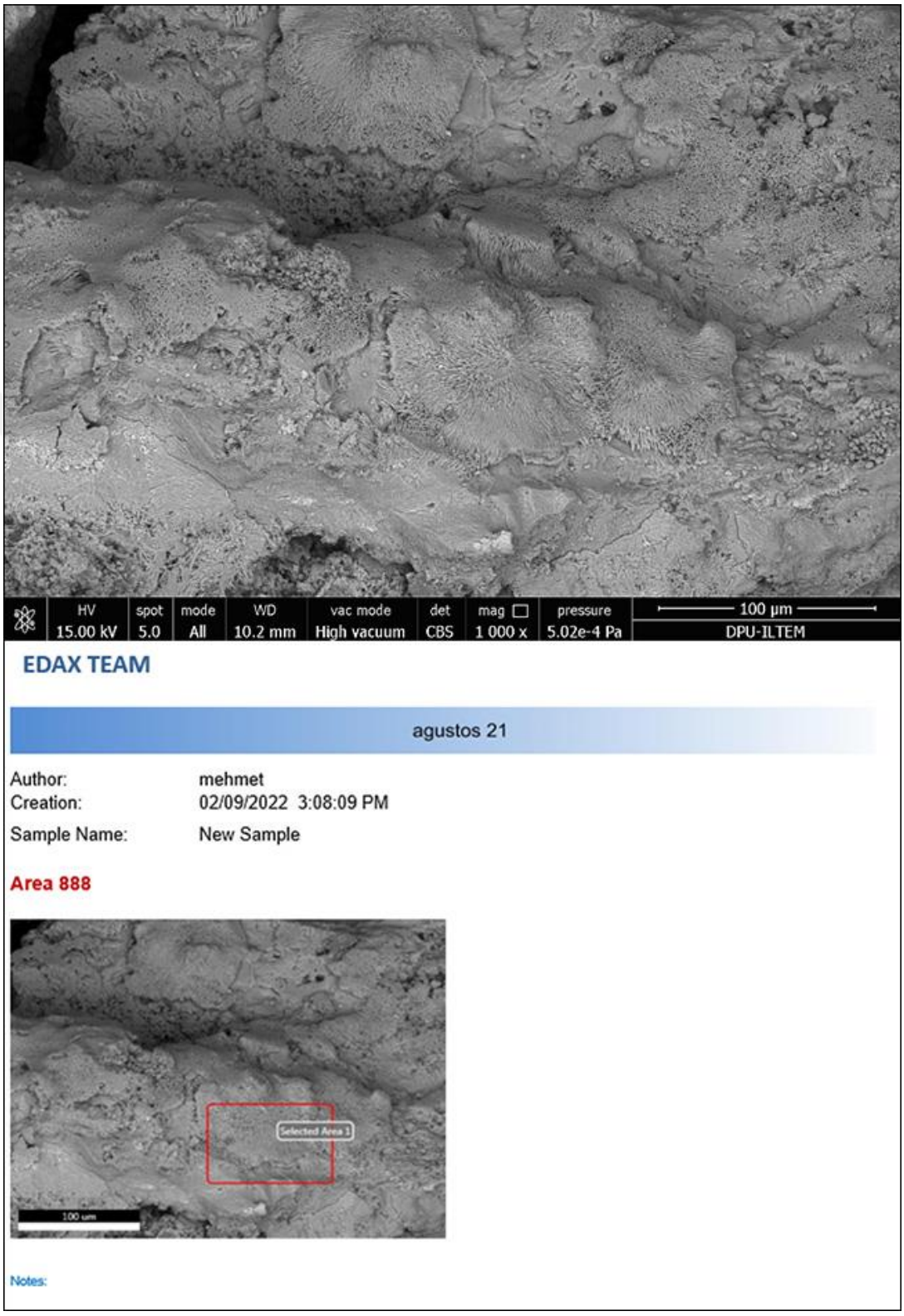
EK B.82 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	31.51	48.64
Na K	0.11	0.11
Mg K	0.05	0.05
Al K	8.47	7.76
Si K	34.49	30.33
S K	4.95	3.81
K K	3.63	2.29
Ca K	1.86	1.15
Fe K	0.99	0.44
Cu K	13.94	5.42

EK B.83 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. sayfa.

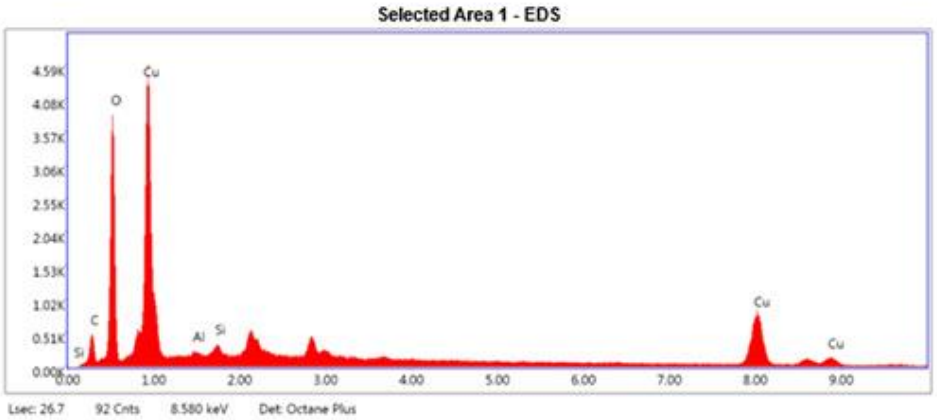


EK B.84 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

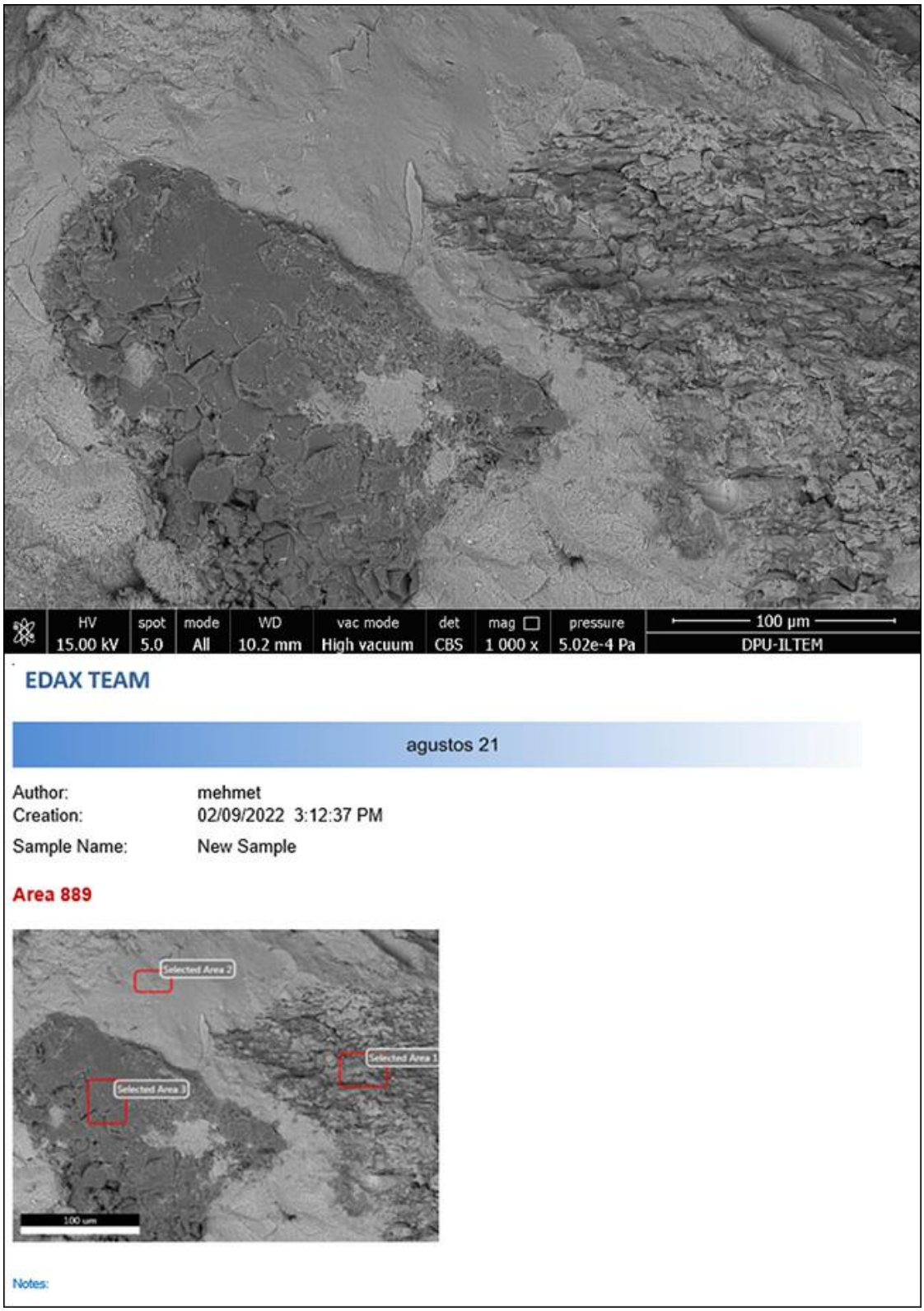
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.6	Live Time(s): 26.7	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.86	23.55
O K	20.18	40.27
Al K	0.05	0.06
Si K	0.76	0.87
Cu K	70.14	35.25

EK B.85 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. sayfa.

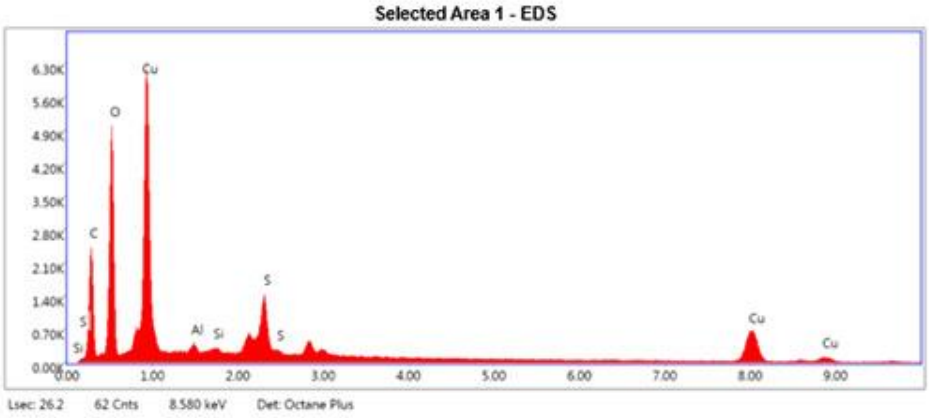


EK B.86 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

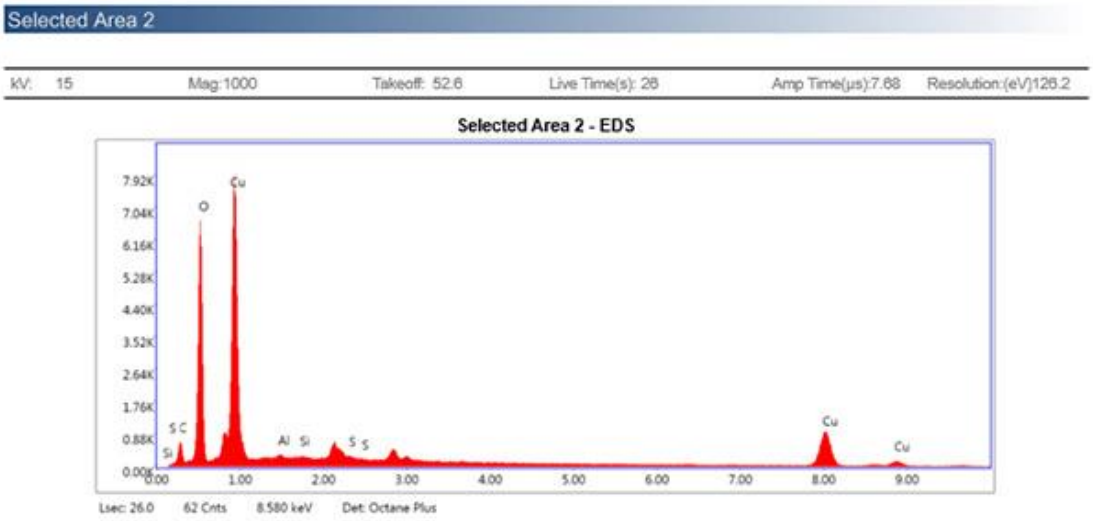
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.8 Live Time(s): 26.2 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	26.46	48.09
O K	23.64	32.25
Al K	0.42	0.34
Si K	0.42	0.33
S K	6.35	4.33
Cu K	42.70	14.67

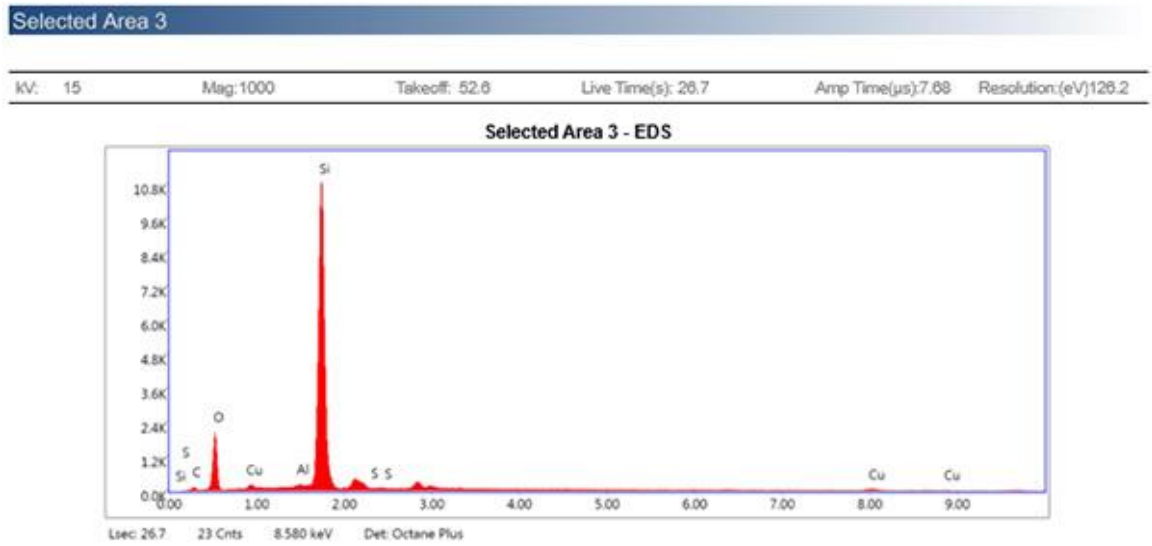
EK B.87 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.56	20.63
O K	26.85	48.59
Al K	0.31	0.33
Si K	0.44	0.45
S K	2.02	1.82
Cu K	61.83	28.18

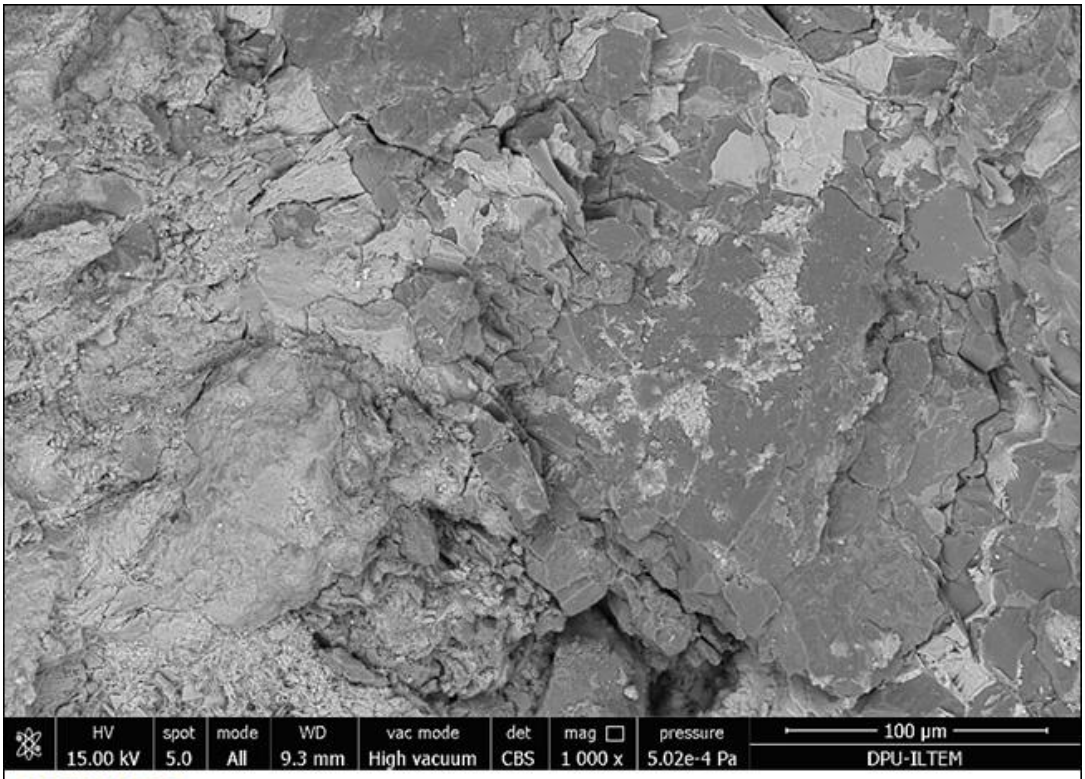
EK B.88 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.11	11.85
O K	21.12	30.74
Al K	0.01	0.01
Si K	64.75	53.67
S K	2.24	1.63
Cu K	5.76	2.11

EK B.89 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (SEM-EDS) 10. sayfa.

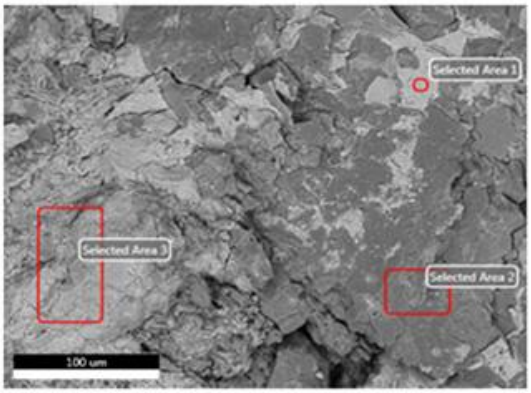


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 3:17:46 PM
Sample Name: New Sample

Area 890



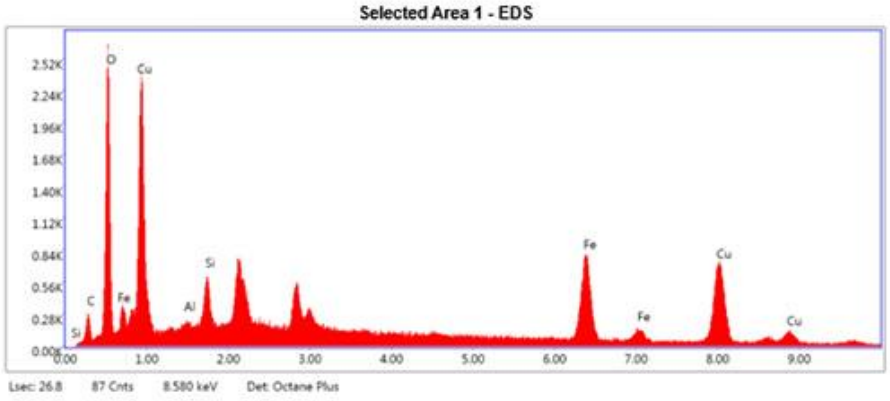
Notes:

EK B.90 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

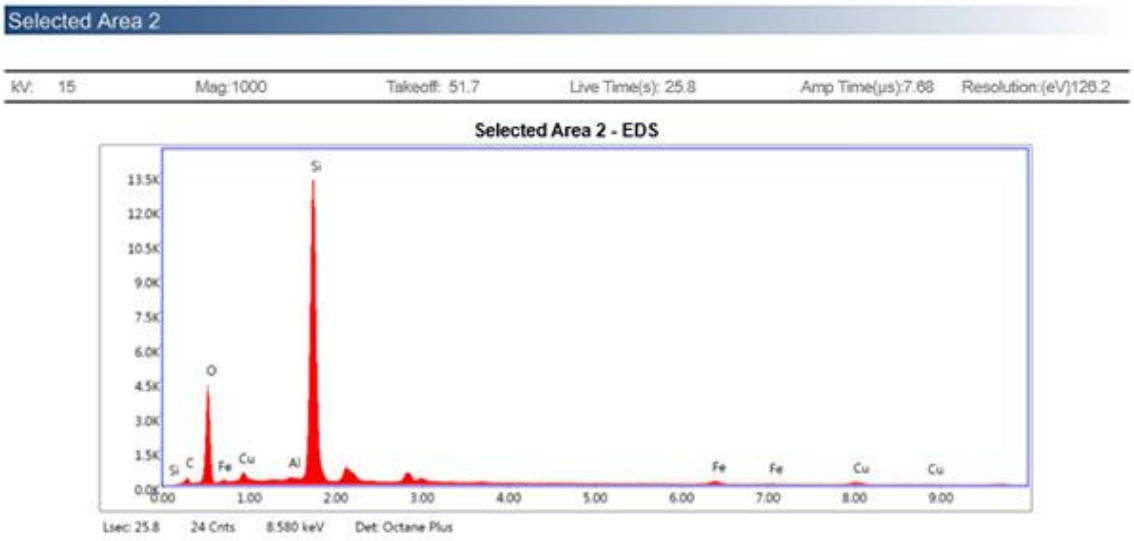
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 51.7	Live Time(s): 26.8	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.69	15.52
O K	11.41	28.34
Al K	0.05	0.07
Si K	1.87	2.65
Fe K	24.81	17.66
Cu K	57.18	35.77

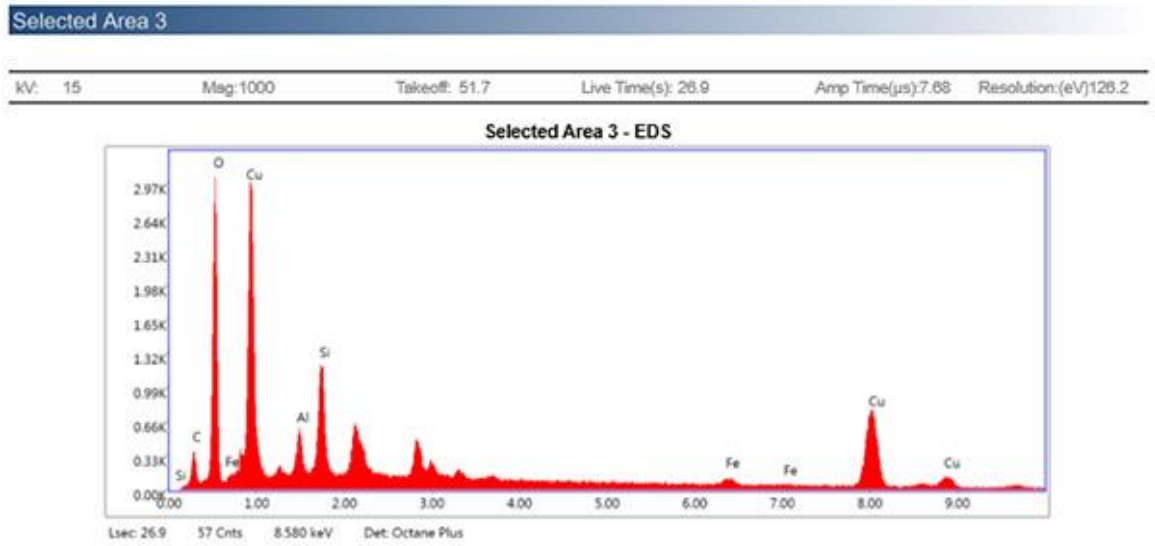
EK B.91 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	10.21	18.44
O K	27.99	37.95
Al K	0.53	0.43
Si K	51.27	39.59
Fe K	3.81	1.48
Cu K	6.19	2.11

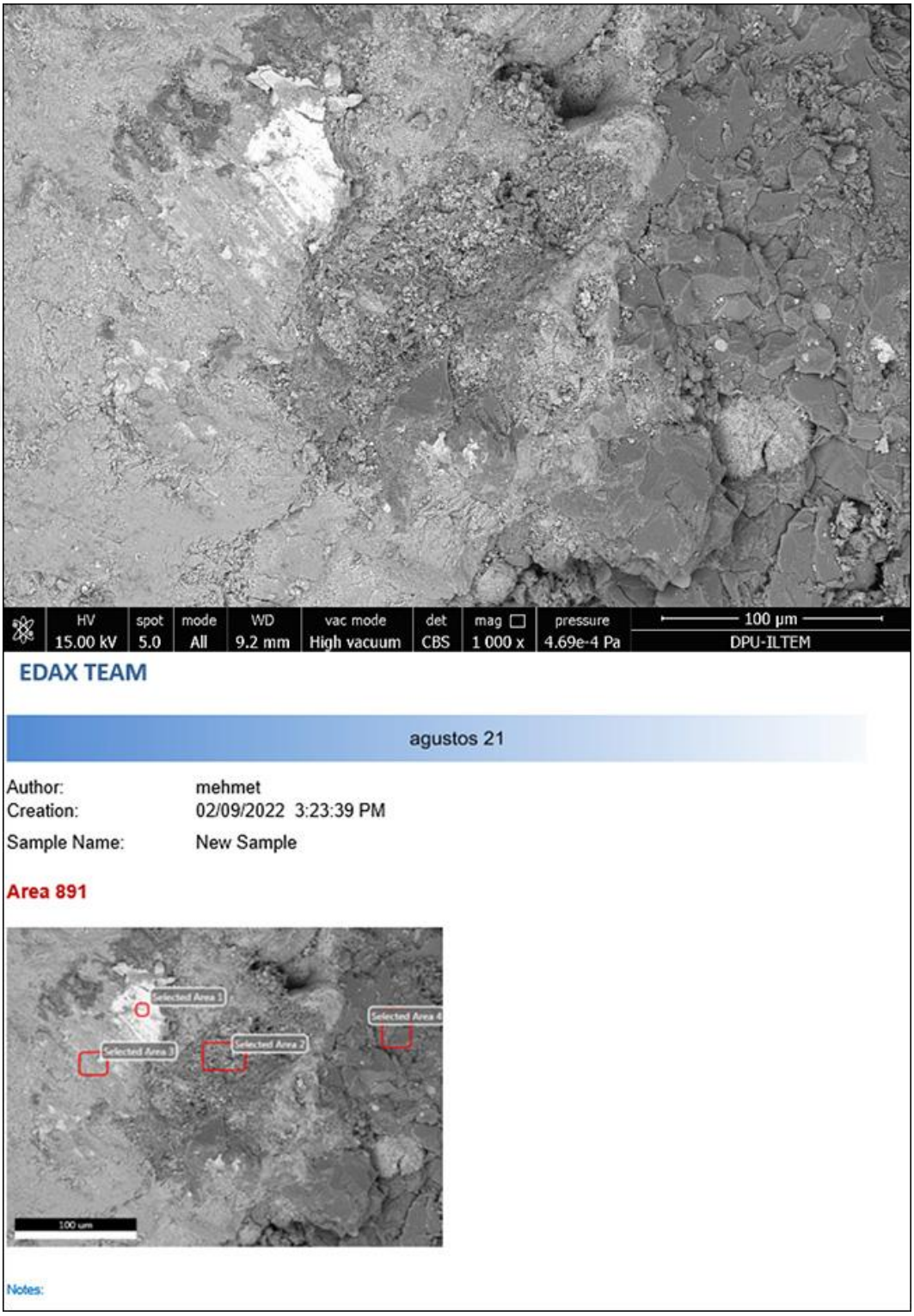
EK B.92 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.41	20.79
O K	15.82	33.35
Al K	1.82	2.27
Si K	5.40	6.48
Fe K	2.46	1.49
Cu K	67.09	35.61

EK B.93 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 4. sayfa.

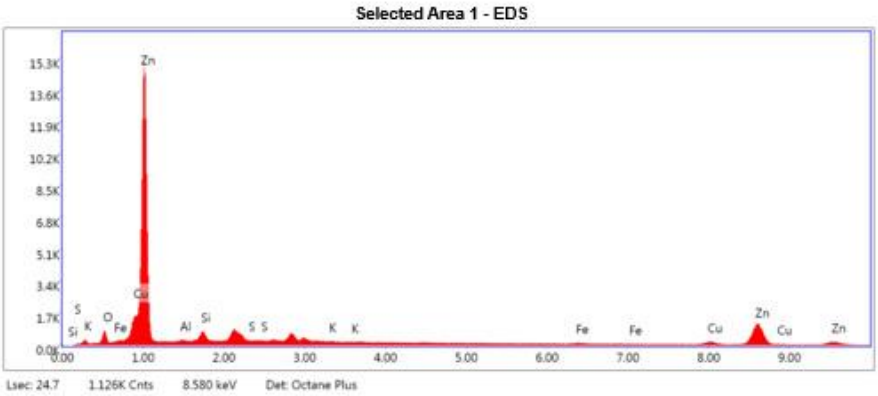


EK B.94 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 5. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

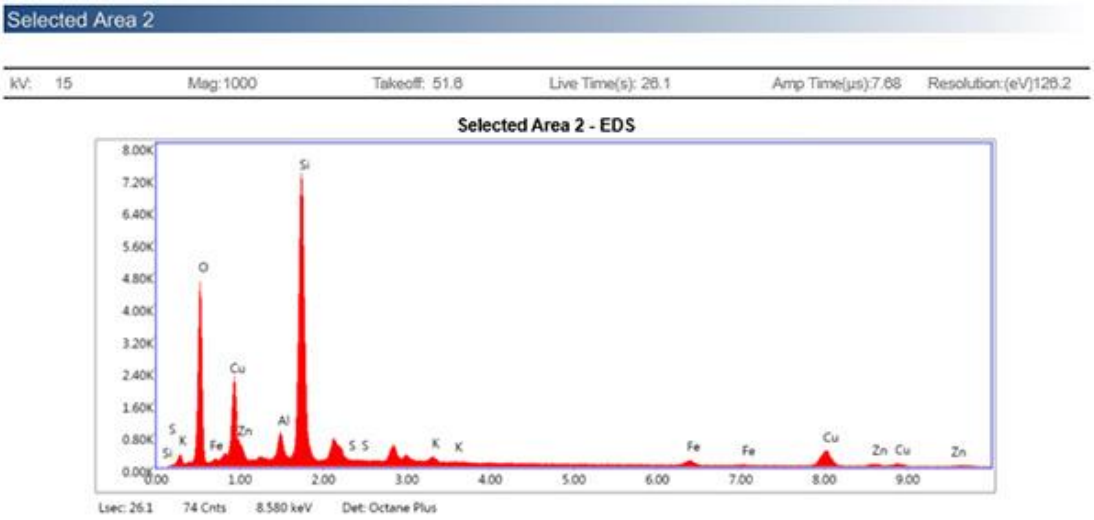
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 51.6	Live Time(s): 24.7	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	2.05	7.53
Al K	0.05	0.12
Si K	1.73	3.62
S K	2.12	3.88
K K	0.31	0.47
Fe K	1.05	1.11
Cu K	6.44	5.94
Zn K	86.22	77.33

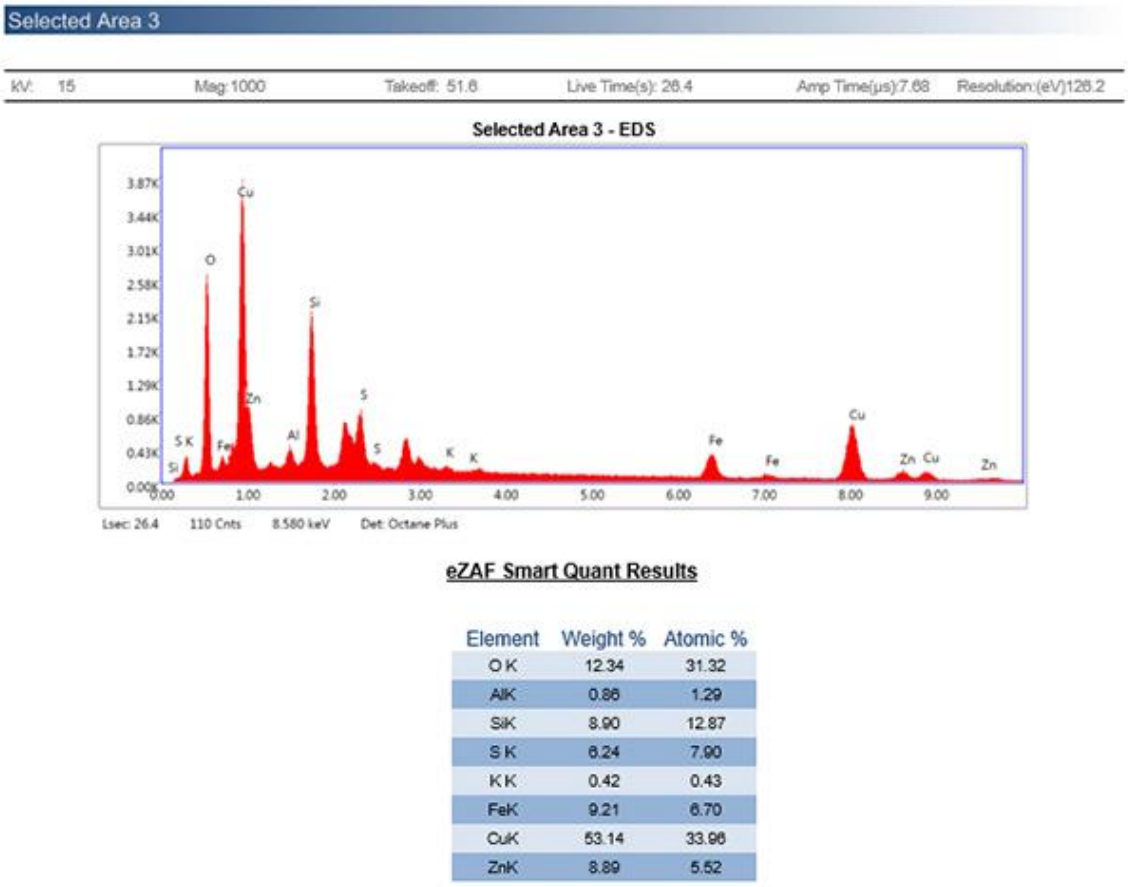
EK B.95 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 6. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	24.32	44.46
Al K	2.75	2.98
Si K	30.18	31.44
S K	2.08	1.89
K K	1.12	0.84
Fe K	3.69	1.93
Cu K	30.77	14.17
Zn K	5.09	2.28

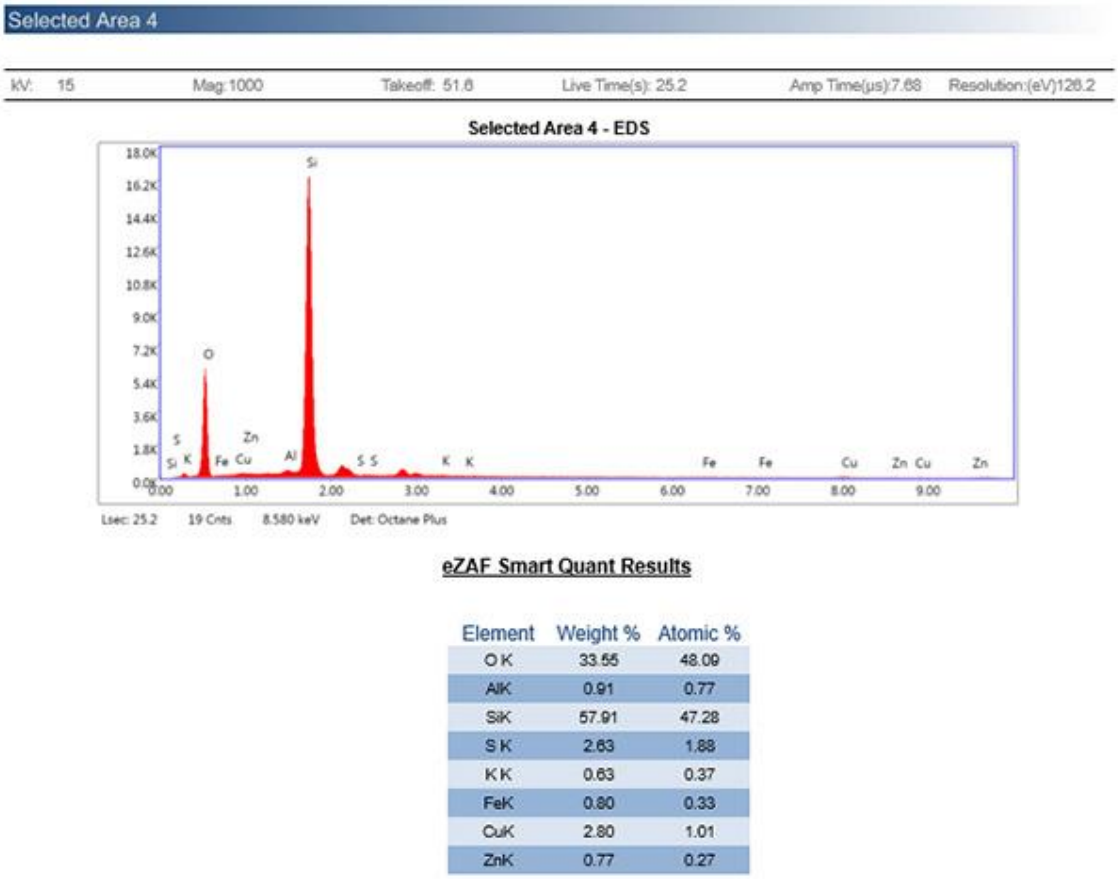
EK B.96 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 7. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	12.34	31.32
Al K	0.86	1.29
Si K	8.90	12.87
S K	6.24	7.90
K K	0.42	0.43
Fe K	9.21	6.70
Cu K	53.14	33.96
Zn K	8.89	5.52

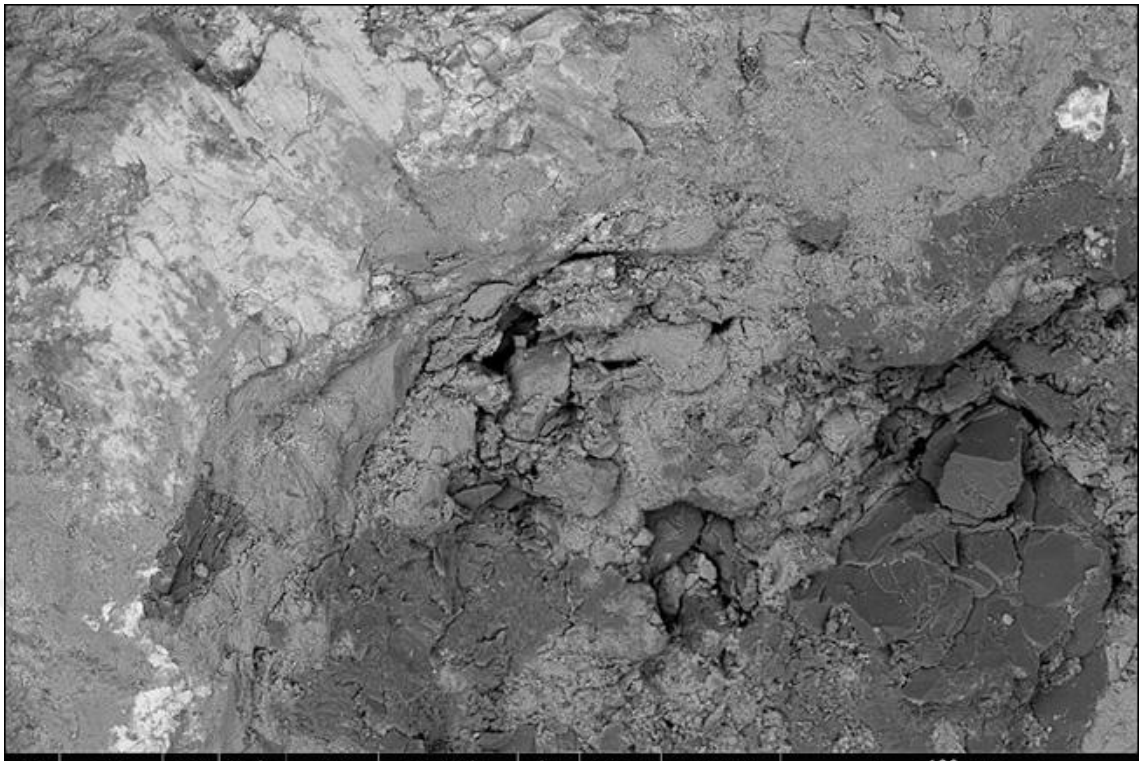
EK B.97 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 8. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	33.55	48.09
Al K	0.91	0.77
Si K	57.91	47.28
S K	2.63	1.88
K K	0.63	0.37
Fe K	0.80	0.33
Cu K	2.80	1.01
Zn K	0.77	0.27

EK B.98 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 9. sayfa.

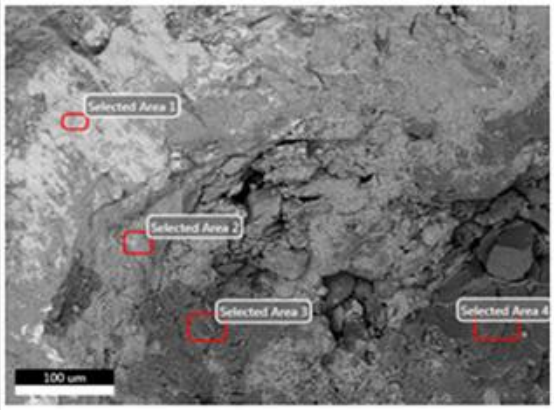


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 3:31:56 PM
Sample Name: New Sample

Area 892



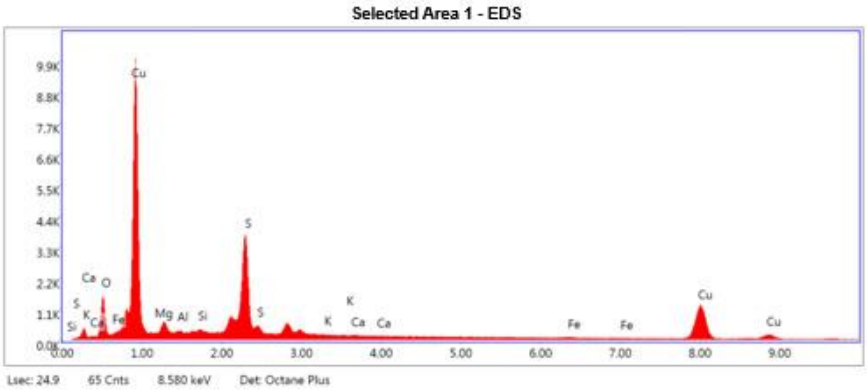
Notes:

EK B.99 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 10. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

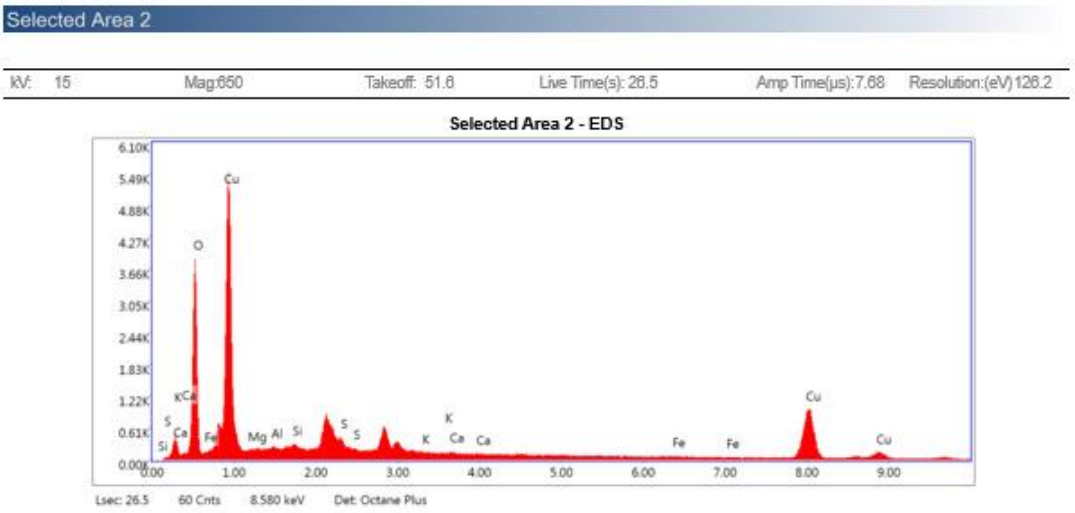
kV: 15	Mag:650	Takeoff: 51.6	Live Time(s): 24.9	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	5.90	16.90
MgK	2.01	3.79
AlK	0.15	0.25
SiK	0.39	0.64
S K	17.24	24.64
K K	0.16	0.19
CaK	0.17	0.19
FeK	0.71	0.58
CuK	73.26	52.82

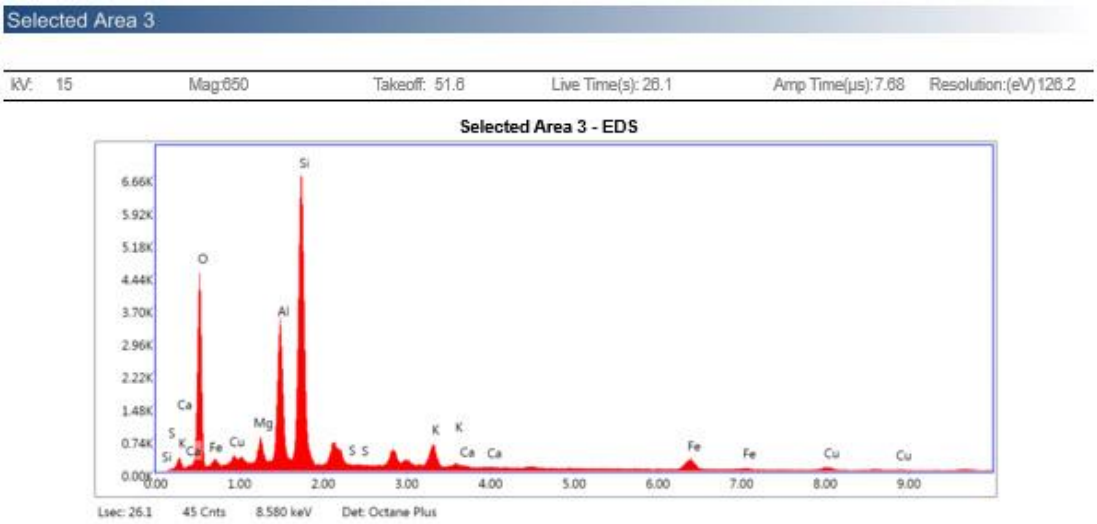
EK B.100 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 11. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	17.58	44.19
MgK	0.24	0.39
AlK	0.19	0.28
SiK	0.63	0.91
S K	4.16	5.22
K K	0.08	0.08
CaK	0.14	0.14
FeK	0.78	0.56
CuK	76.20	48.23

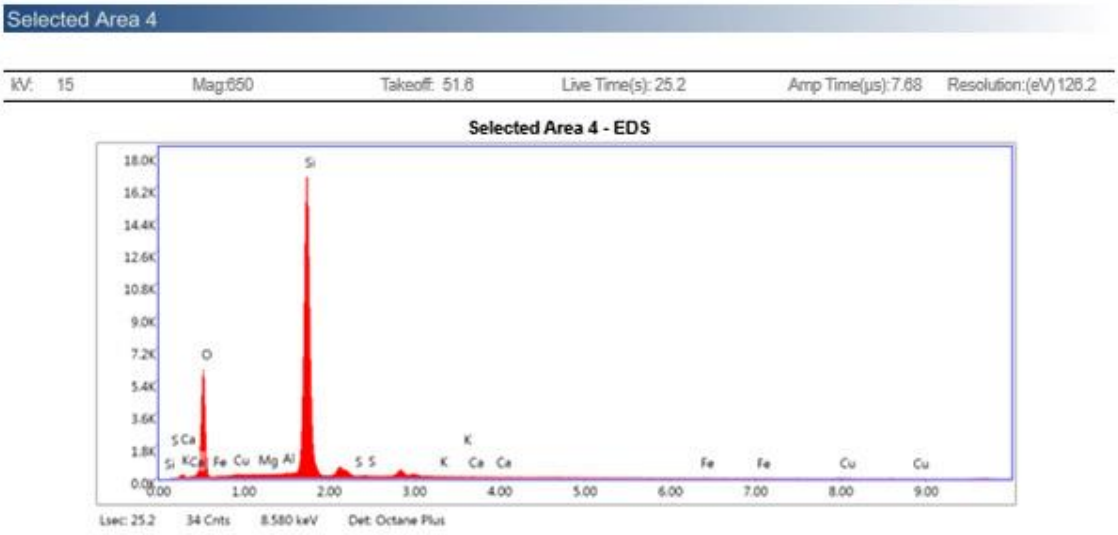
EK B.101 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 12. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	30.24	46.45
MgK	2.12	2.14
AlK	13.72	12.49
SiK	30.89	27.02
S K	2.95	2.26
K K	5.27	3.31
CaK	0.42	0.26
FeK	9.55	4.20
CuK	4.84	1.87

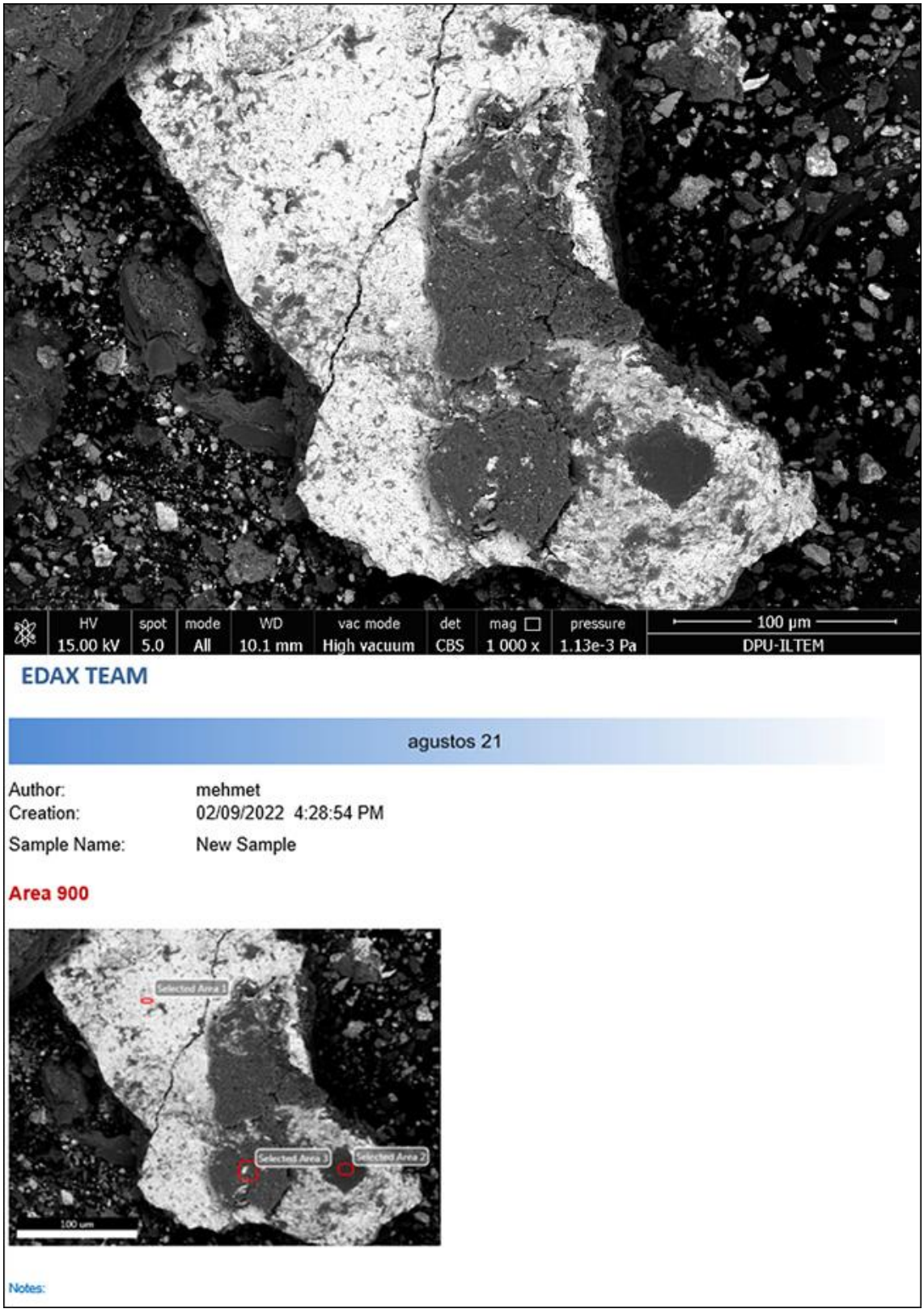
EK B.102 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 13. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	35.10	49.42
MgK	0.00	0.00
AlK	0.40	0.34
SiK	58.93	47.27
S K	2.40	1.69
K K	0.41	0.24
CaK	0.16	0.09
FeK	0.62	0.25
CuK	1.97	0.70

EK B.103 Bronz kantar AEV-04 (örnek K3) (SEM-EDS) 14. sayfa.

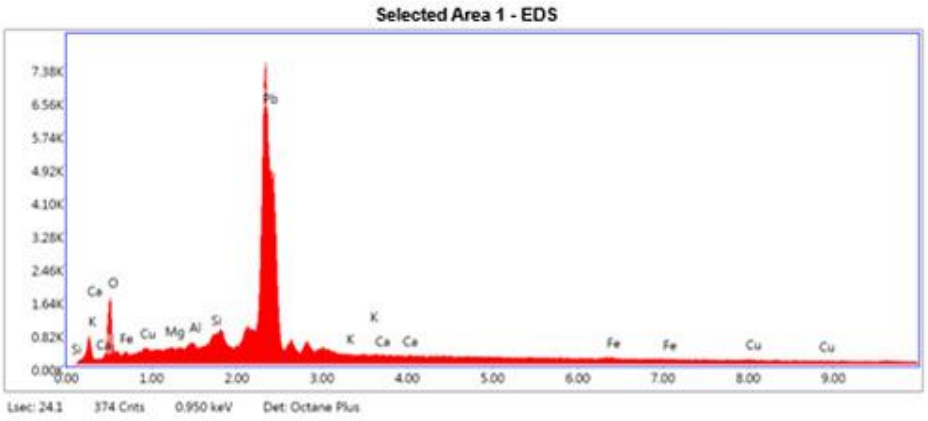


EK B.104 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

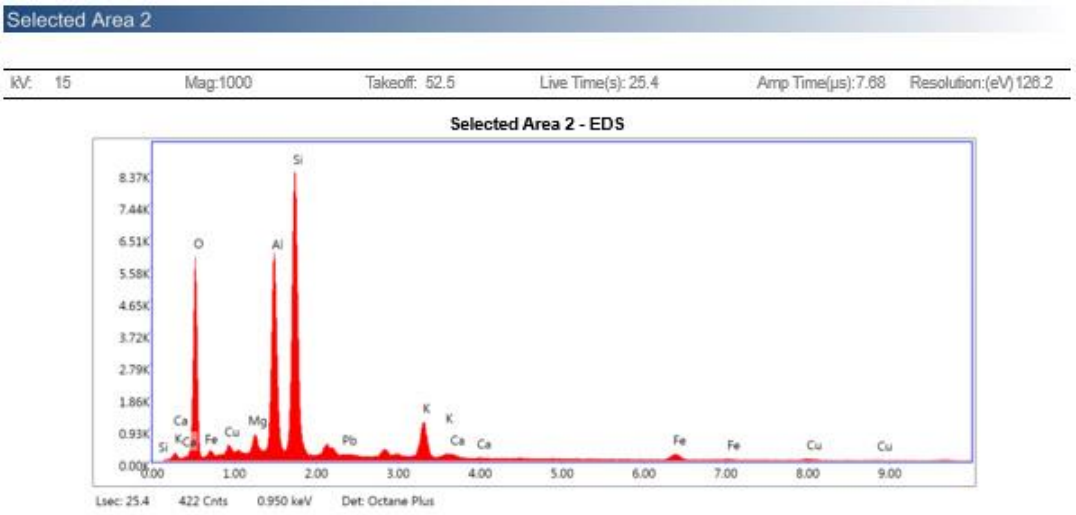
kV:	15	Mag:1000	Takeoff: 52.5	Live Time(s): 24.1	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	11.43	58.16
MgK	0.01	0.03
AlK	0.30	0.91
SiK	1.20	3.49
PbM	83.85	32.95
K K	0.04	0.08
CaK	0.13	0.27
FeK	1.28	1.87
CuK	1.75	2.25

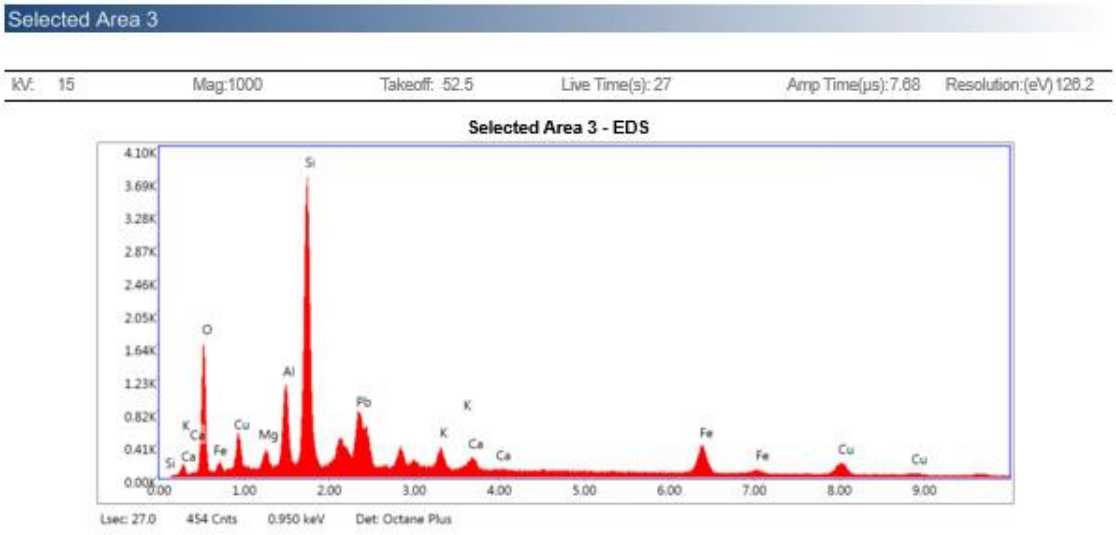
EK B.105 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	31.71	47.47
MgK	1.87	1.85
AlK	18.72	16.62
SiK	29.68	25.31
PbM	1.32	0.15
K K	7.95	4.87
CaK	0.79	0.47
FeK	5.12	2.20
CuK	2.83	1.07

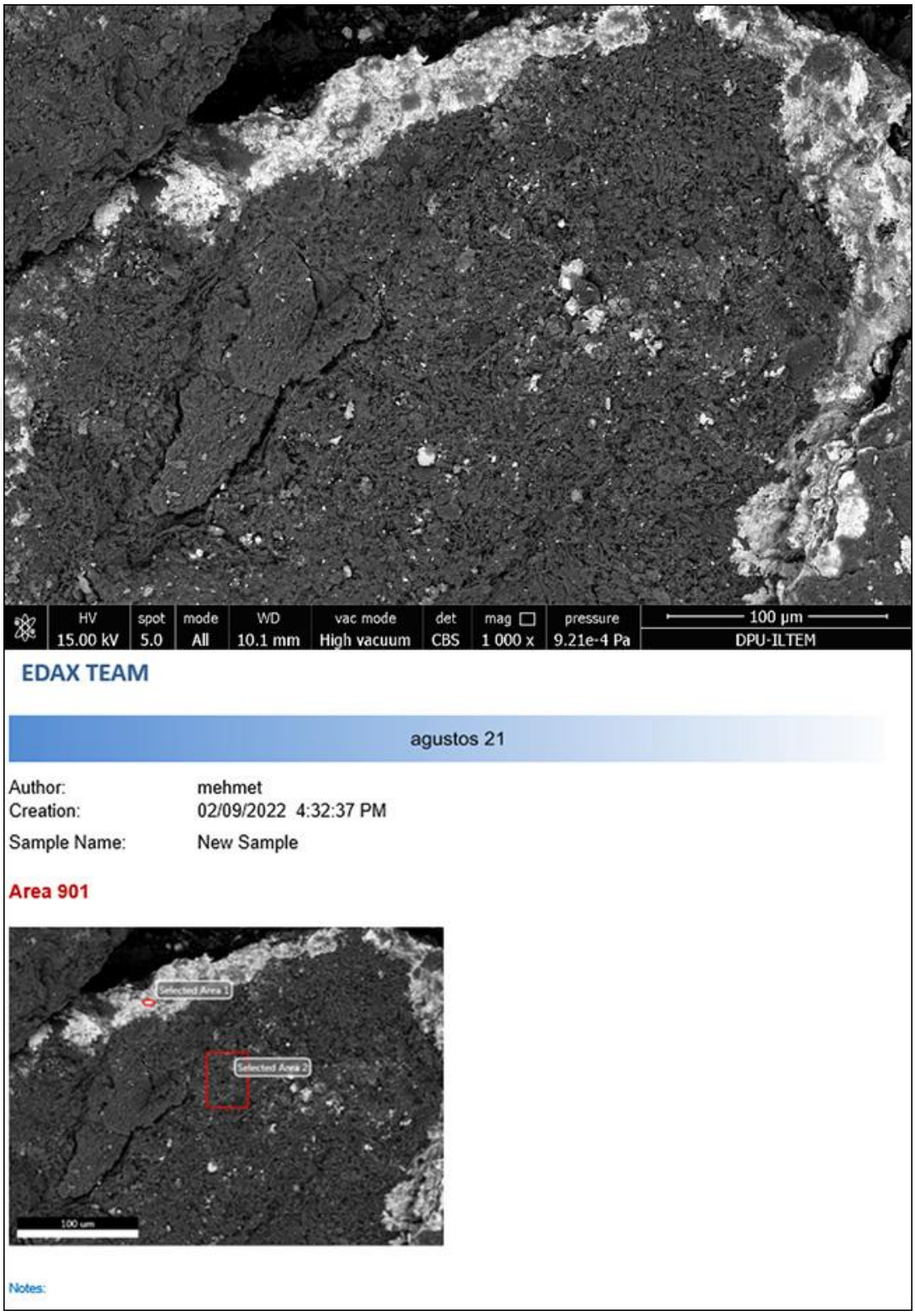
EK B.106 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	13.73	31.73
MgK	0.63	0.96
AlK	5.59	7.65
SiK	21.57	28.39
PbM	14.96	2.67
K K	2.80	2.65
CaK	2.14	1.97
FeK	18.97	12.56
CuK	19.60	11.41

EK B.107 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.



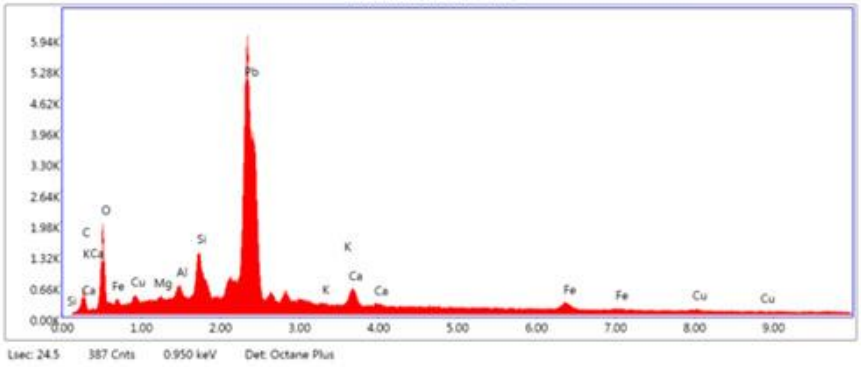
EK B.108 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.5	Live Time(s): 24.5	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2

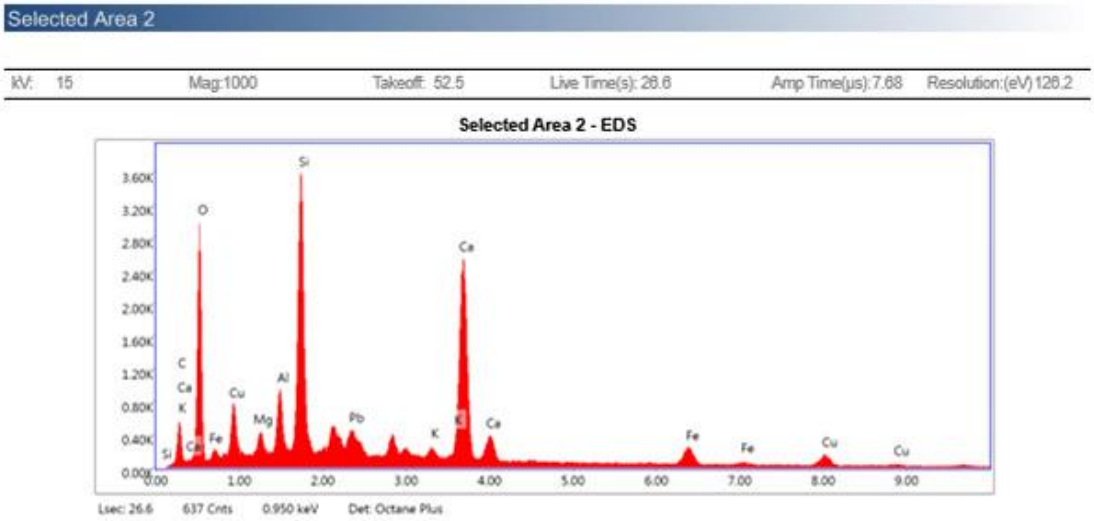
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.95	21.73
O K	12.60	41.49
MgK	0.02	0.05
AlK	0.75	1.47
SiK	3.31	6.22
PbM	66.78	16.98
K K	0.19	0.25
CaK	3.65	4.80
FeK	5.20	4.90
CuK	2.53	2.10

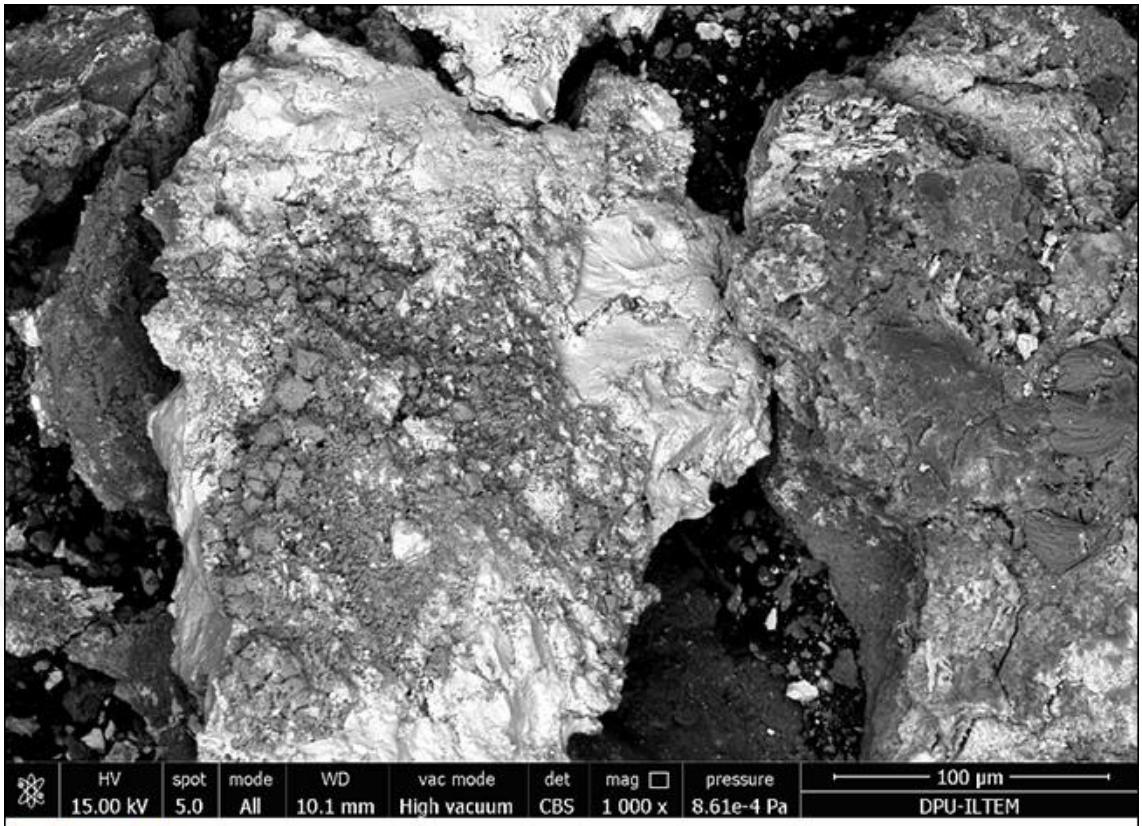
EK B.109 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.51	14.15
O K	26.64	43.49
MgK	0.74	0.79
AlK	2.67	2.58
SiK	13.39	12.45
PbM	4.52	0.57
K K	1.00	0.67
CaK	27.27	17.77
FeK	7.73	3.61
CuK	9.54	3.92

EK B.110 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.

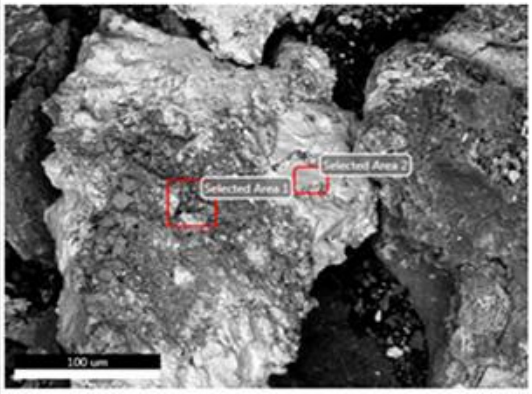


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 4:35:31 PM
Sample Name: New Sample

Area 902



Notes:

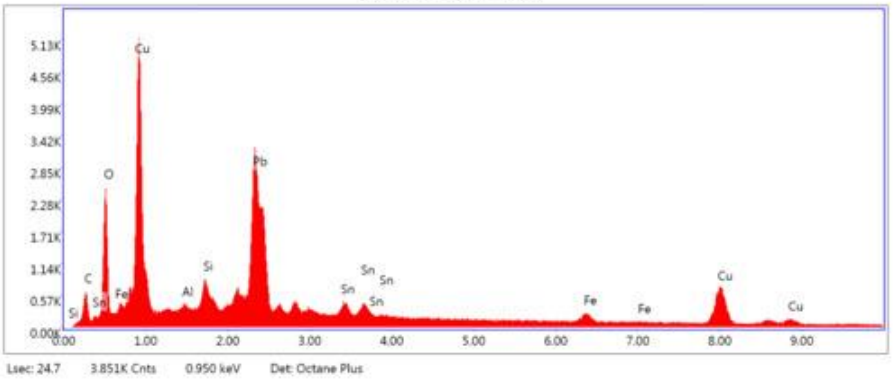
EK B.111 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.5	Live Time(s): 24.7	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2

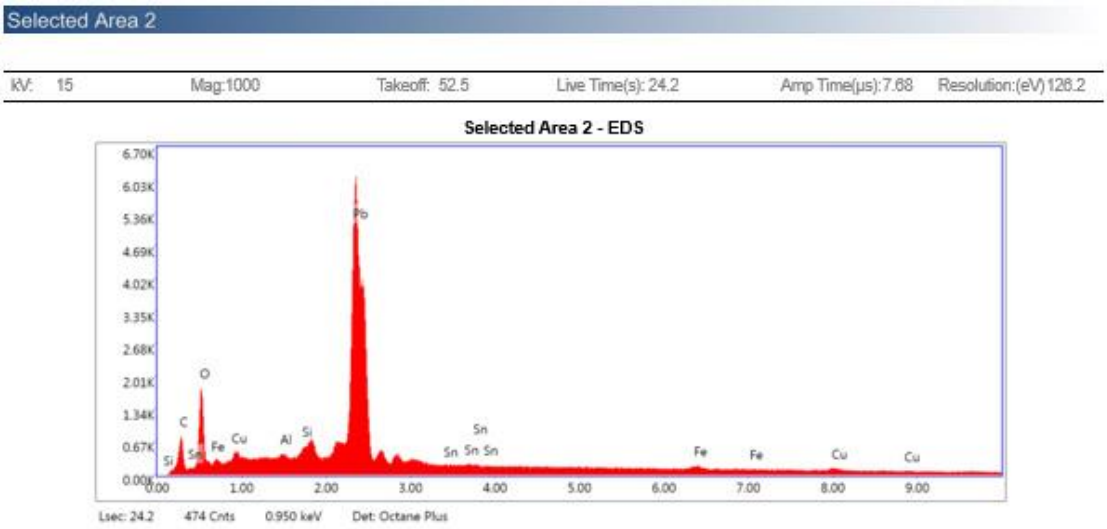
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.84	25.86
O K	10.69	30.35
AlK	0.13	0.23
SiK	1.66	2.69
PbM	32.29	7.08
SnL	3.76	1.44
FeK	4.38	3.56
CuK	40.25	28.79

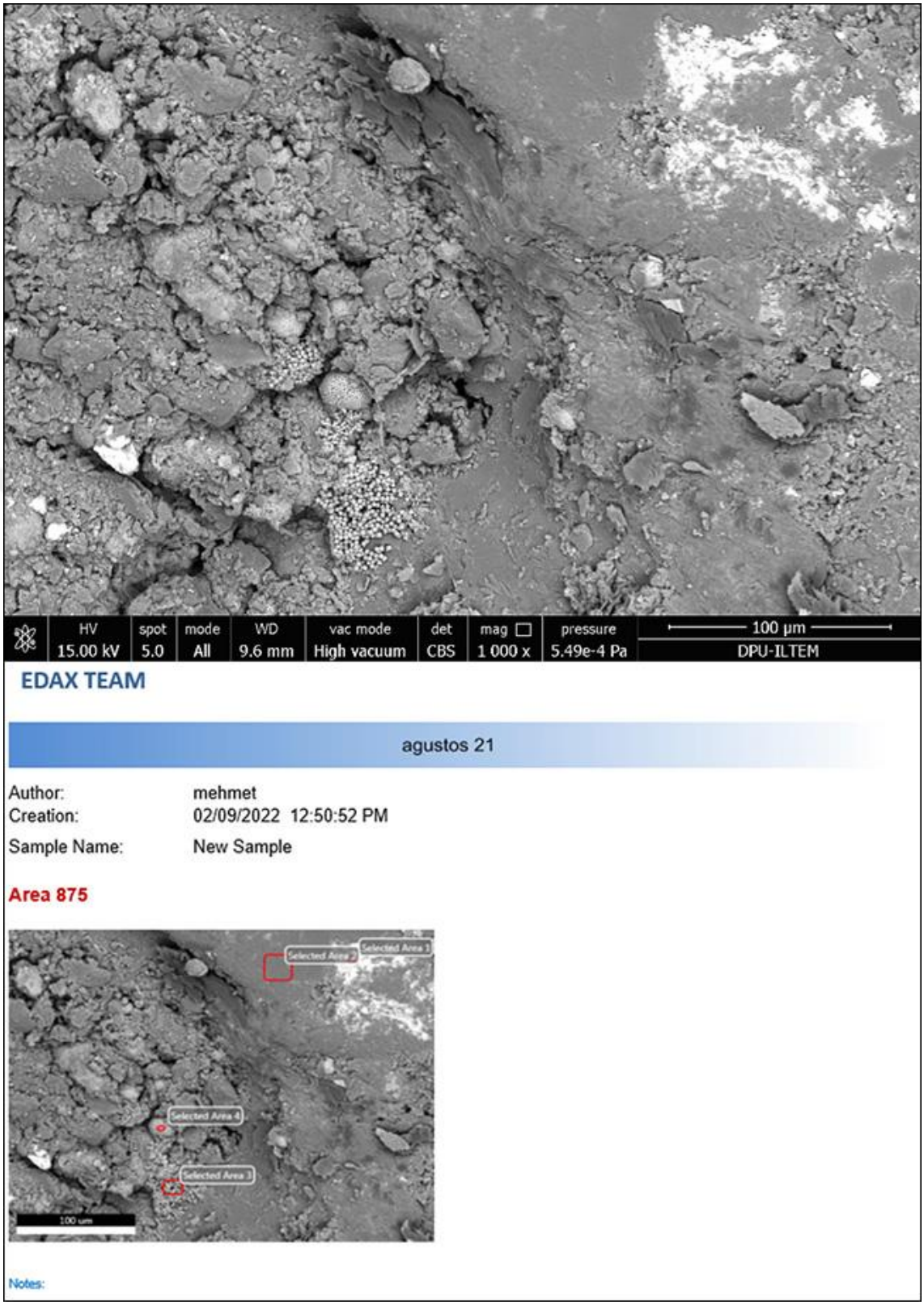
EK B.112 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.82	33.77
O K	11.88	38.54
AlK	0.06	0.12
SiK	0.64	1.18
PbM	68.90	17.26
SnL	0.02	0.01
FeK	3.51	3.27
CuK	7.16	5.85

EK B.113 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. sayfa.

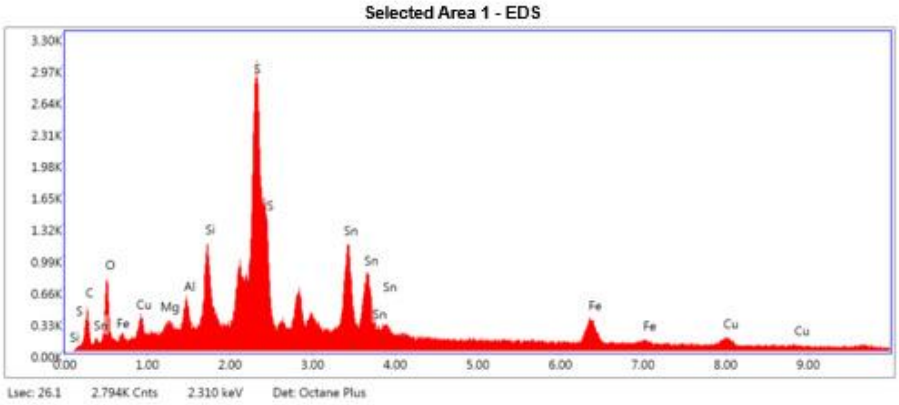


EK B.114 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

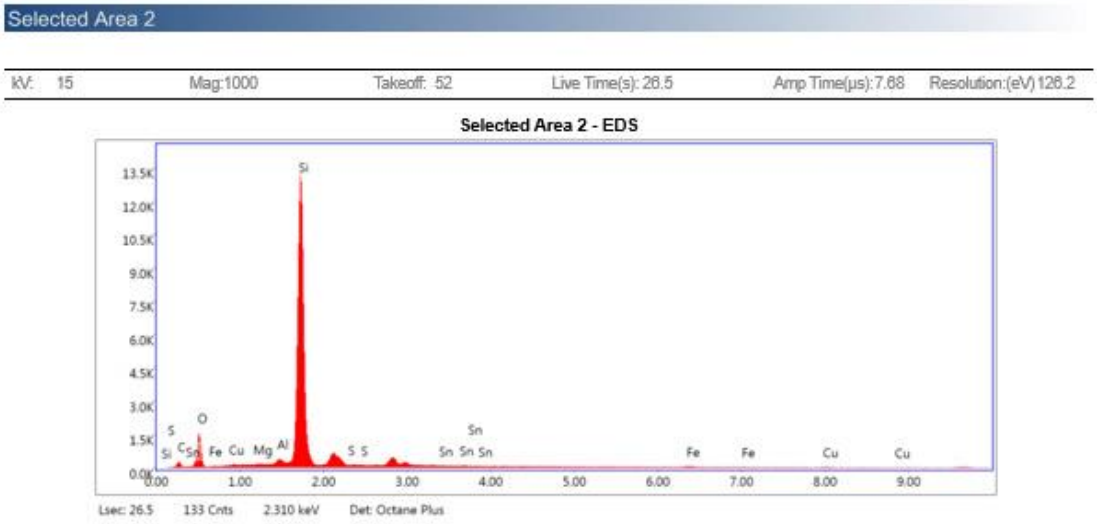
kV:	Mag:	Takeoff:	Live Time(s):	Amp Time(µs):	Resolution:(eV)
15	1000	52	26.1	7.68	128.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	12.37	34.60
O K	4.88	10.25
MgK	0.02	0.03
AlK	0.88	1.10
SiK	4.14	4.95
S K	26.08	27.32
SnL	26.46	7.49
FeK	13.21	7.94
CuK	11.96	6.32

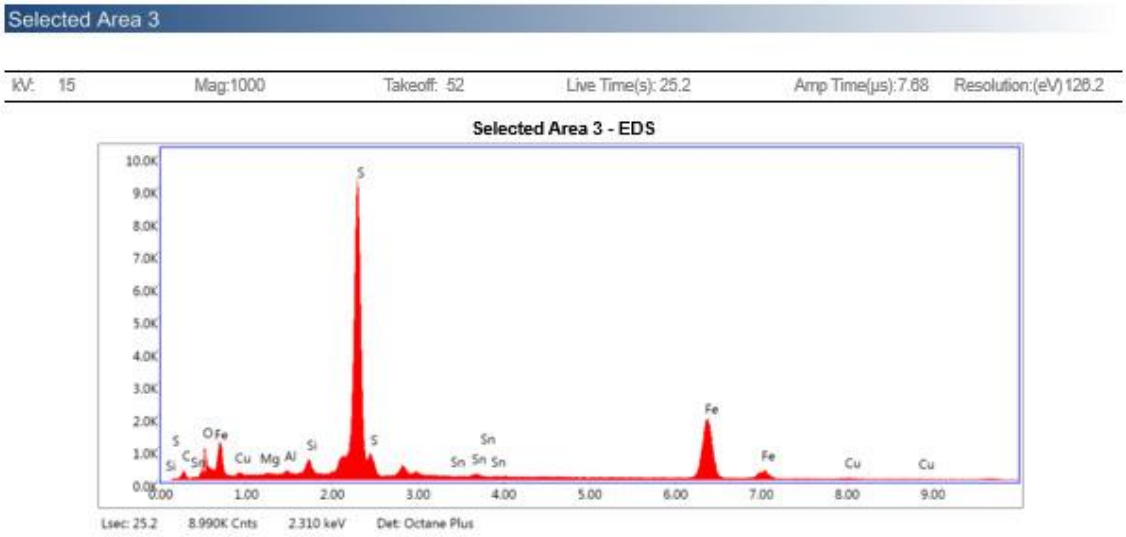
EK B.115 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	12.67	23.60
O K	14.75	20.62
MgK	0.00	0.00
AlK	0.85	0.70
SiK	63.73	50.78
S K	4.20	2.93
SnL	0.33	0.06
FeK	1.73	0.69
CuK	1.75	0.62

EK B.116 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.



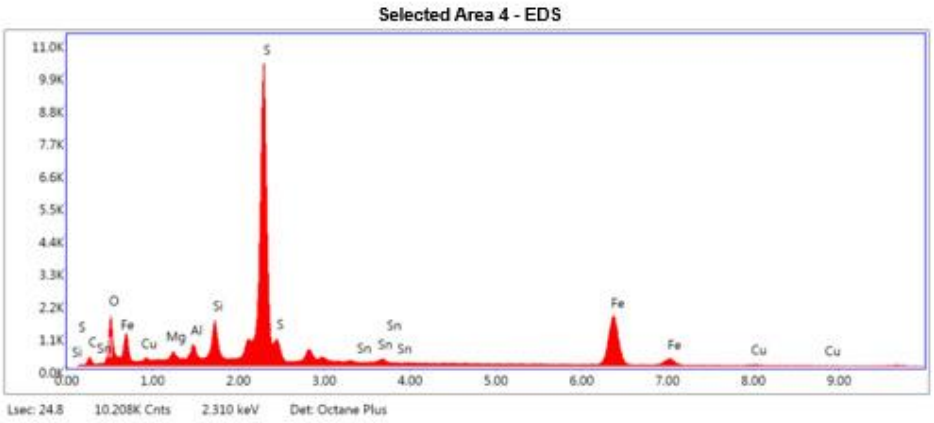
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.12	17.87
O K	3.67	8.05
MgK	0.00	0.00
AlK	0.05	0.07
SiK	1.00	1.25
S K	36.43	39.83
SnL	0.11	0.03
FeK	50.87	31.94
CuK	1.74	0.96

EK B.117 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.

Selected Area 4

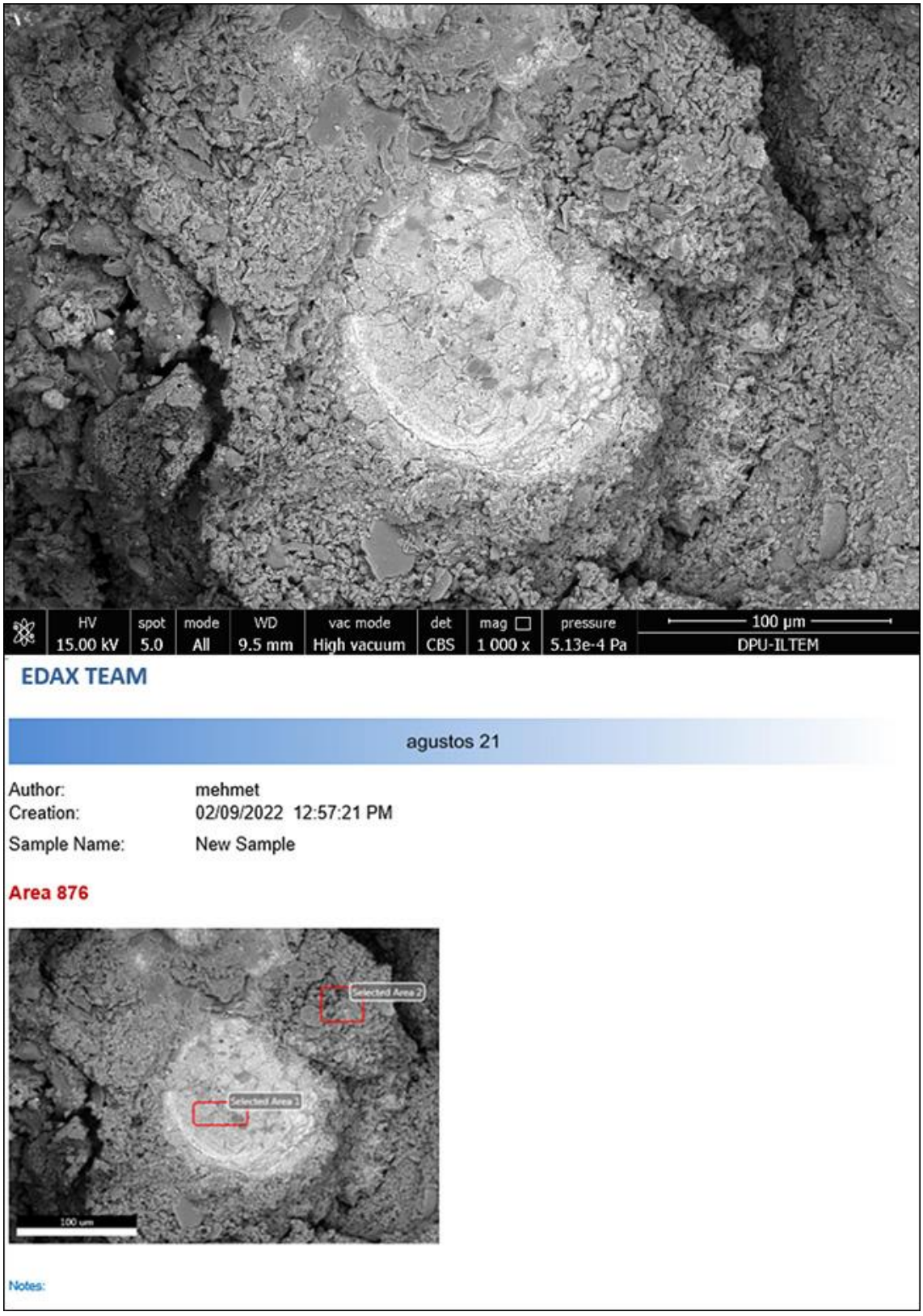
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52 Live Time(s): 24.8 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.91	18.42
O K	6.73	13.47
MgK	0.52	0.69
AlK	1.15	1.36
SiK	3.29	3.75
S K	37.50	37.44
SnL	0.60	0.16
FeK	41.82	23.97
CuK	1.48	0.74

EK B.118 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.

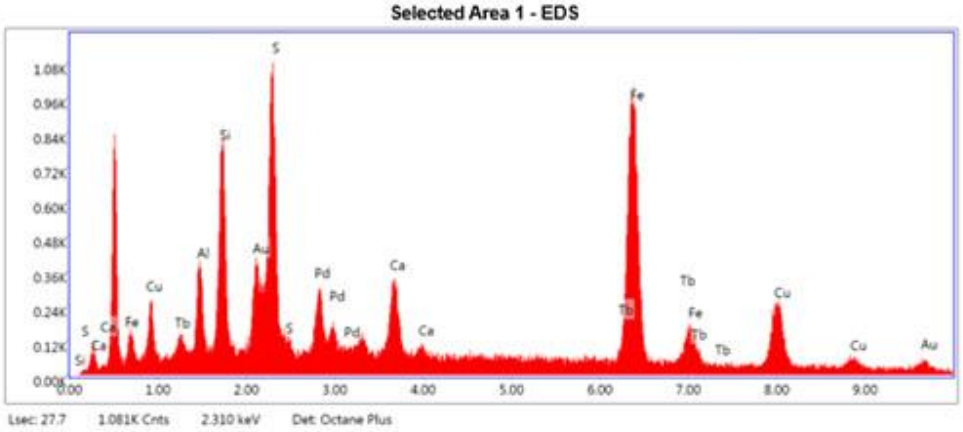


EK B.119 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

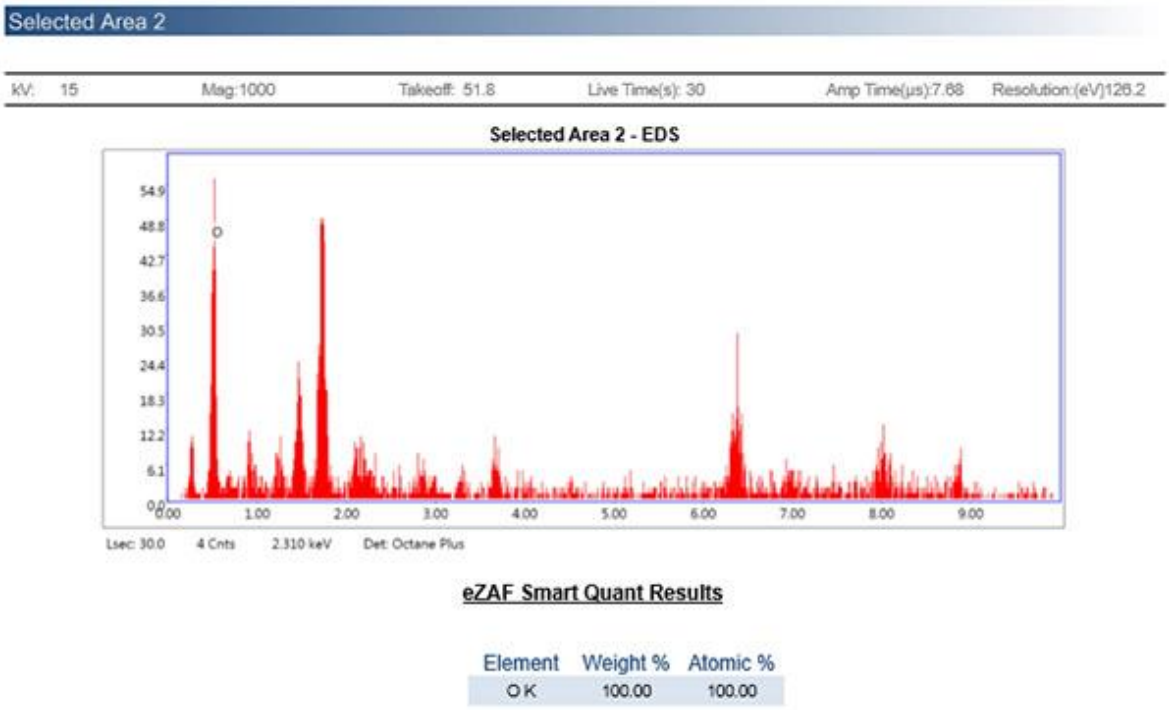
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 51.8	Live Time(s): 27.7	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



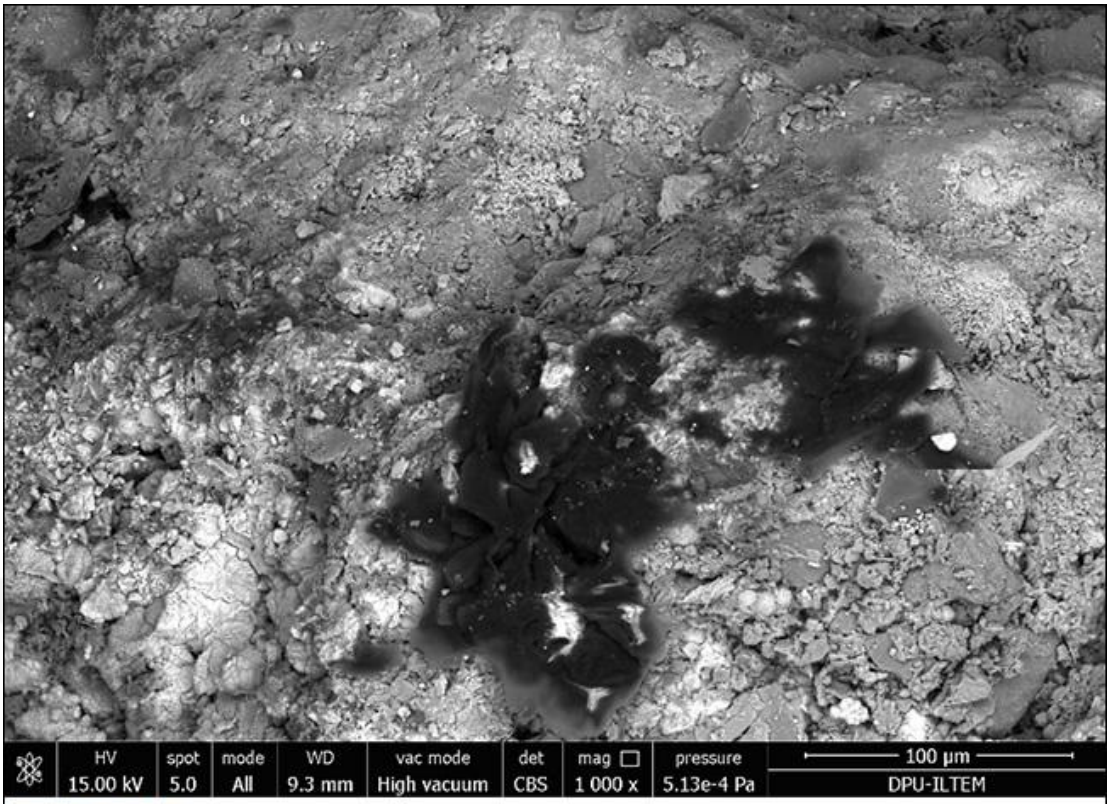
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
AlK	1.38	2.95
SiK	4.00	8.23
AuM	3.98	1.17
S K	6.82	12.29
PdL	3.03	1.65
CaK	3.55	5.11
TbL	12.27	4.46
FeK	40.31	41.71
CuK	24.65	22.42

EK B.120 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.



EK B.121 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. sayfa.

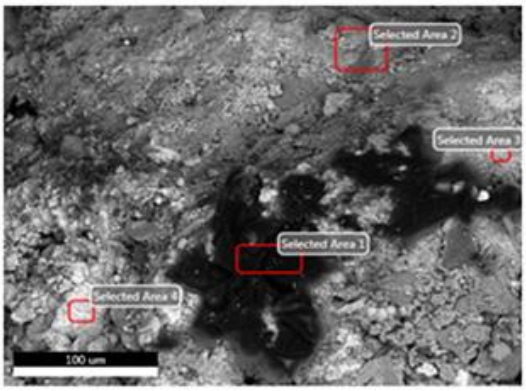


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 1:07:47 PM
Sample Name: New Sample

Area 877



Notes:

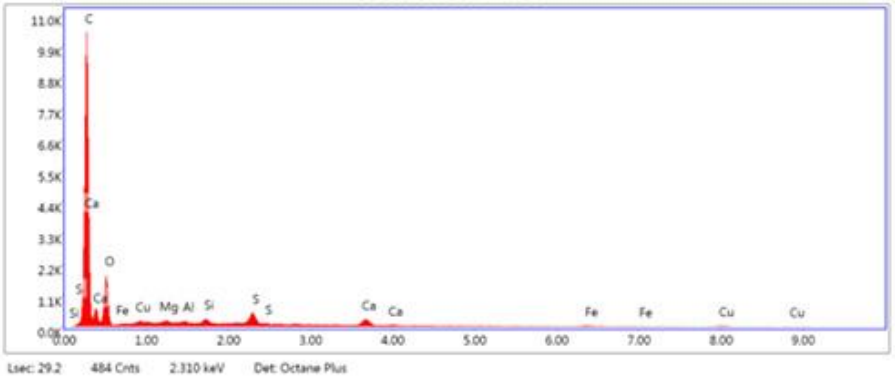
EK B.122 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV:	15	Mag:1000	Takeoff: 51.7	Live Time(s): 29.2	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)128.2

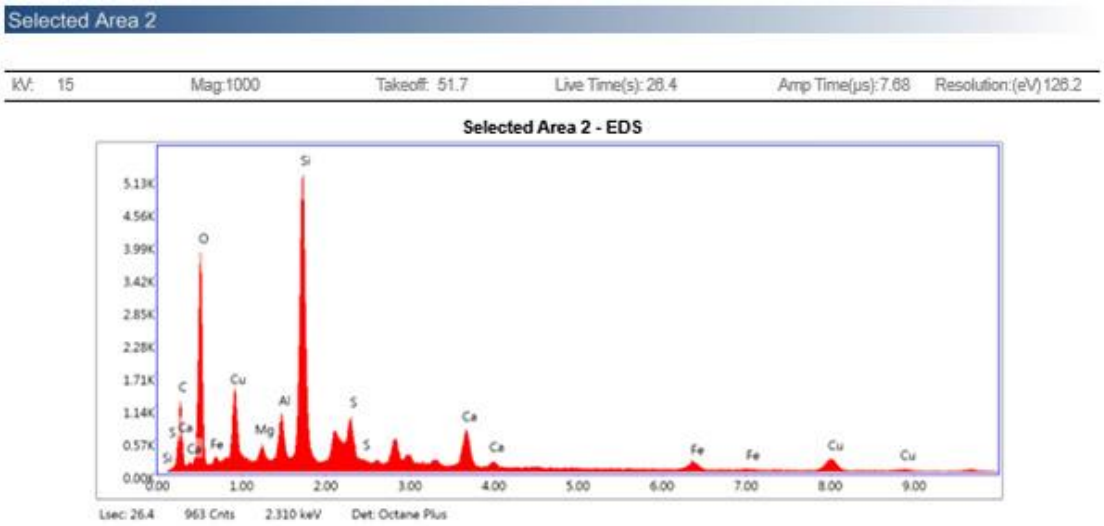
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	73.64	82.33
O K	17.17	14.41
MgK	0.39	0.21
AlK	0.42	0.21
SiK	0.75	0.36
S K	2.49	1.04
CaK	2.56	0.86
FeK	0.90	0.22
CuK	1.68	0.36

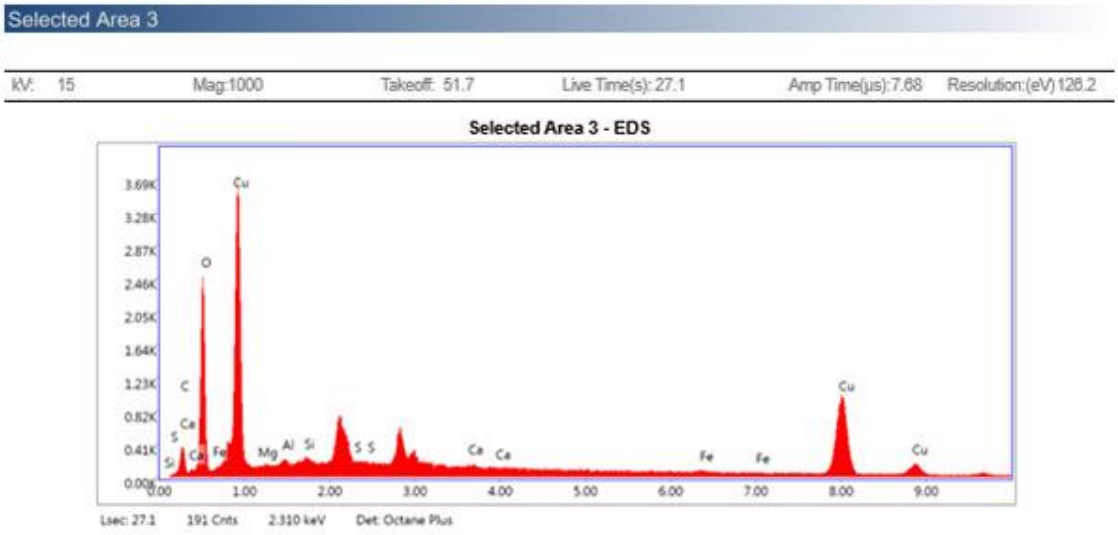
EK B.123 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	19.46	34.65
O K	25.38	33.93
MgK	0.80	0.71
AlK	2.77	2.19
SiK	17.99	13.70
S K	6.21	4.14
CaK	6.31	3.37
FeK	4.71	1.80
CuK	16.36	5.51

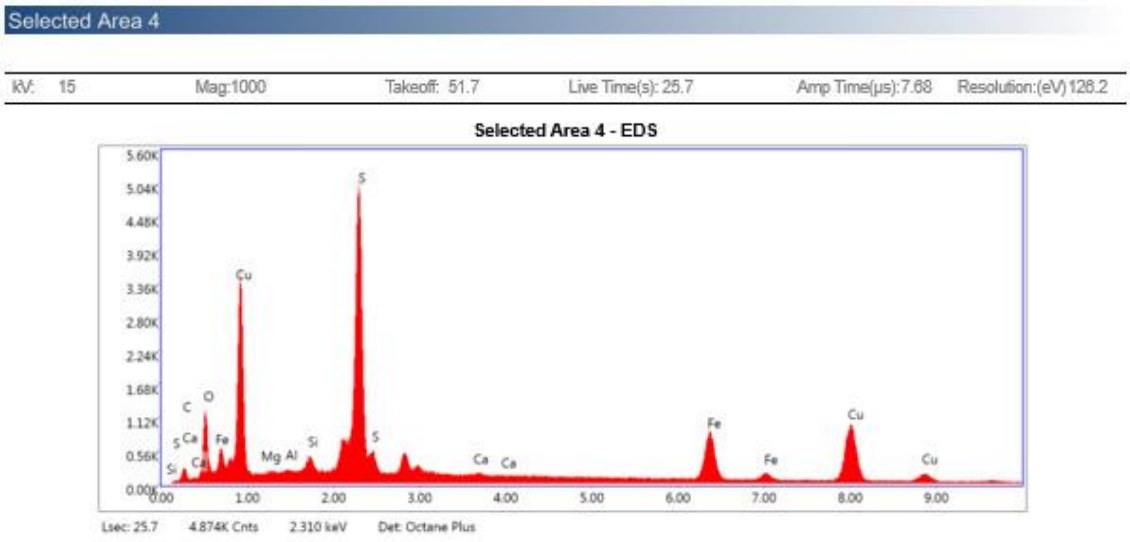
EK B.124 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.29	20.15
O K	11.88	28.57
MgK	0.00	0.00
AlK	0.01	0.02
SiK	0.13	0.18
S K	2.49	2.99
CaK	0.20	0.19
FeK	0.74	0.51
CuK	78.25	47.39

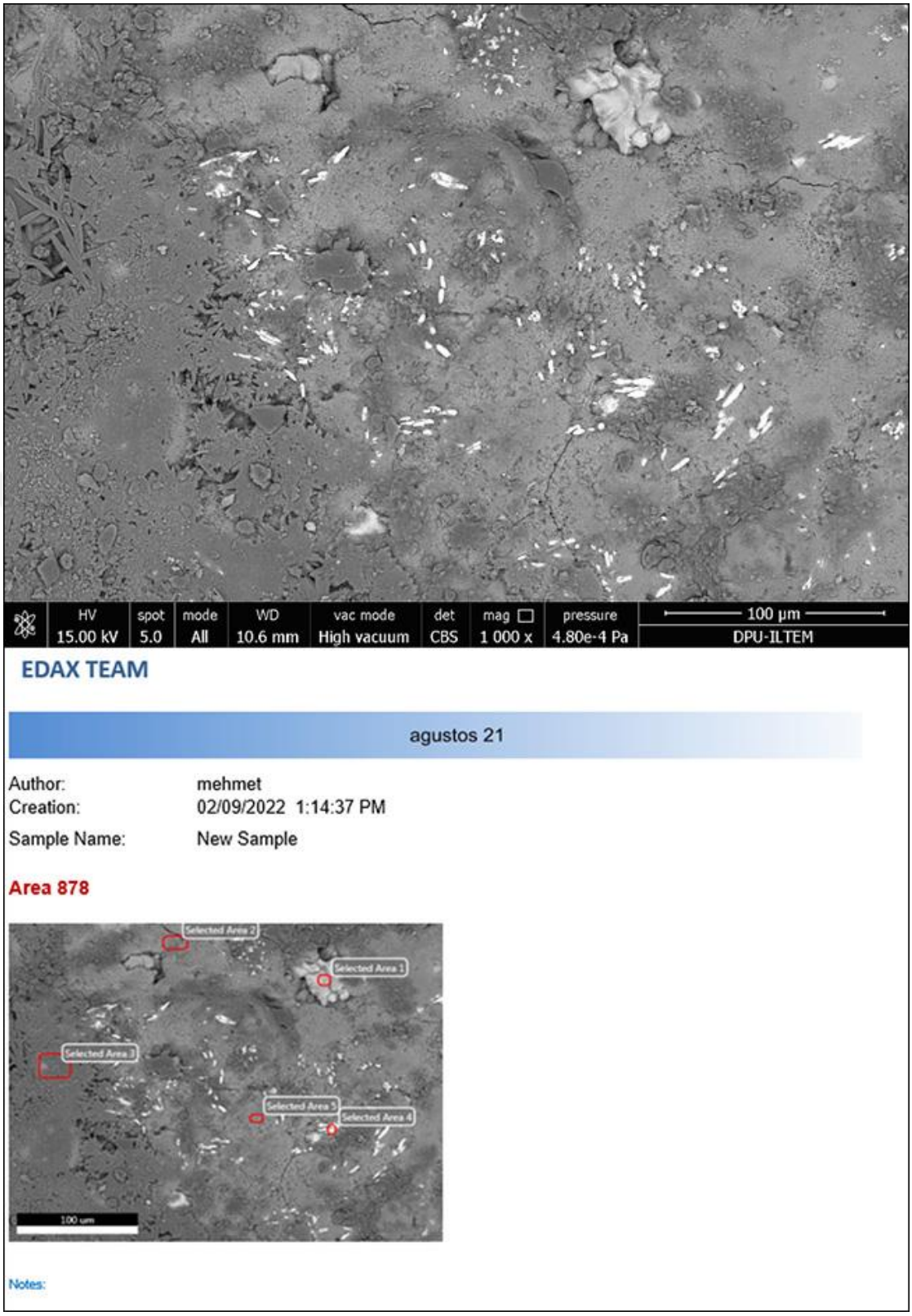
EK B.125 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 12. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.11	14.28
O K	4.09	10.67
MgK	0.00	0.00
AlK	0.00	0.00
SiK	0.48	0.71
S K	19.68	25.59
CaK	0.20	0.21
FeK	18.32	13.68
CuK	53.11	34.85

EK B.126 Bronz çan AEV-15 (örnek K1) (SEM-EDS) 13. sayfa.



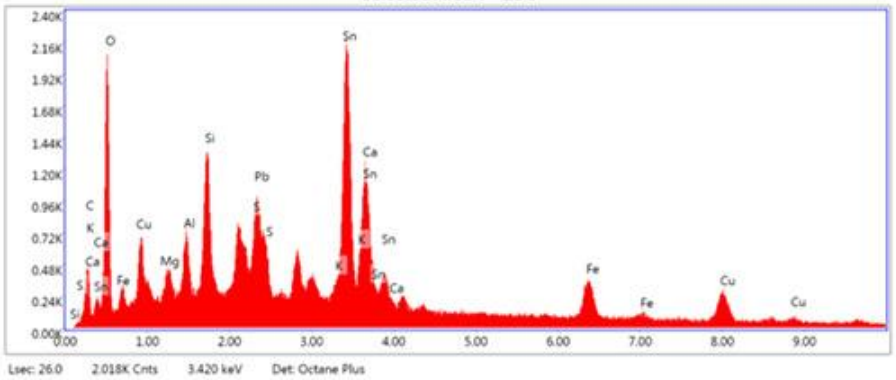
EK B.127 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 53 Live Time(s): 26 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

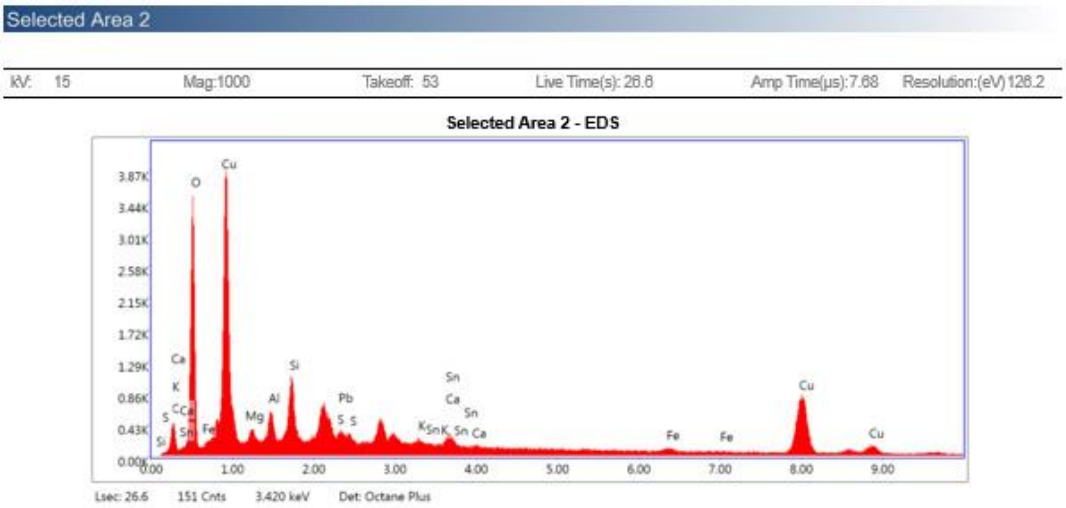


Lsec: 26.0 2.018K Cnts 3.420 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.42	17.28
O K	10.10	29.68
MgK	0.92	1.77
AlK	1.74	3.04
SiK	4.42	7.40
S K	0.31	0.46
PbM	10.53	2.39
K K	1.14	1.37
SnL	39.58	15.68
CaK	0.18	0.21
FeK	9.75	8.21
CuK	16.92	12.52

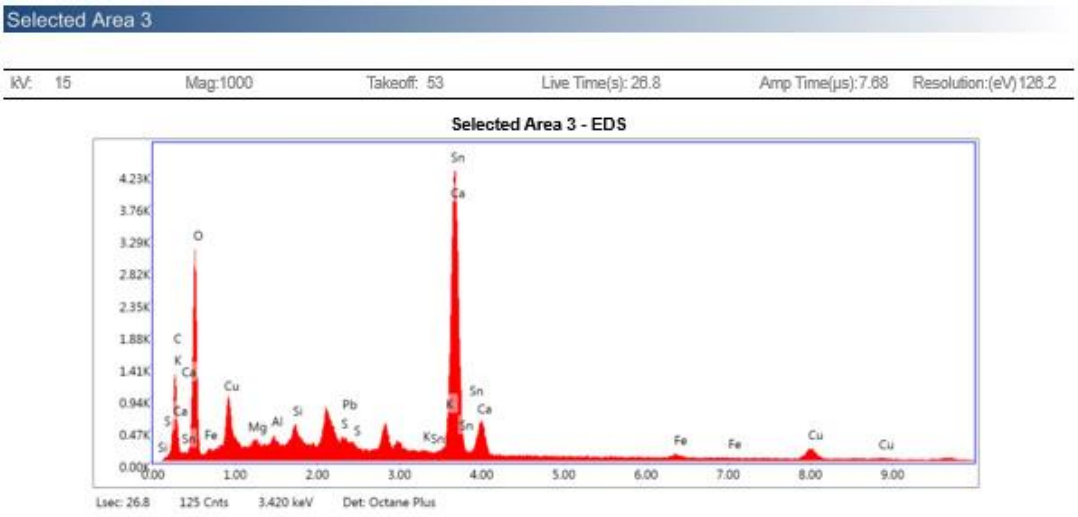
EK B.128 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.38	18.11
O K	17.54	37.39
MgK	0.26	0.37
AlK	1.49	1.88
SiK	3.87	4.70
S K	0.00	0.00
PbM	2.31	0.38
K K	0.40	0.35
SnL	0.48	0.14
CaK	1.48	1.26
FeK	1.40	0.86
CuK	64.39	34.56

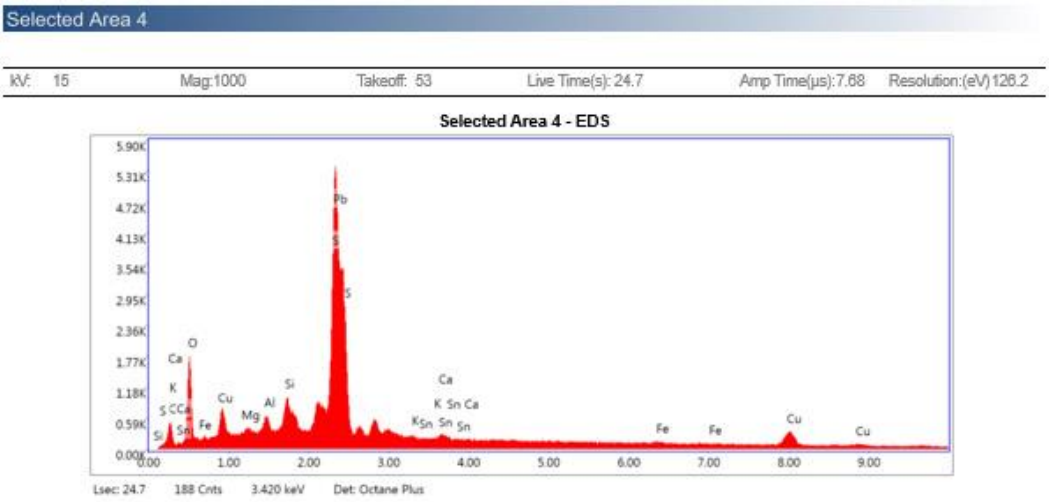
EK B.129 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.45	17.75
O K	30.39	47.94
MgK	0.42	0.44
AlK	0.53	0.50
SiK	1.34	1.20
S K	0.00	0.00
PbM	2.89	0.35
K K	0.24	0.15
SnL	0.65	0.14
CaK	41.06	25.86
FeK	1.85	0.84
CuK	12.17	4.83

EK B.130 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 4. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

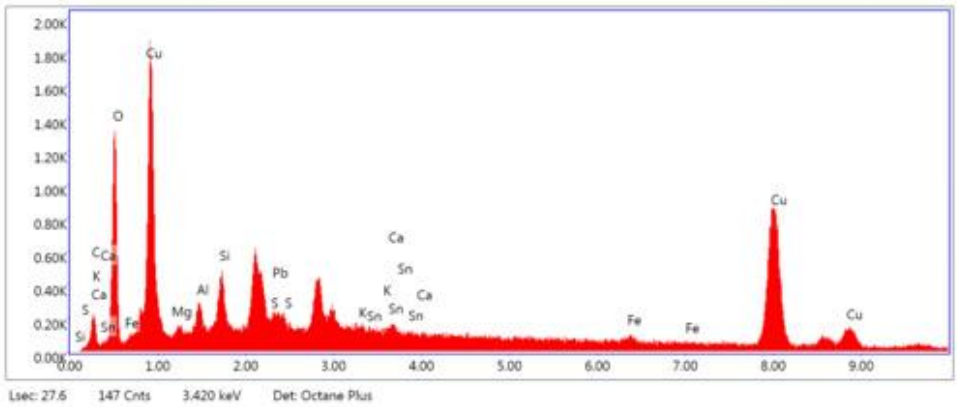
Element	Weight %	Atomic %
C K	5.04	22.12
O K	10.48	34.54
MgK	0.12	0.26
AlK	0.82	1.60
SiK	2.14	4.02
S K	2.32	3.82
PbM	56.77	14.45
K K	0.16	0.22
SnL	0.02	0.01
CaK	0.76	1.00
FeK	2.07	1.96
CuK	19.29	16.01

EK B.131 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 5. sayfa.

Selected Area 5

kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 53	Live Time(s): 27.6	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2

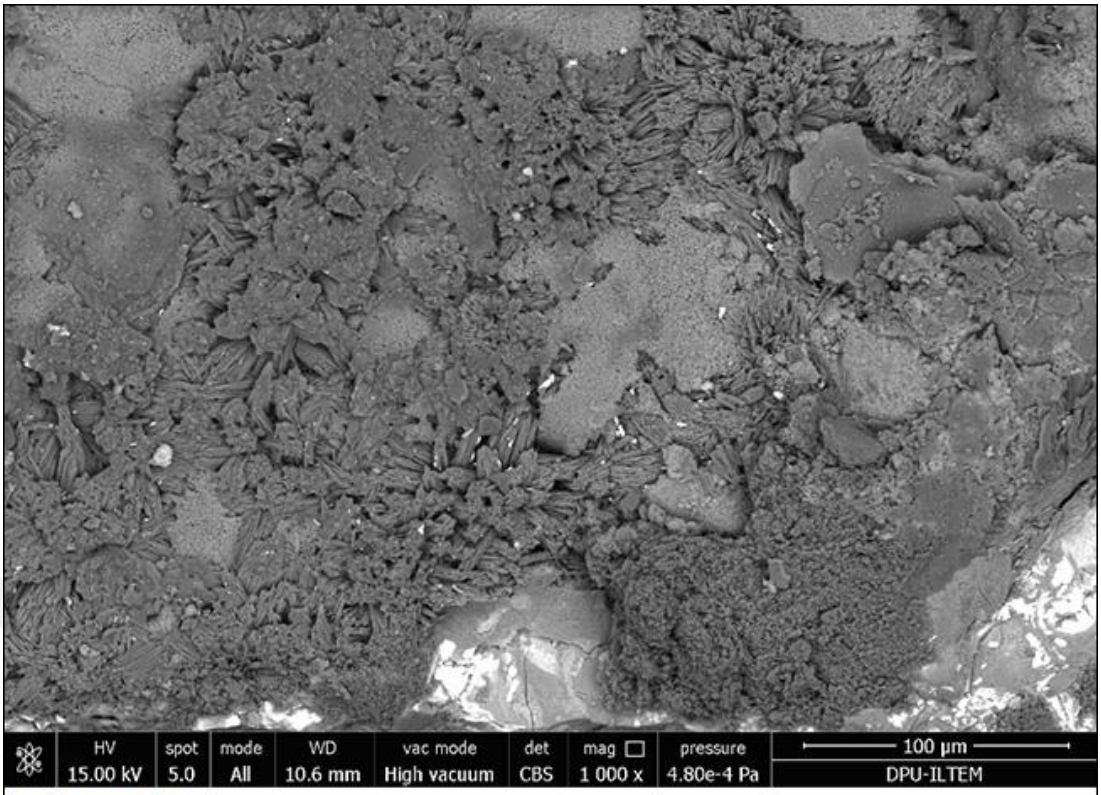
Selected Area 5 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	3.86	14.68
O K	6.99	19.96
MgK	0.00	0.00
AlK	0.47	0.79
SiK	1.33	2.16
S K	0.00	0.00
PbM	1.40	0.31
K K	0.17	0.20
SnL	0.24	0.09
CaK	0.26	0.30
FeK	1.73	1.41
CuK	83.55	60.09

EK B.132 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 6. sayfa.

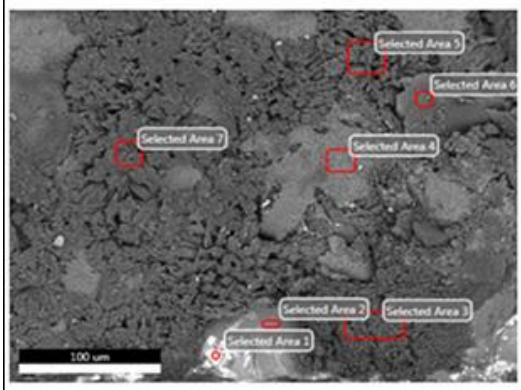


EDAX TEAM

agustos 21

Author: mehmet
Creation: 02/09/2022 1:23:14 PM
Sample Name: New Sample

Area 879



Notes:

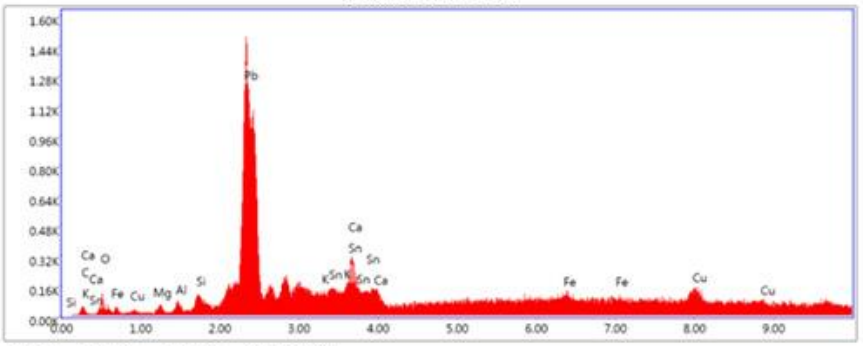
EK B.133 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 53 Live Time(s): 28.1 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

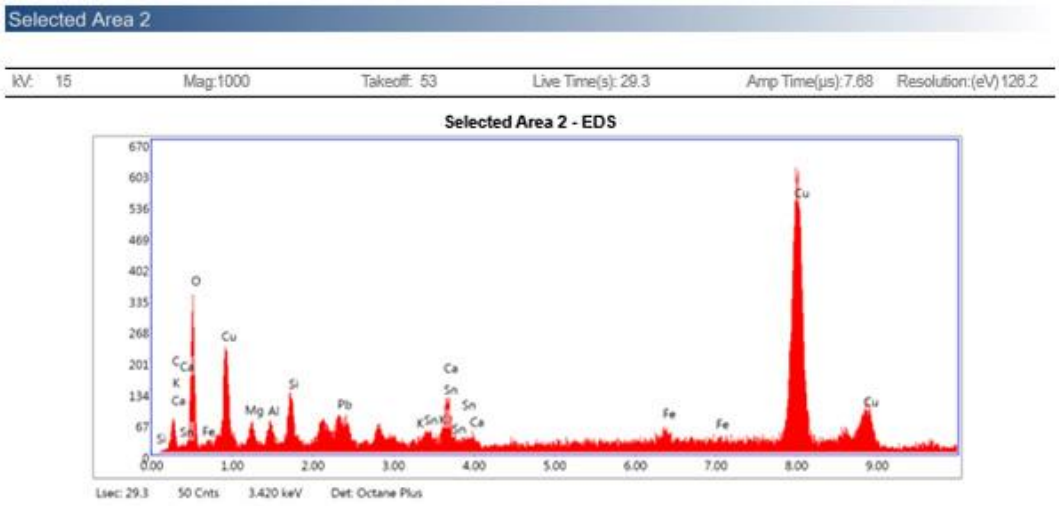


Lsec: 28.1 147 Cnts 3.420 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	0.95	6.06
O K	0.90	4.31
MgK	0.00	0.00
AlK	0.00	0.00
SiK	0.03	0.07
PbM	38.66	14.36
K K	1.25	2.47
SnL	5.49	3.56
CaK	4.51	8.66
FeK	12.53	17.28
CuK	35.67	43.22

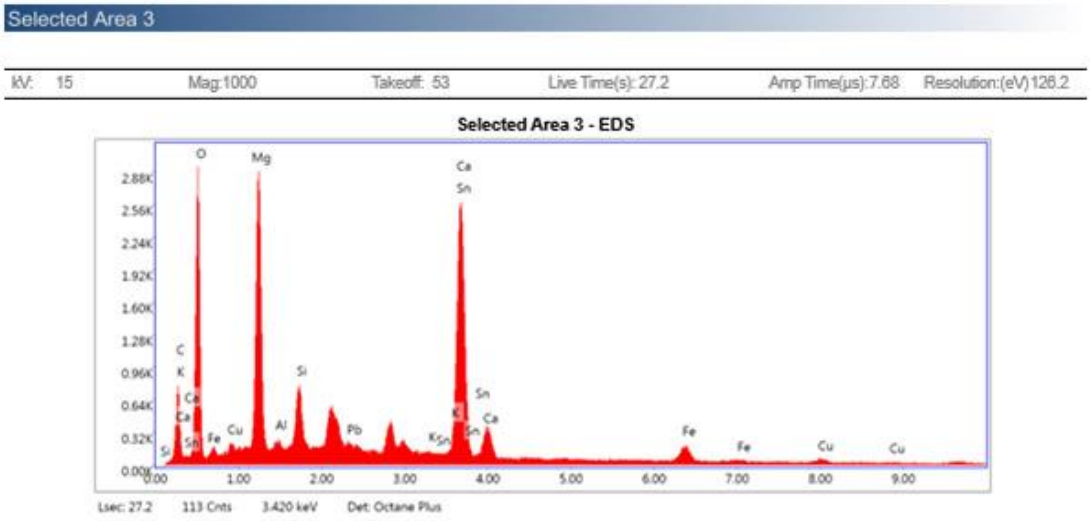
EK B.134 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 8. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	1.85	8.33
O K	2.44	8.26
MgK	0.49	1.10
AlK	0.36	0.73
SiK	0.82	1.58
PbM	1.65	0.43
K K	0.14	0.19
SnL	1.25	0.57
CaK	1.30	1.76
FeK	4.83	4.69
CuK	84.87	72.36

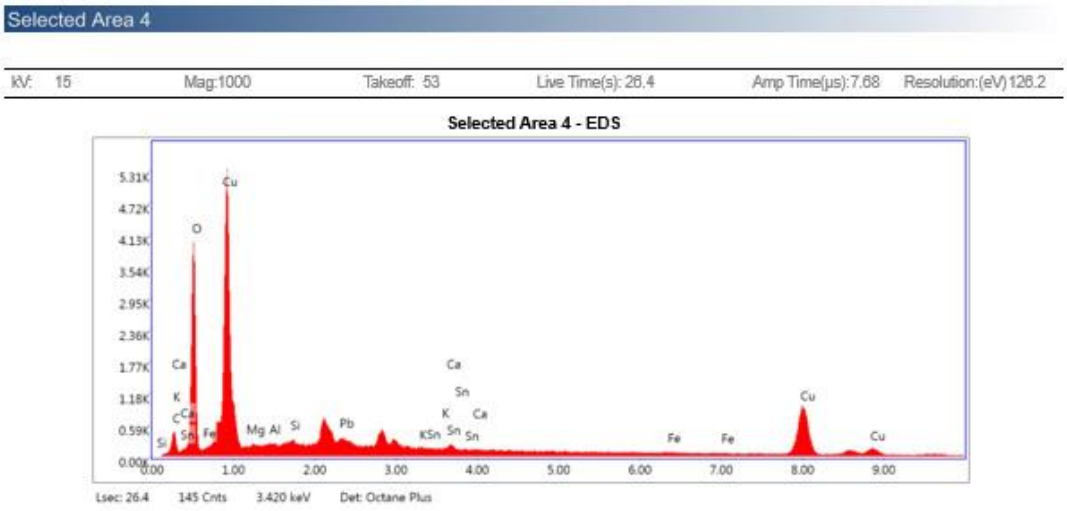
EK B.135 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 9. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.53	14.77
O K	31.87	46.94
MgK	12.68	12.29
AlK	0.07	0.06
SiK	2.83	2.38
PbM	1.83	0.21
K K	0.21	0.12
SnL	0.57	0.11
CaK	32.44	19.07
FeK	6.78	2.86
CuK	3.18	1.18

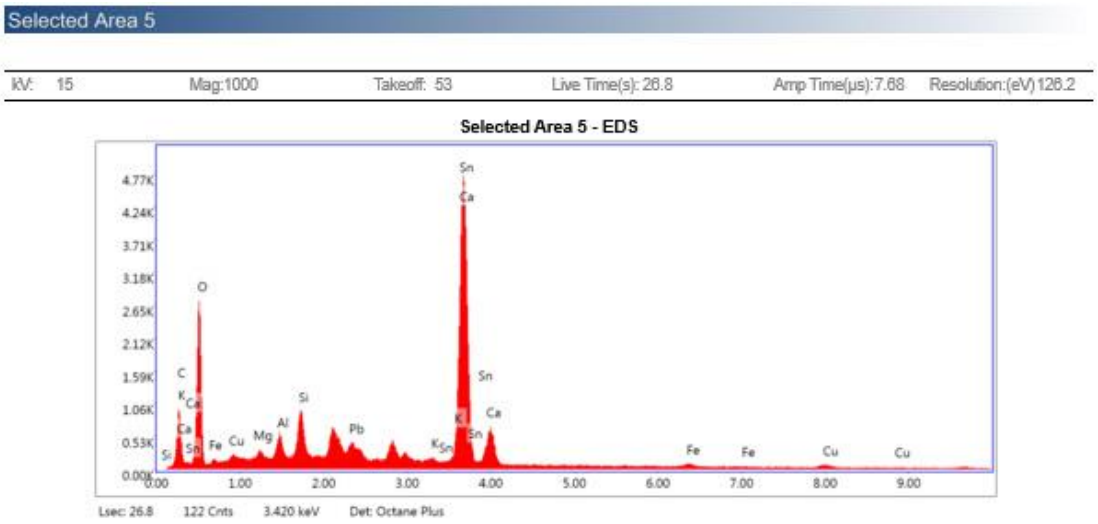
EK B.136 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 10. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.92	19.75
O K	18.93	40.58
MgK	0.01	0.02
AlK	0.05	0.06
SiK	0.47	0.57
PbM	2.38	0.39
K K	0.02	0.02
SnL	0.13	0.04
CaK	0.52	0.44
FeK	0.35	0.22
CuK	70.24	37.92

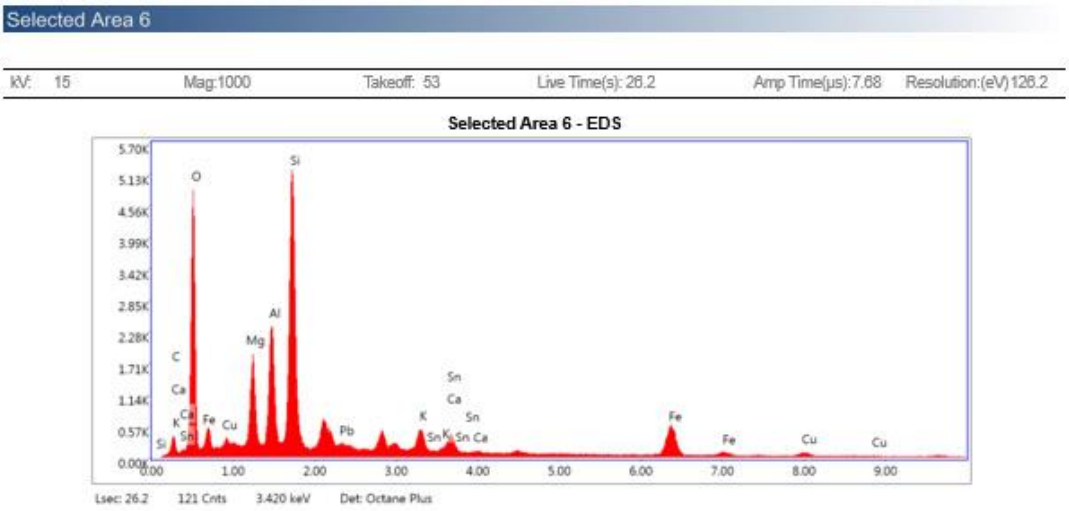
EK B.137 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 11. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.06	14.81
O K	30.68	48.34
MgK	0.28	0.29
AlK	1.22	1.14
SiK	2.75	2.46
PbM	3.78	0.46
K K	0.56	0.36
SnL	0.64	0.14
CaK	46.80	29.43
FeK	1.87	0.85
CuK	4.36	1.73

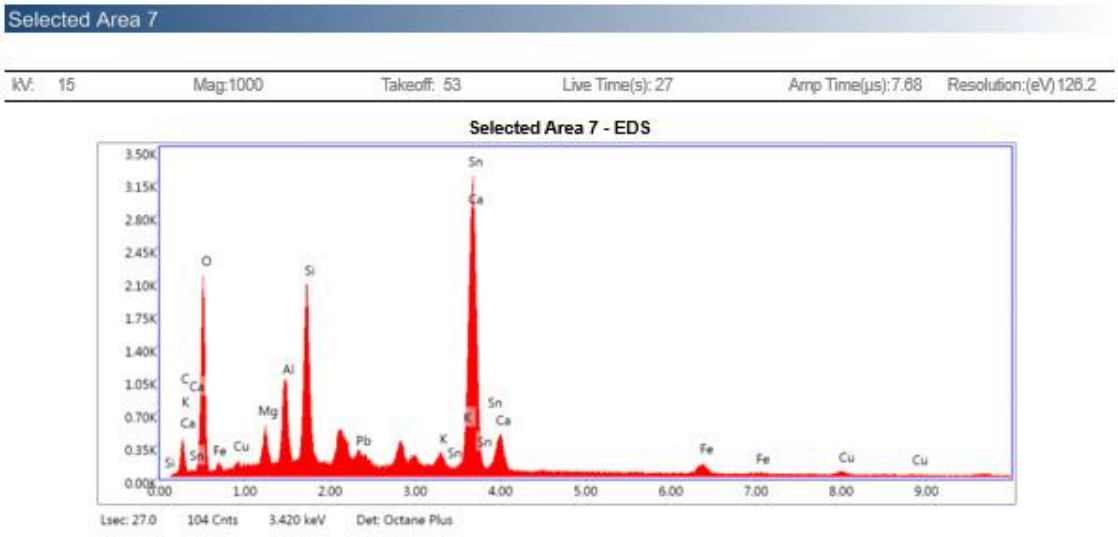
EK B.138 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 12. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.21	10.89
O K	26.50	41.60
MgK	6.09	6.29
AlK	8.69	8.09
SiK	20.30	18.15
PbM	2.22	0.27
K K	3.32	2.13
SnL	0.37	0.08
CaK	2.76	1.73
FeK	19.81	8.91
CuK	4.74	1.87

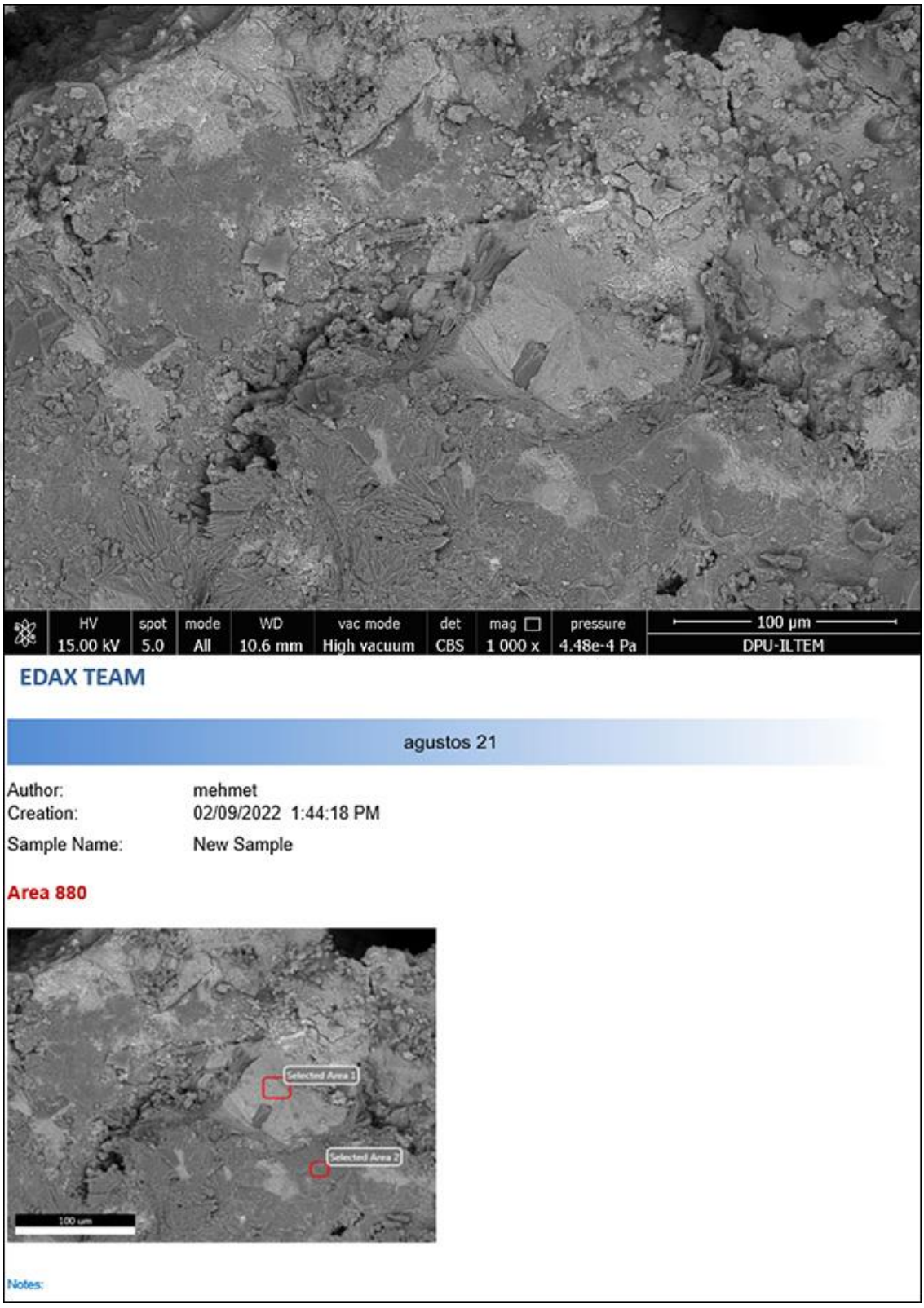
EK B.139 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 13. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.52	9.66
O K	29.04	46.60
MgK	1.27	1.34
AlK	3.97	3.78
SiK	8.52	7.79
PbM	2.57	0.32
K K	1.55	1.02
SnL	0.34	0.07
CaK	41.02	26.27
FeK	4.41	2.03
CuK	2.77	1.12

EK B.140 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 14. sayfa.



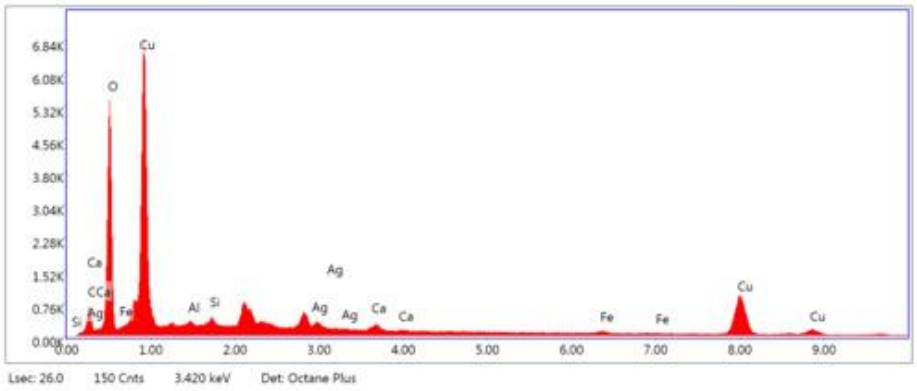
EK B.141 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 15. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV:	15	Mag:1000	Takeoff: 53	Live Time(s): 26	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2

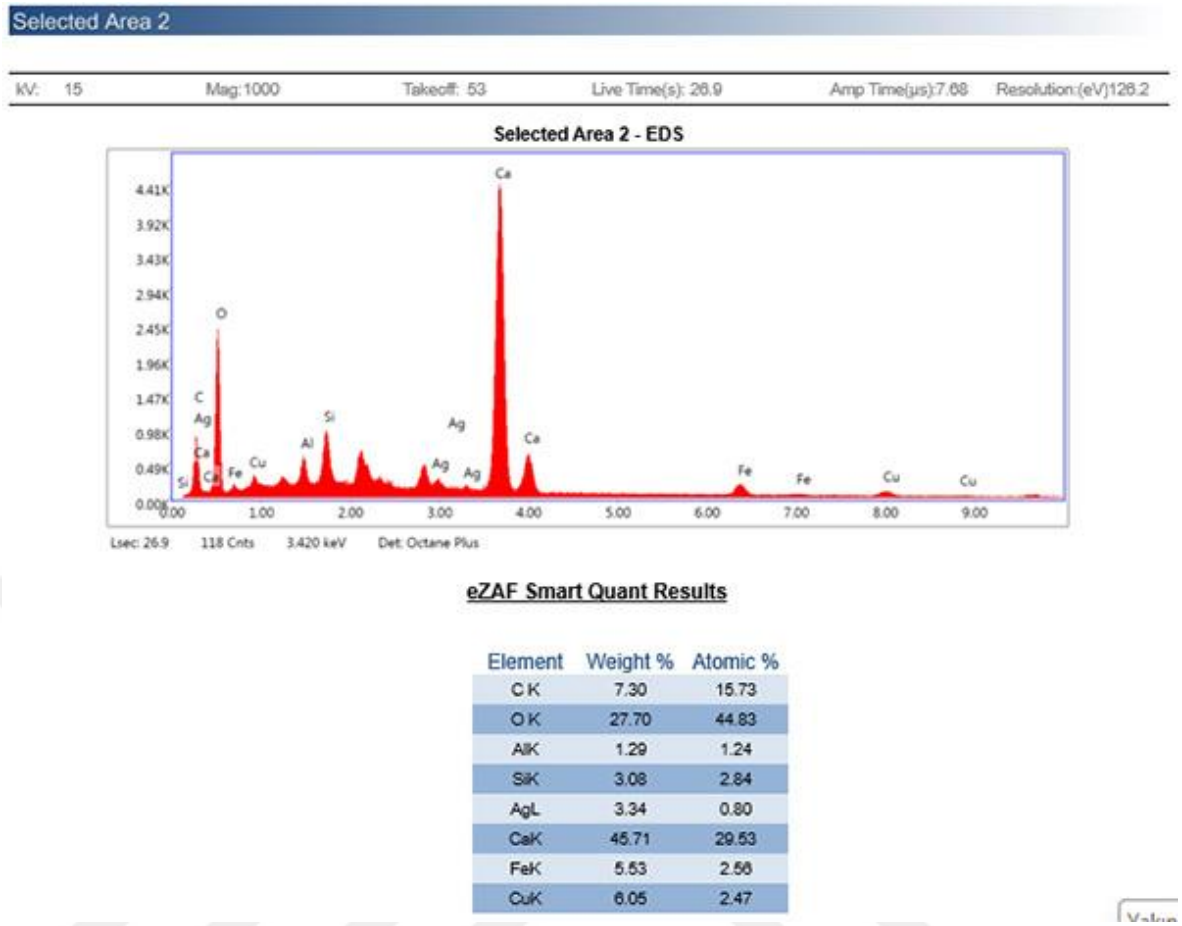
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

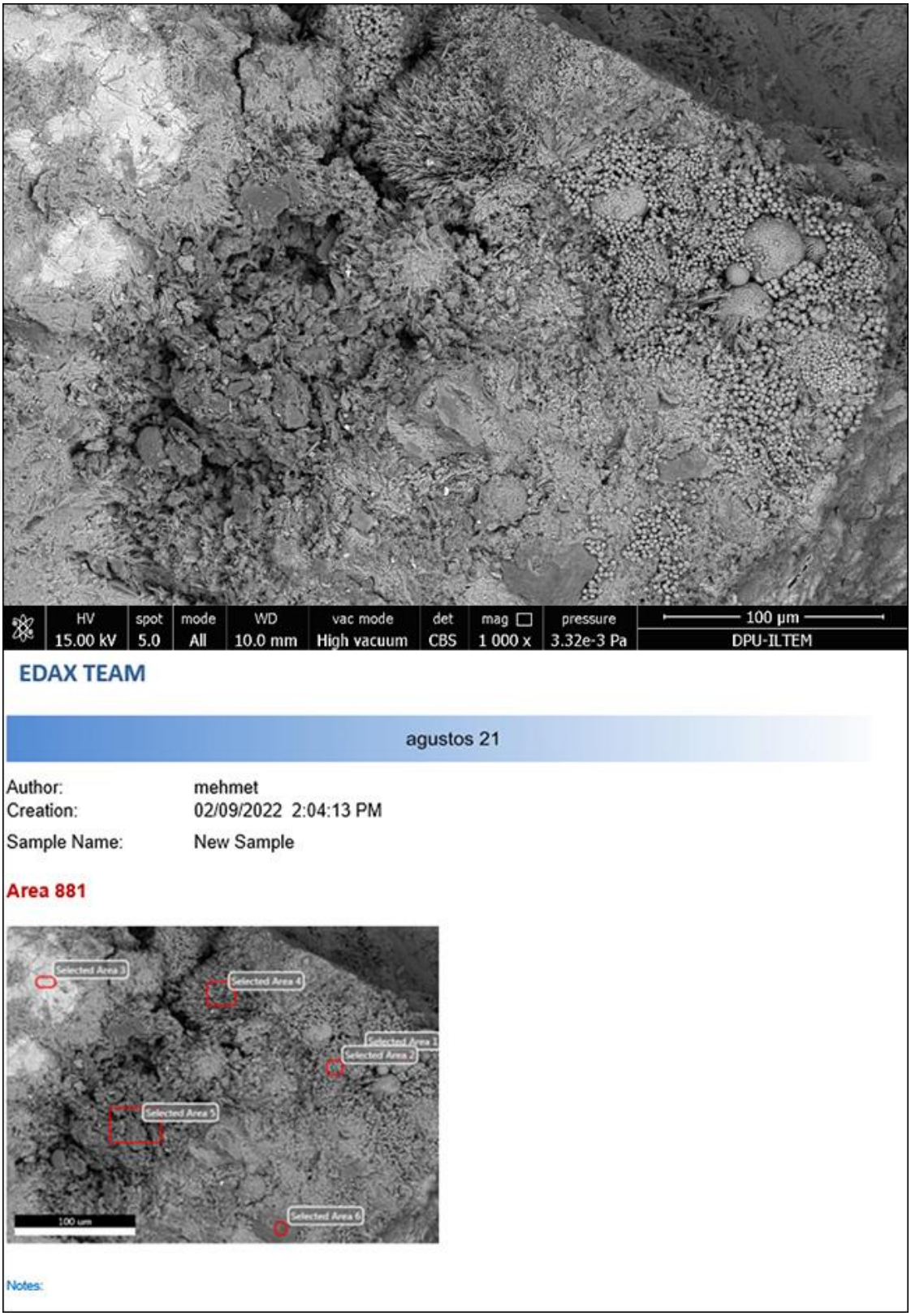
Element	Weight %	Atomic %
C K	8.20	21.11
O K	23.29	44.99
Al K	0.35	0.40
Si K	0.85	0.93
Ag L	3.08	0.88
Ca K	1.17	0.90
Fe K	1.44	0.80
Cu K	61.61	29.98

EK B.142 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 16. sayfa.



Element	Weight %	Atomic %
C K	7.30	15.73
O K	27.70	44.83
Al K	1.29	1.24
Si K	3.08	2.84
Ag L	3.34	0.80
Ca K	45.71	29.53
Fe K	5.53	2.56
Cu K	6.05	2.47

EK B.143 Bronz çan AEV-15 (örnek K2) (SEM-EDS) 17. sayfa.

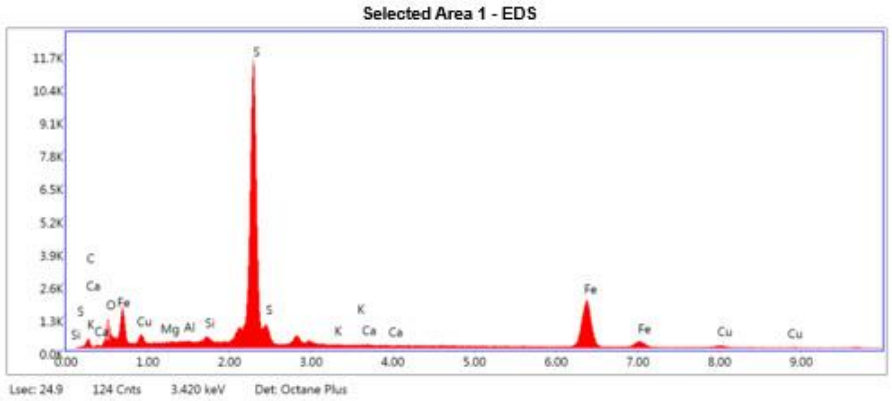


EK B.144 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 24.9 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

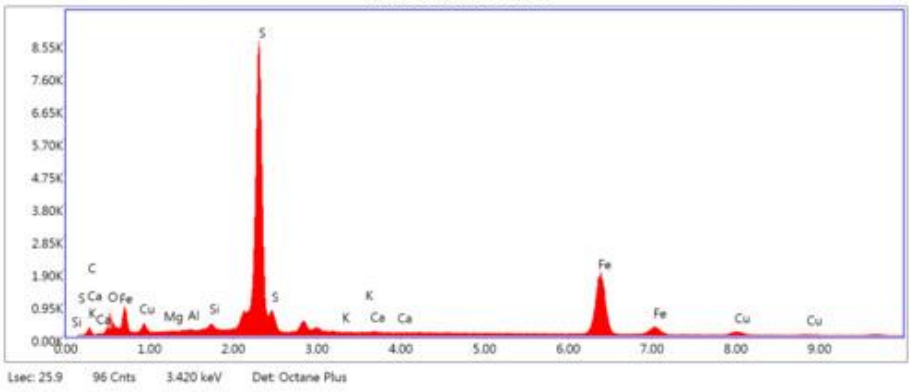
Element	Weight %	Atomic %
C K	7.35	20.44
O K	4.41	9.20
MgK	0.00	0.00
AlK	0.03	0.04
SiK	0.52	0.62
S K	39.31	40.95
K K	0.22	0.19
CaK	0.19	0.16
FeK	43.99	26.31
CuK	3.98	2.09

EK B.145 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 2. sayfa.

Selected Area 2

kV:	15	Mag:1000	Takeoff: 52.4	Live Time(s): 25.9	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2

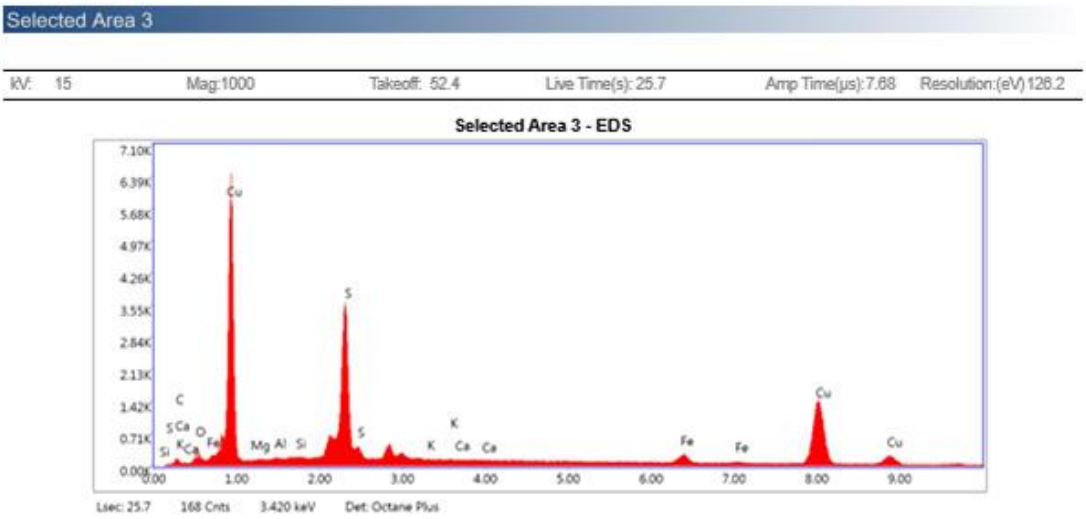
Selected Area 2 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.88	15.20
O K	2.37	5.56
MgK	0.00	0.00
AlK	0.00	0.00
SiK	0.28	0.37
S K	34.86	40.73
K K	0.12	0.12
CaK	0.18	0.17
FeK	50.19	33.66
CuK	7.12	4.19

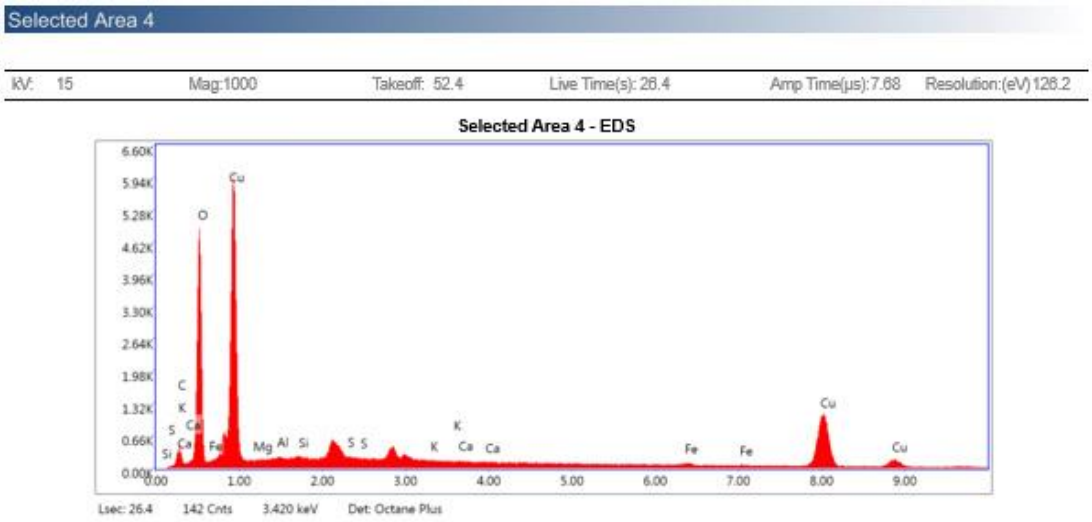
EK B.146 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 3. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	2.34	9.75
O K	0.78	2.45
MgK	0.00	0.00
AlK	0.00	0.00
SiK	0.00	0.00
S K	14.27	22.27
K K	0.02	0.02
CaK	0.03	0.04
FeK	4.30	3.85
CuK	78.25	61.61

EK B.147 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 4. sayfa.



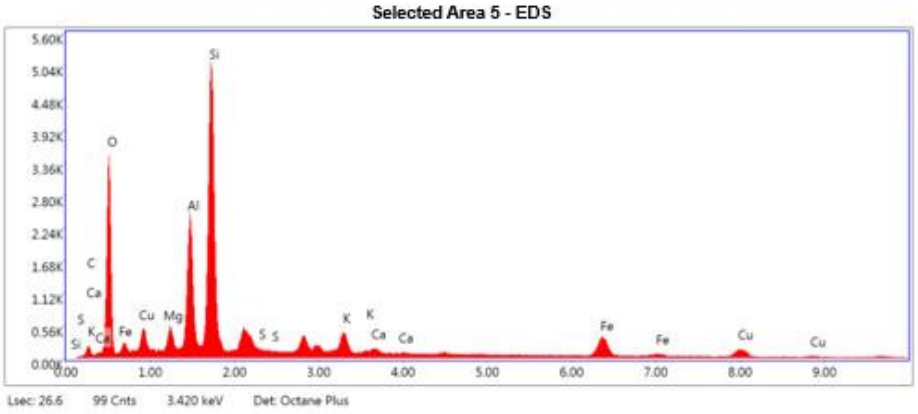
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.86	16.87
O K	19.10	41.25
MgK	0.00	0.00
AlK	0.05	0.07
SiK	0.15	0.18
S K	1.50	1.62
K K	0.02	0.01
CaK	0.08	0.07
FeK	1.02	0.63
CuK	72.21	39.28

EK B.148 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 5. sayfa.

Selected Area 5

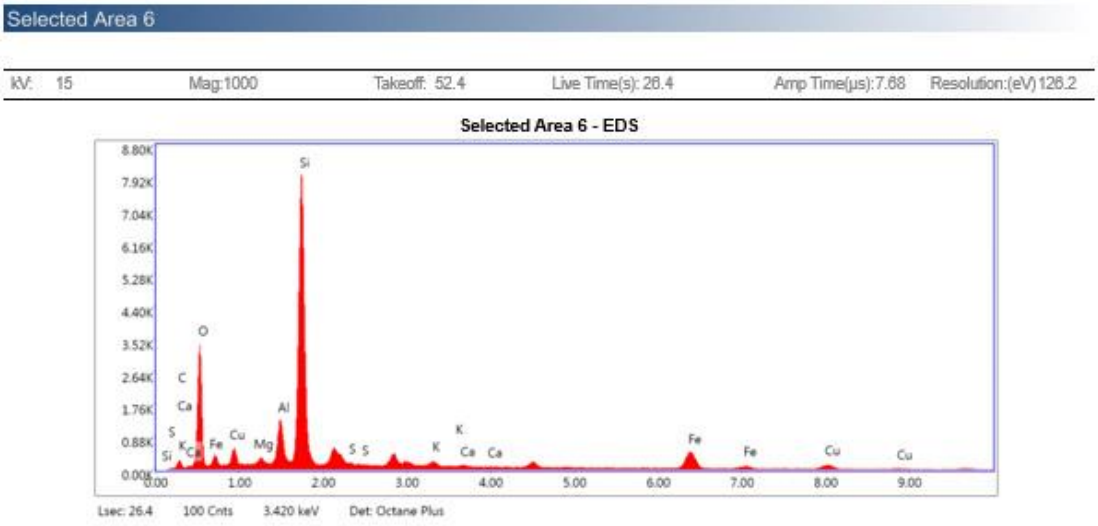
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 26.6 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	3.79	8.27
O K	23.83	39.07
MgK	1.46	1.58
AlK	10.78	10.48
SiK	24.76	23.13
S K	2.10	1.72
K K	3.67	2.46
CaK	0.97	0.63
FeK	14.78	6.94
CuK	13.87	5.72

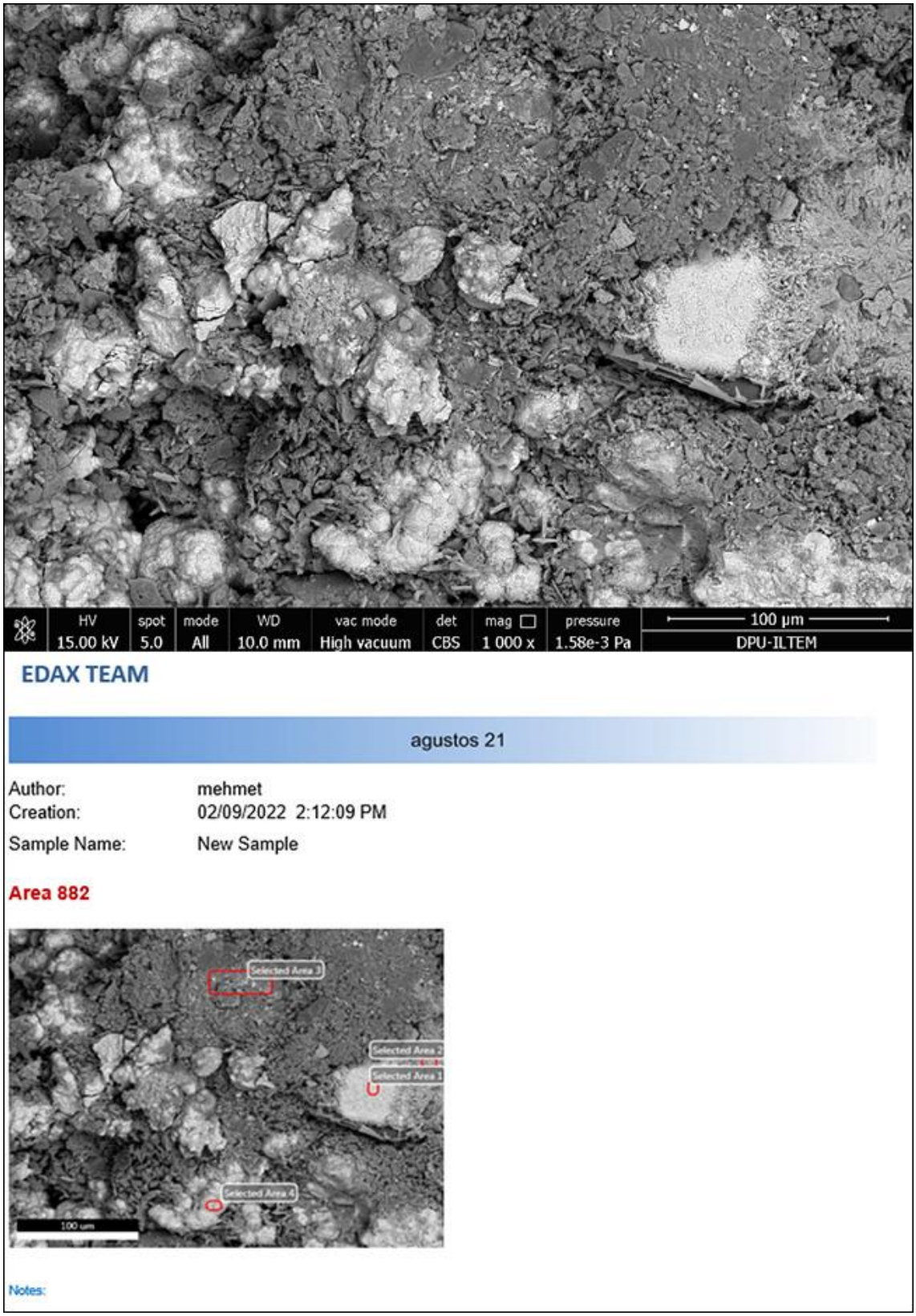
EK B.149 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 6. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.98	12.91
O K	21.17	34.33
MgK	0.43	0.46
AlK	5.02	4.83
SiK	33.86	31.27
S K	2.46	1.99
K K	1.34	0.89
CaK	0.53	0.35
FeK	18.54	8.61
CuK	10.67	4.35

EK B.150 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 7. sayfa.

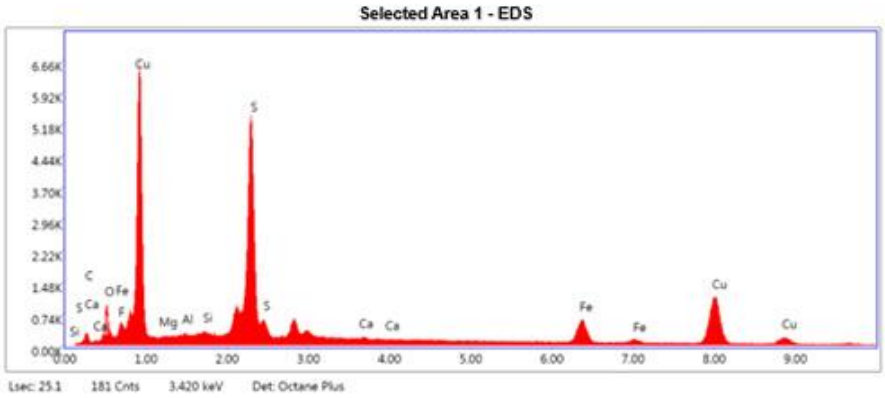


EK B.151 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 8. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

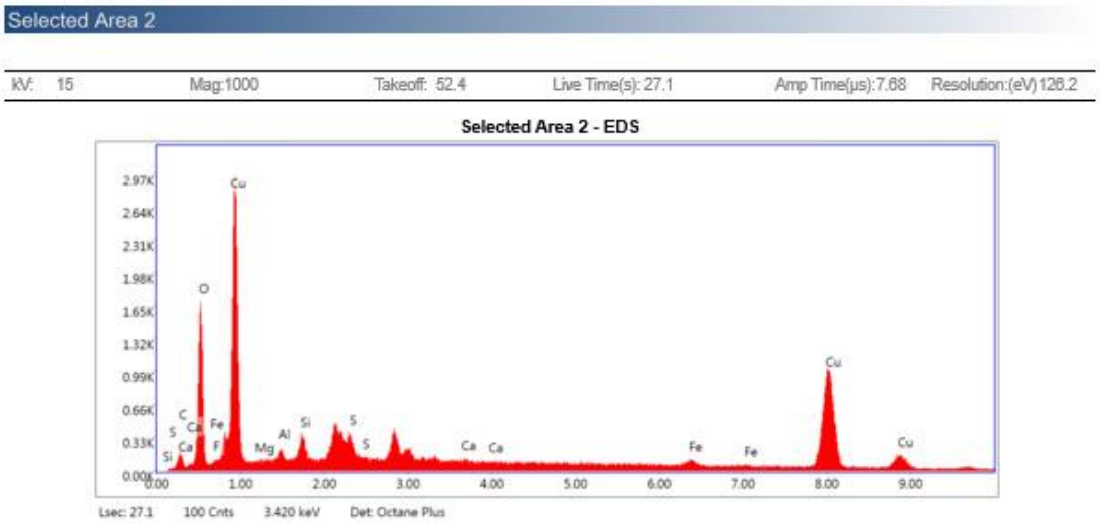
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.4	Live Time(s): 25.1	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	4.43	15.59
O K	2.96	7.81
F K	0.11	0.24
MgK	0.00	0.00
AlK	0.00	0.01
SiK	0.09	0.14
S K	20.68	27.28
CaK	0.31	0.32
FeK	11.59	8.78
CuK	59.83	39.83

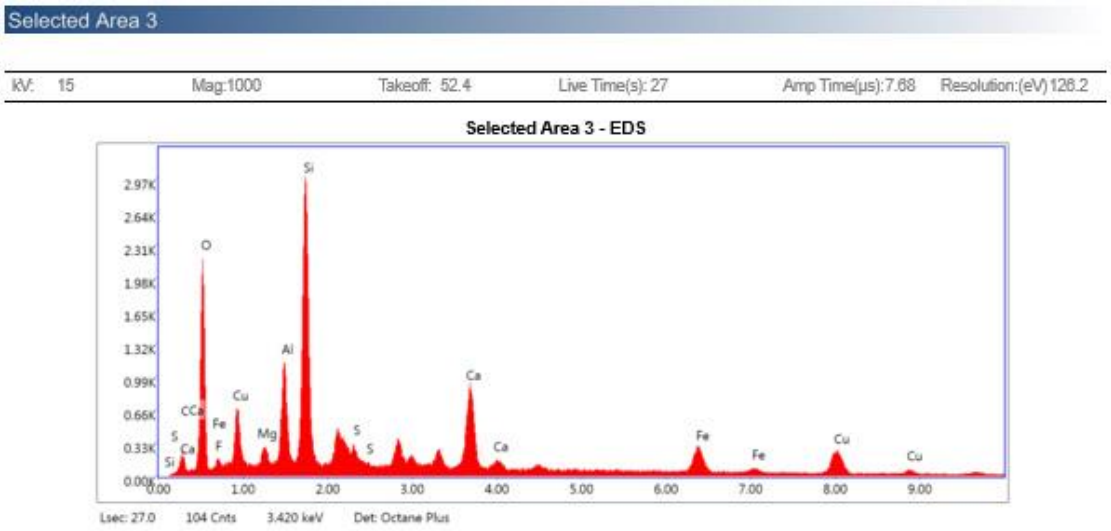
EK B.152 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 9. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	3.23	12.00
O K	8.14	22.72
F K	0.00	0.00
MgK	0.00	0.00
AlK	0.13	0.21
SiK	0.79	1.25
S K	2.80	3.90
CaK	0.17	0.19
FeK	1.79	1.43
CuK	82.95	58.29

EK B.153 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 10. sayfa.



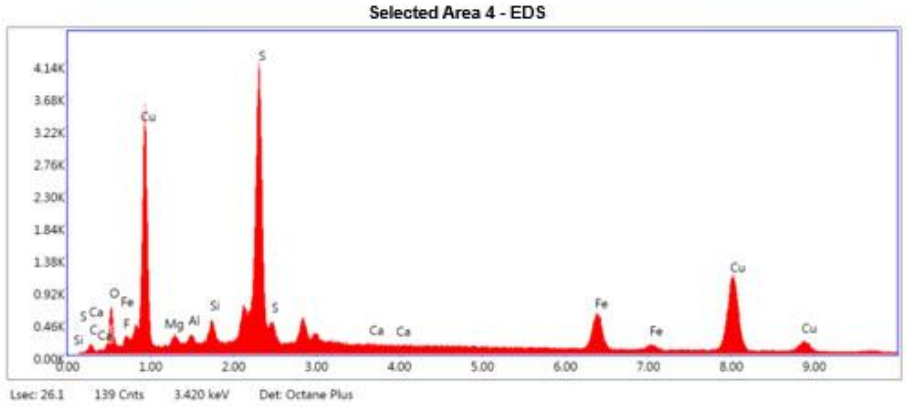
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.67	13.56
O K	19.44	34.87
F K	0.02	0.04
MgK	0.60	0.71
AlK	5.10	5.43
SiK	15.85	16.19
S K	2.80	2.50
CaK	11.78	8.44
FeK	12.37	6.36
CuK	26.36	11.90

EK B.154 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 11. sayfa.

Selected Area 4

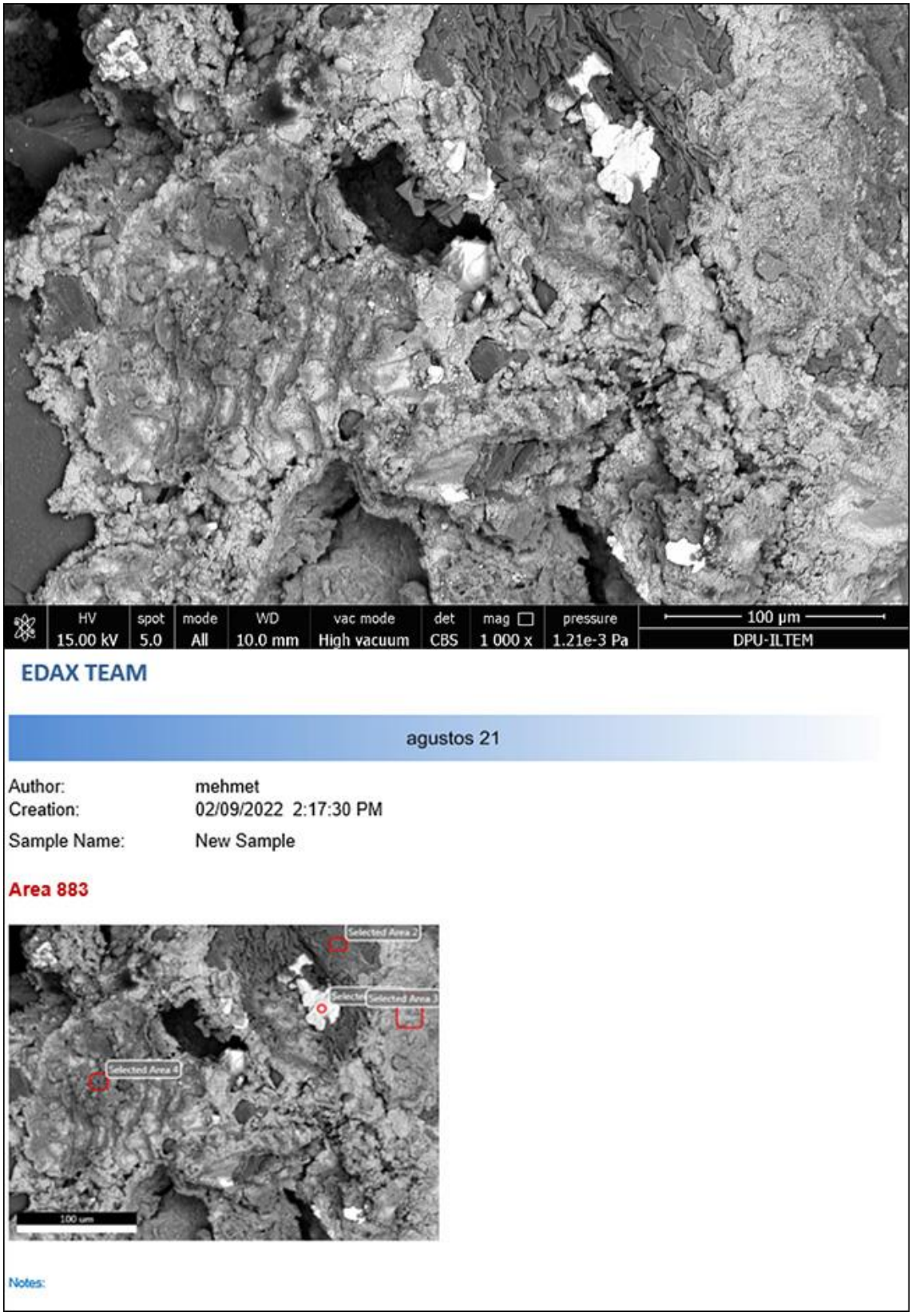
kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 26.1 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV)126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	2.00	7.90
O K	1.84	5.45
F K	0.00	0.00
MgK	0.13	0.25
AlK	0.07	0.12
SiK	0.62	1.04
S K	17.22	25.49
CaK	0.10	0.12
FeK	12.97	11.03
CuK	65.05	48.60

EK B.155 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 12. sayfa.



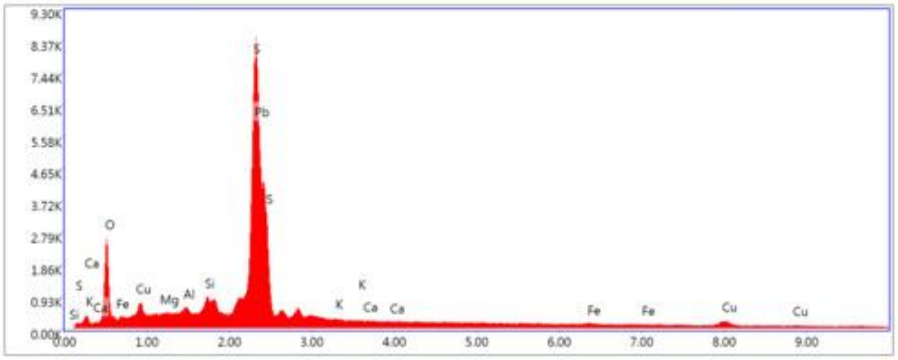
EK B.156 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 13. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.4	Live Time(s): 23.6	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2

Selected Area 1 - EDS

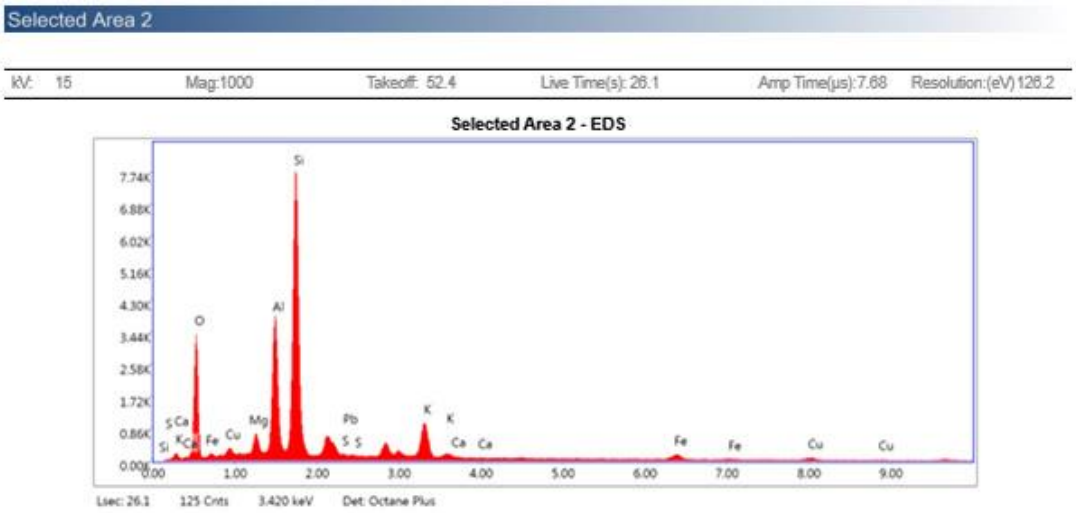


Lsec: 23.6 214 Cnts 3.420 keV Det: Octane Plus

eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	14.58	48.01
MgK	0.17	0.36
AlK	0.59	1.15
SiK	1.48	2.78
S K	14.36	23.60
PbM	58.10	14.78
K K	0.37	0.49
CaK	0.13	0.17
FeK	1.53	1.44
CuK	8.69	7.21

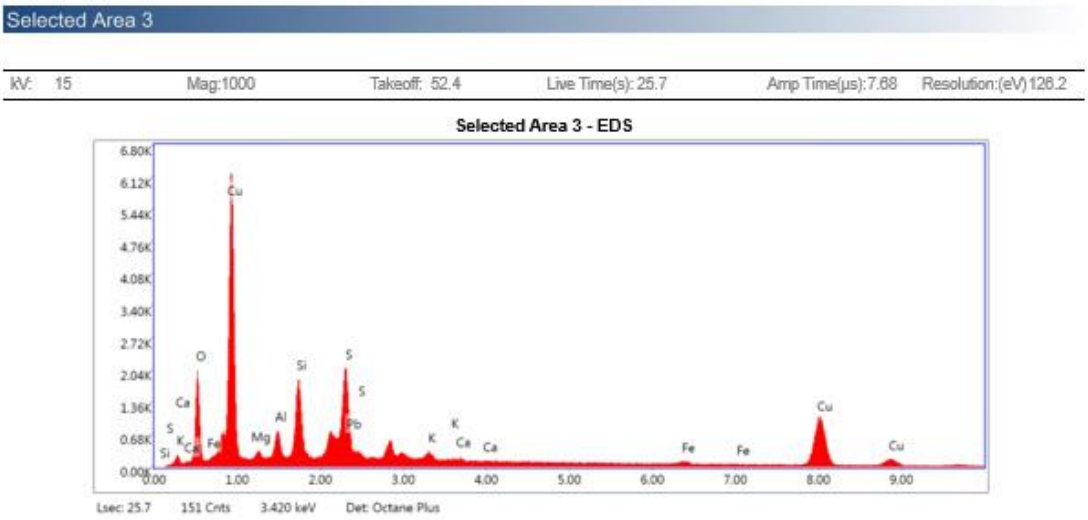
EK B.157 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 14. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	24.86	39.80
MgK	1.98	2.09
AlK	15.47	14.68
SiK	35.04	31.96
S K	0.00	0.00
PbM	1.58	0.19
K K	9.50	6.22
CaK	0.23	0.15
FeK	5.94	2.72
CuK	5.40	2.18

EK B.158 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 15. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

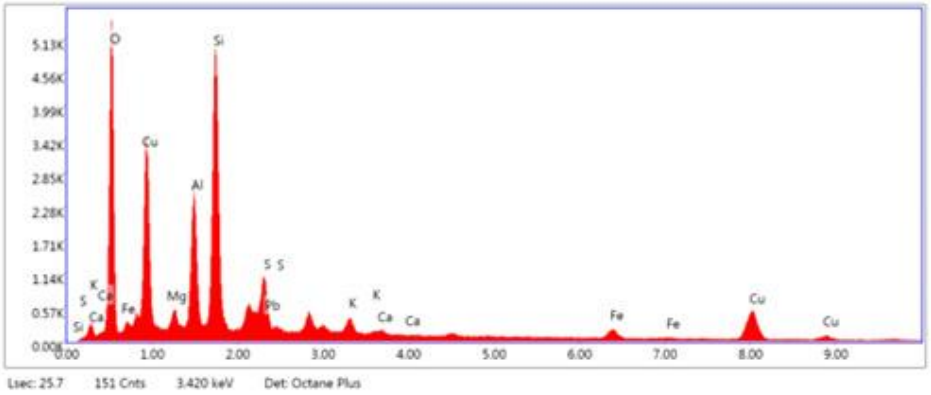
Element	Weight %	Atomic %
O K	8.19	23.69
MgK	0.17	0.33
AlK	1.88	3.23
SiK	6.03	9.94
S K	6.46	9.33
PbM	6.92	1.54
K K	0.96	1.13
CaK	0.28	0.32
FeK	1.85	1.53
CuK	67.25	48.96

EK B.159 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 16. sayfa.

Selected Area 4

kV: 15 Mag:1000 Takeoff: 52.4 Live Time(s): 25.7 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV) 128.2

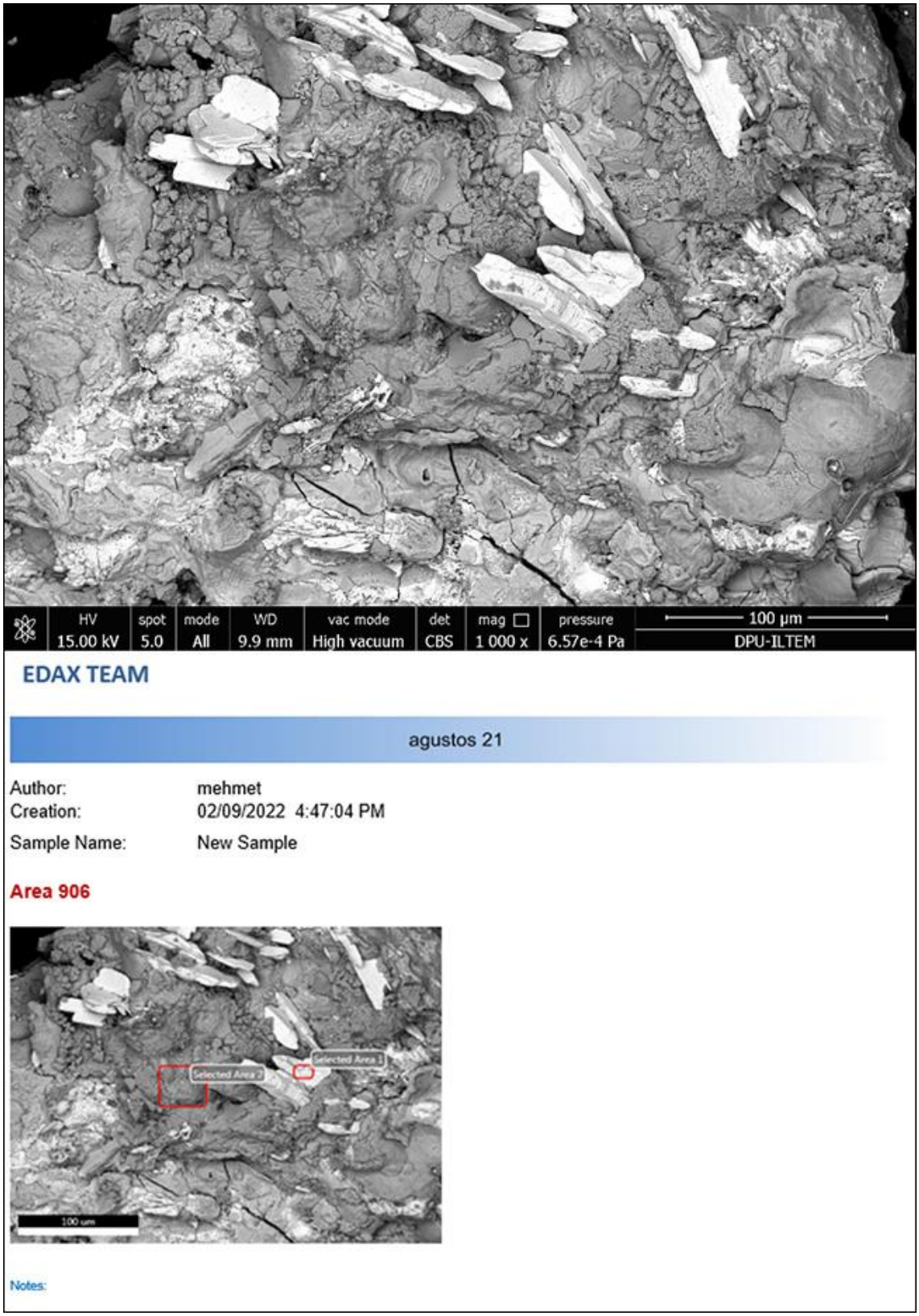
Selected Area 4 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	24.63	46.66
MgK	0.85	1.06
AlK	8.55	9.60
SiK	17.70	19.10
S K	2.69	2.54
PbM	4.85	0.71
K K	1.57	1.22
CaK	0.54	0.41
FeK	4.31	2.34
CuK	34.30	16.36

EK B.160 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (SEM-EDS) 17. sayfa.

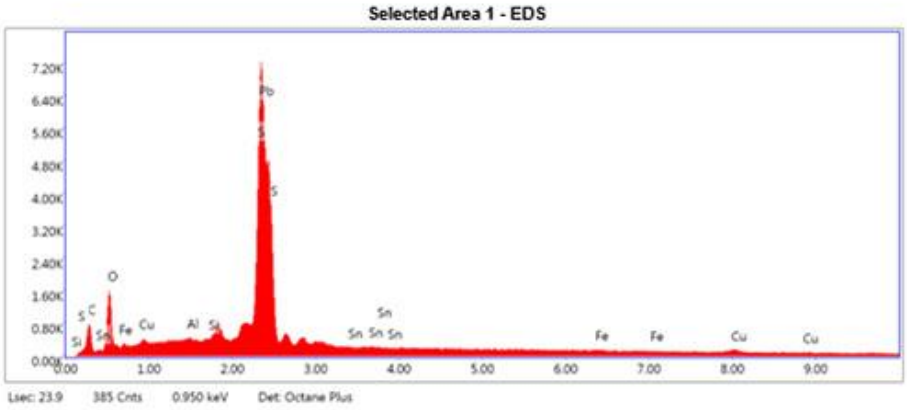


EK B.161 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 1. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

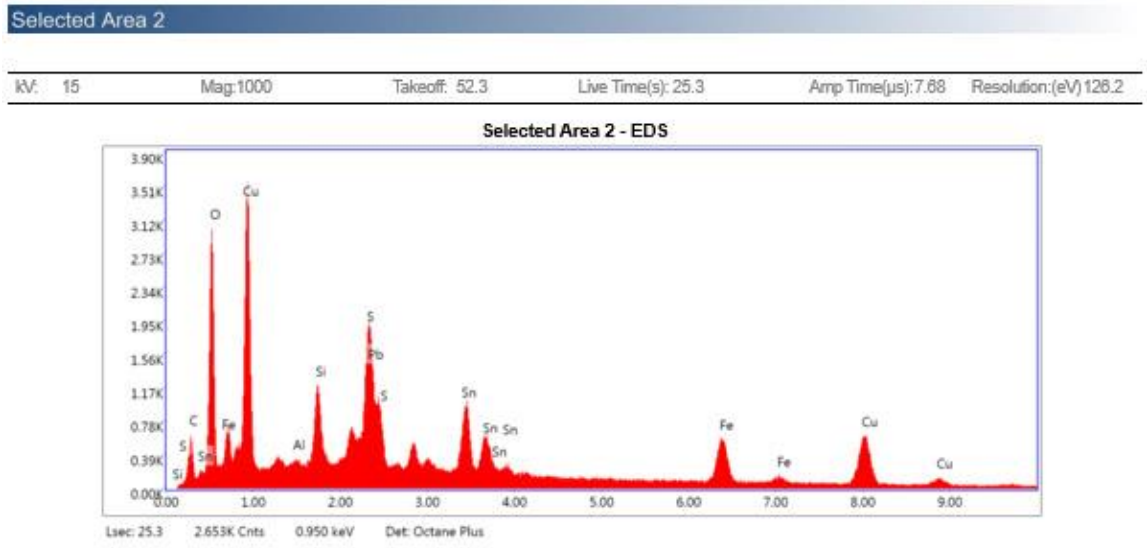
kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.3	Live Time(s): 23.9	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.35	33.64
O K	10.55	36.25
Al K	0.01	0.03
Si K	0.05	0.09
S K	3.29	5.64
Pb M	73.15	19.41
Sn L	0.07	0.03
Fe K	1.02	1.00
Cu K	4.52	3.91

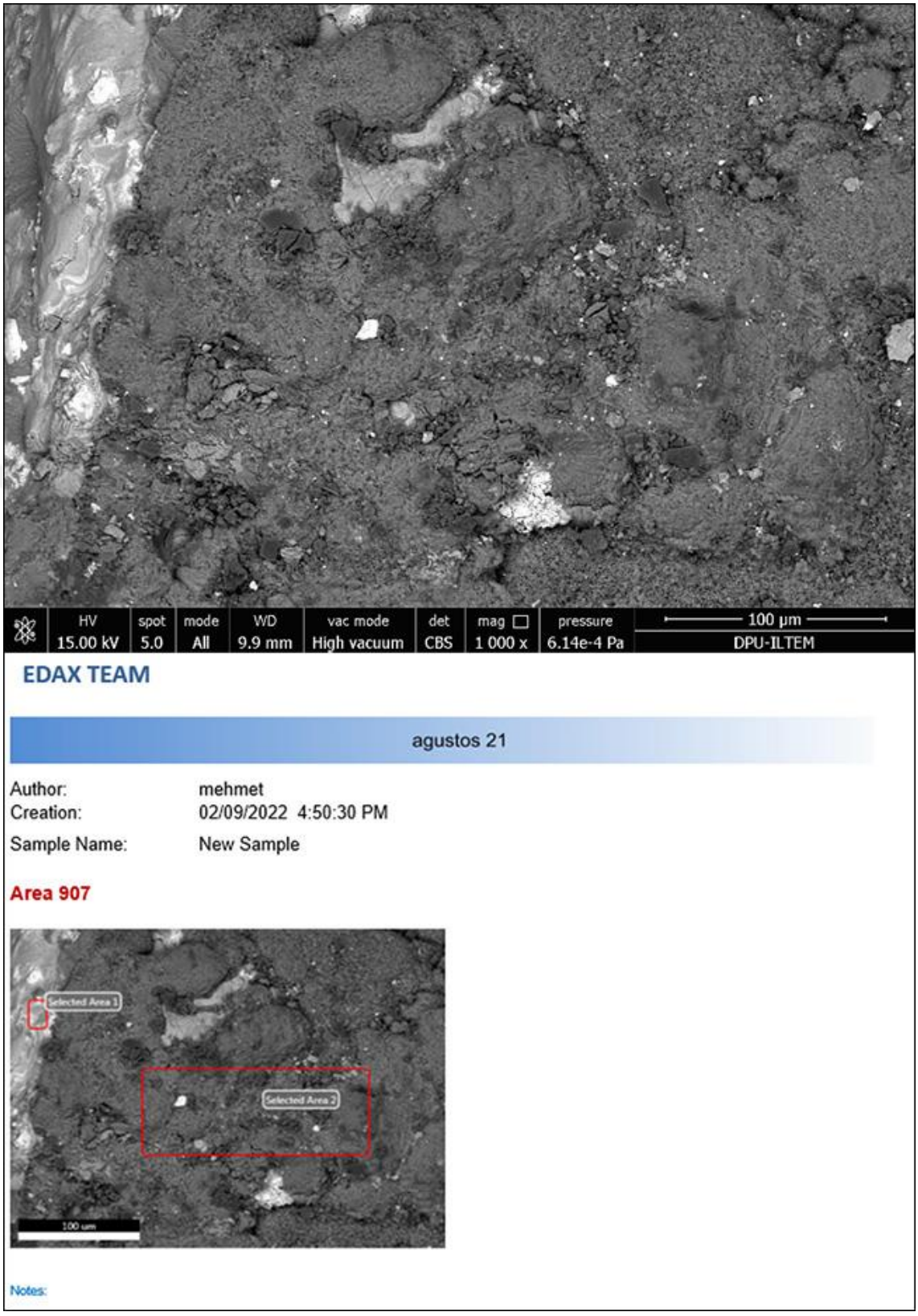
EK B.162 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 2. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.53	22.11
O K	11.75	29.86
AlK	0.08	0.12
SiK	3.01	4.36
S K	3.10	3.92
PbM	13.50	2.65
SnL	13.24	4.54
FeK	14.02	10.20
CuK	34.76	22.24

EK B.163 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 3. sayfa.



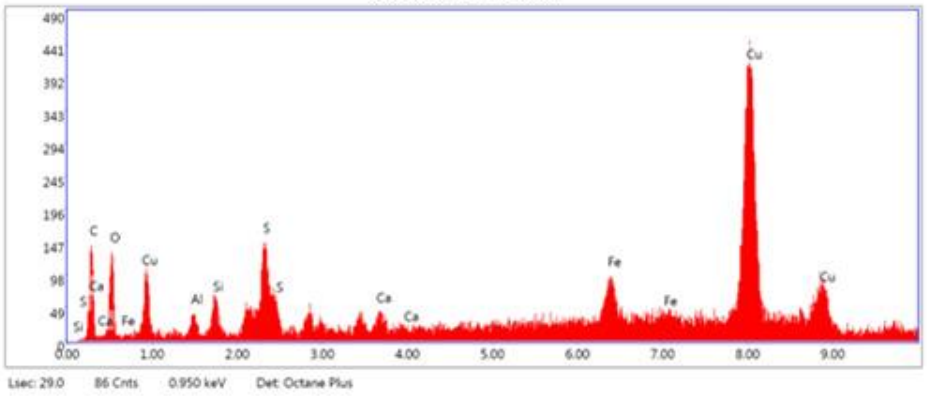
EK B.164 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 4. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 15	Mag:1000	Takeoff: 52.3	Live Time(s): 29	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 128.2

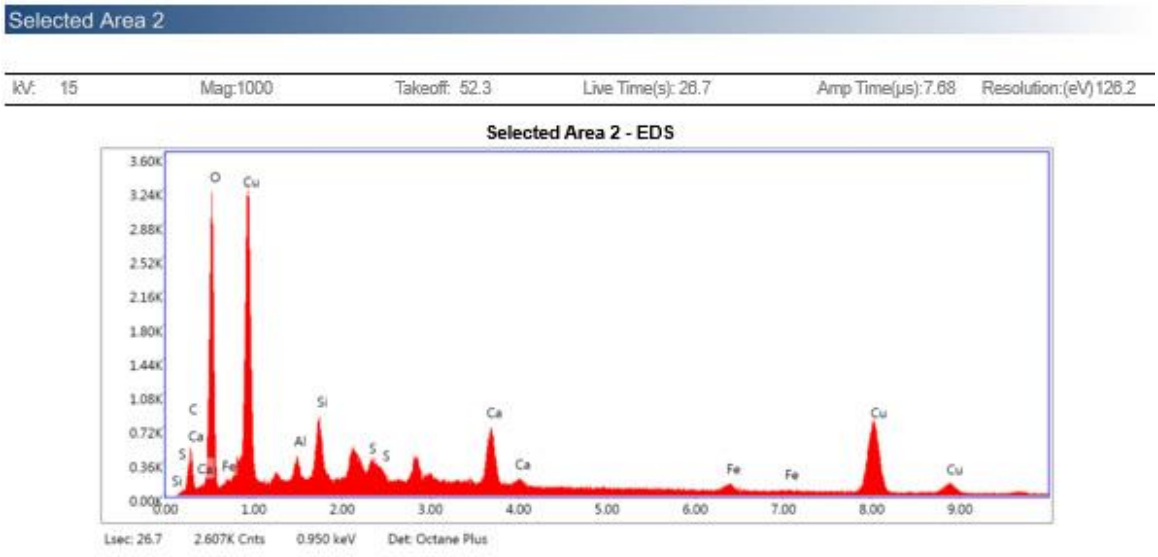
Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	5.20	21.32
O K	1.13	3.48
Al K	0.02	0.04
Si K	0.21	0.37
S K	1.64	2.53
Ca K	0.40	0.49
Fe K	8.00	7.06
Cu K	83.39	64.70

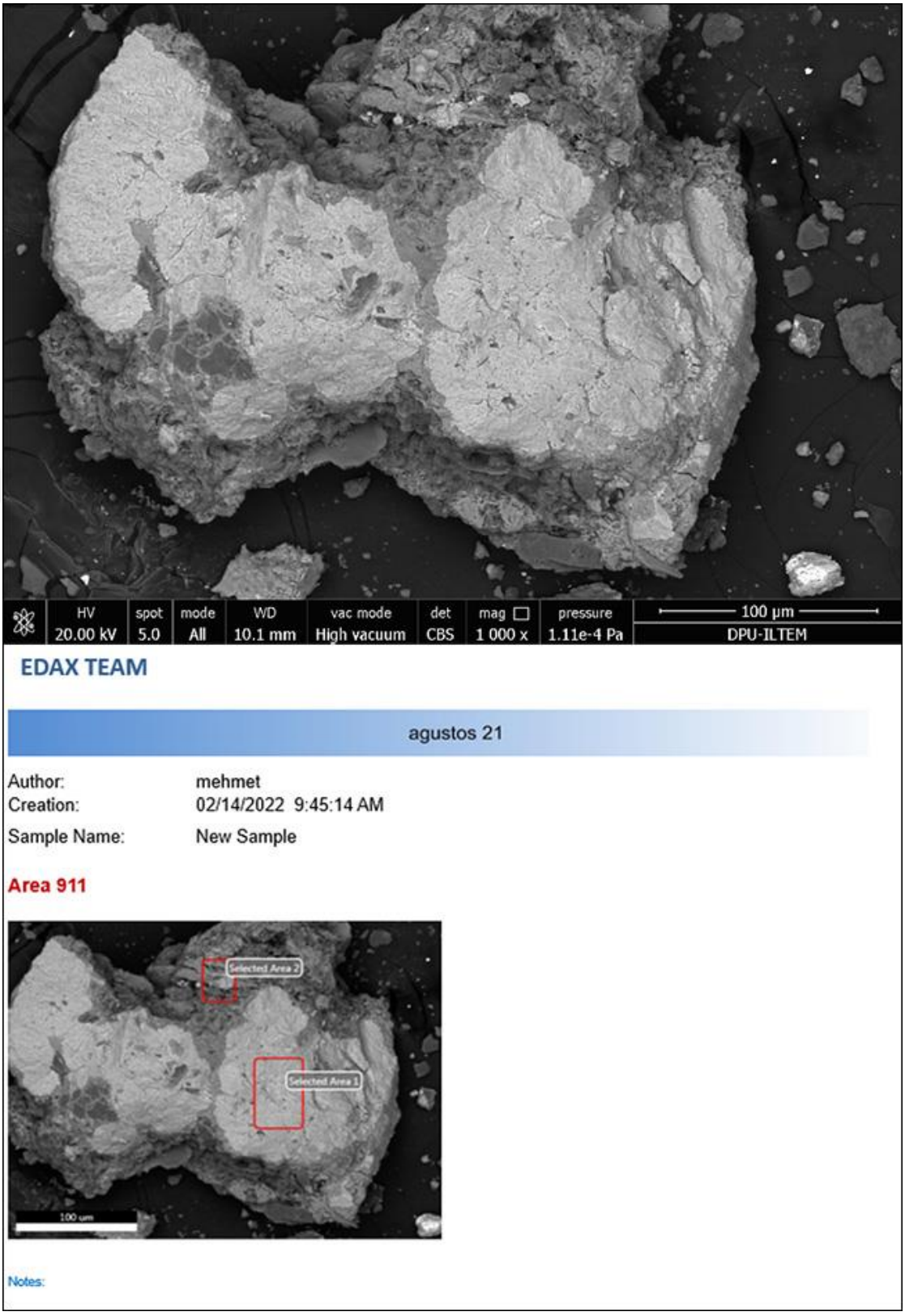
EK B.165 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 5. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	6.49	17.90
O K	17.74	36.74
Al K	0.71	0.87
Si K	2.86	3.38
S K	2.64	2.73
Ca K	6.34	5.24
Fe K	2.34	1.39
Cu K	60.87	31.74

EK B.166 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 6. sayfa.



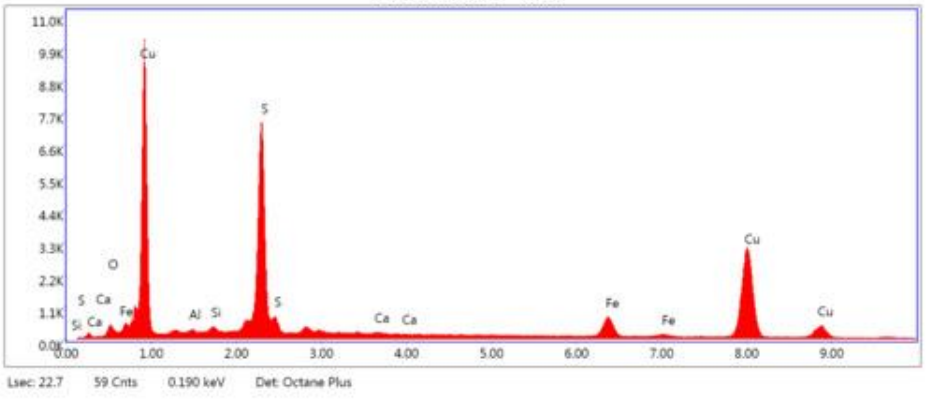
EK B.167 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 7. sayfa.

EDAX TEAM

Selected Area 1

kV: 20 Mag:1000 Takeoff: 52.5 Live Time(s): 22.7 Amp Time(µs):7.68 Resolution:(eV) 126.2

Selected Area 1 - EDS



eZAF Smart Quant Results

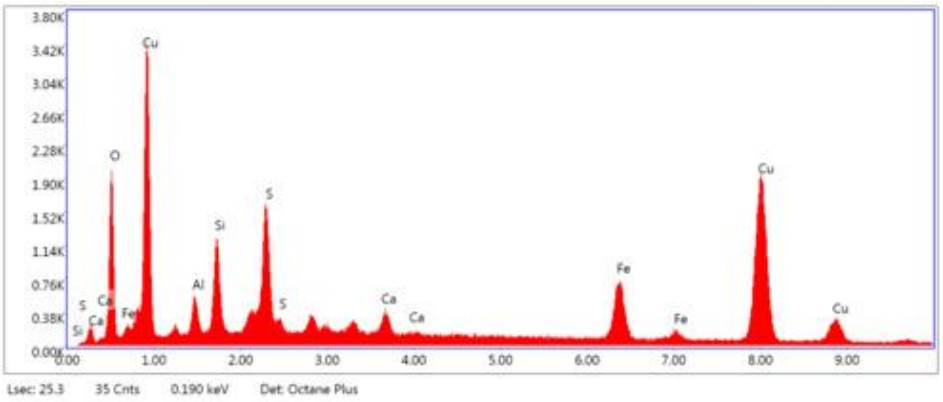
Element	Weight %	Atomic %
O K	1.77	5.42
Al K	0.31	0.56
Si K	0.41	0.71
S K	22.81	34.82
Ca K	0.35	0.42
Fe K	7.43	6.51
Cu K	66.93	51.55

EK B.168 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 8. sayfa.

Selected Area 2

kV:	20	Mag:1000	Takeoff: 52.5	Live Time(s): 25.3	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV)126.2

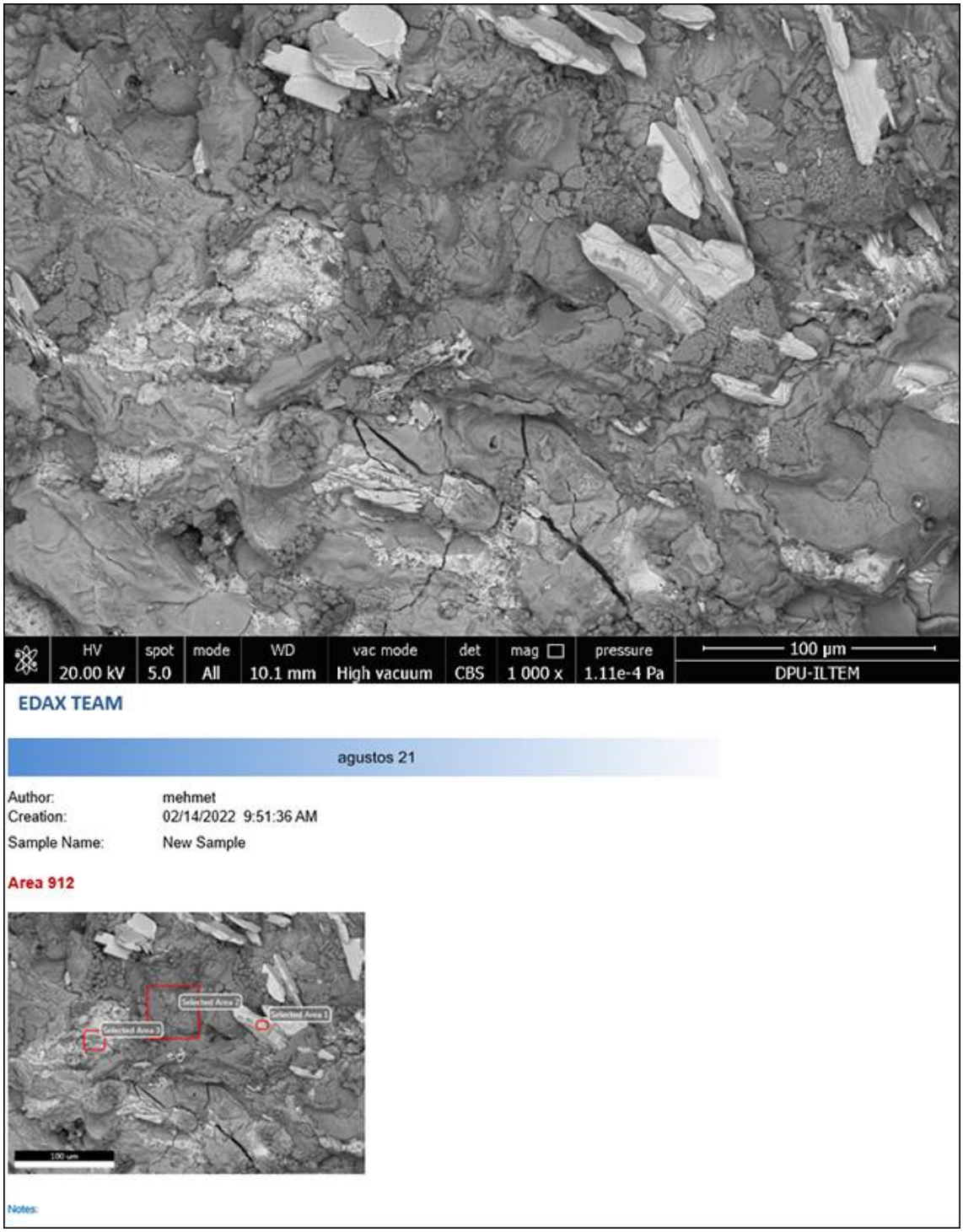
Selected Area 2 - EDS



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
O K	11.91	30.91
AlK	1.73	2.66
SiK	4.33	6.40
S K	7.51	9.73
CaK	1.62	1.68
FeK	11.10	8.25
CuK	61.79	40.37

EK B.169 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 9. sayfa.



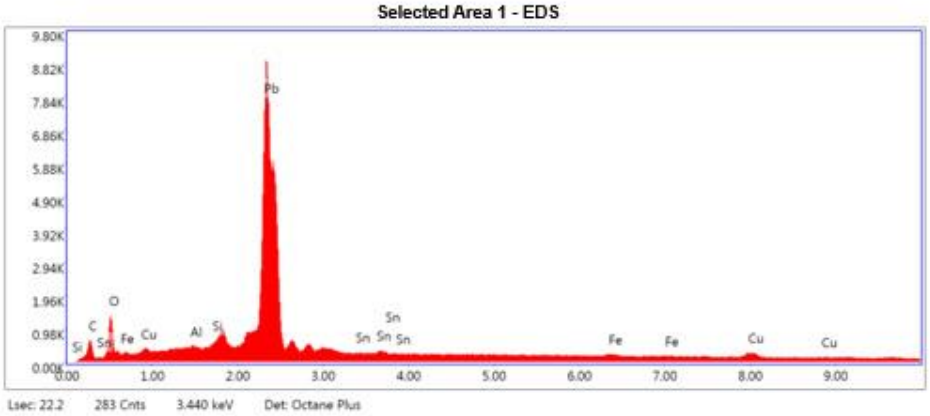
EK B.170 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 10. sayfa.

EDAX TEAM

Page2

Selected Area 1

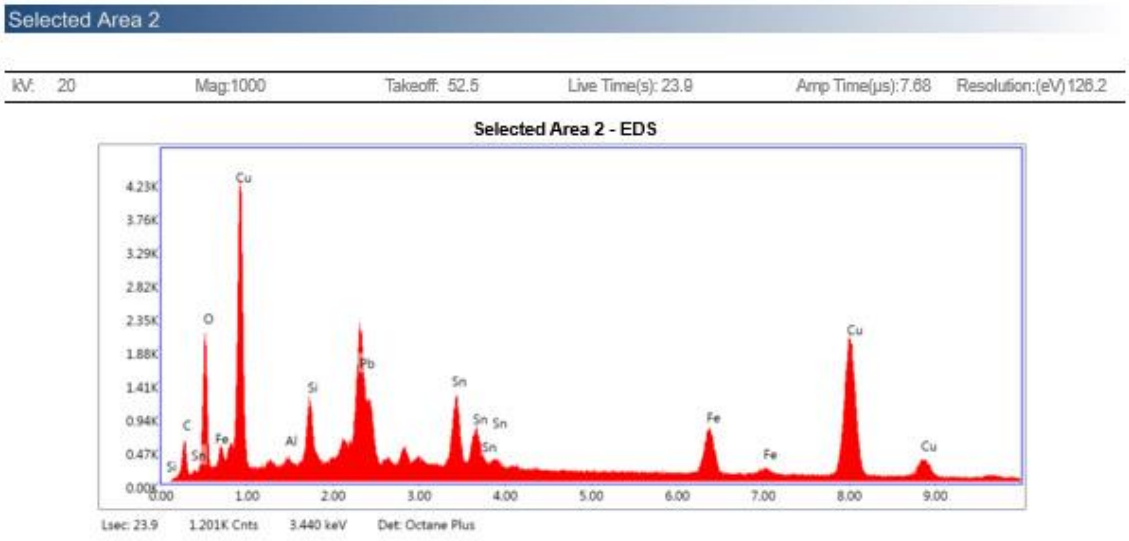
kV: 20	Mag:1000	Takeoff: 52.5	Live Time(s): 22.2	Amp Time(µs):7.68	Resolution:(eV) 126.2



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	7.92	35.43
O K	11.56	38.79
Al K	0.20	0.40
Si K	0.44	0.84
Pb M	73.57	19.07
Sn L	0.13	0.06
Fe K	1.60	1.54
Cu K	4.58	3.87

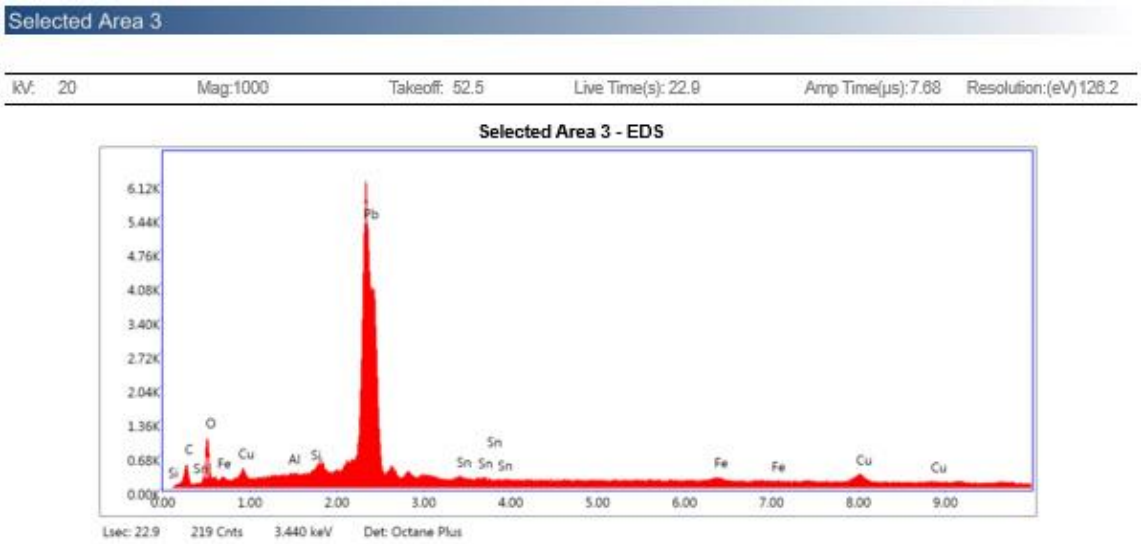
EK B.171 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 11. sayfa.



eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.05	28.23
O K	9.60	25.29
AlK	0.16	0.25
SiK	2.43	3.64
PbM	17.33	3.53
SnL	10.05	3.57
FeK	8.19	6.18
CuK	44.19	29.31

EK B.172 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 12. sayfa.



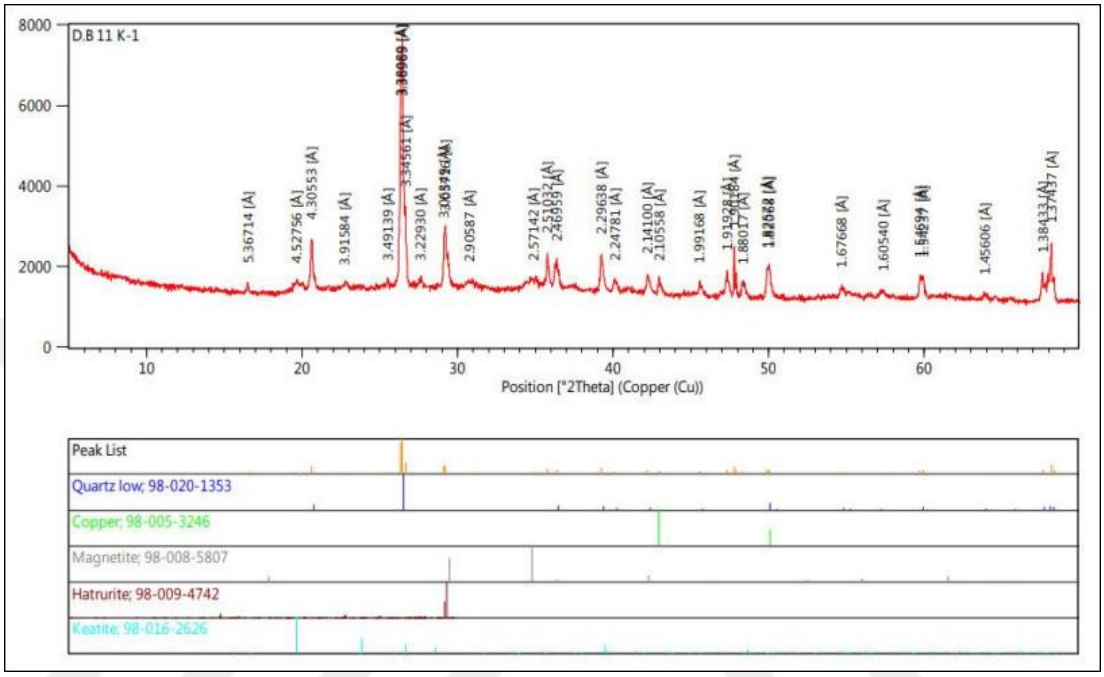
eZAF Smart Quant Results

Element	Weight %	Atomic %
C K	8.04	36.13
O K	10.96	37.00
AlK	0.01	0.03
SiK	0.14	0.26
PbM	71.28	18.57
SnL	0.85	0.38
FeK	1.80	1.74
CuK	6.92	5.88

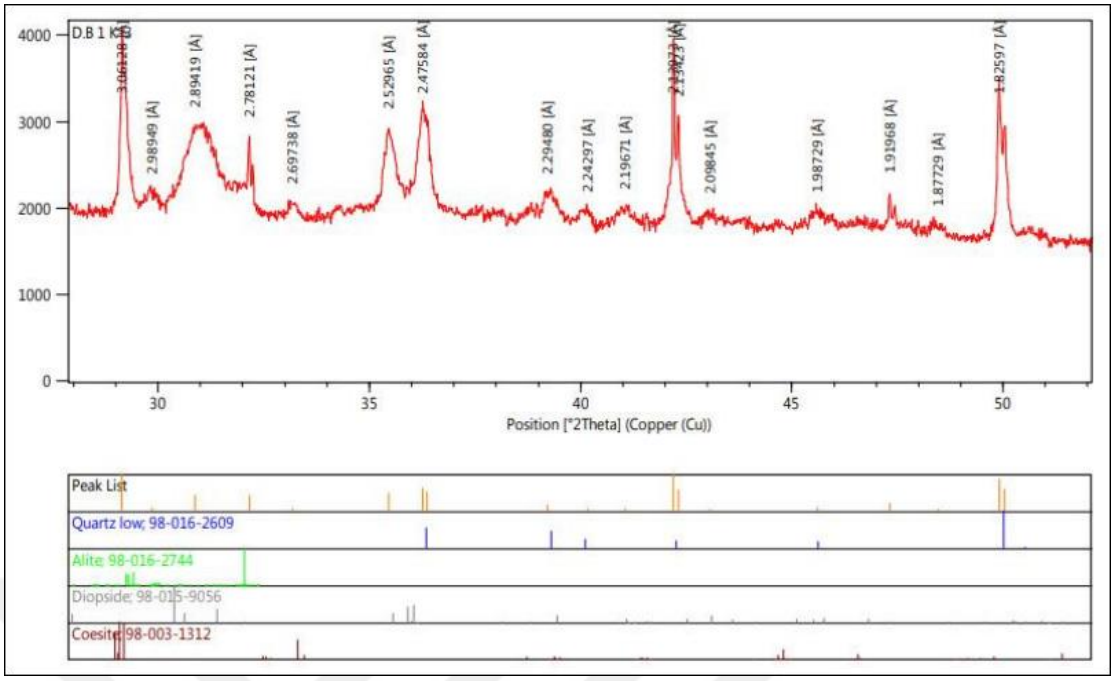
EK B.173 Bronz sikke AFB-24 (örnek K1) (SEM-EDS) 13. sayfa.

EK C

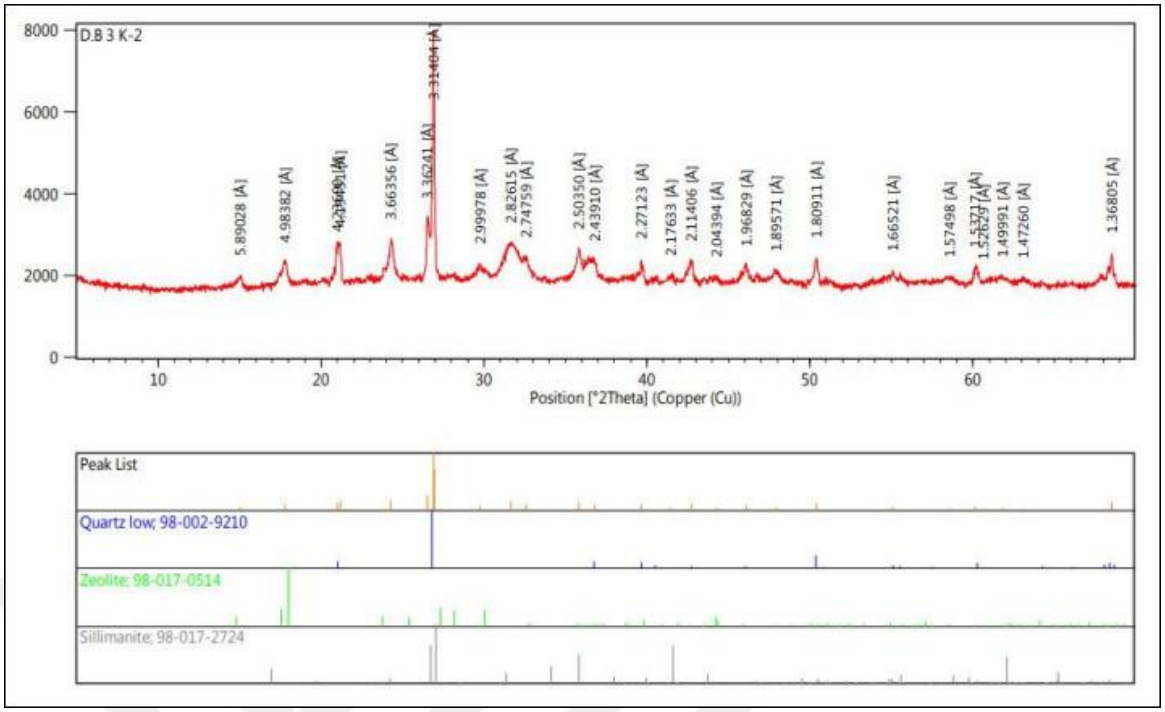
Aizanoi Kazısı Bronz Buluntu Örneklerinin XRD (x ışınları difraktrometresi) Analiz Sonuçları



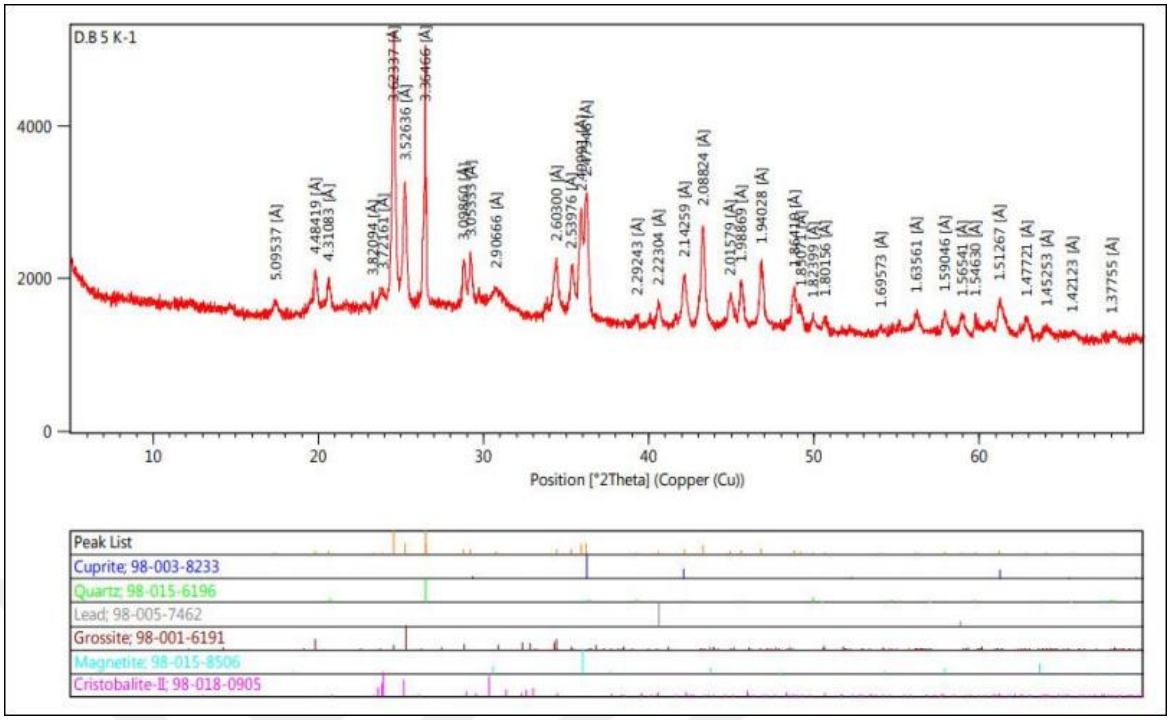
EK C.1 Bronz sikke ADT-12 (örnek K1) (XRD)



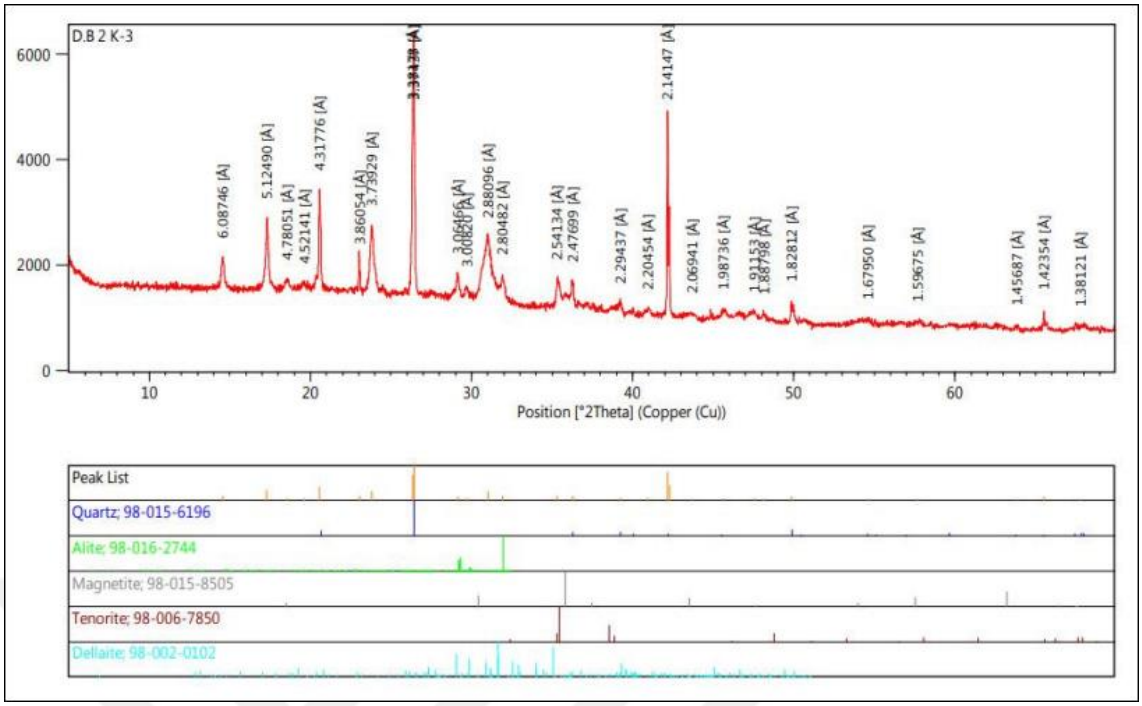
EK C.2 Bronz maşrapa AEV-03 (örnek K3) (XRD)



EK C.3 Bronz kantar AEV-04 (örnek K2) (XRD)



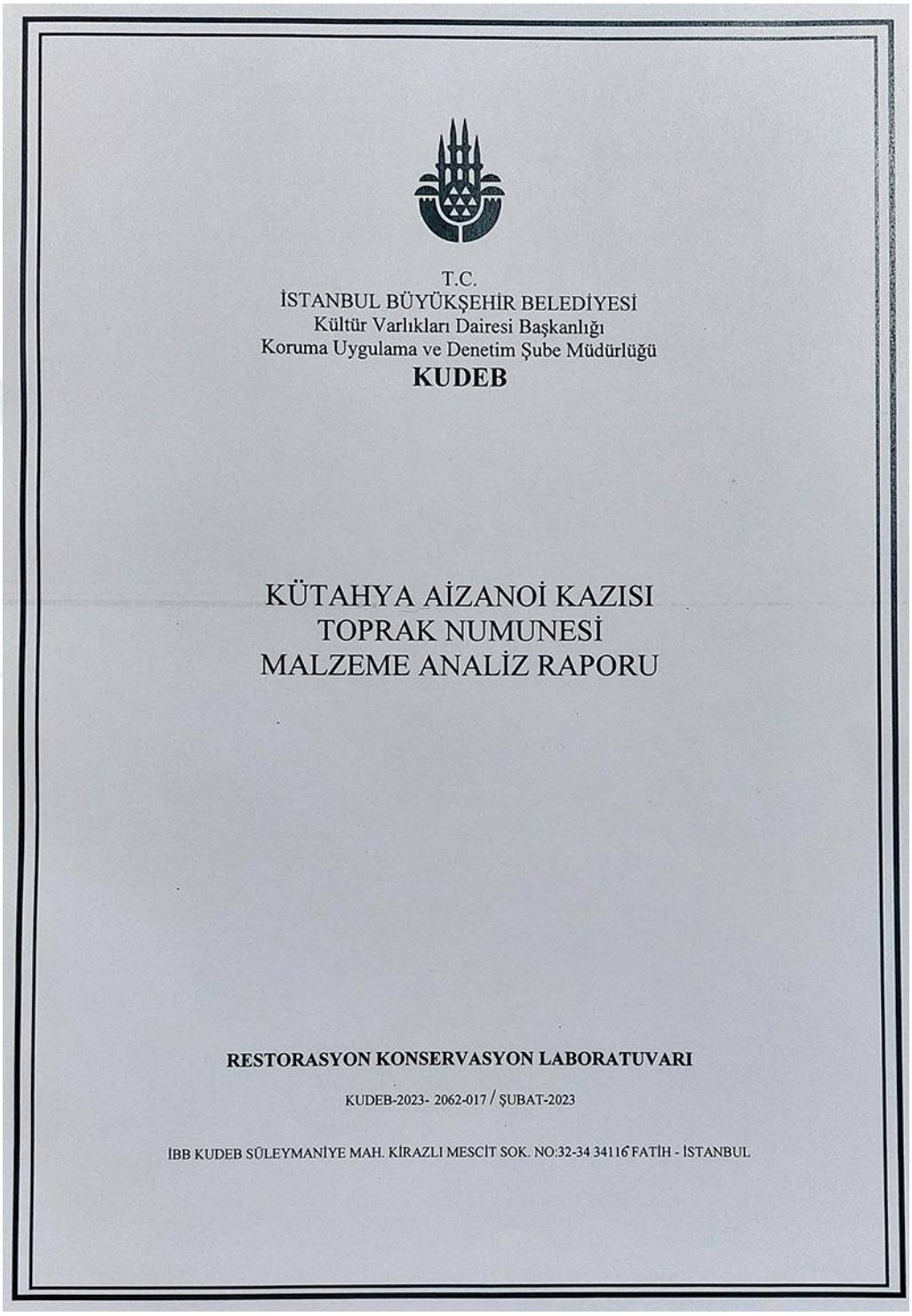
EK C.4 Bronz haç parçası AEV-11 (örnek K1) (XRD)



EK C.5 Bronz çan AEV-15 (örnek K3) (XRD)

EK D

Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) Toprak Analiz Raporları



T.C.
İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
Kültür Varlıkları Dairesi Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Şube Müdürlüğü
KUDEB

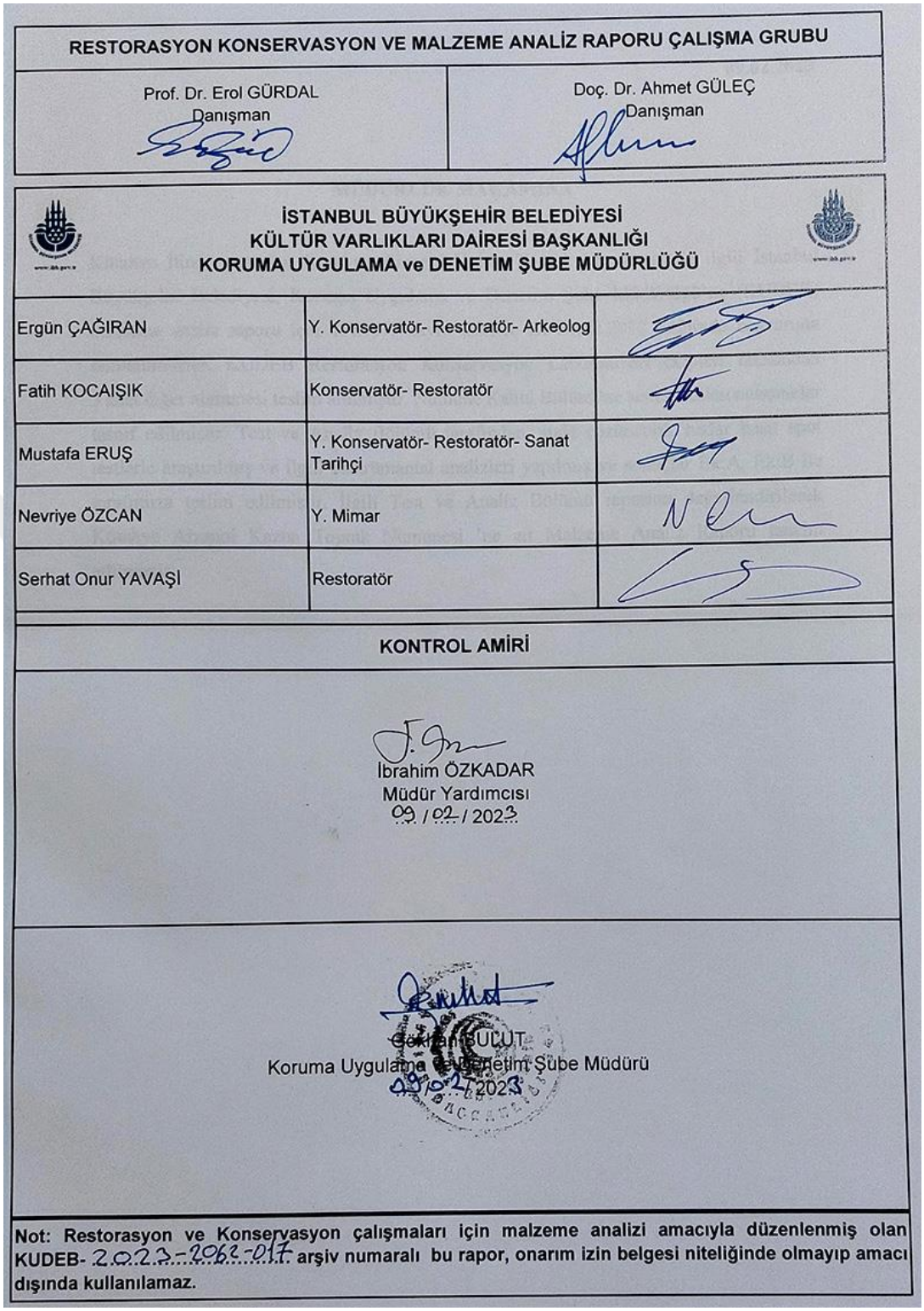
KÜTAHYA AİZANOİ KAZISI
TOPRAK NUMUNESİ
MALZEME ANALİZ RAPORU

RESTORASYON KONSERVASYON LABORATUVARI

KUDEB-2023- 2062-017 / ŞUBAT-2023

İBB KUDEB SÜLEYMANİYE MAH. KİRAZLI MESCİT SOK. NO:32-34 34116 FATİH - İSTANBUL

EK D.1 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 1. sayfa.



RESTORASYON KONSERVASYON VE MALZEME ANALİZ RAPORU ÇALIŞMA GRUBU

Prof. Dr. Erol GÜRDAL Danışman	Doç. Dr. Ahmet GÜLEÇ Danışman

İSTANBUL BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
KÜLTÜR VARLIKLARI DAİRESİ BAŞKANLIĞI
KORUMA UYGULAMA ve DENETİM ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

Ergün ÇAĞIRAN	Y. Konservatör- Restoratör- Arkeolog	
Fatih KOCAIŞIK	Konservatör- Restoratör	
Mustafa ERUŞ	Y. Konservatör- Restoratör- Sanat Tarihçi	
Nevriye ÖZCAN	Y. Mimar	
Serhat Onur YAVAŞİ	Restoratör	

KONTROL AMİRİ

İbrahim ÖZKADAR
Müdür Yardımcısı
09 / 02 / 2023

Coşkun BULUT
Koruma Uygulama ve Denetim Şube Müdürü
09 / 02 / 2023

Not: Restorasyon ve Konservasyon çalışmaları için malzeme analizi amacıyla düzenlenmiş olan KUDEB- 2023-2063-017 arşiv numaralı bu rapor, onarım izin belgesi niteliğinde olmayıp amacı dışında kullanılamaz.

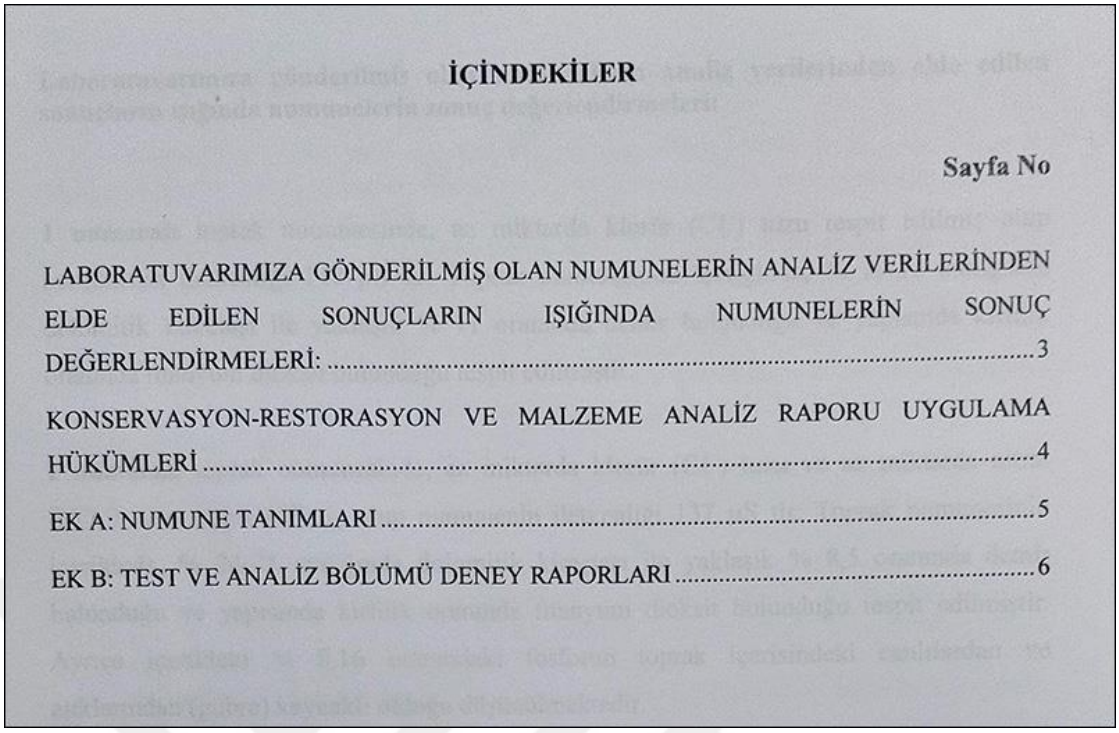
EK D.2 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 2. sayfa.

09.02.2023

MÜDÜRLÜK MAKAMINA

Kütahya İlinde yer alan Kütahya Aizanoi Kazısı Toprak Numunesi ile ilgili İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Koruma Uygulama ve Denetim Şube Müdürlüğü'ne (KUDEB) malzeme analiz raporu için 1964177 sayılı dilekçe ile 21.12.2022 tarihinde başvuruda bulunulmuştur. KUDEB Restorasyon Konservasyon Laboratuvarı ekipleri tarafından 3 adet diğer numunesi teslim alınmıştır. Numune Kabul Bölümüne teslim edilen numuneler tasnif edilmiştir. Test ve Analiz Bölümü tarafından, suda çözünebilir tuzlar basit spot testlerle araştırılmış ve ilgili enstrümantal analizleri yapılmış ve sonuçlar Ek:A, Ek:B ile tarafımıza teslim edilmiştir. İlgili Test ve Analiz Bölümü raporları değerlendirilerek Kütahya Aizanoi Kazısı Toprak Numunesi 'ne ait Malzeme Analiz Raporu tanzim edilmiştir.

EK D.3 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 3. sayfa.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

LABORATUVARIMIZA GÖNDERİLMİŞ OLAN NUMUNELERİN ANALİZ VERİLERİNDEN ELDE EDİLEN SONUÇLARIN IŞIĞINDA NUMUNELERİN SONUÇ DEĞERLENDİRMELERİ: 3

KONSERVASYON-RESTORASYON VE MALZEME ANALİZ RAPORU UYGULAMA HÜKÜMLERİ 4

EK A: NUMUNE TANIMLARI 5

EK B: TEST VE ANALİZ BÖLÜMÜ DENEY RAPORLARI 6

EK D.4 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 4. sayfa.

Laboratuvarımıza gönderilmiş olan numunelerin analiz verilerinden elde edilen sonuçların ışığında numunelerin sonuç değerlendirmeleri:

1 numaralı toprak numunesinde, az miktarda klorür ($C\ell^-$) tuzu tespit edilmiş olup numunenin iletkenliği 147 µS tir. Toprak numunesinin içeriğinde, % 10-12 aralığında dolomitik kireçtaşı ile yaklaşık % 11 oranında demir bulunduğu ve yapısında kirlilik oranında titanyum dioksit bulunduğu tespit edilmiştir.

2 numaralı toprak numunesinde, az miktarda klorür ($C\ell^-$) tuzu ve az miktarda nitrat (NO_3^-) tuzu tespit edilmiş olup numunenin iletkenliği 137 µS tir. Toprak numunesinin içeriğinde, % 24-25 aralığında dolomitik kireçtaşı ile yaklaşık % 8,5 oranında demir bulunduğu ve yapısında kirlilik oranında titanyum dioksit bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca içerikteki % 0,16 oranındaki fosforun toprak içerisindeki canlılardan ve atıklarından (gübre) kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

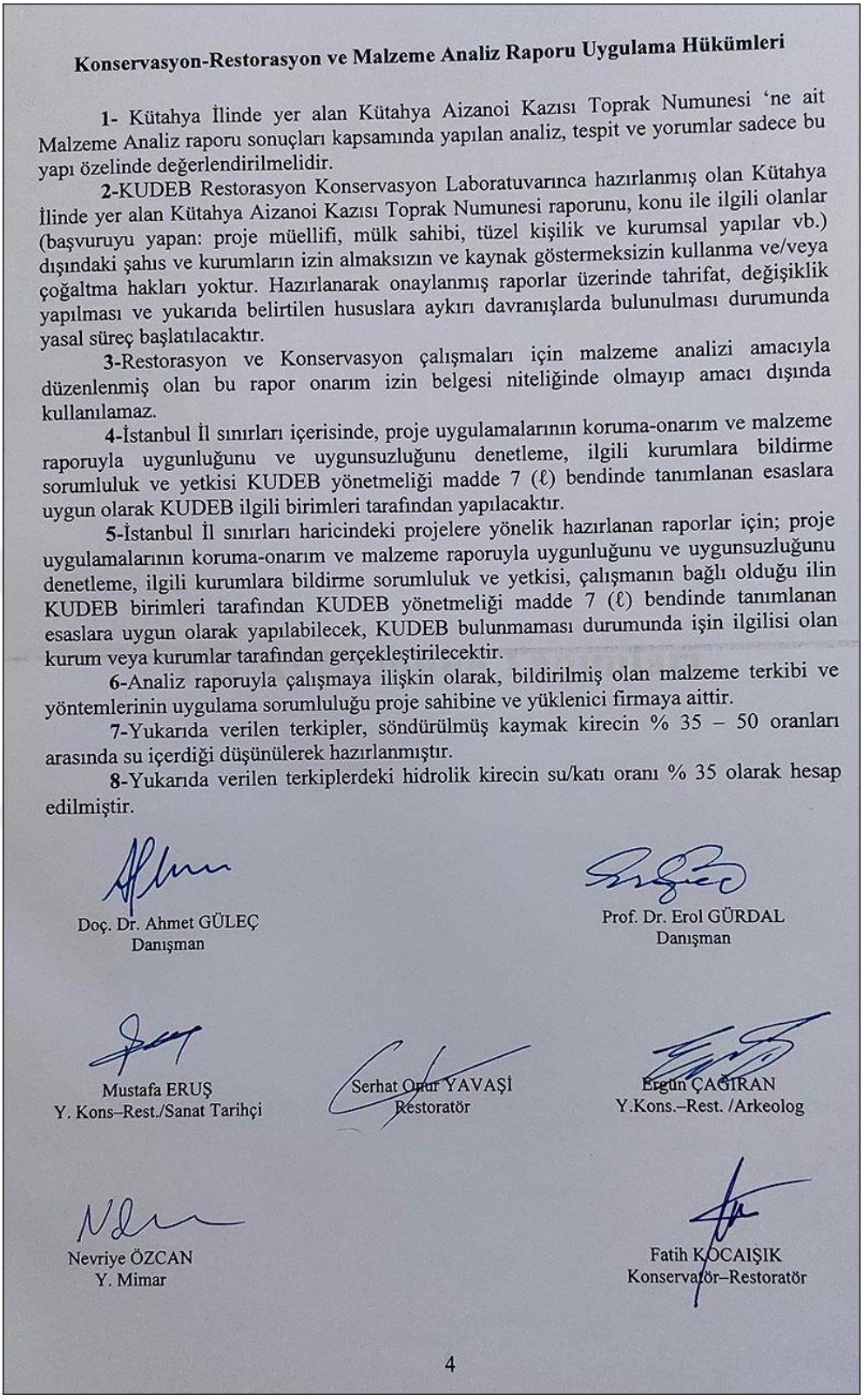
3 numaralı toprak numunesinde, az miktarda klorür ($C\ell^-$) tuzu ve az miktarda nitrat (NO_3^-) tuzu tespit edilmiş olup numunenin iletkenliği 163 µS tir. Toprak numunesinin içeriğinde, % 18-19 aralığında dolomitik kireçtaşı ile yaklaşık % 9,5 oranında demir bulunduğu ve yapısında kirlilik oranında titanyum dioksit bulunduğu tespit edilmiştir.

Rapor, laboratuvarımıza gönderilmiş olan numunelerin ilgili analizleri sonucunda hazırlanmıştır. Söz konusu rapor; Koruma Kurulu'nca onaylanacak proje doğrultusunda yapılacak uygulama aşamasında muhtemel ulaşılabilecek yeni verilere ve bulgulara rastlanılması ve başvuru yapılması halinde mevcut çalışmalara altlık oluşturacak ilave analizler ile desteklenerek revize edilebilir.

NOT: Bu rapor KUDEB Laboratuvar uzmanları tarafından yapılan analizler sonucunda; 3 adet tuz analizi ve 1 saat SEM-EDX sonuçlarına göre fiyatlandırılmıştır.

3

EK D.5 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 5. sayfa.



Konservasyon-Restorasyon ve Malzeme Analiz Raporu Uygulama Hükümleri

1- Kütahya İlinde yer alan Kütahya Aizanoi Kazısı Toprak Numunesi 'ne ait Malzeme Analiz raporu sonuçları kapsamında yapılan analiz, tespit ve yorumlar sadece bu yapı özelinde değerlendirilmelidir.

2-KUDEB Restorasyon Konservasyon Laboratuvarınca hazırlanmış olan Kütahya İlinde yer alan Kütahya Aizanoi Kazısı Toprak Numunesi raporunu, konu ile ilgili olanlar (başvuruyu yapan: proje müellifi, mülk sahibi, tüzel kişilik ve kurumsal yapılar vb.) dışındaki şahıs ve kurumların izin almaksızın ve kaynak göstermeksizin kullanma ve/veya çoğaltma hakları yoktur. Hazırlanarak onaylanmış raporlar üzerinde tahrifat, değişiklik yapılması ve yukarıda belirtilen hususlara aykırı davranışlarda bulunulması durumunda yasal süreç başlatılacaktır.

3-Restorasyon ve Konservasyon çalışmaları için malzeme analizi amacıyla düzenlenmiş olan bu rapor onarım izin belgesi niteliğinde olmayıp amacı dışında kullanılamaz.

4-İstanbul İl sınırları içerisinde, proje uygulamalarının koruma-onarım ve malzeme raporuyla uygunluğunu ve uygunsuzluğunu denetleme, ilgili kurumlara bildirme sorumluluk ve yetkisi KUDEB yönetmeliği madde 7 (ℓ) bendinde tanımlanan esaslara uygun olarak KUDEB ilgili birimleri tarafından yapılacaktır.

5-İstanbul İl sınırları haricindeki projelere yönelik hazırlanan raporlar için; proje uygulamalarının koruma-onarım ve malzeme raporuyla uygunluğunu ve uygunsuzluğunu denetleme, ilgili kurumlara bildirme sorumluluk ve yetkisi, çalışmanın bağlı olduğu ilin KUDEB birimleri tarafından KUDEB yönetmeliği madde 7 (ℓ) bendinde tanımlanan esaslara uygun olarak yapılabilecek, KUDEB bulunmaması durumunda işin ilgilisi olan kurum veya kurumlar tarafından gerçekleştirilecektir.

6-Analiz raporuyla çalışmaya ilişkin olarak, bildirilmiş olan malzeme terkibi ve yöntemlerinin uygulama sorumluluğu proje sahibine ve yüklenici firmaya aittir.

7-Yukarıda verilen terkipler, söndürülmüş kaymak kirecin % 35 – 50 oranları arasında su içerdiği düşünülerek hazırlanmıştır.

8-Yukarıda verilen terkiplerdeki hidrolik kirecin su/katı oranı % 35 olarak hesap edilmiştir.

Doç. Dr. Ahmet GÜLEÇ
Danışman

Prof. Dr. Erol GÜRDAL
Danışman

Mustafa ERUŞ
Y. Kons–Rest./Sanat Tarihçi

Serhat Onur YAVAŞİ
Restoratör

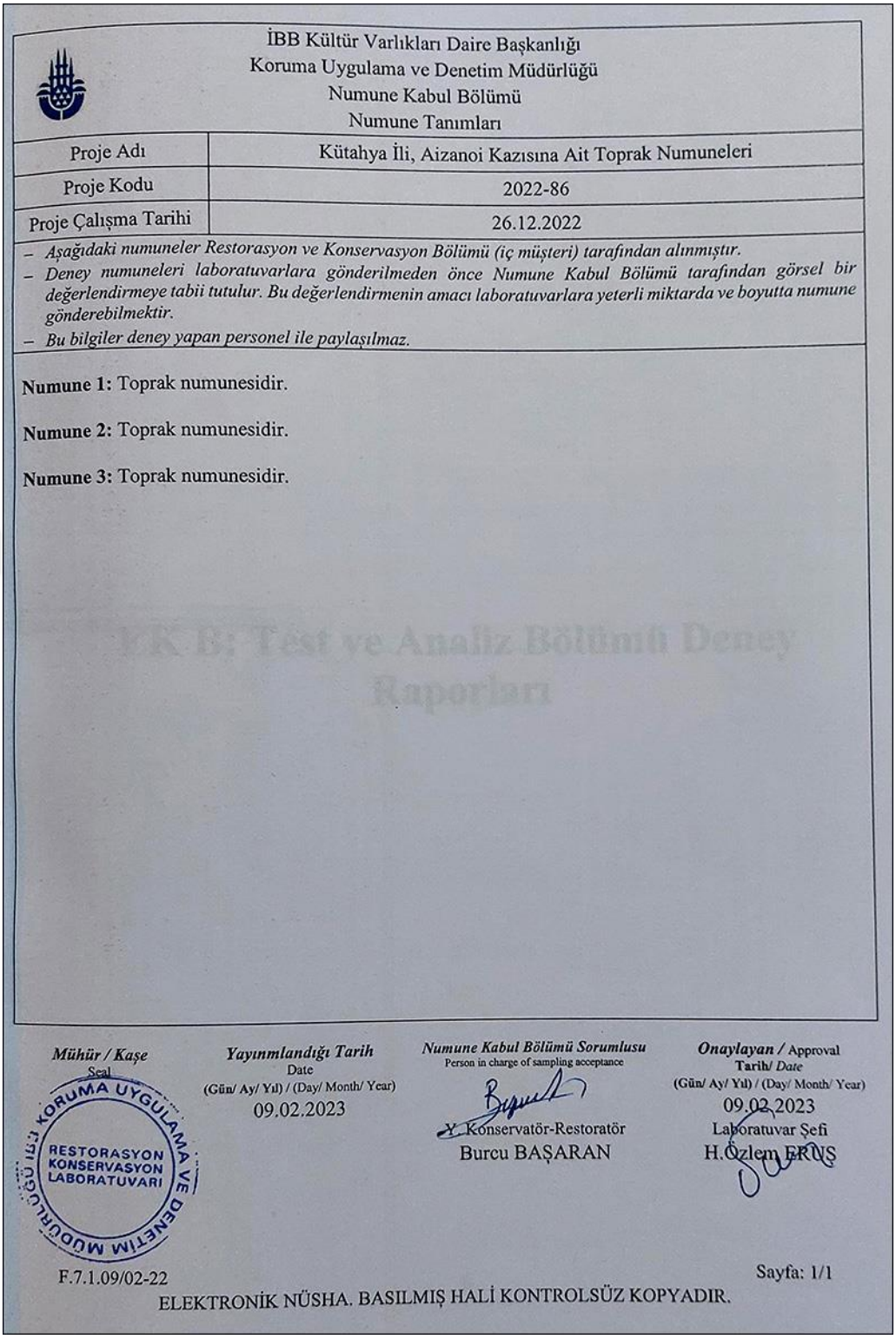
Ergün ÇAĞIRAN
Y.Kons.–Rest. /Arkeolog

Nevriye ÖZCAN
Y. Mimar

Fatih KOCAIŞIK
Konservatör–Restoratör

4

EK D.6 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 6. sayfa.



İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Numune Kabul Bölümü
Numune Tanımları

Proje Adı	Kütahya İli, Aizanoi Kazısına Ait Toprak Numuneleri
Proje Kodu	2022-86
Proje Çalışma Tarihi	26.12.2022

- *Aşağıdaki numuneler Restorasyon ve Konservasyon Bölümü (iç müşteri) tarafından alınmıştır.*
- *Deney numuneleri laboratuvarlara gönderilmeden önce Numune Kabul Bölümü tarafından görsel bir değerlendirmeye tabii tutulur. Bu değerlendirmenin amacı laboratuvarlara yeterli miktarda ve boyutta numune gönderebilmektir.*
- *Bu bilgiler deney yapan personel ile paylaşılmaz.*

Numune 1: Toprak numunesidir.

Numune 2: Toprak numunesidir.

Numune 3: Toprak numunesidir.

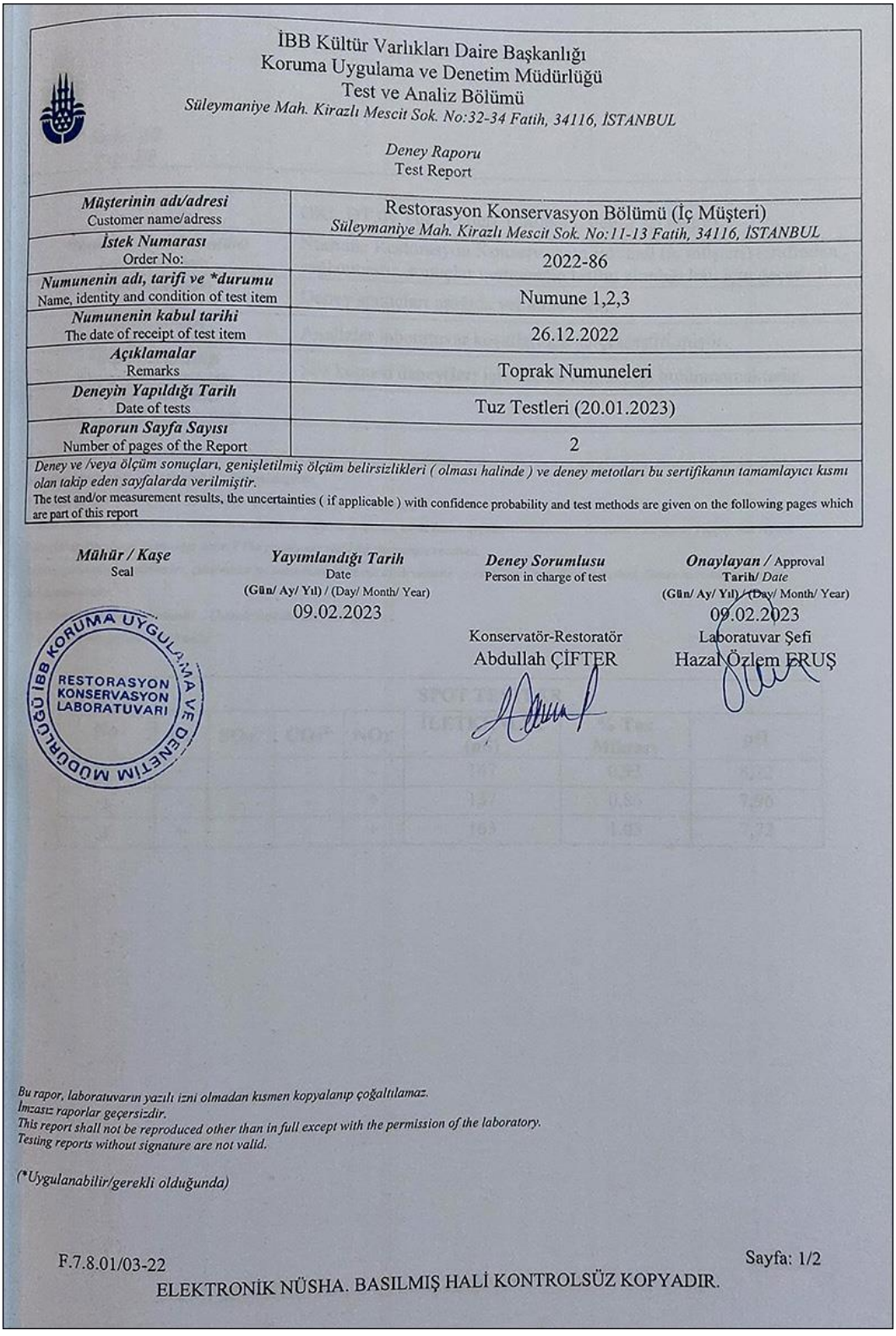
İKB; Test ve Analiz Bölümü Deney Raporları

Mühür / Kaşe Seal	*Yayınmlandığı Tarih* Date (Gün/ Ay/ Yıl) / (Day/ Month/ Year)	*Numune Kabul Bölümü Sorumlusu* Person in charge of sampling acceptance	*Onaylayan /* Approval *Tarih/ Date* (Gün/ Ay/ Yıl) / (Day/ Month/ Year)
İBB KORUMA UYGULAMA VE DENETİM MÜDÜRLÜĞÜ RESTORASYON KONSERVASYON LABORATUVARI	09.02.2023	Y. Konservatör-Restoratör Burcu BAŞARAN	09.02.2023 Laboratuvar Şefi H.Özlem ERUS

F.7.1.09/02-22 Sayfa: 1/1

ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.7 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 7. sayfa.



İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü
Süleymaniye Mah. Kirazlı Mescit Sok. No:32-34 Fatih, 34116, İSTANBUL

Deney Raporu
Test Report

Müşterinin adı/adresi Customer name/adress	Restorasyon Konservasyon Bölümü (İç Müşteri) *Süleymaniye Mah. Kirazlı Mescit Sok. No:11-13 Fatih, 34116, İSTANBUL*
İstek Numarası Order No:	2022-86
Numunenin adı, tarifi ve *durumu Name, identity and condition of test item	Numune 1,2,3
Numunenin kabul tarihi The date of receipt of test item	26.12.2022
Açıklamalar Remarks	Toprak Numuneleri
Deneyin Yapıldığı Tarih Date of tests	Tuz Testleri (20.01.2023)
Raporun Sayfa Sayısı Number of pages of the Report	2

Deney ve /veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metotları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.
The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report

Mühür / Kaşe Seal	***Yayımlandığı Tarih*** Date (Gün/ Ay/ Yıl) / (Day/ Month/ Year)	***Deney Sorumlusu*** Person in charge of test	***Onaylayan /*** Approval ***Tarih/ Date*** (Gün/ Ay/ Yıl) / (Day/ Month/ Year)
İBB KORUMA UYGULAMA VE DENETİM MÜDÜRLÜĞÜ RESTORASYON KONSERVASYON LABORATUVARI	09.02.2023	Konservatör-Restoratör Abdullah ÇİFTER	09.02.2023 Laboratuvar Şefi Hazal Özlem ERUŞ

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz.
İmzasız raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory.
Testing reports without signature are not valid.

*(*Uygulanabilir/gerekli olduğunda)*

F.7.8.01/03-22 Sayfa: 1/2

ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.8 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 8. sayfa.

İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü

Deney metodu *Test method*	GKL.DT.04 Tuz Testleri Talimatı (İşletme içi metot)
****Numune Alma Prosedürü*** *Sampling methods*	Numune Restorasyon Konservasyon Bölümü (iç müşteri) tarafından sağlanmıştır, sonuçlar numunenin teslim alındığı hâli için geçerlidir.
Deney Sonuçları *Test results*	Deney sonuçları aşağıda yer almaktadır.
****Çevre şartları*** *Environmental conditions*	Analizler laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.
****Ölçüm Belirsizliği*** *Measurement uncertainty*	Söz konusu deney(ler) için ölçüm belirsizliği bulunmamaktadır.
****Görüş ve yorumlar*** *Opinions and interpretations*	-

**Ölçüm sonuçlarının şartnamelere veya standartlara uygunluk beyanı/ Conformity with requirements or specifications: Bu deneyde herhangi bir şartname veya standarda uygunluk söz konusu değildir.*

• Feragat beyanı/ Disclaimer: Bu numune için feragat beyanı alınmamıştır.

**Karar kuralının açık tanımı/ Definition of Decision Rule: Bu raporda karar kuralı uygulanmamaktadır. / Decision Rule doesn't apply this report. Sonuçlar teslim alınan numuneye aittir. / The results are valid for the sample received.*

**Deney yönteminden eklemeler, çıkarmalar ve sapmalar/ additions to, deviations, or exclusions from the test method: Deney metodundan sapma bulunmamaktadır.*

Dış tedarikçi kullanılmamaktadır. / Outside suppliers are not used.

*(*Uygulanabilir/gerekli olduğunda)*

Numune No	SPOT TESTLER						
	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	NO_3^-	İLETKENLİK (µS)	% Tuz Miktarı	pH
1	+	-	-	-	147	0,93	8,22
2	+	-	-	+	137	0,86	7,96
3	+	-	-	+	163	1,03	7,72

F.7.8.01/03-22
ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.9 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 9. sayfa.

İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü
Süleymaniye Mah. Kirazlı Mescit Sok. No:32-34 Fatih, 34116, İSTANBUL

Deney Raporu
Test Report

Müşterinin adı/adresi Customer name/adress	Restorasyon Konservasyon Bölümü (İç Müşteri) *Süleymaniye Mah. Kirazlı Mescit Sok. No:11-13 Fatih, 34116, İSTANBUL*
İstek Numarası Order No:	2022-86
Numunenin adı, tarifi ve *durumu Name, identity and condition of test item	Numune 1, 2, 3
Numunenin kabul tarihi The date of receipt of test item	26.12.2022
Açıklamalar Remarks	Toprak numunelerinin analizi
Deneyin Yapıldığı Tarih Date of tests	05.01.2023
Raporun Sayfa Sayısı Number of pages of the Report	5

Deney ve /veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metotları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.
The test and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report

Mühür / Kaşe Seal	***Yayımlandığı Tarih*** Date (Gün/ Ay/ Yıl) / (Day/ Month/ Year)	***Deney Sorumlusu*** Person in charge of test	***Onaylayan /*** Approval ***Tarih/ Date*** (Gün/ Ay/ Yıl) / (Day/ Month/ Year)
İBB KORUMA UYGULAMA VE DENETİM MÜDÜRLÜĞÜ RESTORASYON KONSERVASYON LABORATUVARI	06.01.2023	Kimyager Hazal Özlem ERUŞ	06.02.2023 Müdür Gökhan BULUT

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz.
İmzasız raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory.
Testing reports without signature are not valid.

*(*Uygulanabilir/gerekli olduğunda)*

EK D.10 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 10. sayfa.

İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü

Deney metodu *Test method*	SL.DT.01- SEM-EDX Analizi Talimatı (işletme içi metot)
****Numune Alma Prosedürü*** *Sampling methods*	Numune Restorasyon Konservasyon Bölümü (iç müşteri) tarafından sağlanmıştır, sonuçlar numunenin teslim alındığı hâli için geçerlidir.
Deney Sonuçları *Test results*	Deney sonuçları aşağıda yer almaktadır.
****Çevre şartları*** *Environmental conditions*	Analizler laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir.
****Ölçüm Belirsizliği*** *Measurement uncertainty*	Söz konusu deney(ler) için ölçüm belirsizliği bulunmamaktadır.
****Görüş ve yorumlar*** *Opinions and interpretations*	-

**Ölçüm sonuçlarının şartnamelere veya standartlara uygunluk beyanı/ Conformity with requirements or specifications: Bu deneyde herhangi bir şartname veya standarda uygunluk söz konusu değildir.*

** Feragat beyanı/ Disclaimer: Bu numune için feragat beyanı alınmamıştır.*

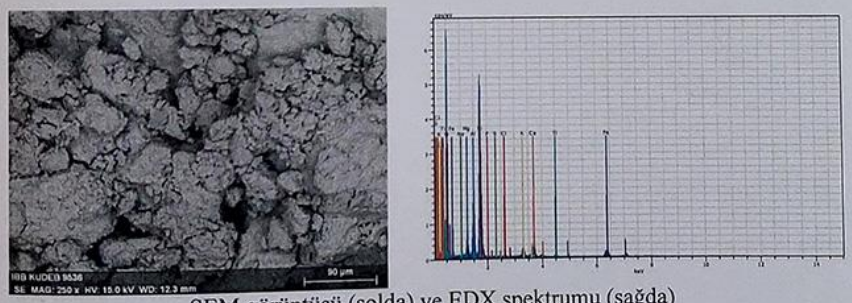
**Karar kuralının açık tanımı/ Definition of Decision Rule: Bu raporda karar kuralı uygulanmamaktadır. / Decision Rule doesn't apply this report. Sonuçlar teslim alınan numuneye aittir. / The results are valid for the sample received.*

**Deney yönteminden eklemeler, çıkarmalar ve sapmalar/ additions to, deviations, or exclusions from the test method: Deney metodundan sapma bulunmamaktadır.*

Dış tedarikçi kullanılmamaktadır. / Outside suppliers are not used.

*(*Uygulanabilir/gerekli olduğunda)*

Numune 1- Toprak numunesinin analizi



SEM görüntüsü (solda) ve EDX spektrumu (sağda)

ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.11 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 11. sayfa.

İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü

Sayfa: 3/5
Page 3/5

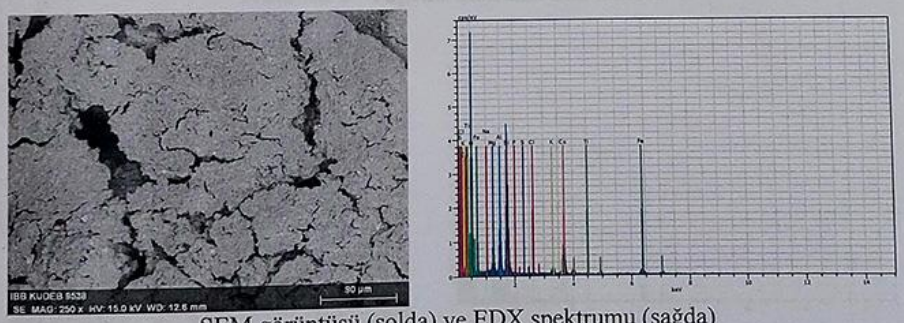
Spectrum

Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	45.10	61.70		0.00
Sodium	0.31	0.29	Na2O	0.41
Magnesium	2.81	2.53	MgO	4.66
Aluminium	9.53	7.73	Al2O3	18.02
Silicon	25.81	20.11	SiO2	55.21
Potassium	2.42	1.36	K2O	2.92
Calcium	4.89	2.67	CaO	6.84
Titanium	0.52	0.24	TiO2	0.87
Iron	8.60	3.37	FeO	11.06
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Total:	100.00	100.00		

EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları

Numunede yüksek miktarda silisyum, bu elementten daha az miktarda ise, alüminyum, demir, kalsiyum, magnezyum, potasyum, titanyum ve sodyum bulunduğu tespit edilmiştir.

Numune 2- Toprak numunesinin analizi



SEM görüntüsü (solda) ve EDX spektrumu (sağda)

F.7.8.01/03-22 Sayfa: 3/5
ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.12 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 12. sayfa.

İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü

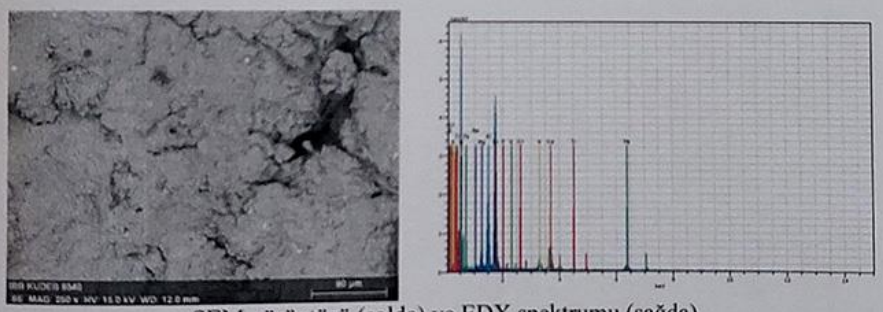
Spectrum

Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	43.56	60.31		0.00
Magnesium	4.84	4.41	MgO	8.02
Aluminium	8.36	6.86	Al2O3	15.79
Silicon	22.49	17.74	SiO2	48.11
Potassium	1.84	1.04	K2O	2.22
Calcium	11.25	6.22	CaO	15.75
Iron	6.64	2.63	FeO	8.54
Phosphorus	0.07	0.05	P2O5	0.16
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Titanium	0.38	0.17	TiO2	0.63
Sodium	0.57	0.55	Na2O	0.77
Total:	100.00	100.00		

EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları

Numunede yüksek miktarda silisyum, bu elementten daha az miktarda ise, alüminyum, kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum, sodyum, titanyum ve fosfor bulunduğu tespit edilmiştir.

Numune 3- Toprak numunesinin analizi



SEM görüntüsü (solda) ve EDX spektrumu (sağda)

ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.13 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 13. sayfa.

İBB Kültür Varlıkları Daire Başkanlığı
Koruma Uygulama ve Denetim Müdürlüğü
Test ve Analiz Bölümü

Spectrum

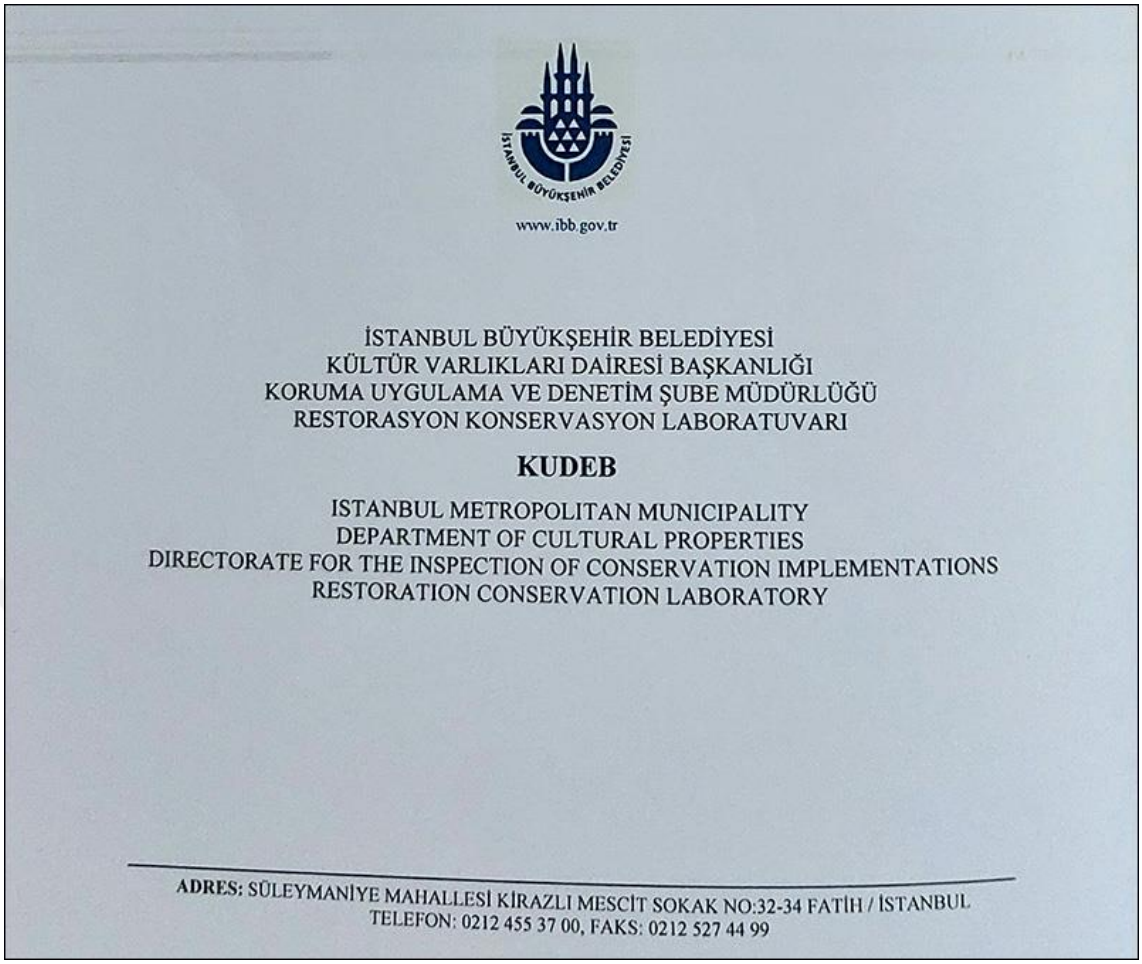
Element	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Compound	norm. Comp. C [wt.%]
Oxygen	43.68	60.60		0.00
Magnesium	3.03	2.77	MgO	5.03
Aluminium	10.30	8.48	Al2O3	19.47
Silicon	22.56	17.83	SiO2	48.26
Potassium	2.99	1.70	K2O	3.60
Calcium	9.70	5.37	CaO	13.57
Iron	7.20	2.86	FeO	9.27
Sodium	0.29	0.28	Na2O	0.38
Titanium	0.25	0.12	TiO2	0.42
Phosphorus	0.00	0.00	P2O5	0.00
Sulfur	0.00	0.00	SO3	0.00
Chlorine	0.00	0.00		0.00
Total:	100.00	100.00		

EDX Analizinde tespit edilen elementler ve varsa oksitlerinin yüzde dağılımları

Numunede yüksek miktarda silisyum, bu elementten daha az miktarda ise, alüminyum, kalsiyum, demir, magnezyum, potasyum, titanyum ve sodyum bulunduğu tespit edilmiştir.

ELEKTRONİK NÜSHA. BASILMIŞ HALİ KONTROLSÜZ KOPYADIR.

EK D.14 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları 14. sayfa.



EK D.15 Aizanoi Kazısı SEM (taramalı elektron mikroskobu) toprak analiz raporları arka kapak.

EK E

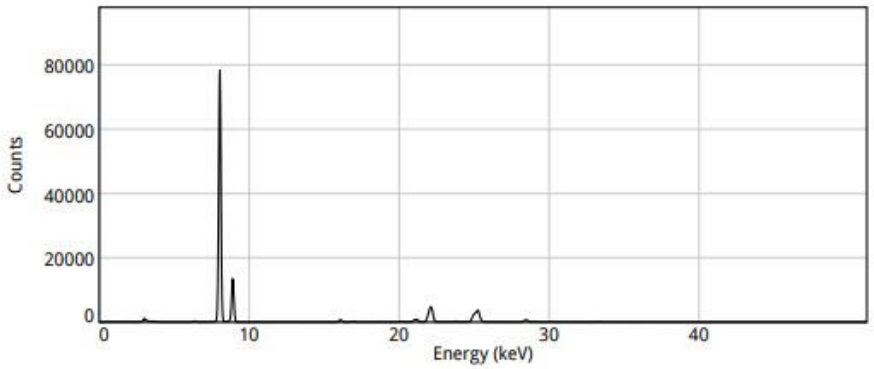
Aizanoi Kazısı Bronz Buluntu Örneklerinin P_XRF (portatif x- ışınları floresans spektrometresi) Analizi Sonuçları

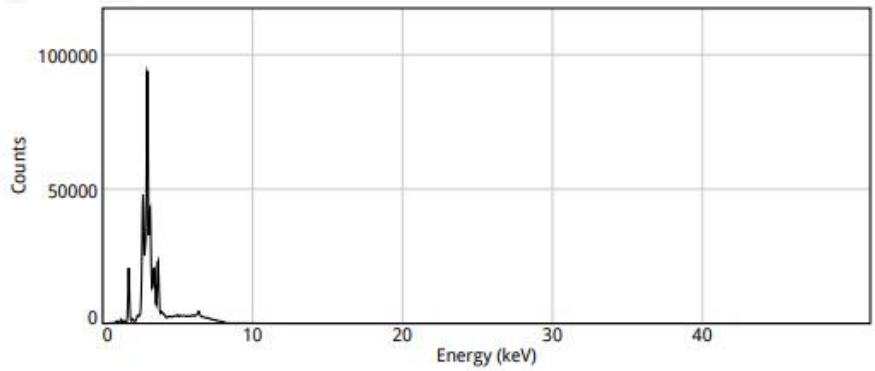
AFD-02 Bronz Obje | Class: Alloy_LE-FP | Date: 12/12/2022 | Time: 14:45:27 | Duration: 30.5 s

Element	Cu %	Si %	Sn %	Ag %	Fe %	Pb %	P %	As %	Zn %	Se %	Co %
	78.05	9.80	6.52	4.90	0.34	0.12	0.11	0.10	0.05	0.02	ND

Grades: No Match
Reference:







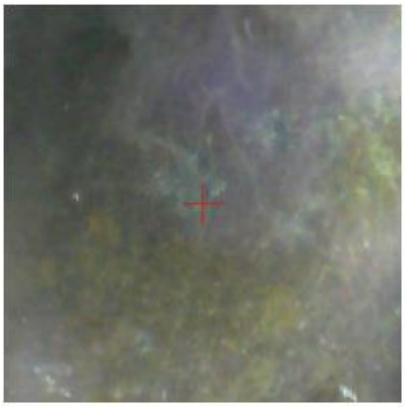
EK E.1 Bronz obje AFD-02 (P-XRF)

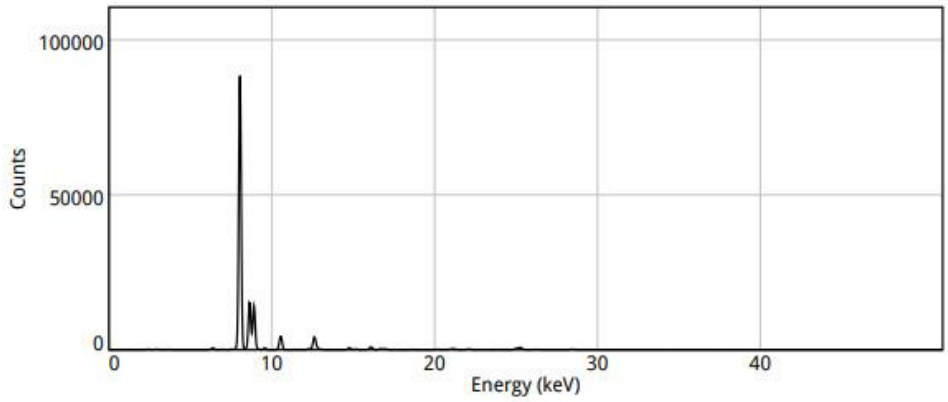
ADT-11 Kap Parçası	Class Alloy_LE-FP	Date 12/12/2022	Time 14:44:13	Duration 30.5 s

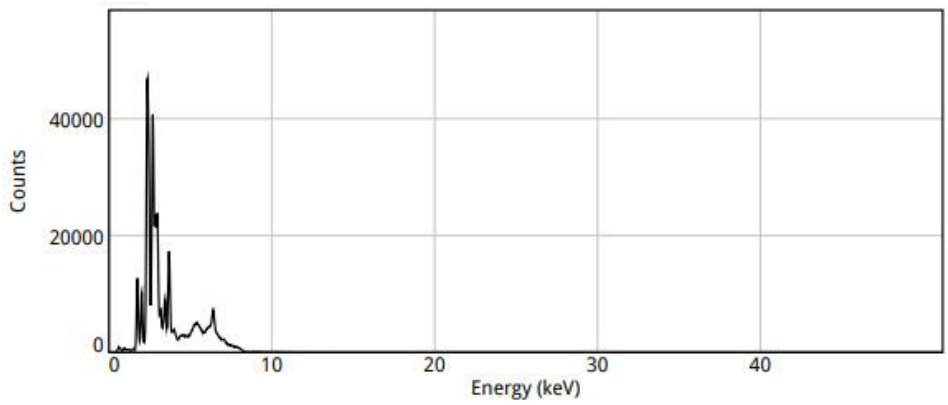
Element	Cu %	Pb %	Zn %	Si %	P %	Sn %	Fe %	Hf %	Ni %	W %
	70.24	10.84	9.16	5.52	2.31	1.15	0.51	0.12	0.06	0.04

Element	Co %	As %
	0.03	0.02

Grades: No Match
Reference:







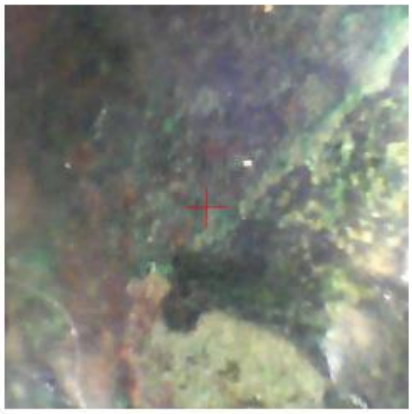
EK E.2 Bronz kap parçası ADT-11 (P-XRF)

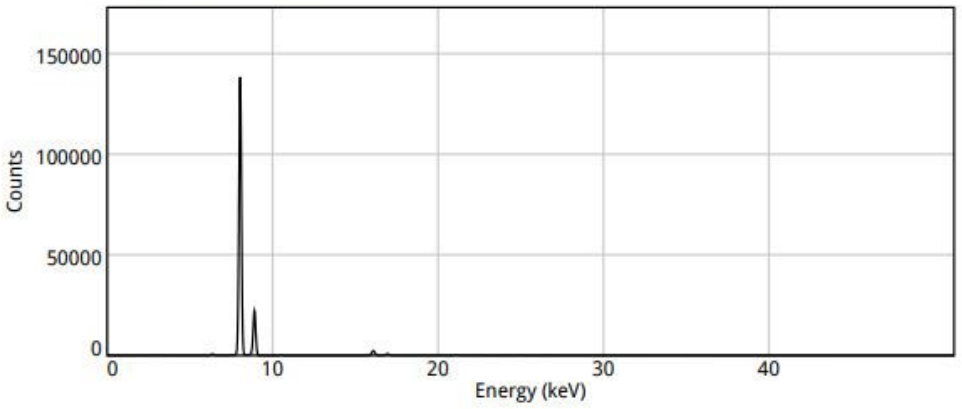
T.C.
KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI
KÜLTÜR VARLIKLARI VE MÜZELER GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
BURSA RESTORASYON VE KONSERVASYON BÖLGE LABORATUVARI MÜDÜRLÜĞÜ

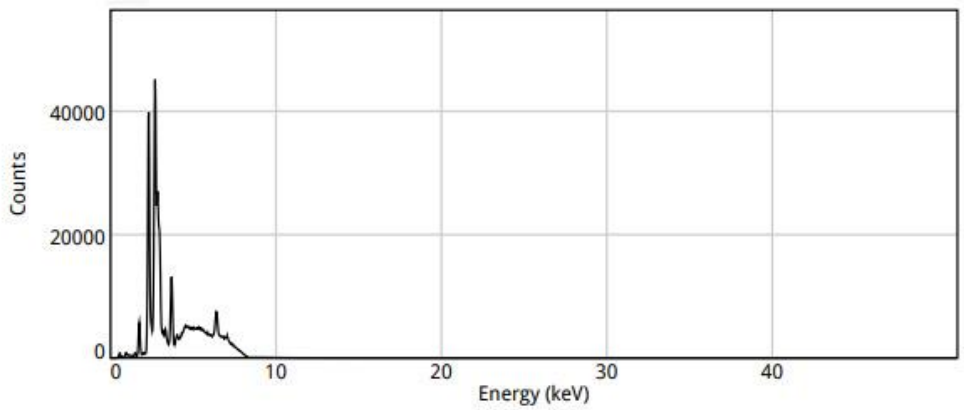
	Class	Date	Time	Duration
AEV-03 Kase	Alloy_LE-FP	12/12/2022	14:51:30	30.5 s

Element	Cu %	S %	Si %	Al %	Fe %	As %	Pb %	Sn %	Ni %	Zn %	Co %
	93.10	3.21	2.26	0.50	0.33	0.26	0.13	0.10	0.05	0.05	ND

Grades: No Match
Reference:





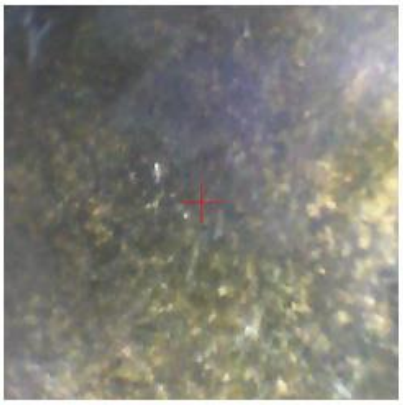


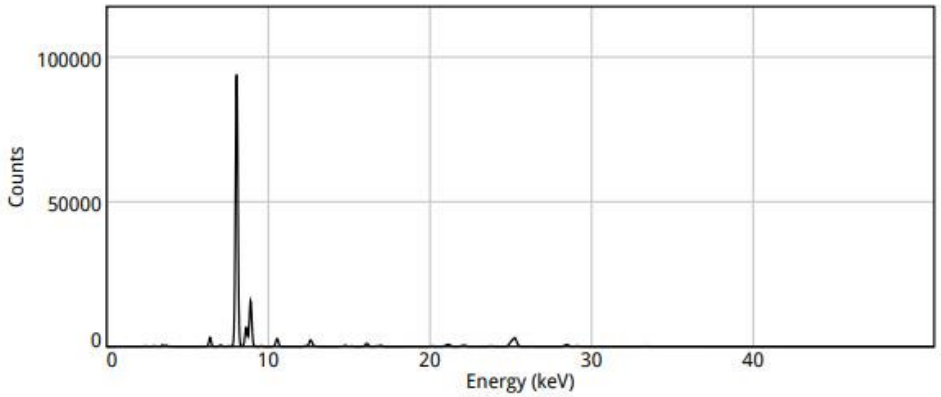
EK E.3 Bronz maşrapa AEV-03 (P-XRF)

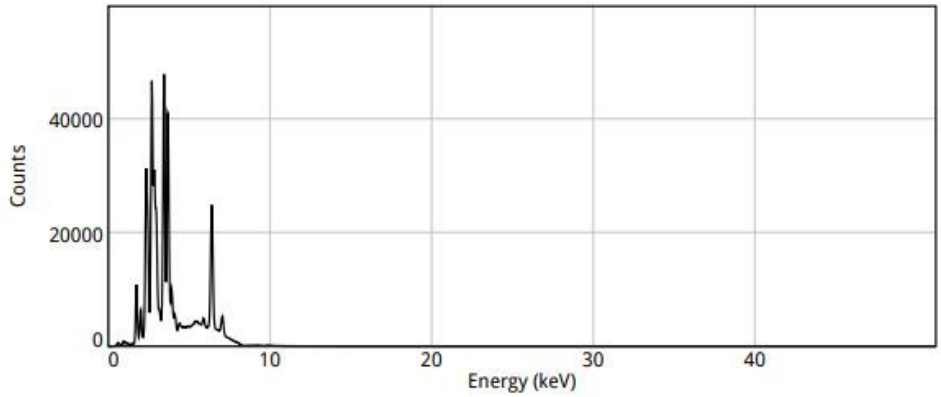
	Class	Date	Time	Duration
AEV-11 Bronz Haç Parçası	Alloy_LE-FP	12/12/2022	14:42:30	30.5 s

Element	Cu %	Pb %	Si %	Sn %	Zn %	Fe %	P %	Ag %	Hf %	Mn %
	76.10	6.00	4.61	4.60	3.86	2.84	1.27	0.25	0.13	0.12
Element	As %	Ni %	W %	Co %						
	0.10	0.06	0.03	0.03						

Grades: No Match
Reference:





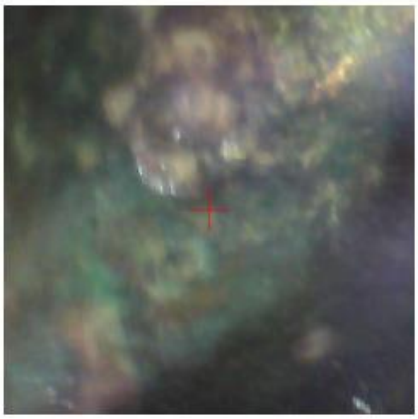


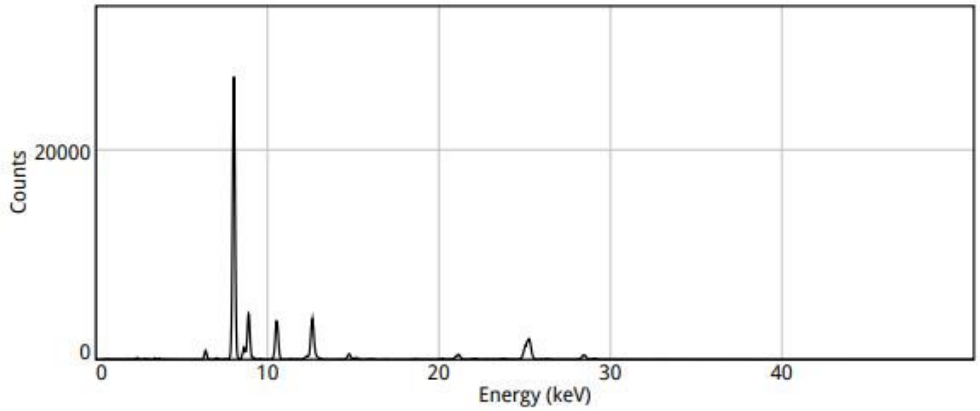
EK E.4 Bronz haç parçası AEV-11 (P-XRF)

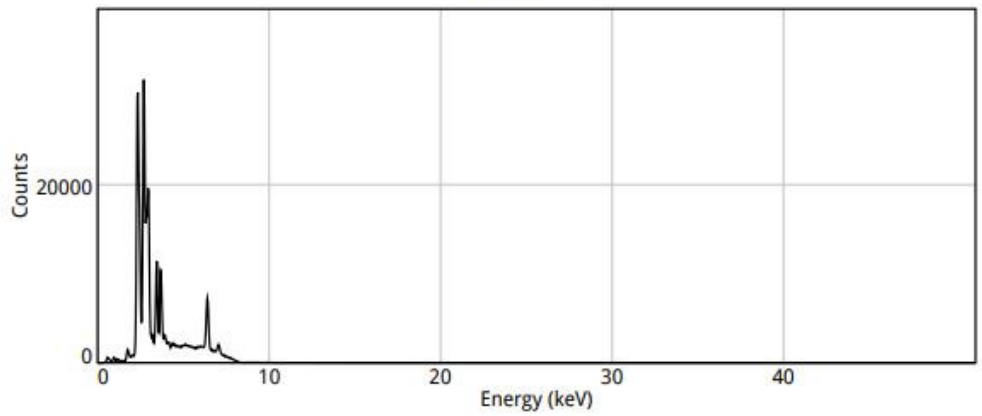
	Class	Date	Time	Duration
AEV-15 Çan	Alloy_LE-FP	12/12/2022	14:46:36	30.5 s

Element	Cu %	Pb %	Sn %	Fe %	Zn %	Si %	Sb %	Hf %	Ni %	Co %
	61.20	23.37	9.14	3.33	1.78	0.73	0.24	0.14	0.05	ND

Grades: No Match
Reference:



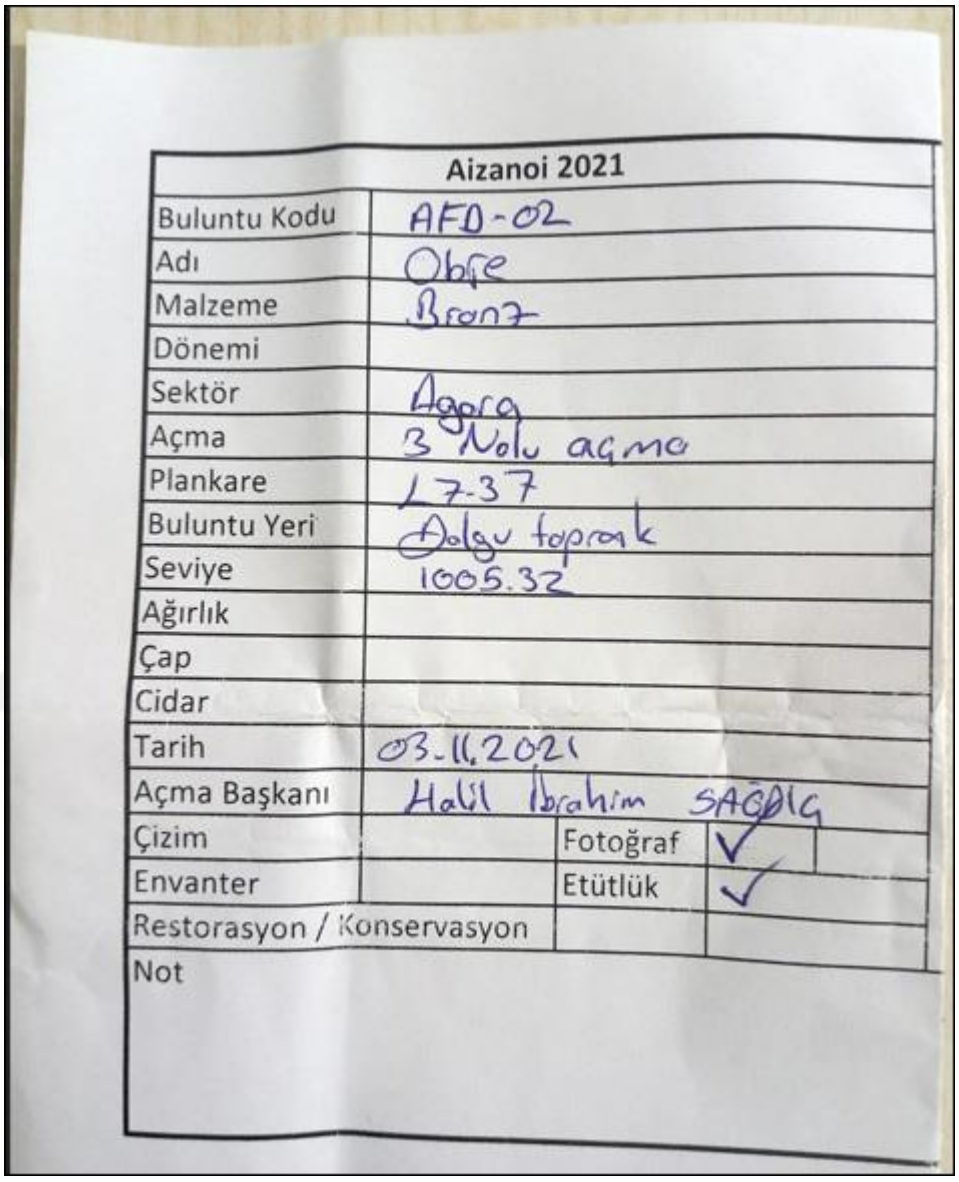




EK E.5 Bronz çan AEV-15 (P-XRF)

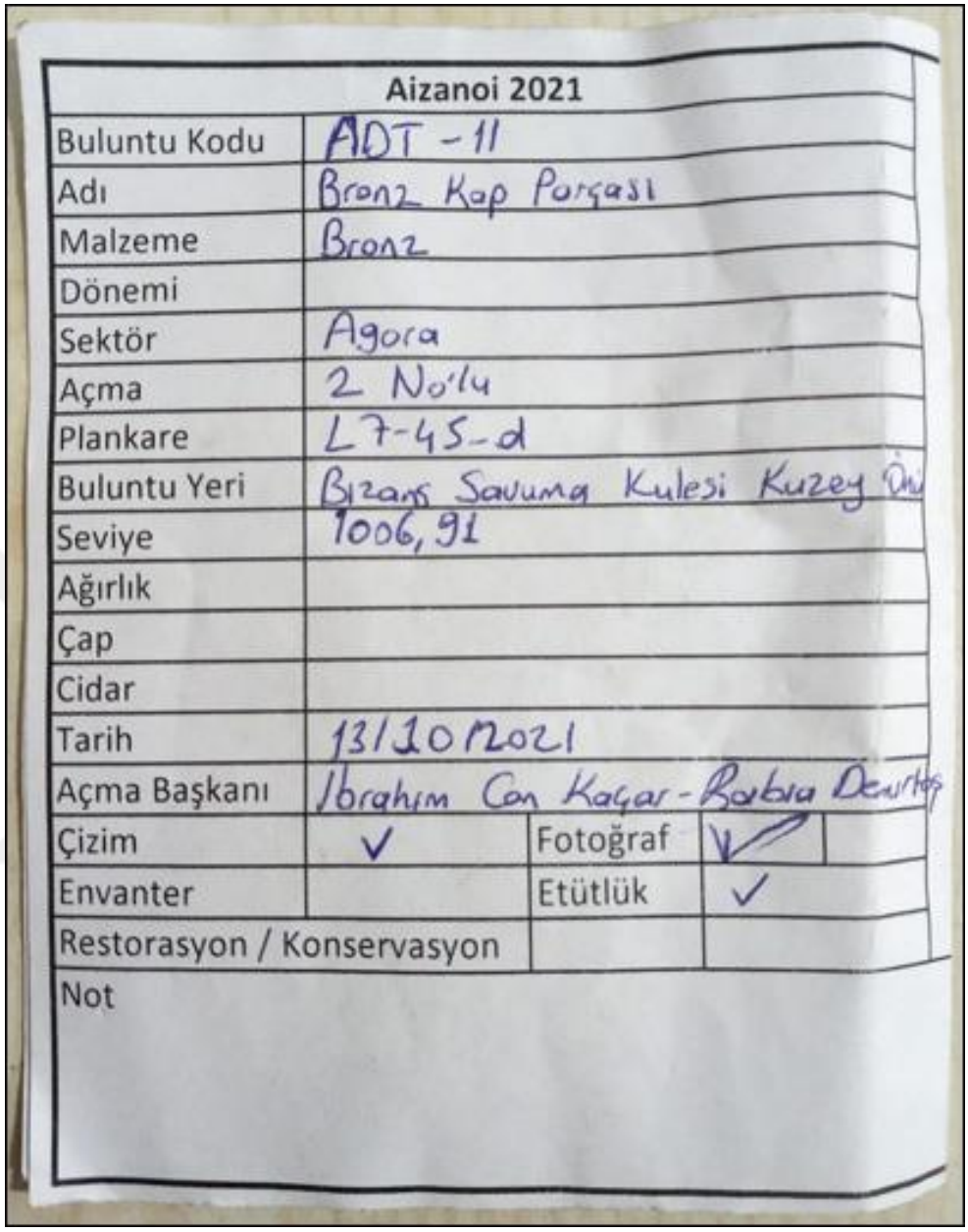
EK F

Eserlerin buluntu ve koruma/uygulama onarım (EK 18) fişleri



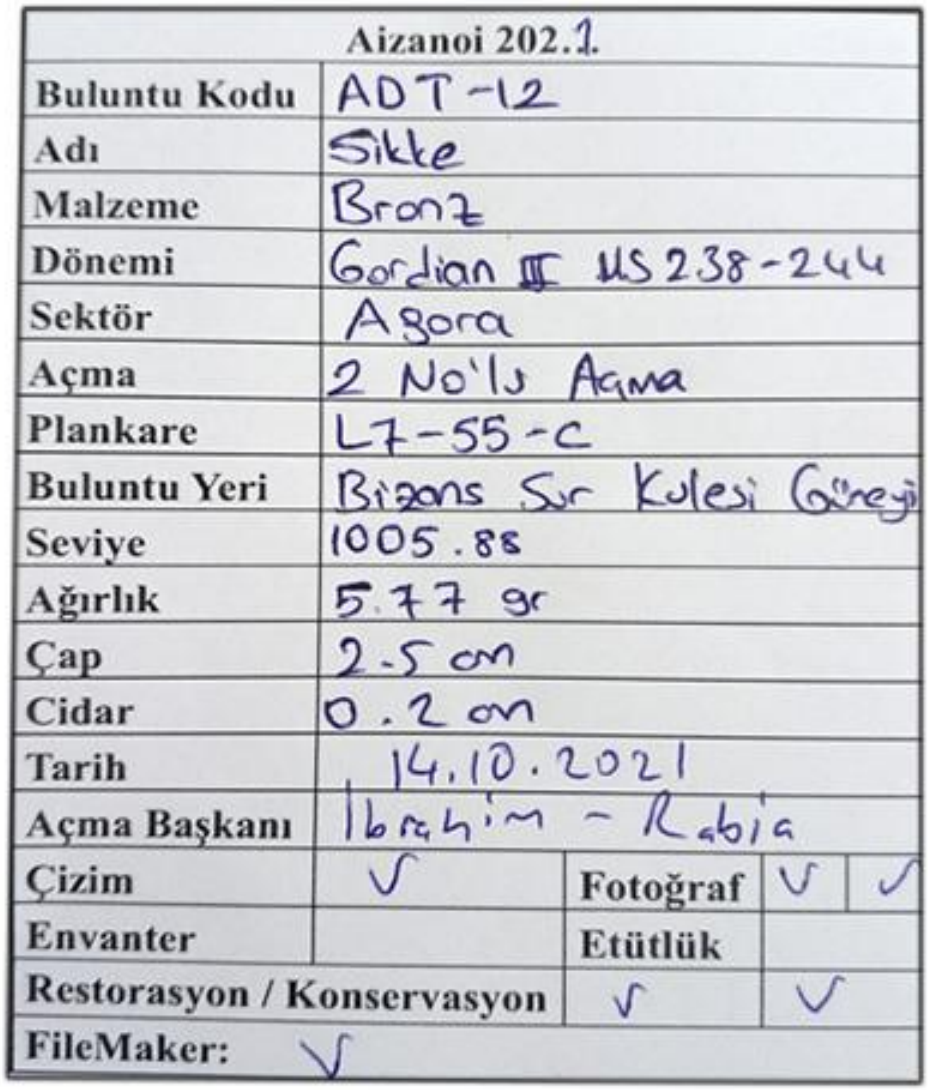
Aizanoi 2021			
Buluntu Kodu	AFD-02		
Adı	Obje		
Malzeme	Bronz		
Dönemi			
Sektör	Agora		
Açma	3 Nolu açma		
Plankare	L7-37		
Buluntu Yeri	Dolgu toprak		
Seviye	1005.32		
Ağırlık			
Çap			
Cidar			
Tarih	03.11.2021		
Açma Başkanı	Halil İbrahim SAĞDIÇ		
Çizim		Fotoğraf	✓
Envanter		Etütlük	✓
Restorasyon / Konservasyon			
Not			

EK F.1 AFD-02 buluntu numaralı bronz objenin buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



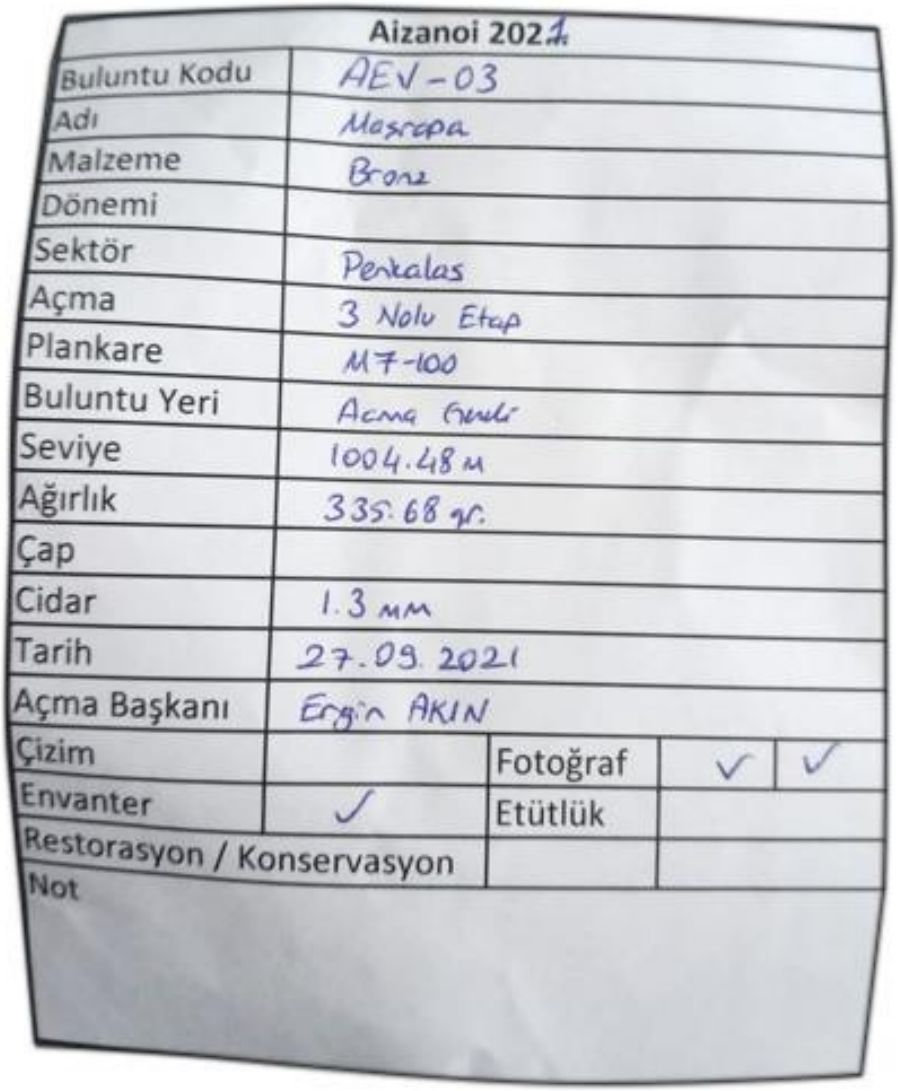
Aizanoi 2021			
Buluntu Kodu	ADT - 11		
Adı	Bronz Kap Parçası		
Malzeme	Bronz		
Dönemi			
Sektör	Agora		
Açma	2 No'lu		
Plankare	L7-45-d		
Buluntu Yeri	Bizans Savunma Kulesi Kuzey Du		
Seviye	1006,91		
Ağırlık			
Çap			
Cidar			
Tarih	13/10/2021		
Açma Başkanı	İbrahim Can Kaçar - Barbara Dewrieg		
Çizim	✓	Fotoğraf	✓
Envanter		Etütlük	✓
Restorasyon / Konservasyon			
Not			

EK F.2 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçasının buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



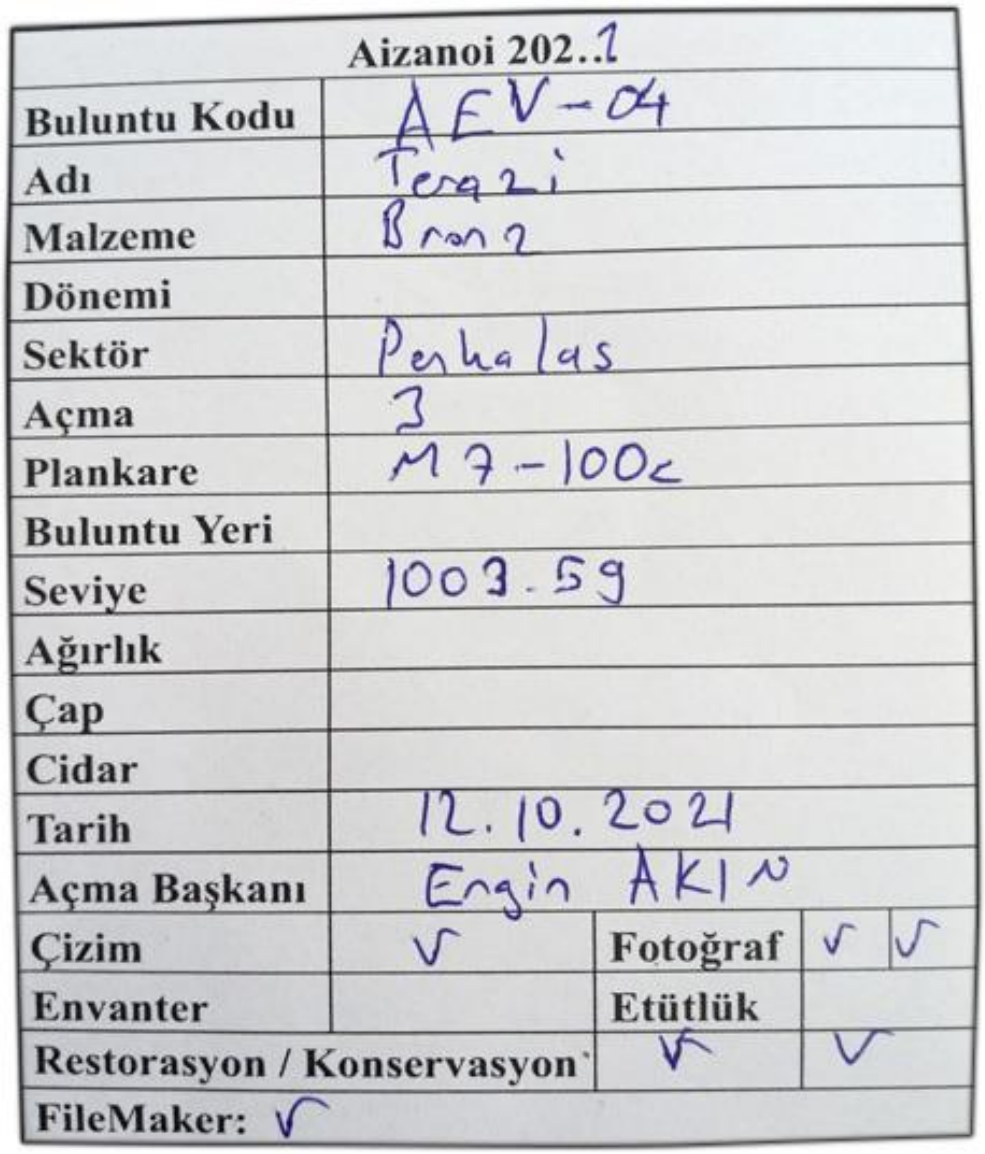
Aizanoi 202.1.				
Buluntu Kodu	ADT-12			
Adı	Sikke			
Malzeme	Bronz			
Dönemi	Gordian III MS 238-244			
Sektör	Agora			
Açma	2 No'lu Açma			
Plankare	L7-55-C			
Buluntu Yeri	Bizans Sur Kulesi Güneyi			
Seviye	1005.88			
Ağırlık	5.77 gr			
Çap	2.5 cm			
Cidar	0.2 cm			
Tarih	14.10.2021			
Açma Başkanı	İbrahim - Rabia			
Çizim	√	Fotoğraf	√	√
Envanter		Etütlük		
Restorasyon / Konservasyon		√	√	
FileMaker:	√			

EK F.3 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikkenin buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



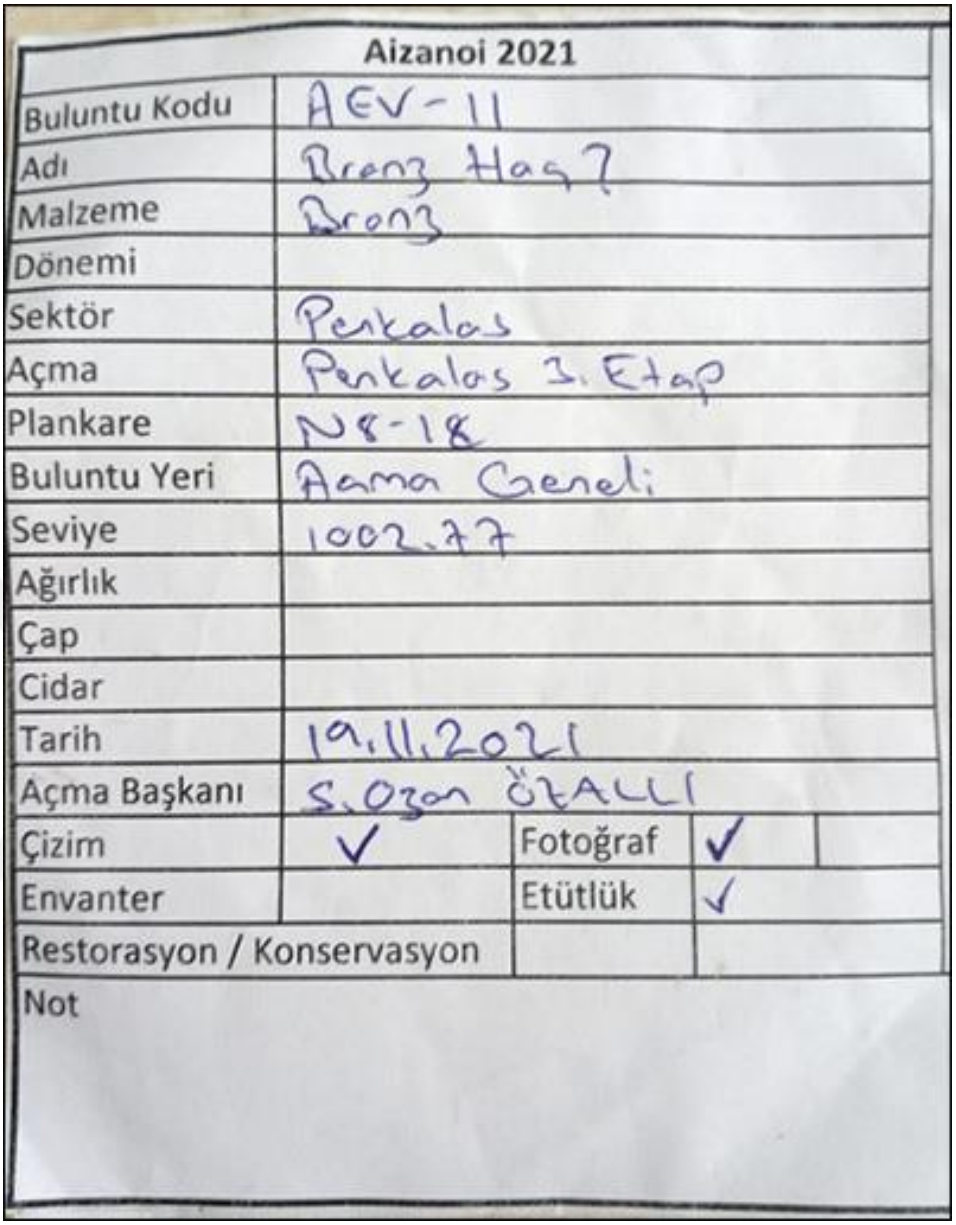
Aizanoi 2021				
Buluntu Kodu	AEV-03			
Adı	Maşrapa			
Malzeme	Bronz			
Dönemi				
Sektör	Perkalas			
Açma	3 Nolu Etap			
Plankare	M7-100			
Buluntu Yeri	Açma Geneli			
Seviye	1004.48 M			
Ağırlık	335.68 gr.			
Çap				
Cidar	1.3 MM			
Tarih	27.09.2021			
Açma Başkanı	Ergin AKIN			
Çizim		Fotoğraf	✓	✓
Envanter	✓	Etütlük		
Restorasyon / Konservasyon				
Not				

EK F.4 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapanın buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



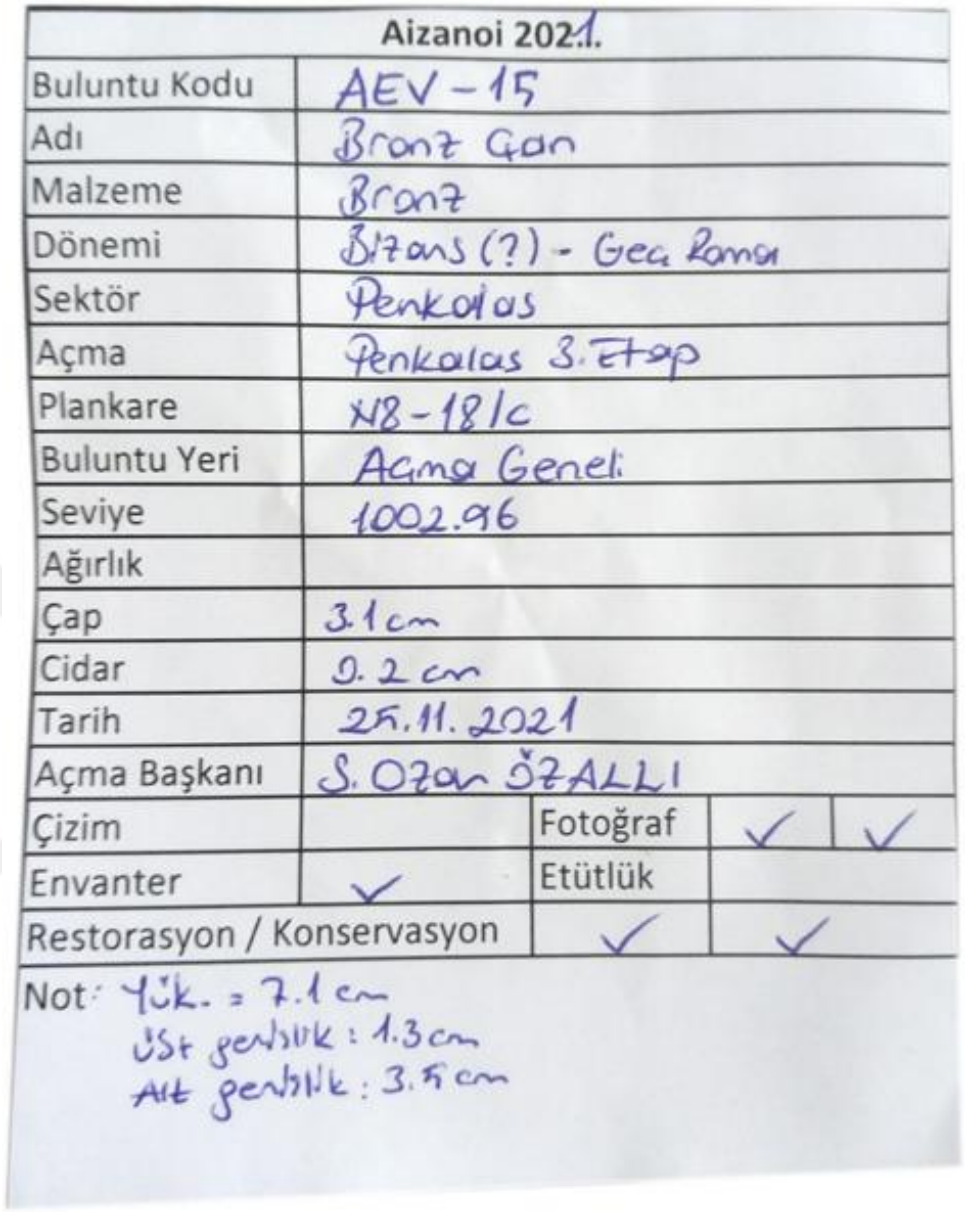
Aizanoi 202..1			
Buluntu Kodu	AEV-04		
Adı	Terazi		
Malzeme	Bronz		
Dönemi			
Sektör	Perhalas		
Açma	3		
Plankare	M7-100c		
Buluntu Yeri			
Seviye	1003.59		
Ağırlık			
Çap			
Cidar			
Tarih	12.10.2021		
Açma Başkanı	Engin AKIN		
Çizim	√	Fotoğraf	√ √
Envanter		Etütlük	
Restorasyon / Konservasyon		√	√
FileMaker: √			

EK F.5 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantarın buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



Aizanoi 2021				
Buluntu Kodu	AEV-11			
Adı	Bronz Haç?			
Malzeme	Bronz			
Dönemi				
Sektör	Perkalas			
Açma	Perkalas 3. Etap			
Plankare	N8-18			
Buluntu Yeri	Aama Geneli			
Seviye	1002.77			
Ağırlık				
Çap				
Cidar				
Tarih	19.11.2021			
Açma Başkanı	S. Ozan ÖZALLI			
Çizim	✓	Fotoğraf	✓	
Envanter		Etütlük	✓	
Restorasyon / Konservasyon				
Not				

EK F.6 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç kolu buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



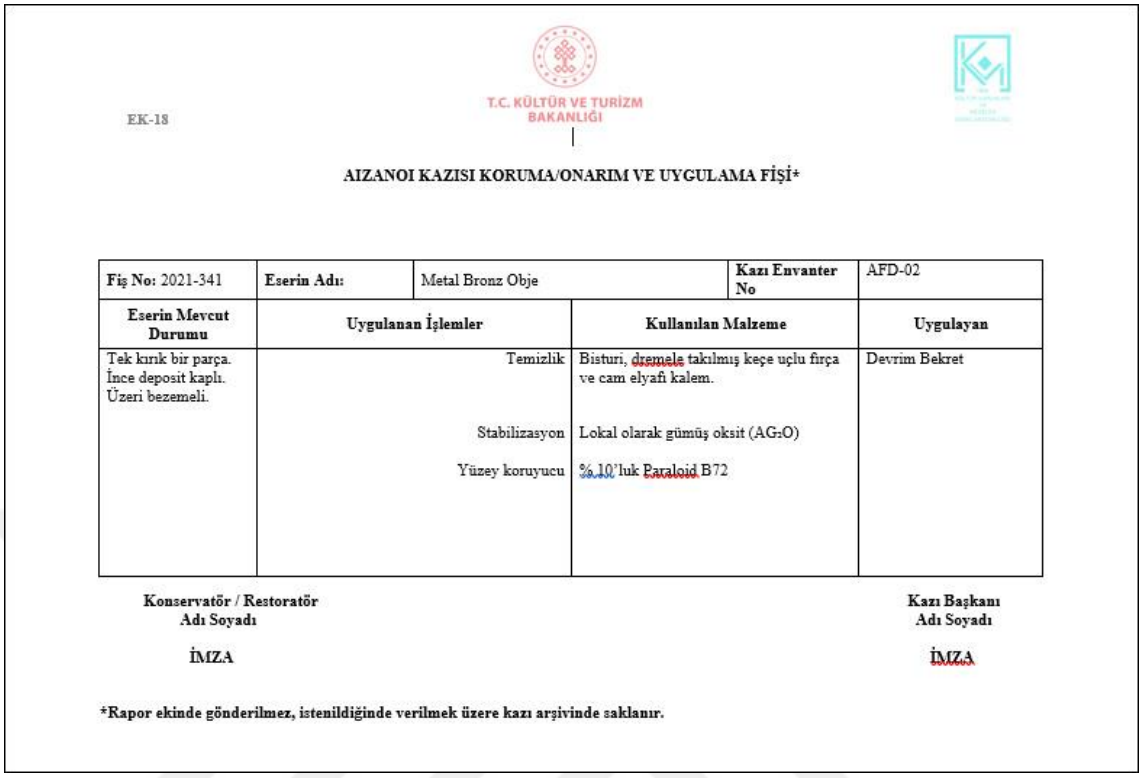
Aizanoi 2021.				
Buluntu Kodu	AEV – 15			
Adı	Bronz Can			
Malzeme	Bronz			
Dönemi	Bizans (?) - Geç Roma			
Sektör	Penkalas			
Açma	Penkalas 3. Etap			
Plankare	X8 - 18/c			
Buluntu Yeri	Açma Geneli			
Seviye	1002.96			
Ağırlık				
Çap	3.1 cm			
Cidar	0.2 cm			
Tarih	25.11.2021			
Açma Başkanı	S. Ozan ÖZALLI			
Çizim		Fotoğraf	✓	✓
Envanter	✓	Etütlük		
Restorasyon / Konservasyon		✓	✓	

Not: Yük. = 7.1 cm
Üst genişlik : 1.3 cm
Alt genişlik : 3.5 cm

EK F.7 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

Aizanoi 2021.				
Buluntu Kodu	AFB-24			
Adı	Sikke			
Malzeme	Bronz			
Dönemi				
Sektör	Penkalas			
Açma	3 No'lu Köprü Güney			
Plankare	N8-20			
Buluntu Yeri	Köprü Temeli Önü			
Seviye	1002,37 m			
Ağırlık	22,29 gr			
Çap	36,47 mm			
Cidar	3,77 mm			
Tarih	04.11.2021			
Açma Başkanı	Ahmet Can Akcan			
Çizim		Fotoğraf	✓	✓
Envanter		Etütlük		
Restorasyon / Konservasyon		✓	✓	
FileMaker: ✓				

EK F.8 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke buluntu fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-341	**Eserin Adı:**	Metal Bronz Obje	**Kazı Envanter No**	AFD-02
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**		**Kullanılan Malzeme**	**Uygulayan**
Tek kırık bir parça. İnce deposit kaplı. Üzeri bezemeli.	Temizlik		Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça ve cam elyafı kalem.	Devrim Bekret
	Stabilizasyon		Lokal olarak gümüş oksit (Ag_2O)	
	Yüzey koruyucu		% 10'luk Paraloid B72	

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

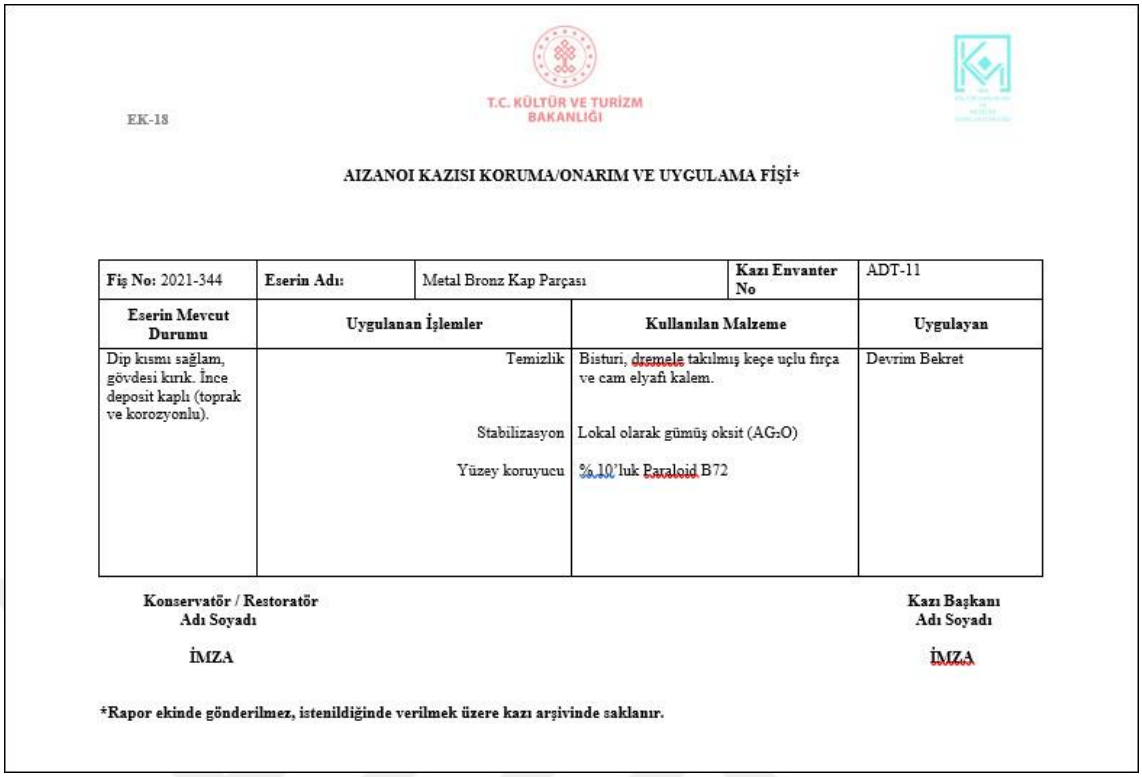
İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.9 AFD-02 buluntu numaralı bronz obje koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-344	**Eserin Adı:**	Metal Bronz Kap Parçası	**Kazı Envanter No**	ADT-11
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
Dip kısmı sağlam, gövdesi kırık. İnce deposit kaplı (toprak ve korozyonlu).	Temizlik	Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça ve cam elyafı kalem.		Devrim Bekret
	Stabilizasyon	Lokal olarak gümüş oksit (Ag_2O)		
	Yüzey koruyucu	% 10'luk Paraloid B72		

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

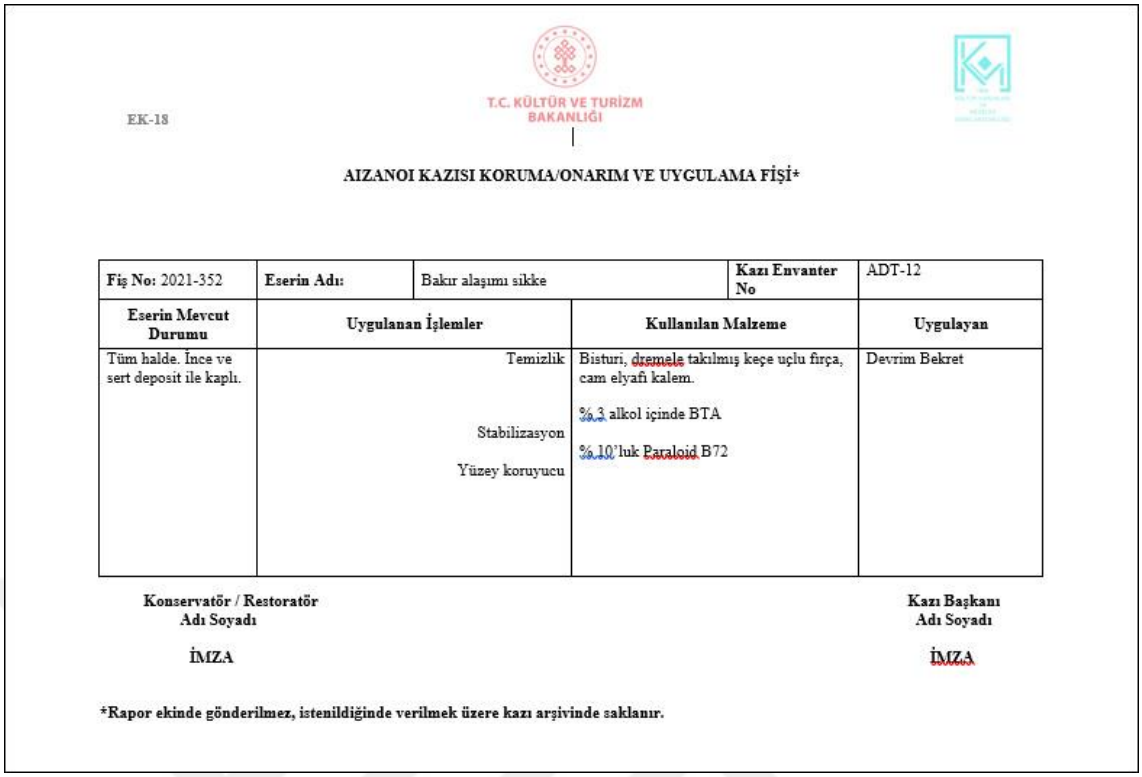
İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.10 ADT-11 buluntu numaralı bronz kap parçası koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-352	**Eserin Adı:**	Bakır alaşımı sikke	**Kazı Envanter No**	ADT-12
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
Tüm halde. İnce ve sert deposit ile kaplı.	Temizlik Stabilizasyon Yüzey koruyucu	Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça, cam elyafı kalem. %3 alkol içinde BTA %10'luk Paraloid B72		Devrim Bekret

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

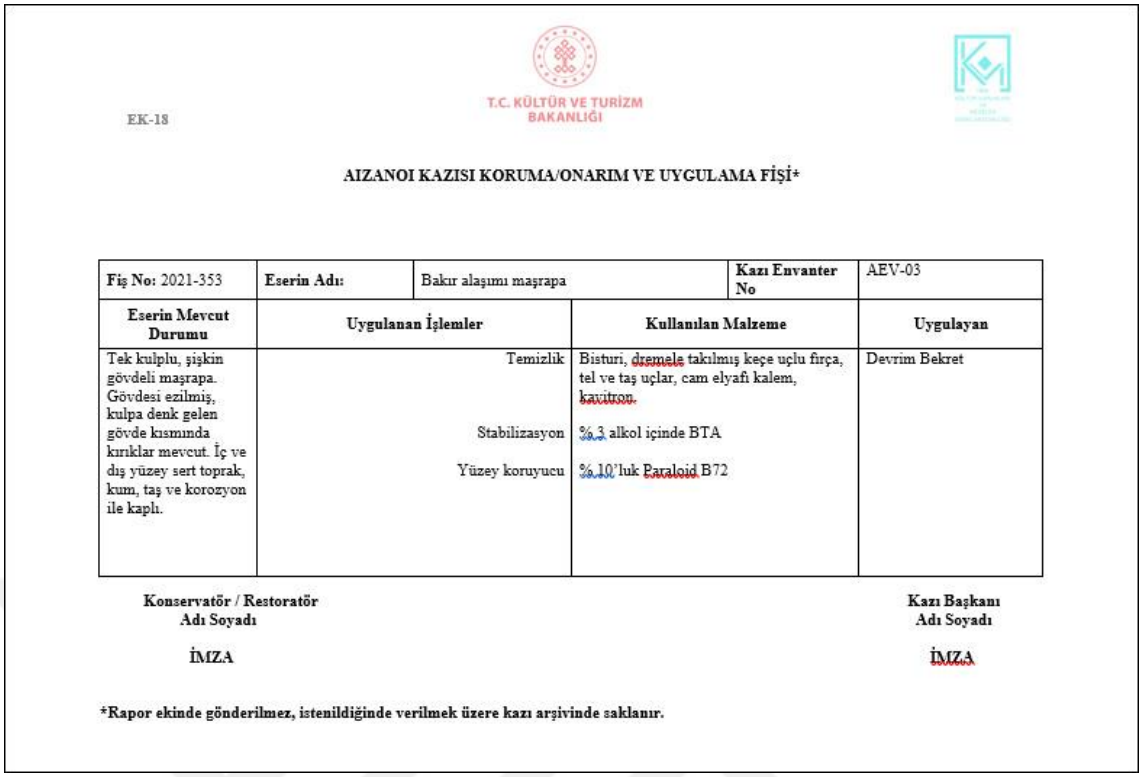
İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.11 ADT-12 buluntu numaralı bronz sikke koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-353	**Eserin Adı:**	Bakır alaşımı maşrapa	**Kazı Envanter No**	AEV-03
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
Tek kulplu, şişkin gövdeli maşrapa. Gövdesi ezilmiş, kulpa denk gelen gövde kısmında kırıklar mevcut. İç ve dış yüzey sert toprak, kum, taş ve korozyon ile kaplı.	Temizlik Stabilizasyon Yüzey koruyucu	Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça, tel ve taş uçlar, cam elyafı kalem, kavitron. % 3 alkol içinde BTA % 10'luk Paraloid B72		Devrim Bekret

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

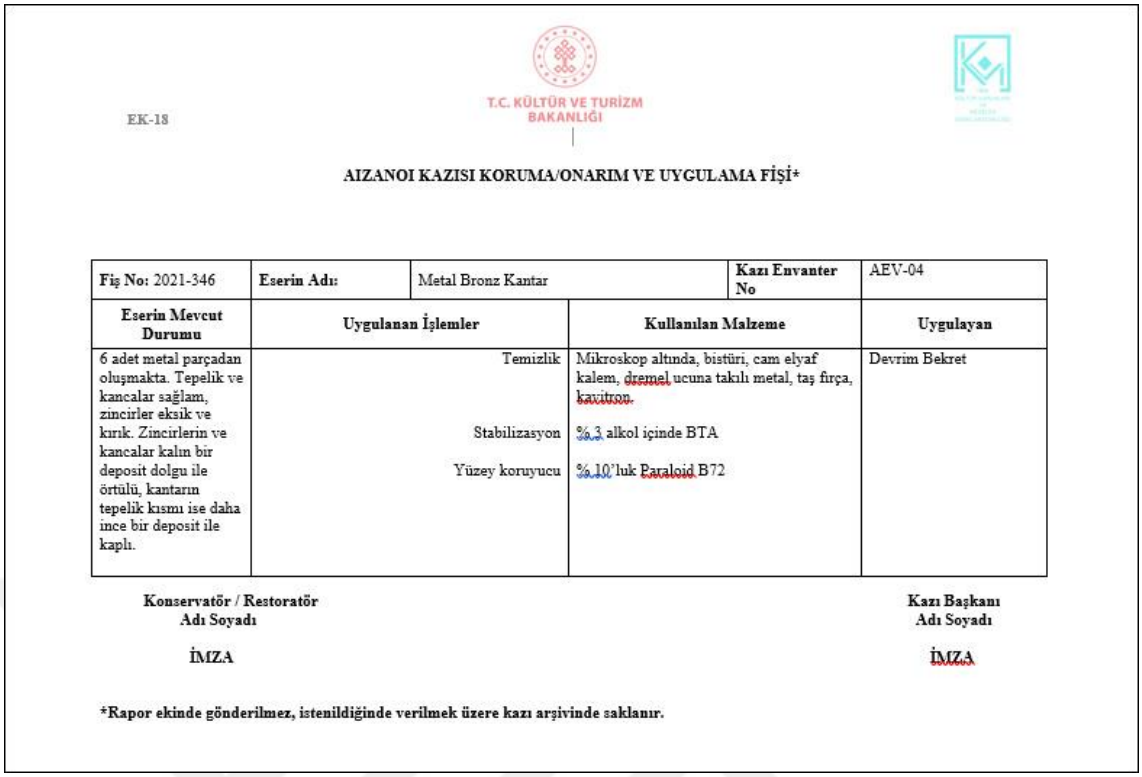
İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.12 AEV-03 buluntu numaralı bronz maşrapa koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-346	**Eserin Adı:**	Metal Bronz Kantar	**Kazı Envanter No**	AEV-04
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
6 adet metal parçadan oluşmakta. Tepelik ve kancalar sağlam, zincirler eksik ve kırık. Zincirlerin ve kancalar kalın bir deposit dolgu ile örtülü, kantarın tepelik kısmı ise daha ince bir deposit ile kaplı.	Temizlik	Mikroskop altında, bistüri, cam elyaf kalem, dremel ucuna takılı metal, taş fırça, kavitron.		Devrim Bekret
	Stabilizasyon	%3 alkol içinde BTA		
	Yüzey koruyucu	%10'luk Paraloid B72		

Konservatör / Restoratör Adı Soyadı

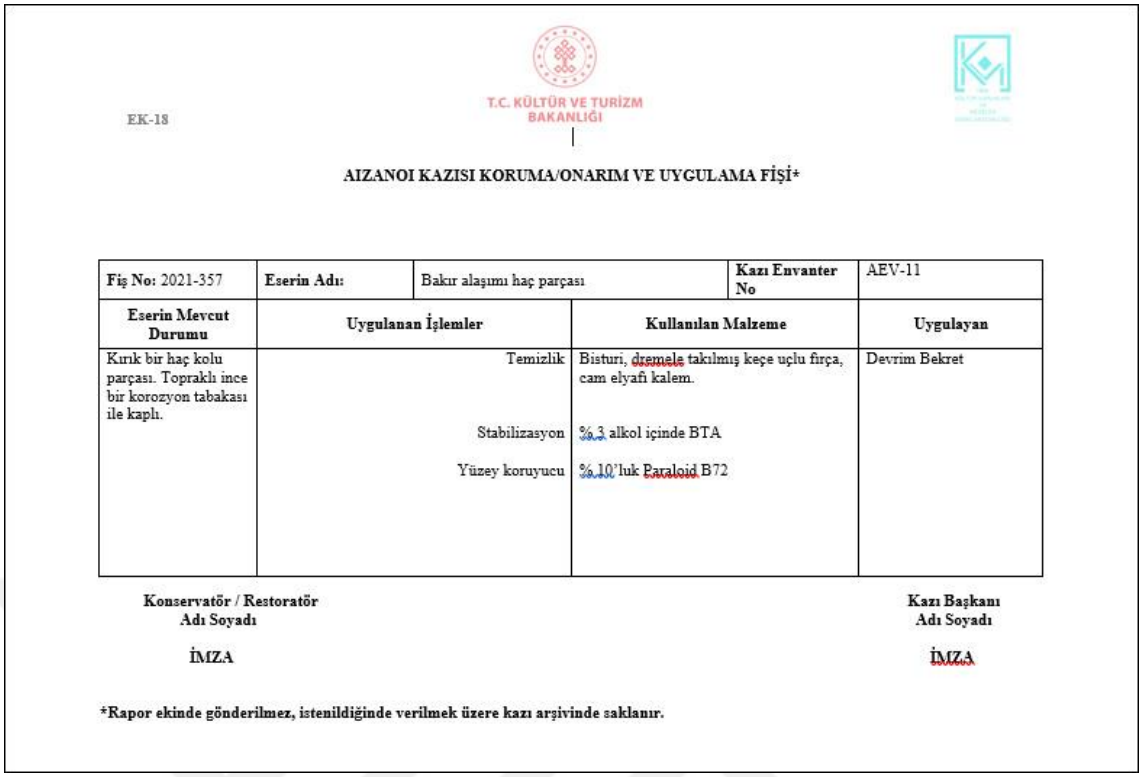
İMZA

Kazı Başkanı Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.13 AEV-04 buluntu numaralı bronz kantar koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-357	**Eserin Adı:**	Bakır alaşımı haç parçası	**Kazı Envanter No**	AEV-11
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
Kırık bir haç kolu parçası. Topraklı ince bir korozyon tabakası ile kaplı.	Temizlik	Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça, cam elyafı kalem.		Devrim Bekret
	Stabilizasyon	%3 alkol içinde BTA		
	Yüzey koruyucu	%10'luk Paraloid B72		

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

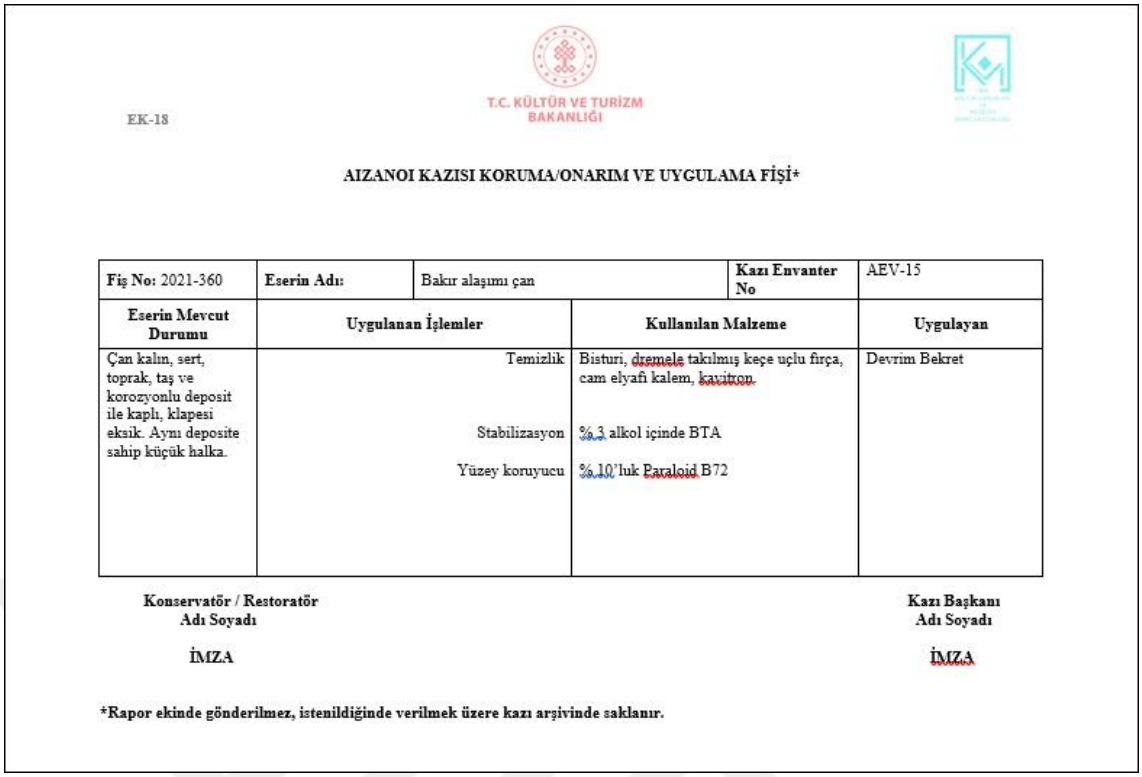
İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.14 AEV-11 buluntu numaralı bronz haç parçası koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-360	**Eserin Adı:**	Bakır alaşımı çan	**Kazı Envanter No**	AEV-15
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
Çan kalın, sert, toprak, taş ve korozyonlu deposit ile kaplı, klapesi eksik. Aynı deposite sahip küçük halka.	Temizlik Stabilizasyon Yüzey koruyucu	Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça, cam elyafı kalem, kavitron %3 alkol içinde BTA %10'luk Paraloid B72		Devrim Bekret

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

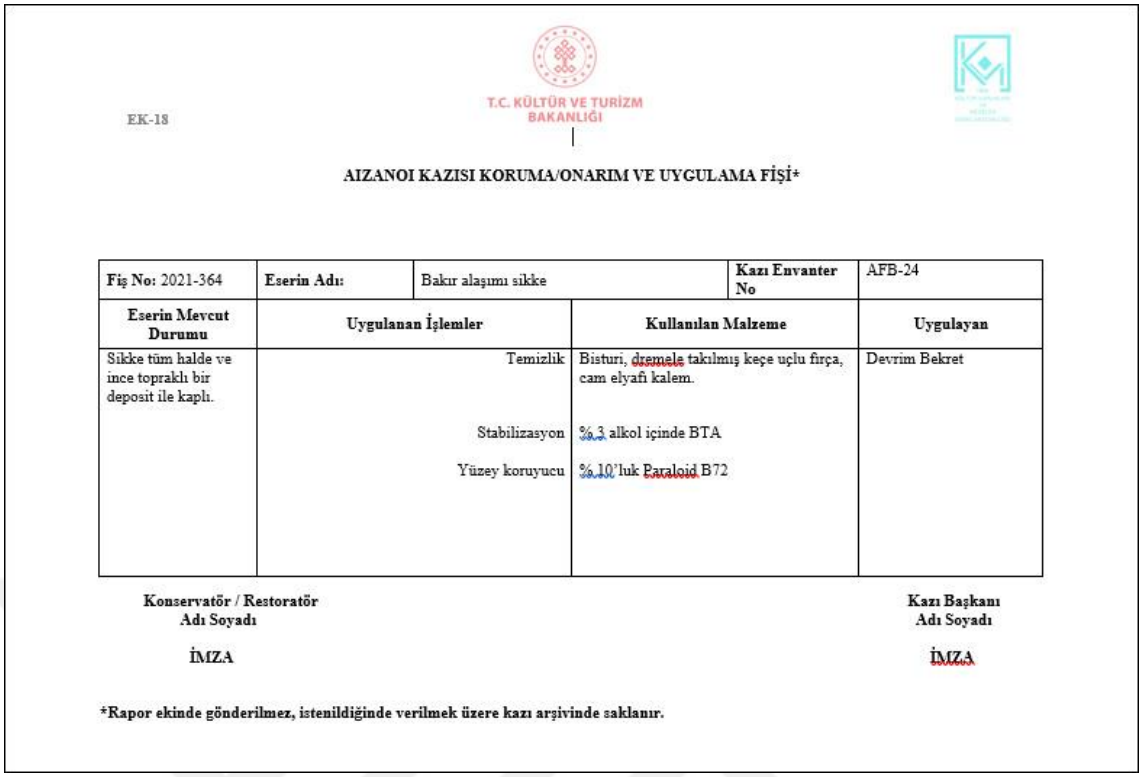
İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.15 AEV-15 buluntu numaralı bronz çan koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)



EK-18

T.C. KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

AIZANOI KAZISI KORUMA/ONARIM VE UYGULAMA FİŞİ*

Fiş No: 2021-364	**Eserin Adı:**	Bakır alaşımı sikke	**Kazı Envanter No**	AFB-24
Eserin Mevcut Durumu	**Uygulanan İşlemler**	**Kullanılan Malzeme**		**Uygulayan**
Sikke tüm halde ve ince topraklı bir deposit ile kaplı.	Temizlik	Bisturi, dremele takılmış keçe uçlu fırça, cam elyafı kalem.		Devrim Bekret
	Stabilizasyon	%3 alkol içinde BTA		
	Yüzey koruyucu	%10'luk Paraloid B72		

Konservatör / Restoratör
Adı Soyadı

İMZA

Kazı Başkanı
Adı Soyadı

İMZA

***Rapor ekinde gönderilmez, istenildiğinde verilmek üzere kazı arşivinde saklanır.**

EK F.16 AFB-24 buluntu numaralı bronz sikke koruma/uygulama ve onarım fişi. (Aizanoi Kazı Arşivi 2021)

EK G

Aizanoi ve bulunduğu bölgenin topografik haritası



EK G.1 Aizanoi ve bulunduğu bölgenin topografik haritası (https://earth.google.com/ esas alınarak Devrim Bekret tarafından düzenlenmiştir).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Devrim Bekret

Eğitim Durumu

2017-2024	: Kadir Has Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Lisans Programı
2016-1 ay	: Istituto per L'arte e il Restauro Palazzo Spinelli, Floransa-İtalya Duvar Resmi ve Fresko Restorasyon Eğitim Programı
2013-4 ay	: COFIMP- Ulusal Ferrara Arkeoloji Müzesi, Ferrara-İtalya Seramik ve Metal Eserlerde Restorasyon-Konservasyon Eğitim Programı.
2012-2 ay	: COFIMP- Accademia degli Incamminati Srl., Bologna-İtalya Duvar Resmi Restorasyon -Konservasyon Eğitim Programı
2010-1 ay	: Ministero per i Beni e le Attivita Culturali Soprintendenza per i Beni Archeologici dell'Umbria- Perugia Arkeoloji Müzesi, Perugia-İtalya Seramik Eserler Restorasyon-Konservasyon Eğitim Programı
2010-3 ay	: Università per stranieri di Perugia, Perugia-İtalya İtalyanca Eğitimi
2001 – 2005	**:** İstanbul Üniversitesi **–** Edebiyat Fakültesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce-İtalyanca

İş Deneyimi

2021-2024	: Dumlupınar Üniversitesi Çavdarhisar Aizanoi Kazısı-Kütahya (Restoratör-Konservatör)
2021 (2 hafta)	: Uşak Üniversitesi Vezirköprü Oymaağaç Höyük Kazısı-Samsun (Restoratör-Konservatör)
2019 (3 hafta)	: Avusturya Arkeoloji Enstitüsü Limyra Kazısı Finike-Antalya (Restoratör-Konservatör)

2019 (9 hafta) : Avusturya Arkeoloji Enstitüsü Efes Kazısı Selçuk-İzmir
(Restoratör-Konservatör)

2016 (4 hafta) : Soprintendenza e dell'Associazione Civitas Claterna, Roma Evi yeniden yapım projesi Bologna-İtalya
(Restoratör-Konservatör)

2015 (10 hafta) : Saint Nikolaos Kilisesi Demre-Antalya
(Restoratör-Konservatör)

2015 (4 hafta) : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Euromos Kazısı-Muğla
(Restoratör-Konservatör)

2014 : Antalya Müzesi-Antalya
(Bakanlık bünyesinde açılan sınavı kazanarak Antalya Müzesi'nde çalışmaya başladım. Ancak sağlık sorunlarım sebebi ile ayrılmak zorunda kaldım)
(Restoratör-Konservatör)

2012 (4 hafta) : Saint Nikolaos Kilisesi Demre-Antalya
(Restoratör-Konservatör)

2012 (4 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Iasos Kazıları Milas-Muğla
(Restoratör-Konservatör)

2012 (4 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Aslantepe Kazısı-Malatya
(Restoratör-Konservatör)

2011-2012 : Pamukkale Üniversitesi Laodikeia Kazısı-Denizli
(Restoratör-Konservatör)

2011 (5 hafta) : MAK Grup İnşaat Dekorasyon ve Taah. Ltd. Şti.-Libya, Libya Merkez Bankası restorasyon çalışmaları
(Restoratör-Konservatör)

2007-2011 : INA (Uluslararası Sualtı Arkeoloji Enstitüsü) Bodrum-Muğla
(Restoratör-Konservatör)

2010 (4 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Iasos Kazıları Milas-Muğla (INA izniyle)
(Restoratör-Konservatör)

2010 (4 hafta) : Gruppo Archeologico Ferrarese Onlus-Ulusal Ferrara Arkeoloji Müzesi Kazısı-İtalya
(Restoratör-Konservatör)

2009 (4 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Iasos Kazıları Milas-Muğla
(Restoratör-Konservatör)

2008 (3 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Iasos Kazıları Milas-Muğla
(Restoratör-Konservatör)

2007 (4 hafta) : INA (Uluslararası Sualtı Arkeoloji Enstitüsü) Yenikapı-Marmara projesi (Prof. Dr. Cemal Pulak başkanlığında)
(Restoratör-Konservatör)

2007 (6 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Iasos Kazıları Milas-Muğla

(Restoratör-Konservatör)

2007 (24 hafta) : INA (Uluslararası Sualtı Arkeoloji Enstitüsü) Bodrum-Muğla (Restoratör-Konservatör)

2006 (6 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Iasos Kazıları Milas-Muğla (Restoratör-Konservatör)

2005 (5 hafta) : İtalyan Kültür Heyeti Hierapolis Kazıları Pamukkale-Denizli (Restoratör-Konservatör)