

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
AKDENİZ UYGARLIKLARI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ

TUNÇ ÇAĞI VE OSMANLI DÖNEMİ BAKIR SUALTI BULUNTULARI KORUMA VE  
ONARIM YÖNTEMLERİ

Serkan AKÇAY

Danışman  
Doç. Dr. Hakan ÖNİZ

Akdeniz Sualtı Kültür Mirası Araştırmaları Ana Bilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2023

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
AKDENİZ UYGARLIKLARI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ

TUNÇ ÇAĞI VE OSMANLI DÖNEMİ BAKIR SUALTI BULUNTULARI KORUMA VE  
ONARIM YÖNTEMLERİ

Serkan AKÇAY

Danışman  
Doç. Dr. Hakan ÖNİZ

Akdeniz Sualtı Kültür Mirası Araştırmaları Ana Bilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Antalya, 2023

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**AKDENİZ UYGARLIKLARI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,**

Serkan AKÇAY'ın bu çalışması, jürimiz tarafından Akdeniz Sualtı Kültür Mirası Araştırmaları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı tezi olarak oy birliği ☐ oy çokluğu ☐ ile kabul edilmiştir.

Başkan : (İmza)

Üye (Danışmanı) : Doç. Dr. Hakan ÖNİZ (İmza)

Üye : (İmza)

Tez Başlığı: Tunç Çağı ve Osmanlı Dönemi Bakır Sualtı Buluntuları Koruma ve Onarım Yöntemleri

Onay : Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Tez Savunma Tarihi : ....../....../2023

Mezuniyet Tarihi : ....../....../2023

(İmza)  
Prof. Dr. Tuncer DEMİR  
Müdür



## AKADEMİK BEYAN

T.C

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

AKDENİZ UYGARLIKLARI ARAŞTIRMA ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ;

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tunç Çağı ve Osmanlı Dönemi Bakır Sualtı Buluntuları Koruma ve Onarım Yöntemleri” adlı bu çalışmanın, akademik kural ve etik değerlere uygun bir biçimde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım bütün eserlerin kaynakçada gösterildiğini ve çalışma içerisinde bu eserlere atıf yapıldığını beyan ederim.

Serkan AKÇAY



T.C.  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü**

| ÖĞRENCİ BİLGİLERİ             |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| Adı-Soyadı                    |                               |
| Öğrenci Numarası              |                               |
| Anabilim Dalı                 |                               |
| Programı                      |                               |
| Programın Türü                | ( ) Yüksek Lisans ( ) Doktora |
| Danışmanın Unvanı, Adı-Soyadı |                               |
| Tez Başlığı                   |                               |

**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**

**Akdeniz Uygarlıkları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne**

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın a) Kapak Sayfası, b) Giriş, c) Genel Bilgiler, d) Gereç ve Yöntem, e) Bulgular, e) Tartışma ve f) Sonuç ve Öneriler kısımlarından oluşan toplam.....sayfalık kısmına ilişkin, ...../...../..... tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal engelleme yazılımından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 'olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Akdeniz Üniversitesi "Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları"nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Ad Soyad, İmza

**DANIŞMAN ONAYI**

UYGUNDUR

...../...../.....  
(Unvan, Ad Soyad, Tarih, İmza)

**Açıklamalar**

- 1- Tez Çalışması Orijinallik Raporu tezin yalnızca "Kapak Sayfası", "Giriş", "Genel Bilgiler", "Gereç ve Yöntem", "Bulgular", "Tartışma", "Sonuç ve Öneriler" bölümlerinden oluşan kısmın tek bir dosya olarak intihal engelleme yazılımına yüklenmesi ile alınır.
- 2- Yazılıma yükleme yapılırken "Dosya Başlığı" (document title) olarak tez başlığının tamamı, "Yazar Adı" (author's first name) olarak öğrencinin adı, "Yazar Soyadı" (author's last name) olarak öğrencinin soyadı bilgisi yazılır.
- 3-İsteğe bağlı ayarlar kısmından; "Ödevleri şuraya gönder?" seçeneği mutlaka **DEPO YOK** şeklinde işaretlenmesi gerekmektedir;
- 4- Benzerlik oranında tüm sorumluluk öğrenciye aittir.
- 5- Tez savunma sınavı sonrasında başarılı bulunan öğrenci, tez savunma sınavı tarihi sonrasında tezde yapılmış muhtemel değişiklikleri içeren dosya kullanılarak alınmış ikinci bir intihal raporundaki bilgiler kullanılarak hazırlanmış ve tez danışmanı tarafından onaylanarak imzalanmış ikinci bir Raporu ve Beyanı Enstitüye teslim etmekle yükümlüdür.

## İÇİNDEKİLER

|                           |      |
|---------------------------|------|
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....    | iv   |
| TABLOLAR LİSTESİ .....    | vi   |
| KISALTMALAR LİSTESİ ..... | vii  |
| ÖZET .....                | viii |
| ABSTRACT .....            | ix   |
| ÖNSÖZ .....               | x    |
| GİRİŞ.....                | 1    |

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### DOĞU AKDENİZ COĞRAFYASI TARİHSEL SÜREÇ

|                                            |   |
|--------------------------------------------|---|
| 1.1. Tunç Çağı.....                        | 2 |
| 1.2. Demir Çağı.....                       | 3 |
| 1.3. Helenistik Dönem ve Roma Dönemi ..... | 3 |
| 1.4. Bizans Dönemi.....                    | 4 |
| 1.5. Osmanlı Dönemi .....                  | 5 |

### İKİNCİ BÖLÜM

#### TARİHSEL SÜREÇTE DOĞU AKDENİZ ARKEOLOJİSİNDE BAKIR ÜRETİMİ VE TİCARETİ

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| 2.1. Doğu Akdeniz Coğrafyasında Bakır Madenleri ..... | 7  |
| 2.2. Kullanım Alanları .....                          | 11 |
| 2.3. Bölgesel Üretim Alanları .....                   | 17 |
| 2.3.1. Troia .....                                    | 17 |
| 2.3.2. Kaneş (Kültepe).....                           | 17 |
| 2.3.3. Kıbrıs .....                                   | 17 |
| 2.4. Geri Dönüşüm Üretim.....                         | 18 |
| 2.5. Metod .....                                      | 19 |

### ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

#### KALAY MADENLERİ

### DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

#### TARİHSEL SÜREÇTE METALURJİ

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### BAKIR VE TUNÇ ESERLER ELE GEÇEN BATIKLAR

|      |                                |    |
|------|--------------------------------|----|
| 5.1. | Uluburun Batığı .....          | 28 |
| 5.2. | Gelidonya Batığı .....         | 31 |
| 5.3. | Kumluca Tunç Çağı Batığı ..... | 37 |
| 5.4. | Osmanlı Dönemi Batığı .....    | 37 |

## ALTINCI BÖLÜM

### BATIKLARDAN ÇIKARILAN BAKIR ESERLERİN ONARIM VE KORUMA TEKNİKLERİ

|            |                                                 |    |
|------------|-------------------------------------------------|----|
| 6.1.       | Restorasyon ve Konservasyonun Tanımı.....       | 39 |
| 6.1.1.     | Restorasyon .....                               | 39 |
| 6.1.2.     | Konservasyon .....                              | 39 |
| 6.2.       | Korozyon Oluşumunun İncelenmesi.....            | 39 |
| 6.2.1.     | Sualtı Korozyonu .....                          | 41 |
| 6.2.1.1.   | Tatlı Sular İçinde Meydana Gelen Korozyon ..... | 42 |
| 6.2.1.1.1. | Oksijen Yoğunluğu .....                         | 42 |
| 6.2.1.1.2. | PH'ın Etkisi .....                              | 42 |
| 6.2.1.1.3. | Kalsiyum Karbonat Çökmesi .....                 | 42 |
| 6.2.1.1.4. | Sıcaklığın Etkisi .....                         | 42 |
| 6.2.1.2.   | Deniz Suyu İçinde Meydana Gelen Korozyon.....   | 42 |
| 6.2.1.2.1. | Çözünmüş Tuzların Etkisi.....                   | 43 |
| 6.2.1.2.2. | Çözünmüş Oksijenin Etkisi.....                  | 43 |
| 6.2.1.2.3. | Sıcaklığın Etkisi .....                         | 43 |
| 6.3.       | Korozyon Türleri .....                          | 44 |
| 6.3.1.     | Üniform Korozyon .....                          | 44 |
| 6.3.2.     | Galvanik Korozyon .....                         | 45 |
| 6.3.3.     | Çukur Korozyonu (Pitting).....                  | 45 |
| 6.3.4.     | Çatlak Korozyonu.....                           | 46 |
| 6.3.5.     | Filiform Korozyonu.....                         | 47 |
| 6.3.6.     | Taneler Arası Korozyon .....                    | 47 |
| 6.3.7.     | Erozyonlu Korozyon .....                        | 47 |
| 6.3.8.     | Aşınmalı Korozyon .....                         | 47 |
| 6.3.9.     | Seçimli Korozyon.....                           | 47 |
| 6.3.10.    | Mikrobiyolojik Korozyon.....                    | 47 |

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.4. Bronz Bozulmaları .....                                                                                        | 47 |
| 6.5. Onarım ve Koruma Teknikleri.....                                                                               | 49 |
| 6.5.1. Belgeleme ve Detaylı İlk Durum Tespiti.....                                                                  | 50 |
| 6.5.2. Eserlerin Tuzdan Arındırılması .....                                                                         | 51 |
| 6.5.3. Ön Hazırlık Araştırması.....                                                                                 | 52 |
| 6.5.4. Eserlerin Temizlenmesi .....                                                                                 | 53 |
| 6.5.5. Stabilizasyon.....                                                                                           | 54 |
| 6.5.6. Kırık Parçaların Yapıştırılması.....                                                                         | 55 |
| 6.5.7. Koruyucu Kaplama.....                                                                                        | 56 |
| 6.5.8. Önleyici Koruma ve Gözlem (Pasif Konservasyon) .....                                                         | 56 |
| 6.6. Kara Kazısı ile Sualtı Kazısı Buluntusu Metal Eserlerin Onarım ve Koruma Tekniklerinin Karşılaştırılması ..... | 57 |

## **YEDİNCİ BÖLÜM**

### **KUMLUCA TUNÇ ÇAĞI BATIĞI VE OSMANLI DÖNEMİ BATIĞI BULUNTUSU BAKIR ESERLERİN ONARIM VE KORUMA UYGULAMALARI**

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.1. Kumluca Tunç Çağı Batığı Buluntusu Bakır Eserin Onarım ve Koruma Uygulamaları ..... | 60 |
| 7.1.1. Belgeleme Çalışmaları.....                                                        | 60 |
| 7.1.2. Tuzdan Arındırma İşlemleri .....                                                  | 61 |
| 7.1.3. Ön Hazırlık Aşaması .....                                                         | 62 |
| 7.1.4. Eserin Temizlenmesi .....                                                         | 70 |
| 7.1.5. Stabilizasyon.....                                                                | 72 |
| 7.1.6. Kırık Parçaların Yapıştırılması.....                                              | 73 |
| 7.1.7. Koruyucu Kaplama.....                                                             | 73 |
| 7.1.8. Önleyici Koruma ve Gözlem (Pasif Konservasyon) .....                              | 73 |
| 7.2. Osmanlı Dönemi Batığı Buluntusu Bakır Eserin Onarım ve Koruma Uygulamaları          | 74 |
| 7.2.1. Belgeleme Çalışmaları.....                                                        | 74 |
| 7.2.2. Tuzdan Arındırma İşlemleri .....                                                  | 75 |
| 7.2.3. Ön Hazırlık Aşaması .....                                                         | 76 |
| 7.2.4. Eserin Temizlenmesi .....                                                         | 83 |

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| <b>SONUÇ .....</b>   | <b>84</b> |
| <b>KAYNAKÇA.....</b> | <b>87</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b> | <b>92</b> |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1: Anadolu Maden Yatakları Haritası .....                                                        | 9  |
| Şekil 2: M.Ö. 3. Ve 2. Binyılda Doğu Akdeniz Bölgesi ve Önasya'da Önde Gelen Madencilik Alanları. .... | 10 |
| Şekil 3: Kıbrıs'ta Geç Tunç Çağı bakır madenleri, cüruf tepeleri ve metal işlikleri haritası ...       | 11 |
| Şekil 4: Aşıklı Höyükte Bulunan Bakır Boncuklar .....                                                  | 11 |
| Şekil 5: Nabit Bakırdan Yapılmış Can Hasan 2b Topuzu .....                                             | 12 |
| Şekil 6: Bronz Hayvan Figürlü İğne Grubu.....                                                          | 13 |
| Şekil 7: Ejder Başlı Bilezikler .....                                                                  | 13 |
| Şekil 8: Ahlat Müzesi Bronz Küpe.....                                                                  | 14 |
| Şekil 9: Bronz Omphaloslu kap.....                                                                     | 14 |
| Şekil 10: Osmanlı Dönemi Şifa Tası .....                                                               | 14 |
| Şekil 11: Üç Ayaklı Kazan Urartu Dönemi.....                                                           | 15 |
| Şekil 12: Tunç Çağı Bronz Silahlar.....                                                                | 15 |
| Şekil 13: Aslantepe Arsen Katkılı Kılıçlar .....                                                       | 16 |
| Şekil 14: Osmanlı Dönemi Bronz Döküm Top (Darbuzen) .....                                              | 16 |
| Şekil 15: Khirbet Hamra İfdan'da ele geçen bakır çörekçiği .....                                       | 19 |
| Şekil 16: Bakır İngot (ETN 2051) .....                                                                 | 20 |
| Şekil 17: Bakır İngot (ETN 2055) .....                                                                 | 21 |
| Şekil 18: Bakır İngot (ETN 2052) .....                                                                 | 22 |
| Şekil 19 ve Şekil 20: Uluburun Batığı sualtı kazı çalışmaları .....                                    | 30 |
| Şekil 21: Uluburun gemisin muhtemel rotası .....                                                       | 31 |
| Şekil 22: Kazılar sonucunda çıkarılan bakır ve kalay ingotlar. ....                                    | 33 |
| Şekil 23: Mısır'daki duvar resimlerinde görülen Öküz Gönü İngotlar .....                               | 34 |
| Şekil 24: Kıbrıs'ın G.T.Ç. yerleşmelerinden biri olan Enkomi'de bulunan İngot Tanrısı .....            | 35 |
| Şekil 25: Batıkta ele geçen bronz aletler .....                                                        | 36 |
| Şekil 26: Uniform Korozyon .....                                                                       | 44 |
| Şekil 27: Galvanik Korozyon Şeması.....                                                                | 45 |
| Şekil 28: Çukur Korozyon Türleri.....                                                                  | 46 |
| Şekil 29: Çatlak Korozyonu Oluşum Şeması. ....                                                         | 46 |
| Şekil 30: Dolap Tipi Çeker Ocak .....                                                                  | 55 |
| Şekil 31: Portatif, filtreli aspirasyon sistemi .....                                                  | 55 |
| Şekil 32: AB Kazı Envanter Numaralı Bakır İngot.....                                                   | 59 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 33: ATB2019/49 Envanter Numaralı Bakır Tabak .....           | 60 |
| Şekil 34: AB Envanter Numaralı Bakır İngot Bozulma Lejantı.....    | 63 |
| Şekil 35: Malahit Oluşumu.....                                     | 64 |
| Şekil 36: Paratakamit oluşumu.....                                 | 64 |
| Şekil 37: Mikrobiyolojik Korozyon Oluşumu.....                     | 65 |
| Şekil 38: Çukur Korozyon Oluşumu .....                             | 65 |
| Şekil 39: Mikrobiyolojik Korozyon Katmanı Mikroskobik Çekim .....  | 65 |
| Şekil 40: Malahit Bozulma Türü Mikroskobik Çekim.....              | 66 |
| Şekil 41: Paratakamit Bozulma Türü Mikroskobik Çekim .....         | 66 |
| Şekil 42: XRF Ölçüm Çalışması .....                                | 67 |
| Şekil 43: XRF Ölçüm Noktaları .....                                | 67 |
| Şekil 44: Mekanik Temizlik Öncesi .....                            | 71 |
| Şekil 45: Mekanik Temizlik Çalışmaları.....                        | 71 |
| Şekil 46: Mekanik Temizlik Sonrası .....                           | 72 |
| Şekil 47: ATB Envanter Numaralı Bakır Tabak Bozulma Lejantı.....   | 77 |
| Şekil 48: Malahit ve Mikrobiyolojik Korozyon Oluşumu .....         | 77 |
| Şekil 49: Azurit Oluşumu.....                                      | 78 |
| Şekil 50: Mikrobiyolojik Korozyon ve Azurit Mikroskobik Çekim..... | 78 |
| Şekil 51: Malahit ve Paratakamit Mikroskobik Çekim .....           | 79 |
| Şekil 52: XRF Ölçüm Noktaları .....                                | 79 |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Tablo 1: Başlıca Bakır Mineralleri .....                      | 8  |
| Tablo 2: Metalurjik süreçler tablosu.....                     | 27 |
| Tablo 3: Bakır ve Bakır Alaşımlarının Korozyonu Ürünleri..... | 48 |
| Tablo 4: TDS (İletkenlik) Ölçüm Tablosu .....                 | 62 |
| Tablo 5: 38 Numaralı XRF Ölçüm Verileri.....                  | 68 |
| Tablo 6: 47 Numaralı XRF Ölçüm Verileri.....                  | 69 |
| Tablo 7: TDS (İletkenlik) Ölçüm Tablosu .....                 | 75 |
| Tablo 8: 6 Numaralı XRF Ölçüm Verileri .....                  | 81 |
| Tablo 9: 6 Numaralı XRF Ölçüm Verileri .....                  | 82 |



## KISALTMALAR LİSTESİ

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| Bkn. | : Bakınız                          |
| Çev. | : Çeviri                           |
| Ed.  | : Editör                           |
| Fig. | : Figür                            |
| Lev. | : Levha                            |
| m.   | : Metre                            |
| M.Ö. | : Milattan Önce                    |
| M.S. | : Milattan Sonra                   |
| XRF  | : X-Ray Flüoresansı Spektrometresi |
| vd.  | : ve diğerleri                     |
| yy.  | : Yüzyıl                           |

## ÖZET

İnsanlık tarihinde henüz çanak-çömlek yapımının bile bilinmediği dönemlerden beri gündelik hayatın içinde yer alan metal malzemeler, özellikle sanayi devriminden sonra günümüz yaşam şartlarını kolaylaştıran otomotiv, teknoloji, havacılık, denizcilik, inşaat gibi sektörlerin tamamında baş aktör konumunda yer almaktadır. Günlük hayatımızda bu kadar önemli bir yere sahip metal alet ve ekipmanların ilk örneklerini oluşturan arkeolojik metal eser buluntuların korunarak gelecek kuşaklara aktarımı da bir o kadar öneme sahiptir.

Bu tez kapsamında su altı buluntusu bakır eserlerin özelinde onarım ve koruma yöntemlerini ele alan çalışmanın birinci bölümünde; genel hatları ile Doğu Akdeniz coğrafyasının tarihsel süreci anlatılmıştır. İkinci bölümde; Doğu Akdeniz arkeolojisinde bakır üretimi ve ticaretinin tarihsel süreci, bilinen bakır madenleri, bakırın kullanım alanları, Doğu Akdeniz bölgesi bakır üretim merkezleri, geri dönüşüm bakır üretimi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde; bilinen kalay madenleri, kalayın ticareti anlatılmıştır. Dördüncü bölümde; metalürjinin ilk ortaya çıkışı, ilk alaşım malzemeler ve tarihsel sürece etkileri anlatılmıştır. Beşinci bölümde; sualtı arkeoloji çalışmalarında bakır ve bronz eser bulunan Uluburun Batığı, Gelidonya Batığı, Kumluca Tunç Çağı Batığı ve Osmanlı Dönemi Batığı hakkında genel bilgiler anlatılmıştır. Altıncı bölümde; metal eserlerin onarım ve koruma teknikleri altında restorasyon ve konservasyonun tanımı, korozyon oluşumu, korozyon türleri, bronzun bozulma türleri, onarım ve koruma teknikleri, kara kazıları ile sualtı kazıları buluntusu metal eserlerin onarım ve koruma uygulamalarındaki benzerlikler ve farklılıklar anlatılmıştır. Yedinci bölümde; Kumluca Tunç Çağı ve Osmanlı dönemi batıkları buluntusu bakır eserlerin onarım ve koruma süreci uygulamalara ait bilgi, belge ve görsel dokümanlar ile anlatılmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Onarım ve koruma, Bakır, Bronz, Kalay, Korozyon, Maden, Madencilik, Tunç Çağı.

## ABSTRACT

Metal materials, which have been in daily life since the times when pottery was not known in the history of humanity, is the leading actor in all sectors such as automotive, technology, aviation, maritime and construction, which facilitate today's living conditions, especially after the industrial revolution. Preserving the archeological metal artifacts, which are the first examples of metal tools and equipment that have such an important place in our daily lives, is equally important.

Within the scope of this thesis, in the first part of the study, which deals with the repair and preservation methods of underwater copper artifacts; The historical process of the Eastern Mediterranean geography is explained in general terms. In the second part; Historical process of copper production and trade in Eastern Mediterranean archeology, known copper mines, usage areas of copper, copper production centers in the Eastern Mediterranean region, recycling copper production are explained. In the third part; known tin mines, tin trade is explained. In the fourth chapter; The first emergence of metallurgy, the first alloy materials and its effects on the historical process are explained. In the fifth section; General information about Uluburun Wreck, Gelidonya Wreck, Kumluca Bronze Age Wreck and Ottoman Period Wreck, which contains copper and bronze artifacts in underwater archeology studies, is explained. In the sixth section; The definition of restoration and conservation under restoration and conservation techniques of metal heritages, the formation of corrosion, corrosion types, types of deterioration of bronze, repair and protection techniques, similarities and differences in the restoration and conservation practices of metal heritages found in land excavations and underwater excavations are explained. In the seventh chapter; The restoration and conservation process of copper artifacts found in Kumluca Bronze Age and Ottoman period shipwrecks has been tried to be explained with information, documents and visual documents related to the applications.

**Keywords:** Restoration and Konservation, Copper, Bronze, Tin, Corrosion, Mining, Bronze Age.

## ÖNSÖZ

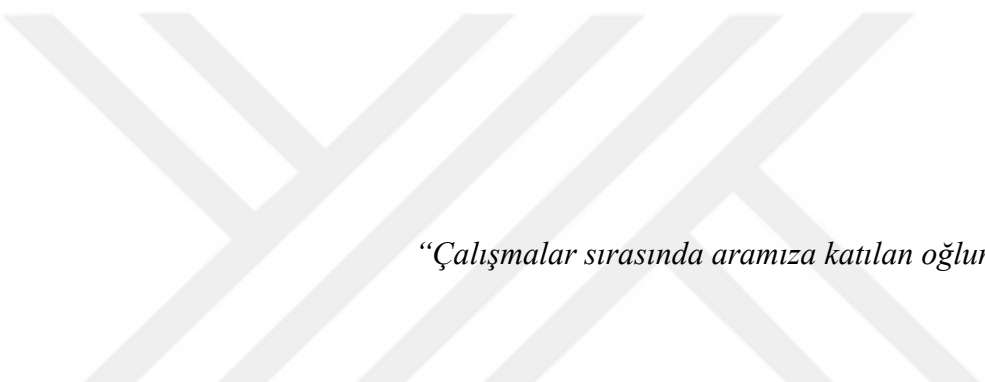
Dünyada ilk kez Uluburun Batığı çalışmalarında kullanılan teknikler ile Anadolu topraklarında doğan ve gelişerek globalleşen Sualtı Arkeolojisi Bilimi çatısı altında yürütülen sualtı araştırmaları ve sualtı kazıları ile aletli dalışlar ve balıkçılık, sünger avcılığı gibi diğer sualtı aktiviteleri esnasında tespit edilen, bulundukları yerde muhafaza edilmeleri mümkün olmadığı için bir müzede muhafaza altına alınan sualtı buluntusu kültür mirasının korunarak gelecek kuşaklara aktarılabilmesi için onarım ve koruma çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknikler ve yeni yaklaşımlar ile restorasyon ve konservasyon bilimi kültür varlıklarının ileri kuşaklara aktarılmasında önemli aktörlerden biri konumuna gelmiştir. Bu çalışmada sualtı buluntusu bakır eserlerin onarım ve koruma tekniklerinin anlatılması amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans Programına başlamanın noktasında, ders süreçlerinde, tez konumum seçimi ile tez yazım aşamalarındaki yardımları ve destekleyici motivasyonları için tez danışmanım Sayın Doç Dr. Hakan ÖNİZ'e, yeniden öğrenim hayatına başlamanın noktasında ki teşvikleri ve tezimin tamamlanma sürecindeki katkıları ve yardımları için Kurum Müdürüm Sayın Harun GÜLLÜ'ye, tez konum dâhilinde seçilen eserlerin çalışma müsaadeleri için Antalya Müze Müdürü Sayın Mustafa DEMİREL'e, Alanya Müze Müdürü Sayın Seher TÜRKMEN'e; tez kapsamında yürütülen analiz çalışmalarındaki katkıları için çalışma arkadaşlarım Özgür GEMİCİ ve Merve CİVAN'a, konservasyon uygulamalarındaki yardımları için çalışma arkadaşım Murat KARATAĞ'a; bitmek bilmeyen destekleri için Kumluca Tunç Çağı Batığı ve Osmanlı Dönemi Batığı kazı ekibi üyeleri Günay DÖNMEZ, Elif Nur DÖNMEZ, İrem KILIÇ ve Ercan SOYDAN'a en içten teşekkürlerimi iletirim.

Bu zorlu süreçte daima yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen başta sevgili eşim Perihan AKÇAY olmak üzere tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi iletirim.

Serkan AKÇAY

Antalya, 2023



*“Çalışmalar sırasında aramıza katılan oğlum **URAZ**’a...”*

## GİRİŞ

Tarih boyunca insanoğlunun gelişim sürecini kapsayan dönem içerisinde yaşamı kolaylaştıran ve hem teknolojik hem de sosyokültürel gelişimi hızlandıran eşya, alet ve gereç gibi günlük yaşam ihtiyaçlarının üretiminde en çok kullanılan malzemelerden biridir metal. Bunda en önemli etkenlerin metallerin doğadan temin edilebilir olması, eritilebilmesi, döküm yapılabilmesi, farklı metal türlerinin alaşım yapılabilmesi, belli oranlarda geri dönüşümü olan bir malzeme olması ve organik malzemelere göre dayanımının çok daha yüksek olmasını gösterebiliriz.

Antik dönemlerden günümüze savaş ve av aletleri, mutfak gereçleri, mimari yapı elemanları ve gemi yapım elemanı gibi çok çeşitli alanlarda kullanılan metal malzemeler özellikle sanayi devriminden sonra günümüz yaşam şartlarını kolaylaştıran otomotiv, teknoloji, havacılık, denizcilik, inşaat gibi sektörlerin tamamında baş aktör konumunda yer almaktadır. Günlük hayatımızda bu kadar önemli bir yere sahip metal alet ve ekipmanların ilk örneklerini oluşturan arkeolojik metal eser buluntuların korunarak gelecek kuşaklara aktarımı da bir o kadar öneme sahiptir.

Tarih boyunca metal arkeolojik buluntuların genellikle demir, bakır, gümüş, altın, kurşun ve kalay ile bu metallerin alaşımlarından üretildikleri bilinmektedir. Doğadan toplanan cevher halindeki minerallerin saflaştırarak metalik hale getirilmesi ile dönemin zorlu şartlarında büyük emek harcanarak üretilen metal objelerin doğaya yenik düşmesi kaçınılmazdır. Çünkü metaller doğada bulunduğu mineral formuna geri dönme eğilimindedir. Bu eğilim sürecinde metaller reaktivitelerine ve bulundukları ortam özelliklerine göre; ya reaksiyonları denge noktasına ulaşarak korunmakta; ya da tamamen mineral formuna dönüşerek yok olmaktadır. Metallerin denge reaksiyon noktasına ulaşamadığı mineralleşme sürecinde metal yüzeyler korozyon olarak ta bilinen farklı türevlerde mineral tabakalarıyla kaplanır. Korozyon oluşum sürecinde metal özü tükenmekte ve eserin yok olarak doğaya karışması kaçınılmaz son olmaktadır.

Bu çalışmayla birlikte önce Doğu Akdeniz coğrafyasının uygarlık tarihinden, bakır madenciliğinin ve bakır ticaretinin tarihsel sürecinden, arkeolojideki yerinden kısaca bahsedilmesi amaçlanmıştır. Son olarak da bitirme tezinin konusu olan “Tunç Çağı ve Osmanlı Dönemi Sualtı Buluntusu Bakır Eserlerin Restorasyon ve Konservasyon Teknikleri” kapsamında müsaadeleri alınan Kumluca Tunç Çağı Batığı ve Osmanlı Dönemi Batığı kazı çalışmalarında ele geçen bakır eserlerin restorasyon ve konservasyon uygulamaları tek tek ele alınıp anlatılması hedeflenmiştir.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **DOĞU AKDENİZ COĞRAFYASI TARİHSEL SÜREÇ**

#### **1.1. Tunç Çağı**

Nil Nehri'nde yapılan taşımacılık ile denizcilik deneyimi kazanan Mısırlı denizcilerin yaklaşık 4500 yıl önce kıyıda uzaklaşmadan Babylos'a yaptıkları sefer Akdeniz tarihinde önemli gelişmelerin başlangıcı olmuştur. Bundan sonra Mısırlılar Suriye – Lübnan kıyılarına sefer yapmaya başlamıştır. MÖ 4. Bin yılda Lübnan'ın sedir ağaçları, Mısır ve Suriye arasında sürekli bir ilişkinin nedeni olmuştur. Böylece Doğu Akdeniz kıyılarında yaşayanlar birbirleriyle ilişki kurmaya başlamıştır. MÖ 3. bin yılın sonunda gemi yapımında kullanılan sedir ağacının Ur'dan gemilere yüklenerek Dilmun (Bahreyn), Magan, Meluha'ya götürüldüğünü çivi yazılı tabletlerden öğrenmekteyiz (Yıldız, 2008:11-12). Artık Akdeniz'de MÖ 2. bin yılda insanlar, mallar hatta kültürler ve fikirler bile yer değiştirmeye başlamıştır. Tunç Dönemi'nde Akdeniz ve Ege Denizi'ndeki uygarlıkların gelişmesinde ve yayılmasında deniz ticareti faktörü önemli olmuştur (Ünal, 2000:185). Bölgeler arasında gelişen ticaretin nedeni kendinde bulunmayan doğal kaynakların, bazı ürünlerin farklı yerlerden temin edilmesidir. Örneğin, Mısır'da altın, tahıl, fildişi gibi lüks mallar bulunurken kereste, şarap ve zeytinyağı gibi ürünler bulunmamaktaydı. Bu sebeple kereste Levant Bölgesi'nden, bakır Kıbrıs'tan, Ege ve Anadolu'dan gümüş, kurşun, şarap ve zeytinyağı gibi mallar alınmıştır (Yalçın, 2013:57). Mısırlı bir tüccarın papirüs üzerine resmi dilde yazdığı “Wenamun'un Raporu” isimli belgede, Yeni Krallık Dönemi'nin sonunda yapmış olduğu yolcuğu anlatmaktadır. Bu rapora göre, Mısırlı tüccar çam ağacı almak için Fenike şehri Byblos'a yolculuk etmiştir. Fırtına sonucunda gemisi ve mürettebatı ile birlikte Kıbrıs kıyılarına gelmiştir. Burada prenses Hatiba tarafından konuk edilmiştir (Ünal, 2000:187). Alışveriş hükümdarların ilişkilerini güçlendirmek amacıyla hediyeler göndermelerleriyle başlamış, sonra tüccarların kazanç elde ettiği ticaretle malları takas edilmiştir (Yalçın, 2013:57). Bir başka kaynak ise Orta Mısır'da Tell-El Amarna şehrinde bulunan MÖ 14. yüzyıla ait “Amarna Mektupları"dır. Bu mektupların 9 tanesinde Kıbrıs kralının uluslararası ticarette Kıbrıs'ın yerini ve önemini korumaya çalıştığından bahsedilir. Ayrıca bu yazışmalarda Mısırlı firavun ile Asya ve Suriye kralları arasındaki ticaretin hediye alışverişi şeklinde olduğu yazmaktadır. Örneğin; Babil kralı atlar ve lapislazuli karşılığında Mısır'dan altın almıştır (Ünal, 2000:187).

Hititler özellikle tüm Anadolu kıyılarında MÖ 14. yüzyılda etkisini göstermiştir. İmparatorluk Antalya'dan Suriye'ye kadar olan kıyı şeridinde aktif bir şekilde etkili olmuştur. Hititlerin varlığını gösterdiği Orta Tunç Dönemi'nde ve bu döneme kadar farklı toplumlar

tarafından Anadolu kıyılarında 5 bin yıldır deniz yollarının kullanıldığı bilinmektedir. Hititler I. Suppiluliuma (MÖ 1359 – 1322) döneminde güçlenmiş ve Kuzey Suriye'ye kadar genişlemiştir. Bu dönemde Doğu Akdeniz'in en önemli limanı olan Ugarit'i egemenliği altına almıştır. Böylelikle Hititler Doğu Akdeniz ticaret yollarında etkili olmuştur. Aynı zamanda Hititlerin Güney Anadolu'da Ura adında bir limanı olduğu yeri henüz tespit edilememişse de Hitit metinlerinden var olduğu bilinmektedir. Bu da Hititlerin Akdeniz'de denizcilik ve deniz ticaretini kontrol altına almak için attığı adımlardan biridir. Hititlerin deniz ve denizcilikle ilgili ilişkilerine dair bilgiler oldukça kısıtlıdır. Hititlerin denizle bağlantıları genellikle vasal krallıklar aracılığıyla sağlanmıştır. Bu konuda bilinenler kazılarda bulunmuş olan az sayıdaki tabletler ve devletlerarası yazışmalardır. Fakat arkeojik çalışmalarla ortaya çıkarılan yazıtlar ve çeşitli arkeolojik kanıtlar ile Hititler'in deniz ve nehirlerden sanıldığından çok daha fazla yararlandığı saptanmıştır. Osmaniye/Karatepe'de bulunan iki kabartma Geç Hitit denizciliği için önemli kalıntılardır (Öniz ve Beşaltı, 2016:73-81).

## **1.2. Demir Çağı**

Doğu Akdeniz bölgelerinde Demir Çağı, Yakınoğu'da bulunan uygarlıkları bitiren barbar akınlarının hemen arkasından görülmektedir. Demir'i eritmek için odun kömürü, Lübnan sediri, Toros köknarı, saçlı ve tüylü meşe gibi maddeler üreticiler tarafından kullanılmıştır. Bu üretimler için hammadde sağlayan bölgeler kontrol altına alınmıştır. Girit, Kıbrıs, Filistin, Suriye, Mezopotamya, İran ve Kafkasya'da demir üretiminde ve kullanımında gözle görülür artış yaşanmıştır (Özdemir, 2007: 503). Doğu Akdeniz'de Demir Çağı sırasında siyasi durum karmaşıktı ve sürekli olarak değişmekteydi. Bölge, Hititler, Mısırlılar Asurlular hâkimiyetindeydi. Kuzey Levant bölgesi, Mısır ve Hitit arasında uzun süren mücadelelere ev sahipliği yapmıştır (Yıldırım, 2020: 3).

## **1.3. Helenistik Dönem ve Roma Dönemi**

M.Ö. 330-30 yılları arasını kapsayan Helenistik Dönemin başlangıcı, Büyük İskender'in M.Ö. 334'te Anadolu'ya gelişi, bitişi ise M.Ö. 30'da Oktavianus'un son krallığı alışı olarak kabul bilinmektedir (Bingöl, 2009: 2). M.Ö. 334 yılında Büyük İskender'in Pers ordularını yenerek Sardes, Bordum, Perge, Side, Sagalassos, Gordion ve Ankara'ya kadar ilerlemesi ve Gülek Geçidi'ni geçmesi sonucunda M.Ö. 333 yılında. Pers Kralı Darius'u Issos'ta kendisi ile savaş zorunda bırakmış ve Darius'u yenerek Kilikya bölgesini imparatorluğuna eklemiştir (Ünal, 2006: 80). Büyük İskender'in ölümü ile generallerleri, Anadolu'yu krallıklara bölerek. Pergamon Krallığı, Galatlar, Pontus Krallığı, Kapadokya Krallığı, Seleukoslar ve Ptolemaioslar olarak Roma Dönemi'ne kadar Anadolu'da hüküm

sürmüşlerdir (Bingöl, 2009: 4). Bu Krallıklar arasında sürekli devam eden bir iç savaş süregelmiştir ve M.Ö 281 yılında Anadolu'nun tümü, Seleukos'un egemenliği altına girmiştir. M.Ö. 190 yılının sonlarına doğru Seleukoslar Kralı III. Antiokhos'un Roma ile savaşı başlamış ve kaybetmiştir. Savaş sonrası. M.Ö 188 yılında Apameia'da yapılan barış konferansının ardından Batı Kilikya Seleukoslar'ın hâkimiyetinden çıkmış ve III. Antiokhos'un gemilerinin Sarpedon burnundan batıya geçişi engellenmiştir (Kurt, 2009: 118). Deniz gücünün çoğunluğunu ve donanmalarını Roma'ya bırakan Seleukoslar Ovalık Kilikya bölgesine kadar Akdeniz'den çekilmek zorunda kalmışlardır (Sherwin-White, 1976: 3). Roma'nın bu hamlesi korsanlığın Akdeniz'de hızlı bir şekilde genişlemesine yol açmıştır. Girit ve Kilikya Bölgesi'nin kıyıları korsanlar için yuva haline gelmişti. Roma'nın ticareti etkilenip tahıl akışı bozulunca M.Ö. 67' de korsanlara karşı Pompeius ile savaş başlatarak, korsanları kıyılarından uzaklaştırmayı başardı (Yıldız, 2008: 42). Korsan sorununun çözülmesi ile birlikte deniz ticareti Roma İmparatorluk Dönemi'nde en üst seviyesine ulaşmıştır ve Akdeniz'i, bir iç deniz haline getirmiştir. Akdeniz ticaret rotaları önemini korumuştur. Bu rotaların en önemlileri doğuda bulunan Parth ülkesi üzerinden geçip Zagros Dağları'ndan sonra Anadolu'nun güneydoğu bölgesinden geçerek Doğu Akdeniz'e ulaşan ticaret yollarıdır (Yıldırım, 2018: 90). Korsanların yanı sıra Partlar'ı da Akdeniz'den uzak tutmaya çalışan Romalılar, Doğu Akdeniz politikasını oluşturan anlayış ile Fırat Nehri'nin batısını kontrol altına alarak Partların Akdeniz'e inmesini engellemişlerdir (Yıldırım, 2016: 99).

M.Ö. 31 yılında Octavianus döneminde Mısır'da bulunan Helenistik krallık Ptolemaioslar, Roma'ya katılmıştır ve Hellenizm Dönem'i siyasi olarak sona ermiştir. Roma Cumhuriyeti Akdeniz'e hâkim olmuş, barış dönemi başlamıştır. MS 260 yılına kadar sakin bir hayat geçiren Roma Perslerin istilası ile sarsılmıştır. Suriye ile Antakya'dan başlayarak Kapadokya'ya kadar ilerleyen persler her yeri yakıp yıkmışlardır. (Ünal ve Girginer, 2007: 247-261).

Güçlü Roma'nın, hatta dünyanın tarihini değiştirecek olan Hristiyanlık Kilikya'da baş göstermiştir. Tarsus doğumlu Paulus Hristiyanlığı dört bir yana yaymaya başlamıştı. Hatta Ovalık Kilikya bölgesi Erken Bizans Dönemi'nde iki ayrı eyalete ayrılarak Kilise yönetimine benzer bir sistem ile yönetiliyordu (Ünal ve Girginer, 2007: 271).

#### **1.4. Bizans Dönemi**

Bizans İmparatorluğu İslamiyet'e kadar Doğu Akdeniz hâkimiyetini elinde tutmaya çalışmıştır. Özellikle Bizans, coğrafi artılarının avantajı sayesinde Doğu ve Batı arasındaki

ticaret yollarını Asya'nın ticaret yollarının bittiği sahilleri, Mısır'ı, Anadolu'yu ve Mezopotamya bölgelerini ele geçirmiştir (Fidan ve Kuzucu, 2022: 65).

### **1.5. Osmanlı Dönemi**

Osmanlılar 15. yüzyılın sonlarından sonra deniz imparatorluğu olmaya başlamışlardır. Yönetime sahip olan bütün Osmanlı Padişahları Akdeniz'e büyük önem vermiştir. Osmanlılar 16. Yüzyılda Kanuni Sultan Süleyman zamanında neredeyse Akdeniz'in tamamına hâkim olmuşlardır (Yaycı, 2012: 3). 19. yüzyılın ortalarına kadar Doğu Akdeniz'e Osmanlı Devleti'nin hâkimliği devam etmektedir. Sonraki zamanlarda Osmanlı Devleti'nde denize ve denizciliğe verilen önemin azalmasıyla hâkim olduğu bölgenin küçülmesi ile Anadolu kıyılarına kadar çekilmek zorunda kaldığı söylenilmektedir (Kurumahmut, 1998:8).



## **İKİNCİ BÖLÜM**

### **TARİHSEL SÜREÇTE DOĞU AKDENİZ ARKEOLOJİSİNDE BAKIR ÜRETİMİ VE TİCARETİ**

MÖ. 8. binlerde Çayönü ve Aşıklı Höyükte bulunan delici aletler, olta iğnesi ve boncuk gibi basit gündelik alet buluntuları, metal buluntuların ilk örneklerini oluşturmaktadır (Özbal, 2005:9). Henüz çanak-çömlek yapımının dahi bilinmediği dönemde öncelikle bir bakır minerali olan malahit taşının (Pernicka, 1995), ardından nabit (doğal ) bakır parçalarının yüzeyden toplanarak alet ve süs eşyası olarak kullanıldıkları görülmektedir. Bu kullanım sürecinde bakır çok kıymetli olmadığından günlük hayata ve gelişime etkisi de kısıtlı olmuştur. Bu durum bakır işleme yöntemlerinde farklı arayışları beraberinde getirmiştir. Yüzeyden toplandığı haliyle kesici aletler ve silah yapımı gibi dayanım gerektiren ekipmanlar için yeterli sertliğe sahip olmayan bakır cevherlerinin dövülerek sertliğinin arttığı (soğuk işlem olarak ta adlandırılır.) keşfi M.Ö. 7000 li yıllara tarihlenmektedir (Ehsani ve Yazıcı, 2015:42-47). Doğu Akdeniz'in güney sahilinde yer alan ve günümüzde İsrail, Ürdün ve Güney Suriye bölgelerini kapsayan alanlarda yürütülen arkeolojik çalışmalarda bu şekilde metal kullanımına işaret eden bir bulguya rastlanılmamıştır (Bilgi vd. 2004:1-44). Bu veriler ışığında bakır madenciliğinin en eski izlerine Anadolu'da rastlanılmasının yanında, çevre bölgelere de Anadolu'dan yayıldığı belirtilmesi yanlış olmaz. Zira bakır madenciliğinin Doğu Akdeniz'in güney sahillerinde görülmesi M.Ö. 5000'li yılların sonlarına rastlamaktadır (Bilgi vd. 2004:1-44).

Anadolu'da bakırın izabesi (ergitilmesi) işleminin Çayönü ve Ergani bölgelerinde, tarihi tam olarak bilinmemekle birlikte M.Ö. 6500-4000 yıllarında Malahit ve Azurit cevherlerinin bir tesadüf sonucu çömlek fırınında birleşmesiyle oluştuğu düşünülmektedir (Ehsani ve Yazıcı, 2015:42-47). İlk izabe denemeleri sırasında elde edilen ürünlerin de değeri çok fazla olmamıştır. Ancak bu gelişmeler neticesinde, artan bakır ihtiyacını karşılamak isteyen Mezopotamya tüccarları geniş bir ticaret ağı oluştururlar. Bu ticari ilişkiler sonucunda bakır üretim hacmi genişler ve değer kazanarak Anadolu'da başlayan kentleşme sürecine de katkıda bulunur (Özbal, 2005:10).

Bakırın yumuşak, kolay işlenir yapısı ve alaşım yapmaya elverişliliği sayesinde çok miktarda silah, takı ve günlük kullanım malzemesi üretilebilmesi, M.Ö. 4. bin ile erken 1. bine kadar ki dönemde Bakır ekonomik ve stratejik olarak en değerli metal konumuna getirir (Stollner, 2006:455). Özellikle İlk Tunç Çağı olarak ta adlandırılan M.Ö. 3. binyılda bakırın

yaklaşık %10 oranlarında kalay ile karıştırılması neticesinde ilk kez tunç eserler üretilmesi ile bakır daha da önemli bir konuma gelmektedir.

Bu durum Anadolu'nun yanı sıra ticaret güzergâhları üzerinde yer alması ile bölgedeki gelişmiş uygarlıkların hâkimiyet kurmak istedikleri bir nokta olan Kıbrıs'ın zengin bakır yataklarına sahip olması sebebiyle daha da cazip hale gelmesine yol açmıştır. Bunun sonucunda adada hâkimiyetin zaman içerisinde sık sık el değiştirmiştir. Ancak yeraltı kaynaklarının zenginliği ve stratejik konumu sayesinde adanın komşu ülkelerle ticari ve sosyal ilişkileri artmıştır (Tanoğlu, 1963:60). M.Ö. 2. binyılın başlarında, değerli maden rezervlerinin bölgelere göre farklılık göstermesi sebebiyle artan tedarik ihtiyaçlarının karşılanması için deniz ticareti önem kazanmaya başlamış, Geç Tunç Çağında (M.Ö. 1600-1200) zirveye ulaşmıştır (Özargun ve Pınarcık, 2021:554). M.Ö. 2. binyılın ortaları ile M.Ö. 1. Binyılın başlarında ada bölgenin en önemli üreticisi konumuna gelmiştir (Stollner, 2006:457). Kıbrıs'ın ticaret hacminde önemli bir yere sahip olan Mısır ile ilişkilerinin en önemli kanıtları “Amarna Mektupları”dır. Mektuplarda Alasia olarak geçen Kıbrıs'ın ismi belirtilmeyen kralından, Mısır kralı IV. Amenhotep'e gönderildiği ön görülen (Moran, 1992:104) E33 numaralı mektupta, kral IV. Amenhotep'in tahta çıkışı onuruna toplam 210 talent (yaklaşık 6300 kg ağılığa denk gelmektedir) gibi yükü ve değeri yüksek bir hediye yolladığı görülmektedir.

Döneminde bir kralın tahta çıkışını kutlamak için hediye olarak gönderilebilecek kadar değerli olan, Geç Tunç Çağının vazgeçilmez madeni olan bakır, günümüzde de yaygın olarak kullanılmaya devam etmekte ve önemini korumaktadır. Pahada altından, kullanım miktarlarında da demirden hemen sonra gelen bakır yine de demirin metalurji sahnesine çıkışı ile eski görkeminin uzağında kalmıştır.

## **2.1. Doğu Akdeniz Coğrafyasında Bakır Madenleri**

Bakır doğada yüzeyden toplanabileceği gibi maden yataklarında arsenik, karbonat gibi farklı mineraller ile birlikte filizler halinde bulunabilmektedir (Forbes, 1964).

**Tablo 1: Başlıca Bakır Mineralleri**

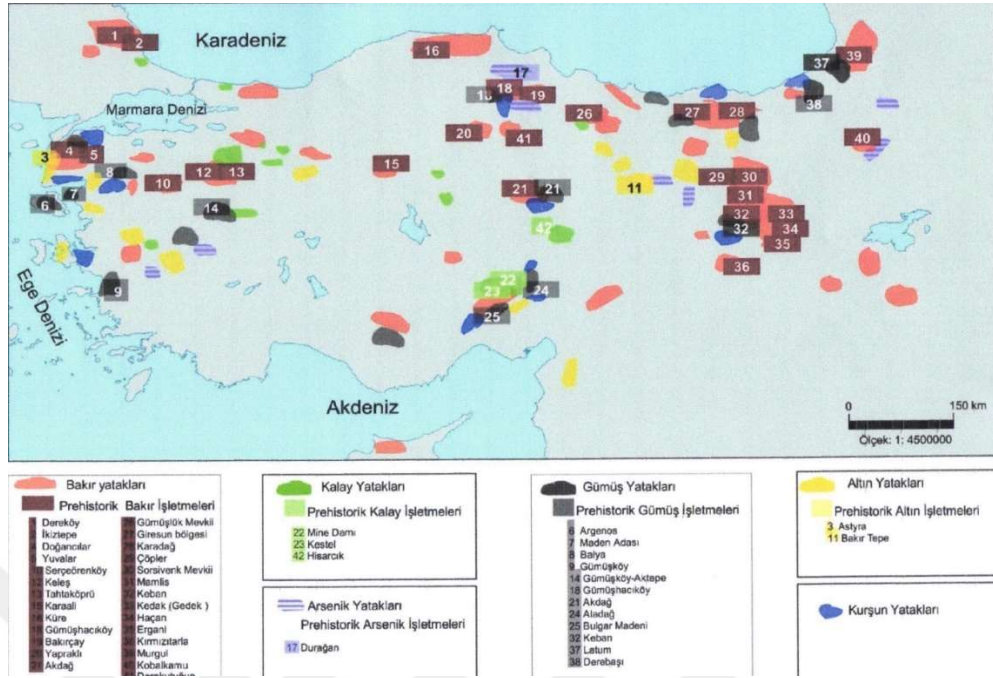
| Mineral     | Kimyasal Formülü                               | Bakır İçeriği (%) |
|-------------|------------------------------------------------|-------------------|
| Kuprit      | $\text{Cu}_2\text{O}$                          | 88,82             |
| Tenorit     | $\text{CuO}$                                   | 79,89             |
| Kalkosit    | $\text{Cu}_2\text{S}$                          | 79,85             |
| Kovellit    | $\text{CuS}$                                   | 64,46             |
| Bornit      | $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$                      | 63,31             |
| Malahit     | $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$        | 57,48             |
| Azurit      | $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$      | 55,31             |
| Tennantit   | $(\text{Cu, Fe})_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$ | 47,51             |
| Tetrahedrit | $(\text{Cu, Fe})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ | 34,8              |
| Kalkopirit  | $\text{CuFeS}_2$                               | 34,63             |

Kaynak: MTA, 2016: Tablo 1

Bakır yatakları açısından zengin olan Anadolu'da yataklarm, Kuzey Anadolu Dağları, Doğu Anadolu, Toraslar üzerinde ve Kuzeybatı Anadolu da yoğunluk gösterdiği görülmektedir (Fidan, 2015:49). Elde edilen veriler doğrultusunda Anadolu da ve Trakya da tarih öncesi dönemlerde bakır madenciliği faaliyetleri yürütüldüğünü rahatlıkla söyleyebiliriz.

Bursa İli sınırları içerisinde yer alan Tahtaköprü bakır maden ocağı Roma dönemine tarihleniyor olmakla birlikte prehistorik dönemde de kullanılmış olma olasılığı oldukça yüksek değerlendirilmektedir (Pernicka vd. 2003). Tokatın Erbeğ İlçesi sınırları içerisinde yer alan Kozlu eski Gümüşlük Mevkiinde kullanımı M.Ö. 3. Binyıl olduğu düşünülen ilk maden kaynaklarından birisi yer almaktadır (Fidan, 2015:49) (Şekil 1).

**Şekil 1: Anadolu Maden Yatakları Haritası**



Kaynak: Fidan, 2015, Şekil:1

M.Ö. 3. ve 2. Binde büyük bakır işleme ağıyla ilintili olarak geniş bir üretim alanı karşımıza çıkmakta. Avrupa’da Güney İspanyadan Doğu Alplere uzanan bölge ile Slovakya, Bulgaristan bölgeleri, Kuzeydoğu ve Doğu Anadolu Bölgelerinin yanı sıra Kafkaslar ve Orta İran yaylaları sayılabilir. Güney Levant Bölgesi ile Arap Yarımadasında bulunan Umman Madenleri de bu geniş ağa katılmaktadır (Stollner, 2006:455)(Şekil 2).

**Şekil 2: M.Ö. 3. Ve 2. Binyılda Doğu Akdeniz Bölgesi ve Önasya’da Önde Gelen Madencilik Alanları.**

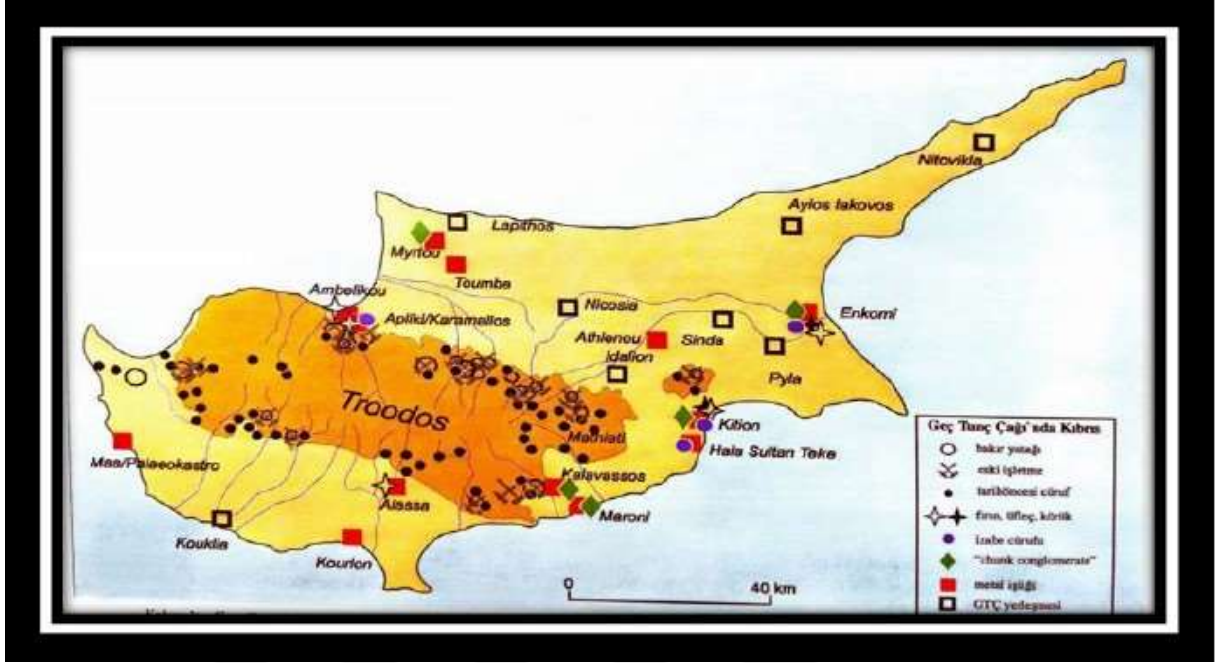


Kaynak: Stollner, 2006, Resim 1

Özellikle Arab-Nubya plakasındaki yataklardan çıkan kaliteli saf cevherler dolayısıyla M.Ö. 3. binin ikinci yarısından itibaren “Bakır Ülkesi Mekan” olarak anılan Umman, Güney Mezopotamya Pazarının baş aktörü konumuna gelmiştir (Prange, 2001).

Erken dönem bulgulara ulaşmak zor olsa da, deniz ticaretinin öneminin artması ile Kıbrıs, M.Ö. 2. binyılın ortaları ile M.Ö. 1. Binyılın başlarında bölgenin önde gelen bakır üreticisi konumuna gelmiştir. Kuzeydoğu Kıbrıs’ta bulunan bakır yataklarından elde edilen Uluburun buluntuları da bu durumu doğrular niteliktedir (Hauptmann, 2002:14).

**Şekil 3: Kıbrıs'ta Geç Tunç Çağı bakır madenleri, cüruf tepeleri ve metal işlikleri haritası**



Kaynak: Stollner, 2006: Resim 3

## 2.2. Kullanım Alanları

Bakırın ilk kullanımı doğada yüzeyden toplanan malahit taşının venabitt bakır parçalarının boncuk, olta iğnesi ve delici aletler gibi basit gündelik kullanım aletlerinin üretimi ile başlar (Özbal, 2005:9).

**Şekil 4: Aşıklı Höyükte Bulunan Bakır Boncuklar**



Kaynak: Yalçın, 2016: Şekil 3

### Şekil 5: Nabit Bakırdan Yapılmış Can Hasan 2b Topuzu



Kaynak: Yalçın, 2016: Şekil 3

Her ne kadar bakırın dövüldükçe sertleştiği keşfedilmiş olsa da, farklı madenler ile alaşımı sonucu dayanımının arttığına keşfine kadar bakır, günlük hayatta basit malzemelerin yapımında kullanılmaya devam etmiştir. Bu dönemde bakırın değeri çok da fazla olmamıştır. İzabe denemelerinde ki gelişimler neticesinde, artan bakır ihtiyacının karşılanması talebi bir ticaret ağını oluşturur. Bu ticari hareketlilik sonucunda üretim hacmi genişler ve değer kazanmaya başlar (Özbal, 2005:10). Dayanımı yüksek bakır malzeme üretimi sayesinde çok sayıda silah, takı ve günlük kullanım malzemesi üretilebilir. Özellikle kalay ile alaşımı neticesinde ortaya çıkan bronz, bakırı ekonomik ve stratejik olarak en değerli maden konumuna getirir (Stollner, 2006:455). Bu aşamadan sonra hayatın her alanında bronzdan imal edilmiş malzemelere rastlıyoruz.

Özellikle malahit taşı olmak üzere, bakırın kozmetik alanında pigment elde etmek için kullanıldığı bilinmektedir (Oğuz, 1988:1). Yine güzellik algısına bağlı ve statü göstergesi olarak kullanılan diadem, küpe, kolye, bileklik ve boyunluk gibi takılar olarak karşımıza çıkmaktadır (Özbaşı, 2002). Yine gündelik yaşamın önemli gereksinimlerinden olan mutfak gereçleri de çağlar boyunca bakır ve alaşımı malzemelerden üretilmiştir. Alacahöyükte ele geçen bronz testi, Horoztepede ele geçen emzikli bronz kap ve bronz testi, Altıntepe buluntusu üç ayaklı kazan, Gordion buluntusu Omphaloslu ve dilimli bronz kap gibi bakır alaşımından üretim malzemelerin benzerleri Osmanlı döneminde de üretilmeye devam etmiştir (Belli, 2004). Tıp alanında ihtiyaç duyulan cerrahi müdahaleler için yine bronz üretim aletler kullanılmaktaydı.

En önemli üretim hacmini yaşamın devamını sağlama noktasında, doğal kaynakların temini için gerekli aletler ile silah üretimi oluşturmaktaydı. Ağaç kesmek için balta, maden çıkarmak için kazma, çekiç gibi el aletleri ile avlanma ve savunma amaçlı üretilen silahlar dayanıklı olması gerektiğinden arsen veya kalay alaşımından üretim bronzdan yapılmaktaydı. Ok ucu, kılıç, kama, kalkan gibi hafif silahlarla başlayan üretim teknolojisi Osmanlı döneminde bronz döküm toplar gibi ağır silah üretimine kadar ulaşmıştır (Belli, 2004).

**Şekil 6: Bronz Hayvan Figürlü İğne Grubu**



Kaynak: <https://www.rhm.org.tr/event/rezan-has-muzesi-urartu-takilari-koleksiyonu/>

**Şekil 7: Ejder Başlı Bilezikler**



Kaynak: <https://www.rhm.org.tr/event/rezan-has-muzesi-urartu-takilari-koleksiyonu/>

**Şekil 8: Ahlat Müzesi Bronz Küpe**



Kaynak: Gögtaş ve İgit. 2019: fotoğraf 18.

**Şekil 9: Bronz Omphaloslu kap**



Kaynak: <https://muze.metu.edu.tr/galeri/tumulus-i-ii>

**Şekil 10: Osmanlı Dönemi Şifa Tası**



Kaynak: <https://havadis.at/haber/suyu-duayla-bulusturan-sifa-tasi-koleksiyoncularin-gozdesi-h22457.html>

**Şekil 11: Üç Ayaklı Kazan Urartu Dönemi.**



Kaynak: <https://www.urartular.com.tr/alticerik/79/uc-ayakli-kazan.html>

**Şekil 12: Tunç Çağı Bronz Silahlar**



Kaynak: <https://www.nkfu.com/tunc-cagi-nedir-ne-zamandır-tunc-caginin-ozellikleri-hakkında-bilgi/>

**Şekil 13: Aslantepe Arsen Katkılı Kılıçlar**



Kaynak: <http://www.malatya.gov.tr/arslantepe-hoyugu>

**Şekil 14: Osmanlı Dönemi Bronz Döküm Top (Darbuzen)**



Kaynak: <https://www.yollardan.com/galleries/istanbul-harbiye-askeri-muze-fotograflari/>

### 2.3. Bölgesel Üretim Alanları

Bakır, henüz çanak-çömlek yapımının dahi bilinmediği MÖ. 8. binlerde Çayönü ve Aşıklı Höyükte bulunan delici aletler, olta iğnesi ve boncuk gibi basit gündelik alet buluntuları ile gündelik hayatımıza giren (Özbal, 2005:9) ilk metaldir. M.Ö. 7000 li yıllarda bakır cevherlerinin dövülerek sertliğinin arttığının keşfi (Ehsani ve Yazıcı, 2015:42-47), M.Ö. 6500-4000 yıllarında ilk izabe denemeleri gibi metal üretim teknolojisinde sürekli gelişim gösteren toplulukların yaşadığı Anadolu'nun dönemin en önemli üretim merkezlerine sahip olması da kaçınılmazdır. Zengin bakır yataklarına sahip olmanın da etkisiyle önemli bir ticaret hacmine ulaşılmıştır.

#### 2.3.1. Troia

Anadolu'nun kuzeybatısında bugün Hisarlık olarak bilinen alanda yer alan Troia uzun yıllar boyunca önemli bir ticaret merkezi konumunda olmuştur. Şehir merkezinin kenar mahallelerinde yer alan işliklerin anıtsal megaronlarda bulunan beylerce denetlendiği öne sürülmektedir (Melaart, 1959:136). Bununla birlikte kazı çalışmalarında ortaya çıkarılan 86 adet maden ergitme potası ile yaklaşık 90 adet döküm kalıbı ile çok sayıda değerli eşya, metal üretiminin Troia'daki işliklerde önemli bir endüstriye dönüştüğünü kanıtlamaktadır (Belli, 2004:13).

#### 2.3.2. Kaneş (Kültepe)

Kalay katkılı bronzun yaygın kullanımının Asurlu tacirlerin Anadolu'ya getirdikleri büyük miktardaki kalay ile başladığı, bugünkü adıyla Kültepe olarak bilinen Kaneş'te bulunan çivi yazılı kil tabletlerden ve arkeolojik kazılarda ele geçen çeşitli eşya ve silahlardan anlaşılmaktadır (Belli 2004:19). Özellikle kalay ticaretinin merkezi olması dolayısıyla Kaneşte birçok bronz işliği kurulmuştur. 1948 yılından beri sürdürülen arkeolojik araştırmalar önemli bilgiler sağlamaktadır. Kaneşte bulunan işliklerin dağınık bir yapıda olduğu, toplu bir üretim alanı planlanmadığı anlaşılmaktadır (Özgüç, 1986:38). madenci işliklerinde yapılan kazılarda ortaya çıkarılan sayıları 500 e ulaşan taştan yapılmış döküm kalıpları ve el aletlerinin sayısının çokluğu bronz endüstrisinin ulaştığı yüksek seviyeyi göstermektedir (Belli 2004:25).

#### 2.3.3. Kıbrıs

Erken dönem bulgulara ulaşmak zor olsa da, deniz ticaretinin öneminin artması ile Kıbrıs, M.Ö. 2. binyılın ortaları ile M.Ö. 1. Binyılın başlarında bölgenin önde gelen bakır üreticisi konumuna gelmiştir (Hauptmann, 2002:14). Kıbrıs'ta yürütülen arkeolojik

araştırmalarda önemli üretim merkezlerine ait bilgilere ulaşılmıştır (Fasnacht, 2006:518).

İlk Tunç Çağına tarihlenen Marki-Alonia yerleşmesinde çok sayıda döküm damlası ile üç adet döküm kalıbı ele geçmiştir. Bunun yanında “yassı balta kalıplar” adı verilen külçelerin dökümünde kullanılan taş döküm kalıbı en erken dönem buluntuları oluşturur. Marki-Alonia dışında Pyrgos-Mavroraki ve Alambra-Mouttes’te ele geçen döküm malzemeleri ada’da bakır üretiminin geldiği seviyeyi göstermektedir (Fasnacht, 2006:520). Kıbrıs’ın Doğu Akdeniz ticaret hacmindeki önemli yerini “Amarna Mektupları”nda da görmekteyiz. (Moran, 1992:104)

#### **2.4. Geri Dönüşüm Üretim**

M.Ö. 3. binyıldan itibaren hızla gelişen alaşım üretim teknolojisi neticesinde artan hammadde ihtiyacı ingot adı verilen külçelerin ticareti ile sağlanmaktaydı. Ancak ingotların üretimi ve nakliyesinde yaşanan güçlükler farklı hammadde kaynaklarının da kullanımını ortaya çıkarmıştır. Hurda veya işlevini yitirmiş metal üretim malzemelerin tekrar eritilerek hammaddeye dönüştürülmesi yani geri dönüşüm malzeme olarak kullanılması yaygınlaşmıştır. Geri dönüşüm malzemelerin M.Ö. 3. Binin sonlarından itibaren kullanıldığının kanıtlarına Ürdün Feinan’daki Khirbet Hamra İfdan ile Doğu İranda bulunan Şehdad’ta rastlanılmıştır (Hauptmann, 2006:482) (Şekil 15). Yapılan çalışmalarda ele geçen küçük fincan büyüklüğündeki iki adet bakır çörekçiği, ilk başlarda cüruf sanılsa da yapılan detaylı incelemeler neticesinde bunların bakır izabesi artığı cüruflardan koparılmış bakır parçaları olduğu anlaşılmıştır (Hauptmann, 2006:482).

**Şekil 15: Khirbet Hamra İfdan'da ele geçen bakır çörekçiği**



Kaynak: Pulak, 2006:482

Arkaik ve Klasik dönemde de hammadde temini güçlüğü dolayısıyla hurda metal kullanımını oldukça yaygındı. Savaş ganimeti metallerde hurda metal olarak kullanılıyordu (Erpehlivan, 2021:235). Heredotos'un aktardıklarına göre İstanbul Sultanahmet'teki Yılanlı Sütun buna örnek gösterilebilir. M.Ö. 479 yılında Yunanlılar, Perslere karşı kazandıkları Plataia Zaferi'nin ardından elde ettikleri ganimeti erittirip bu sütunu Delphoi Apollon Kutsal Alanına diktirmişlerdi (Erpehlivan, 2021:235).

Antalya İli, Manavgat İlçesi batısında yer alan Aktaş bölgesi Düzpüren Örenyeri kıyısında yürütülen çalışmalarda, liman içerisinde yer alan bir kayanın etrafında yaklaşık 30m<sup>2</sup> bir alana yayılmış olarak bulunan 7 adet bakır külçede formları ve yapısal durumları ile geri dönüşüm malzeme olarak değerlendirilmektedir. Side Müze Müdürlüğünde etütlük eser olarak muhafaza edilen ETN2051, ETN2055 ve ETN 2052 numaralı ingotlar üzerinde, Side Müze Müdürlüğü'nün 11.04.2022 tarih ve 2393792 sayılı müsaadeleri doğrultusunda belgeleme çalışmaları ve XRF analizleri yapılmıştır. Analiz detayları şu şekildedir,

## **2.5. Metod**

Elementel Analizlerde Olympus firmasının , Vanta C Series model el tipi X-RAY Floresans Spektrometresi kullanılmıştır. Üretim metalinin içeriğine yönelik analizler 'AlloyPlus-Turkish Museum Mode' kullanılarak ve 40 kv voltajda ışınlama kapasiteli cihaz eserlerin durumuna ve elementlere bağlı olarak 'kv' değerini otomatik yükseltip

düşürmektedir. Kullanılan mod ve voltajda tespit edilebilen elementler aşağıda belirtilmektedir.

➤ **Bakır İngot (ETN 2051)**

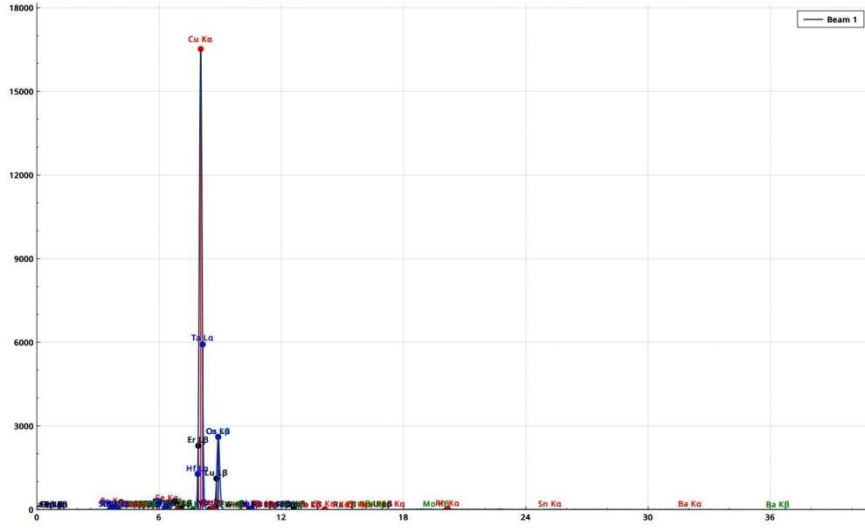
**Şekil 16: Bakır İngot (ETN 2051)**



**Beam 1**

- AlloyPlus-Turkish Museum Mode Işın (40 kV)  
Cu, Fe,As,Pb,Co,Sr,Zn,Sn,Mo

| El | %      | +/- 3σ |
|----|--------|--------|
| Cu | 88.737 | 0.052  |
| Fe | 10.417 | 0.032  |
| As | 0.298  | 0.023  |
| Pb | 0.251  | 0.019  |
| Co | 0.101  | 0.010  |
| Sr | 0.083  | 0.006  |
| Zn | 0.073  | 0.026  |
| Sn | 0.033  | 0.019  |
| Mo | 0.007  | 0.004  |



➤ **Bakır İngot (ETN 2055)**

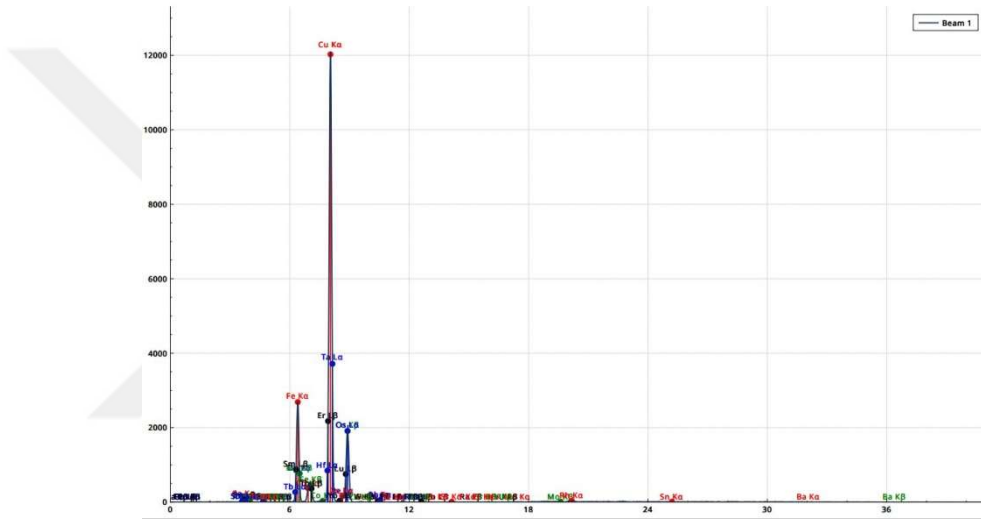
**Şekil 17: Bakır İngot (ETN 2055)**



**Beam 1**

- AlloyPlus-Turkish Museum Mode Işın (40 kV)  
Cu, Fe, As, Pb, Co, Sr, Zn, Sn, Mo, Sb, Ni, Mn,

| El | %      | +/- 3σ |
|----|--------|--------|
| Cu | 73.958 | 0.095  |
| Fe | 23.816 | 0.098  |
| Co | 1.013  | 0.030  |
| Zn | 0.583  | 0.030  |
| As | 0.270  | 0.018  |
| Pb | 0.153  | 0.013  |
| Sb | 0.054  | 0.023  |
| Ni | 0.053  | 0.016  |
| Mn | 0.034  | 0.009  |
| Sr | 0.033  | 0.004  |
| Sn | 0.022  | 0.015  |
| Mo | 0.011  | 0.003  |



➤ **Bakır İngot (ETN 2052)**

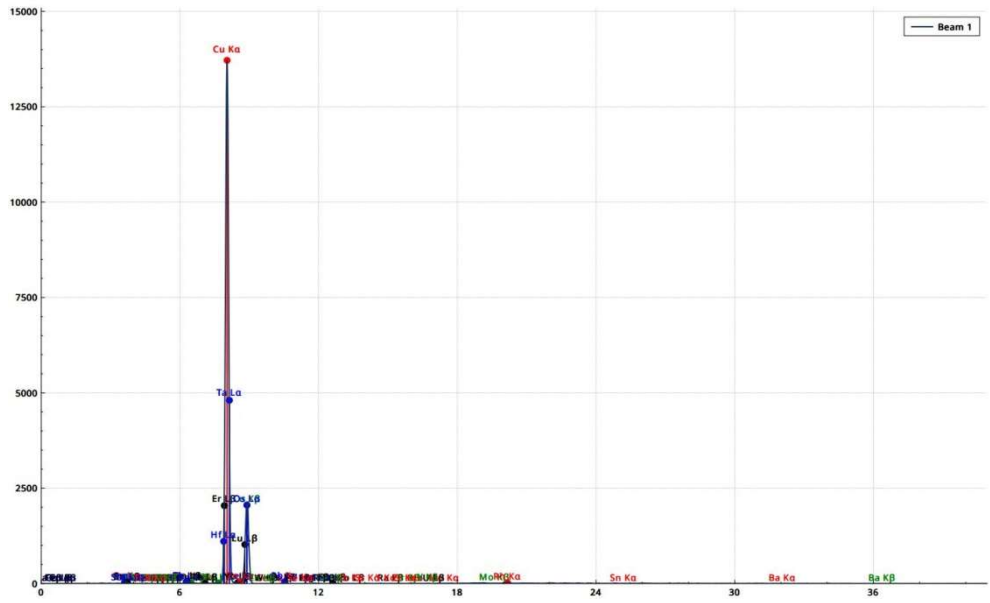
**Şekil 18: Bakır İngot (ETN 2052)**



## Beam 1

- AlloyPlus-Turkish Museum Mode Işın (40 kV)  
Cu, Fe,As,Pb,Zn,Ti,Ag,Ni,Mo

| El | %      | +/- 3σ |
|----|--------|--------|
| Cu | 89.615 | 0.061  |
| Fe | 9.374  | 0.020  |
| As | 0.355  | 0.028  |
| Pb | 0.290  | 0.022  |
| Zn | 0.121  | 0.029  |
| Ti | 0.110  | 0.031  |
| Ag | 0.096  | 0.017  |
| Ni | 0.032  | 0.012  |
| Mo | 0.007  | 0.004  |



Eserlerin elementel analizleri sonucunda metal eserlerin yüksek oranda bakır içerdikleri görülmüştür. Az miktarda demir ile eser miktarda bakırın doğal bileşiğinde bulunan minerallerde ölçümlerde tespit edilmiştir. Eserlerin içerdiği yüksek orandaki bakır miktarı ve fiziki deformasyonları hammadde kullanımına yönelik ikincil üretim olduklarına işaret etmektedir.

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### KALAY MADENLERİ

M.Ö. 3. binyılda sistematik üretim olarak karşımıza çıkan bronz eserler, bakırın %10 civarında bir oranda kalay ile karıştırılmasından elde edilmektedir. Yukarıdaki bölümlerde belirtildiği üzere metal üretim objelere tarihte ilk kez Anadolu’da rastlanmaktadır. Bunda Anadolu’nun zengin bakır yataklarına sahip olması da önemli bir etkidir.

Özünde tek cevherli bir maden olan kalayın başlıca minerali kahverengi renge sahip kalay taşı olmakla birlikte doğada farklı renklerde ve farklı madenlerle karışık olarak karşımıza çıkabilmektedir (de Jesus, 1978).

Anadolu, kalay madenleri açısından bakır madenleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük bir üretim hacmine sahiptir (Fidan, 2015)(Şekil 1). Anadolu’da tarih öncesi dönemlerde kullanıldığı ispatlanmış en bilindik maden olarak Kestel karşımıza çıkmaktadır (Yener, 1996). Eldeki veriler doğrultusunda Willies İlk Tunç Çağında 100.000 ton cevher çıkarıldığını, bu cevherden de yaklaşık 1000 ton kalay elde edildiğini belirtir (Willies, 1990.). Ancak, Göltepe/Kestel mevkiinde bulunan ve küçük bir galeriden oluşan işletmedeki demir madeni ile karışık olarak bulunan Kasitirit cevherinin tamamen tükendiği belirtilmektedir (Yener 1989:3). Edinilen bu bilgi Willies’in belirttiği miktar kalayın Anadolu’daki bronz üretim endüstrisinin ihtiyacının kaçta kaçını karşıladığı sorusunu ortaya çıkarmaktadır. M.Ö. 2. binyıldan önce bronz üretiminde kullanılan kalayın Anadolu’daki kaynaklardan mı karşılandığı, yoksa farklı bölgelerden mi getirildiği sorusunun net bir cevabı bulunabilmiş değildir (Belli 2004:17). Kalay katkılı bronzun yaygın kullanımının Asurlu tacirlerin Anadolu’ya getirdikleri büyük miktardaki kalay ile başladığı, bugünkü adıyla Kültepe olarak bilinen Kaneş’te bulunan çivi yazılı kil tabletlerden ve arkeolojik kazılarda ele geçen çeşitli eşya ve silahlardan anlaşılmaktadır. (Belli 2004:19). Troia’nın M.Ö. 2500-2300 yıllarına denk gelen Erken Tunç Çağı III. Dönemi kültür katmanlarında ele geçen eserlerin analizlerinde kalay katkılı bronz oldukları görülmüştür (Pernicka 2001:209).

M.Ö.13. yy. başlarına tarihlenen Tell Al Rimah yazıtında Assur Krallığına gelen kalayın kökenine dair önemli bilgiler yer alır. Yazıtta açıkça “ 50 mina (25 kilograma eş değer) kalayın Nairi’den getirildiği” yer almaktadır (Wiseman 1968:183). Kalayın Fırat Irmağı ile Van Gölü’nün güney bölümünü kapsayan Nairi Ülkesine ise, doğudan geldiği kanısı oldukça yaygındır. Afganistan’dan Urmiye Gölü ve Zağros Dağlarını aşan ticaret yolu, Suriye üzerinden Doğu Akdeniz’e açılan liman kentlerine ulaşmaktaydı.

M.Ö. 1. binyılın başlarında, İber Yarımadası'nın güneybetısında yer alan Tartessos kenti elverişli coğrafi konumu dolayısıyla önemli bir ticaret merkeziydi (Schulten 1950:29). Kuzeydeki “Kalay Adaları” olarak bilinen Britanya Adalarından getirilen kalay Tartessos'ta depolanmaktaydı. Kalayın, bir Fenike kolonisi olan Tartessostan Ege Dünyasına ve Doğu Akdenize Fenikeliler tarafından gemiyle taşındığını yazılı kaynaklardan öğrenmekteyiz ( Belli 2004:56).

Özellikle M.Ö. 2. binyıldan itibaren yazılı kaynaklardan da öğrenildiği üzere Doğu Akdeniz coğrafyasındaki kalay madenlerinin yetersizliği dolayısıyla bronz endüstrisinin ihtiyacı olan kalay farklı bölgelerden ithal edilerek karşılanmaktaydı. Yakınçağda bile herhangi bir değişiklik olmamış, ihtiyaç duyulan kalay uzak doğu ve İngiltere'den tedarik edilmeye devam etmiştir (Brudel 1989:422).

Maden Tetkik ve Araştırma Enstitüsü tarafından günümüzden halen sürdürülen modern araştırmalar dahilinde rezerv hesabı yapılacak kadar kalay madeni henüz bulunamamıştır.

## **DÖRDÜNCÜ BÖLÜM**

### **TARİHSEL SÜREÇTE METALURJİ**

İnsanoğlu metalleri, doğada yüzeyden toplayarak başladığı süreçte ergitme ile cevherden metaller elde ederek yaşamına dâhil etmiştir. Yeni metallerin keşfi insanoğlunun yaşamında köklü değişimler meydana getirerek teknolojik gelişmelerin de temelini oluşturmuş ve günümüz bilgi çağına erişilmesini sağlamıştır.

M.Ö. 6000’li yıllarda Mısırlı bir kadının makyaj malzemesi olarak kullandığı boya çubuğunu ocağa düşürmesi ve sabah olduğunda ocaktaki küllerin arasında bakır ingotların ilki olan kırmızı bir külçe bulması ile bilinen ilk metalurjist olduğunu anlatan efsanenin bir tek kozmetik malzemesi olarak malahitin ilkçağların başlarından itibaren kullanıldığı kısmı doğru kabul edilebilir (Oğuz 1988:1). Arkeolojik bulgulara ve bilimsel araştırmalara göre metalürjinin ilk görüldüğü bölge olarak kuzeydoğu İran ve Konya bölgesi kabul edilmektedir (Tez 1989).

Metallerin kullanımına bakır, altın ve gümüş gibi doğal metallerin gündelik yaşam eşyaları yapımında kullanılmasıyla başlanmıştır (Dikeç 1996:3-7). İnsanların galenin ( ana kurşun cevheri) düşük ısılarda ergitilebildiğini keşfetmesinin ardından, bu yöntemin diğer metallerde de uygulanabildiğini görülmüştür. Bu durum yeni teknik gelişimleri de beraberinde getirmiştir. Kalayın yaklaşık %10 oranında bakır ile karıştırılması ile bronz elde edilmiştir (Yılmaz vd. 2001:45-49).

Galenin ergitilmesi ile kurşun elde edilmesi, eritme metalürjisi’nin (pirometalurji) doğuşunu sağlamıştır. Yine düşük ısılarda ergitilebilen malahit cevherinden bakır elde edilmiştir. Ancak elde edilen bakırın dayanımı düşük olduğundan silah ve araç gereç üretimlerinde kullanılması mümkün olmamıştır. Ancak arsenik ve kalay gibi farklı metaller ile alaşım sonrası daha sert olan bronz dönüşmesi ile bakır dayanımı yüksek malzeme ihtiyacına cevap verebilmiştir (Dikeç 1996:3-7).

Demirde en az bronz kadar eski dönemlerden itibaren bilinmekte ancak tek tedarik kaynağı meteorik demir olmuştur. Bununla birlikte bronz çağında elde edilebilen en yüksek sıcaklık değerlerinde bile demir eritilemiyordu. Tek kullanım şekli dövme tekniği ile sert bir malzeme elde edilmesiydi (Yılmaz vd. 2001:45-49). İlk demir ergitme fırınları M.Ö. 200 ile M.S. 200 yılları arasında Çin’de ortaya çıkmıştır. Bu sayede dökme demiri başarıyla kullanmışlardır (Tez 1988)(Dikeç 1996:3-7). Ancak demirin daha dayanımlı hale getirilmesi ihtiyacı ancak M.S. 1300 yıllarında Avrupada çelik üretimi için gerekli olan 1600 °c sıcaklıklara ulaşabilen fırınların ortaya çıkışı ile karşılanabilmiştir (Yılmaz vd. 2001:45-49).

**Tablo 2: Metalurjik süreçler tablosu**

| OLAY                                                                          | M.Ö. Yaklaşık tarih |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Kırılgan taşların kullanımı (Taş çağı)                                        | 500 000 – 50 000    |
| Şekillenebilir taşların kullanımı (Kalkolitik çağ (bakır çağı))               | 50 000 - 10 000     |
| Kurşunun ergitilerek elde edilmesi                                            | 9 000 - 7 000       |
| Kurşun sırlar                                                                 | 5000                |
| Eritilmiş doğal bakırdan bakır nesneler                                       | 4500                |
| Ergitilmiş bakırdan (cevher) bakır nesneler                                   | 3800                |
| Kalay tuncu eşyalar                                                           | 3500                |
| Kalay eşyalar                                                                 | 3000                |
| Demir cevherinden ergitme ile demir aletler                                   | 2500                |
| Çeliğin özelliklerinin tümüyle kullanımı (karbonlama, su verme ısı işlemleri) | 1800                |

Kaynak: Yılmaz vd. 2001 (Tablo 1)

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### BAKIR VE TUNÇ ESERLER ELE GEÇEN BATIKLAR

#### 5.1. Uluburun Batığı

Türkiye'nin güneybatısında yer alan ve Antalya İli, Kaş İlçesinin güneydoğusunda bulunan Uluburun'un yaklaşık altı mil açıklarında bulunan, eldeki veriler ışığında M.Ö. 1300'lere tarihlenen Geç Tunç Çağı batığıdır. Batığın Uluburun'a uç noktadan yaklaşık 400 m, doğu cephesinden ise 60-70 m açıktaki konumlandığı görülmektedir. Teksas A&M Üniversitesi'ne bağlı Deniz Arkeoloji Enstitüsü tarafından aktif olarak 11 sene yürütülen kazıların 1982 ile 1986 yılları arasındaki kazı sezonlarında çalışmalar Gelidonya Burnu Batığı'nın kazı başkanı olarak da görev yapmış olan George F. Bass başkanlığında yürütülmüştür. 1986 yılında Cemal Pulak tarafından devralınan kazı çalışmaları 1994 yılına kadar sürdürülmüştür. Yapılan kazılar sonucunda geminin, o güne kadar Akdeniz Bölgesi'nde ele geçen en eşsiz Geç Tunç Çağı eserlerini barındıran kargosuna ulaşılmıştır (Pulak 2000:185). Uluburun batığından ele geçen eşsiz buluntular ile geminin gövdesinden kalanlar, Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi'nde sergilenmektedir.

Uluburun teknesi, Tunç Çağı'ndan kalma bir ahşap gemiden en fazla veri elde edilen örneği oluşturmakla birlikte, enkazın çok iyi korunduğu söylenemez. Uluburun gemisinin tarihleme çalışmaları kapsamında bir dizi analiz yapılmıştır. Geminin gövdesini oluşturan ahşap bölümlerden alınan örnekler, Peter Kuniholm tarafından Cornell Üniversitesi'nden iki kez dendrokronoloji testine tabi tutulmuş ve analizler sonucunda gemi M.Ö. 1305 yılına tarihlenmiştir (Turanlı 1999:38-9). Geminin kargosunda ele geçen zeytin çekirdeği ve terebentin reçinesi gibi organik malzemelerin analizi için kullanılan radyokarbon (Karbon 14 ) yöntemi sonucunda geminin batış tarihinin M.Ö. 1342 -1314 yılları arasında olduğu kanısına varılmıştır. Bu tarihlerden yola çıkarak geminin 18. Mısır sülalesi hükümdarlarından Ekhataon, Tutankhamun ve Haremhab dönemlerinde Doğu Akdeniz'de seyahat ettiğini söyleyebiliriz (Yalçın, Pulak ve Slotta 2006:96). Dendrokronoloji Laboratuvarı'nda yapılan ağaç türü analizleri, köknar ağacından yapılmış olduğu düşünülen gemi omurgasının ve kalaslarının tuzlu suya daha dayanıklı olan sedir ağacından, zıvanaların meşe ağacından yapıldığını ortaya çıkarmıştır. (Pulak 2000:195).

Teknenin gövdesini oluşturan ahşap kalıntılar ile kargonun deniz tabanındaki dağılımından yola çıkılarak geminin 15-16 m boyutlarında olduğu öngörülmektedir (Pulak 2000:194). Kazı çalışmalarının başlarında elde edilen verilerden bile anlaşıldığı üzere, Uluburun gemisi, denizcilik tarihinde zıvana-oğlan tekne doğraması kullanılmış gemilerin ilk

örneği olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm detaylı incelemelere rağmen geminin iskeletine dair net bir kanıt elde edilememiştir. Gemi omurgasının ilkel oluşu ile gemi Iskarmozunun dış kalas döşemenin dışına sadece bir iki santimlik taşma yapması sebebiyle geminin rüzgârı yakalayarak rotada kalma kabiliyetinin oldukça düşük olduğu görülmektedir (Pulak 2000:194-95).

Geminin yükünü büyük oranda ticari malzemeler oluşturmaktadır. Bunların arasında öküz gönü formunda bakır ve kalay külçeleri, Filistin küpleri ve Pistacia Reçinesi, cam külçeleri, silahlar ve aletler, kefuli terazi ağırlıkları ve yiyecekler göze çarpmaktadır. Ticari malzemelerin yanında, altın ve gümüşten mücevherler de geminin önemli buluntuları arasındadır. Üzerine yazı yazılan balmumu kaplaması Akdeniz'in yüksek tuzlu sularına dayanamayarak yok olan *dipytch* denilen katlanır bir tablet şeklindeki kitap dünyanın en eski kitabı olarak bilinir. Bu kitap şimşirden üretim, menteşeleri fildişinden meydana gelen tahta yapraklardan oluşmaktadır. Bu buluntular Doğu Akdeniz'de ele geçmiş Geç Tunç Çağı'na ait en görkemli buluntu topluluğudur. (Turanlı 1999:39-40).

Uluburun Geminin Mısırdan başlayarak Suriye-Filistin kıyıları, Kıbrıs, Rodos, Girit, Yunanistan'ı kapsayan ve buradan tekrar Mısır'a dönen ve saat yönünün tersi yönde devam eden rotasının, Geç Tunç Çağı'nda Yakınoğu ve Ege arasında kullanılan ticaret güzergâhının bir örneği olduğu düşünülmektedir (Yalçın, Pulak ve Slotta 2006:97). Geminin, böylesi uzun bir rotayı takip ettiği kanısını Filistin, Miken, Kıbrıs, Mısır, Nubya, Baltık, Kuzey Balkanlar, Eski Babil, Kasit, Asur, Yakınoğu ve belki de Sicilya kültürlerine ait malların geminin kargosunda bulunması oluşturur. Geminin görevi, hammaddeler ve mamul mallardan oluşan muazzam çeşitlilikteki nakletmek gibi görünmektedir. Gemideki ticari malzemelerin yanında taşınan yüksek itibarlı kargo, Amarna mektuplarında bahsedilen Önasya hükümdarları arasındaki hediye takasına dayalı uluslararası ticaretin bu gemi ile örneklendiği söylenebilir. Geminin mürettebatına ait özel eşyalar incelendiğinde, bronz tıraş bıçakları, kabartmalı mavi cam kolye, birkaç mühür ve iki kılıç gemide bulunan Mykenlilerin sıradan yolcular olmadığını, büyük olasılıkla gemideki değerli malzemelerin gideceği yere ulaştırılmasından sorumlu oldukları düşünülmektedir (Pulak 2000:200).

Elde edilen tüm veriler, Uluburun gemisinin Myken ticaret gemisi olduğuna yönelik iddiaların aksine, geminin bir Fenike ticari yük gemisi olduğuna işaret eder. Geminin nereden demir aldığı tam olarak belirlenememekle birlikte, geminin kargosunun Kıbrıs ya da Suriye-Filistin Bölgesi'nden yüklendiği, Ege'de bulunan canlı ticari alışverişlerin yapıldığı büyük bir limanı hedeflediği varsayılabilir. Kıbrıs'a uğrayarak Küçük Asya kıyıları, Sardunya, Kuzey Afrika ve Mısır arasında dairesel bir rotayı kapsayan ticaret yolunu kullandığı

saptanan Uluburun Gemi Batığı sayesinde, Geç Tunç Devri'ndeki deniz ticareti ağının içeriği, kapasitesi ve kültürler arası etkileşime etkileri anlaşılmaktadır (Turanlı 1999:41).

**Şekil 19 ve Şekil 20: Uluburun Batığı sualtı kazı çalışmaları**



Kaynak: INA Arşivi

**Şekil 21: Uluburun gemisinin muhtemel rotası**



Kaynak: <http://kaanaltin.com/uluburun.html>

## 5.2. Gelidonya Batığı

Gelidonya Batığı; Antalya Körfezi'nin batı sınırı olan ve günümüzde Antalya İli, Finike İlçesi sınırları içerisinde yer alan Gelidonya Burnu, Beşadalar mevkiinde bulunmaktadır. Taşlık Burnu olarak da bilinen Gelidonya Burnunun ucunda yer alan 5 küçük adacıktan en büyüğü olan Devecitaşı Adasından 50 m. kadar açıkta, 26- 28 m derinlikte bulunmaktadır.

Buradaki Batığın ilk keşfi 1954 yılına rastlar. Aslen Bodrumlu bir sünger avcısı olan Kemal Aras, batığı ilk keşfinden dört yıl sonra Amerikalı olan amatör arkeolog ve gazeteci Peter Throckmorton'a batıktan bahseder. Peter Throckmorton'un tavsiyesiyle Pennsylvania Üniversitesi Müzesi tarafından 1960 yılında başlatılan ilk kazılar sualtı arkeolojisi için bir dönüm noktası olacaktır. Gelidonya Batığı kazısı, dalgıç arkeologlar tarafından kara kazılar gibi düzenli yapılan ilk kazı olması ile sualtı arkeolojisinin doğuşuna da vesile olmuştur.

İlerleyen dönemde çalışmalar George Bass başkanlığında, Institute of Nautical Archaeology tarafından yürütülmüştür. Batığın üzerinin koruyucu kum veya mil tabakası ile kaplanmamış olması dolayısıyla gemi gövdesinin büyük bölümünün denizin aşındırıcı etkileriyle ve özellikle tuzlu su istiridyesi familyasına mensup bir kabuklu yumuşakça olan teredo navalis kurtları tarafından yok edilmiştir. Geminin ele geçen gövde parçalarından,

kaplama ahşaplarının Klasik Yunan ve Roma devirlerinde kullanılan ağaç çivili zıvanalarla birbirlerine tutturma yöntemiyle yapıldığı anlaşılmaktadır.

Geminin yaklaşık olarak 9-10 metre uzunluğunda küçük bir ticaret gemisi olduğu düşünülmektedir. Geminin kargosunu bakır, tunç ve kalay ingotlar ile hurda olarak kullanıldığı düşünülen aletler oluşturuyordu. Geminin kargosunda yer alan üzengi kulplu Myken Çömlekleri ve büyük depo kapları gibi seramik buluntular sayesinde geminin tarihlenmesi yapılabilmektedir. Elde edilen veriler ışığında batık M.Ö. 13. Yüzyılın sonlarına tarihlendirilmektedir. Batığın keşfine kadar yaygın olan düşünce, Geç Tunç Çağı'nda Doğu Akdeniz deniz ticaretinde kontrolün Mykenli tüccarlarda olduğu, Fenikelilerin ise Demir Çağı ile birlikte deniz ticareti sahnesine çıktıkları düşünülmekteydi. Gelidonya Batığında yürütülen sualtı arkeolojisi çalışmaları bu savın tekrar ele alınmasını sağlamıştır (Bass 1991,1996).

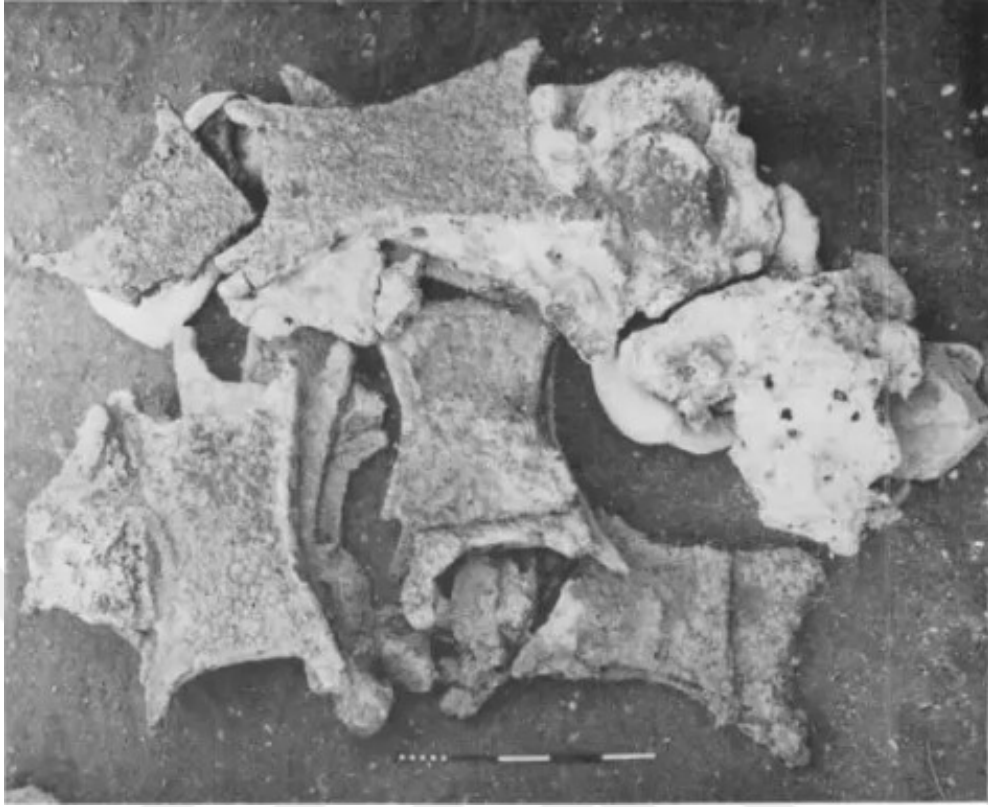
Ulu Burun ve Gelidonya batıkları, taşıdıkları kargonun muhteviyatı ile Geç Tunç Çağı ticaret ekonomisinin farklı yönlerini temsil etmektedirler. Ulu Burun batığı, Önyasa krallarının hediye değişimi ticaretine dayalı itibarlı bir kargoya sahipken, Gelidonya batığı daha gündelik ticarete dayalı sade kargosu ile daha sade bir ticaret gemisi konumundadır (Bass 1967).

Batıkta bulunan G.H. IIIB dönemine ait seramiklerden teknenin M.Ö. 13. Yüzyılın geç dönemlerinde battığı anlaşılmıştır. Tekne ahşabından alınan C14 sonuçları ise M.Ö. 1200 +/- 50 yıl olarak vermiştir

Kargonun büyük bir bölümünü aynı Ulu Burun batığında olduğu gibi dönemin önemli ticari hammadde kaynağı olan bakır ve kalay külçeleri oluşturmaktadır. Bununla birlikte gemide gündelik madeni ve taş aletler, terazi ağırlıkları ile birer adet kandil ve silindir mühür taşınmaktaydı.

Bronz Çağı'nın en önemli ticari malzemesi ingot formunda bakır külçelerdi. Batıklardan elde edilen veriler deniz ticaretinde de durumun aynı olduğunu göstermektedir. Bakır ve kalay külçelerin İngot formu ve ağırlığı bir hamalın rahat taşıyabilmesine olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştı. Gemi envanterinde öküz gönü biçimli, yuvarlak ve pide biçimli bakır ve kalay ingotlar tespit edilmiştir. Yapılan analizler sonucu bakır külçelerinin geliş yeri Kıbrıs olarak saptanmıştır (Buchholz, 1959; Bass, 1961; Bass, 1967).

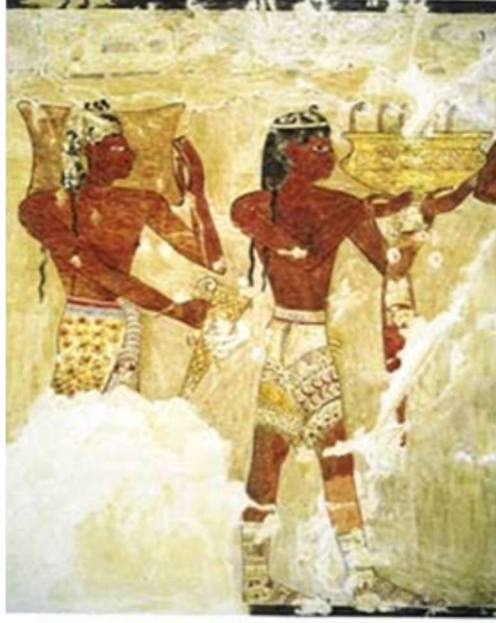
**Şekil 22: Kazılar sonucunda çıkarılan bakır ve kalay ingotlar.**



Kaynak: Bass ve Throckmorton 1961

Kalay külçeleri çok oksidasyona uğradığı için çok deforme olmuşlardır. Adedi tam olarak bilinmemektedir ancak dikdörtgen formlu oldukları tahmin edilmektedir. M.Ö. 12. Yüzyılın başlarına tarihlenen Gelidonya batığının kargosunda bulunan büyük miktardaki kalayın, Asurlu tüccarlar tarafından doğudan; büyük olasılıkla Afganistan, Özbekistan gibi Önasya ülkelerinden, getirildiği varsayılmaktadır. İlk kez ele geçen bu tür kalay külçelerinin benzerleri, Mısır'da Firavun Amenemhet ve Rekhmi- re'nin mezar odalarındaki duvar resimlerinde de görülmektedir (Davis, 1932; Davis, 1973).

### Şekil 23: Mısır'daki duvar resimlerinde görülen Öküz Gönü İngotlar



Kaynak: [https://www.arkeolojisanat.com/shop/blog/antalyada-dunyanin-en-eski-batiklarindan-daha-eski-batik-bulundu\\_3\\_547157.html](https://www.arkeolojisanat.com/shop/blog/antalyada-dunyanin-en-eski-batiklarindan-daha-eski-batik-bulundu_3_547157.html)

Ağırlıkları 16-27 kg. arasında değişen bakır ingotların 40 tanesi öküz gönü formundadır (Buchholz, 1959). İngotlardan 27 tanesinin üzerinde Kıbrıs ve Ugarit'te rastlanılan çömlekçi işaretleriyle benzerlik gösteren bazı işaretlere rastlanılmıştır. Bu işaretlerin metal henüz yumuşakken kazındıkları düşünülmektedir.

G. Bass, Mısır duvar resimlerinde yer alan beyaz renkli, öküz gönü formlu ingotların Gelidonya Burnu batığında bulunan öküz gönü biçimli kalay ingotları temsil ettiğini düşünmektedir. Batığın kargosunu oluşturan metallerin kaynağının belirlenmesine yönelik yapılan analiz sonuçlarından elde edilen veriler, metallerin kaynağının Uluburun batığı metallerinin kaynağından farklı olduğunu göstermektedir. M.Ö. 1250 yılından sonra Akdeniz'de bulunan öküz gönü biçimli bakır ingotların tamamı Kıbrıs kaynaklıdır. Kıbrıs'ın Geç Tunç Çağı yerleşimlerinden birisi olan Enkomi yerleşiminde, mimari açıdan diğerlerinden farklı olan bir yapıda külçe üzerinde duran, bir elinde kalkan diğer elinde mızrak ve başında boğa boynuzlu başlığı ile “İngot Tanrısı ya da Külçe Tanrısı” olarak adlandırılan heykelcik bulunmuştur. Ve bu dönemde ele geçen bakır ingotların Kıbrıs kaynaklı olduğunu düşünürsek, bu olayın Kıbrıs'taki dini öğelere de yansıdığını söyleyebiliriz (Bass, 1961).

**Şekil 24: Kıbrıs'ın G.T.Ç. yerleşmelerinden biri olan Enkomi'de bulunan İngot Tanrısı**



Kaynak: <https://tr.topwar.ru/101016-bronzovyy-vek-na-ostrove-kipr-ili-vo-vsem-vinovaty-migrantychast-5.html>

Ayrıca Gelidonya Batığında yürütülen çalışmalarda 20'nin üzerinde pide biçimli ingot ile çok sayıda dilim biçimli ingot da ele geçmiştir. Pide formu ingot üretiminde kullanılan bir kalıp Kıbrıs'ın Enkomi yerleşiminden bilinmektedir. Pide formu bir ingot yine Kıbrıs'taki Solea madenleri yakınlarında, denizde bulunmuştur (Bass, 1961:274).

Yapılan analizlerden elde edilen veriler, Gelidonya batığında ele geçen ingotları Kıbrıs'ın Solea bölgesinde yer alan Apliki maden yatakları ile ilişkilendirmektedir. Öte yandan Gelidonya batığında bulunan tunç buluntulardaki bakırın kaynağı Laurion, Güneydoğu Anadolu ve Wadi Arabah gibi çok çeşitli maden yataklarına işaret etmektedir (Bass, 1991:284).

Bakır ve kalay ingotların yanı sıra bir sepet içinde toplu halde bulunan ve geri dönüşüm üretim için hammadde olarak değerlendirilen çok sayıda bronz üretim silah, tarım ve mutfak aleti ele geçirilmiştir.

**Şekil 25: Batıkta ele geçen bronz aletler**



Kaynak: INA Arşivi

Batığın yaklaşık 100 m. güney doğusunda çapa ve seramik kaplar gibi değişik buluntular ele geçirilmiştir. Yaklaşık 70 m. güneydoğuda bir adet Miken IIB üzengi kulplu bir kap bulunmuştur.

Batığın MÖ 1200 yıllarında Kıbrıs yataklarından gelen bakır ile doğudan batıya doğru giderken battığı düşünülmektedir. Ulu Burun batığı gibi Gelidonya batığının da battığı yerin Anadolu'nun güney kıyıları olması, batığın gitmekte olduğu istikamet belirlenmesini sağlayan önemli bir kriterdir.

Batıkta bulunan kalıntılar batığın bir Yakın Doğu gemisi olduğunu, Suriyeli bir tüccar kaptan ile Suriye-Filistin kıyılarında bulunan bir limandan ayrıldığını düşündürmektedir.

Batıkta ele geçirilen buluntular geminin Yakın Doğu kökenli olduğunu göstermektedir. Ayrıca yine bugüne kadar bilinen öküz gönü şeklindeki tek kalıp Suriye kıyılarında (Ras/Shamra= Ugarit yakınlarındaki) Ras ibn Hani Limanıdır (Pulak 1996).

1980 yıllarında batık alanında yeniden yapılan incelemeler sonucu geminin Suriye ya da Kıbrıslı olabilecek taş çapası ile beraber iyi korunmuş bazı seramikler bulunmuştur. Bu

bağlamda bir diğer olasılık batığın Kıbrıs kökenli olabileceğidir. Gelidonya batığının, Ege istikametine gitmekte olan Yakın Doğu kökenli kişisel bir ticaret gemisi olduğu fikri genel olarak kabul görmektedir. Öte yandan E.Linder tarafından ortaya atılan bir başka görüşe göre batık Ugarit'e giden Alaşyalı bir krali ticaret gemisi de olabilir. Ugarit'te bulunan denizcilik ile ilgili tabletlerden biri Ugarit'teki Atalligu Limanı'na gelen bir geminin mal sayımı listesini vermektedir. Atalligu Limanı kral Niqmepa'nın zamanından beri Ugarit'in önemli limanlarından biriydi ve aktif bir biçimde bakır ticareti ile ilgiliydi. Tablette söz edilen gemi ham bakır ve bronz eşyalar taşımıştır (Linder, 1972). Bakır Ugarit'in deniz ticareti için çok önemliydi. Alaşya'dan ithal ediliyordu ve krali tüccarlara sevkiyat için dağıtılıyordu ya da endüstriyel kullanım amacıyla bakırcılara dağıtılıyordu. Linder'a göre tablete söz edilen Alaşya gemisinin malları ile Geç Tunç Çağı'na ait olan Gelidonya batığından çıkartılan buluntular arasında çarpıcı benzerlikler bulunmaktadır. Fakat batığın bulunduğu bölge olan Anadolu'nun güney kıyıları, Kıbrıs'tan Ugarit'e gitmekte olan bir geminin rotası dışında yer aldığından genel olarak kabul edilen görüş batığın Ege bölgesinde bir merkeze gitmekte olduğudur (Turanlı, 1999:65).

### **5.3. Kumluca Tunç Çağı Batığı**

Antalya'nın Kumluca İlçesi sınırlarında M.Ö. 16-15. Yüzyıllara tarihlenebilen kargosunu bakır külçelerin oluşturduğu bir gemi batığı tespit edilmiştir (Öniz, 2018: 94-95). Yastık ve pide formu bakır külçelerin tipolojisinden batığın Gelidonya ve Uluburun batıklarından daha erken bir döneme tarihlendiği tespit edilmiştir (Pulak ve Öniz, 2022: 27). 38-52 metre arasında, vadi formunda bir alana yayılan batık kısmen kum ve doğal deniz tabakası altında kalmış olmasından dolayı bir kısmının bu sediment tabakası altında kalmış olabileceği düşünülmektedir (Pulak ve Öniz, 2022: 27).

### **5.4. Osmanlı Dönemi Batığı**

Alanya kıyılarından yaklaşık iki kilometre açıkta 24 metre derinlikte bulunan Osmanlı Dönemi Ticaret Gemisi batığı ülkemizde yapılmaya başlanmış olan önemli bir kazıdır. Bir patlama sonucu kısmen yanarak battığı düşünülen batık günümüze kadar nispeten korunmayı başarmıştır. 2018 yılında Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü'nün izni ile çalışmalarına başlanmış olan batığın varlığı 2010 yılından beri bilinmektedir. 2018 yılı içerisinde belgeleme çalışmalarına başlanmış, deniz tabanında kalıntı niteliği olan buluntular çıkartılmaya başlanmıştır. Batık gemiden çıkarılan bakır sikkelerin 1703 yılından sonrasını işaret ettiği görülmüştür. Geminin Osmanlı İmparatorluğu sınırlarında bakır mutfak gereçleri taşıyan bir ticaret gemisi olduğu anlaşılmıştır. Batığın çoğunlukla bakır tabak, tencere, ibrik,

tava matara gibi mutfak eşyalarının oluşturduğu görülmüştür (Öniz ve Türkmen, 2022: 67-72). Çalışmalar da su altından çıkarılan eserler atmosferik etkilerden zarar görmemeleri için %100 deniz suyu içerisinde Alanya Müzesi Müdürlüğüne nakledilmiştir. Eserlerin restorasyon ve konservasyon çalışmalarına Müze bünyesinde devam edilmektedir.



## ALTINCI BÖLÜM

### BATIKLARDAN ÇIKARILAN BAKIR ESERLERİN ONARIM VE KORUMA TEKNİKLERİ

#### 6.1. Restorasyon ve Konservasyonun Tanımı

##### 6.1.1. Restorasyon

Restorasyon (onarım), 1964 yılında yayınlanan ve devletler düzeyinde kabul edilen Venedik Tüzüğü'nün 9. maddesinde “ *onarım uzmanlık gerektiren bir iştir. Amacı, anıtın estetik ve tarihi değerini korumak ve ortaya çıkarmaktır. Onarım kendine temel olarak aldığı özgün malzeme ile güvenilir belgelere saygıyla bağlıdır. Faraziyenin başladığı yerde onarım durmalıdır; yapılması gerekli herhangi bir eklemenin mimari kompozisyonundan farkı anlaşılabilir ve gününün damgasını taşımalıdır. Herhangi bir onarım işine başlamadan önce ve bittikten sonra, anıtın arkeolojik ve tarihi bir incelemesi yapılmalıdır.*” Şeklinde tanımlanır (icomos.org.tr). Özünde mimari restorasyonu temel alan tüzük, sonraki dönemlerde tüm onarım ve koruma alanları için temel alınmıştır. Buradaki ilkedен hareketle onarım çalışmaları kültür varlığının özgünlüğüne sadık kalınarak, mümkün olan en az müdahale ile yürütülür. Modern uygulamaların kolaylıkla ayıt edilebilir olması önemli esaslardan birisidir. Yürütülen çalışmalarda kullanılan malzemelerin mümkün olduğunca geri dönüşümlü malzemelerden seçilmesi, ilerleyen dönemlerde tekrar müdahale ihtiyacı ortaya çıktığında eski uygulamalardan kalan malzemelerin kültür varlığından uzaklaştırılabilmesi için önemlidir. Tüzükte de belirtildiği üzere uygulamaların tamamında eserin özgünlüğünü değiştirecek her türlü müdahaleden kaçınılması etik zorunluluktur.

##### 6.1.2. Konservasyon

Konservasyon kelime anlamı olarak koruma sözcüğünü bire bir karşılamaktadır. Koruma bilimi; malzeme karakterizasyonu ile bozulmaya neden olan etmenler ve süreçlerin birbiriyle olan ilişkisini tespit ederek, kültür varlığının fiziksel ve kimyasal hasarını mümkün olan en alt seviyeye indirgeyerek, varlığını sürdürmesi sağlamak üzere çalışmaktadır (Ersen vd. 201:3-16). Bu noktada koruma çalışmaları dâhilinde eserin malzemesi göz önünde bulundurularak, uygun ortam koşulları sağlanarak kültür varlığında meydana gelebilecek olası bozulmaların önüne geçilmesi hedeflenir.

#### 6.2. Korozyon Oluşumunun İncelenmesi

Korozyon, malzemenin (özellikle metal ve metal alaşımlı malzemeler) çevresiyle reaksiyona girerek oluşturduğu doğal bir bozulma sürecidir. Uluslararası Temel ve

Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC), korozyonu; “*bir materyalin (metal, seramik, polimer vb.) tükenme ya da çözünme yoluyla, bulunduğu ortamı tamamlayıcı bir unsura dönüşmesini sağlayan ve geri dönüşü olmayan reaksiyonlar*” şeklinde tanımlamaktadır (Heusler vd.1989:19). Metal korozyonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerin yol açtığı doğal bir mineralleşme süreci olup tamamen durdurulması mümkün olmamakla birlikte uygun koruma yöntemleri ile mümkün olduğunca yavaşlatılabilmektedir (Başaran, 1980:29-34).

Korozyon süreci; metallerin nem, oksijen ve diğer atmosferik gazlar ile ilk temas ettiği anda başlamaktadır. Korozyon oluşumunu sağlayan reaksiyon iki element ya da madde arasında elektron değişimi ile başlar ve kimyasal veya elektrokimyasal olarak ikiye ayrılır. Elektrokimyasal korozyon oluşumunda reaksiyon, daha zayıf olan anot(-) bölgesinden salınan elektronların, bir elektrolit vasıtasıyla katot(+) bölgesine doğru akışından kaynaklanmaktadır (Gürü ve Yalçın, 2012:199-200). Reaksiyon sonucunda katot bölgesinde birikmiş olan korozyon ürünleri açığa çıkmaktadır. Kimyasal korozyon sürecinde de elektrokimyasal süreçte olduğu gibi elektron değişimi meydana gelmektedir. Ancak bu tür korozyon olayı, metallerin gaz ortamı ile reaksiyonunu tanımlamak amacıyla kullanılır. Reaksiyon sonucunda korozyon ürünü(oksit ya da sülfür filmi) meydana gelerek, metalik yüzeyi örtmektedir (Yalçın ve Koç, 1997).

Korozyon oluşumunda metallerin karakteristik özellikleri de önemli rol oynamaktadır. Çinko (Zn), Demir (Fe), Kurşun (Pb), Kalay (Sn) gibi aktif metallerin reaksiyona girme eğilimi fazlayken; soy metaller diğer elementler ile kolay kolay bileşik oluşturmazlar. Bakır (Cu), Cıva (Hg), Platin (Pt), Gümüş (Ag) ve Altın (Au) soy metal olarak bilinen gurubu oluşturmaktadır. Soy metallerde kendi içinde yarı soy metal ve tam soy metal olarak iki guruba ayrılır. Cıva (Hg), Gümüş (Ag), Bakır (Cu) oksijenli asitlerle reaksiyona girdiklerinden yarı soy metal sınıfındadır. Tam soy metal olan (Platin (Pt) ve Altın (Au) reaksiyona karşı daha dirençlidirler (M.E.B. 2012). Bu sebeple metal korozyonu metallerin yapısal özelliklerine göre de değişim gösterebilmektedir. Arkeolojik kazılarda ele geçen altından üretilmiş kültür varlıklarının büyük bölümünün korozyona uğramamış şekilde bulunmasını örnek gösterebiliriz.

Metalin anot-katot bölgeleri metal üzerinde yer alan çatlaklar, alaşımların heterojen yapıları, iç gerilimler gibi etkenler dolayısıyla eşit dağılım göstermezler. Bu sebeple metalin binlerce farklı noktasında anot-katot bölgeleri oluşabilir. Bu sebeple korozyon süreci iki şekilde seyredebilir.

- Aktif korozyon süreci
- Pasif korozyon süreci

Metal, içinde bulunduğu elektrolit ortamda iyonlaşarak anot ve katot bölgeler arasında elektron transferi ile korozyon ürünlerini oluşturur. Ortaya çıkan korozyon ürünlerinin ortam koşullarında çözünebilir özellikte olması, çözülerek uzaklaşmalarına sebep olur ve yüzeyi örterek koruyacak birikinti tabakaları oluşmaz. Metalin başka bir bölgesinde veya metalden uzakta bir yerde (örneğin toprakta) birikim görülebilir. Böylece, anot çevresel saldırılara sürekli açık kalır ve çukurlaşma süreci devam eder. Bu şekilde seyreden bozulma süreci, aktif korozyon süreci olarak adlandırılmaktadır. Metal yüzeyinde, çözünürlüğü düşük olan ya da çözünmez yapıda olan (ortam koşullarında) korozyon ürünlerinin birikimi, anot bölgesini zamanla çevresel unsurların erişimine kapatır ve korozyon süreci yavaşlayarak pasif hale gelir.

Korozyon süreci, ortamda bulunan su/nem varlığı ve miktarına göre de şekillenmektedir. Nem miktarının düşük olduğu ve/veya elektrot görevi göremediği durumlarda; gaz haldeki yükseltgeyiciler ile metal arasında meydana gelen kimyasal etkileşim süreci sonunda *kuru korozyon* olarak adlandırılan ve yüzeyde biriken bir film tabakası meydana gelmektedir (Doruk, 2014:1). Bu film tabakası, metalin kristal yapısına benzer ve suda çözünmeyen mineraller oluşturur. Nem etkisi olmaksızın, Oksijen ve Sülfür gibi atmosferik gazlar tarafından tunç eser yüzeyinde biriken, genel(homojen) patina oluşumları buna örnek olarak gösterilebilir (Chilvers, 2004:527). Bu patina yüzeyde birikerek zamanla su ve diğer gazlar için tamamen geçirimsiz bir tabaka meydana getirir. Bu bakımdan pasif korozyon olarak adlandırılırlar.

Bu pasif korozyon süreci sonunda oluşan ve zararlı çevresel unsurlarla bağlantısı kesilen patina tabakası kültür varlığının bütünlüğü ve orijinallğine ait bir öge olup metalin tamamen yok olma riski bulunmadığı sürece metalle birlikte korunması gerekmektedir. Patina katmanının zarar görmesi durumunda metal özü çevresel saldırılara tekrar açık hale gelecektir. Bu durum kültür varlığının tamamen yok olmasına sebep olan bir sürecin tetikleyicisi olabilir.

### **6.2.1. Sualtı Korozyonu**

Sualtı buluntusu kültür varlıklarının ortam koşulları değerlendirildiğinde sualtında meydana gelen korozyon iki grupta toplanabilir.

1. Tatlı sular içinde meydana gelen korozyon
2. Deniz suyu içinde meydana gelen korozyon

#### **6.2.1.1. Tatlı Sular İçinde Meydana Gelen Korozyon**

Bir tatlı suyun koroziv özelliği başta çözünmüş oksijen yoğunluğu olmak üzere elektriksel iletkenlik, pH, sertlik, bikarbonat ve klorür iyonları konsantrasyonuna bağlıdır.

##### **6.2.1.1.1. Oksijen Yoğunluğu**

İçinde çözünmüş halde oksijen bulunmayan nötral sular içinde korozyon olayı gerçekleşmez. Oksijen olmayınca katot reaksiyonu görülmez. Sonuç olarak elektrolit ortam oluşmadığından korozyon oluşum süreçleri gerçekleşmez.

##### **6.2.1.1.2. PH'ın Etkisi**

PH derecesi  $pH < 4$  olan asidik karakterli sularda hiç oksijen olmasa bile asidin aşındırıcı etkileri sonucunda önemli ölçüde korozyon oluşumu gözlenir. Bu durumda hidrojen çıkışı ile katodik redüksiyon olayı gerçekleşir ve metal üzerinde korozyon ürünleri oluşur.

##### **6.2.1.1.3. Kalsiyum Karbonat Çökmesi**

Tatlı su içerisinde bulunan geçici sertliğin metal yüzeyinde kalsiyum karbonat halinde çökmesi ile korozyon yavaşlar. Oluşan kalsiyum karbonat çözeltisi korozyon ürünleri ile birlikte metal yüzeyinde sert bir kabuk oluşturarak oksijen difüzyonunu engelleyerek korozyon oluşumunu yavaşlatır.

##### **6.2.1.1.4. Sıcaklığın Etkisi**

Su sıcaklığının artışı korozyon oluşum hızında artışa sebep olur. Sıcaklığın  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  artışı korozyon hızının yaklaşık iki kat artmasına sebep olur. Fakat bu artış  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar etkisini gösterdiği halde bu sıcaklıktan sonra oksijen çözünürlüğünün azalması korozyon oluşum hızının azalmasına neden olur (Uluengin, 2006:15).

#### **6.2.1.2. Deniz Suyu İçinde Meydana Gelen Korozyon**

Deniz suyunun bileşimi ve koroziv etkisi denizlerin farklı özellikleri dolayısıyla birbirinden biraz farklıdır. Deniz suyu içinde çözünmüş tuz yoğunluğu  $32\text{--}36\text{ g/l}$  arasında değişir. Bu oran tropikal bölgelerde ve kıyılardan uzaklarda artış gösterir. Deniz suyu içerisinde çözünmüş tuzun büyük bir kısmı NaCl (sodyum klorür) halinde bulunur.

Deniz suyu içerisinde oluşan korozyon tatlı suda oluşan korozyon ile benzer süreçler sonucunda oluşur. Çözeltiye geçen metal iyonları anot bölgesinde birikmeyip klorür tuzları halinde uzaklaşır. Deniz suyunun pH derecesi 8 civarında olduğundan katot bölgedeki reaksiyon sadece oksijen redüksiyonu ile mümkün olabilmektedir. Bu durum deniz suyundaki

korozyon olaylarının esas itibariyle metal yüzeylerine oksijen difüzyonuna bağlı kalmasına sebep olur. Deniz suyundaki çözünmüş oksijen azaldıkça metallerde meydana gelen korozyon oluşumu da paralel olarak azalma göstermektedir (Yalçın ve Koç, 1997).

#### **6.2.1.2.1. Çözünmüş Tuzların Etkisi**

Çözünmüş tuzlar korozyon oluşum sürecine iki türlü etki yapar. Birincisi, çözünmüş tuz konsantrasyonu arttıkça elektriksel iletkenlikte de artış olur. İletkenliğin yüksek oluşu yalnızca mikro korozyon hücrelerini değil, makro düzeyde galvanik korozyon hücrelerinin de etkin olmasına sebep olur. Bu durum katot bölgede etkili olarak çukur tipi korozyon oluşumlarına da sebep olur.

İkinci olarak deniz suyu içinde klorür konsantrasyonunun yüksek oluşu, metal yüzeyinde oluşan pasif korozyon tabakasının kolayca bozulmasına sebep olur. Bu yüzden pasifleşme özelliği bulunan metaller deniz suyunda korozyon oluşumuna karşı dayanıksızdır.

Bu iki etkinin olumsuz etkilerine karşın deniz suyunda çözünmüş olan kalsiyum ve magnezyum tuzları zamanla metal yüzeyine çökebilir ve bir kabuk oluşumuna sebep olabilir. Bu koruyucu özellik, oluşan kabuğun oksijen difüzyonunu engellemesinden kaynaklanmaktadır.

#### **6.2.1.2.2. Çözünmüş Oksijenin Etkisi**

Deniz suyu içerisinde metallerin korozyon hızı katot bölgesine olan oksijen difüzyonunun kontrolü altındadır. Deniz yüzeyine yakın noktada oksijen yoğunluğu ve buna bağlı olarak korozyon oluşum hızı maksimum seviyededir. Derinlere inildikçe oksijen yoğunluğunda ve korozyon oluşum hızında azalma görülür.

#### **6.2.1.2.3. Sıcaklığın Etkisi**

Genel ilke olarak sıcaklık artışına paralel olarak korozyon oluşum hızında da artış görülür. Ancak sıcak deniz suyu içerisinde metal yüzeyinde koruyucu kabuk tabakasının oluşması daha kolaydır. Ayrıca sıcak deniz suyunda çözünmüş oksijen yoğunluğu azdır. Bu durum korozyon oluşum hızını azaltıcı yönde etki yapar. Bununla birlikte su sıcaklığındaki her 10 derecelik artış korozyon reaksiyonunu iki kat arttırabilmektedir (Uluengin, 2006:15).

Sualtı ortamında bulunan metal malzemeden üretilmiş kültür varlıklarının korozyon oluşumuna maruz kalmasına yol açan elektrolit ortamı büyük oranda suda çözünmüş oksijen oluşturmaktadır. Yukarıda detaylarıyla bahsedilen ortam koşullarının da etkisiyle altın gibi korozyona dayanımı olan soy metallerin dışında kalan metal buluntuların korozif yapıda olmaları kaçınılmaz bir durum olacaktır.

### 6.3. Korozyon Türleri

Farklı metal türleri, bulundukları ortam koşullarına göre değişik türlerde korozyona uğrarlar. Bir metal ürünü malzemesinin türüne, içinde bulunduğu korozif ortama ve bu ortama maruz kalma süresi ile korozyon mekaniğine bağlı olarak birden fazla korozyona türüne maruz kalabilir. Mekanizmalarına göre kimyasal, elektrokimyasal ve fiziksel korozyon olarak sınıflandırılırlar.

Kuru korozyon olarak da tanımlanan kimyasal bozulmalar, metallerin direkt gazlı ortamlardaki reaksiyonları neticesinde oluşur. Genel olarak malzeme yüzeyinde oksit ve sülfür olarak oluşurlar.

Islak korozyon olarak adlandırılan elektrokimyasal korozyon metallerin sulu ortamlarda bulunmaları sonucunda oluşur.

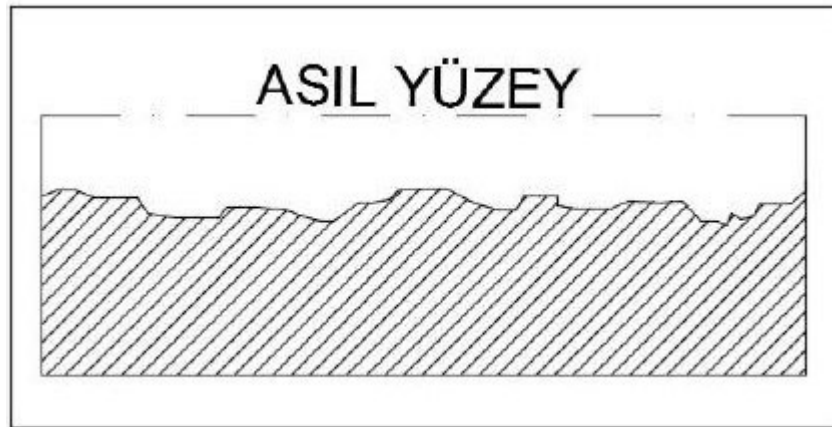
Organik sıvıların veya ergimiş metallerin fiziksel çözünme ya da katı hal değişimine sebep olması ile fiziksel korozyon meydana gelir.

Korozyon mekaniğine bağlı olarak ortaya çıkan korozyon tiplerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

#### 6.3.1. Üniform Korozyon

Eş dağılımlı olarak ta tanımlanabilir. Yüzeyin her noktasında eşit hızla yürüyen korozyon türüdür. Yüzeyde oluşan korozyon her noktada eşit düzeyde meydana gelir. Gümüşün yüzeyinde meydana gelen kararmayı örnek gösterebiliriz.

Şekil 26: Üniform Korozyon

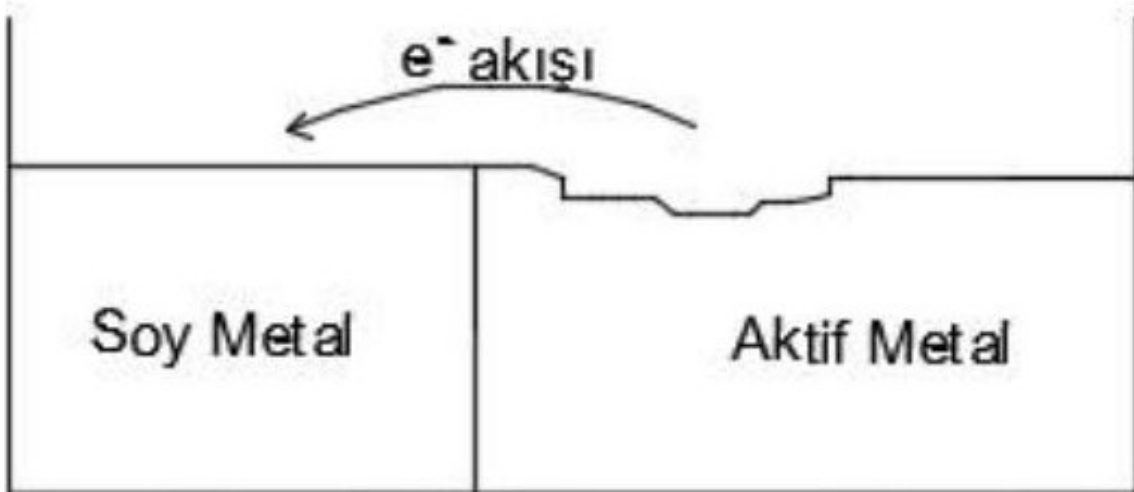


Kaynak: <https://insapedia.com/korozyon-nedir-korozyon-cesitleri-ve-onleme-yollari/>

### 6.3.2. Galvanik Korozyon

İki farklı metalin korozyon ortamında elektriksel bir bağ ile bağlanması sonucunda aralarında oluşan pil dolayısıyla aktif olan metal anot, soy metal katot görevi görerek aktif metali korozyona uğratır. Korozyonun hızı anot ve katot arasındaki potansiyel farkına göre değişkenlik gösterir. Örneğin bakır ile demir arasında oluşacak galvanik pil reaksiyonunda yarı soy metal olan bakır dolayısıyla demir korozyona uğrayacaktır. Çevresel koşulların korozyon yapısı galvanik etki düzeyine direkt etki eder. Deniz atmosferinde galvanik etki çok daha şiddetli olur. Kuru atmosfer ortamında galvanik bozulmadan söz edilemez (Yalçın ve Koç, 1997).

Şekil 27: Galvanik Korozyon Şeması

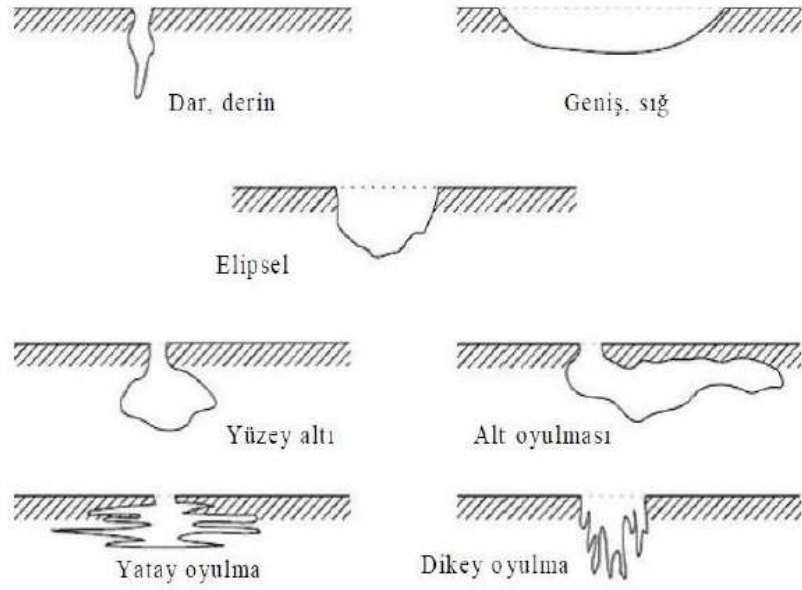


Kaynak: <https://insapedia.com/korozyon-nedir-korozyon-cesitleri-ve-onleme-yollari/>

### 6.3.3. Çukur Korozyonu (Pitting)

Metal yüzeyinde bir noktada çukur oluşturarak meydana gelen korozyon türüdür. Çoğu zaman gözle görülemeyecek kadar küçük oluşumlar olarak karşımıza çıkar. Çukur tip korozyon oldukça tehlikeli kabul edilir. Bunun nedeni anot bölge yüzeyin bir noktasında açılan çukur içindeki dar bir bölge iken katot ise çukur çevresindeki geniş bir bölgeyi kapsar. Oluşan reaksiyon sonucu çukur alan gittikçe büyüyerek sonunda metalin çukur noktadan delinmesine sebep olur.

**Şekil 28: Çukur Korozyon Türleri**

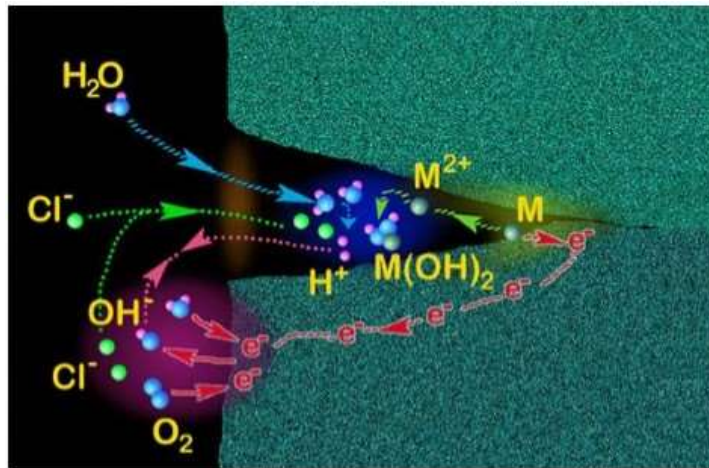


Kaynak: <https://insapedia.com/korozyon-nedir-korozyon-cesitleri-ve-onleme-yollari/>

#### 6.3.4. Çatlak Korozyonu

Metal yüzeyindeki çatlak veya aralık gibi oksijen transferinin güç olduğu alanlar anot, çatlak veya aralığın çevresindeki bölgeler katot olur. Reaksiyon başlarda çatlak içinde ve dışında aynı hızla meydana gelir. Ancak bir müddet sonra çatlak içindeki oksijenin tükenmesi ile çatlak içindeki reaksiyon dururken, dış çevresinde reaksiyon aynı hızla devam eder. Çatlak içerisinde durgunlaşan ortamda klorür birikimi başlar. Kısa süre içerisinde klorür yoğunluğu 3 ila 10 kat artarak çatlak içerisinde oluşturduğu asidik etki ile metalin yapısında çözünmeye yol açar.

**Şekil 29: Çatlak Korozyonu Oluşum Şeması.**



Kaynak: <https://stmcoatech.com/korozyon-turleri/>

#### **6.3.5. Filiform Korozyonu**

Çatlak korozyonunun bir türü olarak kabul edilen filiform korozyon, kabuk altı korozyon olarak da bilinir. Yüzeyinde boya tabakası gibi kaplama bulunan metallerde kaplama ile metal yüzeyi arasında çatlak korozyonunda ki gibi bir reaksiyon ile meydana gelir.

#### **6.3.6. Taneler Arası Korozyon**

Atomları katı kristal yapısı içinde düzgün olarak dağılmış olan metaller, ergitilip katılaşmaya başladıklarında birbirine bitişik kristaller olarak katılaşırlar. Çok sayıda kristalden meydana gelen tanelerin sınır bölgeleri metalin korozyona en dayanıksız olduğu alanlardır.

#### **6.3.7. Erozyonlu Korozyon**

Metal yüzeyinde, akış yönünde kolayca görülebilen oyuklar ve dalga biçiminde oluklar oluşturan erozyonlu korozyon koroziif çözeltinin yüzeyden hızla akmasıyla meydana gelir. Bu durum korozyon oluşum hızının da artmasına neden olur.

#### **6.3.8. Aşınmalı Korozyon**

Birbiri ile temas eden yüzeylerde sürtünme veya vibrasyon etkisine bağlı olarak aşınma meydana gelir ve aşınan alanda korozyon oluşum hızı artar.

#### **6.3.9. Seçimli Korozyon**

Alaşım bir malzemeyi oluşturan alaşımlardan birinin korozyona uğradığı türdür. Bu korozyon tipine pirinç alaşımı içerisinde yer alan çinkonun bakırdan önce korozyona uğramasını gösterebiliriz.

#### **6.3.10. Mikrobiyolojik Korozyon**

Mikrobiyolojik canlıların metal yüzeylerde gelişim süreçlerinde ortaya çıkan asitler ve sülfürlerin aşındırıcı özellikleri sonucunda korozyon oluşumu ortaya çıkar. Mikroplar doğrudan elektrokimyasal reaksiyonlara da katılırlar. Mikroorganizmaların faaliyete geçebilmeleri için ortamda mutlaka oksijen bulunmalıdır.

#### **6.4. Bronz Bozulmaları**

Bakır ve alaşımı eserlerde klorür iyonlarından kaynaklı kimyasal bir değişim olarak karşımıza çıkan bu korozyon tipi, bakır kanseri olarak ta bilinmektedir. Bu şekilde

tanımlanmasının sebebi, başlayan bozulmanın temelini oluşturan ortam şartlarında değişiklik yapılmaması ve önlemlerin alınmaması durumunda art arda girdiği reaksiyonlar ile metalin özünü tüketene kadar devam etmesidir.

**Tablo 3: Bakır ve Bakır Alaşımlarının Korozyonu Ürünleri**

| Korozyon Türü                      | Korozyon Ürünü  | Kimyasal Formülü                                                       | Korozyon Rengi |
|------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Oksitler ve Hidroksitler           | Kuprit          | $\text{Cu}_2\text{O}$                                                  | Kahverengi     |
|                                    | Tenorit         | $\text{CuO}$                                                           | Koyu siyah     |
|                                    | Spertiniit      | $\text{Cu}(\text{OH})_2$                                               | Yerli yeşil    |
|                                    | Kasiterit       | $\text{SnO}_2$                                                         | Kahverengi     |
|                                    | Hematit         | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                                                | Koyu kırmızı   |
|                                    | Zinkit          | $\text{ZnO}$                                                           | Koyu siyah     |
| Karbonatlar                        | Malakit         | $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$                                  | Yerli yeşil    |
|                                    | Azurit          | $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$         | Koyu kırmızı   |
|                                    | Chalconatronite | $\text{Na}_2\text{Cu}(\text{CO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$        | Yerli yeşil    |
| Bakır Klorürler                    | Nantokit        | $\text{CuCl}$                                                          | Yerli yeşil    |
|                                    | Atakamit        | $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$                                    | Yerli yeşil    |
|                                    | Paratakamit     | $(\text{Cu}, \text{Zn}, \text{Ni}, \text{Co})_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ | Yerli yeşil    |
|                                    | Klinoatakamit   | $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$                                    | Yerli yeşil    |
| Bakır sülfatlar                    | Kalkantit       | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$                              | Koyu kırmızı   |
|                                    | Brokhanit       | $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6$                                  | Yerli yeşil    |
|                                    | Antlerit        | $\text{Cu}_3\text{SO}_4(\text{OH})_4$                                  | Yerli yeşil    |
|                                    | Posnjakite      | $\text{Cu}_4\text{SO}_4(\text{OH})_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$         | Yerli yeşil    |
|                                    | Langit          | $\text{Cu}_4(\text{SO}_4)(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$      | Yerli yeşil    |
| Bakır Sülfürler                    | Kalkosit        | $\text{Cu}_2\text{S}$                                                  | Koyu siyah     |
|                                    | Kalkopirit      | $\text{CuFeS}_2$                                                       | Koyu kırmızı   |
|                                    | Kovellit        | $\text{CuS}$                                                           | Koyu siyah     |
| Bakır Fosfatlar ve Bakır Nitratlar | Kornitit        | $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)(\text{OH})$                                  | Yerli yeşil    |
|                                    | Libethenit      | $\text{Cu}_2(\text{PO}_4)(\text{OH})$                                  | Koyu kırmızı   |
|                                    | Gerhardit       | $\text{Cu}(\text{NO}_3)(\text{OH})_3$                                  | Yerli yeşil    |

Kaynak: Scott, 2002:78

Bronz alaşım içerisinde yer alan bakırın oksijen ile reaksiyonunda genellikle kahverengi ve koyu kırmızı renklerde karşımıza çıkan Küprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) tabakası oluşmaktadır. Küprit suda çözünmeme özelliği ile bozulma sürecinde ortaya çıkan ilk korozyon ürünü olarak bir nevi koruyucu bir tabaka görevi görür. Küprit, nem ve oksijen barındıran ortam koşullarında kolaylıkla oluşabilmektedir (Scott, 1997:93-95).

Arkeolojik bronz eserlerde nadiren görülen Tenorit ( $\text{CuO}$ ) genellikle soluk siyah renkte olur ve Küprit üzerinde benekler halinde görülür (Scott, 2002:95). Tenorit gözlemlenmesi eserin gömü ortamı veya öncesinde yüksek ısıya maruz kalmış olduğunu gösterebilir (Scott, 1997:97).

Bakır karbonatların oluşturduğu korozyon ürünleri genellikle Malahit ( $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) ve Azurit ( $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ) olarak gözlemlenmektedir. Malahit ve Azurit bakır alaşımı eserlerin ortam koşullarında yeraltı suları veya karbondioksit yüklü yüzey sularıyla temasında korozyon ürünü olarak ortaya çıkabilmektedir (Scott, 2002:106)

Malahit, gömü ortam koşullarında ilk tabaka olarak oluşan Küprit'in üzerine uniform türünde gelişen yeşil renkli patina tabakası oluşturur. Küpritten Malahite geçiş süreci, laboratuvarında tekrarlanması çok zor olan doğal bir süreç olduğundan, bu tabaka oluşumu eserin orijinal olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir (Scott, 2002:106).

Bakır klorürler bakırın korozyon ürünleri içerisinde en tehlikeli sınıfı oluşturur. Klorürler eserlere deniz suyu, aerosoller ve yer altı suları ile nüfuz ederler. Nantokit ( $\text{CuCl}$ ) ve Atakamit-Paratakamit ( $\text{Cu}_2(\text{OH})_3\text{Cl}$ ) oluşumları arkeolojik bronzlarda sıklıkla gözlemlenmektedir (McLeod, 1987:17). Atakamit ve paratakamit'in formülleri aynı olmakla birlikte kafes yapıları açısından farklılık gösterirler. Atakamit ortorombik, paratakamit rombohedral kafes yapısına sahiptir. Nantokit minerali, klor iyonlarının Küprit tabakasının altına nüfuz etmesi ile oluşur. Bakır kanseri olarak adlandırılan korozyon ürünü Nantokittir.

## **6.5. Onarım ve Koruma Teknikleri**

Sualtında yürütülen arkeolojik kazılarda ele geçen sualtı buluntusu metal kültür varlıklarının büyük bölümü korozyon ürünleri ile kaplanmış olarak ele geçmektedir. Maruz kaldıkları korozyon oluşumunun boyutlarına göre değişkenlik gösteren oranlarda fiziki deformasyon ve yapısal zayıflama gözlemlenebilmektedir (Memet, 2007). Bu noktada kültür mirasının gelecek kuşaklara aktarılabilmesi için onarım ve koruma bilimi devreye girmektedir. Eserlerin ilk günkü hallerine döndürülmeleri mümkün olmasa bile uygun teknikler ile eserde oluşan korozyon ürünlerinin eserden uzaklaştırılması ve yapısal bütünlüğünü koruyarak gelecek kuşaklara aktarılması mümkündür.

Eserlerin ilk günkü hallerine döndürülmeleri mümkün olsa bile yapılan işlemler tarihin izlerini ve eserin yaşanmışlıklarını da yok edeceğinden, hem etik hem de onarım ve koruma ilkelerine aykırı olacaktır. Uygulamaların, eserlerin yapısal bütünlüğünü koruyarak gelecek kuşaklara aktarımına olanak sağlayacak en az müdahale çerçevesinde yürütülmesi çalışmalarının her aşamasında ilke olarak benimsenmelidir.

Yukarıda da belirtildiği gibi metal korozyonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerin yol açtığı bir yok oluşun doğal sürecidir. Tamamen durdurulması mümkün olmamakla birlikte uygun koruma yöntemleri ile mümkün olduğunca yavaşlatılabilir.

Sualtı buluntusu arkeolojik metal eserlerin restorasyon ve konservasyon sürecini farklı aşamalar halinde ele alabiliriz (Jozic, 2014).

1. Belgeleme ve detaylı ilk durum tespiti.
2. Eserlerin tuzdan arındırılması.
3. Ön hazırlık araştırması
4. Eserin temizlenmesi
5. Stabilizasyon
6. Kırık parçaların yapıştırılması
7. Koruyucu kaplama
8. Önleyici koruma ve gözlem (pasif konservasyon)

Sualtı buluntusu arkeolojik eserler ile kara buluntusu arkeolojik eserlerin restorasyon ve konservasyon süreci aynı aşamalar dahilinde yürütülürler. Aradaki tek farkın sualtı buluntusu eserlerin bulundukları ortam koşullarının etkisiyle maruz kaldığı yoğun klorürlerin indirgenmesi için ihtiyaç duyulan sürenin uzunluğu olduğunu söyleyebiliriz. Klorürlerin kontrollü indirgenme süresi her eser için farklılık göstermekle birlikte birkaç yıla yayılan zaman dilimini kaplayabilmektedir.

#### **6.5.1. Belgeleme ve Detaylı İlk Durum Tespiti**

Belgeleme çalışması restorasyon ve konservasyon sürecinin ilk adımı olmakla birlikte sürecin tamamında aktif olan bir çalışmadır. İlk tespitlerin yönelik belgeleme yapılması kadar sürecin tamamının belgelenmesi de büyük önem arz eder. Belgeleme çalışması eser hakkında olabildiğince detaylı bilgi toplanarak bu bilgilerin arşivlenmesini temel alır. Sürecin tamamına ait bu arşiv ileriki dönemlerde yürütülecek çalışmalar için kaynak ve yönlendirici nitelikte olacaktır. Konservasyon biliminin yeni keşifler ve teknolojik gelişimler dâhilinde kendini yenileyen bir dal olduğu asla unutulmamalıdır. Bu noktada belgeleme çalışmaları sırasında elde edilen tüm verilerin özenle kayıt altına alınmasının kültür varlıklarının gelecek kuşaklara aktarımında önemli bir basamak oluşturduğunu rahatlıkla belirtebiliriz (Ersen vd, 2009).

Tüm eserlerde olduğu gibi sualtı buluntusu metal eserlerinde restorasyon ve konservasyon etiği gereği çalışmalar öncesinde eserin buluntu hali ile restorasyon ve konservasyon ihtiyacının ilişkilendirilmesine yönelik olarak tüm veriler (eserin ölçümleri, fotoğrafları, çizimleri, envanter fişleri v.b.) belgelenerek arşivlenir. Konservasyon çalışmaları neticesinde eserin insitu buluntu hali ile son hali arasındaki tüm değişikliklerin, konservasyon süresince uygulanan yöntemlerin, kullanılan ekipmanların ve malzemelerin detaylı kayıtları ileriki dönemlerde eserin tekrar konservasyon ihtiyacı ortaya çıktığında çalışmalara yol

göstererek yeni teknikler çerçevesinde doğru ve etkin müdahalelere olanak sağlayacaktır. Günümüzde yürütülen pek çok konservasyon yenileme çalışması esnasında, önceki dönemlerde yürütülen çalışmalar sırasında belgelemeye gereken önemin verilmemesinin yol açtığı zorluklarla mücadele edilmektedir (Jozic, 2014).

### **6.5.2. Eserlerin Tuzdan Arındırılması**

İlk belgelemenin ardından eserlerin tuzdan arındırılmak üzere arındırma tanklarına alınırlar. Arındırma işlemi sırasında musluk suyu ve ihtiyaca göre alkali inhibitörler kullanılır. Ancak arındırma işlemlerinde kullanılacak suyun ve inhibitörlerin oranları eserlerin uzun yıllar boyunca maruz kaldığı ortam şartlarına göre belirlenir. Eserlerin tatlı su veya tuzlu su buluntusu olmaları, buluntu noktasının kıyıya olan uzaklığı ve derinliğine göre bölgenin tuzluluk oranı gibi etmenlerin etkisiyle kullanılacak solüsyonların oranları her bir eser için farklılık gösterir.

Eserlerin yerleştirildiği, musluk suyu ile doldurularak uygun inhibitör eklenmiş arındırma tanklarında ki çözeltinin düzenli olarak değiştirilmesi ile çözeltinin doygunluğa ulaşarak eser bünyesindeki tuz salınım reaksiyonunu durdurması engellenir. İnhibitörler eserlerdeki korozyon reaksiyonunu ve/veya reaksiyonun hızlanmasını önlemede etkili olurlar. Alkali inhibitörler olarak genellikle sodyum karbonat, sodyum seskikarbonat ve sodyum hidroksit tercih edilmektedir.

Tuzdan arındırma işlemi sürecinde tanklardaki çözeltinin dört haftada doygunluğa ulaşacağı öngörülmekle birlikte düzenli olarak iletkenliğin (Tds tuz ölçümü ve pH metre sertlik ölçümü) ölçülmesi ve kayıt altına alınması ile oluşturulan tablo tanklardaki çözeltinin değiştirilmesi için ana referans olarak kabul edilir. Bu noktada dikkat edilmesi gereken en önemli husus arındırma işleminin çok hızlı yapılmamasıdır. Eser bünyesindeki tuz moleküllerinin hızlı çözünmesi eserin yapısal bütünlüğünde daha fazla hasara yol açarak metal özünün saldırılara açık hale gelmesine yol açabilir. Bu durum kontrol altına alınamazsa eserin tamamen yok olması söz konusu olabilir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için arındırma tanklarındaki suyun tuzluluk oranının kademeli olarak azaltılması gerekmektedir. Saf su sürecin son aşamalarında kullanılmalıdır.

Eserdeki tuz salınımının sona ermesini takiben eserin kurutulması sürecine geçilir. Kurutma sürecinde ani sıcaklık değişimlerinden kaçınılarak, kontrollü kurutma işlemi yürütülmelidir.

### 6.5.3. Ön Hazırlık Araştırması

Eserlerin restorasyon ve konservasyon süreçlerinin başında eserlerin yapıldığı malzemenin tanımlanması, eserdeki hasarların tespiti, mevcut durum tespitlerinin yapılarak konservasyon yöntem, araç ve malzemelerinin belirlenmesi arkeolojik korumanın temelini oluşturmaktadır.

Konservatör bir eseri eline aldığı anda neye baktığını bilmelidir. Elinde tuttuğu eserin yapıldığı metalin cinsi, yüzeyin durumu, oluşan tabakalar, diğer metallerle etkileşimi, altın ve gümüş kaplama gibi etkileşimlere ait parametreler. Ancak tüm bunların gözle görülerek tanımlanması mümkün değildir, hele ki uzun yıllar sualtı ortamında kalarak korozyon ürünleri ile kaplanmış ve fiziki deformasyona maruz kalmış bir eserde.

İşte bu noktada konservatörün yardımına günümüz teknolojisi yetişmektedir. Özellikle görüntüleme teknolojilerinde kaydedilen gelişmeler neticesinde gözle görülmesi mümkün olmayan detayların görüntülenmesi, önceki dönemlerde çok zahmetli süreçler ile elde edilen kimyasal verilerin tek bir cihaz yardımı ile dakikalar içerisinde elde edilmesi konservasyon süreçlerinde doğru tekniklerin ve malzemelerin kullanımını belirlemede büyük kolaylık sağlamaktadır. Sualtı buluntusu metal eserlerin analizleri için genellikle XRF (X-ışını floresans spektrometresi), XRD (X-Ray Difraksiyonu), Raman (Raman Spektroskopisi) ile yüzey özelliklerinin tespiti için stereo mikroskop kullanılmaktadır (Zararsız, 2019) .

Ön hazırlık görsel incelemeye dayanır ancak gözle görebileceğimiz detaylar görece kaba hatlarla sınırlıdır. Bu sınırı ortadan kaldırarak detaylara ulaşmak için stereo mikroskoplardan yardım alabilmekteyiz. Eseri mikroskop altında; kullandığımız cihazın özelliğine göre (5X, 10X, 20X, 40X gibi) çok daha detaylı inceleyebilmekteyiz.

XRF (X-ışını floresans spektrometresi), XRD (X-Ray Difraksiyonu), Raman (Raman Spektroskopisi) cihazları tahribatsız analiz yöntemleri sınıfında yer almaları dolayısıyla arkeolojik buluntuların; özellikle metal eserlerin analizinde sıkça tercih edilmektedirler. Yapılan analizler bizlere eserlerin yapıldığı metal elementleri, bu elementlerin yoğunluğu, alaşımlar, eserlerin etkileşime girdiği organik ve inorganik materyaller gibi bir çok noktada detaylı bilgi sunarak restorasyon ve konservasyon sürecinde izlenecek metotların, ekipmanların ve kimyasal malzemelerin belirlenerek doğru uygulamaların yapılmasını sağlamaktadır (Fermin vd, 2019; Işıklı vd, 2013).

Sualtı buluntusu metal eserlerin belgeleme ve analiz çalışmaları; eserlerin fiziki dayanım durumları göz önünde bulundurularak, risk taşımayan durumlarda tuzdan arındırma süreci ile paralel olarak yürütülebilir.

#### 6.5.4. Eserlerin Temizlenmesi

Metal eserlerin korozyonlarından arındırılması tüm sürecin en hassas bölümüdür. İnce kalker tabakası, oksidasyon ve korozyon ürünleri, patina gibi birikim katmanlarından hangilerinin eser yüzeyinden uzaklaştırılacağına değerlendirmesinin çok iyi yapılması gerekmektedir. Bu geri dönüşümü olmayan bir aşama. Eserin yüzeyinden kaldırılan katmanın tekrar yerine konması mümkün değildir.

Metal eserlerin üzerinde çok çeşitli korozyon ürünü tabakalar oluşur. Metalin kararlı mineral yapısına dönme eğilimini engelleyen kuru korozyon ürünü patina tabakası da bunlardan biridir. Bazen sadece birkaç milim kalınlığında olan ve eserin yok olmasını önleyen bu tabakanın korunması konservatörler için çok önemlidir (Başaran, 1980).

Bu hassas çalışmalar iki farklı metot ile yürütülebilmektedir. Bu metotları mekanik temizlik ve kimyasal temizlik başlıkları altında irdeleyebiliriz.

Mekanik temizlik arkeolojik metal eserlerin korozyonlarının temizlenmesinde en çok tercih edilen yöntemdir. Eğitimli ve yetenekli bir elin en kontrollü metot olarak öne çıkan bu yöntem ile eserin patinasına zarar vermeden orijinal yüzeye kadar tüm korozyonu temizlemesi mümkündür. Süreci basite indirmek için çok çeşitli el aletleri, elektrikli el aletleri ve ultrasonik ekipmanlardan faydalanılır.

Konservatörlerce yürütülen mekanik temizlik çalışmaları sırasında büyük oranda diş protez üretimi ve diş tedavisinde kullanılan ekipmanlar kullanılır. Kullanılan küçük el aletleri küçük keski, küret, perio, spatül, bistüri, fırça gibi aletleri içerir. Eser üzerinde oluşan korozyon ürünleri bu el aletleri yardımıyla kazınarak eserden uzaklaştırılır. Ancak bu işlem sırasında çok hassas olunmalıdır. Dişçi motoru, Dramel, piason gibi mikro motorlar el gücü ile eserden uzaklaştırılması mümkün olmayan kalın kalker ve korozyon tabakalarının temizlenmesinde kullanılırlar. Ultrasonik ekipmanlar el aletleri ile temizlik sırasında zarar görme olasılığı bulunan hafif korozyona maruz kalmış eserlerin temizlik işlemlerinde kullanılır. Cihazın sıvı dolu haznesine yerleştirilen eser ses dalgalarının “kavitasyon” adı verilen etkiyi açığa çıkarması ile temizlenir (Jozic, 2014; Wharton vd, 2002; Şahin; 2018). Mekanik temizlik her daim büyük dikkatle uygulanmalıdır. En ufak bir dikkatsizlik geri dönüşü mümkün olmayan bir hasara, eserin özgünlüğünü kaybetmesine yol açabilir.

Konservasyon çalışmaları esnasında eserin sağlığını olduğu gibi insan sağlığını korumaya da büyük önem gösterilmelidir. Özellikle mekanik temizlik çalışmaları sırasında yoğun bir metal tozu ortaya çıkar. Bu tozların solunması belli bir süreden sonra insan vücudunda tedavisi çok güç olan ve/veya tedavisi mümkün olmayan hastalıkların baş

göstermesine sebebiyet verir. Bu nedenle konservatör çalışırken mutlaka maske, eldiven, gözlük gibi kişisel koruyucu ekipmanını giymelidir.

Kişisel koruyucu ekipmanlar bir noktadan sonra tek başına yeterli gelmediğinden ek koruyucu ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada çalışılan alandaki faaliyetlere uygun filtrelerle sahip aspirasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmalar esnasında açığa çıkan metal tozlarını filtreden geçirerek özel bir haznede biriktiren portatif ve/veya sabit bu sistemlerin kullanımı insan sağlığı açısından olmazsa olmaz konumdadır.

Günümüzde kimyasal temizlik pek tercih edilen bir yöntem değildir. Zor kontrol edilebilir olması, eser yüzeyindeki mikro çatlaklardan sızarak derinlere nüfuz etmesi gibi durumlar bunda önemli etkindir. Kimyasal temizlikte genellikle hafif asidik veya alkalın ve saf su bazlı solüsyonlar kullanılmaktadır. Bu kimyasalların en önemli artısı korozyon ürünlerini temizlerken metali aşındırmamalarıdır. Ancak korozyon ürünlerini temizlerken yaralı bir korozyon ürünü olan patinayıda eser yüzeyinden uzaklaştırmakta ve eserin orijinal parlaklığında azalmaya sebebiyet vermektedirler. Kimyasal temizliğin ardından eserin saf su ile yıkanarak kimyasallardan arındırılması gerekmektedir. Ancak yüzeydeki mikro çatlaklardan derinlere nüfuz eden kimyasalların temizliği her zaman mümkün olamamaktadır. Kimyasal temizlik altın, gümüş ve kurşun gibi mekanik temizlik sırasında kolayca zarar görebilen yumuşak yapıları ancak korozyon oluşumuna karşı daha dirençli metal türlerinden yapılmış eserlerin temizliğinde tercih edilen bir yöntemdir.

#### **6.5.5. Stabilizasyon**

Metal eserler bulundukları ortam şartlarının etkisi ve üretildikleri metal cinsine bağlı olarak kararlı mineral haline dönüşüm eğilimleri ile çok uzun yıllar boyunca korozyon ürünleri üretirler. Bu üretim metal özü tükeninceye kadar devam eder. Bu nedenle konservasyon prosesi içerisinde bu korozyon üretim sürecinin durdurulması gerekmektedir.

Arkeolojik metal eserlerde; özellikle demir eserlerde, meydana gelen korozyon oluşumunda klorürlerin rolü çok büyüktür. Metal eserlerin konservasyon uygulamalarındaki en önemli problemlerden birinin klorürlerin eserlerden uzaklaştırılması olduğunu söylenebilir. Klorür iyonlarını metal eserlerden uzaklaştırmanın en başarılı yöntemlerinden biri sodyum sülfat solüsyon uygulamasıdır. Bu uygulama sürecinde eser sülfat tankına yerleştirilir. Eser tank içerisinde saf suyla hazırlanmış sodyum sülfat solüsyonu (6,3%) ve sodyum hidroksit (2%) ile birlikte ısıtılır. Tankın kapağı hava almayacak şekilde kapatılarak tankın içerisinde oksijensiz bir ortam yaratılarak sülfat içerisindeki sülfat oksidasyonu durdurulur. Söz konusu solüsyonun 50 °C sıcaklıktaki sirkülasyonu sırasında eser bünyesinde bozulmaya sebep olan

klor iyonları eserden uzaklaştırılır. Tunç eserlerin stabilizasyonu eserlerin alkolde çözündürülen benzotriazol (3%) solüsyonuna daldırılmalarıyla sağlanmaktadır. Daldırma işlemini takip eden 24-48 saatlik sürenin sonunda eser solüsyonda çıkarılarak kurumaya bırakılır. Kuruma sürecinde eser yüzeyindeki benzotriazol aseton yardımıyla temizlenir. Benzotriazol özellikle bakır ve bakır alaşımlarının stabilizasyonunda çok etkin bir inhibitördür (Jozic, 2014; Wharton vd, 2002).

Tüm bu kimyasal uygulamaların insan sağlığı açısından tehlike oluşturmaması için bu tarz uygulamalar için üretilmiş çeker ocakların içerisinde ve/veya çıkan kimyasal buharları filtreleyebilecek aspirasyon sistemine sahip laboratuvar ortamında yürütülmesi gerekmektedir.

**Şekil 30: Dolap Tipi Çeker Ocak**



**Şekil 31: Portatif, filtreli aspirasyon sistemi**



Kaynak: Figür 25 ve 26 fotoğraf Serkan AKÇAY.

#### **6.5.6. Kırık Parçaların Yapıştırılması**

Birbiriyle yapıştırılabilir iki yada daha fazla parçadan oluşan hasarlı metal objeler kırık olarak adlandırılır. Eserlerin bütünlüğünün sağlanabilmesi için bu parçalar birbiriyle farklı türde bağlayıcılar ile yapıştırılır. Yapıştırma işleminde kullanılan yapıştırıcıların geri dönüşümlü olması, ileriki dönemlerde esere tekrar müdahale ihtiyacı doğduğunda parçaların birbirinden ayrılabilmesi için önem arz eder. Yapıştırma işlemi için geri döndürülebilir cyanoacrylate veya geri döndürülebilir çift bileşenli yapıştırıcılar kullanılabilir. Eserin yapısal bütünlüğünün zayıf olduğu ( eser bünyesindeki metal kaybı, mikro çatlaklar v.b.) durumlarda

kırık parçaları yapıştırmak yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda geri döndürülebilir çift bileşenli yapıştırıcılar ve cam elyafı yardımıyla destek yapılabilir.

#### **6.5.7. Koruyucu Kaplama**

Metal eserlerin atmosferik etkiler ile etkileşimini keserek korozyon oluşumunu engellemek için kullanılan koruyucu yüzey kaplama, spre ve daldırma yöntemleriyle uygulanabilir. Koruyucu kaplama işleminde geri döndürülebilir uzun ömürlü bir termoplastik olan Paraloid B72 yoğun olarak kullanılmaktadır. Organik ve inorganik malzemeler ile etkileşime girmemesi, geri dönüşümlü olması, şeffaf ve renk değıştirmemesi arkeolojik metal eserlerde Paraloid B72'nin tercih edilmesinin başlıca sebepleridir. Koruyucu kaplama olarak alkol veya tolüen içerisinde hazırlanan 3%'lük Paraloid B72 solüsyonu kullanılmaktadır (Feller vd, 1972). Solüsyon eserlere konservatörün tercihine göre fırça yardımıyla sürülerek, spre olarak veya daldırma yöntemiyle uygulanabilir. Ancak eser yüzeyinde homojen bir dağılım elde etmek için en uygun yöntemin daldırma tekniğı olduğı söylenebilir.

#### **6.5.8. Önleyici Koruma ve Gözlem (Pasif Konservasyon)**

Metal korozyonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerin yol açtığı bir yok oluşun doğal sürecidir. Tamamen durdurulması mümkün olmamakla birlikte uygun koruma yöntemleri ile mümkün olduğunca yavaşlatılabilir savını göz önünde bulundurursak; yukarıda detaylarıyla bahsettiğimiz uzun süreçli bir konservasyon çalışması ile korozyondan arındırarak stabil hale getirdiğimiz eserin, korozif bir ortamda muhafaza edilmesi durumunda kısa bir süre içerisinde tekrar aktif korozyon saldırısına maruz kalması kaçınılmazdır.

Önleyici korumanın temelini metal eserlere en büyük zararı veren korozif ortam oluşumunu engellemek oluşturmaktadır. Karasal alanlarda korozyon oluşumunu tetikleyen elektrolit ortamı genellikle havadaki bağıl nem oluşturmaktadır. Hava sıcaklığı süreci hızlandıran önemli bir etkidir. Yürütölen konservasyon çalışmalarının etkinliğinin artırılması ve eserlerin gelecek kuşaklara aktarılmasında kilit nokta eserlerin teşhir ve/veya muhafaza edildikleri alanlardaki bağıl nem ve sıcaklık değeri eser türlerine göre uygun değeri sabitlemektir. Günümüz teknolojileri göz önüne alındığında oldukça kolay bir işlemdir. Bina yalıtımı ve doğru iklimlendirme cihaz seçimi yeterlidir.

Metal eserlerin korozif hareketlerinin minimum seviyede stabil kalması için bulundukları ortamın bağıl nem değeri %35 rh (+/- %5 sapma payı ile), sıcaklık değeri 18-22 °C olması yeterli olmaktadır. Buradaki en önemli unsur değeri stabil olmasıdır. Bu da eserlerin bulunduğu alanda yer alan nem alma/verme cihazları ile iklimlendirme cihazlarının sürekli çalışır konumda olması ile sağlanabilmektedir. Cihazların aralıklı çalışması

durumunda meydana gelecek ani bağıl nem ve sıcaklık değer farkları elektrolit ortam oluşumunu tetikleyecek, bu durum da eserlerde tekrar korozyon ürünleri üretim sürecinin başlamasına sebep olacaktır.

Eserlerin bulundukları alanın, eserlerdeki korozif hareketlerin minimum seviyede stabil kalması için tüm şartlara sahip olması durumunda bile eserler periyodik olarak kontrol edilmelidirler. Kontroller esnasında herhangi bir olumsuzluk fark edilmesi durumunda eserin derhal konservasyon sürecine dahil edilmesi kültür mirasımızın korunması çalışmalarına önemli katkılar sağlayacaktır.

#### **6.6. Kara Kazısı ile Sualtı Kazısı Buluntusu Metal Eserlerin Onarım ve Koruma Tekniklerinin Karşılaştırılması**

Sualtı buluntusu metal eserlerin onarım ve koruma uygulamaları, aşağıda belirtilen başlıklar altında yürütülmektedir.

1. Belgeleme ve detaylı ilk durum tespiti.
2. Eserlerin tuzdan arındırılması.
3. Ön hazırlık araştırması
4. Eserin temizlenmesi
5. Stabilizasyon
6. Kırık parçaların yapıştırılması
7. Koruyucu kaplama
8. Önleyici koruma ve gözlem (pasif konservasyon)

Çalışmalar kapsamında aynı uygulamalar her eserin özelinde ihtiyaç duyulan farklı ekipmanlar ile yürütülebilmektedir. Bu duruma örnek olarak; mekanik temizlik uygulaması için bir eserde sadece bisturi kullanılabilirken, bir diğer eserde kavatron ile çalışılabilir. Eserin tuzdan arındırma süreci esnasında mekanik temizliğinin de yapılması gibi bazı süreçler eş zamanlı yürütülebilir.

2011 yılında Malatya’da düzenlenen 27. Arkeometri Sonuçları Toplantısında sunumu yapılan Parion Nekropolün’de bulunan bronz amphoranın konservasyonu ve restorasyonu uygulamalarının XRF analizi ile başladığı, eserin fiziksel bütünlüğündeki deformasyonların tespiti ile eser bünyesinde ortaya çıkan korozyon ürünlerinin tespitinin yapıldığı, bu süreci takiben eserin temizliği aşamasına geçildiği, bu aşamada mekanik el aletleri ile ultrasonik kavatron aletinin kullanıldığı, temizlik işlemlerinin tamamlanmasının ardından eserin %3’lük oranda hazırlanmış BTA (benzotriazole) çözeltisinde bekletilerek stabilizasyon işlemlerinin yapıldığı, eserin kırık parçalarının stabilizasyon işlemi sonrasında yapıştırılmaya başlandığı,

pasif konservasyon ortamının oluşturulması için uygun depolama şartlarının sağlanmaya çalışıldığı aktarılmaktadır (Başaran vd. 2011:55-72)

“Divriğ Kalesi Kazısı’nda Bulunan Bir Grup Metal Objenin Konservasyon Çalışması” isimli makalede, Divriğ Kalesi 2017 yılı kazı sezonunda ele geçen metal eserlerin 14 tanesi üzerinde konservasyon çalışması yürütüldüğü, çalışmalara eserlerin detaylı fotoğraf çekimi ile eserlerin fiziksel ve kimyasal bozulmalarının tespitin yapılarak başlandığı, ardından mekanik temizlik işlemlerinin yapıldığı, son olarak Paraloid B 72 kullanılarak koruyucu yüzey oluşturulduğu aktarılmaktadır (Şahin, 2018:127-144).

Alman Çeşmesi ve Sultanahmet Örne Dikilitaşı’na Ait Mimari Yapı Öğelerinin Konservasyon Uygulamaları” isimli makalede, Alman Çeşmesinin metal öğelerinin XRF analizlerinin yapıldığı, müdahale yöntemlerinin bu veriler doğrultusunda oluşturulduğu, korozyonların mekanik yöntemlerle temizlendiği, koruyucu yüzey oluşturmak için demir aksamalarda tanik asit, bakır yüzeylerde incralac kullanılarak çalışmaların tamamlandığı aktarılmaktadır (Tulgar, 2015:109-121)

Her üç örnek detayı incelendiğinde, sualtı buluntusu metal eserlerin onarım koruma süreci olarak belirtilen başlıklardan 7 tanesinin birebir uygulandığı görülmektedir. Sadece tuzdan arındırma sürecinin uygulanmadığı görülmektedir. Ancak bu durum kara kazısı buluntusu metal eserlerde tuzdan arındırma yapılmaz anlamına gelmez. Eserin bulunduğu gömü ortamı şartları bataklık alan veya toprak yapısı yüksek klorür içeren alanlar gibi olduğunda tuzdan arındırma işlemi uygulanır. Buradaki en önemli ayırım uygulama sürecinin süresi olarak karşımıza çıkar. Sualtı buluntusu eserlerin bulunduğu ortam şartlarına göre tuzdan arındırma işlemleri 1-2 yıl sürebilirken, kara kazısı buluntusu metal eserler için bu süre yaklaşık 15 ila 45 gün aralığında sürmektedir.

Bu bilgiler doğrultusunda sualtı kazısı buluntusu metal eserler ile kara kazısı buluntusu eserlerin onarım ve koruma yöntemlerinin; eserlerin özelinde uygulama ve kullanılan ekipman açısından farklılık göstermekle birlikte aynı olduklarını söylenebilir.

**YEDİNCİ BÖLÜM**  
**KUMLUCA TUNÇ ÇAĞI BATIĞI VE OSMANLI DÖNEMİ BATIĞI BULUNTUSU**  
**BAKIR ESERLERİN ONARIM VE KORUMA UYGULAMALARI**

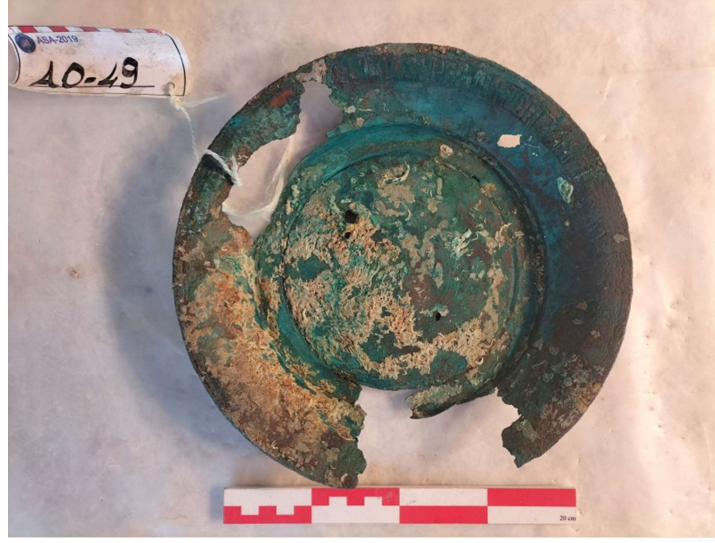
Tez konusunun uygulama bölümü için Akdeniz Kıyılarında yürütülen sualtı arkeolojisi çalışmalarında ele geçen bakır eserler ile çalışılması planlanmıştır. Bu doğrultuda Antalya İli, Kumluca İlçesi açıklarında tespit edilen ve M.Ö. 16-15. Yüzyıllara tarihlenen Kumluca Tunç Batığı kazı çalışmalarında ele geçen AB kazı envanter numaralı pide formu bakır ingot ile Antalya İli, Alanya İlçesi, Türkler Mahallesi kıyılarından yaklaşık 2 kilometre açıkta tespit edilen ve tarihlenmesine yönelik mevcut bilgilerin 1703 yılından sonrasına işaret ettiği Osmanlı Dönemi batığı kazı çalışmalarında ele geçen ATB 2019/49 (Kazı Env. No. AO 49) envanter numaralı bakır tabak seçilmiştir.

**Şekil 32: AB Kazı Envanter Numaralı Bakır İngot**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

### Şekil 33: ATB2019/49 Envanter Numaralı Bakır Tabak



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

Öncelikli olarak; her iki eserde de onarım ve koruma uygulamaları yapılacağından ilgili Müze Müdürlüklerinden bilimsel çalışma müsaadeleri alınmıştır. Müsaadelerin alınmasını takiben Alanya Müze Müdürlüğünde muhafaza edilen ATB 2019/49 (Kazı env. No. AO 49) envanter numaralı eserin, çalışmaların yapılacağı Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğüne nakli için Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğünden izin talebinde bulunulmuştur. Alınan Makam Onayı gereği eserin Laboratuvar Müdürlüğüne naklini takiben çalışmalar başlamıştır.

#### 7.1. Kumluca Tunç Çağı Batığı Buluntusu Bakır Eserin Onarım ve Koruma Uygulamaları

Kumluca Tunç Çağı Batığı kazı çalışmalarında ele geçen ve Antalya Müze Müdürlüğünde muhafaza edilen, onarım ve koruma uygulamaları Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğünde yürütülen AB kazı envanter numaralı pide formlu bakır ingot; eldeki veriler ışığında tarihin bilinen en eski ticari batığının kargosunu oluşturan eser gurubuna ait olması ile Tunç Çağı'nın en önemli hammadde ticaretinin ilk örneklerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Pulak ve Öviz, 2022: 27).

##### 7.1.1. Belgeleme Çalışmaları

Belgeleme çalışması restorasyon ve konservasyon sürecinin ilk adımı olmakla birlikte sürecin tamamında aktif olan bir çalışmadır. İlk tespitlerin yönelik belgeleme yapılması kadar sürecin tamamının belgelenmesi de büyük önem arz eder. Belgeleme çalışması eser hakkında

olabildiğince detaylı bilgi toplanarak bu bilgilerin arşivlenmesini temel alır. Sürecin tamamına ait bu arşiv ileriki dönemlerde yürütülecek çalışmalar için kaynak ve yönlendirici nitelikte olacaktır.

AB kazı envanter nolu bakır ingot'un çapı 33,7 cm, kalınlığı 4 cm. olarak ölçülmüştür. İngotun ağırlık ölçümünde hassas terazi kullanılmıştır. İlk ağırlık 14,6 kg olarak ölçülmüştür.

Eserin yüzeyi, Bresser marka, CMOS 1,3 megapixel kamera ve 3,5x-35x büyütme özelliğine sahip dijital el mikroskop'u ile incelenmiştir.

Eserin yüzeyinde görülen tüm bozulma türleri ve korozyon katmanları ile eserin mevcut fiziki durumu detaylı fotoğraf çekimleri ile kayıt altına alınmıştır.

### **7.1.2. Tuzdan Arındırma İşlemleri**

Arındırma tanklarına alınan eserlerin arındırma işlemi sırasında musluk suyu ve ihtiyaca göre alkali inhibitörler kullanılır. Ancak arındırma işlemlerinde kullanılacak suyun ve inhibitörlerin oranları eserlerin uzun yıllar boyunca maruz kaldığı ortam şartlarına göre belirlenir. Eserlerin tatlı su veya tuzlu su buluntusu olmaları, buluntu noktasının kıyıya olan uzaklığı ve derinliğine göre bölgenin tuzluluk oranı gibi etmenlerin etkisiyle kullanılacak solüsyonların oranları her bir eser için farklılık gösterir.

Arındırma işlemleri sürecinde iletkenlik ölçümleri Adwa marka, AD32 model TDS ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde ppt ve ms iletkenlik değerleri ile suyun sıcaklık değerleri kayıt altına alınmıştır.

Eserin bulunduğu arındırma tankındaki suyun tuz salınımı ile doygunluğa ulaştığı noktada su değişimi yapılarak tuz salınım reaksiyonunun devamlılığı sağlanmıştır. 7 günlük periyotlar ile yapılan TDS (iletkenlik) ölçümleri ile suyun doygunluk durumu ölçülerek mevcut durum doğrultusunda su değişim ihtiyacı tespit edilmiştir.

Arındırma tankında ki suyun iletkenlik ölçümlerinde tespit edilen değerlerin musluk suyu ile eşitlendiği noktadan itibaren su değişimlerinde saf su kullanılarak son aşamaya geçilmiştir.

**Tablo 4: TDS (İletkenlik) Ölçüm Tablosu**

| TDS İLETKENLİK ÖLÇÜMÜ |                        |      |               |  |
|-----------------------|------------------------|------|---------------|--|
| ENV. NO:              | AB                     |      |               |  |
| MALZEMESİ             | Bakır                  |      |               |  |
| MÜZE                  | ANTALYA MÜZE MÜDÜRLÜĞÜ |      |               |  |
| ÖLÇÜM İSTATİSTİĞİ     |                        |      |               |  |
| Tarih                 | PPT                    | MS   | SICAKLIK (°C) |  |
| 28.06.2021            | 1,5                    | 2,05 | 31,1          |  |
| 24.11.2021            | 1,43                   | 2,01 | 17            |  |
| 1.02.2022             | 0,81                   | 1,61 | 10,2          |  |
| 12.08.2022            | 0,37                   | 0,74 | 27,7          |  |
| 29.11.2022            | 0.06                   | 0.12 | 15,2          |  |
|                       |                        |      |               |  |

Kaynak: Tablo Serkan AKÇAY

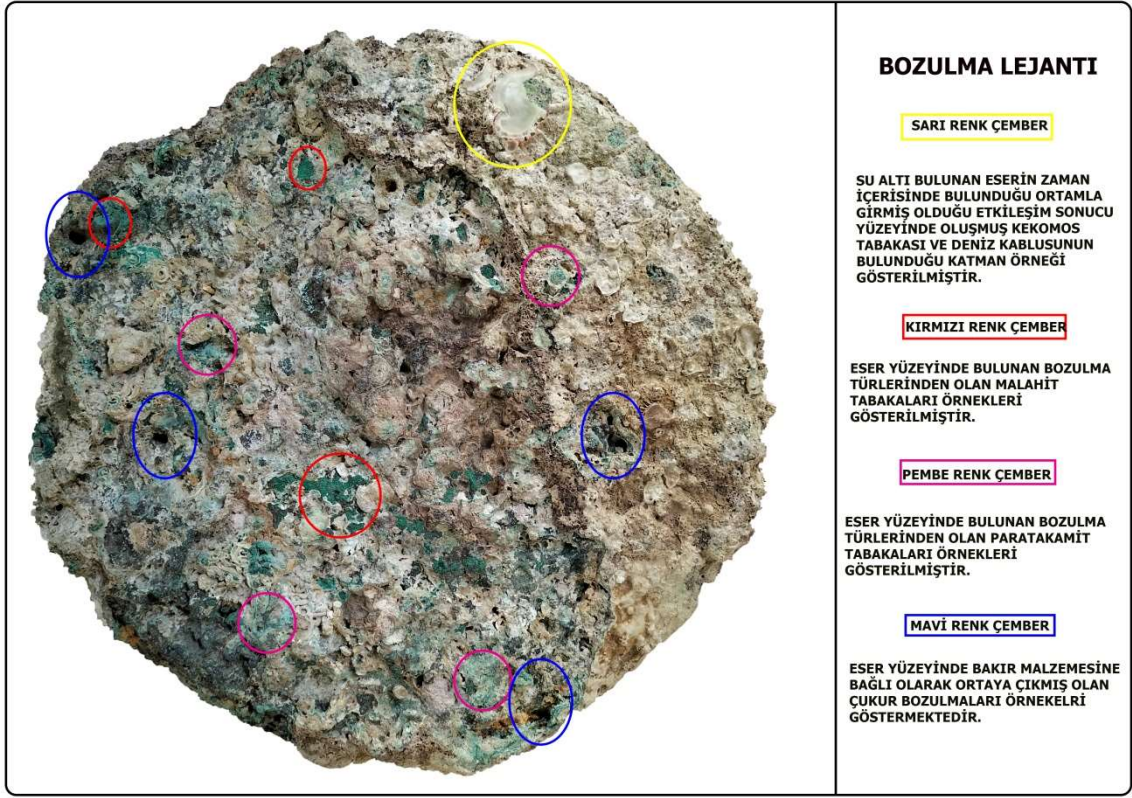
Belgeleme, ön hazırlık, xrf analizi ve belli aşamaya kadar ki mekanik temizlik uygulamaları tuzdan arındırma işlemleri ile eş zamanlı olarak yürütülmüştür.

#### 7.1.3. Ön Hazırlık Aşaması

Eserlerin onarım ve koruma süreçlerinin başında eserlerin yapıldığı malzemenin tanımlanması, eserdeki hasarların tespiti, mevcut durum tespitlerinin yapılarak konservasyon yöntem, araç ve malzemelerinin belirlenmesi arkeolojik korumanın temelini oluşturmaktadır. İnceleme ilk olarak fiziki görsel inceleme ile başlar. Bu evrede eserin fiziksel bütünlüğü, kondisyon durumu, korozyon ürünlerinin varlığı ve dağılımı, dönemsel ekler ve izler gibi konularda bilgiler edinilir. Ancak nihai karar noktasında fiziki görsel inceleme tek başına yeterli olamaz. Edinilen ilk bilgilerin imkânlar dâhilinde analitik analiz yöntemleri veya spot testler ile desteklenmesi gerekmektedir. AB kazı envanter numaralı eserin fiziki görsel incelemesinde elde edilen veriler taşınabilir X-Ray Floresans Spektrometresi (XRF) yöntemi ile doğrulanmaya çalışılmıştır.

AB kazı envanter numaralı eserin fiziki görsel incelemeleri neticesinde, eserin fiziksel bütünlüğünü korumuş olduğu ve kondisyon durumunun iyi seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Eser yüzeyi tamamen korozyon ürünleri ile kaplı durumdadır. İlk teşhisler neticesinde eser yüzeyinde ağırlıklı olarak bakır bozulmaları gözlemlenmiştir. Tespit edilen bozulmaların tanımlanması için lejant oluşturularak eser üzerinde işaretlemeleri yapılmıştır.

Şekil 34: AB Envanter Numaralı Bakır İngot Bozulma Lejantı



Kaynak: Lejant Serkan AKÇAY

Makro ve mikro görsel incelemede eser yüzeyinde mikrobiyolojik korozyon ile çukur korozyon türünün yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Bakır bozulma türleri olan malahit ve paratakamit bozulma türleri de görsel incelemede tespit edilebilmiştir.

**Şekil 35: Malahit Oluşumu**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

**Şekil 36: Paratakamit oluşumu.**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

**Şekil 37: Mikrobiyolojik Korozyon  
Oluşumu**



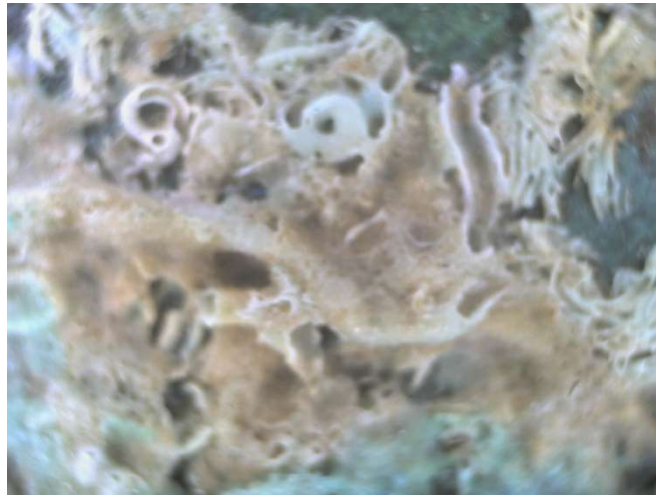
**Şekil 38: Çukur Korozyon Oluşumu**



Kaynak: Fig. 34-35 Fotoğraf Serkan AKÇAY.

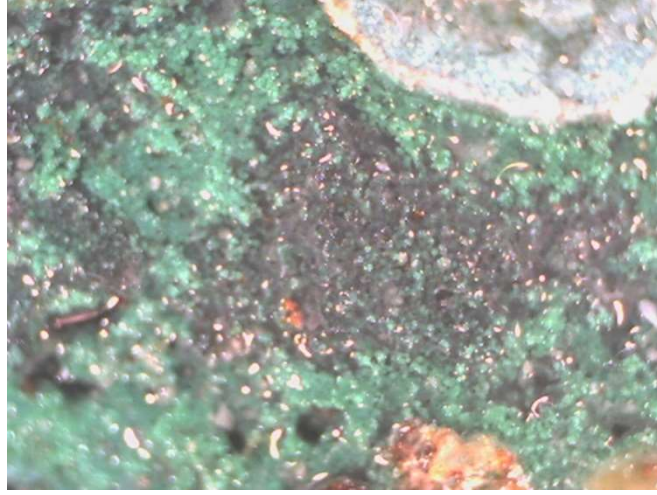
Makro görsel analiz tespitlerinin doğrulanması noktasında ilk aşama olarak mikroskop incelemesi, ikinci aşama olarak XRF analiz yöntemi ile elementel inceleme yapılmıştır. İlk aşama dâhilinde Bresser marka, CMOS 1,3 megapixel kamera ve 3,5x-35x büyütme özelliğine sahip dijital el mikroskop'u ile incelemeler yapılmıştır. İnceleme sonucunda makro görsel analiz tespiti malahit ve paratakamit bozulma türleri ile mikrobiyolojik korozyon tabakasının mevcudiyetine yönelik detay görüntüler elde edilmiştir.

**Şekil 39: Mikrobiyolojik Korozyon Katmanı Mikroskobik Çekim**



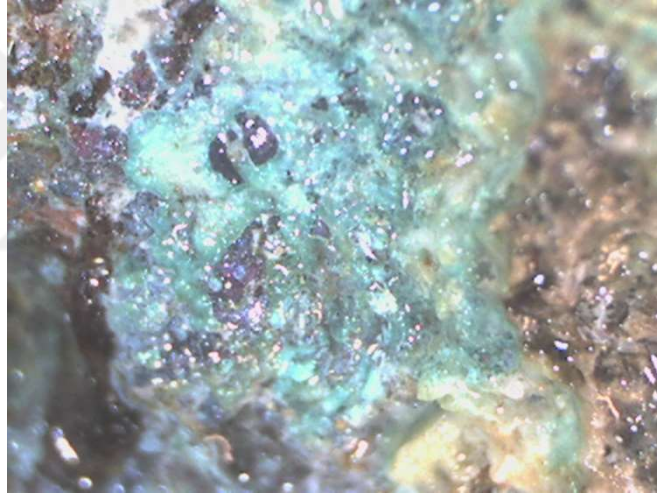
Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

**Şekil 40: Malahit Bozulma Türü Mikroskopik Çekim.**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

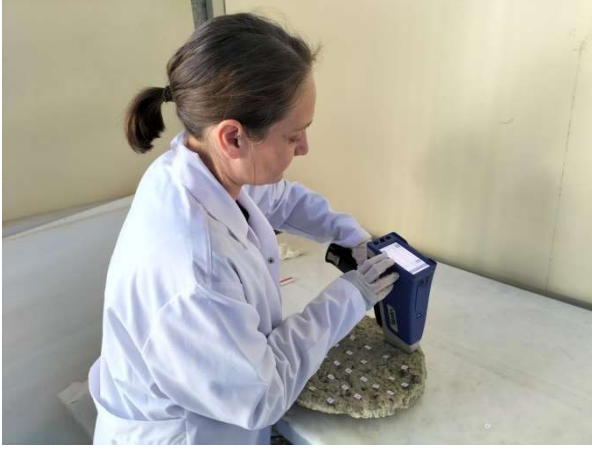
**Şekil 41: Paratakamit Bozulma Türü Mikroskopik Çekim**



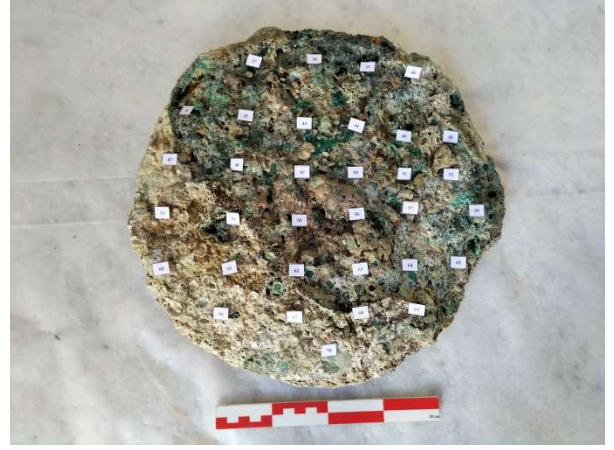
Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

İkinci aşama olarak eserin yapım malzemesi ve eser üzerinde meydana gelen bozulma ürünlerinin elementel birleşiminin tespitine yönelik olarak el tipi XRF cihazı ile elementel analiz çalışması yürütülmüştür (M.Civan, S.Akçay. 2022). Eser bünyesindeki heterojen/homojen elementel dağılımın tespitine yönelik olarak eserin her iki yüzeyinde oluşturulan 13 hat üzerinde toplam 70 noktadan ölçüm alınmıştır. Eserin daha fazla bozulma türü gözlemlenen üst yüzeyinde oluşturulan 7 hat üzerinde toplam 33 noktadan alınan ölçüm verilerine göre;

Şekil 42: XRF Ölçüm Çalışması



Şekil 43: XRF Ölçüm Noktaları



Kaynak: Fig. 39-40. Fotoğraf Serkan AKÇAY.

Elementel Analizler üretim metalinin içeriğine yönelik analizler ‘AlloyPlus-Turkish Museum Mode’ kullanılarak ve 40 kv voltajda ışınlama kapasiteli cihaz eserlerin durumuna ve elementlere bağlı olarak ‘kv’ değerini otomatik yükseltip düşürmektedir. El tipi XRF Spektroskopisi analizleri sayesinde eserler üzerinde kısa sürede in-situ olarak element bazında bilgi edinilmektedir. Ölçüm gerçekleştirilen yüzeyde bulunan tüm elementler (eserin yapısı, toz ve kir birikintileri, toprak kontaminantları vb.) analiz sonuçlarına yüzde (%) oran biçiminde yansımaları metoduna dayalı olarak Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğüne kayıtlı 800616 seri numaralı Olympus firmasının, Vanta C Series model el tipi X-RAY Floresans Spektrometresi (XRF) kullanılarak yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında değerlendirmeye alınan 7 ölçüm hattından 1. hat: 37-40, 2.hat: 41-46, 3. hat: 47-52, 4. hat: 53-59, 5. hat: 60-65, 6. hat: 66-69, 7. hat: 70 numaralı analiz noktalarını içermektedir. Gerçekleştirilen ölçümlerin ayırt edilebilmesi için her bir analiz ölçüm noktasına ait ölçüm eser envanter numarası altında tarih ve ölçüm numarası olarak “**Test ID: 23/12/2022#36**” şeklinde belirtilmiştir.

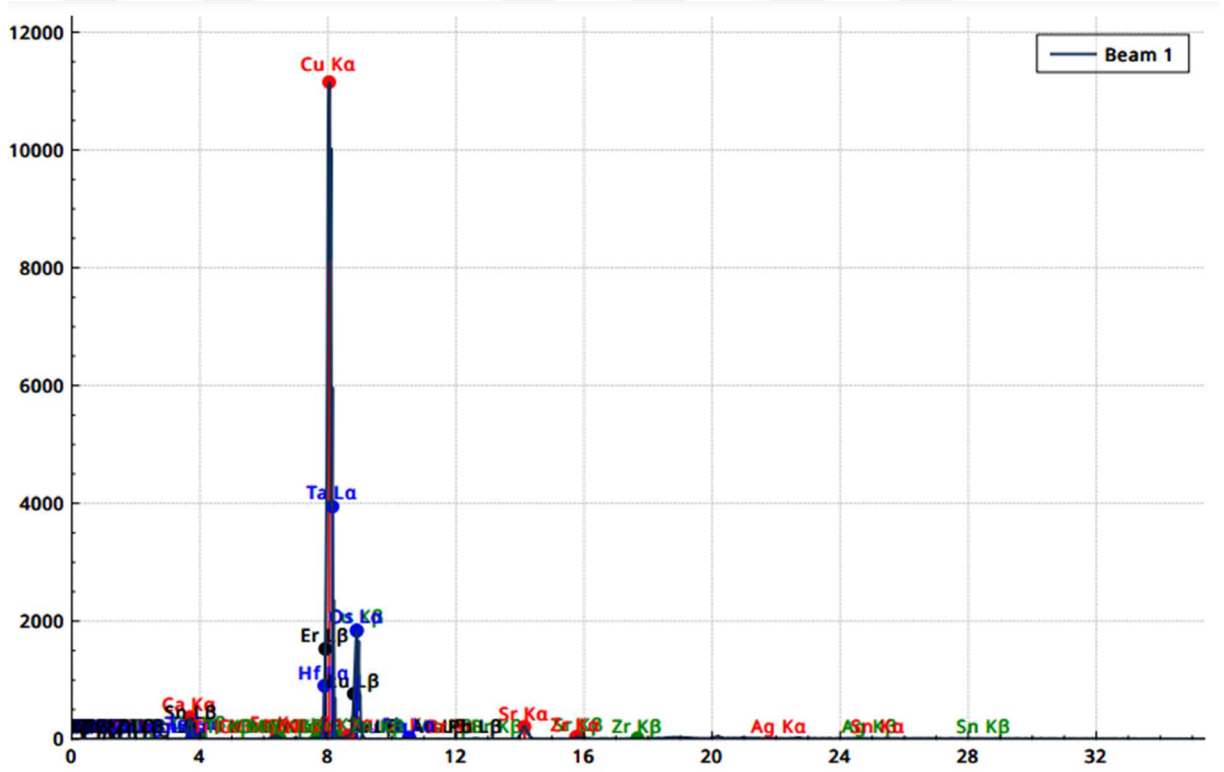
**Tablo 5: 38 Numaralı XRF Ölçüm Verileri**

Test ID: 23/12/2022#40

Analyser Mode: Alloy Plus

Analyzer Serial: 800616

| El | %      | +/- 3σ |
|----|--------|--------|
| Cu | 88.362 | 0.043  |
| Fe | 9.444  | 0.017  |
| Sr | 1.608  | 0.023  |
| Pb | 0.294  | 0.018  |
| Zn | 0.204  | 0.023  |
| As | 0.085  | 0.017  |
| Nb | 0.003  | 0.004  |



Kaynak: Analiz materyali Serkan AKÇAY

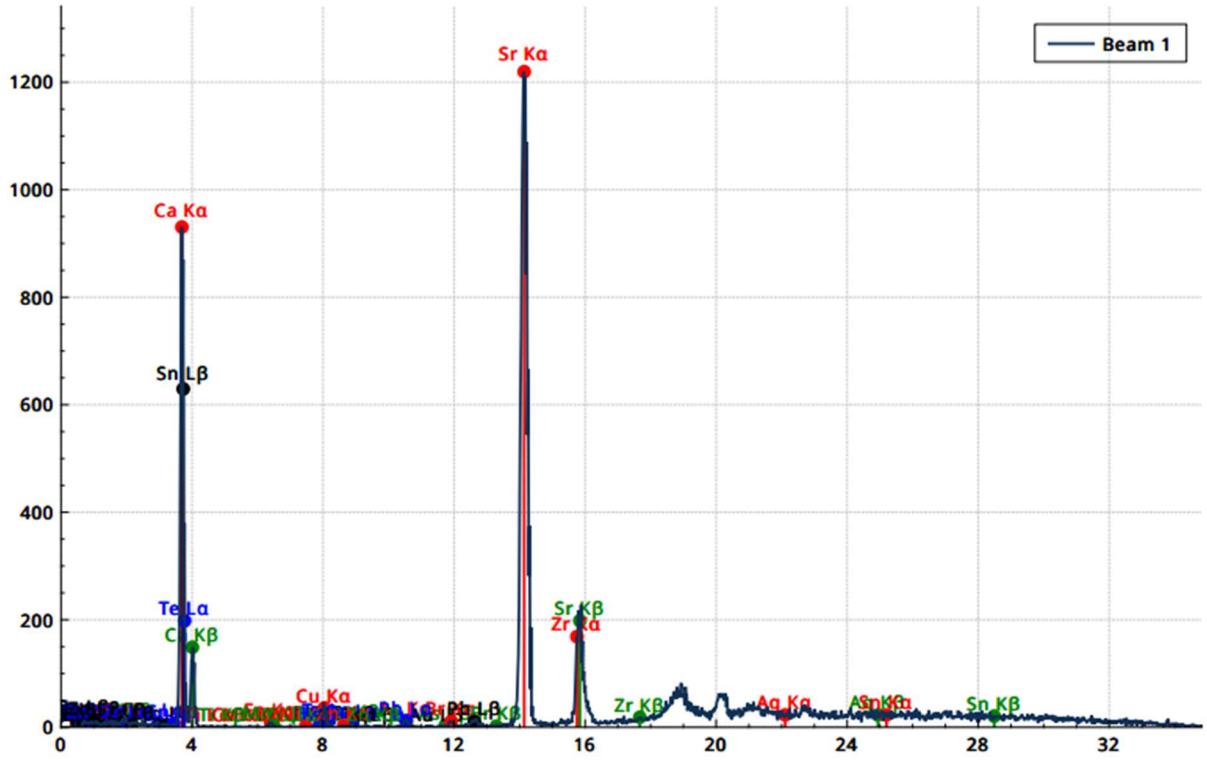
**Tablo 6: 47 Numaralı XRF Ölçüm Verileri**

Test ID: 23/12/2022#47

Analyser Mode: Alloy Plus

Analyser Serial: 800616

| El | %     | +/- 3σ |
|----|-------|--------|
| Sr | 80.74 | 0.42   |
| Fe | 11.22 | 0.21   |
| Cu | 3.04  | 0.12   |
| Pb | 2.19  | 0.14   |
| Zr | 1.08  | 0.19   |
| Br | 0.844 | 0.075  |
| V  | 0.62  | 0.31   |
| Mn | 0.15  | 0.11   |
| Zn | 0.115 | 0.032  |



Kaynak: Analiz materyali Serkan AKÇAY

Eserin 47, 49, 53, 59, 60, 61, 66, 67, 68, 69, 70 numaralı ölçüm noktalarından alınan verilerde görülen yüksek oranda ki Sr (Stronsiyum) elementi doğada bakır ile birlikte görülen elementlerden değildir. Buharlaştırmanın etkin olduğu denizsel ve geçiş ortamları Stronsiyumu oluşturan iki mineralden daha etkin olanı selestit oluşumuna olanak sağladığından, eserde

ölçülen yüksek değerdeki Sr (Stronsiyum) elementinin, eser yüzeyinde görülen mikrobiyolojik korozyon tabakasını oluşturan deniz canlılarından kaynaklandığı öngörülmektedir.

Analiz sonucunda ölçüm noktalarının çoğunluğunda yaklaşık %85 oranında Bakır (Cu), düşük oranda Demir (Fe) ve yeryer yoğun Stronsiyum (Sr) elementi tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarında karşımıza çıkan minör element konumundaki çok düşük oranlara sahip elementler safsızlık ürünü elementler olarak değerlendirilmiştir. Bu sonuç arkeolojik değerlendirmeler ve görsel incelemelerde gözlemlenen bakır bozulmalarına istinaden, eserin bakır dökümü ile elde edilen ve bakır hammadde ticaretinde kullanılan bir ingot olduğu yönündeki görüşü destekler niteliktedir.

#### **7.1.4. Eserin Temizlenmesi**

Arkeolojik buluntularda temizlik işlemi; eserin gönürlüğünü azaltan ( eser üzerindeki bezemeler, dönem izleri vb.) ve eserin bütünlüğünü tehdit eden bozunma ürünü korozyon tabakaları ile eserin orjinalliği ile bağlantılı olmayan ve/veya eserin kullanımına bağlı dönemsel bir iz taşımayan kirlilik tabakalarının eserden uzaklaştırılması amacıyla uygulanır. Eserden uzaklaştırılması planlanan kirlilik tabakalarının analiz çalışmaları ile tespit edilmesi ve temizlik çalışmalarının bu doğrultuda planlanması gerekmektedir.

AB kazı envanter numaralı bakır ingotun makro/görsel incelemesi ve XRF analiz çalışması verileri doğrultusunda yapılan konsolidasyon neticesinde, eser yüzeyinde tespit edilen mikrobiyolojik korozyon tabakası ile bakır bozulma ürünü olan malahit ve paratakamit tabakalarının eserden uzaklaştırılmasının konservatif açıdan uygun olacağına karar verilmiştir.

Temizlik aşamasında kullanılacak yöntemlerin tespitinde, eser yüzeyini kaplayan korozyon ve bozunma ürünlerinin oluşturduğu tabakaların kalınlıkları göz önünde bulundurulmuştur. Eser yüzeyinde üniform korozyon tipi gibi homojen dağılımlı bir oluşum bulunmadığından, uygulama sırasında korunması istenen katmanlarında zarar görmesine neden olabileceğinden ve kimyasal temizlik yöntemlerinde kullanılan temizlik ajanlarının eserden uzaklaştırılması noktasında kesin tespitlerin zorluğu göz önünde bulundurularak kontrollü mekanik temizlik yöntemlerinin tercihine, mekanik yöntemlerin yetersiz kalması durumunda daha komplike yöntemlerin kullanılmasına karar verilmiştir.

Temizlik işlemlerine bistüri kullanılarak başlanmıştır. Ancak eser yüzeyinde yer alan korozyon tabakalarının sertliği dolayısıyla bistüri gibi basit el aletleri temizlik işlemi için yetersiz kalmıştır. Bu nedenle mekanik temizlik işlemlerine küçük keski, çekiç, kavitrone, noktasal darbeli kazıyıcı ( Dramel marka engraver) ile devam edilmiştir.

Eser yüzeyini kaplayan mikrobiyolojik korozyon, malahit ve paratakamit tabakaları temizlendikçe alt tabakada heterojen dağılımı olan küprit oluşumu gözlemlenmiştir. Bakır eserlerde ilk oluşan ve koruyucu patina görevinde gören küprit oluşumlarının korunmasına karar verilmiş ve korozyon ürünlerine yönelik temizlik işlemlerinin küprit tabakasına kadar yapılması uygun değerlendirilmiştir.

**Şekil 44: Mekanik Temizlik Öncesi**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

**Şekil 45: Mekanik Temizlik Çalışmaları**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

#### Şekil 46: Mekanik Temizlik Sonrası



Kaynak : Fotoğraf Serkan AKÇAY

#### 7.1.5. Stabilizasyon

Mekanik temizlik yöntemi ile eserden uzaklaştırılan korozyon ve bozulma ürünü tabakaların, eserin bulunduğu atmosferik koşullarda başlayacak reaksiyon ile tekrar oluşmasının önüne geçilebilmesi için, eser bünyesindeki klorların inhibitörler ile aktivasyonunun durdurulması gerekmektedir. Bu noktada bakır ve bakır alaşım eserlerde meydana gelen klorür kaynaklı bozulmaların önlenmesinde BTA (Benzotriazol) ile stabilizasyon sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Yöntemin temeli eser bünyesindeki klor iyonlarının serbest bırakılarak bakır atomları ile reaksiyona girmesinin önlenmesine dayanmaktadır.

Hazırlanan BTA çözeltisi ile birlikte hava almayan bir ortamda 24 ila 72 saat arasında bekletilen eser, atmosferik koşullarda bekletilerek gözlemlenir, reaksiyon neticesinde korozyon ürünü oluşumu gözlenir ise işlem tekrarlanır. Reaksiyon oluşmazsa eser koruyucu kaplama işlemine alınır.

Küçük boyutlu eserlerde süreç bu şekilde işletilebilirken, AB kazı envanter numaralı ingot gibi geniş yüzeye ve kalınlığa sahip eserlerde yetersiz kalabilmektedir. BTA uygulamasının bu tür büyük eserlerde, eserin bünyesine işleyebilmesi için vakumlu tankta negatif basınç altında uygulanması gerekir. Aksi takdirde stabilizasyon yüzeysel alanlarda sağlanmış olacaktır. Daha derin noktalarda devam eden reaksiyon tekrar korozyon ürünlerinin oluşumuna yol açacaktır.

Bu nedenle konservasyon sürecine alınan AB kazı envanter numaralı ingot eserin stabilizasyon işlemi için vakumlu tank tedariği yönünde çalışmalara başlanmıştır. Vakumlu Tank tedariğini takiben stabilizasyon işlemleri negatif basınç altında yürütülecektir.

#### **7.1.6. Kırık Parçaların Yapıştırılması**

Bakır ve bakır alaşım eserlerin kırık parçalarının yapıştırılmasında, imkanlar dahilinde geri dönüşümlü yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bunun başlıca nedeni, ileriki dönemlerde esere tekrar müdahale edilmesini gerektiren durumlarda yapıştırılan parçaların sökülebilmesinin sağlanmasıdır. Bu amaçla Paraloid B72 gibi akrilik reçineler, cyanacrolite yapıştırıcılar ile geri dönüşüme müsait epoksi reçineler kullanılmaktadır.

Tez çalışmaları kapsamında konservasyon uygulamaları yürütülen AB kazı envanter numaralı ingot eserin fiziksel bütünlüğü tam olduğundan ve kırık parçası bulunmadığından dolayı herhangi bir yapıştırma işlemi uygulanmayacaktır.

#### **7.1.7. Koruyucu Kaplama**

Metal eserlerin atmosferik etkiler ile etkileşimini keserek korozyon oluşumunu engellemek için kullanılan koruyucu yüzey kaplama, spre, fırça ile sürme ve daldırma yöntemleriyle uygulanabilir. Koruyucu kaplama işleminde geri döndürülebilir uzun ömürlü bir termoplastik olan Paraloid B72 yoğun olarak kullanılmaktadır. Organik ve inorganik malzemeler ile etkileşime girmemesi, geri dönüşümlü olması, şeffaf ve renk değıştirmemesi arkeolojik metal eserlerde Paraloid B72'nin tercih edilmesinin başlıca sebepleridir.

AB kazı envanter numaralı bakır ingot eserin koruyucu kaplama uygulamasında Paraloid B72 kullanılması planlanmaktadır. Eserin gözenekli yüzey yapısı dolayısıyla fırça ile sürülerek homojen bir uygulama elde etmek mümkün görünmemektedir. Uygulamanın etkinliğı için mutlaka homojen bir yüzey kaplaması oluşturulması gerektiğinden daldırma yöntemi tercih edilecektir.

#### **7.1.8. Önleyici Koruma ve Gözlem (Pasif Konservasyon)**

Metal korozyonu fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlerin yol açtığı bir yok oluşun doğal sürecidir. Tamamen durdurulması mümkün olmamakla birlikte uygun koruma yöntemleri ile mümkün olduğunca yavaşlatılabilir savını göz önünde bulundurursak; yukarıda detaylarıyla bahsettiğimiz uzun süreçli bir konservasyon çalışması ile korozyondan arındırarak stabil hale getirdiğimiz eserin, korozif bir ortamda muhafaza edilmesi durumunda kısa bir süre içerisinde tekrar aktif korozyon saldırısına maruz kalması kaçınılmazdır.

Metal eserlerin koroziyon hareketlerinin minimum seviyede stabil kalması için bulundukları ortamın bağıl nem değeri %35-45 rh (+/- %5 sapma payı ile), sıcaklık değerinin 18-22 °C olması yeterli olmaktadır. Buradaki en önemli unsur değerlerin sabit olmasıdır. Bu da eserlerin bulunduğu alanda yer alan nem alma/verme cihazları ile iklimlendirme cihazlarının sürekli çalışır konumda olması ile sağlanabilmektedir. Cihazların aralıklı çalışması durumunda meydana gelecek ani bağıl nem ve sıcaklık değer farkları elektrolit ortam oluşumunu tetikleyecek, bu durum da eserlerde tekrar korozyon ürünleri üretim sürecinin başlamasına sebep olacaktır.

AB kazı envanter numaralı bakır ingot eserin pasif koruma uygulamaları, eserin muhafaza edileceği Müze Müdürlüğünde yürütülecektir. Bu noktada eserin tekrar reaksiyona maruz kalmaması için muhafaza edilmesi gereken ortam şartlarına ilişkin bilgiler Müze Müdürlüğüne iletilerek eserin uygun atmosferik koşullarda muhafaza edilmesi sağlanmaya çalışılacaktır.

## **7.2. Osmanlı Dönemi Batığı Buluntusu Bakır Eserin Onarım ve Koruma Uygulamaları**

Alanya kıyılarından yaklaşık iki kilometre açıkta 24 metre derinlikte bulunan Osmanlı Dönemi Ticaret Gemisi batığı kazı çalışmalarında ele geçen ve Alanya Müze Müdürlüğünde muhafaza edilen, onarım ve koruma uygulamaları Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğünde yürütülen ATB 2019/49 (Kazı env. No. AO 49) envanter numaralı bakır tabak eser, Osmanlı İmparatorluğu sınırlarında bakır mutfak gereçleri taşıyan bir ticaret gemisinin, çoğunlukla bakır tabak, tencere, ibrik, tava matara gibi mutfak eşyalarından oluşan kargosuna dahildir. Batık gemiden çıkarılan bakır sikkelerin 1703 yılından sonrasını işaret ettiği görülmüştür (Öniz ve Türkmen, 2022: 67-72).

### **7.2.1. Belgeleme Çalışmaları**

Belgeleme çalışması restorasyon ve konservasyon sürecinin ilk adımı olmakla birlikte sürecin tamamında aktif olan bir çalışmadır. İlk tespitlerin yönelik belgeleme yapılması kadar sürecin tamamının belgelenmesi de büyük önem arz eder. Belgeleme çalışması eser hakkında olabildiğince detaylı bilgi toplanarak bu bilgilerin arşivlenmesini temel alır. Sürecin tamamına ait bu arşiv ileriki dönemlerde yürütülecek çalışmalar için kaynak ve yönlendirici nitelikte olacaktır.

ATB 2019/49 (Kazı env. No. AO 49) envanter numaralı bakır tabağın çapı 22 cm olarak ölçülmüştür. Tabağın ağırlık ölçümünde hassas terazi kullanılmıştır. İlk ağırlık 0,344 kg olarak ölçülmüştür.

Eserin yüzeyi, Bresser marka, CMOS 1,3 megapixel kamera ve 3,5x-35x büyütme özelliğine sahip dijital el mikroskop'u ile incelenmiştir.

Eserin yüzeyinde görülen tüm bozulma türleri ve korozyon katmanları ile eserin mevcut fiziki durumu detaylı fotoğraf çekimleri ile kayıt altına alınmıştır.

### 7.2.2. Tuzdan Arındırma İşlemleri

Arındırma tanklarına alınan eserlerin arındırma işlemi sırasında musluk suyu ve ihtiyaca göre alkali inhibitörler kullanılır. Ancak arındırma işlemlerinde kullanılacak suyun ve inhibitörlerin oranları eserlerin uzun yıllar boyunca maruz kaldığı ortam şartlarına göre belirlenir. Eserlerin tatlı su veya tuzlu su buluntusu olmaları, buluntu noktasının kıyıya olan uzaklığı ve derinliğine göre bölgenin tuzluluk oranı gibi etmenlerin etkisiyle kullanılacak solüsyonların oranları her bir eser için farklılık gösterir.

Arındırma işlemleri sürecinde iletkenlik ölçümleri Adwa marka, AD32 model TDS ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde ppt ve ms iletkenlik değerleri ile suyun sıcaklık değerleri kayıt altına alınmıştır.

Arındırma tankında ki suyun iletkenlik ölçümlerinde tespit edilen değerlerin musluk suyu ile eşitlendiği noktadan itibaren su değişimlerinde saf su kullanılarak son aşamaya geçilmiştir.

**Tablo 7: TDS (İletkenlik) Ölçüm Tablosu**

| TDS İLETKENLİK ÖLÇÜMÜ |      |                        |               |  |
|-----------------------|------|------------------------|---------------|--|
| ENV. NO:              |      | ATB 2019/49            |               |  |
| MALZEMESİ             |      | Bakır                  |               |  |
| MÜZE                  |      | ANTALYA MÜZE MÜDÜRLÜĞÜ |               |  |
| ÖLÇÜM İSTATİSTİĞİ     |      |                        |               |  |
| Tarih                 | PPT  | MS                     | SICAKLIK (°C) |  |
| 01.02.2022            | 0,54 | 1,07                   | 11,3          |  |
| 15.06.2022            | 0,40 | 0,80                   | 25,6          |  |
| 22.07.2022            | 0,35 | 0,72                   | 30,5          |  |
| 15.10.2022            | 0,28 | 0,57                   | 20,4          |  |
| 23,12,2022            | 0,21 | 0,42                   | 13,6          |  |
|                       |      |                        |               |  |

Kaynak: Tablo Serkan AKÇAY

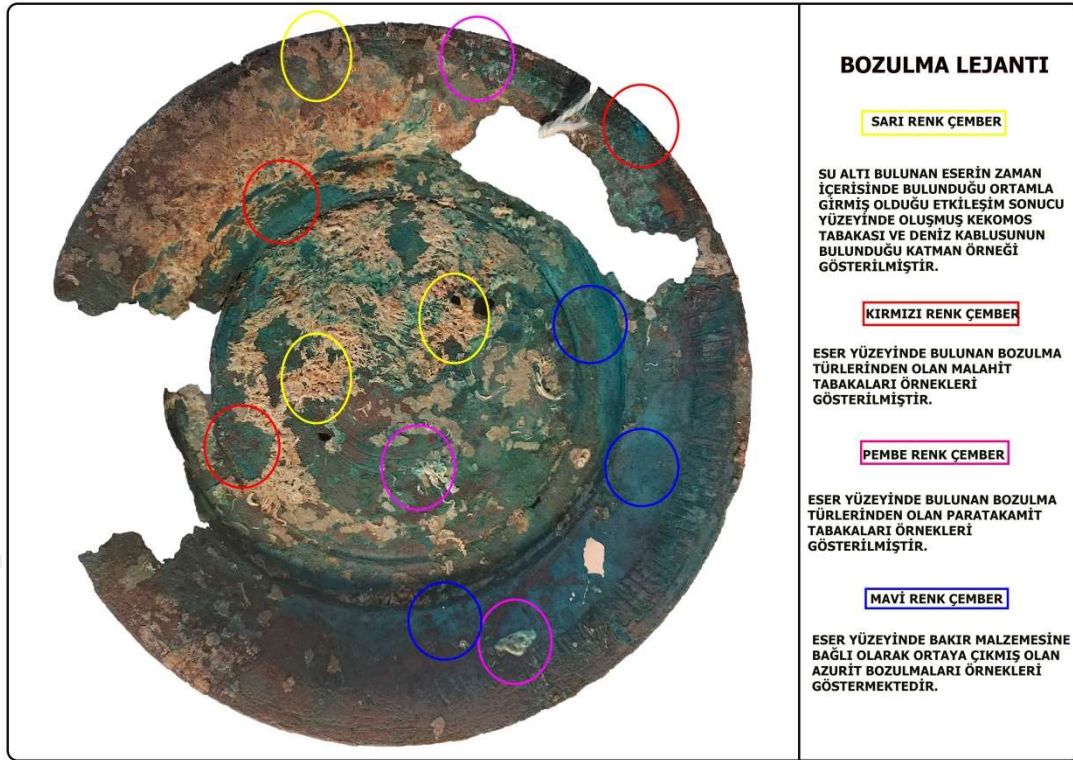
Belgeleme, ön hazırlık ve xrf analizi tuzdan arındırma işlemleri ile eş zamanlı olarak yürütülmüştür.

### 7.2.3. Ön Hazırlık Aşaması

Eserlerin onarım ve koruma süreçlerinin başında eserlerin yapıldığı malzemenin tanımlanması, eserdeki hasarların tespiti, mevcut durum tespitlerinin yapılarak konservasyon yöntem, araç ve malzemelerinin belirlenmesi arkeolojik korumanın temelini oluşturmaktadır. İnceleme ilk olarak fiziki görsel inceleme ile başlar. Bu evrede eserin fiziksel bütünlüğü, kondisyon durumu, korozyon ürünlerinin varlığı ve dağılımı, dönemsel ekler ve izler gibi konularda bilgiler edinilir. Ancak nihai karar noktasında fiziki görsel inceleme tek başına yeterli olamaz. Edinilen ilk bilgilerin imkânlar dâhilinde analitik analiz yöntemleri veya spot testler ile desteklenmesi gerekmektedir. ATB 2019/49 envanter numaralı eserin fiziki görsel incelemesinde elde edilen veriler taşınabilir X-Ray Floresans Spektrometresi (XRF) yöntemi ile doğrulanmaya çalışılmıştır.

ATB 2019/49 envanter numaralı eserin fiziki görsel incelemeleri neticesinde, eserin fiziksel bütünlüğünü formunun anlaşılabilceği oranda korumuş olduğu gözlemlenebilmektedir. Eserin bütününe oranla yaklaşık %35 lik oranda parça kaybı mevcuttur. Eserin kondisyon durumunun genel olarak iyi seviyede, parça kayıplarının olduğu bölümlerde düşük olduğu gözlemlenmiştir. Eser yüzeyi korozyon ürünleri ile kaplı durumdadır. İlk teşhisler neticesinde eser yüzeyinde ağırlıklı olarak bakır bozulmaları ile mikrobiyolojik korozyon tabakası gözlemlenmiştir. Tespit edilen bozulmaların tanımlanması için lejant oluşturularak eser üzerinde işaretlemeleri yapılmıştır.

**Şekil 47: ATB Envanter Numaralı Bakır Tabak Bozulma Lejantı**



Kaynak: Lejant Serkan AKÇAY

Makro ve mikro görsel incelemede eser yüzeyinde mikrobiyolojik korozyon ile çukur korozyon türünün yaygın olduğu gözlemlenmiştir. Bakır bozulma türleri olan malahit, azurit ve paratakamit bozulma türleri de görsel incelemede tespit edilebilmiştir.

**Şekil 48: Malahit ve Mikrobiyolojik Korozyon Oluşumu**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

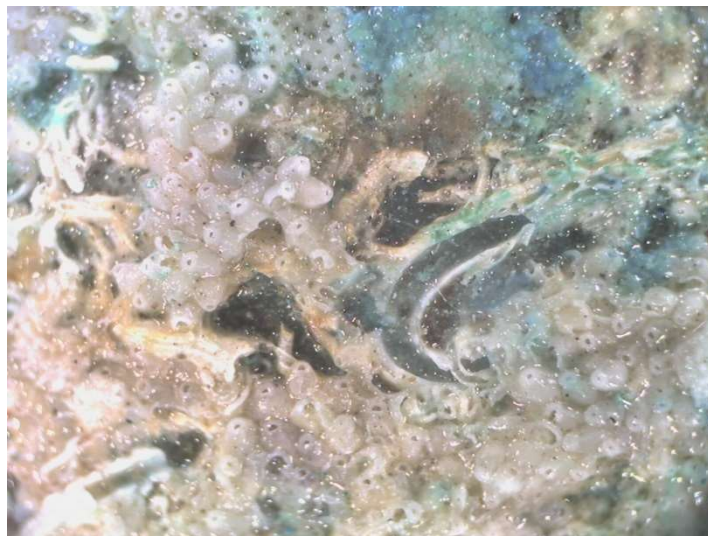
**Şekil 49: Azurit Oluşumu**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

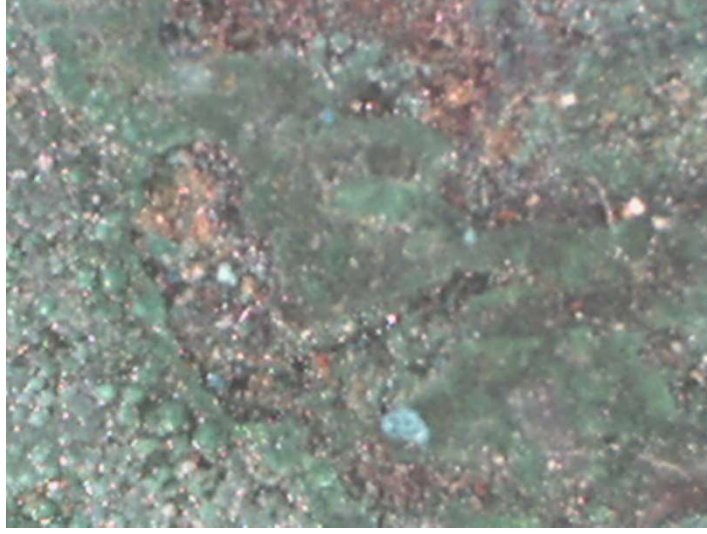
Makro görsel analiz tespitlerinin doğrulanması noktasında ilk aşama olarak mikroskop incelemesi, ikinci aşama olarak XRF analiz yöntemi ile elementel inceleme yapılmıştır. İlk aşama dâhilinde Bresser marka, CMOS 1,3 megapixel kamera ve 3,5x-35x büyütme özelliğine sahip dijital el mikroskop'u ile incelemeler yapılmıştır. İnceleme sonucunda makro görsel analiz tespiti malahit, azurit ve paratakamit bozulma türleri ile mikrobiyolojik korozyon tabakasının mevcudiyetine yönelik detay görüntüler elde edilmiştir.

**Şekil 50: Mikrobiyolojik Korozyon ve Azurit Mikroskobik Çekim**



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

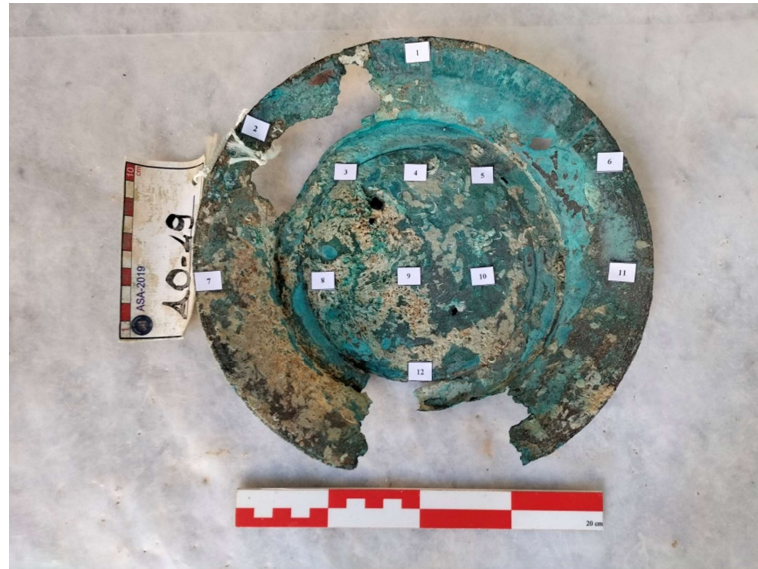
### Şekil 51: Malahit ve Paratakamit Mikroskobik Çekim



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY

İkinci aşama olarak eserin yapım malzemesi ve eser üzerinde meydana gelen bozulma ürünlerinin elementel birleşiminin tespitine yönelik olarak el tipi XRF cihazı ile elementel analiz çalışması yürütülmüştür (M.Civan, S.Akçay. 2022). Eser bünyesindeki heterojen/homojen elementel dağılımın tespitine yönelik olarak eserin her iki yüzeyinde oluşturulan 4 hat üzerinde toplam 12 noktadan ölçüm alınmıştır.

### Şekil 52: XRF Ölçüm Noktaları



Kaynak: Fotoğraf Serkan AKÇAY.

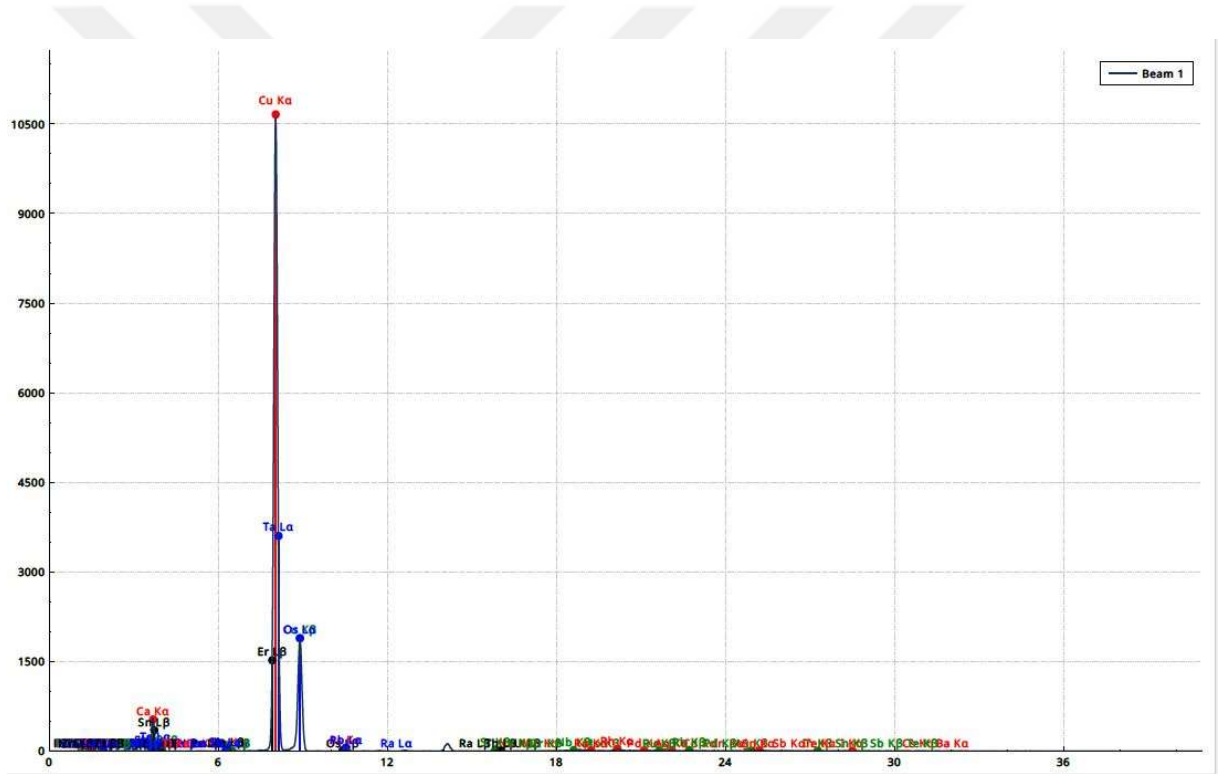
Elementel Analizler üretim metalinin içeriğine yönelik analizler ‘AlloyPlus-Turkish Museum Mode’ kullanılarak ve 40 kv voltajda ışınlama kapasiteli cihaz eserlerin durumuna

ve elementlere bağı olarak ‘kv’ değerini otomatik yükseltip düşürmektedir. El tipi XRF Spektroskopisi analizleri sayesinde eserler üzerinde kısa sürede in-situ olarak element bazında bilgi edinilmektedir. Ölçüm gerçekleştirilen yüzeyde bulunan tüm elementler (eserin yapısı, toz ve kir birikintileri, toprak kontaminantları vb.) analiz sonuçlarına yüzde (%) oran biçiminde yansması metoduna dayalı olarak Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğüne kayıtlı 800616 seri numaralı Olympus firmasının, Vanta C Series model el tipi X-RAY Floresans Spektrometresi (XRF) kullanılarak yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında değerlendirmeye alınan 4 ölçüm hattından 1. hat: 1, 2.hat: 2-6, 3. hat: 7-11, 4. hat: 12 numaralı analiz noktalarını içermektedir. Gerçekleştirilen ölçümlerin ayırt edilebilmesi için her bir analiz ölçüm noktasına ait ölçüm eser envanter numarası altında tarih ve ölçüm numarası olarak “**Test İD: 23/12/2022#1**” şeklinde belirtilmiştir.

**Tablo 8: 6 Numaralı XRF Ölçüm Verileri****Test ID: 23/12/2022#6****Analyser Mode: Alloy Plus****Analyzer Serial: 800616**

| El | %      | +/- 3σ |
|----|--------|--------|
| Cu | 87.829 | 0.058  |
| Fe | 9.226  | 0.014  |
| Sr | 0.959  | 0.018  |
| As | 0.720  | 0.029  |
| Zn | 0.429  | 0.025  |
| Pb | 0.424  | 0.022  |
| Sn | 0.335  | 0.030  |
| Ni | 0.047  | 0.010  |
| Cr | 0.032  | 0.011  |



Kaynak: Analiz materyali Serkan AKÇAY

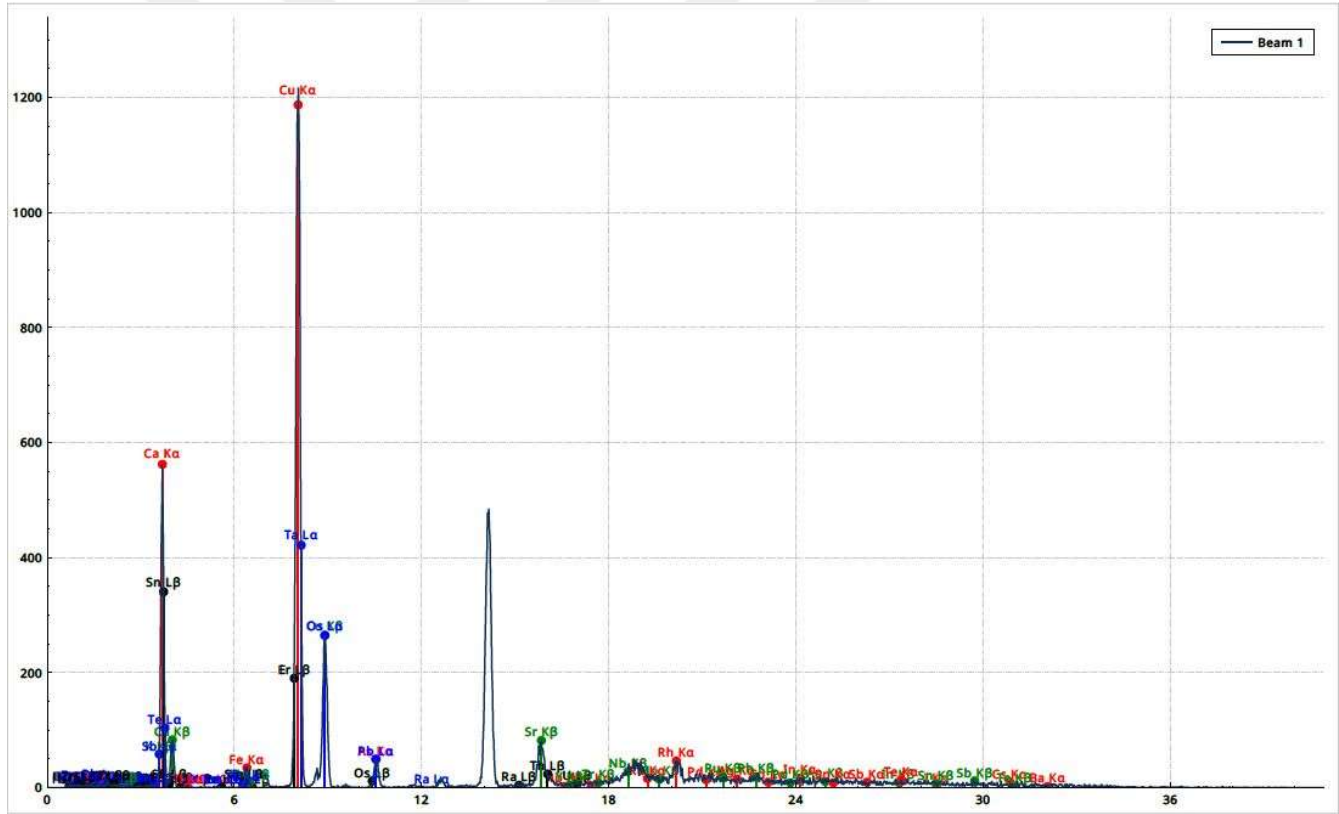
**Tablo 9: 6 Numaralı XRF Ölçüm Verileri**

Test ID: 23/12/2022#8

Analyser Mode: Alloy Plus

Analyzer Serial: 800616

| El | %     | +/- 3σ |
|----|-------|--------|
| Cu | 62.61 | 0.27   |
| Sr | 19.53 | 0.18   |
| Fe | 11.64 | 0.12   |
| Pb | 2.06  | 0.11   |
| As | 1.83  | 0.11   |
| Zn | 0.976 | 0.066  |
| Ti | 0.79  | 0.18   |
| Cr | 0.252 | 0.071  |
| Zr | 0.157 | 0.069  |
| Br | 0.147 | 0.071  |



Kaynak: Analiz materyali Serkan AKÇAY

Eserin 4 ve 8 numaralı ölçüm noktalarından alınan verilerde görülen yüksek orandaki Sr (Stronsiyum) elementi doğada bakır ile birlikte görülen elementlerden değildir. Buharlaştırmanın etkin olduğu denizsel ve geçiş ortamları Stronsiyumu oluşturan iki minerale daha etkin olan selestit oluşumuna olanak sağladığından, eserde ölçülen yüksek değerdeki Sr

(Stronsiyum) elementinin, eser yüzeyinde görülen mikrobiyolojik korozyon tabakasını oluşturan deniz canlılarından kaynaklandığı öngörülmektedir.

Analiz sonucunda ölçüm noktalarının ortalamasında yaklaşık %83 oranında Bakır (Cu), düşük oranda Demir (Fe) ve yeryer yoğun Stronsiyum (Sr) elementi tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarında karşımıza çıkan minör element konumundaki çok düşük oranlara sahip elementler safsızlık ürünü elementler olarak değerlendirilmiştir.

#### **7.2.4. Eserin Temizlenmesi**

Arkeolojik buluntularda temizlik işlemi; eserin gönürlüğünü azaltan ( eser üzerindeki bezemeler, dönem izleri vb.) ve eserin bütünlüğünü tehdit eden bozunma ürünü korozyon tabakaları ile eserin orjinallliği ile bağlantılı olmayan ve/veya eserin kullanımına bağlı dönemsel bir iz taşımayan kirlilik tabakalarının eserden uzaklaştırılması amacıyla uygulanır. Eserden uzaklaştırılması planlanan kirlilik tabakalarının analiz çalışmaları ile tespit edilmesi ve temizlik çalışmalarının bu doğrultuda planlanması gerekmektedir.

ATB 2019/49 envanter numaralı bakır tabak eserin makro/mikro görsel incelemesi ve XRF analiz çalışması verileri doğrultusunda yapılan konsolidasyon neticesinde, eser yüzeyinde tespit edilen mikrobiyolojik korozyon tabakası ile bakır bozulma ürünü olan malahit, azurit ve paratakamit tabakalarının eserden uzaklaştırılmasının konservatif açıdan uygun olacağına karar verilmiştir.

Ancak eserin parça kaybı bulunan alanları çevresindeki düşük kondüsyon ve yüksek kırılgen yapı göz önünde bulundurularak, mekanik temizlik işlemleri sırasında meydana gelebilecek olası yeni kırıkların önüne geçilebilmesi için, eserin mekanik temizlik çalışmaları öncesi kondüsyonun düşük olduğu bölümlerde sağlamlaştırma yapılması konsolide edilmiştir.

Sağlamlaştırma işlemlerinde kullanılan bağlayıcı reçinelerin ıslak işlemler sırasında bağlayıcılıklarını yitirme olasılığı bulunduğundan, sağlamlaştırma işlemlerinin eserin tuzdan arındırma işlemleri tamamlanıp kurutulmasından sonra yapılmasına karar verilmiştir.

Bu bağlamda; eserin sağlamlaştırma ve mekanik işlemleri ile konservasyon sürecinin takip eden uygulamaları stabilizasyon ve koruyucu kaplamaadımlarının eserin tuzdan arındırma sürecinden sonra yürütülmesine karar verilmiştir.

Uygulamaların “kırık parçaların yapıştırılması” adımımda, eserin kırık parçası bulunmaması dolayısıyla herhangi bir işlem yürütülmeyecektir.

ATB 2019/49 envanter numaralı bakır tabak eserin pasif koruma uygulamaları, eserin muhafaza edileceği Müze Müdürlüğünde yürütülecektir. Bu noktada eserin tekrar reaksiyona maruz kalmaması için muhafaza edilmesi gereken ortam şartlarına ilişkin bilgiler Müze Müdürlüğüne iletilerek, eserin uygun atmosferik koşullarda muhafaza edilmesi sağlanmaya çalışılacaktır.

## SONUÇ

Bu tez çalışması temelde sualtı buluntusu bakır eserlerin onarım ve koruma yöntemlerinin incelenmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu bağlamda; terminolojik olarak restorasyon ve konservasyon'un tanımları, bakırın bozulma türleri, sualtı buluntusu bakır eserlerin onarım ve koruma teknikleri ve sualtı buluntusu eserler ile kara kazısı buluntusu bakır eserlerin onarım ve koruma yöntemlerinin farklılıkları incelenmiştir. İncelenen onarım ve koruma tekniklerinin uygulama ile desteklenmesi noktasında Kumluca Tunç Çağı Batığı buluntusu bakır ingot ve Osmanlı Dönemi Batığı bakır tabak eserler seçilmiştir.

Sahip olduğu geniş coğrafyada tarihin en önemli medeniyetlerine, çok kültürlü uluslarına ve insanlık tarihinin önemli olaylarına ev sahipliği yapmıştır Doğu Akdeniz. İnsanların henüz çanak-çömlek yapmayı bile bilmedikleri dönemde hayatımıza giren ve günümüzde hala önemini koruyan bakırın tarih sahnesine çıkışı ve madenciliğin doğuşu da bu coğrafyada ortaya çıkar. Doğu Akdeniz coğrafyasının genel tarihine baktığımızda, bakır ticaretinin toplumlar arası etkileşimin, kentleşme sürecine katkılarıyla kültürel gelişim sürecinin merkezinde olduğunu görüyoruz.

M.Ö. 8000 binlerde Çayönü'ndeki malahit taşından yapılan kolye, Aşıklı höyükte nabit bakırdan yapılma boncuklar, Can Hasan'da yine nabit bakırdan yapılma topuz, bakırın, gündelik yaşamdaki ilk örnekleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüzeyden toplandığı haliyle kesici aletler ve silah yapımı gibi dayanım gerektiren ekipmanlar için yeterli sertliğe sahip olmayan bakır cevherlerinin dövülerek sertliğinin arttığının (soğuk işlem olarak ta adlandırılır.) keşfi M.Ö. 7000 li yıllara tarihlenmektedir. M.Ö. 3. binyılda bakırın yaklaşık %10 oranlarında kalay ile karıştırılması neticesinde ilk kez tunç eserler üretilmesi ile bakır daha da önemli bir konuma geldiğini görüyoruz. Bakırın, bir kralın tahta çıkışını kutlamak için hediye olarak gönderilebilecek kadar değerli konuma geldiği bu tez kapsamında yapılan araştırmalarda görülmüştür.

Özellikle alayım teknolojisinin keşfi ile önemli bir hammadde ihtiyacı konumuna gelen kalay, üretim madenleri ve ticareti yönünden incelenmiştir. Doğu Akdeniz coğrafyasının kalay madenleri açısından oldukça az kaynağa sahip olması, kalayın farklı bölgelerden tedarik edilme ihtiyacını doğurmuş, bu da Doğu Akdeniz coğrafyası için yeni bir ticaret hacmini oluşturmuştur. İlk dönemlerde kalay ticaretinin ağırlıklı olarak Asur'lu tacirler tarafından yönetildiği Kaneş'te ele geçen kil tabletlerden anlaşılmaktadır. Kalayın Afganistan ve Özbekistan bölgelerinden getirildiği düşünülmektedir. Kalay ticaretinin Fenikeliler zamanında, deniz ticaretinin de gelişmesiyle kalay adaları olarak da adlandırılan İngiltere'ye

doğru kaydığı görülüyor. Osmanlı döneminde de İngiltere ile yoğun bir kalay ticareti yapıldığı gümrük kayıtlarından net olarak anlaşılmaktadır.

Metalurjinin tarihsel süreci ele alındığında, ilk metalurjistin M.Ö. 6000 lerde yaşamış bir Mısırlı kadın olduğu, bir boya çubuğunu yanlışlıkla ateşe düşürdüğü ve sabah küllerin arasında kırmızı bir külçe bulduğu efsanesi bir yana, arkeolojik araştırmalar ve bilimsel veriler metalürjinin ilk görüldüğü yer olarak Kuzeydoğu İran ve Konya Bölgesini karşımıza çıkarmaktadır.

Tez çalışması kapsamında Doğu Akdeniz Coğrafyasında, bakır ve bakır alaşım eserler ele geçen batıklar incelenmiştir. Uluburun, Gelidonya, Kumluca Tunç Çağı Batığı ve Osmanlı Dönemi batıklarından bakır ve alaşımı eserler ele geçmiştir. Özellikle Uluburun batığı taşıdığı kargonun önemi, zenginliği ile dönemin deniz ticareti ve ticaret rotalarına ışık tutmaktadır.

Batıklardan çıkarılan metal eserlerin onarım ve koruma teknikleri başlığı altında, restorasyon ve konservasyonun terminolojik tanımları, korozyonun oluşumu, korozyon türleri ile bronz bozulmaları ele alınmış, metal korozyon sürecinin metallerin nem, oksijen ve diğer atmosferik gazlar ile ilk temas ettiği anda başlayan fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkilerin yol açtığı doğal bir mineralleşme süreci olduğu ve tamamen durdurulması mümkün olmamakla birlikte uygun koruma yöntemleri ile mümkün olduğunca yavaşlatılabildiği görülmüştür.

Günümüz teknolojisinin tüm imkanlarından faydalanılarak, büyük bir titizlikle ve hassasiyetle yürütülen onarım ve koruma çalışmaları neticesinde eserlerin ilk günkü hallerine döndürülmeleri mümkün olmasa bile uygun teknikler ile eserde oluşan korozyon ürünlerinin eserden uzaklaştırılması ve yapısal bütünlüğünü koruyarak gelecek kuşaklara aktarılmasının mümkün olduğu bu tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalar ile aktarılmaya çalışılmıştır.

Tez kapsamında kara kazısı buluntusu metal eserler ile sualtı kazısı buluntusu metal eserlerin onarım ve koruma tekniklerindeki farklılıklar ele alınmıştır. Kara kazısı buluntusu metal eserlerin onarım ve koruma çalışmalarına dair üç proje incelenmiş, uygulamalar sualtı buluntusu metal eserlerin onarım ve koruma teknikleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma neticesinde farklılık olarak eserlerin tuzdan arındırma işleminin süresi olduğu görülmüştür.

Tez konusunun uygulama ile desteklenmesi bağlamında onarım ve koruma işlemleri yürütülen Kumluca Tunç Çağı batığı ve Osmanlı Dönemi Batığı buluntusu bakır eserlerin onarım ve koruma çalışmalarında belgeleme, tuzdan arındırma, ön hazırlık, eserlerin temizliği, stabilizasyon, kırık parçaların yapıştırılması, koruyucu kaplama ve pasif koruma adımları takip edilmiştir.

Her iki eser içinde; belgeleme çalışmaları dâhilinde eserlerin yüzeyinde görülen tüm bozulma türleri ve korozyon katmanları ile eserin mevcut fiziki durumu detaylı fotoğraf çekimleri ile kayıt altına alınmıştır. Eserlerin yüzeyi, dijital el mikroskop'u ile incelenmiştir.

Arındırma tanklarına alınan eserlerin arındırma işlemi sırasında iletkenlik ölçümleri Adwa marka, AD32 model TDS ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde ppt ve ms iletkenlik değerleri ile suyun sıcaklık değerleri kayıt altına alınarak mevcut durum doğrultusunda su değişim ihtiyacı tespit edilmiştir.

Makro/mikro görsel analiz tespitleri yapılmış, elde edilen verilerin doğrulanması noktasında ilk aşama olarak mikroskop incelemesi, ikinci aşama olarak XRF analiz yöntemi ile elementel inceleme yapılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda eserlerin temizlik yöntemine karar verilmiştir. Temizlik yöntemi olarak kontrollü mekanik temizlik yöntemi seçilerek el aletleri ve noktasal vuruşlu kazıyıcılar ile eser üzerindeki korozyon ürünleri uzaklaştırılmıştır.

Stabilizasyonları sağlanan eserlerin pasif koruma uygulamaları, eserin muhafaza edileceği Müze Müdürlüğünde yürütülecektir. Bu noktada eserin tekrar reaksiyona maruz kalmaması için muhafaza edilmesi gereken ortam şartlarına ilişkin bilgiler Müze Müdürlüğüne iletilerek eserin uygun atmosferik koşullarda muhafaza edilmesi sağlanmaya çalışılacaktır.

İnsanlık tarihinde henüz çanak-çömlek yapımının bile bilinmediği dönemlerden beri gündelik hayatın içinde yer alan metal malzemeler, özellikle sanayi devriminden sonra günümüz yaşam şartlarını kolaylaştıran otomotiv, teknoloji, havacılık, denizcilik, inşaat gibi sektörlerin tamamında baş aktör konumunda yer almaktadır. Günlük hayatımızda bu kadar önemli bir yere sahip metal alet ve ekipmanların ilk örneklerini oluşturan arkeolojik metal eser buluntuların korunarak gelecek kuşaklara aktarımı da bir o kadar öneme sahiptir. Bu noktada çalışan meslektaşlarımız ile kurumların çoğalması ile kültür mirasımızı kuşaklar boyu aktarmamız çok daha kolay olacaktır.

## KAYNAKÇA

- Bass, G. F. (1961). The Cape Gelidonya wreck: preliminary report. *American Journal of Archaeology*, 65(3), 267-276.
- Bass, G. F. (1967). Cape Gelidonya: a bronze age shipwreck. *Transactions of the American Philosophical Society*, 57, 8, 1-177.
- Başaran, C., Koçak, E., Ergürer, H. E., Kasapoğlu, H. (2011). *Parion nekropolünde bulunan bronz amphoranın konservasyonu ve restorasyonu*, 27. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 154, 55-72.
- Başaran, S. (1980). “Arkeoloji’de Tunç Eserlerin Restorasyon ve Konservasyon Sorunları”, *Arkeoloji ve Sanat Dergisi* 8-9, İstanbul, 29-34
- Baykan, C. (2018). “Arkeolojik Buluntuların Koruma ve Onarımında Paraloid® B-72”, *MASROP E-Dergi, Edirne*, 12(1), 1-9
- Bilgi, Ö. (2001). Orta Karadeniz Bölgesi Protohistorik Çağ Maden Sanatının Kökeni ve Gelişimi. *Belleten*, LXV(242), 1-106.
- Bilgi, Ö., Özbal, H. ve Yalçın, Ü. (2004). Anadolu, dökümün beşiği, Bilgi, Ö. (Ed.), *Bakır-tunç döküm sanatı*, (ss. 1-44), İstanbul.
- Bosanquet, R. C., & Dawkins, R. M. (1923). *The Unpublished Objects from the Palaikastro Excavations, 1902-1906* (No. 1). London.
- Brinch Madsen, H. (1967). A Preliminary Note on the Use of Benzotriazole for Stabilizing Bronze Objects, *Studies in Conservation*, 12. (4), 163-167. <http://www.jstor.org/stable/1505414> (Erişim Tarihi: 17.02.2021)
- Buchholz, H. G. (1959). Der Metallhandel des zweiten Jahrtausends im Mittelmeerraum. In *Society and economy in the Eastern Mediterranean, (c. 1500-1000 B.C.)*, (M. Heltzer and E. Lipinski (eds.), *Orientalia Lovaniensia Analecta*, 23, 187-228.
- Buchholz, H. G. (1959). Keftiubarren und Erzhandel im zweiten vorchristlichen Jahrtausend. *Praehistorische Zeitschrift*, 37, 1-40.
- Catling, H. W. (1964). *Cypriot Bronzework in the Mycenaean World*. Oxford at the Clarendon Press.
- Chilvers, İ. (2004). *The Oxford Dictionary of Art*, Oxford University Press, USA.
- Çakır, A. (2016). Korozyon, *Metalurji Dergisi*, Ankara, (179), 35-40.
- Dikeç, F. (1996). Metalurji teknolojisinin ve eğitiminin 20. Yüzyıllakadar tarihsel gelişimi, *Metalurji Dergisi*, (105), 3-7.
- Doruk, M. (2014). *Metalik Malzemeler ve Korozyon*, Ankara.

- Dönmez, Ş. (2001). 1997-1999 Yılları Yüzey Araştırmalarında İncelenen Samsun-Amasya İlleri İÖ 2. Binyılı Yerleşmeleri. *Belleten*, LXV(244), 874-930.
- Ehsani, A. ve Yazıcı, E. Y. (2015). Anadolu'da bakır madenciliği ve kullanımının kısa tarihçesi, Kesimal, A., Aksoy, C. O. ve Kömürlü E. (Ed.), *Türkiye tarihi madenler konferansı* içinde (ss. 42-47).
- Erpehlivan, E. (2021). Antik Çağ heykel atölyeleri ve bronz döküm teknikleri, *Uluslararası Anadolu Sanat Sempozyumu Tam Bildiri Kitabı*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, 4200 (ss. 233-254).
- Ersen, A., Güleç, A., Alkan, N. (2014). Konservasyon raporunun önemi, içeriği ve hazırlanma adımları, *Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi*, (13), 3-16.
- Fasnacht, W. (2006). Kıbrıs'ta madencilik ve bakır üretimi, Ü. Yalçın, C. Pulak, ve R. Slotta (Ed.), *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (ss. 517-527). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum,
- Fidan, E. (2015). Tarih öncesi dönemlerde Anadolu'da kullanılmış olan maden yatakları, Kesimal, A., Aksoy, C. O. ve Kömürlü E. (Ed.), *Türkiye tarihi madenler konferansı*, içinde (ss. 48-59).
- Forbes, R. J. (1964). *Studys in ancient technology IX*, Leiden.
- Galili, E. (2013). A Late Bronze Age shipwreck with a metal cargo from Hishuley Carmel, Israel. *International Journal of Nautical Archaeology*, 42(1), 2-23.
- Gettens, R. J. (1964). The corrosion of metal antiquities. *Annual Report of the Board of Regents on the Smithsonian Institution*. Washingto: US Gov. Print. Off.
- Goldman, H. (1956). *Excavations as Gözlü Kule, Tarsus*, II. Princeton.
- Hauptmann, A. (2006). Modern madencilik metodları ve arkeometalurji, Ü. Yalçın, C. Pulak, ve R. Slotta (Ed.), *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (ss. 477-485). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- Jedrzejewska, H. (1964). The Conservation of Ancient Bronzes, *Studies in Conservation*, 9(1), 23-31.
- Jozic, A. (2014). The Conservation and Restoration of Metal Finds, *Conservation Of Underwater Archaeological Finds*, Zadar, 47-59.
- Kaptan, E. (2004). Açına'da MÖ 2. Bin Yıla Ait Bakır Külçe İngotlar. 20. *Arkeometri Sonuçları Toplantısı Bildiri Kitabı*, Ankara, s. 5-12.
- Kaptan, E. (2000). Eski Anadolu madenciliğine ait buluntular, *Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, II. Kitap*, 763-769, Ankara.

- Kurugöl, S. (2014). *Koruma Ve Onarım Teknikleri*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, MYO Mimari Restorasyon Programı Ders Notları, İstanbul, s.15.
- Lo Schiavo, F. (2006). Orta Akdeniz’de Metal Ticareti. In *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, Ü. Yalçın, C. Pulak, and R. Slotta (eds.), Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, s. 401-416.
- Macleod, I. D. (1981). Bronze disease: an electro-chemical explanation, *ICCM Bulletin*, 7, 16-26.
- Macleod, I. D. (1987). Conservation of corroded copper alloys: a comparison between new and traditional methods for removing chlorine ions, *Studies in Conservation*, 31 (1), 25-40.
- Matthaus, H. (2006). Geç Tunç Çağında Akdeniz de kültürler arası ilişkiler, ticaret ve deniz seferleri, Ü. Yalçın, C. Pulak, ve R. Slotta (Ed.), *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (ss. 335-368). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- Melaart, J. (1959). *Notes on The Architectural Remains of Troy I and II*, 9, 131-162.
- Memet, J. B. (2007). *The corrosion of metallic artefacts in seawater: descriptive analysis*, Corrosion of metallic heritage artefacts Investigation, conservation and prediction for long-term behaviour P. Dillmann, G. Béranger, P. Piccardo and H. Matthiesen (Ed.), European Federation of
- Moran, W. L. (1992). *The Amarna letters*, Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Muhly, J. D., Wheeler, T. S., & Maddin, R. (1977). The Cape Gelidonya shipwreck and the Bronze Age metals trade in the eastern Mediterranean. *Journal of Field Archaeology*, 4(3), 353-362.
- Oğuz, B. (1988). *Sertlehimleme*, Oerlikon Yayınları, İstanbul.
- Öniz, H. (2019a). A new Bronze Age shipwreck with ingots in the west of Antalya—preliminary results. *Palestine Exploration Quarterly*, 151(1), 3-14.
- Öniz, H. (2019b). Antalya-Kumluca Bronze Age Shipwreck 2019 studies—first analyses. *Palestine Exploration Quarterly*, 151(3-4), 172-183.
- Öniz, H., Türkmen, S. (2022). Alanya Osmanlı Batığı Sualtı Kazısı. H. Öniz (Ed.). *Türkiye’de Sualtı Arkeolojisi*, (67-72). İstanbul: Ofset Yapımevi.
- Özargun, M. ve Pınarcık, P. (2021). Uluslararası ilişkiler çerçevesinde M.Ö. II. Binyılın sonuna kadar Doğu Akdeniz ticaretinde Kıbrıs-Mısır ilişkileri, *Uluslararası Eskiçağ Tarihi Dergisi*, 3(2), 547-575. Doi:10.33469/oannes.974041.
- Özbal, H. (2005). *MÖ. 3. Bin Yılda Anadolu’da Bronz*, Türkiye Bilimler Akademisi Forumu, Ankara.

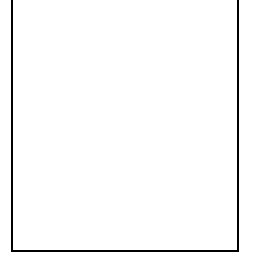
- Özen, L. (2014). Müzelerde Önleyici Koruma, *ISPC-Uluslararası Önleyici Koruma Sempozyumundan*, İstanbul
- Özgüç, T. (1986). *Kültepe Kaniş I*, TTK. Ankara.
- Paterakis A, Lafuente D, Cano E. (2010). The Corrosive Influence Of Acetic Acid Emissions On Bronze And The Efficacy Of Two Protective Coatings. *Proceedings Of The Interim Meeting Of The Icom-Cc Metal Working Group*, Charleston, 178-184
- Pearson, L. I. C. (1987). *The Greek Historians of the West: Timaeus and his predecessors* (No. 35). An American Philological Association Book.
- Pernicka, E. (1995). Gewinnung und verbreitung der metalle in prahistorischer zeit. *Jarbuch Römisch-Germanisches Zentralmuseum*, (37)1, 21-129.
- Pernicka, E., Eibner, C., Öztunalı, Ö., Wagner, G. A. (2003). Early bronz age metallurgy in the North-East Egean, *Troia and The Troad*, 143-172.
- Primas, M. (2006). Avrupa’da Bulunan Öküz Gönü Külçeler. In *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, Ü. Yalçın, C. Pulak, and R. Slotta (Eds.), Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, s. 387-393.
- Pulak, C. (2000). The Cargo of Copper and Tin Ingots from the Late Bronze Age Shipwreck at Uluburun. In *Anatolian Metal. I*, Ü. Yalçın, (ed.), Der Anschnitt, Beiheft 13, Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, sayfa, 137-157.
- Pulak, C. (2006). Uluburun Batığı. In *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, Ü. Yalçın, C. Pulak, and R. Slotta (Eds.), Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, sayfa, 57-104.
- Pulak, C. (2006). Uluburun Batığı. Ü. Yalçın, C. Pulak, and R. Slotta (Ed.), *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (ss.57-104), Bochum: Deutsches Bergbau-Museum.
- Reardon, A. C. (2011). Metallurgy fort he non-mettalurgist, *ASM International, second edition*, 73-84.
- Scott, D.A. (1997). Copper Compounds in Metals and colorants: Oxides and Hydroxides, *Studies in Conservation*, 42 (2), 93-100.
- Scott, D.A. (2002). *Copper and Bronze in art Corrosion, Colorants, Conservation*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Stollner, T. (2006). Tunç Çağında hammadde olarak kullanılan minerallere genel bir bakış, Ü. Yalçın, C. Pulak, ve R. Slotta (Ed.), *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, (ss. 453-477). Bochum: Deutsches Bergbau-Museum,
- Stos-Gale, Z. A. (2011). Biscuits with Ears: A Search for the Origin of the Earliest Oxhide Ingots. In *Metallurgy: Understanding How, Learning Why: Studies in Honor of James*

- D. Muhly, P. P. Betancourt ve S. C. Ferrence (eds.), Instap Academic Press, Philadelphia, Pennsylvania, sayfa, 221-229.
- Şahin, M. (2018). “Divriği Kalesinde Bulunan Bir Grup Metal Objenin Konservasyon Çalışması”, *Cumhuriyet Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sivas, 42(2), 127-144
- Tanoğlu, A. (1963). Türkiye’nin coğrafi mevkii ve bu mevkii ile ilgili bazı meseleler, *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 7(13), 50-63.
- Tez, Z. (1989). *Madencilik ve Metalurji Tarihi*, Kitapsay Yayınları, İstanbul.
- Tulgar, S. (2015). Alman Çeşmesi ve Sultanahmet Örne Dikilitaşı’na Ait Mimari Yapı Öğelerinin Konservasyon Uygulamaları, *Art-Sanat*, (3), 109-121.
- Uluengin, M. B. (2006). *Mimari Metaller Özellikleri, Bozulma Nedenleri, Koruma ve Restorasyon Teknikleri*, İstanbul, Birsan Yayınevi.
- Von der Osten, H. H. (1937). *The Alishar Hüyük. Seasons of 1930 and 1932*. Part II. Oriental Institute Publication 29. Research in Anatolia 8. Chicago: University of Chicago Press.
- Wallenfells, R. (2000). The ancient near east, *An Encyclopedia For Students, IV*, New York.
- Wharton, G. ve Kökten Ersoy, H. (2002). Arkeolojik Kazılarda Metal Buluntuların Konservasyonu, *Kazı Notları Arkeolojik Konservasyon ve Antik Yerleşimlerin Korunması için Pratik Rehber*, İstanbul, (11), 1-6
- Yalçın, H., Koç, T. (1997). *Mühendisler İçin Korozyon*, Türk Mühendis ve Mimarlar Odalar Birliği Kimya Mühendisleri Odası, Ankara
- Yalçın, Ü., Pulak, C., Slotta, R. (2006). Eser Kataloğu, Doğu Akdeniz Bölgesi Kültürlerine Ait Eserler. In *Uluburun Gemisi - 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, Ü. Yalçın, C. Pulak, and R. Slotta (eds.), Bochum: Deutsches Bergbau-Museum, s. 545-678.
- Yılmaz, Ş., Kurnaz, S. C. (2001). Metalurjik süreçler ve arkeometalurji, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1),45-49.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

|             |              |
|-------------|--------------|
| Soyadı, Adı | Serkan AKÇAY |
|-------------|--------------|



| Eğitim Derecesi | Okul/Program                                                                    | Mezuniyet Yılı |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Lise            | AKEV Koleji                                                                     | 1996           |
| Üniversite      | İstanbul Üniversitesi / Taşınabilir Kültür Varlıklarını Onarım ve Koruma Bölümü | 2001           |
| Yüksek Lisans   | Akdeniz Üniversitesi/Akdeniz Sualtı Kültür Mirası Araştırmaları                 |                |
| Doktora         | -                                                                               |                |

| İş Deneyimi | Çalıştığı Yer                                                                                      | Görev                           |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 2004-2013   | Havaalanları Yer Hizmetleri A.Ş                                                                    | Harekat Memuru / Departman Şefi |
| 2013-2014   | T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı/Antalya Müze Müdürlüğü                                             | Restoratör                      |
| 2014-       | T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı / Antalya Restorasyon ve Konservasyon Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü | Restoratör / Müdür Yrd. V.      |

|             |           |         |
|-------------|-----------|---------|
| Yabancı Dil | İngilizce | Çok İyi |
|-------------|-----------|---------|