

KÜLTÜR VARLIKLARININ İNCELENMESİNDE RADYOGRAFİNİN KULLANIMI

GENÇ, Uğur, İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez ve Bölge Laboratuvarı Müdürlüğü,
ugur.genc@kultur.gov.tr

EKİNCİ, Şinasi, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi,
sinasi.ekinci@taek.gov.tr

AKSU, Mehmet, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi,
mehmet.aksu@taek.gov.tr

BAŞSARI, Asiye, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi,
asiye.bassari@taek.gov.tr

Özet

Radyografi, arkeolojik ve tarihi sanat eserlerinin incelenmesinde çeşitli amaçlarla kullanılabilen önemli bir tahribatsız muayene tekniğidir. Bu teknik, konservasyon işleminden önce objelerin durumunun değerlendirilmesinde, kullanılan malzemelerin iç yapılarının görülmesinde, yapım metotlarını incelemeye, sanat eserlerindeki gizli işaretleri ve sahteciliği ortaya çıkarmada, mumyalarda gizlenmiş cisimlerin belirlenmesinde, vb. birçok amaçla kullanılmaktadır. Radyografik teknikler, kağıt, ağaç, kumaş, seramik, metal, insan ve hayvan kalıntıları gibi çeşitli malzemelere uygulanabilir. Radyografik muayene ile korozyon altında gizlenmiş cisimler ve resimlerin altında kalmış bir önceki resimler görüntülenebilir. Tüm bu özellikler radyografiyi kültürel mirasın incelenmesinde çok değerli ve önemli bir araç haline getirmiştir.

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde arkeolojik objeler üzerinde yapılan arkeometrik incelemeler, İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuvarı Müdürlüğü ve İstanbul Arkeoloji Müzesi ile işbirliği halinde yürütülmektedir. Ayrıca, Rezzan Has Müzesi ile de ortak çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışma, arkeoloji ve koruma-onarım uzmanlarının yürüttüğü restorasyon, konservasyon, tarihleme, replika işlemleri, envanter ve arşivleme çalışmalarına destek vermek amacıyla arkeolojik objeler üzerinde yapılan radyografik incelemeleri anlatmaktadır. İncelemeler, Bizans dönemine ait çapalar, Haliç Zinciri, Sultan Ahmet Meydanı'nda bulunan Roma Dönemine ait Yılanlı Sütun'dan koptuğu düşünülen yılan kafası ve çeşitli metal eserler üzerinde yapılmıştır. Muayene edilen objelerden elde edilen bulgular, objeler üzerinde yapılacak çalışmalara destek olmak ve üretim yöntemlerini değerlendirmek üzere ilgili uzmanlar ile paylaşılmıştır.

Giriş

Arkeolojik objelerin konservasyonu, obje ile ilgili tüm karakteristiklerin korunmasını gerektiren çok önemli bir işlemdir. Bu anlamda, tahribatsız muayene (NDT) tekniklerinin arkeolojik objelerin konservasyonu için kullanılması amaca uygun bir yöntemdir, çünkü bu yöntem diğer analiz yöntemlerinin (kimyasal, vb.) tersine objelere zarar vermeden incelemeyi sağlamaktadır.

Tahribatsız, hızlı ve düşük maliyetli olan X-ışını radyografi tekniği bu iş için en uygun olanıdır. Bu teknik, korozyon ve yabancı maddelerin altında kalmış, biçimi ve yapısı anlaşılabilen objelerin fiziksel olarak herhangi bir zarar vermeden görüntülenmelerini sağlamaktadır.

X-ışını radyografisi ile elde edilen bilgiler başka bir yöntemle kazanılamamaktadır. Teknolojik ayrıntılar herhangi bir müdahaleye gerek kalmaksızın ortaya çıkarılabilir. Bundan başka, X-radyografları iç yapısı kararsız olan ve potansiyel olarak bozunmaya yüz tutmuş eserler için uzun süreli bir görsel kayıt oluşturur.

Metal eserlerin toprak altından çıkarılmasını takiben bozulma prosesini azaltacak çok şey yapılabilmesine karşın radyografi işlemi kazıdan hemen sonra yapılmalıdır. İyi kalitede bir radyograf tanımlama, sınıflandırma ve tarihleme için gerekli bilgileri verir.

Radyografinin avantajlı yönleri aşağıda verilmiştir:

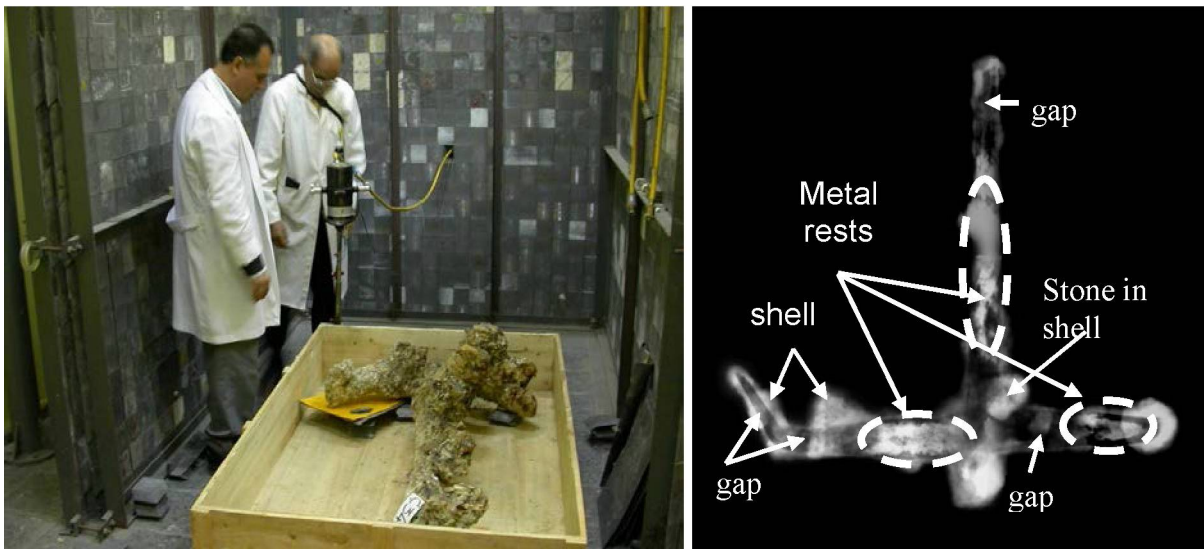
- Şekil, teknoloji ve durum ile ilgili görsel kayıt
- Tanımlama için destek
- Yapıya zarar vermez
- Tahribatsız
- Ucuz
- Bozunan objeler için uzun süreli kayıt

Radyografide kullanılacak radyasyon tipleri olarak; X-ışınları, gama ışınları, beta ışınları, nötronlar ve elektronlar sayılabilir. Elektromanyetik radyasyon ailesinin malzemeye nüfuz edebilen enerjistik kısmında yer alan X ve gama ışınları radyografide yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle tablo ya da 5 cm'e kadar çelik veya eşdeğer elemanların radyografisi için X-ışını radyografisi, bu seviyeden daha kalın veya yoğun elemanlar için de gama radyografisi tercih edilerek kullanılmaktadır. Metal, seramik ve taş eserlerin incelenmesi için bu teknikler uygun olmaktadır. Radyografik görüntülenen malzemenin tahrip edilmeden incelenmesinin yanı sıra, uygulama sonrasında malzeme yüzeyinde ya da bünyesinde hiç bir yabancı muayene kalıntısı kalmamaktadır

TAEK Laboratuvarımızda tamamlanmış olan ve aşağıda anlatılan örnekler; restorasyon, konservasyon, replika çalışmaları, tarihleme ve envanter çalışmalarına yardımcı olması açısından arkeolojik objelerin üretim yöntemlerinin ve korozyon durumlarının araştırılmaları ile ilgili çalışmaları içermektedir.

Arkeolojik Objeler Üzerinde Gerçekleştirilen Radyografik Uygulamalar

Arkeolojik objeleri incelemek amacıyla, X-ışınları tüpü, Co-60 gama ışınları kaynağı ve Kodak AA400 filmi kullanılmıştır. Işınlama parametreleri obje malzemesine ve bileşimine göre deneysel olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada muayene edilen bazı objeler ve radyografları gösterilmiştir. Şekil 1 Marmara Adası açıklarında yapılan Çamaltı Burnu-1 Batığı kazısından çıkartılan ve 13. yüzyıl Bizans Dönemine tarihlendirilen bir çapanın ışınlama pozisyonunu ve radyografların birleştirilmesiyle oluşturulan tüm görüntüsünü göstermektedir. Daha önce Frederick H. van Doorninck'in Serçelimanı Batığı kazısından ele geçirilen ve içi tamamen yol olmuş bir demir çapayı replika ettiği prensibe dayanan bu çalışmada radyografi ile elde edilen görüntüler, İstanbul Üniversitesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümünde replikaların hazırlanmasında yardımcı araç olarak kullanılmıştır. Radyografya, çapada kalan metal kalıntıları ve metal eridikten sonra oluşan boşluklar tespit edilebilmektedir. Bu sayede demir kalıntılar ile epoksi replika bir arada değerlendirilmiştir. Öğrenciler tarafından yapılan replika çalışmalarından bir tanesi Şekil 2'de görülmektedir.

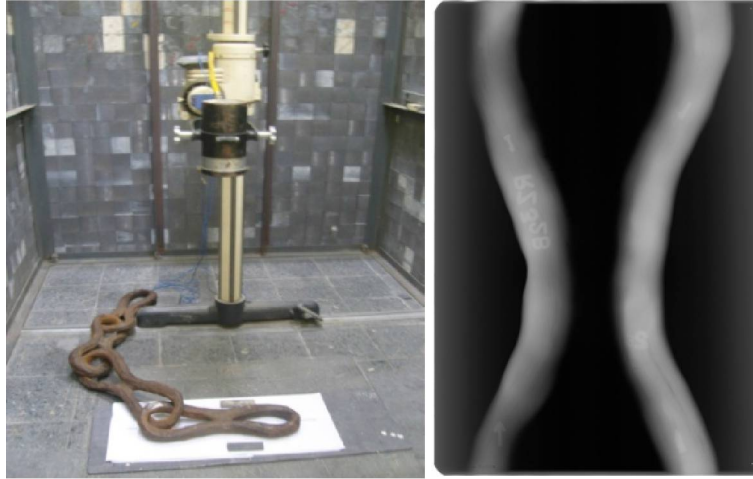


Şekil 1. Çapanın Co-60 kaynağı ile ışınlama pozisyonu ve radyografların birleştirilmesi ile elde edilen görüntü.

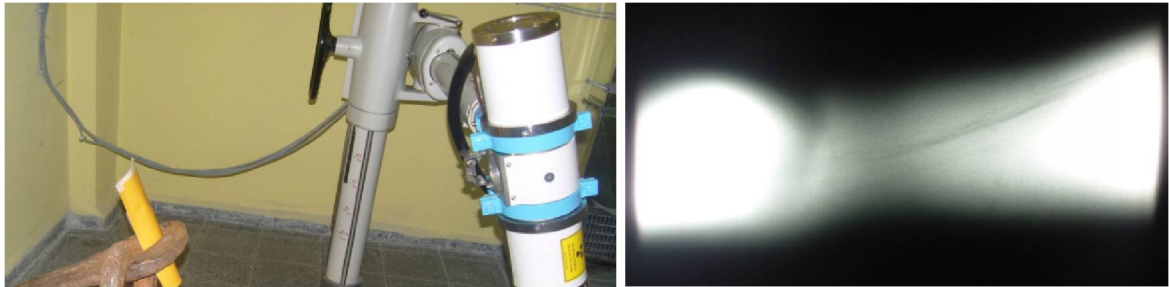


Şekil 2. Şekil 1 de radyografik görüntüsü verilen çapanın replikası

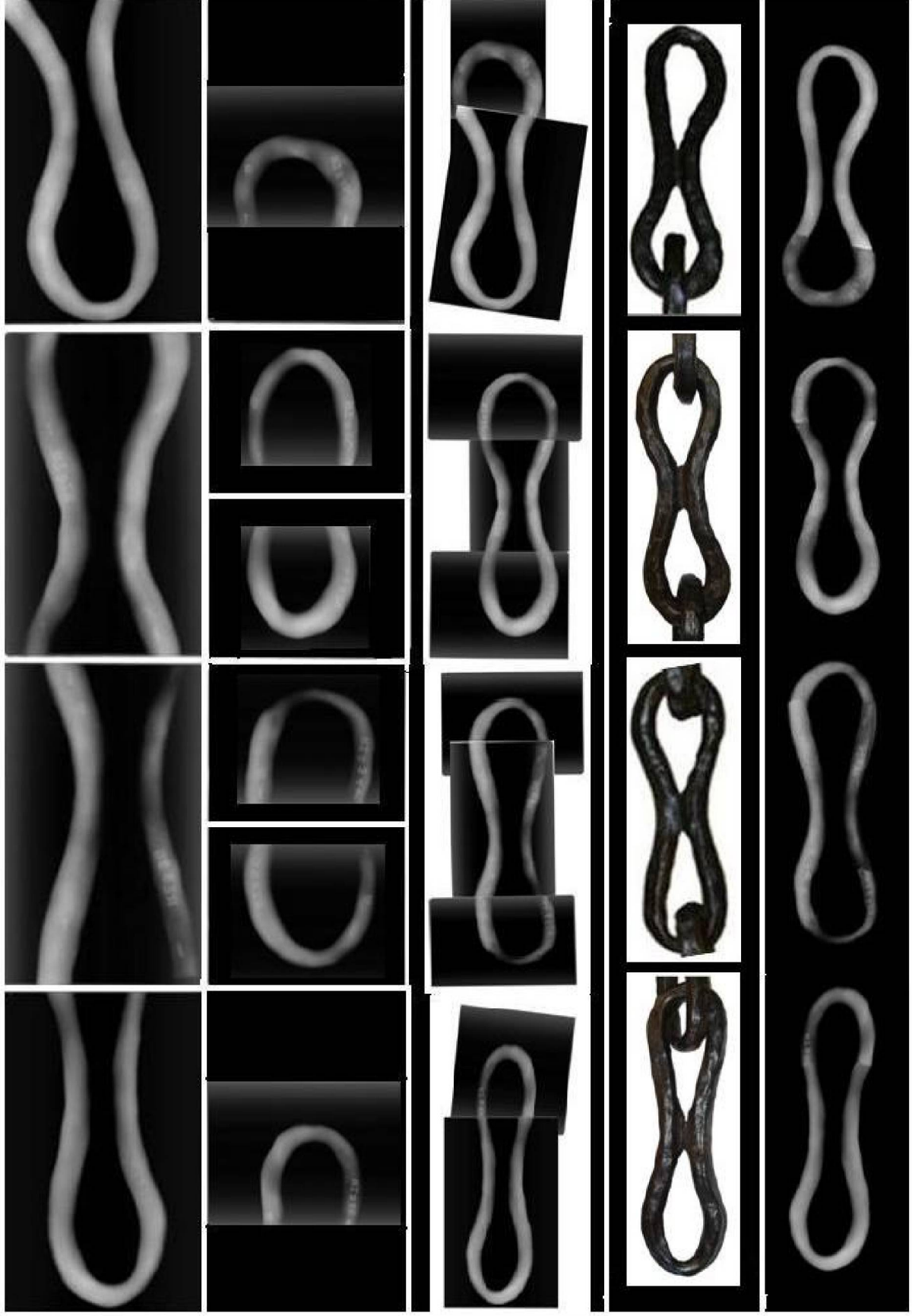
Bizans imparatorluğu döneminde Haliç'te Osmanlı gemilerinin girişine engel olmak için kullanılan zincire ait parçalar, İstanbul'da bulunan çeşitli müzelerde sergilenmektedir. Bunlar arasında Rumeli Hisarı Müzesi'ne ait 4 baklalı zincir parçasının (Rz3) radyografik incelemesinden malzeme hataları ve üretim yöntemleri ortaya çıkarılmıştır. Zincir halkasının ışınlama pozisyonu ve elde edilen radyograf Şekil 3'te gösterilmiştir. Zincirin uç kısmının ışınlama pozisyonu ve radyografisi ise Şekil 4'te görülmektedir. Şekil 3,4 ve 5'te verilen görüntülerden, malzemedeki yüzey altı gaz boşlukları ve dövme binneleri teşhis edilebilmektedir. Bu belirtiler, zincirlerin önce sıvı metalin silindirik bir kalıba döküldüğünü, sonra sıcak halde çekiçe dövülerek iki ucunun birleştirildiğini ve bakla haline getirildiğini göstermektedir.



Şekil 3. Zincir halkasının ışınlama pozisyonu ve elde edilen radyograf görüntü.

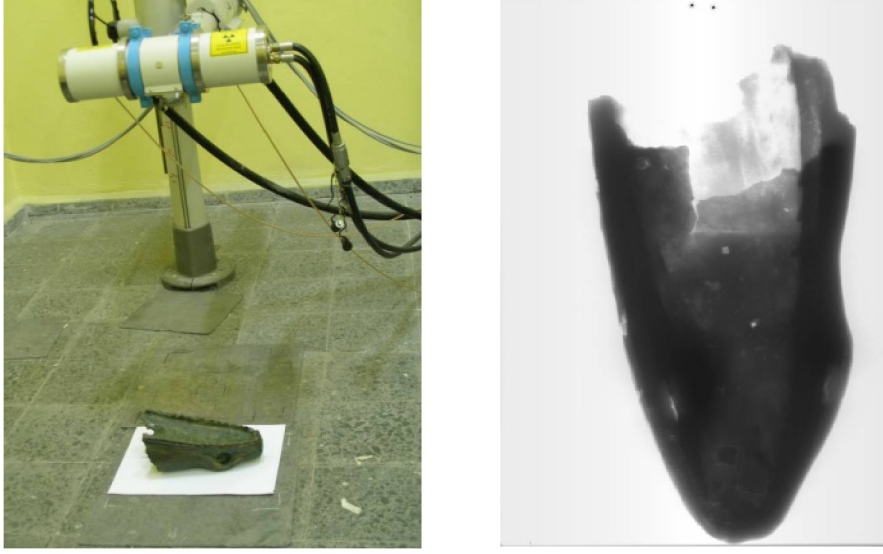


Şekil 4. Zincir halkasının uç kısmının ışınlama pozisyonu ve elde edilen radyograf görüntü.



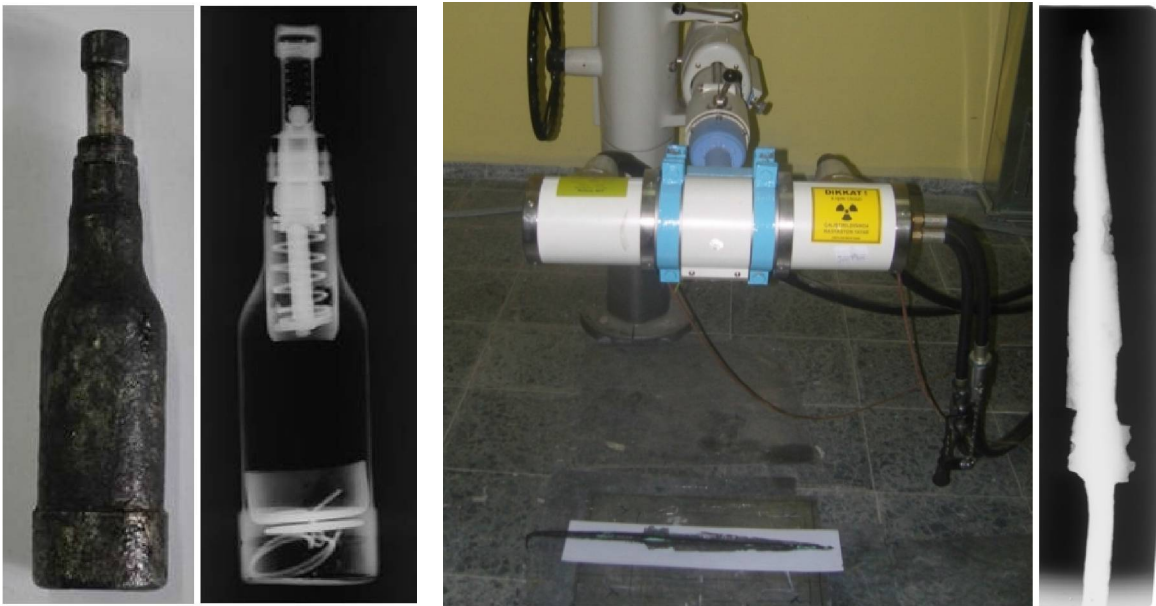
Şekil 5. Dört baklanın radyograf görüntüleri için 10 adet filmden yararlanılmıştır. Deneme ve toplu çekimler ile birlikte çalışmada 18 adet Kodak Industrex AA400 Pb ekranlı vakumlu film kullanılmıştır.

Diğer bir araştırma, Sultanahmet Meydanı'nda bulunan Roma Dönemine ait Yılanlı Sütun'un kafası üzerinde yapılmıştır. Şekil 6'da bakır malzemeden yapılmış olan yılan kafasının ışınlama pozisyonu ve elde edilen radyograf görülmektedir. Radyograf görüntüsünden, döküm porositelere ve kalıp destek metali teşhis edilebilmektedir. Bu film, kafanın kalıba döküm yöntemiyle üretildiğini göstermektedir.



Şekil 6. Yılan kafasının ışınlama pozisyonu ve elde edilen radyograf.

ÇNAEM'de 2012 yılı içinde farklı metal malzemeler üzerinde çekimler gerçekleştirilmiştir (Şekil 7). Erzurum Müze Müdürlüğü envanterine barutluk olarak kaydedilen metal buluntunun iç yapısını görüntülemek amacıyla X-ışını ile radyografik görüntüleme gerçekleştirilmiştir. Elde edilen radyograf görüntü, yanık katman ile kaplı buluntunun iç yapısında yaylı bir mekanizmanın olduğunu göstermiştir. Buluntunun üst bölümünde görülen üç adimli vidalama yeri, mekanizmanın yayı basılı iken şu an mevcut olmayan başka bir parça ile kapatıldığını göstermektedir. Mekanizmanın çalışır durumda kalmasını sağlayan kaydırma yağına rastlanabilen buluntunun patlayıcı olabileceği düşünülmektedir. Samsun Bafra Müzesi'nde sergilenen mızrak ucu, 120 Kv ve 16 mA şiddetinde X-ışını ile poz süresi 20 sn., mesafe 70 cm. olarak ayarlanan ışınlama sonucundaki radyograf görüntü, okside olarak mukavemetini yitirmiş kısımları net bir şekilde göstermiştir. Oksitlenmiş bu bölgelere mekanik temizlik sırasında dokunulmayıp konservasyon işleminde mevcut aktif korozyon pasifize edilmiştir.



Şekil 7. Yaylı mekanizmanın radyograf görüntüsü (solda) ve mızrak ucu (sağda).

Çapaların konservasyon öncesinde kabuk altında gizlenmiş olan boş/dolu alanların tespit edilmesi, uygulamaları belirleyici bir rol oynamaktadır. Radyografik incelemeler ile öğrenilebilecek bu bilgiler ışığında demir özü görülen bölgelerin üzerindeki kabuğun kaldırılıp demir varlığını yitirmiş kısımların ise çeşitli dolgu uygulamalarla özgün kalınlığına kavuşturulması amaçlanmıştır. Çapaların kaplanmış olduğu kabuk tabakasının kırılma eğilimi göz önünde bulundurularak TAEK Laboratuvarına ulaştırılan bir parça üzerinde taşınabilir dijital radyografi cihazıyla (flat panel) deneme çekimi yapılmıştır. Bu çekimle istenilen sonucun alınması üzerine taşınabilir dijital X-ray ile Konservasyon Laboratuvarında bulunan çapalara ait tüm bölgelerin çekimleri tamamlanmıştır (Şekil 8). Bu sayede çapaların iç boşlukları ve demir ihtiva eden kısımları net olarak görüntülenmiştir.



Şekil 8. Flat Panel çekimleri sonucunda elde edilen dijital radyografi görüntüleri.

Ortaya çıkarılan “Y” tipi çapanın replikası için eksik tırnak kısımlar, radyografik görüntüden yararlanılarak, kaplama ve tüleme malzemeleri kullanılarak tamamlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. CNC çıktı üzerinde radyografik inceleme yardımı ile yapılan tamamlamalar.

Yenikapı-35 Batığı'na ait “T” tipi çapanın radyografik muayenesinde ise Gama ışını kullanılmış ve bu çapanın çok iyi korunmuş olduğu anlaşılmıştır (Şekil 10). Demirin okside olmasıyla başlayan süreçte üzerini hızlı örtünmeyle kaplanmış durumdaki kum ve çeşitli depozitlerin kaynaşması sonucu ince bir dış kabuk tabaka oluştuğu için röntgen görüntüleri referansıyla bu ince kabuk kolaylıkla kaldırılabilmiştir (Şekil 11).



Şekil 10. Yenikapı-35 batığına ait "T" tipi çapanın radyografik incelemeleri.



Şekil 11. Radyograf görüntüleri referansıyla konservasyonu tamamlanan çapa.

Sonuç ve Yorum

Bu çalışmada radyografi tekniği ile arkeolojik objeler üzerinde yapılan uygulamalardan bazı örnekler verilmiştir. Tahribatsız muayenenin arkeoloji ve tarihi eserlerin konservasyonu konusunda kullanımı artık standart bir araç haline gelmiş olup, bilim adamlarına geçmişte hasar görmüş veya kayba uğramış objelerin doğru şekilde tanımlanması ve korunmasına yönelik olarak büyük katkı sağlamaktadır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, kazılardan çıkartılan objelerin ve tarihi eserlerin iç yapılarının ve yüzey durumlarının belirlenmesini sağlayan radyografi yönteminin arkeometri alanında çok etkin bir yöntem olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgulardan, replika çalışması, restorasyon, konservasyon ve diğer işlemler öncesi yararlanılmaktadır. Konvansiyonel radyografinin yanısıra, görüntü iyileştirmesinden ve büyütme tekniği ile ayrıntıları inceleme imkanı sağlamasından dolayı ileri radyografi tekniklerinden “flat panel” ve “imaging plate” teknikleri de arkeometride etkin bir şekilde kullanılabilir. Radyografi saha çalışmalarında kullanıldığında, radyasyon korunma önlemlerinin de alınması gerektiği unutulmamalıdır.

Teşekkür

Bildiride bahsedilen radyografik inceleme çalışmalarına konu olan arkeolojik eserlerin müzeden ya da kazıdan çıkartılmasından başlayarak NDT Laboratuvarına taşınmasında, gerekli yasal izinlerin ve güvenlik tedbirlerinin alınmasında emeği geçenlere, bilimsel yayınlara katkı sağlamak suretiyle radyografinin arkeolojide kullanımını yaygınlaştıran arkeolog ve koruma-onarım uzmanlarına ayrıca Kültür Varlıklarının Tahribatsız İncelenmesi protokolü çerçevesinde işbirliği içinde çalışılan Müze ve Laboratuvar müdürlüklerine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

M. Schreiner, B. Frühmann, D. Jembrih-Simbürger, R. Linke, X-rays in art and archaeology, JCPDS, Advances in X-ray analysis, Vol.47, 2004.

Guidelines on the X-radiography of archeological metalwork, English Heritage 2006, Edited and brought to press by David M Jones, Published January 2006, Copyright © English Heritage Publishing.

Howard Wellman, X-radiography as a conservation assessment tool for archaeological collections, Maryland Archaeological Conservation Laboratory, Jefferson Patterson Park and Museum.

Uğur Genç, Şinasi Ekinci, “*Haliç Zinciri Laboratuvar İncelemeleri-2: Radyografi ve Manyetik Parçacık İle Muayene*” XI. Türk Arkeoloji ve Etnografya Dergisi, Ankara 2013.

Uğur Genç, *Arkeometrik İncelemeler Işığında Tarihi Metallerin Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları*, Türkiye Arkeolojisinde Metal, ODTU Yayınları, Ankara 2013.