

JEOLOJİ VE GEMOLOJİ BİLİMLERİNDE KULLANILAN TAHRİBATSIZ ARKEOMETRİK YÖNTEMLER VE CİHAZLARIN GÜNÜMÜZ ARKEOLOJİ BİLİMİNDE KULLANIMI VE GEREKLİLİĞİ

Arş. Gör. Hilmi GÜNEY*

Özet

Arkeolojik kazılardan çıkarılan eserlerin, klasik arkeolojik analizlerinin yapılması, temel uygulama olan tarihlendirme bir başka deyişle yaş tayinleri bir gerekliliktir. Çıkarılmış eserler; Potasyum Argon, Radyokarbon ve Termolüminesans Metodları, Spektrografik Analiz, Arkeomagnetizma, Dendrokronoloji gibi yöntemler ile analiz edilmektedirler. Son yıllarda arkeolojide kullanılan bu klasik metotlar, gelişen teknolojiyle arkeojeoloji ve arkeogemoloji bilimlerinin analiz yöntemleriyle ilişki kurularak geliştirilmiştir. Arkeolojide bu iki disiplinin analiz ve yöntemlerine kaçınılmaz bir şekilde ihtiyaç duyulmaktadır.

Arkeojeolojik çalışmalar ve arkeolojik veriler, mineralojik ve jeolojik veriler ışığında yorumlanmaktadır. Geleneksel arkeojeolojide, jeolojik ve zemin etüdü yöntemleri kullanılırken, günümüzde mikrografik çalışmalar ve mikrofasiyes analizler önemli hale gelmiştir. Bu bağlamda arkeojeoloji; arkeolojik kazı alanlarında jeolojik arazi yapısının belirlenerek, bölgeden çıkarılmış eserlerin, bölgenin jeolojik arazi yapısını oluşturan kayalar ile karşılaştırılmasına dayalı birtakım arkeometrik analiz çalışmalarını kapsamaktadır. Yapılan araştırmaya göre; bu analiz çalışmaları farklı yöntem ve cihazlar yardımıyla ele alınıp analiz edilmektedirler. Bu yöntemlerden en önemlisi; Boyar madde ve Pigment Analiz Yöntemi olan RP-HPLC-DAD Analizleri ile SEM-EDX Yapı, Pigment ve Elementel Analizleridir. Buna ek olarak; Optik Mikroskop Yardımıyla Teknik Analizler, CIELAB Spektroskopisi İle Renk Ölçümü dâhil edilebilir.

Arkeogemoloji ise arkeomineralojinin bir alt dalı olarak önemi gittikçe artan bir bilim dalıdır. Müzelerde saklanan ve arkeolojik kazılarda çıkartılan antik süstaşı ürünlerin ve mücevherlerin tanımlanmasında büyük öneme sahiptir. Bölgeden çıkarılan antik dönem eserlerin, gemolojisel araştırma yöntemleri ile incelenmesi, arkeomineralojik ve arkeogemolojik yönden analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Tüm bu analizler için esere kesinlikle zarar vermeyen gemoloji laboratuvar cihazları kullanılmaktadır. Böylece çıkarılan eserlerin, bölgedeki kayaç türlerinin nerede yapı taşı olarak kullanıldığının ve hangi tür süstaşı olduğunun kesin tespiti yapılabilmektedir.

Tüm bunlara dayanarak son yıllarda arkeoloji biliminde; kazı alanında yapılan çalışmalardan elde edilen eser ve veriler ancak her iki disiplinin yaptığı analizler ışığında, arkeolojik döneme ait gerçeğe daha yakın bilgilere ulaşılabildiği açıkça ortaya konulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Arkeoloji, Arkeojeoloji, Arkeogemoloji, Arkeometri

* Marmara Üniversitesi, Kuyumculuk ve Mücevherat Tasarımı Bölümü, hilmi.guney@marmara.edu.tr

USE OF NONDESTRUCTIVE ARCHEOMETRIC METHODS AND TOOLS EMPLOYED IN GEOLOGY AND GEMOLOGY IN CONTEMPORARY ARCHEOLOGY AND THEIR NECESSITY

Abstract

Conducting classic archeologic analysis and dating, in other words, age determination which is a basic practice for artifacts uncovered in archeological excavations is a necessity in archeology. Excavated artifacts are analyzed by using various methods such as Potassium Argon, Radiocarbon and Thermoluminescence Methods, Spectrographic Analysis, Archaeomagnetism and Dendrochronology. In recent years, these traditional methods are being improved by correlating them with analysis methods of geoarcheology and archaeogemology with the aid of technological developments. In archeology, the analyses and methods of these two disciplines is an inevitable necessity.

Geoarcheological studies and archeological data are interpreted with the help of mineralogical and geologic data. While geological and ground surveys methods are used in traditional geo-archeology, today, micrographic studies and micro-facies analyses are gaining an increasing importance. In this context, geoarcheology consists of certain archeometric analyses based on identification of geological soil conditions of the excavation site, as well as comparing the artifacts excavated from the site to the rocks that forms the geologic land structure of the relevant region. According to the researches, these methods of analyses are conducted by different tools with various methods. Among of the most significant methods are RP-HPLC-DAD Analysis which is a Colorant and Pigment Analysis method, and SEM-EDX Structure, Pigment and Elemental Analysis. In addition to these, Technical Analysis with Optic Microscope, and Colorimetry with CIELAB Spectroscopy are other methods employed in the field.

Archaeogemology on the other hand, is an increasingly significant discipline as a sub-field of archaeominerology. It is critical in identifying antic ornamental stone items and jewelry found in archeological excavations and exhibited in museums. Examination of excavated artifacts from ancient periods with gemological research methods allows archaeominerologic and archaeogemologic analyses to be performed. For all these analyses, gemology laboratory tools are utilized that do not inflict any damage to the artifacts. This in turn enables us to determine precisely where and which type of rocks in the region are used as building stones and which are ornamental stones in the region.

In the light of all these, in recent years, in the field of archeology, it is evident that it is only possible to obtain accurate information about the archeologic period from the artifacts and data obtained from the excavation sites through the analysis conducted with both of these disciplines.

Key Words: Archeology, Geoarcheology, Archaeogemology, Archeometry

Giriş

Arkeolojik kazılardan çıkarılan eserlerin, klasik arkeolojik analizlerinin yapılması, temel uygulama olan tarihlendirme, bir başka deyişle yaş tayinleri bir gerekliliktir. Son yıllarda arkeolojide kullanılan klasik metotlar, gelişen teknolojiyle arkeolojide biliminin analizleri günümüz yöntemleriyle ilişki kurularak geliştirilmiştir. Arkeolojide bu disiplinin analiz ve yöntemlerine kaçınılmaz bir şekilde ihtiyaç duyulmaktadır.

Yakın tarihe kadar arkeolojide jeolojik ve zemin etüdü yöntemleri kullanılırken, günümüzde mikrografik çalışmalar ve mikrofasiyes analizler önemli hale gelmiştir. Bu konuda Courty

makalesinde şöyle söylemiştir; “Arkeolojik varlıkların tüm kültürel ve çevresel potansiyellerini kurtarmak ve anlamak için birtakım yaklaşımlar esas olarak kabul edilir” (Akt. Lenka v.d., 2011, s. 107). Goldberg ve Macphail’de (2006) bu yaklaşımların mikro düzeyde stratigrafik çalışmalar ve fasiyeler olduğunu belirtmişlerdir. (Akt. Lenka v.d., 2011, s. 107). Buna göre arkeojeolojik çalışma içerisinde arkeolojik veriler, mineralojik ve jeolojik veriler ışığında araştırılmaya devam edilmelidir.

Arkeometrik analizler, arkeojeoloji adıyla yani arkeolojik kazı alanların jeolojik arazi yapısının belirlenip, bölgeden çıkarılmış eserlerin jeolojik arazi yapısını oluşturan kayalar ile karşılaştırılmasına dayalı çalışmalar önemli hale gelmiştir. Yanı sıra analizler sonucunda elde edilen veriler, arkeolojik eserlerin genel durumları; mineralojik ve tahribatsız gemolojik cihazlar ile analiz edilerek incelenmelidir.

Arkeoloji ’de temel analiz yöntemi: Yaş tayinleri

Arkeoloji biliminde, çıkarılan eser ve malzemelerin yaş tayininin tespiti tüm çalışmanın temelini oluşturduğu bilinmektedir. Bunun için eskiden beri süre gelen klasik ve teknolojinin gelişmesiyle yeni yöntemlerin de katılmasıyla farklı metot ve yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntem ve tekniklerin başlıca olanları;

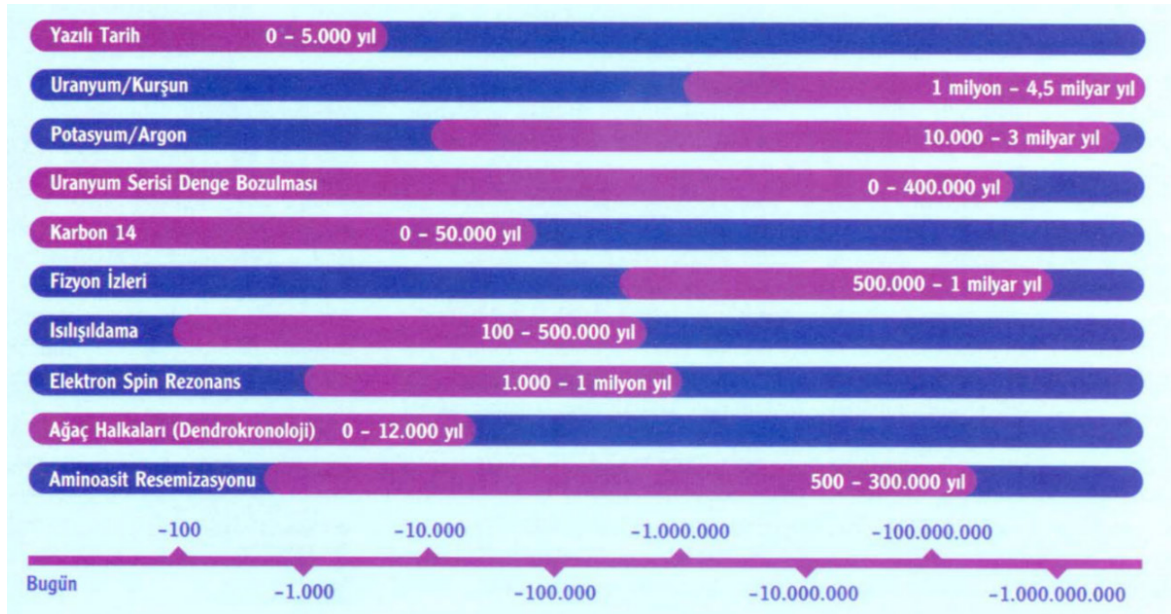
Potasyum-Argon

Radyokarbon (Karbon-14) ve Termoluminesans Metodları

Spektrografik Analiz

Arkeomagnetizma

Dendrokronoloji (Tüfekçioğlu, 2008, s. 56-73).



Tablo:1 Jeoarkeolojide kullanılan tarihlendirme yöntemleri (Akoğlu, 2001, s. 65)

Arkeometri

Arkeolojik çalışmalarla ortaya çıkarılan eser ya da malzemenin; yaş tayini, mineralojik, gemolojik, kimyasal, spektroskopik, mikromorfolojik ve mekanik analizlerini gerçekleştirerek inceleyen bilim dalıdır (Beşer, 2010, s. 1).

Teknolojinin gelişmesiyle bilim dallarının kendi klasik yöntemlerinden sıyrılarak yeni bakış açılarıyla aynı analiz yöntemlerini yine kendi alanlarına uyarlamaları bir gereklilik olmuştur. Son zamanlarda gittikçe yaygınlaşan çok disiplinli çalışmalar bunun bir göstergesidir. Arkeometri Bilimi de arkeolojide disiplinler arası çalışmaların bir sonucu ve tüm bu analiz yöntemlerin genel ismi olarak yerini almıştır.

Arkeojeoloji biliminde arkeometrik analizler ise farklı analiz yöntemleriyle ele alınan arkeolojik kazı alanların jeolojik arazi yapısının belirlenip, bölgeden çıkarılmış eserlerin buradaki kayalar ile karşılaştırılıp yorumlanmasına dayalı çalışmalardır.

Arkeojeoloji

Arkeojeolojik çalışmalar ve arkeolojik veriler, mineralojik ve jeolojik veriler ışığında yorumlanmaktadır. Disiplinler arası bir yaklaşım olan arkeojeoloji, arkeoloji biliminin bulguları yorumlamak için arkeometrik yöntemler içerisinde yer verdiği, jeoloji biliminde kullanılan analiz yöntemlerine ihtiyaç duyduğu anda devreye girmiş bir terimdir. Yakın tarihe kadar arkeojeolojide, jeolojik ve zemin etüdü yöntemleri kullanılırken, günümüzde teknolojinin gelişmesiyle beraber mikro düzeyde stratigrafik çalışmalar ve analizler önemli hale gelmiştir (Lenka v.d., 2011, s. 107).

Son yıllarda arkeojeolojik çalışmalar, geliştirilen cihazlarla tahribatsız X-ışını spektroskopik grafiklere dönüştürülerek pik değerlerin yorumlanmasına dayanmaktadır. Ayrıca kimyasal pigment analiz yöntemleri de geliştirilmiştir. Bu yöntemler;

RP-HPLC-DAD Analizleri

SEM-EDX Analizleri

CIELAB Spektroskopisi

Polarizan Mikroskobu

a) Boyar madde analiz yöntemi: HPLC-DAD

HPLC (High Performance Liquid Chromatography) ‘‘Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi’’ olarak bilinmektedir. İhtiyaca göre değişiklik gösterebilen, genelde 5 farklı kısımdan oluşur. Bunlar; Pompa, Enjektör, Kolon, Dedektör ve Kaydedicidir. Buradaki ‘‘Yüksek Performans’’; yüksek ayrımı ifade eder. Mobil fazın (analiz ettiğimiz maddeler) yüksek basınçla cihaz içinde hareket etmesi sağlandığı için de Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi olarak adlandırılır. Kromatografi ise çeşitli maddelerin hareketli faz yardımıyla sabit faz arasında farklı hızlarla hareket etmesi prensibine dayanır (Gümüştaş, dn, 2010, s. 20).

DAD Dedektör ışığın yoğunluğunu ölçmekle görevlidir. Işık gelişindeki azalma dedektörde bir cevap oluşturur ve buna da pik denir. Her maddenin konsantrasyon profili pik olarak değer kazanır. Görüntüyü yaklaştırdıkça küçük pikler gözükmeye başlamaktadır. Bu sinyaller safsızlıklara aittir. Örneklerin 0.1-3 mg ağırlığında olması analiz için yeterlidir.

Analizler arkeolojik kazılarda çıkarılmış tarihi eserin üretiminde hangi tür (sentetik ya da doğal) boya kullanıldığının tespit edilmesine dayanmaktadır. Cihaz malzemeyi bileşenlerine ayırma prensibiyle çalışmaktadır. Kimyasal ve biyolojik bileşenlerin ayrımı için kullanılmaktadır. Arkeolojide eserin organik kökenli boya ya da sentetik malzemeyle boyanıp boyanmadığı bu yöntemle tespit edilir. Boyaların kullanıldığı tarih HPLC cihazı ile belirlenerek hangi yüzyıla ait olduğu öngörülebilmektedir (Torgan ve Karadağ, 2015, s. 121).

b) Yapı, pigment ve element analizleri: SEM-EDX

Yapı, Pigment ve Elementel kimyasal analizler için SEM (Scanning Electron Microscope) ‘‘Taramalı Elektron Mikroskobu’’ - EDX ‘‘Enerji yayımlı X-Işını Analizi’’ cihazı kullanılmaktadır. Mineral yapısının belirlenmesi için kullanılan arkeometrik bir analiz yöntemidir. Bu analizden hareketle yaş tayini, gözle fark edilemeyen yapı bozulmalarına neden olan faktörlerin belirlenip nedenlerin yorumlanmasında çok önemli bir yeri vardır. Pigment tespiti için de bu yöntem kullanılmaktadır (Torgan ve Karadağ, 2015, s. 122).

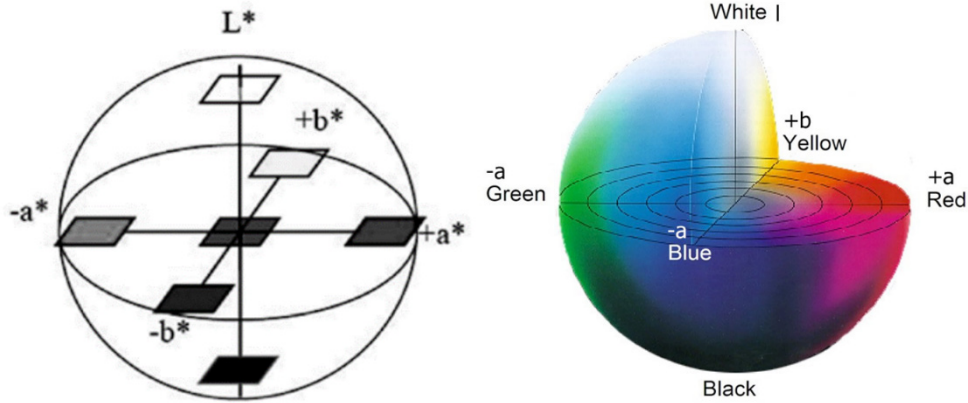
Taramalı elektron mikroskobu (SEM), yüksek enerjili elektronlar ile numune yüzeyinin taranması prensibiyle çalışır. Cihaz; optik kolon, numune haznesi, görüntüleme sistemi, enerji dağılım spektrometre (EDX) bağlantısı olmak üzere dört temel kısımdan oluşur. SEM ile 1 nanometreden daha yüksek çözünürlüğe ulaşılabilir. Numune en az 0.1 mg ağırlığında olmalıdır.

Taramalı elektron mikroskobu ile harç, sıva, taş, seramik, ahşap, kağıt, tekstil, cam, metal ve boya gibi birçok malzemenin analizi yapılır. ESEM mod sayesinde kirli, tozlu, yağlı ve organik yapılı numuneler herhangi bir kaplama yapmayı gerektirmeden incelenebilmektedir. Ayırım gücü, odak derinliği, görüntü ve analizi birleştirebilme özelliklerine sahiptir. Yüksek voltaj ile hızlandırılmış elektronların numune üzerine odaklanması, bu elektron demetinin numune yüzeyinde taratılması sırasında elektron ve numune atomları arasında oluşan çeşitli girişimler sonucunda meydana gelen fiziksel etkilerin uygun algılayıcılarda toplanması ve sinyal güçlendiricilerinden geçirildikten sonra ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve ekrana aktarılması prensibiyle çalışır.

c) Renk ölçümü: CIE LAB spektroskopisi

CIE (Commission Internationale de l’Eclairage) LAB Spektroskopisi ile a, b uzay sisteminde açıklık ve koyuluk üzerine yapılan renk ölçümü tahribatsız olarak gerçekleştirilmektedir. 0 ile 100 arasında seyreden değerler 100 değerine doğru gittikçe rengin açıldığını gösterir. Açıklık/koyuluk değerini ifade eden bu L değeridir.

Renk uzayları, görülebilir alandaki renklerin geometrik dizilimidir. Tanımlanmış bir renk uzayı modeli, renklerin sayısal olarak ifade edilmesini, böylece objektif bir sınıflandırma kriteri sağlar. L*a*b* renkleri, insan gözü algılamasına yakın olarak tasarlanmıştır. Tüm dünyada; tekstil, boya, plastik, kağıt, basılı malzeme ve benzeri cisimlerde renk kontrolü yapmak için çok sık kullanılır. Renk Uzayı; a+ değeri kırmızı, a- değeri yeşil renk, b+ sarı, b- mavi renk olarak yorumlanmaktadır. L* - Açıklık koordinatı (L* = 0 siyah ve L* = 100 beyazdır) (Torgan ve Karadağ, 2015, s. 123).



Resim:1- CIE L*a*b* renk uzayındaki, 3-boyutlu renk koordinatları (<http://www.coatsindustrial.com/tr/>)

d) Polarizan mikroskop analizi

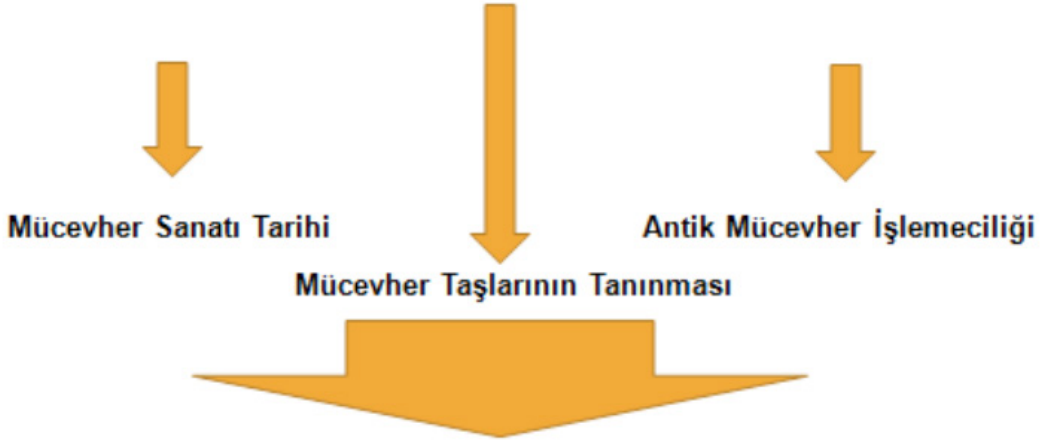
Örnekler Polarizan mikroskopunda mineralojik inceleme için 0.3 mm. kalınlıkta ince kesitten örnekler haline getirilmektedir. Bu numunelerin hazırlanması ve analizleri için, çeşitli büyütmelerde ince kesitler incelenerek mineral ve doku özellikleri tespit edilmektedir.

Arkeogemoloji

Anadolu antik medeniyetlere ait süstaşı ürünler, yalnızca arkeoloji ve sanat tarihi açısından yorumlanmayıp aynı zamanda gemolojik yönden incelenirse; bu süstaşı ürünlerin hangi süstaşı ailesinden olduğu tespit edilerek müzelerin envanter bilgileri güncellenebilecektir.

Arkeogemoloji, Arkeomineralojinin (Rapp, 2009) bir alt dalı olarak son yıllarda önemi gittikçe artan bir bilim dalıdır. Müzelerde saklanan ve arkeolojik kazılarda çıkartılan antik süstaşı (mücevhertaş) ürünlerinin ve mücevherlerin tanımlanması, konservasyonu ve teşhirinde gerekliliği kaçınılmaz olmuştur.

ARKEO-GEMOLOJİ



TÜRKİYE'DE 193 ARKEOLOJİ VE TABİAT TARİHİ MÜZESİNDE BULUNAN ANTİK MÜCEVHERLERİN GEMOLOJİK ENVANTERLEMESİ

Tablo:2 Arkeogemolojinin uğraş alanı (Güney, 2012, s. 1)

Antik süstaşı ürünlerin işlendiği dönemlerin ve özelliklerinin ortaya çıkartılması ile gerek arkeolojik kazılarda bulunan gerekse de müzelere getirilen süstaşı mücevherlerin tarihlendirilmesi ve gerçek değerinin tespit edilebilmesi arkeogemolojik incelemeyle mümkün olabilir. Ayrıca antik dönem süstaşlarının ve süstaşı mücevherlerin konservasyon işlemleri, bunların gemolojik özellikleri dikkate alınmadığı takdirde, birçok objenin hatalı yorumlanmasıyla sonuçlanmaktadır.

Gemoloji Laboratuvar Cihazları

DLScope Trinocular Microscope 10x-64x

Illuminator Polariscop

Spectroscope

Calcite Dichroscope

Duplex II Refractometer

Chelsea Renk Filtresi

UV Lamba

a) DLScope Trinocular Microscope 10x-64x

64 kata kadar büyütülen bölümün iç yapısının arka yüzden aydınlatılabilir. Diyafram kontrolü ile ışığın şiddeti ayarlanarak iç yapı net olarak görülebilir.

b) Illuminator Polariscope

Değerli taşların optik özelliklerini test etmenin en hızlı yoludur. Şeffaf veya yarı şeffaf taşların tek ya da çift optik eksenli olup olmadığını belirler. Çift optik eksenli taşların optik işaretini, pleokroizmayı tespit eder.

c) Spectroscope

Absorbe edilen ışık prizma spektrumunda gözlenerek koyu çizgilerin konumlandıkları dalga boylarına göre taşların tanımlamaları yapılır.

d) Calcite Dichroscope

Pleokroizma belirlenir. Üç eksen boyunca taşın çevrilerek incelenir.

e) Duplex II Refractometer

Mineralin kırılma indisi değeri belirlenir. Tek ve çift optik eksenli olduğu belirlenir. Optik işareti belirlenir.

f) Chelsea Renk Filtresi

Belirli yeşil, kırmızı ve mavi taşların belirlenmesine yardımcı olur. Boyalı yeşil ve mavi kalsedon gibi bazı değerli taşlarda boyaları tespit eder.

g) UV Lamba Kısa ve Uzun dalgaboyu

Elmas taklitlerinden, safir ve zümrüt sentetiklerden, yakut garnetten ve doğal süstaşları cam/ sentetik spinelden ayırılır.



Resim:2- Gemoloji laboratuvar cihazları (<https://store.gia.edu>)

Bu gemolojik cihazlar yardımıyla antik dönem süstaşı eserlerin türü ve ailesi kesin olarak, tahrip edilmeden tespit edilebilmektedir. Ürünlerin arkeolojik kazılarla çıkarıldıkları bölgelerde yapılan günümüz arazi jeolojik yapısıyla karşılaştırılarak tarihsel süreçlerinde gerçeğe yakın yargıya da varılabilmektedir. Türkiye çapındaki müzelerde saklanan ve sergilenen antik döneme ait, işlenmiş süstaşları ve mücevherlerin gemolojisel ve kuyum teknikleri yönünden incelenerek güncelden ayırt edilmesi arkeogemoloji ile sağlanmaktadır.

Aynı zamanda bu şekilde süstaşı cins ve türlerine göre yapılan tanımlamalar, gerek arkeolojik kazılarda bulunan gerekse de müzelere satılmak üzere getirilen süstaşı ürünlerinin ve mücevher objelerin yaşlandırılması, betimlemelerin arkeolojik yorumları ve gerçek değerinin tespit edilebilmesinde büyük kolaylıklar sağlayabilmektedir.



Resim:3- İzmir Arkeoloji Müzesi mühür yüzük taşları (Güney, 2012, s. 30-57)

Sonuç

Arkeometrik analizler içerisine arkeolojik çalışmalarla ortaya çıkarılan eser ya da malzemenin; yaş tayini, mineralojik, gemolojik, kimyasal, spektroskopik, mikromorfolojik ve mekanik analizler dâhil edilmelidir.

Tüm bunlara dayanarak son yıllarda arkeoloji biliminde; kazı alanında yapılan çalışmalardan elde edilen eser ve veriler ancak her iki disiplinin yani arkeoloji ve arkeogemolojinin yaptığı analizler ışığında, arkeolojik döneme ait gerçeğe daha yakın bilgilere ulaşılabildiğini açıkça ortaya koymaktadır.

Arkeolojide arkeometrik analizler, farklı analiz yöntemleriyle ele alınan arkeolojik kazı alanlarının jeolojik arazi yapısının belirlenip, bölgeden çıkarılmış eserlerin buradaki kayalar ile karşılaştırılıp yorumlanmasına dayandırılmalıdır. Geliştirilen cihazlarla tahribatsız, X-ışını spektroskopik grafiklere dönüştürülüp yorumlanarak somut verilere ulaşılmalıdır. Ayrıca kimyasal pigment analiz yöntemleriyle yüzyıl zaman diliminde yaş tayiniyle desteklenmelidir.

Arkeolojik kazılarla ya da satın alma yoluyla müzelerimize kazandırılan süstaşı eser ve mücevher objelerin tahribatsız yaş tayinleri, betimlemelerin arkeolojik yorumları ve gerçek değerinin tespit edilebilmesi arkeogemolojik yöntemler ile gerçekleştirilmelidir.

Kaynak Listesi

Beşer, O., (2010). *Farklı Arkeolojik Dönemlere Ait İnsan İskeletlerinin Jeoarkeolojik ve Arkeometrik Yöntemler İle İncelenmesi*, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Goldberg, P. ve Macphail, R. I. (2006). *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Oxford: Blackwell

Gümüştaş M., (2010). Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi: YPSK/HPLC, *Ankara Üniversitesi Analitik Kimya Anabilim Dalı Ders Notları*. Ankara.

Güney, H., (2012). İzmir Arkeoloji Müzesi'ndeki Süstaşı Ürünlerin (Mühür Taşları ve

Törens el Taş ların) ve Süstaş lı Antik Mücevherlerin Arkeo-Gemolojiksel İncelemesi, Yay ımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Lenka L. Wiśniewski A. & Issmer K. (2011). Geoarcheological Workshop – Actual stage of the environmental archeology investigations in southern Poland and northern Czech Republic Poznań, Poland, 25 October 2011; 107; DOI: 10.13140/RG.2.1.4663.0800.

Rapp, G., (2009). *Natural Science in Archaeology: Archaeomineralogy*, Berlin: Springer.

Torgan, E., Karadağ, R. (2015). Tahribatsız ve Mikro Analiz Yöntemleri ile Arkeolojik Eserlerin Karakterizasyonu, 31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı: Erzurum; 119–130. ISSN: 1017-7671.

Tüfekçioğlu, A., (2008). *Türkiye’de Yapılan Jeoarkeolojik Çalışmaların Kültür Tarihi Açısından Değerlendirilmesi*, Yay ımlanmış Yüksek Lisans Tezi; İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Coats Group. 12.06.2017.

<http://www.coatsindustrial.com/tr/information-hub/apparel-expertise/colour-by-numbers>

Gia Store. 12.06.2017.

<https://store.gia.edu/category-s/33.htm?searching=Y&sort=13&cat=33&show=10&page=2>

Selçuk Üniversitesi, İleri Teknoloji Araştırma Uygulama Merkezi. 12.06.2017.

https://www.selcuk.edu.tr/ileri_arge/birim/web/sayfa/ayrinti/5874/tr

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. 14.09.2009.

<http://www.taek.gov.tr/malzeme-teknolojisi/595-taramali-elektron-mikroskobu-sem-nasil-calisir.html>