

Field Notes  
Practical Guides  
for Archaeological  
Conservation and  
Site Preservation

Number 11

Kazı Notları  
Arkeolojik Konservasyon  
ve Antik Yerleşimlerin  
Korunması için  
Pratik Rehberler

Sayı 11

Conservation of  
Metal Artifacts on  
Archaeological Sites

■■■

Arkeolojik Kazılarda  
Metal Buluntuların  
Konservasyonu

Glenn Wharton *and* Doç. Dr. Hande Kökten Ersoy



Figure 1: Careful excavation of copper alloy dagger. Kaman-Kalehöyük, Turkey.

Credit: Middle Eastern Culture Center in Japon.

Resim 1: Bakır alaşımı bıçağın kazı sırasında ortaya çıkarılması. Kaman-Kalehöyük, Türkiye. Fotoğraf: Japonya Orta Doğu Kültür Merkezi

Spring 2002



Japanese Institute of  
Anatolian Archaeology

Japon Anadolu  
Arkeolojisi Enstitüsü

## Conservation of Metal Artifacts on Archaeological Sites

■ ■ ■

### Arkeolojik Kazılarda Metal Buluntuların Konservasyonu

Glenn Wharton  
and

Doç. Dr. Hande  
Kökten Ersoy

#### Introduction

Metal artifacts are found at excavation sites throughout Turkey. Slag deposits and cold-worked objects from native ores date the processing of copper from the late eighth to early seventh millennium BC (Çayönü). Archaeological settlement in Turkey is usually described in association with metal working technology according to the following general chronology: Copper Age: 5500-3000 BC; Early Bronze Age: 3000-2500 BC; Middle Bronze Age: 2500-2000 BC; Late Bronze Age: 2000-1200 BC; Early Iron Age: 1200-800 BC; and Late Iron Age: 800-600 BC. Copper, iron, lead, silver and gold (electrum) were mined in Turkey, whereas tin was imported from Mesopotamia. Perhaps the most famous gold refinery in ancient Anatolia was at Sardis, dating to the 6th century BC.

#### Deterioration & Preservation Techniques

In nature, metals usually exist within naturally occurring ore deposits in their oxidized states. When they are smelted and further refined for processing as artifacts, they are reduced to their less chemically stable metallic states. During burial, metals return to their oxidized forms by corroding in the presence of oxygen and moisture. Corrosion can be accelerated in acidic or basic burial environments, or by the presence of salts such as sodium chloride. Other salts, such as carbonates and sulfates, can chemically combine with metals to form expansive corrosion layers. Corrosion may also pit metal surfaces, or extend deeply into the interior structure of artifacts. Most corrosion layers are protective, helping to prevent further oxidation; yet some are destructive and accelerate the deterioration process. Oxidation can proceed to eventually corrode an entire metal artifact, without any metal core remaining. These artifacts can, therefore, be extremely fragile when uncovered during excavation, with a deceptively solid appearance.

#### Excavation & Lifting

Closely inspect metal artifacts prior to lifting them from burial. Valuable information regarding fabrication or use may lie in a loosely adhered corrosion layer or in adjacent soil deposits. After carefully removing the adjacent soil, lift fragile artifacts with an underlying support, such as excavation tools or large, rigid sheets of plastic or metal. Extremely fragile objects may require additional support around their sides.

Do not place metal artifacts in closed bags or tight fitting containers directly after excavation, since moisture may collect inside and cause further corrosion. Instead, allow them to dry slowly in open containers, with adequate support to prevent damage during handling and transit to the excavation processing facility.

#### Cleaning, Stabilization & Repair

Because of their deceptively stable appearance, archaeological metals must be carefully examined prior to cleaning. Document their condition prior to any cleaning other than gentle brushing, since they can change dramatically during conservation treatment. Examination can be improved by using low power magnification, such as a magnifying glass, jewelers loupe or microscope. Close

#### Giriş

Türkiye'deki hemen her kazı merkezinde metal buluntular ele geçmektedir. Yöresel maden yataklarına ait cüruf birikintileri ve soğuk işlenmiş objeler yardımı ile, bakır madeninin Anadolu'da İ.Ö. geç 8.- erken 7. binyıl'dan beri kullanıldığını bilmekteyiz (Çayönü). Türkiye'deki arkeolojik yerleşimler barındırdıkları metal üretim teknolojisi ile bağlantılı olarak şu kronolojik tabloyu ortaya koymaktadırlar: Bakır Çağı: İ.Ö. 5500-3000; Erken Bronz Çağı: İ.Ö. 3000-2500; Orta Bronz Çağı: İ.Ö. 2500-2000; Geç Bronz Çağı: İ.Ö. 2000-1200; Erken Demir Çağı: İ.Ö. 1200-800; Geç Demir Çağı: İ.Ö.800-600. Bakır, demir, kurşun, gümüş ve altın (elekttron) Anadolu'da çıkartılırken, kalay Mezopotamya'dan getirilmekteydi. Eski Anadolu'nun en ünlü altın rafinerisi ise İ.Ö.6.yüzyıla tarihlenmekte olup, Sardes'de gün ışığına çıkarılmıştır.

#### Bozulma ve Korunma Koşulları

Metaller doğada genellikle oksidasyona uğramış durumda maden damarları içinde bulunurlar. Eritildikleri ve obje haline getirilmek amacı ile rafine edildiklerinde ise kimyasal açıdan daha az stabil (durağan) olan metalik hale indirgenirler. Gömülü kaldıkları süreçte, oksijen ve nem'in varlığı nedeniyle korozyona (bozulmaya) uğrayarak yeniden okside olurlar (doğada buldukları hale geri dönerler). Asit ve alkali gömü ortamlarında veya sodyum klorür gibi tuzların bulunduğu koşullarda korozyon oluşumu artacaktır. Karbonat ve sülfat gibi diğer tuzlar kimyasal açıdan metallerle birleşerek geniş yayılım gösteren korozyon tabakaları oluşturabilirler. Korozyon metal yüzeyinde çukurlar açılmasına da neden olabilmekte veya objelerin iç yapılarını derinlemesine etkilemektedir. Korozyon tabakalarının çoğu koruyucu özellik taşıdığından metalin daha ileri derecede korozyona uğramasını engellemekte, bazıları ise tahrib edici olup, bozulma sürecini hızlandırmaktadır. Oksidasyon ergeç objenin bütününe geride hiç metal özü kalmayacak biçimde korozyon maddelerine dönüşmesine yol açabilir. Bu nedenle, söz konusu objeler kazı sırasında günışığına çıkartıldıklarında sağlam görüntülerinin aksine son derece hassas ve kırılğan olacaklardır.

#### Kazı ve Kaldırma, Taşıma İşlemleri

Objeleri buldukları yerden kaldırmadan önce yakından incelemek gerekir. Yapım-üretim ve kullanım özellikleri ile ilgili önemli bilgilerin metal objeden kopabilecek korozyon tabakaları veya objeyi çevreleyen toprak içinde yer alabileceği gözönünde tutulmalıdır. Objeyi kaplayan toprak dikkatli bir biçimde temizlenmeli, hassas buluntular alttan destek yardımıyla kaldırılmalıdır; söz konusu destek, kazı aletleri yanısıra büyük ve sağlam plastik veya metal levhalar olabilir. Çok kırılğan objeler ise yan kısımlarından da ek destek uygulanmasını gerektirebilirler.

Metal objeleri kazının ardından (topraktan çıkarıldıktan hemen sonra) kapalı torbalar veya kapağı sıkıca kapanan kaplar içine yerleştirmek sakıncalıdır, zira bu nemin içeride yoğunlaşmasına ve daha ileri derecede korozyon oluşumuna yol açacaktır. Bu nedenle objelerin kapağı açık kaplar içinde kuruması sağlanmalı; bulun-



Figure 2: Treatment of bronze disease with benzotriazole under vacuum pressure, within safety chamber. Kaman-Kalehöyük, Turkey. Credit: Glenn Wharton

Resim 2: "Bronz hastalığı"nın benzotriazole çözeltisi ile vakum altında ve çeker ocak içinde muamelesi. Kaman-Kalehöyük, Türkiye. Fotoğraf: Glenn Wharton

observation of corrosion may reveal important deterioration products or fabrication details, including tool marks or original surface decoration. Pseudomorphs, which are the forms of associated burial materials such as textiles or cordage within the corrosion layers, may also be revealed.

The focus of metals conservation has shifted in recent years from intensive cleaning and corrosion removal to corrosion prevention and stabilization. This is partly because the original surface of the artifact may be somewhere in the corrosion layer, and partly because removing protective corrosion can cause more rapid oxidation in storage. At times, superficial corrosion is carefully removed with soft bristle brushes, wood probes, metal needles, dental picks, tooth brushes, scalpels, and other small hand tools. Ethanol or a small amount of water (preferably distilled or deionized) may be used with small brushes or cotton swabs. If water is used in cleaning, the artifact must be thoroughly dried before it is placed in a sealed container. More aggressive methods such as electrically powered rotary and vibration tools, immersion in water, and treatment with solvents and acids are rarely used during cleaning in the field because of the damage they can cause.

Advanced corrosion removal techniques are reserved until it is determined that no more information can be gained from the corrosion layer, or that the corrosion is itself harming rather than protecting the object. Instead of removing corrosion in order to visually investigate the surface, analyze metal alloys and study their fabrication technology, non-destructive techniques such as radiography and x-ray fluorescence are more frequently used in research laboratories.

Some metal artifacts continue to corrode after excavation. Copper alloy objects can develop small pits of pale green corrosion (bronze disease), and iron objects can develop red and orange corrosion products (rust). In these cases, desalination or chemical treatment may be required. Since water causes corrosion, metals from dry land sites are not desalinated like ceramics by immersion in successive baths of water. Instead, other techniques have been developed, such as the immersion of iron in warm alkaline sulfite baths to dissolve iron chlorides, and the application of benzotriazole to create a chemisorbed barrier film on copper alloys. Numerous iron objects are often excavated from Hellenistic, Roman,

uların insan eliyle ve taşıma sırasında tahrib olmasını önlemek için de gerekli destekler kullanılmalıdır.

#### Temizlik, Stabilizasyon ve Onarım

Yanıtıcı biçimde sağlam izlenimi vermeleri nedeniyle, arkeolojik metal buluntuların temizlik işlemleri öncesinde özenle incelenmeleri gerekir. Bu aşamada dikkatli bir fırçalamadan başka temizlik uygulanmamalı ve öncelikle buluntunun durumu belgelenmelidir, zira koruma işlemleri sırasında objede şaşırtıcı bir değişiklik karşılabilir. İnceleme büyüteç veya mikroskop gibi araçlar yardımı ile daha ayrıntılı olarak yapılabilir. Korozyonun yakından incelenmesi önemli bozulma maddelerinin anlaşılmasını veya üretimle ilgili bilgilere ulaşılmasını (alet izleri veya özgün yüzey süslemesi gibi) sağlayabilir. Tekstil, ahşap ve deri gibi, metal obje ile ilişkili organik maddelerin korozyon yardımıyla korunması sonucunda günümüze kalabilen "pseudomorfl" oluşumlar da bu inceleme sırasında saptanabilirler.

Metal objelerin konservasyonundaki yaklaşımlar son yıllarda değişim göstermiş, objelerin yoğun olarak temizlenmesi ve korozyon tabakalarının tamamen kaldırılması yerine, korozyonun stabilizasyonu ve ilerleyişinin önlenmesi yoluna gidilmiştir. Bunun bir nedeni, objenin özgün yüzeyinin korozyon tabakasının içinde yer alabilecek olması; diğer nedeni ise "koruyucu korozyon tabakası"nın kaldırılmasının, objenin depolanması sırasında daha hızlı ve etkili oksidasyona yol açma ihtimalinin olmasıdır. Çoğu zaman, yapay korozyon yumuşak cam elyafı fırçalar, ahşap/bambu çubuklar, iğneler, dişçi aletleri, diş fırçaları, bisturiler ve benzeri küçük el aletleri ile temizlenir. Ethanol veya su ile (tercihen saf veya deionize su) nemlendirilmiş küçük fırçalar veya pamuk (bambu çubuğa sarılmış) da bu temizlikte yardımcı olacaktır. Ancak eğer temizlik işlemi sırasında su kullanılmış ise, obje torbaya veya kutuya yerleştirilmeden önce tamamen kurduğundan emin olunmalıdır. Elektrikle çalışan yüksek devirli veya titreşimli araçların kullanımı, suya daldırma, çözücüler ve asitlerle temizleme ise yol açabilecekleri tahribat nedeniyle kazı ortamında nadiren başvurulan yöntemlerdir.

Gelişmiş korozyon temizleme teknikleri ise, korozyon tabakalarından daha fazla bilgi edinilemeyeceği veya korozyonun objeyi korumaktan çok zarar vereceği durumlarda kullanılabilir. Yüzeyin görsel incelemesi için korozyon tabakalarının kaldırılması yerine, metal alaşımlarının analizi ve üretim teknolojisinin araştırılması, radyografi ve XRF gibi tahrib etmeyen yöntemlerin kullanılmasına araştırma laboratuvarlarında sıklıkla başvurulmaktadır.

Bazı metal objeler ise toprakaltından çıkarıldıktan sonra da bozulmayı (korozyona uğramayı) sürdürmektedirler. Bakır alaşımı objelerde açık yeşil renkte ve küçük oyuklar oluşturan (bronz hastalığı) korozyon türü görülürken, demir objeler kırmızı ve portakal rengi korozyon maddelerini (pas) üretirler. Bu gibi durumlarda "tuzlardan arındırma" veya kimyasal işlemler gerekli olabilir. Su korozyon oluşumuna yol açtığı için, kuru alanlardan ele geçen metal buluntular pişmiş toprak objelerde olduğu gibi düzenli değiştirilen banyolara daldırılarak arındırılmaz. Bunun yerine kullanılan değişik yöntemler ara-



Byzantine and Islamic levels. Conserving large quantities of these finds can be problematic, and at times "mass treatment" techniques for desalination of iron objects are developed in the field lab. All of these methods require an understanding of the chemistry involved, and are developed on site by a conservator. Full descriptions of these processes are included in the references below, as well as other conservation literature.

Protective coatings are sometimes applied to metal artifacts as moisture barriers to help prevent future corrosion. Inralac, for example, is an acrylic lacquer that is sometimes applied to the surface of copper alloy artifacts following benzotriazole treatment for bronze disease. When necessary, repairs may be made on metal artifacts with Paraloid B-72 (approximately 45% w/v in acetone) as an adhesive. Large objects may require a stronger adhesive, such as Paraloid B-48. Cosmetic reconstruction, gap filling, and inpainting losses are generally reserved for exhibition, and not carried out in field laboratories.

### Storage

Unlike other excavated finds, permanent storage for metals is kept as dry as possible to avoid corrosion. Since dry storage rooms at under 50% relative humidity are usually not possible in the field, or even advisable for other excavated materials, metals are often stored in individual containers with drying agents.

Dry micro-environments are created for metal artifacts by storing them in closed containers composed of inert plastics, such as polystyrene and polyethylene. Silica gel is the most common drying agent used on excavations. Silica gel absorbs moisture over time, so it must be monitored and reconditioned periodically by heating it to 150°C for approximately three hours to drive off the absorbed moisture. Although the frequency of the reconditioning schedule varies with storage conditions, many sites recondition all of their silica gel each season. A practical way to monitor silica gel is to install small relative humidity-indicating cards in the storage containers. In the past, many excavations used a form of silica gel with a cobalt indicator that changes from blue to pink as it absorbs moisture from the environment. Cobalt salts have recently been identified as possible carcinogens.



sında, demir klorür tuzlarının çözünür hale gelmesini sağlayan sıcak alkali sülfid banyosu ile, bakır alaşımı objeler üzerinde kimyasal olarak soğurucu bir bariyer meydana getiren benzotriazole bulunmaktadır. Özellikle Hellenistik, Roma, Bizans ve İslami dönem buluntuları arasında çok sayıda demir obje yer almaktadır. Demir buluntuların niceliğindeki artış konservasyonu sorunlu kılabilir ve böyle hallerde demir objelerin tuzlardan arındırılma işlemlerinin "toplu halde" yapılması için kazı laboratuvarında uygulanabilir düzenek ve yöntemler kullanılması zorunludur. Bütün bu yöntemler uygulayıcının kimya bilgisi yanısıra kazı ortamında söz konusu koşulların bir konservatör tarafından hazırlanmasını da gerektirir. Burada belirtilen yöntemlerin ayrıntıları aşağıda verilen referanslar yanısıra, konservasyonla ilgili yayınlar arasında da yer almaktadır.

### Depolama

Kazısı yapılmış diğer buluntuların aksine, metallerin uzun süreli depolanması "korozyonu önlemek" amacı ile olabildiğince kuru ortamda yapılmalıdır. Kazı ortamında bağıl nem oranı %50'nin altında sabit tutulan depo alanlarını yaratmak olanaksız olduğu ve diğer buluntular için de bu yöntem önerildiği için metal objeler de genellikle ayrı ambalajlar içinde ve bağıl nemdeki yükselmeleri engelleyen dengeleyicilerle birlikte saklanırlar.

Metal buluntular, polistren ve polietilen gibi kimyasal açıdan etkisiz plastiklerden yapılmış kapalı ambalajlar (torbalar, kutular, vb.) içinde depolanarak, kendileri için mikro-çevre koşulları yaratılabilir. Kazı ortamında en yaygın kullanılan dengeleyici malzeme "silika jel"dir. Bu maddenin özelliği ortamdaki nemi toplaması olduğundan, sürekli izlenmesi ve düzenli aralıklarla (150°C'ye kadar yaklaşık üç saat boyunca) fırınlanarak emdiği nemi giderilmesi sağlanmalıdır. Söz konusu kurutma işleminin sıklığı depolama koşullarına göre değişmekle birlikte, çoğu kazıda bu işlem her çalışma mevsiminde yapılmaktadır. Silika jel'in durumunu kontrol etmenin bir yolu da depolama kaplarının içine bağıl nem durumunu belirtir küçük kartlar yerleştirmektir. Geçmişte pek çok kazıda kobalt katkılı silika jel kullanımı yaygındı, zira bu madde sayesinde ortamdaki nemi emen silika jel'in rengi pembeden maviye dönüyor ve böylece nem içeriği anlaşılıbiliyordu. Ancak yakın zamanda kobalt tuzlarının

Figure 3: Carving polyethylene foam supports for artifact storage. Kaman-Kalehöyük, Turkey. Credit: Noël Siver  
Resim 3: Objelerin depolanmasında kullanılacak polietilen köpükten desteklerin kesilmesi. Kaman Kalehöyük, Türkiye. Fotoğraf: Noël Siver

Opposite  
Figure 4: Dry storage of iron artifacts with silica gel and relative humidity monitor card. Kaman-Kalehöyük, Turkey. Credit: Glenn Wharton  
Resim 4: Silika jel ve bağıl nem gözleme kartı ile demir objelerin kuru depolanması. Kaman-Kalehöyük, Türkiye. Fotoğraf: Glenn Wharton

Consequently the blue-to-pink indicator cards should be handled with caution, and the blue-to-pink silica gel can no longer be recommended.

Provide adequate support for the artifacts within the closed polyethylene bags or plastic containers, using non-acidic materials such as acid-free tissue and acid-free cardboard or foam. Acidic materials, such as newspaper, cardboard, and wood should not be used, since acid vapors catalyze additional corrosion reactions.

Do not forget about excavated metal artifacts once they are stored. Unlike some other excavated materials, metals require periodic monitoring, re-treatment and rehousing if they continue to corrode. ■

#### Further Reading

Belli, O - Yalçın, Ü., *Van-Yukarı Anzaf Urartu Kalesi'nde Bulunan Bronz ve Demir Silahların Arkeometallurjik Değerlendirmesi*, IX. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Ankara 1993, 53-64.

Green, L. and S. Bradley. An Investigation of Strategies for the Long-Term Storage of Archaeological Iron. *Metal* 95. London: James & James Ltd. 1995. 305-309.

Goodburn-Brown, D. and J. Jones (eds.) *Look After the Pennies*. London: Archetype. 1998.

Özenbaş, M., *Metal Malzemenin Tarihteki Gelişimi*, *Bilim ve Teknik*, Sayı: 341, 1996, 48-49

#### Authors

Glenn Wharton is the Conservation Director for the Japanese Institute of Anatolian Archaeology, at Kaman-Kalehöyük. He is a sculpture and archaeological conservator, based in Santa Barbara, California.

Hande Kökten Ersoy is an Assistant Professor at the University of Ankara, Başkent College of Trade. Her work includes conservation of archeological artifacts, conservation of archeological sites, and education related to conservation.

kanserojen olabileceği anlaşıldığından, bu maddenin belirteç (indikatör) olarak kullanılmasına son verildiği gibi, mavi-pembe renk ayırımına sahip nem belirteç kartların kullanımında da özenli davranılması gerekmektedir.

Kapalı polietilen torbalar veya plastik kutularda saklanan objeler için yeterli destek sağlanması, bu amaçla asitten arındırılmış kağıt, karton veya köpük kullanılması unutulmamalıdır. Asit buharları yeni bozulma reaksiyonlarına yol açacağından gazete kağıdı, karton ve ahşap gibi asitli malzemelerden kaçınılmalıdır.

Kazı buluntusu olan metal objelerin durumları depolandıktan sonra da izlenmelidir. Kimi arkeolojik objelerin aksine metal buluntulardaki bozulmaların devam etmesi halinde, düzenli izleme, yenilenen konservasyon işlemleri ve yer değişimi gerekli olacaktır. ■

#### Kaynakça

Belli, O. ve Ü. Yalçın, *Van-Yukarı Anzaf Urartu Kalesi'nde Bulunan Bronz ve Demir Silahların Arkeometallurjik Değerlendirmesi*, LX. Arkeometri Sonuçları Toplantısı. Ankara. 1993. 53-64.

Green, L. and S. Bradley. An Investigation of Strategies for the Long-Term Storage of Archaeological Iron. *Metal* 95. London: James & James Ltd. 1995. 305-309.

Goodburn-Brown, D. and J. Jones (eds.) *Look After the Pennies*. London: Archetype. 1998.

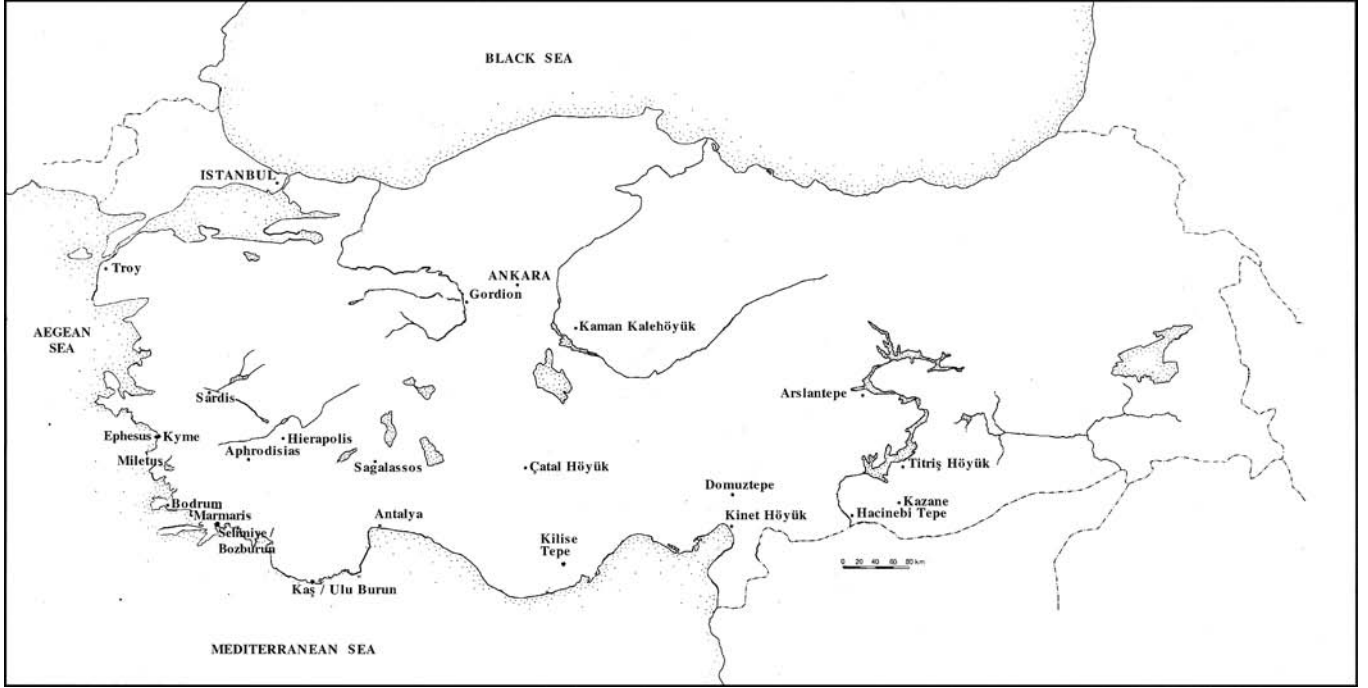
Özenbaş, M. *Metal Malzemenin Tarihteki Gelişimi*, *Bilim ve Teknik*. Sayı: 341. 1996. 48-49.

#### Özgeçmiş

Glenn Wharton, Kaman Kalehöyük'deki Japon Anadolu Arkeolojisi Enstitüsü Konservasyon Direktörü'dür. Heykel ve arkeolojik objeler konservatörü olup, Santa Barbara, Kaliforniya'da yaşamaktadır.

Hande Kökten Ersoy, Ankara Üniversitesi Başkent Meslek Yüksekokulu'nda öğretim üyesidir. Arkeolojik buluntuların konservasyonu yanısıra, arazide konservasyon ve konservasyon eğitimi konularında çalışmaktadır.

## Archaeological Sites in Turkey with Active Conservation Programs



Field Notes is a series of essays written by professional conservators and archaeologists. They are intended for archaeologists, conservators and students as resource guides for the stabilization and preservation of excavated materials and archaeological sites.

For additional copies of Field Notes, or more information about the series, please contact: Japanese Institute of Anatolian Archaeology, Çağırkan Kaman Kırşehir 40350 TURKEY, Tel: 90-386-717-6252, Fax: 90-386-717-6168, e-mail: kaman@jiaa-kaman.org, www.jiaa-kaman.org

Kazı Notları profesyonel konservatör ve arkeologlar tarafından yazılmış olan bir makaleler dizisidir. Arkeologlar, konservatörler ve öğrenciler için kazı buluntuları ve arkeolojik ören yerlerinin stabilizasyonu ve korunması ile ilgili kaynak rehberler olarak hazırlanmıştır.

Kazı Notları'nın kopyalarından edinmek veya bu dizi hakkında daha fazla bilgi almak için lütfen başvurunuz: Japon Anadolu Arkeolojisi Enstitüsü, Çağırkan Kaman Kırşehir 40350 TÜRKİYE, Tel: 90-386-717-6252, Fax: 90-386-717-6168, e-mail: kaman@jiaa-kaman.org, www.jiaa-kaman.org