

EGE TİPİ BİR USTURA VE ÜZERİNDEKİ TEKSTİL KALINTILARININ ARKEOLOJİK VE ARKEOMETRİK ANALİZLERİ YOLUYLA MİKEN SARAY ORGANİZASYONUNDAKİ TUNÇ VE TEKSTİL ENDÜSTRİLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Barış GÜR – Mahmut AYDIN*

ABSTRACT

An Assessment of the Bronze and Textile Industries in the Mycenaean Palatial Organization Through Archaeological and Archaeometric Analysis of a Razor and its Textile Remnants

This study examines the bronze and textile industries of the Mycenaeans, through the structure, archaeometric analysis of metal and the textile residues on the Aegean type razor from the Kemal Uğurbil Private Collection. The role of the two different industries in Mycenaean economic structure has been assessed through the types of the metal from which it was produced and the presence of textile remains on the metal. The razor of the Mycenaeans has been analyzed by using portable Energy Dispersive X Ray Florescence Spectroscopy and Scan Electron Microscopy coupled with Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS). The results proved that the razor was made of bronze Cu 90 % and tin (Sn) 10 %. Beside this the textile clothing the razor, made visible by using SEM, was identified as linen. One of the oldest used textile is linen which known in the Mycenaean world from tablets.

Keywords: Mycenaean, Mycenaean bronze, Mycenaean razor, Mycenaean linen, SEM-EDS, P-EDXRF.

ÖZ

Bu çalışmada Kemal Uğurbil'in özel koleksiyonunda bulunan Ege tipi metal ustura ve üzerinde bulunan tekstil kalıntılarından yola çıkarak Ege bölgesi geç tunç çağı tekstil ve tunç endüstrisi incelenmiştir. Ustura üzerinde bulunan tekstil ve yapımında kullanılan metal tipinden yola çıkarak Miken ekonomisinin iki farklı endüstrisi hakkında

* Dr.Öğr.Üyesi Barış GÜR, Dokuz Eylül Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Müzecilik Bölümü Tınıztepe Kampüsü/İzmir-TR. E-posta: baris.gur@deu.edu.tr.

Doç.Dr. Mahmut AYDIN, Batman Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Arkeoloji Bölümü, Arkeometri ABD, Batı Raman Kampüsü Batman-TR. E-posta: aydinm135@gmail.com.

Orcid No: Barış Gür: 0000-0002-9031-9159; Mahmut Aydın: 0000-0003-4707-5387

değerlendirme yapılmıştır. Miken usturası taşınabilir enerji dağılımlı X ışını floresans spektroskopisi (P-EDXRF) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) kullanılarak arkeometrik analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları %90 bakır (Cu) ve %10 kalay alaşımı kullanılarak tunçtan yapıldığını ortaya koymuştur. Bunun yanısıra SEM sonuçları usturayı saran tekstili görünür kılarak keten olduğunu kanıtlamıştır. Dünyanın en eski tekstillerinden biri olan ketenin Mikenlerdeki varlığı tabletlerden bilinmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mikenler, Miken tuncu, Miken usturaları, Miken’de keten, SEM-EDS, P-EDXRF.

Giriş

Bu çalışmada Kemal Uğurbil Koleksiyonu’na 671 envanter numarası ile kayıtlı olan metal bir ustura incelenmiştir (fig. 1)¹. Söz konusu usturanın uzunluğu 7.6 cm, genişliği ise 2.8/2.3 cm’dir. Tunçtan üretilmiş olan ustura oldukça ince bir yapıya sahiptir. İyi korunamamış olduğu gözlemlenen usturanın sap kısmı kayıptır. Kesici yüzü keskin niteliğini kaybetmiştir. Sap kısmından uca doğru genişlemektedir. Kör kısmı iç bükey bir profil çizmektedir. Usturanın en dikkat çekici özelliği bıçağının iki yüzü üzerinde bulunan tekstil kalıntılarıdır. Usturanın bıçağının iki yüzünde yoğun korozyon bulunmakla birlikte uç kısmında kırıklar vardır. Bu tipte usturalar Ege Dünyası’nda Geç Tunç Çağı boyunca bilinmektedir.

Söz konusu ustura Ege tipinde olup benzerleri Geç Tunç Çağı’nda Yunanistan, Ege Adaları ve Batı Anadolu’daki Miken aktivitelerini içeren bölgelerde ele geçmektedir. Ege tipi usturaların en tipik özelliği kör tarafının iç bükey bir form vermesi ve ince bir sap kısmına sahip olmasıdır. Makalede çalışmış olduğumuz usturanın sap kısmı kayıp olmasına karşın iç bükey formdaki kör tarafı korunmuştur. Ege tipi usturalar Rodos’ta GH IIIA1-IIIIB dönemlerine tarihlenen birçok mezarda bulunmuştur². Benzer bir tunç ustura Kos-Seraglio’da GH IIIIB dönemine tarihlenirken³ paralel örnekler Langada’daki 34 nolu mezarda ve Gerokomeion’da⁴, ayrıca Batı Anadolu’dan bir tunç ustura Panaztepe’de bir mezarda⁵, benzer bir ustura ise Uluburun Batığı’nda ele geçmiştir⁶. Armenoi Mezarlığı’ndan GM IIIIB1 evresine tarihlenen ustura/satırlar ele geçerken⁷, Müşgebi Mezarlığı’nda 1 no.lu mezarda biri dar, diğeri geniş yüzü ustura/satırlar bulunmuştur⁸ (fig. 2). Kör tarafı iç bükey forma sahip olan usturalar Ege coğrafyasında Ersoy 1988, Fig. 3’te verildiği üzere GH IIIA2-IIIC dönemleri

-
- 1 Koleksiyonunda yer alan Ege tipi ustura üzerinde çalışmamız için gerekli izinleri veren Dr. Kemal Uğurbil’e teşekkür ederiz.
 - 2 Benzi 1988, 61, 64-65.
 - 3 Vitale 2016, fig. 5.3b.
 - 4 Ersoy 1988, 69-71, fig. 5.
 - 5 age. 59-60, lev. 7c.
 - 6 Yalçın v.d. 2006, kat. 176; Pulak 2005, lev. LXXIb.
 - 7 Arnott 1999, 275, kat. 287-288
 - 8 Tzedakis v.d. 1999, kat. 287-288.

boyunca kullanılmıştır (fig. 3). Kemal Uğurbil Koleksiyonu'na kayıtlı olan usturanın yakın benzerleriyle GH IIIB-IIIC dönemlerine tarihlenen Müsgebi ile Langada'daki mezarlarda ve Gerokomeion'da karşılaşılmaktadır.

Miken Saray Organizasyonu İçerisinde Tunç Endüstrisinin Yeri

Ege coğrafyasında tunç üretimi için gerekli olan bakır ve kalayın elde edilmesi için uzak mesafeli ticari bağlantılara ihtiyaç duyulmaktaydı. Mikenlerin ticari bağlantılarından önce Ege dünyasında ilk olarak Minosluların bu bağlantıları nasıl kurduklarına, bakırı ve kalayı ne şekilde elde ettiklerine baktığımızda Doğu Akdeniz ile ilişkiler kurmuş oldukları ve söz konusu ham maddeleri saray sistemi içerisinde kurdukları düzenle sağlamış oldukları görülmektedir. Örneğin Mari'den bir belgede Kaptara'dan (Girit) bir adamın ve bir tercümanın Ugarit'te yerleşmiş oldukları öğrenilirken, diğer Mari belgelerinde ise Girit kökenli silahların varlığına ilişkin bilgiler bulunmaktadır⁹.

Miken dönemine bakıldığında ise saraylar için Kıbrıs'ın önemli bir bakır kaynağı olduğu görülmektedir. Muhtemel varış yeri Yunanistan kıyıları olan Uluburun Batığı'nın bakır külçeleri üzerinde yapılan analizlerin köken olarak Kıbrıs Adası'nı işaret etmesi bu bakımdan Miken tunç endüstrisinin yöneldiği kaynağı ortaya koyan bir kanıt olarak değerlendirilmelidir¹⁰.

Uluburun Gemisi'nin 1 ton kalay ve 10 ton bakır içeren kargosunun, tunç üretimi için uygun olan 1 ton kalaya 10 ton bakır oranına karşılık gelmesi geminin taşıdığı ham madde yükünün amacının da tunç üretimine yönelik olduğunun bir göstergesi niteliğindedir¹¹. Ayrıca yaklaşık M.Ö.1200'de Ege Denizi yönünde seyir eden Gelidonya Gemisi de bakır külçeler taşımaktaydı. Gelidonya batığındaki bazı bakır külçeler üzerinde gerçekleştirilmiş olan izotop analizlerinin Kıbrıs kökenini ortaya koyması da¹² Uluburun örneğindeki gibi Ege dünyası ile Kıbrıs arasında kurulan ham maddeye yönelik ticaretin varlığını destekler niteliktedir.

Miken sarayları birçok farklı ürünün üretilmesinde ve malların pazara girişlerinin sağlanmasından sorumlu olmalıydı. Bu noktada tunç endüstrisi de Miken sarayları tarafından kontrol edilmekte ve bu sektörde çalışan tüm işçiler ve görevliler saray organizasyonunun kaydı altında tutulmaktaydı¹³.

Pylos'taki Linear B tabletleri Miken dünyasının tunç endüstrisi hakkında detaylı bilgiler vermektedir. Tabletlere göre Pylos'ta bu sektörde çalışan en az 250 tunç üretim ustası bulunmaktaydı¹⁴. Yine Linear B tabletlerine göre tunç endüstrisi içinde farklı kollarda uzmanlaşmış kişilerin varlığından söz etmek mümkündür. Tuncun askeri araç-gereç ve silah üretiminde hayati bir öneme sahip olması nedeniyle bu alandaki

9 Wiener 1991, 328; Wiener 2013, 41.

10 Pulak 2005; Stöllner 2006, 457.

11 Pulak 2006, 65.

12 Gale – Stos-Gale, 269; Bass 2013, 70.

13 Ventris – Chadwick 1973.

14 Hiller 1988, 59.

uzmanlaşmalar kaçınılmaz olmuştur. Bu noktada bazı zanaatkarların askeri ekipman üretimi için çalışmakta oldukları anlaşılmaktadır. Örneğin ka-ke-we, *khalkewes* (tunç ustaları), ka-si-ko-no, *kasikonoi* (kılıç yapanlar), to-ko-so-wo-ko, *toxoworgoi* (yay yapanlar) and e-te-do-mo, *entesdomoi* (zırh yapanlar)¹⁵ bu sektöre hizmet etmekteydiler. Üretilen söz konusu tunç silah ekipmanı arasında özellikle kılıçlar Miken toplumundaki başlıca prestij ve statü objeleri arasında yer almaktaydı.

Linear B tabletleri Miken toplumu içerisinde üst sınıftan bazı kişilerin tunç üretiminde anahtar bir rol oynamakta olduklarını göstermektedir. Örneğin The ko-re-te ve po-ro-ko-re-te olarak tanımlanan yerel idarecilerin yöresindeki kişilerden belirli miktarlarda tuncu toplamakla sorumlu oldukları anlaşılmaktadır¹⁶. Pylos tabletlerinde geçen tuncun tümünün ağırlığı hesaplandığında karşılık olarak 534.000 adet ok ucu ya da ayrı ayrı olarak 2300 adet kılıç ve aynı sayıda mızrak ya da 1000 adet miğferin üretilebileceği hesaplanmıştır¹⁷. Söz konusu sayılar Miken toplumundaki tunç endüstrisinin savaş ekipmanlarının üretilmesi bakımından zenginliğini bir bakıma göstermektedir. Tunçtan üretilmiş olan en genel objeler içerisinde kılıç¹⁸, bıçak¹⁹, kama²⁰, ustura/satır²¹, mızrak başı²², testere²³, cımbız²⁴ ve madeni kaplar²⁵ Miken yerleşimlerdeki tapınaklarda ve mezarlarda gün ışığına çıkartılmıştır.

Mikenlerde Tekstil Üretimi

Linear B tabletleri yoluyla tekstil üretiminin Miken saray ekonomisi için oldukça önemli olduğu anlaşılmaktadır. İlk olarak şunu belirtmemiz gerekir ki tekstil endüstrisi, tunç endüstrisi gibi Miken sarayları tarafından kontrol edilen bir alan olmakla birlikte üretimin yönetilmesinde bazı farklılıklar bulunuyor olmalıdır. Tekstil endüstrisinde tekstil ürünleri muhtemelen Miken yerleşimlerinin dışındaki alanlarda dokunuyor ve üretiliyordu. Fakat üretim aşaması yine de Miken saraylarının idaresi altında yürütülmekteydi²⁶.

Yün üretimi ise Miken tekstil endüstrinin içerisinde ana parçalardan birini oluşturmaktaydı. Linear B tabletlerinden öğrenildiğine göre Miken yün endüstrisi en geniş hacime Knossos'ta, sonrasında ise Pylos'ta sahipti. Daha düşük yoğunluklarda ise

15 Shelmerdine 2008, 142.

16 Lupack 2011, 214.

17 Ventris – Chadwick 1973, 356.

18 Sandars 1963, 117-153.

19 Demakopoulou – Crouwel 1998, lev. 52, B4.

20 Papadopoulos 1999, lev. LXb-c; Arnott 1999, 258, kat. 258.

21 Bk. dipnot 2-8.

22 Sandars 1963, lev. 22, 6,8, 10-11, 55, 59.

23 Vitale 2016, fig. 5.3c.

24 Arnott 1999, 275, kat. 285-286.

25 Papadopoulos 1999, lev. LXe, f; Tzedakis v.d. 1999, kat.257-258, 275.

26 Burke 2010, 436.

Teb ve Mykene’de üretim gerçekleştirilmekteydi²⁷. Knossos Sarayı’nın arşivinde gün ışığına çıkartılan tabletler içerisinde yaklaşık 2000 adeti tekstil üretimine ilişkin kayıtları içermekteydi²⁸. Knossos’ta bulunan tabletler içerisindeki iki grup belgede hem koyunların hem de yünlerinin kayıtlarının (Dk and DI tablets) tutulmuş olduğu görülmektedir²⁹. Söz konusu kayıtlardan anlaşıldığı üzere Knossos’ta hayvancılık önemli bir uğraştı ve yünü için yaklaşık 100.000 adet koyun yetiştirilmekteydi³⁰. Kuşkusuz hayvancılığa olan bu yoğun ilginin nedeni tekstil endüstrisine ham madde sağlamaktı. Yün üretimini içeren Linear B tabletleri incelendiğinde koyun sürülerinin yaklaşık %70’inin Miken saray idaresinin sorumluluğunda olduğu görülürken buna karşın yalnızca %30’unun birkaç bireyin sorumluluğunda olduğu görülmektedir³¹. Miken saraylarının tekstil üretimi ile ilgilenmesinin nedeni ihtiyaçları olan ürünleri ticaret yoluyla karşılayabilmektir. Tekstil endüstrisinde üretilen ürünlerin (yün ve keten) ihraç edilmesi karşılığında saraylar için gerekli ham maddeler ve egzotik eşyalar sağlanmaktaydı. Muhtemelen Knossos ve Girit’in başlıca ihraç ürünü dokuma ürünleriydi³². Knossos’ta üretilmiş olan bazı tekstil ürünlerinin ke-se-nu-wi-ja sıfatıyla tanımlanması dış pazarlara yani yabancılara yönelik bir üretim düşüncesini güçlendirmektedir³³.

Tabletler yoluyla ortaya çıkan sayılar değerlendirildiğinde Mikenler tarafından beslenip, yetiştirilen sürülerden yılda yaklaşık olarak 50-75 ton ham yün elde edilmekteydi. Temizlenip, ayıklandıktan sonra tekstil üretimi için bu miktar 25-40 ton arasında bir değere karşılık geliyor olmalıydı³⁴. Kıta Yunanistan’daki ham yünün miktarına bakıldığında ise Pylos’taki “*the Hither Province*” olarak tanımlanan bölgede bu oran 1239 birime ya da 37 tona karşılık gelmekteydi³⁵.

Bununla birlikte Miken saray organizasyonunda tekstil üretimi sırasında belli bir iş bölümü ve görev paylaşımının bulunduğu görülmektedir. Linear B tabletleri yoluyla farklı görevleri olan işçilerin varlığından söz etmek mümkündür. İp eğirci, dokumacı, yıkayıcı gibi farklı görevleri olan işçilerin varlığı tekstil endüstrisinin bir iş bölümü oluşturularak yürütüldüğünü göstermektedir³⁶.

Tüm bunlara ek olarak daha vasıflı, uzmanlaşmış işçilerin varlığından da söz edilmektedir. te-pe-ja “te-pa kumaşını yapanlar”, a-pu-ko-wo-ko “kafa bandı yapanlar”, ya da o-nu-ke-ja yani “o-nu-ka yapan kadınlar”, a-ki-te-ra2 “kumaş bitiricilerin”³⁷ yani sıra daha genel işlerle uğraşan işçiler arasında pe-ki-ti-ra2 “yün tarakçıları”, ra-

27 Nosch 2014a, 372.

28 Nosch 2012, 45.

29 Killen 1964, 1, 4.

30 Ventris – Chadwick 1973, 413.

31 Bennet 2007, 194.

32 Castleden 1993, 11.

33 Tzachili 2001, 169.

34 Nosch 2014b, 1.

35 Chadwick 2001, 154.

36 Robkin 1979, 473, dn. 52; Burke 2010, 436.

37 Chadwick 1988, 90.

pi-ti-ra2 “terziler”³⁸ yer almaktaydı. Sürecin devamında ise üretilen kumaşların dağıtımını bulunmaktaydı. Kuşkusuz bu da başka bir iş bölümünü gerektirmekteydi³⁹. Tüm bu bilgilerin dışında tekstil endüstrisinin Geç Tunç Çağı’nda krallıklar arasında bir rekabet alanı oluşturduğundan söz etmek mümkündür. Hitit belgelerine göre Piyamaradus adlı kişi Lazpa Adası’na saldırılar düzenlemiş ve buradan bir grup vasıflı Hitit zanaatkarını, boyacıyı beraberinde Ahhiyawa kralının gücü altındaki Millawanda kentine götürmüştür⁴⁰. İki krallığı karşı karşıya getirebilecek bu girişim söz konusu endüstride çalışan vasıflı işçilerin önemini ve tekstil üretiminin Miken (Ahhiyawa) sarayları için çatışma alanı oluşturabilecek kadar değerli olduğunu da gösteriyor olmalıdır.

Keten Endüstrisi

Antik Yakın Doğu’daki tekstil üretimine ilişkin en erken kanıt Çayönü’nde (ca. M.Ö. 8000) muhtemelen yabancı ketenden yapılmış olan bir çift hasır lifi tekstil parçasıdır⁴¹. Fakat Ege Dünyası’nda tekstil üretiminde ketenin kullanımına ilişkin olarak en erken kanıtlar Neolitik Dönem’e tarihlenmektedir. Bu konudaki önemli bir örnek Keos’taki Kephala yerleşiminde ele geçen Geç Neolitik dönem seramiği üzerindeki kumaş parçalarının –muhtemelen keten- negatif baskıları olmakla birlikte bunun dışında Lakonia’da Erken Hellas dönemine tarihlenen kil mühürler üzerindeki izler de korunagelmıştır⁴².

Linear B tabletlerinde Miken katipler *SA* ve *RI* olarak tanımlanan iki hecesel işareti keteni ifade etmek amacıyla kullanmışlardır. Hecesel ifadelerin yanısıra *ri-no* kelimesi aynı anlama karşılık gelmektedir⁴³. Farklı bölgelerdeki Linear B tabletlerini incelediğimizde yün ve ketenin üretimi ile ilgili olarak söz konusu endüstride bölgeden bölgeye yoğunluklarda değişiklikler görülmektedir. Örneğin Knossos’ta tekstil endüstrisi içerisinde yün üretiminin başlıca uğraş olduğu görülürken, Pylos’ta ise keten üretimi öne çıkmaktadır⁴⁴.

Bazı tabletlerin keten işçileriyle ilgili olarak tanımlayıcı bilgiler verdiği görülmektedir. Örneğin bazı köle kadınların *ri-ne-ja* (*lineiai*) yani keten işçisi olarak tanımlandığı Pylos tabletleri dolayısıyla anlaşılmaktadır⁴⁵. Pylos’taki yaklaşık 100 tabletlik bir seri keten yetiştiriciliğinin kayıtlarını içermektedir⁴⁶. Söz konusu durum tekstil üretimi için gereken ham maddenin karşılanmasında Pylos’ta ketenin önemli bir yer tuttuğunu göstermektedir. Linear B tabletleri de kumaşların üretiminde keten

38 Schon 2011, 223.

39 Nosch 2001-2002, 184.

40 Beckman v.d. 2011, 140-144.

41 Good 2012, 337.

42 Siennicka 2012, 73.

43 Ventris – Chadwick 1973, 295; Rougemont 2007, 46.

44 Nosch 2014, 396.

45 Chadwick 1988, 83; 2001, 153.

46 Chadwick 1973, 616.

kullanımının somut kanıtlarını vermektedir⁴⁷.

KN L 594

ri-ta pa-we-a

[da]-te-we-ja CLOTH1 I TUNIC+KI I

D.'den keten kumaşlar: bir örtü, bir tunik

Miken toplumunda keten kumaşının değerini de tabletler yoluyla öğrenmek mümkündür. Knossos'taki Linear B tabletleri muhtemelen ketenin diğer ürünler karşısındaki değerini sunuyor olmalıdır. Buna göre ketenin tunç karşısındaki muhtemel değeri şu şekildedir:

KN L 693

1 ri-no, / re-po-to, 'qe-te-o' ki-to , AES M 1 [

1 adet iyi durumda keten χιτων için 1 kg tunç ödenecek

Linear B tabletlerinde keten tekstil ürünlerinin adının geçmesine karşın fiziksel olarak tekstil kalıntıları oldukça nadiren ele geçmektedir. Yine de arkeolojik kazılarda bazı örneklerle karşılaşıldığı görülmektedir. Örneğin Mykene kentindeki Daire Mezar B içerisindeki alanda bulunan bir kama üzerinde keten kumaş kalıntıları ile karşılaşılmıştır. Mylonas'ın belirttiği üzere kama muhtemelen söz konusu kumaşa sarılmış olabileceği⁴⁸ gibi ölünün üzerindeki elbisesinin de kalıntısı olması mümkündür.

Mykene'de gerçekleştirdiği kazılar sırasında Schliemann bazı kılıçların üzerinde iyi dokunmuş keten kalıntıları ile karşılaşmıştır. Belirttiğine göre kılıçların kesici kısımları üzerine yapışık olarak hala keten parçacıkları varlığını korumaktadır⁴⁹. Schliemann buluntu durumlarına göre birçok kılıcın ketenden kılıflar içerisinde saklanmakta olabileceğini önermektedir⁵⁰. Bununla birlikte Troya kazıları sırasında da küçük boncuklarla birlikte karbonize durumda keten kalıntıları ile karşılaşılmakta olduğu belirtmektedir⁵¹.

Özellikle tunç silahlar ve bazı tunç eşyalar dönemin önde gelen kişileri için bir statü sembolü olduğu gibi giysiler de statüyü işaret etmenin genel bir aracı niteliği taşımaktaydı⁵². Minos ve Miken saraylarının duvarlarını süsleyen freskler incelendiğinde insan figürleri üzerindeki giysi betimlemeleri dönemin giyim tarzını yansıttığı gibi elit ve alt sınıf ayrımı da bu şekilde yapılabilmekteydi⁵³. Bu noktada Mikenlerin nasıl

47 Ventris – Chadwick 1973, 319.

48 Papadopoulos 1998, 7.

49 Schliemann 1878, 283.

50 age. 283.

51 Barber 1991, 172.

52 Halstead 2007, 71.

53 Minoslular için (Immerwahr 1990, 50-62, 90-98; Bietak 2000, 218, Fig 9), Mikenler için (Immerwahr 1990, 114-121, 128, 132-134 Shaw 2010, 315-320).

giyinmiş olduklarının başlıca kanıtı sarayların duvarlarında bulunan resimlerdeki be-timlemelerdir. Ege coğrafyasında yaşayan Tunç Çağı insanların giysilerinin renkleri, desenleri ve stilleri bu yolla öğrenilebilmektedir. Bununla birlikte seramikler, figürin-ler ve lahitlerdeki insan figürleri yoluyla dönemsel giysileri incelemek mümkündür.

Tekstil alanındaki ana arkeolojik kanıtların başında ise dokuma ağırlıkları gelmek-tedir. Girit ölçeğinden bakıldığında Linear B tabletlerinden varlığını öğrenmiş oldu-ğumuz tekstil endüstrisinin paralelinde disk biçimli dokuma ağırlıklarının da dokumacı-lık için başlıca arkeolojik buluntu olduğunu söylemek mümkündür⁵⁴. Bu tipte dokuma ağırlıklarının Batı Anadolu kıyılarındaki Miletos yerleşmesindeki kullanımı diğer buluntular ile bir arada değerlendirildiğinde Giritlilerin varlığı ile ilişkilendirilmiştir⁵⁵. Miken krallıklarının son döneminde yerleşimlerde farklı tipte dokuma ağırlıkları ile karşılaşıldığı görülmektedir⁵⁶. Özellikle makara biçimli dokuma ağırlıklarının GH IIIB döneminin sonu ile GH IIIC Erken evresinin başlarında Ege Coğrafyası boyunca yayılım gösterdiği görülmektedir⁵⁷.

Metodoloji

Bu bölümde Miken usturasının, hammaddesi ve kaplanmış olduğu tekstilin arkeo-metrik analizinde kullanılan analitik yöntemler, özellikleri ve neden tercih edildikleri anlatılacaktır. Bunun yanısıra kullanılan spektrometrelerin marka ve modelleri ve eserde varsa analiz öncesi uygulanmış ön hazırlıklar anlatılacaktır.

Üzerinde tekstil bulunduran metal ustura taşınabilir enerji dağılımlı X ışını flo-resans spektrometresi (P-EDXRF) ve enerji dağılımlı taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDS) kullanılarak arkeometrik analizleri yapılmıştır. Usturanın kimyasal kompozisyonunun tespit edilmesi için her iki yöntem P-EDXRF ve SEM-EDS kullanılmıştır. Eserin analizinde kullanılan her iki yöntem (P-EDXRF-SEM-EDS) tahribatsız analiz yöntemi olup eserin yüzeyinden (X ışını eserin yüzeyinden çok derine nüfuz etmemektedir) analiz yapmaktadır. P-EDXRF kültür varlıklarının tahribatsız analizinde en yaygın kullanılan analitik yöntemdir⁵⁸.

Bu çalışmada metal usturanın kimyasal kompozisyonunu tespit etmek amacıyla Olympus, Delta Premium marka taşınabilir X ışınları Floresans spektrometresi (P-EDXRF) kullanılmıştır. Üzerinde çalışılan eser, envanterlik arkeolojik bir eser olduğundan ve tekstil ile kaplanmış olduğundan dolayı üzerinde bulunan toprak kalıntısı veya korozyona yönelik herhangi bir temizlik çalışması yapılmamıştır. Eser üzerinde herhangi bir temizlik çalışması yapılmadığından eser üzerindeki kirlenmelerin analiz sonuçlarını etkilemesini önlemek amacıyla P-EDXRF analiz penceresini kaplayan bir filtre kullanılmıştır (fig. 4). Filtre toprak elementleri olan Si, Al, Mg oranlarını

54 Burke 1997, 415.

55 Gleba – Cutler 2012, lev. XXXIb.

56 Cutler 2016, 178.

57 Rahmstorf 2011, 320-321.

58 Navas v.d. 2016, 207–221, Calza 2007, 245–248, Karydas v.d. 2004, 15–28.

oldukça düşürerek eserin kimyasal kompozisyonunun analizini mümkün kılmaktadır. Analizlerde filtrenin etkisini göstermek için filtre kullanmadan da yapılmıştır. Metal usturanın analizi spektrometrenin metal alaşım moduyla üç farklı ışın (40KV, 13 KV ve 8 KV) kullanılarak yapılmıştır.

P-EDXRF spektrometresi taşınabilir bir cihaz olduğundan ve yüzey ölçüm tekniği olduğundan dolayı cihazın doğruluğunu ölçmek için tunç sertifikalı referans malzemeler (SRM) analizi yapılarak analiz sonuçları ve sertifika değerleri karşılaştırılmıştır (fig. 5). Bakır (Cu) SRM sertifika değeri %90,08 iken SRM'in bu çalışmada kullanılan P-EDXRF analizi % 90,11 olarak ölçülmüştür. P-EDXRF sonuçları ve SRM sonuçları hata payları düşünüldüğünde birbirleriyle örtüşecek oranda yakındır. Bu sonuçlar spektrometremizin güvenilirliğini ortaya koymaktadır.

Metal usturanın üzerinde bulunan tekstil türünün belirlenmesinde ve metalin analizinde Easy Probe, 410-M, Bruker, SEM- EDS kullanılmıştır.

Arkeometrik Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

Miken usturasının P-EDXRF analizleri #2- #6 nolu analizlerle yüzey kirliliğinin etkisini azaltmak için filtre kullanılarak yapılmıştır (fig. 6-7). #7C nolu analiz aynı eserden yüzey kirliliğinin etkisini ve türünü görmek amaçlı filtre kullanılmadan yapılmıştır.

Miken usturasının filtre kullanılarak yapılan P-EDXRF analizlerinde Cu % 89.12 ile % 93.98 arasında değişmekte ve % 90.56 ortalamaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Sn analizleri % 3.97-9.41 arasında değişiklikler göstermekte ve % 7.48 ortalamaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçları eserin bakır ve kalay alaşımından yapılmış ve mükemmel tunç alaşımına çok yakın değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir (fig. 3, 6).

P-EDXRF üzerinde filtre kullanılmadan (fig. 6) yapılan analizde (analiz no 7C) yüzey kirliliğine bağlı olarak yoğun miktarda % 22.97 silisyum (Si) içerdiği tespit edilmiştir. Si yükselirken Cu %90,56'dan %71.27'ye, Sn ise % 7.48'den % 5.19'a düştüğü tespit edilmiştir (fig. 3,6,9).

Miken usturası yüzeyinde yapılan SEM-EDS analizleri metal yüzeyindeki kirlilikler Si, Al, Mg ve Ca hakkında daha detaylı bilgiler vermiştir (fig. 9). Eser üzerinde yapılan SEM-EDS ve P-EDXRF analiz sonuçları arasında Cu ve Sn oranları arasında oldukça farklılıklar olmasının nedeni P-EDXRF'te 40 KV enerji seviyesi ve analizlerde yüzey kirliliğinin etkisini minimuma indiren filtre kullanılmasıdır. SEM-EDS'de ise P-EDXRF'e oranla daha zayıf olan buna bağlı olarak nüfuz etme derinliği daha az olan 15 KV enerji kullanılmıştır, buna bağlı olarak SEM-EDS ile yapılan analizler daha yüzeyden P-EDXRF analizleri ise yüzey altını da analiz edecek derinlikte yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Miken usturasını kaplayan tekstilin türünün anlaşılması amacıyla SEM görüntüsü alınmış ve görüntüsünden tekstilin keten olduğu anlaşılmıştır (fig. 8). Keten, keten bitkisinin liflerinden yapılan bir tekstil türüdür. Keten dünyanın en eski tekstillerinden

biridir. Dokunulduğu zaman serin, pürüzsüz ve yıkandıkça yumuşaklaşan bir tekstil türüdür. Ketende lifler esnemez, bu nedenle elastikliği düşüktür ve Figür 8'de görüldüğü gibi kırılır. Keten tarihi, Gürcistan Mağaralarında bulunan 36000 yıl öncesine uzanıyor. Dahası, eski Mısır'da keten, mumyalama ve gömü kefenleri için kullanıldı, çünkü keten aydınlığı, saflığı ve zenginliği sembolize ediyordu⁵⁹.

Sonuç

Makaleye konu olan Ege tipindeki ustura kör tarafının iç bükey bir form vermesi ve sap kısmına doğru daralan yapısı ile Ege tipi için standart özellikler göstermektedir. Ege tipindeki usturanın benzerleri ile Geç Tunç Çağı'nda Yunanistan, Ege Adaları ve Batı Anadolu'daki Miken aktivitelerini içeren mezarlık ve yerleşimlerde karşılaşılmaktadır. Özellikle K. Uğurbil Koleksiyonu Ege tipi usturasının benzerleri Ege coğrafyasında GH IIIA2-IIIC dönemleri boyunca kullanım görmüştür. Yakın benzerleri ise özellikle Müsgebi'de ve Langada'daki mezarlardan gelmektedir.

Ustura üzerinde yapılan analizlerin sonucu eserin bakır (Cu) ve kalay (Sn) alaşımından yapılmasının yanı sıra ideal tunç alaşımından üretilmiş olduğunu göstermektedir. Linear B tabletleri yoluyla öğrendiğimiz üzere Mikenlerde tunç endüstrisi iş bölümünü içeren gelişmiş bir iş koluydu. Söz konusu madeni eser de kalifiye bir tunç ustası tarafından bir tunç işliğinde üretilmiş olmalıdır. Ustura üzerinde bulunan tekstil kalıntılarının SEM analizine göre ise dokuma ürününün keten olduğu anlaşılmıştır. Miken tunç endüstrisi kendine yeten bir üretim hacmine sahip olmasına karşın tekstil endüstrisinin daha büyük bir üretim hacmine sahip olduğunu tabletler yoluyla kavramak mümkündür.

Mikenlerde tunç endüstrisi arkeolojik açıdan mezarlara ölü hediyesi olarak bırakılan kılıç, bıçak, ustura vb. tunç silah ve eşyalar ile gözlemlenebilirken aynı saptamaları tekstil ürünleri için söylemek hiç de kolay değildir. Tekstil ürünleri toprak altında zaman içerisinde yok olabilen bir yapıya sahip olduğu için arkeolojik kazılarda söz konusu kalıntılar nadiren bulunabilmektedir. Bu nedenle tekstil üretiminin gelişimi ve tekstil ürünlerinin kullanımı genel olarak Linear B tabletlerindeki kayıtlar ve Miken saraylarındaki freskler üzerindeki betimlemeler yoluyla yorumlanabilmektedir. Bu bakımdan Mikenlerin Ege coğrafyasında etkin olduğu dönem içerisinde birçok Miken mezarında, mezar buluntuları arasında ele geçen Ege tipi usturalardan K. Uğurbil Koleksiyonu'ndaki örneğin üzerinde gerçekleştirilen tekstil analizlerinin keteni içermesi önemlidir. Schliemann'ın Mykene kazılarındaki tekstil kalıntılarına ilişkin gözlemlerindeki gibi eğer ustura üzerindeki keten kalıntıları ölünün elbiselerinden parçaları içermiyor ise muhtemelen özel eşyaların içerisine koyulduğu bir kılıfa ait olmalıdır.

59 www.historyofclothing.com/textile-history/history-of-linen

Bibliyografya ve Kısaltmalar

- Akyurt 1998 Akyurt, M., M.Ö. 2. Binde Anadolu'da Ölü Gömme Adetleri. Ankara.
- Arnott 1999 Arnott, G., "The Healers", Minoans and Mycenaeans. Flavors of their time National Archaeological Museum (ed. Y. Tzedakis – H. Martlew), Athens, 272-276
- Barber 1991 Barber, E. J. W., Prehistoric Textiles: The Development of Cloth in the Neolithic and Bronze Ages, Princeton.
- Bietak 2000 Bietak, M., "The Mode of Representation in Egypt Art in Comparison to Aegean Bronze Age Art", The wall paintings of Thera: proceedings of the first international symposium (ed. S. Sherratt), Thera, 30 August-4 September 1997 Volume I. Athens. 209-246.
- Bass 2013 Bass, G., "Cape Gelidonya Redux", Cultures in Contact: From Mesopotamia to the Mediterranean in the Second Millenium B.C. (ed. J. Aruz – S. B. Graff – Y. Rakic), New York, 62-73.
- Beckman v.d. 2011 Beckman, G. – Bryce, T. – Cline, E., The Ahhiyawa Texts. Atlanta.
- Bennet 2007 Bennet, J., "The Aegean Bronze Age", The Cambridge Economic History of the Greco- Roman World (ed. I. Morris – R. Saller – W. Scheidel), Cambridge, 175-210.
- Benzi 1988 Benzi, M., "Mycenaean Rhodes: A Summary", Archaeology in the Dodecanese (ed. S. Dietz – I. Papachristodoulous), Copenhagen, 59-72.
- Burke 1997 Burke, B., "The Organization of Textile Production on Bronze Age Crete", TEXNH Craftsmen. Craftswomen and Craftsmanship in the Aegean Bronze Age (ed. R. Laffineur – P. P. Betancourt), Aegaeum 16, 413-422.
- Burke 2010 Burke, B., "Textiles", The Oxford Handbook of the Bronze Age (ed. E. H. Cline), Oxford, 430-442.
- Calza v.d. 2007 Calza, C. – Anjos, M. J. – Bueno, M. I. – Lima, T. A. – Lopes, R. T., "EDXRF analysis of Marajoara pubic covers. Nuclear Instruments and Methods", Physics Research B 263, 245-248.
- Castleden 1993 Castleden, R., Minoans: Life in Bronze Age Crete. London.
- Chadwick 1973 Chadwick, J., "The Linear Scripts and the Tablets as historical documents: The Linear B Tablets as Historical Documents", Cambridge Ancient History 2/1, 609-626.
- Chadwick 1988 Chadwick, J., "The Women of Pylos", Minos Supplement 10, 43-95.
- Chadwick 2001 Chadwick, J., The Mycenaean World, Cambridge.
- Cutler 2016 Cutler, J., "Fashioning Identity: Weaving Technology. Dress and Cultural Change", Beyond Thalassocracies: Understanding Processes of Minoanisation and Mycenaeanisation in the Aegean (ed. E. Gorogianni – P. Pavúk – L. Girella), Oxford, 172-185.
- Del Freo v.d. 2010 Del Freo, M. – Nosch, M. L. – Rougemont, F., "The Terminology of Textiles in the Linear B Tablets. including Some Considerations on Linear A Logograms and Abbreviations", Textile Terminologies: In the Ancient Near East and Mediterranean From the Third to the First

- Millennia BC (ed. C. Michel – M. L. Nosch), Oxford, 338-373.
- Demakopoulou – Crouwel 1998
Demakopoulou, K. – Crouwel, J. H., “Some Mycenaean Tombs at Palaioakastro. Arcadia”, *ABSA* 93, 269-283.
- Ersoy 1988
Ersoy, Y., “Finds from Menemen/Panaztepe in the Manisa Museum”, *BSA* 83, 55-82.
- Gale – Stos-Gale 1999
Gale, N. H. – Stos-Gale, Z. A., “Copper Oxhide Ingots and the Aegean Metals Trade. New Perspectives”, *Meletemata: Studies in Aegean Archaeology Presented to Malcolm H. Wiener As He Enters His 65th Year* (P. P. Betancourt – V. Karageorghis – R. Laffineur – W. D. Niemeier), Liège, 267-277.
- Gleba – Cutler 2012
Gleba, M. – Cutler, J., “Textile Production in Bronze Age Miletos: First Observations”, *KOSMOS: Jewellery. Adornment and Textiles in the Aegean Bronze Age* (ed. M. Nosch – R. Laffineur), *Aegaeum* 33, 113-119.
- Good 2012
Good, I., *Textiles. A Companion to Archaeology of the Ancient Near East Volume I* (ed. D. T. Potts), Wiley-Blackwell.
- Halstead 2007
Halstead, P., “Toward A Model of Mycenaean Palatial Mobilization”, *Rethinking Mycenaean palaces II* (ed. M. L. Galaty – W. A. Parkinson), Los Angeles, 66-73.
- Hiller 1988
Hiller, S., “Dependent Personnel in Mycenaean Texts”, *Society and Economy in the Eastern Mediterranean* (ed. M. Heltzer – E. Lipinski), Leuven, 53-68.
- Immerwahr 1990
Immerwahr, S. A., *Aegean Painting in the Bronze Age*, Oxford.
- Karydas v.d. 2004
Karydas, A. G. – Kotzamani, D. – Bernard, R. – Barrandon, J. N. – Zarkadas, Ch., *A compositional study of a museum jewellery collection (7th–1st BC) by means of a portable XRF spectrometer. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 226, 15-28.
- Killen 1964
Killen, J. T., *The Wool Industry of Crete in the Late Bronze Age*, *BSA* 59, 1-15.
- Killen 2008
Killen, J. T., “Mycenaean economy”, *A companion to Linear B: Mycenaean Greek texts and their World* (ed. Y. Duhoux – A. Morpurgo Davies), Louvain, 159-200.
- Lupack 2011
Lupack, S., “Redistribution in Aegean Palatial Societies. A View from Outside the Palace: The Sanctuary and the Damos in Mycenaean Economy and Society”, *AJA* 115/2, 207-217.
- Navas v.d. 2016
Navas, M. J. – Asuero, A. G. – Jimenez, A. M., “A Review of Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) as an Analytical Tool”, *Numismatic Studies Applied Spectroscopy Vol. 70/1*, 207-221.
- Nosch 2001-2002
Nosch, M. L., “The Textile Industry at Thebes in the Light of the Textile Industries at Pylos and Knossos”, *Sbornik Praci Filozoficke Fakulty Brnenske University* 6-7, 179-191.
- Nosch 2012
Nosch, M. L., “From Texts to Textiles in the Aegean Bronze Age”, *KOSMOS: Jewellery. Adornment and Textiles in the Aegean Bronze*

- Age (ed. M. L. Nosch – R. Laffineur), Liege, 43-56.
- Nosch 2014a Nosch, M. L., “Mycenaean Wool Economies in the Latter Part of the 2nd Millennium BC Aegean”, *Wool Economy in the Ancient Near East and the Aegean: From the Beginnings of Sheep Husbandry to Institutional Textile Industry* (ed. C. Breniquet – C. Michel), Oxford, 371-400.
- Nosch 2014b Nosch, M. L., *The Aegean Wool Economies of the Bronze Age. Textile Society of America 2014 Biennial Symposium Proceedings: New Directions: Examining the Past. Creating the Future.* Los Angeles, California. September 1–14.
- Papadopoulos 1998 Papadopoulos, J. T., *The Late Bronze Age Daggers of the Aegean I: The Greek Mainland.* Stuttgart.
- Papadopoulos 1999 Papadopoulos, J. T., “Warrior-Graves in Achaean Mycenaean Cemeteries”, *Aegeum* 19, 267-274.
- Pulak 2005 Pulak, C., “Who Were the Mycenaean aboard the Uluburun Ship?”, *Emporia: Aegeans in the Central and Eastern Mediterranean: Proceedings of the 10th International Aegean Conference* (ed. R. Laffineur – E. Greco), Liège, 295-310.
- Pulak 2006 Pulak, C., “Uluburun Batığı”, *Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti* (ed. C. Pulak – R. Slotta – Ü. Yalçın), İstanbul, 57-104.
- Rahmstorf 2011 Rahmstorf, L., “Handmade pots and crumbling loomweights: Barbarian elements in the eastern Mediterranean in the last quarter of the 2nd millennium BC”. *On Cooking Pots, Drinking Cups, Loomweights And Ethnicity In Bronze Age Cyprus and Neighbouring Regions* (ed. V. Karageorghis – O. Kouka), Nicosia. 315-330.
- Robkin 1979 Robkin, A. L. H., “The Agricultural Year. the Commodity SA. and the Linen Industry of Mycenaean Pylos”, *AJA* 83, 469-474.
- Rougemont 2007 Rougemont, F., “Flax and Linen Textiles in the Mycenaean Palatial Economy”, *Ancient Textiles. Production. Craft and Society. Proceedings of the First International Conference in Ancient Textiles* (ed. M. L. Nosch – C. Gillis), Ancient Textiles Series 1, Oxford, 46-49.
- Schliemann 1878 Schliemann, H., *Mycenae; A Narrative of Researches and Discoveries at Mycenae and Tiryns*, New York.
- Schon 2011 Schon, R., “Redistribution in Aegean palatial societies: By appointment to his majesty the Wanax: Value-added goods and redistribution in Mycenaean palatial Economies”, *AJA* 115/2, 219-227.
- Shaw 2010 Shaw, M. C., “A fresco of a textile pattern at Pylos: the importation of a Minoan artistic technique”, *British School at Athens Studies* 18, 315-320.
- Shelmerdine 2008 Shelmerdine, C., “Mycenaean Society.” *A Companion to Linear B. Mycenaean Greek Texts and their World* (ed. Y. Duhoux – A. Morpurgo Davies), *BCILL* 120, 115-158.
- Siennicka 2012 Siennicka, M., “Textile Production in Early Helladic Tiryns”, *Aegaeum* 33, 65-76.

- Stöllner 2006 Stöllner, T., “Tunç Çağı’nda Hammadde Olarak Kullanılan Minerallere Genel Bir Bakış”, *Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti* (ed. C. Pulak – R. Slotta – Ü. Yalçın), İstanbul, 453-476.
- Tzachili 2001 Tzachili, I., “Circulation of Textiles in the Late Bronze Age Aegean”, *Manufacture and Measurement: Counting, Measuring and Recording Craft Items in Early Aegean Societies* (ed. A. Michailidou), Athens, 167-175.
- Tzedakis – Martlew 1999 Tzedakis, Y. – Martlew, H., *Minoans and Mycenaeans. Flavors of their time* National Archaeological Museum, Athens.
- Ventris – Chadwick 1973 Ventris, M. – Chadwick, J., *Documents in Mycenaean Greek*, Cambridge.
- Vitale 2016 Vitale, S., “Cultural Entanglements on Kos during the Late Bronze Age: A Comparative Analysis of Minoanisation and Mycenaeanisation at the Seraglio, Eleona, and Langada”, *Beyond Thalassocracies: Understanding Processes of Minoanisation and Mycenaeanisation in the Aegean* (ed. E. Gorogianni – P. Pavúk – L. Girella), Oxford, 75-93.
- Wiener 1991 Wiener, M. H., “The Nature and Control of Minoan Foreign Trade”, *Studies in Mediterranean Archaeology* 90, 325-350.
- Wiener 2013 Wiener, M. H., “Contacts: Crete, Egypt, and the Near East circa 2000 B.C.”, *Cultures in Contact: From Mesopotamia to the Mediterranean in the Second Millennium B.C.* (ed. J. Aruz – S. B. Graff – Y. Rakic), New York, 34-45.
- Yalçın v.d. 2006 Yalçın, Ü. – Pulak, C. – Slotta, R., *Uluburun Gemisi 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti*, Bochum.



Fig. 1 Kemal Uğurbil Koleksiyonu'ndan Ege tipi ustura

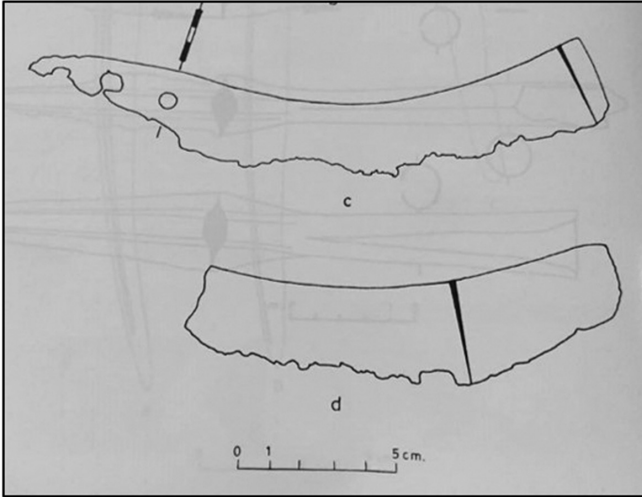


Fig. 2 Müsgebi Mezarlığı'ndan usturalar

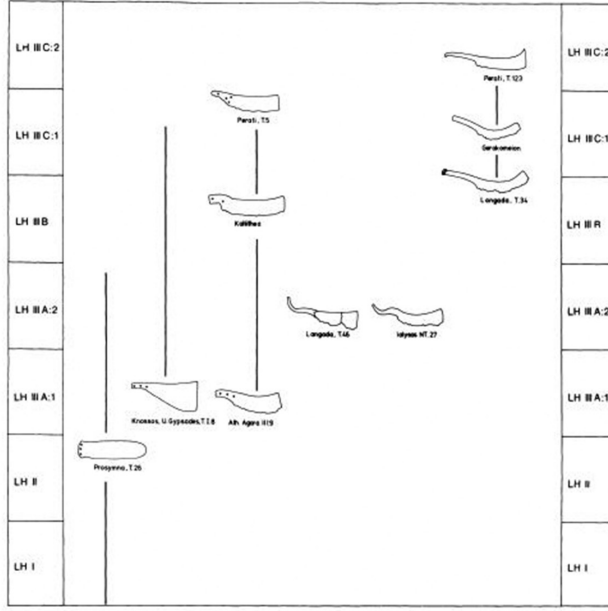


Fig. 3 Ege tipi ustuların kronoloji tablosu



Fig. 4 P-EDXRF'te toprak kirliliğinin eser analizindeki etkisini azaltmak için kullanılan filtre

	Ag	Sb	As	Cu	Fe	Ni	Pb	Si	Sn	Zn
Tunç SRM Değerleri % (CDA 314UNS C31400)	0.002	0.006	0.003	90.08	0.007	0.004	1.99	0.002	0.029	7.81
P-EDXRF SRM analiz Sonuçları %	ND	ND	ND	90.11	ND	0.019	1.7	0.1	ND	7.89

Fig. 5 Tunç SRM sertifika değerleri ve P-EDXRF analiz sonuçları

Analiz No	Si	P	S	Fe	Co	Ni	Cu	Sn	Hg	Pb
#2	0.217	0.285	0.107	0.535	0.064	0.094	89.126	9.414	0.048	0.088
#3	0.313	0.327	0.108	1.041	0.036	0.112	93.988	3.977	0.058	0.045
#4	0.559	1.623	0.593	0.298	0.040	0.056	89.23	7.350	0.1	0.148
#6C	ND	0.333	ND	0.467	0.055	0.074	89.8	9.2	ND	0.076
Ortalama	0.363	0.642	0.269	0.585	0.048	0.084	90.536	7.483	0.069	0.089
#7C	22.97	ND	ND	0.345	0.085	0.080	71.27	5.199	ND	0.0518

Fig. 6 Miken usturasının P-EDXRF analiz sonuçları

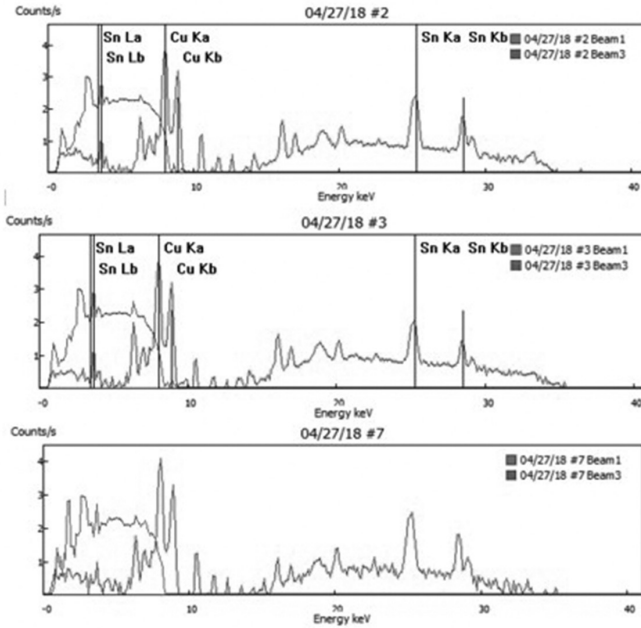


Fig. 7 Miken usturasının P-EDXRF analiz sonuçlarının spektrumları

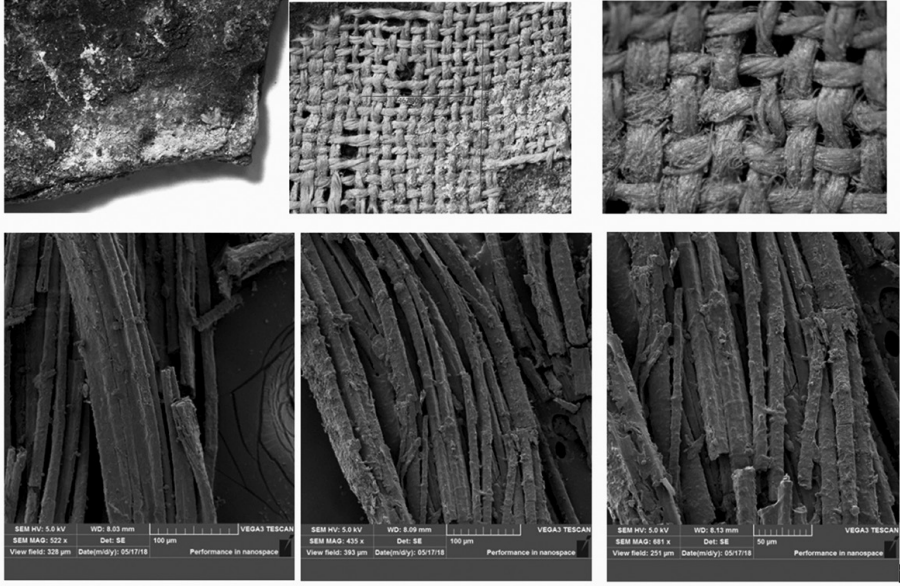


Fig. 8 Metal usturayı saran tekstilin SEM görüntüleri

%								
O	Mg	Al	S	Cl	K	Ca	Fe	Cu
14.90	6.83	7.64	0.18	0.12	1.16	5.57	3.04	60.55
-	<u>MgO</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>SO₃</u>	<u>Cl</u>	<u>K₂O</u>	<u>CaO</u>	<u>FeO</u>	<u>Cu</u>
-	11.33	14.43	0.46	0.12	1.40	7.79	3.91	60.55

Fig. 9 Metal usturanın SEM-EDS analiz sonuçları