

# AHŞAP ESERLERİN TEŞHİSİNDE KULLANILAN BAZI ANALİZ YÖNTEMLERİ

## Some Analysis Methods Used in Diagnosing of Wooden Artifact

Cemile YILDIRIM ALTUN<sup>1</sup>

### ÖZET

Ahşap, esas olarak selüloz, lignin, hemiselüloz, pektin ve diğer suda çözünür ve çözünmez özlerden oluşan oldukça dayanıklı, yenilenebilir, karmaşık hiyerarşide bir biyomateryaldir. Bu özelliklerinden dolayı ahşabı karakterize etmek, bozulmasına etken faktörleri ve bozulma türlerini belirlemek, sağlamlaştırma ve koruması için planların yapılması oldukça zahmetli ve karmaşık çalışmaları gerektirmektedir. Arkeolojik nitelik taşıyan ahşapların kaynağın incelenmesi, sadece sosyal ve beşeri bilimler açısından fayda sağlamakla kalmaz, aynı zamanda malzeme, mühendislik bilimleri içinde ahşabın zaman içindeki bozulma süreçleriyle ilgili ön uygulamaları, coğrafi ve çevresel faktörleri, fiziksel şartları hakkında oldukça zengin bilgileri ortaya koyar.

Ahşabın tür, yaş, kalite gibi belgeleme niteliğindeki özellikleri için analizlerden yararlanıldığı gibi bozulmasına etken olan nem, UV ışınları, bakteri, mantar, böcek, kimyasal olaylarda analiz yöntemleri ile rahatlıkla teşhis edilebilmektedir. Bozulma sonrası uygulanacak koruma yöntemleri de analiz yöntemleri sayesinde önceden tayin edilmektedir. Ahşabın süreç içerisinde bozulmasına etken faktörler ve bozulma türü belirlenmesi ile korumasına yönelik daha uygun ve teknolojik malzemeler de geliştirilmiştir.

Ahşap eserler sadece ham ahşap olarak değil, kompozit yapıdaki eserler olarak da analize ihtiyaç duymaktadır. Üzeri metal, kemik, pigment ya da deri gibi birçok malzeme ile oluşturulmuş eser gruplarında farklı analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı; kültürel mirasımızın büyük bir kısmını oluşturan ahşap eserlere uygulanan tahribatlı ve tahribatsız analiz yöntemlerinin çeşitliliğini ve teknik farklılıklarını değerlendirmektir. Çalışma ahşap kültürel varlıkların tahribatsız, tahribatlı ve yarı tahribatlı analiz yöntemlerinin mevcut kullanımlarına genel bir bakış sunmaktadır. Verilen örnekler korumada organik ve inorganik malzemelere göre değişkenlik gösteren ulusal ve uluslararası çalışmalarda uygulanan analiz yöntemleri incelenerek oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ahşap eser, karakterizasyon, tahribatlı analiz, tahribatsız analiz.

### ABSTRACT

Wood is a highly durable, renewable, complex hierarchy composed of different biomolecules. Because of this feature, defining the characterization of wood, determining the factors and types of deterioration, making plans for its consolidation and protection requires quite laborious and complicated studies. Examination of archaeological wood not only benefits social and humanities but also pre-applications related to the degradation processes of wood over time, geographical and environmental factors, physical conditions; The material provides rich information in engineering sciences.

Before the deterioration of the wood, such as type, age, quality, etc., as well as the documentation quality analysis, moisture, UV rays, bacteria, fungi, insects, chemical events that cause deterioration are easily diagnosed by analysis methods. Protection methods to be applied after deterioration are predetermined by analysis methods. More appropriate and technological materials have been developed for the determination of the factors that cause the deterioration of wood and the type of deterioration in the process.

Wood needs analysis not only as raw material but also in composite works. Different analysis methods are required for groups of traces formed with many materials such as metal, bone, pigment, or leather.

The aim of this study is; to evaluate the diversity and technical differences of the destructive and non-destructive analysis methods applied in wooden works that form a part of our cultural heritage. The study provides an overview of the current uses of non-destructive, destructive, and semi-destructive analysis methods of wooden cultural heritage objects. The given samples were created by examining the analysis methods applied in national and international studies that vary according to organic and inorganic materials in conservation.

**Keywords:** Wood artifact, characterisation, destructive analysis, non-destructive analysis.

1. ORCID: 0000-0003-1421-2269

1. Doktora Öğrencisi, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Bilim Dalı, e-posta: cemileyildirim1987@gmail.com

*Bu çalışma; 24-25 Haziran 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen Uluslararası Genç Bilim ve Sanat İnsanları Sempozyumu'nda (GEBSİS) sunulmuştur.*

## EXTENDED ABSTRACT

Wood is a complex biomaterial mainly composed of cellulose, lignin, hemicellulose, pectin, and other water-soluble and insoluble extracts. The property of wood may differ from each other according to some parameters such as geography, age, season, climate conditions. When examining wood, many details, such as trees of several meters, to their millimetric properties in cells, should be defined. These details are necessary to reveal the strength and deterioration of the wood as well as the factors necessary for its strengthening.

Most of our cultural properties are professional, technical works, creative activities, and artistic products that reflect the culture, ideals, and symbols of the communities in which they live. With these works, the technological and sociological aspects of human activities in the past can be understood by examining them. A holistic approach consisting of natural sciences, humanities, and arts is needed for a meaningful and accurate examination of the woodwork. For this reason, it is very important to know the structure of wood for all kinds of wooden works that provide information about human life and culture and are considered worth preserving for the future.

In wood, which is an organic material, besides organic-based analysis techniques, in cases where wood appears in a composite structure, inorganic analysis methods are also needed for those with different trace groups due to the variety of binders, pigment layers, or decorative elements on them. Different analysis methods are required for groups of artefacts formed with many materials such as metal, bone, pigment, or leather. Here, priority should be the methods used to identify organic and inorganic materials. Then, by selecting the appropriate methods of destructive or non-destructive analysis that will determine all the principles of the materials used such as metal and pigment, documentation, diagnosis, treatment, and protection plans are made.

The aim of this study is; to summarize the diversity and technical differences of the destructive and non-destructive analysis methods applied in wooden works that form a part of our cultural heritage. The study provides an overview of the current uses of non-destructive, destructive, and semi-destructive analysis methods of wooden cultural heritage objects. The samples given were created by examining the analysis methods applied in national and international studies that vary according to organic and inorganic materials in diagnosis, diagnosis, treatment, and protection.

Some analysis methods used in the diagnosis of wooden artifacts, Carbon 14 Method, Electron Paramagnetic Resonance (EPR) / Electron Spin Resonance (ESR), Dendrochronology, Optical Microscope (OM), Scanning Electron With Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX) Method, Ultraviolet and Visible Light Absorption Spectroscopy (UV-VIS), Reflection Transform Imaging (RTI), Multispectral Imaging System (MSI), X-Ray Radiography and Computed Tomography (CT), Thin Layer Chromatography (TCL), High-Performance Liquid Chromatography (HPLC), Raman Spectroscopy, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Time of Flight Secondary Ion Mass Spectroscopy (ToF-SIMS), Thermogravimetric Analysis (TGA), X-Ray Diffraction Method (XRD). In addition to these analysis methods, characterization processes can be performed on wooden works with many analysis techniques.

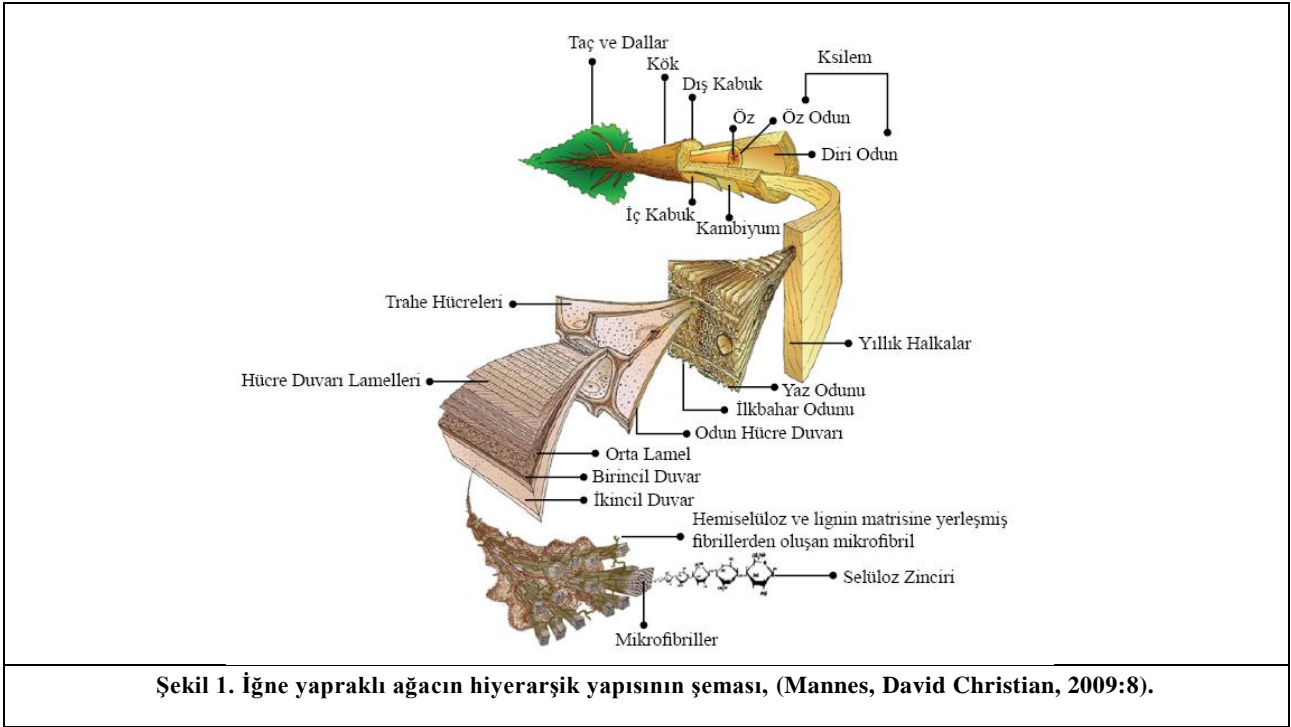
Destructive or non-destructive methods to be chosen to describe wood should be chosen according to what kind of information we aim to get. Since it is important to reconfirm the accuracy and reliability of the results, it should be demonstrated by supporting more than one analysis techniques appropriate for the work. The information recorded with analysis techniques provides the opportunity to compare in future research. Thus, the road map to be followed for conservation plans can be drawn more permanently.

As a result of the research, it can be said that the analysis methods used in the identification of wood artifacts are important and necessary in finding the pigment origin, in calculating age determinations, determining the wood species, determining the deterioration factor and size of wood, and in terms of documentation. In addition, it is understood from the diversity of the studies mentioned in the research that the work definition processes require an interdisciplinary study.

## GİRİŞ

Ahşap, esas olarak selüloz, lignin, hemiselüloz, pektin ve diğer suda çözünür ve çözünmez özlerden oluşan karmaşık bir biyomateryaldir. Ahşabın mevcut durumu bulunduğu coğrafya, yaş, mevsim, iklim şartları gibi bazı parametreler doğrultusunda farklılık gösterebilir. Ahşap incelenirken söz konusu metrelerce büyüklükteki ağaçlar olabileceği gibi hücrelerinde bulunan nano boyuttaki özelliklerine kadar birçok detayın tanımlanması gerekebilmektedir. Bu detaylar ahşabın dayanımına ve bozulmasına etken faktörlerin ortaya çıkarılmasının yanı sıra sağlama işlemlerinin oluşturulması için de bir hazırlıktır.

Ahşap; nanoskopik (makromoleküllerin hizalanması [selüloz]), mikroskopik (hücreler ve dokular), makroskopik düzey (ağaç halkaları) gibi karmaşık hiyerarşik bir yapıya sahiptir (Şekil 1). Bu yapılardan ksilem; köklerden en uzak mesafede bulunan yapraklara kadar uzanan su iletim borularıdır (Mannes vd. 2009:7). Öz, iğne yapraklı ağaçlarda çok küçük ve oldukça eşit düzeyde bir yapıda olduğu halde geniş yapraklı ağaçlarda büyüklüğü, şekli, rengi ve yapısı çok değişiktir (Bozkurt, Erdin, 2011:10). Selüloz, hemiselüloz ve lignin odunun hücre çeperinin temel bileşenleridir. Bu bileşikler büyük molekülü, karmaşık yapıda ve teşhis edilmesi güç olan bileşiklerdir. Selüloz molekülünün 10.000 glukoz ünitesi mevcuttur. Aynı doğrultuda uzanan 40 selüloz molekülünden oluşan elementer fibril, aynı zamanda en küçük demettir. Elementer fibriller birleşerek mikrofibrilleri, mikrofibriller de bir araya toplanarak fibrilleri; onlarda lamelleri meydana getirir (Eyüpoğlu, 2010:10).



Odunun hücre çeperi, katmanlardan meydana gelir. Bu katmanlar, fiziki ve kimyasal bileşimleri ile biçimlenme zamanları bakımından değişiklik göstermektedir. Bu etkenlerden en belirginini; fiziki farklardan kaynaklanan mikrofibrillerin yöneliştir. Hücre çeperinin ayrışik katmanlarında mikrofibriller ya düzensiz ya da paralel yönde seyretmektedir. Mikrofibrillerin paralel yönde seyredenleri ince tabakaları meydana getirir. Bu katmanlara lamel denir (Eyüpoğlu, 2010:10).

Kabuk, gövdeyi, dalları ve kökü çevreleyen kambiyumun dış tabakasıdır. İç kabuğun temel dokuları, elek elemanları, paranzim ve sklerenşimatik hücrelerdir. Elek elemanlarının görevi, ağaç özsuğunu ve yapraklardaki besin maddelerini aşağı doğru, bunun yanı sıra odundaki suyu yukarı doğru taşımaktır. Dış kabuk çoğunlukla periderm veya mantar tabakasından oluşmaktadır ve ana görevi ağaçta su kaybını önlemek, ağacı sıcaklığa ve mekanik etkilere karşı korumaktır. Sklerenşimatik hücreler, ağaçların çoğunda görülmekte ve destek dokusu olarak rol oynamaktadır (Dönmez, Dönmez, 2013:156-157).

Her yıl vejetasyon mevsiminde (büyüme döneminde) kambiyum, iç tarafa doğru bölünerek öz tarafında yıllık odun halkaları oluşturur. İlkbaharda oluşan daha gevşek dokulu, ince çeperli ve geniş lümenli hücrelerden oluşan kısmın yoğunluğu daha az, hava boşluğu daha fazla ve rengi daha açıktır. Yıllık halkanın bu kısmına *ilkbahar odunu* adı verilir. Vejetasyon mevsiminde, daha sonra oluşan kalın çeperli ve dar lümenli hücrelerden oluşan kısım ise *yaz odunu* (sonbahar halkası) adını alır. Yaz odunu sık dokunuşlu olup daha yoğun ve rengi daha koyudur. Yaz odunun oransal olarak fazla olması ağaç malzemenin mekanik ve fiziksel özelliklerinin daha yüksek olması anlamına gelir (Özdemir, 12,13).

2863 “Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu” birinci maddesine göre; "Kültür varlıkları; tarih öncesi ve tarihi devirlerle ait bilim, kültür, din ve güzel sanatlarla ilgili bulunan veya tarih öncesi ya da tarihi devirlerde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan yer üstünde, yer altında veya su altındaki bütün taşınır ve taşınmaz varlıklardır” diyerek tanımlanmıştır (Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 1983).

İnsan yaşamı ve kültürü hakkında bilgi veren ve gelecek için korunmaya değer görülen her türlü ahşap eser için odunun yapısını bilmek oldukça önemlidir. Geçmiş topluluklar kültürünü, ideallerini, sembollerini yansıtan mesleki ve teknik eserlerinin, yaratıcı faaliyetlerinin ve zanaatkarlık ürünlerinin birçoğunu ahşap eserlere yansıtmıştır. İnsan faaliyetlerinin teknolojik ve sosyolojik yönleri, ahşap nesnelere veya kalıntıları ile anlaşılabilir. Bu yüzden anlamlı ve bilgilendirici bir ahşap eser çalışması için doğa bilimleri, beşeri bilimler ve sanattan oluşan bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç vardır.

Bu bütüncül yaklaşım uygulanırken eser için analizin gereklilik nedenleri şu şekilde sıralanabilir;

- Eserler hakkında bilgi edinmek;
  - Kimyasal içeriği,
  - Yapım ya da üretim tekniği,
  - Yapım ya da üretim tarihi,
  - Orijinalliği (Gerçek veya Sahte)
  - Kökeni ve/veya kullanım yeri,
- Bozulma süreçlerinin belirlenmesi;
  - Eserin yapımında kullanılan malzemelerin etkisi
  - Restorasyonda kullanılan malzemelerin etkisi
  - Dış etkenlerin etkisi (atmosferik kirlilik, biyolojik zararlılar, çevre şartları) (Kantoğlu, 2019:2).

UNESCO tanımına göre ahşap eserler; (1) taşınır, (2) taşınmaz ve (3) su altı olarak üç gruba ayrılmaktadır. Taşınır ahşap kültür varlıklarını mobilyalar, müzik aletleri, boyalı paneller, heykel/oyma eserler, ev gereçleri, tarım/el aletleri, dini objeler, ateşli silahlar ve makineler olarak tanımlanmıştır (Yıldırım Altun, 2020:4). Bu eserler genellikle iç mekanlarda buldukları için yoğun nem ve ısı değişimine maruz kalmazlar. Ancak tarihi ahşap yapılar, su/yel değirmenleri ve ahşap temel direkli taşınmaz ahşap eserler ise dış ortam koşullarında buldukları için taşınır ahşap eserlere kıyasla sıcaklık ve nem dalgalanmalarına daha fazla maruz kalırlar. Arkeolojik odun, soyu tükenmiş bir insan kültürü tarafından kullanılan veya kullanım için değiştirilmiş veya değiştirilmemiş ve belirli bir doğal ortama atılmış ölü odun olarak tanımlanabilir. Arkeolojik ahşabın durumu normale yakın olabilir veya büyük ölçüde değişebilir. Yaş faktörü bozulma açısından tek başına anlamlı değildir. Bozulma ahşabın türüne, çevreye ve zamana da bağlıdır (Florian, 1990:1). Neredeyse tüm ahşap kültürel miras eserleri sürekli olarak bir kimyasal dönüşüm durumundadır ve zamanla bozulabilir. Bazı durumlarda ahşap eserlerin bozulması nispeten daha yavaştır. Bu durumun temel nedeni eserin yapımında kullanılan ahşap türünün oldukça dayanıklı olması ya da maruz kaldığı ortam koşullarının uygun olup, agresif olmamasıdır.

Ahşap kültürel miras nesnelere çok sayıda bozulma faktörüne maruz kalır:

- Kullanım şartları (mekanik aşınma, sıvıların etkisi [örneğin; nemlenme]);
- Uzun süreli yük ve bunun sonucu olarak yorulma veya gevşeme gibi etkileri;
- Özellikle yapılandırılmış bileşenlerde (örneğin kaplamalı mobilyalar, kontrplak elemanlar) nem değişimlerinin neden olduğu gerilmeler; tipik olarak düşük bağıl nem koşullarında meydana gelen etki (Bağıl nemin %20’den düşük olduğu ortamlar), (örneğin ortamın ısıtılması gereken kış aylarında);
  - Böcek saldırıları;
  -

• % 20'den fazla nem içeriği bulunan ahşap eserlerde meydana gelen fungus oluşumu (bu durum özellikle dış ortam koşullarında bulunan ahşap yapılarda daha sık görülür). Tüm bu etkenlere ek olarak ahşap kültürel miras eserleri ihmal ve kasıtlı istismarlar nedeniyle büyük oranda tahrip olmaktadır. Bozulmaların derecesi, bozulma etkenlerine, ağaç türlerine ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir. Bu etkenleri belirlemek için birçok teknolojik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Ahşap eseler için kullanılan analiz yöntemleri ile ahşabın tür tayini, yaş ve çevre koşulları, bozulma durumu, bozulma seviyesi, varsa üzerindeki inorganik detayları belirlenmektedir.

Kültürel varlıkların analizlerinde kullanılan bazı yöntemler şu şekilde sıralanabilir (Kantoğlu, 2019:7):

- Elementel Analiz
  - Atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), Endüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) veya Termal İyonizasyon Kütle Spektrometresi (TIMS)
  - X-Işını Floresans Spektrometresi (XRF)
- Spektroskopik Analiz
  - Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)
  - Raman Spektroskopisi
  - X-Işını Difraktometresi (XRD)
- Kromatografik Analiz
  - Sıvı Kromatografi-Kütle Spektrometresi (LCMS –LCMSMS)
  - Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi (GCMS –GCMSMS)
- Termal Analiz
  - Termogravimetrik Analiz (TGA)
  - Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC)
- Mikroskopik Analiz
  - Optik mikroskop
  - Taramalı Elektron mikroskopu (SEM-EDX)
  - Ultraviyole (UV) ve Ultraviyole (IR) reflektometreler
- Tarihlendirme Analizi
  - Radyokarbon
  - Elektron Spin Rezonans (ESR), Termolüminesans (TL), Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL)

Kültürel eserlerin bilimsel çalışması için şu anda mevcut olan yöntemler, Şekil 2'de gösterildiği gibi üç kategoriye ayrılmıştır (Doménech-Carbó, Osete-Cortina, 2016:9-10):

1. *Elektromanyetik radyasyonlar veya elektronlar yardımıyla görüntülerin kaydedilmesine dayanan inceleme*: Bu bütünsel yaklaşım, nesnenin bir bütün olarak gözle görülebilen görüntülerini içerir. Görüntüler, ultraviyole ve kızılötesi ışık, X-ışınları, beta ışınları ve gama ışınları ile görünür aralıkta elde edilebilir. Bu yöntemler esas olarak nesne hakkında tarihlendirme ve analitik yöntemlerle ortaya konan nitel ve morfolojik bilgileri kapsar (Doménech-Carbó, Osete-Cortina, 2016:9).

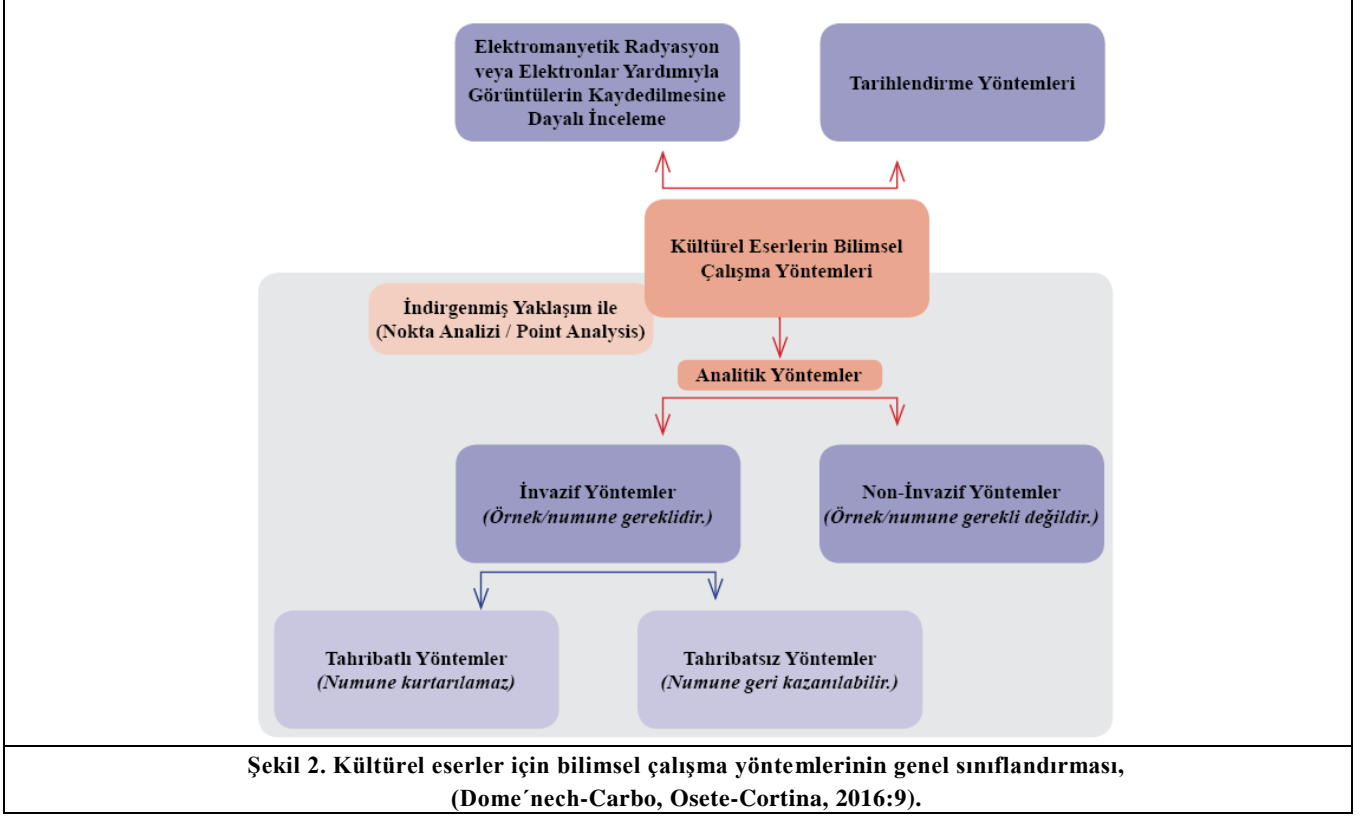
2. *Tarihlendirme yöntemleri*: Bu yöntemler belirli bir bölge veya arkeolojik sit alanında ortaya çıkarılan eser için kronolojik bir sistem oluşturmayı sağlar. Genel olarak, tarihlendirme yöntemleri, “referans veya başlangıç noktası” olarak kullanılan belirli bir olayla ilişkili iyi bilinen değere sahip “ölçülebilir, zaman, miktar veya parametreye” dayanan belli bir zaman ölçeğindeki şemayı takip eder. Tarihlendirme yöntemlerinin, materyal türü, yaş aralığı ve nesnenin korunma durumu ile ilgili olarak uygulanabilirlikte sınırlamaları bulunmaktadır (Doménech-Carbó, Osete-Cortina, 2016:9).

3. *Analitik yöntemler*: Bu yöntemler eserin malzeme tanımlanmasına/karakterizasyonuna ve bozulma süreçlerinin aydınlatılmasına olanak tanır. Bunlara ek olarak, kaynak araştırması, kronoloji ve üretim tekniği hakkında da bilgilere de ulaşılabilir. Analitik yöntemlerin temel özellikleri ve gereksinimleri şu şekilde açıklanmaktadır.

- Analitik yöntemler, genel olarak, nesnenin çok küçük bir kısmından alınan numune ile malzeme bileşiminin belirlendiği (nokta analizi) indirgenmiş bir yaklaşıma dayanır.
- Analiz, eserin tüm yüzeyinde ya da küçük numunede gerçekleştirilebilir.



- Ölçümler doğrudan kültürel eserin kendisi (non-invazif yöntemler) veya bir numune (invazif yöntemler) üzerinde gerçekleştirilir.
- Invazif yöntemlerde, analiz sırasında numunenin tahrip olmasına veya geri kazanılmasına bağlı olarak tahribatlı veya tahribatsız yöntemler olarak kabul edilebilir (Doménech-Carbó, Osete-Cortina, 2016:9).



Ahşap eserlerde kullanılan analizleri genel olarak Tahribatlı Yöntemler (Destructive Testing Methods) ya da Tahribatsız Yöntemler (Non-Destructive Testing Methods) olarak ikiye ayrılır (Şekil 3). Analiz yöntemleri eserin genel olarak mevcut yapısını kayıt altına almayı, bozulma durumunu tanılamayı hedeflemelidir.



Tahribatlı yöntemler ya da tahribatsız yöntemler eserde ne tür bir bilgi almayı hedeflediğimize göre seçilmelidir. Sonuçlar eser için uygun olan birden fazla analiz teknikleri ile desteklenerek ortaya konulmalıdır.

Analiz teknikleri ile kayıt altına alınan bilgiler gelecekte yapılacak araştırmalarda karşılaştırma olanağı sağlamaktadır. Böylece koruma planları için izlenecek yol haritası daha kalıcı olarak çizilmektedir.

Analiz yöntemlerinde tahribatsız analiz teknikleri ile eser üzerinde hiçbir hasar ya da parça kaybı olmadan görüntüleme yapılabilmektedir.

Tahribatsız yöntemlerde amaç parçanın fiziksel bütünlüğünü ve kullanımını bozmadan onun kalitesini belirlemektir. Tahribatsız test yöntemiyle gerçekleştirilen işlemlerde, test edilen materyal hiçbir şekilde deforme olmamaktadır (Kara vd., 2017:83). Tahribatsız yöntemler genellikle mevcut kullanımda olan yapılarda gerçekleştirilir ve bozulmaların erken tespiti ve uygun koruma önlemlerin alınmasını amaçlamaktadır. Bu yöntemler, tamamen tahribatsız ve yarı tahrip edici yöntemler olarak iki gruba ayrılabilir. Birinci grup, görüntüleme yöntemi (makroskopik değerlendirme) ve akustik, elektromanyetik ve radyolojik yöntemlere dayalı teknik testleri içerir. İkinci grup, sklerometre testi, kesme direnci ölçümleri ve pulloff testleri dahil penetrasyon yöntemlerini içerir (Wałach vd., 2015:448).

Bir ahşap parçasının tanımlanması en soyut anlamda önce gözle daha sonra 10 kat büyütülmüş makroskopik büyüteç ile mümkündür. Keskin bir bıçakla kesilmiş veya çok ince bir taneli zımpara ile zımparalanmış bir enine kesitin gözlemlenmesi çoğu durumda güvenilir bir cevap verir. Toplanan bilgiler yeterli değilse mikroskop kullanılması gerekir (Corbineau, Macchioni, 2015:42).

### 1. Ahşap Eserlerin Teşhisinde Kullanılan Bazı Analiz Yöntemleri

Karbon 14 (C-14) Yöntemini Willard F. Libby yönetiminde çalışan bir grup bilim insanı tarafından; 2. Dünya Savaşını izleyen yıllarda (1949) bulmuştur. Yöntemlerinin doğruluğunu; yaşları başka yöntemlerle de belirlenmiş olan Mısır medeniyetine ait buluntular ile test etmişlerdir. İnsanlık tarihinin anlaşılması ve geliştirilmesine olan katkıları bakımından C-14 yaş tayini 20. yüzyılın en önemli buluşlarından kabul edilmektedir (Kaya, 2019:3).

Sevinç vd. (2015) çalışmalarında; Türkiye’de madencilik gelişimini anlamaya yönelik araştırma projesi kapsamında 2013 yılında özel bir maden firmasının ruhsat sahasında kalan maden galerisinde ele geçen arkeojik buluntularını incelenmiştir. Araştırmaya konu olan ahşap buluntu ile demir murcun korozyonunun ahşap üzerindeki etkisi, koruma ve bozulma durumları incelenmiştir. Ahşap merdivenin türü belirlenmiş ve radyokarbon analizi ile tarihlendirilmesi yapılmıştır. Araştırma sonucunda ahşap madenci merdiveni buluntusunda yapılan tür analizi sonucunda Meşe (*Quercus*) olduğu bulunmuş ve C-14 analizi ile M.Ö. 375-M.Ö. 195 yıllarını arasına tarihlendirilmiştir.

Kovalyukh, vd. (2001) çalışmalarında; Kiev Sanat Koleksiyonunda bulunan ikonlardan yedi tanesinin C-14 tarihlendirilmelerini yapmışlardır. Tarihlendirme çalışmaları için numuneler ahşabın en genç kısımlarına karşılık gelen tahtaların kenarlarından alınmıştır. Ahşap numuneler, standart teknikler kullanılarak kimyasal olarak ön işlemden geçirilmiş ve Kiev/Ukrayna (laboratuvar kodu Ki), Groningen/Hollanda (laboratuvar kodu GrA) ve Uppsala/İsveç’deki (laboratuvar kodu Ua) olmak üzere üç laboratuvar tarafından C-14 tarihlendirilmesi yapılmıştır. Kiev laboratuvarı sıvı sintilasyon sayımını (LSC) Groningen ve Uppsala, uygulamalı hızlandırıcı kütle spektrometrisini (AMS) kullanmıştır. Böylece iki farklı yöntem (LSC ve AMS) karşılaştırılarak C-14 tarihlendirilmesi desteklenmiştir. Araştırma sonucunda Bizans sanatının parçası olan *Saint George with Scenes from His Life* MS XII-XIII. yüzyıla, şefaht temasına sahip en eski eserlerden sayılan *The Intercession* XI. yüzyıla, beklenen yaşı MS XIII-XV. yüzyıl olan *The Virgin Hodegetria of Volyn* XIV. yüzyılın ilk yarısına, *The Apostles Peter and Paul* MS XV. yüzyılın ikinci yarısına, 1072’de kilise tarafından şehit kabul edilen Prens Volodymyr’in oğulları olan Rus Azizleri tasvir eden *Boris and Gleb* MS XIII. yüzyıla, *Saint George and the Dragon* MS. XV. yüzyılın ikinci yarısına, *Christ in Majesty* MS XV. yüzyılın ikinci yarısına tarihlendirilmiştir (Resim 1).



Elektron Paramanyetik Rezonans (EPR) / Elektro Spin Rezonans (ESR) yöntemleri organik materyallerin (kağıt, ahşap, deri gibi) tarihlendirme işlemlerinde kullanılabilir (Le Pape, 2018:306).

ESR yaş tayininin ilk başarılı uygulaması, Japonya Akiyoshi Mağarası'ndaki sarkıt örnekleri için gerçekleştirilmiştir. Bu öncü ardından, bu alandaki çalışmalar hızlı bir gelişme sürecine girmiş, kemiklere, kabuklar ve mercanlara, planktonik deniz hayvanlarına başarıyla uygulanmıştır. ESR tekniğini kullanan ilk arkeolojik çalışmalar Mc Morris tarafından yapılmıştır. Arkeolojik dış minesinde yapılan ESR çalışmaları sayesinde insanın biyolojik ve kültürel gelişimi hakkında bilgiler elde edilmiştir (Işık, 2018:725).

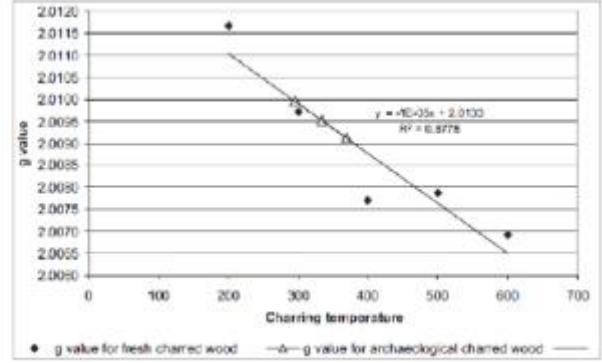
Triantafyllou vd. (2010) çalışmalarında; Yunanistan'ın Korfu kentinde bir arkaik mezarlıkta kazılan ıslak kömürleşmiş ahşabı araştırmışlardır. Malzemenin kömürleşme sıcaklığı Electron Spin Resonance (ESR) ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, yalnızca kömürleşmeden kaynaklanan ciddi bir çürüme olduğunu göstermiştir. Bu çürümelerin daldırma emprenye işlemi uygulandığında esere ciddi zarar vereceğini ispatladığı için püskürtme yöntemi ile polietilen glikol (PEG) uygulaması yapıldığına dikkat çekmişlerdir. Çalışma sonucunda ahşabın M.Ö. VI. yüzyıldan kalma olduğu bilgisi verilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında ESR'nin bu tür malzemeler için yanma sıcaklığını tahmin etmekte umut verici bir yöntem olduğunu gösterilmiştir. ESR yönteminde daha geniş bir sıcaklık aralığı ve yanma koşulları ile kalibre edilip daha fazla sayıda numune ve kopya kullanılarak daha doğru sonuçlar elde edilebileceğini belirtilmiştir (Resim 2).



(a)



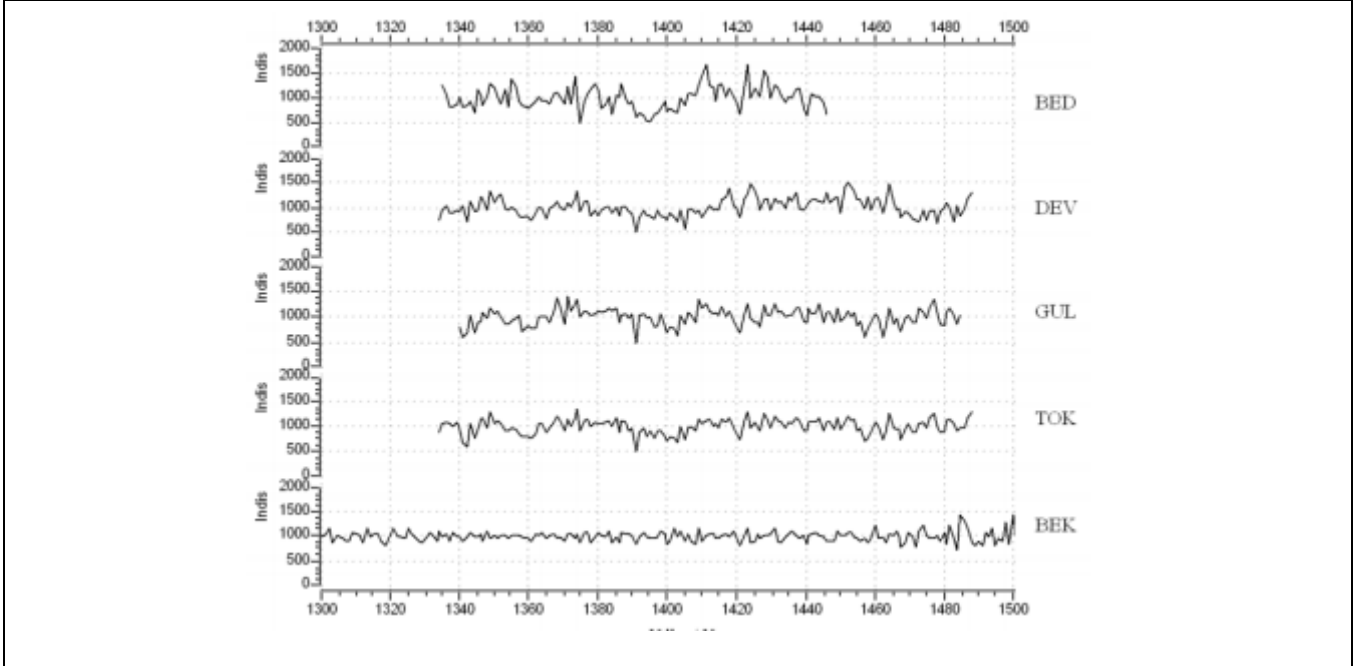
(b)



Resim 2. (a) Kemik parçalı kömürleşmiş odun kalıntısı. (b) ESR analizi ile elde edilen arkeolojik ve taze kömürleşmiş odunun sıcaklığa karşı g değerleri, (Le Pape, 2018).

Dendrokronoloji dendron=odun, kronos=yaş saptama ve logos=bilim kelimelerinden oluşmuştur. Adından da anlaşılacağı gibi dendrokronoloji ağaç yıllık halkalarından faydalanarak yaş ve zaman saptama bilimidir. Bunun için ağaçların her yıl oluşturdukları yıllık halkalarından faydalanılmaktadır. Cam, sedir, göknar ve ardıç gibi ibrelili ağaçlarda ilkbahar odununu oluşturan ve daha geniş çaplı, dar çeperli ve açık renkli olan hücreler, yaz odununu oluşturan dar çaplı, kalın çeperli ve koyu renkli hücrelerden belirgin bir şekilde ayrılabilir. Bu sayede her yıl oluşmuş olan halkaların kalınlıkları ölçülebilmektedir. Yapraklı ağaçların anatomik yapılarından dolayı yıllık halkaların gözle ayırtılması ve ölçülmesi ibrelilere göre daha zordur (Erkan, 2002:43). Dendrokronoloji, ağaçların yıllık halkalarına dayanarak tarih belirleme bilimi olarak tanımlanmaktadır (Akkemik, Köse, 2010:8). Dendrokronoloji geçen yüzyılın başlarında geliştirilen yeni bir bilim dalıdır. Dendrokronoloji ağaç yıllık halkalarının çeşitli özelliklerindeki değişimlerden faydalanarak çevresel faktörlerin etkilerini incelemeyi konu edinir. Dolayısıyla, geçmişte meydana gelmiş orman yangını, yoğun böcek ve hastalık salgınları ve iklim değişiklikleri gibi doğal olaylar hakkında bilgi edinilmesine yardımcı olur. Bu bilgiler de gelecekte ortaya çıkması olası doğal olayların önceden kestirilmesine yardımcı oldukları için doğal kaynakların uzun vadedeki kullanımının planlanması için büyük önem taşır (Erkan, 2002:41).

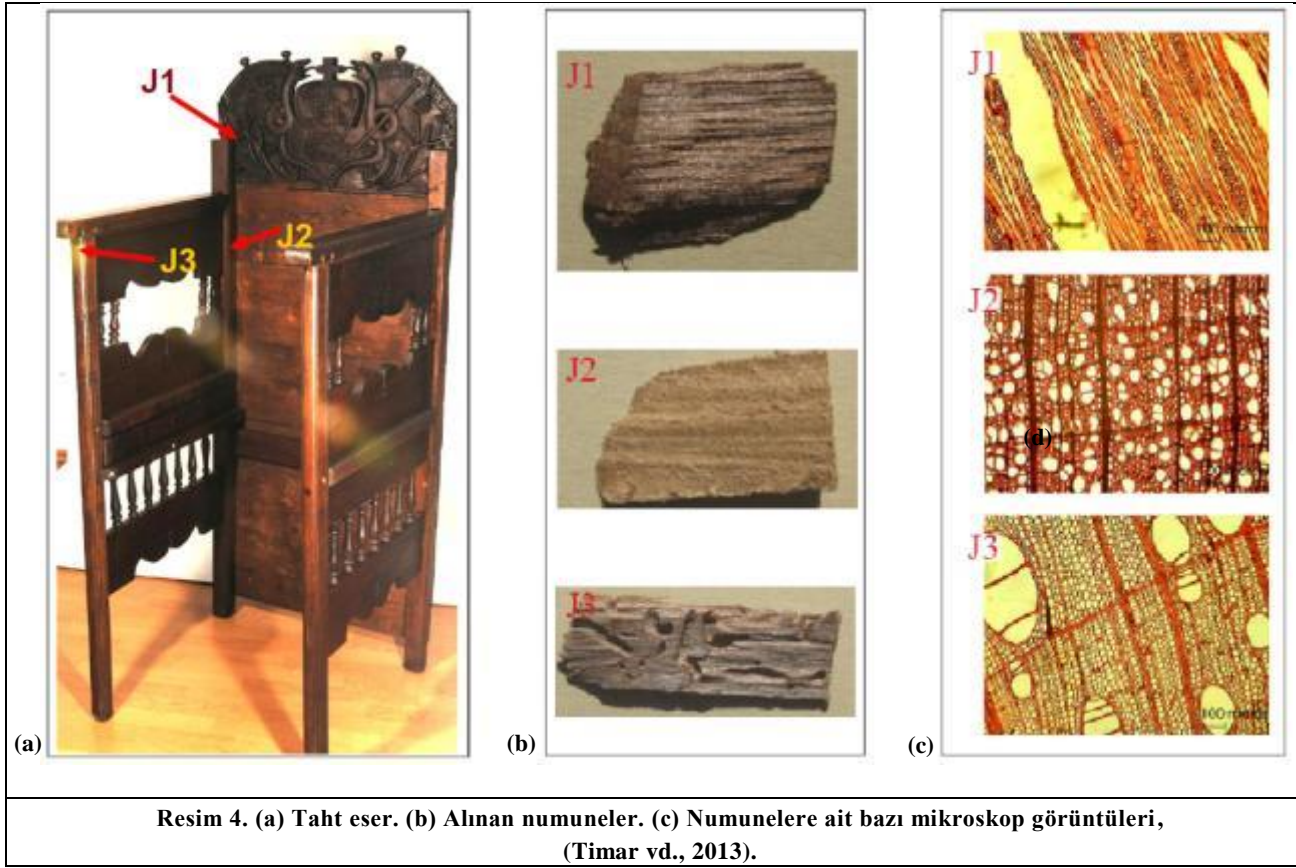
Akkemik ve Köse (2010) çalışmalarında, Tokat ve Amasya-Merzifon'da bulunan dört önemli tarihi yapının dendrokronoloji yöntemi kullanılarak yapılış tarihlerinin saptanmasını amaçlamışlardır. Alınan örneklerin en az 50 yıllık halka içermesine dikkat edilmiştir. Ana kronoloji olarak, bölge için Cornell Üniversitesi, Dendrokronoloji Laboratuvarı tarafından oluşturulmuş 1098-2000 yıllarını kapsayan meşe ana kronolojisi (BEK) kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Tokat'ta bulunan Bedesten'in 1425-1426, Gülbahar Hatun Külliyesi'nin 1485-1486, Deveciler Hanı'nın 1488-1489 ve Amasya-Merzifon'daki Tarihi Bedesten'in 1672-1673 yıllarında yapıldığı saptanmıştır (Resim 3).



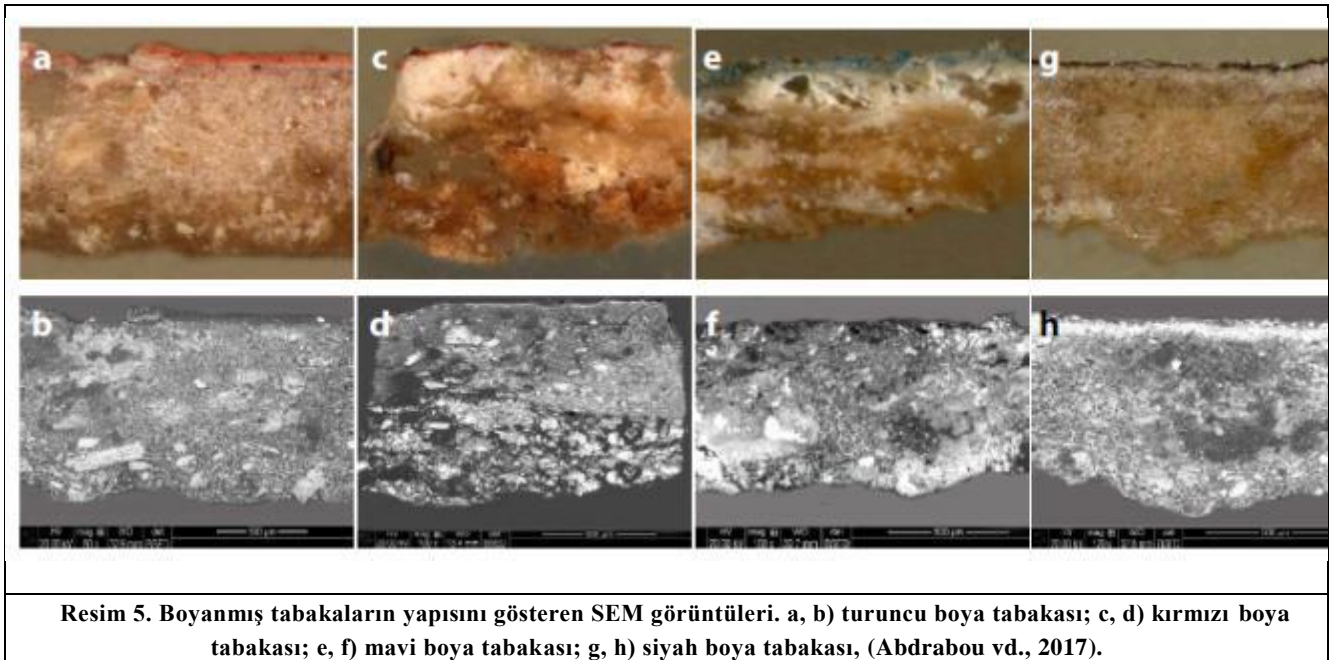
**Resim 3. Tokat Ana Kronolojisi (TOK), Bedenten (BED), Deveciler Hanı (DEV) ve Gülbahar Hatun Külliyesi (GUL) ile Meşe ana kronolojisinin (BEK) karşılaştırması, (Akkemik, Köse, 2010).**

Çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük detayları objektif ve oküler adı verilen mercekler sistemiyle büyütülerek detaylı görüntüsünün incelenmesini sağlayan aletlere mikroskop denilir. Ahşap eserlerin teşhisinde de mikroskop görüntüleri ile belgeleme çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Timar, vd. (2013) çalışmalarında; Romanya-Valcea'da bulunan Berislăvesti Köyü'nde 1838 tarihli bir piskopos tahtı için ağaç türlerinin belirlenmesi ile ilgili vaka çalışmasını sunmaktadır. Türlerin belirlenmesi için J1, J2, J3 kodlu üç küçük ahşap numune belirlenmiş ve numuneler ışık mikroskobu ile incelenmek üzere slaytlar halinde hazırlanmıştır. Alınan üç ahşap numunenin incelenen mikroskop görüntüleri doğrultusunda iki numunenin ceviz (*Juglans regia*) ve birinin ıhlamur (*Tilia cordata*) olduğu tespit edilmiştir (Resim 4).



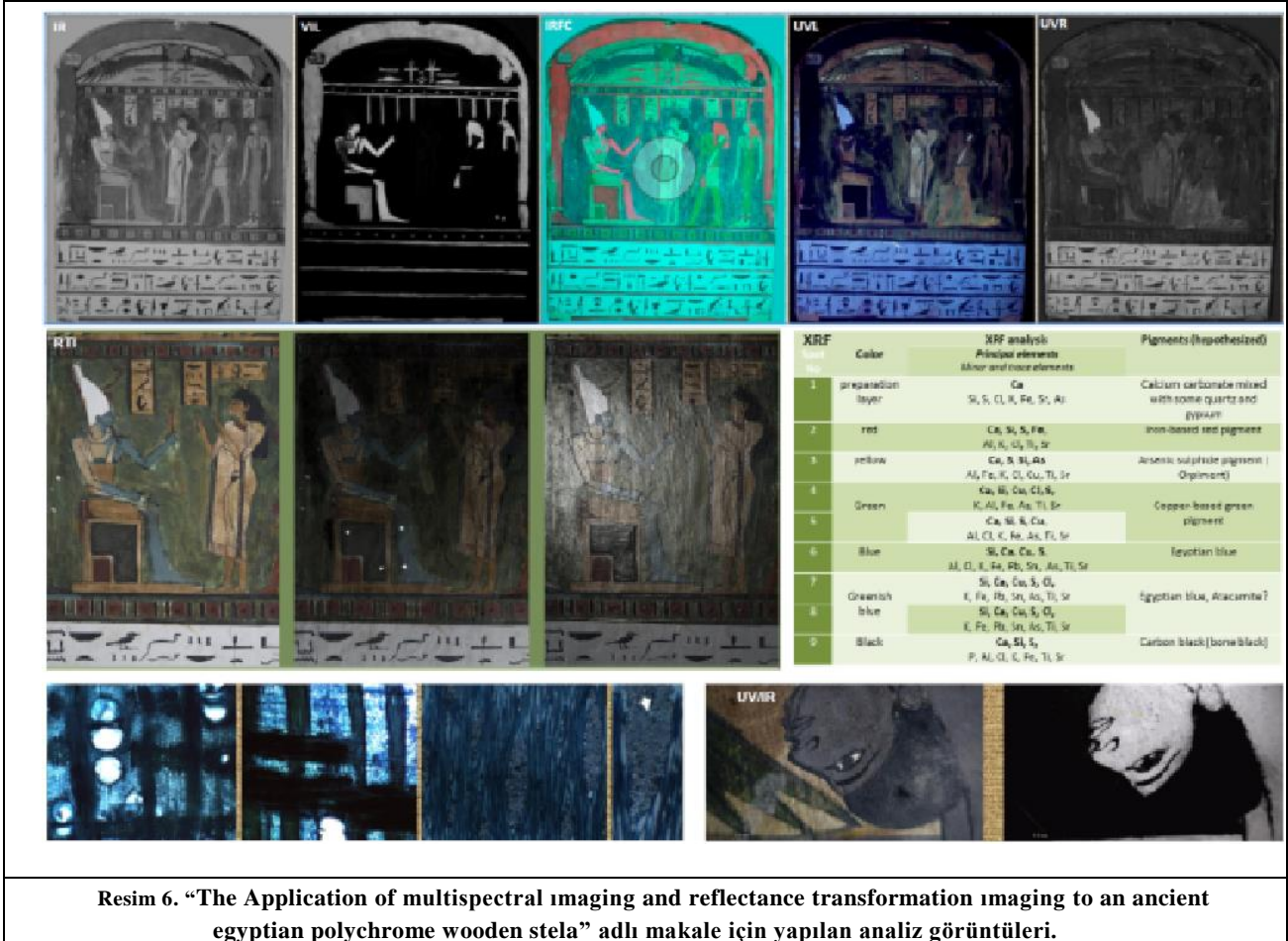
Abdrabou vd. (2017) çalışmalarında polikrom ahşap bir tabutta kullanılan pigmentleri tanımlamak ve belgelemek için analitik bir yaklaşım kullanmışlardır. Çalışma aynı zamanda boyama teknikleri ve eserin durumu hakkında daha yoğun bir araştırma yapmayı amaçlamıştır. Numunelerin ince kesitlerinin bir optik ışık mikroskobu altında gözlemlenmesiyle tanımlamaları yapılmıştır. Görüntüleri alınan numunelerden tabut üzerindeki pigment tabakasının 3 katman (kaba tabaka, ince tabaka ve pigment tabakası) olduğu anlaşılmıştır. Burada kaba tabaka ahşap yüzeyindeki kusurları örtmek için kullanıldığı düşünülmüştür. Ayrıca pigment tabakalarının incelikleri de bu görüntüler ile hesaplanabilmiştir (Resim 5).



Abdrabou vd. (2017) çalışmalarında; Mısır'da keşfedilen ahşap dikili taşı incelemiştir. Ahşap dikili taş

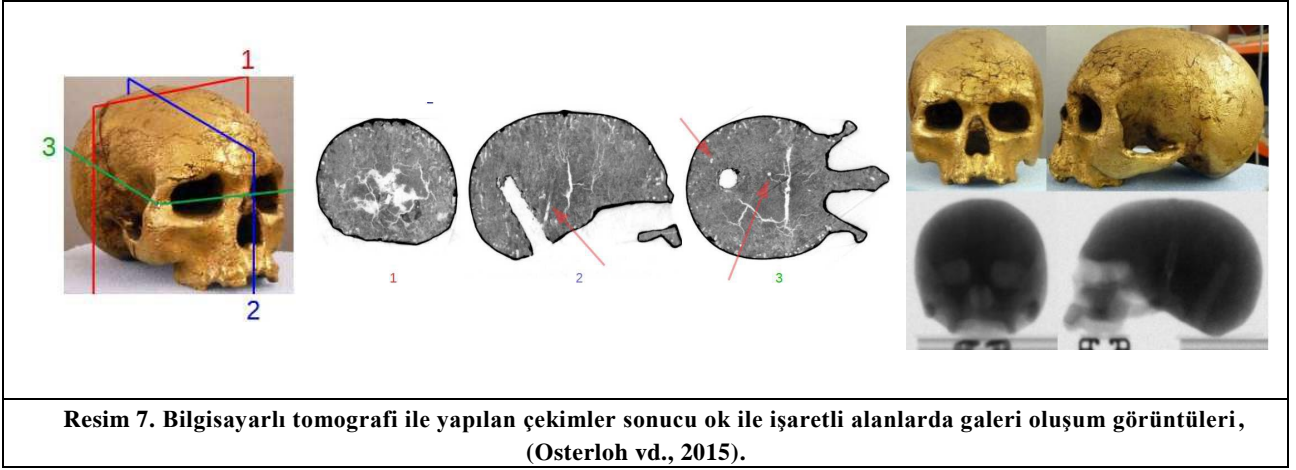


üzeri boyanmış bir alçı (gesso) tabakası ile kaplanmıştır. Bu çalışmanın odak noktası, multispektral görüntüleme-görünür yansıma (VIS), kızılötesi yansıma (IRR), görünür kaynaklı kızılötesi ışımaya (VIL), görünür kaynaklı ultraviyole ışımaya (UVL) ve ultraviyole yansıma (UVR) kombinasyonunu kullanmaktır. Kullanılan pigmentleri tanımlamak için de taşınabilir X-Işını floresans (pXRF) spektroskopisi kullanılmıştır. Yazarlar pigmentlerin yüzey dokusunu vurgulamak için yansıma dönüşüm görüntüleme (RTI) uygulaması da yapmışlardır. Ek olarak, VIL görüntüleme tekniği elde etmek için bir Dino-Lite dijital mikroskop (IR/UV) ile ahşabın türü de çalışmaya dâhil edilmiştir. Araştırma sonucunda Mısır mavisinden oluşan katman diğer katmanlardan tam olarak ayırt edilmiştir. Ahşap türü ise *Ficus sycomorus* L. (incir türü) olarak belirlenmiştir. RTI görüntüleme sayesinde mavi ve yeşil katmanların birden fazla kez üst üste uygulandığı görülmüştür. Bunlar fırçaların darbe yönleri teşhis edilerek elde edilen sonuçlardır (Resim 6). Ultraviyole (UV), görünür bölge (VIS) ve yakın infrared (NIR) spektral bölgelerde detaylı görüntülemesi ile bütüncül analiz sonuçları elde edildiği için multispektral görüntüleme sistemlerine (MSI) örnek bir çalışma olmuştur.



Resim 6. “The Application of multispectral imaging and reflectance transformation imaging to an ancient egyptian polychrome wooden stela” adlı makale için yapılan analiz görüntüleri.

Earl, vd. (2014) RTI analizi ile yaptıkları çalışmada; ahşap eserler üzerinde de gayet başarılı sonuçlar aldıklarını belirtmişlerdir. Bu çalışmalarında ıhlamur ağacına yapılmış bir Feyyum mumya portresi üzerindeki altın boyanın ve fırça izlerinin rahatlıkla izlendiğini belirtmişlerdir. Osterloh, vd. (2014) çalışmalarında; 1900'lerde, ağaç kurtları tarafından ağır hasara uğratılmış bir durumda bulunan üç yüzyıllık barok kitabeyi incelemişlerdir. Eserde yapıldığı dönemin restorasyon işlemlerinde tedavi amaçlı kullanılan katran özünü (karbolineum) rastlanmıştır. Bu madde günümüzde kanserojen olarak tanımlanmış olup, kokusu ve kaplaması ile boyaya nüfuz ettiği yüzeyde belirli noktalarda görsel olarak algılanabilmektedir. Bilgisayarlı tomografi ile görüntülenen eserde böcek istilasının oluşturduğu galeriler ve orta bölgedeki çatlaklar ortaya çıkartılmıştır. Altın renkli kaplama, kalın ve yoğun bir tabaka olarak farklı düzeylerde ortaya çıkarılmıştır (Resim 7).

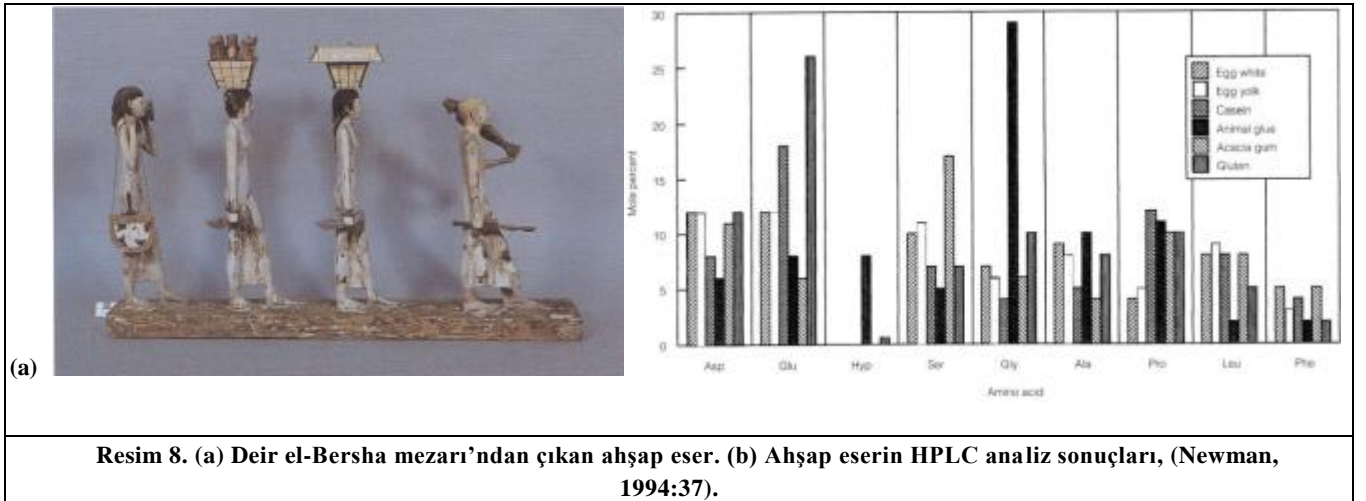


**Resim 7. Bilgisayarlı tomografi ile yapılan çekimler sonucu ok ile işaretli alanlarda galeri oluşum görüntüleri, (Osterloh vd., 2015).**

Narita vd. (2013) çalışmalarında; 70 yıldan uzun süredir Japonya'da bir üniversitenin kapısı olarak kullanılan ahşap eserin tür tayininde TCL analizini kullanmışlardır. Yapılan analiz sonucunda ahşabın Hinoki (*Chamaecyparid obtusa*) olduğu tespit edilmiştir.

Farklı alanlarda ve çeşitli yöntemlerle kullanılan kromatografinin en önemli, etkin ve yaygın kullanım alanına sahip olanı, Likit Kromatografi temeline dayanan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) yöntemidir (Eser, Dinçel, 2018:51). Test edilecek biyomolekülün uygun bir çözücünde çözünmesi, numunedeki bileşenlerin ayrımı, ayrılan bileşenlerin ve miktarlarının tayin edilmesi, kromatogramların değerlendirilmesi işlem basamaklarını içerir (Eser, Dinçel, 2018:53).

Newman (1994) çalışmasında; Boston, Museum of Fine Arts'da bulunan bir cenaze törenini temsil eden Mısır, Deir el-Bersha mezarı'nda çıkan bir boyalı ahşap eseri ele almıştır. Amino asitlerin analizi için HPLC'nin kullanılmasıyla, Mısır'daki Orta Krallık'tan büyük bir grup ahşap figürün üzerindeki boyanın bağlayıcısının yapıstırıcıyla bağlandığı bulunmuştur. Yapılan analizler ile yaklaşık dört bin yıllık bağlayıcının amino asit profilinin, modern kolajen yapıdan önemli ölçüde farklı olmadığı gözler önüne serilmiştir (Resim 8).



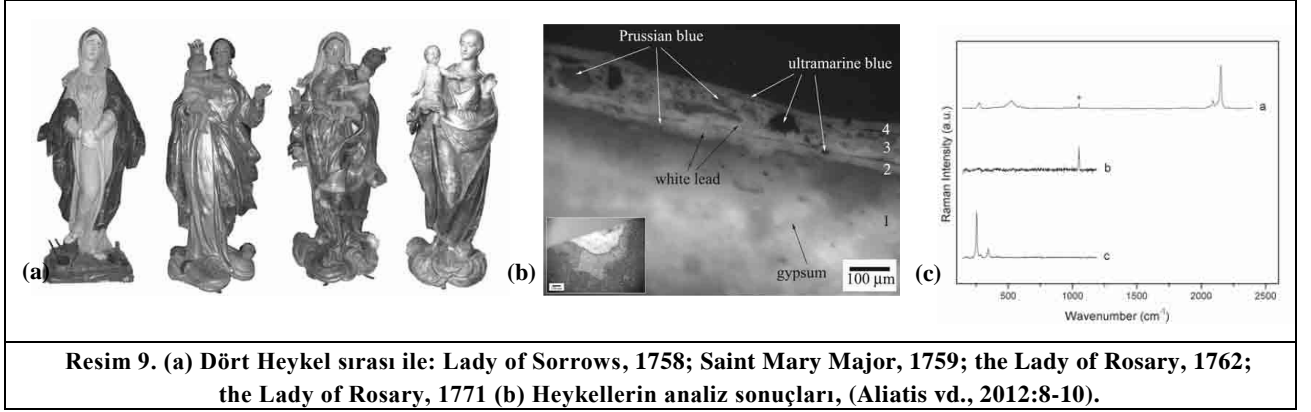
**Resim 8. (a) Deir el-Bersha mezarı'ndan çıkan ahşap eser. (b) Ahşap eserin HPLC analiz sonuçları, (Newman, 1994:37).**

Raman tekniği bir titreşim spektroskopisidir ve malzemelerin titreşim modlarını meydana çıkarır. Raman fenomeni, ışık saçılımı sürecine dayanır: Numune, UV görünür bölgede ( $\nu_0$  frekanslı) yoğun lazer ışınlarına tabii tutulur ve saçılan ışık gözlemlenir (Carcione, 2018:100).

Aliatis vd. (2012) çalışmalarında; İtalya'da çalışan Flaman bir heykeltıraş olan Jan Geernaert'in (1704-1777) dört adet renkli ahşap heykelinin mikro-Raman analizlerini yapmışlardır. Üçünde bebek İsa bulunan Meryem Ana'yı temsil eden heykeller 1750-1770 döneminde ve tamamı kavak ağacından yapılmıştır. Araştırmada mikro-Raman yönteminin seçilmesinin amacı orijinal pigmentleri tanımlamaktır. Tüm heykeller ahşap, alçı ve hayvan tutkalı ile yapılmış bir zeminle kaplanmıştır. Orijinal resmedilmiş kısım ve sonradan restore edilmiş kısımlardaki tüm pigment analizleri yapılabilmektedir.



Pigmentler beyaz “*imprimitura*” adı verilen tabakaya yayılmışlardır. Çalışmada özellikle Meryem Ana’nın üzerindeki mavi renkteki örtüye odaklanılmıştır. Yeniden boyanmış dış katmanlarda, 1828’de veya sonrasında ulaşılabilir doğal ve değerli *lapis lazuli*’ye alternatif olan sentetik bir pigment olan ultramarin mavisi ile Prusya mavisi heksasiyanoferrat bulunmuştur. Heykellerin bir tanesinden 1930-35’ten sonra restorasyon işlemi yapıldığını doğrulayan *ftalosiyanin mavisine* rastlamışlardır. Orijinal ten renkleri; beyaz kurşun ve cinnabar (zinober) (HgS) ile elde edilirken yeniden boyanan tabakalar; krom sarısı (PbCrO<sub>4</sub>, 1809’da sentezlenmiştir), çinko sarısı (ZnCrO<sub>4</sub>, 1809), kırmızı kurşun (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) karıştırılarak yapılmış, ultramarin mavisi, zinober, hematit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), götit ( $\alpha$ -FeOOH), kalsit (CaCO<sub>3</sub>) ve beyaz kurşun ile oluşturulmuşlardır (Resim 9).



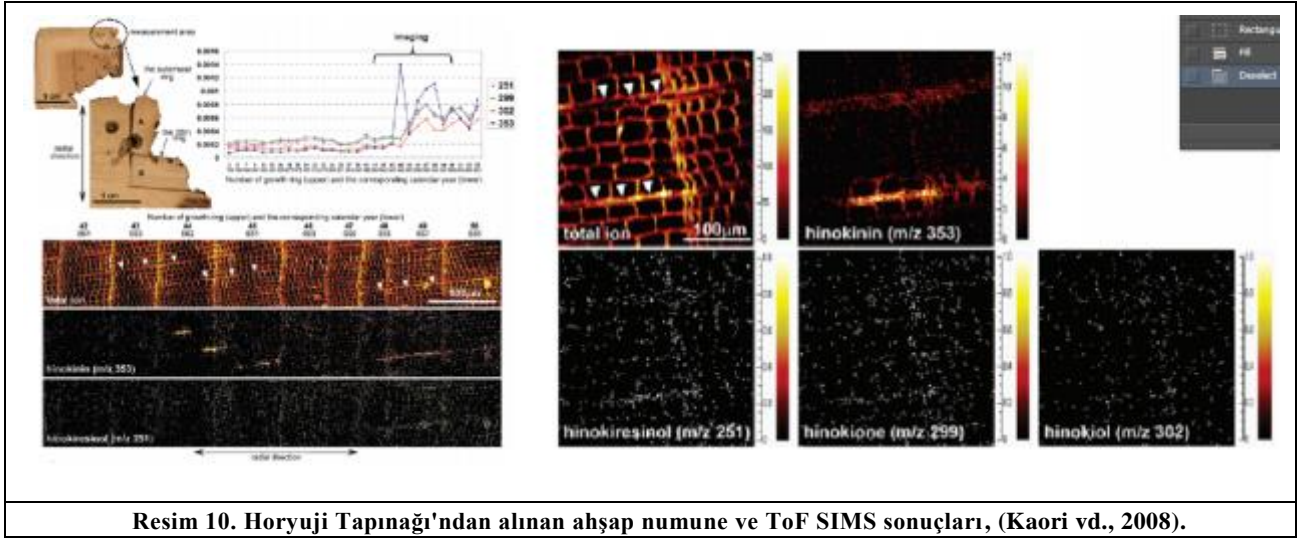
Temelde kızılötesi ışığın incelenen madde tarafından absorpsiyonuna dayanan IR (Infrared absorpsiyonu) oldukça basit bir yöntem olup gerek kil mineralojisinde ve gerekse de toprak biliminde yaygın olarak kullanılmaktadır. IR spektrumu kimyasal bileşimi izomorf yer değişimlerine ve kristaliniteye hassastır ve kil mineralinin tanımlanması yanında yüzey özellikleri ve mineralin ortamındaki tepkimeler hakkında da önemli bilgiler verir (Işık, 2018:723).

Traor’e vd. (2015) çalışmalarında; iki arkeolojik odun numunesini FTIR analizi ve diğer destek analizler ile incelemişlerdir. Bu arkeolojik parçalardan biri İspanya’nın kuzeybatısındaki Ribadeo Körfezi’ndeki bir gemi enkazının diğeri ise İspanya’nın merkezindeki Segovia Katedrali’ne ait ahşap numunelerdir. Alınan ahşap numuneler içerisinde selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriklerinin farklılıkları gözlenmiştir. Katedralden ele geçen ahşapta daha yüksek karbonhidrat içeriği, gemi enkazında daha fazla lignin gözlemlenmiştir. Bu değişikliklerin sebebi olarak farklı iki tür (çam ve meşe) ahşabın olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ancak birkaç yüzyıl boyunca maruz kaldıkları farklı ortamlar nedeniyle ahşap bozulmalarının da farklılıklar yarattıklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak çok değişkenli istatistiklerle birlikte; ağaç kimyası hakkında anlamlı bilgilere ulaşılmasının ve analiz edilen arkeolojik odun içindeki ligninin korunma durumunun belirlenmesinde FTIR analizinin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

İkincil iyon kütle spektroskopisi (secondary ion mass spectroscopy, SIMS), numuneleri birkaç keV enerjili odaklanmış birincil iyon ışını ile püskürtülüp, numunelerin yüzeyinden yayılan ikincil iyonları analiz ederek katı yüzeyler hakkında elementel ve moleküler bilgi elde edilmesini sağlayan çok hassas yüzey analiz tekniğidir. Yüzeyden yayılan ikincil iyonlar uçuş zamanlı kütle spektrometresiyle analiz edilir. Yüksek vakum ortamında çalışan ikincil iyon kütle spektroskopisi (secondary ion mass spectroscopy, SIMS), katılarda birkaç mikrometre derinliğe kadar olan element, izotop ve moleküllerin analiz edilmesinde kullanılır. Bu teknikte, iyon kaynaklarından elde edilen birkaç kilo elektrovolt enerjili oksijen (O) veya sezyum (Cs) iyonları uygun voltaj altında hızlandırılarak, araştırılacak örnek yüzeyine püskürtülmek üzere odaklanmış bir iyon demeti oluştururlar. Bu birincil iyon demetinin örnek yüzeyine çarpmasıyla yüzeyden sıçratılan ikincil iyonlar, kütlelerine dolayısıyla detektöre varış sürelerine göre (ağır kütleliler daha yavaş yol alırlar) ToFSIMS’de analiz edilirler (ODTÜ, MERLAB Tanıtım Kataloğu, s.45).

Kaori vd. (2008) çalışmalarında; rengi değişmiş ağaçlardaki görsel olarak ayırt edilemeyen öz odun ve diri odunları seçmişlerdir. Ahşap eserler Horyuji Tapınağı’ndan elde edilen antik Hinoki ahşaplarıdır. Normalde ağaç gövdelerinin enine kesitlerinde renkle tanınan diri odun ve öz odun arasında ayırım yapmak, dendrokronolojik tarihlende ve dayanıklılık gibi odun niteliklerinin değerlendirilmesinde önemlidir.

Rengi bozulmuş ağaçlarda kesim tarihi tahmin edilemez çünkü özü ayırt edilemeyen odun içerir. Sonuç olarak rengi bozulmuş ahşabın kesim tarihinin belirlenmesine ve ağaçtaki kimyasal bileşenlerin çok küçük miktarlardaki dağılımını araştırmak için TOF-SIMS'in yararlı olduğunu belirtmişlerdir (Resim 10).



Termogravimetrik analiz yöntemi (TGA), numunede sıcaklığa bağlı olarak meydana gelecek ağırlık değişikliklerini tanımlamaya yarayan bir yöntemdir. Bu yöntem ağırlık, sıcaklık ve sıcaklık değişiminin yüksek hassasiyetli ölçümlerine bağlıdır.

Tomassetti vd. (1990) çalışmalarında; tarihi kiliselerin kapılarına ait eski ve yeni ahşap numunelere termogravimetrik yöntem ile analiz uygulamışlardır. Bu çalışmada, tüm bu numuneler için yaş ve hasara ilişkin nicel veriler ve nitel bilgiler elementel analiz ve mikrograflarla desteklenmiştir. Termogravimetrik analizin bu çalışmaya uygulanması ile;

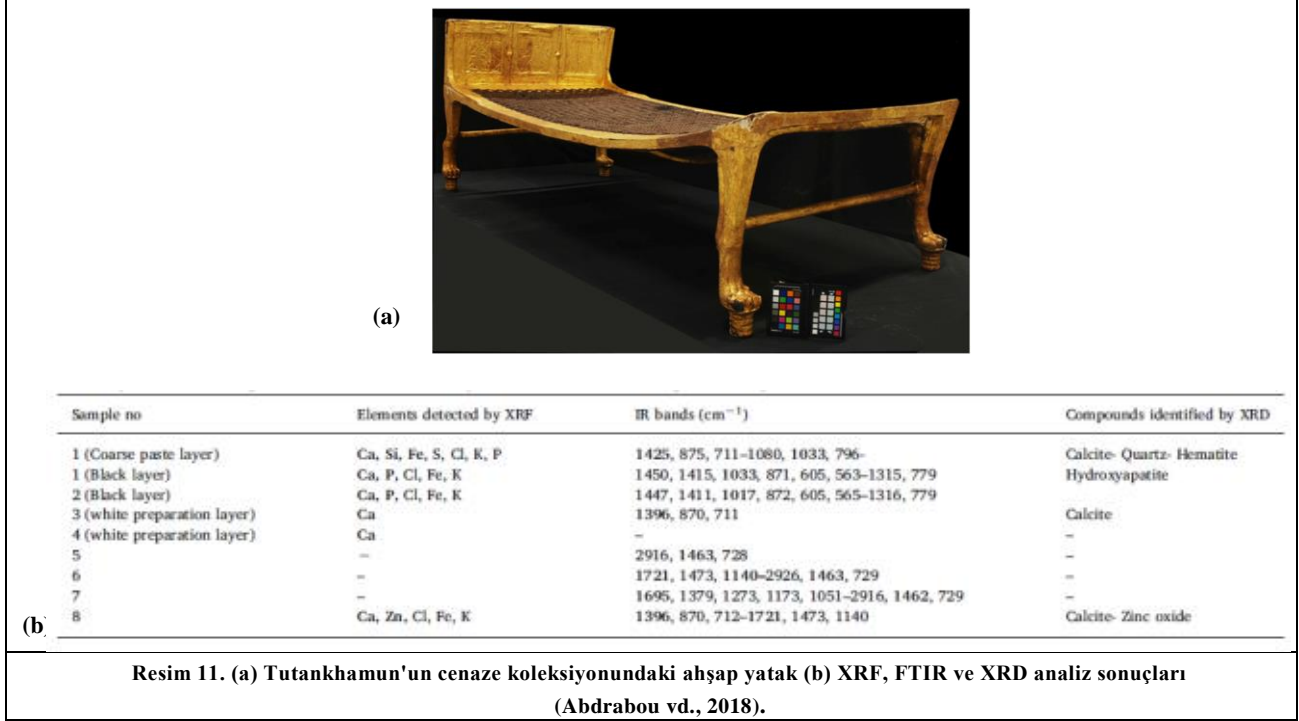
- (1) ana bileşenlerin içeriği (lignin, selüloz, nem) ve farklı türdeki taze odunların külleri belirlenmiştir,
- (2) aynı zamanda eski orman örnekleri için bu bileşenlerin içeriği belirlenmiş ve arkeolojik ormanlar için aynı verileri tahmin edilmiştir,
- (3) odun numunesinin lignin ve selüloz içerikleri ile yaşı arasında niteliksel bir ilişki olduğunu doğrulamıştır,
- (4) çevre koşullarının ağaç numunelerinde meydana getirdiği zararlar ortaya konulmuştur.

X- ışınları kırınımı analizi (XRD) ile örnek içeriğindeki minerallerin tanımlanması yapılarak özellikleri belirlenmektedir. Bu analiz yöntemi, maddeye herhangi bir tahribatta bulunmadan fiziksel ve kimyasal bileşenleri saptamada kullanılır. XRD ile ışığın geliş ve yansıma açısının, polarizasyonun, enerjinin ya da dalga boyunun bir fonksiyonu olarak numuneye çarparak saçılan X ışınlarının yoğunluğu belirlenir ve bunun sonucunda molekülün şekli veya geometrisi saptanmaya çalışılır (Işık, 2018:720).

Abdrabou vd. (2017a) çalışmalarında; antik döneme ait bir tabutun üzerindeki pigmentleri XRF, XRD ve FTIR spektroskopisi gibi teknikler kullanarak tespit etmişlerdir. Bir boya tabakasının bileşimi hakkında tam bir genel bakış elde etmek için birkaç tekniğin bir arada kullanılması gerektiğinin vurgusunu yapmışlardır.

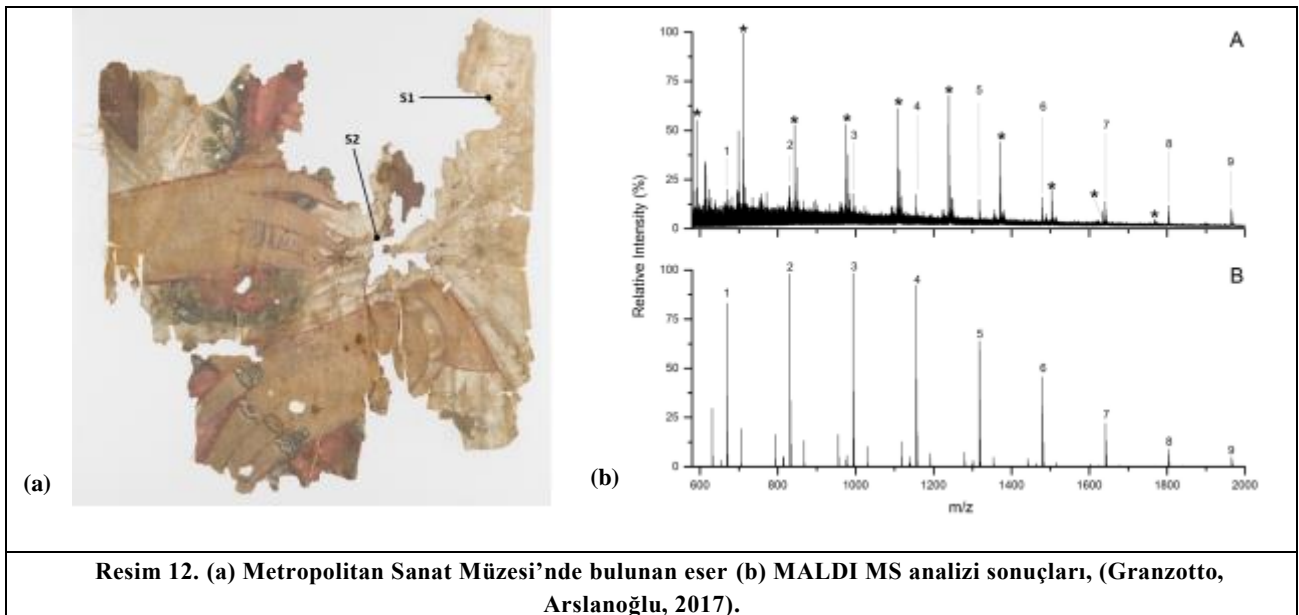
Abdrabou vd. (2018) yaptıkları diğer bir çalışmada; ilk kez 1922 yılında Kral Tutankhamun'un mezarının keşfi ile cenaze koleksiyonundan yaldızlı ahşap bir yatağın botanik türlerini, yaldız tabakalarında kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimini ve geçmiş dönemlerde kullanılan malzemeleri belirlemek amacıyla yapılan araştırmayı ayrıntılı olarak anlatmaktadırlar. Ahşap ve tekstil türleri, ince kesitlerin optik geçirgen ışık mikroskobu altında incelenmesiyle tanımlanmıştır. Ahşap yüzey üzerine tabakalandırılan yaldız malzemeleri ve önceki dönem malzemeleri, görünür kaynaklı ultraviyole ışıldama (UVL), optik mikroskopi (OM), X-ışını floresan spektroskopisi (XRF), X-ışını kırınımı (XRD) ve Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) dâhil olmak üzere çeşitli bilimsel ve analitik önlemlerle analiz edilmiştir. Yaldız katmanlarının enine kesitleri de OM ve çevresel taramalı elektron mikroskobu (ESEM) ile incelenmiştir. Mikro-stratigrafik analiz ile ahşap yüzeyde dört hazırlık tabakası gözlemlenmiştir. Odun yüzeyi ile dokuma keten tabakası arasında karbondan (bitkisel ve hayvansal kökenli) yapılmış siyah bir tabaka bulunmuştur. Beyaz hazırlık tabakası kalsiyum karbonat olarak tanımlanmış ve kalın tutkal tabakasının kalsit, kuvars ve

hematit karışımı olduğu kanıtlanmıştır. Organik bağlayıcı, protein bazlı bir materyalden, büyük olasılıkla hayvan tutkalından oluştuğu belirtilmiştir. Yapılan analizlerin gelecekte bir koruma planı uygularken dikkate alınması gereken geçmiş tedavi müdahaleleri sırasında eklenen orijinal malzemeler ilgili ayrıntılı bilgiler vermesi açısından önemli olduğu vurgulanmıştır (Resim 11).



MALDI yöntemi ilk defa Karas, Bachmann ve Hillenkamp tarafından alanin aminoasidinin moleküler iyonunun oluşumuna triptofan aminoasidinin katkısını göstermek amacı ile 1985 yılında kullanılmıştır (Işık, 2018:718).

Granzotto ve Arslanoğlu (2017) çalışmalarında; MS 2-3. yüzyıla tarihlendirilen Fayyum mumya portresi üzerinde çalışmışlardır. MALDI-MS yönteminin kullanıldığı bu analitik çalışmada hassas sonuçlar alınmıştır. Bu yöntemin çok küçük boyutta numune ile sadece bitki esaslı yapıştırıcının varlığı değil farklı tür kaynaklarının ayırt edilmesine de izin verdiği belirtilmiştir. Araştırma ile *Acacia Senegal* türünden yapılmış bir tutkal kullanıldığı bilgisine ulaşılmıştır (Resim 12).



## SONUÇ

Ahşap gerek tek başına gerekse metal, taş gibi nesnelere ile kombinasyonu ile birlikte insanoğlunun varoluşundan itibaren onun hayatında olan bir maddedir. İnsanoğlu yaşam koşullarını ahşapla uyumlu bir ilişki içinde modern günlere taşımıştır. Bu uyumu ana hatları ile görebileceğimiz taşınmaz ahşap eserleri; binalar, yapılar, taşınır ahşap eserler ise; mobilyalar, ev gereçleri, müzik aletleri gibi eserler oluşturur. Bu eserlere ek olarak arkeolojik alanlardan (gömü/sualtı) ya da kazılardan çıkan eserlerde dahil olmaktadır.

Kültür varlıklarımızın büyük bir çoğunluğunu, yaşanan toplulukların kültürünü, ideallerini, sembollerini yansıtan mesleki, teknik eserler, yaratıcı faaliyetler ve sanatsal ürünlerinin büyük bir kısmını ahşap eserler oluşturmaktadır. Bu eserler ile geçmiş dönem insan faaliyetlerinin teknolojik ve sosyolojik yönleri, incelenerek anlaşılabilir. Anlamlı ve doğru bir ahşap eser incelemesi için doğa bilimleri, beşeri bilimler ve sanattan oluşan bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç vardır. Bu yüzden de insan yaşamı ve kültürü hakkında bilgi veren ve gelecek için korunmaya değer görülen her türlü ahşap eser için odunun yapısını bilmek de oldukça önemlidir.

Ahşabı tanımlamak için seçilecek tahribatlı ya da tahribatsız yöntemler eserden ne tür bir bilgi alınmasına yönelik hedeflere göre seçilmelidir. Sonuçların kesinliği, güvenilirliği ve yeniden teyit edilebilirliği önem arz ettiği için esere uygun olan birden fazla analiz teknikleri ile desteklenerek ortaya konulmalıdır. Analiz teknikleri ile kayıt altına alınan bilgiler gelecekte yapılacak araştırmalarda karşılaştırma olanağı sağlayacaktır. Böylece koruma planları için izlenecek yol haritası daha kalıcı olarak çizilebilir.

Araştırma sonucunda ahşap eserlerin tanımlanmasında kullanılan analiz yöntemlerinin pigment kökeni bulmada, yaş tayinlerinin hesaplanmasında, ahşap tür tayinlerinde, ahşabın bozulma etkeni ve boyutunun belirlenmesinde ve tüm bu sonuçların belgeleme açısından önemi ve gerekli olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca eser tanımlama işlemlerinin bir disiplinler arası çalışma gerektirdiği araştırmada adı geçen çalışmaların çeşitliliğinden de anlaşılmaktadır.



## KAYNAKÇA

- Abdrabou, A., Abdallah, M., Kamal, H.M. (2017). Scientific Investigation By Technical Photography, OM, ESEM, XRF, XRD And FTIR Of an Ancient Egyptian Polychrome Wooden Coffin, *Conservar Patrimônio*, 26: 51-63.
- Abdrabou, A., Abdallah, M., Kamal, H. M. (2017a). The Application Of Multispectral Imaging And Reflectance Transformation Imaging To An Ancient Egyptian Polychrome Wooden Stela, *The 18<sup>th</sup> Triennial Conference of the International Council of Museums Committee for Conservation*, Kopenhag.
- Abdrabou, A., Hadidi, N.E., Hamed, S. and Abdallah, M. (2018). Multidisciplinary Approach For The Investigation And Analysis Of A Gilded Wooden Bed of King Tutankhamun, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 21: 553-564.
- Akbulut, S., Özkan, Z. C., (2004). Dendrokronolojik Çalışmalarda Ağaçların Seçimi ve Yıllık Halka Ölçümleri, *Kafkas Üniversitesi, Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 84-88.
- Akkemik, Ü., Köse, N. (2010). Tokat İli ve Çevresinde Bulunan Bazı Tarihi Yapıların Dendrokronoloji Yöntemleriyle Tarihlendirilmesi, *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University*, 60 (2): 7-16.
- Aliatis, I., Bersani, D., Lottici, P.P., Marino, I.G. (2012). Raman Analysis On 18<sup>th</sup> Century Painted Wooden Statues. *ArcheoSciences*, 36: 7-13.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., (2011). *Ağaç Teknolojisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İstanbul.
- Carcione, R. (2018). Raman Spektroskopisi, Ersöz, M., Sulak, M., Bersani, M., Işıtan, A., Balaban, M., Yakar Z., Ünlü, G.C., ve Onar, V., (Ed.), *Nanoteknoloji 2-Karakterizasyon ve Uygulamalar* (s.100-111) içinde, Denizli: Bilal Ofset Basım-Yayın ve Matbaacılık.
- Corbinau, P., Macchioni, N. (2015). Connaître, Reconnaître Et Nommer Le Bois, Hugues Jaquet, (Ed.) *Savoir et faire: Le bois*. Fransa: Actes Sud.
- Doménech-Carbó, M.T., Osete-Cortina, L. (2016). Another Beauty Of Analytical Chemistry: Chemical Analysis Of Inorganic Pigments Of Art And Archaeological Objects, *ChemTexts*, 2:14.
- Dönmez, İ. E., Dönmez, I. (2013). Ağaç Kabuğunun Yapısı ve Yararlanma İmkânları, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 14: 156-162.
- Earl, G., Basford Philip, J., Bischoff, A. S., Bowman, A., Crowther, C., Dahl, J., Hodgson, M., Martinez, K., Isaksen, L., Pagi, H., Piquette, K. E., & Kotoula, E. (2011). Reflectance Transformation Imaging Systems For Ancient Documentary Artefacts, In *EVA London 2011: Electronic Visualisation and the Arts* BCS, The Chartered Institute for IT.
- Erkan, N. (2002). Dendrokronoloji ve Türkiye İçin Önemi, *Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, 2: 41-54.
- Eser, B, Sepici Dinçel, A. (2018). Kromatografiye Giriş, Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi Kullanımında Basit İpuçları, *Journal of Health Services and Education*, 2 (2): 51-57.
- Eyüpoğlu, Ş., (2010). *Doğu Karadeniz Bölgesinde Yaygın Olarak Bulunan Meşe Türlerinin (Quercus Ssp) Kimyasal Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi.
- Florian, M-L.E. (1990). Scope and History Of Archaeological Wood, Roger M. Rowell (Ed.), R. James Barbour (Ed.), *Archaeological Wood Properties Chemistry, and Preservation*. (s.3-32) Washington DC, American Chemical Society.
- Granzotto, C., Arslanoğlu, J. (2017). Revealing The Binding Medium of A Roman Egyptian Painted Mummy Shroud, *Journal of Cultural Heritage*, 27: 170-174.
- Işık, İ. (2018). Karakterizasyon ve Tarihlendirme Çalışmalarının Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi, *CEDRUS The Journal of MCRI*, 6: 713-736.
- Kantoğlu, Ö. (2019). Kültürel Varlık İçin Analiz Metodolojisi, *Nükleer ve Analitik Tekniklerle Kültürel Varlıkların Tanımlanması ve radyasyon Teknolojisiyle Korunması*, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- Kaori, S., Takumi, M., Takanori, I., Yasuyuki, M., Kazuhiko, F. (2008). Discriminating The İndistinguishable Sapwood From Heartwood İn Discolored Ancient Wood By Direct Molecular Mapping Of Specific Extractives Using Time-Of-Flight Secondary İon Mass Spectrometry, *Analytical Chemistry*, 80(5): 1552-1557.
- Kara, O., Erdal, H., Çelik, H.H. (2017). Bazı Tahribatsız Test Yöntemleri: Karşılaştırmalı Bir Derleme Çalışması, *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*. 3: 82-93.
- Kaya, N. (2019). Benzen Sentezi Yöntemi İle C-14 Tarihlendirme, *Nükleer ve Analitik Tekniklerle Kültürel Varlıkların Tanımlanması ve radyasyon Teknolojisiyle Korunması*, Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.
- Kovalyukh, N., Van der Plicht, J., Possnert, G., Skripkin, V., Chlenova, L. (2001). Dating of Ancient Icons From Kiev Art Collections, Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu. (23/7/1983). *Resmi Gazete*. Sayı: 18113.
- Le Pape, L. (2018). Application of EPR in Studies of Archaeological Samples, G. A. Webb (ed.), *Modern Magnetic Resonance* (s. 305-329). Springer International Publishing AG.



Orta Doğu Teknik Üniversitesi, *Merkez Laboratuvarı Tanıtım Kitabı*.

Osterloh, K., Bellon, C., Hohendorf, S., Kolkooi, S., Wrobel, N., Nusser, A., Tittelmeier, K. (2015). Computed Tomography with X-rays and Fast Neutrons For Restoration Of Wooden Artwork, *Physics Procedia*. 69: 472–477.

Özdemir, C. *Ahşap Malzeme Teknolojisi*, [PDF belgesi], Ormancılık ve Orman Ürünleri Programı Ders Notları.

Narita, H., Ando, N., Kuga, S. (2013). Simple Identification of Weathered Wood of *Chamaecyparis Obtusa* Var, *Formosana*, *Mokuzai Gakkaishi*, 59(4): 203–210.

Sevinç, V., Akyol, A. A., Erşen, D. (2015). *Anadolu Madencilik Tarihi Çanakkale-Lapseki Bölgesi Ahşap Merdiven ve Murç Buluntularının Belgeleme ve Malzeme Çalışmaları*, Mayıs, 31. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Erzurum.

Timar, M.C., Gurau, L., Porojan, M., ve Beldean, E. (2013). Microscopic Identification Of Wood Species- An Important Step In Furniture Conservation, *European Journal of Science and Theology*, 9 (4): 243-252. omassetti, M., Campanella, L., Tomellini, R. (1990). Thermogravimetric Analysis Of Ancient And Fresh Woods, *Thermochim Acta*. 170: 51–65.

Traor'e, M., Kaal, J., Cortizas, A.M. (2015). Application of FTIR Spectroscopy To The Characterization Of Archaeological Wood, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*.

Triantafyllou, M., Papachristodoulou, P., Pournou, A. (2010) Wet Charred Wood: A Preliminary Study Of The Material And Its Conservation Treatments, *Journal of Archaeological Science*, 37 (9): 2277-2283.

Wałach, D., Jaskowska-Lemańska, J., Dybeł, P. (2015). The Impact Of Moisture Content Of Wood On The Results Of Non-Destructive Tests, *Annals Of Warsaw University of Life Sciences*, 66: 448-454.

Yıldırım Altun, C. (2020). Ahşap Eserlerin Kullanım Alanlarının Sınıflandırılması, *Akademik Sanat Dergisi*, 10: 1-18.