



# Konya Gevale Kalesi Kazılarında Bulunan Temrenlerin Arkeometalürjik İncelemeleri

## Archeometallurgical Investigations of Temren Found in Konya Gevale Castle Excavations

Erkan AYGÖR<sup>1</sup> 

(Sorumlu Yazar-Corresponding Author)  
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Sosyal ve Beşerî Bilimler Fakültesi, Sanat Tarihi Bölümü, Konya, Türkiye

Department of Art History, Necmettin Erbakan University, Faculty of Social Sciences and Humanities, Konya, Türkiye

eaygor@erbakan.edu.tr

Aleyna BAYATLI<sup>2</sup> 

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya Technical University, Faculty of Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya, Türkiye

abayatli@ktun.edu.tr

Mustafa KOCABAŞ<sup>3</sup> 

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya Technical University, Faculty of Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya, Türkiye

mkocabas@ktun.edu.tr

Geliş Tarihi/Received 07.01.2024

Kabul Tarihi/Accepted 18.04.2024

Yayın Tarihi/Publication Date 21.05.2024

### Atıf:

Aygör, E., Kocabaş, M. & Bayatlı, A. (2024). Konya Gevale Kalesi Kazılarında Bulunan Temrenlerin Arkeometalürjik İncelemeleri. *Turcology Research*, 80, 352-361.

### Cite this article:

Aygör, E., Kocabaş, M. & Bayatlı, A. (2024). Archeometallurgical Investigations of Temren Found in Konya Gevale Castle Excavations. *Turcology Research*, 80, 352-361.

### Öz

Türkiye’de Orta Çağ kazılarında çıkarılan ve Orta Çağ’a ait temrenler üzerine çalışmalar oldukça sınırlıdır. Özellikle Orta Çağ’da, temrenlerin bilinmeyen yönleri bulunmaktadır. Bu bilinmeyenlerin ortaya çıkarılması için arkeometalürji çalışmaları günümüzde daha çok önem kazanmaktadır. Temrenlerde, diğer arkeolojik kazı buluntularında olduğu gibi etrafında bulunan diğer eserlerin varlığına veya katmanlarına göre dönem tespiti yapılmaktadır, ancak yaş tespiti dönemin üretim ve şekillendirme işlemleri hakkında bilgi vermemektedir. Bu anlamda, bu çalışmada Konya Gevale Kalesi bölgesinde bulunan temrenler arkeometalürjik yöntemlerle incelenmiştir. Konya Gevale Kalesi civarında bulunan temrenlerin farklı tipolojiye sahip olduğu ve temrenlerin tipolojisiyle kullanım amacı arasında bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. On üç yıllık kazılar sonrasında bulunan temrenler arasından i) yassı ve ii) dörtgen geometriye sahip iki farklı temren seçilerek analizleri yapılmıştır. Elde edilen kimyasal ve mikroyapısal analizler sonucunda temrenlerin ait olduğu dönemin üretim ve şekillendirme yöntemleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Temrenlerin yüzey ve mikroyapı incelemelerinde taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile elementel analiz spektroskopisi (EDS) ve optik mikroskop kullanılmıştır. Temrenlerin faz yapısı x-ışını kırınım (XRD) yöntemiyle incelenmiştir. Yapılan incelemelerle, o dönemin sahip olduğu teknoloji nedeniyle üretim ve şekillendirme için daha çok yumuşak çelik grubu kullanılmıştır. Aynı zamanda üretim sırasında izabe işlemlerinin yeterli ölçüde yapılamadığını ve bu nedenle çelik içerisinde istenmeyen elementlerin mevcudiyeti de gözlemlenmiştir. Öte yandan temren üretiminde genellikle döküm ve dövme yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür. Temrenler, uzun yıllar boyunca toprak altında kaldığı için buldukları ortamla etkileşime girerek homojen bir şekilde korozyona uğramıştır. Ancak buldukları ve maruz kaldıkları ortamda zaman içerisinde meydana gelen değişimler nedeniyle iç katmanlara doğru farklı korozyon ürünleri oluşumu söz konusudur.

**Anahtar Kelimeler:** Arkeometalürji, Gevale Kalesi, Ok, Temren

### Abstract

Studies on medieval excavations and the temrens unearthed in the Middle Ages in Turkey are quite limited. Especially in the Middle Ages, there are unknown aspects of temren. The importance of archeometallurgical studies and experiments to reveal these unknowns is gaining importance today. As with other archaeological excavation finds, the period is determined according to the presence or layers of other artifacts found around them, but age determination does not provide information about the production and shaping processes of the period. In this sense, in this study, the temren found in the Konya Gevale Castle region were analyzed by archeometallurgical methods. It has been observed that the temrens found in the neighborhood of Konya Gevale Castle have different typologies and that there is a relationship between the typology of the temrens and their utilization. After thirteen years of excavations, two different temrens with i) flat and ii) quadrilateral geometries were determined and analyzed. As a result of the chemical and microstructural analyses, information was obtained about the production and manufacturing methods of the period to which the temrens belong. Scanning electron microscopy (SEM) and elemental analysis spectroscopy (EDS) and optical microscopy were utilized for surface and microstructure investigations. According to the investigations, due to the technology of that period, generally mild steel group was preferred for production and shaping. At the meantime, it was also observed that melting processes were not adequately carried out and therefore the presence of undesirable elements in the steel was also observed. On the other hand, it has been observed that casting and forging methods are generally adopted in the production of temrens. On the other hand, it has been observed that casting and forging methods are generally adopted in the production of temrens. However, due to changes in the environment in which they are located and exposed over time, different corrosion products are formed towards the inner layers.

**Keywords:** Archaeometallurgy, Gevale Castle, Arrow, Temren



## Giriş

Günümüzde, özellikle arkeoloji alanında, Roma ve öncesine ait okların ucuna takılan genellikle madeni delici kısma bilimsel terim olarak “ok ucu” denilmektedir. Arkeoloji ana bilim dalları kendi terminolojisini ok ucu bölümleri için de tespit etmiştir ve bu terminolojiyi kullanmaktadır. Ancak Orta Çağ için terminoloji konusunda yeni çalışmalar halen yapılmaktadır. Orta Çağ’da ok uçları ile ilgili yazılı kaynaklarda bazı terimlerin kullanıldığı bilinmektedir. Yavaş, son kitabında terminoloji konusuna ayrıca değinmiş olup, bu konuda çalışan sanat tarihçilerinin, Orta Çağ ve sonrası için “temren” terimini tercih etmelerinin gerekliliği vurgulamıştır (Yavaş, 2020).

Çalışmamızda, Alptekin Yavaş’ın son çalışmasında önerdiği üzere, tarih içerisinde yukarıda gördüğümüz tanımları da dikkate alarak, “ok uçları” için “temren” teriminin kullanımı tercih edilmiştir (Yavaş, 2020: 69). Orta Çağ’daki temrenler göz önüne alındığında, bu temrenlerin bilinmeyen yönleri ve önemli boşlukları bulunmaktadır. Bu problemlerin çözülmesi için arkeometalurjik çalışmaların ve deneylerin önemi günümüzde artmıştır. Orta Çağ arkeolojisinde ok uçları metalürji çalışmaları oldukça sınırlıdır. Şimdiye kadar, Anadolu’da Orta Çağ dönemi içinde analiz ve deney çalışmaları, Konya Beyşehir Kubadâbâd Sarayı ok ucu buluntuları ve Samsat Höyük Selçuklu ok ucu örnekleri üzerinde yapılmıştır. Bu iki çalışmanın Gevale Kalesi ile benzerlikleri veya farkları ortaya konmak istenmektedir. Ülkemizde metalurjik anlamda Orta Çağ-Anadolu temrenlerini konu olan ilk çalışma Güder ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir (Güder ve ark., 2014). Bu çalışma hem sınırlı örnek üzerinden hem de temren dışında başka metal buluntular üzerinden yapılmıştır.

Orta Çağ temrenlerinin dünya genelindeki çalışmalarına bakıldığı zaman, Filistin Arsuf’da yer alan Haçlı Kalesi temrenlerine yönelik metalurjik deneyler öne çıkmaktadır (Ashkenazi vd. 2013: 235-257). İngiltere’deki Orta Çağ temren deneyleri Starley tarafından yapılmıştır (Starley, 2001). Orta Çağ arkeolojisinin, Roma ve öncesine ait ok uçları çalışmalarında oldukça geride ve yetersiz kaldığı görülmektedir. Yurt dışında genellikle Bizans ve öncesi ile ilgili ok ucu çalışmalarına yer verilmiştir (Korfmann, 1972; Piaskowski, 1989; Sherby & Wadsworth, 2001). Son yıllardaki metal analiz çalışmalarına örnek olarak ise Umman’daki balta ve ok ucu deneyleri verilebilir (Aksoy, 2018). Bronz Çağ’ı ok uçları ile ilgili kimyasal ve izotop analizinin üç boyutlu görünümü çalışması, alana farklı bir bakış açısı sunmaktadır (Yahalom-Mack vd., 2020). Bronz Çağ’ı analizlerine ise Daskyleion’da kazılarda ortaya çıkarılan ok uçları farklı bir örnek olarak verilebilir (Kasar ve İren 2020). Bronz Çağ’ı için Polonya’daki bir makalede, ok uçlarına x-ışını floresansı (XRF) ve taramalı elektron mikroskop elementel (SEM-EDS) analizi yapılmıştır (Baron ve ark., 2020). Benzer bronz ok ucu deneyleri Ukrayna’da gerçekleştirilmiştir (Daragan & Romanenko, 2021). Bunun yanı sıra, demir cevherinin özelliklerinin irdelendiği, jeokimyasal araştırmalar bulunmaktadır. Ayrıca, Brixlegg’de bulunan arsenik ve antimuan içeren bakır halkalar ve çevrede yer alan bakırlı cürufaların benzer içeriğe sahip olduğunu ve çevredeki bakır yataklarının eski çağlarda işletildiğini ortaya koyan bir çalışma bulunmaktadır (Höppner vd., 2005).

### Anadolu-Orta Çağ Temrenleri

Orta Çağ döneminde yazılan ok risalelerine bakıldığında iki tür ok tipolojisi (sınıflaması) karşımıza çıkmaktadır. Birincisinde meşk oku, pişrev oku, hedef oku, tirkeş oku gibi, okun hangi amaca hizmet ettiğini anlatan adlandırmalar vardır. İkinci temren tipolojisi söz konusu olduğunda üçgen, beşgen gibi geometrik isimlendirmeler görülür (Yücel, 1999:300). Bazen zeytunî (bitki), haydarî (hayvan), ya da pulâd peykân (çelik temren) gibi malzemeye dayalı isimlendirmelerle de karşılaşılır (Yücel, 1999:300). Alptekin Yavaş’ın son çalışmasında Orta Çağ temrenleri tasnif edilmiştir. Bu çalışmada dokuz farklı temren isimlendirilmiştir.

Bunlar sırasıyla;

1-Dörtgen biçimli tip

2-Üçgen biçimli tip

3-Yassı tip

4-Daire kesitli tip

5-V, Y veya hilal biçimli tip

6-Keski biçimli tip

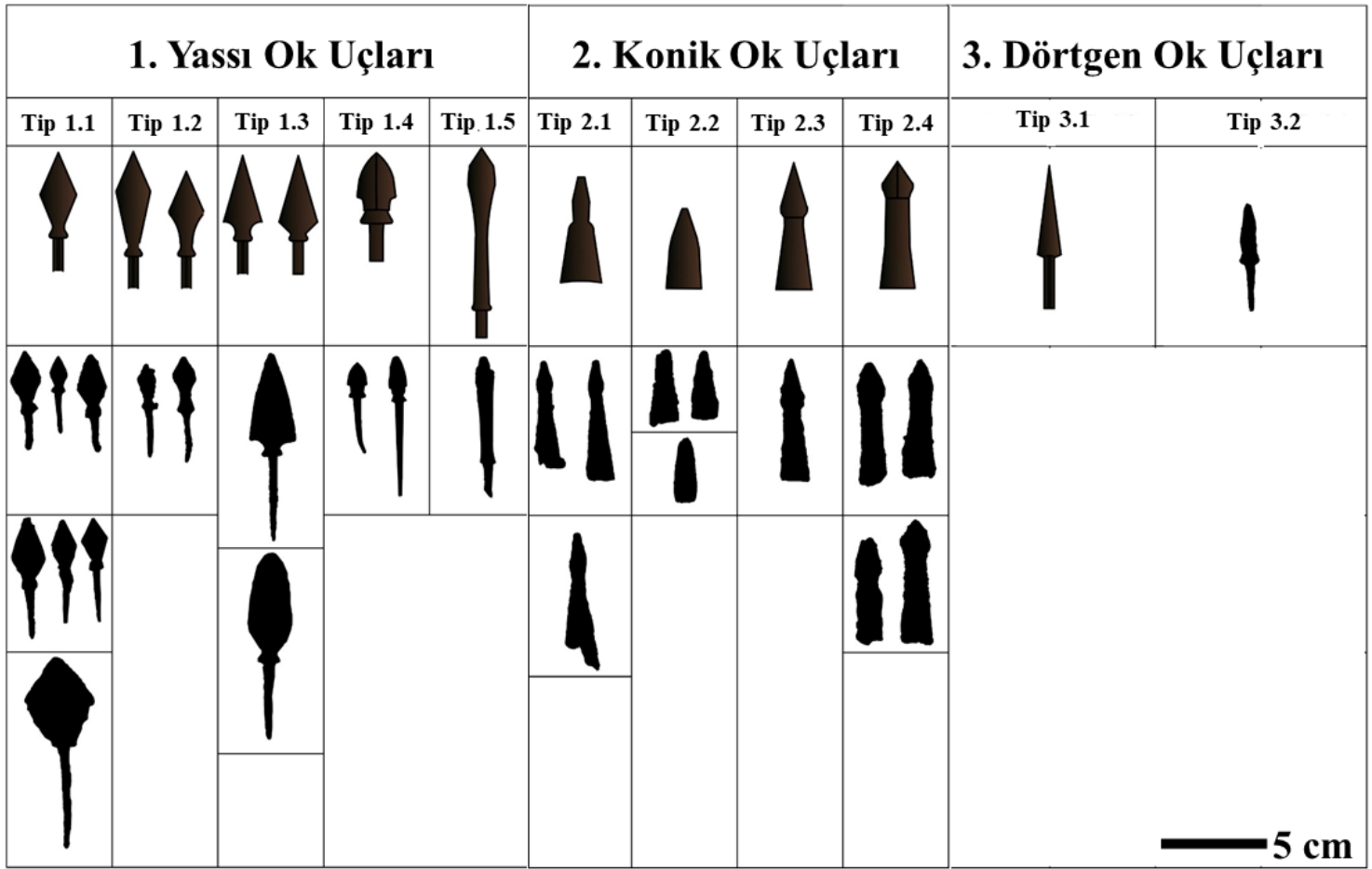
7-Kırlangıç kuyruğu veya kancalı/dikenli biçimliler

8-Bileşik tür

9-Çarh türü yaylarla kundaklı yaylarla atılan temrenler olarak tespit edilmiştir (Yavaş, 2020:119-146).

Konya Gevale kalesinde 2013 yılından beri aralıksız süren kazılarda yüzlerce ok ucu bulunmuştur. Tespiti edilen tipolojiye göre on bir farklı ok ucu tipi belirlenmiştir (Aygör, 2018). Yavaş’ın tipolojisi ile karşılaştırıldığında benzer ve farklı ok uçları kendini göstermektedir (Yavaş, 2020). Benzerlik en fazla Orta Çağ’a damgasını vuran yassı ve dörtgen temrenlerde görülmektedir. Bunlar arasında, yassı ve dörtgen temren en çok bulunan tip olarak karşımıza çıkmaktadır. Gevale Kalesi’nin farklı örnekleri içerisinde konik

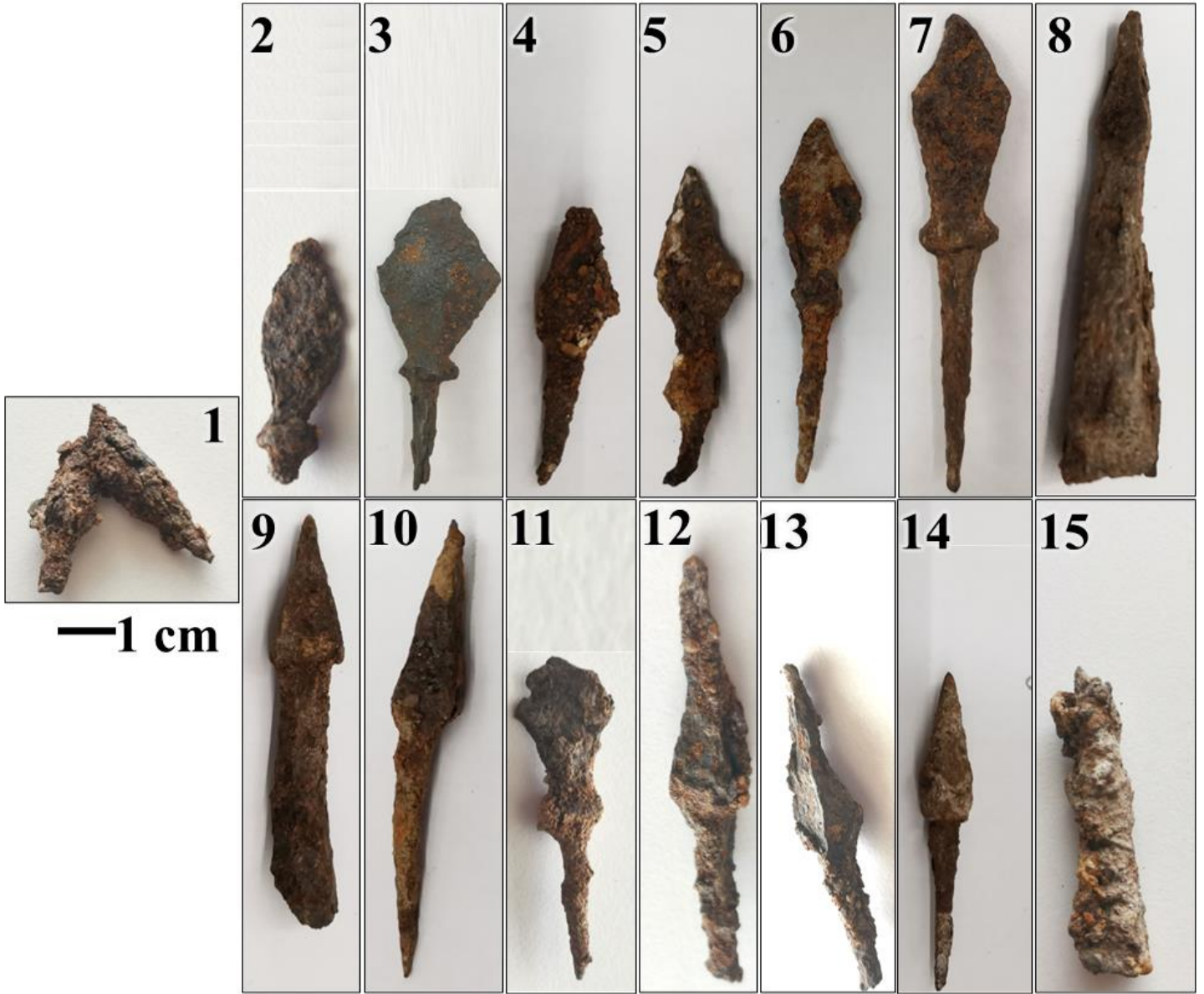
temrenlerde kendini göstermektedir. Bu türün en iyi benzer örnekleri Eskişehir Karacahisar Kalesi'nde bulunmuştur (Altınsapan, 2015). Diğer bir farklılık, yassı ok uçları içerisinde Tip 1.5 (Görsel 1) tiğ şeklindeki temrende görülmektedir. Yazılı kaynaklara göre bu temrenin kürklü hayvan avında kullanıldığı düşünülmektedir (Aygör, 2018).



Görsel 1- Gevale Kalesi ok ucu tipolojisi (Aygör, 2018)

Gevale Kalesi'nde bulunan konik temrenlerin bir kısmının Roma bir kısmının ise Haçlılara ait olabileceği düşünülmektedir. Ancak yaş tespiti yeterli deney ve analiz olmadığı için bu durum tahminden öteye geçememektedir. Bazı araştırmacılara ve incelenen kaynaklara göre bu konik temrenlerin atılabilmesi için "bir mekanizma (arbelet ve kuçingir) kullanılması gerekmektedir." görüşünü ileri sürmektedir (Baykan, 2017:55). Geometrisel olarak yorumlandığında ise; deneysel arkeoloji ve arkeometalurji ile kanıtlanabilen objektif sonuçlara ihtiyaç vardır. İkinci iğneli tiplerde ise aynı büyüklüğe sahip temrenlerin bağlı el yayı veya mekanizmalı bir aletle atıldığı konusunda bazı soru işaretleri bulunmaktadır. Ayrıca iğneli temrenlerin özellikle yassı ve dikdörtgen türünün; Bizans, Selçuklu ve Osmanlı'nın ilgili katmanlarında yapılan kazılardan elde edilen temrenlerde, bu temrenlerin aynı özelliklerde yapıldıklarını görülmektedir.

Bu çalışmada, Konya Gevale Kalesi'nde bulunan ok uçlarından on beş tanesi incelenmiştir. İncelenen ok uçlarının dijital fotoğrafları Görsel 2'de verilmiştir. Bulunan ok uçlarının ağırlıkları 2 ile 16 gram arasındadır. Bu ok uçlarının bazılarının toprak altında birbirine temas halinde olmasından dolayı birbirine kaynamış formda korozyona uğramıştır (Görsel 2: 1 numaralı ok ucu).



*Görsel 2- Gevale Kalesi'nde bulunan ok uçlarının görselleri*

Yapılan çalışmada kazılarda bulunan temrenlerden iki farklı geometri seçilerek ilerlenmiştir. Bunlar dörtgen (zırh delici) ve yassı temrenlerdir (Görsel 3a ve 3b). Orta Çağ'da en çok kullanılan iki temren çeşidi seçilen örneklerdir. Kazılarda ele geçen örneklerle göre büyük bir olasılıkla bu iki türün, Selçuklu dönemi içinde en fazla tercih edilenler arasında olduğu yorumu yapılabilir. Özellikle Beyşehir Kubadâbâd, Samsat, Eskişehir Karacahisar ve Gevale temrenlerinde bu iki tip ön pladadır. Bu iki farklı geometriye sahip temrenlerin mikroyapısal incelemeleri yapılarak ait oldukları dönemin üretimdeki teknolojik seviyesi, o dönemde hangi üretim şekillerinin kullanıldığı ya da hammadde olarak kullanılan malzemelerin benzerliği ve farklılığı hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Bu kısma kadar anlatılan bilgiler ışığında, yapılan bu çalışma ile Konya Gevale Kalesi ok uçları yardımıyla bahsi geçen kültürlerin izlerinin incelenmesi; ok uçlarının, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı şeklinde bizzat tespit edilmesine farklı bir bakış açısı kazandıracağı düşünülmektedir. Bahsi geçen medeniyetlere ait olduğunu düşünülen ok uçları olmasının yanında, farklı bir kültür unsuru olarak Haçlılara ait olduğunu düşünülen ok uçları da vardır. Yapılan bu çalışma ile Orta Çağ temrenleri hakkında bir bilgi birikimi oluşturularak, diğer Orta Çağ kazılarında bulunan temrenlerin karşılaştırılması yaş, teknik, malzeme gibi unsurlar hakkında daha sağlıklı yorumlama yapılması amaçlanmıştır.

### **Materyal ve Yöntem**

Gevale Kalesi'nde bulunan temrenlerin deneysel çalışmalar öncesinde dijital fotoğraflaması yapıldıktan sonra ağırlıkları ölçülmüştür. Ardından, temrenlerin yapıldığı döneme ait malzeme bilgisi hakkında yorumlamalar yapabilmek adına GNR-S7 Metal-Lab-Plus cihazında optik emisyon spektrometrisi (OES) yöntemi kullanılarak elementel analizleri yapılmıştır. Sonrasında

temrenlerin mikroyapısı ve korozyona uğrayan bölgelerin elementel analizleri için enine kesitleri alınarak Nikon Eclipse-MA optik mikroskopuyla görüntüleri alınıp Zeiss-GeminiSEM-500 cihazında SEM-EDS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Son olarak, metalik bölgeye ait fazlar hakkında bilgi sahibi olunması için Panalytical Empyrean marka x-ışını difraktometresinde (XRD) 10-100° aralığında tarama yapılmıştır.

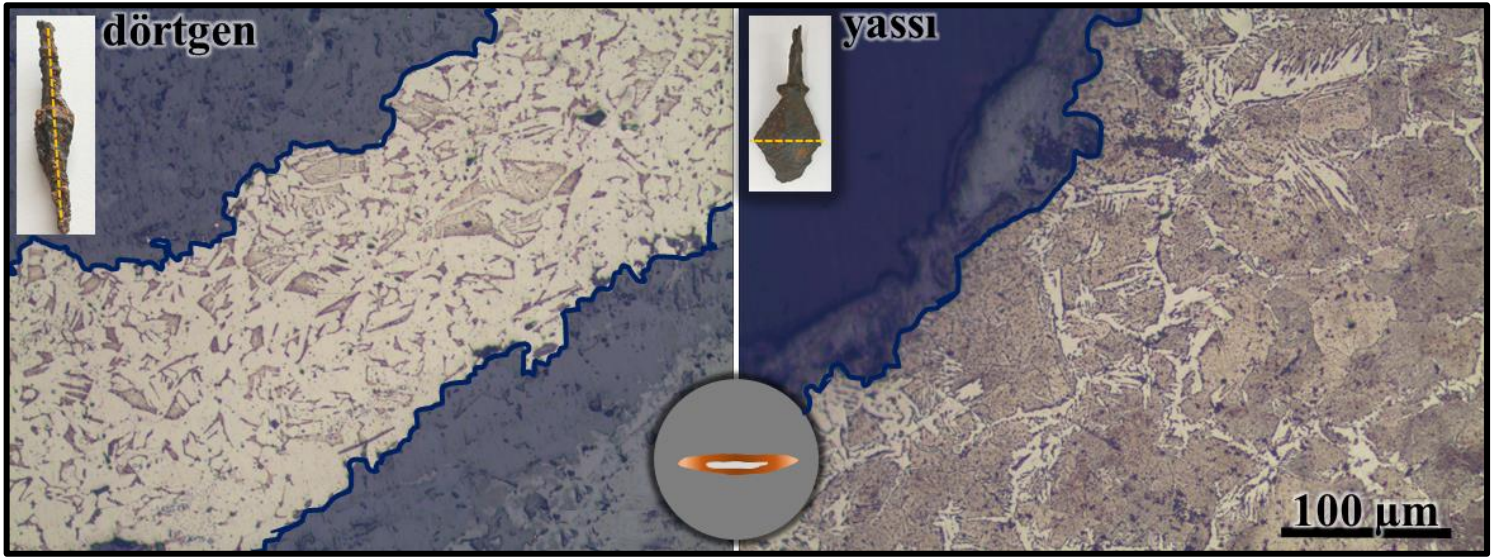
### Deney Sonuçları

Bulunan temrenlerden dörtgen geometrisinde olan yaklaşık 6 cm; yassı temren ise 5 cm uzunluğundadır. Temrenlerin ağırlıklarına bakıldığında yassı temren 6,76 gram; dörtgen temren ise 5,42 gramdır (Görsel 3a ve 3b). Temrenlerin ağırlık ölçümü onların kullanımı sırasında hangi atış yöntemiyle kullanıldığı hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır. Karpowicz'in yaptığı çalışmalarda klasik yayla ve kol gücüyle yapılan (bir mekanizma olmadan) ve savaşta kullanılan okların toplam ağırlığının 19,4 gr ile 42,1 gr arasında olduğunu belirtmektedir (Karpowicz, 2018: 218). Korfmann'a göre Arap atıcılık eğitimini konu alan kaynaklardan yararlanarak yaptığı tespitlere göre elle gerilerek yayla atılan bir temrenin en fazla 8,3 gr ağırlığında olabileceğini belirtmektedir (Güder ve ark., 2017). Böylece incelenen iki temren örneğinin, el ve kol gücü ile geleneksel yay kullanılarak atılmış olduğu düşünülmektedir. Ancak Yücel, Osmanlı temrenleri arasında 17-18 gr ağırlığında örneklerden bahsetmektedir. Gevale Kalesi örnekleri içerisinde Yücel'in söz ettiği ağır temrenler vardır. Bunlarda çarh türü mekanizmalar ile atılmış olduğu tahmin edilmektedir (Yücel, 1999). Özellikle Selçuklu döneminde çarh, zenberek ve kuşkencir adı verilen mekanizmalı büyük yay tasarımları ile yine büyük boyutlu okların kalelerden düşman üzerine atıldığı bilinmektedir (Duman, 2020: 171-173).



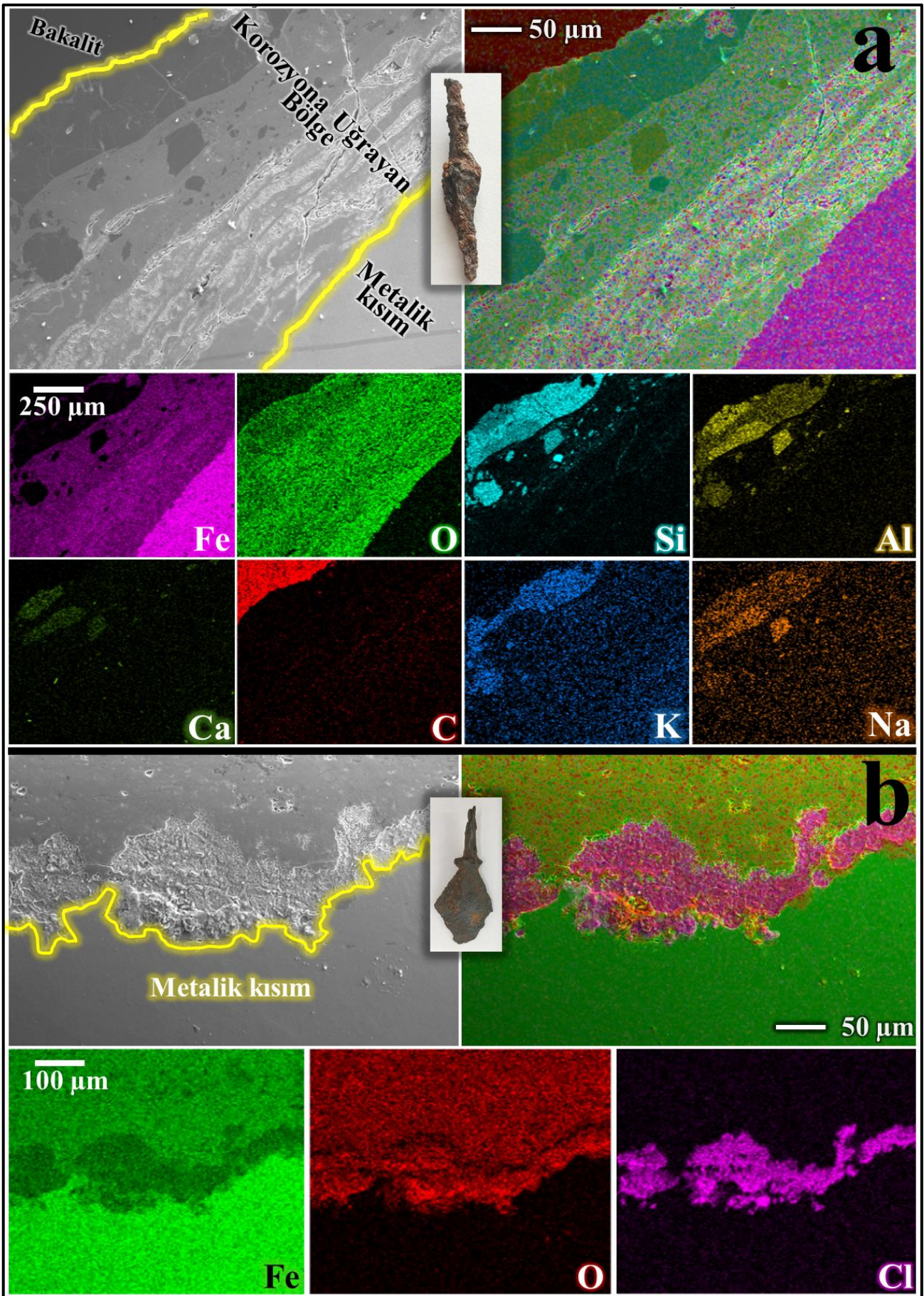
Görsel 3- a) dörtgen ve b) yassı temrenlerin dijital görüntüleri ve ağırlıkları

Seçilen temrenlerin dış kısımları korozyona uğramasına rağmen iç kısımları metalik yapısını korumuştur. Enine kesiti alınan temrenlerin metalik kısmının elementel bileşimini bulabilmek için yapılan optik emisyon spektroskopisi ölçümü sonuçlarına göre metalik kısım bileşiminde % 0,6 karbon (C), % 0,26 mangan (Mn), % 0,12 çinko (Zn), % 0,12 bakır (Cu), % 0,1 alüminyum (Al), % 0,05 nikel (Ni), % 0,02 seryum (Ce), % 0,03 kobalt (Co) ve % 98,7 demir (Fe) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, temrenlerin bileşiminin orta karbonlu çelik grubunda olduğu tespit edilmiştir. Temrenlerin yapıldığı dönemde kullanılan cevhere ve saflaştırma işlemlerine bağlı olarak empürite elementlerin mevcudiyeti de söz konusudur. Temrenlerin mikroyapısını incelemek adına yapılan metalografik işlemlerin ardından elde edilen görüntüler Görsel 4’te verilmiştir. Temrenlerin enine kesitine çıplak gözle bakıldığında yaklaşık %60’lık bir kısmının korozyona uğradığı görülmüştür. Optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde dörtgen temrenlerin ferritik-perlitik bir mikroyapıya sahip olduğu ve eş tanelerden oluştuğu görülürken, yassı temrenlerde dövme yöntemi ile şekillendirme nedeniyle ferrit tanelerinde morfolojisel değişimler gözlemlenmiştir. Bu durum, temrenlerin kullanıldığı dönemde hem döküm hem de dövme yöntemlerinin kullanıldığı ve dövme yöntemiyle daha delici temrenler elde edilmek istendiği şeklinde yorumlanabilir.



*Görsel 4- Temrenlere ait enine kesit optik mikroskop görüntüleri*

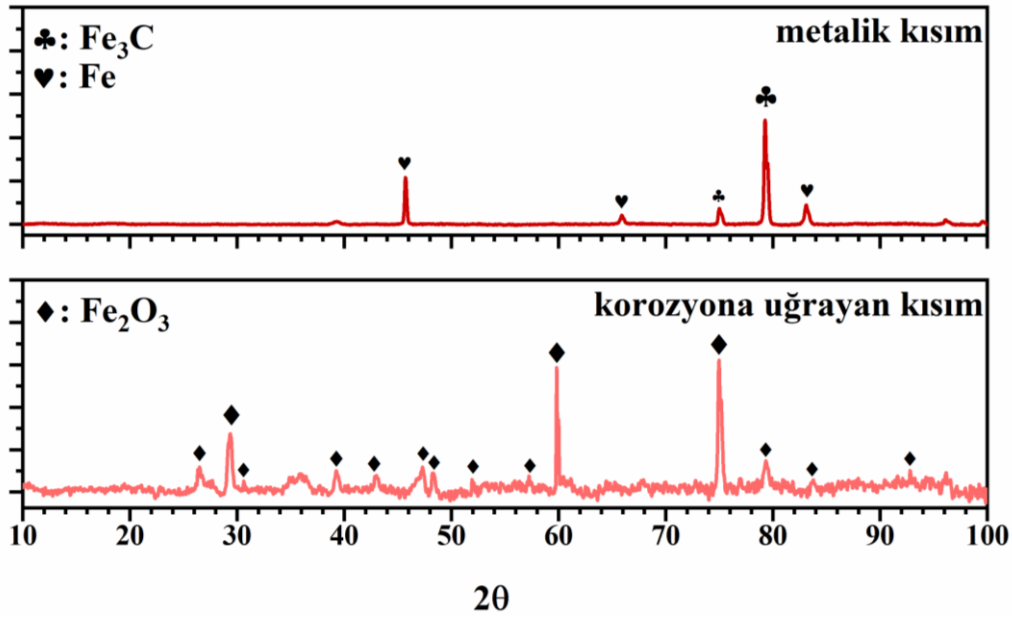
Temrenlerin içyapısı ve bileşimi hakkında daha detaylı yorumlama yapabilmek için SEM-EDS analizleri yapılmıştır. Görsel 5, yassı ve dörtgen temrenin enine kesit yüzeyinden alınan SEM-EDS analizini göstermektedir. Sonuçlar incelendiğinde, yassı temrenin metalik kısmında demir elementi baskın bir şekilde görülmektedir. Benzer şekilde korozyona uğrayan bölgede oksijen elementi yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Korozyon bölgesinde katmanlı bir yapı mevcuttur ancak bu bölgede karbon elementine rastlanılmadığı için bu katmanlı tabakaların Güder ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadaki gibi bir karbürleme işlemi kaynaklı olduğu düşünülmemektedir (Güder, 2015). Dörtgen temrene ait sonuçlar incelendiğinde yine metalik kısımda baskın bir şekilde demir elementinin bulunduğu görülmektedir. Yine metalik bölgede karbonun görülmemesi o dönemde üretilen çeliklerin çoğunlukla orta-düşük karbon içeriğine sahip olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra yassı temrenlerde olduğu gibi tabakalı bir korozyon bölgesi gözlemlenmemiştir. Yassı temrenlerin katmanlı korozyon bölgelerinde Al, Si, Na, K ve Ca gibi elementler bulunmaktadır. Bu elementlerin varlığı, temrenlerin bulunduğu ortamla etkileşime girmesiyle oluşan korozyon ürünleri kaynaklı olması muhtemeldir. Bunun yanı sıra temrenlerin farklı bölgelere taşınımı sonucu içerik açısından farklı ve katmanlı korozyon ürünlerinin meydana geldiği düşünülebilir. Daha detaylı ve doğru yorumlamalar için temren ya da buluntuların alınmış olduğu topraklardan da numune alınması ve diğer analizlerle ile toprak içeriğinin de incelenmesinin bu tip buluntular için daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir. Öte yandan, temrenlerin yapıldığı dönemde izabenin tam anlamıyla yapılmaması nedeniyle bileşimsel farklılıklar oluşumu da söz konusudur. Dörtgen temrenlerde gözlemlenen katmanlı korozyon tabakalarının oluşumuna benzer bir durum yassı temrenlerde gözlemlenmemiştir.



Görsel 5- a) dörtgen ve b) yassı temrene ait SEM-EDS analiz sonuçları

Temrenlerin metalik ve korozyona uğrayan kısımlarındaki fazları karakterize edebilmek adına XRD analizleri yapılmıştır. Elde edilen grafikler Görsel 6'da verilmiştir. Metalik kısımlarında beklenildiği gibi demir ve sementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) pikleri açık bir şekilde görülmektedir. Korozyona uğrayan kısımda pik eşleştirilmesi yapıldığında tek tür oksit fazına ait piklerin olduğu görülmektedir. Oksit fazını maghemit ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) oluşturmaktadır. Burkett, yaptığı çalışmada düşük alaşımlı demir esaslı malzemelerin korozyona uğradıklarında iki tabakalı korozyon ürünlerinin oluşumundan söz etmektedirler (Burkett, 2018). İç tabaka daha dayanıklı bir yapı oluştururken dıştaki tabaka pul pul dökülen bir şekle sahiptir. Bu kırılmalı ve pulumsu tabakada lepidokrosit ( $\gamma\text{-FeOOH}$ ), götit ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ), akajenit ( $\beta\text{-FeOOH}$ ) ve feroksihit ( $\delta\text{-FeOOH}$ ), maghemit gibi farklı demir esaslı korozyon ürünleri oluşmaktadır (Burkett, 2018). Bulunan temrenlerin dış kısmında XRD analizleri yapıldığı için daha çok dış kısımdaki gözenekli ve kırılmalı yapı hakkında bilgi edinilmiştir. Bu noktada temrenlerin en dış kısmındaki korozyon ürünlerinin homojen ve tek tipte olduğunu söylemek mümkündür. Ancak enine kesit SEM analizleriyle kıyaslandığında, iç kısımlarda farklı korozyon ürünleri oluşması nedeniyle elementel farklılıkların gözlemlenmesi, temrenlerin zaman içerisinde farklı toprak tiplerine maruz kalması nedeniyle farklı korozyon ürünlerinin oluşmasına sebebiyet vermesi şeklinde yorumlanabilir.

### Şiddet (a.u.)



Görsel 6- Temrenlerin metalik ve korozyona uğrayan kısımlarından alınan XRD sonuçları

### Sonuç

Orta Çağ temrenleri hakkında sınırlı sayıda olan incelemeler göz önüne alındığında, yapılan bu çalışma ile arkeometalurjik araştırmalara farklı bir bakış açısı katılması, bu alanda yapılabilecek deneylerin artırılması ve nihayetinde mevcut bilgi birikiminin artırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada yapılan deneyler, bin yıllık süredir kalıntı halinde bulunan Orta Çağ dönemi temrenleri hakkında genel değerlendirmeler için yeterli görünmemektedir. Ancak elde edilen sonuçlar Gevale Kalesi özelinde malzeme üretimi ve şekillendirmesi ve ilgili dönemde kullanılan üretim teknikleri hakkında genel bir bilgilere ulaşılmasını sağlamıştır. Bu temrenler hakkında elde edilen bilgiler aşağıdaki gibidir:

1. Gevale'de bulunan temrenlerin orta karbonlu çelik sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Dönemin şartları göz önünde bulundurulduğunda dövme yoluyla şekillendirme yapıldığı için daha yumuşak çelik kullanma eğiliminde olduğunu ancak izabe işlemlerinin istenilen verimlilikte gerçekleştirilemediği tespit edilmiştir.

2. Mikroyapısal olarak bakıldığında Damascus çeliğinde olduğu gibi katmanlı bir yapı gözlemlenmemiştir. Yüzey sertliğinin artırılması amacıyla karbürleme gibi işlemlerin de varlığına rastlanmamıştır. Temrenlerin yapım tekniği hakkında elde edilen bulgularda incelenen bölgelerde hem eş taneli hem de belirli yöne doğru yönelmiş taneler gözlemlenmiştir. Bu durum üretim açısından döküm ve dövmenin kullandığını göstermektedir.

3. Yassı temrenlerin en iç kısmından en dış bölgesine kadar farklı katmanlı yapılar gözlemlenmiştir. Bu bölgeler topraktan gelebilecek elementlere sahip olduğu görülmüştür. Bu durum da temrenlerin farklı ortamlara maruz kalması nedeniyle farklı korozyon ürünlerinin oluşumuna neden olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

4. Temrenlerdeki mevcut fazların yapısı incelendiğinde metalik kısımda demir ve sementit pikleri görülürken korozyona uğramış en dış tabakada tek tip oksit oluşumu gözlemlenmiştir. Bu da temrenlerin homojen bir şekilde korozyona uğradığını



ancak elementel analizle karşılaştırıldığı en iç kısma doğru farklı elementlerin bulunması nedeniyle farklı bir durumun oluştuğunu göstermektedir. Bu durum da benzer şekilde temrenlerin uzun yıllar boyunca farklı bölgelere taşınımı ve maruz kaldığı ortamın şartlarının değişkenlik göstermesi şeklinde yorumlanmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları** [Erkan Aygör (EA), Aleyna Bayatlı (AB), Mustafa Kocabaş (MK)]: Fikir-EA-MK-AB; Tasarım-EA-MK-AB; Denetleme-EA-MK-AB; Kaynaklar-EA-MK-AB; Veri Toplama ve/veya İşleme-EA-MK-AB; Analiz ve/veya Yorum-EA-MK-AB; Literatür Tarama-EA-MK-AB; Yazıyı Yazan-EA-MK-AB; Eleştirel İnceleme-EA-MK-AB

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions** [Erkan Aygör (EA), Aleyna Bayatlı (AB), Mustafa Kocabaş (MK)]: Concept -EA-MK-AB; Design-EA-MK-AB; Supervision-EA-MK-AB; Resources-EA-MK-AB; Data Collection and/or Processing-EA-MK-AB; Analysis and/or Interpretation-EA-MK-AB; Literature Search-EA-MK-AB; Writing Manuscript-EA-MK-AB; Critical Review-EA-MK-AB; Other-EA-MK-AB

**Conflict of Interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

- Aksoy, Ö. C. (2018). Functions and Uses of Metallic Axe-Heads and Arrowheads from Safah, Oman : An Analysis of Metalwork Wear and Weapon Design. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 19, 727-752.
- Altinsapan, E., & Palalı, A. G. M. (2015). Eskişehir Karacahisar Kalesi Kazısında Bulunan ve Form Veren Ok Uçları Üzerine Tipoloji Denemesi. *The Journal of Academic Social Science*, 13(13), 1-15.
- Ashkenazi, D., Golan, O., & Tal, O. (2013). An Archaeometallurgical Study Of 13th Century Arrowheads And Bolts From The Crusader Castle Of Arsuf/Arsur. *Archaeometry*, 55(2), 235-257.
- Aygör, E. (2018). Konya Gevale Kalesi 2016 yılı Kazısında Bulunan Ok Uçları. *Atatürk Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*(62), 283-306.
- Baron, J., Puziewicz, J., Nowak, K., Sych, D., Miazga, B., & Ziobro, M. (2020). Same But Different. Composition, Production and Use of Bronze Arrowheads from the Late Bronze Age Deposit from Wrocław-Widawa in SW Poland. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 32, 102459.
- Baykan, D. (2017). Nif Dağı Başpınar Kazılarında Ele Geçen Ok Uçları. *MASROP E-Dergi*, 10(14), 1-62.
- Burkett, D. A. (2018, November 13-17, 2017). Characterization of Corrosion and Scaling Products with Portable X-Ray Diffraction 15th Asia Pacific Conference for Non-Destructive Testing (APCNDT2017), , Singapore. [www.ndt.net/app/APCNDT2017](http://www.ndt.net/app/APCNDT2017)
- Daragan, M. N., & Romanenko, Y. N. (2021). Technique and Technology of Scythian Bronze Arrowhead Casting: Experimental and Metallographic Approach. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 37, 102919.
- Duman, İ. (2020). Büyük Selçuklu Ordusunda Kullanılan Savaş Aletleri, Selenge Yayınları.
- Güder, Ü. (2014). Orta Çağ Demir Temren Örneklerinin Sertlik Değerleri ve Sertleştirme Yöntemleri. *MASROP E-Dergi*, 8(10), 1-25.
- Güder, Ü., Yavaş, A., & Yalçın, Ü. (2015). Anadolu Selçuklu Dönemi Demir Aletlerinin Üretim Yöntemleri. *Turkish Studies*, 10(9), 193-212.
- Güder, Ü., Gates, M.-H., & Yalçın, Ü. (2017). Early Iron from Kinet Höyük, Turkey: Analysis of Objects and Evidence for Smithing. *Metalla*, 23(2), 51-65.
- Höppner, B., Bartelheim, M., Huijsmans, M., Krauss, R., Martinek, K., Pernicka, E., & Schwab, R. (2005). Prehistoric Copper Production in the Inn Valley (Austria), and the Earliest Copper in Central Europe. *Archaeometry*, 47(2), 293-315.
- Karpowicz, A. Osmanlı Türk Yayları İmalı ve Tasarım (çev. M. Y. Akbulut). 2018. Okçular Vakfı Yayınları.
- Kasar, Ö., & İren, K. (2020). Leaded Bronze Arrowheads at Daskyleion. *Adalya*(23), 175-204.
- Korfmann, M. (1972). Schleuder und Bogen in Südwestasien. Von den Frühesten Belegen bis zum Beginn der Historischen Stadtstaaten. *Archäologische Informationen*, 1, 89-91.
- Piaskowski, J. (1989). Phosphorus in Iron Ore and Slag, and in Bloomery Iron. *Archeomaterials*, 3(1), 47-59.
- Sherby, O. D., & Wadsworth, J. (2001). Ancient Blacksmiths, The Iron Age, Damascus Steels, and Modern Metallurgy. *Journal of Materials Processing Technology*, 117(3), 347-353.
- Starley, D. (2005). Metallic Surface Coatings on Arms and Armour: The Role of X-Ray Fluorescence Analysis. *Arms & Armour*, 2(2), 199-207.
- Yahalom-Mack, N., Herzlinger, G., Bogdanovsky, A., Tirosh, O., Garfinkel, Y., Dugaw, S., Lipschits, O., & Erel, Y. (2020). Combining Chemical and Lead Isotope Analyses with 3-D Geometric-Morphometric Shape Analysis: A Methodological Case Study of Socketed Bronze Arrowheads from the Southern Levant. *Journal of Archaeological Science*, 118, 105147.
- Yavaş, A. (2020). Orta Çağ Temrenleri : 'Anadolu Orta Çağı'nın 9-13. Yüzyıl Temren Teknolojisi Üzerine Kronolojik, Morfolojik, Terminolojik, Topolojik ve Metalurjik Bir Değerlendirme'. *Türkiye Bilimler Akademisi*.
- Yücel, Ü. (1999). Türk Okçuluğu. Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı Yayınları.

### Structured Abstract

*One of the prominent places where these cultures are known to intersect is “Konya”, which was the capital of the Anatolian Seljuk Empire. Hundreds of arrowheads have been found in the excavations that have taken place uninterruptedly in Konya Gevale Castle from 2013 to 2022. These arrowheads (temrens) are divided into two groups: (i) conical and (ii) squared. Based on a set of data and comparisons, it is estimated that some of the conical temrens belonged to the Romans, while some belonged to the Crusaders. However, their aging does not go beyond estimation as there are insufficient experiments and analyses. According to some sources, it was needed to use a mechanism (crossbow, compound bow) for these conical temrens. It is seen that the explanation of the shapes of the temrens, on the other hand, needs provable and objective results in the fields of experimental archeology and archaeometallurgy.*

*There is also the question of whether the squared temrens were shot using conventional bows or tools with a mechanism. According to information gathered especially from excavations that date barbed arrowheads (tetragonal and oblate) to the Middle Ages, these arrowheads were used in the same forms in the Byzantine, Seljuk, and Ottoman eras. The information available today from known medieval excavations and respective layers reveals that similar arrowheads were used in battle by different states in the Middle Ages. For this reason, it is not possible to make a distinction based on culture and period. It appears to be a significant need today to classify medieval arrowheads and conduct experiments on them with the help of archaeometry and other sciences. Therefore, it is needed to create a data bank and classify arrowheads based on the period in which they were produced. In this context, in this study, archeometallurgical studies were carried out by classifying the arrowheads extracted from Konya Gevale Castle over a 13-year period.*

*Considering the limited number of studies on Middle Ages’ temrens, this study aims to add a different perspective to archeometallurgical research. In this study, different metallurgical methods were used to obtain knowledge about the period in which the temrens were made. The investigation was proceeded through two different geometries of temrens with i) flat and ii) quadrilateral geometry. The weight measurement of the temrens provides an insight into the throwing method used during their usage. It is therefore, the weights of the temrens were measured and it was interpreted that the two temrens examined were thrown using hand and arm power and a traditional bow. Information about the microstructure of the temrens was obtained using an optical microscope. When the optical microscope images were examined, it was seen that quadrilateral temrens had a ferritic-perlitic microstructure and consisted of equal grains, while morphological changes in ferrite grains were observed in flat temrens due to forging. It was determined that the temren found in Gevale belong to the medium carbon steel class by using the optical emission spectroscopy method. Considering the conditions of the period, it was determined that there was a tendency to use softer steels as shaping was done by forging, but the melting processes could not be carried out with the desired efficiency. Scanning electron microscope elemental analysis (SEM-EDS) was used to obtain information about the composition of the corroded areas of the temrens.*

*Phase analyses were investigated by x-ray diffraction (XRD) method. When the structure of the existing phases in the temrens was examined, iron and cementite peaks were observed in the metallic part, while uniform oxide formation was observed in the corroded outermost layer. This shows that the temrens are homogeneously corroded, but a different situation occurs due to the presence of different elements towards the innermost part when compared with elemental analysis. Similarly, this situation was interpreted as the transportation of the temrens to different regions for many years and the varying conditions of the environment to which they were exposed. Different layered structures were observed from the innermost to the outermost part of the flat temrens. These regions were observed to have elements that may come from the soil. This situation was interpreted as the formation of different corrosion products due to the exposure of the temrens to different environments. The experiments carried out in this study do not seem to be sufficient for general evaluations about the medieval temrens, which have been in ruins for a thousand years. However, the results have provided general information about the production and shaping of the material and the production techniques used in the relevant period in the Gevale Castle.*