

# FARKLI KEMİKLER, FARKLI ELEMENT BİRİKİMLERİ: NEOLİTİK DÖNEM TEPECİK-ÇİFTLİK İNSAN KEMİKLERİNDE GÖMÜ SONRASI ELEMENT BİRİKİMLERİ

Ebru Emre SEVDİN\*

Ali Akın AKYOL\*\*

Ali Metin BÜYÜKKARAKAYA\*\*\*

Kameray ÖZDEMİR\*\*\*\*

**Atıf/©:** Sevdin, Ebru Emre, Akyol, Ali Akın, Büyükkarakaya, Ali Metin, Özdemir, Kameray (2018). Farklı Kemikler, Farklı Element Birikimleri: Neolitik Dönem Tepecik-Çiftlik İnsan Kemiklerinde Gömü Sonrası Element Birikimleri. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, ANARSAN Sempozyumu Özel Sayısı, Ekim 2018, Cilt 11 Sayı 2, ss. 1553-1581

**Özet:** Bu çalışmada Niğde ili sınırları içerisinde yer alan Tepecik-Çiftlik arkeolojik alanından elde edilen ve Neolitik döneme tarihlendirilmiş 25 bireye ait kaburga ile el ve ayak tarak kemiklerinde element birikimleri analiz edilmiştir. Kaburga ile el ve ayak tarak kemiklerinde tespit edilen element miktarları ile aynı bireylere ait femur örnekleri karşılaştırılarak, örneklerin gömü sonrası geçirdiği kimyasal değişimleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar değerlendirilmiştir. Arkeolojik toplulukların beslenme biçiminin araştırıldığı çalışmalarda kemik korunma durumunun ölçütü olan elementlere bakıldığında, örneklerin tümünde toprak ile element değişimleri olduğu tespit edilmiş, değişimin kaburgalarda diğer kemiklere kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmanın amaçlarından bir diğeri, arkeolojik beslenme çalışmalarında sıklıkla önerilen femur örneklerine, yapısal özellikleri nedeniyle benzerlik gösteren el ve ayak tarak kemiklerinin alternatif

**Makale Geliş Tarihi:**13.09.2018 / **Makale Kabul Tarihi:** 01. 10.2018

Bu makale Turnitin programında kontrol edildi. *This article was checked by Turnitin.*

Bu makale ANARSAN sempozyumunda sunulmuş aynı başlıklı bildirinin tam metnidir.

\* Yüksek Lisans Mezunlu, Hacettepe Üniversitesi, Antropoloji Bölümü, [e.e.sevdin@gmail.com](mailto:e.e.sevdin@gmail.com)

\*\* Doç. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, [aliakinakyol@gmail.com](mailto:aliakinakyol@gmail.com)

\*\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Antropoloji Bölümü, [alimetin@hacettepe.edu.tr](mailto:alimetin@hacettepe.edu.tr)

\*\*\*\* Dr. Öğr. Üyesi, Hacettepe Üniversitesi, Antropoloji Bölümü, [kameray.ozdemir@hacettepe.edu.tr](mailto:kameray.ozdemir@hacettepe.edu.tr)

*olup olamayacağını araştırmaktır. Element içerikleri açısından femur ve tarak kemiklerinde farklılıklar görülmüştür. Tarak kemiklerindeki element birikimlerinde zirkonyumun etkisinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç örneklerin hazırlık aşamasındaki süreçlerin femur ve tarak kemikleri içerisindeki element miktarlarının farklılaşmasında etkili olduğu yönünde yorumlanmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Eser element analizi, Ca/P oranı, diyagenez, temel bileşenler analizi.

### **Different Bone Types Different Element Accumulations: Diagenetic Element Accumulation On The Neolithic Period Human Bones From Tepecik-Çiftlik**

**Citation/©:** Sevdin, Ebru Emre, Akyol, Ali Akın, Büyükkarakaya, Ali Metin, Özdemir, Kameray. (2018). Different Bone Types Different Element Accumulations: Diagenetic Element Accumulation On The Neolithic Period Human Bones From Tepecik-Çiftlik, Hitit University Journal of Social Sciences Institute, Symposium of AAHA, Special Issue, Year 11 Volume 2 October 2018, ss.

**Abstract:** <sup>1553-1581</sup> In this study, the accumulation of elements in the ribs and metatarsal and metacarpal bones of 25 individuals dated Neolithic period from the Tepecik-Çiftlik archaeological site within the Niğde province were analyzed. The similarities and differences among the chemical changes of the samples after burial were evaluated by comparing the amount of the elements detected in the ribs, metacarpals, and metatarsals with the femurs of the same individuals. In studies conducted on the nutritional models of past populations, it has been found that elemental changes are occurred between bone and soil considering the elements that are accepted as indicators of bone preservation, and the change is found to be higher in ribs than the other bones. Examination of possible differences in elemental changes in different bone types constitutes one of the objectives of the study. Another aim of the study was to investigate whether or not metatarsal and metacarpal bones, which are similar to femur due to their structural characteristics, can be an alternative to the femur bone that has been frequently proposed to use in the past dietary reconstruction studies. In terms of element contents, some differences between the femur and metatarsal and metacarpal bones was determined. It has been evaluated that the zirconium effect is high in elemental deposits in the metatarsal and metacarpal bones. The result has interpreted like the preparation processes are effective in the differentiation of the amounts of the elements in the femur and metatarsal and metacarpal bones.

**Keywords:** Trace element analysis, Ca/P ratio, diagenesis, principle component analysis.

## I. GİRİŞ

Eser elementler, yaşayan canlıların dokularında veya toprak, su ve hava gibi ortamlarda 100 ppm'in ( $\mu\text{g/g}$ ) altında olan kimyasal elementlerdir (Sandford, 1992; Klepinger, 1984; Underwood, 1977; Parker ve Toots, 1970). Az miktarlarda olmalarına karşın canlılarda önemli fizyolojik süreçlere katılabilir ve bazıları beslenme için gerekli olabilirken, bazıları beslenme için gereksiz veya toksik olabilmektedir (Sandford, 1992; Underwood, 1977). Vücuttaki miktarları beslenme, tüketilen su ve solunan hava ile ilişkilidir ve önemli oranda kemik dokuda birikmektedirler. Kemiğin sitokiyometrik özellikle olmayan hidroksiapatit yapısındaki kalsiyum, fosfat ( $\text{PO}_4$ ) ve hidroksil ( $\text{OH}$ ) molekülleri beslenme yoluyla vücuda alınan anyonik ve katyonik yapıdaki eser elementler ile yer değiştirebilir (Zimmerman, 2015; Turner-Walker, 2008; Pate, 1994; Sandford, 1992). Yer değişimleri sonucu apatit yapıda bireylerin beslenme tarzını yansıtan dalgalanmalar meydana gelir ve bu özelliği ile beslenme modeli çalışmalarında kullanılan element analizleri için önemli bir kaynak oluşturur. Fosil kemik ve dişler eser elementler açısından zengindir. Ancak bireyin beslenme modeline bağlı olarak bulunan element miktarları yanında kalıntıların gömüldüğü topraktan kaynaklı olarak yer değiştirme yoluyla apatit kristal yapısına dâhil olup, boşlukları veya kırıkları dolduran elementler de olabilir (Parker ve Toots, 1970).

Canlı kemik, kendini yenileyebilen dinamik bir organ olup yapısal olarak farklılık gösterir. Yapıları dikkate alındığında kemikler kortikal (kompakt) ve trabeküler kemikler olarak sınıflandırılır (Kini ve Nandesh, 2012; Guimaraes ve ark., 2016). Kortikal kemik yoğun olup kemiğin dış yüzeyini oluşturmakla birlikte kemiğe sağlamlığını, sertliğini ve şeklini verir. Buna karşın, kemiğin iç kısmını oluşturan trabeküler kemik süngerimsi, gözenekli ve damarlı yapıda olup kompakt kemikten metabolik olarak daha aktiftir. Yetişkin bir bireyin kemiği yılda %5-10 oranında kendini yenileyebilmektedir (Kini ve Nandesh, 2012; Guimaraes ve ark., 2016). Yeniden yapılanma trabeküler kemik için kompakt kemiğe göre daha yüksek oranda gerçekleşir. (Hill ve Orth, 1998). Böylelikle yaşarken yiyeceklerden, sudan ve çevreden maruz kalma yolu ile vücuda alınan elementler, yeniden yapılanma süreci içinde kemiğe dâhil olur ve birikir (Burton ve Price, 2002). Arkeolojik kemiklerin element birikiminin incelenmesi eski toplumların sosyoekonomik statüleri, ekonomik aktiviteleri ve beslenme modelleri hakkında önemli bilgiler sağlar (Özdemir ve ark., 2017, 2018; Güner ve ark., 2011, 2012; Çırak ve Akyol, 2014; Büyükkarakaya ve ark., 2017; Karaöz Arihan, 2017). Çinko ( $\text{Zn}$ ), magnezyum ( $\text{Mg}$ ), stronsiyum

(Sr) ve baryum (Ba) gibi elementler beslenmenin gösterge elementleri olarak bilinir (Janos ve ark., 2011). Stronsiyum bitkisel beslenmeye işaret eder ve otçul hayvanların Sr seviyesi hepçil ve etçil hayvanlardan daha yüksektir (Janos ve ark., 2011). Stronsiyumun deniz ürünleri tüketiminin gösterge elementi olması, bazı araştırmacıların sonuçları eleştirmesi ve reddetmesine rağmen çalışılmıştır (Carvalho ve ark., 2000). Protein açısından yüksek hayvansal ürünlerin tüketilmesi ile kemikte çinko birikimi arasındaki pozitif ilişki bazı araştırmalarla gösterilmiştir (Ezzo, 1994a; Janos ve ark., 2011). Demir (Fe), bakır (Cu), arsenik (As) ve kurşun (Pb) gibi elementler de kemiklerde sıklıkla araştırılanlar arasındadır (Özdemir ve ark., 2010). Fe ve Cu kemik metabolizmasında rol oynayan elzem elementlerdendir. Kurşun ise toksik kirleticidir (Özdemir ve ark., 2010).

Kemik birçok biyoarkeolojik çalışma için iyi bir biyobelirteç olmasına rağmen gözenekli yapısı onu diyagenez olarak da bilinen gömü sonrası değişimlere açık hale getirir. Gömü sonrası değişimler gözenekli yapısından kaynaklı olarak artan temas yüzeyi ile trabeküler kemikleri kortikal kemiklere göre daha çok etkiler (Carvalho ve ark., 2004). İskeleti çevreleyen toprak (element içeriği ve pH), hava koşulları (sıcaklık ve soğukluk) ve çevresel koşullar (yağmur/kar, yer altı suları, erozyon ve metalik buluntular gibi) diyagenez sürecinde önemli rol oynar (Carvalho ve Marques, 2008). Dolayısıyla gömü koşullarına göre farklılaşan diyagenez süreci, arkeolojik kemiklerin element içeriklerini de değişen oranlarda etkiler.

Kemik bileşiminde gömü sonrası süreçte toprakla etkileşim sonucu meydana gelen değişimler de tıpkı geçmiş diyetin belirlenmesi çalışmalarında olduğu gibi ayrıntılı olarak araştırılmıştır (Guimaraes ve ark., 2016; Janos ve ark., 2011; Hedges ve Millard, 1995; Hedges, 2002; Zapata ve ark., 2006; Kyle, 1986). Bu çalışmalarda diyagenezin önemi gömü sonrası süreçten gözle görünür bir şekilde daha fazla ya da daha az etkilenmiş kemiklerin karşılaştırılması yöntemiyle tespit edilmeye çalışılmıştır. Edward ve Benfer (1993)'in belirttiği gibi bu konu üzerine yapılan çalışmalarda izlenecek yöntemlerden biri de gömü sonrası değişimlerden az (uyluk/femur) veya çok (kaburga/costa) etkilenen farklı kemik türlerini karşılaştırmaktır. Bunlardan farklı olarak diğer çalışmalar sadece gömü sonrası süreçlere uyluk gibi daha dayanıklı veya omur gibi daha az dayanıklı tek bir kemik türüne odaklanmıştır. Bu konu üzerine yürütülen çalışmalar göreceli olarak fazla olmasına rağmen yapılan araştırmaların çoğunluğu birkaç element arasındaki ilişkiye veya birbirlerine oranlarına (Sr/Ca veya Ca/P oranları gibi) gönderme yapmaktadır. Söz

konusu araştırmalar, gömü sonrası kontaminasyona uğramış kemik element birikimlerinden, gömü öncesi beslenmeye dair izleri elde etmeye çalışmıştır. Konuyu detaylıca ele almaktan ve elementler arası ilişkiyi açığa çıkaracak istatistiksel analizlerden uzaktır. Öncül araştırmalardan biri olan ve Buikstra (1989) tarafından yapılan çalışma, kemik bileşimini ele alan bir araştırmada çok değişkenli istatistiksel analizlerinin (temel bileşenler analizi ve korelasyon matrisi) önemini vurgulamakta ve araştırmacılara önermektedir. Bu tür analizler kemiğin kimyasal izlerinin anlaşılmasında ve gömü öncesi ve sonrası etkilerin yorumlanmasında oldukça geniş bir hareket alanı sağlamaktadır.

Kemikte element birikiminin araştırıldığı arkeolojik çalışmalarda element miktarlarının tespiti için Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (AAS), Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP), Enstrümental Nötron Aktivasyon Analizi (INAA) ve X-Ray Fluorescence (XRF) sıklıkla tercih edilen aletli analiz teknikleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tekniklerin tercihi kullanılan örnek miktarının az olması ve analiz edilebilen element sayısına göre farklılık göstermektedir. Örneğin 1960'lardan beri yaygın olarak biyoarkeolojik örneklerin analizinde kullanılan XRF, düşük atom numaralı elementleri ölçebilmesi, az miktarda örneğe ihtiyaç duyması, düşük maliyeti ve görece basit örnek hazırlama tekniğinden kaynaklı olarak hızlı sonuç alınması nedeniyle avantajlıdır (Sandford, 1992).

Son zamanlarda birçok araştırmacı (Guimaraes ve ark., 2016; Burton, 2008; Zapata ve ark., 2006) gömü sonrası sürecin farklı çevrelerde ve farklı kemik gruplarında nasıl işlediğinin anlaşılmasına ve önemine vurgu yapmıştır. Bu çalışma da aynı konuya vurgu yaparak gömü sonrası sürecin Tepecik-Çiftlik kazı alanından elde edilen insan iskeletlerinde, aynı bireye ait farklı kemik türlerinde (kaburga, ayak ve el tarak kemikleri) nasıl işlediğini, X-ışını floresan spektrometresi (X-ray fluorescence spectrometry, XRF) tekniği uygulanarak elde edilen sonuçlar temel bileşenler analizi (Principle Component Analysis, PCA) aracılığıyla değerlendirilerek anlaşılmaya çalışılmıştır.

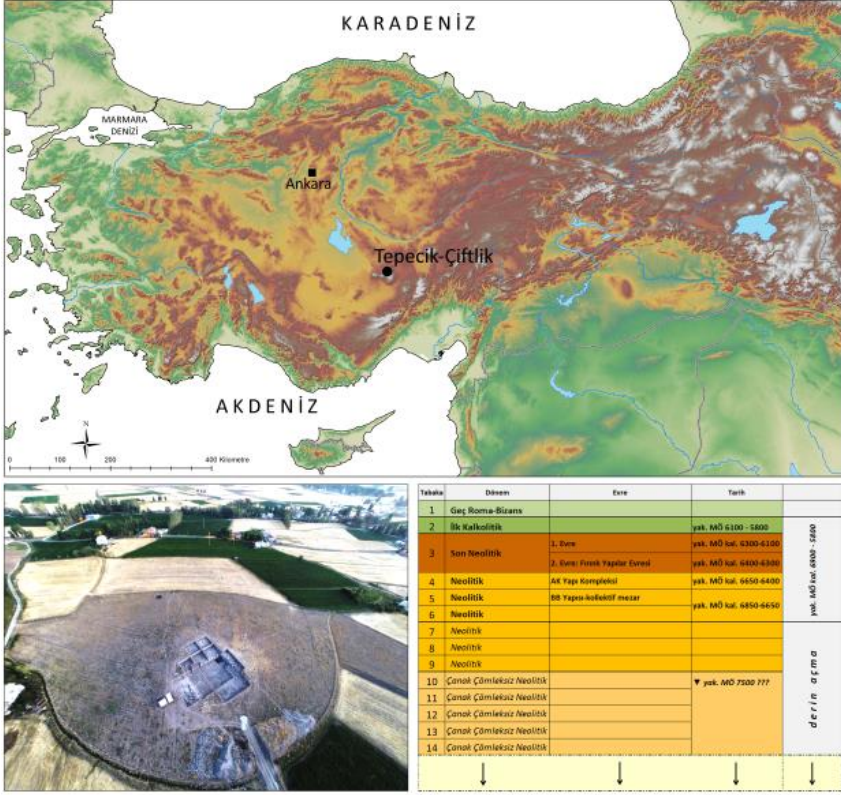
## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Tepecik-Çiftlik, 1960'lı yıllarda I.A.Todd tarafından yapılan yüzey araştırmaları ile tespit edilmiş olmasına rağmen 2000 yılından beri İstanbul Üniversitesi'nden Erhan Bıçakçı önderliğinde devam eden kazılar ile bu bölgede yaşayan toplulukların kültürel ve teknolojik gelişimleri hakkında

daha fazla bilgiye ulaşılmıştır (Bıçakçı, 2001, 2007, 2012). Oval şekilli höyük pomza ve kül karışımından oluşan Çiftlik ovasında; (1) 1,500 m deniz seviyesinden yükseklikte; (2) 300 m uzunluğunda, 170 m genişliğinde 9,6 m yüksekliğinde ve (3) Orta Anadolu volkanik Kapadokya bölgesinde, Niğde ili sınırları içerisinde yer almaktadır (Bıçakçı, 2001) (Şekil 1). Höyüğün stratigrafisi, son güncellemeleri de göz önüne alarak, Neolitik (M.Ö. 7500-6100), Kalkolitik (c. 6100-5800) ve Geç Roma-Erken Bizans olmak üzere toplam 14 tabakadan oluşan üç ana döneme bölünebilir (Şekil 1). Kapsamlı kazılar, M.Ö. 7. binyıla tarihlenen Neolitik Döneme ait 170'den fazla bireyi ortaya çıkarmıştır (Çakan, 2013). Höyüğün Neolitik Dönemi, dokuzdan ikiye kadar yedi tabakayı kapsar, ancak iskeletler 5., 4. ve 3. tabakalardan elde edilmiştir. Sözü edilen tabakaların C14 tarihlendirmesi M.Ö. 6800 ila 6100 arasındadır (Çakan, 2013).

Tabaka 5'de, birincil ve ikincil gömüler için ortak mezar yeri olarak kullanılan BB yapısı ortaya çıkarılmıştır. BB kolektif gömü alanında en az 42 kişinin bulunduğu tahmin edilmektedir (Büyükkarakaya ve ark., 2017). Tabaka 4'e ait gömülerin büyük çoğunluğu AK mimari kompleksinin AY ve BA alanlarından ele geçmiştir. Bununla birlikte, 3. tabakadaki mezarlar AY yerleşim yerlerinin açık alanlarında veya binaların yakınında yer almaktadır (Büyükkarakaya ve Erdal, 2014).

Örnekleme 25 bireyden elde edilen 38 kemiği kapsamaktadır. Eser element analizleri kaburgalar (costae), metatarsaller (ayak tarak kemikleri) ve metakarpaller (el tarak kemikleri) üzerinde yapılmıştır. Çalışmaya dâhil edilen kemiklerin %60,5'i kaburga, %21,1'i metatarsal ve %18,4'ü metakarpaldır. Tepecik-Çiftlik kazılarında Neolitik Döneme tarihlendirilen 3., 4., ve 5. tabakalardan elde edilen iskelet bölgelerinin cinsiyet ve yaş dağılımını gösteren Tablo 1'de verilmiştir.



**Şekil 1:** Neolitik Çağ Tepecik-Çiftlik yerleşmesinin yeri (üst kısım), höyükten bir taslak (sol alt) ve yerleşimin tabakalanması (sağ alt).

**Tablo 1:** Çalışılan kemik türlerinin bireylere göre cinsiyet ve yaş dağılımını.

Örnek No	Örnek Kodu	Cinsiyet	Yaş	İskelet Bölgesi
1	TP'04 SK-26	Kadın	Erişkin	Kaburga
2	TP'04 SK-26	Kadın	Erişkin	Metatarsal
3	TP'04 SK-28a	Çocuk	Çocuk	Kaburga
4	TP'04 SK-30	Kadın	Erişkin	Kaburga
5	TP'04 SK-31	Erkek	Erişkin	Kaburga
6	TP'06 SK-46	Çocuk	Çocuk	Kaburga
7	TP'07 SK-58	Kadın	Erişkin	Kaburga
8	TP'07 SK-58	Kadın	Erişkin	Metatarsal
9	TP'07 SK-58	Kadın	Erişkin	Metakarpal
10	TP'10 BB 3-36	Erkek	Yaşlı	Kaburga
11	TP'10 BB 4-23/5-27	Erkek	Genç Erişkin	Kaburga
12	TP'10 SK-21a	Erkek	Yaşlı	Kaburga
13	TP'10 SK-21a	Erkek	Yaşlı	Metatarsal
14	TP'10 SK-21a	Erkek	Yaşlı	Metakarpal
15	TP'10 SK-30	Çocuk	Çocuk	Kaburga
16	TP'10 SK-30	Çocuk	Çocuk	Metatarsal
17	TP'10 SK-33	Kadın	Genç Erişkin	Kaburga
18	TP'10 SK-34	Kadın	Erişkin	Kaburga
19	TP'10 SK-34	Kadın	Erişkin	Metatarsal
20	TP'10 SK-34	Kadın	Erişkin	Metakarpal
21	TP'10 SK-39-B	Çocuk	Çocuk	Kaburga
22	TP'11 SK-50	Kadın	Erişkin	Kaburga
23	TP'11 SK-51a	Erkek	Genç Erişkin	Kaburga



---

24	TP'11 SK-51a	Erkek	Genç Erişkin	Metakarpal
25	TP'11 SK-53	Kadın	Yaşlı	Metakarpal
26	TP'12 SK-58	Kadın	Erişkin	Kaburga
27	TP'12 SK-65	Çocuk	Çocuk	Kaburga
28	TP'12 SK-67	Erkek	Erişkin	Kaburga
29	TP'12 SK-67	Erkek	Erişkin	Metatarsal
30	TP'12 SK-67	Erkek	Erişkin	Metakarpal
31	TP'12 SK-70	Kadın	Erişkin	Kaburga
32	TP'12 SK-74	Erkek	Erişkin	Kaburga
33	TP'12 SK-74	Erkek	Erişkin	Metakarpal
34	TP'12 SK-75	Çocuk	Çocuk	Kaburga
35	TP'12 SK-77	Erkek	Yaşlı	Kaburga
36	TP'12 SK-77	Erkek	Yaşlı	Metatarsal
37	TP'12 SK-78	Erkek	Erişkin	Metatarsal
38	TP'12 SK-79	Kadın	Yaşlı	Kaburga

---

Hacettepe Üniversitesi Antropoloji Bölümü Biyolojik Antropoloji Laboratuvarı'nda Dr. Öğrt. Üyesi Ali Metin Büyükkarakaya tarafından belgeleme, yıkama ve onarım işlemleri yapılan iskeletler üzerinde öncelikle demografik ve patolojik incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bireylerin yaşları tahmin edilirken leğen kemiğindeki ve kaburga uçlarındaki yaşa bağlı değişimler ile kafatasındaki suturların kapanma derecelerinden faydalanılmıştır (Buikstra ve Ubelaker, 1994; Loth ve İşcan, 1989; Meindl ve Lovejoy, 1985). Yetişkin bireylerin cinsiyetleri belirlenirken pelvis ve kafatası kemiklerindeki cinsiyet karakterleri göz önünde bulundurulmuştur (İşcan ve ark., 1984, 1985; Lovejoy ve ark., 1985; Meindl ve Lovejoy, 1985; Buikstra ve Ubelaker, 1994).

Biyoarkeolojik incelemelerin ardından element analizleri için kaburga, metatarsal ve metakarpal kemiklerden yaklaşık 4-5 cm uzunluğunda parçalar temin edilmiştir. Parçalar bütünlük ve korunma durumuna göre

sınıflandırılmıştır (Tablo 2). Aynı iskelet grubu üzerinde Özdemir ve ark., (2017) tarafından yürütülen çalışmada kullanılan insan femuru, hayvan kemiği ve toprak element analizi sonuçları da karşılaştırma zemini oluşturmak ve gömü sonrası element içeriklerinin değişiminin değerlendirebilmek için kullanılmıştır. Analiz edilen elementler arasından Ca, P, Mg, Zn, Sr, Ba, Cu, Fe, Mn (mangan), Na (sodyum), K (potasyum), Al (alüminyum), As, Pb, Zr (zirkonyum) ve Y (itriyum) kemik türleri arasındaki farklılaşmayı gözlemleyebilmek için seçilmiştir.

**Tablo 2:** Tepecik-Çiftlik örneklerinin bütünlük ve korunma durumları.

Örnek No	Kemik Türü	Görünüm	Korunma Durumu				
			Bütünlük	1	2	3	4
			Çok İyi İyi Orta Kötü				
1	Kaburga	Parçası	x				
2	Metatarsal	Parçası	x				
3	Kaburga	Parçası	x				
4	Kaburga	Parçası	x				
5	Kaburga	Parçası	x				
6	Kaburga	Parçası	x				
7	Kaburga	Parçası			x		
8	Metatarsal	Parçası				x	
9	Metakarpal	Parçası				x	
10	Kaburga	Parçası	x				
11	Kaburga	Parçası	x				
12	Kaburga	Parçası			x		
13	Metatarsal	Tümü				x	
14	Metakarpal	Tümü				x	

---

15	Kaburga	Parçası	x	
16	Metatarsal	Tümü	x	
17	Kaburga	Parçası		x
18	Kaburga	Parçası		x
19	Metatarsal	Parçası		x
20	Metakarpal	Parçası	x	
21	Kaburga	Parçası		x
22	Kaburga	Parçası	x	
23	Kaburga	Parçası	x	
24	Metakarpal	Tümü	x	
25	Metakarpal	Tümü	x	
26	Kaburga	Parçası		x
27	Kaburga	Parçası		x
28	Kaburga	Parçası	x	
29	Metatarsal	Tümü	x	
30	Metakarpal	Tümü		x
31	Kaburga	Parçası	x	
32	Kaburga	Parçası		x
33	Metakarpal	Tümü	x	
34	Kaburga	Parçası	x	
35	Kaburga	Parçası		x
36	Metatarsal	Tümü	x	
37	Metatarsal	Tümü		x
38	Kaburga	Parçası		x

---

Element içeriklerinin belirlenmesi Polarize Enerji Ayrımlı X-ışını  
İnterferometri (PED-XRF) ile yapılmıştır. İncelemelerde SPECTRO X-Lab

2000 model spektrometre kullanılmıştır. Toz haline getirilmiş 3 gram kadar örnek pelet haline getirilerek analiz edilmiştir. Bu yöntemle atom numarası 11 olan sodyumdan (Na), 92 olan uranyuma (U) kadar elementler analiz edebilmektedir. Cihazın hassasiyet limiti, ağır elementlerde 0,5 ppm ve hafif elementlerde ise 10 ppm'e kadar ölçüm yapabilecek seviyededir (Salmon, 1970; Pollard ve ark., 2007). Örnek hazırlıkları ve analizler Ankara

Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) ile Gazi Üniversitesi Tarihi Malzeme Araştırma ve Koruma Laboratuvarı'nda (MAKLAB) gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar, her bir grup için ortalama değer, standart sapma (SD), minimum (min.) ve maksimum (max.) değerler ile yüzde varyasyon katsayısı (%CV) verilerek istatistiksel olarak tanımlanmıştır. ANOVA ( $p \leq 0,05$ ), Microsoft Excel 2012 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kemik türleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için temel bileşen analizi (PCA) ve diskriminat analizi (DA) XLSTAT programı kullanılarak yapılmıştır. Temel Bileşenler Analizinden önce veriler *unit variance* olarak da bilinen normalize etme işlemine tabi tutulmuştur. Diğer bir deyişle her bir değişkenin varyansı 1 olacak şekilde normalize edilmiştir. Böylelikle ölçüm birimleri (% ve ppm) arasındaki farklılıkların etkisi en aza indirilmiştir.

### **III. BULGULAR**

Bu çalışmada kullanılan kaburga ile metatarsal ve metakarpal kemikleri sonuçları, Özdemir ve ark. (2017) tarafından aynı bireylere ait femur kemiklerinin incelendiği çalışmada elde edilen sonuçlar ve yine aynı çalışmada analiz edilen hayvan kemikleri ve toprak örnekleri ile birlikte eklenerek Tablo.3 oluşturulmuştur.

**Tablo 3:** Tepecik-Çiftlik örneklerinin analiz sonuçları.

Kemik/Benemer Referans Değerler	Ca (%) 35-40%	P (%) 10%	Ca/P (%) 2.16	Mg 100-1000	Zn <200	Sr <100	Ba <1000	Cu <30	Fe S100	Mn S10	Na S1500	K S600	Al S20	As S1	U S1	Pb S1.100	Zr S1	Y S1	
																			Ort (N)
Femur (n=2)	Ort (N)	35.3	12.4	29	487.9	158.4	71.2	492.5	2.5	57.3	116.6	1382.1	240.11	176.0	21.4	13.7	3.0	9.5	0.5
	SD	2.4	1.1	0.1	24.8	52.1	117.8	122.2	2.1	120.1	95.2	80.4	903.3	9.1	8.0	7.6	2.3	0.7	0.1
	Min	31.3	10.4	2.7	433.3	109.2	59.2	311.0	0.4	5.0	19.1	1280.4	1491.5	138.7	8.1	8.5	1.0	0.7	0.1
	Max	39.5	14.5	3.0	516.6	318.8	90.5	735.7	6.6	556.0	300.8	1403.6	6194.1	1889	35.6	43.3	11.7	11.0	0.8
	CV	6.9	9.1	3.5	5.1	32.8	16.5	24.8	85.5	209.6	81.7	5.8	330.0	5.1	37.5	55.1	77.4	7.3	20.1
Kaburga (n=2)	X	36.5	13.2	28	183.7	307.3	83.1	648.3	9.7	288.1	262.0	793.2	1754.1	356.4	22.5	18.1	5.1	11.3	0.5
	SD	2.2	1.0	0.1	11.0	80.2	108.6	130.0	7.5	291.3	330.6	419	446.7	871.1	10.0	9.1	2.7	2.5	0.0
	Min	31.2	10.0	2.7	180.0	174.2	72.7	330.1	0.6	14.5	21.9	734.5	74.7	50.8	8.3	9.0	1.2	8.1	0.5
	Max	40.1	15.1	3.1	204.0	478.4	109.0	987.7	25.4	1065.5	1283.3	803.3	2497.7	4593.1	42.8	49.2	11.4	19.1	0.5
	CV	5.9	7.9	3.5	6.0	26.1	12.7	24.4	77.1	100.8	105.2	5.3	215.5	244.4	44.3	50.2	53.9	22.1	0.0
Metakarpal-Metatarsal (n=15)	X	36.4	13.0	28	186.4	297.6	82.7	688.1	12.5	188.3	303.3	791.4	1786.6	182.7	22.1	15.4	8.4	11.3	0.5
	SD	2.4	0.8	0.1	23.7	150.5	108.1	194.2	8.3	127.5	279.1	717.7	646.6	181	7.8	5.6	9.0	2.4	0.1
	Min	31.6	11.5	2.7	174.0	132.3	69.1	414.5	1.1	3.0	43.9	741.9	730	168.1	11.1	8.8	2.0	9.0	0.5
	Max	40.2	13.9	3.0	270.0	707.7	103.0	1520.0	31.5	499.8	965.1	1038.7	3153.2	2456	40.0	23.1	30.1	15.2	0.9
	CV	6.6	6.2	2.5	12.7	50.6	13.0	28.2	66.6	67.7	79.7	9.8	33.8	9.9	35.1	36.0	108.0	21.5	19.6
Toprak örnekleri	X	14.1	3.6	6.6	538.5	145.5	58.6	593.5	52.0	2695.3	2412.3	1324.4	1245.0	2879.7	6.5	6.7	2.7	15.6	11.6
	SD	12.0	5.1	3.7	3461.4	21.0	110.9	49.3	2.7	2792.9	300.8	1654.4	8200.2	20416.2	2.9	0.6	1.9	23.1	1.6
	Min	5.3	10.0	2.8	186.0	124.1	39.4	407.5	49.9	2165.0	1954.8	348.7	12380.4	529	4.3	6.4	20.2	100.3	10.4
	Max	31.8	11.3	11.3	7446.0	174.3	642.2	590.8	35.7	2857.0	2728.9	3783.9	21433.4	49788.8	10.7	7.6	24.7	150.0	13.8
	CV	85.0	141.1	55.6	66.0	14.4	23.3	9.5	5.1	11.4	13.8	124.9	65.9	70.9	44.4	8.7	8.2	18.4	13.4
Hayvan Kemikleri (n=18)	X	37.1	13.1	28	513.0	140.2	93.7	772.4	4.3	631.9	173.5	1379.3	2397.7	1138.8	17.9	16.9	3.4	10.9	0.5
	SD	1.8	0.7	0.1	24.0	42.6	138.7	173.6	3.9	1057.9	118.7	670	1014.6	4081.0	5.5	6.1	1.4	4.3	0.09
	Min	33.9	11.8	2.8	483.3	69.4	78.2	481.1	0.9	5.3	30.0	1307.4	101.2	1330	12.0	9.0	1.3	9.0	0.4
	Max	41.0	14.2	3.1	567.7	221.2	137.0	1147.0	16.2	646.7	440.2	1402.6	4481.9	17491.1	33.5	26.9	6.8	14.2	0.5
	CV	5.0	5.6	3.4	4.7	30.4	14.5	22.5	92.2	167.4	68.4	4.9	43.0	383.4	30.6	36.3	140.9	12.4	5.6

zi yapılan elementlerden kalsiyum (Ca), fosfor (P), sodyum (Na), yum (K) ve itriyum (Y) ölçüm değerleri femur, kaburga, metakarpal ve arsal için benzerdir. Diğer taraftan magnezyum (Mg) ve stronsiyum (Sr)

birikimi femur için en yüksek ölçülmüşken çinko (Zn), baryum (Ba), bakır (Cu), Demir (Fe), mangan (Mn) ve kurşun (Pb) elementlerinin analiz sonuçları kaburga, metakarpal ve metatarsal için femurdan daha yüksek rapor edilmiştir. Alüminyum (Al), arsenik (As) ve uranyum (U) değerleri kaburga kemiklerinde en yüksek değerlerine ulaşır. Zirkonyum (Zr) birikimi ise metakarpal ve metatarsal kemiklerinde en yüksektir (Tablo 3). Değişim katsayısı değerleri Ca, P, Mg, Sr, Na ve Y için %20'nin altında ölçülmüştür. Tepecik-Çiftlik Neolitik topluluğunda Ca/P oranı kaburga ve tarak kemiklerinde 2,8'dir. Aynı oran değeri femur için 2,9 iken hayvan kemikleri ortalamasının 2,8 olduğu görülmektedir (Tablo 3).

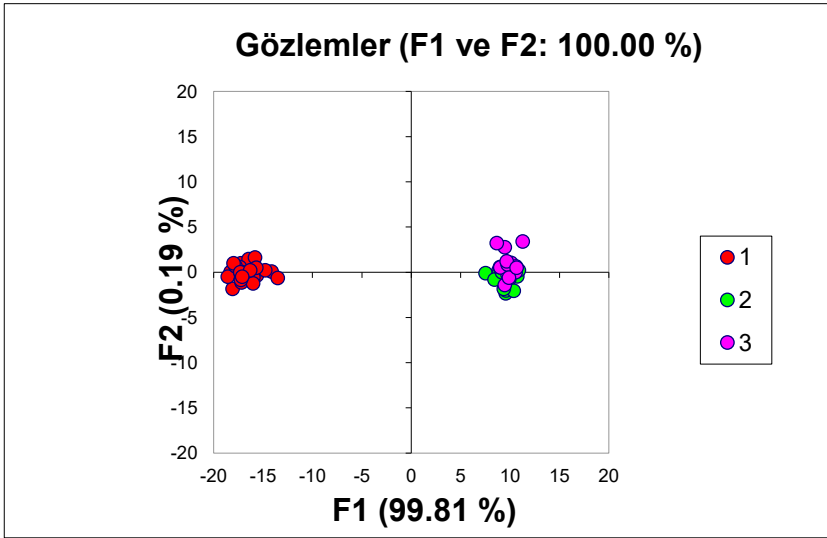
Kemik gruplarında tespit edilen element miktarları arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlılığı ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir ( $p < 0,05$ ; Tablo 4). Bu analize göre P, Sr, Ba, Fe, Mn, K, Pb ve Zr elementleri için tespit edilen değerler istatistiksel olarak anlamlılık göstermektedir (Tablo 4).

**Tablo 4:** Kemik grupları arasında yapılan ANOVA testi (koyu renk istatistiki olarak anlamlılık içerir).

Element	F	P-değeri	F ölçütü
Ca	1,662089	0,198805	3,15884272
<b>P</b>	3,565936	<b>0,03474</b>	3,15884272
Mg	1559,177	1,74E-50	3,15884272
Zn	16,15712	2,76E-06	3,15884272
<b>Sr</b>	9,833384	<b>0,000214</b>	3,15884272
<b>Ba</b>	8,68911	<b>0,000508</b>	3,15884272
Cu	12,88439	2,42E-05	3,15884272
<b>Fe</b>	7,20481	<b>0,001623</b>	3,15884272
<b>Mn</b>	4,049523	<b>0,022675</b>	3,15884272
Na	533,4061	1,25E-37	3,15884272
<b>K</b>	6,236702	<b>0,003553</b>	3,15884272
Al	0,764978	0,470062	3,15884272

As	0,091703	0,912511	3,15884272
U	1,789902	0,176234	3,15884272
<b>Pb</b>	5,14557	<b>0,008823</b>	3,15884272
<b>Zr</b>	5,6074	<b>0,005983</b>	3,15884272

Kemik grupları arasında yapılan diskriminant analizi örneklerin %100'nü iki fonksiyonla doğru olarak sınıflamıştır (Şekil 2). Grafiğe göre kemik grupları arasında oluşan farklılığın %98,81 oranı X eksenindeyken, sadece %0,19'u Y eksenindedir. Bununla birlikte kaburga, el ve ayak tarak kemikleri arasında geçişler görülür. Fakat femur değerleri diğer kemiklerin aksi yönde bir dağılım sergilemiş ve farklı bir grup oluşturmuştur. Söz konusu geçişkenlik düzensizlik matrisinde daha net görülmektedir (Tablo 5).



**Şekil 2:** Kemik grupları arasında yapılan diskriminant analizi (1= femur; 2= kaburga; 3= el ve ayak tarak kemikleri).

Düzensizlik matrisi tablosuna göre femur ile diğer kemik grupları arasında bir geçiş gözlemlenmemiştir. Buna karşın toplam 23 kaburga örneğinden 21'i kendi arasında benzerlik gösterirken, el ve ayak tarak kemiklerinden ikisi ile

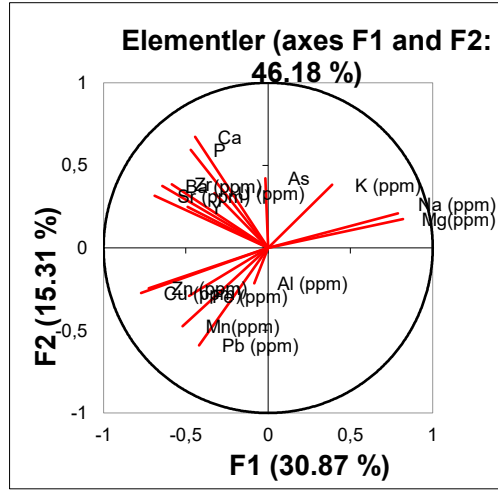
geçişler göstermektedir. Çalışmada kullanılan 15 el ve ayak tarak kemiğinden 8'i kendi içerisinde benzerlik gösterirken, 7'si kaburga ile geçişler sergilemiştir.

**Tablo 5:** Kemik grupları arasında elementlerin düzensizlik matrisi.

	Femur	Kaburga	El ve Ayak Tarakları	Toplam
Femur	22	0	0	22
	36,67%	0,00%	0,00%	36,67%
Kaburga	0	21	2	23
	0,00%	35,00%	3,33%	38,33%
El ve Ayak Tarakları	0	7	8	15
	0,00%	11,67%	13,33%	25,00%
Toplam	22	28	10	60
	36,67%	46,67%	16,67%	100,00%

Temel bileşenler analizi (PCA) kemik kimyasal bileşiminin %46,18'i iki bileşenle açıklanmaktadır (Şekil 3). İlk bileşen olan PC1 (x-ekseni) elementler arası farklılaşmanın yaklaşık olarak %31'ini açıklarken PC2 (y-ekseni) varyansın %15,3'lük bölümünü açıklar.





Şekil 3: Kemik grupları arası temel bileşenler analizi.

Korelasyon matrisinde koyu renkli değerler istatistiksel olarak anlamlılık sergilemektedir. Değerlerin pozitif yönde ve 1'e yakın olması elementler arasındaki ilişkinin anlamlı olduğunu gösterir. Tablo 6'da görüldüğü gibi kemiğin en önemli iki bileşeni olan kalsiyum ve fosfor (Ca-P) arasındaki ilişki tüm kemikler için en anlamlı değeri ( $r^2= 0,936$ ) verir. Korelasyon tablosunda negatif değerler iki element arasında zıt ilişki olduğunu göstermektedir. Yani değerlerde biri artarken diğerinin azalmaktadır. Tüm kemik grupları için yapılan elementler arası ilişkinin değerlendirildiği korelasyon matrisinde Mg elementinin Na ( $r^2= 0,456$ ) ve K ( $r^2= 0,988$ ) dışında diğer elementler ile zıt korelasyon sergilediği görülmektedir. Magnezyumun zıt korelasyon gösterdiği elementlerden bir diğeri de zirkonyumdur ( $r^2=-0,365$ ) ve istatistiki açıdan anlamlıdır.

Zirkonyumun, 15 element içerisinde 4'ü ile zıt korelasyon gösterir. Zirkonyumun magnezyuma ek olarak sodyum elementi ile gösterdiği zıt korelasyon istatistiksel olarak anlamlıdır.

**Tablo 6:** Analiz edilen tüm kemik gruplarının korelasyon matrisi (koyu renk istatistiki olarak anlamlılık içerir).

	Ca (%)	P (%)	Mg(ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn(ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As 8(ppm)	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr (ppm)	Y (ppm)
Ca (%)	1																
P (%)	<b>0,936</b>	1															
Mg(ppm)	-0,149	-0,245	1														
Zn (ppm)	0,186	<b>0,264</b>	<b>-0,585</b>	1													
Sr (ppm)	<b>0,381</b>	<b>0,348</b>	<b>-0,476</b>	<b>0,394</b>	1												
Ba (ppm)	<b>0,389</b>	<b>0,355</b>	<b>-0,418</b>	<b>0,311</b>	<b>0,666</b>	1											
Cu (ppm)	0,194	0,192	<b>-0,516</b>	<b>0,664</b>	<b>0,427</b>	<b>0,418</b>	1										
Fe (ppm)	0,011	0,015	<b>-0,421</b>	<b>0,382</b>	<b>0,384</b>	<b>0,331</b>	<b>0,346</b>	1									
Mn(ppm)	0,058	0,113	<b>-0,315</b>	<b>0,495</b>	<b>0,097</b>	<b>0,085</b>	<b>0,624</b>	0,140	1								
Na (ppm)	-0,083	-0,190	<b>0,988</b>	<b>-0,559</b>	<b>-0,449</b>	<b>-0,416</b>	<b>-0,487</b>	<b>-0,420</b>	<b>-0,313</b>	1							
K (ppm)	0,029	-0,016	<b>0,456</b>	-0,225	-0,100	0,029	<b>-0,283</b>	-0,167	<b>-0,403</b>	<b>0,450</b>	1						
Al (ppm)	-0,046	-0,063	-0,107	-0,025	0,068	-0,004	-0,004	<b>0,497</b>	-0,045	-0,117	0,030	1					
As 8(ppm)	0,110	0,095	-0,062	-0,125	0,223	0,234	-0,140	-0,179	-0,250	-0,084	-0,050	-0,115	1				
U (ppm)	0,203	0,153	-0,207	0,159	0,217	0,112	0,164	-0,006	0,009	-0,188	-0,101	-0,098	0,129	1			
Pb (ppm)	-0,081	-0,059	<b>-0,302</b>	<b>0,380</b>	0,055	0,024	<b>0,556</b>	0,186	<b>0,589</b>	<b>-0,302</b>	<b>-0,301</b>	0,102	-0,205	-0,083	1		
Zr (ppm)	<b>0,458</b>	<b>0,409</b>	<b>-0,365</b>	0,199	<b>0,468</b>	<b>0,371</b>	<b>0,352</b>	0,061	0,224	<b>-0,330</b>	-0,148	-0,037	0,039	<b>0,508</b>	0,064	1	
Y (ppm)	<b>0,280</b>	0,186	<b>-0,289</b>	0,242	<b>0,325</b>	<b>0,520</b>	<b>0,331</b>	0,089	0,132	<b>-0,255</b>	0,074	0,027	-0,036	<b>0,295</b>	0,152	<b>0,332</b>	1

#### IV. TARTIŞMA

Kemiğin en önemli bileşenlerinden olan kalsiyumun canlı kemiklerdeki değeri yaklaşık %40 civarındadır (Zapata ve ark., 2006). Her ne kadar arkeolojik çalışmalarda elde edilen değerler çeşitlilik gösteriyorsa da genellikle kabul gören üst değer %38'dir (Zapata ve ark., 2006; Ezzo, 1994b). Arkeolojik kemiklerde ölçülen kalsiyum değerleri toprağın sahip olduğu kalsiyum veya kalsiyum ile yer değiştirme potansiyeli gösteren elementler (Sr, Ba ve Pb gibi) nedeniyle farklılıklar gösterebilir. Böylelikle kemiğin korunma durumu hakkında fikir verir. Hancock (1989), modern kemikler, Rhesus maymunları ve mumya kemiklerinde yaptığı çalışmasında, kalsiyumun %20-35 aralığında olmasını normal kabul etmiştir. Jurkiewicz ve ark., (2004) Polonya'nın orta ve güney kesimlerinde yaşamış, 45 yaş üstü, 38 bireye ait otopsi örneklerinden elde edilmiş femur başı süngerimsi kemik parçaları üzerinde yürüttüğü çalışmada, kalsiyum miktarının ortalama %18,4 olduğunu tespit etmiş, bu durum yaşla birlikte gelişen osteoporozun etkisi ile açıklanmıştır. Carvalho ve Marques (2008), kalsiyum miktarını kaburganın süngerimsi kısmında %40,7, femurun süngerimsi kısmında %31,4 ve femurun kompakt kısmında %55,3 değerinde bulmuştur. Kompakt ve süngerimsi kemikler arasındaki element miktarlarındaki farklılıklar genellikle normal kabul edilir. Bir başka örnek Lambert ve ark., (1982)'nin elde ettiği seviyelerdir. Kalsiyum, Gibson örneklerinin femurunda %37,0, kaburgasında %33,0 ve Ledders örneklerinin femurunda %37,5, kaburgasında %32,9 oranlarında tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu oranları düşük olarak değerlendirmiştir. Anadolu'dan en yakın örnek olan Erken Tunç Çağı İkiztepe topluluğunda kalsiyum ortalaması yaklaşık %40'dır (Özdemir, 2008). Tepecik-Çiftlik topluluğuna ait kemik

gruplarında kalsiyum birikimi İkiztepe örneklerinden düşüktür. Kalsiyum seviyeleri kemik gruplarında farklılık gösterse de normal sınırlarda kalmıştır (Tablo 3). Bu sonuçlara göre kaburga (%36,5) ve tarak kemikleri (%36,4) kalsiyum birikimi açısından benzerdir. Özdemir ve ark., (2017)'nin daha önce Tepecik-Çiftlik femur kemikleri kullanarak yaptıkları çalışmanın verileriyle karşılaştırıldığında femur için analiz edilen kalsiyum ortalama değerinin (%35,3) diğer kemik gruplarından daha düşük olduğu görülür. Arkeolojik kemiklerde dayanıklı yapısı ve kemik döngüsünün diğer kemiklere göre daha yavaş olması nedeniyle, kalsiyum oranının femurda yüksek olması beklenir. Söz konusu çalışmada analiz edilen femur örneklerinin kalsiyum miktarı diğer iki kemik grubunun %3 altında kalmıştır. Bununla birlikte yapılan değerlendirmelere göre kalsiyumun kemik grupları arasındaki farklılaşması istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir (Tablo 4). Sonuçlar kalsiyumun her üç kemik grubu için diyagenezle birlikte kemiğin yapısından ayrılıp kemiği çevreleyen topraktan kaynaklı diğer elementlerle yer değiştirdiğine işaret eder.

Gömü sonrası kalsiyumun hangi elementlerle yer değiştirdiğini değerlendirmek için elementlerin birbirleri ile olan ilişkilerine bakıldığında sonuçlar tüm kemik grupları için benzerlikler gösterir. Örneğin, kemik gruplarının tamamında kalsiyumun, fosfor ve magnezyum ile korelasyonu anlamlıdır (Tablo 6, 7 ve 8). Femurda

ayrıca arkeolojik beslenme araştırmalarında kirletici olarak kabul edilen sodyum ve alüminyum ile güçlü pozitif ilişki görülür (Tablo 7). Aynı elementler için benzer korelasyon tarak kemikleri için de geçerlidir (Tablo 9). Dolayısıyla tarak kemiklerinin gömü çevresinden femur ile benzer şekilde etkilendiğini düşündürür. Diğer taraftan kalsiyumun femurda (Fe ve U) ve tarak kemiklerinde (Zn, Fe, Mn ve Pb) gömü ortamından kemiğe aktarılma ihtimali yüksek olan elementler ile ilişkisi istatistiki açıdan önemli olmasa da negatiftir. Tarak kemiklerinde bir toprak elementi olan zirkonyumun, kalsiyum ile anlamlı korelasyonu ( $r^2= 0,764$ ) fiziksel diyagenezin varlığını akla getirir. Diğer yandan zirkonyumun yüksek olması, yıkama basamağı ile ilişkili de olabilir.

**Tablo 7:** Femur kemiğinin korelasyon matrisi (koyu renk istatistiki olarak anlamlılık içerir).

	Ca (%)	P (%)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As 8ppm)	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr (ppm)
Ca (%)	1															
P (%)	<b>0,950</b>	1														
Mg (ppm)	<b>0,770</b>	<b>0,756</b>	1													
Zn (ppm)	0,338	0,281	0,222	1												
Sr (ppm)	0,134	0,178	0,111	0,018	1											
Ba (ppm)	0,172	0,171	0,322	0,022	<b>0,634</b>	1										
Cu (ppm)	0,362	0,372	0,072	0,305	0,411	0,227	1									
Fe (ppm)	-0,128	-0,123	-0,277	-0,045	0,247	0,018	0,007	1								
Mn (ppm)	0,109	-0,043	0,076	<b>0,683</b>	0,013	-0,027	0,231	0,044	1							
Na (ppm)	<b>0,827</b>	<b>0,816</b>	<b>0,649</b>	<b>0,424</b>	0,075	-0,016	<b>0,445</b>	-0,190	0,176	1						
K (ppm)	0,151	0,266	0,285	0,099	0,026	0,167	-0,028	-0,154	-0,172	0,127	1					
Al (ppm)	<b>0,849</b>	<b>0,888</b>	<b>0,785</b>	0,358	0,213	0,228	<b>0,469</b>	-0,412	0,059	<b>0,852</b>	0,301	1				
As 8ppm)	0,156	0,098	0,179	-0,305	0,059	0,302	-0,116	-0,263	-0,371	0,037	-0,179	0,050	1			
U (ppm)	-0,119	-0,152	-0,024	0,314	-0,090	0,110	-0,089	0,092	0,116	0,028	0,024	-0,082	-0,131	1		
Pb (ppm)	0,295	0,174	0,091	0,093	-0,094	-0,324	0,015	0,230	0,372	0,248	-0,370	0,097	-0,264	-0,076	1	
Zr (ppm)	0,198	0,283	0,081	0,054	<b>0,854</b>	<b>0,547</b>	0,371	0,104	-0,124	0,112	0,220	0,331	-0,066	-0,076	-0,064	1

Kaburgalardaki elementler arası etkileşim baryum açısından ilginçtir (Tablo 8). Baryumun, kalsiyumla yer değiştirme potansiyeline sahip olması nedeniyle aralarında negatif korelasyon olması beklenirken analizi yapılan örneklerde kalsiyum ile anlamlılık sergileyen negatif korelasyon tespit edilmemiştir. Elde edilen sonuçlar ile Tepecik-Çiftlik örneklerinde kalsiyumdaki seviyelerinin beklenenden düşük olması, gömü sonrasındaki değişimden kaynaklı olarak toprak kaynaklı diğer elementlerle yer değiştirmesi ile ilgilidir. Kemiğin yapısal elementlerinden olan fosforun farklılaşmasını değerlendirmek diyagenetik süreci anlamak için önemlidir.

**Tablo 8:** Kaburga kemiklerinin korelasyon matrisi (koyu renk istatistiki olarak anlamlılık içerir).

	Ca (%)	P (%)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As 8ppm)	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr (ppm)
Ca (%)	1															
P (%)	<b>0,957</b>	1														
Mg (ppm)	<b>0,612</b>	<b>0,632</b>	1													
Zn (ppm)	0,321	0,348	<b>0,453</b>	1												
Sr (ppm)	0,386	0,176	-0,018	0,114	1											
Ba (ppm)	<b>0,436</b>	0,375	0,291	0,014	0,400	1										
Cu (ppm)	0,044	0,012	0,271	0,283	0,166	0,269	1									
Fe (ppm)	-0,024	-0,142	-0,064	0,071	0,270	0,284	0,181	1								
Mn (ppm)	0,036	0,132	0,308	0,298	-0,215	-0,219	<b>0,470</b>	-0,020	1							
Na (ppm)	0,347	0,298	<b>0,728</b>	<b>0,555</b>	0,070	-0,022	0,242	-0,081	0,078	1						
K (ppm)	0,017	-0,041	-0,120	0,155	0,245	0,376	-0,246	0,254	<b>-0,630</b>	-0,027	1					
Al (ppm)	-0,148	-0,196	-0,191	-0,219	0,007	-0,089	-0,072	<b>0,558</b>	-0,082	-0,264	0,192	1				
As 8ppm)	0,095	0,072	-0,176	<b>-0,414</b>	0,308	<b>0,419</b>	-0,310	-0,220	-0,377	-0,356	0,223	-0,173	1			
U (ppm)	0,351	0,223	0,117	-0,110	<b>0,414</b>	0,125	0,197	-0,198	-0,014	0,207	-0,207	-0,193	0,305	1		
Pb (ppm)	-0,156	-0,173	0,204	0,046	-0,035	-0,183	<b>0,468</b>	0,190	<b>0,569</b>	0,036	-0,400	0,334	-0,298	0,023	1	
Zr (ppm)	0,333	0,269	0,326	0,112	0,226	0,114	0,261	-0,103	0,392	0,180	<b>-0,457</b>	-0,120	0,060	<b>0,757</b>	0,314	1

Kemiğin önemli bileşenlerinden diğeri olan fosforun modern kemikteki oranı %18'dir (Zapata, 2006). Referans değere göre kemiklerdeki fosfor oranları,

kaburga (%13,2) ve tarak kemiklerinde (%13,0) düşüktür. Faunal kemiklerde (%13,1) benzer değeri sergiler. Fosfor değerinde azalma femurda (%12,4) daha fazla gerçekleşmiştir (Tablo 3). Kemik grupları arasında fosfor açısından farklılaşma istatistiksel olarak anlamlıdır (Tablo 4). Elementler arası ilişkilere bakıldığında tarak kemiklerinde kalsiyumla olduğu gibi, zirkonyum ile pozitif korelasyon göze çarpar (Tablo 9). Bu durum hazırlık aşamasındaki süreçlerden kaynaklı olduğu fikrini destekler.

**Tablo 9:** El ve ayak tarak kemiklerinin korelasyon matrisi (koyu renk istatistik olarak anlamlılık içerir)

	Ca (%)	P (%)	Mg(ppm)	Zn (ppm)	Sr (ppm)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn(ppm)	Na (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)	As 8ppm)	U (ppm)	Pb (ppm)	Zr (ppm)
Ca (%)	1															
P (%)	<b>0,918</b>	1														
Mg(ppm)	<b>0,524</b>	0,299	1													
Zn (ppm)	-0,276	-0,284	-0,087	1												
Sr (ppm)	0,506	0,423	0,495	0,244	1											
Ba (ppm)	0,377	0,217	<b>0,753</b>	<b>0,068</b>	<b>0,788</b>	1										
Cu (ppm)	0,068	-0,055	0,221	<b>0,768</b>	0,345	0,149	1									
Fe (ppm)	-0,393	-0,422	0,055	<b>0,628</b>	0,089	0,168	0,408	1								
Mn(ppm)	-0,180	-0,179	-0,063	<b>0,533</b>	0,119	0,041	<b>0,746</b>	0,257	1							
Na (ppm)	<b>0,688</b>	0,469	<b>0,938</b>	-0,153	<b>0,557</b>	<b>0,713</b>	0,207	-0,057	-0,070	1						
K (ppm)	0,289	0,048	<b>0,563</b>	-0,053	0,349	0,487	0,004	-0,238	-0,335	0,467	1					
Al (ppm)	<b>0,554</b>	0,357	<b>0,968</b>	-0,008	<b>0,580</b>	<b>0,781</b>	0,243	0,022	-0,078	<b>0,910</b>	<b>0,623</b>	1				
As 8ppm)	0,029	0,070	-0,375	0,035	0,352	-0,094	-0,095	-0,296	-0,093	-0,238	-0,069	-0,318	1			
U (ppm)	0,331	0,291	-0,187	0,075	-0,128	-0,256	-0,023	-0,221	-0,276	-0,102	0,232	-0,073	0,038	1		
Pb (ppm)	-0,411	-0,436	-0,043	0,367	-0,186	-0,174	<b>0,599</b>	0,153	<b>0,720</b>	-0,117	-0,180	-0,087	-0,315	-0,381	1	
Zr (ppm)	<b>0,764</b>	<b>0,654</b>	<b>0,595</b>	-0,236	0,406	0,304	0,030	-0,370	-0,407	<b>0,720</b>	0,511	<b>0,621</b>	-0,024	0,304	-0,279	1

Fosfordaki düşük değerler kemik durumunu değerlendirmek için kullanılan Ca/P oranının teorik değerden sapmasına neden olmuştur. Arkeolojik kemikler ve canlı kemiklerde Ca/P için kabul edilen teorik oran 2.16'dır (Ezzo ve ark., 1995; Klepinger ve ark., 1986). Tepecik-Çiftlik iskelet örneklerinde oranların ortalaması kaburga (2,8), tarak kemikleri (2,8) ve femur örneklerinde (2,9) teorik oranın üzerindedir. Klepinger ve ark., (1986) çalışmasında tespit ettiği Morgantina kemik örneklerinde bu oran 2,15-2,30 aralığındadır. Zapata ve ark., (2006), La Molineta ve Calle Era bölgesinden elde ettiği hayvan ve insan kompakt kemiklerinde; 2,30-2,50 aralığında tespit etmiştir. Klepinger ve ark., (1986), bulduğu değerleri normal sınırlar içerisinde değerlendirirken, Zapata ve ark., (2006), diyagenez ile değiştiğini düşünmüştür. Analiz edilen kemiklerdeki Ca/P oranı Zapata ve ark., (2006)'nın elde ettiği orandan yüksek olduğundan diyagenezi destekler. Nitekim Özdemir ve ark., (2017), aynı topluluğun femur, humerus ve tibia örneklerini analiz ettiği çalışmasında, elde edilen değerleri gömü sonrası değişim olarak tanımlamıştır. Kemiklerin korunma durumunu değerlendirmek için diğer element oranlarına bakmak yardımcı olabilir.

Arkeolojik kemiklerde kirletici olduğu tespit edilen demir ve manganın birbirine oranı (Fe/Mn) kemik hakkında fikir verebilir (Stipisic ve ark., 2014). Bu iki element kemikte kalsiyumun yerini alma eğilimi göstermektedir. Fe/Mn oranı, femurda (0,95 ppm) ve taraklarda (0,82 ppm) birbirine yakındır. Kaburga kemiklerinde (2,26 ppm) oldukça yüksektir. Tüm kemiklerde Fe/Mn oranı istatistiksel olarak anlamlılık sergiler. Stipisic ve ark., (2014)'nın, Erken Ortaçağ Dönemi Hırvatistan topluluklarının beslenme modelinin incelediği çalışmasında, Fe/Mn oranlarının Ostrovica kemiklerinde 39,49, Naklice kemiklerinde 11,63 bulmuştur. Bu sonuçlara göre Naklice kemiklerinin korunma durumunu diğer bölgeye göre iyi olarak yorumlamış, yanı sıra her iki bölge içinde demir ve manganı diyagenez ile ilişkilendirmiştir. Tepecik-Çiftlik kemikleri Fe/Mn oranına göre değerlendirildiğinde, Hırvatistan'daki örneklerle göre daha iyi korunmuş olduğu düşünülür. Kemik grupları arasındaki oranlar karşılaştırıldığında ise femur ve tarak kemiklerinin kaburgadan daha iyi korunmuş olduğu görülür.

Sr/Ca oranı referans çalışmalarda kullanıldığı gibi, kaburga ve tarak kemikleri için  $[\text{Sr} (\mu\text{g}) / (10.000.\text{Ca} (\%))] \times 1000$ , femur için  $[\text{Sr} (\mu\text{g}) / (1000.\text{Ca} (\text{mg}))] \times 1000$  formülleri ile hesaplanmıştır (Sillen ve Kavanagh, 1982). Bu formüle uyarlandığında femur için 2,02, kaburgalar için 2,34, tarak kemiklerinde 2,28'dir. Sr/Ca oranının 2'den yüksek olması, stronsiyumun yüksek ve kalsiyumun düşük olması ile ilgilidir. Bu oranlar kemik gruplarında anlamlılık sergilememiştir. Tepecik-Çiftlik örneklerinde kalsiyumun normal değerlerin altında olmasının, bu oranın yükselmesine etkili olduğu görülür. Dolayısıyla Sr/Ca oranı da diğer belirteçler gibi örneklerin iyi korunmamış olduğu sonucunu destekler. Kemik grupları arasında kıyaslama yapıldığında, kaburga kemiklerinin tarak kemikleri ile femura kıyasla daha yakın olduğu görülmektedir. Femur örneklerinde oldukça az bir fark göstermekle birlikte düşüktür. Oysa tarak kemiklerinin benzer yapıya sahip femur ile yakın değerler vermesi beklenirken, trabeküler yapıya sahip kaburga ile benzer olduğu görülür. Bununla birlikte kaburgaların korunma durumunun diğer kemiklere kıyasla düşük olduğu görülmektedir. Ancak sonuçlar genel olarak çalışmada kullanılan tüm kemik gruplarının gömü şartlarından etkilendiği düşündürmektedir.

Arkeolojik beslenme araştırmalarında kemiğin gömülü olduğu süreçte geçirdiği değişimleri değerlendirirken toprağın ve kemiğin yapısal özellikleri dâhil birçok etkenin değerlendirilmesi önerilmektedir. Bu çalışmada iskeletlerin çıkarıldığı katmanlardan alınan dört toprak numunesinin pH değerleri 7,02, 7,23, 7,90

ve 8,01 olarak ölçülmüştür (ortalama, 7,54). Analiz edilen pH nötrden alkaliye kaymaktadır. Kemığın hidroksiapatit bileşeninin, örneklerde elde edilen pH değerine sahip olan topraklarda çözünürlüğünün az olduğu tespit edilmiştir (Pate ve ark., 1989; Pate, 1994). Tepecik-Çiftlik kemik örnekleri bu sonuç ile uyumluluk göstermemiştir. Bununla birlikte fosfat pozisyonundaki karbonatın yüksek olmasının çözünürlüğü arttırdığı belirtilmektedir (Pate ve ark., 1989; Pate, 1994). Nitekim örneklerdeki fosforun düşük seviyeleri için karbonatın etkili olma olasılığı üzerinde durulmuştur (Zapata ve ark., 2006). Dolayısıyla bazik pH'nın ölçülmesi bu olasılığı güçlendirmektedir.

Arkeolojik çalışmalarda değişimlerden kaynaklı hataları en aza indirmek için önerilen yöntemlerden biri çalışmaya dâhil edilen kemiklerin iyi görünümlü olmalarıdır (Farnum ve Stanford, 2008). Bununla birlikte iyi görünümlü bir kemik için belirlenmiş herhangi bir ölçüt bulunmamaktadır. Çalışmaya dâhil edilen kaburga ve tarak kemikleri seçilirken iyi görünümlü örnekler seçilmiş olmasına rağmen element miktarları bu öneriyi desteklemez (Tablo 2). Örneğin, çok iyi (1) olarak değerlendirilen TP12-SK70 numaralı erişkin kadın bireyin kaburgası 3 element oranı açısından ortalamaların üzerindedir. Bu bireyin kaburgasındaki Fe/Mn oranı da 12,00 ile en yüksek değeri vermiştir. Elementler açısından değerlendirildiğinde bu bireyin kemiklerinde diyagenez olduğu görülmektedir. Bir diğer örnek ise, orta (3) olarak değerlendirilen TP12-SK78 numaralı erişkin erkek bireyin sadece Ca/P oranının yüksek olmasıdır.

Örneklere olduğu gibi iyi görünümlü olarak değerlendirilen kemiklerin elementel açıdan kirlenmiş olması, kötü görünümlü olarak nitelendirilen kemiklerde ise kirlenici element oranlarının düşük olması bu öneriyle uyumluluk göstermemiştir. Yanı sıra parçalanmış kemikten elde edilen element oranları ile tümü kullanılan kemiklerdeki oranların farklılık göstermiyor olması da bu çalışmada karşımıza çıkan bir başka sonuçtur. Bununla birlikte tüm kemik grupları için Ca ve P elementleri ile Ca/P, Sr/Ca ve Fe/Mn oranları genel olarak değerlendirildiğinde korunmanın iyi olmadığı görülmektedir. Analizi yapılan kaburga örneklerinin korunma durumunun diğer kemiklerden düşük olması, arkeolojik çalışmalarda kaburganın diyageneze daha açık olduğu sonucuna uygun görünmektedir.

## V. SONUÇ

Bu çalışmanın konusu yapısal ve işlevsel olarak farklı kemik gruplarının toprak altında geçirdiği element birikimleri ile ilgili değişimleri karşılaştırmalı olarak değerlendirmek ve benzerlik ve farklılıkları ortaya koymaktır. Bunun

için Tepecik-Çiftlik'te bulunan Neolitik döneme ait kaburga ve tarak kemiklerinin element içerikleri PED-XRF analizi ile tespit edilmiştir. Elde edilen element seviyeleri aynı topluluğun beslenme modelinin yapılandırılması araştırmasında (Özdemir ve ark., 2017) kullanılan femur örneklerindeki element miktarları ile karşılaştırılmıştır.

Çalışılan kemik gruplarındaki kalsiyum ve fosfor miktarı önerilen referans değerlerden düşük çıkmıştır. Söz konusu düşük miktarlar kemiği oluşturan bu iki ana elementin gömü sonrası süreçte kemiğin yapısından ayrıldığını gösterir. Yüksek Ca/P oranı element miktarlarının işaret ettiği sonucunu destekler. Arkeolojik kemiklerde kirletici olarak değerlendirilen demir ve manganın birbirine oranlanması tüm kemiklerdeki gömü sürecinin etkilerini desteklerken, femur ve tarak kemiklerinin nispeten daha iyi olduğunu göstermiştir. Tarak kemiklerinde hesaplanan düşük değer, daha önceden femur üzerinde yürütülen çalışmadan elde edilen değerle karşılaştırdığında benzerdir. Bu durumda gömü sonrası süreçlerden daha az etkilendiği düşünülen femur kemiğine korunma açısından benzeyen tarak kemiklerinin araştırmalarda kaburga kemiğine göre daha elverişli olduğu önerilebilir.

### **Teşekkür**

Araştırmada kullanılan insan ve hayvan kemiklerini kullanmamıza izin veren Tepecik-Çiftlik kazı başkanı İstanbul Üniversitesinden Prof. Dr. Erhan Bıçakçı'ya; Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Prof. Dr. Yusuf Kağan Kadioğlu ve Dr. Kıymet Deniz'e, analizler için Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve İnceleme Merkezi (YEBİM)'ne ve Gazi Üniversitesi'nden Gülşen Albuz-Geren'e (MAKLAB) yardımları için teşekkür ederiz. Bu makale "Farklı Arkeolojik Kemik Türlerinde Element Birikiminin Belirlenmesi: Tepecik-Çiftlik Örneği (Tez No: 456816)" adlı tezden üretilmiştir.



## KAYNAKÇA

- ARIHAN-KARAÖZ, S., AKYOL, A. A., ÖZER, İ., ARIHAN, O. (2017). Beybağ-Muğla (Türkiye) Bizans Dönemi İskeletlerinin Element Analizi. *Tuba-Ar*, 21(2).
- BIÇAKÇI, E., ALTINBİLEK-ALGÜL, Ç., BALCI, S., GODON M. (2007). Tepecik-Çiftlik. In: M. Özdoğan, N. Başgelen (Eds.), *Türkiye’de Neolitik Dönem*. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları, pp.237-253.
- BIÇAKÇI, E., GODON, M., ÇAKAN, Y.G. (2012). Tepecik-Çiftlik. In: M. Özdoğan, N. Başgelen, P. Kuniholm (Eds.), *The Neolithic in Turkey (Vol 3), New excavations & New Research, Central Turkey*. İstanbul: Archaeology and Art Publications, pp.89-134.
- BIÇAKÇI, E. (2016). Tepecik-Çiftlik Höyüğü (Niğde) Kazısı Işığında Orta Anadolu Tarihöncesi Kültürleri ile İlgili Yeni Bir Değerlendirme. *Tuba-Ar*, 4(1).
- BUİKSTRA, J.E., UBELAKER, D.H. (1994). Standards for data collection from human skeletal remains, Arkansas: Arkansas Archeological Survey Research Series No. 44.
- BUİKSTRA, J. E. (1989). Multiple elements: multiple expectations. *The chemistry of prehistoric human bone*, 155-210.
- BURTON, J.H. (2008). Bone Chemistry and Trace Element Analysis. Biological Anthropology of the Human Skeleton, Second Edition. Ed. M. Anne Katzenberg ve Shelley R. Saunders. John Wiley & Sons, Inc.
- BURTON, J.H., PRICE, T.D. (2002). The use and abuse of trace elements for paleodietary research. In: Biogeochemical approaches to paleodietary analysis (pp. 159-171). Springer, Boston, MA.
- BÜYÜKKARAKAYA, A.M., AKYOL, A.A., ÖZDEMİR, K. (2017). Tepecik-Çiftlik Neolitik topluluğunda süttten kesme sürecinin incelenmesi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Yıl 10, Sayı 1: 169-196.DOI: <http://dx.doi.org/10.17218/hititsosbil.306223>
- BÜYÜKKARAKAYA A.M., ERDAL Y.S. (2014). New Data on Mortuary Practices from the Early Pottery Neolithic Site of Tepecik-Çiftlik, Central Anatolia. *European Association of Archaeologists*. 20. Yıllık Toplantısı, Eylül, 10-14, İstanbul, Turkey.

- CARVALHO, M.L., MARQUES, A.F. (2008). Diagenesis evaluation in Middle Ages human bones using EDXRF. *X-Ray Spectrometry: An International Journal*, 37(1), 32-36.
- CARVALHO, M.L., CASACA, C., PİNHEIRO, T., MARQUES, J.P., CHEVALLIER, P., CUNHA, A.S. (2000). Analysis of human teeth and bones from the chalcolithic period by X-ray spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 168(4), 559-565.
- CARVALHO, M.L., MARQUESA, A.F., LİMA, M.T., REUSE, U. (2004). Trace elements distribution and post-mortem intake in human bones from Middle Age by total reflection X-ray fluorescence. *Spectrochim. Acta B*, 59, 1251-1257.
- ÇAKAN, Y.G. (2013). Tepecik-Çiftlik Son Neolitik Dönem Mimarisi. İstanbul Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- ÇIRAK, M., AKYOL, A. (2014). Kilikya Toplumı İskeletlerinde Kurşun (Pb) Düzeyleri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 36-47.
- EDWARD, J.B., BENFER, R.A. (1993). The effect of diagenesis on the Paloma skeletal material. In: Sandford MK (ed.): *Investigation of Ancient Human Tissue: Chemical Analyses in Anthropology*. Philadelphia: Gordon and Breach.
- EZZO, J.A. (1994a). Zinc as a paleodietary indicator: an issue of theoretical validity in bone-chemistry analysis. *American Antiquity*, 59(4), 606-621.
- EZZO, J.A. (1994b). Putting the "chemistry" back into archaeological bone chemistry analysis: modeling potential paleodietary indicators. *Journal of Anthropological Archaeology*, 13(1), 1-34
- EZZO, J.A., LARSEN, C.S., BURTON, J.H. (1995). Elemental signatures of human diets from the Georgia Bight. *American Journal of Physical Anthropology*, 98(4), 471-481.
- FARNUM, J., SANDFORD, M.K. (2008). Trace Element Analysis. *Encyclopedia of Archaeology*, 3; 2134-2156.
- GUİMARAES, D., DİAS, A. A., CARVALHO, M., CARVALHO, M.L., SANTOS, J.P., HENRİQUES, F. R., ... & PESSANHA, S. (2016). Quantitative determinations and imaging in different structures of buried human bones from the XVIII-XIXth centuries by energy dispersive X-ray fluorescence-Postmortem evaluation. *Talanta*, 155, 107-115.

- GÜNER, C., ALİYEYEV, V., ATAMTÜRK, D., DuyAR, İ., SÖYLEMEZOĞLU, T. (2011). Retention of Zn, Cu, Cd, Pb, and As on human bones unearthed at a Central Anatolian Early Bronze Age excavation site (Resuloğlu, Turkey). *Eurasian Journal of Anthropology*, 2(1), 27-39.
- GÜNER, C., TÜRKSOY, V.A., ATAMTÜRK, D., DUYAR, İ. (2012). Adramytteion (Örentepe, Balıkesir) Erken Bizans dönemi insan iskeletlerinin kimyasal analizi. *İnsanbilim Dergisi*, 1(2), 81-93.
- HANCOCK, R.G.V., GRYNPAS, M.D., PRITZKER, K.P.H. (1989). The abuse of bone analyses for archaeological dietary studies. *Archaeometry*, 31(2), 169-179.
- Hedges, R.E.M. (2002). Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*, 44 (3), 319-328.
- HEDGES, R.E.M., MILLARD, A.R. (1995). Measurements and relationships of diagenetic alteration of bone from three archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, 22, 201-209.
- HILL, P.A., ORTH, M. (1998). Bone remodelling. *Journal of Orthodontics*, 25(2), 101-107.
- İŞCAN, M.Y., LOTH, S.R., WRIGHT, R.K. (1984). Age estimation from the rib by phase analysis: white males. *Journal of Forensic Science*, 29(4), 1094-1104.
- İŞCAN, M.Y., LOTH, S.R., WRIGHT, R.K. (1985). Age estimation from the rib by phase analysis: white females. *Journal of Forensic Science*, 30(3), 853-863.
- JÁNOS, I., SZATHMÁRY, L., NADAS, E., BENÍ, A., DÍNYA, Z., MATHE, E. (2011). Evaluation of elemental status of ancient human bone samples from Northeastern Hungary dated to the 10th century AD by XRF. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: *Beam Interactions with Materials and Atoms*, 269(21), 2593-2599.
- JURKIEWICZ, A., WIECHULA, D., NOWAK, R., GAŹDZÍK, T., LOSKA, K. (2004). Metal content in femoral head spongy bone of people living in regions of different degrees of environmental pollution in Southern and Middle Poland. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59(1), 95-101.
- KİNİ, U., NANDEESH, B.N. (2012). Physiology of bone formation, remodeling, and metabolism. In Radionuclide and hybrid bone imaging (pp. 29-57). Springer, Berlin, Heidelberg.

- KLEPINGER, L.L. (1984). Nutritional assessment from bone. *Annual Review Anthropology*, 13: 75-96.
- KROGMAN W.M., İŞCAN M.Y. (1986). *The Human Skeleton in Forensic Medicine*. Charles C. Thomas: Illinois.
- KLEPINGER, L.L., KUHN, J.K., WILLIAMS, W.S. (1986). An elemental analysis of archaeological bone from Sicily as a test of predictability of diagenetic change. *American Journal of Physical Anthropology*, 70(3), 325-331.
- KYLE, J.H. (1986). Effect of post-burial contamination on the concentrations of major and minor elements in human bones and teeth. The implications for palaeodietary research. *Journal of Archaeological Science*, 13, 403-16.
- LAMBERT, J.B., VLASAK, S.M., THOMETZ, A.C., BUIKSTRA, J.E. (1982). A comparative study of the chemical analysis of ribs and femurs in Woodland populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 59(3), 289-294.
- LOTH S.R., İŞCAN M.Y. (1989). Morphological assessment of age in the adults: the thoracic region. *Age Markers in Human Skeleton*. İşcan MY (ed.). Charles C. Thomas: Illinois; 105-136.
- MEİNDL, R.S., LOVEJOY, C.O. (1985). Ectocranial suture closure: a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral- anterior sutures. *American Journal of Physical Anthropology*, 68(1), 57-66.
- ÖZDEMİR, K. (2008). İkiztepe Tunç Çağı Topluluğunda Element Analiziyle Beslenme Yapısının Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara.
- ÖZDEMİR, K., ERDAL, Y.S., DEMİRCİ, Ş. (2010). Arsenic accumulation on the bones in the Early Bronze Age İkiztepe Population, Turkey. *Journal of Archaeological Science*, 37 (5); 1033-1041. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2009.12.004>
- ÖZDEMİR, K., AKYOL, A.A., BÜYÜKKARAKAYA, A.M. (2017). Tepecik-Çiftlik Topluluğunun Neolitik Dönem Tabakaları Boyunca Beslenme Değişimleri. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 594-610. DOI: 10.21547/jss.312067
- ÖZDEMİR, K., AKYOL, A.A., İREN, K., ERDAL, Y.S. (2018) Investigations of Osteobiography of the Kuru Tumulus Skeletons by Elemental Analysis. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 17(3), 740-760.

- PARKER, R.B., TOOTS, H. (1970). Minor Elements in Fossil Bone. *Geological Society of America Bulletin*, 81, 925-932.
- PATE, F.D. (1994). Bone chemistry and paleodiet. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1(2), 161-209.
- PATE, F. D., Hutton, J. T., Norrish, K. (1989). Ionic exchange between soil solution and bone: toward a predictive model. *Applied Geochemistry*, 4(3), 303-316.
- POLLARD, A.M., Batt, C.M., Stern, B., Young, S.M., Young, S.M.M. (2007). *Analytical chemistry in archaeology*. Cambridge University Press.
- SALMON, M.E. (1970). An X-Ray Fluorescence Method for Micro-Samples, IIC-American Group Technical Papers from 1968 through 1970; IIC-American Group: New York, 31-46.
- SANDFORD, M.K. (1992). A reconsideration of trace element analysis in prehistoric bone. In: Katzenberg, M.A., Saunders, S.R. (Eds.) *Biological Anthropology of the Human Skeleton*. New York: Wiley-Liss, pp.79-103.
- SİLLEN, A., KAVANAGH, M. (1982). Strontium and paleodietary research: a review. *American Journal of Physical Anthropology*, 25(S3), 67-90.
- STİPİSIC, A., VERSIĆ-BRATINCEVIĆ, M., KNEZOVİĆ, Z., SUTLOVIĆ, D. (2014). Metal content in medieval skeletal remains from Southern Croatia. *Journal of Archaeological Science*, 46, 393-400.
- TURNER-WALKER, G. (2008). The chemical and microbial degradation of bones and teeth. *Advances in human palaeopathology*, 592.
- UNDERWOOD, E.J. (1977). *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Academic Press.
- ZAPATA, J., PEREZ-SÍRVENT, C., MARTÍNEZ-SANCHEZ, M.J., TOVAR, P. (2006). Diagenesis, not biogenesis: two late Roman Empire skeletal examples. *Science of Total Environment*, 369 (1-3), 357-368.
- ZİMMERMAN, H. A., MEİZEL-LAMBERT, C. J., SCHULTZ, J. J., SİGMAN, M. E. (2015). Chemical differentiation of osseous, dental, and non-skeletal materials in forensic anthropology using elemental analysis. *Science & Justice*, 55(2), 131-138.

