

HALIÇ ZİNCİRİ

LABORATUVAR İNCELEMELERİ-1:

ICP-MS, WDXRF ve PTXRF

SPEKTROMETRE ANALİZLERİ

Uğur GENÇ - Asiye BAŞSARI - Süheyla ACARKAN*

Bu çalışmada, Konstantinopolis'in 1453 yılında Osmanlı Devleti tarafından kuşatılması sırasında Doğu Roma İmparatoru XI. Konstantin Paleologos'un emri ile Haliç girişini kapatmak için hazırlanan savunma zincirinin (Haliç Zinciri) ICP-MS, WDXRF ve PTXRF Spektrometre cihazları kullanılarak incelemeleri yapılmıştır. Analizler sonucunda zincirin yapısal özellikleri ortaya çıkartılarak, dağılmış durumdaki parçaların özdeşliği hakkında yorum yapılabilmesine olanak sağlayan bilgiler elde edilmiştir.¹

Haliç Zinciri

Tarih boyunca çok sayıda kuşatma ve istilâ yaşamış olan Konstantinopolis şehri, 1453 yılında Osmanlı Devleti'nin 29 Mayıs günü gerçekleştirdiği son tarruzu ile ele geçirilmiş ve bu tarihten itibaren Türk hâkimiyeti altına girmiştir. İki ay süren kuşatma süresince Fethi geciktiren en önemli iki unsurdan ilki yaklaşık 6 km. boyunca karadan uzanan büyük kara surları ikincisi ise Sarayburnu ile Galata bölgesi arasına çekilen Haliç Zinciri olmuştur. Ordu, kara surlarına saldırdığında önce 18 m. genişliğinde ve

9 m derinliğindeki hendeği, ardından ise 3 sıralı tahkim edilmiş olan sur düzenini geçmek zorunda kalıyordu. Kara surlarının bu aşılması çok güç yapısının yanında Haliç kıyılarının sur sistemi tek sıradan oluşmaktaydı ve bu surlar kara surlarına oranla daha az dayanıklıydı.² Bu güvenlik açığının giderilmesi ve savaş anında kent savunmasının iki cepheden yapılmasını önleyebilmek amacıyla Haliç girişinin büyük bir zincir ile kapatılıp Bizans ve Venedikli donanma gemileri tarafından korunduğu çeşitli kaynaklarca aktarılmaktadır.³



Resim 1: Gemilerin Haliç'e indirilişi.

Zincire yapılan atakların sonuç vermemesi üzerine Sultan II. Mehmet gemilerin kara yolu ile Haliç limanına sevk edilmesini emreder⁴ (Resim: 1). Fetihden

sonra bu savaş stratejisinin gerçekleşmesine neden olan Haliç Zinciri Osmanlı İmparatorluğu tarafından zaferin ve kent kimliğinin bir sembolü olarak muhafaza edilmiş ve günümüze kadar ulaşabilmiştir.

Kızgın demir çubukların çekiçle dövülerek biçimlendirilmesi sonucunda meydana getirilmiş baklalardan oluşan Haliç Zinciri, bilindiği gibi Geç Bizans Döneminde üretilmiştir ve parçaları bugün İstanbul'da bulunan dört müzede korunmaktadır⁵ (Resim: 2).

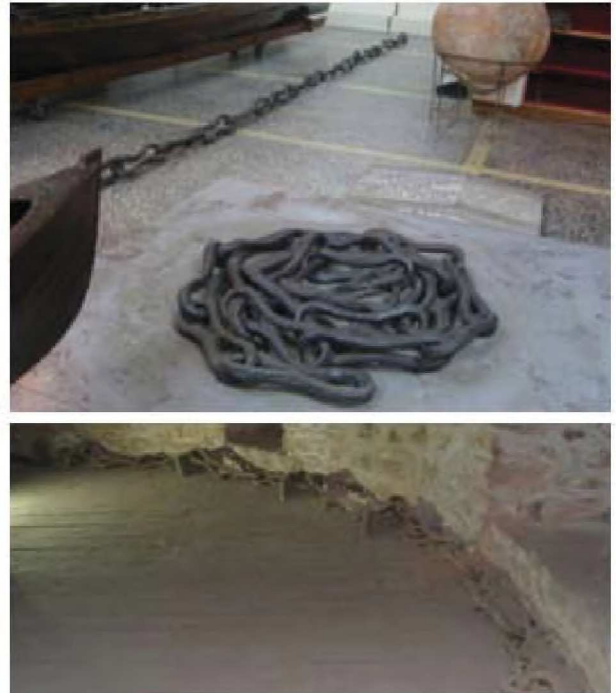
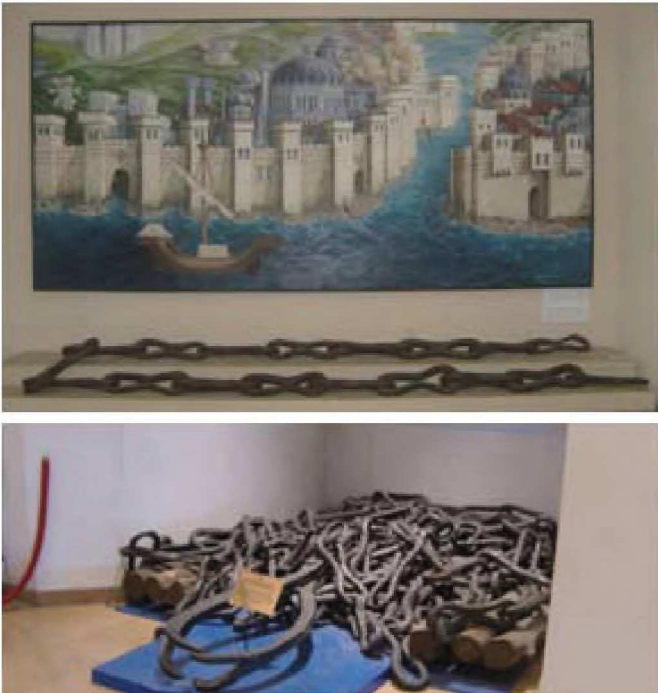
Amaç ve Kapsam

Marmara Üniversitesi Türkiyat Araştırmaları Enstitüsünde Prof. Dr. Selçuk Mülayim danışmanlığı ile hazırlanan "Haliç Zinciri Problemi" başlıklı tez çalışması, Haliç Zinciri konusunda bugüne kadar ele alınmış en kapsamlı bilimsel araştırma olma özelliğini taşımaktadır. Zincirin bir rivayet olarak düşünülmesini

aydınlatan çalışmanın iki yıl ile sınırlanan bir sürede hazırlanmış olması, ortaya çıkarılan sonuçların eser üzerinde gerekli laboratuvar incelemeleri ile desteklenmesi ihtiyacını karşılayamamıştır. Bununla birlikte araştırmalar sırasında Rumeli Hisarı Müzesi'nde muhafaza edilen Haliç Zinciri'ne ait 47 (Rz1), 23 (Rz2) ve 4 (Rz3) bakladan oluşan parçaların konservasyonlarının gerekliliği tespit edilmiştir⁶ (Resim: 3).



Resim 3: Rumeli Hisarı Müzesinde sergilenen Haliç Zinciri'ne ait parça (Rz3).



Resim 2: İstanbul'da bulunan dört müzede zincire ait parçalar sergilenmektedir.

Söz konusu ihtiyaçlar doğrultusunda tarihi eserin Hisar'da korunan parçalarının konservasyonunu gerçekleştirecek olan İstanbul Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuvarı ile TAEK Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi işbirliğinde bir dizi analiz ve incelemenin yapılması kararlaştırılmıştır. Planlanan incelemelere 13 Eylül 2010 tarihinde başlanmıştır.⁷

ICP-MS Analizi ve Kullanılan Cihaz

Çalışmada kullanılan analitik cihaz ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometer) indüktif eşleştirilmiş plazma (ICP) ve kütle spektrometresi (MS) ile birlikte iki üniteden oluşmaktadır (Resim 4). Analiz edilmek istenen örnekteki elementler ICP de iyonlaştırıldıktan sonra kütle spektroskopisine gönderilirler ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılarak ölçülürler.



Resim 4: ICP-MS Cihazı

ICP-MS içindeki plazma, optik emisyon spektrometresinde kullanılan Argon (Ar) plazması ile aynıdır. Periyodik tablodaki birçok elementin birinci iyonlaşma enerjileri Argonun iyonlaşma enerjisinden küçük olduğu için elementler plazma içinde pozitif iyonlara dönüşür.

Çok sayıda elementi aynı anda analiz edebilme özelliği sayesinde nitel analizlerde ve izotop oranlarının belirlenmesinde olduğu gibi, başta metalik elementler olmak üzere periyodik tablodaki elementlerin büyük çoğunluğunun nicel ve yarı-nitel tayinlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. ICP-MS'e likit, iyon ve gaz gibi kromatografik sistemler de eklenerek elementlerin türleri hassasiyetle belirlenebilmektedir.⁸

Portatif Enerji Dağılımlı X-Işını Floresans (PTXRF) Spektrometresi ile Analiz

Portatif XRF cihazı tahribatsız analiz yöntemi olmasından dolayı günümüzde tarihi eserlerin yapısal özelliklerinin incelenmesinde geniş bir kullanım alanı bulmaktadır (Resim: 5).



Resim 5: Taşınabilir Portatif XRF Cihazı

X-ışınları elektromagnetik dalga spektrumun 0.1-70 Å arasındaki dalga boylarını kapsarlar ve atomun yüksek enerjili foton veya hızlı elektronlarla uyarılması sonucu atomdan uzaklaştırılan bir elektronun iç yörüngede bıraktığı boşluğun dış yörüngedeki elektronlarca doldurulmasından arta kalan enerjiden oluşur-

lar. Bu doldurma esnasında atoma özgü enerji seviyesine sahip ikincil bir X ışını salınır. Uyarılan atomun yaydığı X-ışınının enerjisi elemente özgüdür, şiddeti elementin çokluğu ile orantılıdır. Uygun bir dedektör malzemedan gelen farklı ikincil X-ışınlarını algılayıp sayısal işaret işlemcisine (DSP) gönderir. Merkezi işlem birimi (CPU) bu işlemleri % veya ppm değeri olarak ekranda verir.

X-ışınlarının bu özelliklerinden yararlanılarak elementlerin nitel ve nicel analizleri yapılabilmektedir.⁹

Analizi yapılacak elementin karakteristik x-ışınlarını uyarabilecek enerjiye sahip foton üreten kaynaktan elde edilen fotonlar, örnekteki atomların yörünge elektronlarıyla fotoelektrik çarpışma sonucunda, örneğin içindeki elementlere ait karakteristik K, L veya M-X-ışınlarını meydana getirir. Uyarılan atomun yaydığı X-ışınının enerjisi elemente özgüdür ve yayımladığı foton miktarı ile doğru orantılıdır. Yayımlanan karakteristik x-ışınlarını ölçmek için, Ag anotlu x-ışını tüpü, 240eV ayırma güçlü Si PiN Diot dedektör ve sayım sisteminden oluşmuş bir sistem kullanılır. Bu cihazı sabit bir şekilde kullanma imkânı mevcuttur (Resim: 6).



Resim 6: Taşınabilir Portatif XRF Cihazı (set)

Dalgaboyu Dağılımlı X-Işını Floresans (WDXRF) Spektrometresi ile Analiz

Dalgaboyu dağılımlı X-Işını Floresans Analiz Spektrometresi (WDXRF) katı, sıvı ve gaz örneklerde ppm veya ön zenginleştirme yapıldığında ise ppb seviyesinde elementel kimyasal analiz yapabilen bir spektroskopi yöntemidir.

WDXRF spektrometresi, jeoloji, çevresel (hava, su, toprak) örnekler, nano teknoloji, mineraloji, gıda kontrolleri, ilaç analizleri, adli tıp, biyoloji, boya pigmentleri, tarım ürünleri, ham madde üretiminin her aşamasında, kaplama kalınlığı ölçümleri (altın, gümüş, çinko, krom), uzay araştırmaları ve arkeoloji olmak üzere, örneğin geometrisine bağlı olarak tahribatsız analiz de yapılabilen bir sistemdir. Bor (B) ile uranyum (U) arasındaki elementlerin nitel ve nicel analizleri yapılabilir.

Sistem, X-ışını tüpü, çeşitli özelliklerde kristaller (LiF220, PX10, GeIII-C, PE 202-C), iki adet algılayıcı, standartlar, çeşitli boyut ve özelliklerde kolimatörler ve bilgisayar programlarından oluşmuştur.

Karakteristik x-ışınlarını algılamak için akışkan (flow detector) ve parıldamalı (scintillation detector) dedektörler kullanılmaktadır. Örnekler önce 200 mesh boyutunda olacak şekilde öğütülüp kurutulduktan sonra 12 gram tartılıp 3 gram wax ile karıştırılır. 40 mm. çaplı kalıp içine yerleştirilir ve 35 ton basınç kullanılarak, disk şeklinde pellet haline getirilir. IQ+ veya Pro-Trace yazılım programları kullanılarak, pellet haline getirilmiş örnekler nitel ve nicel olarak analiz edilir¹⁰ (Resim: 7).



Resim 7: Dalgaboyu dağılımlı X-Işını Floresans (WDXRF) Analiz Spektrometresi.

Haliç Zinciri'ne Ait Metal Örneklerin ICP-MS Analizleri

Askeri Müze, Rumeli Hisarı Müzesi ve Deniz Müzesi'nde sergilenen zincirlerin görsel incelemelerinde tespit edilen bakla ölçüleri ile dizilim sırası tutarlılığı, bu zincirlerin ortak bir bütüne ait ya da özdeş malzemenin imal edilmiş olabilecekleri düşüncesini doğurmuştur¹¹. Var olan bir özdeşliğin ya da farklılığın ortaya çıkarılabilmesi için değişik alanlarda bulunan bu zincirlerden örnekler alınarak ICP-MS analiz çalışması yapılmasına karar verilmiştir¹². Bir malzemenin yapısal özelliklerinin tayin edilmesinde toz düzeyinde minimal numunelere ihtiyaç duyulduğundan bazı zincir baklalarının üzerinde görülen ayrışma durumundaki parçalar analiz örneği için seçilmiştir. Hz1-17, Dz2-6 ve Rz1-24 numaralı baklalardan elde edilen çapak metalleri, kilitli poşetler içinde ayrı ayrı muhafaza edilerek

TAEK laboratuvarına ulaştırılmıştır¹³ (Resim 8-9-10).



Resim 8: Hz20-11 (Harbiye Askeri Müze)



Resim 9: Dz2-6 (Deniz Müzesi)



Resim 10: Rz1-24 (Rumeli Hisarı Müzesi)

	Rz6-11 (µg/g)	Az1-11 (µg/g)	Dz1-12 (µg/g)
Fe	66.79 %	68.28%	65.70 %
Si	832	52	487
P	189	767	260
Cr	3	9	10
Mn	2323	291	738
Ni	440	387	141
Cu	843	1300	1128
Zn	8	127	172
As	15	11	15
Sn	16	21	20
Pb	24	40	37

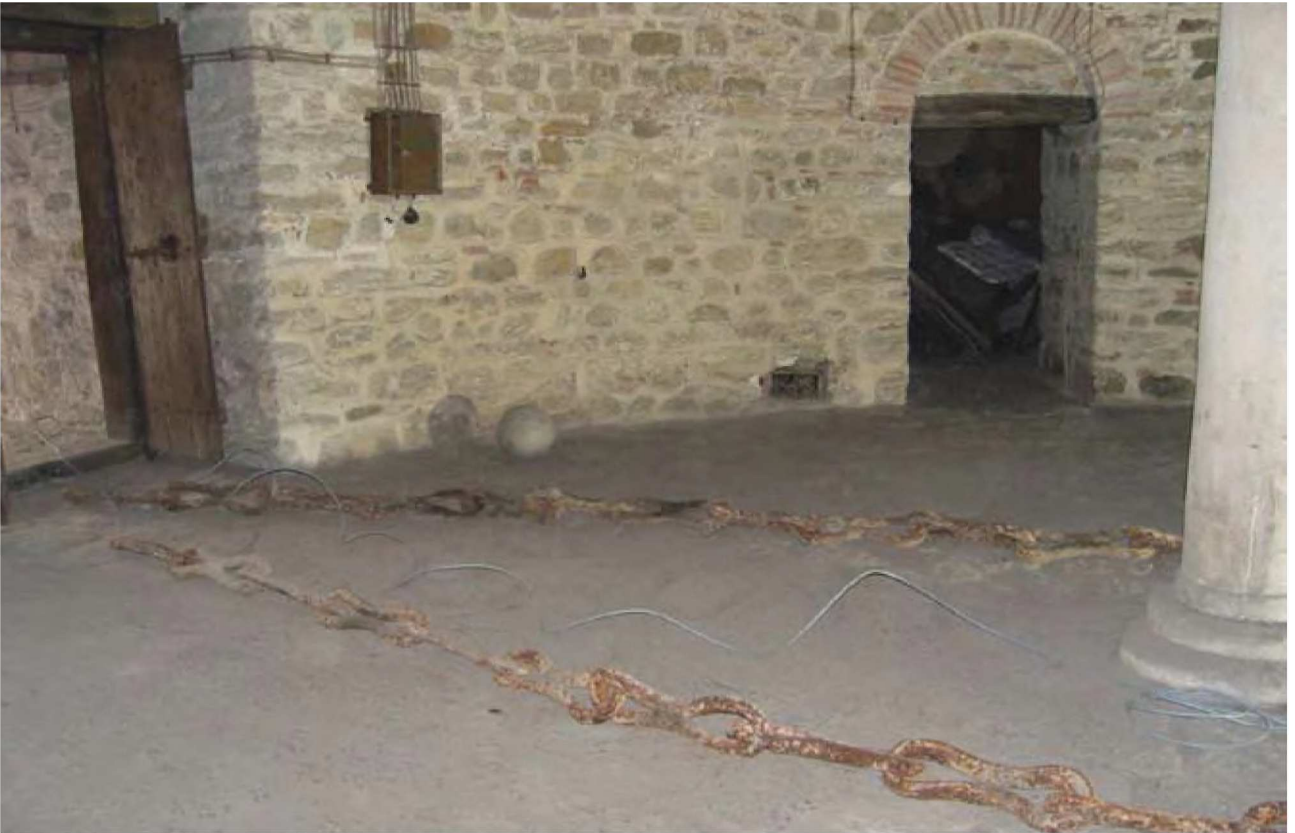
Tablo 1: ICP-MS Analiz Sonucu

Zincir baklarından elde edilen örnekler ilk işlemde berrak bir çözelti haline getirilmiş ve daha sonra yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya (argon) gönderilmiştir. Bu safhada moleküler bağların kırılması ile atomların iyonlaşması gerçekleşir. İyonlar örnekleme ve ikinci aşama süzme (skimmer) konileri ara yüzeyinden geçerek vakuma alınmış ve burada birleştirilmiş mercekleme sistemi iyonları quadru-

pol kütle spektrometresine odaklamıştır. İyonlar kütlelerine ayrıldıktan sonra maden içeriği taramalı elektron çoğaltıcısı ile analiz edilmiştir. İnceleme sonuçları, çalışılan örneklerin element yoğunluklarında farklı dağılımların olduğunu göstermiştir (Tablo: 1).

Haliç Zinciri WDXRF Analizleri

Farklı müzelerden alınan örneklerin maden içeriklerindeki değişikliğin malzeme özdeşlik araştırması için kaynak oluşturabilmesi amacıyla bu kez aynı zincir üzerinde sıralanan baklardan alınan örnekler WDXRF analiz cihazı ile incelenmiştir (Resim: 11). Bu incelemede de baklar arasında ortak metal eriyik işlenmesi sonucu meydana gelmiş bir özdeşliğin olmadığını gösteren bilgiler elde edilmiştir (Tablo: 2).



Resim 11: Rumeli Hisarı Müzesi'nde bulunan oksidasyona uğramış 47 baklalı zincirin (Rz1) ilk dokuz baklasından ardışık örnekler üzerinde WDXRF analizi yapılmıştır.

	No. 1 (µg/g)	No. 2 (µg/g)	No. 3 (µg/g)	No. 4 (µg/g)	No. 5 (µg/g)	No. 6 (µg/g)	No. 7 (µg/g)	No. 8 (µg/g)	No. 9 (µg/g)	Askeri Müze (µg/g)	Deniz Müzesi (µg/g)	Rumeli Hisarı (µg/g)
CaO	7690	12931	6605	19073	24050	3000	503231	9830	11308	2127	13975	4258
Sc	10,05	10,1	3,3	5,7	10,6	11,3	-	9,1	5,45	5,4	6	3,3
TiO2	57,55	314	125,6	883	394	65,4	1161	227,1	85,15	102,7	375	19,2
V	-	-	-	17,2	4,1	4,1	5,6	6,3	1,5	2,5	6,9	2,3
Cr	-	-	-	40,05	15,9	-	17,1	-	-	9,6	9,1	0,8
Mn	311	340	326	412	290	713	523	411	323	529	568	786
Fe(%)	63	55	66	65	47	49	60	74	48	71	61	68
Co	178	332	97,1	74,5	383	124	32,6	377	42,05	129	48	64
Ni	287	190	393,2	136	147	375	22,3	416,4	244,65	265	189	294
Cu	410	377	486,6	295	744	518	14,5	678,3	270,25	918	1084	483
Zn	14,8	32,2	27,8	94,45	53,5	11,8	31,4	40,3	24,55	18,7	372	14,8
Br	-	-	5,7	18,55	16,2	-	-	-	-	-	14,3	3,1
Sr	19,15	24,9	14,1	114	69,4	8,4	186	24,2	-	-	78,7	12,9
Y	-	-	3,3	9	3,8	4,2	11,4	8,4	15,15	-	16,5	3,8
Zr	23,25	7,8	17,7	63,1	9,1	2,4	22,4	18,4	215,8	13,9	23,7	1,1
Cd	128	147	42	120	135	104	48,5	134,3	74,7	134,8	21,8	65,6
Sn	272	302	107,9	252	274	221	104	309,5	155,4	291,8	74,3	173,8
Sb	75,6	42,6	177,4	50,1	106	154	-	92,6	95	47,7	166	129,3
Te	150	166	87,3	130	139	138	57,2	184,3	105	122,8	43	98,2
Cs	-	-	-	29,3	54,9	23,9	11,9	42,7	21,65	40,5	4,4	10,1
Ba	-	130	39,3	209	60,9	-	43,5	-	30,2	-	118	-
La	41,75	29,1	12,1	48,95	36,6	26,2	22,6	81,9	27,8	57,4	17	33,2
Ce	-	-	10,8	27,55	-	-	12,3	-	9,65	-	32,4	-
W	185	105	75,9	126	218	68,5	-	119,9	26,9	166	25,9	49
Pb	140	687	163,9	599	462	84,6	106	336,8	121,7	76,1	7131,9	60

Tablo 2: WDXRF cihazı ile yapılan element analizleri sonucu.



Resim 12: PTXRF analizi yapılan zincir baklası.

Haliç Zinciri PTXRF Ölçümleri

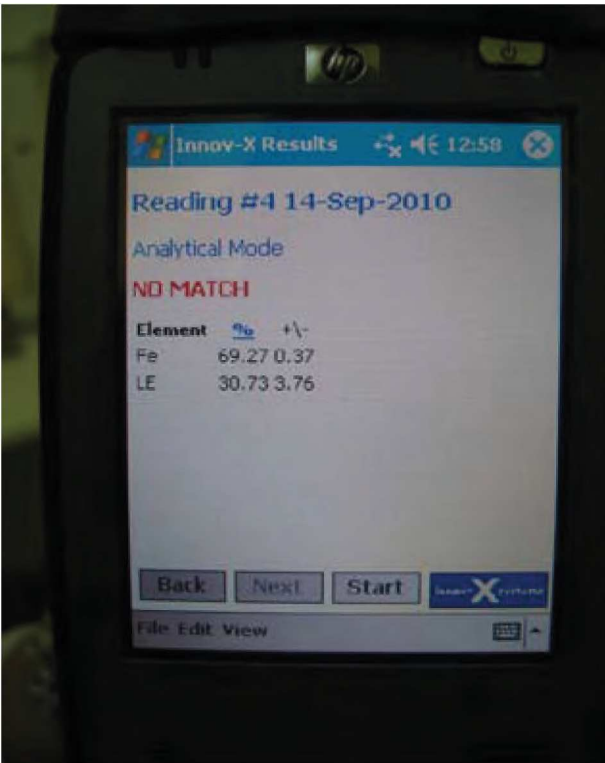
Haliç zincirinin incelenen 4 baklasında, HP marka Innov-X System Model 4000 Portatif Enerji Dağılımlı X-Işını

Floresans Analiz Spektrometresi kullanılmıştır. Bu cihazla, hafif elementler ve bazı ağır elementler hariç olmak üzere, 21 adet elementin analizi yapılabilmektedir. Zincir yüzeyinin hemen hemen tamamının yoğun oksit tabakası ile kaplı olması nedeniyle, ilk incelemede cihazın ekranında %30,73 oranında LE "tanımsız madde" uyarısı görülmüştür. Korozyon tabakasının mekanik temizlik ile uzaklaştırılmasından sonra ulaşılan pürüzsüz metalik yüzeyde yapılan ikinci işlemde ise zincir baklasının %100 Karbon Çeliği olduğu anlaşılmıştır (Resim: 12-13-14-15). Bu incelemelere göre XRF analiz tekniğinde nicel analizleri etkileyen faktörler şöyle sıralanmaktadır;

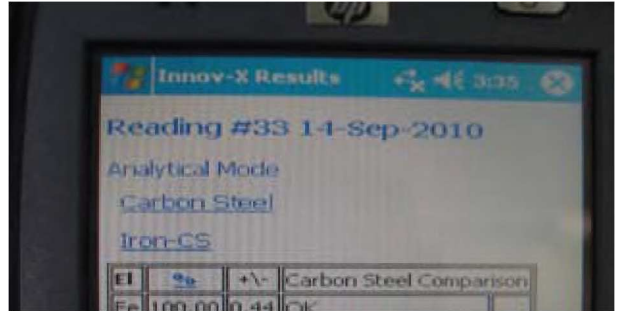
- Yüzeyin pürüzlü oluşu,
- Oksit, ya da boya maddesi gibi yüzey örtücülerin oluşu veya herhangi bir şekilde yüzeyin kaplanmış olması,
- Analiz edilecek maddenin dedektör penceresini örtecek büyüklükte yüzeye sahip olup olmayışı, doğru analiz sonucuna ulaşmak için gerekli şartları oluşturmak-tadır.



Resim 13: PTXRF cihazı ve kullanımı.



Resim 14: Yapılan ilk ölçüm işleminde monitöre yansıyan değerler demir içeriğinin % 69,27 olduğunu göstermiştir.



Resim 15: Yüzey temizliği yapılarak metal özüne ulaşılmasıyla yapılan ikinci ölçümde demir içeriğinin % 100 olduğu ve demirin dövülmesi sonucu karbon çeliği özelliği kazandığı anlaşılmıştır.

Askeri Müze'de bulunan farklı formlardaki baklaların demir oranları da PTXRF cihazı ile incelenmiştir.

Boğumlu bakla:	% 74
Boğumlu bakla kaynatılan bölge:	% 70
Ortası açık bakla:	% 73
Küçük S bakla:	% 76
Mermi formulu bakla:	% 77
Büyük S bakla kaynatılan bölge:	% 70
Büyük S bakla:	% 73
Geniş uzun bakla:	% 76

Bu incelemede birbirine bağlı baklaların farklı oranlarda demir içerdikleri görülmüştür. Ancak demir yüzeylerinin boya ve oksit tabakası ile kaplı oluşu sonuçların değerlendirilmesinde şüphe oluşturmaktadır. Bu nedenle farklı tipteki her zincir halkasının katkı maddelerden temizlenerek metal özüne ulaşılmış küçük bölgesel yüzeylerinden cihaz ile yeniden ölçüm yapılmasının gerekliliği müze restorasyon birimine aktarılmıştır.



Resim 16: Askeri Müze'de bulunan farklı tip zincirlerin ve büyük çapanın PTXRF ile incelenmesi.

SONUÇ

Farklı müzelerde parçaları bulunan zincirlerin incelenmesi için kullandığımız ICP-MS, WDXRF ve PTXRF cihazları ve analiz yöntemleri, tarihi eserlerin yapısal incelenmesinde başvurulabilen bu uygulamaların da değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Çalışılan yöntemlerin bundan sonra da metal laboratuvarımızda yapıla-

cak olan metal eser konservasyonlarının belgeleme sürecine dâhil edilmesi amaçlanmaktadır.

Örneklerin ICP-MS analizleri sonucunda, incelenen parçaların farklı alaşım oranlarında oldukları görülmüştür. Bu verilerin parçaların aynı bütüne ait olduklarını düşündürmesi üzerine yapılan destekleyici ikinci analizde bütünün

sıralı parçalarından alınan farklı örnekler WDXRF analizi ile incelenmiştir. Bu analizde çok daha fazla element bilgisine ulaşılarak alaşım farklılığının bu metallerde de mevcut olduğu anlaşılmıştır. PTXRF cihazı ile yapılan incelemede ise malzemenin okside olmadığı düz bir yüz üzerinde ışınlanmanın yapılması gerektiği görülmüştür. Optimum şartların sağlandığı incelemede kullanılan cihaz "Karbon Çeliği" bilgisi vererek genel bir tanımlama yapabilmektedir.

Metalik özdeşlik araştırmalarında verilerin sağlıklı yorumlanabilmesi için incelenen tarihi eserin üretim şartlarının ve zaman içerisinde geçirdiği işlemlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu çalışma ışığında Haliç Zincirinin üretiminde pek çok atölyenin aynı zamanda faaliyet gösterdiği ve ellerinde mevcut olan demir kaynaklarını ergiterek baklaları işlemiş olabilecekleri düşünülebilir. Zincirlerin muhafaza edildikleri 557 yıllık zaman içinde korozyonu çeşitli uygulamalarla temizlenerek okside olması önlenmeye çalışılan bu parçalar günümüzde ele geçirilen arkeolojik buluntulara kıyasla mutlak bilginin elde edilmesinde şüphe ile yaklaşılmasını gerektirmektedir. Boya, vernik ya da korozyon tabakası analiz sonuçlarını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.

Zincir parçaları zaman içinde küçültülerek farklı kullanımlar için değerlendirilmek istendiğinde aşınmış olan boğum yerleri onarım görmüş olabilir. Bu parçaların Osmanlı Devletinin demir malzeme üretiminde kaynak bölge olarak yararlandığı Samako (Demirköy) demirinin metal yapısı ile karşılaştırılması yararlı olacaktır. Aynı zamanda bu çalışma zincirin Osmanlı üretimi olabileceği düşüncesine de açıklık getirecektir.

Çağımızda hızla yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak taşınabilir tahribatsız analiz cihazlarının da gelişim göstererek çok daha hassas verilerin herhangi bir parçaya ihtiyaç duymadan elde edileceği çalışmaların yakın bir tarihte gerçekleşmesi beklenmektedir. PTXRF çalışmasındaki nicel analizleri etkileyen faktörler değerlendirildiğinde yaygın olarak oksit tabaka ya da akrilik reçine ile kaplı korunan tarihi eserlerin analizinde hataları etkilemeyen ileri model bir PTXRF cihazının kullanılması ile eser özdeşlik araştırmalarında çok daha pratik sonuçlar alınacaktır. Metal eser restorasyonunda tüleme yapılabilmesi için şüphe edilen metal parçaların özdeş olup olmadıkları da yine aynı analiz yöntemi ile gerçekleştirilebilir. Bu cihazın restorasyon/konservasyon çalışmalarında olduğu kadar tarihi eserlerin sahte/gerçek tanımlamasında da son derece yararlı olacağı muhakkaktır.

SUMMARY

İstanbul was surrounded by the city walls in Byzantine Period. The land side were builded with double walls and there was ditches next to these walls. There was also five kilometers long walls along the Golden Horn. The Golden Horn is essentially a creek in İstanbul. According to the Greek Mytology, Megara's People called this creek as Golden Horn in honor of Keressa, who was the mother of their King. The walls along the seaside were builded to protect the city against the attacks of navy. The entrance of the warships into the Golden Horn was prevented by the chains ranging from the city to the north-east part of Galata Tower. The Byzantine's closed the entrance of the Golden Horn

with the chain to enhance the defence of the İstanbul against the attacks of enemies. The rest of few hundred meters of the chain is preserved nowadays in Military Museum, Navy Museum, Rumeli Hisari Museum and Archaeology Museum of İstanbul. Each ring of the chain is about half meter long and 20 cm thick, rectangle and S shaped forged iron parts. These chain, which was stretched in the entrance of the Golden Horn during surrounding of İstanbul, is a very important finding to clarify the history. Physical investigations on the chains (shape, size, etc.) proved that all the individual parts were belonging to the same whole. Element analysis are required to verify these results with the scientific data.

This study aims to carry out the analysis of the chains in various museums of İstanbul with respect to the element compositions. The results of the analyses will give information about the parts of the chain, whether they are original parts of the whole.

NOTLAR

* Uğur GENÇ, Restoratör/Konservatör (MA), Kültür ve Turizm Bakanlığı, Restorasyon ve Konservasyon Merkez Laboratuvarı Müd., PK. 34122 Sultanahmet-İstanbul/TÜRKİYE

ugur.genc@kultur.gov.tr

Dr. Asiye BAŞSARI, Süheyla ATARCAN, TAEK Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Yarımburgaz Mahallesi. Nükleer Araştırma Merkezi Yolu PK. 34303 Küçükçekmece-İstanbul/TÜRKİYE

asiye.bassari@taek.gov.tr

suheyla.acarkan@taek.gov.tr

- 1 Çalışmadaki kıymetli katkılarından dolayı makalede adı geçen tüm Müze Müdürlüklerine, Laboratuvar çalışanlarına ve Metalurji Yüksek Mühendisi Oğuz Çavdarlı'ya teşekkür ederim.
- 2 Genç, U. *Haliç Zinciri*, Askeri Müze Yayınları, İstanbul 2010.
- 3 Nicola Barbaro, imparatorun 2 Nisan 1453'te Bortolomeo Soligo'ya limandan Pera'ya kadar zincir germesini istediğini söylemektedir. Bkz. Barbaro, N., *Konstantiniyye Muharasası Ruznamesi 1453*, İstanbul Fetih Cemiyeti Yayınları, İstanbul 1976. İstanbul'un Fethine tanıklık eden Tarihi Kritovulos da limanın Galata surundan Eugenios Kapısı'na kadar bir zincirle kapatıldığını aktarmaktadır. Bkz. Kritovulos, *İstanbul'un Fethi*, Akşam Yayınları, İstanbul 1967.
- 4 Dukas, *Bizans Tarihi*, İstanbul Fetih Derneği, İstanbul 1956, s. 166.
- 5 Zincire ait parçalar Harbiye Askeri Müze (247 bakla), İstanbul Deniz Müzesi (69 bakla), İstanbul Arkeoloji Müzesi (18 bakla) ve Hisarlar Müzesi (71 bakla) envanterlerine kayıtlı olarak muhafaza edilmektedir.
- 6 Genç, a.g.e., s. 125-154.
- 7 Tarihi eserlerin koruma ve onarımına yönelik gerek duyulan incelemelerin daimi yapılabilmesi için planlanan kurumlar arası işbirliğinde "Haliç Zinciri Laboratuvar İncelemeleri" pilot çalışma olarak seçilmiştir.
- 8 Spektrometre, iyonları kütle numarasına göre ayırabildiği için, izotopik elementel analiz yapabilme özelliğine de sahiptir. ICP-MS sistemi çevresel, jeolojik, biyolojik, arkeolojik vb.

örneklerde, major, eser ve ultra eser miktarda element ve izotop analizi için kullanılır. Ayrıca bkz. Marengo, E., M. Aceto, "Archaeometric characterisation of ancient pottery belonging to the archaeological site of Novalesa Abbey (Piedmont, Italy) by ICP-MS and spectroscopic techniques coupled to multivariate statistical tools." *Analytica chimica acta* 537 (1-2) 2005, s. 359-375. Ayrıca bakınız. Bellot-Gurlet, L., G. Poupeau, et al. "Obsidian provenance studies in archaeology: A comparison between PIXE, ICP-AES and ICP-MS." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 240(1): 2005, s. 583-588. Ayrıca bakınız. Tykot, R. and S. Young, Archaeological applications of inductively coupled plasma-mass spectrometry, ACS Publications 2009. Ayrıca bakınız. Mallory-Greenough, L. M., J. D. Greenough, et al. (1998). "New data for old pots: Trace-element characterization of ancient Egyptian pottery using ICP-MS." *Journal of Archaeological Science* 25(1): 85-97.

9 Bu işlem maddenin kendi içerisinde ve atomik boyutta gerçekleşmektedir. İncelenen maddeye dışarıdan herhangi bir kimyasal ya da yabancı madde katılmadığından, incelenen madde zarar görmemektedir. Ayrıca bkz. Karydas, A. (2007). "Application of a Portable XRF Spectrometer for the Non-Invasive analysis of Museum Metal Artefacts." *Annali di chimica* 97(7): 419-432. Ayrıca bkz. Guilherme, A., A. Cavaco, et al. (2008). "Comparison of portable and stationary x-ray fluorescence spectrometers

in the study of ancient metallic artefacts." *X-Ray Spectrometry* 37(4): 444-449. Ayrıca bkz. Tantrakarn, K., N. Kato, et al. (2009). "Archaeological analysis of Roman glass excavated from Zadar, Croatia, by a newly developed portable XRF spectrometer for glass." *X-Ray Spectrometry* 38(2): 121-127. Ayrıca bkz. Pagès-Camagna, S., E. Laval, et al. (2010). "Non-destructive and in situ analysis of Egyptian wall paintings by X-ray diffraction and X-ray fluorescence portable systems." *Applied Physics A: Materials Science & Processing* 100(3): 671-681. Ayrıca bkz. Mantler, M. and M. Schreiner (2000). "X-ray fluorescence spectrometry in art and archaeology." *X-ray Spectrometry* 29(1): 3-17.

10 Kocaeli Üniversitesi Metalurji Bölümü, *X-Işınları Floresan ve Optik Emisyon Spektroskopisi*, 18 Şubat 2011, metalurji.kocaeli.edu.tr/files/lab2/Foy

11 Yapılan görsel incelemelerde zincirlerin boğumlu imal edilmiş baklalarının yedi adet sıralandıktan sonra dizilime ortası açık bırakılmış bir başka bakla ile devam edildiği görülmüştür. Gemi zincirlerinde kullanılan kilit baklası işlevi görmeyen bu halkaların dubalar üzerinde taşındığı aktarılan zincirin taşıyıcı kelepçelenen kısımları olması ihtimali üzerinde durulmaktadır. Ortası kapatılmamış bu baklaların zincirlerin bulunduğu müzelerde aynı dizilim sırası ile izleniyor olması aynı bütüne ait parçalar olduklarını düşündürmektedir.

12 ICP- MS, ppt (part per trillion) mertebesinde analiz yapabilen çok hassas bir cihazdır. TAEK Çekmece Nükleer

Araştırma Merkezi'ndeki ICP-MS sistem çift odaklı olup, yaygın olarak kullanılan benzer cihazlardan 30 kat fazla çözünürlüğe sahiptir. Bu cihazla atom numarası 7-260 amu arasındaki element ve izotopları (periyodik tablodaki hemen hemen tüm elementleri) analiz etmek mümkündür. Alınan metal örnekler çift odaklı bu ICP MS sistemde analiz edilmiştir.

- 13 İstanbul Arkeoloji Müzesi'nde bulunan 18 baklı zincir 1992 yılında Rumeli Hisarı'ndan müzeye devredilmiştir. Bu nedenle bu zincirden bir örneğe ihtiyaç duyulmamıştır.

