



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ARKEOMETRİ ANABİLİM DALI

KELENDERİS (2000-2006)
ARKEOLOJİK KAZILARINDA ELE GEÇEN
ODEON CAM BULUNTULARIN ARKEOMETRİK
YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVDA AYDIN

Danışman
DOÇ. DR. MAHMUT AYDIN

Haziran-2022
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır.

TEZ KABUL VE ONAYI

Sevda AYDIN tarafından hazırlanan “Kelenderis (2000-2006) Arkeolojik Kazılarında Ele Geçen Odeon Cam Buluntuların Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi” adlı tez çalışması 10/06/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Lisansüstü Eğitim Üniversitesi Enstitüsü Arkeometri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan/Danışman

Doç. Dr. Mahmut AYDIN

.....

Üye

Doç. Dr. Murat BAYAZİT

.....

Üye

Doç. Dr. Ali Akın AKYOL

.....

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum.

Prof. Dr. Osman PAKMA
LEE Müdürü V.

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından BTÜBAP-2021-YL-10 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Sevda AYDIN

Tarih:10.06.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KELENDERİS (2000-2006) ARKEOLOJİK KAZILARINDA ELE GEÇEN ODEON CAM BULUNTULARIN ARKEOMETRİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

Sevda AYDIN
BATMAN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ARKEOMETRİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Mahmut AYDIN

2022, 81 sayfa

Jüri

Doç. Dr. Mahmut AYDIN

Doç. Dr. Murat BAYAZİT

Doç. Dr. Ali Akın AKYOL

Bu tez çalışmasında Mersin İli Aydıncık ilçesinde bulunan Kelenderis Antik Kenti Odeon yapısında 2000-2006 yıllarındaki kazılar sonucunda ele geçen Roma dönemine ait camlardan 41 adet amorf cam buluntularının arkeometrik incelemesini içermektedir. Eserlerin kimyasal kompozisyonunun belirlenmesinde taşınabilir portatif X-ışını floresan (P-XRF), polarize enerji saçınımlı X-ışını floresan (PED-XRF) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM)/enerji saçınımlı X-ışınları spektrometresi (EDX) yöntemleri kullanılmıştır.

Ağ yapıcı olarak cam harmanında yer alan temel madde SiO_2 'nin yüksek miktarda olması camın mekanik direncinin, dayanıklılığına ve ergitme derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Analiz edilen örneklerin Al_2O_3 oranları ve ortalamasının farklılığı farklı silis kaynağı kullanımını göstermekte ve bu da kuvars kumuna işaret etmektedir. SPSS dendrogram sonuçları hamur yapıcı elementlere (Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO) göre 5 farklı grup oluşturduğu saptanmıştır. Analiz sonuçları camların çoğunluğunun soda-kireç-silis camlarından oluştuğuna işaret etmektedir. Numunelerdeki potasyum içeriğinin olmaması veya çok az olması ergitici olarak bitki külü kullanılmadığını düşündürmektedir. Ancak KL-3a ve KL-29 nolu camlarda yüksek potasyum değerinden ötürü bitki külü kullanıldığı düşünülmektedir. KL-27 kodlu camın cüruf parçasıdır. Örneklerin stronsiyum (Sr) ve zirkonyum (Zr) içerikleri, üretimde silis kaynağı olarak denizsel hammaddelerden üretildiği yani deniz kumu kullanıldığını düşündürmektedir. Örneklerin görünen renkleri Kromametrik Analiz ile belirlenmiştir. Cama renk verici elementler demir (Fe), bakır (Cu), kobalt (Co) ve kurşun (Pb) olarak tespit edilmiştir. SEM görüntülerinde ise kalıba döküm veya kalıba üfleme tekniğinin kullanıldığına işaret etmektedir. SEM-EDX analizi sonuçlarında bozulma tabakasının denizel etkiden kaynaklandığı saptanmıştır. P-XRF sonuçları, kullanılan diğer yöntemlere göre daha az güvenilir olan, genel olarak diğer analiz sonuçları ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir ve tüm analizlerin birbirini desteklediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arkeometri, Cam, Kelenderis Antik Kenti, P-XRF, PED-XRF, SEM-EDX

ABSTRACT

MS THESIS

ANALYSIS OF ODEON GLASS FINDINGS UNEARTHED FROM KELENDERIS (2000-2006) EXCAVATIONS BY ARCHAEOMETRIC METHODS

SEVDA AYDIN

**INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES OF BATMAN UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ARCHAEOEMETRY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Mahmut AYDIN

2022, 81 pages

Jury

Assoc. Prof. Dr. Mahmut AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Murat BAYAZIT

Assoc. Prof. Dr. Ali Akın AKYOL

This master thesis include archaeometric analysis of 41 amorphous glass finds come from Odeion of Kelenderis Ancient City excavation carried out between 2000-2006 and located at Mersin Province Aydıncık District. Portable X Ray Florescence Spectrometer (P-XRF), polarized energy scattering X Ray florescence (PED-XRF) and Scanning Electron Microscopy were used to determine chemical composition of ancient glass.

The high amount of SiO_2 which is basic substance in the glass making to unifying substance put out that mechanical resistance, durability and melting point of glass are high. The difference of the Al_2O_3 ratios and its averages is results of using different silica source that is indicating quartz sand usage. SPSS dendrogram results revealed 5 different groups depending to forming elements of main substance (Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO). Analysis results proved that most of the glass are soda-lime-silica glasses. Absence or low level of potassium content in the samples indicate that plant ash was not used as flux. However KL 3a and KL-29 samples include high level potassium which is result of plant ash usage. The glass sample coded KL-27 is a glass slag. The strontium (Sr) and zirconium (Zr) contents of the samples suggest that they were produced from marine raw materials, that is, sea sand, as a source of silica in production of the samples. Colors of the samples were determined by Chromametric Analysis. Glass coloring elements were determined as iron (Fe), copper (Cu), cobalt (Co) and lead (Pb). In SEM images, on the other hand, it indicates that the technique of casting or blowing a mold is used. In the results of SEM-EDX analysis, it was determined that the deterioration layer was caused by the marine effect. It was determined that the P-XRF results which is less reliable in the glass analysis comparing to other techniques used, are proportional to other analysis result and supported each other.

Keywords: Archaeometry, glass, Kelenderis Ancient City, P-XRF, PED-XRF, SEM-EDX

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezim boyunca çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşarak tezime yön veren, tez çalışmamın numune temini konusunda yardımını esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Mahmut AYDIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Analizlerin yapılmasında Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Ali Akın AKYOL'a teşekkür ederim.

Analizlerin yapıldığı Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM), Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı Başkanlığı ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne teşekkür ederim.

Tez çalışmasındaki finansal desteğinden dolayı BAP Koordinatörlüğü ve yetkililerine teşekkür ederim. Ayrıca yardımını, dostluğunu ve desteğini esirgemeyen Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi sevgili arkadaşım Yonca YALÇIN'a teşekkür ederim.

Her şeyden öte hayatımın her safhasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım aileme ve biricik abim Bilal AYDIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasında Kelenderis antik kenti Odeon alanı kazısında ele geçen cam numunelerin temin ve çalışma izni Kelenderis Antik Kenti Kazı Başkanı Sayın Doç. Dr. Mahmut AYDIN tarafından verilmiştir.

Sevda AYDIN
BATMAN-2022

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	3
1.2. Arkeometri ve Jeoarkeoloji	4
1.3. Arkeometrinin Gelişim Süreci.....	5
1.4. Kelenderis Antik Kenti.....	6
1.5. Kaynak Araştırması	9
2. CAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE TARİHİ.....	14
2.1. Camın Tanımı.....	14
2.2. Cam Hammaddeleri.....	15
2.2.1. Camlaştırmacı Hammaddeler	15
2.2.2. Ergitici Hammaddeler.....	15
2.2.3. Sabitleştirici Hammaddeler.....	16
2.2.4. Ara Hammaddeler.....	16
2.3. Camda Renk	16
2.4. Cam Üzerinde Bozulma Ve İrizasyon	18
2.5. Tarihsel Gelişim Sürecinde Cam.....	18
2.5.1. M.Ö. 3. Binde Cam Sanatı.....	19
2.5.2. M.Ö. 2. Binde Cam Sanatı.....	19
2.5.3. M.Ö. 1. Binde Cam Sanatı.....	21
2.5.4. Roma Cam Sanatı	23
2.6. Camın Tarihsel Kronolojisi	24
2.7. Cam Üretim Aşamaları.....	26
2.7.1. Karışımın Hazırlanışı.....	26
2.7.2. Eritme.....	26
2.7.3. Arıtma	27
2.7.4. Soğuma ve Tavlama.....	27
2.8. Cam Şekillendirme Teknikleri	27

2.8.1. İç Kalıp Tekniği (Çekirdek Sarma)	28
2.8.2. Soğuk Kesme (Masif Kesme) Tekniği.....	28
2.8.3. Mozaik Cam ve Benzeri Camlar.....	28
2.8.4. Ezme Yöntemi	28
2.8.5. Bin Çiçek Yöntemi	28
2.8.6. Döküm ve Kalıplama (Kalıba Basma Tekniği)	28
2.8.7. Üfleme Tekniği	29
2.9. Cam Üretiminde Kullanılan Aletler	29
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. Materyal	30
3.2. Yöntem	36
3.2.1. X-Işınlarnın Tanımı ve Özellikleri	36
3.2.1.1. X-Işını Floresan Spektroskopisi (XRF)	36
3.2.1.2. Portatif X-Işını Floresan Spektrometresinin Çalışma Prensibi.....	38
3.2.1.3. Polarize Enerji Saçınımlı X-ışını Floresan Spektrometresi (PED-XRF)'in Çalışma Prensibi	39
3.2.1.5. Dezavantajları	40
3.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) Analizi	40
3.2.2.1. Taramalı Elektron Mikroskopisinde Kullanılan Kimyasal Analiz Yöntemleri	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	45
4.1. PED-XRF Analiz Sonuçları	45
4.2. SEM-EDX Analiz Sonuçları	65
4.3. P-XRF Analiz Sonuçları	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	81
EKLER.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	145

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİNİ

Şekiller Dizini

Şekil 1.1. Kilikya Bölgesi (Oyarçin, 2010).....	6
Şekil 1.2. Dağlık Kilikya Bölgesi (Oyarçin, 2010).....	7
Şekil 1.3. Kelenderis Kazı Planı (Zoroğlu, 2008).....	8
Şekil 1.4. Kelenderis Hava Fotoğrafı (Durduran ve ark., 2005).	9
Şekil 2.1. Camın Kimyasal Yapısının Yüzdesel Dağılımı (Eker, 2010).....	14
Şekil 2.2. Obsidyen (Kocabağ, 2002).	15
Şekil 2.3. M.Ö.3. Binin Sonlarına Tarihlenen, Ur Kenti'nde Bulunmuş Tablet (Oppenheim ve diğerleri, 1970).....	19
Şekil 2.4. Hurri-Mitanni Cam Boncuk Örnekleri (Stern, 1994).....	20
Şekil 2.5. Uluburun Batığı'nda Ele Geçen Cam Külçeler (Starr, 2000).	21
Şekil 2.6. Omphalos'lu Gordion Kasesi (Jones, 2005).....	22
Şekil 2.7. Kalıba Üfleme Cam Kaplar (Stern, 1995).	23
Şekil 3.1. KL-1/ KL-5b kullanılan cam numuneler.....	31
Şekil 3.2. KL-6a/ KL-10b kullanılan cam numuneler.....	32
Şekil 3.3. KL-11/ KL-16 kullanılan cam numuneler.	33
Şekil 3.4. KL-17/ KL-22a kullanılan cam numuneler.....	34
Şekil 3.5. KL-22b/ KL-29 kullanılan cam numuneler.	35
Şekil 3.6. Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı bünyesinde bulunan Taşınabilir Enerji Dağılımlı X-Işınları Floresan Spektrometresi (P-XRF).....	38
Şekil 3.7. SEM 'de elektron demetinin numune ile etkileşim hacminin temsili gösterimi (Yaygınöl, 2012).....	41
Şekil 3.8. Taramalı elektron mikroskopunun şematik çizimi (Goldstein, 1986).....	42
Şekil 3.9. Taramalı elektron mikroskopunun üç boyutlu görünümü (Coşkunsu, 2015).	43
Şekil 4.1. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi SiO_2 içeriklerine göre gruplandırılması.....	54
Şekil 4.2. Kelenderis cam örneklerinin ana bileşenlerine göre gruplanması.	55
Şekil 4.3. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi Na_2O içeriklerine göre gruplandırılması.....	56
Şekil 4.4. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi CaO içeriklerine göre gruplandırılması.	57
Şekil 4.5. Dendrogram tüm elementler.	58
Şekil 4.6. Önemli elementlerde renk vericiler ve hamur yapıcılar.....	59
Şekil 4.7. Cam hammaddesine göre hamur yapıcı elementler dendrogramı.	60
Şekil 4.8. Na-Ca-Si oranlarının yüzdelikleri (PED-XRF), (Na:Sodyum; Ca:Kalsiyum; Si:Silisyum).	62
Şekil 4.9. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi Stronsiyum (Sr) ve Zirkonyum (Zr) içeriklerine göre gruplandırılması.....	64
Şekil 4.10. Bazı cam örneklerinin SEM analiz görüntüleri.....	68
Şekil 4.11. Bazı cam örneklerinin SEM analiz görüntüleri.....	69
Şekil 4.12. Bazı cam örneklerinin SEM analiz görüntüleri.....	70

Çizelge Dizini

Çizelge 2.1. Cama renk vermek amacıyla, cam hamuruna ilave edilen metal oksitler ve bunun sonucunda oluşan renkler (Çakmaklı, 2007).....	17
Çizelge 4.1. KL-1/ KL-6a numunelerin PED-XRF sonuçları (%).....	46
Çizelge 4.2. KL-6b/ KL-11 numunelerin PED-XRF sonuçları (%).....	46
Çizelge 4.3. KL-12a / KL-17 numunelerin PED-XRF sonuçları (%).....	47
Çizelge 4.4. KL-18/ KL-22b numunelerin PED-XRF sonuçları (%).....	47
Çizelge 4.5. KL-23 / KL-29 numunelerin PED-XRF sonuçları (%).....	48
Çizelge 4.6. KKC-G1 / KKC-G6a PED-XRF sonuçları (ppm).	49
Çizelge 4.7. KKC-G6b / KKC-G11 PED-XRF sonuçları (ppm).	50
Çizelge 4.8. KKC-G12a / KKC-G17 PED-XRF sonuçları (ppm).	51
Çizelge 4.9. KKC-G18 / KKC-G22b PED-XRF sonuçları (ppm).	52
Çizelge 4.10. KKC-G23 / KKC-G29 PED-XRF sonuçları (ppm).	53
Çizelge 4.11. PED-XRF sonuçlarında hammadde ve renk vericiler.....	61
Çizelge 4.12. PED-XRF sonuçlarından Sr elementi ile hammadde kökeni (ppm).	63
Çizelge 4.13. KL-1 / KL-5b SEM-EDX sonuçları (%).	65
Çizelge 4.14. KL-6a / KL-10b SEM-EDX sonuçları (%).	65
Çizelge 4.15. KL-12a / KL-16 SEM-EDX sonuçları (%).	66
Çizelge 4.16. KL-17 / KL-21a SEM-EDX sonuçları (%).	66
Çizelge 4.17. KL-17 / KL-21a SEM-EDX sonuçları (%).	66
Çizelge 4.18. KL-1 / KL-5b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).	71
Çizelge 4.19. KL-6a / KL-10b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).	72
Çizelge 4.20. KL-11 / KL-16 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).	72
Çizelge 4.21. KL-17 / KL-22a arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).	73
Çizelge 4.22. KL-22b / KL-29 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).	73
Çizelge 4.23. KL-1 / KL-5b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).	74
Çizelge 4.24. KL-6a / KL-10b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).	74
Çizelge 4.25. KL-11 / KL-16 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).	74
Çizelge 4.26. KL-17 / KL-22a arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).	75
Çizelge 4.27. KL-22b / KL-29 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).	76

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

Al:	Alüminyum
As:	Arsenik
Br:	Brom
Ca:	Kalsiyum
Cr:	Krom
Cu:	Bakır
Fe:	Demir
K:	Potasyum
Mg:	Magnezyum
Mn:	Mangan
Nb:	Niyobyum
Ni:	Nikel
P:	Fosfor
Rb:	Rubidyum
S:	Kükürt
Si:	Silisyum
Sr:	Stronsiyum
Ti:	Titanyum
V:	Vanadyum
Y:	İtriyum
Zn:	Çinko
Zr:	Zirkon

Kısaltmalar:

EDX: Enerji Saçınımlı X-Işını Spektroskopisi

Km: Kilometre

M.Ö.: Milattan Önce

M.S.: Milattan Sonra

P-EDXRF: Taşınabilir Enerji Dağılımlı X-ışını Floresan Spektrometresi

SEM: Taramalı Elektron Mikroskobu

Yy: Yüzyıl

XRF: X-Işını Floresan Spektrometresi

1.GİRİŞ

Bu tez çalışması Kelenderis Antik Kentinde 2000-2006 yılları arasında kazısı yapılan Odeon alanından ele geçen tasnif dışı cam örneklerinin arkeometrik yöntemlerle araştırılmasını içermektedir.

Anadolu bulunduğu konum nedeni ile kıtalar arası köprü niteliğindedir. Anadolu yarımadasında görülen iklim çeşitliği ile tarih öncesi ve tarihi devirlerde farklı kültürlerle ev sahipliği yapmıştır. Anadolu'nun birçok yerinde bulunan kütür varlıkları insanlığın sürekli olarak bu topraklarda yaşadığını göstermektedir. Tarih öncesi ve tarihi devirlerde yaşamış olan insanların oluşturmuş oldukları kültürleri, kurmuş oldukları uygarlıkları kazılar sonucu açığa çıkan buluntular sayesinde bilinmektedir. Kazı çalışmaları sonucu ele geçen buluntular kültürlerin etkileşimini, birbirleriyle olan ticaretlerini, gündelik yaşamlarıyla ilgili bize önemli bilgiler sunmaktadır. Ele geçen bu buluntular, bize vermiş olduğu bilgiler dışında önceleri sadece form ve tasarım yönünden değerlendirmişlerdir. Arkeometrinin gelişmesiyle tarihi buluntular üzerinde kimyasal, fiziksel, mineralojik ve spektroskopik analizler artmaya başlamıştır. Arkeometri, arkeolojik kazılarda açığa çıkan eserler veya buluntuları fen ve doğa bilim dallarının matematiksel ölçüm ve analiz yöntemleriyle disiplinler arası çalışmalarla değerlendirilen bilim dalı olmuştur (Esin, 1985).

İnsanoğlunun belli hammaddeleri bir araya getirerek yüksek ısı yardımıyla şekillendirilmesinden sonra pişirilmesiyle elde edilen ve seramik malzeme grubuna dahil olan ürün cam olarak değerlendirilmektedir. Ancak camlar bazen doğada da oluşabilmekte; Obsidyen ve dağ kristali en belirgin örneklerdir (Başaran, 2000). Camlar fiziksel olarak oda sıcaklığında şekil değiştirmeyen ve içerdiği hammadde ihtivasına göre değişken erime noktasına sahip amorf bir ürün olarak tanımlanabilmektedir. Camların fiziksel özellikleri katı cisimlerle benzerlik göstermesine karşın yeterli sıcaklık aralıklarında akışkan bir yapıya sahip olabilmektedirler. Camı diğer malzemelerden ayıran özelliği erime noktası değil de yumuşama noktasının bulunmasıdır. Bu özelliğiyle de anlaşılacağı üzere camlar ne bir sıvıdır ne de tam anlamıyla katı olmaktadır. Camın karışımı tamamen homojense ürün saydam olmaktadır. Ancak cam içerisinde başka bir madde homojen dağılmışsa cam yarı saydam veya opak olmaktadır (Memiş, 2005).

Kendine özgü büyüleyiciliği ile cam, asırlardan beri sofraya eşyasından aydınlatma araçlarına, mücevherden endüstriyel ürünlere, sağlık malzemesinden sanat eserine değin birçok nesnenin yapımında kullanılan, yaşamın her alanına girmiş özel bir malzeme olmuştur. İnsanlar karşısındaki görüntüyle aralarında çoğunlukla cam olduğunu fark

etmeden yaşamaktadır. Cam kadar yaygın kullanım alanı olup varlığını o ölçüde hissettirmeyen başka bir malzeme yoktur (Uzuner, 2004).

Kaba bir tanıma göre, cam ısıtıldıkça akıcılık kazanan, ancak hemen yanında, soğuyarak sertleşen ve kırılabilen bir maddedir denilebilir (Küçükerman 1985). Doğada milyarlarca yıl var olan cam, doğal cam ile yapay cam olarak iki başlık olarak toplanmaktadır. Cam türleri arasında doğal cam olarak en iyi bilinen obsidyendir. Büyük patlamadan bu yana 4.5 milyar yıldır camın var olduğu bilinmektedir. Doğada genellikle siyah ve koyu yeşil renklerde olup volkan camı olarak da adlandırılan kuvars minerali magmatik yollarla şekillenerek volkanik bir kayaç olan obsidyeni oluşturmaktadır (Uzuner, 2004). Paleolitik dönemde doğal camın keşfedilmesiyle obsidyen, işlevsel bir nesne haline gelmiştir. Alt Paleolitik devrin insanları, beyin kapasiteleriyle orantılı olarak kendilerini vahşi hayvanlardan korumak, beslenmek, avlanmak adına ve zaman zaman da kendi aralarındaki mücadelelerde kullanmak için birtakım basit taş aletler yapmaya başlamışlardır. Bu süreçte obsidyen kullanımı işlevsel bir boyut kazanmıştır. Böylelikle doğal cam Paleolitik çağdan bu yana 2,5 milyon yıl kullanılmıştır (Uzuner, 2004) .

İnsanoğlu camı, tıpkı seramik gibi çağlar boyu kullanmış ve yaşamının temel malzemelerinden biri haline getirmiştir. Cam insanın en uzun süre faydalandığı malzemeler arasında yer almaktadır. Ayrıca günümüzde de vazgeçilmez bir konuma sahiptir. Arkeolojik veriler ışığında seramiğin tarihi on bin, camın geçmişi ise beş bin yıl kadar gerilere gitmektedir (Özgümüş, 2000). Mezopotamya'dan Mısır'a, Akdeniz'den Anadolu'ya varana kadar pek çok yerde ilk camcılık örnekleri ile karşılaşmak mümkündür (Küçükerman, 1985). Doğal camın bulunuşu ile yapay camın bulunuşu arasında çok büyük bir tarihsel fark bulunmaktadır. Geçen zaman içerisinde, doğal camın kullanılma nedenleri ile yapay camın bulunma ve kullanılma nedenleri arasında kullanım şekline göre önemli farklar bulunduğu görülmektedir. Fakat doğal camın işlenmesi, yöntem olarak cam şekillendirme tekniklerinin oluşmasında temel oluşturmuştur. Cam şekillendirme tekniklerinde, taşlar ve doğal camda da kullanılan tekniklerden uyarlanan kırma, kazıma, yontma ve parlatma gibi işlemler uygulanmıştır (Uzuner, 2004).

Arkeolojik buluntular sadece kültürel mirasın bir parçası değil, aynı zamanda onlardan elde edilebilecek çok sayıda bilgi için önem arz etmektedir. Arkeolojik nesne kültürel yapılar, ticaret bağlantıları, sosyal, dini, ekonomik ve politik ilişkiler, endüstri tüketim alışkanlıkları, gelenekler, endüstri, ritüeller, fabrikasyon teknikleri, üretim malzemeler, köken çalışmaları, tarihleme vb. Bu bilgileri elde ederken arkeometrik araştırma kritik bir öneme sahiptir.

Bu tez çalışmasında Mersin ili Aydıncık İlçesi'nde yer alan Kelenderis Antik Kentinde sürdürülen kazılarda ortaya çıkarılan Odeon alanının da ele geçen cam bulgular incelenerek analiz edilecek ve yorumlanacaktır. İlk yıllarda literatüre Theatron olarak girmiş fakat sonradan Odeon olduğu tespit edilmiştir. Kilikya bölgesinin Antik Çağ'da en önemli liman kentlerinden biri olan Kelenderis, 1987 yılında Prof. Dr. Kamil Levent Zoroğlu tarafından kazılmıştır (Zoroğlu 1994). Bu tez çalışmasında Kelenderis Antik kentinde bulunan Odeon alanının da ele geçen cam bulguların araştırmaları konusunu ele alarak camın tanımı, tarihsel gelişimi ve dönemsel işleyişi konusunda araştırma yapılmıştır. 2000-2006 yılları arasında yapılan kazı çalışmalarında ele geçen cam bulgular incelenmiştir.

Kelenderis (Odeon) kazıları sonucu ele geçen camlardan 41 adet cam parçası incelenmek için elimizde bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda, X-ışını floresan spektroskopisi (XRF), taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile birlikte enerji saçınimli X-ışınları spektrometresi (EDX), yöntemleri kullanılmıştır. Uygulanan metotlar kapsamında elde edilen bulgularla örneklerin mikroyapısal özellikleri, başlangıç hammadde içerikleri, pişirim şartları (sıcaklık, atmosfer, pişirim tekniği v.b.) gibi üretim sürecinin ortaya çıkarılmasında belirleyici öneme sahip parametreler aydınlatılmaya çalışılmıştır. Elde edilecek sonuçların Kelenderis Yerleşimi ve/veya bölgeye ait diğer çağdaş veya farklı dönemlere ait camların üzerin de yapılmış veya yapılacak olan diğer incelemelerdeki sonuçlar ile karşılaştırılmasının literatüre bu anlamda önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmadaki asıl amaç cam örneklerinin üretim tekniklerini tespit etmek, hammadde oranlarını tespit etmek ve varsa renk vericileri tespit etmektir. Ayrıca mikro yapı incelemeleri ile üretim teknolojileri hakkın da fikir sahibi olabilmektir. Bunların yanı sıra aynı döneme ait ürünler arasında sosyal, kültürel, teknolojik ve ticari ilişkiler bağlamında karşılaştırma yapabilmek için bilgi birikimine sahip olmaktır. Bir ve daha fazla yerleşim yerine ait camların arasında kıyaslama yapabilmek için yeterli bilgi birikimi ve deneyimin sağlanabilmesi hedeflenmektedir.

Yukarıda sıralanan bu amaçları değerlendirebilmek amacıyla arkeometrik karakterizasyon sürecinde portatif X-ışını floresan (P-XRF), polarize enerji saçınimli X-ışını floresan (PED-XRF) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM)/enerji saçınimli X-ışınları spektrometresi (EDX) yöntemleri kullanılarak gerekli incelemelerin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir.

1.2. Arkeometri ve Jeoarkeoloji

Arkeolojiye doğru bilgi elde etmesinde yardım eden, insanlığın geçmiş yaşamını anlamaya ve onları yeniden kurmaya çalışan, arkeolojinin fen ve doğa bilimleriyle bağlantısını kuran, gelişen bir bilim dalı olan arkeometri önemi gün geçtikçe artmaktadır (Tite, 1991).

Analiz çalışmaları sırasında temel amaç arkeolojik eserlerde analiz yapılacak numuneye hiç tahribat vermemek veya tahribat oranını en alt seviyeye düşürmek olmalıdır. Arkeolojik malzemeye yapılması düşünülen analiz yöntemi baz alınarak malzemenin hangi analiz türüne uygun olacağı saptanıp analiz yöntemi gerçekleştirilir. Bu veriler ışığında arkeometrik çalışmalarda kullanılabilecek analiz yöntemlerinde herhangi bir sınırlama bulunmamaktadır. Ayrıca malzemenin karakterizasyon aşamasında kullanılabilecek birçok fiziksel ve kimyasal analiz yöntemi bulunmaktadır (İssi, 2011).

Yeni bir bilimsel yaklaşım olan jeoarkeoloji; doğa ve yer bilimleri araştırmalarında edinilen bilgiler ışığında arkeolojik araştırmalarda ve bulguların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Arkeolojik alana ait jeolojik bilgiler gerekli ve önem taşımaktadır. Örneğin seramik yapımında kil yatakları ve mimaride kullanılan taş türleri gibi. Bu nedenle arkeolojik değerlendirmelere katkıda bulunmak amacıyla yapılan jeolojik çalışmalara “arkeolojik jeoloji “ şeklinde de tanımlanabilmektedir. Ayrıca bu alanda dikkat çekici gelişmeler yaşandığı görülmektedir. Arkeoloji ile birebir ilgisi olmayan fizik, biyoloji, kimya, gibi bilim alanlarında gelişmiş araştırma yöntemleridir (Kayan, 2018).

Yerbilimleri tekniklerini kullanan araştırmaları adlandırmak adına arkeolojik bulgu ve kayıtların değerlendirilmesinde uygulanmaktadır. Jeofizik tüm disiplinleriyle ve stratigrafi, sedimentoloji, jeomorfoloji, pedoloji, petrografi, jeokimya, paleontoloji, deniz jeolojisi, jeokronoloji, klimatoloji gibi yerbilimleri disiplinlerini jeoarkeoloji olarak adlandırılabilir. Ayrıca ortamsal arkeolojiye, kuvaterner jeolojisine, fiziksel coğrafya, jeoekoloji ve biyocoğrafya gibi alanlara kadar yayılım göstermektedir (Yılmaz, 2005).

Jeoarkeolojik araştırmalarda höyüklerdeki kültür tabakalarının derinliğini, niteliklerini, dağılımını ve eski doğal çevrenin özelliklerini belirlemek adına çeşitli yöntemlerle birlikte delgi-sondajlarından da yararlanılmaktadır. Alüvyal alanlarda da yüzey altında bulunan eski birikintiler incelenerek, birikme ortamları ve oluştukları coğrafi çevre (paleocoğrafya) bulunarak arkeolojik tabakalarla ilişkisine ulaşılmaktadır (Doğan, 2008).

1.3. Arkeometrinin Gelişim Süreci

19. yy.'ın başlarına kadar olan sürece kadar arkeometrik çalışmaların başlangıcı olduğu söylenmektedir. İlk defa 1800'de M. H. Klaproth (1743-1817) Berlin Bilim Akademisi'nde yapmış olduğu birtakım kimyasal analizlerin; camlar, sikkeler ve Ortaçağ heykelleri üzerinde sonuçları hakkında bir bildiri vermiştir (Esin, 1985). İtalya'da Kral 3. George'un hizmetinde çalışan Alchorn tarafından yapılan çalışmaları 18. yüzyılda fen ve doğa bilimlerinin, arkeoloji ve sanat tarihi alanlarında uygulanmaya başlamıştır. İlk çalışma da Bronz Çağı'na ait İrlanda kılıçları olmuştur (Şimşek, 2018).

19. yüzyılın sonlarına doğru ve 20. yy.'ın başlarında, Avrupa'da Üst Paleolitik Devir mağara duvar resimlerinin bulunuşu, Anadolu'da başlayan ve yoğunluk kazanan arkeolojik kazılarda ele geçen; metal, keramik, cam, duvar resimlerinin boyalarının bulunuşuyla kimyasal analizleri arkeometriye katkı sağlamıştır. Mısır'da özellikle Flinders Petrie'nin Negade kültürüne ait buluntuları, Ur Kral Mezarları'nın keşfiyle kimyasal analizlerin daha yoğun bir biçimde yapılmasını sağlamıştır. Böylece Klaproth'un analizlerini birçok bilim adamının araştırmalarıyla gittikçe daha büyük bir ilgi ile karşılanır (Esin, 1985). Arkeolojik buluntular İkinci Dünya Savaşı'na kadar çeşitli kimyasal ve fiziksel yöntemlerle yapılan malzeme analizleri ayrıca mutlak tarihlendirmeler için daha birçok araştırmaların "Arkeometri" adı altında yeni bir boyut kazanması ve bugünkü konumuna kavuşması 1950-1960 yılları arasına rastlamaktadır (Michael ve Ralph, 1971).

Libby ve arkadaşlarının 1955'te, yaşamları sona ermiş organik maddelerin içindeki radyoaktif karbon 14'ün (C-14) ölçülmesiyle arkeolojiye yeni bir tarihlendirme yöntemini armağan etmeleri gerçek arkeometrinin başlangıcı kabul edilmiştir (Esin, 1985). 19. yüzyıl'ın ikinci yarısında "Arkeometri" terimiyle kullanıma başlanmıştır. Arkeometrinin çalışma sistemini ülkemizde 1980'de TÜBİTAK'ın desteğiyle Arkeometri Ünitesi açılarak uygulanmaya başlanmıştır. Esin ve Yeter Göksu başta olmak üzere aynı ünite kapsamında Şeref Kunç, Alaattin Çukur, Önder Öztunalı, Hadi Özbal, Emel Geçkinli, Beril Tuğrul ile beraberinde birçok arkeometri projesi gerçekleştirmişlerdir (Esin, 1985).

Geçmişte varlık gösteren uygarlıkları, günümüzde yapılan arkeolojik araştırmalarla tarihsel gelişmeleri içinde, mümkün olduğunca eksiksiz bir biçimde değerlendirebilmeyi amaçlamıştır. Bu nedenle eski bir kültürün tam anlamıyla anlaşılabilmesi, tanımlanabilmesi, o kültürü oluşturan insanların o zamanki doğal yaşamlarının biyolojik çevreleri oluşturan hayvan ve bitki topluluklarının insan, hayvan, bitki ilişkilerinin bağlı olunan ekonomi, teknoloji, sosyal, sanatsal ve politik düzeylerinin belirlenebilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde o kültürleri oluşturan insanların yaşadıkları devrin kesin

tarihlendirilmelerinin yapılabilmesi, çağdaşları olan diğer toplulukları biyolojik ve doğal çevreleri ile olan ilişki ve karşılıklı etkileşimlerinin tamamen açığa kavuşmasına çalışılmaktadır (Esin, 1985).

1.4. Kelenderis Antik Kenti

Kelenderis Odeon yerleşimi, Orta Tracheia'nın (Dağlık Kilikya'nın) önemli bir liman kenti olan Antik Kelenderis Kentinin kalıntıları, Silifke'nin batısında, Anamur'un doğusunda, eskiden Gilindre olarak bilinen, bugünkü Aydıncık ilçesi'nde bulunmaktadır. İçel ili'ne bağlı Aydıncık ilçesi, Silifke'nin 85 km batısında, Anamur'un 52 km doğusunda yer almaktadır. Mersin-Antalya devlet yolu üzerinde bulunan kent, kuzeyinde yer alan Gülnar ilçesi'ne 32 km'lik bir yol ile bağlanmaktadır (Zoroğlu, 2003).



Şekil 1.1. Kilikya Bölgesi (Oyarçin, 2010).

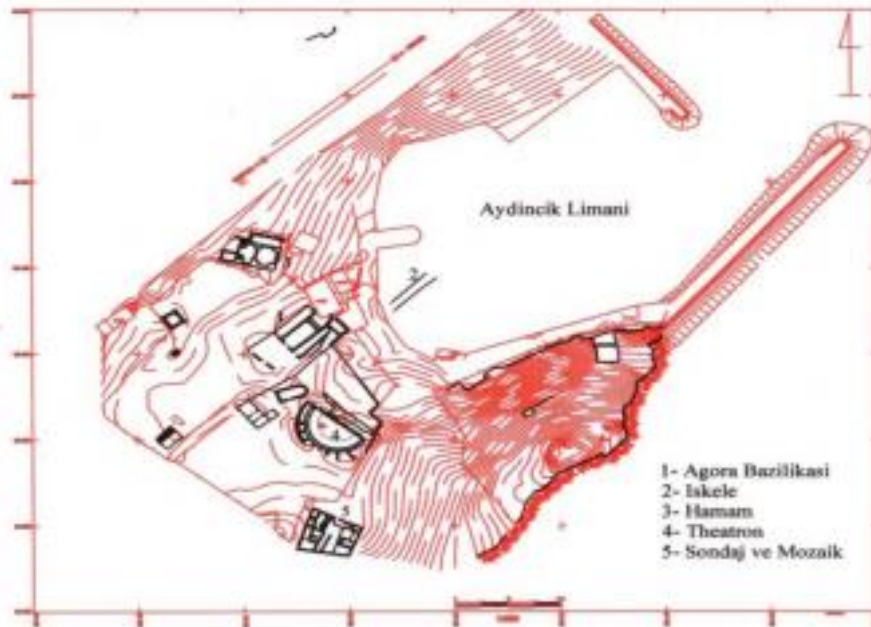


Şekil 1.2. Dağlık Kilikya Bölgesi (Oyarçin, 2010).

Kentin kim tarafından, ne zaman kurulduğu hakkında kesin bir bilgi yer almamaktadır. Antik yazarlardan Apollo Doros kentin bir Hitit tanrısı olan Sandon tarafından kurulduğu yazılmıştır. Antik kaynaklar ise Samoslular tarafından kolonize edildiğini belirtmektedir. Buna karşılık adının zaman içinde çok az değişikliğe uğramış olması, yerleşimin tarihsel süreç içinde sürekliliğinin olduğunu göstermektedir. Kelenderis'in tarihine kısaca bakıldığında, Antik Çağ'da oldukça önemli bir liman kenti olduğu, Orta Çağ'da bir kale yerleşimine dönüştüğü, bölgenin Türklerin eline geçmesinden sonra da sıradan küçük bir liman kenti olarak varlığını sürdürdüğü anlaşılmaktadır. 19. yüzyılda ise Osmanlı Devleti'nin yabancılara tanıdığı ticari ayrıcalıklar sayesinde kentin limanının yavaş yavaş gelişmeye başladığı anlaşılmaktadır. Bu dönemde, İçel Sancağı Gülnar İlçesinin yönetim merkezi olan Kilindra'da, devşirme yapı malzemesi kullanılarak hızla yeni yapılaşmaya gidilmiş, bu yöntemle çok sayıda depo yapısı inşa edilmiştir (Kıstır, 2011).

Kelenderis antik kentinde saptanan M.S. 2. Yüzyıla tarihlenen bir liman hamamı, Roma dönemine tarihlenen bouleiterion ve odeon olarak kullanılmış olan bir tiyatro, üç nefli bir kilise, M.Ö. 6. yüzyıldan başlayarak Roma dönemine kadar olan süreci yansıtan kaya mezarları, tonozlu mezarlar ve piramidal çatılı anıt mezarın yanı sıra 1992 yılında bulunan M.S. 5. yüzyıl zemin mozaïği kentin önemli kültür varlıkları arasında yer almaktadır. Yaklaşık 7 km kuzeydeki kaynaktan hamama getirilen su, kimi yerde kemerle, kimi yerde kanalla taşınmıştır ve bunların kalıntıları yer yer görülebilmektedir (Zoroğlu, 1994).

Kelenderis Odeon kazı çalışmaları 2001 yılından itibaren yapılmaya başlanmıştır. Kent, hem mimari, hem de ticarî, sosyal ve kültürel hareketlilik açısından gelişmiştir (Zoroğlu, 2003). Kelenderis kazılarının önceki yıllarda yapılan çalışmalarında tiyatro olduğu düşünülen alanda sondajlar açılmış ve caveadaki basamaklar bu sondajlarda ortaya çıkarılmıştır. Bu alanda mezarlara rastlanmıştır. Gömme biçiminin daha çok basit toprak olmasının yanı sıra tabutlara da gömü yapıldığı görülmüştür. Mezarlar üzerinde kesin tarihlendirme yapmak mümkün olmamıştır. Caveanın eğimini doldurmak ve zemini daha düzgün hale getirmek için buraya başka yerlerden toprak getirilmesi nedeniyle, farklı malzemenin ortaya çıkmasının olağan sayılması gerekmektedir. Mezar buluntuları ise çok çeşitlidir: cam bardaklar, porselen fincanlar, düğmeler v.b. Yapı zamanla toprakla dolduğundan buluntular belli bir dönem izlemeksizin oldukça karışık olarak ele geçirilmiştir. Aynı tabakada, Osmanlı Dönemine ait buluntular ele geçirilirken, Klasik, Hellenistik, Roma, Geç Roma ve Bizans Dönemine ait seramik parçaları, kandiller, cam obje parçaları, sikkeler v.b. buluntulara rastlanmıştır (Zoroğlu L., 2003). Kelenderis antik kenti kazı çalışmaları 2008 yılında da 5 farklı alanda devam etmiştir (Şekil 1.3). 2008'den 2022'ye kadar olan süreçte yeni bir alan keşfedilmemiştir. Kazısı yapılan alanlarda daha çok nekropol mezarlıklar bulunmuştur. Kazı başkan yardımcısı Doç. Dr. Mahmut AYDIN 2020'den bu yana kazı başkanlığını yapmaktadır.



Şekil 1.3. Kelenderis Kazı Planı (Zoroğlu, 2008).



Şekil 1.4. Kelenderis Hava Fotoğrafı (Durduran ve ark., 2005).

1.5. Kaynak Araştırması

Bu bölümde arkeometri alanında camlar ile ilgili yapılmış ve aynı zamanda tez çalışmasına önemli ölçüde yardımcı olan ve kolaylık sağlayan çalışmalar hakkında bilgi verilip, arkeometrik tekniklerin uygulamaları ile ilgili yerli ve yabancı kaynaklar taranmış olup yapmış olduğum kaynak araştırması aşağıda verilmiştir.

Adlington L., W. ve Freestone L. C., (2017); “<https://www.cambridge.org/core>” yayınlanmıştır. “Using handheld P-XRF to study medieval stained glass: A methodology using trace elements” konusu araştırılarak cam analizleri yapılmıştır. 30 adet cam numunesi bu iki farklı teknikle analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Analizler sonucu pencere camının İngiltere menşeli olmasının muhtemel olduğunu göstermiş ve renkli camların ise olasılıklı olarak Kıta’dan temin edildiği yönünde olmuş. Bu sonuçların gelecekteki işler için farklı çıkarımlar elde edilmesinde yarar sağlayacağı düşünülmüştür.

Akyol A., Kadioğlu Y., (2015); “TÜBA-KED dergisinde” yayınlanan “Tekfur Sarayı Cam Buluntuları Arkeometrik Çalışmaları” makalesinde 1995-1999 yıllarında gerçekleşen kazılarda ele geçen cam örnekler arkeometrik yönden incelenmiştir. Örneklerin element ve mineralojik içerikleri X-ışınları floresans spektroskopisi (Mikro

XRF ve PED-XRF) ve Raman spektroskopi yöntemleri ile analiz edilmiştir. Bu analizler cam örneklerin tipik soda-kireç camı yapısında olduğunu, camlar serbest üfleme tekniği ile üretilmiş olabileceği sonuçlarına varılmıştır. Ayrıca Tekfur Sarayı Kazıları ile ele geçen camların kendi içinde birbirlerinden oldukça farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip oldukları anlaşılmıştır.

Aydın M., (2019); “Çağlar Boyunca Üretim ve Ticaret: Prehistorya’dan Bizans Dönemi’ne//Production and Trade Through the Ages: From Prehistory to the Byzantine Period” isimli kitapta ele alınan “What Do We Learn About Antique Glass By Using Archaeometry” adlı makalede arkeometrik kazılarda ele geçen cam eserlerin arkeometrik analiz yöntemleri kullanılarak elde edilebilecek bilgiler üzerine bir çalışma olmuştur. Bu çalışma doğrultusunda arkeometrik yöntemler kullanılarak elde edilebilen bilgiler şu şekilde verilmiş; cam hamurunun kimyasal kompozisyonunu, camın direnci, sağlamlığı, camın geri dönüşümlü malzemeden üretilip üretilmediği, camın hammaddesini oluşturan silisyumun denizsel veya karasal kaynaklı olup olmadığı, pişirme derecesini düşürmek için ergiticilerin kullanılıp kullanılmadığı ve ele geçen camların yerel üretim mi yoksa ithal mi olup olmadığı gibi birçok sorunun cevabının bulunabildiği üzerine yazılmış bir makale olmuştur.

Aydın M., Akyol A., Erten E. ve Torgan E., (2015); “Seleucia ad Calycadnum Dergisi”, Olba Kazısı Serisi V, derginin 5. sayısında yayımlanan ‘Olba Kazısı Camları Arkeometrik Çalışmaları’ makalesinde 2010-2014 yıllarında gerçekleştirilen Olba kentindeki kazıda ele geçen cam örnekleri arkeometrik yönden incelenmiş yapım teknikleri görsel ve binoküler mikroskop altında habbe şekillerine göre belirlenmiştir. Ayrıca silindir ve döküm/serbest üfleme teknikleri ile üretilmiş olabileceği kanısına varılmıştır. Mikro XRF ve SEM-EDS yöntemleri ile analiz edilerek cam örneklerin tipik soda-kireç camı yapısında olduğu tespit edilmiş ve hammadde kaynaklarının ayrı kaynaklardan olduğuna dayandırmıştır.

Aydın M. ve Güngör A., (2020); “TÜBA-AR Dergisinde” yayımlanan “Cizre Kalesi Kazısı’ndan Ele Geçen Ortaçağ Cam Örneklerinin SEM-EDS Ve P-EDXRF Analizleri İle Karakterizasyonu” makalesinde cam eserlerin formlarını tanımlanarak, fotoğraflanarak belgelenmiş ve kodlanmış, örneklerin yapım teknikleri hem görsel hem de taramalı mikroskop altında habbe şekillerine göre belirlenmeye çalışılmıştır. Örneklerin element ve mineralojik içerikleri taşınabilir Enerji dağılımlı X-ışınları floresan spektroskopi (P-EDXRF) ve Taramalı Elektron Mikroskobu Enerji Dağılımlı Spektroskopi (SEM-EDS) yöntemleri ile analiz edilmiş ve elde edilen içerik sonuçlarına göre

buluntuların soda-kireç-silis camı olduğu değerlendirilmiştir. Olba camlarının üretiminde de temel eritici olarak soda ve sağlamlaştırıcı olarak da kireç kullanıldığı söylenmiştir.

Başaran S., (2000); İstanbul da Graphis yayınları tarafından yayımlanan “Pişmiş Toprak ve Cam Konservasyon/Restorasyonu” adlı kitabında; genel teknik konular, pişmiş toprak eserler bu eserlerin tanımlanması, hammaddeleri oluşumu, cam eserlerin oluşumu, tarihsel gelişimi, oluşum maddeleri gibi bilgileri içermektedir. Ayrıca görsel örneklerle de desteklenmiş bir kitap çalışması olmuştur.

Beşer E., (2009); Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Programı, Yüksek Lisans tezinde “Alanya Bölgesinden Elde Edilen Bazı Ortaçağ Camlarının Arkeometrik İncelemesi” tezi yayınlanarak İç Kale bölgesini ve İç Kale’nin dışını kapsayan Alanya kazı bölgesinde bulunmuş bazı 13. yüzyıl Selçuklu Dönemi pencere camlarının kimyasal bileşimlerini ve üretim tekniklerini saptamıştır. Örneklerin temel, az ve iz element içerikleri X-Işınları Floresan Spektrometrisi ile belirlenmiş. Renk veren metaller demir, bakır, kobalt ve manganez olarak saptanmıştır. Optik mikroskop inceleme sonucunda ise camların çoğunun silindir tekniğiyle üretildiği diğer camların ise bazıları ‘crown’ tekniğiyle bazısının ise döküm tekniğiyle üretilmiş olabileceği sonucuna varılmıştır.

Çolak Büyüksoy, D., (2020); İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma Ve Onarım Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezinde “Enez (Ainos) Kazısı Su Terazisi Ve Kral Kızı Bölgelerinde Ele Geçen Camların Bozulmaları Üzerine Arkeometrik Çalışmalar” tezi yayınlanmıştır. Enez (Ainos) antik kenti kazı çalışmalarında bulunan 31 adet etütlük cam buluntunun kimyasal içeriğinin belirlenmesi ve kimyasal içeriklerinin örneklerde görülen bozulma tabakaları ile ilişkilendirilmesi üzerine Polarize Enerji Dağılımlı X-Işını Floresan (Polarized Energy Dispersive-PED-XRF), Taramalı Elektron Mikroskobu- Enerji Dağılımlı Spektrometresi (Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive Spectrometry, SEM-EDS) ve Raman (Konfokal) Spektroskopi yöntemleri kullanılarak arkeometrik incelemeler yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre camların tipik soda-kireç-silis camı olduğu saptanmıştır. Üretimde silis kaynağı olarak deniz kumu kullanıldığı düşünülmektedir. Cama renk verici elementler demir (Fe), bakır (Cu), kobalt (Co) ve kurşun (Pb) olarak tespit edilmiştir.

Dardeniz G., (2016); Koç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji ve Sanat Tarihi Ana Bilim Dalı, Doktora tezinde “Vitreous material crafting in the second millennium B.C.: Glass, faience, and frit production at tell atchana, ancient alalakh / M.Ö. II. binyıl'da vitrifiye malların zanaatı: Tell Açana, Alalah'ta cam, fayans ve frit üretimi”

tezi yayınlanmıştır. Çalışmada Amik Ovası'nda bulunan ve Orta ve Geç Tunç Çağları boyunca yerleşim görmüş olan Açana Höyük, eski adıyla Alalah kentinin vitrifiye malzeme (cam, fayans, frit) topluluğu incelenmiştir. Bu doktora çalışmasında 2004–2014 Alalah kazılarında ortaya çıkarılan 394 yeni eser kataloglanmış ve Hatay Arkeoloji Müzelerinde yer alan 23 adet bilinmeyen ve tanımlanmamış olarak kayıtlara geçmiş eserin dökümantasyonu yapılmıştır. Bu doktora çalışmasının arkeometrik safhasında taramalı elektron mikroskobu elektron saçınımlı X-Işını (SEM–EDX), indüktif eşleşmiş argon plazma kütle spektroskopisi (ICP–MS), X-ışını floresansı (XRF), X-ışını difraksiyonu (XRD) ve stronsiyum (Sr) ve neodimyum (Nd) izotopları yöntemleri bir arada kullanılarak başta yerleşimin cam buluntuları olmak üzere, fayans ve frit malzemelerin kimyasal karakterizasyonu ve üretim teknolojileri hakkında bilgilere ulaşılmaya çalışılmıştır.

Doğan C., (2014); Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Arkeometri Programı, Yüksek Lisans tezinde “Mersin Olba Arkeolojik Alanı Cam Buluntularının Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi” tezi yayınlanmıştır. Çalışmada Olba arkeolojik alanından çıkartılan cam objelerin (M.S. IV- VII yy.) P-EDXRF ve Raman Spektroskopisi teknikleri ile 34 adet cam obje analiz edilmiştir. Cam buluntularının kimyasal kompozisyonlarının benzer olduğu ve tüm cam buluntuların soda-kireç-silis camı olduğu yönünde değerlendirilmiş. Raman spektroskopisinden alınan sonuçlar XRF sonuçları ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

Genç D., (2019); Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Arkeometri Programı, Yüksek Lisans tezinde “Side, Antalya Erken Bizans Atölyesi Camlarının Arkeometrik İncelemesi” tezi yayınlanmıştır. Side antik Kentin de ele geçen cam buluntular arkeometrik olarak incelenmiştir. Cam örneklerinin fiziksel durumu, bozulma türleri ve üretim teknolojisini anlamak amacıyla görsel ve optik mikroskop analizleri yapılmış ve kimyasal analizleri Polarize Enerji Dağıtımli X-ışını Floresan (P-EDXRF) tekniği kullanılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda da ana, az ve eser miktardaki elementlere göre yorumlanmıştır. Side cam setinin doğal sodyum karbonat ile ergitilmiş soda-kireç-silis camı olduğu ihtimali şeklinde yorumlanmıştır.

Kıstır R.M., (2011); “TÜBA-AR dergisinin 14.sayısında” yayınlanan “Kelenderis Antik Kentinde 19. Yüzyıl Sonuna Tarihlenen Bir Kilisenin Değerlendirilmesi” makalesinde Kelenderis Antik kentinden bahsetmiştir. Daha önce Prof. Dr. K. Levent Zoroğlu tarafından araştırılarak edinilen bilgilere kendisi de makalesinde yer vermiştir ve bizde tez çalışmamızda bu makaleden yararlanarak edindiğimiz bilgiler doğrultusunda Kelenderis Antik kentini tanımış bulunmaktayız.

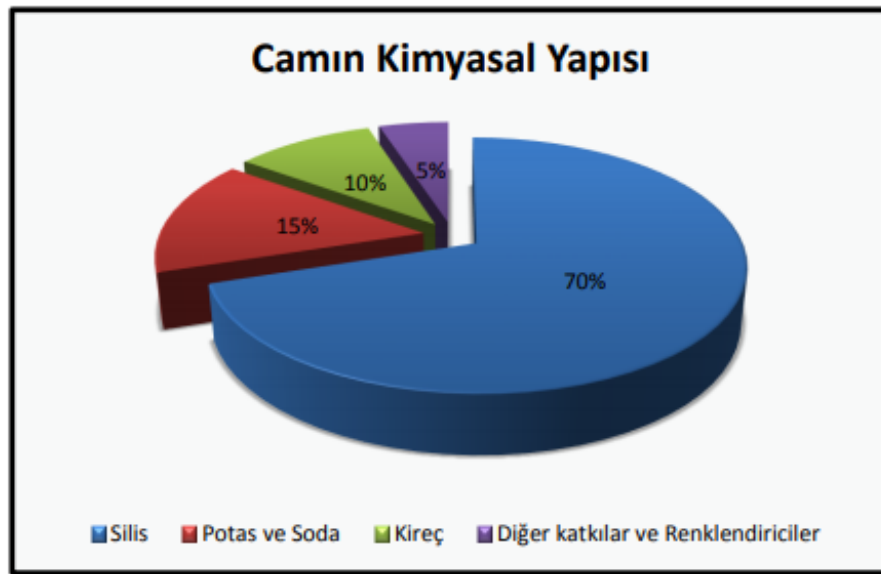
Özgümüş, Ü., (1991); “Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi, Doktora tezinde “Anadolu camcılığının gelişimi, seramik ve maden sanatlarıyla bağlantısı” tezi yayınlanmıştır. Anadolu camcılığının seramik ve maden sanatlarıyla karşılaştırılarak, değişik dönemlere ve buluntu yerlerine göre incelenmesi sonucunda cam eserlerin geniş bir yayılım alanına sahip olduğu görülmüştür. Anadolu'nun cam yapım tarihine en önemli hizmeti cam yapım tekniklerinin ve süsleme şekillerinin Doğudan Batıya, Batı dan Doğuya aktarılmasında oynadığı rol olmuştur. Büyük ticaret yollarının kavşak noktasını teşkil eden Anadolu, bu geçiş için hem bir köprü vazifesi görmüş, hem de bu sanat akışının getirdiği yenilikleri kendi potansiyeline katarak yerel üretimini gerçekleştirmiştir.

Taştemür , E., (2007); “Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji Bölümü Yüksek lisans tezinde “Klaros Cam Eserleri” tezi yayınlanmıştır. Apollon Klarios Kehanet Merkezi'nde 2001 ve 2004 yılları arasında yapılan kazılarda ortaya çıkarılan 215 parça incelenmiştir. Klaros cam buluntuları formlarına göre on ana gruba ayrılmış ve on ana grupta, Hellenistik ve Roma Dönemi camları yaygın olarak görülmüştür. İncelenen camlarda tarihsel yoğunluk, İ.S. 1. yüzyılın ortası ile İ.S. 4. yüzyıla kadar olan dönemde Roma Dönemi camlarında görülmüştür.

2. CAMIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE TARİHİ

2.1. Camın Tanımı

Isıtıldığında akıcılık, soğutulduğunda ise katı özelliği olan saydam ya da yarı saydam olan sert maddeye cam denir (Büyük Lugat ve Ansiklopedi, 1981). Camı oluşturan maddeler ve miktarları; %70 silis (Silisyumdioksit- SiO_2), %15 potas (Potasyum karbonat- K_2CO_3) ve soda (Sodyum karbonat- Na_2CO_3), %10 kireç (Kalsiyum karbonat- $CaCO_3$), %5 diğer katkı maddeleri ve renklendiricilerdir. Cam bu maddelerin karıştırılarak yüksek sıcaklıkta ($1500^{\circ}C$) ergitilmesiyle oluşmaktadır (Marson, 1919).



Şekil 2.1. Camın Kimyasal Yapısının Yüzdesel Dağılımı (Eker, 2010).

Cam günlük kullanımdan, uzay teknolojisine kadar birçok alanda malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal ve yapay cam olarak sınıflandırılan bu malzeme dünyanın varoluşundan bugüne varlığını geliştirerek sürdürmüştür. Kuvars minerali, büyük patlamadan bu yana magmatik yollarla şekillenerek volkanik kayaç olan obsidyeni meydana getirmiştir (Uzuner, 2004).

Obsidyen genellikle siyah, koyu yeşil renklerde olup, volkan camı olarak da bilinmekte, ülkemizde Niğde, Nevşehir, Ürgüp, Nemrut, Süphan, Van ve Biga'nın güneyinde görülmektedir (Ünsal, 2001).

Yeryüzünün volkanik faaliyetleri sonucu oluşan obsidyen, içindeki oksitler nedeniyle kırmızı, kahverengi, gri, siyah gibi farklı renklerde ve yaygın olarak görülmektedir. Birçok işlevsel özelliği bulunan obsidyenin, güneş ışığı yansıtılarak tarihte ilk haberleşme aracı olarak değerlendirildiği tahmin edilmektedir (Uzuner, 2004).



Şekil 2.2. Obsidyen (Kocabağ, 2002).

2.2. Cam Hammaddeleri

Camın ana malzemesi silis yani kuvarstır. Silis kokusuz, tatsız, renksiz ve suda veya alkaliler içerisinde çözünemeyen bir maddedir. Silis yüksek sıcaklıkta eriyebilen bir madde olduğundan cam hamurunun içerisine sodyum karbonat ve potasyum karbonat bırakılmaktadır. Sodyum ve potasyum karbonat camın suya dayanıklılığını düşürdüğü gerekçesiyle hamura ayrıca kireç katılmaktadır. Camın yapısında yaklaşık %72 silis, %15 soda, %13 kireç, kristal camda ise yaklaşık %48 silis, %24 soda, %28 kurşun oksit bulunmaktadır (Bayraktar, 2011). Camın hammaddeleri kendi içinde 4'e ayrılmaktadır.

Bunlar şu şekildedir:

2.2.1. Camlaştırıcı Hammaddeler

Silika esaslı olanlar cam üretiminde en yaygın hammaddeler olarak kullanılmaktadır (Kum, kumtaşı, kuvars gibi). Bu nedenle silika, camların asıl hammaddeleridir. Yüksek kaliteli cam yüksek saflıktaki silika ile sağlanmaktadır. Silika oranı arttıkça camın kimyasal dayanımı artmakta ve genleşme katsayısı azalmaktadır (Başaran, 2000).

2.2.2. Ergitici Hammaddeler

Sıcaklıkta kolay eriyemeyen maddeler arasında silika da yer almaktadır. Yaklaşık 1600°C'de erimektedir. Cam hamuru içerisine ergime noktası düşük olan sodyum ve potasyum gibi flux malzemeler ergime noktasını düşürmek için eklenmektedir. Bu da camın işlenmesini kolaylaştırmaktadır (Başaran, 2000; Memiş, 2005).

2.2.3. Sabitleştirici Hammaddeler

İçerisinde sadece silikat bulunduran camlar dayanıksız olup, suda çözünebilen hale gelmektedir. Bunları önleyebilmek adına potasyum oksit, magnezyum oksit (MgO_2), baryum oksit (BaO), alüminyum oksit (Al_2O_3) kullanılmaktadır (Memiş, 2005).

2.2.4. Ara Hammaddeler

Homojen sonuçları daha fazla elde etmek adına kullanılan hammaddelerdir. Üç kısım da incelenebilmektedir:

2.2.4.1. Arıtma Hammaddeleri

Arsenik oksit (As_2O_4), potasyum nitrat (KNO_3), sodyum oksit, sodyum sülfat (Na_2SO_4) gibi maddeler erimiş halde bulunan cam içerisindeki hava ve gaz taneciklerinin yok olması amacıyla kullanılmaktadır (Memiş, 2005).

2.2.4.2. Renk Veren Hammaddeler

Genel olarak camları renklendiren maddeler metal ve ametallerin bazılarının sülfür ve oksitleridir. Bazıları camın tanecikleri ile birleşerek renkli silikat veya tuz oluşturmaktadır. Altın (Au), gümüş (Ag), bakır (Cu), selenyum (Se) gibi elementler bünye içerisinde dağılarak camı renklendirmektedir (Memiş, 2005).

2.2.4.3. Saydamlığı Gideren Hammaddeler

Kalsiyum, kryalith gibi katkı malzemeler camı beyazlaştırarak ve donuklaştırarak ışığın dağılmasına sebep olurlar. Camın mineleşmesi için ise kalsiyum florür, SnO_2 gibi maddeler kullanılmaktadır (Memiş, 2005).

2.3. Camda Renk

Yapısı nedeniyle cam saydam bir sıvı olması, ışığın kırılmadan ve yansımadan geçmesini sağlamaktadır. Ancak camın içine katılan farklı oksit maddelerden dolayı camın yapısı değişebilmekte ve ışığın kırılması, yansımaları veya emilimi söz konusu olabilmektedir. Cama renk verme işlemine bakıldığında zaman renksiz saydam cam üretmek, renkli cam üretmekten daha zor olduğu bilinmektedir. Cama yeşilimsi renk veren camın yapısındaki ana maddelerden biri olan silis genellikle %3'e yakın oranda demir içermektedir. Berrak cam elde edilmesi için ise cam hamuruna demiri nötrlemek için manganez konularak yeşilimsi renk önlenmektedir (Çakmaklı, 2007). Manganez kullanımının dışında doğal yollarla da renksiz cam elde edilebilmektedir. Örneğin, bazı Mısır kumları kendi içerisinde bulunan nötrleyici etkiyle renksiz cam elde edilmiştir (Demir, 1999). M.S. 2.-4. yüzyıllarda antimon, daha sonraki yıllarda ise manganez ve 18. yüzyılda kobalt, camı renksizleştirmek için kullanılmış ve ileri dönemlerde ise selenyum

kullanılmıştır. Bu renksizleştirme işleminin dışında, arsenik antimon, sülfat ve nitratlardan faydalanılarak hamurun içerisinde bulunan küçük maddelerin çözülmesi ve büyük maddelerinde yüzeye çıkıp yok olması sağlanmıştır (Kavaz, 2011).

Çizelge 2.1. Cama renk vermek amacıyla, cam hamuruna ilave edilen metal oksitler ve bunun sonucunda oluşan renkler (Çakmaklı, 2007).

Altın (Au)	Pembe, Kırmızı
Antimon (Sb)	Sarı Opak
Bakır (Cu)	Yeşil, Turkuaz, Mavi
Çinko (Zn)- Fosfat (PO_4^{-3}) – Kalay(Sn)	Beyaz, Opak
Demir (Fe)	Yeşil, Mavi, Sarı
Gümüş (Ag)	Sarı
Kobalt (Co)	Koyu Mavi, Açık Mavi
Magnezyum (Mg)	Mor, Eflatun

Tabloda saydığımız renklerin kullanılması günümüzden yaklaşık olarak 3500 yıl öncesinde de bilinmekteymiş (Dal, 2009). Ayrıca bu madenlerin kullanımının ekonomiyile ilişkisinde söz konusu olmaktadır. Bu madenler içerisinde altın en az kullanılmış ve bu nedenle de ele geçen eserlerde pembe ile kırmızı rengin yoğunluklu olmadığı görülmektedir (Çakmaklı, 2007).

Mısır'a baktığımızda bu renklerin kullanımında demir, bakır ve manganez karışımından elde edilen ünlü siyah camlar bulunmaktadır (Gürler, 2000). M.Ö. 1500 yıllarında metal oksitlerin renklendirici olarak kullanılması, kalay tuzlarının camı opak hale getirilmesinin bulunmasıyla başlamıştır. Günümüzdeki gibi Antik Dönemde de bakır, demir ve magnezyum renklendirici olarak kullanılmış ve yoğunluklu olarak mavi, zümrüt yeşili, altın kahverengisi, kan kırmızısı renkleri kullanılmıştır. Cam renklendirme işlemiyle ilgili detaylıca bilgilerin yer aldığı tabletler Büyük Asur kralı, Asurbanipal (M.Ö. 668-626)'in kütüphanesinde bulunmuştur (Demir, 1999).

2.4. Cam Üzerinde Bozulma Ve İrizasyon

Camın içyapısı veya yüzeyinde dış etkilere ya da içteki bozukluktan dolayı oluşan olumsuz değişikliklere bozulma denilmektedir. Camın tarihi ve üretim yerinin saptanması bakımından bozulmalar önem taşımaktadır (Harden, 1936). Su en önemli bozulma nedenleri arasında yer almaktadır. Camın yapımı sırasında hamura ilave edilen alkali iyonları suyla reaksiyona girip hidroksitleri oluşturur ve oluşan hidroksitler, cam yüzeyiyle temasta kalabilmektedir. Hidrojen iyonlarının hacimsel küçüklüğünden dolayı cam yapısına daha kolay girebilmektedir. Bu olayın olduğu bölüm diğer cam bölümlerine göre daha fazla darlaşmayla genleşme yaşanabilmektedir. Bozulmanın devam etmesiyle de cam yüzeyinde pullanmalar oluşmuştur (Küçükpazarlı, 2006).

Camlarda en fazla meydana gelen bozulma şekillerinin başında irizasyon gelmektedir. İrizasyon bozulma çeşidi, asitli ortam ve camın yapısıyla ilgilidir. Geç dönemde gelişmiş tekniklerle yapılan camların irizasyona uğramamasının nedeni kaliteli yapılmalarıdır (Çakmaklı, 2007). Camın üzerinde oluşan irizasyon tabakası bozulmanın toprağın yapısıyla ilgili olduğu görülmektedir. Toprağın içinde bulunan kimyasalların yapısı aşınmanın nasıl olabileceğini göstermektedir. Ayrıca asit oranının yüksek olması aşınmayı hızlandırarak asitlerin camın tüm yüzeyini kaplayan kabuk görünümüne neden olmaktadır. Ancak bu tabaka camın her yerinde aynı değildir. Tabakanın temizlenmesi durumunda yüzeyde altınımsı veya benzinimsi bir görünüm oluşmaktadır. Günümüzde bu yapı çok beğenilse de antik dönemlerde istenilen bir durum olmamıştır. Bu görünüm camda oluşan aşınmanın varlığını gösterir ve yapı ilerleyen tarihlerde camın parçalanmasına ya da ortadan kalkmasına neden olmuştur (Öztürk, 2013).

2.5. Tarihsel Gelişim Sürecinde Cam

Cam tarih boyunca, keşfedildiği andan itibaren kullanımı giderek artan bir madde olmuştur. Ayrıca zamanın değişimlerine ayak uydurarak farklı formlarda, tekniklerde ve dekorlarda karşımıza çıkmıştır. M.Ö. 14. yüzyılın ortalarından itibaren cam kapların üretilmesiyle cam sanatı başlangıcı sonrası belki de en büyük gelişime imza atmıştır. M.Ö. 8. yüzyıl ve sonrasında ise değerli materyalleri taklitten doğan bir cam endüstrisi ortaya çıkmıştır. “Renksizleştirme” ile yapılan üretim endüstrinin en büyük özelliği olmuştur. Hellenistik Dönem’de ise sodyum karbonat oranı arttırılarak daha düşük ısılarla maddelerin basit bir şekilde füzyona girmesi sağlanarak fırınlarda kullanılan yakıttan tasarruf edilmiştir. Önceki bilgilere ek olarak Roma Dönemi’nde üfleme tekniğinin bulunması devrim niteliğinde olduğu söylenmiştir. Ayrıca Kanarya Adası’ndan,

Hindistan'ın Arikamedu Yerleşimi'ne kadar hemen hemen antik dünyanın bilinen her yerindeki yerleşimlerde cam eserler bulunmaya başlamıştır (Taştēmür, 2017).

2.5.1. M.Ö. 3. Binde Cam Sanatı

2.5.1.1. Mezopotamya

Elde edilen arkeolojik bulgular ışığında camın ilk kez M.Ö. 4. bin yılda şeffaf sır şeklinde ortaya çıktığı bilinmektedir (Taştēmür, 2013). M.Ö. 3. bin yılın sonlarına tarihlenen III. Hanedan Dönemi'ne ait Ur Kenti'nde resmi bir yapının envanter listesinde an-zah-hu (cam) ve an-zah (kase) kelimelerinin olduğu görülmektedir (Oppenheim ve diğ., 1970).



Şekil 2.3. M.Ö.3. Binin Sonlarına Tarihlenen, Ur Kenti'nde Bulunmuş Tablet (Oppenheim ve diğerleri, 1970).

2.5.1.2. Mısır

M.Ö. 3. bine tarihlenen bir diğer önemli bir devlet de Mısır'dır. Mezopotamya'ya oranla sayıca daha az miktarda cam eserin bulunduğu görülmektedir. Bu dönemde Mısır'da skarabe formunda camların yanı sıra cam boncuk üretiminin de yapıldığı buluntular sayesinde anlaşılmaktadır (Cooney, 1976).

2.5.2. M.Ö. 2. Binde Cam Sanatı

2.5.2.1. Mezopotamya

Nippur'da ve Ninive'de ele geçen tabletler Mezopotamya'da cam sanatının önemini gösteren en önemli kanıtlar olmuştur. Nippur Tabletlerine yazılmış kelimeler listesinde “an-zah-hu” sözcüğünün “cam” anlamında Akkadca metinlerde yer aldığı görülmüştür (Erten, 1998).

2.5.2.2. Mısır

Arkeolojik kontekstler sayesinde Mısır'ın M.Ö. 2. bin yılın ortalarından itibaren cam üretiminde altın çağını yaşadığı söylenmiştir (Erten, 1998). Mısır yerleşimlerinden olan Tell Barak'ta camın külçeler halinde bulunması, Tell el-Amarna dışında da üretimin olduğunu anlaşılmıştır (Erten, 2009).

2.5.2.3. Anadolu

Cam üretime ya da kullanıma ilişkin veriler ile Anadolu'nun birçok yerleşim alanında karşılaşılmaktadır. Bunlar arasında Troia'da M.Ö. 1360- 1320'ye tarihlenen bir mezarda işlenmemiş cam külçeleri de bulunmuştur (Erten, 2004). Bu dönemde Hitit yerleşimi Boğazköy'de cam yapımı ile ilişkili yazılı tariflere rastlanmıştır (Erten, 2002). Bulunan bu tariflerin yanı sıra Ortaköy'de cam ile ilişkili dört ayrı metin daha bulunmuştur (Çoşkun, 1997). Hititlerin cam ile ilgili bilgileri egemenlik alanlarında olan Hurri-Mitanni Devleti bağlantısı ile ilişkili olduğu söylenilmiştir (Erten, 1998). Ayrıca Matsumara, Kırıkkale-Büklükale kazılarında bulunan iç kalıp teknikli bir kabı, Anadolu'daki en erken kap olarak bilinen kaptan daha erkene tarihlendirmektedir (Matsumara, 2015). Panaztepe kazılarında I. ve II. Mezarlık alanı olarak adlandırılan alanda ise 4000'in üzerinde boncuk ele geçmiş ve Geç Tunç Çağı'na tarihlenen boncukların bir kısmı cam boncuklar olmuştur (Çınardalı- Karaaslan, 2012).

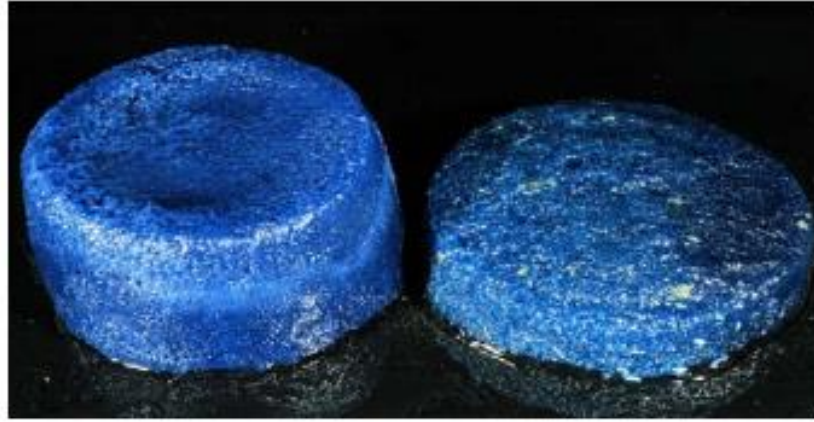


Şekil 2.4. Hurri-Mitanni Cam Boncuk Örnekleri (Stern, 1994).

2.5.2.4. Ege

Bu dönemlerde cam ilk defa “kap” olarak bulunmuş ve Uluburun ile Gelidonya Batıkları da camın denizaşırı ticarete önemli buluntu grupları olduğunu göstermektedir. Geç Tunç Çağı'nın sonlarına tarihlenen Anadolu'nun güneybatı kıyılarında tespit edilen Uluburun Batığı cam ticaretinin kanıtlarından olmuştur (Oppenheim, 1973). Batıkta 200

adet disk şeklinde dökme camdan külçe de ele geçmiştir (Starr, 2000; Yalçın, 2005). Bu külçeler bilinen en eski ve sağlam külçeler olduğu söylenmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Uluburun Batığı'nda Ele Geçen Cam Külçeler (Starr, 2000).

Ayrıca bu dönemde Myken camcılığının gelişmeye başladığını ve kalıba döküm tekniği ile birçok küçük cam nesne üreterek ithal edilmiştir (Nightingale, 1998). Myken camlarını Bodrum, Müsgebi, Menemen, Panaztepe gibi yerleşimlerde görülmüştür (Bass ve diğ., 1967).

2.5.3. M.Ö. 1. Binde Cam Sanatı

2.5.3.1. Mezopotamya

Hitit devletinin M.Ö. 1200'lerde yıkılmasıyla cam sanatı da olumsuz etkilenmiş ve Akdeniz'deki cam üretim merkezlerinde duraklama olmuştur. M.Ö. 8 yüzyıl da ise üretim yeniden canlanmıştır ve Assur'lar cam üretiminde renksiz cam üretiminin önemli merkezlerinden olmuştur (Ignatidou, 2005; Grose, 1989). Kalıba döküm şeklinde yapılan 'Sargon Vazosu' olarak bilinen cam kap dikkat çekici cam eserlerden olmuştur (Layard, 1853).

2.5.3.2. Anadolu

Bu dönemde iç kalıp cam yapımı devam etmiş ve kalıba döküm yapmaya başlamışlardır. Gordion'da bulunan cam kaseler en önemli ve en erken cam olarak gösterilmiştir (Saldern, 1975).



Şekil 2.6. Omphalos'lu Gordion Kasesi (Jones, 2005).

Bu kase yapılan kimyasal analizler sonucunda M.Ö. 760 civarına tarihlendirilmiştir (Reade, 2009; Jones, 2009). Assur ve Luristan Bölgesi'ne ait metal kaselerle olan yakın benzerliğinden dolayı kraliyete ait bir atölyede üretildiği düşünülmüştür (Saldern, 1959).

2.5.3.3. Ege

M.Ö. 8. yüzyılın sonlarından itibaren Ege ve Akdeniz kıyıları boyunca Fenike ticaret ağlarını kapsayan yerleşimlerde iç kalıp teknikli camlar bulunmuştur. M.Ö. 6. yüzyılın ortalarından sonra zengin mezarlarında sıklıkla görülmüştür. Üretim yerlerinin ise Fenike kıyıları, Rhodos, Kıbrıs, Güney İtalya, İskenderiye olduğu düşünülmektedir (Grose, 1989). Ayrıca Rhodos'da M.Ö. 4. yüzyıl ve erken 3. yüzyıl arasında phiale ve kalyks formunda üretim yapan cam atölyelerinin bulunduğu arkeolojik veriler ışığında bilinmektedir (Schmidt, 2010).

2.5.3.4. Yunanistan

M.Ö. 425 civarlarında Atina'da kaliteli şeffaf cam kaplar kullanılmış ve bu kaplar Parthenon'da M.Ö. Geç 5. yüzyıldaki envanter kayıtlarında görülmüştür (Stern,1994). Ayrıca bu kaplara M.Ö. 338-337 yılları arasında da rastlanmıştır (Stern, 1999).

2.5.3.5. Makedonya

M.Ö. 359-339 yılları arasında cam üretiminin başladığı ve M.Ö. 3. Yüzyılın ilk yarısına kadar da devam ettiği düşünülmektedir (Ignatidou, 2002; Archibald, 2007). Lüks tüketim ürünü olan camlar saray ve aristokratlar için favori ürünler olmuştur (Ignatidou, 2002). Bu dönemde özellikle Makedonya'nın büyük bir liman kenti olan Pydna'da çok sayıda renksiz şeffaf cam bulunmuştur (Ignatiadou, 1998).

2.5.4. Roma Cam Sanatı

M.Ö. 1.-M.S. 1. yüzyıllar arasındaki dönemi kapsayan ve Hellenistik dönem cam üreticilerinden etkilenecek yapılan Roma camcılığı hakkında yazılı ve kazılardan çıkan malzemeler önemli bilgiler vermektedir. Antik dünyanın batı sınırlarındaki Kanarya Adaları'ndan biri olan Lanzarote Adasına doğu sınırlarında ise Güney Hindistan'ın Arikamedu Yerleşimi'ne kadar birbirinden çok farklı bu iki bölgede Roma camlarına rastlanmıştır (Slayman, 1997; Stern, 1991).

Roma camı sadece aristokratların veya zenginlerin değil serbest üfleme tekniği ile birlikte halkın her kesiminden insanın kullandığı bir madde olmuştur. Ayrıca Romalılar camı gündelik eşya yapımı dışında dış cephe kaplaması, mozaik pano gibi mimari alanlarda da kullanmışlardır (Lightfoot, 1997). Erken Roma İmparatorluk Dönemi'nde ise yaklaşık M.S. 25 yıllarında, keşfedilmiş olan kalıba üfleme tekniği ile camdan çok detaylı dekorları kolay ve hızlı bir şekilde yapma imkânı bulmuşlardır (Erten, 2000).



Şekil 2.7. Kalıba Üfleme Cam Kaplar (Stern, 1995).

Geç Roma Dönemi için de cam sanatı adına önemli yazılı belge olarak İmparator Diocletianus'un fiyat listesi bulunmuş ve mermer levhalar üzerine Latince olarak yazılmış cam malzeme ve kaplarla ilgili bölümü korunmuş tek arkeolojik buluntu olduğu bilinmektedir (Taştemür, 2007).

2.6. Camın Tarihsel Kronolojisi

Paleolitik Dön.	Doğal cam olan obsidyenin kullanımı.
M.Ö. 5500-3100	Mısır'da, seramik-cam arası bir malzemenin kullanılması.
M.Ö. 5500-3100	Yakın Doğuda, cam benzeri parlak nesnelerin kullanılması
M.Ö. 4. bin	Mısır ve Mezopotamya'da, soğuk kesme tekniğinin kullanılması.
M.Ö. 3. bin	Doğal cam olan Kaya Kristalinin kullanılması.
M.Ö. 3. bin	Ortadoğu'da, cam boncuk yapımıyla cam üretiminin başlaması.
M.Ö. 2300	Irak'taki Tell Asmar'da, silindir biçimli ve açık mavi renkte cam çubuk bulunması.
M.Ö. 2200	Irak'taki Abu Shahrein (Eridu) kazılarında ele geçen işlenmiş mavi camdan kütle bulunması.
M.Ö. 2. binin başları	Mezopotamya'da, cam vazoların yapılması.
M.Ö. 1700 öncesi	Anadolu'da, Boğazköy IV-D Evresinde erken tarihli boncuk bulunması.
M.Ö. 16. yüzyıl	Tell Atchana (Alalakh) kazılarında cam vazo parçası bulunmuştur.
M.Ö. 1500-1200	İç kalıp camlar, Mezopotamya ve Mısır'da ve daha sona da Doğu Akdeniz'de yapılmaya başlanması.
M.Ö. 15. yüzyıl	Mısır Firavunu III. Tutmosis, Mezopotamya camcılarını Mısır'a getirmesiyle Mısır'ın kendine özgü camlarının yapılması.
M.Ö. 14. yüzyıl	Uluburun Batığında bulunan cam külçeler ve camlar.
M.Ö. 1350	Mısır'da Tell-el Amarna cam atölyesi bulunması.
M.Ö.1300 sonu- M.Ö. 800	Karanlık Çağ olarak adlandırılan bu dönemde her şeyde olduğu gibi camda da gerilemenin yaşanması
M.Ö. 8. yüzyıl	Gordion P Tümülüslünde bulunan cam tabak bulunması. Bu dönemde Anadolu'da bulunan en erken cam eserdir.
M.Ö.1 binin ilk yarısı	Urartu'da, çok sayıda cam boncuk ele geçmiştir.
M.Ö 8. yüzyıl	Fenike'de, camın fildişi üzerine kakma olarak kullanılması.
M.Ö 8. yüzyıl	Toprakkale'de, bulunan heykel üzerinde cam işlemleri.
M.Ö 7. yüzyıl	Kuzey İtalya, iç kalıp camlarıyla bu dönemin cam üretim merkezi olması.
M.Ö 6. yüzyıl	Cam üretim merkezi Rodos'tur. En önemli Yunan seramik formları:alabastron amphoriskos, aryballos ve oinokhoe'dir.
M.Ö. 6.-M.Ö. 4. yüzyıl	İç Kalıp tekniğiyle üretilmiş şişelerin yoğun bir şekilde devam etmesi.
M.Ö. 6.-M.Ö. 4. yüzyıl	Persler ünlü "Akhamenid" cam sanatını oluşturmuşlardır.

M.Ö. 3.-2. yüzyıl	Cam merkezi İskenderiye'dir. Monokrom ve Polykrom döküm camlar yapılmış ve en önemli eserleri "Canosa Gurubu" oluşturmaktadır.
M.Ö. 200	Çin'de camcılığın gelişmesi.
M.Ö. 1. yüzyıl	Cam endüstrisinde Roma'nın ön plana çıkması.
M.Ö.50	Camdaki en önemli gelişme olan Suriye'de üfleme tekniğinin bulunması.
M.Ö.30	Romalıların, Mısır ve Suriyeli cam ustalarını İtalya'ya götürmesiyle burada cam atölyelerinin kurulması ve üfleme tekniğinin geliştirilmesine zemin hazırlanması.
M.S. 5. yüzyıl	Batı Roma yıkılmasıyla camcılık geriler; fakat Bizans'la varlığını devam ettirir.
M.S. 7.-8. yüzyıl	Sasani etkili İslami camların gelişmesi.
M.S. 9.-14. yüzyıl	Orta Doğu'da cam üretim merkezleri Şam, Musul, Bağdat, Rakka ve Halep'tir.
M.S. 10.-12. yüzyıl	Fatımilerin kesme tekniğini necef üzerinde gerçekleştirmesi.
M.S. 13.-15. yüzyıl	Memlûklülerin, Yakın Doğu camcılığındaki en parlak sayfasını mineli ve yaldızlı camlarıyla göstermesi.
M.S. 13. Yüzyıl	Venedik en önemli cam üretim merkezi olmuştur.
M.S. 13. Yüzyıl	Anadolu'da, Selçuklu ve Artuklu etkisi görülür.
M.S. 1585	Osmanlı Devleti'nin cam üretimi hakkındaki bilgileri III. Murad Dönemi'ne tarihlenen Surnâme-i Hümayûn'dan almaktayız.
M.S. 1615	Cam sanayisinde odun yerine kömür kullanılmaya başlanmıştır.
M.S. 17. yüzyıl	Büyük bir titizlikle saklanan camcılık bilgileri ilk kez kimya konusunda uzman bir din adamı olan Antonino Neri'nin "L'Arte Vetraria" (Cam Sanatı) adlı kitabında yayınlanmış ve pek çok dile çevrilmiştir.
M.S. 1676	İngiltere'de kurşun camının bulunmasıyla Londra önemli bir merkez haline gelmesi.
M.S. 17. yüzyıl sonu	Bohemya'da potas camı üretilmesi.
M. S. 18. yüzyıl	Fransa'da Baccarat ve Lorraine (Saint Louis Cam Firması)'de cam fabrikaları kurulması.
M.S. 19. yüzyıl	Türk camcılığında bir canlanmanın görüldüğü dönemdir. İstanbul Beykoz'da cam atölyeleri kurulmuştur.
M.S. 19. yüzyıl	Optik camın keşfi ile camcılıkta önemli bir adım atılması.
1934	Türkiye'de camcılığın başlangıcı.
1934	Beykoz Paşabahçe'de, ülkenin ilk cam üretim tesisinin temelinin atılması.
1935	"Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları Anonim Sosyetesı" adıyla tescil edilmesi.

1954	Marshall Yardım Planı'ndan yararlanarak Paşabahçe Fabrikası'na 4 adet IS otomatik üretim makinası getirilmesi (5000 ton/yıl).
1955	Paşabahçe Cam Fabrikası'nda ilk mekanik üretimin başlaması.
1961	Çayırova Cam Fabrikası'nın üretime geçmesi ve Fourcoulst sistemi ile pencere camı üretimi, böylece yılda 19.000 ton düz cam ithalatının karşılanması.
1969	Paşabahçe'de altı pota ile kristal üretiminin başlaması.
1971	Cam Elyaf Sanayii A.Ş.'nin cam tülü, bitümlü örtü ve cam elyaf takviyeli malzeme üretmek amacıyla kurulması.
1980	Sinop Cam Sanayi A.Ş.'nin kurulması.
1981	Trakya Cam Sanayii A.Ş. Bugün Trakya Fabrikası, Mersin Fabrikası ve Trakya Otocam Fabrikası'nı bünyesinde barındıran Anonim Şirketi'nin kurulması.
1984	Kırklareli Cam Sanayii'nin üretime geçmesi (Otomatik üretim cam ev eşyası).
Not: Bazı tarihler yaklaşık olarak verilmiştir (Demir, 2013).	

2.7. Cam Üretim Aşamaları

Cam üretimi dört aşamada gerçekleşmektedir. Bunlar aşağıda anlatıldığı şekildedir:

2.7.1. Karışımın Hazırlanışı

Cam üretimi, hammaddelerin birleştirilip karışım elde edilmesiyle başlamaktadır. Camın ana malzemeleri silika, soda ve kireçten meydana gelmektedir. Hammadde seçimi, üretilen camın istenilen özelliklerine göre yapılır ve bu hammaddelerin tane boyutu ve saflığına dikkat edilmemekte, hazırlanan karışım homojen kıvamında olmaktadır (Artel, 1969; Dardeniz, 2013).

2.7.2. Eritme

Cam fırınlarının tunç elde etmek için Erken çağlarda yapılan ergitme fırınlarından ilham alınarak yapıldığı düşünülmektedir. Genellikle kerpiçten üretilen bu fırınlar üfleç kullanılarak gerekli sıcaklığa yükseltilmektedir. Daha sonraki dönemlerde gelişme görülmüş ve kerpiç yerine tuğla veya tuğla kerpiç karışımı ocaklar üretilmiş ve üzerleri kubbe ya da düz örülüp içi ızgara olan cam fırınları üretilmiştir. Fırın; çalışma, tavlama ve ocak olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır (Küçükerman, 1998).

Cam erime sırasında meydana gelen reaksiyonlar aşağıdaki gibidir (Memiş, 2005);

- 100°C' de cam karışımı içindeki fiziksel su uzaklaşmaktadır.

- 100°C- 400°C arasında minerallerin kristal suları buharlaşmaktadır.
- 300°C- 800°C arasında katı-katı reaksiyonları oluşmaktadır. Reaksiyona giren ve çıkan maddeler katıdır.
- Ortamda bulunan ve 740°C-890°C arasında eriyen karbonatlar birbirleri ile reaksiyona girerek yeni karbonat bileşiklerini oluşturmaktadır.
- 900°C civarında karbonatlar parçalanır ve karbondioksit gazı açığa çıkmaktadır.
- Saydam cam erime reaksiyonları 1000°C'de, kurşunlu cam reaksiyonu 800°C'de, bor olan camlarda ise 1100°C'de bitmektedir (Geçkinli, 1992).

2.7.3. Arıtma

Camın bazı kusurlarını özellikle gaz ve hava taneciklerini yok etmek için yapılan işleme arıtma denilmiştir.

Arıtma işlemi, erime sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta yapılmıştır. Bazen sadece sıcaklığı yükseltmek için tanecikleri yok etmek mümkündür. Ancak bu mümkün olmazsa içerisine arıtma malzemeleri eklenmektedir. Ayrıca çalkalama ve karıştırma işlemleri uygulanarak gazların çıkması sağlanmaktadır. Refrakter maddeden yapılma ve soğuma düzenekli bir karıştırıcı, ergimiş cam kütlesi içinde dönerek gaz taneciklerini yok etmektedir (Memiş, 2005).

2.7.4. Soğuma ve Tavlama

Dikkat ve duyarlılıkla yapılması gereken önemli bir işlemde camın soğutulması işlemi olmuştur. Soğutma hız ve koşullarına göre camın teknik niteliklerinde de değişim görülmektedir.

Cam aniden soğutulursa yüzeyi katılaşıp kabuk bağlamaktadır. Cam kötü bir iletken olduğundan iç kısım yavaş soğur ve buna bağlı olarak iç bünyede gerginlik meydana gelmektedir. Bu nedenle de cam da büyük bir mekanik iç gerginlik meydana gelmiştir. Sahte denge durumu zamanla denge bozulduğundan cam bulunduğu yerde herhangi bir mekanik etki olmadan parçalanmaktadır. Bu gerilimlerin sonuçları dikkatli bir şekilde yapılan tavlama sayesinde azaltılabilmekte ya da tamamen ortadan kaldırılabilmektedir (Artel, 1969; Memiş, 2005).

2.8. Cam Şekillendirme Teknikleri

Cam üreticileri, tarih boyunca farklı hammadde, farklı biçimlendirme teknikleri, süsleme yöntemleri bulmaya ve geliştirmeye çalışmışlardır. Başlangıçta kalın cidarlı ve

küçük olan cam eserler daha sonraları yükseltilen sıcaklık ve değişen hammadde ile birlikte farklılaşma göstermeye başlamıştır. Böylelikle birçok şekillendirme yöntemi ortaya çıkmıştır (Başaran, 2000).

2.8.1. İç Kalıp Tekniği (Çekirdek Sarma)

Kökeni Mezopotamya olan teknik M.Ö. 1525-1500 yılları arasında geliştirilmiştir. Tell Atchana (Alalakh) en eski örneklerin görüldüğü yer olduğu bilinmektedir. Bu tekniğin uygulamasında iç kalıp ergitilmiş cam hamurunun içine konulur ve kalıbın dışına cam sarılır sonrasında da iç kalıp parçalanarak çıkartılmaktadır (Şenok, 2011).

2.8.2. Soğuk Kesme (Masif Kesme) Tekniği

M.Ö. 4. yüzyıldan itibaren Mısır ve Mezopotamya’da kullanılmaya başlanmış ve zamanla da yaygınlaşmıştır. Bu teknik cam bloklara şekil vermek için kullanılmış ve bu kesme işlemi sırasında taş kesme ya da yontma aletler kullanılmıştır (Öztürk, 2013).

2.8.3. Mozaik Cam ve Benzeri Camlar

En erken M.Ö. 2.binde bu teknik ortaya çıkmıştır. Daha çok Roma ve Hellenistik dönemlerde görülmüştür. Önce tek renkli çubuk parçalarına farklı motifler yapılmış daha sonraları ise camcılar tarafından tek renkli çubukları bir arada ısıtarak çok renkli birleşik çubuklar meydana gelmiş ve uzatılarak yapılan çubuklar küçük parçalara ayrılma işlemi yapılarak fırınlama işlemi gerçekleştirilmiştir (Özgümüş, 2000).

2.8.4. Ezme Yöntemi

Bir kalıba veya bir yüzeye dökülen eriyik haldeki camın ezilerek ve sıkıştırılarak şekillendirilmesi işlemidir. Bu yöntem zaman içerisinde gelişim göstermiş ve diğer tekniklerde de yan teknik olarak kullanılmıştır (Demir, 1999).

2.8.5. Bin Çiçek Yöntemi

Mozaik cam tekniğinden sonra bulunmuş bir yöntemdir. Hellenistik dönemde gelişim göstermiş ve yapılmış olan ürünler Hellenistik ve Erken Roma Dönem’inin form ve bezeme olarak ayırt edici özelliği olduğunu göstermiştir (Uzuner, 2004).

2.8.6. Döküm ve Kalıplama (Kalıba Basma Tekniği)

Tıpkı maden yapımında olduğu gibi camda bir potada eritilerek kalıplara dökülür ve biçimlendirme işlemi uygulanmıştır (Atik, 2004).

2.8.7. Üfleme Tekniği

Cam tarihindeki önemli iki gelişmeden ilki camın bulunması ikincisi ise üfleme tekniğinin bulunması olmuştur. Suriye ve Filistin de M.Ö. 50 yıllarında keşfedilmiştir (Uzuner, 2004). Bu tekniğin geç bulunmasının sebebi ise yüksek ısıya dayanıklı boruların üretilmemiş olmasındandır. Bu teknik sayesinde cam daha hızlı yapılmış ve ucuza mal edilerek herkesin ulaşabileceği bir malzeme olmuştur (Çakmaklı, 2007). Bu teknik kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır:

- Tüp Üfleme
- Serbest Üfleme
- Kalıba Üfleme

2.9. Cam Üretiminde Kullanılan Aletler

Cam yapımında kullanılan malzemeler günümüze değişim olmadan gelmiştir. Nedeni ise geleneklerin yapım aşamasında devam ettirilmesidir. Kullanılan aletler ise şunlardır:

Üfleme Çubuđu (Pipo): Bir ucunda ağızlık olan ve potadan eriyik camı alınarak üflenip şişirmede kullanılan özel metal boruya verilen isimdir (Özgümüş, 2000).

Kepçe: Sıcak ve akıcı camı potadan almak için kullanılmıştır (Dal, 2009).

Noble (pontil): Eriyik camı üfleme piposundan ayırmak için kullanılan metal çubuğa verilen isimdir (Küçükpazarlı, 2006).

Makas: Sıcak cam kabı kesmek için kullanılan alete verilen isimdir (Kavaz, 2011).

Kalıp: Değişik maddelerden yapılmış, camı şekillendirmeye yarayan objelere denilmektedir (Özgümüş, 2000).

Bu aletler dışında delik genişletme uygulaması için kerpeten kullanılmıştır (Gürler, 2000). Ayrıca vazo içerisinde ele geçmiş bir matkap ucu şeklinde bir alet parçası ve Surrey ile Sussex'te cam atölyelerinde demir üfleme çubuğu, demir çubuk veya pontil parçaları bulunmuştur (Dal, 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

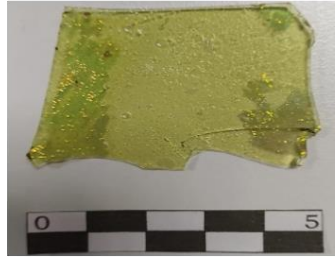
3.1. Materyal

Kelenderis Antik Kenti Odeon alanından 2000-2006 yıllarına ait kazı malzemesinde bulunan envanter niteliği taşımayan tasnif dışı buluntularından analizi yapılacak numuneler seçilmiştir. Bu buluntulara yapılacak tahribatlı analizler göz önünde bulundurularak ve diğer buluntuları da temsil edecek şekilde renk, doku, form, tasarım özelliklerine göre 41 adet cam parçası seçilmiştir. Temizlik ve belgeleme için de seçilen numunelerin makro gözlemleri yapılarak analizler sırasında karıştırmamak amacıyla kod numaraları verilmiş ve her detayı belli olacak şekilde ölçekli fotoğrafları çekilerek belgelenmiştir. Numuneler gömü koşullarına bağlı olarak bazı safsızlıkları içermektedir. Toprak altında kaldıkları sürece toprakta birikebilecek bazı bileşikler (örneğin fosfatlar) ve kimi zaman da yer altı sularının getirdiği kirlilikler numunelerin yüzeylerine tutunarak ikincil bir tabaka oluşturabilmektedir. Analiz sonuçlarını etkileyebilecek kirliliklerin ortadan kalkması ve analizlerden tam sonuç alınması amacıyla kirlilikler bünye üzerinden saf su ve pamuk yardımıyla temizlenmiştir. Kirliliklerinden arındırılan numuneler saf suyla temizlendikten sonra kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan numuneler gerekli analizler için kilitli poşetlere ayrı ayrı konularak ve üzerlerine kod numaraları konularak hazır hale getirilmiştir. Temiz yüzeyinden safsızlıklar uzaklaştırıldığı için daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir.

Karakterizasyon analizlerini yapabilmek için çeşitli analizler kullanılmıştır. Bu analizler; portatif X-ışını floresan (P-XRF), polarize enerji saçınimli X-ışını floresan (PED-XRF) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM)/enerji saçınimli X-ışınları spektrometresi (EDX) yöntemleri. Bu tekniklerin kullanılmasındaki ve tercih edilmesindeki temel amaç belirtilmiştir.



KL-1



KL-2



KL-3a



KL-3b



KL-4a



KL-4b



KL-5a



KL-5b

Şekil 3.1. KL-1/ KL-5b kullanılan cam numuneler.



KL-6a



KL-6b



KL-7



KL-8a



KL-8b



KL-9

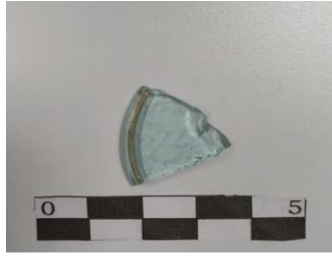


KL-10a



KL-10b

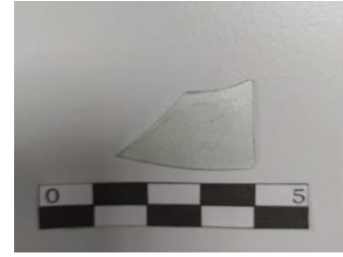
Şekil 3.2. KL-6a/ KL-10b kullanılan cam numuneler.



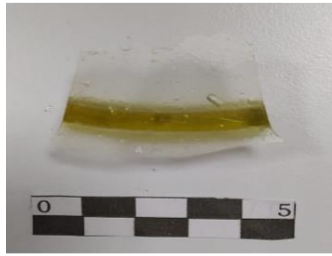
KL-11



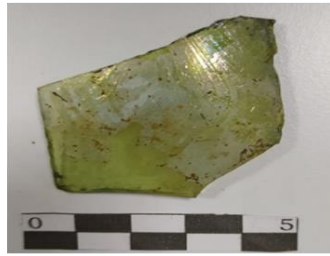
KL-12a



KL-12b



KL-13



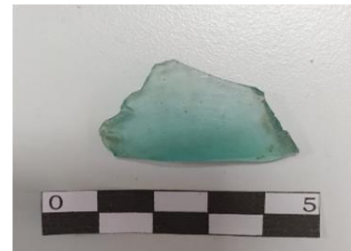
KL-14



KL-15a



KL-15b



KL-16

Şekil 3.3. KL-11/ KL-16 kullanılan cam numuneler.



KL-17



KL-18



KL-19



KL-20a



KL-20b



KL-21a



KL-21b



KL-22a

Şekil 3.4. KL-17/ KL-22a kullanılan cam numuneler.



KL-22b



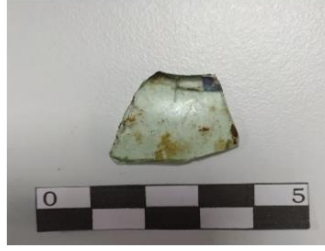
KL-23



KL-24a



KL-24b



KL-25



KL-26



KL-27



KL-28



KL-29

Şekil 3.5. KL-22b/ KL-29 kullanılan cam numuneler.

3.2. Yöntem

Kelenderis Antik Kenti Odeon kazı alanında bulunan 41 adet cam parçası seçilmiştir. Bu envanter niteliği taşıyan numunelerin karakterizasyon analizlerini yapabilmek için tahribatlı ve tahribatsız analiz yapmamıza imkan veren portatif X-ışını floresan (P-XRF), polarize enerji saçınımlı X-ışını floresan (PED-XRF) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM)/enerji saçınımlı X-ışınları spektrometresi (EDX) yöntemleri ile cam eserler incelenmiştir. Bu tekniklerin kullanılmasındaki ve tercih edilmesindeki temel amaç belirtilmiştir.

3.2.1. X-ışınlarının Tanımı ve Özellikleri

X-ışınları elektromanyetik spektrumda ultraviyole ışık ile gama ışınları arasında bulunmaktadır. Dalga boylarına göre X-ışınları;

Dalga boyu

- $\lambda=1-10 \text{ \AA}$ ise yumuşak,
- $\lambda>10 \text{ \AA}$ ise çok yumuşak,
- $\lambda=0,1-1 \text{ \AA}$ ise sert,
- $\lambda>0,1 \text{ \AA}$ ise çok sert olarak adlandırılmaktadır.

X-ışınları çekirdeğin içerisinde olmayan, elektronlar seviyesinde oluşan bazı olayların ürünüdür (Şahin, 1999). Elektromanyetik ışımadan kaynaklı X-ışınları dalga ve tanecik özelliği göstermektedir. Dalga özelliği polarizasyon ve koharent saçılma gösterirken; tanecik özelliği de, fotoelektrik, Compton saçılma, gaz iyonizasyonu ve sintilasyon özelliği göstermektedir (Bertin, 1975). X-ışınları kaynaktan çıkarak sapmadan yayılmaktadır. Manyetik ve elektrik alanların etkisi ile saptırılmazlar. Bu da X-ışınlarının, yüksüz taneciklerden oluştuğunu göstermektedir. Bu yüksüz taneciklerden oluşan elektromanyetik radyasyona ‘foton’ adı verilmektedir (Semat, 1967). Fotonların da elektronlara enerji aktarabileceğini fotoelektrik olayı göstermektedir. Ancak bu durumun tam tersi olan, hareket halindeki bir elektronun kinetik enerjisinin bir kısmının ya da hepsinin fotona dönüştürülmesi X-ışınlarının oluşum mekanizmasını vermektedir (Demir, 2007).

3.2.1.1. X-ışını Floresan Spektroskopisi (XRF)

Genel olarak foton madde etkileşmesi sonucu meydana gelen karakteristik X-ışınları ve saçılma fotonlarının nicel ve nitel değerlendirilmesine bağlı olarak uygulanan bir tekniktir. Bu teknik katı, sıvı ve gaz durumlarında da çalışmaktadır (Mutuk, 2013). X-ışınları kaynağından çıktıktan sonra madde ile etkileşime geçen, her yöne yayılan, parçacık

ve dalga özelliğine sahip karakteristik bir enerji olarak tanımlanmaktadır (Doru, 2007). Bu teknik ile daha hızlı, duyarlı ve güvenilir bir şekilde malzemeye zarar vermeden düşük maliyetle kısa sürede ölçüm yapılabilmektedir. Bu sebeple bilimsel ve teknolojik araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Bertin, 1984; Willard vd., 1981).

X- ışınları Floresan Spektroskopisi arkeolojik eserlerin analizlerinde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmuştur. İki tür Spektrometresi bulunmaktadır: Enerji Dağılımlı (ED- XRF) ve Dalga Boyu Dağılımlı (WD-XRF)'dir. ED-XRF en yaygın olan tekniktir. Sebebi ise bu tekniğin daha hızlı, daha ucuz, hassas olması ve aynı anda 32 element analiz edilerek sonuçlar Ppm ve element olarak yüzdesini vermektedir (Aydın, 2013). Taşınabilir X- ışınları spektroskopisi (P-XRF) analizlerin yerinde yapılmasına imkan sağlaması, hızlı ölçüm yapabilmesi ile birlikte tahribatsız olması arkeolojik kazı alanlarında, özel koleksiyonlarda ve müzelerde eserlerin kimyasal bileşimlerinin tespitinde kullanılan bir tekniktir (Şimşek vd., 2014). Element analizi aralığı geniştir ve atom numarası $11 \leq Z \leq 92$ aralığındaki elementler bu teknikle analiz edilebilmektedir. Teorik olarak H (Hidrojen) ve He (Helyum) dışındaki tüm elementlere uygulanabilmektedir (Şahin, 1999).

X-ışını floresan spektrometresi kullanılarak katı ve toz haldeki numuneleri analiz etmek mümkündür (Doru, 2007).

Taşınabilir X-ışını floresan spektrometresi;

- 0 °C ile +50 °C arasında
- %10 -%90 nem aralığında
- Deniz seviyesinden 2000 m yüksekliğe kadar.
- Si-P Diyot dedektörü, FWHM < 250 eV (5.9 keV Mn K) ile
- Li - ion şarj edilebilir batarya ile 8 saat kullanılabilmektedir (Aydın, 2010).

XRF tekniğinin uygulama alanları

- Arkeolojide (Çanak çömlek türü eserlerde eser element analizinde)
- Metalürjide
- Temel fizik araştırmaları (Ahmadi, 2016)
- Jeolojik cevher analizlerin
- Alaşım analizlerinde
- Endüstride, maden filizlerinin analizinde ve daha birçok alanda kullanılmaktadır (Bertin, 1975).

3.2.1.2. Portatif X-Işını Floresan Spektrometresinin Çalışma Prensibi

Çalışmanın konusu olan cam örnekler üzerindeki analizlerde camlardan parça almadan doğrudan analiz yapmamızı sağlayan X-ışını floresan spektrometresi (P-EDXRF) analiz yöntemi kullanılmıştır (Aydın, 2017).

Bu çalışmanın analizlerinde Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı'na ait taşınabilir X-ışını floresan spektrometresi (P-EDXRF) spektrometresi kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bu teknik ile analizleri dört farklı şekilde yapma imkanı sunmaktadır. Bunlar;

- Alloy Plus (Metal Alaşım Modu)
- Geochem Modu (Jeolojik Malzeme Modu)
- Precious Metal Modu (Değerli metal, altın, platin, gümüş vb.)
- Soil Modu (Toprak Modu) olarak sıralanmaktadır.



Şekil 3.6. Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı bünyesinde bulunan Taşınabilir Enerji Dağılımlı X-Işınları Floresan Spektrometresi (P-XRF)

Bu tez çalışmasında, Alloy Plus Modu ve Geochem Modu kullanılarak analiz yapılmıştır. Analiz öncesi cam numuneler saf su ile temizlenerek analizler için ön hazırlık yapılmış ve sonrasında analizler yapılmıştır.

Jeolojik malzeme modunda aşağıdaki tüm elementlerin nitel ve nicel analizleri her örnek için ayrı ayrı 140 sn'de yapılmıştır. Geochem Modunda ve Alloy Plus Modunda iki farklı ışın 40 KV ve 10 KV kullanılarak yapılan analizlerde tespit edilebilen elementler şunlardır: V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pt, W, Hg, As, Se, Au, Br, Pb, Bi, Rb, U, Sr, Y, Zr, Th, Nb, Mo, LE, Ag, Cd, Sn, Sb, Mg, Al, Si, P, S, K, Ca, Ti, Mn. P-XRF'in cam analizlerindeki dezavantajı atom numarası 11 den büyük elementlerin tespit edilebilmesi ve atom numarası 11 olan Na'nın analiz edilebilen elementler arasında yer almamasıdır.

Çalışmada Olympus marka ve Innova model taşınabilir X-ışını spektrometresi ile belirlenen 41 adet cam örneği analizleri karakterize edilmiştir Batman Üniversitesi Arkeometri Anabilim Dalı'na ait olan taşınabilir enerji dağılımlı X-ışını floresan spektrometresi Bölüm Başkanı Doç. Dr. Mahmut AYDIN yönlendirmeleri doğrultusunda çalışmanın analizlerinde kullanılmıştır.

3.2.1.3. Polarize Enerji Saçınımlı X-ışını Floresan Spektrometresi (PED-XRF)'in Çalışma Prensipleri

Maddenin elementel kompozisyonunu belirlenmesi amacıyla kullanılan tahribatsız analiz yöntemi olmuştur. X-ışını tüpünden bir numune üzerine gönderilen X-ışınları ya da fotonlar numuneyi oluşturan atomlar tarafından emilir ve gönderilen ışınların enerjisi emilme eşiğini aşıyorsa atomun iç orbitallerinden bir elektron kopararak atomu iyonlaştırarak kararsız hale gelmektedir. Koparılan elektronun oluşturduğu boşluğu, üst orbitallerden bir elektron doldurarak atomun kararlı hale gelmesi sağlanmaktadır. Bu geçiş sırasında karakteristik X-ışını yayılmasının meydana gelmesine Floresan denilmektedir. Bu geçişler atom numarası 22 olan Titanyum (Ti) atomu için verilen örneklerle kolayca anlaşılabilir (Asil, 2007; Ataman, 2012; Hewitt, 1995).

PED-XRF spektrometresi ile atom numarası 11 (Na)'den 92 (U)'ye kadar olan elementleri analiz etmektedir. Temel, az ve eser elementler olmak üzere yaklaşık 50 element analiz sonucunda belirlenerek, temel ve az elementler %, eser elementler de ppm (parts per million) olarak ifade edilmektedir. Spektrometrenin ağır elementlerde duyarlılık sınırı 0,5 ppm ve hafif elementlerde ise duyarlılık sınırı 10 ppm civarındadır. PED-XRF analizi, yüksek sıcaklıkta (950°C) ağırlık kaybından dolayı kaybedilen bor, lityum ve flor dışında incelenen cam parçalarını karakterize eden tüm kimyasal bileşenlerin belirlenmesine olanak sağlamıştır.

Çalışmada X-LAB 2000 model PED-XRF spektrometresi ile belirlenen 41 adet cam örneği analizleri Gazi Üniversitesi, Teknopark, Ankara İleri Teknoloji Yatırımları A.Ş.

(AITY) bünyesinde Tarihi Yapıların Arkeometrik Yöntemlerle Araştırılması AR-GE Projesi-Yönetici Doç. Dr. Ali Akın AKYOL kapsamında gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.4. Portatif X-ışını Floresan Spektrometresi'nin Avantajları

- Hızlı olması; ışınlarla yapılan diğer yöntemlere göre analiz süresi ve analiz sonucu kesinliği göz önüne alındığında zaman kazandırıyor olması çok önemlidir.
- Kullanım kolaylığı sağlamasından dolayı bilimsel araştırmaların öneminin artmasını sağlamaktadır.
- Ayrıca maliyeti göz önüne alındığında günümüz teknolojisinde faydalanmak için en uygun ve yaygın yöntemlerden biri olmuştur.
- Analizi yapılacak esere zarar vermeden yapılan bir işlemdir.
- Kimyasal ve fiziksel yapıdaki maddeleri analiz etmektedir (metal, cam, toprak, taş).
- Analiz yapılacak numune için ön hazırlık gerektirmemektedir.
- Taşınabilir olması sebebiyle taşınmaz olan kültür varlıkları içinde yerinde (İnsitü) analiz imkânı sunmaktadır (Aydın, 2013).

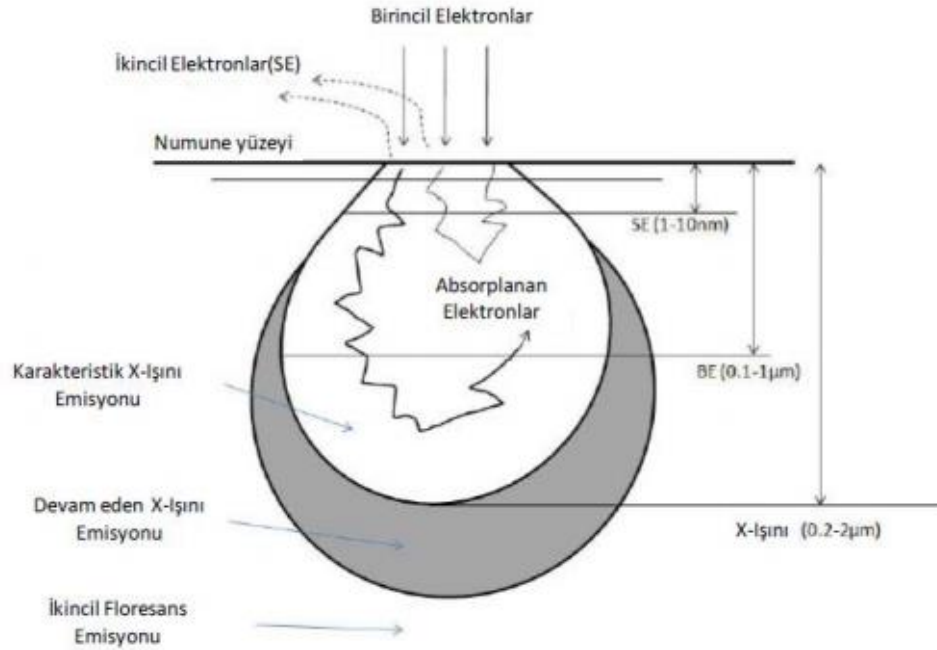
3.2.1.5. Dezavantajları

- Yüzeyden ölçüm yapan bir teknik olmuştur.
- Arkeolojik eserlerin toprak altında maruz kaldıkları korozyon sebebiyle analiz sonuçları yüzeydeki kirliliğe göre çıkabilmektedir.
- Analiz limiti 50 ppm seviyesindedir.
- Eser yüzeyindeki konservasyon sebebiyle yanıltabilmektedir (Aydın, 2017).

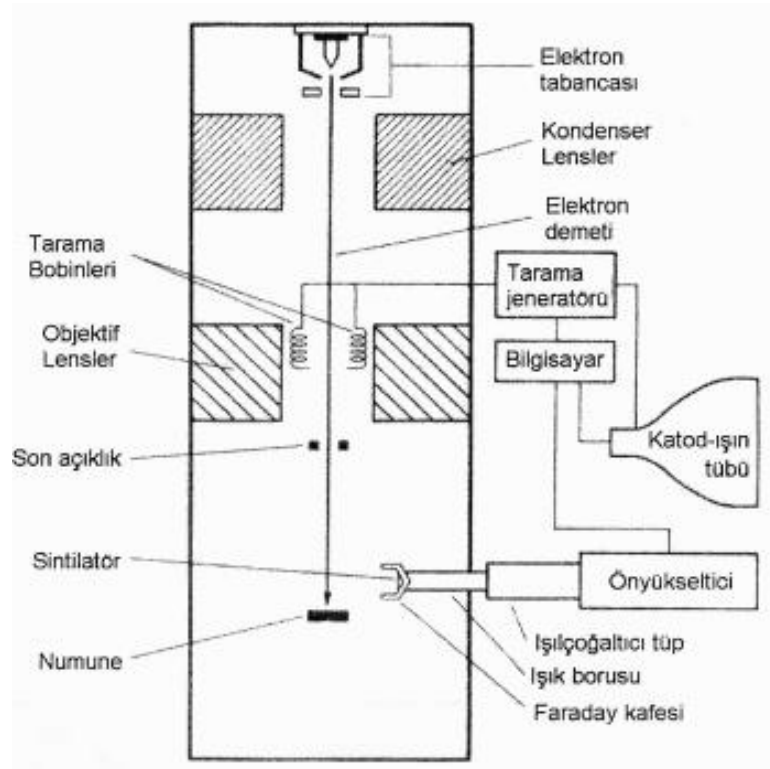
3.2.2. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM-EDX) Analizi

Bir örneğin büyüklüğü, şekli, bileşimi, kristalografisi, diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında mikroskobik ölçekte bilgiler ortaya koyan büyütülmüş görüntüler oluşturan bir araç olmuştur. Temel prensibi, elektron kaynağından emisyon yoluyla odaklanmış enerjik elektron demeti oluşturmaktır. İncelenen örnek yüzeyinin elektron demetiyle etkileşimi sonucu meydana gelen sinyaller ile görüntü oluşturmaktadır. SEM birincil elektron ışınının etkileşimi sonucu örnekten çıkan geri saçılmalı elektron, ikincil elektron kombinasyonuna duyarlı bir veya daha fazla dedektör ile donatılmıştır. Geri saçılmalı elektronlar daha derinden gelmektedir. İkincil elektronlar (Secondary Electrons, SE) düşük enerjili elektronlardır ve örnek yüzeyinin 10 nm ya da daha düşük derinliğinden ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple yüzey topolojisine çok duyarlıdır ve örneğin daha yüksek

çözünürlüklü görüntüsüne ulaşılmaktadır. Geri saçılmalı elektronlar (Back-Scattered Electrons, BSE) ise örnekteki atomların elektrik alanları tarafından saçılma ve sapma olduktan sonra gelen enerjilerinin büyük bir kısmı bozulmadan örnekten çıkan ışın elektronlardır. Geri saçılmalı elektronlar açılma atomunun atom sayısına duyarlıdır ve daha yüksek enerjili elektronlardır. Bu sebeple geri saçılmalı elektron sinyalinin yoğunluğu, örneğin ortalama atom sayısı ile yoğunluğunun bir kombinasyonuna bağlıdır.



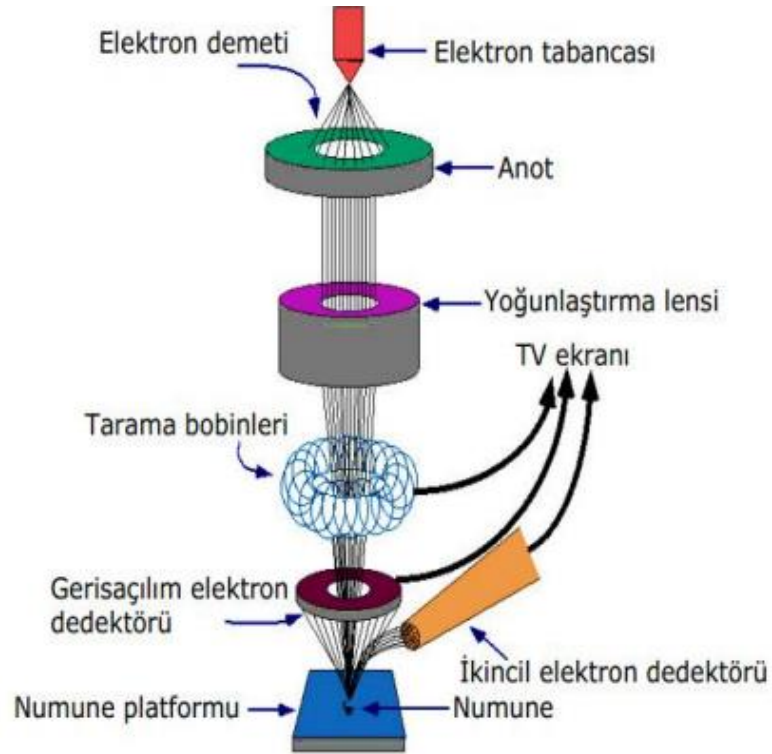
Şekil 3.7. SEM ‘de elektron demetinin numune ile etkileşim hacminin temsili gösterimi (Yaygıngöl, 2012).



Şekil 3.8. Taramalı elektron mikroskobunun şematik çizimi (Goldstein, 1986).

SEM tipik olarak; kimyasal içerik (SE) modunda 25 Kv'de 0,7 nm ve krsitalografik yönelim (BSE) modunda 5 Kv'da 2,5 nm çözünürlüğe sahiptir. SEM' in büyük bir alan derinliği olması nedeniyle görüntüler üç boyutlu görünebilmektedir (Goldstein, 2018).

SEM, bir örneğin yüzeyini görüntülemek amacıyla kullanılan bir tekniktir ve bu teknik ile üç boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir. En çok tercih edilen elektron mikroskoplarından biri olmuştur (Tanrıkulu, 2019).



Şekil 3.9. Taramalı elektron mikroskobunun üç boyutlu görünümü (Coşkunsu, 2015).

SEM'in dezavantajı, örneklerin iletken olmadıkları durumlarda ortaya çıkacak yüklerin birikmesini ve serbest kalmasını engellemek için cam örneğe karbon veya altın gibi ince, görünmez elektriksel olarak iletken bir kaplama uygulanmasıdır (Davison, 2006).

Taramalı elektron mikroskobu (SEM) yönteminde X- ışınlarının ölçülmesinde iki teknik kullanılmaktadır. Bunlar, enerji dağılımlı X- ışınları (EDX) spektrometresi ve dalga boyu dağılımlı X- ışınları (WDX) spektrometreleridir. Mikroskoba bağlı olan enerji dağılımlı X-ışınları spektroskopisi (EDX) ve dalga boyu dağılımlı X-ışınları spektroskopisi (WDX) yöntemleriyle yarı kalitatif ve kantitatif elementel analizler yapılmaktadır (Tanrıkulu, 2019).

Bu tez çalışmasında SEM-EDX yöntemi kullanılmıştır. Bozulmuş camların analizi için en çok kullanılan tekniktir ve Enerji Dağılımlı X-ışını analizi (EDX) ile birleşen Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)'dur. Bu tekniğin, bozulma tabakasının kalınlığının ölçülmesinde kullanılması için sadece orijinal objenin küçük bir bölümünü tahrip ederek gerekli olan kesit hazırlanmaktadır (Schreiner, 1988). Taramalı Elektron Mikroskobu'nda EDX yöntemi uygulanırken, yüzeyden belli bir derinliğe kadar elde edilen görüntülerden yararlanılarak, örneğin korozyon tabakası altında kalmış yüzeyinden bilgiler edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yöntemle hızlı analiz yapılması ve aynı anda birçok elementin analizinin yapılabilmesi mümkün olmuştur (Fatih, 2002).

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından BAP Projesi kapsamında yapılan analizler, Micromeritics AccuPyc II 1340 markalı spektrometresi ile Roma Dönemine tarihlenen 31 adet cam örneği üzerinde analiz yapılmıştır.

3.2.2.1. Taramalı Elektron Mikroskopisinde Kullanılan Kimyasal Analiz Yöntemleri

1. Nokta Analizi: Elektron demeti analiz yapılacak bir noktada durdurulur ve noktanın analizi yapılmaktadır. Ayrıca elde ettiğimiz bilgi $1\mu m^3$ ' lük bir hacimden geldiği unutulmamalıdır.

2. Geniş Bir Alandan Analiz: İstenen alan tarama ile elde edilir ve analizler bu alandaki elementlerin ortalama değeridir.

3. Kompozisyon Değişimini Saptamak: Burada ise iki şekilde yol izlenebilmektedir. İlki geri yansıyan elektronlar kullanılarak elde edilen görüntüde spot analizi yapılabilir. Bir diğeri ise belirli bir çizgi üzerinde istenen bir elementin değişimi izlenebilmektedir (Tanrikulu, 2019).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada yapılan analiz sonuçları PED-XRF, P-XRF ve SEM-EDX Analiz sonuçları öncelikle herbir analizde kaçar tane numune kullanıldığı ve hangi marka cihazlarla yapıldığı konusunda bilgiler verilmiştir. Daha sonra ayrı toblolar halinde analiz sonuç verileri % olarak verilmiş ve karşılaştırmalar yapılarak yorumlanmıştır. Sonrasında ise ppm değerleri üzerinden de ayrıca değerlendirilmiştir. İstatistiksel olarak incelenerek ayrı ayrı her bir analiz sonucunda neler elde edildiği hakkında bilgi verilmiş ve bunlar hem görsel hem de sözel olarak anlatılmıştır. Her bir analizin bizlere neler sunduğu hakkında bilgiler ışığında tezimiz sonuçlandırılmıştır.

4.1. PED-XRF Analiz Sonuçları

Maddenin elementel kompozisyonunu belirlenmesi amacıyla kullanılan tahribatlı analiz yöntemi olmuştur. Temel, az ve eser elementler olmak üzere yaklaşık 50 element analiz sonucunda belirlenerek, temel ve az elementler %, eser elementler de ppm olarak ifade edilmektedir. Spektrometrenin ağır elementlerde duyarlılık sınırı 0,5 ppm ve hafif elementlerde ise duyarlılık sınırı 10 ppm civarındadır.

Analiz edilen örneklerin sonuçları ise Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.10'da bulunmaktadır.

Çizelge 4.1. KL-1/ KL-6a numunelerin PED-XRF sonuçları (%).

Element	KL-1	KL-2	KL-3a	KL-3b	KL-4b	KL-5a	KL-5b	KL-6a
Na ₂ O	3,80	5,20	0,110	0,78	3,60	6,44	2,53	4,01
MgO	0,387	0,790	1,819	0,730	0,048	0,549	0,039	0,275
Al ₂ O ₃	0,711	1,34	8,52	1,35	0,856	0,919	0,600	0,564
SiO ₂	59,21	55,80	62,29	61,85	67,37	60,88	55,33	50,38
P ₂ O ₅	0,045	0,059	0,313	0,069	0,055	0,058	0,034	0,045
SO ₃	0,052	0,125	0,019	0,261	0,086	0,024	0,021	0,037
Cl	0,238	0,434	0,058	0,280	0,305	0,416	0,181	0,294
K ₂ O	0,537	0,532	3,21	0,466	0,614	0,471	0,297	0,612
CaO	13,94	13,82	15,88	12,63	5,88	15,91	12,85	13,64
TiO ₂	0,082	0,442	0,679	0,104	0,068	0,075	0,017	0,057
V ₂ O ₅	0,008	0,005	0,017	0,005	0,008	0,007	0,008	0,006
Cr ₂ O ₃	0,007	0,016	0,013	0,010	0,002	0,004	0,001	0,002
MnO	0,396	1,39	0,096	1,12	0,034	0,019	0,012	0,035
Fe ₂ O ₃	0,737	1,62	7,87	3,48	0,568	0,588	0,422	0,448
LOI	18,93	18,73	0,33	17,33	19,38	13,48	28,22	29,62
Toplam	99,08	100,29	101,23	100,46	98,88	99,84	100,56	100,02

Çizelge 4.2. KL-6b/ KL-11 numunelerin PED-XRF sonuçları (%).

Element	KL-6b	KL-7	KL-8a	KL-8b	KL-9b	KL-10a	KL-10b	KL-11
Na ₂ O	7,27	0,390	6,05	9,06	3,47	4,28	1,48	4,04
MgO	0,476	0,847	0,306	0,461	0,249	0,258	0,178	0,640
Al ₂ O ₃	1,10	1,55	0,565	0,821	1,26	0,657	0,370	1,84
SiO ₂	54,35	51,38	57,11	56,01	61,72	58,48	59,68	67,90
P ₂ O ₅	0,045	0,003	0,043	0,043	0,003	0,005	0,018	0,006
SO ₃	0,040	0,167	0,081	0,181	0,012	0,035	0,023	0,223
Cl	0,569	0,303	0,496	0,585	0,090	0,399	0,114	1,15
K ₂ O	0,561	0,991	0,386	0,506	2,63	0,589	0,219	1,32
CaO	13,57	13,76	12,28	12,98	11,44	16,29	12,60	13,64
TiO ₂	0,100	0,189	0,052	0,107	0,073	0,085	0,025	0,126
V ₂ O ₅	0,008	0,008	0,010	0,007	0,002	0,006	0,001	0,011
Cr ₂ O ₃	0,004	0,010	0,006	0,004	0,007	0,005	0,002	0,013
MnO	0,037	0,179	0,075	0,021	0,020	0,060	0,015	0,084
Fe ₂ O ₃	0,834	2,51	0,388	0,554	0,251	0,597	0,190	1,25
LOI	21,38	28,01	22,45	18,39	18,93	28,94	25,96	7,73
Toplam	100,34	100,30	100,30	99,73	100,15	110,69	100,87	99,97

Çizelge 4.3. KL-12a / KL-17 numunelerin PED-XRF sonuçları (%).

Element	KL-12a	KL-12b	KL-13	KL-14	KL-15a	KL-15b	KL-16	KL-17
Na ₂ O	1,00	9,13	13,04	6,50	4,75	4,62	7,54	5,52
MgO	0,430	0,545	0,743	0,226	0,350	0,305	0,415	0,308
Al ₂ O ₃	1,00	1,03	0,772	0,525	0,769	0,699	0,943	1,47
SiO ₂	57,78	63,54	61,57	61,83	66,57	64,37	64,05	61,10
P ₂ O ₅	0,059	0,075	0,043	0,011	0,036	0,037	0,008	0,073
SO ₃	0,080	0,141	0,345	0,114	0,088	0,028	0,100	0,114
Cl	0,295	0,731	0,830	0,653	0,416	0,397	0,495	0,497
K ₂ O	0,426	0,496	0,479	0,634	0,410	0,572	0,949	0,507
CaO	14,06	13,39	11,06	13,19	13,75	15,42	18,82	7,08
TiO ₂	0,012	0,067	0,128	0,278	0,322	0,060	0,099	0,077
V ₂ O ₅	0,008	0,006	0,007	0,009	0,010	0,006	0,001	0,006
Cr ₂ O ₃	0,005	0,004	0,004	0,004	0,013	0,003	0,003	0,002
MnO	1,34	1,49	0,899	1,45	2,29	0,027	0,163	1,74
Fe ₂ O ₃	0,560	0,813	0,948	1,18	2,34	0,438	0,775	0,791
LOI	22,75	8,73	9,63	13,58	7,82	13,56	5,34	20,34
Toplam	99,80	100,19	100,49	100,18	99,94	100,55	99,70	99,62

Çizelge 4.4. KL-18/ KL-22b numunelerin PED-XRF sonuçları (%).

Element	KL-18	KL-19	KL-20a	KL-20b	KL-21a	KL-21b	KL-22a	KL-22b
Na ₂ O	3,91	9,15	7,14	5,50	4,67	3,97	4,50	6,24
MgO	0,890	0,030	0,358	0,358	0,200	0,287	0,790	0,348
Al ₂ O ₃	2,35	1,13	0,757	0,744	0,529	0,623	1,20	0,924
SiO ₂	66,37	66,32	62,03	66,95	65,66	59,07	64,04	61,21
P ₂ O ₅	0,135	0,068	0,041	0,002	0,007	0,032	0,007	0,032
SO ₃	0,042	0,150	0,055	0,087	0,060	0,148	0,069	0,139
Cl	0,328	0,644	0,475	0,457	0,404	0,343	0,354	0,492
K ₂ O	1,30	0,750	0,482	0,418	0,473	0,466	0,762	0,970
CaO	9,35	7,78	5,14	13,84	14,71	14,48	5,02	8,18
TiO ₂	0,133	0,107	0,087	0,508	0,072	0,077	0,060	0,117
V ₂ O ₅	0,013	0,008	0,007	0,012	0,005	0,005	0,024	0,009
Cr ₂ O ₃	0,009	0,005	0,003	0,010	0,004	0,004	0,005	0,003
MnO	0,080	1,05	0,017	1,85	0,028	0,015	0,019	0,233
Fe ₂ O ₃	1,74	0,878	0,508	2,27	0,462	0,477	0,470	0,861
LOI	13,65	11,45	22,55	6,93	12,95	19,39	22,45	20,47
Toplam	100,30	99,53	99,64	99,94	100,24	99,38	99,77	100,23

Çizelge 4.5. KL-23 / KL-29 numunelerin PED-XRF sonuçları (%).

Element	KL-23	KL-24a	KL-24b	KL-25	KL-26	KL-27	KL-28	KL-29
Na₂O	6,32	3,36	2,24	3,76	4,18	3,96	10,03	0,120
MgO	0,470	0,243	0,500	0,421	0,317	0,061	0,732	0,031
Al₂O₃	0,015	0,693	0,847	0,897	0,630	0,869	0,011	0,017
SiO₂	62,75	65,71	57,92	67,53	69,32	67,18	63,50	61,60
P₂O₅	0,025	0,065	0,048	0,042	0,028	0,060	0,002	1,90
SO₃	0,247	0,049	0,062	0,079	0,056	0,072	0,441	0,087
Cl	0,104	0,368	0,245	0,491	0,394	0,325	0,116	0,133
K₂O	0,222	0,734	0,464	0,463	0,453	0,554	0,396	10,96
CaO	11,01	17,10	14,30	16,54	15,16	4,29	6,48	7,57
TiO₂	0,043	0,085	0,048	0,051	0,049	0,223	0,036	0,041
V₂O₅	0,002	0,010	0,002	0,006	0,001	0,024	0,003	0,002
Cr₂O₃	0,005	0,003	0,002	0,001	0,002	0,007	0,002	0,009
MnO	0,143	0,097	0,042	1,32	0,034	1,11	0,161	0,098
Fe₂O₃	0,213	0,665	0,438	0,655	0,486	3,15	0,160	0,121
LOI	18,93	10,35	22,55	7,46	8,32	18,36	17,54	17,93
Toplam	100,50	99,53	99,71	99,71	99,43	100,25	99,61	100,62

Çizelge 4.6. KKC-G1 / KKC-G6a PED-XRF sonuçları (ppm).

Element	KL-1	KL-2	KL-3a	KL-3b	KL-4b	KL-5a	KL-5b	KL-6a
Co	31,1	81	85	76	30,9	25,2	10,4	14,7
Ni	31,8	202,7	56	175,3	38,1	13,3	60	7,6
Cu	66,6	29,2	65,6	86,1	16,5	14	3,3	12,1
Zn	20,6	33,8	106,4	47,3	15,9	11,9	15,4	7,8
Ga	3,4	8,4	25,8	14,7	8	5,5	5,4	4,6
Ge	0,7	1	3,1	1	1	0,6	1	0,4
As	14,4	5,7	42,7	34,2	12,1	13,1	1,9	3,5
Se	1	1	0,5	3,2	1,3	1	0,9	1
Br	9,2	10,8	3,1	18,1	12,2	6	6,6	7,8
Rb	11,7	11,2	141,5	17,9	15,9	10,3	12,4	13
Sr	506,6	360,2	355,8	632,6	563,5	474,8	420,3	439,4
Y	6,2	5,6	24,2	19,6	10,1	4,9	9,5	4,3
Zr	48	169	161	164	70	55,3	37	55,4
Nb	11	45	20,7	31	33,8	8,3	25	5,4
Mo	11	49	7,3	19	16	8,8	29	6
Cd	4,7	21	2,7	14	6,2	7,6	12	2,4
In	5,1	20	2,6	14	7,5	3,7	11	2,7
Sn	13,1	24	3,3	28,1	6,5	10,5	13	2,9
Sb	43,7	30	3,4	17	7,7	4,4	14	2,9
Te	8,1	59	4	25	9,7	5,6	19	4
I	14	62	7,8	46	19	9,4	33	6,9
Cs	26	120	25,8	91	69	17	65	13
Ba	286	190	406	598	409	278	443	292
La	125	290	76	200	81	40	150	30
Ce	86	630	95	290	179	81	410	85
Hf	7,8	16	11,1	11	8,7	3,9	12,7	1
Ta	5,5	12	6,1	12	4,6	3	5,2	2,5
W	3,7	13	3	11	4,5	1,5	5,8	1
Hg	2	2	1,4	2	2	0,9	2	0,7
Tl	2,6	2	1,5	10,1	2,9	1,9	2,9	1,1
Pb	181,4	27	101,4	181,1	47,6	57,6	34,5	23,8
Bi	1,3	2	1,3	9,6	3	0,9	4,2	1,1
Th	4	2	10,1	10	4,2	2,8	7,5	1,4
U	17	89	13	60	57	30,1	40	23,1

Çizelge 4.7. KKC-G6b / KKC-G11 PED-XRF sonuçları (ppm).

Element	KL-6b	KL-7	KL-8a	KL-8b	KL-9	KL-10a	KL-10b	KL-11
Co	13,2	65,5	18,4	42,2	4,6	15	6,2	60
Ni	18	28,3	16,7	30,1	47,4	10	20,3	23,2
Cu	4,9	142,8	5,7	34,4	8094	11,2	8,7	61,6
Zn	10,5	74,5	11,1	14,4	3,2	9,5	3,6	25,1
Ga	6,3	4,9	4,6	5,5	13	3,9	1,4	20,6
Ge	0,5	1,3	0,6	0,7	3,8	0,7	0,3	2,7
As	1,6	111,5	2,3	28,1	5748	1,8	3,6	6,1
Se	0,4	0,5	1	1	5	0,3	0,2	1
Br	8,5	6,1	6,4	7,9	4,9	5,6	2,2	23,9
Rb	9,1	32,1	7,6	8,8	116,8	8,9	3	47
Sr	692,2	300,6	430,4	467	54	471,8	82,6	2794
Y	6,3	7,6	6,4	9,7	6,5	4,5	1,5	34,8
Zr	30	209,9	38,2	42	30,6	51,6	9,6	261
Nb	7	5,2	4,6	12	5,6	6,8	2,4	32
Mo	6,3	5,9	6,8	15,6	9,6	3,9	2,1	32
Cd	1,3	1,5	2,8	6,5	1,6	1,3	0,9	14
In	2,8	1,8	3,3	9	4,4	1,7	1	15
Sn	3,6	4,8	3,5	9,9	10,8	2,8	2,3	16,5
Sb	3,2	52,4	3,8	4113	154,4	4,2	2	26
Te	4,5	2,9	5,4	9,4	6,1	2,7	1,5	24
I	7,7	5,3	9,8	16	10	4,7	2,7	44
Cs	15	9,6	18	30	19	8,8	5,9	82
Ba	324	529	333	166	29	305,2	37,5	2465
La	34	21	70	67	43	19	12	190
Ce	47	30	58	95	61	44	24	560
Hf	6,8	10,9	4,7	4,8	394	2,6	2,7	7,6
Ta	1,5	7	2,6	4,6	68	1,6	1,7	9
W	2,8	2,9	3	5,7	15,8	2,3	1,5	6,4
Hg	0,9	1,1	0,9	2	7,9	0,7	0,4	3
Tl	0,8	1,7	1,5	2,7	25	0,6	0,9	3,9
Pb	17,1	598,3	9,6	188,8	37550	28	28,4	55,6
Bi	0,8	1,6	2	2	30	0,6	0,4	2
Th	3,1	4,7	3,7	3,3	82,6	0,7	1,1	8,3
U	20,5	19,2	12	21	46,2	7,4	8,5	170

Çizelge 4.8. KKC-G12a / KKC-G17 PED-XRF sonuçları (ppm).

Element	KL-12a	KL-12b	KL-13	KL-14	KL-15a	KL-15b	KL-16	KL-17
Co	40	14,7	12,2	18,5	23,7	23,5	6,1	15,4
Ni	62,4	23,4	17,7	15,3	41,1	19,2	13,2	15,3
Cu	36	11,9	45,8	153,1	65,3	1,6	25,2	75,4
Zn	15	17,4	18,7	13,7	37,4	8,9	15,2	13,1
Ga	5,6	5,9	4,7	3,2	7,2	4,9	4,4	4
Ge	0,9	0,7	0,4	0,8	0,7	0,5	0,4	0,9
As	1,4	53,4	11,5	5,1	7,4	0,7	1,5	7,5
Se	1	0,4	0,3	0,3	1	1	0,3	0,4
Br	7,3	6,6	8,8	7,7	10,7	10,6	7	6,7
Rb	9,7	8,6	6,3	8,7	7,3	12,5	14,9	8,4
Sr	531,7	592,6	537,3	348,2	499,2	509,3	569,3	567,5
Y	9,6	6,4	4,5	7,7	11,4	7,5	5,8	5,9
Zr	54	28,3	45,7	188,3	234	34,1	47,2	55,3
Nb	16	6,1	7,3	6,8	11	7,1	11	16,2
Mo	16	5,1	4,7	10,7	11	6,6	4,4	6,6
Cd	7,4	2,7	1,8	1,2	4,2	3,3	1,7	2,6
In	8,2	3	2,2	1,1	5,1	3,3	1,4	2,8
Sn	8,3	4,4	2,6	1,5	5,1	2,7	2,2	3,4
Sb	8,7	3,9	428,8	1,6	5,7	5,6	12,9	40
Te	28,6	4,8	3,2	1,9	7,2	5,6	2,6	3,9
I	20	8,2	5,5	3,4	13	9,7	4,7	5,1
Cs	45	16	11	6,2	25	19	8,6	12
Ba	1248	419	258	484,8	3535	300	285,9	617
La	85	36	27	14	49	43	19	41
Ce	120	51	42	19	75	61	27	37
Hf	3,7	3,4	7,7	6,5	12	3,6	6,3	3,8
Ta	6	2	4	6	3,1	2,1	3,3	5,2
W	5,8	2,9	2	2,2	4,7	3	2,6	2,8
Hg	2	0,9	0,7	0,6	1,3	2	0,7	0,9
Tl	2,7	2,1	0,7	1	2	2	0,8	0,7
Pb	23	82,5	35,7	60,3	39,7	12,7	94,8	28
Bi	2	1	1,2	0,6	1,2	2	0,8	0,8
Th	5,1	1	1,1	1,5	6,1	3,1	1,2	0,8
U	28	13	8,7	7,2	33	14	8,5	23,2

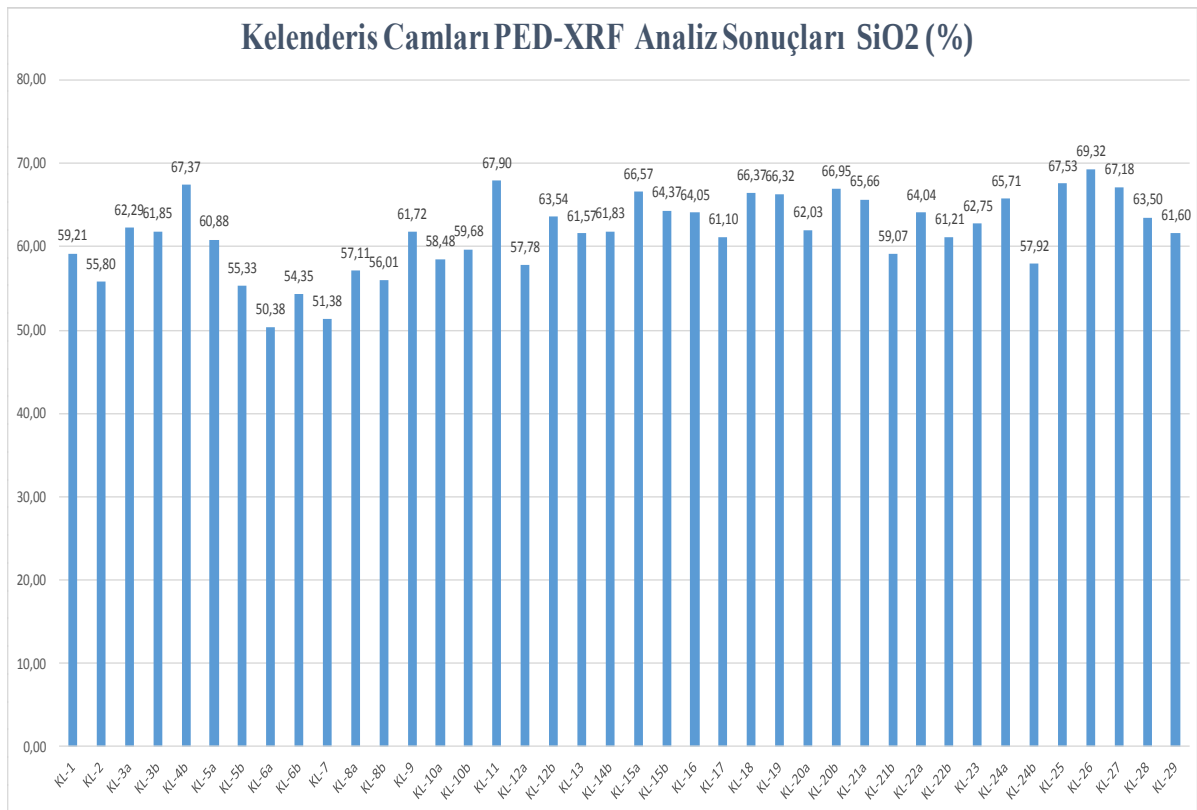
Çizelge 4.9. KKC-G18 / KKC-G22b PED-XRF sonuçları (ppm).

Element	KL-18	KL-19	KL-20a	KL-20b	KL-21a	KL-21b	KL-22a	KL-22b
Co	40	14,7	12,2	18,5	23,7	23,5	6,1	15,4
Ni	62,4	23,4	17,7	15,3	41,1	19,2	13,2	15,3
Cu	36	11,9	45,8	153,1	65,3	1,6	25,2	75,4
Zn	15	17,4	18,7	13,7	37,4	8,9	15,2	13,1
Ga	5,6	5,9	4,7	3,2	7,2	4,9	4,4	4
Ge	0,9	0,7	0,4	0,8	0,7	0,5	0,4	0,9
As	1,4	53,4	11,5	5,1	7,4	0,7	1,5	7,5
Se	1	0,4	0,3	0,3	1	1	0,3	0,4
Br	7,3	6,6	8,8	7,7	10,7	10,6	7	6,7
Rb	9,7	8,6	6,3	8,7	7,3	12,5	14,9	8,4
Sr	531,7	592,6	537,3	348,2	499,2	509,3	569,3	567,5
Y	9,6	6,4	4,5	7,7	11,4	7,5	5,8	5,9
Zr	54	28,3	45,7	188,3	234	34,1	47,2	55,3
Nb	16	6,1	7,3	6,8	11	7,1	11	16,2
Mo	16	5,1	4,7	10,7	11	6,6	4,4	6,6
Cd	7,4	2,7	1,8	1,2	4,2	3,3	1,7	2,6
In	8,2	3	2,2	1,1	5,1	3,3	1,4	2,8
Sn	8,3	4,4	2,6	1,5	5,1	2,7	2,2	3,4
Sb	8,7	3,9	428,8	1,6	5,7	5,6	12,9	40
Te	28,6	4,8	3,2	1,9	7,2	5,6	2,6	3,9
I	20	8,2	5,5	3,4	13	9,7	4,7	5,1
Cs	45	16	11	6,2	25	19	8,6	12
Ba	1248	419	258	484,8	3535	300	285,9	617
La	85	36	27	14	49	43	19	41
Ce	120	51	42	19	75	61	27	37
Hf	3,7	3,4	7,7	6,5	12	3,6	6,3	3,8
Ta	6	2	4	6	3,1	2,1	3,3	5,2
W	5,8	2,9	2	2,2	4,7	3	2,6	2,8
Hg	2	0,9	0,7	0,6	1,3	2	0,7	0,9
Tl	2,7	2,1	0,7	1	2	2	0,8	0,7
Pb	23	82,5	35,7	60,3	39,7	12,7	94,8	28
Bi	2	1	1,2	0,6	1,2	2	0,8	0,8
Th	5,1	1	1,1	1,5	6,1	3,1	1,2	0,8
U	28	13	8,7	7,2	33	14	8,5	23,2

Çizelge 4.10. KKC-G23 / KKC-G29 PED-XRF sonuçları (ppm).

Element	KL-23	KL-24a	KL-24b	KL-25	KL-26	KL-27	KL-28	KL-29
Co	7	23,6	23,8	32,1	248,7	48	3	6
Ni	35,2	14,7	63,9	23,8	26,6	106,7	11,7	6,1
Cu	7,6	45,8	1,5	14,8	256,8	103,8	5,4	6416
Zn	8,8	9,3	8,3	13,4	0,2	36	8,4	1,5
Ga	6,4	4,9	4,6	4	3,1	10,9	2,7	2,9
Ge	1,1	0,5	1	0,6	1,8	1,2	0,8	0,9
As	1354	7	1,9	9,8	13,3	104,4	1891	185,2
Se	1,1	0,4	1	1	0,3	1	0,9	0,9
Br	1,8	5,7	7,2	6,4	7,1	10,6	1,4	6,9
Rb	6	13,8	12,1	8,2	5,8	9,9	9,2	189,7
Sr	81,5	541,2	484,9	591,1	248,7	493,5	40,9	83,7
Y	1,9	7,5	8	6	1,3	12,9	1,1	1,4
Zr	15	64	45	53	12,8	141	24,2	73,8
Nb	12	17,2	20	9,1	6,8	17	4,2	5,6
Mo	12	8	18	10	2,7	20	3,3	6,4
Cd	5,7	2,6	8,2	17,7	1,2	8,7	1,5	2,4
In	6,3	3,3	8,6	4,5	1,2	7,4	1,4	2,6
Sn	4,2	3,9	9,8	7,9	7,5	9,6	2,4	34
Sb	463,9	3,9	9,6	4,8	1,6	17,2	15,3	12,9
Te	9,2	10,5	14	6,4	1,8	13	2,3	3,8
I	16	14,8	23	11	3	24	4,2	7
Cs	31	17	45	20	5,7	45	14,3	12
Ba	46	294	298	404	86,2	323	73,3	161
La	112	38	155	44	29,6	154	18	40
Ce	210	89	140	82	21	140	29	41
Hf	12,9	3	4,2	4,7	10,2	9,8	17,9	36
Ta	4,3	4,5	4,3	2	7	9,9	2,6	47
W	5	3,2	5,4	3,8	1,3	8	2,7	6,1
Hg	2,1	1	2	1,2	0,6	2	1,6	1,7
Tl	5,7	2,1	2	2	0,7	5,7	5,1	3,9
Pb	1412	51	42,7	50,7	256	225,5	3250	2598
Bi	4	1,4	2,6	1	1,4	4,4	3,7	3,4
Th	5	1,7	5	3,1	0,6	2,3	11,3	7,5
U	21	25,4	35	37	5,8	29	8	22,1

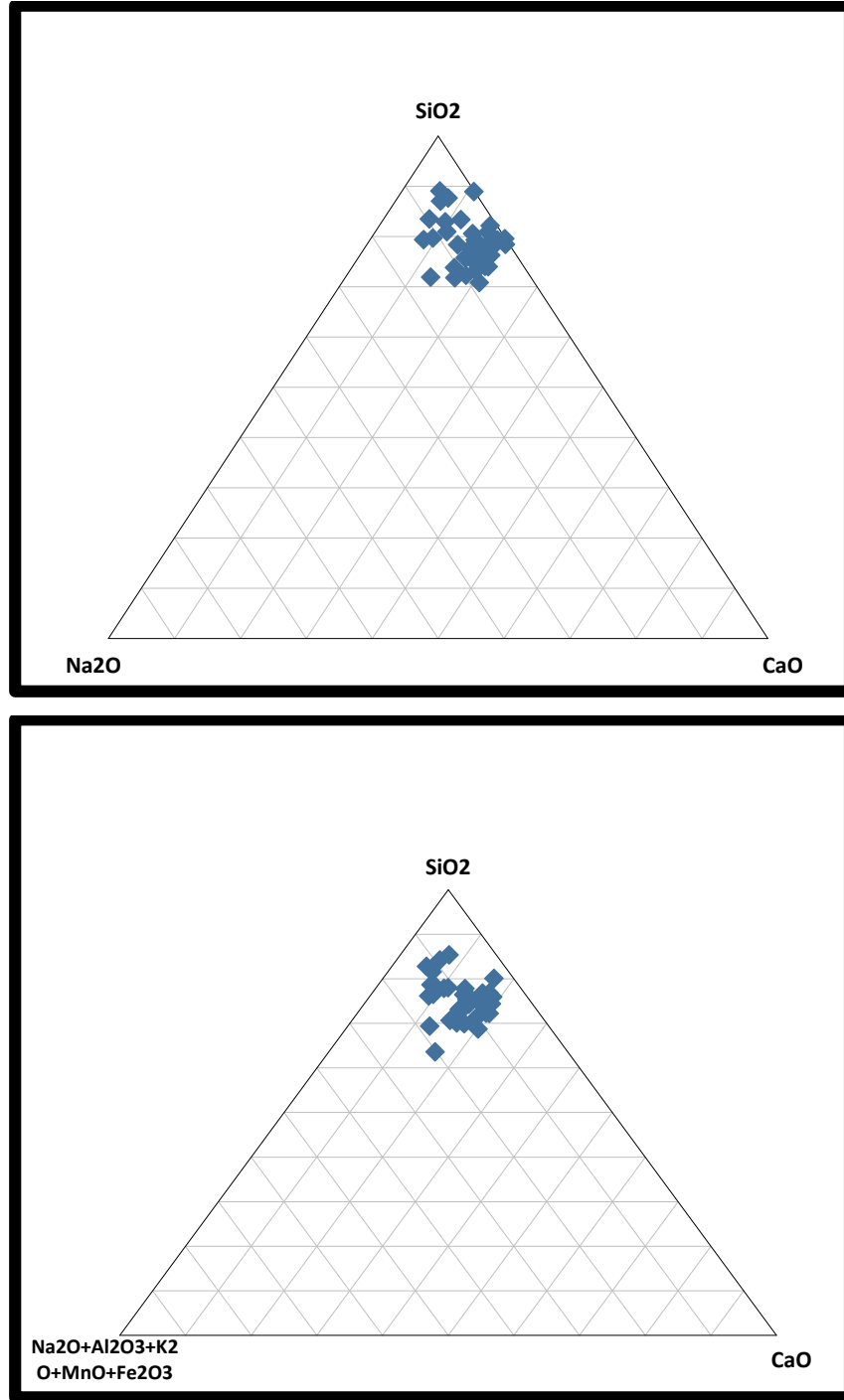
Ağ yapıcı olarak cam harmanında yer alan temel madde SiO_2 'nin yüksek miktarda olması camın mekanik direncinin, dayanıklılığına ve ergitme derecesin yüksek olduğunu göstermektedir. Cam harmanına sağlamlaştırıcı olarak eklenen CaO miktarının ağ yapıcı (SiO_2) ile birlikte mevcut üretim oranlarından daha az olması da camın dayanıklılığını azaltarak bozulmaya karşı direncini düşürmektedir (Akyol ve diğ., 2014). SiO_2 içeriği % 50-69 arasında değişmekte olup, ortalama % 61,69'dur (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5). SiO_2 içeriği beklenilenden düşüktür (Şekil 4.1). Camın mekanik direncini, dayanıklılığını ve ergime derecesi gibi özelliklerini camın yapısındaki silisyum içeriği göstermektedir. Cam yüzeyinde görülen bozulmaları, camın zamanla bozulmaya uğraması sonucu azalan SiO_2 içeriği belirlemektedir (Akyol, 2012). Camın genel yapısında düşük olan SiO_2 bozulma tabakalarında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bakıldığı zaman örneklerin SEM-EDX analiz sonuçları, PED-XRF ile karşılaştırıldığında daha yüksek SiO_2 içeriğine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi SiO_2 içeriklerine göre gruplandırılması.

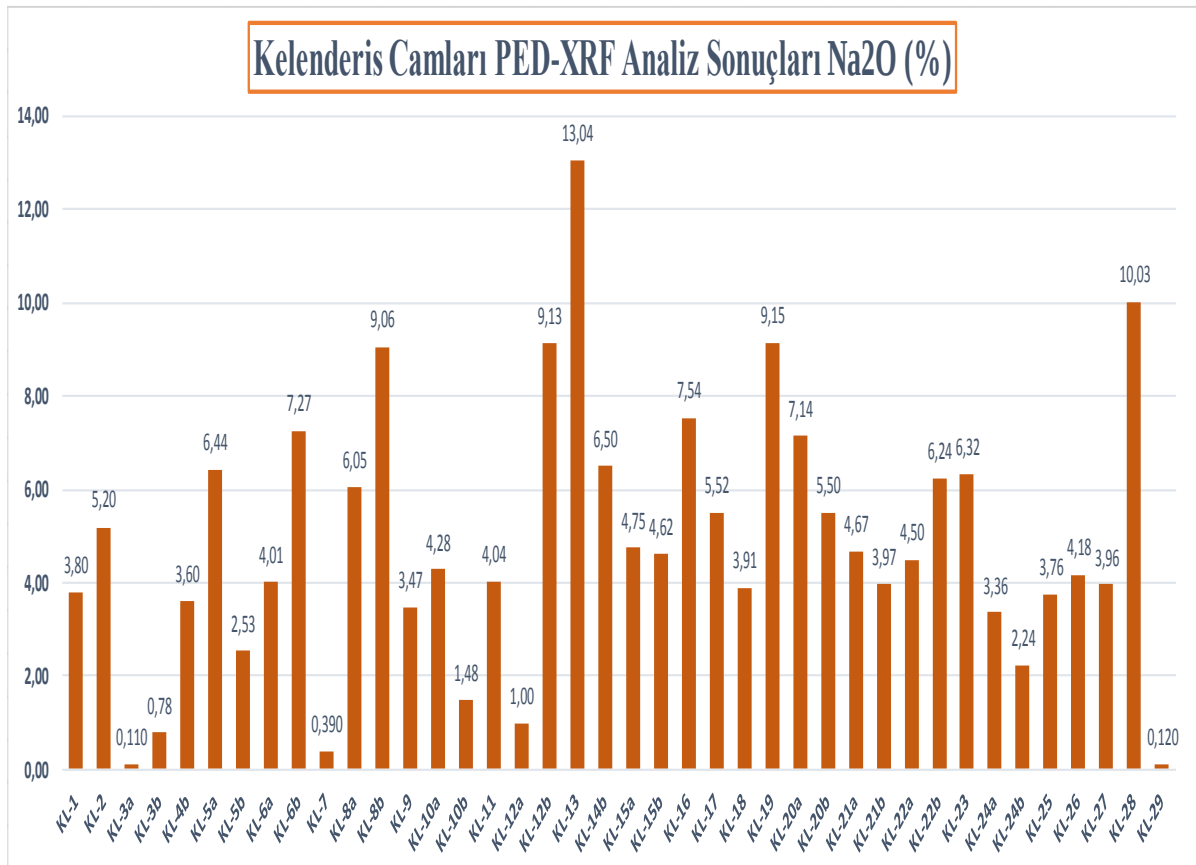
Ana bileşenlerine göre yapılmış olan üçlü faz diyagram yönteminde, camların aynı döneme tarihlenmiş ancak ana bileşenlerinin dağılımı farklı üretim işliğinden geldiğini

göstermektedir. Ayrıca üçlü faz diyagramına göre numuneler arasında iki örnek istisna dışında homojen durumdadır ve aykırı değerde söylenebilmektedir (Şekil 4.2, üst). Ana bileşenlerin yanı sıra toprak grubu elementler eklendiğinde grupların silisyum etkisinden uzaklaşarak diyagramda biraz daha farklılık görülmektedir. Bu da üretimde farklı hammaddeler olduğu söylenebilmektedir. İki örnek tüm gruptan farklılık göstermektedir (Şekil 4.2, alt).



Şekil 4.2. Kelenderis cam örneklerinin ana bileşenlerine göre gruplanması.

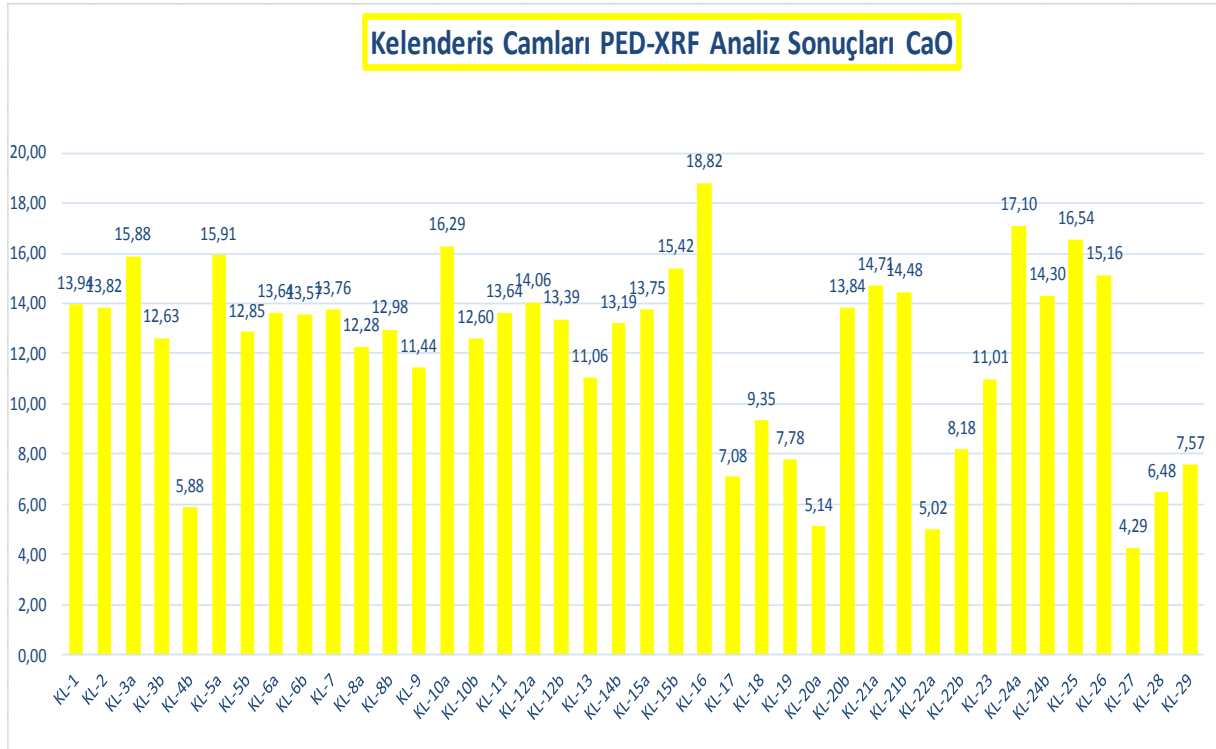
Ergime derecesini düşürmek adına cam harmanına eklenen alkali oksitlerden olan Na_2O miktarı %0,11-13,04 arasında değişirken ortalama değeri de %4,84 'tür (Şekil 4.3). K_2O içeriği ise % 0,219- 10,96 arasında değişirken ortalama değeri de % 0,957'dir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5). Numunelerdeki potasyum içeriklerinin ortalama %0,957 olması nedeniyle ergitici olarak bitki külü kullanılmadığı düşünülmektedir. Ancak KL-3a ve KL-29 nolu camlarda yüksek potasyum değerinden ötürü bitki külü kullanıldığı düşünülmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).



Şekil 4.3. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi Na_2O içeriklerine göre gruplandırılması.

Sağlamlaştırıcı ve pişme derecesini düşürmek amaçlı cam harmanına eklenen CaO içeriği %4,29-18,82 arasında değişmekte olup ortalaması da %12,22'dir ve MgO içeriği de %0,030-1,819 arasında olup ortalaması da %0,435'tir. Bu durum da CaO miktarındaki bazı camların oranlarının düşük olması camın bozulmaya karşı direncinin azalmasında etkili olmuştur. Bu camlar KKC-G4b, KKC-G20a, KKC-G22a ve KKC-G27 nolu camların miktarları sırasıyla (%5,88, %5,14, %5,02, %4,29) verilmiştir. Diğer camların oranlarının yüksek olması ise bozulmalarının başlangıç seviyesinde olduğunu gösterir niteliktedir. KL-

10a, KL-16, KL-24a ve KL-25 nolu camlarda CaO oranları en yüksek numunelerdir (Şekil 4.4). Ayrıca bu camlar için pişme derecelerinin düşük olduğu söylenebilmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).



Şekil 4.4. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi CaO içeriklerine göre gruplandırılması.

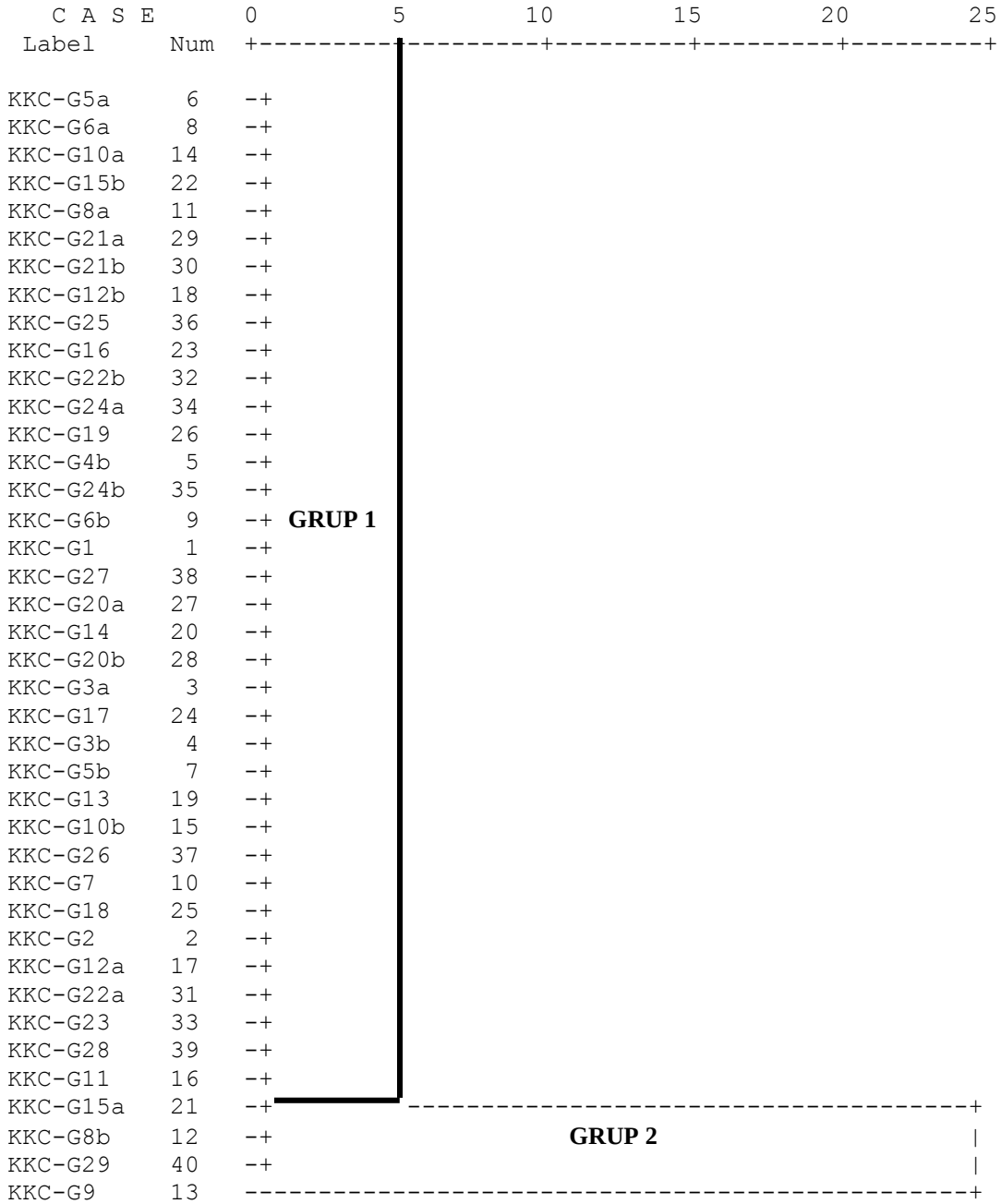
Bir diğer cam harmanına eklenen bileşik Al_2O_3 miktarlarına bakıldığında da cam harmanındaki varlığı genel olarak silis hammaddesinden kaynaklandığını ve kuvars kumu kullanıldığını göstermektedir (Goffer, 2007). Analiz edilen örneklerin %0,011-8,52 arasında değişmekte olan oranları ve ortalaması da %1,06'dır. Bu oranlar farklılığı farklı silis kaynağı kullanımını göstermektedir. Bu örneklerin 13 tanesi (KKC-G2, KKC-G3a, KKC-G3b, KKC-G6b, KKC-G7, KKC-G9, KKC-G11, KKC-G12a, KKC-G12b, KKC-G17, KKC-G18, KKC-G19 ve KKC-G22a) %1'den fazla olduğu saptanmıştır. Al_2O_3 miktarının farklılık göstermesi hammaddenin iki farklı kaynaktan geldiğini düşündürmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Sb içeriğine bakıldığında KL-8b, KL-9, KL-13 ve KL-23 nolu camlar yüksek miktarda olduğu görülmüştür ve buna bağlı olarak verilen örnek içerikleri için geri dönüşüm camları olduğu söylenebilmektedir.

İstatistiksel Değerlendirme

PED-XRF sonuçlarına SPSS 17.0 kullanılarak camlara kimyasal kompozisyonlarına göre sınıflama (dendrogram) yapılmıştır. Üç farklı dendrogram tablosu oluşturulmuştur.

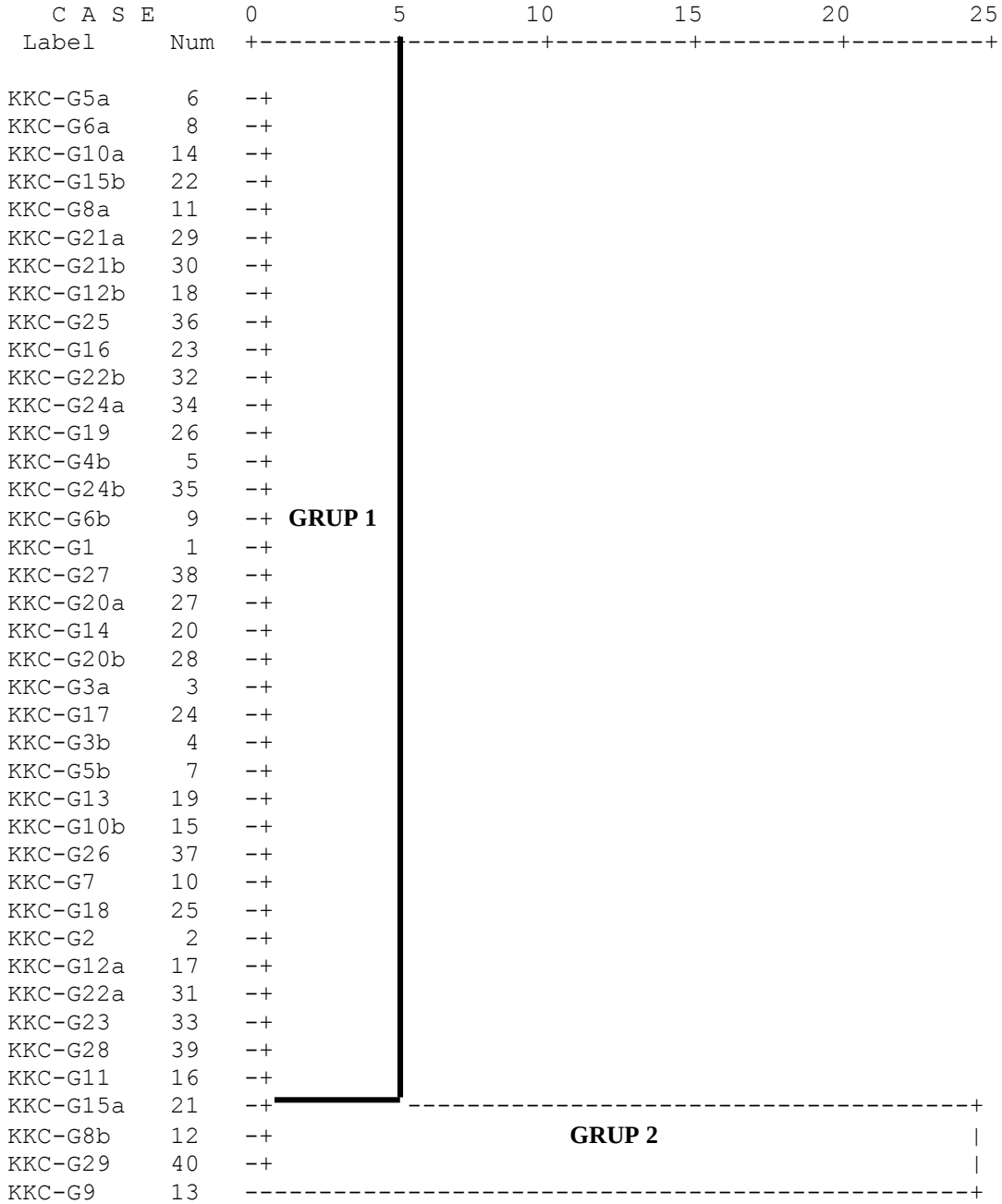
İlk tabloda tüm elementler hesaba katılarak oluşturulmuş ve camlar iki grupta toplanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.5. Dendrogram tüm elementler.

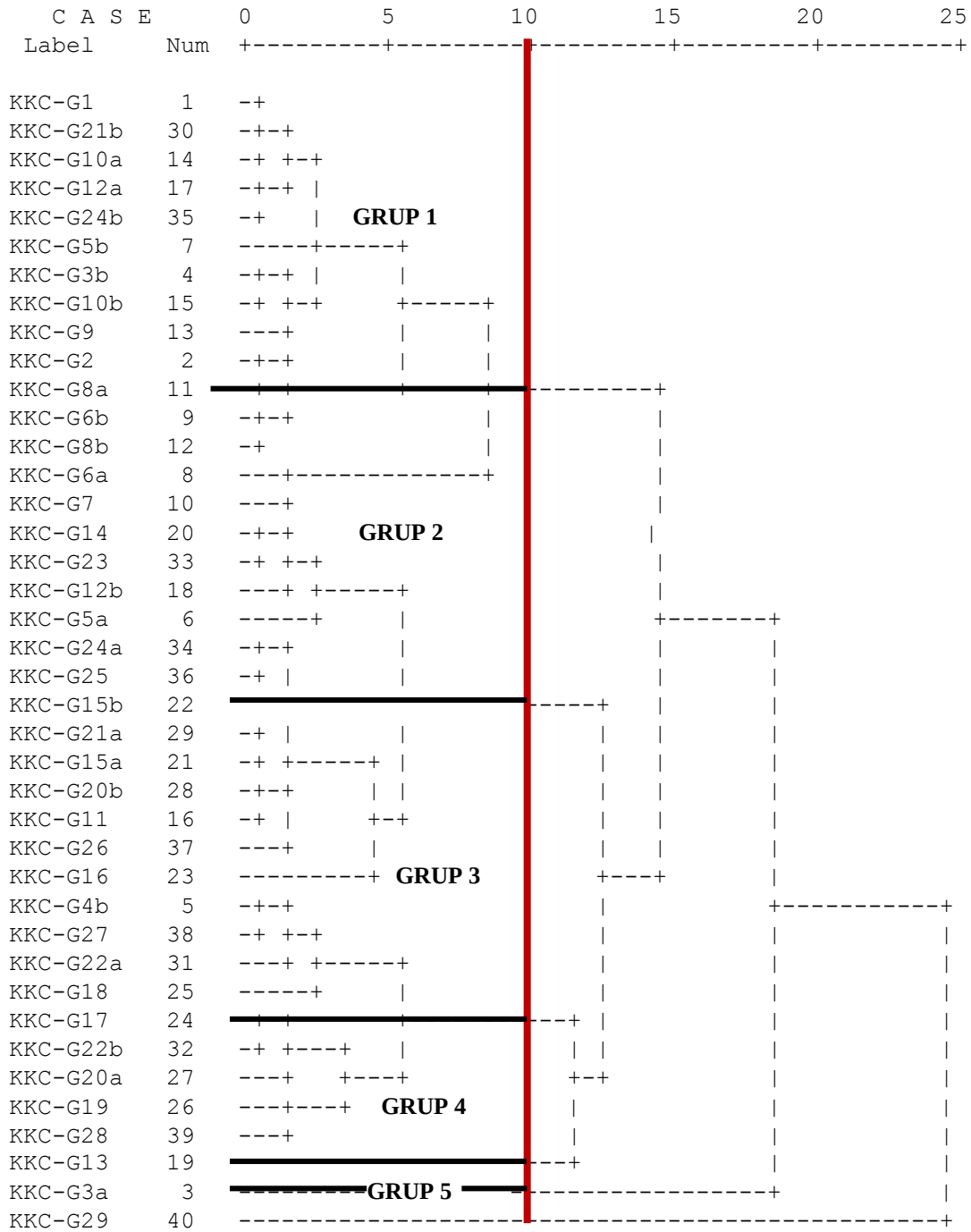
Şekil 4.5'e göre KCC-G15a 21, KCC-G8b 12, KCC-G29 40 ve KCC-G9 13 bir grup oluştururken diğer tüm örnekler farklı bir grupta toplanmıştır.

İkinci dendrogram da renk vericiler ve cam yapıcı ana elementler dendrogram tablosu oluşturmada kullanılmıştır. Bu tabloda da tüm elementlere göre yapılan ilk tabloda olduğu gibi örnekler iki grupta toplanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.6. Önemli elementlerde renk vericiler ve hamur yapıcılar.

Yukarıdaki Şekil 4.6. da KKC-G11'e kadar olan camlar aynı iken KKC-G15a, KKC-8b, KKC-29 ve KKC-G9 bu camlar farklı hamur yapıcılar olarak farklıdır.



Şekil 4.7. Cam hammaddesine göre hamur yapıcı elementler dendrogramı.

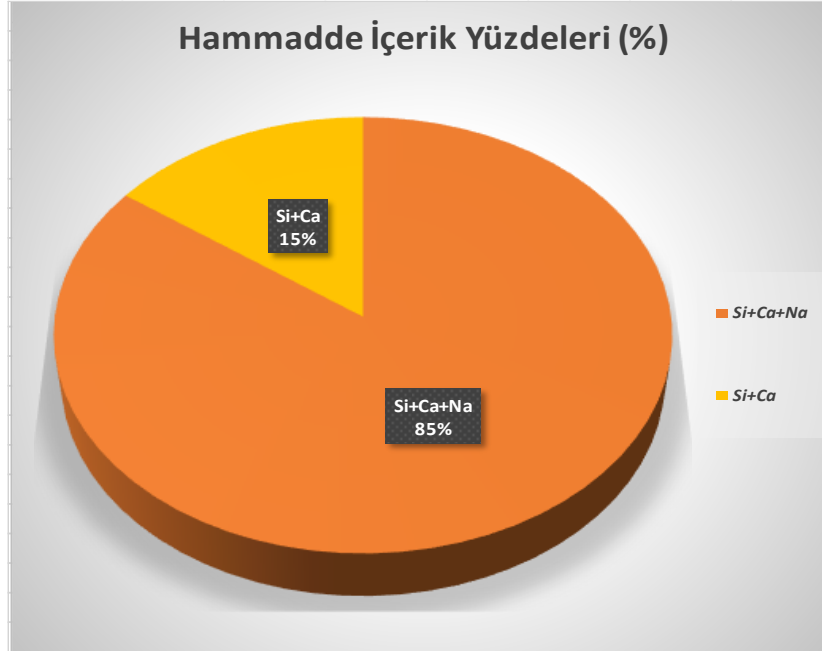
Üçüncü dendrogram tablosunu (Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO) bileşikleri oluşturmuştur (Şekil 4.7).

Hamur yapıcı elementlere göre iki farklı grup oluşmuştur. Bu da bize camların hammaddesinin farklı kaynaktan alındığını göstermektedir (Şekil 4.7).

Çizelge 4.11. PED-XRF sonuçlarında renk vericiler ve hammaddeler.

Numune Kodu	Renk	Hammadde	Renk Verici
KKC-G1	Yeşilimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Cu-Fe
KKC-G2	Saydam Sarı	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Ag-Sb
KKC-G3a	Saydam Sarı	Silis-Kireç Camı	Pb-Fe-Ag-Sb
KKC-G3b	Saydam Sarı	Silis-Kireç Camı	Pb-Fe-Ag-Sb
KKC-G4b	Saydam mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G5a	Saydam mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G5b	Saydam mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G6a	Saydam Yeşilimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Cu
KKC-G6b	Saydam mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G7	Siyah	Silis-Kireç Camı	
KKC-G8a	Saydam Yeşilimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Cu
KKC-G8b	Sarı	Soda-Kireç-Silis Camı	Fe-Ag-Sb
KKC-G9	Mavi	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G10a	Saydam Yeşilimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Cu
KKC-G10b	Saydam Sarı	Silis-Kireç Camı	Pb-Fe-Ag-Sb
KKC-G11	Saydam mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G12a	Yeşil	Silis-Kireç Camı	Fe-Cu
KKC-G12b	Saydam	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb
KKC-G13	Saydam Sarı	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Ag-Sb
KKC-G14	Saydam Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Cu
KKC-G15a	Saydam Sarı	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Ag-Sb
KKC-G15b	Saydam Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Fe-Cu
KKC-G16	Mavi	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G17	Kahverengi-Siyah	Soda-Kireç-Silis Camı	Fe-?
KKC-G18	Mavi	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G19	Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Fe-Cu
KKC-G20a	Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Fe-Cu
KKC-G20b	Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Fe-Cu
KKC-G21a	Mavi	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G21b	Saydam Mavi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G22a	Saydam Mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G22b	Saydam Mavimsi	Soda-Kireç-Silis Camı	Pb-Co
KKC-G23	Pembe	Soda-Kireç-Silis Camı	Mn-Au-Se-Ni
KKC-G24a	Mavi	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G25	Saydam Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Mn-Au-Se-Ni
KKC-G26	Saydam Yeşil	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G27	Lacivert	Soda-Kireç-Silis Camı	Mn-Au-Se-Ni
KKC-G28	Cüruf Parçası	Soda-Kireç-Silis Camı	Co-Cu
KKC-G29	Saydam Pembe	Soda-Kireç-Silis Camı	Mn-Au-Se-Ni

Örneklerin görünen renkleri sarı, yeşil, saydam ve mavi görülmüştür. Renk analizlerinde Pb, Fe, Cu ve Co elementleri renk verici elementler olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).



Şekil 4.8. Na-Ca-Si oranlarının yüzdelikleri (PED-XRF), (Na:Sodyum; Ca:Kalsiyum; Si:Silisyum).

Yapılan çalışmalar sonucunda camların çoğunluğunun soda-kireç-silis camı olduğu saptanmıştır. KKC-G3a, KKC-G3b, KKC-G7, KKCG-10b, KKC-G12a ve KKC-G29 kodlu camlar ise silis-kireç camı olarak belirlenmiştir. Camların % 85'i soda-kireç-silis camı, % 15'i silis-kireç camlarını oluşturduğu görülmektedir (Şekil 4.8).

Çizelge 4.11. PED-XRF sonuçlarından Sr elementi ile hammadde kökeni (ppm).

Numune Kodu	Sr	Hammadde Kökeni
KKC-G1	506,6	Denizel Kum
KKC-G2	360,2	Denizel Kum
KKC-G3a	355,8	Denizel Kum
KKC-G3b	632,6	Denizel Kum
KKC-G4b	563,5	Denizel Kum
KKC-G5a	474,8	Denizel Kum
KKC-G5b	420,3	Denizel Kum
KKC-G6a	439,4	Denizel Kum
KKC-G6b	692,2	Denizel Kum
KKC-G7	300,6	Denizel Kum
KKC-G8a	430,4	Denizel Kum
KKC-G8b	467	Denizel Kum
KKC-G9	54	Karasal Kum
KKC-G10a	471,8	Denizel Kum
KKC-G10b	82,6	Karasal Kum
KKC-G11	2794	Denizel Kum
KKC-G12a	531,7	Denizel Kum
KKC-G12b	592,6	Denizel Kum
KKC-G13	537,3	Denizel Kum
KKC-G14	348,2	Denizel Kum
KKC-G15a	499,2	Denizel Kum
KKC-G15b	509,3	Denizel Kum
KKC-G16	569,3	Denizel Kum
KKC-G17	567,5	Denizel Kum
KKC-G18	473,6	Denizel Kum
KKC-G19	493,9	Denizel Kum
KKC-G20a	353,8	Denizel Kum
KKC-G20b	433	Denizel Kum
KKC-G21a	404,5	Denizel Kum
KKC-G21b	347	Denizel Kum
KKC-G22a	347,2	Denizel Kum
KKC-G22b	530,4	Denizel Kum
KKC-G23	81,5	Karasal Kum
KKC-G24a	541,2	Denizel Kum
KKC-G24b	484,9	Denizel Kum
KKC-G25	591,1	Denizel Kum
KKC-G26	248,7	Denizel Kum
KKC-G27	493,5	Denizel Kum
KKC-G28	40,9	Karasal Kum
KKC-G29	83,7	Karasal Kum

Stronsiyum (Sr) ve izotopları, antik camların ham maddelerini ve kökenlerini tanımlamak için iyi bir yoldur. Camdaki stronsiyumun büyük bir oranının, camda kireç taşıyan bileşenlerden (kalsiyum karbonat içeren bir deniz kabuğu veya kireçtaşı, kireç bakımından zengin bitki külü) gelmesi yüksek bir orana sahiptir. Stronsiyum (Sr) ve zirkonyum (Zr) miktarları üretimde aşamasında kullanılan kumun kökeni hakkında bilgiler

elde etmemizi sağlamaktadır. Stronsiyumun fazla (>400 ppm) olması üretimde kullanılan kumun büyük olasılıkla denizel kökenli olduğunu yani deniz kumu olduğunu göstermektedir. Karasal kökenli kumlarda beklenen ise Sr miktarının 150 ppm'den az, Zr miktarının ise 160 ppm'den fazla olmasıdır (Wedepohl, Baumann, 2000). PED-XRF sonuçlarında, Sr içeriği 40,92 ppm ila 692,2 ppm arasında değişmekte olup, ortalaması 521,08 ppm'dir. Diğer kalan camlar ise karasal cam özelliğini (KKC-G9, KKC-G10b, KKC-G23, KKC-G28 ve KKC-G29) taşımaktadır. Bu bilgiler ışığında örneklerin genel anlamda denizel kum içerdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Kelenderis cam örneklerinin PED-XRF analizi Stronsiyum (Sr) ve Zirkonyum (Zr) içeriklerine göre gruplandırılması.

4.2. SEM-EDX Analiz Sonuçları

Analiz sonuçları Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. KL-1 / KL-5b SEM-EDX sonuçları (%).

Element	KL-1	KL-2	KL-4a	KL-4b	KL-5a	KL-5b
MgO	0,54	0,69	0,46	0,55	0,21	0,21
Al₂O₃	2,04	2,31	3,04	1,7	2,42	3,38
SiO₂	63,72	60,29	70,02	61,24	65,76	70,76
MnO	1,09	1,82				
FeO		1,55				
ZrO₂		6,72	9,16		10,66	9,8
Na₂O	13,03	20,82	7,47	8,83	12,55	7,5
CaO	10,44	4,82	8,67	11,69	8,41	7,23
Cl	0,4	0,88	0,64			0,67
K₂O	0,34	0,1	0,54	0,44		0,44

Çizelge 4.13. KL-6a / KL-10b SEM-EDX sonuçları (%).

Element	KL-6a	KL-7	KL-8a	KL-9	KL-10a
MgO	0,6	4,94	0,26	0,19	0,64
Al₂O₃	3,27	6,28	2,18	3,07	3,11
SiO₂	60,5	54,45	66,36	63,11	61,96
MnO	-	-	-	-	-
FeO	-	2,59	-	-	-
ZrO₂	8,82	5,56	8,08	7,49	10,06
Na₂O	17,26	1,22	14,23	8,07	15,93
CaO	8,04	10,88	7,73	8,75	-
Cl	0,83	-	0,38	0,79	0,24
K₂O	-	2,16	0,19	-	0,69

Çizelge 4.14. KL-12a / KL-16 SEM-EDX sonuçları (%).

Element	KL-12a	KL-12b	KL-13	KL-14	KL-15b	KL-16
MgO	0,23	0,35	1,12	0,81	0,34	1,03
Al ₂ O ₃	2,95	8,31	2,68	2,2	4,93	2,99
SiO ₂	67,36	69,92	57,32	63,69	68,83	62,61
MnO	1,56	-	1,06	1,14	-	-
FeO	-	-	-	-	-	-
ZrO ₂	9,52	14,92	6,59	5,88	10,85	6,71
Na ₂ O	8,28		23,46	21,27	3,6	17,29
CaO	8,79	6,5	6,84	3,97	10,77	8,31
Cl	0,99	-	0,92	1,05	0,17	0,58
K ₂ O	0,31	-	-	-	0,52	0,48

Çizelge 4.15. KL-17 / KL-21a SEM-EDX sonuçları (%).

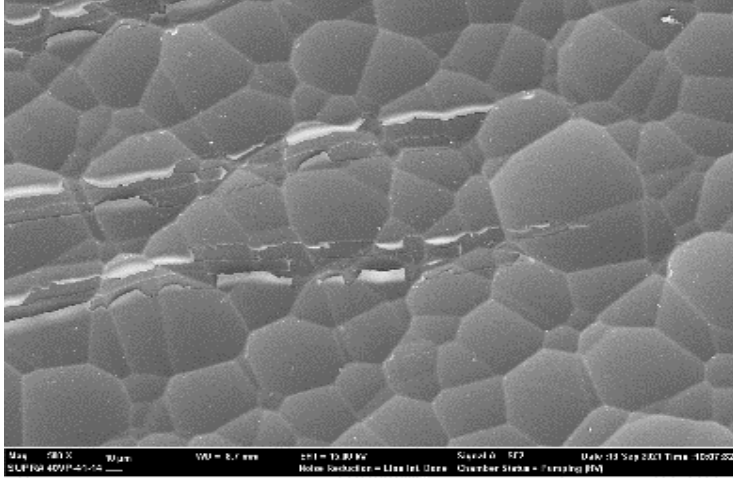
Element	KL-17	KL-18	KL-19	KL- 20a	KL-20b	KL-21
MgO	053	0,49	-	0,62	0,77	0,3
Al ₂ O ₃	10,63	2,56	2,22	2,76	2,82	8,31
SiO ₂	63,2	64,23	63,07	64,73	61,2	64,94
MnO	2,86	-	1,4	-	2,25	-
FeO	-	-	-	-	1,72	-
ZrO ₂	15,57	8,59	10,34	7,97	9,12	13,48
Na ₂ O	0,54	13,7	12,63	17,2	16,83	2,32
CaO	6,67	9,36	8,98	5,84	4,58	10,34
Cl	-	0,36	0,75	0,71	0,69	0,16
K ₂ O	-	0,71	0,61	0,17	-	0,14

Çizelge 4.16. KL-17 / KL-21a SEM-EDX sonuçları (%).

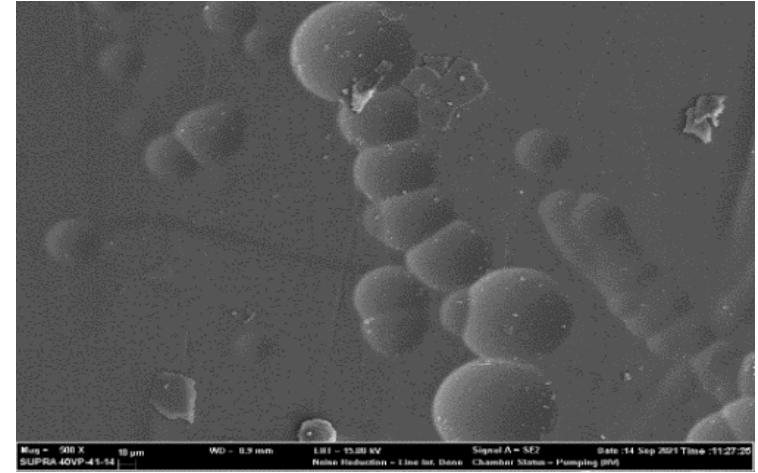
Element	KL-22b	KL-23	KL-24a	KL-24b	KL-25	KL-27	KL-28	KL-29
MgO	0,79	1,03	0,42	0,59	-	3,02	0,65	0,26
Al ₂ O ₃	4,35	4,68	2,73	2,76	3,48	15,4	1,76	0,08
SiO ₂	65,78	62,57	63,2	61,41	68,85	45,84	70,91	60,23
MnO	-	-	-	-	1,23	-	-	-
FeO	-	1,58	-	-	-	8,6	-	-
ZrO ₂	14,51	8,92	9,6	9,73	10,3	10,72	7,6	13,43
Na ₂ O	2,59	8,26	12,13	15,39	7,38	0,75	13,21	1,34
CaO	10,52	12,97	10,92	9,2	7,93	13,33	5,87	11,62
Cl	0,48	-	0,54	0,57	0,84	-	-	-
K ₂ O	0,96	-	0,45	0,33	-	2,34	-	13,04

Örneklerin analiz sonuçlarına bakıldığı zaman SEM-EDX sonuçlarında (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17) genel olarak SiO_2 ve Al_2O_3 içeriklerinin PED-XRF sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. SiO_2 içeriği, % 50,38-69,32 arasında değişmekte olup, ortalama %61,69'dur. Al_2O_3 içeriği, %0,08 ila 15,4 arasında olup ortalaması %3,79'dur. Al_2O_3 ve SiO_2 oranları birbirine bağlı olarak azalıp artış göstermektedir. Bu durum bozulmuş camlarda SiO_2 ve Al_2O_3 içeriğinin artması ile ilişkilidir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17). Bu iki analiz (PED-XRF ve SEM-EDX) de yapıldığından karşılaştırma için veri sağlamaktadır. PED-XRF sonuçları cam hamurunu işaret ederken SEM-EDX analiz sonuçları da bozulma tabakasını göstermektedir. Bu iki analiz arasındaki fark, PED-XRF analizinde camın genel yapısıyla ilgili bilgi elde etmek için örneğin toz haline getirildikten sonra incelenmesinden, SEM-EDX'te ise toz haline getirilmeyen ve bozulmuş yüzey tabakasının bulunduğu yüzeyin incelenmesinden kaynaklanmaktadır.

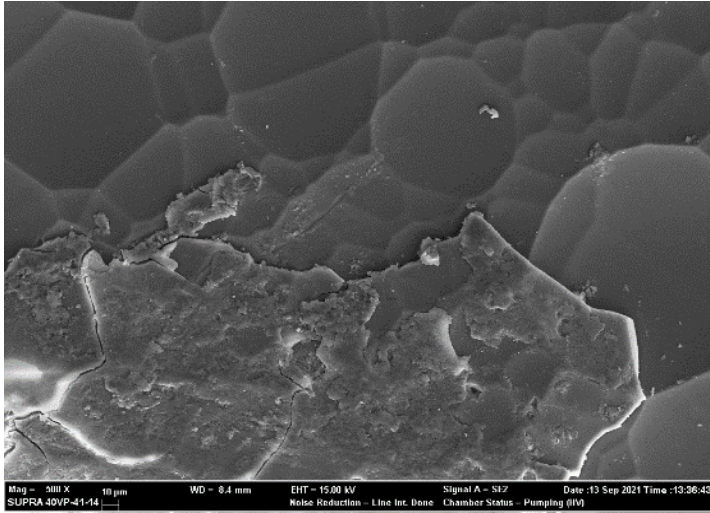
SEM-EDX analizi sonucunda Na_2O içeriği %0,54 ila 23,5 arasında değişmekte olup ortalaması %10,65'tir. K_2O oranı da %0,1 ila 13,04 arasında değişmekte olup ortalaması %1,25 'tir. CaO içeriği de %3,97 ila 13,33 arasında değişmekte olup ortalaması da %8,66'dır. Na_2O ve CaO içeriklerinin beklenenden yüksek olması bulundukları ortamdan etkilendiklerini göstermektedir ve bununda denizel etkiden kaynaklandığını düşündürmektedir. Bu analiz sonucunda Cl içerikleri (%0,88, %0,83, %0,99, %0,92, %1,05, %0,84) olan, KL-2, KL-8a, KL-12a, KL-13, KL-14 ve KL-25 nolu camlarda denizel etki sebebiyle daha yüksektir (Çizelge 4.13, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17)



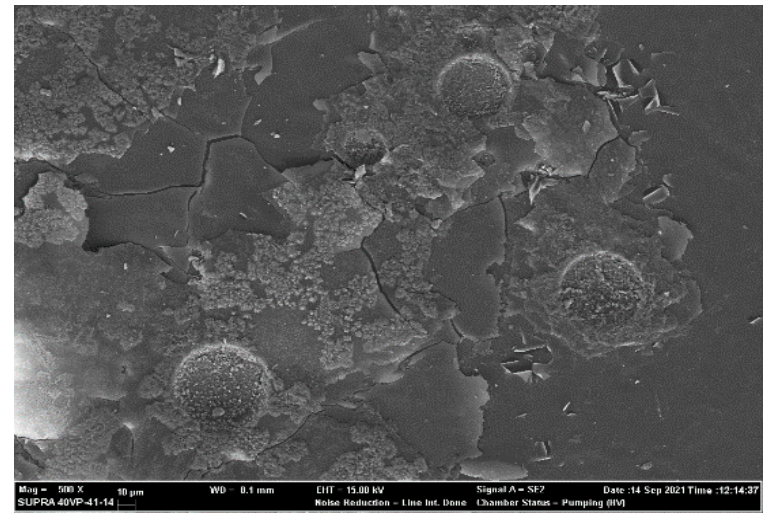
KL-4a



KL-5b

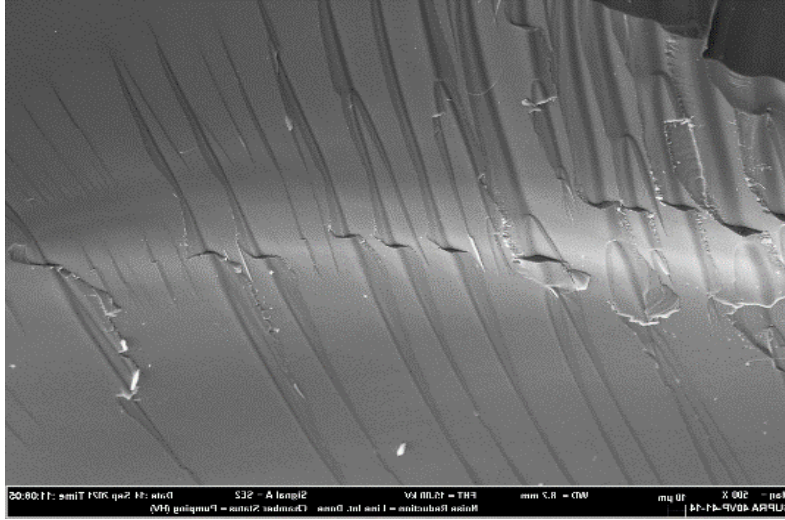


KL-12a

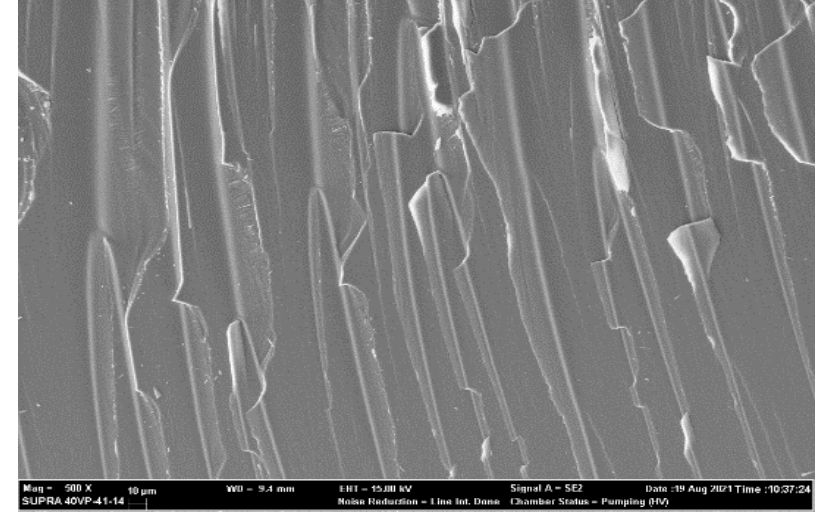


KL-15b

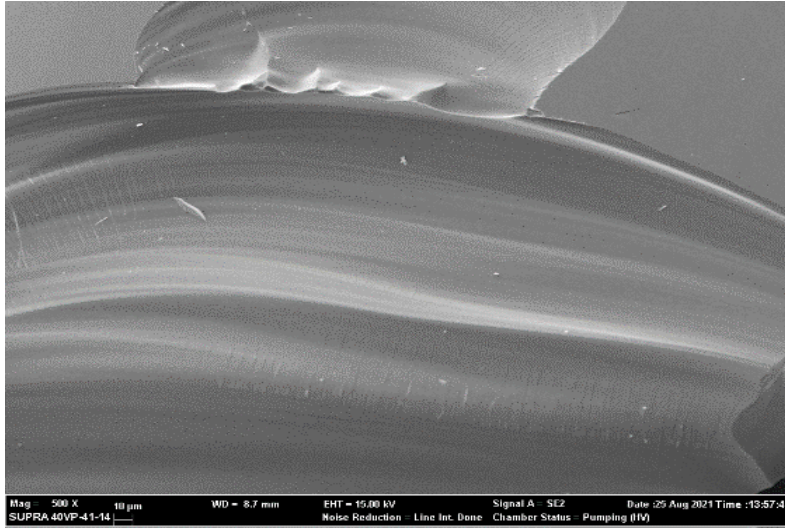
Şekil 4. 10. Bazı cam örneklerinin SEM analiz görüntüleri.



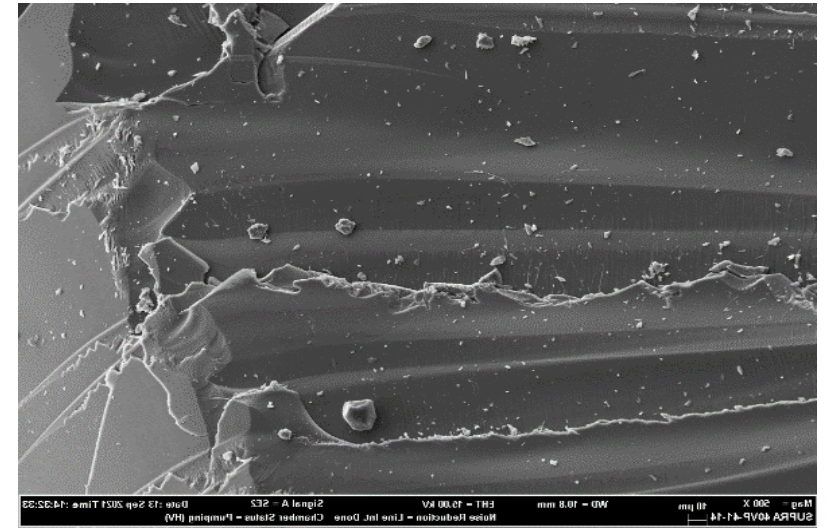
KL-4b



KL-9

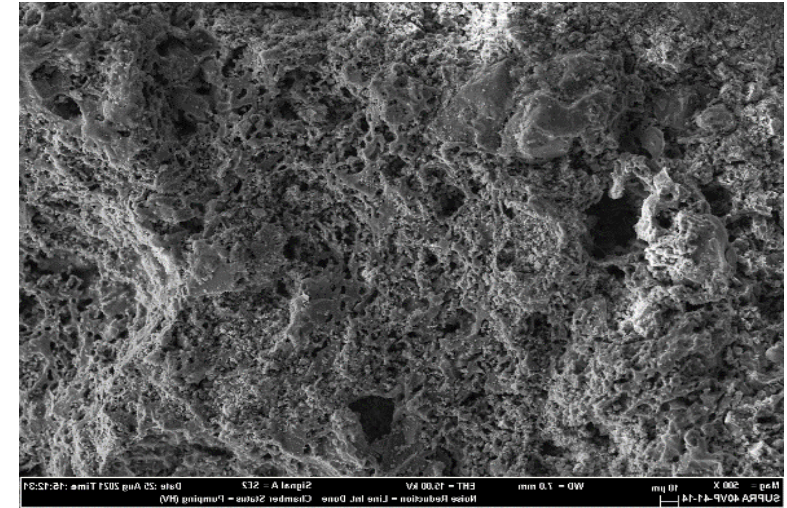
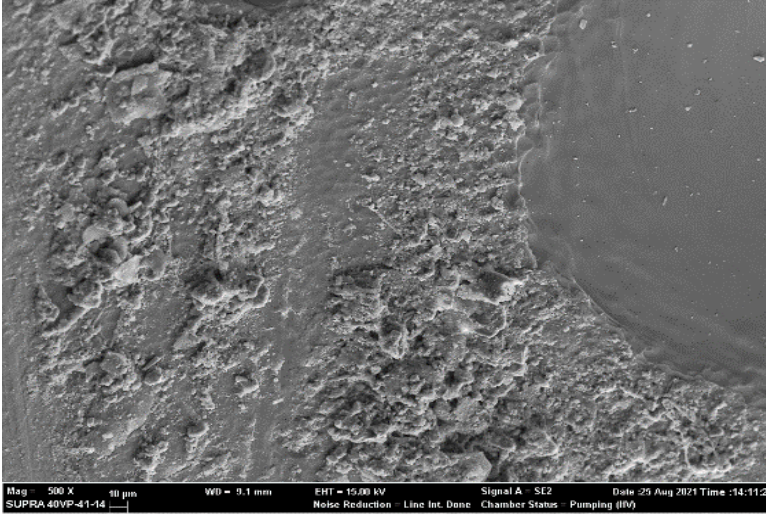
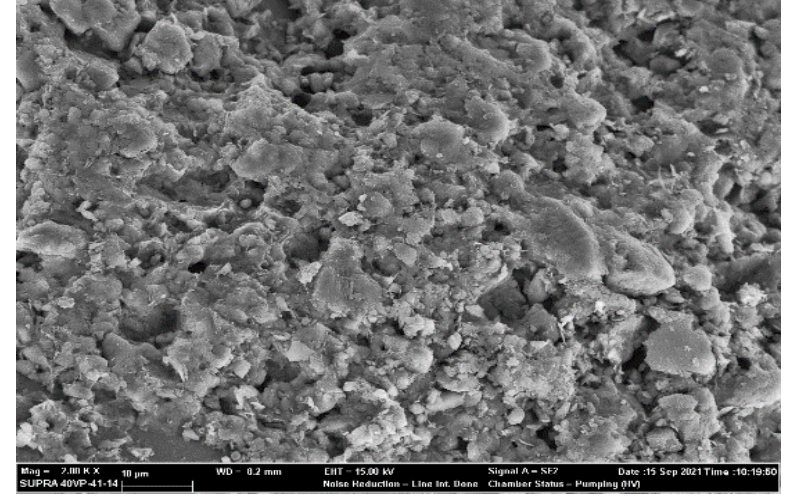
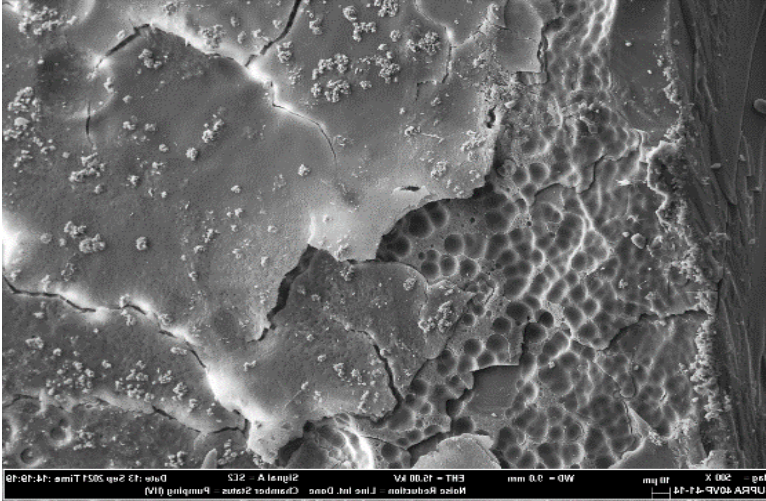


KL-19



KL-24a

Şekil 4.11. Bazı cam örneklerinin SEM analiz görüntüleri.



Şekil 4.12. Bazı cam örneklerinin SEM analiz görüntüleri

Camın düşük sıcaklıkta üretilmesiyle hem baloncuk hem de viskoz bir cam elde dilmektedir. Buna bağlı olarak baloncuk oluşmasında etkili olan faktörler cam hammaddelerinin homojen hale gelmemesi ergitme sıcaklığı ve varsa geri dönüşüm ihtimalidir. Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilen bilgiler doğrultusunda görsellere ulaşılabilir.

Şekil 4.11’de verilen görüntüler incelendiğinde camın kalıba döküm veya kalıba üfleme tekniği ile yapılması sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Şekil 4.12’de ergitme sıcaklığının, düşük sıcaklıktan kaynaklanan cam yapısı sebebiyle heterojen bir yapı görülmektedir.

4.3. P-XRF Analiz Sonuçları

Camlar için uygulanan Geochem Modu ve Alloy Plus modlarında yapılan p-XRF analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.18, Çizelge 4.19, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21, Çizelge 4.22, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24, Çizelge 4.25, Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. KL-1 / KL-5b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).

Element	KL-1	KL-2	KL-3a	KL-3b	KL-4a	KL-4b	KL-5a	KL-5b
Mg	ND	1,24	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	2,61	2,42	1,75	1,82	3,51	3,19	1,86	2,17
Si	33,46	39,51	40,31	39,54	47,8	36,07	42,03	45,72
P	ND	ND	ND	0,0373	ND	ND	ND	ND
S	ND	0,0787	0,0728	0,0623	ND	ND	ND	ND
Ti	0,0944	0,4221	0,2538	0,2095	0,0629	ND	0,0507	0,0525
Mn	0,5012	1,9987	1,6027	1,4496	0,0332	0,0116	0,018	0,0177
Fe	0,7298	1,7835	3,582	3,3883	0,8155	0,4475	0,5002	0,5932
Cu	0,0091	0,004	0,014	0,0114	ND	ND	ND	ND
Zn	0,0032	0,0029	0,0066	0,0049	0,0019	0,0014	0,0013	0,0015
As	ND	ND	0,0019	0,0016	ND	ND	ND	0,0013
Zr	0,0061	0,0343	0,0184	0,0189	0,0049	0,005	0,0045	0,004
Nb	ND	ND	0,0013	0,0011	0,0018	ND	ND	ND
Mo	ND	ND	0,0009	0,0008	ND	ND	ND	ND
Sb	0,0094	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	0,026	0,001	0,0032	0,003	0,0026	0,0012	0,0025	0,0026
Ca	7,651	4,9001	7,1797	6,8251	13,99	7,7356	8,0766	9,5987
K	0,4651	ND	0,2813	0,2463	0,8945	0,5381	0,1779	0,287

Çizelge 4.18. KL-6a / KL-10b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).

Element	KL-6a	KL-6b	KL-7	KL-8a	KL-8b	KL-9	KL-10a	KL-10b
Mg	ND	ND	3,83	ND	ND	ND	ND	ND
Al	2,17	1,48	4,11	1,79	7	1,65	1,94	1,59
Si	37,47	36,25	31,91	37,71	36,54	35,69	36,28	40,7
P	ND	ND	0,0527	ND	0,0586	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	2,0262	ND	ND
Ti	0,0383	ND	0,2608	ND	0,0953	ND	0,0696	0,0445
V	ND	ND	0,0422	ND	0,061	ND	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	ND	0,0128	ND	ND	ND
Mn	0,0274	0,0203	0,0603	0,0509	0,0103	0,0148	0,0275	0,0466
Fe	0,5953	0,3441	2,7514	0,3067	0,6287	0,1055	0,58	0,5342
Cu	ND	ND	0,0032	ND	0,0044	0,8718	0,0021	0,0019
Zn	ND	ND	1,0032	ND	0,0044	0,8718	0,0021	0,0019
As	ND	ND	2,0032	ND	0,0044	0,8718	0,0021	0,0019
Zr	ND	ND	3,0032	ND	0,0044	0,8718	0,0021	0,0019
Nb	ND	ND	4,0032	ND	0,0044	0,8718	0,0021	0,0019
Sb	ND	ND	ND	ND	0,5695	ND	ND	ND
Pb	0,0012	0,0022	0,0026	ND	0,0319	4,8177	0,0027	0,0086
Ca	9,6435	6,883	21,8	6,8747	3,8068	9,02	7,9507	8,5292
K	0,1853	0,6771	0,7019	0,1285	0,5831	2,4602	0,3843	0,3904

Çizelge 4.19. KL-11 / KL-16 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).

Element	KL-11	KL-12a	KL-12b	KL-13	KL-14	KL-15a	KL-15b	KL-16
Mg	ND	1,13	ND	1,24	ND	ND	ND	ND
Al	1,46	3,48	5,97	1,68	6,92	7,72	2,06	1,88
Si	39,42	34,86	40,81	34,86	37,34	35,91	40,91	37,19
P	ND	0,2535	ND	ND	ND	0,1238	ND	ND
S	ND	ND	ND	0,14	ND	ND	ND	ND
Ti	0,0384	0,1205	0,0786	0,0776	0,1793	0,3748	ND	0,0623
V	ND	0,0306	0,0442	ND	0,0377	0,0857	ND	ND
Cr	ND	ND	ND	0,0125	ND	ND	ND	ND
Mn	0,0201	1,0638	1,9036	0,8554	1,2243	1,5907	0,0156	0,1753
Fe	0,3663	0,5827	0,5785	0,8105	1,0993	1,8763	0,4054	0,5569
Cu	0,0029	0,0024	0,0063	0,0061	0,0078	0,008	ND	0,0026
Zn	ND	0,002	ND	0,0023	0,0024	0,0037	ND	0,0019
Zr	0,0038	0,0032	0,0038	0,0068	0,0203	0,0233	0,0042	0,005
Nb	ND	ND	ND	0,001	ND	ND	ND	ND
Mo	ND	ND	ND	0,0008	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	0,0514	ND	ND	ND	ND
Pb	0,0011	0,001	ND	0,0031	0,0016	0,005	ND	0,0108
Ca	7,6572	8,8585	8,422	7,1569	3,9616	5,1376	8,2042	8,0374
K	0,1691	0,1305	0,061	0,12	0,1369	ND	0,3942	0,4167

Çizelge 4.20. KL-17 / KL-22a arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).

Element	KL-17	KL-18	KL-19	KL-20a	KL-20b	KL-21a	KL-21b	KL-22a
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1
Al	5,92	2,09	6,96	6,16	2,36	1,51	1,6	1,57
Si	21,27	34,76	31,33	35,16	32,59	35,88	37,77	37,03
P	0,3384	0,0374	ND	ND	0,1007	ND	ND	ND
Ti	0,2474	0,0614	0,1359	0,0689	0,3917	0,0715	0,0455	ND
V	0,0652	ND	0,0578	0,0251	ND	0,0249	ND	0,084
Mn	4,2698	0,07	0,9233	0,0176	1,8676	0,0149	0,0176	ND
Fe	1,7784	0,4632	0,694	0,3971	2,0603	0,3575	0,4131	0,6135
Cu	0,0393	0,0052	0,006	ND	0,0087	ND	ND	0,0024
Zn	0,0071	0,0015	0,0025	0,0014	0,0034	ND	ND	0,0015
As	0,0077	ND	ND	ND	0,0007	ND	ND	ND
Zr	0,0075	0,0045	0,0041	0,0059	0,0318	0,0049	0,0056	0,0058
Nb	ND	ND	ND	ND	0,001	ND	ND	ND
Mo	ND	ND	ND	ND	0,0009	ND	ND	ND
Pb	0,0176	0,1092	0,0156	ND	ND	ND	0,0012	0,0049
Ca	4,0358	8,2049	5,1398	4,9055	5,3981	4,9809	6,0093	7,9088
K	0,0912	0,4971	0,2638	0,605	0,3034	0,0702	0,2846	0,592

Çizelge 4.21. KL-22b / KL-29 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Geochem modu).

Element	KL-22b	KL-23	KL-24a	KL-24b	KL-25	KL-26	KL-27	KL-28
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,15	ND
Al	2,43	0,28	1,81	1,82	3,37	3,2	6,7	0,66
Si	40,73	37,14	36,24	37,63	37,44	33,46	18,18	37,58
P	ND	ND	ND	ND	ND	0,6181	0,4373	ND
S	ND	0,2052	ND	ND	ND	ND	ND	0,2989
Ti	ND	ND	0,0743	ND	0,0705	0,096	0,3895	0,044
V	ND	ND	ND	ND	0,0235	ND	ND	ND
Mn	0,0214	0,1382	0,023	0,0251	1,2028	0,0451	0,0726	0,1339
Fe	0,4936	0,0534	0,467	0,5991	0,4701	0,7	5,3123	0,0584
Cu	ND	ND	0,0019	ND	0,0018	0,0488	0,0093	ND
Zn	0,0017	ND	0,0015	0,0013	ND	0,0031	0,0115	0,0016
As	ND	0,1407	ND	0,001	ND	ND	0,0026	0,1671
Zr	0,004	0,0023	0,0041	0,0051	0,0033	0,0039	0,0166	0,0023
Nb	ND	ND	ND	0,0019	ND	ND	0,0027	ND
Mo	ND	ND	ND	0,0008	ND	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	0,0644	ND	ND	ND	0,0076	ND	ND
Au	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,0038
Pb	0,003	0,2069	0,0028	ND	0,001	0,0707	0,0065	0,3698
Ca	7,5762	10,8	8,6497	10,55	7,3544	8,0882	16,4	5,6924
K	0,4851	ND	0,4443	0,4298	ND	0,4512	1,4468	ND

Çizelge 4.22. KL-1 / KL-5b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).

Element	KL-1	KL-2	KL-3a	KL-3b	KL-4a	KL-4b	KL-5a	KL-5b
Mg	ND		ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	12,52	6,01	8,46	13,13	7,99	12,17	5,5	6,39
Si	81,78	75,45	74,15	70,77	89,59	85,69	92,06	91,08
P	ND	0,25	0,45	0,74	ND	ND	ND	ND
S	ND	0,79997	0,4024	ND	ND	ND	ND	ND
Ti	ND	1,58	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Mn	2,45	8,63	5,31	4,46	ND	ND	ND	ND
Fe	3,01	7,06	11,09	9,94	2,37	2,08	2,38	2,47
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zr	0,0952	0,232	0,137	0,1217	0,0518	0,0669	0,0618	0,0588
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	0,14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Çizelge 4.23. KL-6a / KL-10b arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).

Element	KL-6a	KL-6b	KL-7	KL-8a	KL-8b	KL-9	KL-10a	KL-10b
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	6,75	5,48	11,36	4,55	15,67	4,22	7,42	4,99
Si	90,29	91,93	78,72	93,04	76,53	58,13	87,46	91,84
P	ND	ND	ND	ND	0,77	ND	1,06	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ti	ND	ND	1,25	ND	ND	ND	ND	ND
Mn	ND	ND	ND	0,37	ND	ND	0,22	0,42
Fe	2,87	2,52	8,56	1,97	3,15	0,2771	3,71	2,62
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	2,87	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	ND	ND	ND	ND	1,35	ND	ND
Zr	0,0939	0,0727	0,1186	0,0735	0,0776	ND	ND	ND
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	3,56	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	0,247	33,16	0,04	0,06

Çizelge 4.24. KL-11 / KL-16 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).

Element	KL-11	KL-12a	KL-12b	KL-13	KL-14	KL-15a	KL-15b	KL-16
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	5,06	5,49	9,68	5	15,05	14,97	5,62	5,86
Si	92,53	78,87	81,24	83,27	75,55	67,96	92,38	89,86
P	ND	0,62	ND	ND	ND	0,77	ND	ND
S	ND	ND	ND	1,51	ND	ND	ND	ND
Ti	ND	ND	ND	ND	ND	1,84	ND	ND
Mn	ND	11,56	7,12	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	2,34	3,34	1,89	4,66	3,77	6,54	1,92	3,22
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	0,008	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	0,0037	ND	ND
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zr	0,0776	0,123	0,0687	0,1407	0,1543	0,0233	0,0739	0,0774
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	0,005	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	0,0579	ND	0,0384	ND	0,112

Çizelge 4.25. KL-17 / KL-22a arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).

Element	KL-17	KL-18	KL-19	KL-20a	KL-20b	KL-21a	KL-21b	KL-22a
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	16,27	5,42	16,54	10,24	10,07	5,18	5,38	6,15
Si	50,75	89,87	74,57	85,71	72,41	92,04	91,94	89,23
P	2,77	ND	0,36	1,24	0,54	ND	ND	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ti	1,08	ND	ND	ND	1,75	ND	ND	ND
Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe	8,17	2,79	3,05	2,5	7,84	2,35	2,61	3,23
Cu	0,3451	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zr	0,1225	0,0988	0,07	0,07	23,39	0,09	0,0815	0,0941
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	0,1617	1,28	0,1421	ND	ND	ND	ND	0,0638

Çizelge 4.26. KL-22b / KL-29 arasındaki numunelerin P-XRF bulguları (Alloy Plus modu).

Element	KL-22b	KL-23	KL-24a	KL-24b	KL-25	KL-26	KL-27	KL-28
Mg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Al	5,02	2,24	5,82	6,33	6,14	7,84	22,29	1,77
Si	92,79	92,49	91,72	90,39	85,01	81,91	53,3	90,08
P	ND	ND	ND	ND	ND	5,35	3,5	ND
S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ti	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,52	ND
Mn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,19	ND
Fe	2,12	0,35	2,38	3,17	2,33	3,68	18,59	0,41
Cu	ND	ND	ND	ND	ND	0,3009	ND	ND
Zn	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
As	ND	1,18	ND	ND	ND	ND	0,1586	1,71
Zr	0,0694	ND	0,0785	0,1043	0,0915	0,0818	0,1168	0,0455
Mo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sb	ND	0,56	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	2,18	ND	ND	ND	0,6126	0,0507	5,03

P-XRF sonuçları genel olarak diğer analiz sonuçları ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir ve tüm analizlerin birbirini desteklediği görülmüştür. Ancak kendi içinde geochem modu ve alloy plus moduna bakıldığı zaman aralarında orantılama olarak farklılıklar görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında yapılan çalışmada Roma Dönemi'ne tarihlenen 41 cam örneği üzerinde camın kimyasal içeriğinin ve kimyasal içeriğinden kaynaklı olarak ortaya çıkan bozulmaların tespit edilmesine yönelik araştırmalar yapılmıştır. Bu cam örnekleri görsel ve kimyasal olarak incelenmiştir. 41 adet cam örneklerinin laboratuvar ortamında kodlama, kalınlık ölçümü ve detaylı fotoğraf ile belgeleme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca saf su yardımıyla yüzeyler zarar görmeyecek şekilde temizlenmiştir. Örneklerin renk ölçümleri belirlenen görünen renkleri PED-XRF analizi ile de desteklenmiş ve tablo oluşturulmuştur.

Ağ yapıcı olarak cam harmanında yer alan temel madde SiO_2 'nin yüksek miktarda olması camın mekanik direncinin, dayanıklılığına ve ergitme derecesin yüksek olduğunu göstermektedir. Cam harmanına sağlamlaştırıcı olarak eklenen CaO miktarının ağ yapıcı (SiO_2) ile birlikte mevcut üretim oranlarından daha az olması da camın dayanıklılığını azaltarak bozulmaya karşı direncini düşürmektedir. SiO_2 içeriği % 50,38-69,32 arasında değişmekte olup, ortalama %61,69'dur ve SiO_2 içeriği beklenilenden düşüktür. Camın mekanik direncini, dayanıklılığını ve ergime derecesi gibi özelliklerini camın yapısındaki silisyum içeriği göstermektedir. Camın genel yapısında düşük olan SiO_2 bozulma tabakalarında daha yüksek olduğu görülmektedir. Bakıldığı zaman örneklerin SEM-EDX analiz sonuçları, PED-XRF ile karşılaştırıldığında daha yüksek SiO_2 içeriğine sahip olduğu görülmektedir.

Ana bileşenlerine göre yapılmış olan üçlü faz diyagram yönteminde, camların aynı döneme tarihlenmiş ancak ana bileşenlerinin dağılımı farklı üretim işliğinden geldiğini göstermektedir. Ayrıca üçlü faz diyagrama göre numuneler arasında iki örnek istisna dışında homojen durumdadır ve aykırı değerde söylenebilmektedir. Ana bileşenlerin yanı sıra toprak grubu elementler eklendiğinde grupların silisyum etkisinden uzaklaşarak diyagramda biraz daha farklılık görülmektedir. Bu da üretimde farklı hammaddeler olduğu söylenebilmektedir. İki örnek tüm gruptan farklılık göstermektedir.

Ergime derecesini düşürmek adına cam harmanına eklenen alkali oksitlerden olan Na_2O miktarı %0,11-13,04 arasında değişirken ortalama değeri de %4,84 'tür. K_2O içeriği ise % 0,219- 10,96 arasında değişirken ortalama değeri de % 0,957'dir. Numunelerdeki potasyum içeriklerinin ortalama %0,957 olması nedeniyle ergitici olarak bitki külü kullanılmadığı düşünülmektedir. Ancak KL-3a ve KL-29 nolu camlarda yüksek potasyum değerinden ötürü bitki külü kullanıldığı düşünülmektedir.

Sağlamlaştırıcı ve pişme derecesini düşürmek amaçlı cam harmanına eklenen CaO içeriği %4,29-18,82 arasında değişmekte olup ortalaması da %12,22'dir ve MgO içeriği de

%0,030-1,819 arasında olup ortalaması da %0,435'tir. Bu durum da CaO miktarındaki bazı camların oranlarının düşük olması camın bozulmaya karşı direncinin azalmasında etkili olmuştur. Bu camlar KKC-G4b-KKC-G20a, KKC-G22a ve KKC-G27 nolu camların miktarları sırasıyla (%5,88, %5,14, %5,02, %4,29) verilmiştir. Diğer camların oranlarının yüksek olması ise bozulmalarının başlangıç seviyesinde olduğunu gösterir niteliktedir.

Analiz edilen örneklerin %0,011-8,52 arasında değişmekte olan Al_2O_3 oranları ve ortalaması da %1,06'dır. Bu oranlar farklılığı farklı silis kaynağı kullanımını göstermekte ve bu da kuvars kumuna işaret etmektedir. Bu örneklerin 13 tanesi (KKC-G2, KKC-G3a, KKC-G3b, KKC-G6b, KKC-G7, KKC-G9, KKC-G11, KKC-G12a, KKC-G12b, KKC-G17, KKC-G18, KKC-G19 ve KKC-G22a) %1'den fazla orana sahiptir. Al_2O_3 miktarının farklılık göstermesi hammaddenin iki farklı kaynaktan geldiğini düşündürmektedir.

Sb içeriğine bakıldığında KL-8b, KL-9, KL-13 ve KL-23 nolu camlar yüksek miktarda olduğu görülmüştür ve buna bağlı olarak verilen örnek içerikleri için geri dönüşüm camları olduğu söylenebilmektedir.

PED-XRF sonuçlarında, Sr içeriği 40,92 ppm ila 692,2 ppm arasında değişmekte olup, ortalaması 521,08 ppm'dir. Diğer kalan 5 adet cam örneği (KKC-G9, KKC-G10b, KKC-G23, KKC-G28 ve KKC-G29) ise karasal silisyum kullanılan cam özelliğini taşımaktadır. Bu PED-XRF sonuçlarında, Sr içeriği elimizdeki örneklerin genel anlamda denizel kum taşıdığını düşündürmektedir.

Örneklerin görünen renkleri sarı, yeşil, saydam ve mavi görülmüştür. Renk analizlerinde Pb, Fe, Cu ve Co elementleri renk verici elementler olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda camların kireç-silis camı olduğu saptanmıştır. Camların çoğunluğunun soda-kireç-silis camı olduğu saptanmıştır. KKC-G3a, KKC-G3b ve KKC-G7, KKC-G10b, KKC-G12a ve KKC-G29 kodlu camlar ise silis-kireç camı olarak belirlenmiştir. Camların % 85'i soda-kireç-silis camı, % 15'i silis-kireç camlarını oluşturduğu görülmektedir.

SPSS dendrogram sonuçlarına bakıldığı zaman KKC-G15a 21, KKC-G8b 12, KKC-G29 40 ve KKC-G9 13 bir grup oluştururken diğer tüm örnekler farklı bir grupta toplanmıştır. Renk vericiler ve cam yapıcı ana elementler dendrogram tablosu oluşturmada kullanılmıştır. KKC-G11'e kadar olan camlar aynı iken KKC-G15a, KKC-8b, KKC-29 ve KKC-G9 bu camlar farklı hamur yapıcılar olarak farklıdır. Hamur yapıcı elementlere göre iki farklı grup oluşmuştur. Bu da bize camların hammaddesinin farklı kaynaktan alındığını göstermektedir.

Örneklerin analiz sonuçlarına bakıldığı zaman SEM-EDX sonuçlarında genel olarak SiO_2 ve Al_2O_3 içeriklerinin PED-XRF sonuçlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. SiO_2 içeriği, % 50,38-69,32 arasında değişmekte olup, ortalama %61,69'dur. Al_2O_3 içeriği, %0,08 ila 15,4 arasında olup ortalaması %3,79'dur. Al_2O_3 ve SiO_2 oranları birbirine bağlı olarak azalıp artış göstermektedir. Bu durum bozulmuş camlarda SiO_2 ve Al_2O_3 içeriğinin artması ile ilişkilidir. Bu iki analiz (PED-XRF ve SEM-EDX) de yapıldığından karşılaştırma için veri sağlamaktadır. PED-XRF sonuçları cam hamurunu işaret ederken SEM-EDX analiz sonuçları da bozulma tabakasını göstermektedir.

SEM-EDX analizi sonucunda Na_2O içeriği %0,54 ila 23,5 arasında değişmekte olup ortalaması %10,65'tir. K_2O oranı da %0,1 ila 13,04 arasında değişmekte olup ortalaması %1,25 'tir. CaO içeriği de %3,97 ila 13,33 arasında değişmekte olup ortalaması da %8,66'dır. Na_2O ve CaO içeriklerinin beklenenden yüksek olması bulundukları ortamdan etkilendiklerini göstermektedir ve bununda denizel etkiden kaynaklandığını düşündürmektedir. Bu analiz sonucunda Cl içerikleri (%0,88, %0,83, %0,99, %0,92, %1,05, %0,84) olan, KL-2, KL-8a, KL-12a, KL-13, KL-14 ve KL-25 nolu camlarda denizel etki sebebiyle daha yüksek olduğu görülmüştür.

Camın düşük sıcaklıkta üretilmesiyle hem baloncuk hem de viskoz bir cam elde edilmektedir. Buna bağlı olarak baloncuk oluşmasında etkili olan faktörler cam hammaddelerinin homojen hale gelmemesi ergitme sıcaklığı ve varsa geri dönüşüm ihtimalidir. Görüntüler incelendiğinde camın kalıba döküm veya kalıba üfleme tekniği ile yapılması sonucu oluştuğunu düşündürmektedir.

P-XRF sonuçları genel olarak diğer analiz sonuçları ile doğru orantılı olduğu belirlenmiştir ve tüm analizlerin birbirini desteklediği görülmüştür. Ancak kendi içinde geochem modu ve alloy plus moduna bakıldığı zaman aralarında orantılama olarak farklılıklar görülmektedir.

Öneriler

Yapılan mevcut çalışmada yapılan arkeometrik çalışma sonucunda yapılan bazı öneriler aşağıdaki gibidir;

- Çalışmada imkanlar dahilinde tam parçalar üzerinde de çalışmalar yapılmalı, detaylı arkeometrik incelemeler yapılabilir.

- Kelenderis cam buluntuları üzerine gelecekte yapılacak olan çalışmalara ışık tutacak bu bilimsel çalışmaların artırılması da daha fazla bilgi sahibi olmamızı sağlayacak ve literatüre katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Adlington, L. W., Freestone L. C., 2017, Using handheld P-XRF to study medieval stained glass: A methodology using trace elements, “<https://www.cambridge.org/core>”.
- Ahmadi, N., 2016, X-Işını Haritalama Tekniği ile Numunelerin Haritalanması, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 14.
- Akyol, A.A., Ç. Gençler Güray, Kadioğlu, Y.K., Demirci, Ş., 2009, “Elaiussa-Sebaste Cam Örnekleri Arkeometrik Çalışmaları”, 24. Arkeometri Sonuçları Toplantısı (Ankara, 26-30 Mayıs 2008), Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara, 13-28.
- Akyol, A.A., Ş. Demirci, Y.K. Kadioğlu, Ü. Özgümüş, 2012, “İstanbul Yeni Cami Hünkar Kasrı Camları Üzerine Arkeometrik Çalışmalar”, II. ODTÜ Arkeometri Çalıştay- Türkiye Arkeolojisi'nde Cam: Arkeolojik ve Arkeometrik Çalışmalar Bildiri Kitabı (6-8 Ekim 2011), Ankara, s. 159-171.
- Akyol, A.A., Y.K. Kadioğlu, Ü. Özgümüş, S. Kaynak, 2014, “İstanbul Koca Ragıp Paşa Kütüphanesi Camları Arkeometrik Analizleri”, Journal of Turkish Studies, 9 (10), s. 5-17.
- Akyol A., Kadioğlu Y., 2015, Tekfur Sarayı Cam Buluntuları Arkeometrik Çalışmaları, TÜBA-KED Türkiye Bilimler Akademisi Kültür Envanteri Dergisi , (13) , 27-36 .
- Archibald, Z. H., 2007, “Contacts between the Ptolemaic Kingdom and the Black Sea in the Early Hellenistic Age”, Black Sea Studies 6, 253-272.
- Artel T., Dibağ, G., 1969, Yapı Malzemesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Yayınları, İstanbul, 1302-2636.
- Asil, S., 2007, Demir cevheri numunelerinde X-ışını floresans yöntemiyle molibden ve kalay tayini. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 44-48.
- Atik, Ş., 2004 MÖ. I. Binde Anadolu’da Cam Üretimi ve Tasarımı, (Yayımlanmamış Doktora Lisans Tezi), Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ataman, O.Y., 2012, Arkeometride Spektroskopi Yöntemleri: A.A. Akyol ve K. Özdemir (Ed.), Türkiye’de Arkeometrinin Ulu Çınarları: Prof. Dr. Ay Melek Özer ve Prof. Dr. Şahinde Demirci’ye Armağan. Ankara: Homer Kitabevi, 87- 96.
- Aydın M., Akyol A., Erten E. ve Torgan E., 2015, Olba Kazısı Camları Arkeometrik Çalışmaları’ Seleucia ad Calycadnum Dergisi, Olba Kazısı Serisi V, 207-220.
- Aydın, M., 2019, What Do We Learn About Antique Glass By Using Archaeometry, Çağlar Boyunca Üretim ve Ticaret: Prehistorya’dan Bizans Dönemi’ne kitabı, Bilgin Kültür Sanat Yayınları, Parkur Matbaası, Ankara, 427-434.
- Aydın M. ve Güngör A., 2020, Cizre Kalesi Kazısı’ndan Ele Geçen Ortaçağ Cam Örneklerinin SEM-EDS Ve P-EDXRF Analizleri İle Karakterizasyonu, TÜBA-AR Dergisi 26, 150-158.
- Aydın, M., Zararsız, A., & Demirci, Ş. (2010). Geç Roma-Erken Bizans Dönemi Ankara Maltepe Kurtarma Kazısından Elde Edilen Bazı Buluntular Üzerinde Arkeometrik Çalışmalar. 26. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı Ankara, 235-250.
- Aydın, M., 2013, Uşak Müzesi Lidya Eserleri (Karun Hazineleleri), Metal Analizleri. III. ODTÜ Arkeometri Çalıştay Bildiriler Kitabı, 92- 103.
- Aydın, M., 2017, Çalınan Orijinal Altın “Kanatlı Denizatı (Hippocampus)’nın Taşınabilir X-Işını Floresans Spektrometresi Yöntemiyle Türkiye’ye İade Edilmesinin Sağlanması, Türkiye Bilimler Akademisi Arkeoloji Dergisi, (TÜBAAR) Sayı 20, 148-157.
- Balıkçı, B., 2007, İstanbul Müzeleri’nde Bulunan Bezemeli Dekoratif Cam Eserler (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 155.

- Barag, D., 1985, Catalogue of Western Asiatic Glass in the British Museum, Volume I, London,, 173-191.
- Başaran S., 2000, Pişmiş Toprak ve Cam Eserlerin Konservasyon/ Restorasyonu, Graphis Yayınevi, İstanbul, 59-73.
- Bayraktar H., 2011, Roma Çağı Cam Vazo Formları Ve Kullanım Alanları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 171-179.
- Bertin, E.P., 1984, Principle and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis, Second Edition Fourth Printing. Plenum Press, New York, 160.
- Beşer, E., 2009, Alanya Bölgesinden Elde Edilen Bazı Ortaçağ Camlarının Arkeometrik İncelemesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Programı, Yüksek Lisans tezi, Ankara.
- Büyük Lugat ve Ansiklopedisi, 1981, 2. C., Meydan Yayınevi, İstanbul.
- Cooney, J. D., 1976, Catalogue of Egyptian Antiquities in the British Museum, IV. Glass, London, 245.
- Çakmaklı, Ö. D., 2007, Uşak Arkeoloji Müzesi'nde Korunan Roma Dönemine Ait Cam Eserler (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 210.
- Çınardalı Karaaslan, N., 2012, "Panaztepe: Geç Tunç Çağı Boncuk Üretimi ile İlgili Bir Çalışma", Anadolu/Anatolia 38, 67-87.
- Çolak Büyüksöy, D., Akyol, A.A., Özsaıt Kocabaş, H.I., 2021, "Archaeometric Studies on the Characterization and Deteriorations of Glass Artifacts of Su Terazisi and Kral Kızı Regions in Enez (Ainos) Excavation", Art – Sanat Dergisi, Sayı: 16, s. 87-122 (ISSN: 2148-3582 / DOI: 10.26650/artsanat.2021.16.0004)
- Coşkun, Y., 1997, "Cam Hamuru Fayans", Archivum Anatolicum-Anadolu. Arşivleri, Ankara Üniversitesi DTCF Eskiçağ Dilleri ve Kültürleri Dergisi (Emin Bilgiç Anı Kitabı) 3, Ankara, 67-73.
- Coşkunsu, E., 2015, X-Ray Analizörlü Enerji Dağılımlı Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM/EDS) ile Enfsi/GSR (European Network Forensic Science Institute/Gun Shot Residue Proficiency Test) Numunesinde Elementel Atış Artıklarının Analizi ve Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Adli Bilimler Adli Kimya ve Adli Toksikoloji Anabilim Dalı, Ankara, 21.
- Dal, Y., 2009, Roma Dönem'inde Anadolu'da Cam (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Dardeniz, G., 2013, Alalakh: Genç Tunç Çağında Cam Üretimine Ait Bulgular, 28. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, Muğla, 155-s.166.
- Dardeniz G., (2016); "Vitreous Material Crafting In The Second Millennium B.C.: Glass, Faience, And Frit Production At Tell Atchana, Ancient Alalakh / M.Ö. II. Binyıl'da Vitrikiye Malların Zanaatı: Tell Açana, Alalah'ta Cam, Fayans ve Frit Üretimi", Doktora Tezi, Koç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Arkeoloji ve Sanat Tarihi Ana Bilim Dalı, İstanbul, 372.
- Davison, S., 2006, Conservation And Restoration Of Glass, London: Butterworths.
- Demir, A., 2013, "Giresun Müzesi'nde Bulunan Bir Grup Cam Eser" Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 169.
- Demir, E.Ç., 1999, Antik Çağ'da Cam ve Perge Konut Alanı "A" Evi Cam Eserleri Katalogu, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 244.
- Demir, H., 2007, Urfa-Teleilat Kazısından Ele Geçen Demir ve Neolitik Çağlara Ait Arkeolojik Çanak-Çömlek Buluntularının XRF Tekniği ile İncelenmesi. Yüksek

- Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Ankara, 74.
- Doğan, M., 2008, Klaros (Menderes-İzmir) Çevresinde Jeoarkeoloji Araştırmaları, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Çanakkale, 436.
- Doğan, C., 2014, Mersin Olba Arkeolojik Alanı Cam Buluntularının Arkeometrik Yöntemlerle İncelenmesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Programı, Yüksek Lisans tezi, Ankara, 72.
- Doru, T., 2007, Kahramanmaraş-Minnetpınarı, Erzincan-Akmezar, Çilhoroz, Erzurum-Güllüdere, Tasmator, Ardahan- Sazpegler Kazılarında Ele Geçen Ortaçağ'a ait Seramiklerin XRF İle Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı, Ankara, 65 – 80.
- Durduran, S., Erdi, A., Zoroğlu, L., Tekocak, M., 2005, Works On The Geographical Information System In The Ancient Town Kelenderis In Turkey, FIG Working Week 2005 and VIII. International Conference on The Global Spatial data Infrastructure (GSDI-8), 1, 57 - 68.
- Eker, F., 2010, “ Camın Tarihi Serüveni” CAMGERAN 2010 Uluslararası Katılımlı Uygulamalı Cam Sempozyumu, Eskişehir, 147-152.
- Erten, E. Y., 1993, Başlangıcından Geç Antik Dönem Sonuna Kadar Anadolu'da Cam, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 12.
- Erten, E. Y., 1998, İ.Ö. İkinci Binde Anadolu'da Cam”, OLBA I, s. 29-44.
- Erten, E. Y., 2000, “Anadolu'da Roma Camcılığında Küresel Gövdeli Sürahiler”, OLBA, III, 171-179.
- Erten, E. Y., 2002, “Glass in Hittites”, V. International Congress of Hittitology, Çorum, 319-329.
- Erten, E. Y., 2004, “Anadolu'dan Örneklerle Demir Çağı'nda Cam”, OLBA IX, 95-110
- Erten, E. Y., 2009, Early Ancient Glass from Şaraga Höyük, Annales of the 18th. Congress of the International Associations for the History of Glass, Antwerp, Gaziantep, 33-37.
- Esin, U., 1985, Arkeolojide Kullanılan Arkeometrik Araştırmalara Genel Bir Bakış, I. Arkeometri Sonuçları Toplantısı 1, Ankara, 1-6.
- Fatih, E., 2002, Mersin Arkeoloji Müzesi'nden Bir Grup Antik Dönem Etütlük Sikkelerinin Temizlik Ve Koruma Çalışmaları İle Tarihendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Adana, 35-40.
- Genç, D., 2019, Side, Antalya Erken Bizans Atölyesi Camlarının Arkeometrik İncelemesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Arkeometri Programı, Yüksek Lisans tezi, Ankara, 150.
- Goffer, Z. 2007, Archaeological Chemistry, 2. Baskı, John Wiley & Sons, New Jersey, S. 111-134.
- Goldstein, S. M., 1979, Pre-Roman and Early Roman Glass in The Corning Museum of Glass, Corning, New York.
- Goldstein, J., 1986, Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis, Plenum Press, Hardbound, 61-98.
- Goldstein, J.I., 2018, Newbury, D.E., Michael, J.R. , Ritchie, N.W.M., Scott, J.H.J., Joy D.C., Scanning Electron Microscopy And Xray Microanalysis, 4. Baskı, Springer. 554.
- Grose, D. F., 1989, The Toledo Museum of Art Early Ancient Glass Core Formed, RodFormed, and Cast Vessels and Objects from the Late Bronze Age to the Early Roman Empire, 1600 Bc to Ad 50, New York, 454.

- Gürler, B., 1999, "Tire'de Bulunmuş Erken Roma Devrine Ait Cam Eserlerden Oluşan Mezar Grubu", *Belleten*, Cilt: LXIII, 15- 26.
- Gürler, B., 2000, *Tire Müzesi Cam Eserleri*, Kültür Bakanlığı Yayınları, Ankara, 147.
- Harden, D. B., 1936, *Roman Glass from Karanis*, University of Michigan Studies Humanistic Series XLI, Ann Arbor, 432.
- Hewitt, A. D., 1995, Rapid screening of metals using portable high-resolution X-ray fluorescence spectrometers (No. CRREL-SR-95-14). Cold Regions Research And Engineering Lab Hanover Nh. Special Report 95-14.
- Ignatiadou, D., 2000, "Three Cast-glass Vessels from a Macedonian Tomb in Pydna", *Annales du 14e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Venice-Milano 1998, Lochem, 35-38.
- Ignatiadou, D., 2002, "Colorless Glass in Late Classical and Early Hellenistic Macedonia", *Journal of Glass Studies* 44, 11-24.
- Ignatiadou, D., 2005, "Achaemenid and Greek Colourless Glass", *The World of Achaemenid Persia: History, Art and Society in Iran and the Ancient Near East*, London, 419-426.
- İssi, A., 2011, *Eskişehir-Şarhöyük (Dorylaion) Arkeolojik Kazılarında Ele Geçen Helenistik Dönem Seramiklerinin (Kalıplı Kaseler ve Batı Yamacı Seramikleri) Karakterizasyonu*, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2-5.
- Jones, J. D., 2005, "Glass Vessels from Gordion Trade and Influence Along the Royal Road", *The Archaeology of Midas and The Phrygians*, Recent Work at Gordion, Philadelphia, 101-116.
- Jones, J. D., 2009, "Did the Phrygians Make Glass? Sources of Moulded Glass at Iron Age and Hellenistic Gordion", *Annales of the 17e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre*, Antwerp 3-10 septembre 2006, Antwerp, 21-26.
- Kanyak, S., 2009, *Cam Fırınlrın Tarihsele Gelişimi*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kavaz, B., 2011, *Tralleis Cam Fırınlrının Geleneksel Cam Fırınlrı ile Karşılaştırılması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- Kayan, İ., 2018, *Arkeolojide Temel Yöntemler*, Ege Yayınları, İstanbul, 17-20.
- Kılıç, A. C., 1995, *Cam Üretiminde Üfleme Yöntemiyle Biçimlendirme*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Kıstır, R., 2011, *Kelenderis Antik Kentinde 19. Yüzyıl Sonuna Tarihlenen Bir Kilisenin Değerlendirilmesi*, TÜBA-AR 14/2011, 141-150.
- Kocabağ, D., 2002, *Cam/Kimyası, Özellikleri ve Uygulaması*, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2.
- Küçükerman, Ö., 1985, *Cam Sanatı ve Geleneksel Türk Camcılığından Örnekler*, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, Ankara, 39.
- Küçükerman, Ö., 1998, *Türk Cam Sanayi ve Şişecam*, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. İstanbul, 295.
- Küçükpazarlı, N., 2006, *Konya Arkeoloji Müzesi'nde Bulunan Roma Çağı Cam Eserleri*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Layard, A. H., 1853, *Discoveries in the Ruins of Nineveh and Babylon*, New York, 765.
- Lightfoot, C., Arslan, M., 1997, *Anadolu Antik Camları; Yüksel Erimtan Koleksiyonu; Ancient Glass of Asia Minor*, Yüksel Erimtan Collection, Ankara.
- Marson, P., 1919, *Glass and Glass Manufacture*, London, 4.

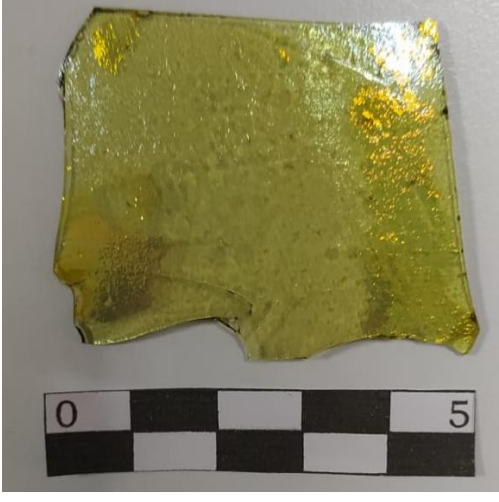
- Matsumara, K., 2015, "Analysis of Glass Artifacts Found in 16th Century BC Layer from Büklükale, Turkey – The Oldest Glass Vessel in the Near East", 20e Congres de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Fribourg-Swiss, Forthcoming.
- Memiş E., 2005, Ainos Antik Kenti Cam Buluntularının Teknolojisi, Koruma Ve Onarım Sorunları, Klasik Arkeoloji Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Michael, H.N., Ralph, E.K., 1971, Dating Technigues for the Archaeologist, The MIT Press, Cambridge London.
- Mutuk, T., 2013, Nano boyutta toz katkılı çimentoların fiziksel-mekanik ve mikroyapı özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Nightingale, G., 1998, "Mycenaean Glass Beads: Jewellery and Desing", Annales du 14e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Venice-Milano 1998, Lochem, 2000, 6-10.
- Oppenheim, A. L., Brill R. H., Barag D., von Saldern, A., 1970, Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia, New York.
- Oppenheim, A. L., 1973, "Towards a History of Glass in the Ancient Near East", JAOS 93, 259-266.
- Oyarçın, K., 2010, "2008 Yılı Kelenderis Agora Bazilikası Kazısında Bulunan Geç Antik Çağ (M.S.3.- M.S.7.) Sikkeleri", Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Anabilim Dalı Klasik Arkeoloji Bilim Dalı, Konya, 88.
- Özgümüş, Ü., (1991), "Anadolu camcılığının gelişimi, seramik ve maden sanatlarıyla bağlantısı", Doktora tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi, İstanbul, 161.
- Özgümüş, Ü., 2000, Anadolu Camcılığı, Pera Yayınevi, İstanbul, 25.
- Öztürk, N., 2003, "Çankırı Müzesi'nde Bulunan Erken Roma Dönemi'ne Ait Bir Grup Cam Eser", Atatürk Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Dergisi, Sayı: 4, Erzurum, 69-84,.
- Öztürk, N., 2013, Erzurum Müzesi Cam Eserleri, Mega Ofset, Erzurum.
- Reade, W. J., Jones, D. J., Privat, K., 2012, "Iron Age and Hellenistic Monochrome Glasses from Gordion", D. Ignatiadou – A. Antonaras (eds.), Annales du 18e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Thessaloniki 2009, Selanik, 81-86.
- Semat, H., 1967, Atom ve Çekirdek Fiziğinin Temelleri. Ankara, Ankara Üniversitesi Yayınları, 161.
- Schmidt, E. F., 2010, Persepolis II. Contents of the Treasury and Other Discoveries, Chicago.
- Schuler, F., 1959, "Ancient glassmaking techniques: The Molding Process", Archaeology 12, 47-52.
- Schreiner, M., 1988, "Deterioration of Medieval Stained Glass by Atmospheric Attack. 1: Scanning Electron Microscopic Investigations of the Weathering Phenomena", Glastechnische Berichte, 61 (7), 197-204.
- Slayman, A. L., 1997, "Roman Trade With the Canary Islands", Archeology/Newsbriefs, A Publication of the Archaeological Institute of America, Vol.50 Number 3, May/June, 22.
- Starr, C. G., 2000, Antik Çağda Deniz Gücü, (çev: Gürkan Ergin), İstanbul.
- Stern, E. M., 1999, "Ancient Glass in Athenian Temple Treasures" Journal of Glass Studies 41, 19-50.

- Stern, E. M., 1991, "Early Exports beyond the Empire", *Roman Glass: Two Centuries of Art and Invention*, 141-154.
- Stern, E. M., Schlick, N. B., 1994, *Early Glass of the Ancient World 1600 BC-AD 50: Ernesto Wolf Collection*, New York & London.
- Stern, E. M., 1995, *Roman Mold-Blown Glass: The First through Sixth Centuries*, Roma, 94-96.
- Şahin, Y., 1999, *Çekirdek Fiziğinin Esasları*. Atatürk Üniversitesi Yayınları Erzurum, 340.
- Şenok, N., 2011, *Pate De Verre Cam Şekillendirme Tekniği ile Cam Sanat Objeleri Araştırma ve Uygulamaları*, (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 178.
- Şimşek, G., Casadio, F., Colomban, Ph., Bellot-Gurlet, L., Faber, K. T., Zelleke, G., Milande, V. ve Moinet, E., 2014, "On-site identification of early Böttger red stoneware made at Meissen using portable XRF: 1, Body Analysis Journal of American Ceramic Society, 97 (9), s. 2745-2754.
- Şimşek, G., 2018, "P-XRF'in Kültürel Miras Eserleri Üzerine Yapılan Çalışmalarda Kullanımı", *Art-e Sanat Dergisi*, 11 (22), 406-415.
- Tanrıkulu, H., 2019, *Eski Knidos / Burgaz Kazısında Ele Geçen Metal Eserlerin Arkeometrik Yönden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi ,Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Arkeometri Anabilim Dalı, Batman, 98.
- Taştemür, E., 2007, *Klaros Cam Eserleri*, Trakya Üniversitesi-Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Edirne, 63 – 82.
- Taştemür, E., 2013, *MÖ. 7. Yüzyıldan 4. Yüzyıla Cam Kaseler*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayımlanmamış Doktora Tezi), İstanbul, 203 – 229.
- Taştemür, E., 2017, "Arkeolojik Veriler Işığında Camın Tarihsel Süreci" *Trakya Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, Cilt: 7 Sayı: 13, Ocak , 67-91.
- Tite, M. S., 1991, *Archaeological Science-Past Achievements and Future Prospects*, *Archaeometry* 31, 139-151.
- Uzun, B., 2004, "Bulunuşundan Üfleme Uygulamalı Cam Teknikleri" *Akantaş İnkılap Kitabevi Yayın Sanayi ve Ticaret A.Ş.*, İstanbul, s. 47.
- Ünsal, N., 2001, *İnşaat Mühendisleri İçin Jeoloji*, Ankara Gazi Üniversitesi Merkez Yayın Komisyonu, 42.
- Yalçın, Ü., Pulak, C., Slotta, R., 2005, *Das Schiff von Uluburun*, Bochum.
- Yaygın, M., 2012, *Geç Bizans - Erken Osmanlı Dönemi Seramiklerinin Arkeometrik Karakterizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İleri Teknolojiler Anabilim Dalı, Nanoteknoloji, 16.
- Yılmaz, Y., 2005, *Jeoarkeoloji ve Arkeojeofizik Sempozyumu*, YTÜ Açılış Konuşması, İstanbul, 41.
- Zoroğlu, 1994 Zoroğlu, L., "Bir Mozaik Üzerinde Antik Kelenderis Kenti Betimlemesi", 1993 Yılı Anadolu Medeniyetleri Müzesi Seri Konferansları Kitabı, Ankara, 31-45.
- Zoroğlu, L. K., 2003, *Kelenderis 2002 Yılı Kazısı Raporu*, 25. Kazı Sonuçları Toplantısı, Ankara, 451-466.
- Zoroğlu, L. K., 2008, "Kelenderis 2007 Yılı Kazı ve Onarım Çalışmaları" *ANMED Anadolu Akdenizi Arkeoloji Haberleri*, Antalya, 29-34.
- Wedepohl, K.H., A. Baumann, 2000, "The Use Of Marine Molluscan Shells For Roman Glass And Local Raw Glass Production İn The Eifel Area (Western Germany)", *Naturwissenschaften*, 87 (3), S. 129–132.

EKLER**EK-1**

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-1	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T4	
Gün Kodu: BR	
Ünit No: 023	
Bulunma Tarihi: 22.08.2003	
Boy:3cm En:2,3cm Cidar Kalınlık:0,4mm	
Açıklama: Yeşilimsi renkte olup ağız kısmı veya taban olduğu düşünülen cam parçasıdır. Üzerinde siyah benekler bulunmaktadır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-2	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Obje	
Plankare: T4	
Gün Kodu: BK	
Ünit No: 001	
Bulunma Tarihi: 15.08.2003	
Boy:4,2cm En:3,7cm Cidar Kalınlık:0,1mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte olup üzeri yaldızlı cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-3a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BZ	
Ünit No: 012	
Bulunma Tarihi: 29.08.2003	
Boy:1,5 cm En:1 cm Cidar Kalınlık:0,8 mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-3b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BZ	
Ünit No: 012	
Bulunma Tarihi: 29.08.2003	
Boy:1,1 cm En:0,9 cm Cıdar Kalınlık:0,1mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-4a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: AY	
Ünit No: 050	
Bulunma Tarihi: 13.08.2004	
Boy:4,5 cm En:3,5 cm Cıdar Kalınlık:0,5 mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-4b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: AY	
Ünit No: 050	
Bulunma Tarihi: 13.08.2004	
Boy:4,2cm En:3,7cm Cıdar Kalınlık:0,1mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte olup üzeri yaldızlı cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-5a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: AI	
Ünit No: 050	
Bulunma Tarihi: 28.07.2004	
Boy:5,3 cm En:1,9 cm Cidar Kalınlık:1 mm	
Açıklama: Saydam mavimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-5b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: AI	
Ünit No: 050	
Bulunma Tarihi: 28.07.2004	
Boy:2,4 cm En:4,1 cm Cidar Kalınlık:1 mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte olup üzeri yaldızlı cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-6a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BJ	
Ünit No: —	
Bulunma Tarihi: 23.08.2003	
Boy:3,7 cm En:2,5 cm Cıdar Kalınlık:2 mm	
Açıklama: Saydam yeşilimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-6b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BJ	
Ünit No: —	
Bulunma Tarihi: 23.08.2003	
Boy:1,3 cm En:2,1 cm Cıdar Kalınlık:3,1 mm	
Açıklama: Saydam mavimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-7	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T4	
Gün Kodu: AK	
Ünit No: 051	
Bulunma Tarihi: 30.07.2004	
Boy:6,2cm En:2,8 cm Cıdar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Siyah renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-8a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçalar	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BA	
Ünit No: 082	
Bulunma Tarihi: 20.08.2005	
Boy:2,7 cm En:2 cm Cıdar Kalınlık:2 mm	
Açıklama: Saydam yeşilimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-8b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BA	
Ünit No: 082	
Bulunma Tarihi: 20.08.2005	
Boy:2,6 cm En:1,7 cm Cıdar Kalınlık:5 mm	
Açıklama: Saydam renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-9	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Motifli Cam Parçası	
Plankare: T3	
Gün Kodu: BS	
Ünit No: 001	
Bulunma Tarihi: 23.08.2005	
Boy:3,6 cm En:1,9 cm Cıdar Kalınlık:6 mm	
Açıklama: Mavi renkte üzeri bezemeli / opak cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-10a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: AZ	
Ünit No: 044	
Bulunma Tarihi: 13.08.2004	
Boy:2,6 cm En:2 cm Cıdar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Saydam yeşilimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-10b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: AZ	
Ünit No: 044	
Bulunma Tarihi: 13.08.2004	
Boy:2,2 cm En:0,9 cm Cıdar Kalınlık:1 mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte cam parçasıdır.	

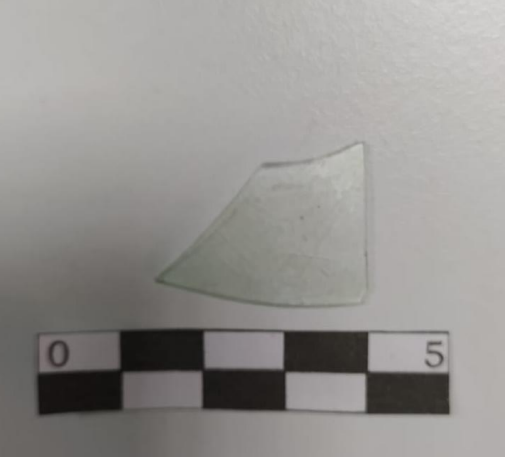
Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-11	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BD	
Ünit No: 043	
Bulunma Tarihi: 18.08.2004	
Boy:2 cm En:2 cm Cıdar Kalınlık:3 mm	
Açıklama: Saydam mavimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-12a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T3	
Gün Kodu: BP	
Ünit No: 052	
Bulunma Tarihi: 21.08.2003	
Boy:3,2cm En:2,1 cm Cidar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Yeşil renkte üst üste bükülmüş hatalı üretim cam parçasıdır.	

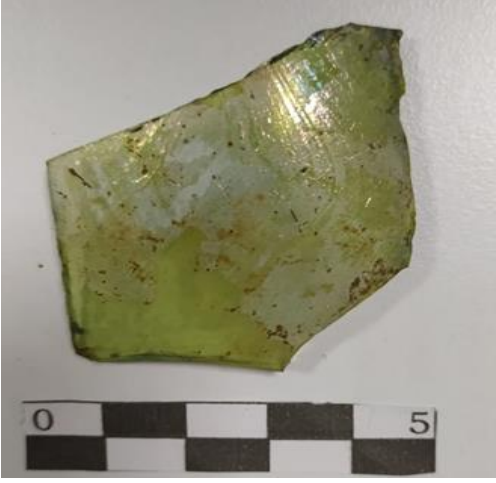
Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-12b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T3	
Gün Kodu: BP	
Ünit No: 052	
Bulunma Tarihi: 21.08.2003	
Boy:2,6 cm En:1,7 cm Cidar Kalınlık:1 mm	
Açıklama: Saydam renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-13	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T2	
Gün Kodu: BO	
Ünit No: 043	
Bulunma Tarihi: 20.08.2003	
Boy:2,5 cm En:1,3 cm Cidar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Saydam sarı renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-14	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T3	
Gün Kodu: BF	
Ünit No: 023	
Bulunma Tarihi: 09.08.2003	
Boy:4,1 cm En:3,5 cm Cidar Kalınlık:3 mm	
Açıklama: Yeşil renkte cam parçasıdır.	

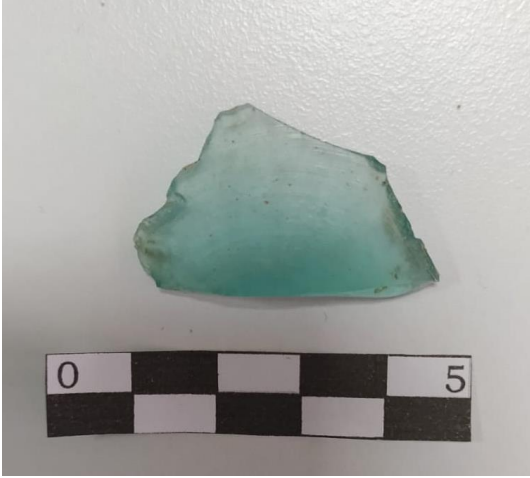
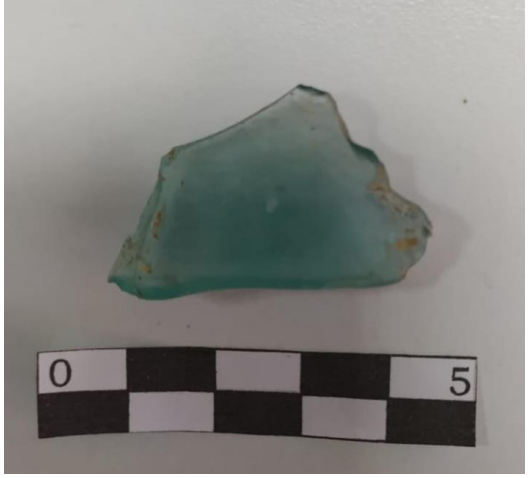
Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-15a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: BK	
Ünit No: 034	
Bulunma Tarihi: 15.08.2003	
Boy:1,8 cm En:1,3 cm Cidar Kalınlık:4 mm	
Açıklama:Sarı renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-15b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: BK	
Ünit No: 034	
Bulunma Tarihi: 15.08.2003	
Boy:3,2 cm En:2,3 cm Cidar Kalınlık:2 mm	
Açıklama: Saydam renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-16	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BD	
Ünit No: 048	
Bulunma Tarihi: 18.08.2004	
Boy:3,5 cm En:1,8 cm Cidar Kalınlık:6 mm	
Açıklama: Mavi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-17	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T2	
Gün Kodu: BO	
Ünit No: 039	
Bulunma Tarihi: 20.08.2003	
Boy:2,2cm En:1,8 cm Cidar Kalınlık:6 mm	
Açıklama: Kahverengi-siyah renkte olup tabakalı ve gözenekli opak cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-18	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BN	
Ünit No: —	
Bulunma Tarihi: 19.08.2003	
Boy:1,8 cm En:7 cm Cidar Kalınlık:2 mm	
Açıklama: Mavi renkte delikli cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-19	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Kap Parçası	
Plankare: T2	
Gün Kodu: BC	
Ünit No: 058	
Bulunma Tarihi: —	
Boy:3,8 cm En:1,9 cm Cıdar Kalınlık:6 mm	
Açıklama: Yeşil renkte üzeri yaldızlı ve gözenekli cam kap parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-20a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T3 (araba yolu)	
Gün Kodu: BU	
Ünit No: 001	
Bulunma Tarihi: 26.08.2003	
Boy:2,6 cm En:2,4 cm Cidar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Yeşil renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-20b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Parçaları	
Plankare: T3 (araba yolu)	
Gün Kodu: BU	
Ünit No: 001	
Bulunma Tarihi: 26.08.2003	
Boy:3,9 cm En:1,2 cm Cidar Kalınlık:6 mm	
Açıklama: Yeşil renkte olup ağız parçasına benzer cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-21a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T3	
Gün Kodu: BF	
Ünit No: 032	
Bulunma Tarihi: 08.08.2003	
Boy:1,9 cm En:1,4 cm	
Açıklama: Mavi renkte, delikli cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-21b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T3	
Gün Kodu: BF	
Ünit No: 032	
Bulunma Tarihi: 08.08.2003	
Boy:1,8 cm En:1,4 cm Cıdar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Saydam mavi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-22a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BE	
Ünit No: 062	
Bulunma Tarihi: 19.08.2004	
Boy:2 cm En:1,7 cm Cıdar Kalınlık:5 mm	
Açıklama: Saydam mavimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-22b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BE	
Ünit No: 062	
Bulunma Tarihi: 19.08.2004	
Boy:1,7 cm En:2,7 cm Cıdar Kalınlık:1 mm	
Açıklama: Saydam mavimsi renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-23	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: K.01.T.B	
Gün Kodu: AM	
Ünit No: 2	
Bulunma Tarihi: 22.08.2001	
Boy:4 cm En:1,6 cm Cıdar Kalınlık:5 mm	
Açıklama: Pembe renkte cam parçasıdır.	

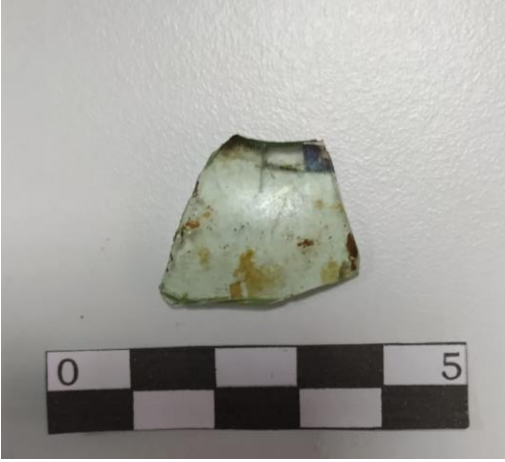
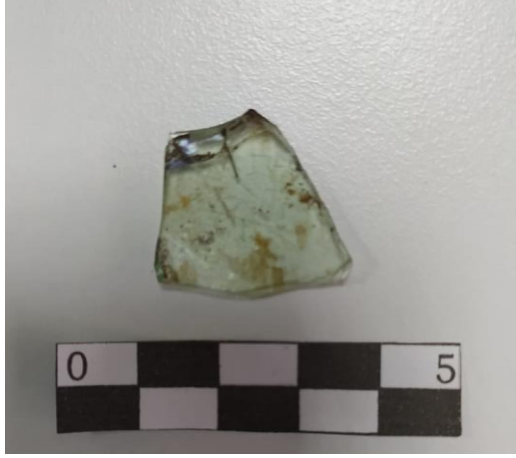
Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-24a	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: AT	
Ünit No: 081	
Bulunma Tarihi: 15.08.2005	
Boy:1,6 cm En:2,1 cm Cıdar Kalınlık:4 mm	
Açıklama: Mavi renkte delikli cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-24b	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T1	
Gün Kodu: AT	
Ünit No: 081	
Bulunma Tarihi: 15.08.2005	
Boy:2,2 cm En:1,9 cm Cıdar Kalınlık:2 mm	
Açıklama: Saydam yeşil renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-25	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: F10	
Gün Kodu: BF	
Ünit No: 020	
Bulunma Tarihi: 20.08.2004	
Boy:2,3 cm En:1,9 cm Cıdar Kalınlık:3 mm	
Açıklama: Saydam yeşil renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-26	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T2	
Gün Kodu: BJ	
Ünit No: 004	
Bulunma Tarihi: 14.08.2003	
Boy:1,2 cm En:1,6 cm	
Açıklama: Lacivert renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-27	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam Cürufu	
Plankare: T1	
Gün Kodu: BA	
Ünit No: 082	
Bulunma Tarihi: 22.08.2005	
Boy:2,5 cm En:2,2 cm	
Açıklama: Cüruf parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

 Ön Yüz	 Arka Yüz
KC-28	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Cam	
Plankare: T3	
Gün Kodu: AU	
Ünit No: 054	
Bulunma Tarihi: 10.08.2004	
Boy:1,9 cm En:2,6 cm	
Açıklama: Saydam pembe renkte cam parçasıdır.	

Ek-1'in devamıdır

	
Ön Yüz	Arka Yüz
KC-29	
Bulunduğu Yer: Odeon	
Buluntu Adı: Mavi Cam/Melamin	
Plankare: T4	
Gün Kodu: AK	
Ünit No: 051	
Bulunma Tarihi: 30.07.2004	
Boy:2,8cm En:2,1cm Cidar Kalınlık:3mm	
Açıklama: Mavi renkte cam/melamin parçasıdır.	

EK-2

Numune Kodu	Analiz Adı	Renk	LE	Mg	Al	Si	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Zr	Nb	Mo	Sb	Pb	Na	Ca	Cl	K	
KL-1	SEM- EDX	Yeşil		0,54	2,04	63,72						1,09										13,03	10,44	0,4	0,34	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	12,52	81,78	ND	ND	ND	ND			2,45	3,01	ND	ND	ND	0,0952	ND	ND	ND	0,14				
	P-XRF (Geochem)		54,36	ND	2,61	33,46	ND	ND	0,0944	ND			0,5012	0,72	0,009	0,003	ND	0,006	ND	ND	0,0094	0,02				
	PED-XRF		18,93	0,38	0,71	59,21	0,04	0,05	0,08	0,008	0,007		0,39	0,73									3,8	13,94	0,23	0,53
KL-2	SEM- EDX	Saydam Sarı		0,69	2,31	60,29						1,82	1,55				6,72					20,82	4,82	0,88	0,1	
	P-XRF (Alloy Plus)				6,01	75,45	0,25	0,8	1,58	ND			8,63	7,06	ND	ND	ND	0,232	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		47,55	1,24	2,42	39,51	ND	0,0787	0,4221	ND			1,9987	1,7835	0,004	0,0029	ND	0,0343	ND	ND	ND	0,001				
	PED-XRF		18,73	0,79	1,34	55,8	0,059	0,125	0,442	0,005	0,016		1,39	1,62									5,2	13,82	0,434	0,532
KL-3a	SEM- EDX	Saydam Sarı																								
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	8,46	74,15	0,45	0,4024	ND	ND			5,31	11,09	ND	ND	ND	0,137	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		44,85	ND	1,75	40,31	ND	0,0728	0,2538	ND			1,6027	3,582	0,014	0,0066	0,002	0,0184	0,0013	0,0009	ND	0,0032				
	PED-XRF		0,33	1,819	8,52	62,29	0,313	0,019	0,679	0,017	0,013		0,096	7,87									0,11	15,88	0,058	3,21
KL-3b	SEM- EDX	Saydam Sarı																								
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	13,13	70,77	0,74	ND	ND	ND			4,46	9,94	ND	ND	ND	0,1217	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		46,31	ND	1,82	39,54	0,0373	0,0623	0,2095	ND			1,4496	3,3883	0,0114	0,0049	0,002	0,0189	0,0011	0,008	ND	0,003				
	PED-XRF		17,33	0,730	1,35	61,85	0,069	0,261	0,104	0,005	0,010		1,12	3,48									0,78	12,63	0,280	0,466
KL-4a	SEM- EDX	Saydam Mavi		0,46	3,04	70,02											9,16					7,47	8,67	0,64	0,54	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	7,99	89,59	ND	ND	ND	ND			ND	2,37	ND	ND	ND	0,0518	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		32,82	ND	3,51	47,8	ND	ND	0,0629	ND			0,0332	0,8155	ND	0,0019	ND	0,0049	0,0018	ND	ND	0,0026				
	PED-XRF																									
KL-4b	SEM- EDX	Saydam Mavi		0,55	1,7	61,24																8,83	11,69		0,44	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	12,17	85,69	ND	ND	ND	ND			ND	2,08	ND	ND	ND	0,0669	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		51,95	ND	3,19	36,07	ND	ND	ND	ND			0,0116	0,4475	ND	0,0014	ND	0,005	ND	ND	ND	0,0012				
	PED-XRF		19,28	0,048	0,856	67,37	0,055	0,086	0,068	0,008	0,002		0,034	0,568									3,60	5,88	0,305	0,614
KL-5a	SEM- EDX	Saydam Mavi		0,21	2,42	65,76											10,66					12,55	8,41			
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	5,5	92,06	ND	ND	ND	ND			ND	2,38	ND	ND	ND	0,0618	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		47,23	ND	1,86	42,03	ND	ND	0,0507	ND			0,018	0,5002	ND	0,0013	ND	0,0045	ND	ND	ND	0,0025				
	PED-XRF		13,48	0,549	0,919	60,88	0,058	0,024	0,075	0,007	0,004		0,019	0,588									6,44	15,91	0,416	0,471
KL-5b	SEM- EDX	Saydam Mavi		0,21	3,38	70,76											9,8					7,5	7,23	0,67	0,44	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	6,39	91,08	ND	ND	ND	ND			ND	2,47	ND	ND	ND	0,0588	ND	ND	ND	ND				
	P-XRF (Geochem)		41,49	ND	2,17	45,72	ND	ND	0,0525	ND			0,0177	0,5932	ND	0,0015	0,001	0,004	ND	ND	ND	0,0026				
	PED-XRF		28,22	0,039	0,600	55,33	0,034	0,021	0,017	0,008	0,001		0,012	0,422									2,53	12,85	0,181	0,297

Numune Kodu	Analiz Adı	Renk	LE	Mg	Al	Si	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Zr	Nb	Mo	Sb	Pb	Na	Ca	Cl	K
KL-6a	SEM- EDX	Saydam Yeşil		0,6	3,27	60,5											8,82					17,3	8,75	0,79	
	P-XRF			ND	6,75	90,29	ND	ND	ND	ND		ND	2,87	ND	ND	ND	0,094	ND	ND	ND	ND				
	(Alloy Plus) P-XRF		49,8	ND	2,17	37,47	ND	ND	0,038	ND		0,027	0,595	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,001				
	(Geochem) PED-XRF		29,6	0,275	0,564	50,38	0,045	0,037	0,057	0,006	0,002	0,035	0,448									4,01	13,64	0,294	0,612
KL-6b	SEM- EDX	Saydam Mavi																							
	P-XRF			ND	5,48	91,93	ND	ND	ND	ND		ND	2,52	ND	ND	ND	0,073	ND	ND	ND	ND				
	(Alloy Plus) P-XRF		54,3	ND	1,48	36,25	ND	ND	ND	ND		0,02	0,344	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,002				
	(Geochem) PED-XRF		21,4	0,476	1,10	54,35	0,045	0,040	0,100	0,008	0,004	0,037	0,834									7,27	13,57	0,569	0,561
KL-7	SEM- EDX	Siyah		4,94	6,28	54,45							2,59				5,56					1,22		0,24	0,69
	P-XRF			ND	11,36	78,72	ND	ND	1,25	ND		ND	8,56	ND	ND	ND	0,119	ND	ND	ND	ND				
	(Alloy Plus) P-XRF		34,4	3,83	4,11	31,91	0,053	ND	0,261	0,042		0,06	2,751	0,003	1,003	2,003	3,003	4,003	ND	ND	0,003				
	(Geochem) PED-XRF		28	0,847	1,55	51,38	0,003	0,167	0,189	0,008	0,010	0,179	2,51									0,39	13,76	0,303	0,991
KL-8a	SEM- EDX	Saydam Yeşil		0,26	2,18	66,36											8,08					14,2	8,04	0,83	
	P-XRF			ND	4,55	93,04	ND	ND	ND	ND		0,37	1,97	ND	ND	ND	0,074	ND	ND	ND	ND				
	(Alloy Plus) P-XRF		53,1	ND	1,79	37,71	ND	ND	ND	ND		0,051	0,307	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND				
	(Geochem) PED-XRF		22,5	0,306	0,565	57,11	0,043	0,081	0,052	0,010	0,006	0,075	0,388									6,05	12,28	0,496	0,386
KL-8b	SEM- EDX	Sarı																							
	P-XRF			ND	15,67	76,53	0,77	ND	ND	ND	ND	ND	3,15	ND	ND	ND	0,078	ND	ND	3,56	0,247				
	(Alloy Plus) P-XRF		50,5	ND	7	36,54	0,059	ND	0,095	0,061	0,013	0,01	0,629	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	ND	0,57	0,032				
	(Geochem) PED-XRF		18,4	0,461	0,821	56,01	0,043	0,181	0,107	0,007	0,004	0,021	0,554									9,06	12,98	0,585	0,506
KL-9	SEM- EDX	Mavi		0,19	3,07	63,11		1,98									7,49					8,07	10,88		2,16
	P-XRF			ND	4,22	58,13	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,277	2,87	ND	1,35	ND	ND	ND	ND	33,16				
	(Alloy Plus) P-XRF		42,8	ND	1,65	35,69	ND	2,026	ND	ND	ND	0,015	0,106	0,872	0,872	0,872	0,872	0,872	ND	ND	4,818				
	(Geochem) PED-XRF		18,9	0,249	1,26	61,72	0,003	0,012	0,073	0,002	0,007	0,020	0,251									3,47	11,44	0,090	2,63
KL-10a	SEM- EDX	Saydam Yeşil		0,64	3,11	61,96											10,06					15,9	7,73	0,38	0,19
	P-XRF			ND	7,42	87,46	1,06	ND	ND	ND	ND	0,22	3,71	ND	ND	ND	ND	0,089	ND	ND	0,04				
	(Alloy Plus) P-XRF		52,7	ND	1,94	36,28	ND	ND	0,07	ND	ND	0,028	0,58	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	ND	ND	0,003				
	(Geochem) PED-XRF		28,9	0,258	0,657	58,48	0,005	0,035	0,085	0,006	0,005	0,060	0,597									4,28	16,29	0,399	0,589
KL-10b	SEM- EDX	Saydam Sarı																							
	P-XRF			ND	4,99	91,84	ND	ND	ND	ND	ND	0,42	2,62	ND	ND	ND	ND	0,069	ND	ND	0,06				
	(Alloy Plus) P-XRF		48,1	ND	1,59	40,7	ND	ND	0,045	ND	ND	0,047	0,534	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	ND	ND	0,009				
	(Geochem) PED-XRF		26	0,178	0,370	59,68	0,018	0,023	0,025	0,001	0,002	0,015	0,190									1,48	12,6	0,114	0,219

Numune Kodu	Analiz Adı	Renk	LE	Mg	Al	Si	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Zr	Nb	Mo	Sb	Pb	Na	Ca	Cl	K	Bi
KL-11	SEM-EDX	Saydam Mavi																								
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	5,06	92,53	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,34	ND	ND	ND	0,078	ND	ND	ND	ND					
	P-XRF (Geochem)		50,8	ND	1,46	39,42	ND	ND	0,038	ND	ND	0,02	0,3663	0,0029	ND	ND	0,004	ND	ND	ND	0,001					ND
	PED-XRF		7,73	0,640	1,84	67,90	0,006	0,223	0,126	0,011	0,013	0,084	1,25									4,04	13,64	1,15	1,32	
KL-12a	SEM-EDX	Yeşil		0,23	2,95	67,36						1,56					9,52					8,28	8,79	0,99	0,31	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	5,49	78,87	0,62	ND	ND	ND	ND	11,56	3,34	ND	ND	ND	0,123	ND	ND	ND	ND					
	P-XRF (Geochem)		49,4	1,13	3,48	34,86	0,25	ND	0,121	0,031	ND	1,064	0,5827	0,0024	0,002	ND	0,003	ND	ND	ND	0,001					ND
	PED-XRF		22,8	0,430	1,00	57,78	0,059	0,080	0,012	0,008	0,005	1,34	0,560									1	14,06	0,295	0,426	
KL-12b	SEM-EDX	Saydam		0,35	8,31	69,92											14,92						6,5			
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	9,68	81,24	ND	ND	ND	ND	ND	7,12	1,89	ND	ND	ND	0,069	ND	ND	ND	ND					
	P-XRF (Geochem)		42	ND	5,97	40,81	ND	ND	0,079	0,044	ND	1,904	0,5785	0,0063	ND	ND	0,004	ND	ND	ND	ND					ND
	PED-XRF		8,73	0,545	1,03	63,54	0,075	0,141	0,067	0,006	0,004	1,49	0,813									9,13	13,39	0,731	0,496	
KL-13	SEM-EDX	Saydam Sarı		1,12	2,68	57,32						1,06					6,59					23,46	6,84	0,92		
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	5	83,27	ND	1,51	ND	ND	ND	5,36	4,66	ND	ND	ND	0,141	ND	ND	ND	0,058					
	P-XRF (Geochem)		52,9	1,24	1,68	34,86	ND	0,14	0,078	ND	0,013	0,85	0,81	0,006	0,0023	ND	0,007	0	0,0008	0,05	0,003					ND
	PED-XRF		9,63	0,743	0,772	61,57	0,043	0,345	0,128	0,006	0,004	0,899	0,948									13,04	11,06	0,830	0,479	
KL-14	SEM-EDX	Saydam Yeşil		0,81	2,2	63,69						1,14					5,88					21,27	3,97	1,05		
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	15,05	75,55	ND	ND	ND	ND	ND	5,48	3,77	ND	ND	ND	0,154	ND	ND	ND	ND					
	P-XRF (Geochem)		49	ND	6,92	37,34	ND	ND	0,179	0,038	ND	1,224	1,0993	0,0078	0,0024	ND	0,02	ND	ND	ND	0,002					ND
	PED-XRF		13,6	0,226	0,525	61,83	0,011	0,114	0,278	0,009	0,004	1,45	1,18									6,5	13,09	0,653	0,634	
KL-15a	SEM-EDX	Saydam Sarı																								
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	14,97	67,96	0,77	ND	1,84	ND	ND	7,69	6,54	0,008	0,0037	ND	0,023	ND	ND	0,01	0,038					
	P-XRF (Geochem)		47,1	ND	7,72	35,91	0,12	ND	0,375	0,086	ND	1,591	1,8763	0,008	0,0037	ND	0,023	ND	ND	ND	0,005					ND
	PED-XRF		7,82	0,350	0,769	66,57	0,036	0,088	0,322	0,010	0,013	2,29	2,34									4,75	13,75	0,416	0,410	
KL-15b	SEM-EDX	Saydam Yeşil		0,34	4,93	68,83											10,85					3,6	10,77	0,17	0,52	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	5,62	92,38	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,92	ND	ND	ND	0,074	ND	ND	ND	ND					
	P-XRF (Geochem)		47,9	ND	2,06	40,91	ND	ND	ND	ND	ND	0,016	0,4054	ND	ND	ND	0,004	ND	ND	ND	ND					ND
	PED-XRF		13,6	0,305	0,699	64,37	0,037	0,028	0,060	0,006	0,003	0,027	0,438									4,62	15,42	0,397	0,572	
KL-16	SEM-EDX			1,03	2,99	62,61											6,71					17,29	8,31	0,58	0,48	
	P-XRF (Alloy Plus)			ND	5,86	89,86	ND	ND	ND	ND	ND	0,87	3,22	ND	ND	ND	0,077	ND	ND	ND	0,112					
	P-XRF (Geochem)		51,6	ND	1,88	37,19	ND	ND	0,062	ND	ND	0,175	0,5569	0,0026	0,0019	ND	0,005	ND	ND	ND	0,011					0,0015
	PED-XRF		5,34	0,415	0,943	64,05	0,008	0,100	0,099	0,001	0,003	0,163	0,775									7,54	18,82	0,495	0,949	

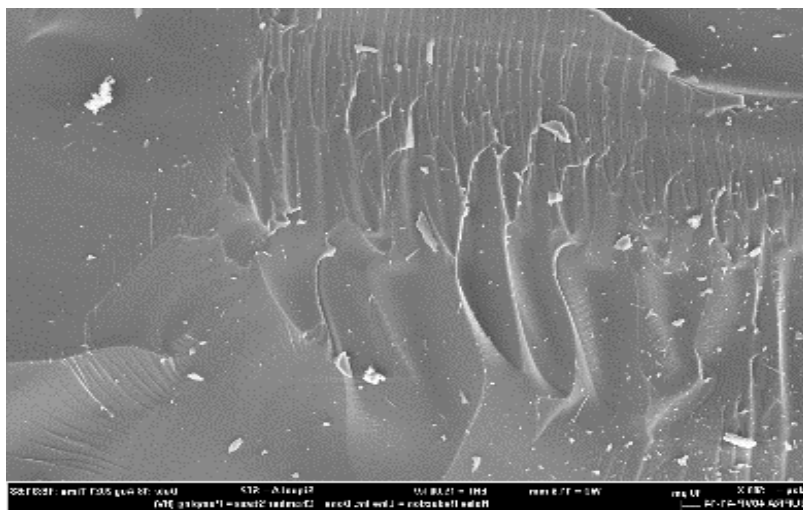
Numune Kodu	Analiz Adı	Renk	LE	Mg	Al	Si	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Zr	Nb	Mo	Sb	Pb	Na	Ca	Cl	K	Bi
KL-17	SEM-EDX	Kahverengi-Siyah		0,53	10,63	63,2						2,86					15,57					0,54	6,67			
	P-XRF			ND	16,27	50,75	2,77	ND	1,08	ND	ND	20,33	8,17	0,35	ND	ND	0,123	ND	ND	ND	0,162					
	(Alloy Plus) P-XRF																									
	(Geochem) PED-XRF		61,86	ND	5,92	21,27	0,338	ND	0,247	0,065	ND	4,27	1,778	0,04	0,01	0,008	0,008	ND	ND	ND	0,018					0,001
KL-18	SEM-EDX	Mavi	20,34	0,308	1,47	61,10	0,073	0,114	0,077	0,006	0,002	1,74	0,791									5,52	7,08	0,497	0,507	
	P-XRF			0,49	2,56	64,23											8,59					13,7	9,36	0,36	0,71	
	(Alloy Plus) P-XRF			ND	5,42	89,87	ND	ND	ND	ND	ND	0,55	2,79	ND	ND	ND	0,099	ND	ND	ND	1,28					
	(Geochem) PED-XRF		53,64	ND	2,09	34,76	0,037	ND	0,061	ND	ND	0,07	0,463	0,01	0	ND	0,005	ND	ND	ND	0,109					ND
KL-19	SEM-EDX	Yeşil			2,22	63,07						1,4					10,34					3,91	9,35	0,328	1,30	
	P-XRF			ND	16,54	74,57	0,36	ND	ND	ND	ND	5,27	3,05	ND	ND	ND	0,07	ND	ND	ND	0,142					
	(Alloy Plus) P-XRF																									
	(Geochem) PED-XRF		54,42	ND	6,96	31,33	ND	ND	0,136	0,058	ND	0,923	0,694	0,01	0	ND	0,004	ND	ND	ND	0,016					ND
KL-20a	SEM-EDX	Yeşil	11,45	0,030	1,13	66,32	0,068	0,150	0,107	0,008	0,005	1,05	0,878									9,15	7,78	0,644	0,750	
	P-XRF			0,62	2,76	64,73											7,97					17,2	5,84	0,71	0,17	
	(Alloy Plus) P-XRF			ND	10,24	85,71	1,24	ND	ND	ND	ND	0,23	2,5	ND	ND	ND	0,07	ND	ND	ND	ND					
	(Geochem) PED-XRF		52,62	ND	6,16	35,16	ND	ND	0,06	0,02	ND	0,01	0,39	ND	0	ND	0,005	ND	ND	ND	ND					ND
KL-20b	SEM-EDX	Yeşil	22,55	0,350	0,750	62,03	0,040	0,050	0,080	0,007	0,003	0,010	0,500									7,14	5,14	0,470	0,480	
	P-XRF			0,77	2,82	61,2						2,25	1,72				9,12					16,8	4,58	0,69		
	(Alloy Plus) P-XRF			ND	10,07	72,41	0,54	ND	1,75	ND	ND	7,15	7,84	ND	ND	ND	23,39	ND	ND	ND	ND					
	(Geochem) PED-XRF		54,83	ND	2,36	32,59	0,1	ND	0,39	ND	ND	1,86	2,06	0,01	0	7E-04	0,03	0,001	9E-04	ND	ND					ND
KL-21a	SEM-EDX	Mavi	6,93	0,350	0,740	66,95	0,001	0,080	0,500	0,010	0,009	1,85	2,27									5,5	13,8	0,450	0,410	
	P-XRF			0,3	8,31	64,94											13,48					2,32	10,3	0,16	0,14	
	(Alloy Plus) P-XRF			ND	5,18	92,04	ND	ND	ND	ND	ND	0,33	2,35	ND	ND	ND	0,09	ND	ND	ND	ND					
	(Geochem) PED-XRF		57,04	ND	1,51	35,88	ND	ND	0,07	0,02	ND	0,015	0,358	ND	ND	ND	0,005	ND	ND	ND	ND					0,013
KL-21b	SEM-EDX	Saydam Mavi	12,95	0,200	0,520	65,66	0,007	0,060	0,070	0,005	0,004	0,028	0,462									4,67	14,7	0,404	0,473	
	P-XRF			ND	5,38	91,94	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,61	ND	ND	ND	0,082	ND	ND	ND	ND					
	(Alloy Plus) P-XRF			ND	1,6	37,77	ND	ND	0,046	ND	ND	0,018	0,413	ND	ND	ND	0,006	ND	ND	ND	0,001					ND
	(Geochem) PED-XRF		19,39	0,287	0,623	59,07	0,032	0,148	0,077	0,005	0,004	0,015	0,477									3,97	14,5	0,343	0,466	
KL-22a	SEM-EDX	Saydam Mavi																								
	P-XRF			ND	6,15	89,23	ND	ND	ND	ND	ND	1,23	3,23	ND	ND	ND	0,094	ND	ND	ND	0,064					
	(Alloy Plus) P-XRF			1	1,57	37,03	ND	ND	0,084	ND	ND	0,201	0,614	0	0	ND	0,006	ND	ND	ND	0,005					ND
	(Geochem) PED-XRF		22,45	0,790	1,20	64,04	0,007	0,069	0,060	0,024	0,005	0,019	0,470									4,5	5,02	0,354	0,762	
KL-22b	SEM-EDX	Saydam Mavi		0,79	4,35	65,78											14,51					2,59	10,5	0,48	0,96	
	P-XRF			ND	5,02	92,79	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2,12	ND	ND	ND	0,069	ND	ND	ND	ND					
	(Alloy Plus) P-XRF			ND	2,43	40,73	ND	ND	ND	ND	ND	0,021	0,494	ND	0	ND	0,004	ND	ND	ND	0,003					ND
	(Geochem) PED-XRF		20,47	0,348	0,924	61,21	0,032	0,139	0,117	0,009	0,003	0,233	0,861									6,24	8,18	0,492	0,970	

Numune Kodu	Analiz Adı	Renk	LE	Mg	Al	Si	P	S	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Zr	Nb	Mo	Sb	Pb	Na	Ca	Cl	K	Bi
KL-23	SEM-EDX	Pembe		1,03	4,68	62,6							1,58				8,92					8,26	12,97			
	P-XRF			ND	2,24	92,5	ND	ND	ND	ND	ND	1,01	0,35	ND	ND	1,18	ND	ND	ND	0,56	2,18					
	(Alloy Plus) P-XRF		50,96	ND	0,28	37,1	ND	0,21	ND	ND	ND	0,138	0,053	ND	ND	0,1407	0,0023	ND	ND	0,06	0,2069					ND
	(Geochem) PED-XRF		18,93	0,470	0,015	62,75	0,025	0,247	0,043	0,002	0,005	0,143	0,213									6,32	11,01	0,104	0,222	
KL-24a	SEM--EDX	Mavi		0,42	2,73	63,2											9,6					12,13	10,92	0,54	0,45	
	P-XRF			ND	5,82	91,7	ND	ND	ND	ND	ND	2,38	ND	ND	ND	0,0785	ND	ND	ND	ND						
	(Alloy Plus) P-XRF		52,23	ND	1,81	36,2	ND	ND	0,07	ND	ND	0,02	0,46	0,001	0,001	ND	0,004	ND	ND	ND	0,002					ND
	(Geochem) PED-XRF		10,35	0,243	0,693	65,71	0,065	0,049	0,085	0,010	0,003	0,097	0,665									3,36	17,1	0,368	0,734	
KL-24b	SEM--EDX	Saydam Yeşil		0,59	2,76	61,4											9,73					15,39	9,2	0,57	0,33	
	P-XRF			ND	6,33	90,4	ND	ND	ND	ND	ND	3,17	ND	ND	ND	0,1043	ND	ND	ND	ND						
	(Alloy Plus) P-XRF		48,85	ND	1,82	37,6	ND	ND	ND	ND	ND	0,025	0,599	ND	0,0013	0,001	0,0051	0,0019	0,0008	ND	ND					ND
	(Geochem) PED-XRF		22,55	0,500	0,847	57,92	0,048	0,062	0,048	0,002	0,002	0,042	0,438									2,24	14,3	0,245	0,464	
KL-25	SEM--EDX	Saydam Yeşil			3,48	68,9						1,23					10,3					7,38	7,93	0,84		
	P-XRF			ND	6,14	85	ND	ND	ND	ND	ND	6,43	2,33	ND	ND	ND	0,0915	ND	ND	ND	ND					
	(Alloy Plus) P-XRF		50	ND	3,37	37,4	ND	ND	0,07	0,02	ND	1,2	0,47	0,002	ND	ND	0,0033	ND	ND	ND	0,001					0,002
	(Geochem) PED-XRF		7,46	0,421	0,897	67,53	0,042	0,079	0,051	0,006	0,001	1,32	0,655									3,76	16,54	0,491	0,463	
KL-26	SEM--EDX	Lacivert																								
	P-XRF			ND	7,84	81,9	5,35	ND	ND	ND	ND	0,22	3,68	0,301	ND	ND	0,0818	ND	ND	ND	0,6126					
	(Alloy Plus) P-XRF		53,13	ND	3,2	33,5	0,62	ND	0,096	ND	ND	0,045	0,7	0,049	0,0031	ND	0,0039	ND	ND	0,01	0,0707					0,0015
	(Geochem) PED-XRF		8,32	0,317	0,630	69,32	0,028	0,056	0,049	0,001	0,002	0,034	0,486									4,18	15,16	0,394	0,453	
KL-27	SEM--EDX	Curuf		3,02	15,4	45,8							8,6				10,72					0,75	13,33		2,34	
	P-XRF			ND	22,29	53,3	3,5	ND	1,52	ND	0,19	0,28	18,59	ND	ND	0,1586	0,1168	ND	ND	ND	0,0507					
	(Alloy Plus) P-XRF		48,8	2,15	6,7	18,2	0,44	ND	0,39	ND	ND	0,073	5,312	0,009	0,0115	0,0026	0,0166	0,0027	ND	ND	0,0065					ND
	(Geochem) PED-XRF		18,36	0,061	0,869	67,18	0,060	0,072	0,223	0,024	0,007	1,11	3,15									3,96	4,29	0,325	0,554	
KL-28	SEM--EDX	Saydam Pembe		0,65	1,76	70,9											7,6					13,21	5,87			
	P-XRF			ND	1,77	90,1	ND	ND	ND	ND	ND	0,96	0,41	ND	ND	1,71	0,0455	ND	ND	ND	5,03					
	(Alloy Plus) P-XRF		54,98	ND	0,66	37,6	ND	0,3	0,044	ND	ND	0,134	0,058	ND	0,0016	0,1671	0,0023	ND	ND	ND	0,3698					ND
	(Geochem) PED-XRF		17,54	0,732	0,011	63,50	0,002	0,441	0,036	0,003	0,002	0,161	0,160									10,03	6,48	0,116	0,396	
KL-29	SEM--EDX	Mavi		0,26	0,08	60,2											13,43					1,34	11,62		13,04	
	P-XRF			ND	ND	72,8	21,4	ND	ND	ND	ND	0,33	0,3	3,1	ND	ND	0,0384	ND	ND	ND	2,08					
	(Alloy Plus) P-XRF		38,04	ND	0,59	36,5	2,93	0,15	0,072	ND	ND	0,051	0,073	0,717	0,0064	ND	0,005	ND	ND	ND	0,3028					ND
	(Geochem) PED-XRF		17,93	0,031	0,017	61,60	1,90	0,087	0,041	0,002	0,009	0,098	0,121									0,12	7,57	0,133	10,96	

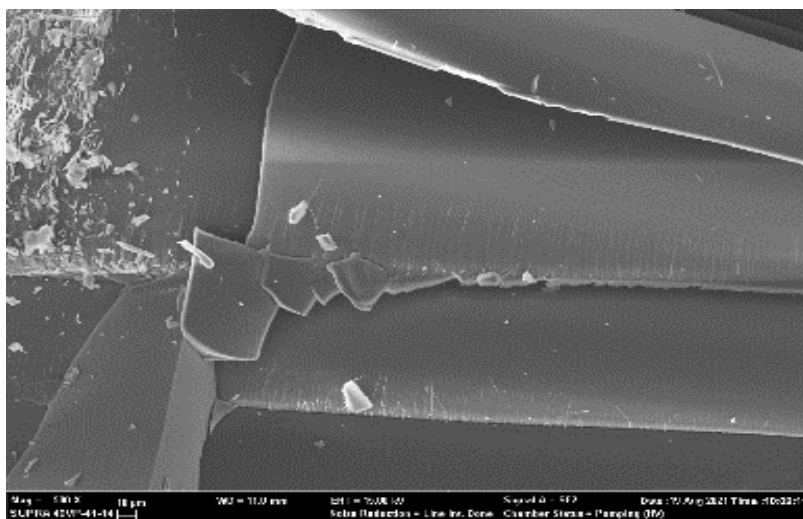
EK-3

Numune Kodu	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Cs	Ba	La	Ce	Hf	Ta	W	Hg	Tl	Pb	Bi	Th	U
KL-1	31	32	67	21	3,4	0,7	14	1	9,2	11,7	507	6,2	48	11	11	4,7	5,1	13	44	8,1	14	26	286	125	86	7,8	5,5	3,7	2	2,6	181	1,3	4	17
KL-2	81	203	29	34	8,4	1	5,7	1	11	11,2	360	5,6	169	45	49	21	20	24	30	59	62	120	190	290	630	16	12	13	2	2	27	2	2	89
KL-3a	85	56	66	106	26	3,1	43	1	3,1	142	356	24,2	161	21	7,3	2,7	2,6	3,3	3,4	4	7,8	26	406	76	95	11	6,1	3	1,4	1,5	101	1,3	10,1	13
KL-3b	76	175	86	47	15	1	34	3	18	17,9	633	19,6	164	31	19	14	14	28	17	25	46	91	598	200	290	11	12	11	2	10	181	9,6	10	60
KL-4b	31	38	17	16	8	1	12	1	12	15,9	564	10,1	70	34	16	6,2	7,5	6,5	7,7	9,7	19	69	409	81	179	8,7	4,6	4,5	2	2,9	47,6	3	4,2	57
KL-5a	25	13	14	12	5,5	0,6	13	1	6	10,3	475	4,9	55,3	8,3	8,8	7,6	3,7	11	4,4	5,6	9,4	17	278	40	81	3,9	3	1,5	0,9	1,9	57,6	0,9	2,8	30
KL-5b	10	60	3,3	15	5,4	1	1,9	1	6,6	12,4	420	9,5	37	25	29	12	11	13	14	19	33	65	443	150	410	13	5,2	5,8	2	2,9	34,5	4,2	7,5	40
KL-6a	15	7,6	12	7,8	4,6	0,4	3,5	1	7,8	13	439	4,3	55,4	5,4	6	2,4	2,7	2,9	2,9	4	6,9	13	292	30	85	1	2,5	1	0,7	1,1	23,8	1,1	1,4	23
KL-6b	13	18	4,9	11	6,3	0,5	1,6	0	8,5	9,1	692	6,3	30	7	6,3	1,3	2,8	3,6	3,2	4,5	7,7	15	324	34	47	6,8	1,5	2,8	0,9	0,8	17,1	0,8	3,1	21
KL-7	66	28	143	75	4,9	1,3	112	1	6,1	32,1	301	7,6	210	5,2	5,9	1,5	1,8	4,8	52	2,9	5,3	9,6	529	21	30	11	7	2,9	1,1	1,7	598	1,6	4,7	19
KL-8a	18	17	5,7	11	4,6	0,6	2,3	1	6,4	7,6	430	6,4	38,2	4,6	6,8	2,8	3,3	3,5	3,8	5,4	9,8	18	333	70	58	4,7	2,6	3	0,9	1,5	9,6	2	3,7	12
KL-8b	42	30	34	14	5,5	0,7	28	1	7,9	8,8	467	9,7	42	12	16	6,5	9	9,9	411	9,4	16	30	166	67	95	4,8	4,6	5,7	2	2,7	189	2	3,3	21
KL-9	4,6	47	809	3,2	13	3,8	574	5	4,9	117	54	6,5	30,6	5,6	9,6	1,6	4,4	11	154	6,1	10	19	29	43	61	394	68	16	7,9	25	375	30	82,6	46
KL-10a	15	10	11	9,5	3,9	0,7	1,8	0	5,6	8,9	472	4,5	51,6	6,8	3,9	1,3	1,7	2,8	4,2	2,7	4,7	8,8	305,2	19	44	2,6	1,6	2,3	0,7	0,6	28	0,6	0,7	7,4
KL-10b	6,2	20	8,7	3,6	1,4	0,3	3,6	0	2,2	3	82,6	1,5	9,6	2,4	2,1	0,9	1	2,3	2	1,5	2,7	5,9	37,5	12	24	2,7	1,7	1,5	0,4	0,9	28,4	0,4	1,1	8,5
KL-11	60	23	62	25	21	2,7	6,1	1	24	47	2794	34,8	261	32	32	14	15	17	26	24	44	82	2465	190	560	7,6	9	6,4	3	3,9	55,6	2	8,3	170
KL-12a	40	62	36	15	5,6	0,9	1,4	1	7,3	9,7	532	9,6	54	16	16	7,4	8,2	8,3	8,7	29	20	45	1248	85	120	3,7	6	5,8	2	2,7	23	2	5,1	28
KL-12b	15	23	12	17	5,9	0,7	53	0	6,6	8,6	593	6,4	28,3	6,1	5,1	2,7	3	4,4	3,9	4,8	8,2	16	419	36	51	3,4	2	2,9	0,9	2,1	82,5	1	1	13
KL-13	12	18	46	19	4,7	0,4	12	0	8,8	6,3	537	4,5	45,7	7,3	4,7	1,8	2,2	2,6	429	3,2	5,5	11	258	27	42	7,7	4	2	0,7	0,7	35,7	1,2	1,1	8,7
KL-14	19	15	153	14	3,2	0,8	5,1	0	7,7	8,7	348	7,7	188	6,8	11	1,2	1,1	1,5	1,6	1,9	3,4	6,2	484,8	14	19	6,5	6	2,2	0,6	1	60,3	0,6	1,5	7,2
KL-15a	24	41	65	37	7,2	0,7	7,4	1	11	7,3	499	11,4	234	11	11	4,2	5,1	5,1	5,7	7,2	13	25	3535	49	75	12	3,1	4,7	1,3	2	39,7	1,2	6,1	33
KL-15b	24	19	1,6	8,9	4,9	0,5	0,7	1	11	12,5	509	7,5	34,1	7,1	6,6	3,3	3,3	2,7	5,6	5,6	9,7	19	300	43	61	3,6	2,1	3	2	2	12,7	2	3,1	14
KL-16	6,1	13	25	15	4,4	0,4	1,5	0	7	14,9	569	5,8	47,2	11	4,4	1,7	1,4	2,2	13	2,6	4,7	8,6	285,9	19	27	6,3	3,3	2,6	0,7	0,8	94,8	0,8	1,2	8,5
KL-17	15	15	75	13	4	0,9	7,5	0	6,7	8,4	568	5,9	55,3	16	6,6	2,6	2,8	3,4	40	3,9	5,1	12	617	41	37	3,8	5,2	2,8	0,9	0,7	28	0,8	0,8	23
KL-18	63	144	53	27	12	1	49	1	6,1	32,9	474	9,3	38	33	30	15	15	12	18	24	44	86	505	190	280	19	11	9,2	2	17	700	8,2	5	45
KL-19	32	21	73	16	4,4	0,9	11	1	7,8	10,9	494	5,1	37,1	5,8	6,7	7,3	2,8	5,6	26	3,5	7,4	14	392	32	51	7,4	5,1	2,8	0,8	1,9	127	1,3	3,1	21
KL-20a	31	12	45	5,8	4,9	1,2	36	1	8,6	10,6	354	5,1	47,1	8,2	8,3	2,9	3,5	1,4	14	5,6	9,9	24	268	45	64	5,7	3,9	2,6	2	3,4	176	3,2	3,6	13
KL-20b	32	20	61	24	6,8	0,8	8,3	0	8,1	7,1	433	10,2	332	12	15	1,9	1,8	2,1	1,8	1,4	5,1	12	434	28	31	8,3	4,4	2,7	0,8	0,7	16,8	0,7	2,5	7,8
KL-21a	16	6,8	6,3	7	4,3	0,4	2,1	0	7	9,3	405	4,5	49,2	4,1	4,2	1,6	1,2	2,8	2,1	2,7	4,9	8,3	252	32	29	4,8	1,9	2	0,6	0,9	29	0,6	1,7	7,6
KL-21b	26	12	6,8	7,6	3,5	0,4	3,2	1	8,1	11	347	4,3	40,1	5,1	5,2	2,4	2,1	2,6	2,7	7,1	6,5	13	247	29	64	4,2	1	2,3	2	2	26,1	1,2	1,6	9,9
KL-22a	21	136	476	1,2	13	1	361	3	8,5	22,6	347	5,3	49	79	50	30	26	63	27	32	57	101	150	610	320	42	23	11	2	8,9	207	6,8	18,1	72
KL-22b	15	13	33	14	4,7	0,5	11	0	13	14,8	530	6,1	70,8	4,4	4,7	2,2	1,7	3	15	2,7	5	9,2	325	20	46	4,4	3,6	1	0,8	1,1	90,2	0,8	0,8	14
KL-23	7	35	7,6	8,8	6,4	1,1	135	1	1,8	6	81,5	1,9	15	12	12	5,7	6,3	4,2	464	9,2	16	31	46	112	210	13	4,3	5	2,1	5,7	1412	4	5	21
KL-24a	24	15	46	9,3	4,9	0,5	7	0	5,7	13,8	541	7,5	64	17	8	2,6	3,3	3,9	3,9	11	15	17	294	38	89	3	4,5	3,2	1	2,1	51	1,4	1,7	25
KL-24b	24	64	1,5	8,3	4,6	1	1,9	1	7,2	12,1	485	8	45	20	18	8,2	8,6	9,8	9,6	14	23	45	298	155	140	4,2	4,3	5,4	2	2	42,7	2,6	5	35
KL-25	32	24	15	13	4	0,6	9,8	1	6,4	8,2	591	6	53	9,1	10	17,7	4,5	7,9	4,8	6,4	11	20	404	44	82	4,7	2	3,8	1,2	2	50,7	1	3,1	37
KL-26	249	27	257	0,2	3,1	1,8	13	0	7,1	5,8	249	1,3	12,8	6,8	2,7	1,2	1,2	7,5	1,6	1,8	3	5,7	86,2	30	21	10	7	1,3	0,6	0,7	256	1,4	0,6	5,8
KL-27	48	107	104	36	11	1,2	104	1	11	9,9	494	12,9	141	17	20	8,7	7,4	9,6	17	13	24	45	323	154	140	9,8	9,9	8	2	5,7	226	4,4	2,3	29
KL-28	3	12	5,4	8,4	2,7	0,8	189	1	1,4	9,2	40,9	1,1	24,2	4,2	3,3	1,5	1,4	2,4	15	2,3	4,2	14	73,3	18	29	18	2,6	2,7	1,6	5,1	3250	3,7	11,3	8
KL-29	6	6,1	641	1,5	2,9	0,9	185	1	6,9	190	83,7	1,4	73,8	5,6	6,4	2,4	2,6	34	13	3,8	7	12	161	40	41	36	47	6,1	1,7	3,9	2598	3,4	7,5	22

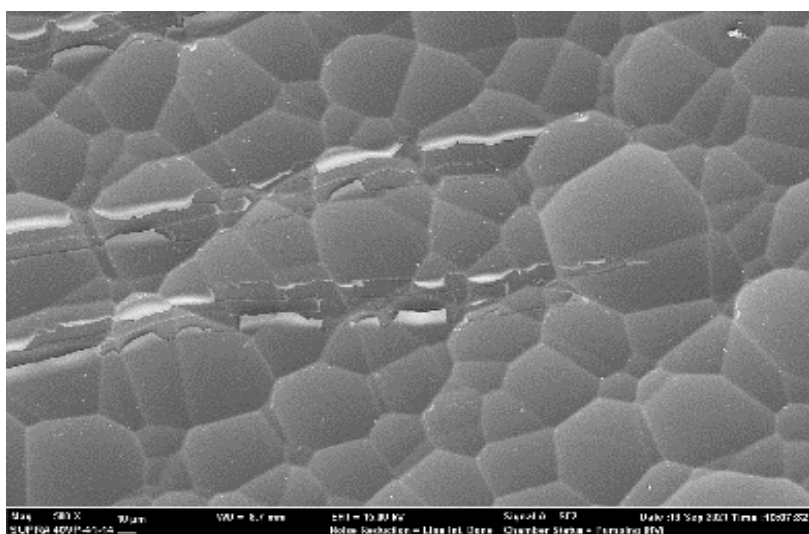
EK-4



KL-1

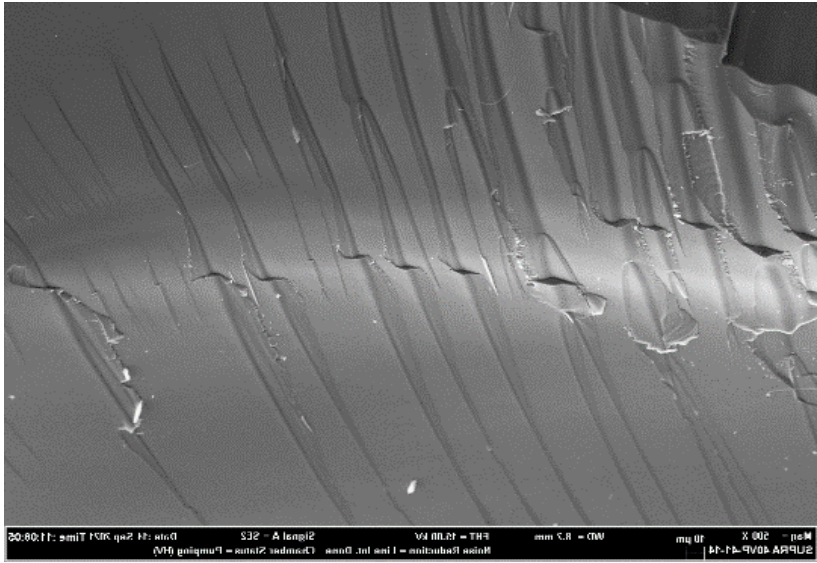


KL-2

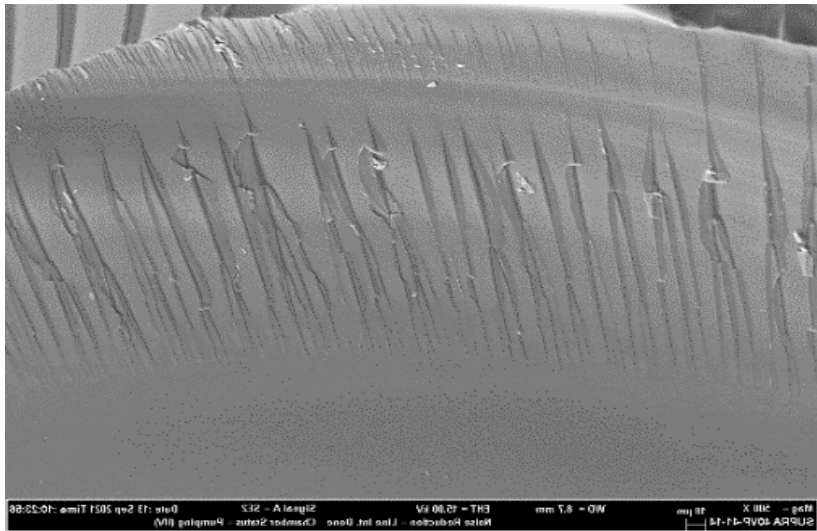


KL-4a

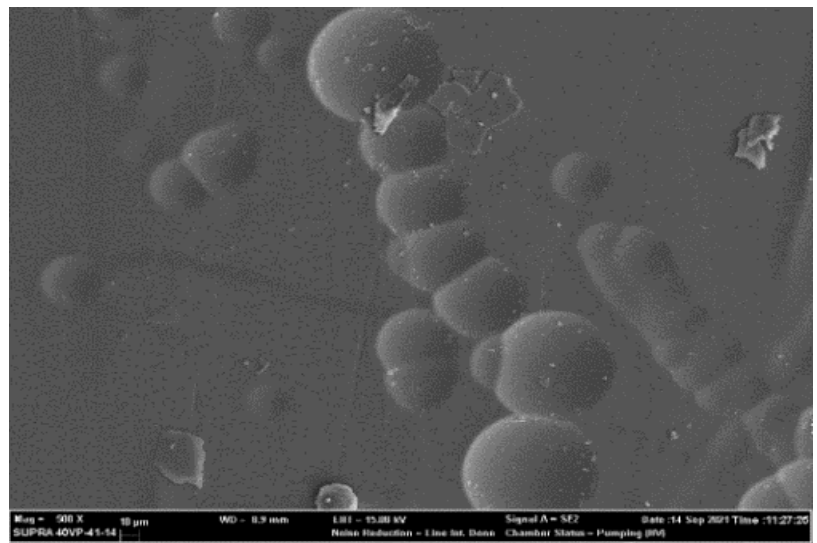
Ek-4'ün devamıdır



KL-4b

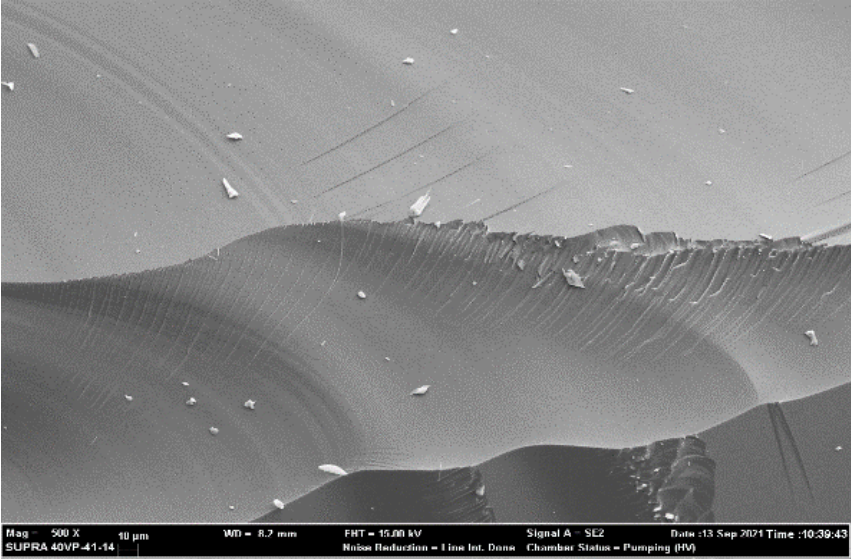


KL-5a

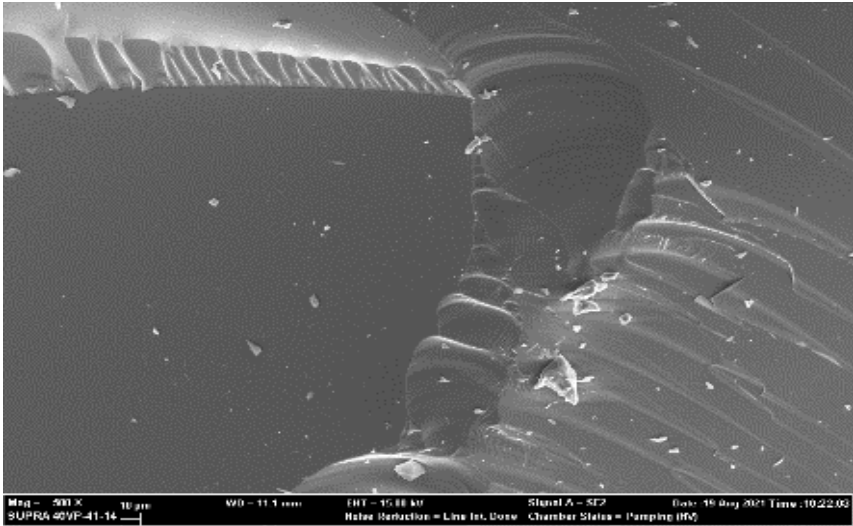


KL-5b

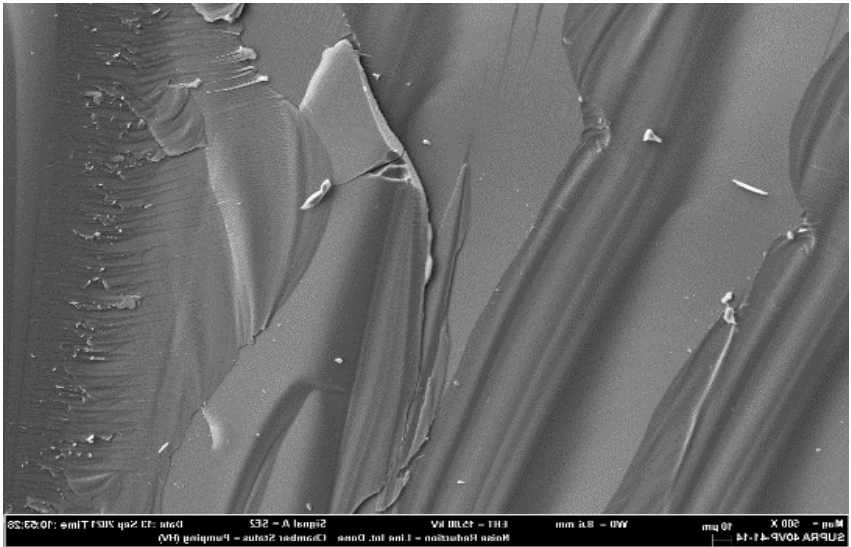
Ek-4'ün devamıdır



KL-6a

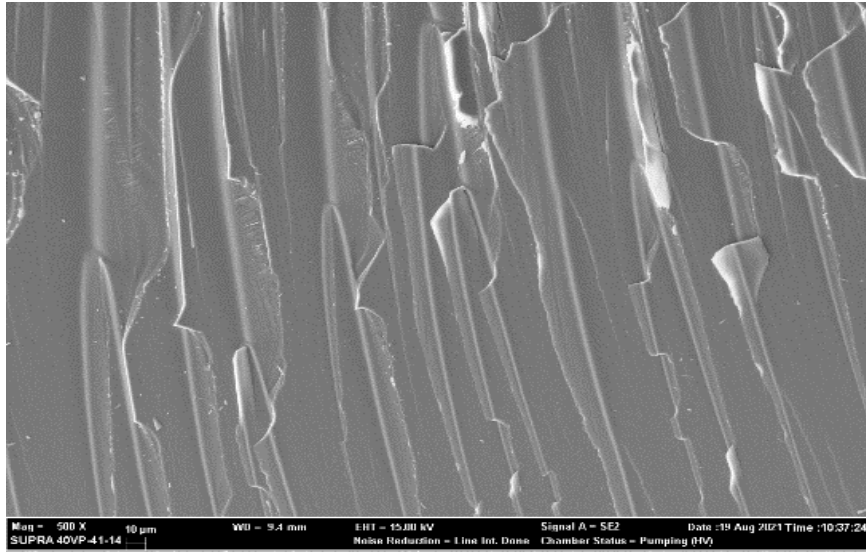


KL-7

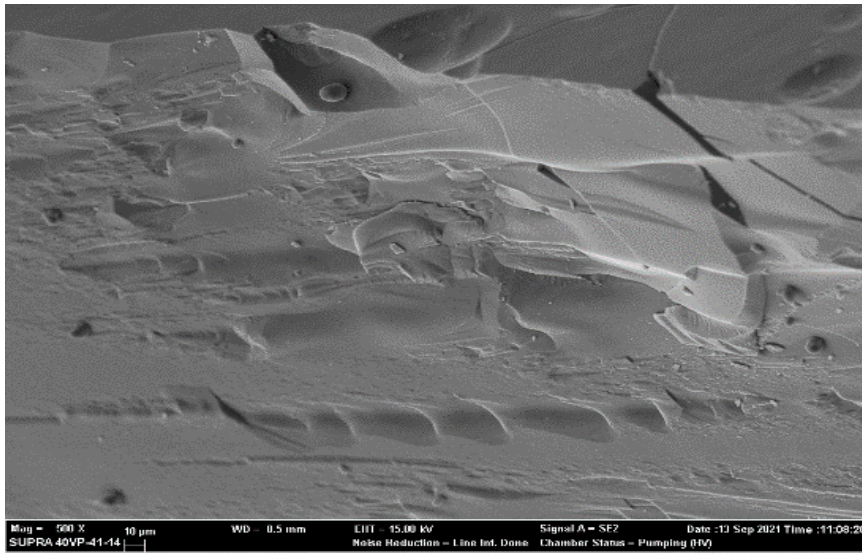


KL-8a

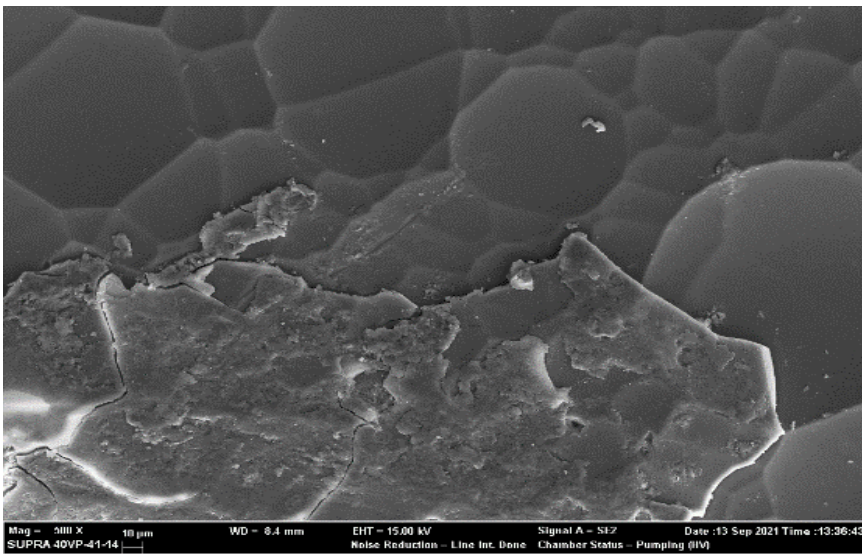
Ek-4'ün devamıdır



KL-9

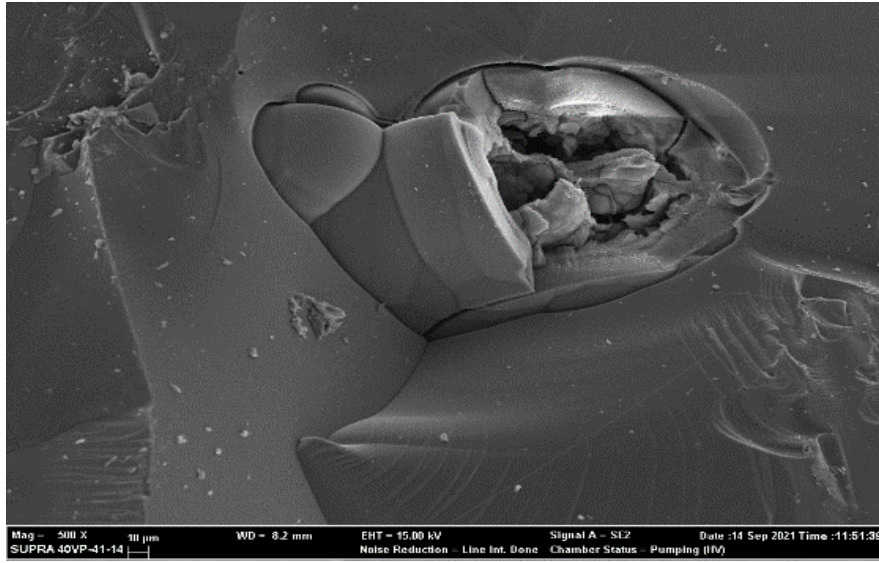


KL-10a

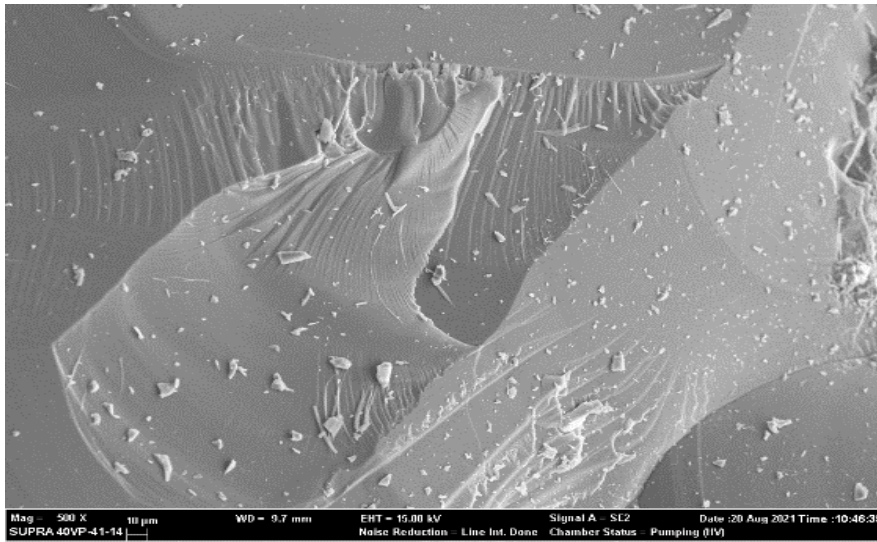


KL-12a

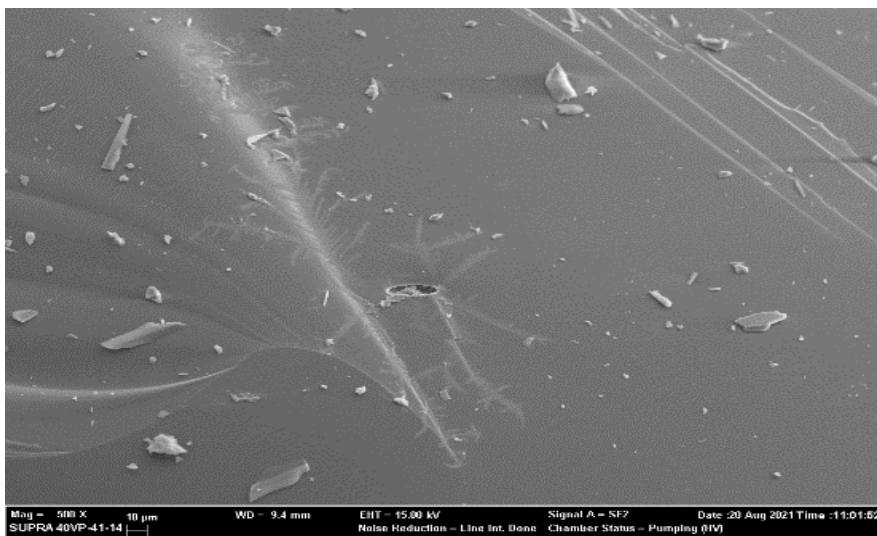
Ek-4'ün devamıdır



KL-12b

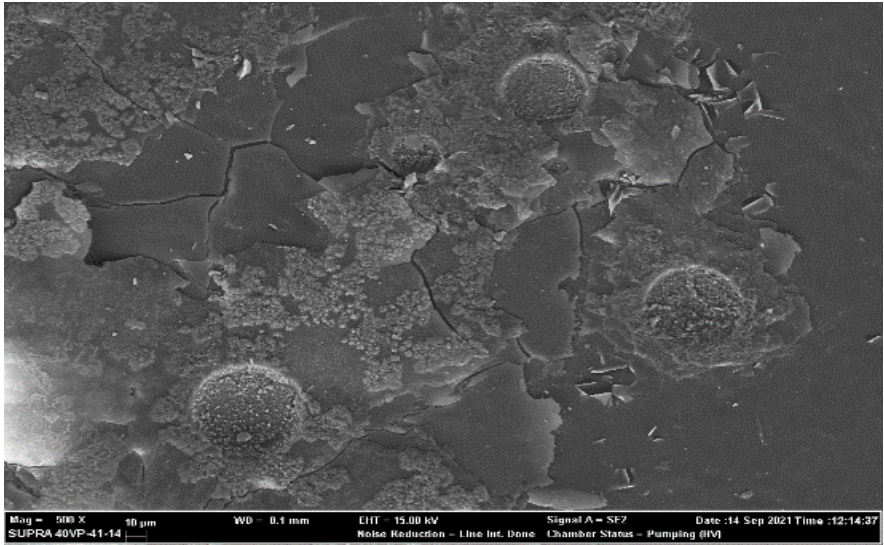


KL-13

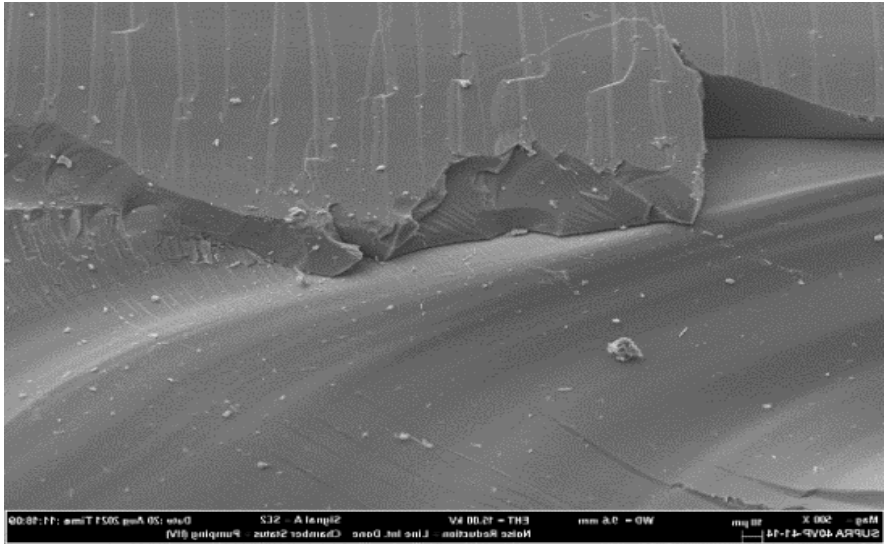


KL-14

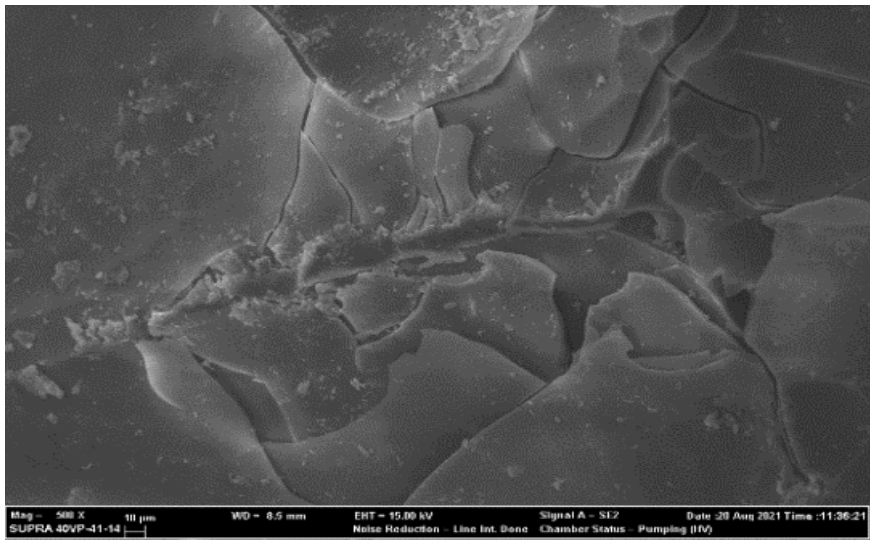
Ek-4' ün devamıdır



KL-15b

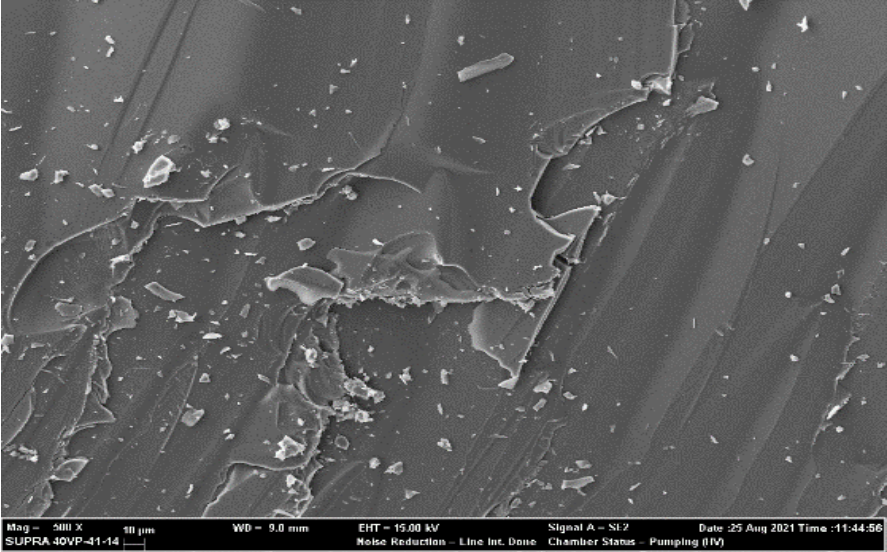


KL-16

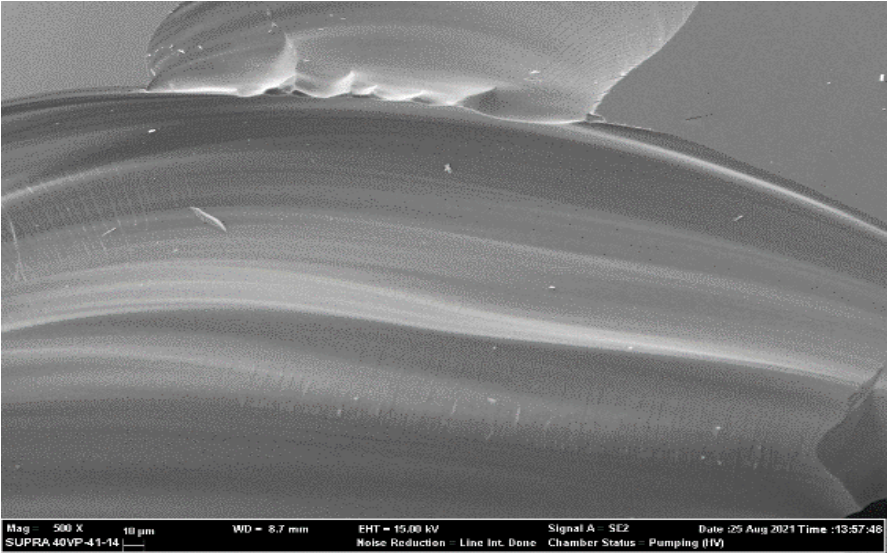


KL-17

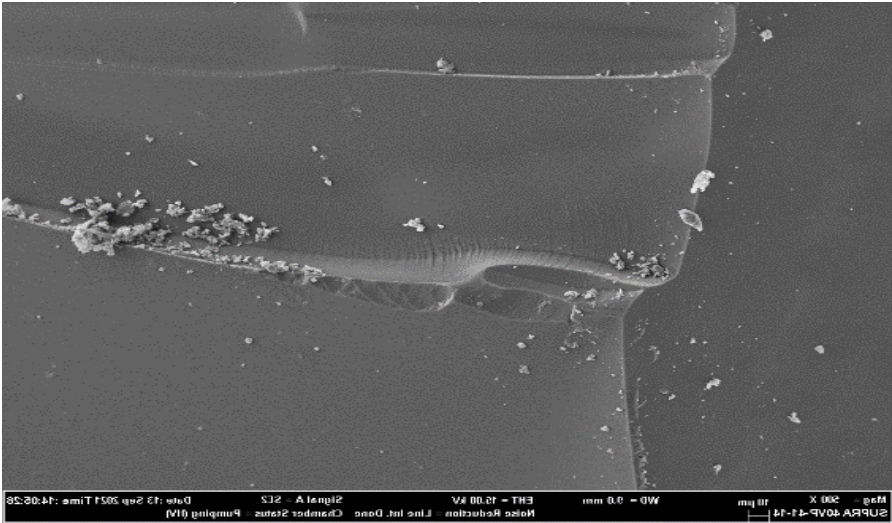
Ek-4'ün devamıdır



KL-18

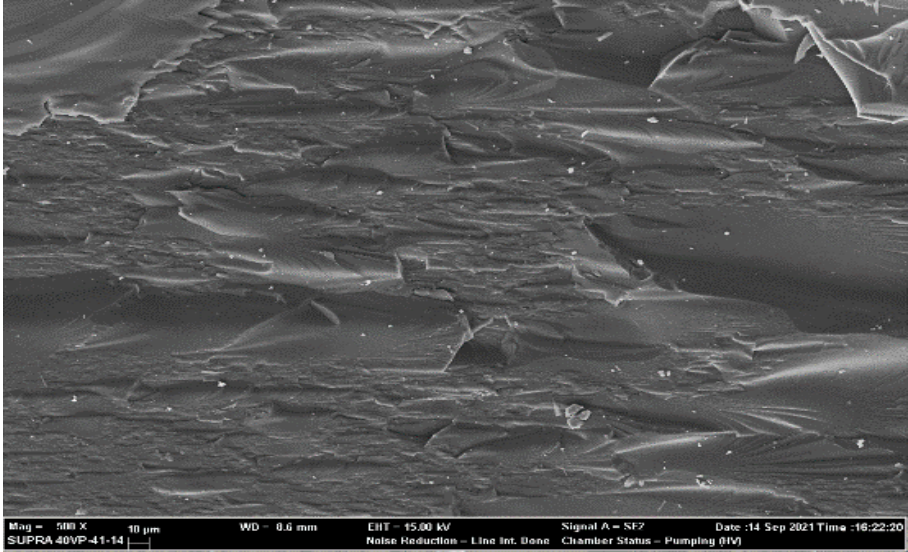


KL-19

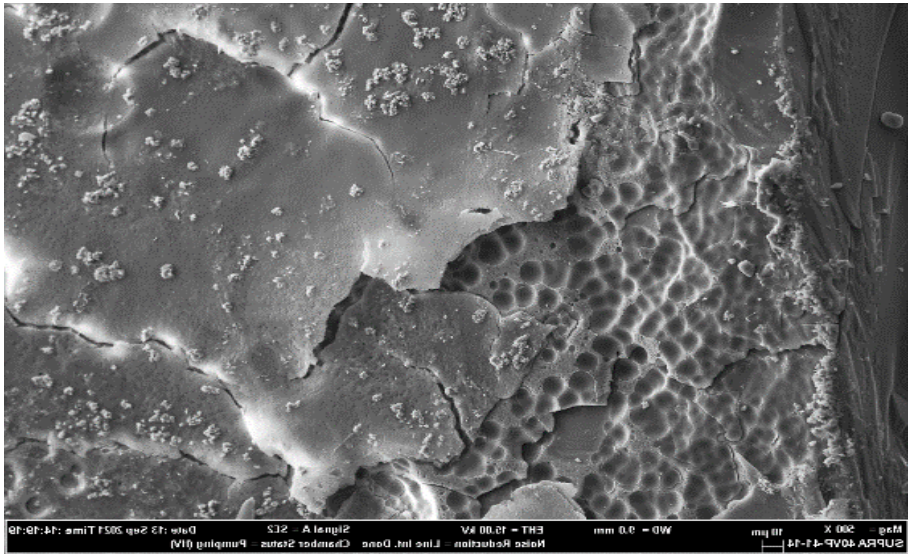


KL-20a

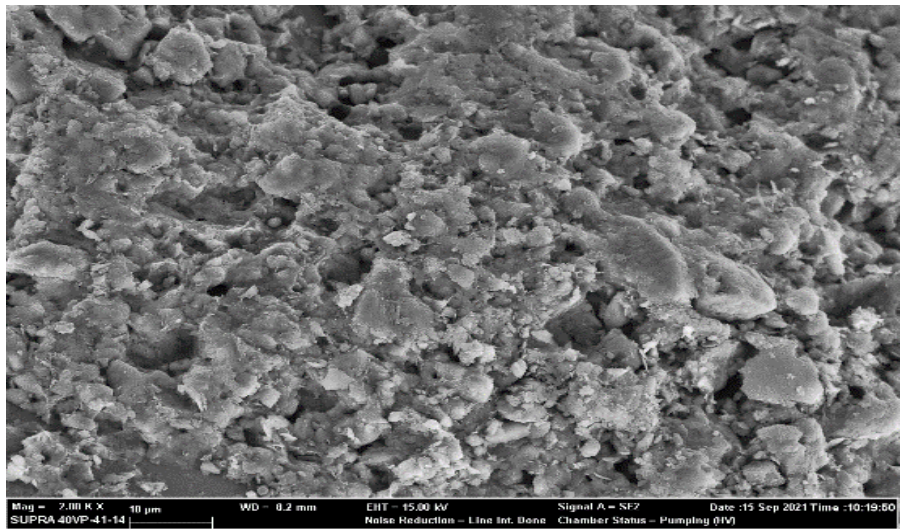
Ek-4'ün devamıdır



KL-20b

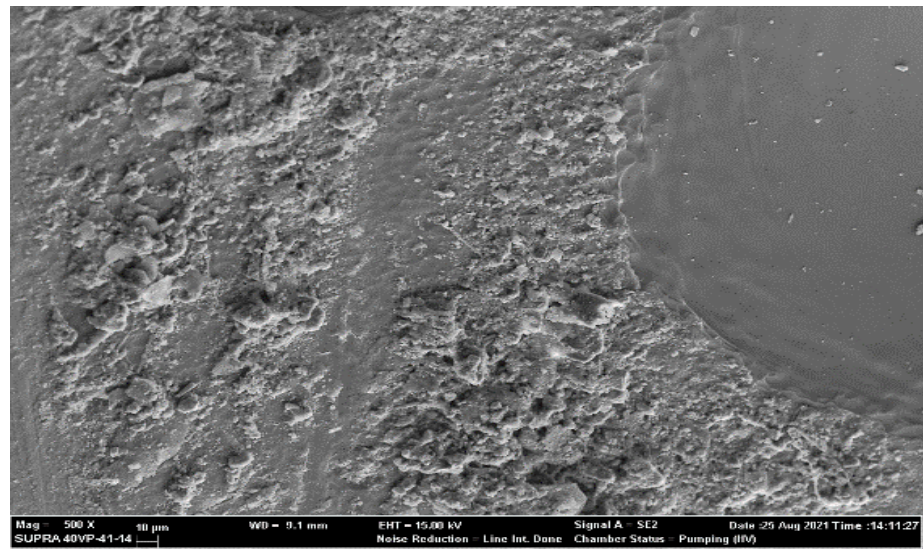


KL-21a

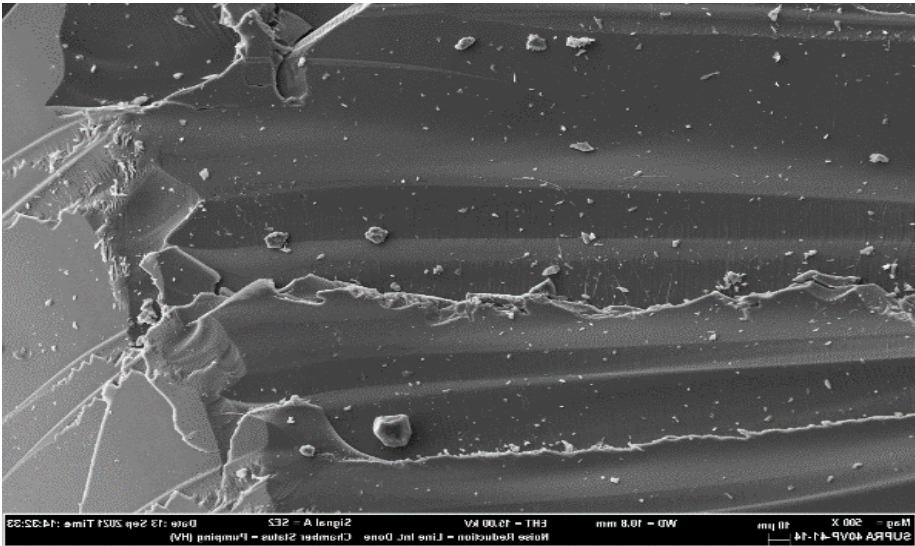


KL-22

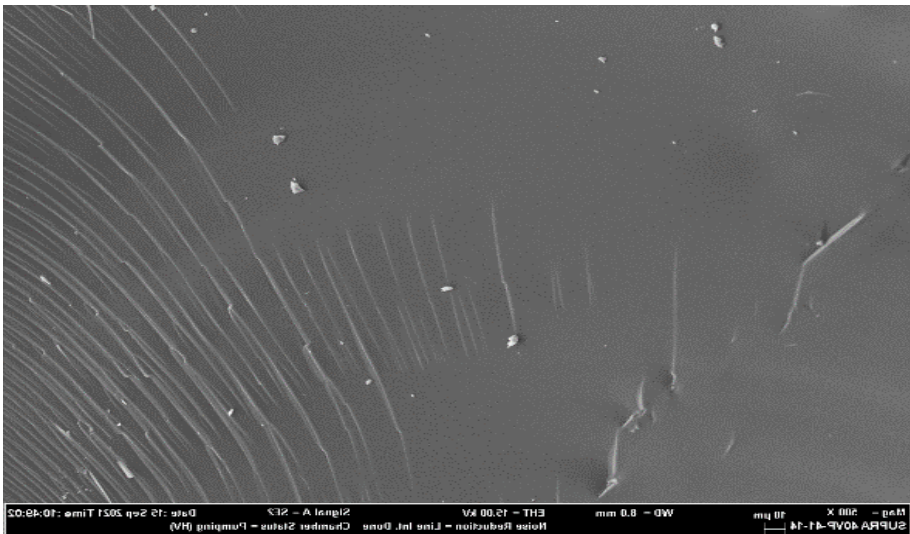
Ek-4'ün devamıdır



KL-23

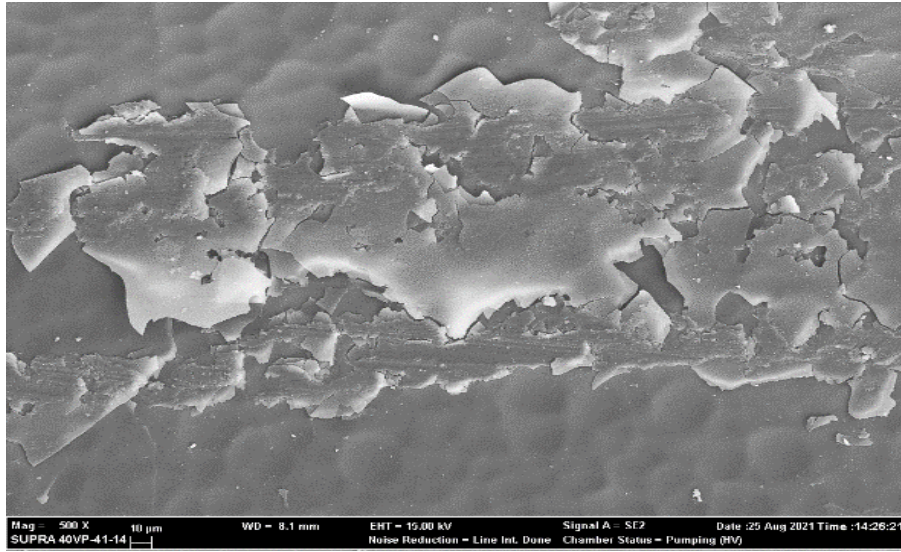


KL-24a

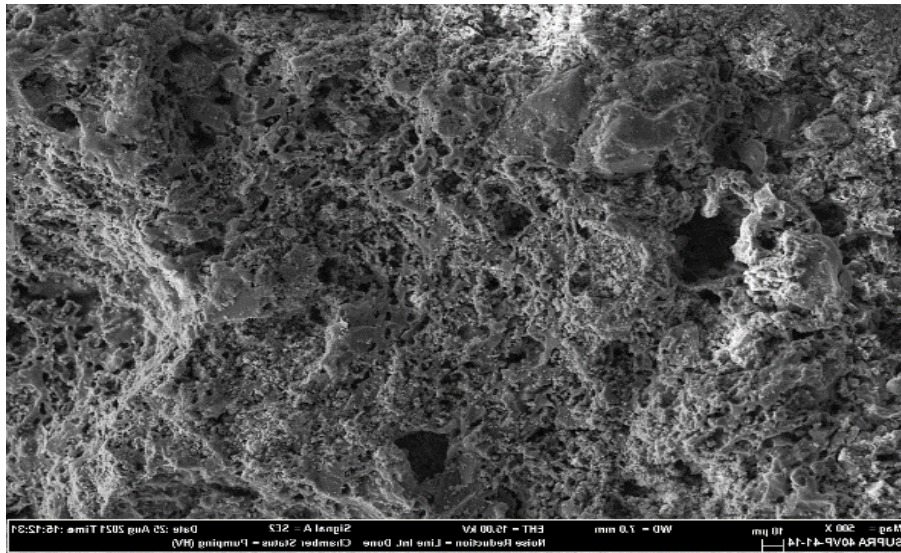


KL-24b

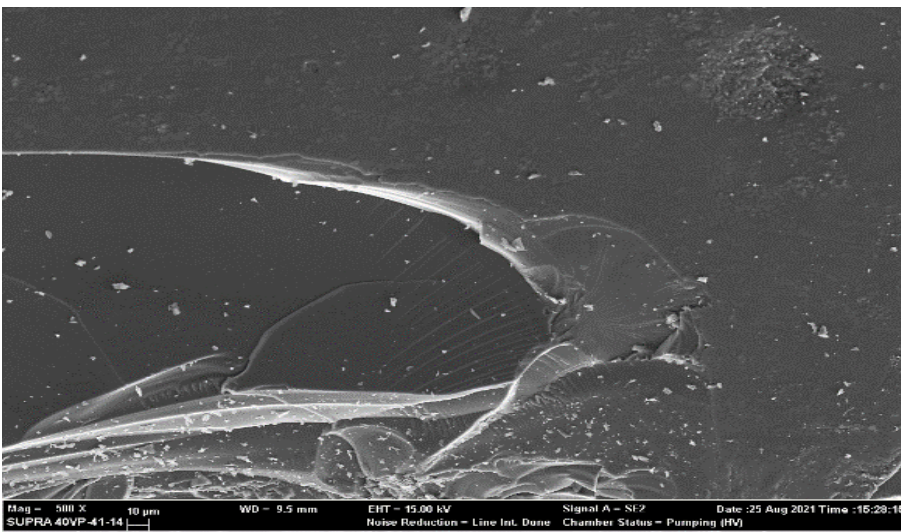
Ek-4'ün devamıdır



KL-25

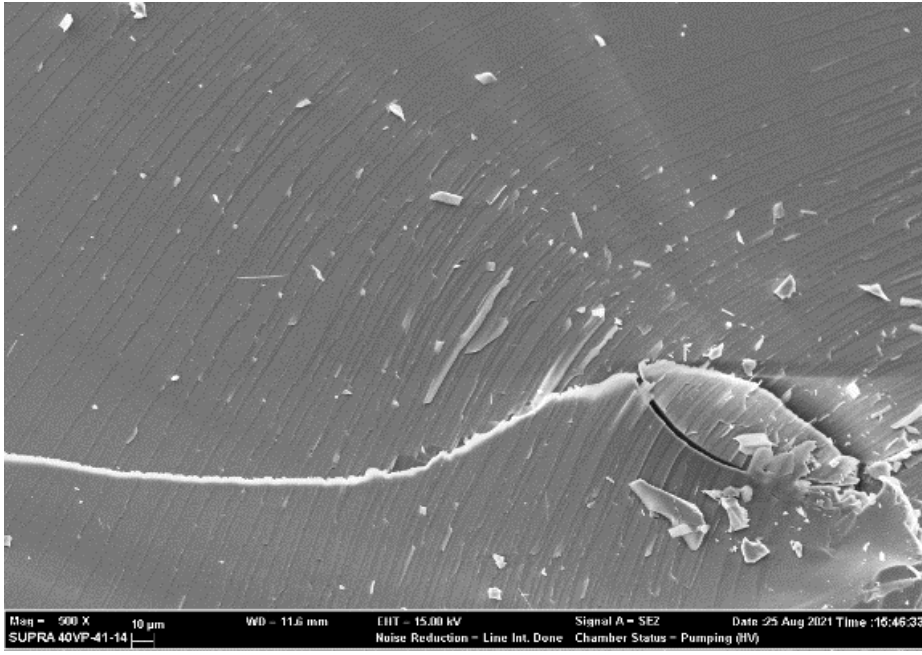


KL-27



KL-28

Ek-4'ün devamıdır



KL-29

EK-5**ÖZGEÇMİŞ****KİŞİSEL BİLGİLER**

Adı Soyadı : Sevda AYDIN
Uyruğu : T.C.

EĞİTİM

Derece	Adı, İl	Bitirme Yılı
Üniversite	: CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ / SİVAS	2016
Yüksek Lisans:	BATMAN ÜNİVERSİTESİ / BATMAN	2022

UZMANLIK ALANI

Jeofizik Mühendisi

YABANCI DİLLER

İngilizce (Başlangıç)