

TINAZTEPE (BUCA-İZMİR) FULGURİTİNİN PETROLOJİSİ VE KÖKENİ

(*PETROLOGY AND ORIGIN OF THE TINAZTEPE (BUCA-İZMİR)
FULGURITE*)

İbrahim GÜNDOĞAN¹

ÖZ

Bu çalışmada Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe yerleşkesi içinde, 2006 yılında Mühendislik Fakültesi 3. Etap temel kazıları sırasında Neojen yaşlı killi kireçtaşı yüzeyinde gelişmiş kahverengi lateritik toprak oluşumu içinde ortaya çıkan yeşilimsi siyah camsı fulgurit oluşumu incelenmiştir. Fulgurit oluşumu genelde yıldırım ve ender olarak meteor düşmesi sonucu kayaların veya toprak zeminin ani şok ve yüksek sıcaklık etkisiyle ergimesi, ergime etkisiyle kısmen akışkanlık kazanarak akması ve ardından hızlı soğuyarak katılaşmasıyla oluşan camsı görümlü bir kayadır. Benzer camsı kayaçlar, demir-çelik ve döküm işlemi yapan yüksek sıcaklık fırınlarında da döküm kumunun ergimesi sonucunda oluşabilmektedir. Camsı kayacın oluşum kökenini belirleyebilmek için mineralojik-petrografik, XRD, SEM-EDS ve kimyasal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda camsı fulgurit kayacın yıldırım düşmesine bağlı olarak lateritik toprağın ve kısmen tabandaki kireçtaşının ergimesiyle oluştuğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buca, İzmir, fulgurit, camsı kaya, yıldırım

ABSTRACT

Greenish-black glassy fulgurite formations in the Dokuz Eylul University Tınaztepe Campus, exposed during 3rd foundation excavation in 2006 are studied. The fulgurite was formed in the lateritic soil that developed along the Neogene limestones in the area. Fulgurites are generally formed by melting of the rocks or soils in response to the increasing temperature and impact-shock during the lightnings and scarcely meteor fallings. The molten rocks flows and rapidly cools to form glassy rocks, known as fulgurites. Such glassy formations are also formed by melting of moulding sand in high temperature furnace of iron-and-steel plants. In order to reveal the origin of the glassy rock, mineralogical-petrographical, XRD, SEM-EDS and chemical studies have been carried out. The data show that the glassy fulgurite were formed by melting of mainly lateritic soil, and partly base limestones, due to lightning.

Keywords: Buca, İzmir, fulgurite, glassy rock, lightning

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca-İZMİR, (ibrahim.gundogan@deu.edu.tr)

1. GİRİŞ

Fulgurit terimi latince yıldırım anlamına gelen “fulgur” kelimesinden türemiştir ve taşlaşmış yıldırım veya yıldırım taşı olarak anılmaktadır. Fulgurit terimi ilk kez 1790 yılında Withering [1] tarafından kullanılmıştır. Fulguritler volkanik kökenli olmayan doğal camlardır ve meteor çarpması ile oluşan impaktitler ve tektitlere benzerler [2-3]. Fulgurit oluşumları genelde yıldırım düşmesi sonucu yeryüzü zeminin ve kayaların yüksek sıcaklık etkisiyle ergimesi, ergime etkisiyle kısmen akışkanlık kazanarak akması ve ardından hızlı soğuyarak katılaşmasıyla oluşan camsı görünümlü kayaçlardır.

Yıldırım ve atmosferdeki elektrik alanın yeryüzüne deşarjı ile ilgili çalışmalar Ben Franklin’le anılmaktadır. Franklin 1752’de yıllarda uçurtmaya bağladığı metal anahtarla statik elektrik yüklü buluttan kontrollü bir şekilde yere yıldırım düşmesini sağlamıştır. Benzer çalışmalar fizikçiler için yıldırımların gücünü ve oluşum şeklini aydınlatmakta ilham kaynağı olmuş ve bu çalışmalar sayesinde yıldırımlar hakkında detaylı bilgi sahibi olunmuştur. Bulutların yeryüzüyle sürtünmesi sonucu biriken statik enerji bulutlar arasında şimşek şeklinde transfer olurken, bulutların yeryüzüyle enerji boşalmasına yıldırım adı verilmektedir. Fırtına ve kasırga durumlarında bulutlarda biriken statik elektrik 1.000.000 V elektrik potansiyeline sahip olabilir ve yıldırımlar yere düştüğünde 10.000 °C’den fazla sıcaklık oluşturabilir [4]. Laboratuvar ortamında kaya ergitme deneylerinde bazik bileşimli (olivince zengin) olanlar 1.760 °C’de, asidik bileşimli (kuvarsça zengin) olanların ise 1.200 °C’de ergidiği ölçülmüştür [5]. Basıç ve gaz içeriği ergime sıcaklığını kontrol eden ana etmenlerdir.

Fulguritler yıldırımın düştüğü zemin türüne göre, kum fulguriti, kaya fulguriti ve karışık tip olmak üzere kendi içlerinde farklı adlar altında sınıflanmıştır. Literatürde çoğunlukla bilinenler ve incelenenler kum fulguritleridir. Bu fulguritler yıldırımın kuvarsça zengin çöl veya sahil kumullarına düşmesiyle oluşur ve ağaç dalına benzer tüpsü yapıda yeşil camsı kayalar şeklindedir. Bu yeşil camlar kuvarsın (SiO₂) kristal yapısının bozularak amorf faza geçmesiyle oluşur ve literatürde löşateliyerit (lechatelierite) olarak adlandırılmaktadır. Fulguritler gerçek camlara oranla doğal bozunma ve ayrışmaya karşı daha dirençli olmalarından bazı durumlarda yıldırımdaki statik elektrik enerjisinin ıslak kumda ilerlerken oluşturduğu dallı yapı kumlar içinde korunmuş olarak bulunabilmektedir [6, 7]. Genel görünüşü hızlı soğumayla oluşmuş camsı volkanik kayaç olan obsidyene oldukça benzer olup içinde çeşitli gaz kabarcıkları ve dış yüzeyinde akmanın etkisiyle gelişmiş çeşitli akma yapıları görülebilir. Kaya zemin üzerine düşerek oluşan fulguritler daha az bilinmekle birlikte literatürde detaylı çalışılmış örnekler mevcuttur. [6, 7, 8]. Bu tip fulguritlerde kum fulguritlerinde olduğu gibi tüpsü camsı yapılar gözlenmez, çoğunlukla ana kayacın yıldırımla etkileşime geçtiği bölümde kısmi ergime gerçekleşir ve camsı yeşil damarlar oluşur. Son yıllarda yapılan çalışmalarda fulguritler dört tipte sınıflanmıştır: 1) tüpsü yapıda ince camsı çepere sahip kum fulguritleri, 2) kalın ergime çeperine sahip kil fulguritleri, 3) camsı yapının az olduğu kalın çeperli kalış fulguritleri ve 4) ergimemiş kayayı saran/çevreleyen camsı çeperli kaya fulguritleridir [9].

Fulguritlere benzer camsı kayaçlar, meteorların çarptığı yerlerde ve yapay olarak demir-çelik sanayi ile dökümhaneler gibi yüksek sıcaklık çalışma ortamlarında da oluşabilir. Ayrıca yüksek enerji hatlarının yere temas etmesi sonucu gelişen ark etkisiyle de fulguritik kayalar oluşabilir. Bu duruma en iyi örnek 1985 yılında İzmir-Selçuk Çamlık Köyü yakınlarında yaşanmıştır. Yıldırım yüksek gerilim hattındaki bir izolatöre çarpıp parçalaması ile boşta kalan elektrik teli yere çok yakın sarkmış ve oluşan ark etkisiyle elektrik direği yakınındaki

beton ve temel kayaları ergiyerek camsı fulguritik kayalar oluşmuştur [10]. Pakistan'ın Tor Zawar, Ziarat ve Jang Tor Ghar bölgelerinde de 2010 ve 2011 yıllarında yüksek gerilim hatlarına yıldırım düşmesiyle benzer fulgurit oluşumları gerçekleşmiştir [11].

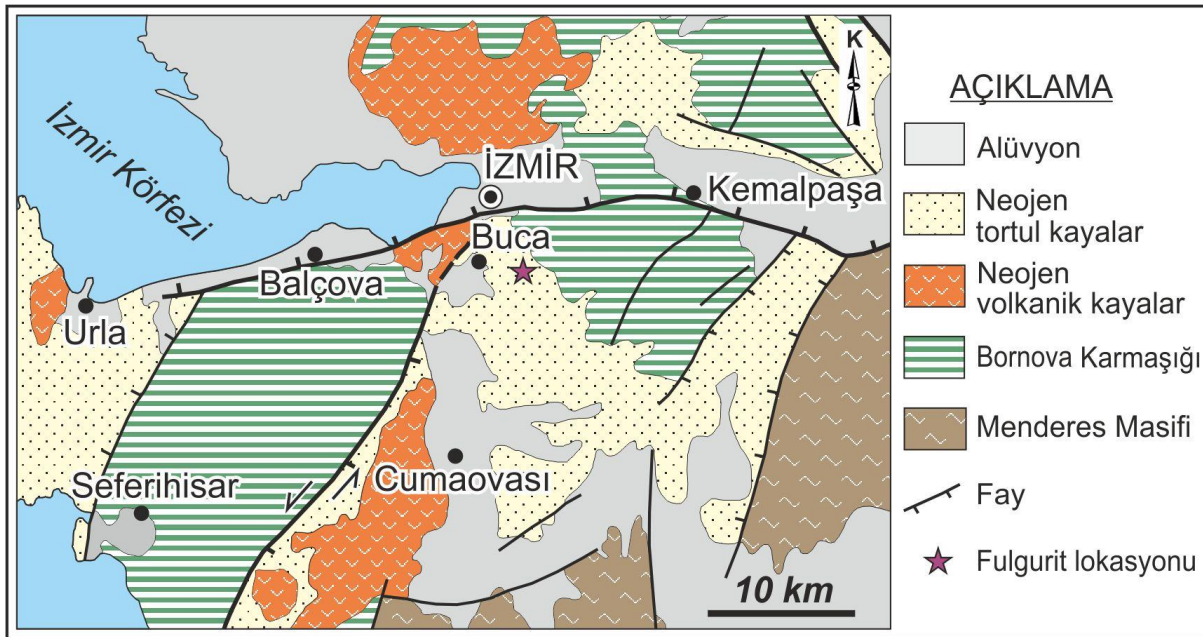
Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe yerleşkesi içinde 2006 yılında Mühendislik Fakültesi 3. Etap temel kazıları sırasında ortaya çıkan camsı kayaç araştırmacı tarafından farkedilmiş ve incelenmek üzere DEÜ Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümüne getirilmiştir. Sunulan bu çalışmada Tınaztepe yerleşkesinde bulunan camsı oluşum "Tınaztepe Fulguriti" olarak adlanmış ve kökenini belirleyebilmek için fulguritin değişik düzeylerinden, yan kayadan ve içinde bulunduğu kırmızı topraktan örnekler alınarak kimyasal bileşimleri karşılaştırılmış, ayrıca mineralojik-petrografik, XRD (X-ışını difraktometre) ve elektron mikroskop SEM-EDS analizleriyle örnek detaylı incelenmiştir.

2. FULGURİTİN BULUNDUĞU YER, BULUNMA ŞEKLİ VE BÖLGESEL JEOLJİ

2.1. Fulguritin bulunduğu yer ve bölgesel jeoloji

Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesinde 2006 yılında Mühendislik Fakültesi 3. Etap inşaatın temel kazı çalışmaları sırasında toprak ile kaya zemin arasında farkedilip alınan camsı kaya örneği bulunduğu ortam (UTM Koordinat: 35 S 0518144/4247072, H: 212 m) itibari ile sıra dışı bir doku sunmaktadır. Volkanik yüzey kayaçları içinde hızlı soğumayla oluşan camsı obsidyene benzemesi bakımından içinde bulunduğu killi kireçtaşı (tortul kayaç) ve yüzeyindeki kırmızı topraktan kökensel olarak farklılık sunmaktadır.

Kazı çalışmaların yapıldığı ve örneğin alındığı nokta jeolojik bakımından Neojen tortul kayaların olduğu bir alandır (Şekil 1). İzmir ve çevresindeki kayaların yayılımına bakıldığında güney-güneydoğu bölgesinde Menderes Masifi'ne ait bölgenin en eski kayalarından Palosen yaşlı mikaşist türü metamorfik kökenli kayalar yer almaktadır. Bu kayaların üzerine tektonik hareketlerle İzmir-Ankara zonu arasında yaygın olarak gözlenen derin denizel kökenli filiş türü kayalar yer alır.



Şekil 1. Bölgenin jeoloji haritası [12] ve fulgurit lokasyonu.

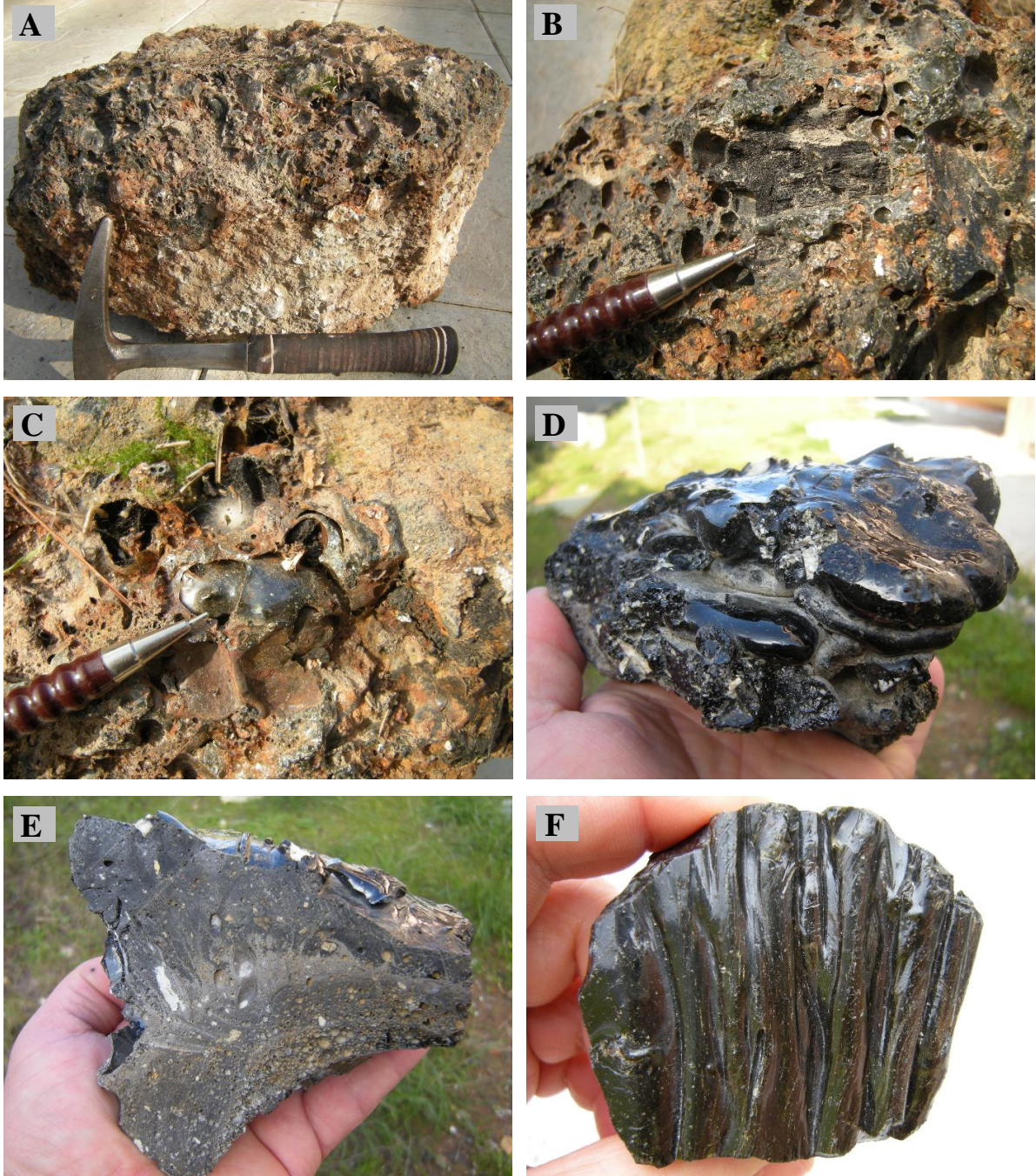
Filiş kayaları içinde blok konumlu kireçtaşı kütleleri gözlenir [13]. Bu iki birimin üzerine Neojen yaşlı tortul kayalar ile andezitik-dasitik-riyolitik bileşimli volkanik yüzey kayaları gelir [14]. Bölgede gözlenen tortul kayalar tabanda 100-150 metre kalınlığında dolomitik kiltaşları ile başlamakta ve üste doğru killi kireçtaşı ve kireçtaşı birimlerine geçiş gösterir [14]. Tüm bu birimler bölgedeki grabenleşme tektoniğine bağlı olarak kalın bir alüvyonla örtülmüştür.

2.2. Fulgurit oluşumun genel özellikleri

Genel görünüşü camsı volkanik kayaç olan obsidyene oldukça benzer olup dış yüzeyinde ergimenin etkisiyle gelişmiş çeşitli camsı akma yapıları ve içinde çeşitli gaz boşlukları (gaz kaçış gözenekleri) gözlenmektedir (Şekil 3). Boyutu 42 x 24 x 21 cm olan fulgurit oluşumun tabanında camsı ergiyikle bağlanmış kireçtaşı toprakları mevcuttur. Fulguritin özgül ağırlığı 1,42 ile 2,80 g/cm³ arasında değişmektedir. Camsı oluşumun yüzeyinde kömürleşmiş odun/ağaç parçası gözlenmiştir. Olasılıkla yıldırım bu noktada bir ağaca isabet ederek içinde bulunduğu toprağı eritmiş ve camsı fulgurit oluşumu gerçekleştirmiştir. 2006 yılında Mühendislik Fakültesi 3. Etap temel kazıları sırasında bulunan bu camsı oluşum iş makineleri ile parçalanarak çıkarıldığından yayılımı ve ilksel oluşum yapısı yerinde incelenememiştir. Ancak üzerinden en az 30 cm doğal toprak örtü sıyrılarak ortaya çıkması dikkate alındığında günümüzden yüzlerce yıl önce oluştuğu söylenebilir.



Şekil 2. Neojen kireçtaşı birimi ve yüzeyinde gelişen kırmızı toprak oluşumu



Şekil 3. Lateritik toprak içinde bulunan fulgurit oluşumu. A) Fulgurit oluşumun genel görünüşü. Yaklaşık 20 cm kalınlığındaki fulgurit oluşumun tabanında camsı oluşumla bağlanmış ergimemiş kireçtaşı toprakları mevcuttur. B) Fulgurit oluşumun camsı yüzeyinde gözlenen gaz boşlukları (gaz kaçış gözlekleri) ve kömürleşmiş odun parçası. C) Gaz kabarcıkların yakın görüntüsü. D, E ve F) Fulgurit oluşumun camsı yüzeyinde gözlenen akma yapıları.

2.3. Yöntemler

Tınaztepe Yerleşkesinde bulunan camsı fulgurit oluşumun kökenini belirleyebilmek için fulguritin değişik düzeylerinden, yan kayadan ve içinde bulunduğu kırmızı topraktan örnekler alınarak ince kesit, XRD (X-ışını difraktometresi), elektron mikroskop SEM-EDS ve kimyasal analizler yapılmıştır.

İnce kesit çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü İnce Kesit Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kesme, inceltme ve parlatma işlemi standart ince kesit yöntemleriyle yapılmış ve hazırlanan ince kesitler 5.5 x 5 cm boyutlarında özel lam ve lamel kullanılarak UV (Ultra Viyole) ile sertleşen LOCTITE 358 kullanılarak yapıştırılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak 15 adet örneğin (fulgurit ve tabandaki kireçtaşından) ince kesiti hazırlanmış ve bu örnekler bölümümüz optik mikroskop laboratuvarında polarize mikroskop (Leica DM 750P) altında dokusal incelemeleri gerçekleştirilmiştir.

Detaylı mineralojik inceleme için 2 adet örneğin XRD incelemesi ve 5 adet örneğin elektron mikroskop SEM-EDS incelemesi Dokuz Eylül Üniversitesi Malzeme ve Metalürji Mühendisliği Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında araştırma için hazırlanan doğal düzeyli kırma tip ve parlak kesit örnekleri Au-Pd ile kaplanarak JEOL 6060 model SEM mikroskopunda incelemesi ve fotoğraflaması yapılmıştır. XRD incelemelerinde Rigaku D/Max-2200/PC X-ışını difraktometre cihazı kullanılarak örneklerin 0-65 derece XRD çekimleri yapılmıştır.

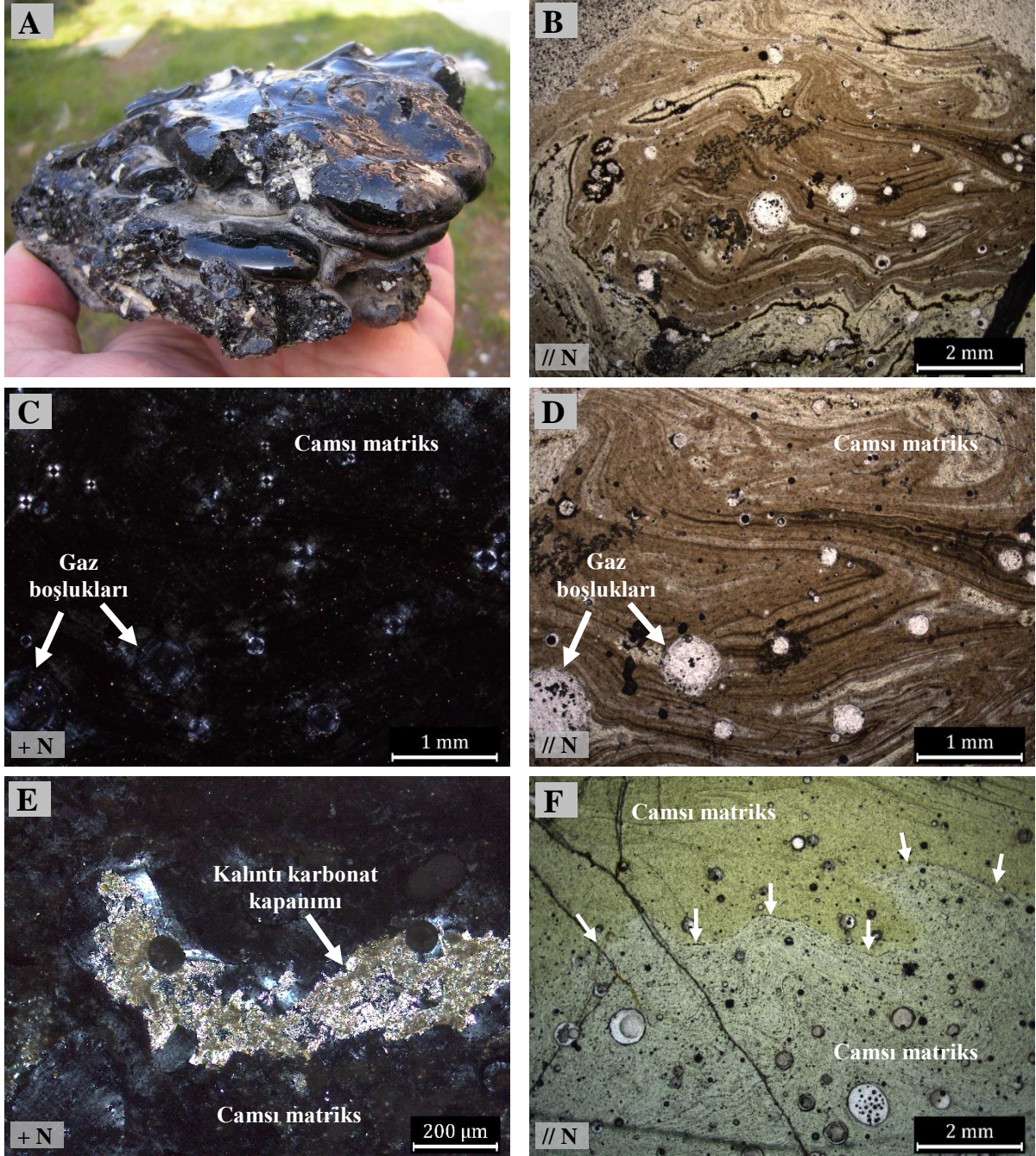
Fulgurit ve içinde bulunduğu kırmızı toprak ile tabandaki kireçtaşından alınan örnekler toz haline getirilerek ana ve eser element kimyasal analizleri ACME Laboratuvarında (Kanada) gerçekleştirilmiştir.

3. FULGURİT OLUŞUMUN BİLEŞİMİ VE KÖKENİ

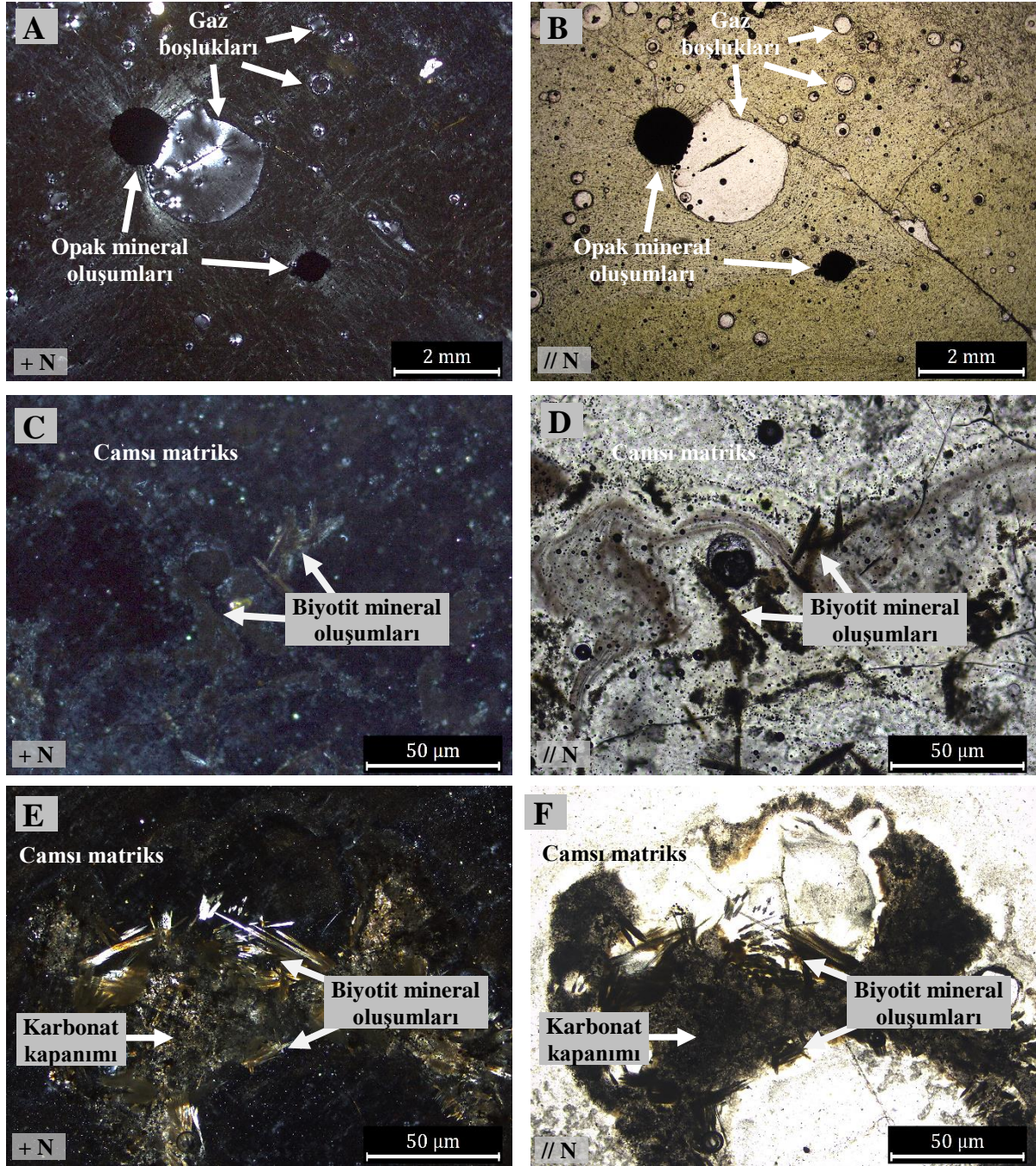
Sunulan bu çalışmada, camsı fulgurit oluşumunun kökenini belirleyebilmek için fulguritin değişik düzeylerinden, yan kayadan ve içinde bulunduğu kırmızı topraktan örnekler alınarak kimyasal bileşimleri karşılaştırılmış, ayrıca ince kesit mineralojik-petrografik, parlak kesit, XRD (X-ışını difraktometre), elektron mikroskop SEM-EDS ve kimyasal analiz çalışmaları yapılmıştır.

3.1. Optik Yöntemler

İnce kesit çalışmalarında fulguritik kaya içinde obsidenlerde gözlenen ince laminalı-dalgalı camsı akma yapılarına benzer oluşumlar gözlenmiştir (Şekil 4 ve 5). Kayacın merkezinden dışa doğru gaz boşluklarının miktarı ve çapları artmaktadır. Gaz boşluklarının olduğu alanlarda ve kayacın merkezine doğru camsı matriks içinde çapları 1-2 mm'ye varan opak mineral oluşumları gözlenmiştir. Optik mikroskopta haç nikelde izotrop siyah görüntü sunan camsı fulgurit oluşumu paralel nikelde kahverengi ve yeşil doğal renk göstermektedir. Camsı fulgurit oluşumu çekirdekten dışa doğru sırasıyla kahverengi (açık ve koyu kahve ardalı), açık yeşil ve koyu yeşil renkler gösteren camsı akma yapıları sunmaktadır. Camsı matriks içinde desimetrik boyutlara ulaşan karbonat kaya kapanımları gözlenmiştir.



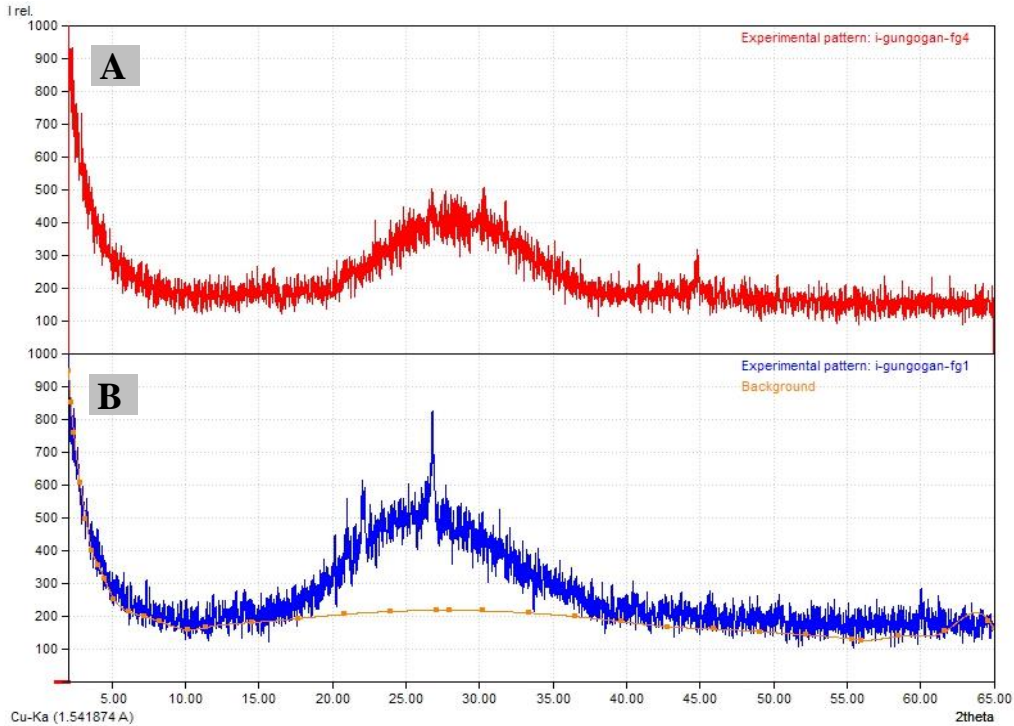
Şekil 4. Camsı fulgurit oluşumun makroskobik ve mikroskobik görüntüleri. A) İnce kesit incelemesi yapılan fulguritin makroskobik görüntüsü. B, C ve D) Camsı fulgurit içinde gözlenen bantlı akma yapıları. E) Fulgurit içinde camsı matrikste gözlenen kalıntı karbonat kapanımı F) Fulgurit oluşumun camsı üst yüzeyinde gözlenen açık yeşil - koyu yeşil akma yapıları (+ N: Haç Nikol, // N: Paralel Nikol polarizan mikroskop görüntüsü).



Şekil 5. Camısı fulgurit oluşumun mikroskopik görüntüleri. A ve B) Camısı fulgurit dokusu içinde gözlenen gaz boşlukları ve opak mineral oluşumları. C, D, E ve F) Fulgurit oluşumu içinde karbonat kapanımı etrafında kristalleşmiş biyotit mineral oluşumları (+ N: Haç Nikol, // N: Paralel Nikol polarizan mikroskop görüntüsü).

3.2. XRD çalışmaları

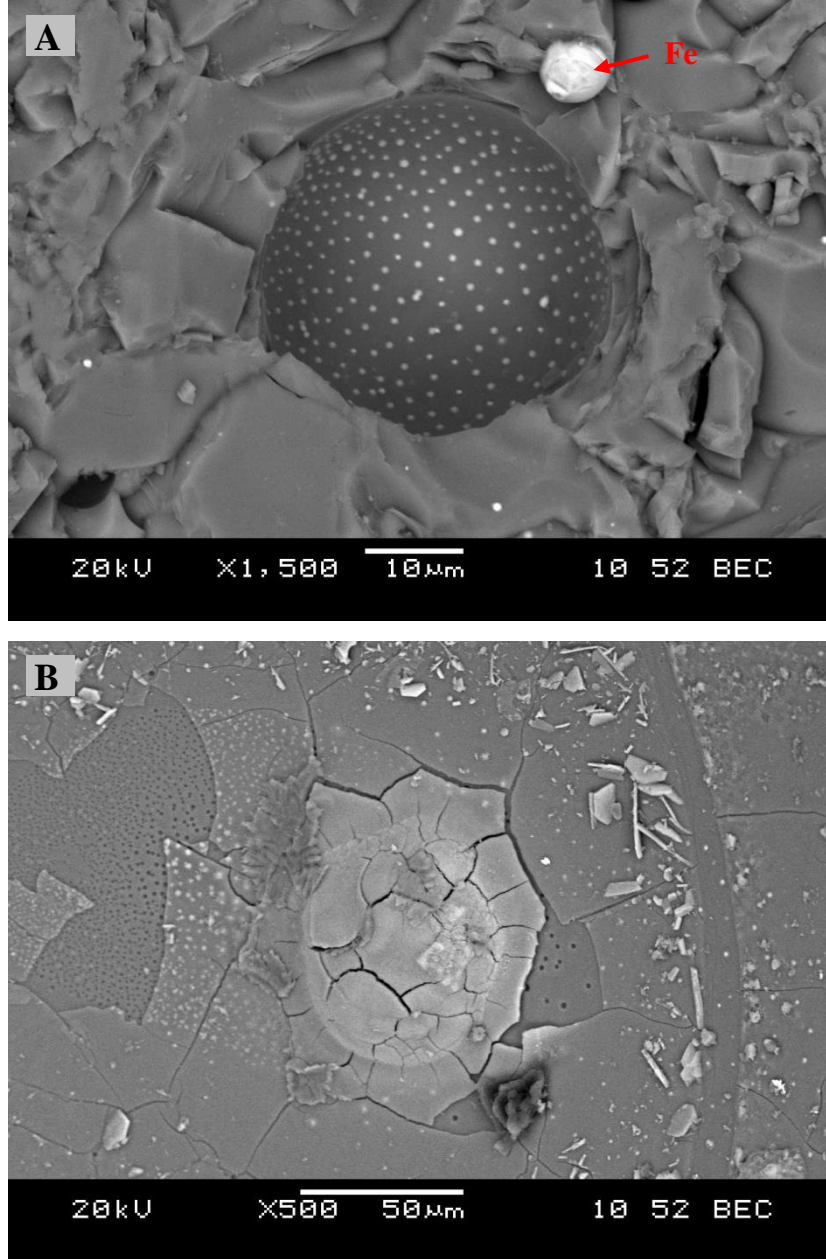
Tınaztepe fulgurtinin gözenekli curufumsu kesimi ile camı bölümlerinden alınan iki adet örnek öğütülerek toz haline getirildikten sonra 0 ile 65 derece arası X-ışını difraktometresi çekilmiştir. Elde edilen XRD patern görüntüsünde camı fulgurit oluşumun opal ve cama benzer amorf bir doku grafiği verdiği saptanmıştır (Şekil 6). XRD grafiği içinde çok az kristal yüzey yansımaları gözlemlense de optik mikroskop çalışmasıyla tespit edilen opak mineral ve biyotit türü mika oluşumları toplam kaya içinde % 1'den az olması nedeniyle amorf ve gürültülü çekim grafiğinden bu mineral oluşumları teyit edilememiştir.



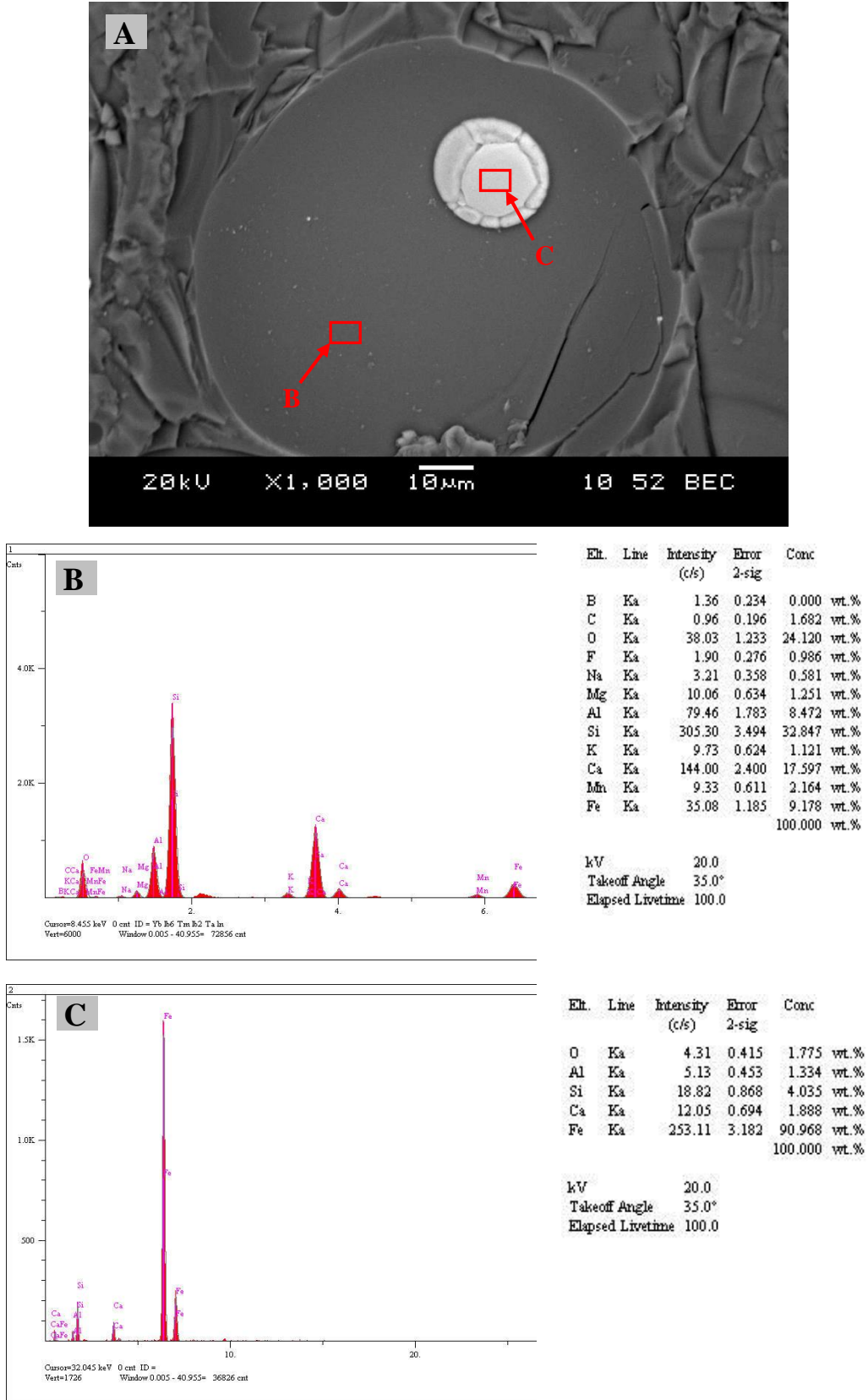
Şekil 6. Tınaztepe fulgurtinin 0 ile 65 derece arası X-ışını difraktometresi. A) Camı fulgurit, B) Curufumsu gözenekli fulgurit.

3.3. Elektron mikroskop SEM-EDS çalışmaları

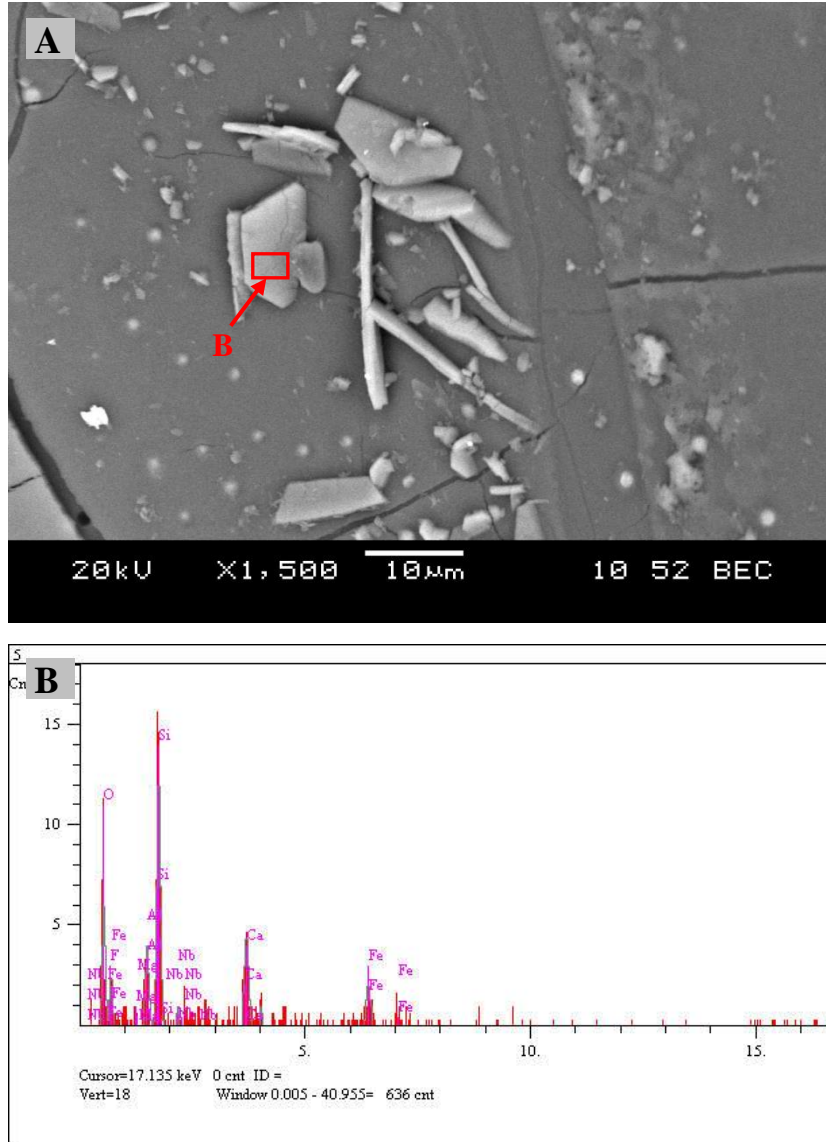
Doğal kırık yüzeylerde ve hazırlanan parlak kesitlerde yapılan SEM-EDS çalışmalarında fulgurit oluşumun baskın olarak homojen camı yapıda olduğu ve içinde çapları 10 mikron ile 2 mm arasında değişen gaz boşluklarının olduğu görülmüştür. Camı dokuda yapılan SEM-EDS ölçümlerinde ana bileşimin Al-Si elementlerince baskın olduğu bazı bölgelerde camı matriks içindeki karbonat kapanımlarından kaynaklı Ca-Al-Si bileşimli olduğu belirlenmiştir. Gaz boşlukları çeperlerinde ender olarak çapları 1 ile 20 mikron arasında değişen elementer Fe oluşumları tespit edilmiştir (Şekil 7). Bu elementer Fe oluşumlarında yapılan SEM-EDS analizlerinde bileşimlerinde az miktarda Ca-Al-Si elementleri içerdiği görülmüştür. Bazı elementer Fe oluşumları meteorik koşulların etkisiyle oksitlenmiş ve zonlu bir yapı kazanmıştır (Şekil 8). Camı fulgurit oluşumun gaz boşlukları çeperlerine yakın kesimlerde bileşimsel olarak annit türü biyotite benzeyen K-Ca-Fe-Al-Si-O bileşimli tabakalı silikat mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 9). Boyutları en fazla 25 mikron olan bu mineraller toplam kayada eser miktarda olduklarından XRD analizi ile ayırt edilememişlerdir.



Şekil 7. Camsı fulgirit oluşumun SEM-elektron mikroskop görüntüleri. A) Camsı fulgirit içinde gözlenen gaz boşluğu ve elementer Fe oluşumun BEC-SEM görüntüsü. B) Gaz kabarcığı çeperine yakın kristalleşmiş K-(Ca)-Fe-Al-silikat bileşimli mineral oluşumları.



Şekil 8. Camısı fulgurit oluşumun SEM-elektron mikroskop görüntüleri. A) Camısı fulgurit ve içinde gözlenen elementer Fe oluşumun BEC-SEM görüntüsü. B) Camısı fulguritin EDS analizi. C) Elementer Fe oluşumun EDS analizi.



Şekil 9. Camsı fulgirit içinde gözlenen K-(Ca)-Fe-Al-silikat bileşimli annit türü biyotit minerallerin SEM görüntüsü (A) ve EDS analizi (B).

3.4. Jeokimya

Camsı fulgirit oluşumun kökenini belirleyebilmek için fulgiritin farklı düzeylerinden dört adet, içinde bulunduğu kırmızı topraktan iki adet ve toprak düzeyinin yaklaşık 40 cm tabandaki kireçtaşından bir adet örneğin ana oksit ve eser element kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 1 ve 2).

Elemeter değişimleri daha çarpıcı şekilde görebilmek için toprak ile fulgiritik oluşumun kimyasal bileşimleri kireçtaşına göre oranlanılarak element bollukları hesaplanmış ve Şekil 10'daki logaritmik diyagramda verilmiştir. Kimyasal analizlerde tabandaki ana kayaç olan kireçtaşında CaO %55,76 iken üzerinde gelişen kırmızı toprakta bu değer % 1,80 lere

düşüğü SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 , K_2O değerlerin ise kırmızı toprakta kireçtaşı oranla yaklaşık yüz kat zenginleştiği tespit edilmiştir. Diğer ana oksit değerleri içinde MgO kireçtaşı oranla kırmızı toprakta 5 katı zenginleşme gösterirken diğer ana oksit değerleri içinde büyük bir değişim gözlenmemiştir. Eser elementlerde de kırmızı toprak içinde kireçtaşı oranla 10 ile 60 kat zenginleşmeler gözlenirken bir tek Sr değerinde kırmızı toprakta azalma gözlenmiştir (yaklaşık 1,5 kat).

Kimyasal analizler değerlendirildiğinde fulgurit oluşumun ve kireçtaşı üzerinde gelişen kırmızı toprağın benzer elementer bileşim verdiği tespit edilmiştir. Fulgurit içinde kırmızı topraktan farklı olarak % 6 ile % 12 arasında değişen CaO değeri tespit edilmiştir. Bu da fulgurit oluşumu sırasında kırmızı toprağın ergimesine tabandaki kireçtaşından da katılım olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Kireçtaşı, üzerinde oluşan kırmızı toprak ve fulgurit örneğin ana oksit değerleri (%).

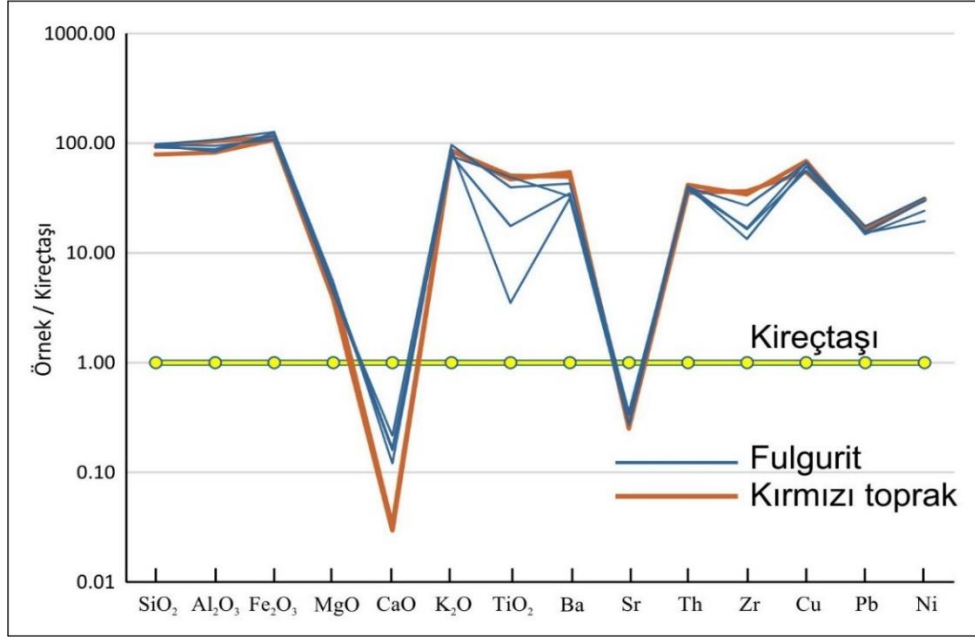
Örnek Türü	Örnek No	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO	Cr_2O_3	Kızdırma Kaybı
Fulgurit	F-1 (üst)	57.91	22.49	8.85	1.74	6.76	0.25	1.77	0.07	0.14	0.05	<0.002	1.67
	F-2	53.87	18.54	8.24	1.63	9.23	0.22	1.55	0.35	0.13	0.23	0.198	4.2
	F-3	56.40	17.66	8.69	1.38	12.04	0.03	1.92	0.79	0.12	0.13	0.068	3.55
	F-4 (taban)	57.22	19.86	7.55	1.42	8.89	0.45	1.52	0.98	0.15	0.94	0.081	2.2
Kırmızı toprak	L-1	54.32	20.05	8.76	1.33	1.65	0.30	1.98	1.08	0.08	0.12	0.032	10.0
	L-2	55.02	22.02	7.86	1.56	1.83	0.21	1.71	1.01	0.15	0.09	0.021	9,6
Kireçtaşı	KC-1	0.59	0.21	0.07	0.32	55.76	<0.01	0.02	0.02	<0.01	<0.01	<0.002	42.9

F: Fulgurit, L: Lateritik kırmızı toprak, KC: Kireçtaşı

Çizelge 2. Kireçtaşı, üzerinde oluşan kırmızı toprak ve fulgurit örneğin eser element değerleri (ppm).

Örnek Türü	Örnek No	Ba	Sr	Th	Zr	Mo	Cu	Pb	Zn	Ni	As	Ag	Au
Fulgurit	F-1 (üst)	189	70.8	20.0	112.7	0.4	36.8	29,8	82	83.6	206.2	<0.1	95.4
	F-2	209	93.4	19.8	226.0	0.5	39.2	33.2	97	89.4	184.5	0.1	81.5
	F-3	258	90.1	20.2	138.2	0.3	33.6	28.9	83	54.6	192.9	0.1	83.7
	F-4 (taban)	197	87.6	18.8	141.7	0.5	40.2	28.1	87	67.8	195.2	<0.1	85.7
Kırmızı toprak	L-1	378	68.0	20.3	353.1	0.5	38.1	36.1	99	97.4	228.1	<0.1	96.0
	L-2	298	72.1	20.9	286.8	0.4	41.3	29,8	99	86.4	211.6	<0.1	81.2
Kireçtaşı	KC-1	6	261.1	0.5	8.4	<0.1	0.6	1.9	3	2.8	12.1	<0.1	26.8

F: Fulgurit, L: Lateritik kırmızı toprak, KC: Kireçtaşı



Şekil 10. Tınaztepe yerleşkesinde bulunan fulgurit oluşumun ve içinde bulunduğu kırmızı toprağın tabandaki kireçtaşına göre oranlanmış element bolluklarını gösterir logaritmik çoklu element diyagramı.

4. SONUÇLAR

Camsı kayacın bileşim ve oluşum kökenini belirleyebilmek için mineralojik-petrografik ince kesit, parlak kesit, XRD, SEM-EDS ve kimyasal analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

XRD patern görüntüsünde camsı fulgurit oluşumun opal ve cama benzer amorf bir yapı sunduğu belirlenmiştir. İnce kesit çalışmalarında fulguritik kaya içinde obsidenlerde gözlenen ince laminalı-dalgalı camsı akma yapılarına benzer oluşumlar gözlenmiştir. Kayacın merkezinden dışa doğru gaz boşlukların miktarı ve çapları artmaktadır. Kayaç merkezine doğru camsı matriks içinde çapları 1 cm'ye varan opak mineral oluşumları gözlenmiştir. Parlak kesit ve SEM-EDS çalışmalarında bu oluşumların Fe ve Fe-Si bileşimli oldukları anlaşılmıştır. Camsı kayaç içinde ayrıca biyotit türü tabakalı silikat mineral oluşumları tespit edilmiştir.

Kayacın kökenine yönelik olarak yan kayadan, lateritik toprak ve fulguritten yapılan kimyasal analiz çalışmalarında fulgurit oluşumu ile içinde bulunduğu kırmızı toprağın benzer elementer bileşim verdiği saptanmıştır. Kırmızı topraktan farklı olarak fulgurit içinde % 6 ile % 12 arasında değişen CaO değeri tespit edilmiştir. Bu da fulgurit oluşumu sırasında kırmızı toprağın ergimesine tabandaki kireçtaşından da katılım olduğunu göstermektedir. Kimyasal analizlerde tabandaki ana kayaç olan kireçtaşında CaO %55,76 iken üzerinde gelişen kırmızı toprakta bu değer % 1,80 lere düştüğü, SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃, K₂O değerlerin ise kırmızı toprakta kireçtaşına oranla yaklaşık yüz kat zenginleştiği tespit edilmiştir. Diğer ana oksit değerleri içinde MgO kireçtaşına oranla kırmızı toprakta 5 katı zenginleşme gösterirken diğer ana oksit değerleri içinde büyük bir değişim gözlenmemiştir. Eser elementlerde de kırmızı toprak içinde kireçtaşına oranla 10 ile 60 kat zenginleşmeler gözlenirken bir tek Sr değerinde kırmızı toprakta azalma gözlenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda camsı fulgurit kayacın yıldırım düşmesine bağlı olarak baskın olarak lateritik toprağın ve kısmen tabandaki kireçtaşının ergimesiyle oluştuğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Withering W. An account of some extraordinary effects of lightning, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, Seri D, Cilt.80, 1790, s.293-295.
- [2] Harland WB, Hacker JLF. Fossil lightning strikes 250 million years ago, *Advances in Science*, Cilt. 22, 1966, s.663-671.
- [3] Feldman V. Comparative Characteristics of Impactite, Tektite and Fulgurite Glasses: In Konta J editor, *2and International Conference on Natural Glasses*, Prague, 1987, September 21-25, 1988, s.215-220.
- [4] Kelley MC. *The Earth's Electric Field: Sources from Sun to Mud*, Elsevier, 225, ISBN 978-0-12-397886-8, First edition 2014, s.215.
- [5] Gudmundsson G, Holloway Jr. Activity-composition relationships in the system Fe-Pt at 1300-degrees-C and 1400-degrees-C and at 1-Atm and 20-Kbar, *American Mineralogist* , 78/1-2, 1993, 178-186
- [6] Sponholz B, Baumhauer R, Felix-Henningsen P. Fulgurites in the southern central Sahara, Republic of Niger and their palaeoenvironmental significance, *The Holocene*, Cilt. 3, No. 2, 1993, s.97-104, doi:10.1177/095968369300300201.
- [7] Zeitner, J.C. Fulgurites. *The Lapidary Journal*, 36, 1982.
- [8] Goedeke D, Techmer K. Partial melting in fulgurites from Little Ararat (Turkey) and Dissistock (Swiss Alps). *Uman MA, Int. Geophys. Series*, 39, 1987.
- [9] Pasek MA, Block K, Pasek V. Fulgurite morphology: a classification scheme and clues to formation, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 164 (3), 2012, s.477-492, doi:10.1007/s00410-012-0753-5.
- [10] Durgun H, Karamanderesi İH. İzmir-Selçuk-Çamlık Köyü-Mezargedigi mevki fulgurit oluşumu, *MTA Dergisi*, 103-104, 1985, s.124-129.
- [11] Kassi AM, Kasi AK, Friis H, Kakar DM. Occurrences of rock-fulgurites associated with steel pylons of the overhead electric transmission line at Tor Zavar, Ziarat District and Jang Tor Ghar, Muslim Bagh, Pakistan, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 22, 2013, s.1010-1019, doi:10.3906/yer-1207-6.
- [12] Konak N. Türkiye Jeoloji Haritası, 1:500.000 ölçekli İzmir Paftası, Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, 2002.
- [13] Erdoğan B. İzmir-Ankara Zonu ile Karaburun Kuşağının tektonik ilişkisi, *MTA Dergisi*, 110, 1990, s.1-15.
- [14] Akdeniz N, Konak N. İzmir-Manisa dolaylarının jeolojisi, *MTA Rapor No. 7929*, 1986.

ÖZGEÇMİŞ / CV**İbrahim GÜNDOĞAN; Yrd. Doç. Dr. (Assistant Prof.)**

Lisans derecesini 1989'de Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden, yüksek lisans derecesini 1994'da Dokuz Eylül Üniversitesi Ekonomik Jeoloji Programı'ndan ve doktora derecesini 2000'de Dokuz Eylül Üniversitesi Ekonomik Jeoloji Doktora Programından aldı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Araştırma ve çalışma alanları evaporitler, sedimentler ve volkanik kayaların mineralojisi-petrografisi, gemoloji ve ekonomik jeolojidir.

He has got his bachelors' degree in Geological Engineering Department at Dokuz Eylul University in 1989, his master degree in Geological Engineering MSc program at Dokuz Eylul University in 1994, and his PhD degree in Economical Geoogy PhD program at Dokuz Eylul University in 2000. He is an academic member of Geological Engineering Department of Dokuz Eylul University. His research interests focus on evaporites, mineralogy-petrography od sedinetary and volcanic rocks, gemology and economic geology.