

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2022 Cilt 65 Sayı 3

ISSN 1016-9164

August 2022 Volume 65 Issue 3



Değerli ve Yarı Değerli Taşlar / Precious & Semi-Precious Stones

Misafir Editörler / Guest Editors:

Sabah YILMAZ ŞAHİN, Fetullah ARIK

TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Faruk İLGÜN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
M. Emre KIBRIS	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Düzgün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>
Seçkin GÜLBUDAK	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ
Geological Bulletin of Turkey

Yayın Kurulu / *Publication Board*

Editör / *Editor*
Erdinç YİĞİTBAŞ
eyigitbas@comu.edu.tr

Yardımcı Editörler / *Associate Editors*

Mustafa AVCIOĞLU
m_avcioglu@comu.edu.tr

İsmail Onur TUNÇ
onurtunc@comu.edu.tr

İngilizce Editörleri / *English Editors*

Catherine YİĞİT

Graham Howard LEE

Editör Kurulu / *Editorial Board*

AKGÜN Funda (İzmir, Türkiye)	ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)
AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)	ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)	PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, Türkiye)	PAVLIDES Spyros (Selanik, Yunanistan)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)	PIPER John D.A. (Liverpool, İngiltere)
BATI Zühtü (Ankara, Türkiye)	PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	POLAT Ali (Windsor, Ontario, Kanada)
CAPUTO Ricardo (Ferrara, İtalya)	ROBERTSON Alastair (Edinburgh, İngiltere)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)	SAN Bekir Taner (Antalya, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)	SARI Erol (İstanbul, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
GÜL Murat (Muğla, Türkiye)	SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	ŞENGÜLER İker (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)	TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
GÜRŞOY Halil (Sivas, Türkiye)	TEMELE Abidin (Ankara, Türkiye)
HATİPOĞLU Murat (İzmir, Türkiye)	TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	TÜŞÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)	VAŞELLI Orlando (Floransa, İtalya)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)	YAGBASAN Özlem (Ankara, Türkiye)
KUŞÇU İlkay (Muğla, Türkiye)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
MESCİ B. Levent (Sivas, Türkiye)	YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YALTIRAK Cenk (İstanbul)
OBERHANSLI Roland (Potsdam, Almanya)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ÖZCAN Ercan (İstanbul, Türkiye)	YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)	ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)	

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayının şekli / <i>Frequency</i>	: Yılda 3 sayı (Türkçe -İngilizce) / 3 issues per year (Turkish - English)
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayının İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altıntop İşhanı No: 877 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi	: Ağustos 2022
Baskı Adedi	: 500

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2022 Cilt 65 Sayı 3

August 2022 Volume 65 Issue 3

İÇİNDEKİLER CONTENTS

Sabah Yılmaz Şahin Önsöz - Değerli ve Yarı Değerli Taşlar <i>Preface - Precious & Semi-Precious Stones</i>	III
Burcu Çevik Üner, Sabah Yılmaz Şahin, Ünal Akkemik Batı Anadolu'da Silisleşmiş Ağaç Türlerinin Bazı Mineralojik ve Gemolojik Özellikleri <i>Some Mineralogical and Gemological Properties of Silicified Wood Species in Western Anatolia</i>	217
Fetullah Arık, Erhan Turhal, Yeşim Özen Almus (Tokat) Yöresindeki Akiklerin Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi <i>Evaluation of Geochemical Properties of Agates in Almus (Tokat) Region</i>	233
Fetullah Arık, Abdurrahman Ruşen Döllük ve Gümenek (Tokat-Türkiye) Kalsedonlarının Jeokimyasal Özellikleri <i>Geochemical Properties of the Döllük and Gümenek (Tokat-Türkiye) Chalcedonies</i>	255
Koray Sözeri, Handan Günel, Erhan Duran Tokat-Artova Bölgesinde Bulunan Kalsedon Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik Özellikleri <i>Mineralogical-Petrographical and Gemological Properties of Chalcedony Occurrences in Artova Region (Tokat, Turkey)</i>	273
Elif Özbay Candan, İlkay Kaydu Akbudak, Zeynel Başibüyük, Gökhan Ekinciöglu Tokat Nebiköy Kalsedonlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik İncelemesi <i>Mineralogical-Petrographical and Gemological Investigation of Chalcedonies in Nebiköy, Tokat</i>	287
Ayten Çalık Yenisofça Opal Oluşumlarının Jeolojisi ve Mineralojik Özellikleri - Eskişehir, KB Türkiye <i>Geology and Mineralogy of Yenisofça Opal Occurrences, Eskişehir – NW Turkey</i>	297
Eyyüp Hikmet Kınacı, Alican Öztürk Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması <i>Investigation of the Geological, Geochemical and Gemological Features of Diaspore Formations on the Southwestern Side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas)</i>	309

Değerli ve Yarı Değerli Taşlar / Precious & Semi-Precious Stones

Misafir Editörler / Guest Editors:

Sabah YILMAZ ŞAHİN, Fetullah ARIK

65. Cilde katkı sağlayanlar / Reviewers contributed to the 65th Volume:

Peyman AFZAL, Sena AKÇER ÖN, M. Serkan AKKIRAZ, Ercan AKSOY, Mehmet ARSLAN, Selman AYDOĞAN, Utku BAĞCI, Zeynel BAŞIBÜYÜK, Demet BİLTEKİN, İsa CÜREBAL, Ayten ÇALIK, Emin ÇİFTÇİ, Hakan ÇOBAN, Arif DELİKAN, Kıymet DENİZ, Ahmet Evren ERGİNAL, Taner EKİCİ, Yunus Levent EKİNCİ, T. Ahmet ERTEK, Aykut GÜÇTEKİN, Alper GÜRBÜZ, Meltem GÜRBÜZ, Ömer Feyzi GÜRER, Nurullah HANILÇI, Murat HATİPOĞLU, Ömer KAMACI, Zekiye KARACIK, Mustafa KUMRAL, Okan KÜLKÖYLÜOĞLU, Zeynep ÖZBEY, Mehmet ÖZKUL, Oya ÖZULUĞ, Hüseyin SENDİR, Ahmet ŞAŞMAZ, Sibel TATAR ERKÜL, Okan TÜYSÜZ, Emin ULUGERGERLİ, Elif VAROL MURATÇAY, Mehmet Namık YALÇIN

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD and ULAKBİM TR Dizin Databases.

TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI

Chamber of Geological Engineers of Turkey

ÖNSÖZ - DEĞERLİ ve YARI DEĞERLİ TAŞLAR

Değerli ve Yarı Değerli Taşlar, ya da diğer bir ifadeyle **süstaşları**, doğada ender bulunuşları, dayanıklı olmaları ve bazı fiziksel ve kimyasal ayrıcalıkları nedeniyle diğer mineral ve kayaların içinde özel bir yere sahiptirler. Süstaşları, insanoğlu var olduğundan beri, farklı kültürlerde, farklı anlamlar yüklenerek yaygın olarak kullanılmışlardır. Günümüzden yaklaşık 6000 yıl önce Mezopotamya’da bazı taşların sihirli olduğuna, Antik Yunan’da ametistin panzehir olduğuna inanılması, Mısır’da lapis lazulinin Hindistan’da jadeyitin kutsal sayılması süstaşlarına çeşitli anlamlar yüklenmiş olduğunu ve insanların geçmişten günümüze süstaşlarına özel ilgi duyduklarını göstermektedir.

Değerli ve yarı değerli taşların, kuyumculuk sanatı ile birleştirilip, bir metale montürlenmesiyle elde edilen takıların statü, güç ve zenginlik sembolü olarak farklı kültürlerde kullanımı, yalnızca Anadolu topraklarında değil, tüm dünyada yaygındır. Bazı değerli ve yarı değerli taşlar, aynı zamanda, süs eşyası olarak da kullanılmakta olup, insanların estetik-sanatsal anlayışının da bir göstergesi durumundadır. Bunların yansıra, değerli ve yarı değerli taşlar, çıkarıldığı bölge için ekonomik kaynak olarak katkı sağlayabilecek bir potansiyele de sahiptirler.

Doğal bir malzemenin, değerli ve yarı değerli süstaşı olarak değerlendirilebilmesi için, dayanıklılık, güzellik, nadirlik temel kriterleri yanında, aynı zamanda, taşınabilirlik, kesilebilme, parlatılabilme, ışık yansıtma, ışık kırma, bünyesinde safsızlıklar içermesi gibi bazı özellikleri de göz önüne alınması gereken unsurlardır. Değerli taşları, yarı değerli taşlardan ayıran kesin bir tanımlama bulunmamakla birlikte, geleneksel olarak, elmas, zümrüt, safir, yakut ve bazı inci türleri değerli taşlar kategorisinde, diğerleri ise yarı değerli taşlar kategorisinde yer almaktadır. Oysa günümüzde değerlilik tanımı,

doğal taşta olan talep, moda gibi kavramlarla yere ve zamana bağlı olarak göreceli bir hale gelmiştir. Genel anlamda değerli - yarı değerli taşlar (süstaşları) denildiğinde jeolojik kökenli taşlar kastediliyorsa da, süstaşı kavramı bazı organik materyalleri (mercan, kehribar, inci gibi) ve gelişen teknolojinin bir sonucu olarak sentetik ve imitasyonları da içermektedir, ancak burada doğal olanlar ele alınmaktadır.

Değerli ve yarı değerli taşlar; yüksek sıcaklıktaki magmadan silikatların kristalleşmesiyle; metamorfizma yoluyla, yani yüksek ısı ve basınç koşulları altında kristalleşme veya yeniden kristalleşmesiyle; sulu çözeltilerden çökmeyle, organik faaliyetlerle veya tüm bu etkenlerin çeşitli şekillerde birleşmesiyle oluşabilmektedir. Ayrıca bu birincil oluşumların, içlerinde buldukları kayalardan aşınması, mekanik olarak bir yerde yoğunlaşma ve alüvyonlar içinde birikmesi ile de plaser olarak bulunabilirler. Bilinen yaklaşık 4000 mineral çeşidinden sadece %20 kadarı kıymetli ve yarı kıymetli taş olarak kullanılmaktadır.

Türkiye’de “Değerli ve yarı Değerli Taşlar”, 3213 Sayılı Maden Kanunu’nda, 5 Haziran 2004 tarih ve 25483 Sayılı Kanun’la V. Grup Madenler olarak tanımlanmaktadır. Bu grup madenler adı altında; Elmas, safir, yakut, beril, zümrüt, morganit, akuvamarin, heliodor, aleksandirit, agat, oniks, sardoniks, jasp, karnolin, heliotrop, kantaşı, krizopras, opal (irize opal, kırmızı opal, siyah opal, ağaç opal), kuvars kristalleri (ametist, sitrin, neceftaşı (dağ kristali), dumanlı kuvars, kedigözü, avanturin, venüstaşı, gül kuvars), turmalin (rubellit, vardelit, indigolit), topaz, aya taşı, turkuaz (firuze), spodümen, kehribar, lazurit (lapislazuli), diopsit, amazonit, lületaşı, labrodorit, epidot (zeosit, tanzanit), spinel, jadeit, yeşim veya jade, rodonit, rodokrozit, granat minarelleri (spesartin, grosüller hessanit, demontoit, uvarovit, pirop, almandin), diaspor kristalleri, kemmererit gibi mineral ve bazı kayalar ile oltutaşı da yer almaktadır. Ayrıca kanunda, “Bu gruplarda yer alan madenlerin

özellikleri ile bu maddede yer almayan bir maden grubunun tespitine ait esas ve usuller bakanlıkça çıkarılacak yönetmelikle düzenlenir” ibaresini içeren ek bir madde de bulunmaktadır.

Türkiye'nin süstaşları hakkında farklı zamanlarda farklı çalışmalar yapılmıştır. Antik dönemlerde yazıya geçmiş kaynakların tespitinin yanı sıra, Osmanlı arşivlerinde de bu konuda pek çok kaynağın mevcut olduğu bilinmektedir. Önceki çalışmalardan derlenen bilgilere göre Türkiye’de varlığı bilinen ve süstaşı özelliğinde olan, toplamı 20’yi geçmeyen değerli ve yarı değerli taş türünün (MTA, 2000; Selim, 2015; Yılmaz Şahin, 2019) ticareti yapılmaktadır. Bunlar, akuamarin, diaspor, kyanit (disten), granat (almandin), korund (yakut), jadeit (mor jade), nefrit, kemererit, pembe turmalin, silis grubu süstaşları (kristalin, kriptokristalin kuvars çeşitleri (ametist, mavi kalsedon, vb) ile amorf çeşitleri (opal, Ankara Çubuk agatı), turmalin, oltutaşı ve lületaşı (sepiyolit) olarak sayılabilmektedir (Selim, 2005; Yılmaz Şahin, 2019). Diaspor, kemererit ve jadeit gibi mineral türleri ile ateş opalinin süstaşı kalitesindeki örnekleri, Türkiye’ye has olup, **Dünya**’daki diğer türlerinden birtakım özellikleri ile ayrılmaktadır. Özellikle diaspor mineralinin iri, şeffaf kristaller halinde olması, gün ışığında yeşilden sarıya, turuncuya ve hatta kırmızıya çalan renk oyunları göstermesi onu çok özel kılmakta ve değerli taş olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Türkiye’ye has bazı **örneklerin**, **Dünya**’daki birçok müzede ve özel koleksiyonlarda yer aldığı da bilinmektedir.

Günümüzde süstaşlarına ilginin giderek artmasının olumsuz bir etkisi olarak, bazı yarı değerli taşların bulunduğu ocaklar veya mostralara, bilinçsizce tahrip edilerek buradan taşlar gelişigüzel alınmaktadır. Süstaşı potansiyelinin ekonomik değer kaybına uğramadan verimli ve bilinçli olarak işletilmesi için, bu konuda akademik olarak eğitim almış insanlardan yararlanılması ve bilimsel yöntemler kullanılarak

araştırma, tanımlama, değerlendirme yapılması gerekmektedir. Türkiye’nin süstaşı potansiyeli henüz tam olarak ortaya çıkartılmış olmasa da, son yıllarda bu konuda yeni araştırmaların yapılıyor olması, yasaların güncellenmesi ve bu taşların belli standartlara uygun çıkarılması için yapılan çalışmalar umut vericidir.

Maden kaynak ve rezervlerinin uluslararası standartlara uygun raporlanması amacıyla 2016 yılında kurulan Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu (UMREK) kodunun 48-51. Maddelerinde “Elmas, Kıymetli ve Yarı Kıymetli Taşların Arama Sonuçları, Maden Kaynakları ve Maden Rezervlerinin Raporlanması” konusuna yer verilmiştir. Buradan da görüldüğü gibi elmas ve değerli ve yarı değerli taşların, uluslararası bir standartta tanımlanması için, her geçen gün yeni gelişmeler olmaktadır. Süstaşlarına olan ilgi ve talebin giderek artıyor olması, bu konunun her yönüyle araştırılması ve belirli bilimsel standartlarla değerlendirilmesi zorunluluğunu gündeme getirmiştir.

Ülkemizde 1947 yılından beri yaklaşık her yıl yapılmakta olan Türkiye Jeoloji Kurultay’larında, “Değerli ve Yarı Değerli Taşlar” konusuna genellikle jeolojinin Mineraloji-Petrografi konuları içerisinde yer verilmiştir. Ancak, 2017 yılında yapılan 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı’nda, ilk defa ayrı bir oturum olarak gerçekleştirilmiş, daha sonraki yıllarda da ayrı oturumlar olarak ele alınmıştır. 2020 yılı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı’nda 4. defa, “Değerli ve Yarı Değerli Taşlar” oturumu planlanmış, ancak COVID-19 Pandemisi dolayısıyla, oturumlar 2021 yılında çevrimiçi olarak gerçekleştirilmiştir. Bu oturumda, Türkiye’de bulunan Değerli ve Yarı Değerli Taşlardan bazılarının nerede ve hangi jeolojik ortamda bulunduğu, süstaşı olabilme potansiyelinin ortaya konulması için bilimsel yöntemlerle incelenmelerinin sonuçları, hem “Sözlü” hem de “Poster” olarak sunulmuştur. Daha sonra bu çalışmaların Türkiye Jeoloji Bülteni’nde

“Özel Sayı” olarak çıkartılması gündeme gelmiş olup, sunum yapan yazarlardan bazılarının olumlu dönüşleri sonucu süreç başlamış ve bu Özel Sayı yayımlanabilmiştir.

Türkiye Jeoloji Bülteni (TJB)’nde “Değerli ve Yarı Değerli Taşlar”la ilgili bu özel sayıda; Türkiye’nin farklı bölgelerindeki çeşitli kayaçlarla birlikte doğal olarak oluşmuş, dayanıklılık gösteren, olağanüstü renk ve desende görünümleriyle albenisi olan bazı süstaşlarının, jeolojik oluşumu, mineralojik-petrografik ve gemolojik niteliklerini temel alan, toplam 7 adet makaleye yer verilmiştir.

TJB-2022-Ağustos’da, cilt 65, sayı 3 olarak çıkan bu özel sayıdaki makalelerde, farklı bölgelerde tespit edilmiş, kısmen ekonomik değere sahip olduğu düşünülen, genellikle silisin polimorflarından oluşan, yarı değerli taşlar jeolojik-mineralojik ve gemolojik özellikleri ile incelenmektedir. Bu çalışmalardan bir tanesi, Türkiye’de son yıllarda oldukça dikkat çeken, farklı fosil ormanlarında tanımlanan silisleşmiş/taşlaşmış ağaçların jeolojik, botanik ve jeokimyasal olarak incelenmesinin sonuçları ile, gemolojik özelliklerinin süstaşı olabilmesi için yeterli olup olmadığı araştırılması konusunu kapsamaktadır. Diğer 5 makale ise, farklı bölgelerde tanımlanan silis polimorflarının (opal, kalsedon, ...) içerildiği kayaçların jeolojik konumları, mineralojik ve bazı jeokimyasal özellikleri ile gemolojik özelliklerinin sunulduğu çalışmalardan oluşmaktadır.

Tokat Bölgesi, Türkiye’nin hem jeolojik öneme hem de ticari değere sahip oldukça kaliteli ve çeşitli silis polimorflarından oluşan kalsedon, jasper, opal, agat/akik ve krizopras gibi yarı değerli taşlarının büyük bölümünün çıkarıldığı bir coğrafyaya sahiptir. Özel sayıda Tokat bölgesindeki silisli oluşumları içeren jeolojik formasyonların tanımlandığı 4 adet çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalarda bahsedilen kalsedon, opal ve diğer silisli oluşumların çoğu, benzer yaşlarda ve

benzer jeolojik olayların etkisinde oluşmuşlardır. Diğer bir çalışma ise, Eskişehir yöresinde tanımlanan opaller ve bunların ilişkili olduğu jeolojik ortamların anlatıldığı bir çalışmadır. Bunların dışında Türkiye’nin Dünya piyasasında değerli taşı olarak tanımlanan “Türk Diasporu” veya ticari olarak “Zultanit” olarak isimlendirilen ve Değerli Taşlar sınıfında tanımlanan süstaşı ile ilgili çalışmaya yer verilmektedir. Aşağıda, Özel sayıda yayımlanacak makalelerin konularına ayrı ayrı kısaca değinilmektedir;

Çevik Üner vd., tarafından hazırlanan “Batı Anadolu’da Silisleşmiş Ağaç Türlerinin Bazı Mineralojik ve Gemolojik Özellikleri” başlıklı makalede; Batı Anadolu’da, Tavşanlı (Kütahya), Osmanlı (Manisa) ve Banaz (Uşak) olmak üzere üç farklı bölgede tanımlanan silisleşmiş ağaç örneklerinin, Geç Miyosen-Pliyosen yaş aralığında, karasal birimler içerisinde, bölgelerdeki volkanik faaliyetlere bağlı hidrotermal çözeltilerin aktivitesi ile oluşabileceği ileri sürülmüştür. Silisleşmiş ağaç örneklerinde mineralojik-petrografik incelemelerde silisin polimorflarından kalsedon ve opal tespit edilmiştir. Botanik tanımlamalarda ise, ağaçların *Taxodioxydon Hartig 1848* (Bataklık servisi), *Pinuxylon Gothan 1906* (Çam), *Pterocaryoxylon Müll.-Stoll et Müdel 1960* (**Ceviz [Yalankoz]**), *Quercoxylon (Kräusel 1939)* Gros 1988 (Herdem yeşil meşe), *Glyptostroboxylon Conwentz 1884* (Bataklık servisi) olduğu, bunların günümüzden daha sıcak ve nemli bir iklimin hâkim olduğu bataklık ve akarsu kenarlarında oluşan fosil ağaç cinsleri oldukları tespit edilmiştir. Gemolojik çalışmalarda ise, silisleşmiş ağaçların **çeşitli renk ve desenleri** ile olağanüstü **güzellikte** olmalarına rağmen, dokusu gereği dayanımsız oldukları ve süstaşı olarak kullanımının **sınırlı** olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Arık vd., tarafından hazırlanan “Almus (Tokat) Yöresindeki Akiklerin Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi” isimli çalışmada; Tokat-Almus bölgesindeki akiklerin, Paleozoyik ve Üst Kretase

yaşlı birimleri örten Alt Miyosen yaşlı Almus formasyonuna ait volkanojenik kumtaşlarının içerisinde, yaklaşık D-B doğrultulu bir fay boyunca yumrular şeklinde olduğu ileri sürülmektedir. Almus yöresi akikleri, ana oksitlerden SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO içerirken, iz elementlerden ise Cr, Ni, Cu, Pb ve Zn içerdiği tespit edilmiştir. Akikler içerisindeki yüksek Cr ve Ni' in bölgedeki Artova ofiyolitli karışığı ile ilişkili olabileceği, Cu, Pb ve Zn'nun ise volkanizmanın erken evreleri ile ilişkili olabileceği ileri sürülmüştür.

Arık ve Ruşen tarafından hazırlanan “Döllük ve Gümenek (Tokat-Türkiye) Kalsedonlarının Jeokimyasal Özellikleri” isimli makalede; Tokat Masifine ait Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı metamorfik birimler içerisinde gözlenen kalsedon oluşumlarının, bölgedeki D-B doğrultulu dike yakın eğimli bir fay zonuna dik yönde yaklaşık 25 m'lik bir hat boyunca gözlenen, fayların etkisiyle kırıklı ve breşik bir yapı sergileyen rekristalize kireçtaşlarının çatlak, kırık ve boşluklarında olduğu ileri sürülmektedir. Oluşan bu kalsedonlarda, Fe, Mg, Ca gibi ana oksitlerin yanısıra, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn gibi metallerin de varlığı saptanmıştır. Bu elementlerce zengin kalsedonların oluşumunun, volkanik etkinliklere bağlı bir hidrotermal sistemin, fay zonu içerisindeki hareketine ve karbonatlı yan kayaç kapanımları içermelerine bağlı olabileceği ileri sürülmüştür.

Sözeri vd., tarafından hazırlanan “Tokat-Artova Bölgesinde Bulunan Kalsedon Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik Özellikleri” isimli çalışmada; Artova-Tokat bölgesinin batı kesiminde, süstaşı kalitesinde, yeşil – kahverengi renk tonlarında kalsedon oluşumlarının, Eosen yaşlı kireçtaşı birimleri içinde serbest çakıllar ve bloklar halinde olduğu saptanmıştır. Kalsedon örneklerinin yeşil ve tonlarında renklere, iyi bir parlaklığa ve yarı şeffaf bir özelliğe sahip olmaları nedeniyle, kolye, küpe, yüzük taşı ve tespit yapılabilecek kaliteye sahip olduklarından bahsedilmektedir. Kalsedonlarda

yapılan mineralojik ve jeokimyasal analizler ile gemolojik testler sonucu, yeşil tonlara sahip olan kalsedonların, Cr veya Ni içeriğinden dolayı, “Kromlu Kalsedon” olarak tanımlanabileceği ileri sürülmüştür.

Özbay Candan *vd.*, tarafından yapılan “Tokat-Nebiköy Kalsedonlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik İncelemesi” başlıklı çalışmada; Nebiköy-Tokat çevresinde gözlenen açık mavi-mavi tonlarında renge sahip kalsedon oluşumlarının, Permian-Triyas yaşlı metamorfik kayalar içerisinde birkaç mm'den 10 cm kalınlığa kadar ulaşan damarlar halinde bulunduğu ileri sürülmektedir. Bantlı yapıda lifsi - iğnemi kuvars mineralleri ile mikrokristalli kuvars minerallerinden oluşan kalsedonlara, dolomit minerallerinin de eşlik ettiği gözlenmektedir. Jeokimyasal analizinde iz elementlerden As, Co, Ni ve Cu tespit edilirken, yan kayalarda bunlara ilaveten V, Mo, Ga, Bi gibi iz elementler saptanmıştır. İz elementlerin varlığı kalsedonlarda griden maviye renk değişimlerine ve süstaşı olabilme potansiyeline katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

Çalık, tarafından sunulan, “Yenisofça (Eskişehir) Opal Oluşumlarının Jeolojisi ve Mineralojik Özellikleri - Eskişehir, KB Türkiye” başlıklı çalışmada; Opal nodüllerinin Pliyosen yaşlı, yaklaşık 2-30 cm boyutunda karbonatlı çakılların içinde oluşmuş olduğu ileri sürülmüştür. Yazar tarafından bölgede yapılan jeolojik ve jeokimyasal çalışmalar, opal nodüllerinin fay sistemleri boyunca hareket eden düşük sıcaklıklı, silis bakımından zengin hidrotermal akışkanların sepiyolit nodüllerinin yerlerinin alması ile oluştuğunu ortaya koymuştur.

Kınacı ve Öztürk tarafından hazırlanan “Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması” çalışmasında; Türkiye boksit yatakları içerisinde gözlenen süstaşı kalitesindeki

diaspor kristallerine, Menderes Masifi'nin güneybatı kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) Pınarcık bölgesinde, metaboksit oluşumları içerisinde yer yer de metaboksit kireçtaşı kantağına yakın altere zonlar içerisinde rastlandığı saptanmıştır. Yapılan çalışmalarda, bölgedeki boksitlerin, tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5-10 kb basınç ve 500-620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gibsit ve böhmitlerin, diaspor ve korunda dönüştüğü, demirli bileşiklerin ise manyetite, killerin de muskovit ve kloritoyid gibi minerallere dönüştüğü saptanmıştır. Diaspor örneklerinde yapılan SEM-EDS analizleri sonucu, bunların O, Al ve Si içerdiği, detay çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin de varlığı tespit edilmiştir. Güneş ışığında farklı renk değişimlerine uğrayan diaspor örnekleri, faset

yüzeyler oluşturacak şekilde kesilerek, değerli kristaller elde edilmiş ve süstaşı potansiyelinin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak; Ülkemizdeki Değerli ve Yarı Değerli süstaşların bulunup, çıkartılması ve işlenmesi konularında yapılan çalışmaların, yukarıda makalelerde de verildiği gibi mutlaka bilimsel temellere dayalı olması, tüketiminin bilinçli yapılması ayrı bir önem taşımaktadır. Uzun jeolojik devirler boyunca oluşan ve yerine konulamaz değerler olan doğal süstaşlarının, doğru yöntemlerle, bilgili insanların elinde işletilmesi ile, ülke ekonomisine büyük bir katma değer sağlayacağı açıktır.

Sabah YILMAZ ŞAHİN

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6928-0923>

PREFACE - PRECIOUS & SEMI-PRECIOUS STONES

Precious and Semi-Precious Stones, or in other words “gemstones”, occupy a special place among other minerals and rocks due to their rarity in nature, their durability, and some of their physical and chemical properties. Gemstones have been widely used in different cultures with different meanings since the beginning of humankind . The belief that some stones were magic in Mesopotamia about 6000 years ago, that amethyst was an antidote in Ancient Greece, that lapis lazuli in Egypt was considered sacred in India, and that jadeite was considered sacred in India show that various meanings were attributed to gemstones and that they attracted particular interest from the past to the present.

The use of precious and semi-precious stones in different cultures as a symbol of status, power and wealth, which is obtained by combining the stones with the art of jewellery and mounting them on metal, is common not only in Anatolia but also all over the world. Some precious and semi-precious stones are also used as ornaments and are an indicator of the owners’ aesthetic-artistic understanding. In addition, precious and semi-precious stones have the potential to contribute to the economic resources of the region where they are mined.

In order for a natural material to be considered as a precious or semi-precious gemstone, in addition to the basic criteria of durability, beauty and rarity, some features such as portability, cutability, polishability, light reflection, refraction, and impurities in its structure must also be taken into consideration. Although there is no precise definition that distinguishes gemstones from semi-precious stones, it is traditional that diamonds, emeralds, sapphires, rubies, and some types of pearls are included in the gemstone category, while others are in the semi-precious stones category. However, nowadays, the definition of valence has

become relative depending on the place and time, taking into account the demand for natural stone and fashion. Although in general terms precious and semi-precious stones (gemstones) are meant to be stones of geological origin, the concept of gemstone includes some organic materials (such as coral, amber, pearl) and synthetic and imitations produced as a result of developing technology. However, only natural gemstones are discussed here.

Precious and semi-precious stones can be formed by crystallization of silicates from magma at high temperature, by metamorphism, that is, by crystallization or recrystallization under high temperature and pressure conditions, by precipitation from aqueous solutions, by organic activity or by various combinations of all these factors. In addition, these primary formations can be found as placers by erosion of the rocks they are in, mechanically condensed in one place and deposited in alluvium. Of the approximately 4,000 known mineral types, only 20% are used as precious and semi-precious stones.

In Turkey, “Precious and Semi-Precious Stones” are defined as V. Group Minerals in Mining Law number 3213, under the Law number 25483 of 5 June 2004. This group is categorized as being those stones mined: diamond, sapphire, ruby, beryl, emerald, morganite, aquamarine, heliodor, alexandrite, agate, onyx, sardonyx, jasper, carnelian, heliotrope, bloodstone, chrysoprase, opal (iridized opal, red opal, black quartz opal, wood opal), crystals (amethyst, citrine, gemstone (mountain crystal), smoky quartz, cat’s eye, aventurine, venus stone, rose quartz), tourmaline (rubellite, verdelite, indigolite), topaz, moonstone, turquoise (turquoise), spodumene, amber, lazurite (lapis lazuli), diopside, amazonite, lülestones (sepiolite), labradorite, epidote (zoisite, tanzanite), spinel, jadeite, jade or jade, rhodonite, rhodochrosite, garnet minerals (spessartine, grossular hessonite, demantoid, uvarovite, pyrope, almandine) diaspore crystals, kammererite). There

are also minerals and some rocks and oltu-stone. There is an additional article in the law stating that “The characteristics of the minerals in these groups and the principles and procedures for the determination of a mineral group not included in this article are regulated by a directive to be issued by the Ministry”.

Different studies have been carried out on Turkey's gemstones at different times. In addition to the identification of written sources in ancient times, it is known that there are many documents on this subject in the Ottoman archives. According to data gathered from previous studies, a total not exceeding 20 of precious and semi-precious stone species (MTA, 2000; Selim, 2015; Yılmaz Şahin, 2019) exist in Turkey with the characteristics of gemstones. These are aquamarine, diaspore, kyanite (kyanite), garnet (almandine), corundum (ruby), jadeite (purple jade), nephrite, kammererite, pink tourmaline, silica group gemstones (crystalline, cryptocrystalline quartz varieties (amethyst, blue chalcedony, etc.) and the amorphous varieties (opal, Ankara-Çubuk agate), tourmaline, oltustone and lülestone (sepiolite) (Selim, 2005; Yılmaz Şahin, 2019). Some of these are unique and distinguished from other species around the world by their features. Especially the mineral diaspore, in the form of large, transparent crystals showing colors from green to yellow, orange and even red in daylight, makes it very special, and allows it to be evaluated as a precious gemstone. It is also known that some examples unique to Turkey are in many museums and private collections around the world.

Today, as an adverse effect of the increasing interest in gemstones, the quarries or outcrops where some semi-precious stones were found are being unconsciously destroyed, and the stones are randomly taken away. In order for the gemstone potential to be exploited efficiently without loss of economic value, it is necessary that experts who have been academically trained in this subject carry out the work. Gemstones must be researched,

identified and evaluated using scientific methods. Although Turkey's gemstone potential has not yet been fully revealed, recent studies on this subject, updating laws, and studies carried out to extract these gems according to certain standards can be considered as a promising start.

The 48-51 codes of the National Mineral Resources and Reserve Reporting Commission (UMREK) were established in 2016 for the purpose of reporting mineral sources and reserves in accordance with international standards. The articles cover “Diamonds, precious and semi-precious stones exploration results, mineral sources and reporting of mineral reserves”. As can be seen, there are new developments every day to define diamonds and precious and semi-precious stones to an international standard. The increasing interest and demand for gemstones has necessitated investigating this issue in every aspect and evaluating it to scientific standards.

In the Geological Congresses of Turkey, which have been held in our country approximately every year since 1947, the subject of “Precious and Semi-Precious Stones” was generally included in the Mineralogy-Petrography subjects of geology. However, in the 70th Geological Congress of Turkey held in 2017, it was held as a separate session for the first time, and it has been handled as a separate session in the years following. The “Precious and Semi-Precious Stones” session was planned for the 4th time at the 73rd Geological Congress of Turkey in 2020, but due to the COVID-19 pandemic it was held online in 2021. In this session, the results of the scientific analysis of some of the Precious and Semi-Precious Stones in Turkey, where they are found and in which geological environment, and their potential to become gemstones, were presented both as “Oral” and “Poster”. Later, discussion on the publication of these studies as a “Special Issue” in the Turkish Geology Bulletin came to the fore, and as a result of the positive feedback of some of the presenting authors, the process started and this Special Issue

could be published.

In this Special Issue on “Precious and Semi-Precious Stones” in the Turkish Geology Bulletin (TJB); a total of 7 articles will be included. These include mineralogical-petrographic and gemological studies based on the geology of some gemstones naturally formed together with various rocks located in different regions of Turkey, which are durable and have an appealing appearance with extraordinary colors and patterns.

In this special issue published in TJB in -August 2022 as volume 65, number 3, the semi-precious stones determined in different regions, thought to have partly economic value and generally consisting of polymorphs of silica are examined with their geological-mineralogical and gemological properties. One study which has attracted much attention in Turkey in recent years, covers the issue of whether the geological, botanical and geochemical examination of silicified/petrified trees identified in various fossil forests and their gemological properties are sufficient to be called gemstones. The other 5 articles consist of studies that present the geological locations, mineralogical and some geochemical properties and the gemological properties of rocks containing silica polymorphs (opal, chalcedony) in different regions.

The Tokat region has a geography where most of Turkey’s semi-precious stones such as chalcedony, jasper, opal, agate/agate and chrysoprase are mined, consisting of high quality and various silica polymorphs, which have both geological and commercial value. There are 4 studies in which the geological formations including siliceous formations in the Tokat region are particularly described. Most of the chalcedony, opal and other siliceous formations mentioned in these studies were formed at similar ages and under the influence of similar geological events. Another study about opals describes those in the Eskişehir region and the geological environments

they are associated with. Apart from these, there is a study on the gemstone called “Turkish Diaspora”, which is defined as a precious stone of Turkey on the world market, or “Zultanite”, commercially and evaluated in the class of Precious Stones. Below, the topics of the articles to be published in the Special Issue are briefly mentioned.

In the article titled “Some Mineralogical and Gemological Characteristics of Silicified Wood Species in Western Anatolia” prepared by Çevik Üner et al., it is suggested that the silicified tree samples found in three different regions in Western Anatolia, namely Tavşanlı (Kütahya), Osmaniye (Manisa) and Banaz (Uşak), may have formed in the Late Miocene-Pliocene age range, within terrestrial units, by the activity of hydrothermal solutions due to volcanic activity in the area. Chalcedony and opal, polymorphs of silica, were detected in mineralogical-petrographic examinations of silicified wood samples. In botanical descriptions, the trees are Taxodioxyton Hartig 1848 (Marsh service), Pinuxylon Gothan 1906 (Pine), Pterocaryoxylon, W.R. Müller, E. Stoll and Mädler (1960) (Walnut [Yalankoz]), Quercoxyton (Kräusel 1939), Gros 1988 (evergreen oak), and Glyptostroboxylon Conwentz. It was determined in 1884 (O.C. Marsh) that these were fossil tree species formed on the edges of swamps and streams where a hotter and humid climate prevailed than today. In gemological studies, it was concluded that although silicified trees are of extraordinary beauty with their various colors and patterns, they are unstable due to their texture and their use as gemstones should be limited.

In the study named “Evaluation of Geochemical Properties of Agates in Almus (Tokat) Region” prepared by Arık et al., it is suggested that the agates in the Tokat-Almus region were formed as nodules along an approximately E-W trending fault within the volcanogenic sandstones of the Lower Miocene Almus formation overlying the Paleozoic and Upper Cretaceous units. Almus agates contain the main oxides SiO₂, Fe₂O₃, MgO,

and CaO, while it has been determined that they contain Cr, Ni, Cu, Pb and Zn from the trace elements. It has been proposed that high Cr and Ni in agates may be associated with the Artova ophiolite complex in the region, while Cu, Pb and Zn may be associated with the early stages of volcanism.

In the article named “Geochemical Properties of Döllük and Gümenek (Tokat-Turkey) Chalcedonies” prepared by **Arik and Ruşen**; the chalcedony formations observed within the Paleozoic-Mesozoic metamorphic units of the Tokat Massif are found in the cracks, fractures and voids of the recrystallized limestones, which exhibit a fractured and brecciated structure with the effect of faults, observed along a line of approximately 25 m perpendicular to an E-W trending vertically inclined fault zone. In these units, chalcedony formed, besides the main oxides such as Fe, Mg, and Ca, Metals such as Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, and Zn were also detected. It is likely that the formation of chalcedony rich in these elements may be due to the movement of a hydrothermal system due to volcanic activity within the fault zone, and their inclusion in the carbonate host rock.

In the study titled “Mineralogical-Petrographical and Gemological Properties of Chalcedony Occurrences in the Artova Region (Tokat, Turkey)” prepared by **Sözeri et al.**, in the western part of the Artova-Tokat region, chalcedony formations of green-brown color and gemstone quality were found as free pebbles and blocks within the Eocene aged limestone units. It is mentioned that chalcedony specimens have the quality to make necklaces, earrings, ring stones and rosaries, as they have green tones, a good brightness, and a semi-transparent feature. As a result of mineralogical and geochemical analyses and gemological tests performed on the chalcedony, it was suggested that chalcedony with green hues can be defined as “Chromed Chalcedony”, due to its Cr or Ni content.

In the study titled “Mineralogical-Petrographical and Gemological Investigation of Chalcedonies in Nebiköy, Tokat” by Özbay **Candan et al.**, it is noted that the chalcedony formations with light blue-blue tones around Nebiköy-Tokat are found as veins ranging from a few mm to 10 cm thick in Permian-Triassic metamorphic rocks. It is observed that chalcedony, which consists of fibrous acicular quartz minerals and microcrystalline quartz minerals in banded structure, is accompanied by dolomite minerals. While the trace elements As, Co, Ni and Cu were detected in the geochemical analysis, trace elements such as V, Mo, Ga, Bi were detected in the rocks. It was concluded that the presence of trace elements in the chalcedony contributes to the gray to blue color changes and the potential to be a gemstone.

The work titled “Geology and Mineralogy of Yenisoğça Opal Occurrences, Eskişehir – NW Turkey” presented by Çalık tells us that opal nodules were formed in Pliocene, approximately 2-30 cm in size, carbonate conglomerates. Geological and geochemical research conducted by the author in the region revealed that opal nodules were formed by the replacement of sepiolite nodules by low-temperature, silica-rich hydrothermal fluids moving along fault systems.

Finally, in the study “Investigation of the Geological, Geochemical and Gemological Features of Diaspore Formations on the Southwestern Side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas)” prepared by **Kınacı and Öztürk**, gemstone quality diaspore crystals observed in bauxite deposits in Turkey were found in the Pınarcık region on the southwestern flank of the Menderes Massif within the metabauxite formations and in altered zones close to the metabauxite limestone contact. Field studies have shown that bauxites in the region undergo metamorphism at a depth of about 10-25 km, a pressure of 5-10 kb and a temperature of 500-620°C due to burial because of tectonic movements. It was determined

that clays had transformed into minerals such as muscovite and chloritoid. As a result of SEM-EDS analyses performed on the diaspore samples, it was found that they contain O, Al and Si, with the presence of K, Na, Fe, Ca and Mg in addition to these elements. The diaspore samples, which undergo different color changes in sunlight, were cut to form facet surfaces, producing valuable crystals, and it was concluded that the gemstone potential was high.

As a result, it is of particular importance in Turkey that the studies on the discovery, extraction and processing of precious and semi-precious stones are based on a scientific foundation, as given in the articles above. It is clear that natural gemstones, which were formed during long geological periods and have an irreplaceable value, will provide a great addition to the country's economy if they are extracted with the right methods and in the hands of knowledgeable people.

Sabah YILMAZ ŞAHİN

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6928-0923>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- MTA (2000). *Türkiye'nin Kıymetli ve Yarı Kıymetli Taşlarının Araştırılması Projesi*. MTA Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Selim, H. (2015). *Türkiye'nin Değerli ve Yarı Değerli Mücevher Taşları*. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın no: 2014-4.
- Yılmaz Şahin, S. (2019). Türkiye'nin Değerli ve Yarı Değerli Taşları. *Yurt Madenciliğini Geliştirme Vakfı Sektörmaden Dergisi*, 72, Temmuz-Ağustos-Eylül, 26-32.



Batı Anadolu’da Silisleşmiş Ağaç Türlerinin Bazı Mineralojik ve Gemolojik Özellikleri
Some Mineralogical and Gemological Properties of Silicified Wood Species in Western Anatolia

Burcu Çevik Üner^{1*}, Sabah Yılmaz Şahin², Ünal Akkemik³

¹*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müzesi, 34500 Büyükçekmece-İstanbul*

²*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34500 Büyükçekmece-İstanbul*

³*İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 34473 Bahçeköy-İstanbul*

• Geliş/Received: 16.03.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 20.06.2022 • Kabul/Accepted: 20.06.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.08.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Batı Anadolu’da tanımlanan silisleşmiş ağaç örnekleri, Tavşanlı (Kütahya) ve çevresinde Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Çökköy formasyonu içerisinde, Osmanlı (Manisa) ve civarında Erken(?) -Orta Miyosen Yaşlı Foça Tüfünde ve Banaz (Uşak) çevresindeki ağaçlar ise Orta-Geç Miyosen yaşlı Yeniköy formasyonu karasal sedimanları içerisinde yer almaktadır. Silisleşme mekanizması ile taşlaşan ağaçların oluşumu, bölgede Neojen dönemi volkanik faaliyetleri ile eş zamanlı oluşan kırıntılı çökellerin sedimantasyonu ile ilişkilidir. Silisleşmiş ağaç örneklerinde enine, radyal ve teğet olmak üzere üç yönlü ince kesitler üzerinde gerçekleştirilen mineralojik-petrografik incelemelerde silisin polimorflarından yaygın olarak kalsedon ve daha az miktarda kuvars ile opal tespit edilmiştir. Mineralojik yorumlamalar ayrıca X-Işınları Difraktometresi (XRD) analizi ile desteklenmiştir. Botanik mikroskobunda ince kesitler ile gerçekleştirilen paleobotanik tanımlar sonucunda ise; *Taxodioxylon* Hartig 1848 (Bataklık servisi), *Pinuxylon* Gothan 1906 (Çam), *Pterocaryoxylon* Müll.-Stoll et Madel 1960 (Ceviz [Yalankoz]), *Quercoxylon* (Kräusel 1939) Gros 1988 (Herdem yeşil meşe), *Glyptostroboxylon* Conwentz 1884 (Bataklık servisi) fosil ağaç cinsleri tespit edilmiştir. Bu bulgulara göre günümüzden daha sıcak ve nemli bir iklimin hâkim olduğu, bataklık ve akarsu kenarlarında servi ormanları ile yamaçlarda çam ve herdem yeşil meşe ormanlarının varlığı saptanmıştır. Silisleşmiş ağaç örneklerinin gemolojik incelemeleri kapsamında renk/desen açısından zengin örnekler seçilmiş, kabaşon kesilerek şekil verilmiştir. Farklı desen ve şekillerdeki örnekler cilalanarak, takı olarak tasarlanarak gümüş ile montürlenmiştir. Daha tekdüze, desensiz ve tek renk örneklerinden ise az miktarda faset kesim çalışmaları yapılmıştır. Sertlik açısından yüksek değerlere sahip olan silisleşmiş ağaç örnekleri içerdikleri zayıf zonlar nedeniyle dayanımsız bir karakter sergilemekte ve desen/renk açısından istenilen performansı göstermemektedir.

Anahtar Kelimeler: Batı Anadolu, gemolojik özellikler, mineralojik bileşim, paleobotanik, silisleşmiş ağaç.

Abstract: The silicified wood samples that we identified in Western Anatolia are located in: the Late Miocene-Pliocene Çökköy Formation in Tavşanlı (Kütahya) and its surroundings, in Osmanlı (Manisa) and its vicinity in the Early (?) -Middle Miocene Foça Tuff, and in Banaz (Uşak) around the Middle-Late Miocene Yeniköy Formation in the terrestrial sediments. The formation of wood petrified by silicification is associated with clastic sediments formed simultaneously with the Neogene period volcanic activity in the region. In the mineralogical-petrographic examination of three oriented thin sections, including transverse, radial and tangential, chalcedony polymorphs of silica and lesser amounts of quartz and opal were detected in the silicified wood samples. Mineralogical interpretation

was also supported by X-Ray Diffractometry (XRD) analysis. As a result of paleobotanical identification made with thin sections in the a botanical microscope; *Taxodioxydon Hartig 1848 (Swamp cypress)*, *Pinuxylon Gothan 1906 (Pine)*, *Pterocaroxylon Müll.-Stoll et Mädel 1960 (Walnut)*, *Quercoxydon (Kräusel 1939) Gros 1988 (evergreen oak)*, and *Glyptostroboxylon Conwentz 1884 (Swamp cypress)* fossil wood species were determined. According to these findings, a warmer and more humid climate prevailed than today, and there were cypress forests on the edges of swamps and streams, with pine and evergreen oak forests on the slopes. Within the scope of gemological examination of the silicified wood samples, those which are rich in color/pattern were selected, polished by giving them cabochon forms, then mounted in silver. A small amount of facet cutting was carried out from unpatterned and monochromatic samples. The silicified wood samples, which have high value in terms of hardness, exhibit an unstable character due to the weak zones they contain, and they do not show the desired performance in terms of pattern/color.

Keywords: Gemological properties, mineralogical composition, paleobotany, silicified wood, Western Anatolia.

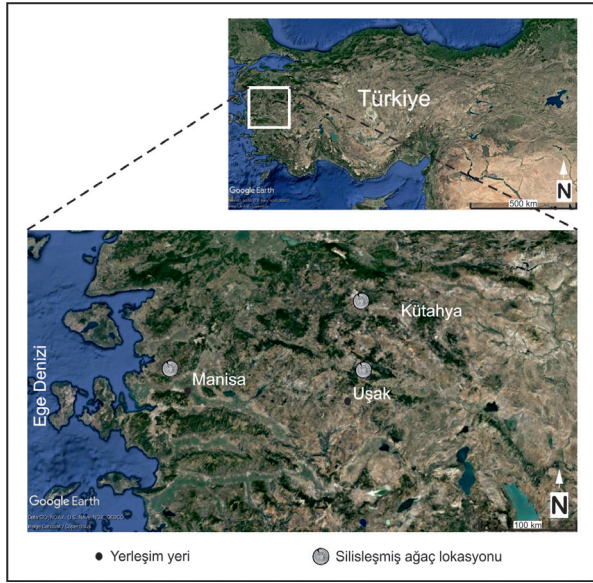
GİRİŞ

Silisleşmiş ağaçlar, karasal kıyıtlı sedimanlar ile gömülen dal, gövde gibi odun yapılarının, bölgedeki volkanik aktivitelerle eş zamanlı olarak gömülmesi ve bu esnada volkanizmanın çeşitli elementlerce zenginleştirdiği sular ile taşlaşması (petrification) sonucu oluşmaktadır. Odun dokusunda yer alan organik maddelerin bozulmasıyla oluşan boşluklara zenginleşen su içerisindeki inorganik maddelerin yer değiştirme (replacement) ve/veya yeniden kristallenme (permineralization) ile geçmesi sonucu taşlaşma meydana gelmektedir. Birkaç farklı mekanizma ile gerçekleşen petrifikasyonda en sık görüleni silisleşme mekanizması olup, karbonlaşma (kömürleşme), fosfatlaşma, floritleşme, piritleşme, manganlaşma ve karbonatlaşma ile de gerçekleşebilir (Matysová, 2016; Mustoe, 2017; Viney vd., 2019). Fosil ağaçlarda, içerdikleri renk geçişlerinin sebebinin ve dokularında yer alan silisin polimorflarının incelenmesi sonucu taşlaşma süreçleri hakkında bilgiler elde edilmektedir. Ayrıca taşlaşma esnasında odun dokularının çoğu zaman kısmen veya tamamen korunabilmesi cins/tür tayinlerine olanak tanımakta, elde edilen paleobotanik veriler ışığında da günümüz koşulları ile karşılaştırılarak paleocoğrafik ve paleoklimatolojik yorumlar yapılabilmektedir. Silisleşmiş ağaçlar konusunda ülkemizde günümüze kadar yapılan çalışmalarda bu ağaçların İç Anadolu, Kuzeybatı Anadolu, Batı Anadolu, Trakya ve Karadeniz bölgelerinde

Neojen volkanizmasına bağlı olarak oluşan volkano-sedimanter birimler ve daha genç birimler içerisinde konumlandıkları tespit edilmiştir (Özgüven-Ertan, 1971; Kayacık vd., 1995; Aras vd., 2004; Sakınç vd., 2007; Akkemik vd., 2016; Akkemik vd., 2019; Denk vd., 2019; Çevik Üner vd., 2022; Üner, 2022). Özellikle Ankara ve Bolu civarında yer alan silisleşmiş ağaçlar, farklı araştırmacılar tarafından paleobotanik ve jeolojik açıdan incelenmiş olmasına karşın, diğer bölgelerde yer alan ağaçlar üzerindeki çalışmalar oldukça sınırlı kalmıştır (Hatipoğlu ve Türk, 2009; Acarca Bayam vd., 2018). Dünyada ise başta Amerika, Endonezya, Yunanistan, Mısır, Almanya ve Çin olmak üzere farklı bölgelerde ve çeşitli yaşlarda fosil ormanlar yer almaktadır (Voudouris vd., 2007; Dietrich vd., 2013; Mustoe, 2017; Mustoe ve Viney, 2017; Hassan, 2019; Lukens vd., 2019; Mustoe vd., 2019; Pe-Piper vd., 2019). Bunlardan renk/desen açısından en zengini Arizona-Amerika'daki taşlaşmış ağaçlar olup, özellikle mineralojik araştırmalar detaylı olarak yapılmıştır (Mustoe, 2017; Mustoe ve Viney, 2017; Mustoe vd., 2019). Bu çalışmada ise, Kütahya, Manisa ve Uşak bölgelerindeki silisleşmiş ağaçlar ele alınarak incelenmiştir (Şekil 1).

Çalışmaya konu olan Batı Anadolu bölgesindeki silisleşmiş ağaç örnekleri paleobotanik çalışmaların yanında, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri bakımından da ele alınarak incelemeler yapılmıştır. Tüm bu çalışmalara ek olarak bölgedeki silisleşmiş ağaçların

özelliği olanları seçilerek, gemolojik açıdan süstaşı olabilirliği irdelenmiştir. Elde edilen tüm sonuçların ışığında silisleşmiş ağaçların oluşumunun bölgenin jeodinamik evrimine katkılarının ortaya konması ve paleobotanik çalışmalarla o dönemin orman ile iklim yapısının yorumlanması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Batı Anadolu'da Kütahya, Manisa ve Uşak illerindeki çalışma bölgelerini gösteren yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map showing the study areas in Kütahya, Manisa and Uşak provinces in Western Anatolia.

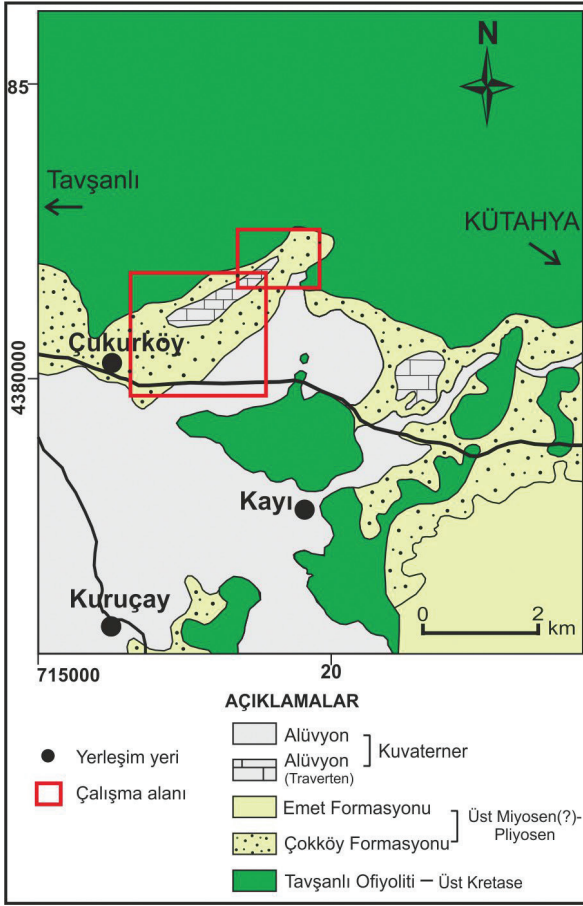
JEOLJİ

Batı Anadolu'da, Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı temel üzerinde, çok geniş bir yayılıma sahip Neojen volkanizması ve eşzamanlı olarak oluşan volkano sedimanter kayaçları içeren çeşitli formasyonlar bulunmaktadır. Değişik lokasyonlarda yer alan bu benzer yaştaki birimler, farklı çalışmalarda farklı isimlerdeki formasyonlar ile tanımlansalar da (Sarıkakıoğlu, 2011; Ersoy vd., 2012; Karaoğlu ve Helvacı, 2012, 2014; Dönmez vd., 2014), bölgede bulunan silisleşmiş ağaçları içeren formasyonlar

benzer litolojilere sahiptir ve Miyosen yaşlı karasal kökenli volkano sedimanter birimler içerisinde konumlanmaktadır.

Tavşanlı (Kütahya)

Çalışma bölgelerinden biri olan Tavşanlı ve civarında, İzmir-Ankara Zonu'nun güneyinde Tavşanlı Zonu'na ait Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı temel birimler üzerinde Neojen dönemine ait karasal volkano sedimanter kayaçlar bulunmaktadır. Çokköy formasyonu, Miyosen yaşlı kırıntılı ve volkanik kayaçlardan oluşan Tunçbilek formasyonu ile Karaköy Volkanitlerinin üzerinde uyumsuz olarak yer almakta (Sarıkakıoğlu, 2011; Şekil 2) ve bölgedeki silisleşmiş ağaçları içermektedir (Üner, 2022; Şekil 3). Çokköy formasyonunun üzerine ise kireçtaşları ile temsil edilen Emet formasyonu uyumlu olarak gelir (Sarıkakıoğlu, 2011). Bölgede tüm birimleri örten Kuvartener yaşlı birimler ise eski alüvyon, traverten, yamaç molozu ve alüvyondan oluşmaktadır. Baş (1983) tarafından adlandırılan ve orta kalınlıkta-iyi tabakalanmalı karasal çökellerden oluşan birim, iyi yuvarlaklaşmış çakıl taşları ile başlar, üste doğru kumtaşı, kiltası ve marnlı killi kireçtaşı seviyeleri ile devam eder (Baş, 1983; Çelik, 2000). Birim, bölgede gerçekleşen volkanizmanın ürünü olan beyaz, açık gri renkli, yer yer kaolenleşmiş riyolitik-andezitik tuf ara seviyelerini ve bunların içerisinde yer alan silisleşmiş ağaçları içermektedir. Çokköy formasyonunun yaşını, Baş (1983) tespit ettikleri fosil içeriğine göre Erken-Orta Pliyosen, Küçükayman vd. (1987) Orta Pliyosen, Sarıkakıoğlu (2011) ise stratigrafik konumuna göre Geç Miyosen(?) -Pliyosen olarak değerlendirmiştir. Helvacı vd. (2016) ise Çokköy formasyonu ile yanal ilişkili olarak belirledikleri Karaköy Volkanitlerinin yaşını jeokronolojik yöntemle 19,15-19,77 My arasında tespit etmiş, bu yaşlandırmayı göz önüne alarak Çokköy formasyonuna Erken Miyosen yaşını vermişlerdir.



Şekil 2. Tavşanlı (Kütahya) çalışma bölgesinin jeoloji haritası (Sarrafakioğlu, 2011'den basitleştirilerek alınmıştır).

Figure 2. Geological map of the Tavşanlı (Kütahya) study area (simplified from Sarrafakioğlu, 2011).

Osmançalı (Manisa)

Diğer bir çalışma bölgesi Osmançalı ve civarında, Sakarya Zonu ve İzmir-Ankara Zonu'na (Brinkmann, 1966) ait temel birimleri uyumsuz şekilde örten Geç Oligosen(?) - Kuvaterner yaşlı sedimanter ve volkanik örtü kayaçları yer almaktadır. Bölgede silisleşmiş ağaçlar, Osmançalı ve çevresinde geniş yayılımlar sunan Foça Tüfü içerisinde tespit edilmiştir (Üner, 2022; Şekil 3 ve 4). Kaya (1978) tarafından adlandırılan birim, beyaz, açık gri, sarımsı, pembemsi renklere, riyolitik lav, perlit, ignimbiritik düzeyler ile kilaşı,

marn ve tüflerin araldanmasından oluşmaktadır. Birimin açık renkli oluşu, tüflü seviyelerde kaolenleşme-killeşme türü bozulmaların yaygınlığını göstermektedir. Foça Tüfü, bazaltik lavlar ile temsil edilen Samurlu Volkanitleri üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Bölgede geniş alanlarda yüzeyleyen ve lav-tüf-aglomeradan oluşan Yuntdağ Volkanitleri ise Foça Tüfü üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. İnceleme bölgesinde yer yer kaolenleşmiş şekilde, geniş yayılımlar sunan andezitik-riyolitik tüfler birimin egemen kaya türü olup, karasal-gösel ortamda gerçekleşen bir çökelmeyi temsil etmektedir. Foça Tüfünün yaşı stratigrafik konumu göz önüne alındığında Erken(?) - Orta Miyosen olarak yorumlanmıştır (Dönmez vd., 2014).

Banaz (Uşak)

Üçüncü inceleme bölgesi olan Banaz ve civarında temel birimleri, Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik kayaçlar ile ofiyolit melanjı oluşturmaktadır. (Aysal, 1994; Aydoğan, 2006; Öztürk ve Karadağ, 2009). Tüm temel kayaçlar ile serpantin-peridotit içeren Geç Kretase yaşlı Muratdağı Melanjını, Erken Miyosen yaşlı Baklan Graniti kesmektedir (Aydoğan, 2006). Neojende bölgenin karasal ortama geçiş yapması ile kırıntılı sedimanter birimler çökelmeye başlamıştır. Muratdağı Melanjı üzerinde uyumsuz olarak yer alan, Miyosen yaşlı Kürtköyü formasyonu alüvyon yelpazesi ve nehir yatağı ortamını temsil eden kumtaşı ve çakıltaşından oluşmaktadır. Bölgede silisleşmiş ağaçların içerisinde yer aldığı birim olan Yeniköy Formasyonu, kırmızı-gri-yeşil-krem renkli olarak gözlenen kumtaşı, çakıltaşı, marn kilaşı ve yer her kömür ara tabakalarından oluşmaktadır (Şekil 3). Ercan vd. (1978) tarafından ilk defa adlandırılan birim, Kürtköyü formasyonu üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Volkanik aktivitelerin eşlik ettiği dönemde, birimin alt seviyeleri akarsu ortamında çökeldiği, üste doğru ise delta ve göl ortamına geçiş yaptığı belirtilmiştir (Günay vd., 1986; Öztürk ve Karadağ, 2009).



Şekil 3. Çalışma bölgelerinde silisleşmiş ağaç içeren formasyonların görünüşleri **a)** Tavşanlı (Kütahya) (Birim içinde silisleşmiş dal parçasının görünümü), **b)** Osmanlı (Manisa), **c)** Banaz (Uşak).

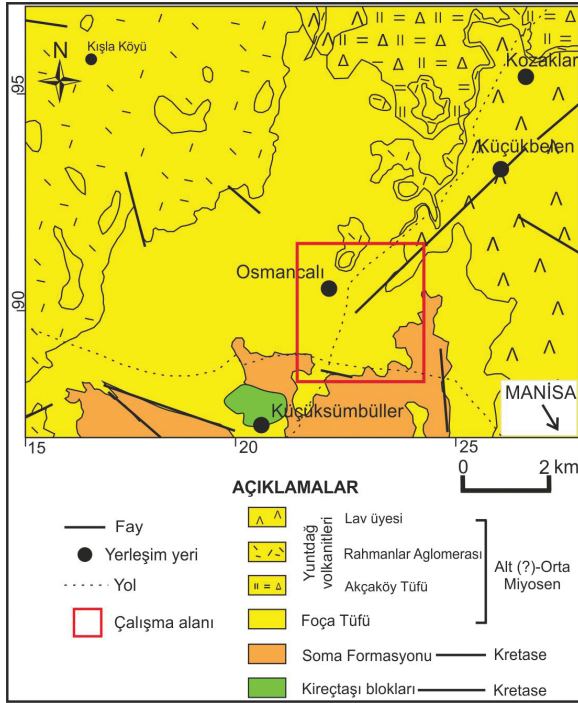
Figure 3. Appearance of formations containing silicified woods in the study areas. **a)** Tavşanlı (Kütahya) (view of silicified branch fragment within unit), **b)** Osmanlı (Manisa), **c)** Banaz (Uşak).

Yeniköy formasyonuna; Ercan vd. (1978), Günay vd. (1986), Seyitoğlu (1997) ile Aslan ve Altay (2021) Orta-Geç Miyosen, Bingöl (1977) Orta Miyosen, Ersoy ve Helvacı (2007) ile Karaoğlu ve Helvacı (2012) Erken Miyosen yaşını vermişlerdir. Kürtköyü ve Yeniköy formasyonları bazı araştırmacılar tarafından Hacıbekir Grup altında çalışılmıştır (Seyitoğlu, 1997; Ersoy ve Helvacı, 2007; Karaoğlu ve Helvacı, 2012). Riyolt, dasit, andezitik piroklastiklerden meydana gelen Karacahisar Volkanikleri Yeniköy formasyonu ile yanall geçişlidir (Öztürk ve Karadağ, 2009). Birime, Bingöl (1977) ile Ercan vd. (1978) Orta-Geç Miyosen yaşını vermişlerdir. Bölgede tüm birimleri uyumsuz olarak alüvyon örtmektedir (Şekil 5).

MATERYAL ve YÖNTEM

Tavşanlı/Kütahya (Kü), Osmanlı/Manisa (Os) ve Banaz/Uşak (U) olmak üzere üç farklı çalışma bölgesinden sistematik şekilde alınan silisleşmiş ağaç örnekleri, ağaç dokusu korunmuş uygun örneklerden seçilerek enine, teğet ve radyal üç yönlü ince kesitleri yapılmıştır. Botanik mikroskobu altında yapılan incelemeler ile silisleşmiş ağaçlar cins bazında teşhis edilmiştir.

Mineralojik çalışmalar kapsamında polarizan mikroskop ile incelenen ağaç dokularının petrifikasyonu sonucunda (taşlaşma) silisleşme olayı ile oluşan silisin farklı polimorfları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, X-Işınları Difraktometresi (XRD) analizleri ile de desteklenmiştir. Gemolojik çalışmalar kapsamında seçilen silisleşmiş ağaç örneklerinde kaba ve ince dilimleme ile taşlama ve faset makineleri kullanılarak kabaşon (kubbe) ve faset (yüzeyli) kesim teknikleri uygulanmıştır. Çalışma bölgelerini temsilen seçilen taşlaşmış ağaç parçalarının iri boyutlu olanları öncelikle büyük dilimleme makinesinde küçültülmüş (Şekil 6a), elde edilen kaba parçalar daha sonra ince dilimleme makinesinde daha ince dilimlere ayrılmıştır (Şekil 6b).



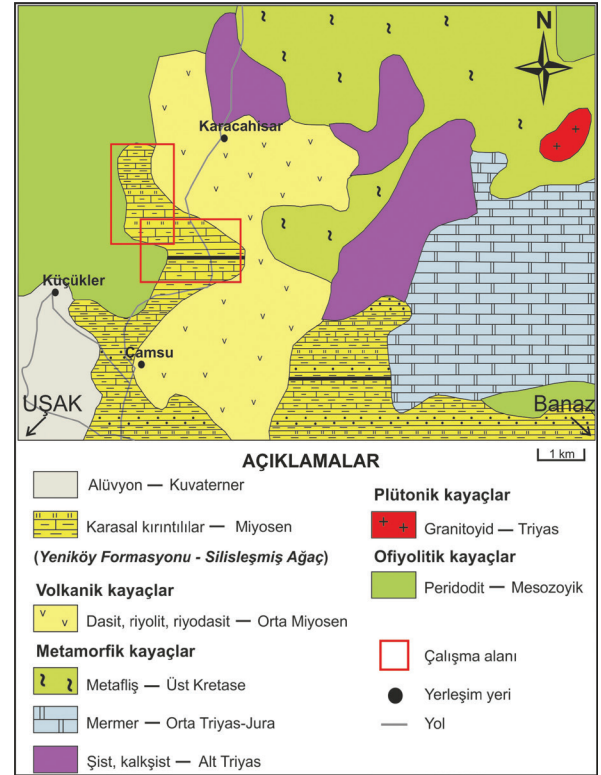
Şekil 4. Osmanlı (Manisa) çalışma alanı ve jeoloji haritası (Dönmez vd., 2014'ten sadeleştirilerek alınmıştır).

Figure 4. Osmanlı (Manisa) study area and geological map (simplified from Dönmez et al., 2014).

Kaba şekilleri elde edilen silisleşmiş ağaç örneklerine doplama yapılarak (reçineli mum veya mühür mumu kullanılarak ısı yardımı ile örneğin dopla yapıştırılması) farklı boyutlarda aşındırmaya sahip taşlama makinesinde ilk kabaşon formları verilmiştir (Şekil 6c). Su yardımı ile gerçekleştirilen işlemde farklı kum boyu disklerde sırayla işlemin gerçekleştirilmesiyle bir önceki aşamadan kalan taşlama izlerinin silinmesi amaçlanmaktadır. En son aşama olarak, silisleşmiş ağaç örnekleri üzerleri üzerindeki desen ve renklerin daha net görülebilmesi için keçe makinesinde cilalama işleminden geçirilmiştir (Şekil 6d). Hazırlanan örnekler daha sonra gümüş ile montürlenerek süs taşı olarak tasarlanmıştır.

MİNERALOJİK İNCELEMELER

Petrifikasyon olayı esnasında, oksijensiz bir ortamda hidrotermal çözeltilerden gelen ve ortamda yer alan silis, organik madde ile yer değiştirerek, sırayla opal (amorf), kalsedon ve kuvarsın oluşmasına neden olarak, silisleşmiş ağaçları oluşturmaktadır (Mustoe, 2017; Viney vd., 2019).

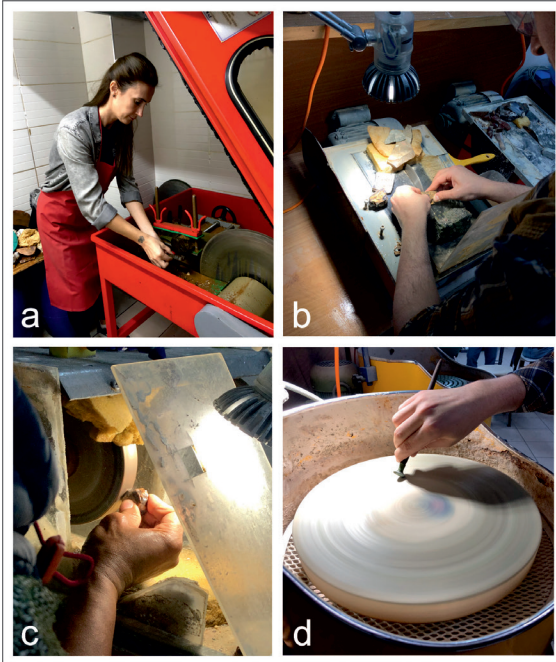


Şekil 5. Banaz (Uşak) bölgesindeki çalışma alanı ve civarının jeoloji haritası (Konak, 2002'den sadeleştirilerek alınmıştır).

Figure 5. Geological map of the study area and its surroundings in Banaz (Uşak) region (simplified from Konak, 2002).

Polarizan mikroskop altında, Batı Anadolu silisleşmiş ağaç örneklerinin odun dokularına ait çeşitli hücre (traheid, trahe, paransim, özışın vb) içlerinde ve çeperlerinde, ayrıca hücreler arası boşluklarda silisin polimorfları olan kalsedon, kuvars ve amorf silis (opal) oluşumları

tanımlanmıştır (Şekil 7a, b ve c). Kristalin kuvarslar inceden iri taneliye kadar geniş bir aralık sunmakta olup, sıklıkla da ince-orta kristallidir. Genellikle kalsedon oluşumları hâkim olduğu örneklerde, amorf silis oluşumlarına daha az oranda rastlanmıştır. Silisleşmiş ağaca ait odun dokusunun iyi korunduğu örneklerde, silis polimorflarının gelişimi söz konusu dokuya ait yapılara çoğunlukla uyumlu olarak gelişmiştir. Ağacın hücreler arası boşluklarında genellikle mikrokristalin kuvars ve opal, hücre içi boşluklarda (lümen) çoğunlukla ince-orta taneli kuvars, geniş lümenlerde ise iri kuvars oluşumları gelişmiştir. Enine, radyal ve teğet yönlerde alınan ince kesitlerde anatomik yöne göre değişen belirli bir polimorf yapısı saptanmamıştır. Bazı ince kesit örneklerinde, düz ve çapraz ışık altında koyu renkli kısımlarda organik maddenin varlığı da gözlenmiştir (Şekil 7a, b ve c).



Şekil 6. a) Büyük dilimleme, b) Küçük dilimleme, c) Taşlama işlemi, d) Cila işlemi.

Figure 6. Stages in turning silicified wood into gems: a) Large slicing, b) Small slicing, c) Grinding, d) Polishing.

Silisleşmiş ağaç örneklerinin ince kesitlerinde tespit edilen silis polimorfları, toz örneklerinden çekilen X-Işını Kırınım Yöntemi (XRD) ile difraktogramları çekilerek değerlendirilmiş ve benzer mineralojik bileşimler elde edilmiştir. Bu bağlamda, Kütahya, Manisa ve Uşak bölgeleri silisleşmiş ağaçlarının polarizan mikroskop incelemelerinde farklı silis polimorflarının bir arada olduğu örnekler seçilmiştir. XRD analizi ile elde edilen difraktogram desenlerinde silisleşmiş ağaç ince kesitlerinde gözlemlenen kuvarsların $3.33 \text{ \AA} \%100$ 'lük pikleri ile opal-CT'ye ait piklerin varlığı saptanmıştır (Şekil 8a, b ve c).

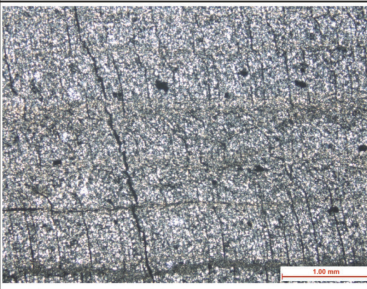
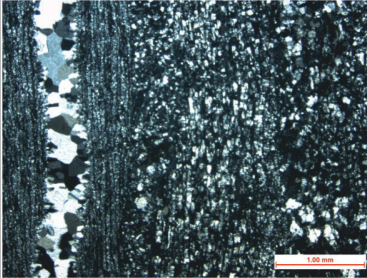
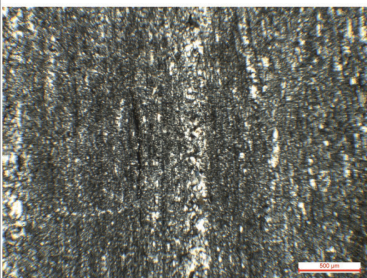
PALEOBOTANİK İNCELEMELER

Fosil ağaç örneklerinden elde edilen üç yönlü ince kesitlerde (enine, radyal ve teğet), ağaçların odun dokularına ait traheid, öz ışını gibi hücresel yapılar tüm kesit yönlerinde incelenerek hangi cinslere ait oldukları belirlenmiştir (Şekil 9). Buna göre *Taxodioxyton* (Bataklık servisi), *Pinuxylon* (Çam), *Pterocaryoxyton* (Ceviz [Yalankoz]), *Quercoxyton* (Herdem yeşil meşe) ve *Glyptostroboxylon* (Bataklık servisi) fosil odun cinsleri teşhis edilmiştir.

Erken Miyosen dönemine ilişkin olan bu çalışmada elde edilen bulgular, ağaç bileşimlerinin subtropikal, günümüze göre daha sıcak ve nemli bir iklimin hâkim olduğu, bataklık ve akarsu kenarlarında yer alan servi ormanları, yalankoz ağaçları ile yüksekliği az olan yamaçlardaki çam ve herdem yeşil meşe ormanlarının var olduğu öngörülmektedir.

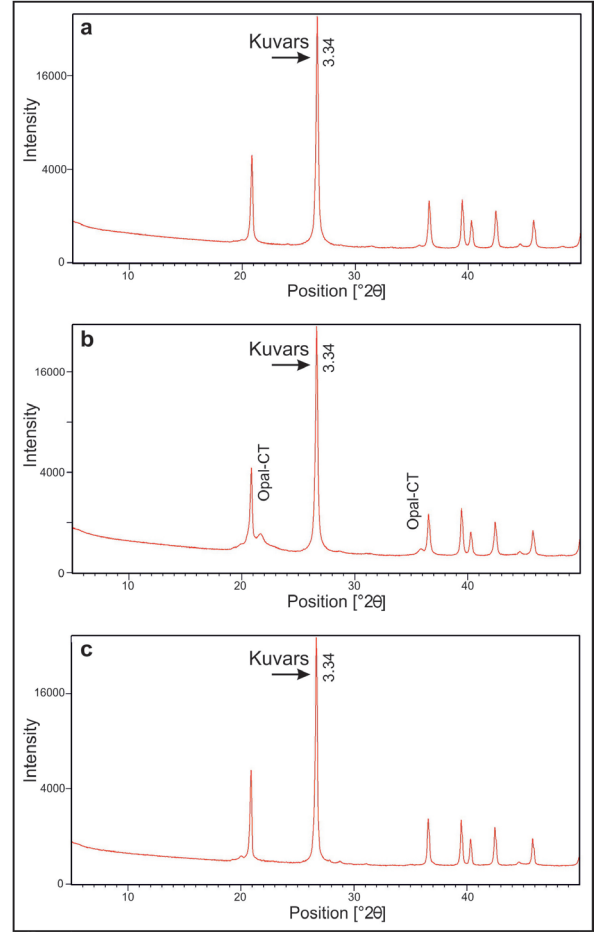
İklim ve vejetasyon (yetiştirme ortamı istekleri aynı olan türlerin oluşturduğu bitki topluluğu) birimlerine (Velitzelos vd., 2014; Denk vd., 2017; Güner vd., 2017) göre bataklık ve ripariyan (akarsu kenarı) koşullarının bitkilerinden bazıları *Taxodioxyton*, *Laurinoxyton*, *Pterocaryoxyton*, *Platanoxyton*, iyi drene olmuş alçak kesim ormanlarının bazı ağaçları *Sequoioxyton*, *Ceratonioxyton*, *Fagoxyton*, *Quercoxyton* sect. *Ilex*, *Pterocaryoxyton*, *Laurinoxyton*,

Platanoxylon, *Prunoidoxylon* ve iyi drene olmuş yüksek arazi ormanlarının ağaçları *Quercoxylon*, *Prunoidoxylon* cinslerinin varlığı Anadolu'da Erken Miyosen'de nemli ve subtropikal bir iklim olduğunu göstermiştir (Akkemik vd., 2009; Akkemik ve Sakıncı, 2013; Akkemik vd., 2016; Acarca Bayam vd., 2018; Akkemik vd., 2019; Üner, 2022).

Mikroskop Görünüm	<u>Lokasyon</u> Mineralojik Tanım
	<u>Tavşanlı-Kütahya (Kü2)</u> Ağaç dokusuna uyumlu olarak gelişmiş kalsedon (mikrokristalin kuvars)
	<u>Osmancalı-Manisa (Os3)</u> Kuvars, kalsedon, az miktarda opal ve organik madde
	<u>Banaz-Uşak (U1)</u> Odunsu yapıya yer yer uyumlu gelişmiş kalsedon ve az miktarda kuvars

Şekil 7. a) Tavşanlı (Kü2), b) Osmancalı (Os3), c) Banaz (U1) bölgelerine ait silisleşmiş ağaç örneklerinin mineralojik bileşimlerinin mikroskop altındaki görüntüleri (polarize ışık).

Figure 7. Mineralogical composition of silicified wood samples from a) Tavşanlı (Kü2), b) Osmancalı (Os3), c) Banaz (U1) regions under the microscope (polarized light).

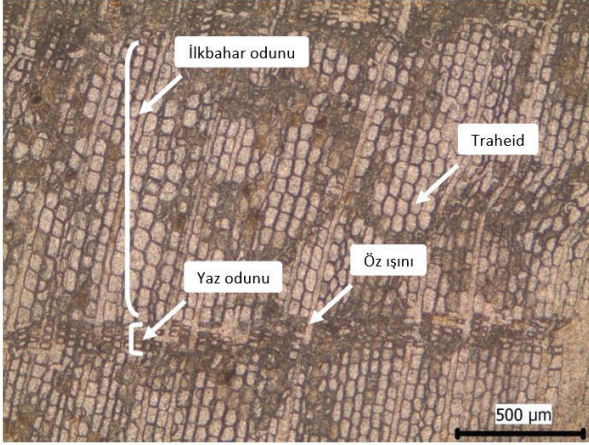


Şekil 8. a) Tavşanlı (Kü6), b) Osmancalı (Os2), c) Banaz (U1) örneğinin XRD diftogramlarında kuvarşın farklı pik değerleri ile opal-CT'ye ait piklerin görünüşleri.

Figure 8. Appearance of different peak values of quartz and the peaks of opal-CT in the XRD diffractograms of a) Tavşanlı (Kü6), b) Osmancalı (Os2), c) Banaz (U1).

Paleopalinojistik sonuçlar da ağaç cinslerinin nemli ve subtropikal bir iklimde yaşadıklarına işaret etmiştir (Akgün vd., 2002; 2007; Kayseri ve Akgün, 2008; Karlıoğlu vd., 2009; Akkiraz vd., 2011). Erken Miyosen'de mevsimselliğin keskin olmadığı koşullardaki bu ağaç bileşiminin önemli bir kısmı günümüzde Çin, Vietnam ve Kore dâhil olmak üzere Doğu ve Güneydoğu Asya'da bulunmaktadır (Velitzelos vd., 2014; Akkemik vd.,

2017; Denk vd., 2017; Güner vd., 2017). Bununla beraber, Erken Miyosen dönemi içerisinde kurak dönem geçişleri de vardır (Biltekin, 2017).



Şekil 9. Kütahya bölgesinden alınan Cupressaceae odununa ait silisleşmiş ağaç örneğinin (Kü4) enine kesitinde yaz odunu ve ilkbahar odunu traheidleri, yıllık halka sınırı ile öz ışınlarının görünümü.

Figure 9. View of summer wood and spring wood tracheids, annual ring border and rays in cross section of a silicified wood sample (Kü4) of Cupressaceae wood taken from Kütahya region.

GEMOLOJİK İNCELEMELER

Batı Anadolu bölgesinde Kütahya, Manisa ve Uşak illerinden alınan silisleşmiş ağaç örnekleri gemolojik açıdan ilk olarak laboratuvar ortamında makro olarak incelenerek desen, renk ve dayanım açısından uygun görülenleri süstaşı çalışmaları için seçilmiştir. Opak malzemeler olmaları nedeni ile kesim tekniği olarak basit kabaşon (bir yüzeyi kubbe, bir yüzeyi düz) kesime ağırlık verilmiş, genellikle yuvarlak ve oval dış formlar seçilmiştir (Şekil 10a ve b). Saydam ve yarı saydam taşlarda tercih edilen faset (yüzeyli) kesim için ise en iyi sonucun alınabileceği sınırlı sayıda desensiz, tek renk, genellikle opalleşmiş ağaç örnekleri seçilmiştir (Şekil 10c). Basit kabaşon form verilen silisleşmiş ağaç örneklerinden en fazla renk ve desen

çeşitliliğine sahip olanlarda, gümüş kullanılarak geleneksel el işçiliği ile takı tasarım çalışmaları yapılmıştır (Şekil 10d). Koyu renklere sahip ve desen açısından fakir örneklerde elde edilen ince dilimlerde ise dış formları tıraşlanmayarak orijinal ağaç görünümünü korumuş, en fazla deseni veren yüzeyleri cilalanarak süs eşyası olarak kullanımı tasarlanmıştır (Şekil 10e).

Gemolojik çalışmalarda silisleşmiş ağaçların kullanılmasına etki eden faktörlerden en önemlileri kesilebilirlik ve dayanımdır. Silisifikasyon mekanizması ile taşlaşmış örnekler, oldukça sert ve dayanımlı malzemeleri oluşturmaktadır. Ancak buna karşın iç kısımlarında yer alan çatlak ve kırıklar nedeniyle zayıf zonlar oluşmakta ve kesimler esnasında örneklerde düzensiz kırılmalara, çatlaklara ve kopmalara neden olmaktadır.

Fosil ağaçlarda bu zayıf zonlar; taşlaşma esnasında oluşan deformasyona bağlı mikro çatlaklardan, farklı silis polimorflarının sınırlarından, farklı elementlerin oluşturduğu zonların dayanım farklarından veya ağacın doğal yapısındaki yıllık halka sınırı, lif gibi farklı hücrelerden oluşan odun yapısından kaynaklanmaktadır. Özellikle, zamanla suyunu kaybetmiş ve kırılgan bir yapı kazanmış olan opalleşmiş ağaçlarda, keskin yüzeyli kırılmalar gözlemlenmiştir. Ayrıca, dilimleme ve taşlama işleminden hasar almadan geçen silisleşmiş ağaç örneklerinde doplama ve keçe makinesindeki cilalama işlemi sırasında çok parçalı kırılmalar meydana gelmiştir. Öncelikle ince çatlaklar şeklinde başlayan deformasyonlar, işlemlerin devam etmesiyle kalıcı hasarlara dönüşmüştür. Bunun nedeninin doplama işleminde kullanılan ateş ile keçe makinesindeki sürtünmeden meydana gelen aşırı ısının zayıf zonları daha da dayanımsız hale getirmesi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 10. a) Tavşanlı (Kü6) silisleşmiş ağaç örneğinin yuvarlak kabaşon, b) Banaz (U1) örneğinin cilalı oval kabaşon, c) Tavşanlı bölgesi silisleşmiş ağaç örneğinin cilalı faset kesim görünümü ile d) damla kabaşon formdaki Osmanlı örneği kullanılarak tasarlanan kolye ucu, e) Osmanlı (Os2) silisleşmiş ağaç örneğine ait kesilmiş ince dilimin cilalanmış görünümü.

Figure 10. a) Round cabochon of Tavşanlı (Kü6) silicified wood specimen. b) Polished oval cabochon of Banaz (U1) specimen. c) Polished facet cut appearance of Tavşanlı region silicified wood specimen. d) Osmanlı specimen designed in drop cabochon form. e) Polished appearance of cut thin slice of silicified wood sample from Osmanlı (Os2).

Süstaşı olabilme potansiyeline etki eden bir diğer faktör ise kesilen ince dilimler üzerindeki renk ve desenin, genellikle taşlamadan sonra elde edilenle genellikle farklı olmasıdır. Ağaç işlendikçe iç kısmından farklı renk ve desen

geçişleri çıkmakta, böylelikle her silisleşmiş ağaç parçasından birbirlerine benzemeyen görünüm elde edilmektedir. Tespit edilen bir diğer etken ise kesim yönünün önemidir. Kabaşon form verilmeden önce, alınan ince dilimler üzerindeki desenlere göre bir planlama yapılarak kesim yönü belirlenmesi ile farklı yönlerde farklı desenler ve renkler elde edilebilmektedir. Bu değişimler, bazı örneklerde pozitif yönde bir gelişme olarak karşılanırsa da bazı kesim işlemlerinde olumsuz sonuçlara neden olmaktadır.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Batı Anadolu'da, Kütahya, Manisa ve Uşak civarında yapılan çalışmalar sonucu her üç bölgede de fosil ağaç ormanlarının oluşumunda, Neojen volkanik faaliyetlerine bağlı olarak oluşan silisçe zengin hidrotermal çözeltilerin aktif olarak eşlik ettiği sonucuna varılmıştır. Bu volkanik faaliyetler esnasında kırıntılı çökellerin biriktiği karasal ortamların varlığı saptanmıştır. Silisleşmiş ağaç örneklerinde silisin polimorfları olan orta-iri taneli kuvars kristalleri, mikrokristalin kalsedon ve opal oluşumları hem mikroskop altında hem de XRD çalışmalarında saptanmıştır. Üç yönlü olarak alınan kesitlerde belirgin bir yönde oluşmayı tercih eden silis polimorfu tespit edilmemiş, fakat geniş hücre yapıları içerisinde silisin orta-iri kristalli kuvars şeklinde yer aldığı gözlemlenmiştir. Bazı örneklerde ise koyu kahve-siyah renkli olarak görülen kısımlar organik maddenin yoğunlaştığı alanlar olarak tanımlanmıştır. Tüm çalışma ve analizler sonucu; petrifikasyon olayını meydana getiren silisleşme mekanizmasının çok yönlü bir olay olduğu ve farklı silis formlarının gelişebileceği sonucuna varılmıştır.

Batı Anadolu'daki silisleşmiş ağaçlar, Ege kıyılarının hemen batısında, Yunanistan-Lesbos (Midilli) adasında yer alan Miyosen yaşlı Sigri Taşlaşmış Ormanı'na benzerlik sunmaktadır. Kalın bir istif sunan Sigri Piroklastiklerinin içerdiği volkanik camın silikaya dönüşümü

ve silisçe zengin hidrotermal suların dolaşımı, formasyon içinde gömülü halde bulunan ağaçların silisleşmesine, ağaç dokusunu oluşturan hücrelere kuvars, kalsedon ve opal dolarak organik dokunun inorganik hale dönüşmesine neden olmuştur (Voudouris vd., 2007; Zouros vd., 2007; Pe-Piper vd., 2019). Batı Anadolu'da Miyosen döneminde volkanik aktiviteler eşliğinde oluşan birimler, özellikle Manisa yöresindeki asidik-ortaç bileşimli tüflü birimler, Sigri Piroklastik formasyonlarını oluşturan kayalarla paralellik göstermektedir. Her iki bölgede (Batı Anadolu–Lesbos) yer alan silisleşmiş ağaçların oluşum mekanizmaları, volkanik aktivitelerle doğrudan bağlantılı olmaları bakımından, ayrıca oluşum yaşları ile paleobotanik-paleocoğrafik özellikleri açısından da benzerlik sunmaktadır (Velitzelos ve Zouros, 1997; Zouros vd., 2007; Velitzelos vd., 2014).

Her üç bölgeye ait fosil ağaçların paleobotanik incelemelerinde, *Taxodioxyton*, *Pinuxylon*, *Pterocaryoxylon*, *Quercoxylon* ve *Glyptostroboxylon* fosil ağaç cinsleri teşhis edilmiştir. Bu ağaçlara göre Batı Anadolu bölgesinde Neojen'de günümüze göre daha sıcak ve nemli bir iklimin hâkim olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bölgedeki bataklık ve akarsu kenarlarında yer alan servi ormanları ile yamaçlarda çam ve meşelerin bulunduğu bir orman yapısının varlığı ortaya konmuştur.

Dünya üzerinde; Amerika, Endonezya, Yunanistan, Mısır, Çin gibi farklı birçok farklı bölgede yer alan silisleşmiş ağaçlar miktar ve çeşitlilik bakımından zengindir. Bu bölgelerde tanımlanan silisleşmiş ağaçlar yüksek sertlik dereceleri ve dayanımları ile çok fazla desen/reng çeşitliği sahip olmalarından dolayı takı, süs eşyası, mobilya ve hatta duvar-zemin kaplaması olarak kullanılmaktadırlar. Ancak Batı Anadolu bölgesindeki çalışmalarda tespit edilen silisleşmiş ağaçlar sertlik açısından uygun olsalar da içerdikleri zayıf zonlar nedeniyle atölye aşamasında zorluklarla karşılaşılmaktadır.

Özellikle opal oranı yüksek ağaçlarda yaşanan çoklu kırılmalar ile cilalama işlemi sırasında oluşan kayıplar süstaşı olma potansiyelini düşürmektedir. Ayrıca, çalışma bölgesi örneklerinin Dünyadaki diğer taşlaşmış ağaçlar ile karşılaştırıldığında, renk/desen açısından yetersiz kalmaları süstaşı ve/veya süs objesi olarak kullanılmalarını kısıtlamaktadır. Diğer yandan taşlaşmış ağaçların ülkemizde çok az sayıda ve sınırlı alanlarda bulunmaları, jeolojik ortamın evrimini ortaya koymada önemli veriler sunmaları, bulunduğu dönemin iklim ve orman durumunu paleobotanik özellikler olarak yansıtmaları, bu ağaçların yüksek bilimsel öneme sahip, yerine konulamaz değerler olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, söz konusu fosil ormanların, jeolojik miras olarak yerlerinde korunmaları gerekliliği ortaya konulmuştur.

EXTENDED SUMMARY

Silicified woods are fossil formations formed by the emplacement of silica-rich waters in woody tissues buried with clastic sediments. As a result of this silicification mechanism, which is directly related to simultaneous volcanic activity in their region, the tissues of the wood are fully or partially preserved. By examining the silica polymorphs and other inorganic parts contained in the silicified wood samples, information was obtained about the petrification process. Data was also gathered about the paleo forest and paleoclimate structure of the region by determining the species.

Silicified woods in Western Anatolia, which are the subject of this study are located in the Late Miocene-Pliocene aged Çokköy Formation in Tavşanlı (Kütahya) and its surroundings, in Osmanlı (Manisa) and its vicinity in the Early(?)–Middle Miocene aged Foça Tuff and in Banaz (Uşak) around in the Middle-Late Miocene aged Yeniköy Formation within the clastic terrestrial sediments of the. Silicified woods detected within the terrestrial clastic sediments in the Neogene basins were formed simultaneously with volcanic

activity occurring in different locations in the region.

Three oriented thin sections, including transverse, radial and tangential, were taken from the silicified wood samples from all three regions, in accordance with the woody texture. It was observed that polymorphs of silica such as chalcedony, quartz and opal developed in the samples which were examined mineralogically and petrographically under a polarizing microscope. Silica, which mostly settles in harmony with the woody tissue, generally formed microcrystalline quartz and opal in the intercellular spaces, and large quartz grains in the large cells. No systematic formation of silica polymorphs according to a certain anatomical direction was observed in the three oriented sections. In addition, the different formations of silica detected by the polarizing microscope were also supported by X-Ray Diffractometry (XRD) analysis.

As a result of the examining of silicified woods under a botanical microscope for our paleobotanical studies; *Taxodioxydon* Hartig 1848 (Swamp cypress), *Pinuxylon* Gothan 1906 (Pine), *Pterocaroxylon* Müll.-Stoll et Mädel 1960 (Walnut), *Quercoxylon* (Kräusel 1939) Gros 1988 (evergreen oak), and *Glyptostroboxylon* Conwentz 1884 (Swamp cypress), the fossil wood species was determined. Considering the habitats of these wood species, the presence of cypress forests located on the edges of swamps and streams, and pine and evergreen oak forests on the slopes, were determined from the Miocene period in Western Anatolia which had a warmer and more humid subtropical climate than today,

Within the scope of gemological studies, firstly, samples of silicified wood rich in color/pattern and high strength were cut into thin slices. Due to the opaque structure of the silicified wood samples, cabochon (dome) cuts were preferred, and single color and unpatterned wood samples were chosen for the facet (surface) cut, which


was performed in small amounts. Afterwards, the polished samples were turned into jewelry by mounting them with silver. It has been determined various studies that the most important factors in the use of silicified wood as gemstones are their cuttability and strength properties. Although silicified wood samples are quite hard and durable, they may also contain weak zones due to their natural texture. In some examples, breaks and ruptures may occur during surface forming or polishing processes. When the colors and patterns of silicified woods are evaluated from a gemological point of view; transitions on different cutting surfaces have been observed. Therefore, the same sample may present a dissimilar color/pattern before and after cutting. All gemological studies have shown that since they are unstable, contain weak zones, and have a limited diversity in terms of color/pattern. The final result cannot be predicted at the cutting stage; therefore, they should be preferred as a geological heritage rather than being used as gemstones, although silicified woods are materials with high hardness.


KATKI BELİRTME

Bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından desteklenen 33806 numaralı, 'Trakya ve Batı Anadolu Bölgeleri Silisleşmiş Ağaçlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması' başlıklı Doktora Tez Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, Tavşanlı (Kütahya) ve civarında gerçekleştirilen arazi çalışmalarına katkıda bulunan Tuncay KAHRAMAN (Kütahya Jeoloji Müzesi)'a, silisleşmiş ağaç örneklerinin kesiminde destekleri için Bahar ÇİÇEK ile Osman SARIKAYA (Mücevher İhracatçıları Birliği Taş Kesim Atölyesi)'ya ve makaleye yapıcı eleştirileriyle katkı sağlayan hakemlere teşekkür ederler.

ORCID

Burcu Çevik Üner  <https://orcid.org/0000-0003-2235-7337>

Sabah Yılmaz Şahin  <https://orcid.org/0000-0002-6928-0923>

Ünal Akkemik  <https://orcid.org/0000-0003-2099-5589>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Acarca Bayam, N. N., Akkemik, Ü., Poole, I. & Akarsu, F. (2018). Further contributions to the early Miocene forest vegetation of the Galatian Volcanic Province, Turkey. *Palaeobotanica Electronica*, 21(3), 1–42.
- Akgün, F., Akay, E. & Erdoğan, B. (2002). Terrestrial to shallow marine deposition in Central Anatolia: a palynological approach. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 11, 1–27.
- Akgün, F., Kayseri, M. S. & Akkiraz, M. S. (2007). Paleoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene–Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253(1–2), 56–90.
- Akkemik, Ü., Türkoğlu, N., Poole, I., Çiçek, I., Köse, N. & Gürgen, G. (2009). Woods of a Miocene petrified forest near Ankara, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 33, 89–97.
- Akkemik, Ü. & Sakıncı, M. (2013). *Sequoioxylon* petrified woods from the Middle to Late Oligocene of Thrace (Turkey). *IAWA Journal*, 34(2), 177–182.
- Akkemik, Ü., Arslan, M., Poole, I., Tosun, S., Köse, N., Karlıoğlu Kılıç, N. & Aydın, A. (2016). Silicified woods from two previously undescribed early Miocene forest sites near Seben, northwest Turkey. *Review Palaeobotany Palynology*, 235, 31–50.
- Akkemik, Ü., Acarca, N. N. & Hatipoğlu, M. (2017). The first *Glyptostroboxylon* from the Miocene of Turkey. *IAWA Journal*, 38(4), 561–570.
- Akkemik, Ü., Akkılıç, H. & Güngör, Y. (2019). Fossil wood from the Neogene of the Kilyos coastal area in Istanbul, Turkey. *Palaeontographica Abteilung B*, 299(1–6), 133–185.
- Akkiraz, M. S., Akgün, F., Utescher, T., Bruch, A. A. & Mosbrugger, V. (2011). Precipitation gradients during the Miocene in Western and Central Turkey as quantified from pollen data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 304, 276–290.
- Aras, A., Sakıncı, M. & Yalıtırak, C. (2004). Petrified angiosperm woods in the Thrace Formation (Pliocene–E. Quaternary?) in eastern Thrace, NW Turkey. *International Symposium On Wood Sciences*. Organised by IAWA-IAWS, France, 4.
- Aslan, İ. ve Altay, T. (2021). Banaz Havzasındaki (Uşak, B-Türkiye) Neojen Yaşlı Sedimanter Birimlerin Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21, 449–461.
- Aydoğan, M. S. (2006). *Baklan Graniti (Murat Dağı, Banaz/Uşak) Civarındaki Baz Metal Cevherleşmesinin Mineral Parajenezi, Metal Zonlanması ve Kökenlerinin İzotop Jeokimyası ile Saptanması* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Aysal, N. (1994). *Banaz-Hatıpler-Bahadır Köyleri (Uşak) civarının jeolojisi* [Yayımlanmamış Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
- Baş, H. (1983). *Domaniç-Tavşanlı-Gediz-Kütahya yörelerinin tersiyer jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi* (Rapor no: 7293). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Biltekin, D. (2017). Palaeo vegetational and palaeo climatic changes during the early Miocene in central Taurus, Turkey. *Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University*, 38, 101–114.
- Bingöl, E. (1977). Muratdağı jeolojisi ve ana kayacık birimlerinin petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 20(2) 13–66. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/e2265684fe2d0d6_ek.pdf
- Brinkmann, R.(1966). Geotektonische Gliederung von Westanatolien. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 10, 603–618.
- Çelik, Y. (2000). Domaniç (Kütahya) Neojen Havzasının stratigrafisi ve depoloma ortamları, Batı Anadolu. 53. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*,

- (s.177-178), Ankara. http://tjk.jmo.org.tr/bildiri_ozleri.php?kod=13&bildiriKod=468
- Çevik Üner, B. & Yılmaz Şahin, S. Akkemik, Ü. (2022). Mineralogical and paleobotanical investigations of Oligo-Miocene petrified wood from the southwest of Thrace Basin (NW Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 31, 49-70.
- Denk, T., Güner, T.H., Kvaček, Z. & Bouchal, M. J. (2017). The early Miocene flora of Güvem (Central Anatolia, Turkey): a window into early Neogene vegetation and environments in the Eastern Mediterranean. *Acta Palaeobotanica*, 57, 237–338.
- Denk, T., Güner, H. T., Bouchal, M. J. (2019). Early Miocene climate and biomes of Turkey: Evidence from leaf fossils, dispersed pollen, and petrified wood. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 530, 236–248.
- Dietrich, D., Lampke, T. & Rößler, R. (2013). A microstructure study on silicified wood from the Permian Petrified Forest of Chemitz. *Paläontologische Zeitschrift*, 87, 814-834.
- Dönmez, M., Akçay, A. E. ve Türkecan, A. (2014). *İzmir – K 18 Paftası, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları*. Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, No:213.
- Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A. ve Günay, E. (1978). Uşak yöresindeki neojen havzaların jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 21(2), 97-106. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/bc7d9c600d61c08_ek.pdf
- Ersay, E. & Helvacı, C. (2007). Stratigraphy and geochemical features of the Early Miocene bimodal (ultrapotassic and calc-alkaline) volcanic activity within the NE-trending Selendi Basin, Western Anatolia, Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 16, 117–139.
- Ersay, E. Y., Dindi, F., Karaoğlu, Ö. ve Helvacı, C. (2012). Soma Havzası ve Çevresindeki Miyosen Volkanizmasının Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, Batı Anadolu, Türkiye. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 33(1), 59-80.
- Günay, E., Akdeniz, N., Saroglu, F. ve Çağlayan, A. (1986). *Murat Dağı-Gediz Dolaylarının Jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 74 s.
- Güner, H. T., Bouchal, J. M., Köse, N., Göktaş, F., Mayda, S. & Denk, T. (2017). Landscape heterogeneity in the Yatağan Basin (southwestern Turkey) during the middle Miocene inferred from plant macrofossils. *Palaeontographica Abteilung B*, 296(1–6), 113–171.
- Hassan, K. M. (2019). Stable Isotope Ratios of Carbonate and Organic Carbon from Silicified Tree Trunks, Petrified Forest, New Cairo, Egypt–Possible Interpretations of Palaeoenvironment. *Geochemistry International*, 57(5), 564–574.
- Hatipoğlu, M. & Türk N. (2009). Combined polarizing microscope, XRD, SEM, and specific gravity study of the petrified woods of volcanic origin from the Çamlıdere-Çeltikçi-Güdül fosil forest, in Ankara, Turkey. *Journal of African Earth Sciences* 53(4-5), 141-157. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2009.01.001>
- Helvacı, C. Ersoy, E. Y. & Billor, Z. (2016). Stratigraphy and Ar/Ar geochronology of the Miocene lignite-bearing Tunçbilek-Domaniç Basin, western Anatolia. *International Journal of Earth Sciences*, 106(5), 1797-1814.
- Karaoğlu, O. & Helvacı, C. (2012). Structural evolution of the Uşak–Güre supra-detachment basin during Miocene extensional denudation in western Turkey. *Journal of the Geological Society*, 169, 627-642.
- Karaoğlu, O. & Helvacı, C. (2014). Isotopic evidence for a transition from subduction to slab-tear related volcanism in western Anatolia, Turkey. *Lithos*, 192-195, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2014.02.006>
- Karlıoğlu, N., Akkemik, Ü. & Caner, H. (2009). Detection of some woody plants in Late Oligocene forests of Istanbul. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33, 577-584.
- Kaya, O. (1978). *Ege kıyı kuşağı (Dikili-Zeytinadağı-Menemen-Yenifoça) Neojen stratigrafisi*. Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Monografiler Serisi No:17.
- Kayacık, H., Aytuğ, B., Yaltırık, F., Şanlı, İ., Efe, A., Akkemik, Ü. & Inan, M. (1995). *Sequoiadendron*

- giganteum* (Lindl) Buchh. trees living near Istanbul in Late Tertiary. *Review of Faculty of Forestry, University of Istanbul*, 45, 15-22.
- Kayseri, M. S. & Akgün, F. (2008). Palynostratigraphic, palaeovegetational and palaeoclimatic investigations on the Miocene deposits in Central Anatolia (Çorum Region and Sivas Basin). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 361–403.
- Konak, N. (2002). *1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, İzmir Paftası*, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, No:7.
- Küçükayman A., Genç, Ş., Gök, L., Kar, H. ve Ateş, M. (1987). *Bozüyük-Tavşanlı-Kütahya arasının jeolojisi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derleme No: 8356 (yayımlanmamış).
- Lukens, W. E., Eze, P. 6 Schubert, B. A. (2019). The effect of diagenesis on carbon isotope values of fossil wood. *The Geological Society of America*, 47(10), 987–991.
- Matysová, P. (2016). *Study of fossil wood by modern analytical methods: case studies* [Phd Thesis] Charles University in Prague, Faculty of Science Institute of Geology and Palaeontology, Prague.
- Mustoe, G. (2017). Wood Petrification: A New View of Permineralization and Replacement. *Geosciences*, 7(4), 119.
- Mustoe, G. & Viney, M. (2017). Mineralogy of Paleocene Petrified Wood from Cherokee Ranch Fossil Forest, Central Colorado, USA. *Geosciences*, 7(2), 1-22.
- Mustoe, G., Viney, M. & Mills J. (2019). Mineralogy of Eocene Fossil Wood from the “Blue Forest” Locality, Southwestern Wyoming, United States. *Geosciences*, 9(1), 35.
- Özgüven-Ertan, K. (1971). Sur un bois fossile de Taxodiaceadans la flore Neogene d'Istanbul (Turquie d'Europe): *Sequoioxylon egemeni* n.sp. *Revue Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul*, 36(B), 89–114.
- Öztürk, A. ve Karadağ, M. M. (2009). Yukarıkaracahisar (Banaz-Uşak) Bölgesinin Stratigrafisi ve Petrografik Özellikleri. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24(4), 1-22.
- Pe-Piper, G., Imperial, A., Piper, D. J. W., Zouros, N. C. & Anastasakis, G. (2019). Mineral data (SEM, electron microprobe, Ramanspectroscopy) from epithermal hydrothermal alteration of the Miocene Sigri Petrified Forestland host pyroclastic rocks, Western Lesbos, Greece. *Data in Brief* 24, Article 103987. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.103987>
- Sakıncı, M., Aras, A., Yalıtırak, C., Batı, Z. ve Çağatay, N. (2007). *Trakya Karasal Tersiyerinde Silisleşmiş Ağaçlar, Paleoflora, Paleoklimatoloji, Paleocoğrafya* (Proje no: 103Y137). TÜBİTAK.
- Sarıfakioğlu, E. (2011). *Kütahya – İ 23 Paftası, 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları*. Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, No:157.
- Seyitoğlu, G. (1997). Late Cenozoic tectono-sedimentary development of the Selendi and Uşak–Güre basins: a contribution to the discussion on the development of east–west and north trending basins in western Turkey. *Geological Magazine*, 134, 163–175.
- Üner, B. (2022). *Trakya ve Batı Anadolu Bölgeleri Silisleşmiş Ağaçlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Velitzelos, E. & Zouros, N. (1997). The Petrified Forest of Lesbos – Protected Natural Monument. *Proc. Internat. Sympos. On Engineering Geology and the Environment, Athens*, 3037–3043.
- Velitzelos, D., Bouchal, J. M. & Denk, T. (2014). Review of the Cenozoic floras and vegetation of Greece. *Review Palaeobotany and Palynology* 204(2), 56–117.
- Viney, M., Hickey, R. D. & Mustoe, G. E. (2019). A Silicified Carboniferous Lycopside Forest in the Colorado Rocky Mountains, USA. *Geosciences*, 9(510), 1-18. <https://doi.org/10.3390/geosciences9120510>

Voudouris, P., Velitzelos, D., Velitzelos, E. ,& Thewald, U. (2007). Petrified wood occurrences in western Thrace and Limnos Island: mineralogy, geochemistry and depositional environment. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 40(1), 238-250.

Zouros, N., Velitzelos, E., Valiakos, I. & Labaki, O. (2007). The Plaka Petrified Forest Park in Western Lesvos - Greece. Proceedings of the 11th International Congress, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 40, 1880–1891.



Almus (Tokat) Yöresindeki Akiklerin Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi
Evaluation of Geochemical Properties of Agates in Almus (Tokat) Region

Fetullah Arık¹, Erhan Turhal^{2*}, Yeşim Özen¹

¹ Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya

² Şırnak Üniversitesi, MYO Kuyumculuk ve Takı Tasarım Bölümü, Şırnak

• Geliş/Received: 02.02.2022

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 04.08.2022

• Kabul/Accepted: 04.08.2022

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 22.08.2022

• Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Tokat ili Almus ilçesi civarında yer alan çalışma alanındaki akikler Almus formasyonuna ait volkanojenik kumtaşlarının içerisinde yaklaşık D-B doğrultulu bir fay boyunca yumrular şeklinde bulunmaktadır. İnceleme alanında temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı Tokat metamorfiteilerinin üzerinde metabazik ve ultrabazik kayalarla temsil edilen Üst Kretase yaşlı Artova ofiyolitli karışığı tektonik sınırla durmakta ve Orta Eosen yaşlı volkanojenik birimleri içeren Haydaroğlu formasyonu ise daha yaşlı bu birimleri kesmekte ve örtmektedir. Daha yaşlı birimlere ait volkanik malzemeleri içeren kumtaşı, çakıtaşı ve denizel kireçtaşı gibi sedimanter kayalar ile birlikte söz konusu akikleri barındıran Alt Miyosen yaşlı Almus formasyonu da tüm birimler üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır.

Almus yöresi akikleri, ortalama %93,4 SiO₂, %3,59 Fe₂O₃, %0,03 MgO, %0,72 CaO, 793 ppm Cr₂O₃, 11,98 ppm Ni, 13,4 ppm Cu, 4,69 ppm Pb ve 35,4 ppm Zn içermektedir. Akikler içerisindeki yüksek Cr ve Ni bölgedeki Artova ofiyolitli karışığı ile ilişkili iken Cu, Pb ve Zn ise volkanizmanın erken evreleri ile ilişkilidir. Akiklerdeki yüksek Fe₂O₃ içeriği hematit ve götütlerle ilişkili olup akikler içine SiO₂ yerleşiminden önce taşınmışlardır. Akiklerin içerisindeki CaO, akikleri oluşturan çözeltinin son evresinin ürünü olup MgO ise dolomit varlığı ile ilişkilidir.

Arazi gözlemleri ve akiklerin jeokimyasal değerlendirmeleri, Haydaroğlu formasyonunun kayaç oluşumundan sonra meydana gelen hidrotermal etkinliklere bağlı ana bileşen olan SiO₂'in, volkanojenik kumtaşlarının içindeki dolaşmaları sonucu akiklerin epijenetik olarak yerleştiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeokimya, Akik, Süstaşı, Almus, Tokat

Abstract: Agates in the study area, located around the town of Almus in Tokat province, are found in the form of nodules along an approximately E-W trending fault within the volcanogenic sandstones of the Almus formation. The Upper Cretaceous aged Artova ophiolite complex, represented by metabasic and ultrabasic rocks on top of the Paleozoic aged Tokat metamorphics forming the basis of the study area, stands at the tectonic boundary, and the Haydaroğlu formation, which includes the Middle Eocene aged volcanogenic units, cuts and covers these older units. Sedimentary rocks such as sandstone, conglomerate and marine limestone containing volcanic materials belonging to older units, as well as the Lower Miocene aged Almus formation, which contains the agates, also unconformably overlie all units.

Almus region agates contain on average 93.4%SiO₂, 3.59%Fe₂O₃, 0.03%MgO, 0.72%CaO, 793 ppm Cr₂O₃, 11.98 ppm Ni, 13.4 ppm Cu, 4.69 ppm Pb, and 35.4 ppm Zn. They are associated with the ophiolite complex, while Cu, Pb and Zn are associated with the early stages of volcanism. The high Fe₂O₃ content in agates is associated with hematite and goethite which were transported into agates before SiO₂ emplacement. The CaO in the agate is the product of the last phase of the solution forming the agate, and MgO is associated with the presence of dolomite.

Field observations and geochemical evaluations of agates show that agates are epigenetically emplaced as a result of the circulation of SiO₂, which is the main component due to hydrothermal activities that occurred after the rock formation of the Haydaroğlu formation, within the volcanogenic sandstones.

Keywords: Geochemistry, Agate, Gemstone, Almus, Tokat

GİRİŞ

Yerkabuğunda bulunup çıkarılarak işlenen ve insanlar tarafından süs ve ziynet eşyası olarak kullanılan değişik renklerdeki mineral, taş ve organik malzemelere süstaşı denilmektedir (Sarız ve Nuhoglu, 1992; Kaydu Akbudak vd., 2021). Süstaşları insanlık tarihi boyunca değerli objelerden biri olarak görülmüş ve geçmişten günümüze kadar tüm sosyal topluluklarda, taşıyan kişiye güç, güzellik ve statü getirisinin etki ve izlerine rastlanmıştır (Schumann, 1998). Tabiiatta yaygın olarak var olan süstaşları, karbon, oksijen, alüminyum, kalsiyum, silisyum ve magnezyumdan oluşmaktadır (Vıçıl ve Alp, 2002).

Oldukça farklı renk, desen ve çeşide sahip olan ve süstaşı olarak yaygın bir şekilde kullanılan Akik, bir tür kalsedon olup kriptokristalin SiO₂'den oluşmaktadır. Akik genellikle epijenetik kökenli olup volkanik yan kayaçların içinde bulunur ve gazca zengin boşlukların silisli çözeltilerle doldurulmasıyla oluşmaktadır (Walger vd., 2009). Yan kayaçların boşluk duvarlarından merkeze doğru lamina veya katmanlar şeklinde çökelen akiklerde boşluk duvarlarında biriken ilk katman, yaygın olarak astar katmanı olarak bilinir. Çözeltinin karakterindeki veya çökeltme koşullarındaki değişimler, ardışık laminalar, renk ve desen değişimleri oluşturmaktadır (Walger vd., 2009). Bantlı akik yumrularında bantlar genellikle kalsedon ve kristal kuvars dönüşümü şeklindedir. İçi boş akik yumruları ise boşluğu tamamen dolduracak kadar derine nüfuz etmeyen sıvı bakımından zengin silisli çözeltilere bağlı olup boşluğa doğru en son oluşan kristallerin tepesi kısmı boşluğun merkezine işaret edebilir (Moxon ve Reed, 2006).

Tokat iline bağlı Turhal, Zile, Almus ve Artova hattında yaygın agat, jasper, kalsedon krizopras ve ağaç opallerinin yanında Tokat iline komşu Yozgat ilinden başlayan kuşakta yaygın yarı kıymetli süstaşlarının (kalsedon, ametist, vb.) ekonomik öneme sahip olduğu bilinmektedir (Türel vd., 2000; Kaydu Akbudak vd., 2016; Başbüyük vd., 2016; Gürbüz vd., 2016; Kaydu Akbudak vd., 2018; Arık, 2018; Ruşen, 2019; Ruşen ve Arık, 2018; Turhal ve Arık, 2018; Delikan vd., 2019; Arık, 2019; Turhal, 2019; Turhal ve Arık, 2019; Ruşen ve Arık, 2019; Arık ve Özen, 2020; Arık ve Turhal, 2021; Kaydu Akbudak vd., 2021). Tokat bölgesindeki silisleşmiş ağaçlar, damarlar arasına giren çözeltideki C, Fe, Cu, Mn, Cr ve Ni'in miktarına bağlı olarak siyah kırmızı, pembe, yeşil ve mavi renkler olarak (Kaydu Akbudak vd., 2021) oldukça görsel güzelliğe sahip olmaktadır. Özellikle Zile çevresinde birçok taşlaşmış ağaç oluşumu vardır. Turhal -Tokat Merkez ve Almus hattında ise oldukça kaliteli kalsedon ve agat oluşumları bulunmaktadır (Hatipoğlu vd., 2011; Ruşen ve Arık, 2018; Ruşen, 2019). Zile çevresindeki kalsedon kapanımlı kırmızı ve sarı jasper oluşumları süstaşı olarak işlenmeye çok uygundur (Arık, 2019). Zile-Artova yolu üzerinde Gümüşyurt Köyü civarında yeşilin farklı tonlarında kaliteli krizopras oluşumları vardır (Türel vd., 2000; Başbüyük vd., 2016; Delikan vd., 2019).

Tokat ili Almus ilçesine bağlı Kuruseki, Serince ve Görümlü köyleri çevresinde yer alan Almus akikleri, oluştukları boşlukların geometrik özellikleri, ortam koşulları ve oluşumlarını sağlayan çözeltilerin kimyasal bileşiminde meydana gelen değişimler ve farklı element zenginleşmelerine bağlı olarak olağanüstü renk ve

desenlere sahip olabilmektedir. Akikler genellikle volkanojenik kumtaşlarının içinde yumrular şeklinde buldukları için sağlam bir akik yumrusunda kesme ve kırma olmaksızın iç yapısı, rengi ve deseni hakkında tahminde bulunmak oldukça güçtür. Bazı akikler görsel olarak renk ve desen değişimleri ile oldukça etkileyici olabilirken bazıları ise grimsi veya tekdüze bir renge sahip olup süstaşı olarak göze hitap etmemektedir. Bu çalışma ile akikler ve yankayaçlarının jeokimyasal özelliklerinin istatistiki olarak incelenmesi, değerlendirilmesi ve akik - yankayaç ilişkilerinin belirlenerek akiklerin oluşumundaki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

İnceleme alanında yer alan akik oluşumları ve yankayaçlardan (19 akik, 4 adet volkanik kayaç) jeolojik ve jeokimyasal analiz (ana oksit, iz element, nadir toprak elementleri) amaçlı olarak örnekler derlenmiştir.

Kuruseki, Serince ve Görümlü (Almus-Tokat) bölgesinde gerçekleştirilen saha çalışmalarında 1/100.000 ölçekli (Tokat H37 ve Tokat H38 paftası) ile 1/25.000 ölçekli (Tokat H37b2, H37b3, H38a1, H38a4) ölçekli topoğrafik ve jeolojik haritalardan yararlanılarak bölgede yüzeyleyen farklı jeolojik birimlerin türleri, yayılım ve konumları tespit edilmiş ve haritalar güncellenmiştir. İnceleme alanında süstaşı oluşumlarının gözlemlendiği yerler haritaya işlenmiş gerekli görülen yerlerde jeolojik birim ve yapılarla akik oluşumlarının fotoğrafları çekilmiş ve arazide yüzeyleyen farklı formasyon, kayaç ve akiklerden örnekler derlenmiştir. Boyutları birkaç mm'den 30-35 cm'ye değişen akik yumrularına zarar vermeden, çatlak, eklem, dilinim gibi zayıf yüzeylerden yararlanılarak hassas bir şekilde numune alınma özen gösterilmiştir.

Arazi çalışmalarında derlenen kayaç numuneleri üzerinde mineralojik-petrografik

incelemeler, X-Işınları Kırınım analizleri ve jeokimyasal analizler gerçekleştirilirken akik numuneleri üzerinde mineralojik-petrografik incelemeler, X-Işınları Kırınım analizleri ve jeokimyasal analizlere ek olarak gemolojik analizler ve süstaşı işleme çalışmaları yapılmıştır.

İnceleme alanından derlenen 4 kayaç ve 4 akik yumrusu numunesinden Pamukkale Üniversitesi (Denizli) Jeoloji mühendisliği Bölümü İnce kesit Hazırlama Laboratuvarında ince kesitler hazırlanmış ve Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Nikon marka alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta 2,5x, 4x 10x ve 20x büyütme objektifli mikroskopta mineral türleri ve oranları ile yapı-doku özellikleri belirlenerek kayaç türleri tespit edilmiştir.

X-Işınları Kırınım analizleri MTA Genel Müdürlüğü'nde (Ankara) gerçekleştirilmiştir. X-Işını Kırınım yöntemi, her bir kristalin fazın kendine özgü atomik dizilimlerine bağlı olarak, X-ışınlarını karakteristik bir düzen içerisinde kırması esasına dayanır. Almus yöresinden derlenen numunelerden 7 adet akik ve 2 adet yan kayaç olmak üzere toplam 9 adet numuneye kalitatif X-ray difraktometre (XRD) analizi yapılarak mineral tayini gerçekleştirilmiştir.

Kimyasal bileşimlerin belirlenebilmesi için 4 yankayaç ve 19 adet akik numunesi derlenmiş ve 23 numunenin kimyasal analizleri yapılmıştır. Derlenen numuneler analize gönderilmeden önce SÜKOP (Selçuk Üniversitesi-Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi) Süstaşı Araştırma ve Uygulama Atölyesinde çekiç ve çeneli kırıcı kullanılarak ince parçalar haline getirilmiştir. Akik numuneleri büyüteç ve binoküler mikroskop altında saflık durumuna göre ayrılmıştır. Numuneler kimyasal analize gönderilmeden önce 90 µ boyutuna incek şekilde öğütülerek 20-25 gr ağırlığında numuneler hazırlanmıştır. Kayaç ve akik numuneleri ALS Laboratuvar Hizmetleri Limited Şirketi'ne gönderilerek ana oksit, iz element ve nadir toprak elementi (NTE) analizleri

yapılmıştır. ALS Laboratuvarlarında numuneler önce tartılmış (WEI-1) daha sonra numunelerin %85'i 75 µm'nin altına gelecek şekilde (PUL-QC ve PUL-31) öğütülmüştür. Element analizleri ve Nadir Toprak Elementleri (NTE) ICP-MS (İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma kütle spektrometrisi) tüm kayaç analiz paketi (MS41L-REE), Peroxide Fusion (ME-ICP81x) ve deteksiyon limiti çok düşük elementler, Super Trace Lowets DL (ME-MS41L) ve Si ise ICP-AES İndüktif olarak eşleştirilmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi ile gerçekleştirilen silicon – peroxide fusion paketi (Si-ICP81x) ile analiz edilmiştir. Element konsantrasyonları olarak analizleri yapılan major elementler oksit konsantrasyonlarına dönüştürülmüştür. Bi, Cs, Ge, Hf, In, Li, Pd, Pt, Re, Ta, Te, Th ve Tl gibi analizi yapılan bazı elementlerden deteksiyon limitinin altında kalan ve/veya çok küçük değerlere sahip olanlar istatistiksel değerlendirmeye dahil edilmemiştir. İstatistiksel analizlerde analizi yapılan numuneler saf akik (n=13), karbonatlı akik (n=6) ve yan kayaç (n=4) olarak gruplanmış ve ayrı ayrı yorumlanmıştır. Kimyasal analizi gerçekleştirilen örneklerin istatistiksel analizleri SPSS 20 programı ile hazırlanmıştır.

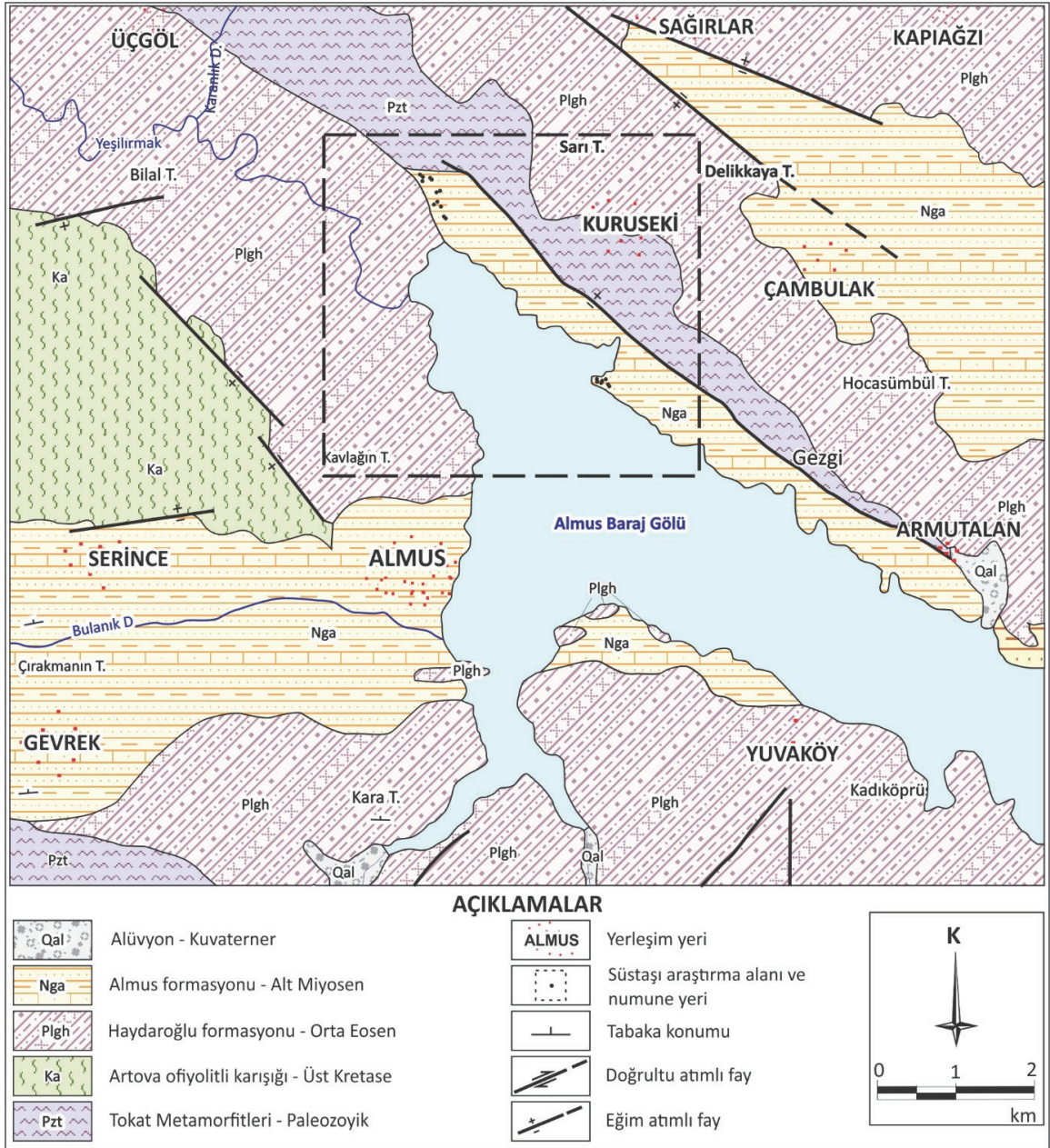
ALMUS YÖRESİ AKİKLERİNİN JEOLJİK ve MİNERALJİK ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanında temeli Paleozoyik yaşlı kalkıştı-yeşilşist, fillit, mermer, metatüf, metaaglomera, grafitşist, metadiyabaz ve bunları kesen metaasidik ve metabazik kayaçlarla temsil edilen Tokat metamorfileri oluşturmaktadır (Sümengen, 2013; Göçmengil vd., 2017; Göçmengil vd., 2018, Şekil 1).

Başlıca yeşil, beyaz, mor, alacalı renkli kırıntılı kayaçlar ile serpantin, peridotit, piroksenit, gabro, spilit, diyabaz, yastık yapılı spilitik bazalt, andezit, aglomera, kloritşist, glokofanşist, mikaşist, amfibolit, kuvarsit, kalkıştı, mermer, radyolarit ve farklı yaş ve

türde kireçtaşı blokları ile temsil edilen Artova ofiyolitli karışığı Tokat metamorfileri üzerinde tektonik sınırla durmaktadır. Orta Eosen yaşlı alt kesimlerinde sığ denizel çökeller; orta ve üst kesimlerinde lav akıntıları ve volkanoklastik birimlerle temsil edilen Haydaroğlu formasyonu daha yaşlı birimleri kesmekte ve örtmektedir. Alt Miyosen yaşlı Almus formasyonu başlıca kumtaşı, çakıltası ve denizel kireçtaşı gibi kayaçlardan oluşmaktadır. Kuvaterner – güncel oluşumlu yamaç molozu ve alüvyonlar daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Bozkurt ve Koçyiğit, 1996; Göçmengil vd., 2017; Göçmengil vd., 2018; Özcan ve Aksay, 1996; Sümengen, 2013; Yılmaz ve ark, 1997; Arık, 2018; Turhal, 2019).

Haydaroğlu formasyonundaki kireçtaşlarının kalınlığı birkaç m ile 50 m arasında, türbiditik çökellerin kalınlıkları ise birkaç 10 m'den 200 m'ye kadar değişmekte olup volkano sedimanter istifin toplam kalınlığı 1000 m'ye ulaşmaktadır. Birime ait kireçtaşları içerisinde *Sphaerogypsina globula (Reuss)*, *Nummulites sp.*, *Alveolina sp.*, *Fabiania sp.*, *Orbitolites sp.* ve *Assilina sp.* gibi fosillere göre birimin yaşı Lütésiyan (Orta Eosen) olarak belirlenmiştir (Gürel Yolcubal vd., 2014). Formasyon içerisinde bulunan kırıntılı ve karbonatlı kayaçlar, fosil toplulukları, volkanoklastik çökeller ve andezitik kayaç türleri formasyonun zaman zaman volkanik çıkışların etkin olduğu kıta yamacı ve derin deniz ortamında çökeldiğini göstermektedir. Haydaroğlu formasyonu içindeki volkanik kayaçlar genellikle bazalt, bazaltik andezit, andezit ve trakit olup, Özcan ve Aksay (1996)'a göre volkanikler başlıca andezit, hornblend piroksen andezit, piroksen-hornblend andezit, bazaltik andezit, andezitik lav ve camsı volkanitlerden oluşmaktadır. Göçmengil vd. (2018) ise Almus volkanikleri olarak tanımladıkları bölgedeki volkanik kayaçların iç içe girmiş durumda bazalt, bazaltik andezit, andezit ve trakitik bileşimli dayk ve lav akıntıları, breşik lavlar ve volkanoklastik akma breşlerinden oluştuklarını belirtmektedir.

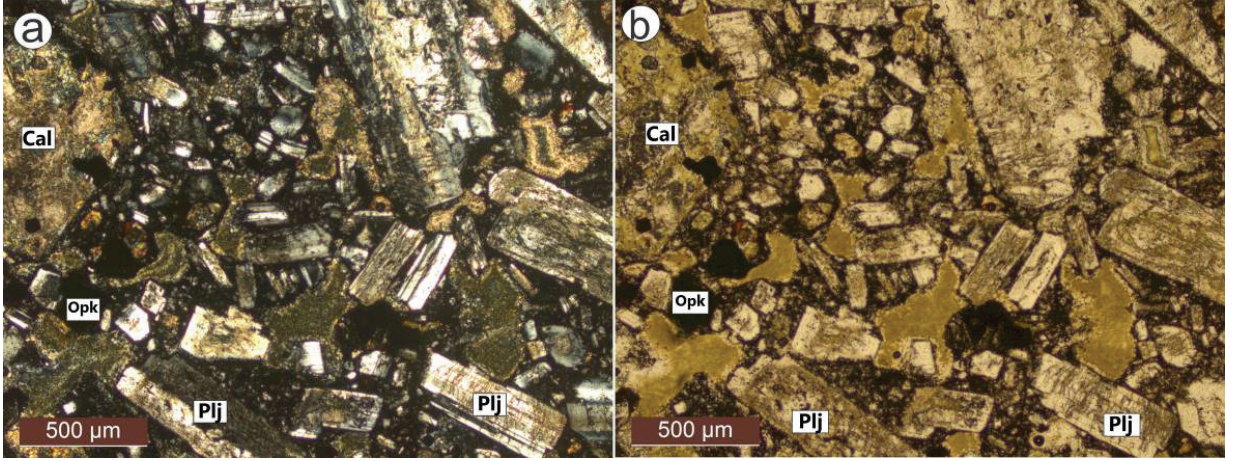


Şekil 1. İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Sümengen, 2013'ten düzenlenerek).

Figure 1. Geological map of the study area and its surroundings (modified from Sümengen, 2013).

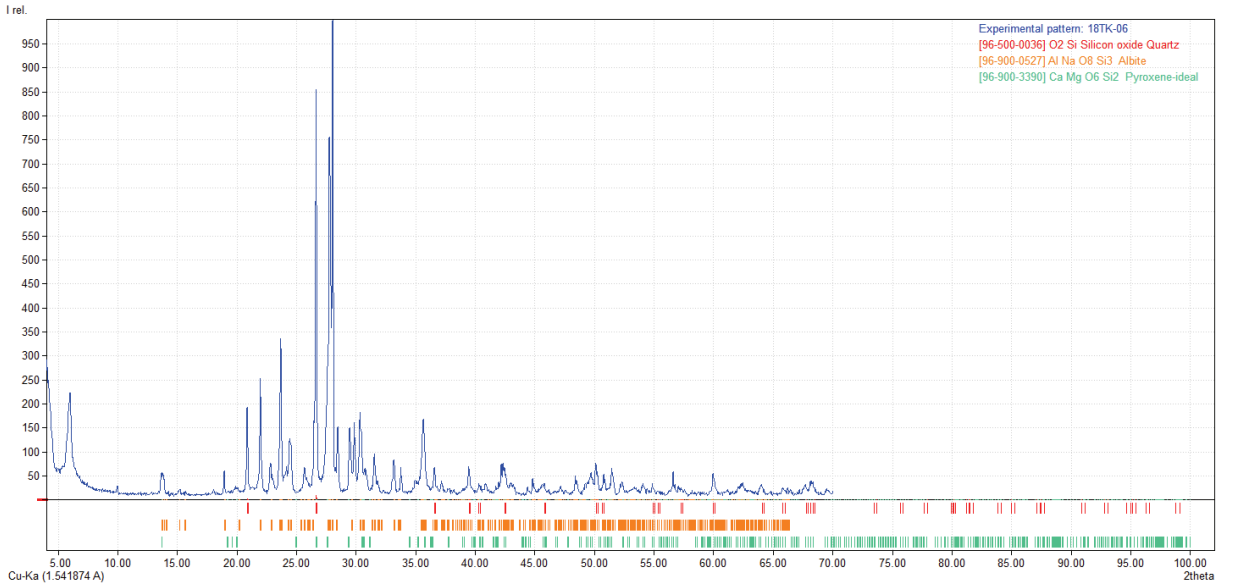
Bu çalışmada, Almus Barajı kuzeyinden derlenen andezitlerde yapılan petrografi incelemelerinde hamur fazı ve fenokristal faz içerisinde plajiyoklaz, klinopiroksen, kalsit ve opak mineral tespit edilmiştir (Şekil 2). Holokristalin porfirik dokulu andezitlerin hamur

fazında çoğunlukla ikincil kuvars ve çok az miktarda plajiyoklaz mikrolitleri görülmüştür. (Şekil 2). Andezitlerin X-Ray difraktogram (XRD) analizlerinde başlıca sanidin ve kuvars parajenezi belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Holokristalen porfirik dokulu andezitlerde plajiyoklaz (Plj), kalsit (Cal) ve opak (Opk) mineral (a: +N; b: //N).

Figure 2. Plagioclase (Plj), calcite (Cal) and opaque (Opk) minerals in holocrystalline porphyritic textured andesites (a: +N; b: //N).

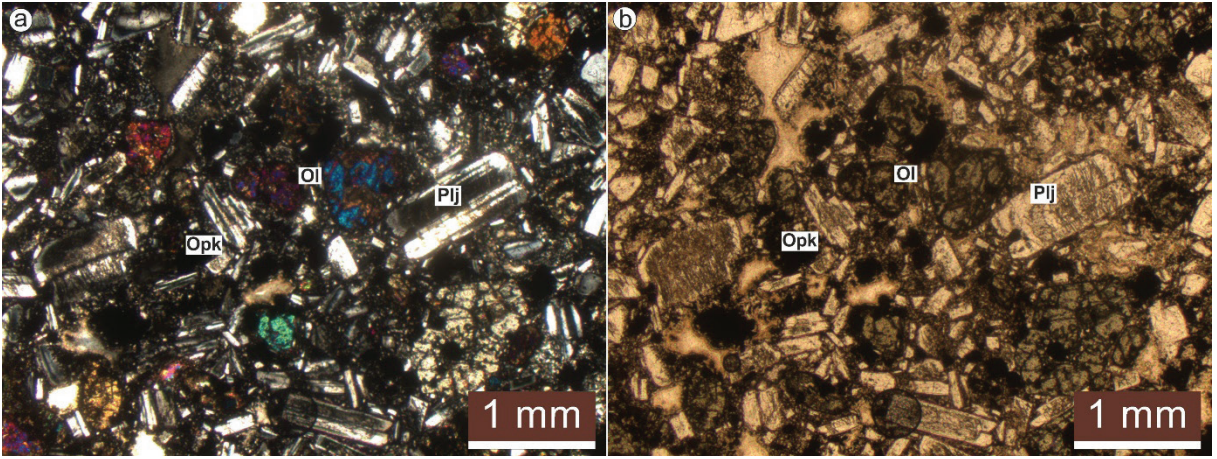


Şekil 3. Andezitlerde gözlenen kuvars ve sanidin (a: +N; b: N).

Figure 3. Quartz and sanidine observed in andesites (a: +N; b: N).

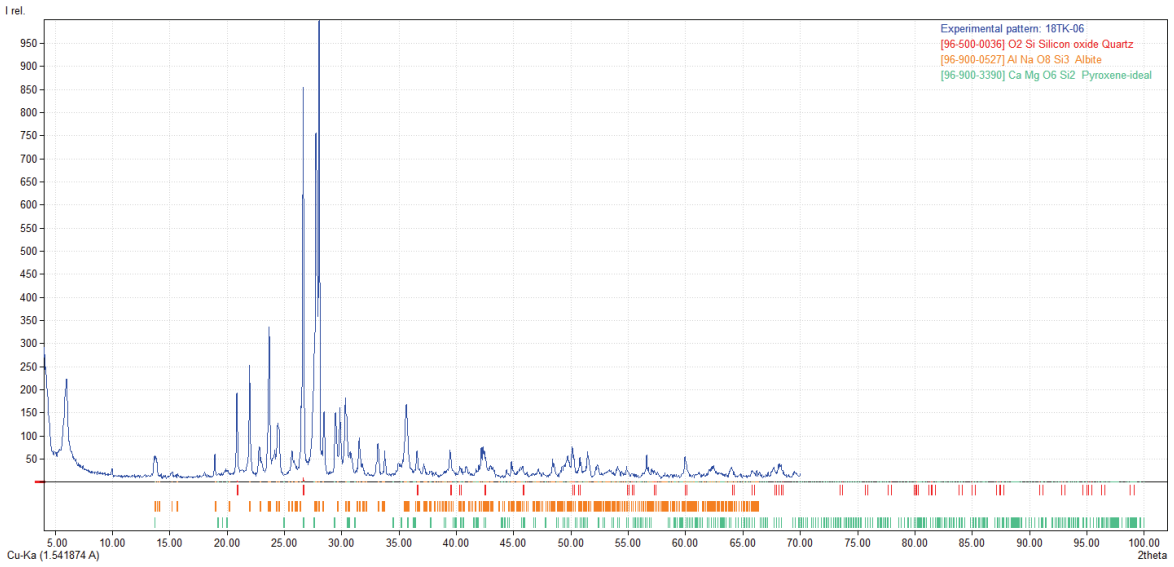
Bölgeden derlenen bazalt örneklerinde yapılan petrografik gözlemlerde ise plajiyoklaz, klinopiroksen, olivin, kalsit ve opak mineraller gözlenmiştir (Şekil 4). Çoğunlukla hidrotermal çözeltilerin etkisiyle hamur fazında silisleşme

meydana gelmiştir. Holokristalen porfirik dokulu bazalt numunelerinin X Işınları Kırınım analizlerinde piroksen, albit ve kuvars parajenezi belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 4. Bazaltlarda gözlenen plajiyoklaz (Plj), opak (Opk) ve olivin (Ol) mineralleri, (a: + N; b: //N).

Figure 4. Plagioclase (Plj), opaque (Opk) and olivine (Ol) minerals observed in basalts (a: + N; b: //N).



Şekil 5. Bazaltlarda yapılan X-Ray difraktogramında tespit edilen kuvars, albit ve piroksen.

Figure 5. Quartz, albite and pyroxene detected in the X-Ray diffractogram of basalts.

Haydaroğlu formasyonunun üzerinde uyumsuzlukla yer alan ve Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Almus formasyonu olarak tanımlanan birim alttan üste doğru kırmızı renkli, az tutturulmuş çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, marnlar ve üste doğru bej, sarımsı bej renkli kireçtaşları ve yer yer kumlu kireçtaşları ile ardalanmalıdır. Alt kesimlerindeki kırmızı-turuncu

çakıltaşları, Haydaroğlu formasyonu gibi daha yaşlı formasyonlara ait karbonat, şist, serpantin, volkanit, andezit, radyolarit ve kuvarsit çakılları içermektedir. Tabaka kalınlığı orta-kalın olup yer yer çok kalın tabakalanmaya sahip olduğu için masif görünmektedir. Konglomeralar dereceli bir şekilde koyu turuncu, kırmızı, yeşil ve gri kumtaşlarına geçmektedir. Bu kumtaşları tabaka

kalınlıkları ince-orta olup dereceli, düz ve çapraz tabakalıdır. Kumtaşlarında üste doğru kirli beyaz renkli kumlu ve siltli kireçtaşı ara tabakaları gözlenmekte olup bu seviyenin üzerinde kırmızı, bej ve yeşil renkli, ince-orta tabakalı silttaşı, çamurtaşı ve marnlar yer almaktadır. İstifin en üst seviyelerinde iri konglomera ve kumtaşları bulunmaktadır. Almus formasyonu daha yaşlı olan birimler üzerine açısız uyumsuz olarak gelmektedir.

Almus yöresindeki akik oluşumları Almus formasyonuna ait volkanojenik kumtaşlarının içerisinde yaklaşık D-B doğrultulu bir fay

boyunca yoğunlaşmaktadır. Akik yumrularının boyutları, içerisinde bulunan mineral türü ve sayısını da kontrol etmekte olup küçük yumrular daha homojen iken büyük yumrular farklı renk ve desene sahiptir. Volkanojenik kumtaşlarının içine sonradan yerleştikleri düşünülen çözeltiler buldukları boşluğun boyutuna bağlı olarak akikleri oluşturdukları için akik yumrularının boyutları oldukça değişkendir. Yumru boyutları birkaç mm'den 30-35 cm'ye kadar değişmektedir (Şekil 6). Bünyesine değişik oranlarda giren Fe, Mn, Cr, Cu, Co ve Ni, yumrular içindeki akiklerin kırmızı, sarı, turuncu, pembe ve yeşil renkleri sağlamıştır.



Şekil 6. a) İnceleme alanından derlenen bantlı akik yumrusu (Yer: Almus Baraj Gölü kuzeyi), **b)** Volkanojenik kumtaşlarının içinden alınan demir oksit kapanımlı akik yumrusu (Yer: Almus Baraj Gölü kuzeyi), **c)** Karbonat dolgulu akik yumrusu (Yer: Almus Barajı Kuzeyi), **d)** Simetrik akik ve kuvarşlı akik yumrusu (Yer: Almus Barajı Kuzeyi)

Figure 6. a) Banded agate node collected from the study area (Location: North of Almus Dam Lake), **b)** Iron oxide inclusions in agate nodule from volcanogenic sandstones (Location: North of Almus Dam Lake), **c)** Carbonate filled agate nodule (Location: North of Almus Dam), **d)** Symmetrical agate and quartz agate tuber (Location: North of Almus Dam).

Akiklerden yapılan petrografik incelemelerde kuvars, kalsedon, tridimit, kristobalıt, kalsit ve dolomit mineralleri tespit edilmiştir. Tridimitler düşük çift kırma ve belirgin altıgen şekilleriyle gözlenirken, kalsedonlar lifsi kristalleriyle belirgin olup bu lifsi kristaller bazen ışınal sfelurit yapıları oluşturmuşlardır. Kristobalitler ise genelde özşekilsiz olup küçük taneli agregalar şeklinde oluşmuşlardır (Şekil 7). Akiklerin MTA Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müze Müdürlüğü'ndeki Gemoloji Laboratuvarında yapılan gemolojik analizleri sonucunda kalsedon, agat, kalsit, kuvars ve hematit minerallerinden oluştuğu belirlenmiş ve akikler içinde yer yer hematit, götit ve limonit kapanımlarına rastlanmıştır (Turhal, 2019; Turhal ve Arık, 2019).

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

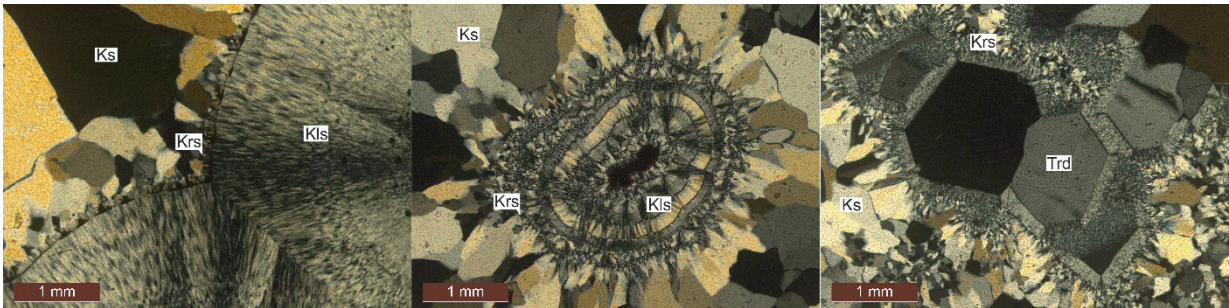
Jeokimyasal İncelemeler

İnceleme alanındaki Almus formasyonu içerisinde bulunan volkanojenik kayaların içinde yer alan akiklerin jeokimyasal özelliklerinin araştırılması için kimyasal analizler yapılmıştır. Kimyasal analizlerde saf akik içeren 13 adet akik yumrusu ve içerisinde kalsit bulunan 6 adet akik yumrusu olmak üzere toplam 19 akik numunesi ile 4 adet volkanik kayaç (andezit ve bazalt) numunesinin ana oksit, bazı iz element ve nadir toprak elementi (NTE) analizleri yapılmıştır.

Saf akiklerin jeokimyasal özellikleri

Almus akiklerinin jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla derlenen numuneler ortalama %93,42 SiO₂ içermektedir (Çizelge 1). İncelenen akikler ortalama %3,59 Fe₂O₃ içeriğine sahip olup istatistiksel olarak bölgeden derlenecek aynı sayıda akik örneğinin ortalama Fe₂O₃ içeriği %95 anlamlılık düzeyinde %2,78 - %4,41 arasında olacağı ön görülmektedir. Akiklerin Fe₂O₃ miktarı genel agat ortalamalarından yüksek olup gemolojik analizlerde bu akikler içinde yer yer hematit, götit ve limonit kapanımları tespit edilmiştir (Turhal, 2019; Arık, 2019; Turhal ve Arık, 2018; Turhal ve Arık, 2019). Akikleri oluşturan çözeltiler temele ait ofiyolitik kayalarla, volkanik kayalar içinde hareketleri esnasında yan kayalardaki demiri çözerek bünyesine almış ve akik oluşumu ile eş zamanlı olarak Fe₂O₃ çökelişi gerçekleşmiştir. Akiklerin kahve, turuncu, sarı ve kırmızı renkler almasındaki temel etkenin içerisinde bulunan Fe oksitlere bağlı olduğu düşünülmektedir.

Akiklerin ortalama MgO içerikleri %0,03, CaO içerikleri ise %0,72 ve MnO miktarı %0,05'tir. Bazı numunelerde %3'ü aşan CaO miktarları akiklerin zenginleştirilmesi esnasında karbonatlı minerallerin yeterince ayrılamadığını göstermektedir. Akik yumruları içinde boşluk dolgusu şeklinde yerleşen kalsit oluşumları akikleri oluşturan çözeltilerin silikatlı minerallerin oluşumundan sonra son evrelerinde kalsiti oluşturduklarını göstermektedir.



Şekil 7. Akiklerde yapılan petrografik incelemelerde gözlenen kuvars (Ks), kristobalıt (Krs), kalsedon (Kls), tridimit (Trd) (a: +N; b: //N).

Figure 7. Quartz (Ks), cristobalite (Krs), chalcedony (Kls), tridymite (Trd) (a: +N; b: //N) observed in petrographic examination of agate.

İnceleme alanındaki akiklerde ortalama 793 ppm Cr₂O₃, 77 ppm Ba, 13,4 ppm Cu, 3 ppm Mo, 4,7 ppm Pb, 1,8 ppm Co, 12 ppm Ni, 10 ppm Sr ve 35,4 ppm Zn bulunmaktadır. Cr ve Ni değerlerinin yüksek olması akikleri oluşturan çözeltilerin temelde yer alan Artova ofiyolitli karışığı içindeki reaksiyonlarına bağlanabilmektedir. Cu, Pb ve Zn bu akikleri oluşturan ve muhtemelen SiO₂'i bölgeye taşıyan çözeltilerin erken evrelerinde ortama taşınmıştır. Analizi gerçekleştirilen diğer iz elementler akiklerde önemli değere ulaşmadığından istatistiksel analizlerde değerlendirmeye alınmamıştır. İnceleme alanının batısında Çekerek formasyonu içindeki farklı renkli silisleşmiş ağaçları araştıran Kaydu Akbudak vd. (2021) silisleşmiş ağaçlarda siyah rengin karbon (C); yeşil ve mavi renklerin Co, Cr, Cu ve Ni; kırmızı, kahve ve sarı renklerin Fe oksit; pembe, turuncu ve sarı renklerin ise Mn'dan kaynaklandığını belirtmişlerdir. İncelenen akik numunelerindeki renk değişimleri de C, Mn, Fe, Co, Cr, Cu ve Ni tarafından kontrol edilmektedir (Çizelge 1).

Akiklerde toplam 14.2 ppm nadir toprak elementi (NTE) bulunmaktadır. NTE dağılımına bakıldığında hafif NTE (HNTE) miktarı 10,3 ppm olup ağır NTE (ANTE) bunun yaklaşık 1/3'ü kadardır (Çizelge 1). Buna göre akiklerde NTE ihmal edilebilecek kadar düşüktür.

Akiklerde kimyasal analizleri yapılan elementler arasındaki ilişkinin şekli, yönü ve kuvvetinin belirlenmesi amacıyla yapılan basit korelasyon analizlerinde (Çizelge 2) önemli oranda bulunan Fe₂O₃; Be, Co, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn ve V ile kuvvetli; Cr₂O₃, Ag, As, Hg, Cu, W ve Sc ile zayıf pozitif korelasyona sahip olup SiO₂ ile kuvvetli negatif korelasyon göstermektedir. Akiklerde Fe₂O₃ varlığı makro gözlemlerde gözlenen kırmızı ve sarı renklerin nedeni olan ve gemolojik incelemelerde yaygın olarak gözlenen hematit ve götitlere (Turhal ve Arık, 2019) bağlı olduğu söylenebilir. Bu minerallerin akikler içinde kapanımlar halinde yer almaları SiO₂ yerleşiminden önce ortama taşındıklarını göstermektedir.

Analizi yapılan akiklerde diğer bir önemli bileşen olan CaO; MnO ve Sr ile çok kuvvetli, MgO, HNTE ve Zr ile kuvvetli, Na₂O, Pb ve Eu ile zayıf pozitif ve SiO₂ ile çok kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. CaO akiklerin içindeki boşluğun ortasında bulunan kalsit oluşumları ile ilişkili olup akikleri oluşturan çözeltilerin son evrelerinde oluşmuştur. Sr ile çok kuvvetli pozitif korelasyonu Sr'un kalsitlerle ilişkili olduğunu göstermektedir.

Akiklerde MgO; MnO ve HNTE ile çok kuvvetli, Al₂O₃, TiO₂, CaO, Na₂O, Sr ve ANTE ile kuvvetli, K₂O, Pb ve Rb ile zayıf pozitif SiO₂ ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir. MgO'nun ana bileşenlerle kuvvetli ve çok kuvvetli pozitif korelasyona sahip olması yan kayaçlardan desteklendiğini ve kısmen akik oluşumundan sonra, mineralojik analizlerde de tespit edilen dolomit varlığı ile açıklanabilir (Turhal ve Arık, 2019).

Analizi yapılan akiklerde NTE kendi aralarında çok kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. Ayrıca Fe₂O₃ ve CaO hariç diğer ana bileşenlerle de kuvvetli pozitif korelasyona sahipken SiO₂ ile negatif korelasyon göstermektedir (Çizelge 2). SiO₂-CaO, SiO₂-MnO, Cr₂O₃-Ni, Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-Co ve MgO-CaO dağılım grafikleri Şekil 8'de gösterilmiştir.

Karbonatlı akiklerin jeokimyasal özellikleri

Almus Baraj Gölü çevresindeki volkanojenik kumtaşları içinde bulunan bazı akik yumrularının içlerinde kalsit ve dolomit oluşumları bulunmaktadır. Numune hazırlığı esnasında bazı numunelerde karbonatlı kesim tam olarak ayrılamadığından kırılmış numunelerde CaO ve MgO miktarı %10'un üzerinde olan numuneler karbonatlı akik olarak tanımlanmıştır. Bu yumrulardan derlenen 6 adet karbonatlı akik numunesinin jeokimyasal analizleri Çizelge 3'te verilmiştir.

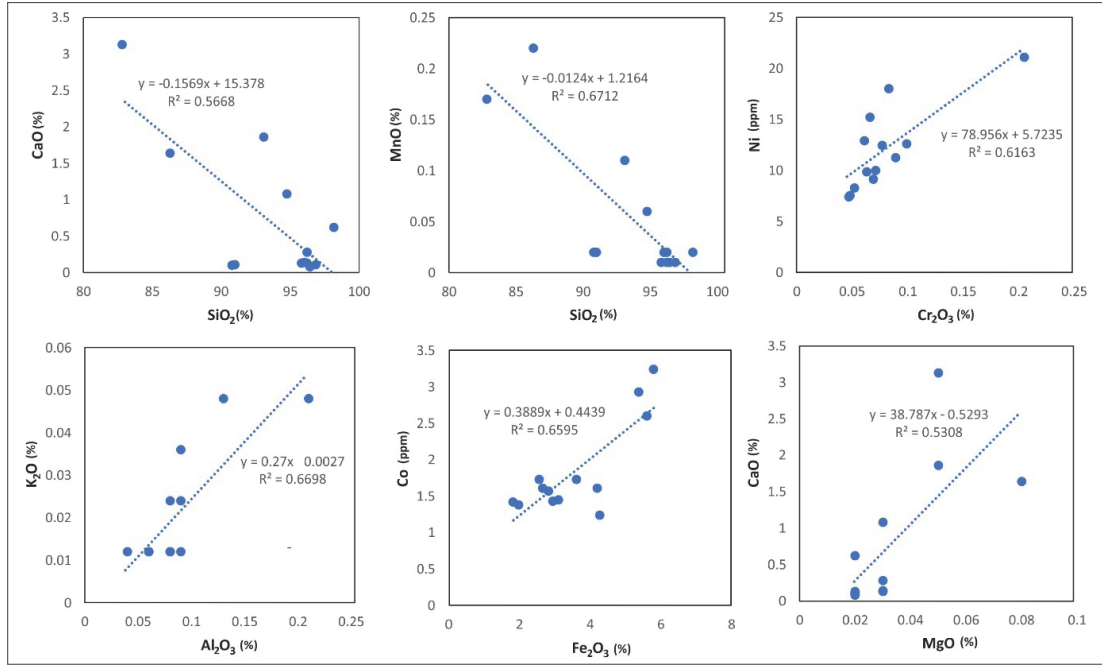
Çizelge 1. Saf akiklere ait ana oksit, iz element ve NTE analiz sonuçları ve istatistiksel özetleri (Örnek sayısı: 13, Ort.: Aritmetik ortalama, S.S.: Standart Sapma, S.H.: Standart hata, th: 0,05 hata payı ile hesaplanan t değeri, tt: 2,45, A.S. ve Ü.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının alt ve üst sınırı, E.K.: En küçük, E.B.: En büyük, ana oksitler ve S; %, iz elementler; ppm)

Table 1. Major element oxides, trace elements and REE analysis results and statistical summaries of pure agate (number of samples: 13, Mean: Arithmetic mean, S.S.: Standard Deviation, S.H.: Standard error; th: t value calculated with 0.05 margin of error, tt: 2.45, A.S. and Ü.S.: Lower and upper limit of the population arithmetic mean, E.K.: minimum, E.B.: maximum, major oxides and S; %, trace elements; ppm)

N.No	E2	E3	E4	E7	E8	E9a	E9b	E10	E11	E14	E16	E17	E18	Ort	E.K.	E.B.	S.S.	S.H.	th	A.S.	Ü.S.
Renk	Açık sarı kahve	Yeşilimsi kahve	Yeşilimsi sarı	Griimsi bej	Açık yeşil	Açık kahve	Açık kahve	Sarımsı Pembe	Koyu kırmızı	Açık sarı turuncu	Yeşilimsi sarı	Yeşilimsi kahve	Yeşilimsi kırmızı								
SiO ₂	94,76	90,78	98,17	96,23	96,23	96,44	96,86	90,99	86,28	93,09	96,02	95,81	82,81	93,42	82,81	98,17	4,56	1,27	73,79	90,66	96,18
Al ₂ O ₃	0,04	0,06	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,21	0,08	0,09	0,13	0,08	0,09	0,04	0,21	0,04	0,01	7,26	0,06	0,11
Fe ₂ O ₃	1,98	5,37	3,1	2,94	3,61	2,66	4,2	5,79	5,6	2,56	1,82	2,82	4,27	3,59	1,82	5,79	1,35	0,37	9,62	2,78	4,41
MnO	0,06	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,22	0,11	0,02	0,01	0,17	0,05	0,01	0,22	0,07	0,02	2,84	0,01	0,09
MgO	0,03	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,08	0,05	0,03	0,03	0,05	0,03	0,02	0,08	0,02	0,01	5,84	0,02	0,04
CaO	1,08	0,1	0,62	0,28	0,13	0,08	0,11	0,11	1,64	1,86	0,14	0,13	3,13	0,72	0,08	3,13	0,95	0,26	2,74	0,15	1,3
Na ₂ O	0,009	0,005	0,003	0,005	0,012	0,011	0,007	0,007	0,03	0,005	0,009	0,007	0,02	0,01	0,003	0,03	0,007	0,002	4,945	0,006	0,014
K ₂ O	0,012	0,012	0,012	0,036	0,012	0,024	0,012	0,012	0,048	0,012	0,024	0,048	0,012	0,021	0,012	0,048	0,014	0,004	5,472	0,013	0,03
TiO ₂	0,002	0,002	0,002	0,003	0,005	0,007	0,002	0,003	0,022	0,003	0,015	0,01	0,01	0,007	0,002	0,022	0,006	0,002	3,839	0,003	0,01
Cr ₂ O ₃	0,048	0,205	0,061	0,069	0,077	0,089	0,083	0,099	0,066	0,047	0,063	0,071	0,052	0,079	0,047	0,205	0,041	0,011	6,985	0,055	0,104
P ₂ O ₅	0,002	0,007	0,002	0,007	0,007	0,002	0,002	0,011	0,016	0,014	0,032	0,021	0,005	0,01	0,002	0,032	0,009	0,002	4,002	0,004	0,015
S	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0	0	14	0,01	0,01
Ag	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,03	0,01	0	12,55	0,01	0,02
As	5,47	22,7	2,18	9,06	5,65	6,85	6,41	36	9	3,34	2,4	30,6	16,65	12,02	2,18	36	11,11	3,08	3,9	5,31	18,73
Ba	670	19,1	2,1	7,7	30,2	10,1	6,8	24,8	60,5	33,9	7,6	12,6	120	77,34	2,1	670	180,89	50,17	1,54	-31,97	186,65
Be	1,04	2,37	0,25	1,17	0,91	1,34	1,07	4,8	1,33	1,12	0,48	2,28	1,59	1,52	0,25	4,8	1,15	0,32	4,76	0,82	2,22
Cd	0,05	0,03	0,27	0,04	0,19	0,04	0,23	0,05	0,18	0,07	0,03	0,03	0,1	0,1	0,03	0,27	0,09	0,02	4,12	0,05	0,15
Co	1,38	2,93	1,45	1,43	1,73	1,61	1,61	3,24	2,6	1,73	1,42	1,57	1,24	1,84	1,24	3,24	0,65	0,18	10,28	1,45	2,23
Cu	6,96	7,98	12,3	10,1	22,6	11,45	21,2	24,3	12,2	8,17	10,65	8,09	18,45	13,42	6,96	24,3	6,06	1,68	7,98	9,76	17,08
Ga	0,42	0,79	0,35	0,55	0,45	0,49	0,47	0,45	0,76	0,47	0,41	0,86	0,34	0,52	0,34	0,86	0,17	0,05	11,15	0,42	0,63
Hg	0,37	0,38	0,42	0,24	0,34	0,31	0,42	0,28	0,47	0,2	0,21	0,28	0,3	0,32	0,2	0,47	0,08	0,02	14,05	0,27	0,38
Mo	1,23	6,59	1,71	3,55	2,1	1,95	2,74	5,47	3,64	1,84	1,42	2,34	4,43	3,0	1,23	6,59	1,65	0,46	6,54	2	4
Nb	0,23	0,47	0,21	0,4	0,28	0,46	0,39	0,54	0,36	0,26	0,55	0,33	0,67	0,4	0,21	0,67	0,14	0,04	10,48	0,31	0,48
Ni	7,54	21,1	12,9	9,14	12,45	11,25	18	12,6	15,2	7,41	9,86	10	8,28	11,98	7,41	21,1	4,11	1,14	10,51	9,5	14,46
Pb	2,25	3,85	4,67	3,3	3,77	3,16	5,2	6,59	9,23	3,78	3,29	4,09	7,76	4,69	2,25	9,23	2,02	0,56	8,38	3,47	5,91
Rb	0,18	0,51	0,38	1,24	0,63	1,06	0,25	0,37	2,1	0,71	1,18	2,38	0,5	0,88	0,18	2,38	0,69	0,19	4,59	0,46	1,3
Sb	0,18	1,27	0,2	0,49	0,41	0,67	0,56	1,06	1,02	0,17	0,23	0,75	2,01	0,69	0,17	2,01	0,54	0,15	4,67	0,37	1,02
Se	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,18	0,1	0,4	0,12	0,03	5,48	0,11	0,26
Sn	0,4	0,64	0,95	0,36	1,12	0,92	1,13	1,05	2,13	0,38	0,68	0,45	0,79	0,85	0,36	2,13	0,48	0,13	6,38	0,56	1,14
Sr	22,1	2,6	7,09	3,54	5,36	2	1,81	3,94	26	13,95	2,11	2,56	34	9,77	1,81	34	10,82	3	3,26	3,23	16,31
U	1,35	1,23	0,13	1,02	0,74	0,4	0,43	0,37	0,37	1,52	0,23	0,55	0,41	0,67	0,13	1,52	0,46	0,13	5,31	0,4	0,95
V	4,4	10,1	2,5	5,8	5,5	13,6	8,1	28,6	24,6	9,1	9,1	10,3	36,9	12,97	2,5	36,9	10,46	2,9	4,47	6,65	19,29
W	0,19	3,2	0,39	2,9	1,05	0,8	1,35	2,67	3,02	0,44	0,45	4,07	2,76	1,79	0,19	4,07	1,34	0,37	4,82	0,98	2,6
Zn	27,9	14,5	76,6	17,4	51,8	17,2	76,4	36,3	48,2	26	13,8	17,7	35,7	35,35	13,8	76,6	22,04	6,11	5,78	22,03	48,66
Zr	3,43	12,35	7,94	9,43	9,54	17,6	10,05	7,58	15,85	5,71	5,23	8,27	32,1	11,16	3,43	32,1	7,45	2,07	5,4	6,66	15,66
Sc	0,34	0,37	0,12	0,23	0,38	0,44	0,33	0,87	5,27	0,82	0,20	0,80	0,40	0,81	0,12	5,27	1,36	0,38	2,16	-0,01	1,64
Y	0,25	0,52	0,12	0,63	0,49	0,28	0,15	1,37	16,20	0,85	1,95	1,63	0,51	1,92	0,12	16,2	4,33	1,20	1,60	-0,70	4,54
La	1,68	0,59	0,26	0,98	1,13	0,68	0,42	1,60	9,79	3,13	3,88	2,71	5,55	2,49	0,26	9,79	2,69	0,75	3,34	0,87	4,12
Ce	2,88	1,19	0,47	1,81	2,12	1,24	0,79	2,80	17,10	6,02	7,59	5,40	11,60	4,69	0,47	17,1	4,93	1,37	3,43	1,71	7,67
Pr	0,32	0,14	0,05	0,22	0,24	0,14	0,08	0,37	2,20	0,66	0,87	0,67	1,40	0,57	0,05	2,2	0,62	0,17	3,27	0,19	0,94
Nd	1,07	0,45	0,15	0,82	0,87	0,50	0,32	1,45	9,36	2,30	3,19	2,52	5,01	2,15	0,15	9,36	2,57	0,71	3,02	0,60	3,71
Sm	0,13	0,07	0,02	0,16	0,15	0,09	0,04	0,29	2,15	0,33	0,55	0,41	0,55	0,38	0,02	2,15	0,56	0,16	2,44	0,04	0,72
Eu	0,04	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,27	0,04	0,03	0,03	0,08	0,04	0	0,27	0,07	0,02	2,22	0,00	0,09
Gd	0,07	0,07	0,02	0,14	0,11	0,06	0,04	0,26	2,29	0,21	0,43	0,36	0,20	0,33	0,02	2,29	0,60	0,17	1,96	-0,04	0,69
Tb	0,01	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,04	0,34	0,03	0,06	0,05	0,02	0,05	0	0,34	0,09	0,03	1,86	-0,01	0,10
Dy	0,04	0,07	0,02	0,11	0,09	0,05	0,03	0,25	2,08	0,15	0,35	0,29	0,09	0,28	0,02	2,08	0,55	0,15	1,81	-0,06	0,61
Ho	0,01	0,02	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05	0,46	0,03	0,07	0,06	0,01	0,06	0	0,46	0,12	0,03	1,70	-0,02	0,13
Er	0,02	0,07	0,01	0,06	0,05	0,02	0,02	0,15	1,45	0,07	0,18	0,18	0,04	0,18	0,01	1,45	0,39	0,11	1,66	-0,06	0,41
Tm	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,21	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0	0,21	0,06	0,02	1,54	-0,01	0,06
Yb	0,02	0,11	0,01	0,04	0,04	0,03	0,02	0,16	1,54	0,05	0,11	0,16	0,03	0,18	0,01	1,54	0,41	0,11	1,55	-0,07	0,43
Lu	0,00	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,28	0,01	0,02	0,02	0,00	0,03	0	0,28	0,08	0,02	1,47	-0,02	0,08

Çizelge 2. Akiklerde analizi yapılan elementlere ait korelasyon katsayıları.
 Table 2. Correlation coefficients of elements analyzed in agate.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TO ₂	Cu ₂ O	P ₂ O ₅	S	Ag	As	Ba	Be	Cd	Ce	Cu	Ga	Hg	Mo	Ni	Pb	Rh	Sb	Se	Sr	U	V	W	Zn	Zr	Sc	Y	La	Ce	Pr	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
SiO ₂	1,00	-0,29	-0,61	-0,81	-0,63	-0,75	-0,72	-0,05	-0,45	-0,08	-0,03	0,09	-0,18	-0,34	-0,07	-0,35	0,09	-0,25	-0,16	-0,12	-0,13	-0,60	-0,54	-0,03	-0,77	-0,07	-0,84	0,11	-0,11	-0,20	0,47	0,11	-0,20	0,47	-0,72	-0,74	-0,76	0,80	-0,37	0,81	0,83	0,88	0,88	0,87	-0,47	-0,47	-0,48	-0,48	-0,48		
Al ₂ O ₃		1,00	0,23	0,56	0,72	0,14	0,70	0,84	0,84	-0,19	0,47	-0,34	0,31	0,01	-0,30	-0,09	0,16	0,13	0,08	0,57	0,21	-0,01	-0,03	0,09	0,54	0,83	0,14	0,10	-0,63	-0,22	-0,29	0,44	0,11	0,18	0,84	0,87	0,74	0,76	0,80	-0,37	0,81	0,83	0,88	0,88	0,87	-0,47	-0,47	-0,48	-0,48		
Fe ₂ O ₃			1,00	0,31	0,15	0,09	0,37	0,03	0,12	0,53	0,17	-0,36	0,48	0,55	-0,29	0,62	0,24	0,81	0,51	0,32	0,48	0,84	0,34	0,67	0,15	-0,05	0,67	0,07	0,65	0,15	-0,19	0,60	0,59	0,38	0,37	0,48	0,43	0,27	0,25	0,29	0,33	0,38	0,42	0,40	0,42	0,42	0,45	0,45	0,47	0,48	0,48
MnO				1,00	0,92	0,86	0,84	0,26	0,62	-0,33	0,07	0,01	0,22	-0,11	0,15	-0,09	0,16	0,06	-0,06	0,08	0,22	0,13	0,12	-0,16	0,15	0,26	0,44	0,12	0,48	0,88	0,02	0,61	0,20	0,88	0,35	0,14	0,71	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	
MgO					1,00	0,70	0,77	0,53	0,74	0,41	0,35	0,03	0,04	-0,13	0,12	-0,15	0,01	0,01	-0,27	0,06	-0,02	0,02	-0,26	0,38	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33		
CaO						1,00	0,57	-0,09	0,29	0,43	0,10	0,11	0,02	-0,14	0,27	-0,15	0,10	-0,21	0,04	-0,24	0,00	0,05	0,17	-0,40	-0,52	-0,06	0,45	0,05	0,93	0,13	0,63	0,25	0,67	0,60	0,78	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
Na ₂ O							1,00	0,39	0,80	0,22	0,12	-0,03	0,45	-0,07	0,10	-0,06	0,18	0,11	0,15	0,33	0,12	0,26	0,00	0,72	0,38	0,49	0,21	0,71	-0,27	0,63	0,25	0,67	0,60	0,78	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88		
K ₂ O								1,00	0,67	-0,16	0,48	-0,20	0,02	0,17	-0,21	-0,01	-0,18	0,00	0,37	0,68	-0,01	-0,07	-0,04	-0,08	0,22	0,86	0,03	0,15	0,24	-0,01	-0,20	0,06	0,36	-0,39	0,02	0,59	0,62	0,51	0,48	0,50	0,54	0,62	0,54	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	
TO ₂									1,00	-0,26	0,64	0,24	0,26	-0,03	-0,17	-0,11	-0,02	0,05	-0,09	0,31	0,05	0,06	0,29	-0,08	0,55	0,12	0,25	0,30	0,58	0,37	-0,44	0,45	0,28	-0,16	0,32	0,60	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58		
Cr ₂ O ₃										1,00	0,13	-0,23	0,13	0,43	-0,27	0,42	-0,20	0,65	-0,03	0,48	0,23	0,72	0,26	0,79	-0,07	-0,14	0,35	0,17	0,01	-0,43	0,16	-0,02	0,38	-0,22	0,44	-0,10	-0,11	-0,24	-0,10	-0,24	-0,10	-0,24	-0,10	-0,24	-0,10	-0,24	-0,10	-0,24	-0,10		
P ₂ O ₅											1,00	-0,26	-0,32	0,13	-0,27	0,05	-0,36	0,08	-0,22	0,30	-0,46	-0,13	0,21	-0,18	0,04	0,10	0,13	0,38	0,00	-0,15	-0,42	-0,28	0,25	0,33	0,43	0,48	0,44	0,43	0,45	0,44	0,43	0,44	0,43	0,44	0,43	0,44	0,43	0,44	0,43		
S												1,00	-0,52	-0,18	0,88	-0,13	-0,19	-0,21	0,32	0,18	0,17	-0,32	-0,36	-0,32	-0,36	-0,30	-0,29	0,33	0,34	0,45	-0,25	-0,36	-0,10	-0,31	-0,10	-0,12	0,09	-0,11	-0,12	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	-0,13	
Ag													1,00	-0,21	-0,48	-0,12	0,57	0,16	0,49	0,09	0,50	0,18	0,24	0,51	0,32	-0,01	0,31	0,37	0,76	0,02	-0,57	0,31	0,02	0,30	0,53	0,36	0,46	0,18	0,15	0,18	0,22	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
As														1,00	-0,15	0,93	-0,41	0,68	0,22	0,47	-0,09	0,68	0,41	0,19	0,29	0,19	0,58	0,28	0,06	-0,13	-0,08	0,50	0,77	-0,28	0,13	0,05	-0,02	0,01	0,01	0,03	0,05	0,00	-0,01	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Ba															1,00	-0,11	-0,18	-0,21	0,27	0,20	0,18	-0,28	-0,24	-0,30	-0,15	0,32	0,23	0,49	0,44	-0,10	-0,31	-0,10	-0,17	-0,05	0,06	0,05	0,01	0,00	-0,01	-0,05	0,06	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07		
Be																1,00	-0,40	0,75	0,35	0,29	-0,12	0,70	0,41	0,19	0,31	-0,01	0,49	0,40	0,04	-0,12	-0,01	0,54	0,57	-0,24	0,05	0,07	0,00	0,04	-0,04	-0,02	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04		
Cd																	1,00	-0,10	0,43	0,26	0,68	-0,19	-0,40	0,36	0,38	-0,21	-0,12	0,30	0,59	0,13	-0,40	-0,12	-0,24	0,96	0,08	0,22	0,22	0,25	0,27	0,23	0,09	0,05	0,00	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04	-0,04	-0,05		
Co																		1,00	0,23	0,44	0,52	0,74	0,19	0,60	0,40	0,01	0,34	0,34	0,44	-0,14	0,03	0,36	0,45	-0,05	-0,08	0,42	0,37	0,12	0,08	0,11	0,16	0,28	0,27	0,35	0,37	0,38	0,39	0,39	0,42	0,43	
Cu																			1,00	0,40	0,16	0,25	0,32	0,22	0,45	-0,37	0,30	0,00	0,44	-0,04	-0,47	0,42	0,04	0,35	0,04	0,07	-0,06	-0,05	-0,04	-0,06	-0,04	-0,08	0,07	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06		
Cu																				1,00	0,18	0,36	-0,09	0,41	0,11	0,71	0,20	0,05	0,13	-0,17	0,18	-0,02	0,72	-0,35	-0,06	0,47	0,45	0,24	0,24	0,28	0,38	0,35	0,44	0,45	0,45	0,46	0,47	0,48	0,48		
Ga																					1,00	0,13	-0,29	0,60	0,40	-0,11	0,15	0,03	0,66	0,23	-0,24	0,00	0,65	0,15	0,44	0,42	0,13	0,07	0,11	0,17	0,29	0,38	0,38	0,38	0,41	0,43	0,43	0,45	0,46		
Hg																						1,00	0,55	0,55	0,46	-0,10	0,76	0,02	0,16	0,04	0,05	0,70	-0,15	0,39	0,15	0,12	0,08	0,08	0,11	0,12	0,11	0,14	0,10	0,11	0,11	0,12	0,13	0,16	0,17		
Mo																							1,00	0,07	0,36	-0,02	0,33	0,05	0,04	0,10	-0,35	0,72	0,38	-0,35	0,61	-0,08	0,04	0,22	0,27	0,27	0,23	0,09	0,05	0,00	-0,02	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05		
Nb																								1,00	0,24	-0,54	0,40	0,13	0,53	0,29	0,38	0,78	0,56	0,50	0,54	0,60	0,71	0,71	0,75	0,77	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,79	0,79				
Ni																									1,00	0,10	0,56	0,05	0,09	0,35	0,44	0,42	0,38	0,73	0,71	0,68	0,54	0,65	0,45	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40					
Pb																										1,00	-0,34	-0,07	-0,41	-0,30	-0,16	-0,22	0,19	-0,20	-0,24	-0,25	-0,17	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24	-0,24			
Rb																											1,00	0,05	0,08	0,21	-0,03	-0,20																			



Şekil 8. Akiklerdeki SiO₂-CaO, SiO₂-MnO, Cr₂O₃-Ni, Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-Co ve MgO-CaO dağılım grafikleri
Figure 8. SiO₂-CaO, SiO₂-MnO, Cr₂O₃-Ni, Al₂O₃-K₂O, Fe₂O₃-Co and MgO-CaO distribution graphs in agate.

Karbonatlı akiklerde ortalama %34,17 SiO₂ bulunmakta olup aynı bu bölgedeki karbonatlı akiklerden derlenecek örnekte %3,17 ile %65,18 arasında SiO₂ beklenmektedir. Aralığın yüksek olması bazı yumrulara kalsit ve dolomit gibi bazı karbonatlı minerallerin daha baskın olmasına bağlıdır. Kayaçlar içindeki SiO₂, mineralojik-petrografik ve gemolojik çalışmalardan elde edilen agat, tridimit, kristobalit ve kristal kuvars (Turhal ve Arık, 2019) oluşumlarına bağlıdır.

Karbonatlı akiklerin ortalama CaO içerikleri %25,54 olup ölçümlerde rastlanan en büyük değer deteksiyon limitinin üst sınırı olan %34,98'dir. Akiklerde ortalama %2,78 Fe₂O₃ bulunmakta olup akiklerdeki Fe₂O₃ içeriği de kayaca kırmızı rengi veren demir oksitler, götit ve hematitten kaynaklanmaktadır. Kimyasal analizi yapılan karbonatlı akiklerde MgO içeriği ortalama %0,57'dir (Çizelge 3). MgO muhtemelen yan kayaçlardaki Mg'lu minerallerle yer yer gözlemlenen dolomitleşmelere bağlıdır. Numunelerde ortalama %0,83 MnO bulunmakta olup MnO değişim aralığı %0,29 ile %2,35

arasındadır. MnO, volkanik kayaçların kısmen ayrışmasına neden olan çözeltilerin içinde koloidal partiküllere adsorbe olarak taşınmış ve psilomelanca zengin Mn dentritleri şeklinde zenginleşmiştir (Gültekin vd., 1998; Tufan, 2014). Akiklerde pembe, turuncu ve yeşil renkler numune içerisinde bulunan MnO'ya bağlıdır. Özellikle turuncu ve pembe renkli bir akik numunesinde MnO miktarı %2,73'e ulaşmaktadır.

Karbonatlı akiklerde ortalama 261 ppm Cr₂O₃, 4,9 ppm Ni, 4,05 ppm V, 2,02 ppm Co, 16,5 ppm Ba, 391 ppm Sr, 68,8 ppm Cu, 10,5 ppm Pb ve 28,3 ppm Zn bulunmaktadır (Çizelge 3). Bu akiklerde 668 ppm'e ulaşan Sr varlığı doğrudan karbonatlı minerallerle ilişkilidir. Bazı karbonatlı akiklerde; 341 ppm Cu, 28 ppm Pb ve 45 ppm Zn ölçülmüş olup (Çizelge 3) Cu, Zn ve Pb'un bu akikleri oluşturan hidrotermal çözeltilerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Karbonatlı akiklerde toplam 96 ppm NTE bulunmakta olup HNTE miktarı 77 ppm'dir. Karbonatlı akiklerde diğer bileşenler ihmal edilebilecek kadar düşük miktarda bulunmaktadır.

Çizelge 3. Karbonatlı akiklerde ana oksit, bazı iz element ve NTE analizleri ile istatistiksel özetleri (örnek sayısı: 6, Ort.: Aritmetik ortalama, S.S.: Standart Sapma, S.H.: Standart hata, t_c : 0,95 anlamlılık düzeyinde hesaplanan t değeri, t_l : 2,12, A.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Ü.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı, E.K.: En küçük, E.B.: En büyük, ana oksitler ve S; %, iz elementler; ppm)

Table 3. Major element oxides, some trace elements and REE analyses and statistical summaries of carbonate agates (number of samples: 6, Mean: Arithmetic mean, S.S.: Standard Deviation, S.H.: Standard error, t_c : t value calculated at 0.95 significance level, t_l : 2.12, A.S.: Lower limit of population arithmetic mean, Ü.S.: Upper limit of population arithmetic mean, E.K.: Minimum, E.B.: Maximum, major oxides and S; %, trace elements; ppm).

N.No	E5	E1	E12a	E12b	E13	E15	Ort	E.K	E.B.	S.S.	S.H.	Aralık	th	A.S.	Ü.S.
SiO ₂	64,57	1,26	25,37	0,63	65,2	48,01	34,17	0,63	65,2	12,06	29,55	64,57	2,83	3,17	65,18
Al ₂ O ₃	0,11	0,04	0,04	0,02	0,21	0,02	0,07	0,02	0,21	0,03	0,08	0,19	2,36	-0,01	0,15
Fe ₂ O ₃	3,67	3,36	3,03	1,63	2,73	2,28	2,78	1,63	3,67	0,3	0,75	2,05	9,15	2	3,57
MnO	0,74	0,58	0,41	2,35	0,6	0,29	0,83	0,29	2,35	0,31	0,76	2,06	2,67	0,03	1,63
MgO	1,26	0,55	0,4	0,85	0,18	0,22	0,57	0,18	1,26	0,17	0,41	1,08	3,4	0,14	1,01
CaO	13,25	34,98	34,98	34,98	10,63	24,42	25,54	10,63	34,98	4,63	11,33	24,35	5,52	13,65	37,43
Na ₂ O	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0	0	0,01	17,35	0,01	0,02
K ₂ O	0,05	0,01	0,01	0,01	0,06	0,01	0,03	0,01	0,06	0,01	0,02	0,05	2,89	0	0,05
TiO ₂	0,005	0,002	0,002	0,002	0,013	0,002	0,004	0,002	0,013	0,002	0,005	0,012	2,179	-0,001	0,009
Cr ₂ O ₃	0,047	0,003	0,039	0,004	0,044	0,02	0,026	0,003	0,047	0,008	0,02	0,044	3,187	0,005	0,047
P ₂ O ₅	0,011	0,011	0,009	0,002	0,039	0,005	0,013	0,002	0,039	0,005	0,013	0,037	2,399	-0,001	0,027
S	0,04	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,018	0,01	0,04	0,005	0,013	0,03	3,379	0,004	0,032
Ag	0,28	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	0,06	0,01	0,28	0,04	0,11	0,27	1,33	-0,05	0,17
As	7,16	0,35	1,11	0,5	6,5	0,81	2,74	0,35	7,16	1,3	3,19	6,81	2,1	-0,61	6,08
Ba	37,4	4,6	8,1	17,1	27,3	4,2	16,45	4,2	37,4	5,53	13,54	33,2	2,97	2,24	30,66
Be	2,59	2,18	2,47	0,44	1,93	0,76	1,73	0,44	2,59	0,37	0,91	2,15	4,66	0,77	2,68
Cd	0,18	0,18	0,12	0,71	0,15	0,14	0,25	0,12	0,71	0,09	0,23	0,59	2,65	0,01	0,49
Co	4,01	1,85	2,17	0,67	2,19	1,25	2,02	0,67	4,01	0,46	1,14	3,35	4,36	0,83	3,22
Cu	341	2,98	7,73	46	10,65	4,46	68,8	2,98	341	54,83	134,31	338,02	1,25	-72,15	209,75
Ga	1,03	0,15	0,21	0,21	0,86	0,15	0,43	0,15	1,03	0,16	0,4	0,88	2,67	0,02	0,85
Hg	0,38	0,46	0,35	0,51	0,4	0,28	0,4	0,28	0,51	0,03	0,08	0,23	11,98	0,31	0,48
Mo	1,35	0,3	0,53	0,3	1,55	0,72	0,79	0,3	1,55	0,22	0,54	1,25	3,61	0,23	1,36
Nb	0,19	0,13	0,14	0,11	0,49	0,11	0,2	0,11	0,49	0,06	0,15	0,39	3,21	0,04	0,35
Ni	7,9	2,17	5,46	1,94	7,35	4,56	4,9	1,94	7,9	1,03	2,52	5,96	4,77	2,26	7,54
Pb	11,2	4,37	7,75	27,6	9,08	3,24	10,54	3,24	27,6	3,62	8,86	24,36	2,91	1,24	19,84
Rb	2,36	0,17	0,23	0,19	2,93	0,12	1	0,12	2,93	0,53	1,29	2,81	1,91	-0,35	2,35
Sb	0,2	0,05	0,09	0,05	0,32	0,08	0,13	0,05	0,32	0,04	0,11	0,28	2,92	0,02	0,25
Se	0,1	0,4	0,5	0,4	0,2	0,1	0,28	0,1	0,5	0,07	0,17	0,4	4,03	0,1	0,46
Sn	0,55	0,67	0,37	0,71	0,44	0,37	0,52	0,37	0,71	0,06	0,15	0,34	8,53	0,36	0,67
Sr	116,5	668	601	568	118	273	390,75	116,5	668	102,63	251,38	551,5	3,81	126,94	654,56
U	1,89	0,64	0,52	0,13	0,28	2,77	1,04	0,13	2,77	0,43	1,05	2,64	2,42	-0,07	2,14
V	6,7	2	3,2	0,7	10,5	1,2	4,05	0,7	10,5	1,56	3,82	9,8	2,6	0,04	8,06
W	0,56	0,05	0,16	0,06	0,89	0,14	0,31	0,05	0,89	0,14	0,34	0,84	2,22	-0,05	0,67
Zn	29,8	26,6	19,6	44,7	23,7	25,1	28,25	19,6	44,7	3,56	8,73	25,1	7,93	19,09	37,41
Zr	7,04	54,6	45	2,27	14,35	9,29	22,09	2,27	54,6	8,99	22,02	52,33	2,46	-1,02	45,2
Sc	0,123	0,023	0,016	0,044	0,13	0,005	0,057	0,005	0,13	0,023	0,055	0,125	2,509	-0,001	0,115
Y	11,9	3,95	3,79	1,755	2,71	0,647	4,125	0,647	11,9	1,636	4,008	11,253	2,521	-0,081	8,331
La	19,05	1,545	4,89	57,8	19,8	1,455	17,423	1,455	57,8	8,761	21,46	56,345	1,989	-5,098	39,945
Ce	34,4	2,37	7,14	84,9	32,2	2,2	27,202	2,2	84,9	12,974	31,781	82,7	2,097	-6,15	60,553
Pr	3,88	0,27	0,876	8,76	3,53	0,233	2,925	0,233	8,76	1,339	3,281	8,527	2,184	-0,518	6,368
Nd	16	1,19	3,5	31,1	12,45	0,926	10,861	0,926	31,1	4,778	11,704	30,174	2,273	-1,422	23,144
Sm	3,61	0,239	0,599	2,8	1,45	0,12	1,47	0,12	3,61	0,59	1,445	3,49	2,491	-0,047	2,986
Eu	0,532	0,023	0,032	0,501	0,137	0,009	0,206	0,009	0,532	0,1	0,245	0,523	2,054	-0,052	0,463
Gd	2,87	0,338	0,543	1,06	0,784	0,089	0,947	0,089	2,87	0,409	1,001	2,781	2,319	-0,103	1,998
Tb	0,354	0,048	0,069	0,067	0,084	0,013	0,106	0,013	0,354	0,051	0,124	0,341	2,09	-0,024	0,236
Dy	1,73	0,33	0,402	0,257	0,456	0,07	0,541	0,07	1,73	0,244	0,598	1,66	2,216	-0,087	1,168
Ho	0,292	0,078	0,084	0,034	0,081	0,013	0,097	0,013	0,292	0,041	0,1	0,279	2,38	-0,008	0,202
Er	0,787	0,237	0,228	0,076	0,25	0,046	0,271	0,046	0,787	0,109	0,268	0,741	2,477	-0,01	0,552
Tm	0,08	0,031	0,029	0,007	0,026	0,005	0,03	0,005	0,08	0,011	0,027	0,075	2,682	0,001	0,058
Yb	0,515	0,181	0,19	0,037	0,158	0,038	0,187	0,037	0,515	0,071	0,175	0,478	2,61	0,003	0,37
Lu	0,073	0,031	0,031	0,005	0,024	0,005	0,028	0,005	0,073	0,01	0,025	0,068	2,763	0,002	0,054

Karbonatlı akiklerde yapılan korelasyon analizlerinde SiO_2 ; CaO ve Sr ile çok kuvvetli, Hg, Se ve Sn ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir (Çizelge 4). SiO_2 ayrıca Cr_2O_3 , Mo ve Ni ile çok kuvvetli, Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 , As, Ba, Co, Ga, Nb, Rb, Sb, V, W ve Sc ile kuvvetli, P_2O_5 , Ag, Cu, U ve ANTE ile zayıf pozitif korelasyon göstermektedir (Çizelge 4). SiO_2 'in CaO ve Sr ile gösterdiği çok kuvvetli negatif korelasyon silisyumun kökensel olarak karbonatlı bileşenlerden farklı bir kaynaktan geldiğini göstermekte olup doğrudan volkanik faaliyetlerle ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Ana bileşenlerin büyük bir çoğunluğu ile gösterdiği kuvvetli ve çok kuvvetli pozitif korelasyon ise SiO_2 'in bu bileşenlerle benzer bir çözültiden türediğini ancak kristalleşme sırasının farklı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ana bileşenlerden Al_2O_3 ; CaO ile çok kuvvetli ve Sr ile kuvvetli negatif korelasyona sahip iken K_2O , TiO_2 , P_2O_5 , As, Mo, Nb, Rb, Sb, V, W ve Sc ile çok kuvvetli SiO_2 , Cr_2O_3 , Ba ve Ni ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir (Çizelge 4). Buna göre karbonatlı akiklerde Al_2O_3 ; CaO dışındaki diğer ana bileşenlerle ortak hareket etmiş olup akiklerin içinde buldukları volkanojenik kumtaşı ve çamurtaşlarından kaynaklanmaktadır. Fe_2O_3 ise, MnO, Cd, Pb ve Sc ile kuvvetli Zn zayıf negatif korelasyon gösterirken Be ve Co ile çok kuvvetli, ANTE ile kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir (Çizelge 4). Bu durum Fe_2O_3 'in yalnızca hidrotermal çözültülerle değil aynı zamanda yankayaç içinde bulunan demirli minerallerle ilişkili olduğunu göstermektedir.

Karbonatlı akiklerin ana bileşeni olan CaO; Sr ile sahip olduğu çok kuvvetli pozitif korelasyon dışında ana bileşenler ve iz elementlerin çoğunluğuyla negatif korelasyon göstermektedir. CaO; SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O , As, Ga, Mo, Ni, Rb, Sb, V, W ve Sc ile çok kuvvetli ve TiO_2 , Cr_2O_3 , P_2O_5 , Ba, Co ve Nb ile kuvvetli negatif korelasyona sahiptir (Çizelge 4). Buna göre karbonatlı minerallerin ana bileşeni olan CaO'un silikatlı bileşenlerden

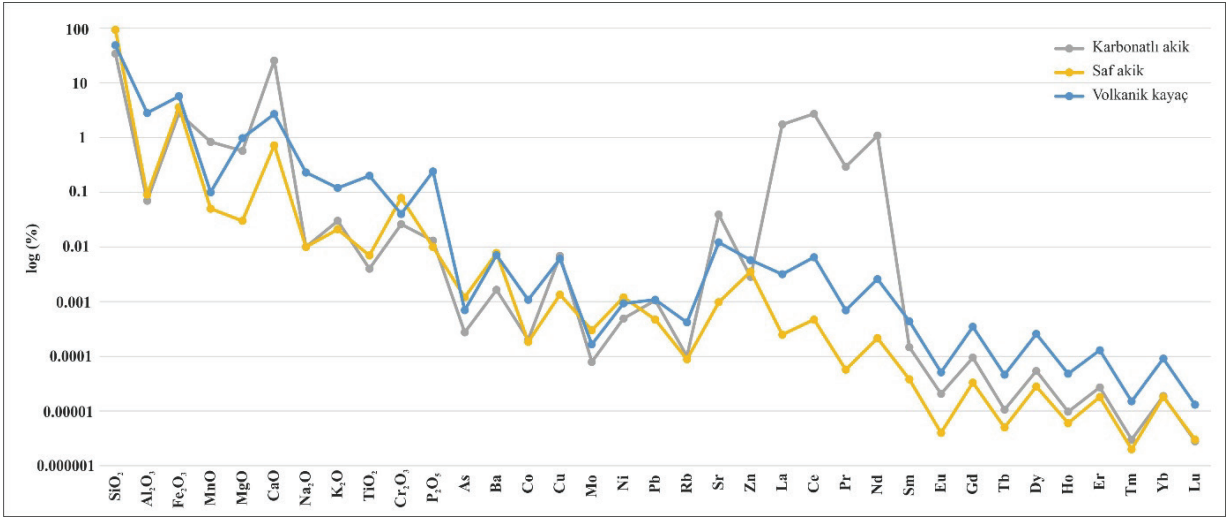
bütünüyle farklı davrandığı görülmektedir. Bu durum silikatlı bileşenleri ortama getiren çözültülerin yan kayaçlar içinde dolaşımını esnasında karbonatlı kayaçları bir miktar çözdükleri ve silikatlı bileşenlerin yerleşiminden sonra karbonatlı bileşenlerin çökeldiğini göstermektedir.

Karbonatlı akiklerde NTE farklı korelasyonlara sahiptir. Sc ve Y dahil ANTE kendi içlerinde birbirleri ile çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyona sahiptir. NTE aynı zamanda S, Ag, As, Ba, Be, Co, Cu, Ga, Mo, Ni ve Rb ile anlamlı pozitif korelasyonlara sahip olup sadece CaO ile negatif korelasyon göstermektedir. Buna göre karbonatlı akiklerdeki NTE varlığının karbonatlı minerallerden çok silikatlı minerallerle ilişkili olduğu söylenebilir.

Saf akikler, karbonatlı akikler ve yan kayaçların ortalama ana oksit, iz element ve nadir toprak elementi (NTE) değerlerinin logaritmik diyagramına bakıldığında; saf akiklerde SiO_2 miktarının karbonatlı akiklere ve yan kayaçlara göre oldukça yüksek olduğu, karbonatlı akiklerdeki CaO miktarının saf akiklerden daha yüksek olduğu ve saf akiklerle volkanik yan kayaçların oldukça benzer nadir toprak elementi desenine sahip oldukları görülmektedir (Şekil 9). Buna göre akiklerin kökeninin volkanikleri oluşturan kaynağa bağlı olduğu söylenebilir.

Almus bölgesi volkanik kayaçlarının jeokimyasal özellikleri

Akiklerin içinde buldukları yan kayaçların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Almus formasyonunun taban kesimindeki çakıltaşları içinde Haydaroğlu formasyonundan türeme volkanik kayaçlardan alınan 2 adet bazalt, 1 adet ayrıışmış bazalt ve 1 adet bazaltik andezit numunesinin kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5).



Şekil 9. Saf akikler, karbonatlı akikler ve volkanik yan kayaçların ortalama ana oksit, iz element ve nadir toprak elementi değerlerinin logaritmik diyagramı

Figure 9. Logarithmic diagram of mean major element oxides, trace elements and rare earth element values of pure agates, carbonate agates and volcanic host rocks.

Volkanik kayaçlarda ortalama %48,74 SiO_2 bulunmakta olup bu kayaçların ait oldukları volkanik kayaçlarda istatistiksel olarak %95 anlamlılık düzeyinde ortalama %35,78 ile %61,71 aralığında SiO_2 beklenmektedir. Bu bileşime göre oldukça ayrılmış olan bu kayaçlar bazalt, ayrılmış bazalt ve andezit olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 5). Almus akiklerinin, yöredeki volkanizmadan kaynaklanan çözeltilerin volkanojenik kumtaşları içinde hareket etmeleri sonucunda yan kayaçların oluşumundan sonra yerleştikleri ortaya çıkmaktadır.

Volkanik kayaçlarda ortalama %2,82 Al_2O_3 bulunmakta olup istatistiksel olarak bu kayaçların ait oldukları bölgeden derlenecek herhangi bir volkanik kayaç örneğinde %6,44'e kadar Al_2O_3 bulunması beklenmektedir (Çizelge 5). Numunelerdeki farklı Al_2O_3 içeriği standart sapmayı da oldukça genişletmiş olup uygulanan student t (anakitleye uyum) testinde %95 anlamlılık düzeyinde sonuçların yorumlanması anlamlı görülmemektedir. Kayaçlardaki Al_2O_3

içeriği petrografik incelemelerde de gözlenen feldispatlara bağlıdır.

Kayaçlarda ortalama %5,68 Fe_2O_3 bulunmakta olup istatistiksel olarak bu kayaçların ait oldukları volkanik kayaçlardan derlenecek herhangi bir örnekte %95 ihtimalle %2,48 - %8,88 arasında Fe_2O_3 bulunması olasıdır (Çizelge 5). Kayaçlardaki Fe_2O_3 daha çok olivine yer yer klinoprosken gibi mafik mineraller ve demir minerallerine bağlıdır.

Volkanik kayaçlarda ortalama %0,98 MgO bulunmakta olup numunelerdeki MgO içeriği oldukça değişkendir. Bazı numunelerdeki %2,67 MgO miktarı bu kayaçlardaki olivin ve piroksen gibi mafik minerallerden kaynaklanmaktadır.

Volkanik kayaçlarda ortalama %2,69 CaO bulunmakta olup bu kayaçlardan alınacak herhangi bir örnekte %5 hata payı ile %1,11 - %4,28 aralığında CaO beklenmektedir (Çizelge 5). Volkanik kayaçlarda CaO kayaç oluşturan bileşenlerden plajyoklazlarla, çoğunluğu ayrılan klinopiroksenlerden itibaren oluşan kalsitlere bağlıdır.

Çizelge 5. Volkanik kayalardan alınan numunelere ait ana oksit, bazı iz element ve NTE analizleri (örnek sayısı: 4, Ort.: Aritmetik ortalama, S.S.: Standart Sapma, S.H.: Standart hata, t_c : 0,95 anlamlılık düzeyinde hesaplanan t değeri, t_i : 2,32, A.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Ü.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı, E.K.: En küçük, E.B.: En büyük, ana oksitler ve S %, iz elementler ppm).

Table 5. Major element oxides, some trace elements and REE analyses of samples taken from volcanic rocks (number of samples: 4, Mean: Arithmetic mean, S.S.: Standard Deviation, S.H.: Standard error, t_c : t value calculated at 0.95 significance level, t_i : 2.32, A.S.: Lower limit of population arithmetic mean, Ü.S.: Upper limit of population arithmetic mean, E.K.: minimum, E.B.: maximum, major oxides and S %, trace elements ppm).

Bileşen	18TK05	18TK02	18TK06	18TK03	Ort	E.K.	E.B.	S.S.	S.H.	Aralık	th	A.S.	Ü.S.
Kayaç	Ayrılmış Bazalt	Bazalt	Bazalt	Bazaltik Andezit									
SiO ₂	37,95	48,85	50,53	57,65	48,74	37,95	57,65	8,15	4,07	19,71	11,97	35,78	61,71
Al ₂ O ₃	4,42	0,94	5,12	0,77	2,82	0,77	5,12	2,28	1,14	4,35	2,47	-0,81	6,44
Fe ₂ O ₃	7,16	3,92	7,66	3,97	5,68	3,92	7,66	2,01	1,01	3,74	5,64	2,48	8,88
MnO	0,15	0,09	0,06	0,11	0,10	0,06	0,15	0,04	0,02	0,09	5,36	0,04	0,16
MgO	2,67	0,28	0,78	0,18	0,98	0,18	2,67	1,16	0,58	2,49	1,69	-0,86	2,82
CaO	3,58	1,87	3,53	1,79	2,69	1,79	3,58	0,99	0,50	1,79	5,42	1,11	4,28
Na ₂ O	0,32	0,07	0,48	0,08	0,23	0,07	0,48	0,20	0,10	0,41	2,38	-0,08	0,55
K ₂ O	0,13	0,14	0,06	0,13	0,12	0,06	0,14	0,04	0,02	0,08	6,09	0,06	0,18
TiO ₂	0,47	0,07	0,20	0,08	0,20	0,07	0,47	0,19	0,09	0,41	2,16	-0,10	0,50
Cr ₂ O ₃	0,02	0,03	0,10	0,02	0,04	0,02	0,10	0,04	0,02	0,08	2,15	-0,02	0,11
P ₂ O ₅	0,25	0,22	0,22	0,24	0,24	0,22	0,25	0,02	0,01	0,03	31,37	0,21	0,26
Ag	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,02	4,44	0,01	0,04
As	9,50	4,42	10,70	3,33	6,99	3,33	10,70	3,65	1,83	7,37	3,82	1,17	12,80
Ba	104,00	15,60	107,50	55,90	70,75	15,60	107,50	43,66	21,83	91,90	3,24	1,28	140,22
Be	0,74	1,74	0,55	1,02	1,01	0,55	1,74	0,52	0,26	1,19	3,88	0,18	1,84
Cd	0,05	0,04	0,09	0,11	0,07	0,04	0,11	0,03	0,02	0,07	4,32	0,02	0,13
Co	22,60	3,80	14,15	2,52	10,77	2,52	22,60	9,45	4,73	20,08	2,28	-4,27	25,81
Cu	63,60	26,50	68,90	82,50	60,38	26,50	82,50	23,95	11,97	56,00	5,04	22,27	98,48
Ga	8,78	2,48	5,77	1,97	4,75	1,97	8,78	3,17	1,59	6,82	2,99	-0,30	9,80
Hg	0,52	0,30	0,45	0,92	0,55	0,30	0,92	0,26	0,13	0,62	4,16	0,13	0,97
Mo	0,78	2,29	1,48	2,06	1,65	0,78	2,29	0,67	0,34	1,51	4,90	0,58	2,73
Nb	0,18	0,41	0,22	0,51	0,33	0,18	0,51	0,16	0,08	0,33	4,16	0,08	0,58
Ni	8,05	3,95	20,20	4,98	9,30	3,95	20,20	7,48	3,74	16,25	2,49	-2,60	21,19
Pb	13,70	9,23	9,49	10,80	10,81	9,23	13,70	2,05	1,02	4,47	10,55	7,55	14,06
Rb	3,73	6,44	1,52	5,00	4,17	1,52	6,44	2,09	1,04	4,93	3,99	0,85	7,49
Sb	0,41	0,39	0,74	0,41	0,49	0,39	0,74	0,17	0,08	0,35	5,84	0,22	0,75
Se	0,10	0,10	0,20	0,10	0,13	0,10	0,20	0,05	0,03	0,10	5,00	0,05	0,20
Sn	1,10	1,43	1,21	1,86	1,40	1,10	1,86	0,34	0,17	0,76	8,33	0,87	1,93
Sr	151,00	21,70	289,00	22,90	121,15	21,70	289,00	127,29	63,64	267,30	1,90	-81,40	323,70
U	1,25	0,83	1,25	1,11	1,11	0,83	1,25	0,20	0,10	0,42	11,27	0,80	1,42
V	226,00	43,00	143,50	40,30	113,20	40,30	226,00	89,23	44,61	185,70	2,54	-28,78	255,18
W	0,43	0,61	0,38	0,63	0,51	0,38	0,63	0,12	0,06	0,25	8,22	0,31	0,71
Zn	82,00	48,80	41,60	57,60	57,50	41,60	82,00	17,60	8,80	40,40	6,54	29,50	85,50
Zr	25,30	11,30	19,55	13,85	17,50	11,30	25,30	6,24	3,12	14,00	5,61	7,57	27,43
Sc	22,40	6,60	6,36	2,65	9,50	2,65	22,40	8,79	4,39	19,75	2,16	-4,48	23,48
Y	14,10	16,90	11,40	14,75	14,29	11,40	16,90	2,27	1,13	5,50	12,61	10,68	17,89
La	27,50	32,60	26,40	40,30	31,70	26,40	40,30	6,34	3,17	13,90	10,00	21,62	41,78
Ce	55,90	70,00	51,70	81,90	64,88	51,70	81,90	13,79	6,89	30,20	9,41	42,94	86,81
Pr	6,12	7,61	5,24	8,83	6,95	5,24	8,83	1,59	0,79	3,59	8,74	4,42	9,48
Nd	23,90	28,20	19,25	32,20	25,89	19,25	32,20	5,57	2,79	12,95	9,29	17,02	34,76
Sm	4,37	4,75	3,18	5,20	4,38	3,18	5,20	0,87	0,43	2,02	10,11	3,00	5,75
Eu	0,84	0,37	0,55	0,30	0,51	0,30	0,84	0,24	0,12	0,54	4,27	0,13	0,90
Gd	3,63	3,87	2,57	3,81	3,47	2,57	3,87	0,61	0,30	1,30	11,40	2,50	4,44
Tb	0,49	0,52	0,35	0,50	0,46	0,35	0,52	0,08	0,04	0,17	11,80	0,34	0,59
Dy	2,63	2,96	2,03	2,67	2,57	2,03	2,96	0,39	0,20	0,93	13,18	1,95	3,19
Ho	0,48	0,56	0,37	0,50	0,48	0,37	0,56	0,08	0,04	0,19	12,44	0,36	0,60
Er	1,27	1,53	1,08	1,29	1,29	1,08	1,53	0,18	0,09	0,45	13,99	1,00	1,58
Tm	0,14	0,18	0,13	0,15	0,15	0,13	0,18	0,02	0,01	0,06	12,65	0,11	0,19
Yb	0,86	1,12	0,79	0,87	0,91	0,79	1,12	0,14	0,07	0,33	12,64	0,68	1,14
Lu	0,12	0,16	0,11	0,12	0,13	0,11	0,16	0,02	0,01	0,05	11,88	0,09	0,16

Kayaçların toplam NTE miktarı 41 ppm, HNTE miktarı ise 28 ppm'dir (Çizelge 5). Karbonatlı akiklerde gözlenen NTE varlığının bu volkanik kayaçlarla ilişkili oldukları düşünülmektedir. Volkanik kayaçlarda ayrıca 7 ppm As, 71 ppm Ba, 11 ppm Co, 60 ppm Cu, 9 ppm Ni, 11 ppm Pb, 121 ppm Sr, 113 ppm V ve 58 ppm Zn bulunmaktadır (Çizelge 5).

SONUÇLAR

Almus yöresi akikleri, Almus formasyonu içinde yaklaşık D-B doğrultulu bir fay boyunca uzanan volkanojenik kumtaşlarının içerisinde yaygın olarak yumrular şeklinde bulunmaktadır.

Tokat ili süstaşları bakımından oldukça zengin olup jasper, kalsedon, ağaç opali, agat, krizopras, kuvars, akik gibi süstaşı oluşumları yer almaktadır. Bu çalışma ile Almus akikleri de bu listeye eklenmiştir.

Saf akiklerde ortalama %93,4 SiO₂, %3,59 Fe₂O₃, %0,03 MgO, %0,72 CaO, 793 ppm Cr₂O₃, 77 ppm Ba, 13,4 ppm Cu, 3 ppm Mo, 4,7 ppm Pb, 12 ppm Ni, 10 ppm Sr, 35,4 ppm Zn ve toplam 14,2 ppm NTE bulunmaktadır. Akiklerdeki Cr ve Ni değerlerinin yüksek olması akikleri oluşturan çözeltilerin temelde yer alan Artova ofiyolitli karışığı içindeki reaksiyonlardan kaynaklandığını göstermektedir. Akikler içindeki Cu, Pb ve Zn'nun akikleri oluşturan ve muhtemelen SiO₂'i bölgeye taşıyan çözeltilerin erken evrelerinde ortama taşındığını göstermektedir. Akiklerdeki kahverengi ve kırmızı renklerin sebebi olan hematit ve götitlere bağlı Fe₂O₃, akikler içine SiO₂ yerleşiminden önce gelmişlerdir. Akiklerde yeşil ve mavi renkler Cr, Cu, Co ve Ni, pembemsi renkler ise MnO ile ilişkilidir. Akiklerin içindeki boşluğun ortasında bulunan kalsit oluşumları ile ilişkili olan CaO, akikleri oluşturan çözeltilerin son evrelerinde gelişmiş olup MgO ise dolomit varlığına bağlıdır.

Arazi gözlemleri ve akiklerin ana bileşen, iz element ve NTE verilerine göre yöredeki volkanizmadan beslenen silis içeriği yüksek hidrotermal çözeltilerin, volkanik kayaçların oluşumundan sonra yankayaçlar içinde hareket ederek volkanojenik kumtaşlarına epijenetik olarak yerleştiğini göstermektedir. Buna göre inceleme alanındaki akikler, kayaç oluşumundan sonra meydana gelen hidrotermal etkinliklere bağlı olarak ana bileşen olan SiO₂'in yankayaçların içindeki boşlukları doldurması ile oluşmuştur.

EXTENDED SUMMARY

This study aims to statistically investigate the geological and geochemical properties of agates and their bedrocks found in the vicinity of Almus (Tokat province). The Paleozoic Tokat metamorphics form the basis of the study area. The Upper Cretaceous Artova ophiolite complex overlies the Tokat metamorphics with a tectonic border. The Middle Eocene Haydaroğlu formation, represented by volcanogenic units, cuts, and covers the older units. The Lower Miocene Almus formation, consisting mainly of sandstone, conglomerate and marine limestone, rests unconformably over older units. Current Quaternary alluviums unconformably cover all units.

Agates in the Almus formation are commonly observed as nodules in the volcanogenic sandstones along an approximately E-W trending fault. The size of the agate nodules formed by solutions thought to have settled in the volcanogenic sandstones are quite variable, starting from less than 1 cm to 30-35 cm.

In pure agates, on average, 93.4%SiO₂, 3.59%Fe₂O₃, 0.03%MgO, 0.72%CaO, 793 ppm Cr₂O₃, 77.3 ppm Ba, 13.4 ppm Cu, 3 ppm Mo, 4.69 ppm Pb, 11.98 ppm Ni, 9.77 ppm Sr, 35.4 ppm Zn and a total of 14.2 ppm REE were determined.

High Cr and Ni values in the agate indicate that the solutions forming the agate originate from reactions in the Artova ophiolite complex, which is located at the base of the study area. This shows that Cu, Pb and Zn in the agates were transported to the environment in the early stages of the solutions that formed the agate and probably carried SiO₂ to the region. Fe₂O₃, bound to hematite and goethite in agates, preceded SiO₂ emplacement in the agates. CaO, which is associated with the calcite formations in the middle of the cavity in the agate, developed in the last stages of the solutions forming the agate, and the MgO presence originated from dolomite.

According to the results of geochemical analyses; the agates were emplaced due to the solutions resulting from the volcanic activity that continued after the formation of the volcano-sedimentary Haydaroğlu formation. Accordingly, agates were epigenetically formed as a result of the circulation of solutions originating from this volcanism in the volcanogenic sandstones.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma yazarlardan Erhan TURHAL'ın Yüksek Lisans Tez'inin bir kısmını kapsamakta olup Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP Proje No: 18201114) tarafından desteklenmiştir. Saha çalışmalarında destek veren MTA Genel Müdürlüğü'nden Jeoloji Yük. Müh. Sn. Ali ERGEN ile saha ve atölye çalışmalarında yardımlarını gördüğümüz Jeoloji Yük. Müh. Sn. Abdurrahman RUŞEN'e katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

ORCID

Fetullah Arık  <https://orcid.org/0000-0003-0833-7778>

Erhan Turhal  <https://orcid.org/0000-0002-6443-8103>

Yeşim Özen  <https://orcid.org/0000-0003-2302-1958>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Arık, F. (2018). Almus (Tokat) Yöresindeki Jasper Oluşumlarının Jeolojik ve Gemolojik Özellikleri. *International Congress on Engineering and Architecture (ENAR-2018) Alanya / Turkey, Proceedings, 1(1)*, 1892-1901.
- Arık, F. (2019). *Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresinin Jeolojik Özellikleri ve Süstaşı Potansiyeli* (Proje no: 18201114). Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Projesi, 74 s.
- Arık, F. ve Özen, Y. (2020). Tokat Yöresi Jasper Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik, Jeokimyasal Özellikleri ve Süstaşı Olarak Kullanılabilirliği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 451-460 <https://doi.org/10.28948/ngumuh.558199>
- Arık, F. ve Turhal, E. (2021). Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresindeki Akiklerin Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri. O. Parlak, K. Sayıt, B. L. Mesci, H. Akıllı, M. Akyıldız (Ed. ler), *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Çevrimiçi) Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s. 242-246.). https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf
- Başbüyük, Z., Kaydu Akbudak, İ. ve Gürbüz, M. (2016). *Artova Krizoprasının Mineralojik, Jeokimyasal ve Gemolojik İncelemesi* (Proje no: MMF.A3.16.010, 9). Tokat-Türkiye, T.C. Ahi Evran Üniversitesi Araştırma Proje Önerisi.
- Bozkurt, E., Holdsworth, B. & Kocyigit, A. (1997=). Implications of Jurassic chert identified in the Tokat Complex, northern Turkey. *Geological Magazine 134(1)*: 91-97.
- Delikan, A., Arık, F. & Özen, Y. (2019). Geological and Gemological Properties of The Gümüşyurt Chrysoprase (Artova-Tokat). *International Turkic World Congress on Science and Engineering (UTUFEM 2019)* (p. 1096-1102), 17-18 June 2019, Niğde – Turkey, Proceedings, ISBN:978-975-8062-32-4, 1096-1102.
- Göçmengil, G., Karacık, Z., Genç, Ş. C. & Billor, Z. (2017). ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology and petrogenesis of postcollisional trachytic volcanism along the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone (NE, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, 27(1), 1-31. <https://doi.org/10.3906/yer-1708-4>

- Göçmengil, G., Karacık, Z. & Genç, Ş. C. (2018). Volcano Stratigraphic Investigation of the Post-Collisional Middle Eocene Magmatism Around İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (NE, Turkey). *Türkiye Jeoloji Bülteni (Geological Bulletin of Turkey)* 61(2), 131-162. <https://doi.org/10.25288/tjb.414013>
- Gültekin, A. H., Örgün, Y. ve Yavuz, F. (1998). Tumanpınarı (Balıkesir-Dursunbey) Fe-Mn cevherleşmesinin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 41(2), 13-30. <http://tjb.jmo.org.tr/detail-article.php?articlekod=821>
- Gürbüz, M., Kaydu, Akbudak, İ. K. ve Ulus, Ü. (2016). Tokat Agatlarının Mineralojik Petrografik Jeokimyasal İncelenmesi, Türkiye. *Uluslararası Katılımlı 7. Jeokimya Sempozyumu, Ankara Üniv, Antalya, Bildiri Özleri*, 124-125.
- Gürel Yolcubal, H., Akyazı, M., Sezen, T. F., Toprak, Ö., Canbolat, M. Y., Koçak, F. ve Özkan, A. (2014). Turhal-Pazar- Zile (Tokat) Üst Mesozoyik Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(1), 73-112. <https://doi.org/10.25288/tjb.298762>
- Hatipoğlu, M., Kibici, Y., Buzlu, H.B., Helvacı, C. ve Kırıkoğlu, M.S. (2011). Türkiye’de Bulunan Mavi Kalsedonlar. 64. *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 25-29 Nisan, Ankara, 202-203.
- Kaydu Akbudak, İ., Gürbüz, M., Başbüyük, Z. ve Ulus, Ü. (2016). *Aydıncık (Yozgat) Kalsedonlarının Mineralojik, Jeokimyasal ve Gemolojik İncelemesi* (Proje No: PYO- MÜH.4001.15.002). T.C. Ahi Evran Üniversitesi.
- Kaydu Akbudak, İ., Başbüyük, Z. ve Gürbüz, M. (2018). Yozgat “Aydıncık” kalsedon-ametist oluşumlarının mineralojisi-petrografisi ve ekonomikliğinin incelenmesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9(1), 313-324.
- Kaydu Akbudak, İ., Başbüyük, Z. & Gürbüz, M. (2021). Silicified woods consist with malachite, azurite, and hematite in the Middle Eocene Çekerek Formation, Tokat—Turkey. *Lithology and Mineral Resources*, 56(6), 548–558. <https://doi.org/10.1134/S002449022106002X>
- Moxon, T. & Reed S. J. B. (2006), Agate and chalcedony from igneous and sedimentary hosts aged from 13 to 3480 Ma: a cathodoluminescence study. *Mineralogical Magazine*, 70 (5): 485–498. <https://doi.org/10.1180/0026461067050347>
- Özcan, A. ve Aksay, A. (1996). *Tokat-Turhal-Almus-Çamlıbel Dolayının Jeolojisi* (Rapor No: 9972). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Ruşen, A. ve Arık, F. (2018). Gümenek (Komana) ve Döllük Köyleri (Tokat) Civarındaki Kalsedonların Petrografik ve Gemolojik İncelenmesi. *Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Çalıştayı-2, 19-20 Aralık 2018* (s. 58-60), Bildiriler. JMO, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Ruşen, A. (2019). *Gümenek ve Döllük Köyleri (Tokat) Civarındaki Kalsedonların Petrografik ve Gemolojik İncelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Ruşen, A. & Arık, F. (2019). Geological and Gemological Properties of the Döllük and Gümenek (Tokat) Chalcedonies. *International Turkic World Congress on Science and Engineering (UTUFEM 2019)* (p. 1087-1095), 17-18 June 2019, Niğde – Turkey, Proceedings, ISBN:978-975-8062-32-4.
- Sarız, K. Ve Nuhoğlu, İ. (1992). *Endüstriyel Hammadde Yatakları ve Madenciligi*. Anadolu Üniversitesi. Yayın No:636, Eskişehir.
- Schumann, W. (1998). *Gemstones of the world*. New York, Sterling Publishing Co., Inc., 272 p.
- Sümengen, M. (2013). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No.188, Tokat- H37 paftası*. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Terlemeç, İ. ve Yılmaz, A. (1980). Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan bölgenin stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*. 23(2), 179-191. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/eacf7a18a32812d_ek.pdf
- Tufan, E. A. (2014). Ni-Lateritlerin Oluşumu ve Özellikleri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16 (2), 68-78. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/baunfbed/issue/23850/254082>
- Turhal, E. (2019). *Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresinin Jeolojik Özellikleri ve Süstaşı Potansiyeli* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.

- Turhal, E. ve Arık, F. (2018). Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresindeki Akiklerin Petrografik ve Gemolojik Özellikleri. *Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Çalıştayı-2, 19-20 Aralık 2018* (s. 61-64), Bildiriler. JMO, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Turhal, E. & Arık, F. (2019). Geological and Gemological Investigation of the Agates Around the Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Region. *International Turkic World Congress on Science and Engineering (UTUFEM 2019)* (p. 1078-1086), 17-18 June 2019, Niğde – Turkey, Proceedings, ISBN:978-975-8062-32-4.
- Türel, K., Teşrekli, R., Çelebioğlu, N., Bektur, Z., Besbelli, A., Erdem, E., Sayılı, S. Lüle, Ç., Atakay, E., Kadıroğlu, T., Özcan, H. ve Esat, K. (2000). *Türkiye'nin Kıymetli ve Yarı Kıymetli Taşlarının Araştırılması Projesi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, s.62.
- Vıçıl, M. ve Alp, İ. (2002). Gümüşhane Yöresinde Bulunan Altın Yataklarındaki Altın Tanelerinin Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Gümüşhane ve Yöresi Kalkındırma Sempozyumu, Gümüşhane, Bildiriler Kitabı 1*, 413-422.
- Walger, E., Matthes, G., Seckendorff, V. V, Liebau, F. (2009). The formation of agate structures: models for silica transport, agate layer accretion, and for flow patterns and flow regimes in infiltration channels. *Neues Jahrbuch Fur Mineralogie-abhandlungen, 186*, 113-152.
- Yılmaz, Y., Serdar, H.S., Genç, C., Yiğitbaş, E., Güner, Ö.F., Elmas A., Yıldırım, M., Bozcu M. & Gürpınar, O. (1997). The Geology and Evolution of The Tokat Massif, South-Central Pontides, Turkey. *International Geological Review, 39*, 365-382.



Döllük ve Gümenek (Tokat-Türkiye) Kalsedonlarının Jeokimyasal Özellikleri
Geochemical Properties of the Döllük and Gümenek (Tokat-Türkiye) Chalcedonies

Fetullah Arık¹ , Abdurrahman Ruşen^{1*} 

¹ *Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Arıçlı Mah. Selçuklu Konya*

• Geliş/Received: 23.02.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 04.08.2022 • Kabul/Accepted: 05.08.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 17.08.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Çalışma alanı, Türkiye'nin süstaşı çeşitliliği bakımından en zengin illerinden biri olan Tokat ili sınırlarında bulunmaktadır. Bölge hem jeolojik öneme hem de ticari değere sahip oldukça kaliteli ve çeşitli jasper, opal, kalsedon, agat, krizopras, akik gibi süstaşı oluşumlarına ev sahipliği yapmaktadır.

İnceleme alanında Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşan yaşlı metamorfik, magmatik ve sedimanter birimler yüzeylemektedir. Paleozoyik-Mesozoyik Tokat metamorfikleri ve Artova ofiyolitik melanji temeli oluştururken alanın orta kesimlerinden doğuya doğru Alt Miyosen yaşlı volkano sedimanter kayalarla temsil edilen Almus formasyonu bu birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Kuvaterner yaşlı yamaç molozu ve Yeşilirmak havzası içindeki alüvyonlar bölgedeki en genç birimlerdir.

Kalsedon oluşumları Tokat Masifine ait metamorfik birimler içerisinde Döllük ve Korucak Köylerinin kuzeyinden geçen D-B doğrultulu dike yakın eğimli bir fay zonu boyunca gözlenmektedir. Kalsedonlar bu fay zonuna dik yönde yaklaşık 25 m'lik bir hat boyunca fayların etkisiyle kırıklı ve breşik bir yapı sergileyen rekristalize kireçtaşlarının çatlak, kırık ve boşluklarında yer almaktadırlar.

Mineralojik, petrografik ve gemolojik çalışmalarda kalsedonlarla birlikte kuvars, tridimit, kristobalit, kalsit ve dolomitler belirlenmiştir. Kalsedonlarda ortalama %96,3 SiO₂, %1,96 Fe₂O₃, %0,56 MgO, %1,02 CaO, 780 ppm Cr₂O₃, 6,3 ppm Cu, 20 ppm Hg, 4,2 ppm Pb, 18 ppm Ni ve 77 ppm Zn bulunmaktadır. Kalsedon oluşumları yan kayaların oluşumundan sonra volkanik etkinliklere bağlı bir hidrotermal sistemin en son ürünüdürler. Kalsedona kaynaklık eden çözeltilerin fay zonu içinde hareketi ve çökelmeleri esnasında ikincil kalsit oluşumları ile birlikte karbonatlı yan kayaç kapanımları içermeleri kalsedonların CaO ve MgO içeriklerinin nispeten yüksek olmasını sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Jeokimya, jeoloji, Kalsedon, Tokat, süstaşı.

Abstract: The study area is located within the borders of Tokat province, which is one of the richest provinces in Turkey in terms of gemstone diversity. The region contains various high quality gemstone formations, such as jasper, opal, chalcedony, agate, and chrysoptase, which have both geological and commercial value.

Metamorphic, magmatic, and sedimentary units from the Paleozoic to the present day crop out in the study area. While Paleozoic-Mesozoic Tokat metamorphics and Artova ophiolite mélange form the basement, the Almus formation, which is represented by Lower Miocene aged volcano-sedimentary rocks from the central parts of the area to the east, covers these units unconformably. Quaternary slope debris and alluviums in the Yeşilirmak basin are the youngest units in the region.

* Yazışma / Correspondence: a-rusen@hotmail.com

The chalcedony formations are observed along an E-W trending almost vertically dipping fault zone passing through the north of Döllük and Korucak villages within the metamorphic units of the Tokat Massif. The chalcedonies are in the cracks, fractures and cavities of the recrystallized limestones that exhibit a fractured and brecciated structure along a line of approximately 25 m in the direction perpendicular to this fault zone.

In our mineralogical, petrographic, and gemological studies, quartz, tridymite, cristobalite, calcite and dolomites were determined, together with chalcedony. Chalcedonies have an average of 96.3% SiO₂, 1.96% Fe₂O₃, 0.56% MgO, 1.02% CaO, 780 ppm Cr₂O₃, 6.3 ppm Cu, 20 ppm Hg, 4.2 ppm Pb, 18 ppm Ni and 77 ppm Zn. Chalcedony formations are the last product of a hydrothermal system related to volcanic activities after the formation of the wall-rocks. The movement of chalcedony-generating solutions within the fault zone and their inclusion of carbonate wall rock and secondary calcite formations during chalcedony formation ensured that the CaO and MgO content of the chalcedony was relatively high.

Keywords: Chalcedony, gemstone, geochemistry, geology, Tokat.

GİRİŞ

İnceleme alanının içinde bulunduğu Tokat ili, süstaşları bakımından oldukça zengin olup il geneline yayılmış iyi kalitede jasper, kalsedon, agat (akik), ağaç opali, krizopras, kuvars, vb. yarı değerli taş oluşumları vardır. Yozgat ili Aydıncık İlçesi'nde yaygın olarak gözlenen agat, ametist ve kalsedon oluşumları Tokat İli Zile İlçesi'ne kadar uzanmaktadır (Akbudak vd., 2016; Fidan, 2016). Birçok farklı süstaşı oluşumlarının bulunduğu bu bölge aynı zamanda Türkiye'nin en güzel ağaç opallerine sahiptir. Silisleşmiş ağaçlar çeşitli renk geçişlerinin görüldüğü eşsiz görseleliğe sahip olup özellikle Zile çevresinde birçok taşlaşmış ağaç oluşumu bulunmaktadır. Turhal-Almus (Tokat) hattında ise oldukça kaliteli kalsedon ve agat oluşumları vardır (Kaptan, 1982; Hatipoğlu vd., 2011). Zile çevresinde kalsedon kapanımlı kırmızı ve sarı jasper oluşumları, Artova'da ise krizopras oluşumları vardır (Türel vd., 2000; Başbüyük vd., 2016; Gürbüz vd., 2016; Arık 2019a ve b; Ruşen ve Arık, 2018; Turhal ve Arık, 2018; Turhal, 2019; Turhal ve Arık, 2019; Delikan vd., 2019; Sözeri vd., 2021; Arık ve Ruşen, 2021, Arık ve Turhal, 2021).

Birbirine paralel olarak yerleşmiş mikrokristalin ve kriptokristalin kuvars türlerini tanımlamak için kullanılan kalsedon genel bir adlama olup agat, jasper, çört, krizopras, pietersit

vb. türleri vardır. Renksiz, beyaz, gri, mavi veya içerisindeki bazı iz elementlerden kaynaklı olarak farklı renkler alabilen kalsedonun sertliği 6-6,5 ve yoğunluğu 2,59-2,61 gr/cm³'tür. Saf kalsedon çok ince tabakalar halinde dizilmiş çok ince kuvars liflerinden oluştuğu için yağsı, mumsu bir parlaklığa sahiptir. Kalsedonun ince kesitlerinin mikroskop altında polarize ışıkta dikkat çekici davranışlarına dayanarak uzun lifli kalsedon ve kısa lifli kalsedon olmak üzere az iki tür kalsedon tanımlanmaktadır (Michel-Lévy ve Munier-Chalmas, 1892; Correns ve Nagelschmidt, 1933; Braitsch, 1957; Frondel, 1978; Flörke vd., 1991). Her iki tipte de ışınal olarak büyüyen "lifler" oluşur ve bu da kalsedonda sıkça gözlenen böbreğimsi, yuvarlak ve sarkit-dikit yapılarını oluşturur. Genellikle lif yönüne dikey konsantrik bantlama gösteren kalsedon türlerine agat denir. Uzun lifli kalsedon ve kuvars iç içe birlikte büyüyen polisentetik ikizlenme göstermektedirler (Graetsch, 1994; Cady vd., 1998; Xu ve ark 1998). Kalsedon bazen moleküler olarak veya Si-OH bağı içinde az miktarda su içerir (Frondel, 1982). Bazı kalsedonlar, az miktarda (%1 ve %20 arasında) yine bir silika minerali olan moganit içermekte olup (Heaney ve Post, 1992) oluşan moganit yavaş bir şekilde kuvarsa dönüşmekte ve moganit içermeyen kalsedona dönüşmektedir (Moxon, 2004). Son yıllarda yapılan araştırmalar, kalsedonların birçoğunun kriptokristalin kuvars ve moganitin

bir karışımı olduğunu göstermiştir (www.gemdat.org, 2017). Birçok farklı dilde farklı isimlerle anılan kalsedonun ilk adını aldığı yer Agricola (1546)'ya göre İstanbul'daki Kadıköy (Kalsedon, Chalcedon, Kalkedon) ilçesi olup Anadolu'da üretilen kalsedonlar buradaki limandan dünyanın farklı bölgelerine taşınmıştır (Zwierlein-Diehl, 2012).

İnceleme alanındaki kalsedonlar çoğunlukla yer yer beyaza yakın açık mavi, koyu mavi ve grimsi mavi renklidir. Genellikle damar ve boşluk dolgusu şeklinde oluşan kalsedonlar simetrik ve asimetrik damar dolgusu, yumrulu, bantlı ve dantelli yapılıdır.

Bu çalışmada inceleme alanında oldukça yaygın olan kalsedon oluşumları ve içinde yer aldıkları yan kayaçların jeolojik, mineralojik, petrografik, gemolojik ve jeokimyasal özellikleri araştırılarak kalsedon oluşumları ve yan kayaç ilişkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Tokat ilinin 12 km doğusundaki Nebiköy kuzeyindeki Gümenek (Antik Komana) ve Döllük civarından derlenen 7 kalsedon, 12 karbonatlı kalsedon, 2 yeşilüst ve 2 karbonatlı kayaç numunesi üzerinde mineralojik, petrografik ve jeokimyasal analizler (ana oksit, iz element, nadir toprak elementleri: NTE) gerçekleştirilmiştir.

Numuneler analize gönderilmeden önce Konya Teknik Üniversitesi SÜKOP Süstaşı Uygulama, Eğitim ve Üretim atölyesinde ön hazırlıkları yapılarak 20 gr ağırlığındaki toz kayaç/cevher örnekleri 90 µ boyutuna getirilmiş ve paketlenmiştir. Numunelerin kimyasal analizleri ALS Laboratuvar Hizmetleri Limited Şirketi'nde (İzmir) ICP-MS ve ICP-AES teknikleri ile yapılmıştır. Analizleri gerçekleştirilen elementler Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg,

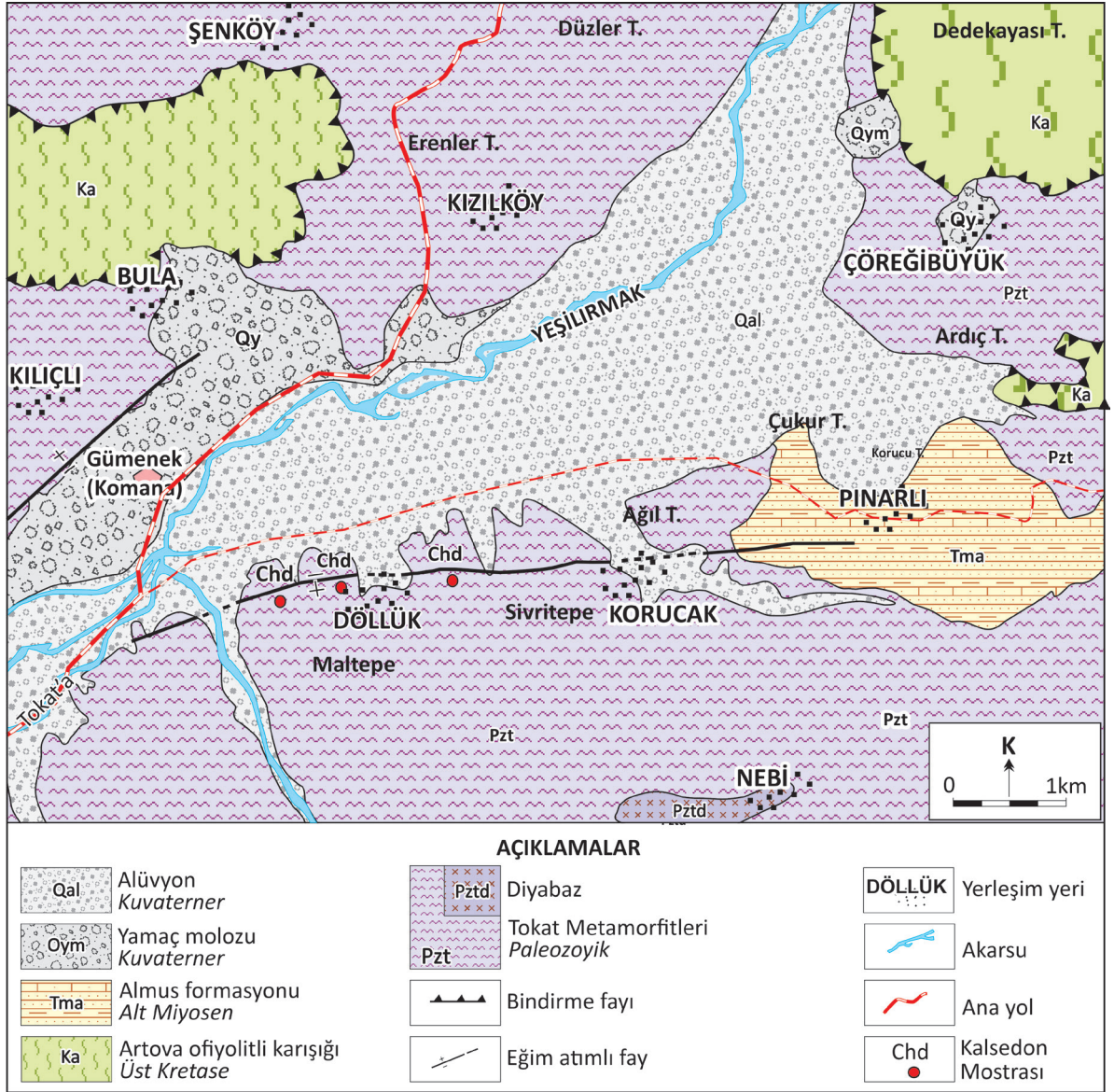
Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn ve Zr olup analiz sonuçları element konsantrasyonu (% veya ppm) şeklinde alınmış olup ana oksitler için Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Mn, P, Ti ve Cr oksit konsantrasyonlarına dönüştürülmüştür. Analizi yapılan elementlerin büyük bir çoğunluğu deteksiyon limitinin altında veya çok küçük değerlere sahip olup (S: %0,01, B:10 ppm, Bi:0,01 ppm, Re: 0,001 ppm, Ta: 0,005 ppm, Tl: 0,002 ppm, Au: 0,0168 ppm, Cs: 0,67 ppm, Ge: 0,14 ppm, Hf: 0,25 ppm, In: 0,02 ppm, Pd: 0,005 ppm, Pt: 0,004 ppm, Th: 0,29 ppm, Te: 0,002 ppm ve Tl: 0,25 ppm) istatistiksel değerlendirmede dikkate alınmamıştır.

İstatistiksel değerlendirmelerde saf kalsedon (7 numune), karbonatlı kalsedon (12 numune) ve yan kayaç (2 yeşilüst ve 2 dolomit) numuneleri ayrı ayrı gruplar şeklinde ele alınmıştır. Her bir grupta analiz edilen elementler ana oksit, iz element ve nadir toprak elementleri olarak ayrı ayrı değerlendirilmiş olup korelasyon analizlerinde bütün bileşenler birlikte değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Jeolojik Özellikler

İnceleme alanında Paleozoyik'ten günümüze kadar oluşmuş metamorfik, magmatik ve sedimanter birimler yüzeylemektedir. İnceleme alanında temeli Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Tokat metamorfikleri oluşturmakta ve Artova ofiyolitik karışığı tarafından tektonik sınırla örtülmektedir. Alt Miyosen yaşlı volkano-sedimanter kayaçlarla temsil edilen Almus formasyonu daha yaşlı birimleri kesmekte ve örtmektedir (Yılmaz vd., 1997; Ruşen ve Arık, 2018; Arık ve Ruşen, 2021). Kuvaterner – güncel yamaç molozu ve alüvyonlar ise diğer birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Gümenek, Döllük Köyleri ve civarının jeoloji haritası (Sümengen, 2013, Ruşen 2019; Ruşen ve Arık, 2019; Arık ve Ruşen, 2021).

Figure 1. Geological map of Gümenek, Döllük villages and their surroundings (Sümengen, 2013, Ruşen 2019; Ruşen and Arık, 2019; Arık and Ruşen, 2021).

Bölgede temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı Tokat metamorfitleri başlıca kalkışist-yeşilışist, fillit, mermer, metatüf, metaaglomera, grafitışist, metadiyabaz ve bunları kesen metaasidik ve metabazik kayalarla temsil edilmektedir. Artova ofiyolitli karışığı, yeşil, beyaz, mor, alacalı renkli kırıntılı kayalar ile serpantin, peridotit,

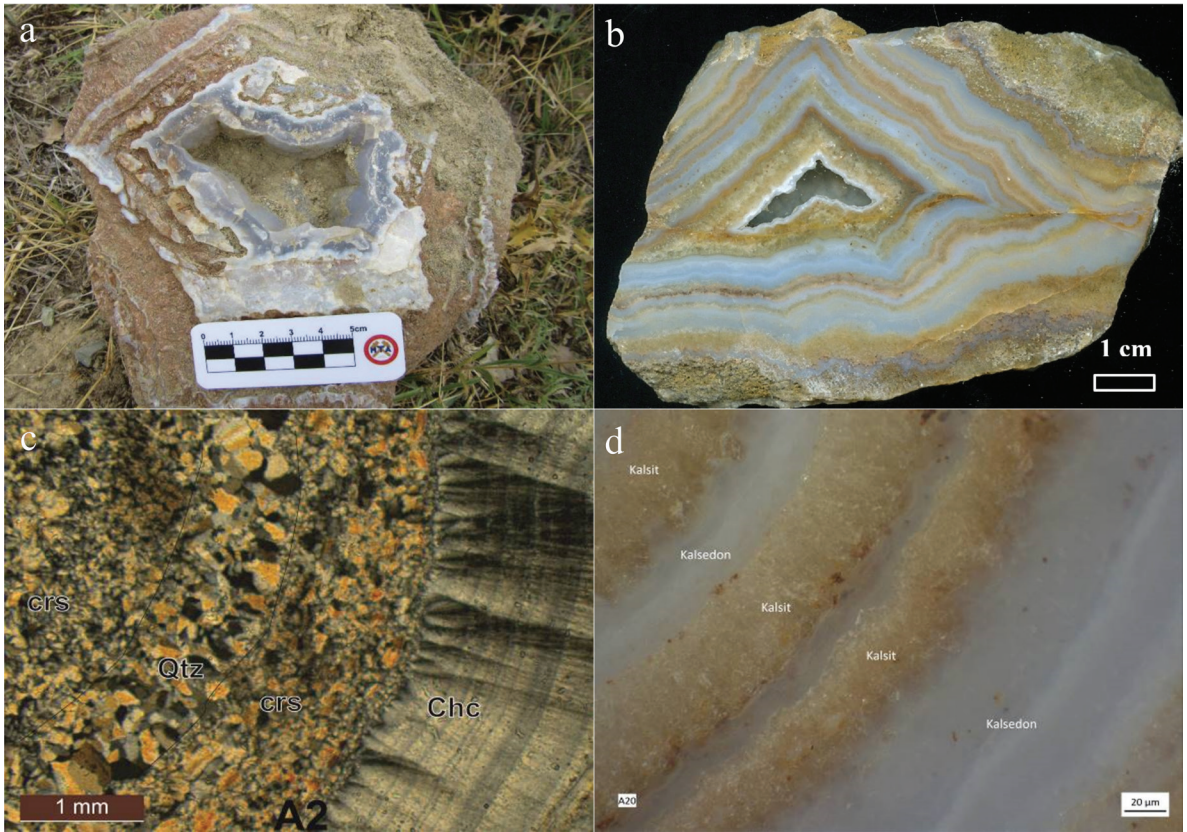
piroksenit, gabro, split, diyabaz, yastık yapılı splitik bazalt, andezit, aglomera, kloritışist, glokofanışist, mikaşist, amfibolit, kuvarşist, kalkışist, mermer, radyolarit ve değişik yaş ve türde kireçtaşı blokları ile temsil edilmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen Alt Miyosen yaşlı Almus formasyonu, kumtaşı,

çakıltaşı ve denizel kireçtaşı gibi kayalardan oluşmaktadır. Yeşilirmak nehri boyunca daha yaşlı birimlerin üzerine Kuvaterner-Holosen yaşlı alüvyonlar ve eğimli bölgelerde yamaç molozları uyumsuz olarak yerleşmiştir (Ruşen, 2019; Arık ve Özen, 2020; Arık ve Ruşen, 2021; Şekil 1).

Jeolojik, Mineralojik-Petrografik İncelemeler

Mavi kalsedon oluşumları Tokat metamorfitlelerini kat eden D-B doğrultulu fay zonu boyunca yaklaşık 25 m genişliğinde bir hat boyunca kırıklı ve breşik

bir yapı sergileyen rekristalize kireçtaşlarının çatlak, kırık ve boşluklarında gözlenmektedir (Ruşen, 2019; Arık, 2019a; Ruşen ve Arık, 2019). Kalsedonların rengi çoğunlukla açık mavi olup yer yer beyaza yakın, koyu mavi ve grimsi mavidir (Şekil 2 a ve b). Genellikle simetrik ve asimetrik damar dolgusu, boşluk dolgusu, yumrulu, bantlı ve dantelli yapılarıdır (Şekil 2). Boşluk dolgusu şeklindeki kalsedonlarda boşluğun dışından itibaren birbirine paralel birkaç mm kalınlığında kalsedon ve kalsit bantları yaygın olup bazı boşluklar iri kristalli kuvarslarla doldurulmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. İnceleme alanından derlenen kalsedonlu karbonatlar, **a)** Arazide gözlenen bir karbonatlı kalsedon yumrusu; **b)** Parlatılmış kalsedonlu karbonatlarda kalsedon ve kalsit bantları, **c)** Kalsedonlu karbonatların mikroskop altındaki görüntüsü (crs: kristobalit, Qtz: kuvars, Chc, kalsedon), **d)** Kalsedon ve kalsitlerin gemoloji mikroskobundaki görünümü (Ruşen 2019).

Figure 2. Chalcedony carbonates collected from the study area. **a)** A carbonate chalcedony node observed in the field, **b)** Chalcedony and calcite bands in polished chalcedony carbonates, **c)** A view of chalcedony carbonates under the microscope (crs: cristobalite, Qtz: quartz, Chc, chalcedony), **d)** The appearance of chalcedony and calcite in the gemology microscope (Ruşen, 2019).

Mineralojik ve petrografik incelemelerde kalsedon, kuvars, tridimit, kristobalit, kalsit ve dolomitler gözlenmiştir. Petrografik incelemelerde tridimitler düşük çift kırmaları karakteristik altıgen şekilleriyle, kalsedonlar lifsi kristalleriyle belirgin olup yer yer lifsi kristaller ışınal sferulit yapılıdır. Kristobalitler ise genelde özşekilsiz, ince agregatlar şeklindedir (Şekil 2c). Genelde SiO_2 bileşenleri kalsedona dönüşmüş ve bazı ince kesitlerde ise kalsedon ikincil olarak çatlak-kırıklarda kristalleştiği görülmektedir (Ruşen ve Arık, 2019).

Jeokimyasal İncelemeler

Tokat il merkezinin batısında, Tokat-Almus Karayolunun 13. km sinde Nebiköy kuzeyinde yer alan bölgede gerçekleştirilen arazi çalışmalarından derlenen kalsedon, karbonatlı kalsedon ve yan kayaç örnekleri jeolojik ve jeokimyasal açıdan incelenmiştir.

Kalsedonların jeokimyası

Döllük Köyü civarından derlenen kalsedonlar, yankayaç içinde genellikle kırık, çatlak ve boşluk dolgusu şeklinde gelişmiş olup kimyasal analizlerde kalsedonların özelliklerinin belirlenmesi amacıyla numuneler kırılarak sadece kalsedon taneleri seçilmiştir. Kalsedonlarda analiz sonuçlarının hepsi aynı çıkan ve standart sapmaları 0 (sıfır) olan K_2O (%0,012), TiO_2 (%0,002), P_2O_5 (%0,002) ve S (%0,01) değerlendirmeye alınmamıştır (Çizelge 1).

İncelenen kalsedonların SiO_2 içerikleri beklenildiği gibi yüksek olup ortalama %96,3 ve bu bölgeden alınabilecek herhangi bir kalsedon örneğinin SiO_2 içeriğinin %95 anlamlılık düzeyinde %93,51 ile %99,04 arasında değişeceği ön görülmektedir.

Kalsedonların ortalama Fe_2O_3 içerikleri %1,96 olup bu yöreden alınacak aynı sayıda kalsedon örneğinin ortalama Fe_2O_3 içeriği %0,05 hata payı ile %1,37 - %2,35 arasında değişmesi

beklenmektedir. Kalsedonlardaki Fe_2O_3 içeriği genel ortalamalardan yüksek olup kalsedon oluşumunu sağlayan çözelti içindeki yüksek Fe_2O_3 bu kalsedonlardaki Fe_2O_3 içeriğinin de yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bazı numunelerdeki %3,2'yi aşan Fe_2O_3 mineralin içinde bulunan demir oksit, götit ve hematit kapanımlarına bağlıdır (Çizelge 1).

Kalsedonların ortalama MgO içerikleri %0,56 olup bu numunelerin ait oldukları bölgedeki kalsedonlarda ortalama %1,14'e kadar MgO beklenmektedir. Bazı numunelerde MgO beklenildiği gibi %0,2-0,3 düzeylerinde iken bir numunede (A14) yapılan iki analizde de %1'in üzerinde MgO vardır. Kalsedonların ortalama CaO içerikleri ise %1,02 olup CaO değeri de MgO'ye benzer olarak A14 numaralı örnekte ölçülen yüksek CaO değerlerine bağlı olarak yükselmiştir. Student t testi seçilen anlamlılık düzeyinde incelenen numunelerin bu numuneleri içeren kaynağa ait olup olmadığı dolayısıyla örnek için yapılan yorumların ana kaynak için geçerliliğinin test edilmesi amacıyla yapılmakta olup CaO ve MgO için yapılan student t testinde hesaplanan t değeri ($t_h: 2,40_{(MgO)}-2,42_{(CaO)}$) tablo t değerlerinden ($t_i: 2,45$) küçüktür. Buna göre seçilen örneklerdeki CaO ve MgO için yapılan yorumlar kaynak kayacın geneli için geçerli olmayacaktır. Bazı numunelerde tespit edilen ve %2,8'e ulaşan CaO ile %1,6'ya ulaşan MgO ise numunelerin karbonatlı yan kayaçtan tam olarak ayrılamadığını göstermektedir (Çizelge 1).

Analizi gerçekleştirilen kalsedonlarda ortalama 780 ppm Cr_2O_3 , 6,3 ppm Cu, 20 ppm Hg, 4,2 ppm Pb, 18 ppm Ni ve 77 ppm Zn değeri dikkati çekmektedir. Özellikle yüksek Cr ve Ni değerleri temeldeki ofiyolitik kayaçların etkisini göstermektedir. Cu, Pb ve Zn ise muhtemelen SiO_2 'i sahaya getiren çözeltilerin erken evrelerinde ortama taşınmıştır. Analizi gerçekleştirilen diğer bileşenler ise kalsedonlarda önemli değere ulaşmamış olup sadece istatistiksel analizlerde değerlendirilmeye alınmıştır.

Çizelge 1. Kalsedonlardan derlenen örneklerde ana oksitlerle bazı iz element ve NTE analiz sonuçları ve istatistiksel özetleri (örnek sayısı: 7, Ort.: Aritmetik ortalama, S.S.: Standart Sapma, S.H.: Standart hata, E.K.: En küçük, E.B.: En büyük, t_h : 0,95 anlamlılık düzeyinde hesaplanan t değeri, t_c : 2,45, A.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Ü.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı).

Table 1. Major oxides and some trace elements, and REE analysis results and statistical summaries in samples collected from the chalcedony (number of samples: 7, Mean: Arithmetic mean, S.S.: Standard Deviation, S.H.: Standard error, E.K.: Minimum, E.B.: Maximum, t_h : t value calculated at the significance level of 0.95, t_c : 2.45, A.S.: Lower limit of the population arithmetic mean, Ü.S.: Upper limit of the population arithmetic mean).

N.No.	A13	A14(a)	A14(b)	A16(a)	A16(b)	A17	A19	Ort.	S.S.	S.H.	E.K.	E.B.	t_h	A.S	Ü.S.
SiO ₂	98,41	92,85	91,35	98,37	98,93	97,55	96,48	96,28	2,99	1,13	91,35	98,93	85,16	93,51	99,04
Al ₂ O ₃	0,02	0,02	0,02	0,04	0,06	0,04	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,06	5,41	0,02	0,04
Fe ₂ O ₃	1,89	1,79	3,27	1,68	1,54	1,34	2,20	1,96	0,64	0,24	1,34	3,27	8,10	1,37	2,55
MnO	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,03	6,94	0,01	0,03
MgO	0,25	1,29	1,61	0,08	0,34	0,33	0,05	0,56	0,62	0,24	0,05	1,61	2,40	-0,01	1,14
CaO	0,45	2,39	2,84	0,16	0,63	0,56	0,10	1,02	1,12	0,42	0,10	2,84	2,42	-0,01	2,05
Na ₂ O	0,001	0,004	0,005	0,001	0,003	0,003	0,001	0,003	0,002	0,001	0,001	0,005	4,55	0,001	0,004
Cr ₂ O ₃	0,07	0,05	0,12	0,06	0,10	0,05	0,10	0,08	0,03	0,01	0,05	0,12	7,09	0,05	0,10
Ag	0,03	0,01	0,02	0,03	0,10	0,01	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,10	2,70	0,00	0,06
As	0,84	0,84	1,08	0,88	1,59	0,92	1,02	1,02	0,27	0,10	0,84	1,59	10,21	0,78	1,27
Ba	1,80	0,80	1,30	1,90	1,00	1,00	1,20	1,29	0,42	0,16	0,80	1,90	8,14	0,90	1,67
Be	0,01	0,06	0,11	0,02	0,06	0,05	0,15	0,07	0,05	0,02	0,01	0,15	3,53	0,02	0,11
Cd	0,52	0,05	0,40	0,60	0,07	0,07	0,29	0,28	0,23	0,09	0,05	0,60	3,27	0,07	0,50
Co	1,36	4,14	5,84	1,29	2,62	1,48	1,55	2,61	1,76	0,66	1,29	5,84	3,93	0,99	4,23
Cu	5,86	3,03	6,93	6,78	6,88	7,35	6,97	6,26	1,49	0,56	3,03	7,35	11,08	4,88	7,64
Ga	0,22	0,20	0,36	0,24	0,35	0,22	0,32	0,27	0,07	0,03	0,20	0,36	10,72	0,21	0,34
Hg	26,90	5,85	7,79	13,50	8,57	32,50	41,90	19,57	14,17	5,36	5,85	41,90	3,66	6,47	32,68
Mo	0,87	0,63	1,20	0,93	1,06	0,77	1,23	0,96	0,22	0,08	0,63	1,23	11,42	0,75	1,16
Nb	0,13	0,12	0,18	0,16	0,17	0,16	0,13	0,15	0,02	0,01	0,12	0,18	17,02	0,13	0,17
Ni	10,90	27,90	41,00	9,81	15,65	10,15	12,85	18,32	11,81	4,47	9,81	41,00	4,10	7,40	29,25
Pb	6,40	2,81	4,36	7,28	2,36	2,53	3,75	4,21	1,94	0,73	2,36	7,28	5,74	2,42	6,01
Rb	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,07	0,04	0,04	0,01	0,00	0,03	0,07	8,72	0,03	0,06
Sb	0,10	0,07	0,14	0,11	0,14	0,06	0,13	0,11	0,03	0,01	0,06	0,14	8,87	0,08	0,13
Se	0,10	0,10	0,20	0,20	0,40	0,30	0,10	0,20	0,12	0,04	0,10	0,40	4,58	0,09	0,31
Sn	0,34	0,26	0,47	0,54	0,72	0,32	0,54	0,46	0,16	0,06	0,26	0,72	7,52	0,31	0,60
Sr	2,85	18,75	23,50	1,46	6,51	3,46	1,11	8,23	9,08	3,43	1,11	23,50	2,40	-0,17	16,63
U	0,06	0,03	0,05	0,08	0,20	0,20	0,01	0,09	0,08	0,03	0,01	0,20	3,04	0,02	0,16
V	2,50	4,00	6,90	2,20	3,90	2,20	3,60	3,61	1,65	0,62	2,20	6,90	5,81	2,09	5,14
W	0,10	0,06	0,16	0,13	0,10	0,12	0,17	0,12	0,04	0,01	0,06	0,17	8,35	0,09	0,16
Zn	144,50	20,00	104,00	154,50	20,20	24,70	71,60	77,07	58,50	22,11	20,00	154,50	3,49	22,97	131,17
Zr	3,22	1,71	3,63	3,86	1,93	1,82	2,95	2,73	0,90	0,34	1,71	3,86	8,01	1,90	3,57
Sc	0,090	0,430	0,470	0,070	0,170	0,120	0,040	0,200	0,180	0,070	0,040	0,470	2,990	0,040	0,360
Y	0,100	0,760	0,890	0,070	0,200	0,120	0,060	0,310	0,350	0,130	0,060	0,890	2,350	-0,010	0,640
La	0,130	0,130	0,200	0,120	0,080	0,100	0,120	0,130	0,040	0,010	0,080	0,200	8,460	0,090	0,160
Ce	0,190	0,240	0,390	0,230	0,130	0,170	0,210	0,220	0,080	0,030	0,130	0,390	7,010	0,140	0,300
Pr	0,020	0,040	0,050	0,020	0,020	0,020	0,020	0,030	0,010	0,000	0,020	0,050	5,300	0,010	0,040
Nd	0,090	0,190	0,230	0,080	0,070	0,070	0,070	0,110	0,070	0,030	0,070	0,230	4,330	0,050	0,170
Sm	0,014	0,067	0,079	0,015	0,016	0,016	0,016	0,032	0,028	0,011	0,014	0,079	2,975	0,006	0,058
Eu	0,005	0,028	0,033	0,005	0,007	0,005	0,004	0,012	0,012	0,005	0,004	0,033	2,64	0,001	0,024
Gd	0,014	0,108	0,124	0,013	0,028	0,018	0,011	0,045	0,049	0,018	0,011	0,124	2,44	0,000	0,090
Tb	0,003	0,019	0,021	0,002	0,004	0,003	0,002	0,008	0,008	0,003	0,002	0,021	2,42	0,000	0,016
Dy	0,016	0,122	0,137	0,010	0,032	0,014	0,011	0,049	0,056	0,021	0,010	0,137	2,32	-0,003	0,100
Ho	0,003	0,022	0,027	0,002	0,005	0,004	0,001	0,009	0,011	0,004	0,001	0,027	2,27	-0,001	0,019
Er	0,007	0,062	0,059	0,007	0,014	0,007	0,003	0,023	0,026	0,010	0,003	0,062	2,31	-0,001	0,047
Tm	0,001	0,006	0,007	0,001	0,002	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001	0,007	2,73	0,000	0,005
Yb	0,007	0,035	0,038	0,004	0,010	0,005	0,002	0,014	0,015	0,006	0,002	0,038	2,49	0,000	0,029
Lu	0,001	0,004	0,005	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,005	3,38	0,001	0,004

Kalsedonlarda analizi gerçekleştirilen bileşenler arasında bir ilişkinin varlığı ve varsa bu ilişkinin şekli, yönü ve kuvvetinin ortaya konulabilmesi için basit korelasyon analizleri gerçekleştirilmiştir.

Korelasyon analizlerinde SiO_2 ; Al_2O_3 ve Rb ile kuvvetli, U ve Ag ile zayıf, Ba, Cu ve Hg ile çok zayıf pozitif korelasyona sahip iken ana bileşenlerden Fe_2O_3 , MnO, MgO, CaO ve Na_2O 'ın yanı sıra, iz elementlerden Co, Ni, Sr ve V ile birlikte NTE'nin tamamı ile çok kuvvetli ve kuvvetli negatif korelasyona sahiptir (Çizelge 2). SiO_2 'in bileşenlerin büyük bir çoğunluğu ile göstermiş olduğu çok kuvvetli ve kuvvetli negatif korelasyon SiO_2 'in diğer bileşenlerden farklı bir mekanizma ile ortama geldiğini göstermektedir.

Kalsedonlar yaygın olarak beyaz ve mavi renkli olmasına karşın bünyelerine giren bazı elementlerden dolayı siyah, gri, kırmızı, kahverengi, turuncu ve yeşil renkli olabilmektedir. Aynı ana oksit bileşimlerine sahip olmalarına rağmen, krisoprasın yeşil rengi Ni'e, karnelianın turuncu rengi ise Fe^{+3} 'e dayanmaktadır (Kılıç ve Kadioğlu, 2016). Kılıç ve Kadioğlu (2016)'a göre Kütahya bölgesindeki kalsedonlarda Fe_2O_3 - TiO_2 bordo-koyu turuncu, sadece Fe_2O_3 bordo, Fe_2O_3 -Ni turuncudan bordoya, Cr-Ni-Co ise açık turuncu renk almalarını sağlamıştır. İnceleme alanının batısında Çekerek formasyonu içindeki farklı renkli silisleşmiş ağaçları araştıran Kaydu Akbudak vd. (2021) silisleşmiş ağaçlarda siyah rengin karbon (C); yeşil ve mavi renklerin Co, Cr, Cu ve Ni; kırmızı, kahve ve sarı renklerin Fe oksit; pembe, turuncu ve sarı renklerin ise Mn'dan kaynaklandığını belirtmişlerdir. İncelenen kalsedon numunelerindeki C, Mn, Fe, Co, Cr, Cu ve Ni akiklerdeki renk değişimini kontrol etmektedir (Çizelge 1). İnceleme alanındaki mavi kalsedonların aşırı renk değişimi göstermemesi bünyelerinde yukarıda belirtilen iz elementlerin miktarının düşük olması ile açıklanabilmektedir.

Kalsedonlu karbonatların jeokimyası

İnceleme alanından derlenen 12 adet kalsedon bulunduran karbonatlı kayaç numunesinin kimyasal analizleri yapılmış olup K_2O (%0,012) ve S (%0,01) numunelerin hepsinde deteksiyon limitinin üzerine çıkamamıştır. Bazı elementler ise sadece birkaç numunede deteksiyon limitinin üzerine çıkmıştır. Örneğin TiO_2 en büyük %0,05, P_2O_5 en büyük %0,037 ve Ag en büyük 0,1 ppm değerine ulaşmıştır. Dolayısıyla K_2O , S, TiO_2 , P_2O_5 ve Ag istatistiksel analizlerde değerlendirmeye alınmamıştır (Çizelge 3).

Kalsedonlu karbonatlarda ortalama %30,7 SiO_2 bulunmakta olup (Çizelge 3) aynı kayaçlardan derlenecek aynı sayıda numuneden oluşan örnekte %24,1 ile %37,4 arasında SiO_2 beklenmektedir. Kayaçlar içindeki SiO_2 kalsedon oluşumlarına bağlıdır.

Kayaçlarda ortalama %8,23 Fe_2O_3 bulunmakta olup ölçümlerde rastlanan en büyük değer %11,19'dur. Bu kayaçlardan alınacak herhangi bir örnekte %0,05 hata payı ile %7,15 - %9,31 aralığında Fe_2O_3 bulunması olasıdır. Fe_2O_3 bu kayaca kırmızı rengi veren demir oksitlerle mineralojik incelemelerde de belirlenen götit ve hematite bağlıdır.

İncelenen kalsedonlu karbonatlarda ortalama %10,9 MgO bulunmakta olup bölgedeki kalsedonlarda %9,6 ile %10,14 aralığında MgO beklenmektedir (Çizelge 3). MgO bu kayaçlarda yaygın olan ve petrografik olarak da tayin edilen dolomitlerden kaynaklanmaktadır.

Kalsedonlu karbonatların ortalama CaO içerikleri %18,65 olup en yüksek değer %24,21'dir. Tokat yöresi kalsedonlu karbonatlarından alınacak herhangi bir örnekte %16,5 ile %20,8 arasında CaO beklenmektedir (Çizelge 3). Kayaçlardaki CaO makro ve mikro gözlemlerde de belirlenen kalsit ve dolomitlere bağlıdır.

Çizelge 3. Kalsedonlu karbonatlarda ana oksit, bazı iz element ve NTE analizleri ile istatistiksel özetleri (örnek sayısı: 12, Ort.: Aritmetik ortalama, S.S.: Standart Sapma, S.H.: Standart hata, t_h : 0.95 anlamlılık düzeyinde hesaplanan t değeri, t_l : 2.12, A.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının alt sınırı, Ü.S.: Anakitle aritmetik ortalamasının üst sınırı).

Table 3. Major oxides, some trace elements and REE analyzes and statistical summaries in the chalcedony carbonates (number of samples: 12, Mean: Arithmetic mean, S.S.: Standard Deviation, S.H.: Standard error, t_h : t value calculated at 0.95 significance level, t_l : 2.12, A.S.: Lower limit of population arithmetic mean, Ü.S.: Upper limit of population arithmetic mean).

No.	A2	A4	A5	A6	A8	A9	A10	A11	A12	A15	A16(c)	A20	Ort.	S.S.	t_h	A.S.	Ü.S.
SiO ₂	14,76	30,38	33,59	35,73	30,38	40,01	29,95	41,93	20,54	47,06	12,62	31,88	30,73	10,45	10,19	24,10	37,37
Al ₂ O ₃	0,06	0,06	0,30	0,06	0,15	0,06	0,08	0,13	0,17	0,04	0,09	0,04	0,10	0,08	4,60	0,05	0,15
Fe ₂ O ₃	8,62	7,05	8,48	6,21	8,06	7,95	7,82	10,61	9,71	5,25	11,19	7,81	8,23	1,70	16,79	7,15	9,31
MnO	0,16	0,12	0,18	0,11	0,14	0,13	0,13	0,16	0,17	0,09	0,19	0,20	0,15	0,03	15,78	0,13	0,17
MgO	14,46	12,11	7,50	11,34	10,00	9,45	11,81	8,42	12,17	9,50	13,02	10,63	10,87	2,00	18,85	9,60	12,14
CaO	24,21	19,80	13,99	18,47	18,40	16,30	19,31	14,55	21,20	15,11	23,65	18,82	18,65	3,31	19,50	16,54	20,75
Na ₂ O	0,03	0,02	0,06	0,03	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,02	0,05	0,02	0,03	0,01	7,80	0,02	0,04
Cr ₂ O ₃	0,04	0,06	0,05	0,08	0,09	0,10	0,16	0,10	0,10	0,06	0,04	0,12	0,08	0,04	8,03	0,06	0,10
As	4,74	2,53	39,80	0,93	14,95	2,92	15,30	4,97	25,80	8,94	3,10	9,59	11,13	11,54	3,34	3,80	18,46
Ba	1,90	3,00	37,60	1,50	10,70	1,60	18,20	2,30	110,00	3,10	1,90	123,50	26,30	43,70	2,08	-1,50	54,00
Be	0,89	0,60	0,37	0,37	0,30	0,40	0,53	0,41	0,70	0,27	0,63	0,41	0,49	0,18	9,24	0,37	0,61
Cd	0,16	1,00	0,17	0,40	0,11	0,55	0,11	0,47	0,19	0,06	0,29	0,09	0,30	0,27	3,82	0,13	0,47
Co	32,80	26,90	35,10	24,80	31,10	29,20	28,80	41,90	37,20	20,80	42,30	30,30	31,80	6,50	16,91	27,60	35,90
Cu	4,10	5,30	63,70	4,70	26,50	10,70	15,90	14,20	28,10	10,00	3,70	12,90	16,60	16,90	3,41	5,90	27,40
Ga	0,50	0,44	0,59	0,44	0,50	0,41	0,58	0,61	0,70	0,29	0,40	0,49	0,49	0,11	15,31	0,42	0,57
Hg	1,50	2,10	3,40	2,90	4,00	1,20	1,50	1,90	1,50	9,50	22,40	6,80	4,90	6,10	2,80	1,00	8,70
Mo	0,53	0,61	0,77	1,30	0,75	0,90	1,35	0,88	0,76	0,64	0,39	0,89	0,81	0,28	9,96	0,63	0,99
Nb	0,13	0,11	0,02	0,15	0,04	0,15	0,16	0,08	0,04	0,08	0,09	0,14	0,10	0,05	7,08	0,07	0,13
Ni	186,5	157,0	180,0	143,0	163,0	197,5	193,5	282,0	239,0	140,0	287,0	207,0	198,0	49,1	13,97	166,8	229,2
Pb	5,20	6,90	4,60	3,30	3,90	4,80	2,30	3,90	3,10	1,80	3,90	2,30	3,80	1,40	9,36	2,90	4,70
Rb	0,06	0,06	0,39	0,03	0,11	0,03	0,04	0,04	0,08	0,08	0,07	0,05	0,08	0,10	2,94	0,02	0,15
Sb	0,06	0,11	0,08	0,09	0,09	0,12	0,12	0,13	0,09	0,08	0,06	0,10	0,09	0,02	15,12	0,08	0,11
Se	0,50	0,50	0,30	0,40	0,30	0,40	0,40	0,30	0,20	0,20	0,40	0,40	0,40	0,10	12,46	0,30	0,40
Sn	0,26	0,34	0,52	0,44	0,48	0,38	0,33	0,61	0,36	0,22	0,30	0,30	0,38	0,11	11,48	0,31	0,45
Sr	553,0	399,0	193,5	149,0	156,0	142,5	238,0	186,5	264,0	225,0	250,0	238,0	249,5	117,9	7,33	174,6	324,5
U	1,19	5,74	0,29	1,68	0,78	0,24	0,74	0,35	0,84	0,47	0,43	1,60	1,19	1,51	2,74	0,23	2,15
V	40,70	28,40	63,00	36,40	25,30	36,90	36,30	73,70	104,50	23,40	52,70	21,50	45,23	24,61	6,37	29,60	60,87
W	0,06	0,07	0,03	0,08	0,06	0,10	0,14	0,07	0,08	0,08	0,04	0,10	0,07	0,03	9,24	0,06	0,09
Zn	102,5	301,0	68,0	122,0	65,1	148,0	47,2	146,0	60,5	45,2	96,2	65,4	105,6	71,2	5,14	60,4	150,8
Zr	5,55	7,84	3,80	31,30	4,05	5,71	10,70	8,30	8,34	5,54	7,02	6,16	8,69	7,38	4,08	4,00	13,38
Sc	5,64	2,55	12,20	5,84	6,54	8,82	6,57	12,25	30,50	4,85	5,57	2,57	8,66	7,55	3,97	3,86	13,45
Y	11,85	8,54	14,00	8,01	8,71	6,95	5,57	9,13	13,55	3,64	14,40	8,36	9,39	3,41	9,56	7,23	11,56
La	2,89	1,89	5,06	0,75	3,28	0,99	0,86	1,47	2,20	0,80	2,06	1,12	1,95	1,29	5,24	1,13	2,76
Ce	5,60	3,69	9,31	1,56	6,14	2,10	1,67	3,36	4,88	1,43	4,55	2,14	3,87	2,37	5,65	2,36	5,37
Pr	0,75	0,51	1,50	0,23	0,86	0,32	0,22	0,53	0,65	0,19	0,69	0,31	0,56	0,37	5,27	0,33	0,80
Nd	3,74	2,54	6,96	1,18	4,05	1,77	1,18	2,80	3,17	0,92	3,93	1,72	2,83	1,71	5,72	1,74	3,92
Sm	1,19	0,85	1,81	0,39	0,99	0,64	0,44	1,04	0,98	0,27	1,44	0,59	0,89	0,45	6,77	0,60	1,17
Eu	0,51	0,38	0,71	0,17	0,39	0,27	0,16	0,42	0,41	0,11	0,61	0,28	0,37	0,18	6,98	0,25	0,48
Gd	1,71	1,25	2,22	0,71	1,23	0,90	0,60	1,46	1,45	0,41	2,14	1,02	1,26	0,57	7,58	0,89	1,62
Tb	0,29	0,20	0,36	0,12	0,19	0,16	0,11	0,25	0,25	0,07	0,35	0,17	0,21	0,09	7,81	0,15	0,27
Dy	1,77	1,28	2,26	0,85	1,22	1,08	0,69	1,59	1,74	0,50	2,25	1,09	1,36	0,57	8,24	1,00	1,72
Ho	0,33	0,25	0,43	0,19	0,25	0,21	0,14	0,31	0,38	0,10	0,43	0,21	0,27	0,11	8,74	0,20	0,34
Er	0,84	0,59	1,15	0,53	0,65	0,56	0,38	0,76	1,10	0,28	1,06	0,54	0,70	0,28	8,62	0,52	0,88
Tm	0,10	0,07	0,13	0,06	0,08	0,07	0,05	0,09	0,13	0,03	0,12	0,06	0,08	0,03	8,24	0,06	0,10
Yb	0,53	0,40	0,77	0,33	0,47	0,35	0,26	0,48	0,82	0,20	0,66	0,33	0,47	0,20	8,18	0,34	0,59
Lu	0,06	0,05	0,10	0,04	0,06	0,04	0,04	0,06	0,11	0,02	0,07	0,04	0,06	0,03	7,83	0,04	0,07

Kalsedonlu karbonatlarda ortalama 820 ppm Cr_2O_3 , 198 ppm Ni, 45.2 ppm V, 31,8 ppm Co, 26,3 ppm Ba, 250 ppm Sr, 11,1 ppm As, 16,6 ppm Cu, 4,9 ppm Hg, 3,8 ppm Pb ve 106 ppm Zn bulunmaktadır (Çizelge 3). Cu, Zn, Pb, As ve Hg buradaki kalsedonun kaynağı olan hidrotermal çözeltilere bağlanabilmektedir. Cr, Ni, V ve Co'nun oransal yükseklikleri çözeltilerin ofiyolitli yan kayaçlar içinde dolaşırken bu elementler bakımından zenginleşmelerine bağlıdır.

Kalsedonlu karbonatlarda toplam 33 ppm olan NTE bulunmakta olup diğer bileşenler ihmal edilebilecek kadar düşük miktardadır. İkincil çözeltilerin yüksek SiO_2 ve düşük iz element içermeleri nedeniyle karbonatlı kayaçlarda zaten düşük olan iz element miktarları büyük bir değişim göstermemiştir.

Kalsedonlu karbonatlarda gerçekleştirilen korelasyon analizlerinde SiO_2 analizi gerçekleştirilen birçok elementle negatif korelasyon göstermekte olup CaO ile çok kuvvetli, MgO, Be, Y, Gd, Tb, Dy, Ho, Er ve Tm ile kuvvetli, Fe_2O_3 , MnO, Co, Sr, Sm, Eu, Yb ve Lu ile zayıf, Na_2O , Hg, Ni, Se, La, Ce, Pr ve Nd ile çok zayıf negatif korelasyona sahipken Sb ile zayıf, Cr_2O_3 , Mo ve Sn ile çok zayıf pozitif korelasyona sahiptir (Çizelge 4). SiO_2 'nin özellikle CaO ve MgO ile çok kuvvetli negatif korelasyona sahip olması karbonatlı minerallerle SiO_2 'nin tamamen farklı kaynaklardan geldiğini göstermektedir.

NTE ise kendi içlerinde birbirleriyle çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyona sahip olup aynı zamanda Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO, Na_2O , Co ve Rb ile de çok kuvvetli ve kuvvetli pozitif korelasyonlara sahiptir. Dolayısıyla NTE kayaç oluşturan bileşenlere bağlı olarak hareket etmiştir.

Yankayaç jeokimyası

Kalsedonların içinde buldukları yan kayaçların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yeşilistler ve dolomitik kireçtaşlarından alınan

örneklerin kimyasal analizleri yaptırılmıştır (Çizelge 5).

Tokat metamorfikleri içinde yeşilist veya metadiyabaz olarak tanımlanan kayaçlarda ortalama %41,4 SiO_2 , %7,1 Al_2O_3 , %9,4 Fe_2O_3 , %0,1 MnO, %8,4 MgO, %1,9 CaO ve %0,6 TiO_2 bulunmaktadır (Çizelge 5). Yeşilistlerde ayrıca 1918 ppm Cr_2O_3 , 527 ppm Ni, 50 ppm Co, 102 ppm V, 5,6 ppm Ba, 60 ppm Sr, 5,2 ppm As, 119 ppm Cu, 14 ppm Ga, 4,4 ppm Hg, 2,7 ppm Pb ve 98 ppm Zn bulunmaktadır. Yeşilistlerde toplam 38.7 ppm NTE bulunmakta olup Sc ve Y çıkarıldığında bu değer 24 ppm'e düşmektedir.

Silisli dolomitik kireçtaşlarında ortalama %3,74 SiO_2 , %0,2 Al_2O_3 , %11,02 Fe_2O_3 , %0,2 MnO, %14,9 MgO, %25,3 CaO vardır. Bu kayaçlardaki iz elementlere bakıldığında ortalama 1002 ppm Cr_2O_3 , 318 ppm Ni, 44 ppm Co ve 21 ppm V ile birlikte 4 ppm Ba, 331 ppm Sr, 3,6 ppm As, 10,2 ppm Cu, 2,6 ppm Pb ve 73,6 ppm Zn bulunmaktadır. Dolomitik kireçtaşlarında toplam NTE 20 ppm olup Sc ve Y dışındaki NTE toplamı 11 ppm'dir (Çizelge 5).

Yeşilistlerle dolomitik kireçtaşları karşılaştırıldığında yeşilistler SiO_2 ve Al_2O_3 bakımından daha zengin iken dolomitik kireçtaşları ise Fe_2O_3 , MgO ve CaO bakımından zengindirler. İz elementler karşılaştırıldığında yeşilistler Cr_2O_3 , As, Ba, Co, Cu, Hg, Ni, V, Zn ve NTE bakımından daha zengin iken dolomitik kireçtaşları ise Sr bakımından zengindir.

Kalsedon ve kalsedonlu karbonatlar yan kayaçları ile birlikte ele alındığında kalsedonlardaki yüksek Fe_2O_3 'ün özellikle Tokat metamorfikleri ve Artova ofiyolitik melanjı olmak üzere yan kayaçlardan beslendiğini göstermektedir (Şekil 3). Kalsedonların yüksek SiO_2 içerikleri ise yan kayaçlardan beslenmenin yanı sıra hidrotermal bir kaynağın bulunduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Çizelge 5. Yeşilist ve dolomitik kireçtaşlarına ait ana oksit (%), bazı iz element (ppm) ve NTE (ppm) analizleri.

Table 5. Major oxides (%), some trace elements (ppm) and REE (ppm) analyses of green schist and dolomitic limestones.

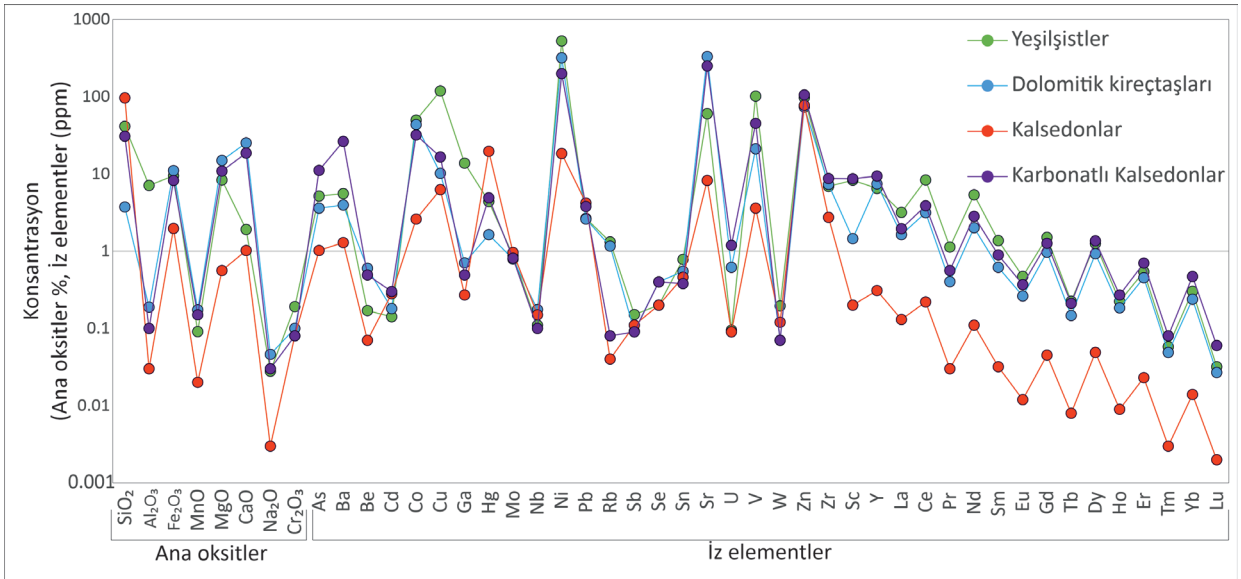
Yan Kayac Element	Yeşilistler			Dolomitik kireçtaşları		
	AY1	AY3	Ortalama	AY4	AY5	Ortalama
SiO ₂	42,572	40,219	41,396	4,279	3,209	3,744
Al ₂ O ₃	6,330	7,841	7,085	0,208	0,170	0,189
Fe ₂ O ₃	9,837	9,136	9,486	11,724	10,323	11,023
MnO	0,082	0,101	0,091	0,172	0,176	0,174
MgO	7,545	9,137	8,341	14,427	15,372	14,900
CaO	1,833	1,973	1,903	24,836	25,745	25,290
Na ₂ O	0,031	0,026	0,028	0,047	0,044	0,046
K ₂ O	0,012	0,012	0,012	0,036	0,036	0,036
TiO ₂	0,550	0,641	0,595	0,010	0,007	0,008
Cr ₂ O ₃	0,238	0,145	0,192	0,127	0,073	0,100
P ₂ O ₅	0,142	0,202	0,172	0,007	0,005	0,006
Ag	0,050	0,026	0,038	0,016	0,009	0,013
As	4,590	5,720	5,155	5,020	2,180	3,600
Ba	4,600	6,500	5,550	4,600	3,300	3,950
Be	0,120	0,220	0,170	0,540	0,660	0,600
Cd	0,225	0,057	0,141	0,209	0,153	0,181
Co	45,300	54,100	49,700	45,400	41,500	43,450
Cu	132,000	105,500	118,750	13,750	6,590	10,170
Ga	12,500	15,000	13,750	0,780	0,630	0,705
Hg	5,530	3,240	4,385	1,780	1,495	1,638
Mo	1,430	0,320	0,875	0,990	0,590	0,790
Nb	0,111	0,108	0,110	0,199	0,151	0,175
Ni	488,000	565,000	526,500	328,000	307,000	317,500
Pb	3,340	1,995	2,668	2,770	2,430	2,600
Rb	1,040	1,605	1,323	1,125	1,205	1,165
Sb	0,187	0,115	0,151	0,115	0,069	0,092
Se	0,200	0,200	0,200	0,400	0,400	0,400
Sn	0,890	0,680	0,785	0,730	0,370	0,550
Sr	50,100	70,600	60,350	298,000	363,000	330,500
U	0,065	0,124	0,095	0,590	0,649	0,620
V	95,500	107,500	101,500	23,000	19,200	21,100
W	0,206	0,183	0,195	0,073	0,067	0,070
Zn	114,000	81,000	97,500	81,200	66,000	73,600
Zr	6,960	6,840	6,900	7,270	7,390	7,330
Sc	7,120	9,450	8,285	1,650	1,265	1,458
Y	5,610	7,330	6,470	7,300	7,570	7,435
La	2,360	3,970	3,165	1,600	1,680	1,640
Ce	6,220	10,400	8,310	3,160	3,120	3,140
Pr	0,861	1,395	1,128	0,392	0,415	0,404
Nd	4,210	6,500	5,355	1,995	2,030	2,013
Sm	1,120	1,615	1,368	0,639	0,600	0,620
Eu	0,388	0,555	0,472	0,263	0,261	0,262
Gd	1,300	1,725	1,513	0,986	0,951	0,969
Tb	0,197	0,252	0,225	0,152	0,142	0,147
Dy	1,095	1,410	1,253	0,949	0,903	0,926
Ho	0,202	0,244	0,223	0,181	0,188	0,185
Er	0,500	0,582	0,541	0,438	0,468	0,453
Tm	0,051	0,065	0,058	0,050	0,047	0,049
Yb	0,268	0,336	0,302	0,247	0,230	0,239
Lu	0,029	0,034	0,032	0,027	0,027	0,027

Kalsedonlu örneklerdeki Cr_2O_3 , Ni, V, Co, As, Cu, Ga, Pb, Zn ve Ba'un kaynağının temeldeki yeşilistler olduğu ve CaO, MgO ve Sr'un kaynağının ise dolomitik kireçtaşları olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum yeşilistler ve karbonatlı kayaçlar içinde dolaşan hidrotermal çözeltilerin yeşilistlerdeki Cr, Ni, V, Co, As, Cu, Ga, Pb, Zn ve Ba ile karbonatlı kayaçlardaki Ca ve Mg'ü çözerek bünyelerine aldıklarını ve kalsedonların da bu bileşenler bakımından zenginleşerek yan kayaçların içine epijenetik olarak yerleştiğini göstermektedir. İnceleme alanının hemen kuzeydoğusundaki Pb, Zn, Fe, As, Sb, Hg bakımından zengin hidrotermal bakır yataklarının oluşumunu sağlayan çözeltiler yukarıda anılan metalleri içeren minerallerin oluşumundan sonra göreceli olarak SiO_2 bakımından zenginleşmiş ve karbonatlı yan kayaçlar içerisinde dolaşmaları esnasında pH'nın düşmesine bağlı olarak kalsedon ve diğer SiO_2 mineralleri oluşmuştur.

SONUÇLAR

İnceleme alanında temeli oluşturan Paleozoyik yaşlı Tokat metamorfileri, kalkışist-yeşilist, fillit, mermer, metatüf, metaaglomera, grafitışist, metadiyabaz ve bunları kesen metaasidik ve metabazik kayaçlarla temsil edilmektedir. Tokat metamorfileri üzerinde tektonik dokanakla duran Artova ofiyolitli karışığı, yeşil, beyaz, mor, alacalı renkli kırıntılı kayaçlar ile serpantin, peridotit, pirokсенit, gabro, split, diyabaz, yastık yapılı spilitik bazalt, andezit, aglomera, kloritışist, glokofanışist, mikaışist, amfibolit, kuvarşist, kalkışist, mermer, radyolarit ve değişik yaş ve türde kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır.

Kumtaşı, çakıltaşı ve denizel kireçtaşlarıyla temsil edilen Almus formasyonu Alt Miyosen yaşlıdır. Bölgede Kuvaterner – güncel oluşumlu yamaç molozu ve alüvyonlar daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.



Şekil 3. İnceleme alanından derlenen yeşilist, dolomitik kireçtaşı, kalsedon ve karbonatlı kalsedonlara ait çoklu element diyagramı.

Figure 3. Multi-element diagram of green schist, dolomitic limestone, chalcedony and carbonate chalcedony collected from the study area.

Mavi kalsedon oluşumları Döllük Köyü kuzeyinde Tokat metamorfileri içerisinde geçen D-B doğrultulu dike yakın eğimli bir fay zonu boyunca yaklaşık 25 m genişliğinde bir hat boyunca gözlenmektedir. Kalsedon oluşumları çoğunlukla bu fay zonu boyunca faylanmanın etkisiyle kırıklı ve breşik bir yapı sergileyen rekristalize kireçtaşlarının çatlak, kırık ve boşluklarında gözlenmektedir. Kalsedonların rengi çoğunlukla açık mavi olup yer yer beyaza yakın, koyu mavi ve grimsi mavidir. Genellikle simetrik ve asimetrik damar dolgusu, boşluk dolgusu, yumrulu, bantlı ve dantelli yapıdadırlar. Boşluk dolgusu şeklindeki kalsedonlarda boşluğun dışından itibaren birbirine paralel birkaç mm kalınlığında kalsedon ve kalsit bantları yaygın olup bazı boşluklar iri kristalli kuvarlarla doldurulmuştur.

İncelenen kalsedonlarda ortalama %96,3 SiO₂, %1,96 Fe₂O₃, %0,56 MgO, %1,02 CaO bulunmaktadır. Kalsedonların ortalama CaO ve MgO içeriklerinin yüksek olması kalsedonun oluşumu ile eş zamanlı ikincil kalsit oluşumları ve kalsedonların içinde kapanım halinde kalan yan kayaç parçalarına bağlıdır.

Kalsedonlarda ortalama 780 ppm Cr₂O₃, 6,3 ppm Cu, 20 ppm Hg, 4,2 ppm Pb, 18 ppm Ni ve 77 ppm Zn değeri dikkati çekmektedir. Özellikle yüksek Cr ve Ni değerleri temeldeki ofiyolitik kayaçlarla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Cu, Pb ve Zn ise muhtemelen SiO₂'i sahaya getiren çözeltilerin erken evrelerinde kendi sülfid minerallerini oluşturmuştur.

Kalsedon bulunduran karbonatlı kayaçlarda %30,7 SiO₂, %8,23 Fe₂O₃, %10,9 MgO, %18,65, 820 ppm Cr₂O₃, 198 ppm Ni, 45,2 ppm V, 31,8 ppm Co, 26,3 ppm Ba, 250 ppm Sr, 11,1 ppm As, 16,6 ppm Cu, 4,9 ppm Hg, 3,8 ppm Pb ve 106 ppm Zn bulunmaktadır. Kalsedonlu karbonatlarda yüksek MgO ve CaO makro ve mikro gözlemlerde de belirlenen kalsit ve dolomitlere bağlıdır. Cu, Zn, Pb, As ve Hg buradaki kalsedonun kaynağı olan hidrotermal çözeltilere bağlanabilmektedir. Cr,

Ni, V ve Co'nun oransal yükseklikleri çözeltilerin ofiyolitik yan kayaçlar içinde dolaşmalarına bağlıdır.

Tokat metamorfikleri içindeki yeşilistlerde ortalama %41,4 SiO₂, %7,1 Al₂O₃, %9,4 Fe₂O₃, %8,4 MgO, %1,9 CaO, %0,6 TiO₂, 1918 ppm Cr₂O₃, 527 ppm Ni, 50 ppm Co, 102 ppm V, 5,6 ppm Ba, 60 ppm Sr, 5,2, ppm As, 119 ppm Cu, 14 ppm Ga, 4,4 ppm Hg, 2,7 ppm Pb ve 98 ppm Zn bulunmaktadır.

Dolomitik kireçtaşlarında ortalama %25,3 CaO, %14,9 MgO, %11,02 Fe₂O₃, %3,74 SiO₂, 1002 ppm Cr₂O₃, 318 ppm Ni, 44 ppm Co ve 21 ppm V ile birlikte 4 ppm Ba, 331 ppm Sr, 3,6 ppm As, 10,2 ppm Cu, 2,6 ppm Pb ve 73,6 ppm Zn bulunmaktadır.

Yeşilistlerle dolomitik kireçtaşları karşılaştırıldığında yeşilistler SiO₂ ve Al₂O₃ bakımından daha zengin iken dolomitik kireçtaşları ise Fe₂O₃, MgO ve CaO bakımından zengindirler. İz elementler karşılaştırıldığında yeşilistler Cr₂O₃, As, Ba, Co, Cu, Hg, Ni, V, Zn ve NTE bakımından daha zengin iken dolomitik kireçtaşları ise Sr bakımından zengindir.

Jeokimyasal değerlendirmelere göre yan kayaçların içine epijenetik olarak yerleşen kalsedonların oluşumu, yeşilistler içinde dolaşım yapan hidrotermal çözeltilerin bu kayaçlardaki Cr, Ni, Co, V, Pb, Zn ve Cu'ı yıkayarak zenginleşmeleri ile açıklanabilmektedir. İnceleme alanının hemen kuzeydoğusundaki Pb, Zn, Fe, As, Sb, Hg bakımından zengin hidrotermal bakır yataklarının oluşumunu sağlayan çözeltiler metallerin ayrılmasından sonra SiO₂ bakımından zenginleşerek inceleme alanına taşınmışlardır.

EXTENDED SUMMARY

The study area covers Gümenek (Ancient Komana) and Döllük villages to the north of Nebiköy, 12 km east of Tokat city, while metamorphic, magmatic, and sedimentary units from the Paleozoic to

the present day crop out in the region. The Paleozoic aged Tokat metamorphics forming the basement of the region are overlain by the Upper Cretaceous Artova ophiolitic mélangé with a tectonic boundary. Lower Miocene aged volcano-sedimentary rocks from the central parts of the area to the east unconformably cover basement units. Quaternary aged talus and alluviums are the youngest units in the region.

The chalcedonies are observed along an E-W direction and southward inclined fault zone passing through the Tokat metamorphites to the north of Döllük village. The chalcedonies were formed in the cracks, fractures, and voids of the recrystallized limestones, which mostly exhibit a fractured and brecciated structure along a line of approximately 25 m perpendicular to this fault zone.

The color of the chalcedonies is mostly light blue, sometimes close to white, dark blue and grayish blue. They generally have a symmetrical and asymmetrical vein filling, gap filling, nodular, banded and lace structure. A few mm thick chalcedony and calcite bands are common in the chalcedonies, in the form of cavity filling, parallel to each other from the outside of the cavity, and some cavities are filled with coarse crystalline quartz. Along with chalcedony, quartz, tridymite, cristobalite, calcite and dolomites were also observed. Tridymites have low birefringence and prominent hexagonal shapes, and chalcedony has fibrous crystals; these fibrous crystals sometimes formed radial spherulitic structures. On the other hand, cristobalites are generally formed as anhedral, small-grained aggregates. In general, quartz species have transformed into chalcedony, and in some thin sections, chalcedony is a secondary solution and is accumulated in cracks and fractures.

Chalcedonies have an average of 96.3% SiO₂, 1.96% Fe₂O₃, 0.56% MgO, 1.02% CaO, 780 ppm Cr₂O₃, 6.3 ppm Cu, 20 ppm Hg, 4.2 ppm Pb, 18

ppm Ni and 77 ppm Zn. The relatively high Fe₂O₃ content of chalcedony, which is characteristic with its high SiO₂ content, as expected, is due to the inclusion of iron oxide, goethite and hematite in the solution that led to the formation of chalcedony. Especially high Cr and Ni values of the chalcedonies are thought to be related to the underlying ophiolitic rocks. Cu, Pb, and Zn were probably transported to the environment in the early stages of solutions that brought SiO₂ to the site.


It can be said that chalcedony formations are the last products of a hydrothermal system due to volcanic activity after the formation of the wall rocks.

KATKI BELİRTME

Saha çalışmalarında yardımlarını gördüğümüz Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri Koordinatörlüğü'ne (Proje no: 18201115), Konya Ovası projesi Bölge Kalkınma İdaresi (KOP-BKİ) Başkanlığı'na, MTA Tokat Masifi Araştırma Proje Başkanı Sn. Jeoloji Yük. Müh. Ali ERGEN'e, Arş. Gör. Dr. Yeşim ÖZEN'e, arazi ve süstaşı işleme aşamalarında desteklerini gördüğümüz SÜKOP Süstaşı Atölyesi Koordinatörlüğü'ne ve atölye çalışanlarından Jeoloji Yüksek Mühendisleri Sn. Erhan TURHAL ve Sn. Coşkun İSMAYIL'a çok teşekkür ederiz.

ORCID

Fetullah Arık  <https://orcid.org/0000-0003-0833-7778>

Abdurrahman Ruşen  <https://orcid.org/0000-0002-4082-3760>

KAYNAKLAR / REFERENCES

Akbudak, İ. K., Gürbüz, M., Başbüyük, Z. ve Ulus, Ü. (2016). *Aydıncık (Yozgat) Kalsedonlarının Mineralojik, Jeokimyasal ve Gemolojik İncelemesi* (Proje No: PYO- MÜH.4001.15.002). T.C. Ahi Evran Üniversitesi.

- Arık, F. ve Özen, Y. (2020). Tokat Yöresi Jasper Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik, Jeokimyasal Özellikleri ve Süstaşı Olarak Kullanılabilirliği. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 451-460 <https://doi.org/10.28948/ngumuh.558199>
- Arık, F. ve Ruşen, A. (2021). Döllük ve Gümenek (Tokat) Kalsedonlarının Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri. O. Parlak, K. Sayıt, B. L. Mesci, H. Akıllı, M. Akyıldız (Ed.ler), *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Çevrimiçi) Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s. 247-251). https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf
- Arık, F. ve Turhal, E. (2021). Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresindeki Akiklerin Jeolojik ve Jeokimyasal Özellikleri. O. Parlak, K. Sayıt, B. L. Mesci, H. Akıllı, M. Akyıldız (Ed.ler), *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Çevrimiçi) Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s. 242-246.). https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf
- Arık, F. (2019a). *Gümenek ve Döllük Köyleri (Tokat) Civarındaki Kalsedonların Petrografik ve Gemolojik İncelenmesi* (Proje no: 18201115) Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Projesi, 90 s.
- Arık, F. (2019b). *Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresinin Jeolojik Özellikleri ve Süstaşı Potansiyeli* (Proje no: 18201114). Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Projesi, 74 s.
- Başbüyük, Z., Kaydu Akbudak, İ. ve Gürbüz, M. (2016). *Artova Krizoprasının Mineralojik, Jeokimyasal ve Gemolojik İncelemesi, Tokat-Türkiye*. T.C. Ahi Evran Üniversitesi Araştırma Proje Önerisi, 9 s.
- Braitsch, O. (1957). Über die natürlichen Faser- und Aggregationstypen beim SiO₂, ihre Verwachsungsformen, Richtungsstatistik und Doppelbrechung. *Heidelberger Beiträge zur Mineralogie und Petrographie*, 5, 331-372.
- Cady, S. L., Wenk, H. R. & Sintubin, M. (1998). Microfibrous quartz varieties: characterization by quantitative X-ray texture analysis and transmission electron microscopy. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 130, 320-335.
- Correns, C. W. & Nagelschmidt, G. (1933). Über Faserbau und optische Eigenschaften von Chalzedon. *Zeitschrift für Kristallographie*, 85, 199-213.
- Delikan, A., Arık, F. & Özen, Y. (2019). Geological and Gemological Properties of The Gümüşyurt Chrysoprase (Artova-Tokat). *International Turkic World Congress on Science and Engineering (UTUFEM 2019)* (p. 1096-1102), 17-18 June 2019, Niğde – Turkey, Proceedings, ISBN:978-975-8062-32-4, 1096-1102.
- Fidan, E. (2016). Tarih Öncesi Dönemlerde Anadolu'da Kullanılmış Olan Maden Yatakları. *Madencilik Türkiye Bilimsel*, 9, 49-59.
- Flörke, O. W., Graetsch, H., Martin, B., Röller, K. & Wirth, R. (1991). Nomenclature of micro- and non-crystalline silica minerals based on structure and microstructure. *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Abhandlungen*, 163, 19-42.
- Frondel, C. (1978). Characters of quartz fibers. *American Mineralogist*, 63, 17-27.
- Frondel, C. (1982). Structural hydroxyl in chalcedony (type B quartz). *American Mineralogist*, 67, 1248-1257.
- Graetsch, H. (1994). Structural characteristics of opaline and microcrystalline silica minerals. In P. J. Heaney, C. T. Prewitt & G. V. Gibbs (Eds.) *Reviews in Mineralogy, Volume 29, Silica - Physical behavior, geochemistry and materials applications*. <https://doi.org/10.1515/9781501509698-011>
- Gürbüz, M., Akbudak, İ. K. ve Ulus, Ü. (2016). Tokat Agatlarının Mineralojik Petrografik Jeokimyasal İncelenmesi, Türkiye. *Uluslararası Katılımlı 7. Jeokimya Sempozyumu, Ankara Üniv, Antalya, Bildiri Özleri*, 124-125.
- Hatipoğlu, M., Ören, U. & Kibici, Y. (2011). Micro-Raman spectroscopy of gem-quality chrysoprase from the Biga-Çanakkale region of Turkey. *Journal of African Earth Sciences*, 61(4), 273-285.
- Heaney, P. J. & Post, J. E. (1992). The Widespread Distribution of a Novel Silica Polymorph in Microcrystalline Quartz Varieties. *Science*, 255,(5043), 441-443.
- Kaptan, E. (1982). New findings on the mining history of Turkey around Tokat region. Bulletin of the Mineral Research and Exploration (MTA)

- Dergisi), 93(94), 65-78. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/eng/20150812153352_572_227a8885.pdf
- Kaydu Akbudak, İ., Başbüyük, Z. & Gürbüz, M. (2021). Silicified woods consist with malachite, azurite, and hematite in the Middle Eocene Çekerek Formation, Tokat—Turkey. *Lithology and Mineral Resources*, 56(6), 548–558. <https://doi.org/10.1134/S002449022106002X>
- Kılıç, C. Ö. & Kadioğlu, Y. K. (2016). Causes of Different Vivid Colors in Chalcedonies: Kutahya-Turkey. *EGU General Assembly 2016, 17-22 April, 2016 in Vienna Austria*, id. EPSC2016-10296
- Michel-Lévy, A. & Munier-Chalmas, C. P. E. (1892), Mémoire sur diverses formes affectées par le réseau élémentaire du quartz. *Bulletin de la Société Française de Minéralogie*, 15, 159-190.
- mindat.org. <https://www.mindat.org/min-960.html>
- Moxon, T. (2004), Moganite and water content as a function of age in agate: an XRD and thermogravimetric study. *European Journal of Mineralogy*, 16, 269-278.
- Ruşen, A. & Arık, F. (2019). Geological and Gemological Properties of the Döllük and Gümenek (Tokat) Chalcedonies. *International Turkic World Congress on Science and Engineering (UTUFEM 2019)* (p. 1087-1095), 17-18 June 2019, Niğde – Turkey, Proceedings, ISBN:978-975-8062-32-4.
- Ruşen, A. ve Arık, F. (2018). Gümenek (Komana) ve Döllük Köyleri (Tokat) Civarındaki Kalsedonların Petrografik ve Gemolojik İncelenmesi. *Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Çalıştayı-2, 19-20 Aralık 2018* (s. 58-60), Bildiriler. JMO, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Ruşen, A. (2019). *Gümenek ve Döllük Köyleri (Tokat) Civarındaki Kalsedonların Petrografik ve Gemolojik İncelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Sözeri, K., Günel, H., Duran, E. ve Çevik, N. (2021). Tokat-Artova Bölgesinde Bulunan Kalsedon Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik Özellikleri, O. Parlak, K. Sayıt, B. L. Mesci, H. Akıllı, M. Akyıldız (Ed.ler), *Uluslararası Katılımlı 73. Türkiye Jeoloji Kurultayı (Çevrimiçi) Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s. 259-260). https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/02d915fa0bf0f11_ek.pdf
- Sümengen, M. (2013). *1:100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, No.188, Tokat- H37 paftası*. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye.
- Turhal, E. ve Arık, F. (2018). Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresindeki Akiklerin Petrografik ve Gemolojik Özellikleri. *Değerli ve Yarı Değerli Taşlar Çalıştayı-2, 19-20 Aralık 2018* (s. 61-64), Bildiriler. JMO, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Turhal, E. & Arık, F. (2019). Geological and Gemological Investigation of the Agates Around the Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Region. *International Turkic World Congress on Science and Engineering (UTUFEM 2019)* (p. 1078-1086), 17-18 June 2019, Niğde – Turkey, Proceedings, ISBN:978-975-8062-32-4.
- Turhal, E. (2019). *Kuruseki, Serince, Görümlü (Almus-Tokat) Yöresinin Jeolojik Özellikleri ve Süstaşı Potansiyeli* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Türel, K., Teşrekli, R., Çelebioğlu, N., Bektur, Z., Besbelli, A., Erdem, E., Sayılı, S. Lüle, Ç., Atakay, E., Kadrioğlu, T., Özcan, H. ve Esat, K. (2000). *Türkiye'nin Kıymetli ve Yarı Kıymetli Taşlarının Araştırılması Projesi*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, s.62.
- Xu, H., Buseck, P. R. & Luo, G. (1998). HRTEM investigation of microstructure in length-slow chalcedony. *American Mineralogist*, 83, 542-545.
- Yılmaz, Y., Serdar, H.S., Genç, C., Yiğitbaş, E., Gürer, Ö.F., Elmas A., Yıldırım, M., Bozcu M. & Gürpınar, O. (1997). The Geology and Evolution of The Tokat Massif, South-Central Pontides, Turkey. *International Geological Review*, 39, 365-382.
- Zwierlein-Diehl, E. (2012), *Antike Gemmen und ihr Nachleben*. Walter de Gruyter, 582 pp.



Tokat-Artova Bölgesinde Bulunan Kalsedon Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik Özellikleri
Mineralogical-Petrographical and Gemological Properties of Chalcedony Occurrences in Artova Region (Tokat, Turkey)

Koray Sözeri^{1*}, **Handan Günel¹**, **Erhan Duran¹**

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi.

• Geliş/Received: 07.06.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 12.08.2022 • Kabul/Accepted: 13.08.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 23.08.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Tokat ili Artova ilçesi sınırları içinde yer alan Gümüşyurt, Bayırlı Köyleri ve çevresini kapsayan bölgedeki kırıntılı kayalar içerisinde kalsedon oluşumları tespit edilmiştir. Bölgede temelde Permian yaşlı metakırıntılılar, metabazik kökenli kloritist, glokofanist, mikaşist ve amfibolit bileşimine sahip metamorfik birimler ile kirli beyaz, krem, bej, siyahımsı gri renkli, sert ve kırılgan, rekristalize ve kısmen silisleşmiş kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Bölgenin güneyinde Jura-Kretase yaşlı ofiyolitik birimler geniş yayılımlar gösterirler. Daha üste doğru ise Eosen yaşlı kireçtaşları ve çakıtaşları ile Pliyosen yaşlı çakıtaşları diğer birimler üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Çalışma alanının batı kesiminde süstaşı kalitesine sahip ve birkaç farklı yeşil renk tonu ile kahverengi-gri renklere sahip kalsedon oluşumları, küçük bir alanda yayılım gösteren Eosen yaşlı kireçtaşı birimleri içinde serbest çakıllar ve bloklar halinde yer almaktadır. Çeşitli renk tonlarında gözlenen bu örneklerin iyi bir parlaklığa ve yarı şeffaf bir özelliğe sahip olmaları nedeniyle kolye, küpe, yüzük taşı ve teşpih yapılabilecek kaliteye sahip oldukları düşünülmektedir. Çalışma alanının batı kesiminde bulunan kahverengi-gri ve siyah renkli kalsedonların ise parlaklık ve şeffaflıkları daha zayıftır. Yapılan saha gözlemleri, Raman Spektroskopisi ve GemmoFTIR analizleri, mineralojik ve jeokimyasal analizler ile standart gemolojik testler sonucu sahadan toplanan örneklerin tamamı kalsedon, yeşil tonlara sahip olanları ise spesifik olarak “Kromlu Kalsedon” olarak tanımlanmıştır.

Anahtar kelimeler: GemmoFTIR, jeokimya, Kromlu Kalsedon, mineraloji, süstaşı.

Abstract: The study area is located around Gümüşyurt and Bayırlı villages in the county of Artova in Tokat province, Turkey. Permian-aged amphibolite rocks formed the foundation of the region. In the upper part of this unit, Silurian-aged, grey-beige colored and recrystallized limestone is found. There are mainly metamorphic units of Permian metaclastics, metamorphic rocks and partially-silicified limestone blocks at the base. The metamorphic units of metabasic origin consist of rocks such as chloridenschist, glaucophaneschist, micaschist and amphibolite. The partially-silicified limestone blocks of white, cream, beige, and blackish grey colors are hard and brittle. The ophiolitic rocks from Late Jurassic to Early Cretaceous show a wide distribution in the south part of the study area. Eocene limestone/conglomerate units and Pliocene conglomerates are unconformably overlaid on all previous units. Chalcedony samples, mostly green in color, occur within a small part of the Eocene limestone. Various green tones of the chalcedony samples can be seen in different parts of the study area. Although some translucent, dark brown to grey color tones of the chalcedony samples are lower gem-quality material, the majority of the samples are of gem quality, good enough to be fashioned as cabochons and beads. Based on field observations, Raman spectroscopy, GemmoFTIR (Fourier Transform Infrared Spectrophotometer for Gemology), geochemical analyses and standard

gemological tests, the samples were identified as chalcedony in general with different tones of green, specifically "Chromium Chalcedony".

Keywords: *Chromium Chalcedony, GemmoFTIR, gemstone, geochemistry, mineralogy.*

GİRİŞ

Kalsedon mikrokristalin yapıda, silis grubu minerallerden olup, farklı renklerde gözlenebilen bir mineraldir. Mikrokristalen kuvars türü olarak tanımlanan kalsedonlar bünyesine giren demir (Fe), krom (Cr), mangan (Mn), nikel (Ni) gibi eser elementler sayesinde çok çeşitli renklere sahip olabilmektedirler. Kalsedonların yeşil renkli olanları, Cr veya Ni elementleri içerirler ve krom yataklarına yakın yerlerde bulunmaktadır. Kuvars grubu minerallerden olan krizopras bünyesinde bulunan nikel (Ni) elementinin yoğunluğu nedeniyle elma yeşili bir renk alır. Hatipoğlu vd. (2011) Biga Bölgesi'nde bulunan krizoprasların rengini bünyesinde bulunan yüksek orandaki nikel (Ni) nedeniyle olduğunu belirtmiştir. Yeşil rengini krom (Cr) elementinin yoğunluğundan alan bazı kalsedonlar ise "Kromlu Kalsedon" veya "Krom içeren Kalsedon" olarak ilk kez 1953 yılında Zimbabwe'de Smith (1967) tarafından "mtorolite" olarak, Bolivya'da bulunanlar ise "chiquitanita" olarak tanımlanmıştır (mindat.com). Lule-Whipp (2006) tarafından yapılan çalışmada ise ülkemizde tanımlanan ilk "Kromlu Kalsedon" örneklerinin Eskişehir Bölgesinde olduğu belirtilmiştir. Bazı kalsedon türlerinde krom ve nikel her ikisi birden farklı oranlarda bulunabilmektedir. Tokat bölgesi kuvars grubu mineraller açısından çok zengin bir bölge olarak bilinmektedir. Özellikle Zile, Almus ve Artova ilçeleri kalsedon, opal, agat, jasper oluşumlarının yoğun şekilde gözleendiği alanlardır. Arık ve Özen (2020) çalışma alanının yakın çevresinde yapmış oldukları çalışmada Almus formasyonu olarak tanımlanan volkanik breş, volkanoklastik kumtaşları ve çamurtaşlarının içinde bir fay zonu boyunca büyük bloklar ve iri yumrular halinde kırmızı, kahverengi, turuncu ve sarı renklerde jasper, kalsedon ve agat oluşumları

bulduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışma ile Artova bölgesinde bulunan (Şekil 1) kahverengi ve yeşil renkli kalsedonların mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve gemolojik özelliklerinin belirlenerek potansiyel bir süstaşı kaynağı olup olmadığının araştırılması amaçlanmıştır.



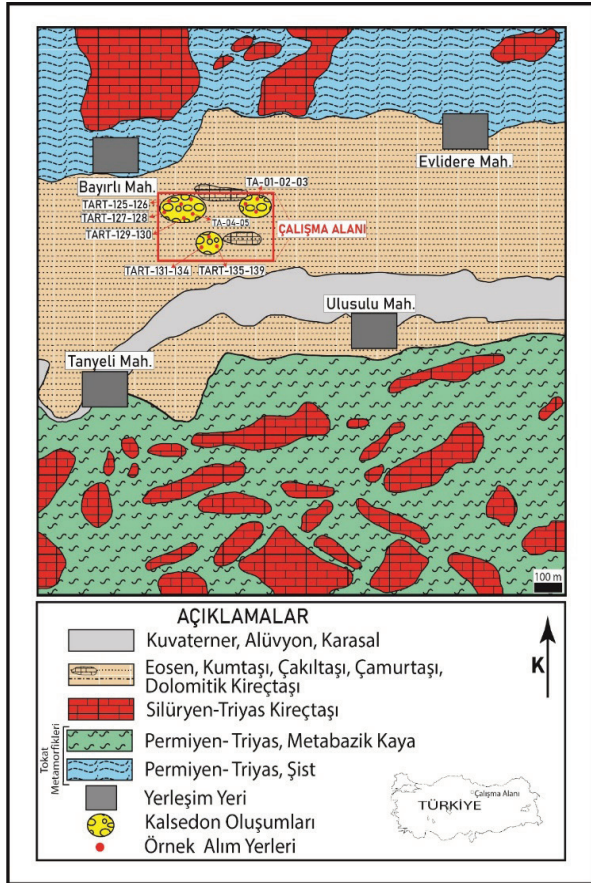
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Study area location map.

BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanında (Şekil 2) Sakarya Zonu ve İzmir-Ankara-Erzincan Zonu'na ait birimler ile bunları uyumsuz olarak üzerleyen örtü kayaları bulunmaktadır. Sakarya Zonu'nun temelinde bulunan Tokat Metamorfikleri kalkıştı, yeşilist, metatüf, mermer, rekristalize kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Silüryen, Karbonifer, Permian ve Triyas yaşlı kireçtaşı bloklarını içeren Devedidağ karmaşığı Tokat Metamorfiklerinin üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (Özcan vd. 1980). Çalışma alanının güney kesiminde yer alan Artova Ofiyolit Karışığı serpantinit, aglomera, tüf matriks içindeki sedimanter, magmatik ve metamorfik kaya bloklarından oluşmuştur (Şekil 3) Yeşil kalsedonların içinde bulunduğu Eosen yaşlı sedimanter birim Yılmaz (1981) tarafından Haydaroğlu Formasyonu olarak tanımlanmıştır

(Özcan, 1974). Fosilli kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı litolojilerine sahip birim yer yer fiş özellikli kumtaşı marn ardalanmasından oluşmaktadır. Birim Tokat Metamorflerini ve Artova Karmaşığını açısız uyumsuzlukla örter (Sümengen, 2013).



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası (MTA 1/100.000 Ölçekli Jeoloji Haritası H36 paftasından (Sümengen, 2013) değiştirilerek alınmıştır).

Figure 2. Geological map of the study area (MTA -1/100,000 Scale Geological Map modified from H36 sheet Sümengen, 2013).

MATERYAL ve YÖNTEM

Artova Bölgesi kalsedon oluşumlarının jeolojisi için MTA'nın 1/100.000 ölçekli H36 (Sümengen, 2013) Paftası kullanılmıştır. Örneklerinin kesme

ve parlatma işlemleri, XRD, XRF, ICP-OES ve ICP-MS analizleri MTA Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi laboratuvarlarında, polarizan mikroskop, Raman, GemmoFTIR ile P-XRF (Taşınabilir XRF) analizleri ile temel gemolojik testler MTA Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi Gemoloji Laboratuvar'ında yapılmıştır.

Örneklerin X ışınları kırınım (XRD) analizleri Cu X-ışın tüplü (2018) Bruker D8 Advance + LynxEye Xe-T dedektör, 90 numune yükleyicili analiz cihazı ile XRF analizleri Thermo marka PerformX model cihazında, ICP-OES analizleri Agilent marka 700 Series model cihazında, ICP-MS analizleri Analytik Jena marka Plasma Quant model cihazı ile yapılmıştır. Örneklerin Raman mikroskobu analizleri Horiba Xplora Plus cihazında 638 nm değerine sahip kırmızı lazer ile %100 filtre uygulanarak yapılmıştır. FTIR (Fourier Transform Infrared Spectrometer) analizleri MAGI firmasına ait GemmoFTIR cihazı ile 4 cm⁻¹ çözünürlük ile yapılmıştır. Maden Etüt Dairesi'ne ait P-XRF (Taşınabilir XRF) cihazı ile yapılan analizler jeokimya modunda 1 dakika boyunca yapılmıştır. Standart gemolojik testler Eickhorst ve GIA marka refraktometre, polariskop, UV-lamba ve el tipi spektroskop ile Zeiss marka gemolojik mikroskop ve Mettler Toledo marka hassas terazi ile yapılmıştır.

ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Çalışma alanında bulunan en yaşlı birim Sakarya Zonu'na ait Tokat Metamorfleri (Özcan ve Aksay, 1996) olarak tanımlanmış, yeşilşist, kalkışist, fillit, mermer, metatüf, metakonglomera, grafitşist, metadiyabaz ve bunları kesen metaasidik ve metabazik kayalarla temsil edilen birimdir. Bu birimin üzerine uyumsuzlukla Haydaroğlu Formasyonu olarak tanımlanan (Yılmaz, 1981) Eosen yaşlı birim gelmektedir. Birim genel olarak kumtaşı ve çamurtaşı litolojisine sahip olup yer yer de çakıltaları ve dolomitik kireçtaşları ile temsil edilmektedir.(Şekil 3a ve 3b). Genellikle

tarlalarda serbest çakıllar şeklinde gözlenen kalsedon oluşumları 3 farklı alanda yoğunlaşmıştır (Şekil 2). Bu alanlardan kuzeybatıda olanında kahverengi kalsedonlar (Şekil 3c) daha yoğun olarak gözlenirken, diğer iki alanda ise yeşil renkli kalsedonlar (Şekil 3d) daha fazla olarak bulunmaktadır.

Çalışma alanının genelinde kalsedon örneklerinin bir kısmı hem kahverengi hem de yeşil olarak iki renkli şekilde gözlenebilmektedir (Şekil 4a). Bazı alanlarda ise drüzy tipi kuvars olarak isimlendirilen küçük kuvars kristal (Şekil 4b ve c) oluşumları gözlenirken bazı alanlarda da breşik dokuya sahip kalsedonlar dikkati çekmektedir (Şekil 4d). Örneklerin boyu açısından incelendiğinde birkaç santimetreden 1-2 m blok boyutuna kadar ulaşan kalsedon

oluşumları söz konusudur (Şekil 4e). Bu blok boyutlu oluşumların yer yer 10-15 cm kalınlığında küçük kuvars kristal damarları tarafından kesildiği bölgede gözlenmiştir (Şekil 4f).

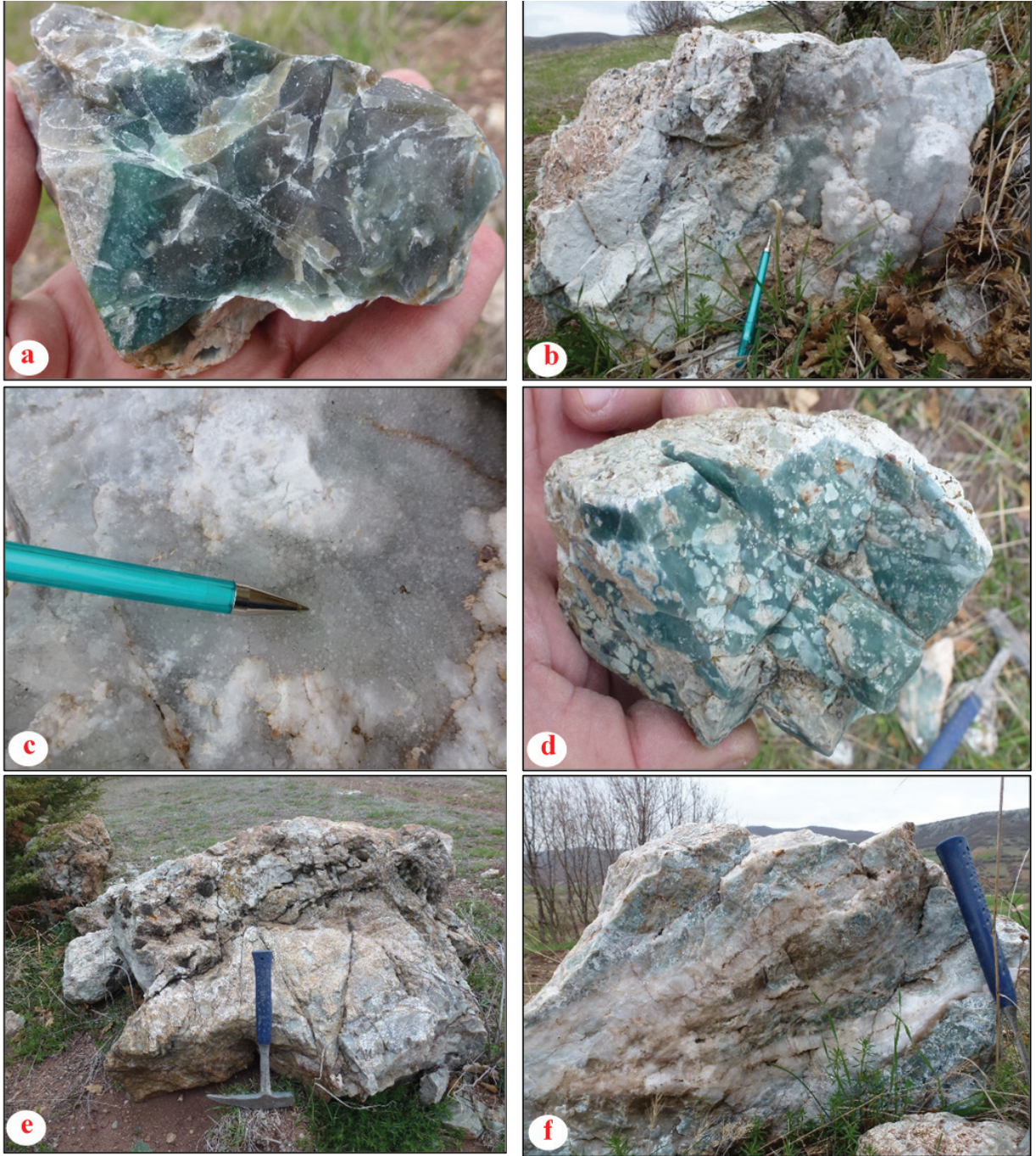
MİNERALOJİ ve JEOKİMYA

Artova Bölgesi kalsedonlarının polarizan mikroskopta yapılan incelemelerinde, genel olarak mikrokristalli olduğu ve pekçok örnekte sfelüritik-ışınsal lifsi dokularda bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 5a, b, c ve d).

Artova Bölgesi kalsedonlarında yapılan X ışınları kırınım (XRD) analizleri ile, örneklerin kuvars, tridimit, dolomit minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 6).



Şekil 3. a, b, c, d) Çalışma alanında gözlenen dolomitik kireçtaşı ve farklı renk ve boyutlarda gözlenen kalsedonlar.
Figure 3. a, b, c, d) Dolomitic limestone and chalcedony observed in different colors and sizes in the study area.

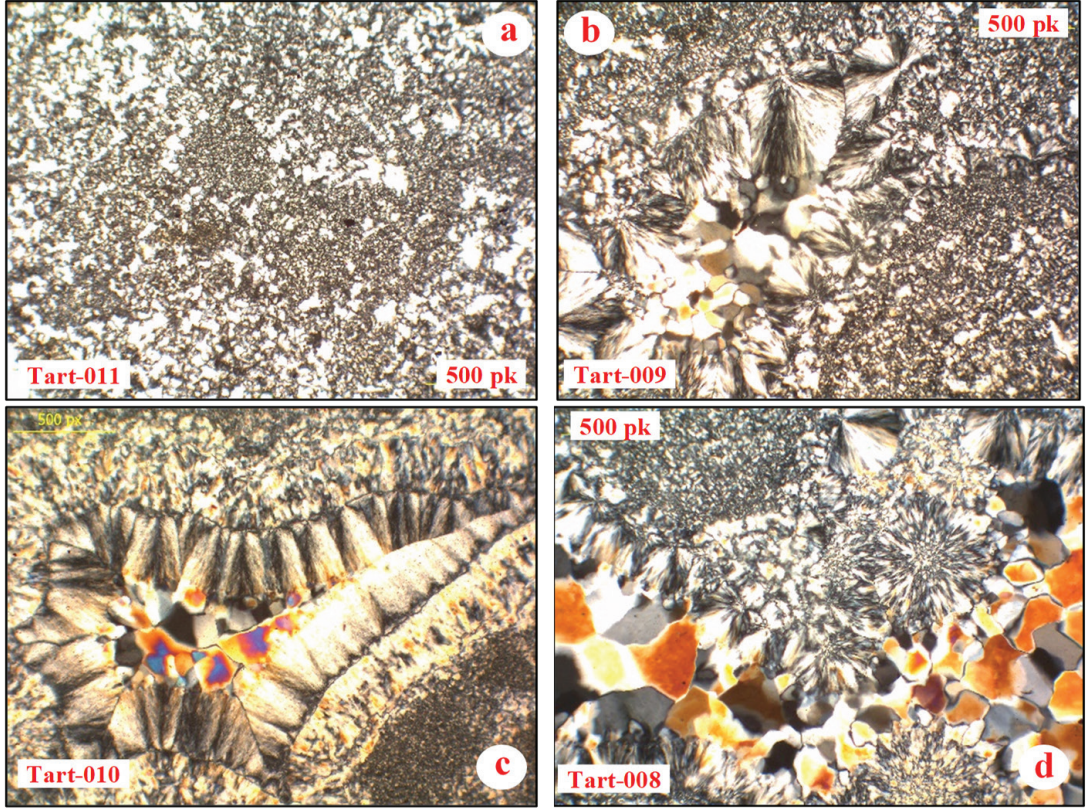


Şekil 4. Çalışma alanında farklı renk ve boyutlarda gözlenen kalsedon oluşumları.

Figure 4. Chalcedony formations observed in different colors and sizes in the study area.

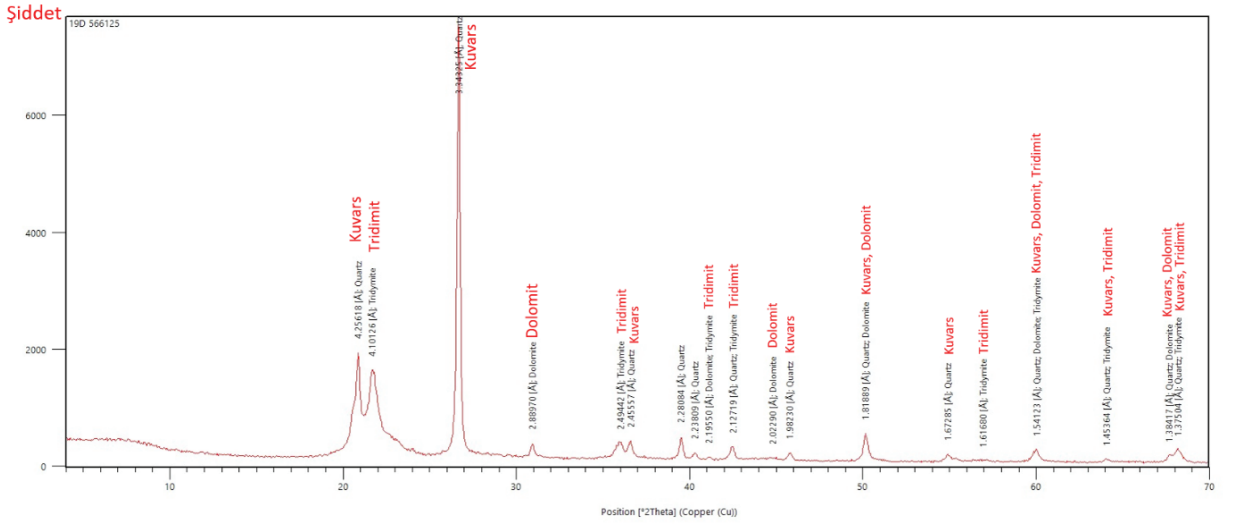
Bölgeden alınan örnekler Raman spektroskopisi cihazı ile de analiz edilmiştir. Buna

göre 463 cm^{-1} ve 501 cm^{-1} de 2 önemli Raman Kayma değerleri elde edilmiştir.



Şekil 5. Artova Bölgesi kalsedonlarına ait ince kesit görüntüleri (Çapraz Nikol).

Figure 5. Thin section images of the Artova Region chalcedony (Cross Nikol).



Şekil 6. Artova Bölgesi kalsedonlarına ait X-ışınları Difraktogramı (XRD) kırınım diyagramı.

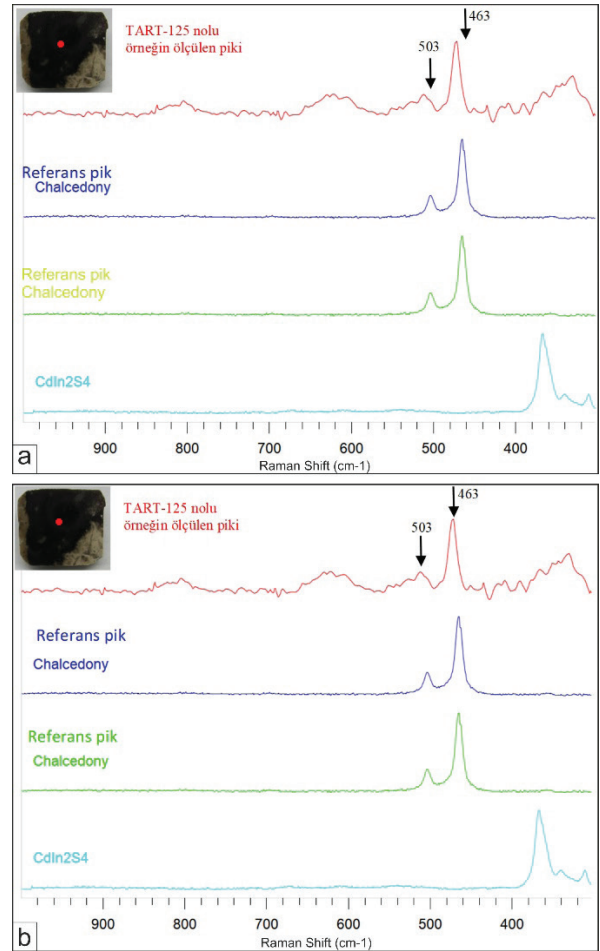
Figure 6. X-ray Diffraction (XRD) diffraction diagram of the Artova Region chalcedony.

Kingma ve Hemley (1994) tarafından mikrokristalin kuvarlar üzerine yapmış olduğu çalışmada 501 cm^{-1} değerinin moganite ait olduğunu, 463 cm^{-1} değerinin ise α -kuvarsa ait olduğunu belirtmiştir. Elde edilen bu 2 kuvvetli pik değerlerinin cihazın kütüphanesinde bulunan kalsedon örneklerine ait piklere büyük benzerlikler gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 7a ve b).

Jeokimyasal analizler seçilen 10 adet kalsedon örneğinde ICP-MS, ICP-OES ve XRF cihazları ile hem ana oksit hem de iz elementlerin belirlenmesi için yapılmıştır. Buna göre örneklerin SiO_2 değerleri %90,1 ile %97,1 aralığında, diğer ana oksit değerleri bir örnek hariç hepsi %1 den düşük düzeydedir (Çizelge 1). TA-01 nolu örnekte yüksek, TA-09 nolu örnekte ise nispeten yüksek CaO değerinin varlığı, örneğin alındığı bölgede bulunan dolomitik kireçtaşlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum XRD analiz sonuçlarında da gözlenmiştir. İz elementler açısından elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde süstaşlarını renklendirme özelliğine sahip elementlerden krom (Cr) (433-1075 ppm), nikel (Ni) (14,9-32,9 ppm) ve (V) (17,5-38 ppm) değerleri dikkat çekicidir (Çizelge 2). Nikel ve vanadyum değerleri nispeten düşük sayılabilecek düzeydelerken, özellikle krom (Cr) değerleri yüksektir. Bu nedenle analizi yapılan 10 adet yeşil renkli kalsedon örnekleri '**Kromlu Kalsedon**' olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca yine eser element analiz sonuçlarında molibden (Mo) ve mangan (Mn) değerleri de kısmen yüksek sayılabilecek durumdadır. Yüksek krom değerleri, çalışma alanında veya yakın bölgesinde kromit yataklarının bulunduğu ultramafik kayaların varlığına işaret etmektedir. Bu nedenle Cr, Ni, V gibi elementler için muhtemel kaynak olarak bölgenin güneyinde yer alan, ofiyolitli kayalar ile bazik volkanik kayalardan oluşan Artova Karmaşığı (Temiz vd., 2010) ile doğusunda yaygın olarak gözlenen volkanik kayalar olabileceği düşünülmektedir.

Taşınabilir XRF cihazı ile analiz için kahverengi ve yeşil kalsedonlardan oluşan

toplam 14 örnek seçilmiştir (Çizelge 3). Yapılan analizlerde kahverengi kalsedonların krom (Cr) içermediği fakat demir (Fe) oranlarının nispeten daha yüksek olduğu, yeşil kalsedonların ise hepsinin yüksek oranda krom (Cr) içerdiği ve kahverengi kalsedonlara göre daha düşük demir (Fe) oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumda bölgede bulunan yeşil renkli kalsedonlar 'Kromlu Kalsedon' olarak tanımlanabileceği, kahverengi kalsedonların ise "Sard" olarak tanımlanabileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 7. a) TART-125 ve b) TART130 nolu örneklerin raman pikleri ve referans karşılaştırması.

Figure 7.) Raman peaks and reference comparison of samples a) TART-125 & b) TART-130

Çizelge 1. Artova Bölgesi Kalsedon Örneklerinin ana element oksit analiz sonuçları.**Table 1.** Major element oxide analysis results of Artova Region chalcedony samples.

Örnek No	SiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	TiO ₂ (%)	CaO (%)	MgO (%)	MnO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ateşte Kayıp
2017-TA1	90,1	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	4,8	0,5	<0,1	0,3	<0,1	3,00
2017-TA2	96,9	0,5	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,4	<0,1	0,2	<0,1	1,10
2017-TA3	97,0	0,5	0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,3	<0,1	0,2	<0,1	1,30
2017-TA4	96,8	0,8	<0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,2	<0,1	1,30
2017-TA5	96,9	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,3	<0,1	0,2	<0,1	1,40
2017-TA6	96,4	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,4	<0,1	0,2	<0,1	1,30
2017-TA7	97,1	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,2	<0,1	<0,1	<0,1	1,15
2017-TA8	97,0	0,9	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,20
2017-TA9	95,1	0,6	0,1	<0,1	<0,1	1,0	0,5	<0,1	0,2	<0,1	1,95
2017-TA10	96,7	0,8	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	0,3	<0,1	0,1	<0,1	1,35

Çizelge 2. Artova Bölgesi Kalsedon Örneklerinin Taşınabilir-XRF ile yapılan eser element analiz sonuçları.**Table 2.** Trace element analysis results of Artova Region chalcedony samples using Portable-XRF.

ÖRNEK NO	As (ppm)	Bi (ppm)	Cd (ppm)	Co (ppm)	Cu (ppm)	Ga (ppm)	Ge (ppm)	In (ppm)	Mo (ppm)	Sb (ppm)	Tl (ppm)	Be (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Hf (ppm)	Rb (ppm)	Ba (ppm)	Sn (ppm)	Mn (ppm)	W (ppm)	Sr (ppm)	Li (ppm)	B (ppm)
2017-TA1	<0,1	0,5	0,3	2,5	8,8	0,6	<0,1	<0,1	22,2	2,2	4,0	<0,1	27,4	515	20,6	<0,1	12	11	<10	46	<10	14	<10	<10
2017-TA2	<0,1	<0,1	<0,1	1,4	8,1	0,1	<0,1	<0,1	20,3	1,1	5,4	<0,1	29,1	855	21,3	<0,1	11	<10	<10	22	<10	<10	<10	<10
2017-TA3	<0,1	1,0	<0,1	1,4	6,0	0,9	<0,1	<0,1	17,5	1,2	1,5	<0,1	14,9	433	16,2	<0,1	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10
2017-TA4	<0,1	<0,1	0,1	2,0	9,5	0,7	<0,1	<0,1	33,1	1,5	2,7	<0,1	26,3	679	28,1	<0,1	14	14	<10	33	<10	<10	<10	<10
2017-TA5	<0,1	<0,1	<0,1	1,4	7,7	0,4	<0,1	<0,1	20,8	2,8	4,9	<0,1	32,2	832	17,5	<0,1	16	<10	<10	23	<10	<10	<10	<10
2017-TA6	0,7	1,9	0,2	1,3	10,6	0,1	<0,1	<0,1	25,2	3,2	2,1	<0,1	27,5	1075	27,2	<0,1	12	<10	<10	22	<10	<10	<10	<10
2017-TA7	1,1	0,6	<0,1	1,6	8,5	<0,1	<0,1	<0,1	28,8	1,2	3,0	<0,1	18,6	554	25,9	<0,1	<10	<10	<10	20	<10	<10	<10	<10
2017-TA8	<0,1	<0,1	0,4	2,3	11,2	1,0	<0,1	<0,1	43,4	1,2	4,6	<0,1	27,0	762	38,0	<0,1	11	<10	<10	27	<10	<10	<10	<10
2017-TA9	<0,1	<0,1	0,1	1,7	8,6	0,9	<0,1	<0,1	26,4	2,2	1,2	<0,1	26,4	744	26,8	<0,1	<10	23	<10	24	<10	<10	<10	<10
2017-TA10	<0,1	1,4	<0,1	2,0	11,2	0,6	<0,1	<0,1	38,1	1,6	3,4	<0,1	25,8	622	31,8	<0,1	11	40	<10	27	<10	<10	<10	<10

MTA Şehit Cuma Dağ Tabiat Tarihi Müzesi Gemoloji Laboratuvarında yapılan testler için refraktometre, polariskop, hassas elektronik terazi, el tipi spektroskop, UV-Lamba, gemolojik mikroskop ve GemmoFTIR cihazları kullanılmıştır. İlk olarak hassas elektronik terazi ile yapılan özgül ağırlık ölçümleri (SG) sonucunda elde edilen değerler 2,55 ile 2,58 arasında bulunmuştur (Şekil 9a). Refraktometre cihazı ile yapılan ışık kırma indisi ölçümlerinde 1,53-1,54 değerleri bulunmuştur (Şekil 9b). Polariskop cihazı ile örneklerin mikrokristalli granüler (AGG) bir oluşuma sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 9c ve d). Ultraviyole (UV) lamba testinde ise örneklerin hem kısa dalga (254 nm), hem de uzun dalga (366 nm) ışın altında çok zayıf bir sarı renkli tepkime verdikleri veya hiç tepkime vermedikleri gözlenmiştir (Şekil 10).

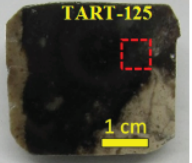
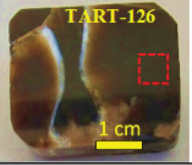

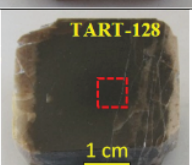
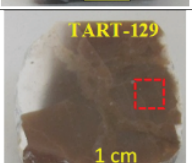
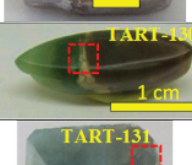
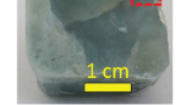
GEMOLOJİK ÖZELLİKLER

Çalışma alanından derlenen açık yeşilden koyu kahverengiye kadar 5 farklı renk tonlarına sahip kalsedon örnekleri (Şekil 8) standart gemolojik testlere tabi tutulmuştur.

Gemolojik mikroskop ile yapılan incelemelerde hemen hemen tüm örneklerin taneli mikro kristalli yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Yeşil renkli taneli breşik dokuya sahip (Şekil 11a) örneklerin bol çatlak olduğu ve aynı zamanda 2 fazlı kapanımlar içerdiği belirlenmiştir (Şekil 11b). Bazı örneklerde küçük boşluk yapılarının olduğu ve bu boşlukların kısmen drüzy tipi küçük kuvars kristalleri tarafından doldurulduğu gözlenmiştir (Şekil 11c). Ayrıca bazı örneklerde damar ve bantlı şekillere sahip agat oluşumları bulunmaktadır (Şekil 11d). Mavimsi yeşil renge sahip bazı örneklerde oldukça dikkat çekicidir (Şekil 11e).

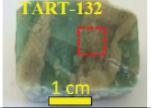






Çizelge 3. Artova Bölgesi Kalsedon Örneklerinin Taşınabilir XRF cihazı ile yapılan analiz sonuçları tablosu (Açıklama: Kesikli kırmızı çizgi analizün uygulandığı alanı göstermektedir.)

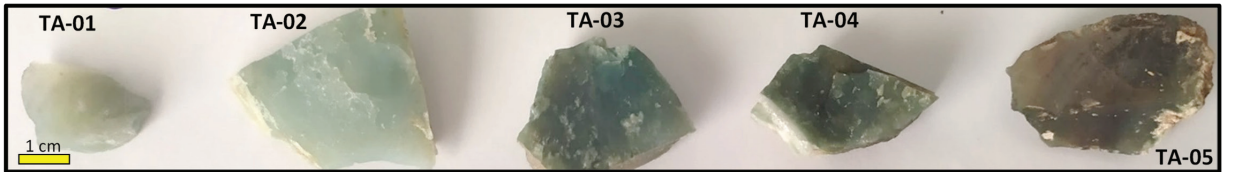
Table 3. Analysis results of Artova Region chalcedony specimens with Portable XRF device (Dashed red line shows area where analysis was applied.)

Element	Si (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	V (ppm)	Sr (ppm)	As (ppm)	Zn (ppm)	DİĞER HAFİF ELEMENTLER
 TART-125	46,87	3,65	301	-	-	-	32	8	-	48,81
 TART-126	50,80	2,43	188	-	-	-	-	6	-	46,74
 TART-127	52,00	2,70	121	-	-	-	-	-	-	45,28
 TART-128	49,42	2,17	119	-	-	-	-	-	-	48,38
 TART-129	51,67	3,83	923	-	-	-	14	-	-	44,41
 TART-130	49,54	2,87	828	1080	-	-	-	-	23	47,36
 TART-131	52,34	2,86	60	224	-	-	-	-	-	44,77

Çizelge 3. Devamı.

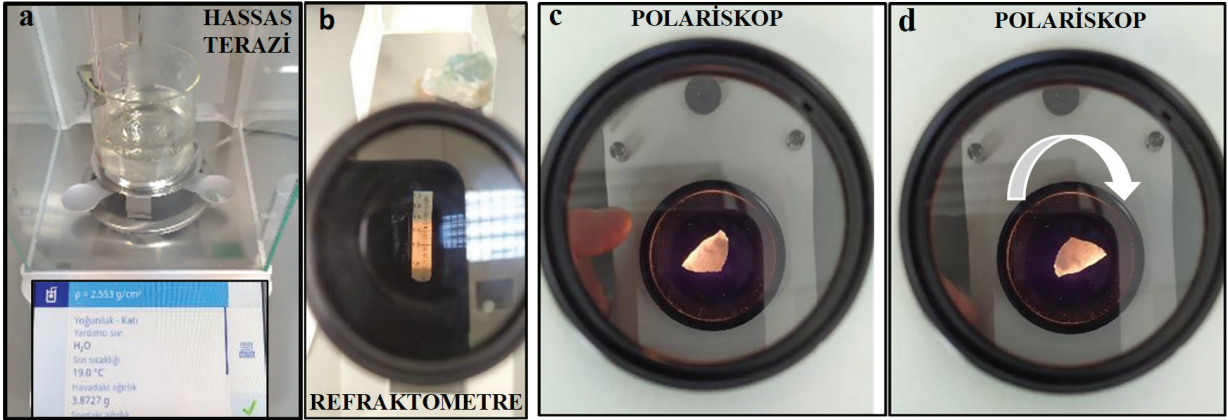
Table 3. Continued.

Element	Si (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Cr (ppm)	Ni (ppm)	V (ppm)	Sr (ppm)	As (ppm)	Zn (ppm)	DİĞER HAFİF ELEMENTLER
Örnek No										
	51,57	2,82	338	373	17	153	3	-	-	45,51
	51,29	2,85	116	931	18	-	-	-	7	45,74
	52,04	2,60	105	283	-	-	-	-	-	45,3
	51,83	2,80	241	618	-	-	-	-	-	45,27
	51,78	2,85	319	408	-	-	2	-	-	45,28
	50,04	2,08	390	236	-	-	-	-	-	47,8
	52,50	3,40	117	153	-	-	-	-	-	44,06



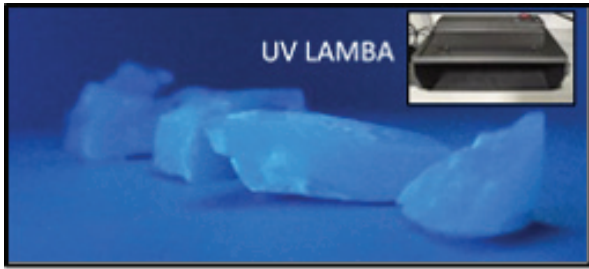
Şekil 8. Gemolojik testler uygulanan Artova Bölgesi kalsedon örnekleri.

Figure 8. Artova Region chalcedony samples with gemological tests.



Şekil 9. a, b, c, d) Artova Bölgesi kalsedon örneklerinin hassas terazi, refraktometre ve polariskop testleri.

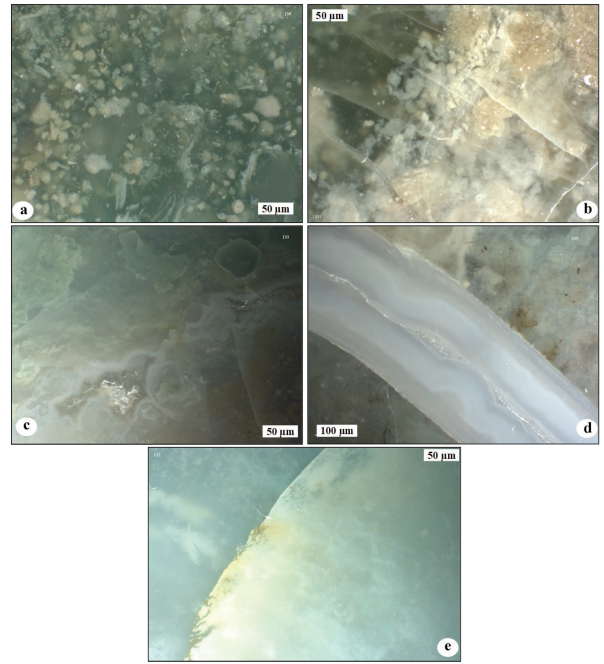
Figure 9. a, b, c, d) Precision balance, refractometer and polariscop tests of chalcedony samples from Artova Region.



Şekil 10. Artova Bölgesi kalsedon örneklerinin Dikroskop ve Ultraviyole (UV) lamba testleri.

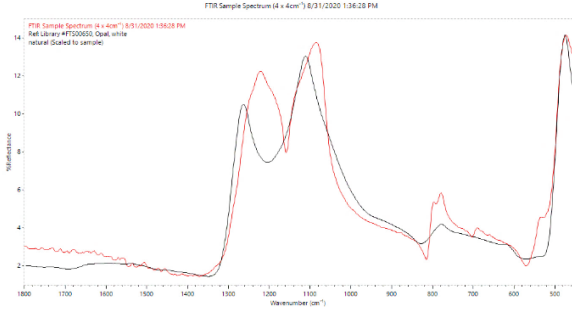
Figure 10. Dichroscope and Ultraviolet (UV) lamp tests of chalcedony samples from Artova Region.

Spektroskopik yöntemle analiz yapabilen GemmoFTIR cihazı örnek üzerine kızıl ötesi ışın gönderir ve oluşan yansımayı dedektörü yardımıyla piklere dönüştürür. Bu oluşan pikler minerallerin parmak izi gibidir ve her mineralin ayrı bir piki bulunmaktadır. Bilinmeyen bir örnek incelendiğinde elde edilen pikler yazılım yardımıyla cihazın kütüphanesinde bulunan piklerle karşılaştırılarak tanımlama yapılmaya çalışılır. Artova bölgesinden alınan kalsedon örneklerinin yapılan analizleri sonucu elde edilen piklerin cihazın kütüphanesinde bulunan opal ve kalsedon grafiklerine büyük benzerlikler gösterdiği sonucu ortaya çıkmıştır (Şekil 12).



Şekil 11. a, b, c, d, e) Artova kalsedon örneklerinin gemolojik mikroskop görüntüleri.

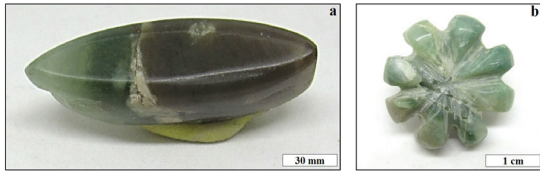
Figure 11. a, b, c, d, e) Gemological microscope images of Artova chalcedony specimens.



Şekil 12. Artova bölgesi TA-02 örneğinin GemmoFTIR grafiği.

Figure 12. GemmoFTIR plot of the Artova region, TA-02 sample.

Artova Bölgesi kalsedon örneklerinin süstaşı objesi olabilecek kaliteye sahip olduğunun belirlenmesi için 2 örnek çalışma yapılmıştır (Şekil 13a ve b). Bu örnekler yüzük taşı ve kolye ucu olarak tasarlanmış ve kesilip parlatılmıştır. Örneklerin resimlerinden de anlaşılacağı gibi özellikle çift renkli (kahverengi-yeşil) olanlar oldukça dikkat çekici ve albenisi yüksek olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 13. a, b). Artova Bölgesi kalsedonlarının yüzük taşı ve kolye ucu olarak kesilmiş süstaşı örnekleri.

Figure 13. a, b) Gemstones cut as ring stones and pendants from Artova Region chalcedony.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Tokat Artova bölgesinde yüzeyleyen Eosen yaşlı dolomitik kireçtaşlarının kırık ve çatlaklarında kahverengi ve yeşil renklere sahip çeşitli boyutlarda kalsedon oluşumları yaygın olarak bulunmaktadır. Bu oluşumların kaynağında, bölgede bulunan ultramafik kayaçların da içerildiği Artova Karmaşığı ve bazik volkanik kayaçlar ve bunlar içerisinden geçen hidrotermal çözeltiler yer almaktadır. Başbüyük vd., (2020) yapmış olduğu çalışmada bölgede bulunan kalsedonları **“Kromlu Kalsedon”** olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada ise bölgedeki kalsedonların sadece yeşil renkli olanları yüksek krom (Cr) içeriğinden dolayı **“Kromlu Kalsedon”** olarak tanımlanmıştır. Krom (Cr) içeriği çok düşük olup, buna karşın demir (Fe) içeriği daha yüksek olan kahverengi kalsedonlar ise **“Sard”** olarak tanımlanmıştır. Jeokimyasal analiz sonuçlarına göre SiO₂ içeriği %90,1 - %97,1 aralığında olan bu örneklerin XRD analizlerinde ise kuvars, tridimit ve dolomit mineralleri içerdiği belirlenmiştir. Spektroskopik yöntemler olan Raman ve GemmoFTIR cihazları ile yapılan analizlerde örnekler kalsedon pikleri ile örtüşen pikler sergilemişlerdir. Çizelge 4’te temel gemolojik özellikleri verilen Artova bölgesindeki kalsedonların işlenmesi halinde küpe, yüzük, kolye, boncuk ve tespih üretiminde kullanılabilir kalitede olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yapılan arazi gözlemleri ile 2 boyutlu olası kaynak tahminine göre bölgede yaklaşık 15 Ton (±5 Ton) süstaşı kalitesine sahip kalsedon olduğu ve bu kaynağın Belediye’ye ait Halk Eğitim Merkezine bağlı olarak açılacak küçük bir süstaşı işleme atölyesi ile 10 kişilik bir çalışma ekibine en az 5 yıl yetebilecek düzeyde olduğu tahmin edilmektedir.

Çizelge 4. Artova Bölgesi Kalsedon Örneklerinin Gemolojik Özellikler Tablosu.

Table 4. Gemological characteristics of Artova Region chalcedony specimens.

Mineral Adı	Yoğunluk	Refraktometre (Kırma İndisi - R ₁)	Polariskop Tek / Çift Kırma / Özelliği (Sr/Dr/Agg)	Dikroskop	Uv Lamba	Gemolojik Mikroskop
Kalsedon	2,55-2,58	1,53-1,54	Taneli Agregat (AGG)	Plekroizma gözlenmedi	Çok zayıf tepkime-tepkisiz	Mikrokristalen yapıya olduğu gözlenmiştir

EXTENDED SUMMARY

The study area is located near Bayırlı village, west of the town of Artova in Tokat province. The basement unit of the region is Permian-aged amphibolite rocks. In the upper part of this unit, Silurian-aged, grey-beige in color and recrystallized limestone is found. There are mainly metamorphic units of Permian-aged metaclastics; metamorphic rocks having metabasic origin such as chlorideschist, glaucophaneschist, micaschist and amphibolite. White, cream, beige, blackish-grey colored, hard and brittle, recrystallized and partially-silicified limestone blocks form the basement of the region. The ophiolitic rocks from Late Jurassic to Early Cretaceous show a wide distribution in the southern part of the study area. Eocene limestone and Pliocene conglomerates unconformably overlay all previous units.

Chalcedony samples, mostly brown, brownish grey and green in color, occur in a small part of the Eocene dolomitic limestone. Greenish blue and green samples have accumulated in two small regions, and brown and brownish grey samples mostly occur in one region in the study area. The dimensions of the chalcedony samples are from a few centimeters up to 2 meters. Some of the block size chalcedony samples are cut by druse type quartz crystals.

Under a polarised-light microscope, the Artova chalcedony samples are made up of microcrystalline quartz and have a spherulitic texture. According to XRD analysis, the Artova chalcedony samples contain quartz, tridymite and dolomite. The Raman spectroscopic method, which is a non-destructive type of analysis, was applied to the Artova chalcedony samples. A green laser (532 nm) was used in order to determine the mineral's identification. Spectral manipulation for baseline adjustment was carried out using the software of the device.

The obtained peaks in the spectrum of the chalcedony samples were matched with the bands in the spectrum of ideal chalcedony in the

spectrometer software library. ICP-MS and ICP-OES analysis show that the major oxides of the Artova chalcedony samples consist of mainly SiO_2 (between 90.1 – 97.1 wt %). All other major oxides are less than 0.9 wt %, except one sample (2017-TA-1), in which the CaO is 4.8 wt %. Some trace elements such as Cr (433 - 1075 ppm), Ni (14.9 – 32.2 ppm), V (16.2 – 38 ppm), Mo (17.5 – 43.4 ppm), and Mn (20 – 46 ppm) are relatively higher than the others.

Because of the higher proportion of chromium in the green chalcedonies in the region, they are identified as “**Chromium Chalcedony**”. If the Ni results had been of higher values, the green chalcedonies in the region would have been identified as “**Chrysoprase**”. 14 other samples in both green and brown color were chosen for Portable XRF (P-XRF) measurements. Although brown chalcedonies have higher Fe concentrations (between 121-923), green chalcedonies have higher Cr concentrations (between 153-1080). On the other hand, some chalcedonies both in green and brown color (between 121-923) have both Cr and Fe concentrations. The brown samples that have higher Fe concentrations are identified as “**Sard**”.

Standard gemological tests were performed in the MTA Gemological Laboratory, beginning with specific gravity (SG) measurements. The obtained results were between 2.55 and 2.58. The refractive index (RI) of the samples were taken by a System Eickhorst uv lamp and a standard GIA refractometer with an optical contact liquid of 1.81 RI, and a quartz lamp with a wavelength of 589 nm. The analysis shows that the samples are anisotropic, uniaxial, positive (+), and their refractive indexes (RI) are between 1.53 and 1.54. The Eickhorst lamp and a GIA polariscope were used to learn the optical character of the samples. All the samples showed an AGG character. Ultraviolet (UV) tests were performed with an Eickhorst shortwave (255 nm) and long wave (366 nm) UV lamp.




As a result, some samples show weak reaction with a light yellow color and all the other samples are inert against UV radiation. According to the gemological microscope observations, all the samples have a granular micro-crystalline texture. Some of the brecciated samples have 2-phase inclusions, and also have druse type quartz crystals occurring in the small cavities. The GemmoFTIR (Fourier Transform Infrared Spektrofotometre for Gemology) device was also used for mineral identification. As a result, all the samples gave similar opal and chalcedony peaks.

Finally, from a gemological quality perspective, even if some dark brown to grey color tones of chalcedony samples appear to be of lower quality and transparency, generally most of the Artova chalcedony samples are sufficiently fine to make earrings, necklaces, rings and prayer beads.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma MTA tarafından “Türkiye’nin Süstaşı Potansiyelinin Araştırılması” isimli (2017-08-16-02) projesi kapsamında desteklenmiştir. Makalenin yazarları arazi çalışmalarında katkıda bulunan sayın Dr. Nihal Çevik’e, makalenin ilk değerlendirmesini yapan Gemoloji Uzmanı (DGA, GIA) sayın Dr. Çiğdem Lüle’ye, makaleyi önerileri ile zenginleştiren ve bilimsel katkılar sağlayan sayın hakemlere çok teşekkür ederler.

ORCID

Koray Sözeri  <https://orcid.org/0000-0002-6999-4352>
Handan Günel  <https://orcid.org/0000-0002-3308-3282>
Erhan Duran  <https://orcid.org/0000-0002-7216-8107>

KAYNAKLAR / REFERENCES

Arık, F. ve Özen, Y. (2020). Tokat Yöresi Jasper Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik, Jeokimyasal Özellikleri ve Süstaşı Olarak Kullanılabilirliği. Ömer Halisdemir Üniversitesi

Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(1), 451-460
<https://doi.org/10.28948/ngumuh.558199>

- Başbüyük Z., Kaydu A.İ. & Gürbüz M. (2020). Mineralogical, geochemical and gemological investigation of Artova Ch-chalcedonies, Tokat – Turkey. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi - Mineral Resources Management*, 36(1), 77-92. <https://doi.org/10.24425/gsm.2020.132551>
- Hatipoğlu, M., Ören, U. & Kibici, Y. (2011). Micro-Raman spectroscopy of gem-quality chrysoprase from the Biga-Çanakkale Region of Turkey. *Journal of African Earth Sciences* 61(4), 273–285.
- Kingma, K. J. & Hemley, R. (1994). Raman spectroscopy study of microcrystalline silica. *American Mineralogist*, 79, 269-273.
- Lule-Whipp (2006). Chromium Chalcedony from Turkey and Its Possible Archeological Connections. *Gems & Gemology*, 42, 115.
- Özcan, A. 1974. 1/25.000 Ölçekli Sayısal Jeoloji Haritaları, Tokat H36-d2 Paftası.
- Özcan, A., Erkan, A., Keskin, A., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M. F. & Tekeli, O. (1980). *Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi arasının temel jeolojisi* (Rapor No: 6722). Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Özcan, A. & Aksay, A. (1996). Tokat-Turhal-Almus-Çamlıbel Dolayının Jeolojisi (Rapor No. 9972). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Smith C. C. (1967). A preliminary account of Rhodesia’s new gemstone chrome chalcedony. *Chamber of Mines Journal*, 12, 31–34.
- Sümengen, (2013). *1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Tokat H36 Paftası No:187*.
- Temiz, H., Özden, S. & Guezou, J. C. (2010). İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı’nın Artova-Çamlıbel (Tokat) kesiminin Geç Neojen’deki tektonik deformasyon biçimi ve kinematığı. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27(2), 71-88.
- Yılmaz, A. (1981). Tokat ile Sivas arasındaki bölgede ofiyolitli karışımın iç yapısı ve yerleşme yaşı: *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24 (1), 31-38, https://jmo.org.tr/resimler/ekler/a8d616d51ce9709_ek.pdf



Tokat Nebiköy Kalsedonlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik İncelemesi
Mineralogical-Petrographical and Gemological Investigation of Chalcedonies in Nebiköy, Tokat

Elif Özbay Candan¹, **İlkay Kaydu Akbudak^{2*}**
Zeynel Başbüyük², **Gökhan Ekinciöğlü³**

¹ *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40100, Kırşehir*

² *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 40100, Kırşehir*

³ *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Kaman MYO Madencilik ve Maden Çıkarma Bölümü, 40100, Kırşehir*

• Geliş/Received: 27.05.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 15.08.2022 • Kabul/Accepted: 16.08.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 30.08.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Tokat ili merkeze bağlı Nebi Köy ve çevresinde gözlenen kalsedon oluşumları Permiyen-Triyas yaşlı metamorfik kayalar içerisinde birkaç mm'den 10 cm kalınlığa kadar ulaşan damarlar halinde bulunmaktadır. Açık mavi-mavi tonlarında renge sahip olan kalsedonlar genellikle bantlı yapıda olup yer yer böbreğimsi yapı da sunmaktadır.

Kalsedonlardan yapılan ince kesitlerde, bantlı yapıda lifsi iğnemi kuvars mineralleri ile mikrokristalli kuvars mineralleri belirlenmiştir. Yer yer bu mineralleri kesen, ikincil dolomit oluşumları ile mikro kırık çatlaklarda demiroksit dolgusuna rastlanmıştır. Kalsedon örneklerinden yapılan XRD analizlerinde kuvars ve dolomit birlikteliği tespit edilmiştir.

İnceleme sahasından alınan örneklerden kalsedon örneğindeki ana oksitler %94,08 SiO₂, %1,45 CaO, %1,06 MgO, %0,37 Al₂O₃ ve %0,31 Fe₂O₃; yan kayaç (metakumtaşı) örneğinde ise %37,5 SiO₂, %16 CaO, %8 MgO, %6 Al₂O₃ ve %4 Fe₂O₃ olarak belirlenmiştir. Ayrıca kalsedon örneğinde 140,4 ppm As, 36,97 ppm Co, 5,4 ppm Ni, 1,45 ppm Cu; yan kayaçta 53,3 ppm V, 28,9 ppm Ni, 7,5 ppm Co, 4,8 ppm As, 4,6 ppm Cu, 2,4 ppm Mo, 2 ppm Ga, 1,5 ppm Bi iz elementlerinde zenginleşmeler gözlenmiştir.

Çalışma alanından alınan kalsedon örneklerinden takıda kullanılmak üzere kabaşon kesim çalışmaları yapılmıştır. Yaklaşık 1 km² lik bir alanda gözlenen, açık-koyu mavi renk tonu, dayanıklılığı, masif yapısı ve işlenebilirliği göz önünde bulundurulduğunda bölgedeki kalsedonların süstaşı olarak kullanılabilir oldukları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gemoloji, Kalsedon, mineraloji, süstaşı, Tokat.

Abstract: The chalcedony formations observed in the village of Nebiköy and its surroundings in Tokat province are found in Permian-Triassic metamorphic rocks as veins with a thickness a few mm to 10 cm. Chalcedony, which has color of light blue-blue tones, is generally banded and sometimes has a kidney-like structure.

In thin sections made from chalcedony, fibrous acicular quartz minerals and microcrystalline quartz minerals were determined in a banded structure. Iron oxide fillings were encountered in the secondary dolomite formations and micro-fractured cracks that cut these minerals in places. Quartz and dolomite associations were detected in XRD analyzes of the chalcedony samples.

The main oxides in the chalcedony sample taken from the study area were determined as 94.08% SiO₂, 1.45% CaO, 1.06% MgO, 0.37% Al₂O₃ and 0.31% Fe₂O₃; In the host rock (metasandstone) sample, it was determined

as 37.5% SiO₂, 16% CaO, 8% MgO, 6% Al₂O₃ and 4% Fe₂O₃. In the chalcedony sample, enrichments were also observed in trace elements of 140.4 ppm As, 36.97 ppm Co, 5.4 ppm Ni and 1.45 ppm Cu; while in the host rock, enrichments were observed in trace elements of 53.3 ppm V, 28.9 ppm Ni, 7.5 ppm Co, 4.8 ppm As, 4.6 ppm Cu, 2.4 ppm Mo, 2 ppm Ga and 1.5 ppm Bi.

Cabochon cutting studies were carried out from the chalcedony samples taken from the study area to be used in jewelry. Considering the light-dark blue color tone, durability, massive structure and workability observed in an area of approximately 1 km², it was determined that the chalcedony in the region can be used as gemstones.

Keywords: Chalcedony, Gemology, Gemstone, Mineralogy, Tokat.

GİRİŞ

Kalsedon, mikroskobik olarak lifsi kuvars kristallerinden meydana gelmiştir (Frondele, 1978; 1982). Kalsedonlar, kırık ve çatlaklarda olmak üzere tüm boşluklarda (Gilg vd. 2003; Çevik vd., 2011) ortalama 120 °C sıcaklıkta kayaç boşluk ve çatlaklarında silisli çözeltilerin çökmesiyle (İşler,1995), hemen her tür kayaç içinde (Prokofiev vd. 2017) oluşabilirler. Ancak volkanik kayaçların boşluklarında oluşmuş olanlara daha sık rastlanmaktadır (Gilg vd. 2003; Çevik vd., 2011). Kalsedonlar kuvars, opal ve zeolitlerle birlikte bulunurlar (İşler,1995). Ayrıca doğada masif, sarkıt, yumrulu şekillerde veya düz, yuvarlak, pürüzsüz şekillerde de mevcuttur (İşler, 1995).

Kimyasal formülü SiO₂ olan kalsedon, parlak bir yapıya sahiptir ve volkanik kayaç içlerinde bulunmaktadır. Mohs sertlik cetvelinde sertliği 6,5-7 civarındaki kalsedon trigonal kristal sistemine sahiptir. Sert olmasından dolayı kimyasal özelliğini uzun sürelerde korurlar. Yoğunluğu ise 2,63 ila 2,65 arasındadır (Hatipoğlu vd., 2010; Selim, 2015). İnce kuvars liflerinden oluşan saf kalsedon gri veya beyaz renktedir (Flörke vd., 1983; 1991; Gislason vd., 1993; Graetsch, 1994).

Kalsedonlar safsızlıklar sebebiyle doğada farklı farklı renk ve desenlerde oluşmaktadır (Hatipoğlu vd., 2010; Selim, 2015). Renklerine göre mavi kalsedon, krizopras, sarduan, karnalin, akik, oniks, agat, çakmaktaşı, jasper, kan taşı ve mihenk taşı gibi çeşitlere ayrılır (Türel ve Sayılı, 2000).

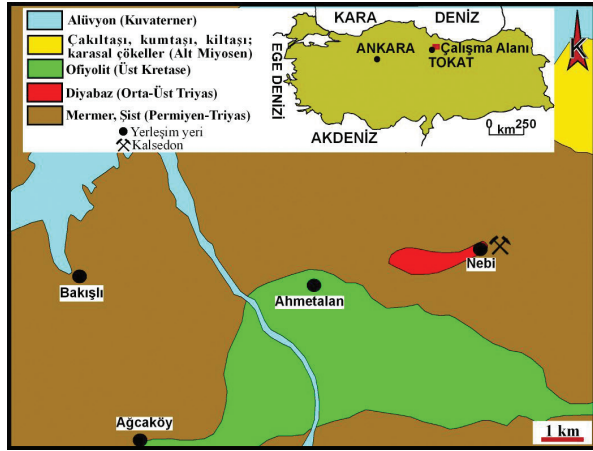
Kalsedonlar, sağlamlığı ve eşsiz renkleriyle oyma ve heykeltçilik alanında kullanılan değerli taşlardan birisidir (Hatipoğlu, 2003). Ayrıca çeşitli şekil ve motiflerle işlenerek takı sektöründe yüzük, kolye ucu ve küpe gibi ürünlerde de kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Tokat ili Nebiköy bölgesindeki Tokat Masifine ait metamorfikler (metakumtaşı) içerisinde gözlenen mavi renkli kalsedonların mineralojik, petrografik, jeokimyasal ve gemolojik özelliklerinin belirlenmesi ile bölgedeki kalsedonların hem bölge ekonomisine hem de bilimsel literatüre kazandırılması amaçlanmıştır.

Jeoloji

Tokat merkezin yaklaşık 18 km kuzey doğusunda bulunan inceleme sahası ve yakın çevresindeki (Şekil 1), en yaşlı birim düşük derece metamorfizma ürünleri olan metakumtaşları ve metakuvars kumtaşları ile orta-yüksek derece metamorfizma ürünleri olan mikaşist, kalkışist, epidotşist, milonit-gnays içeren Permo-Triyas yaşlı Tokat Masifi'dir (Akyazı ve Tunç, 1992). Nebiköy kalsedonları Tokat masifini keserek yerleşen Orta-Üst Triyas yaşlı diyabaz dayklarının bulunduğu bölgeye yakın metakumtaşları içerisinde oluşmuştur. Tokat Masifi üzerine bindirmeli olarak Jura-Kretase yaşlı Bakımlıdağ ofiyolitik birimi gelir (Arık ve Özen, 2020). Bu birimler üzerinde ise Geç Paleosen'den Geç Eosen'e kadar değişen volkanik birimlerden oluşan çakıltaşı, andezitik ve bazaltik lav, dayk, tüf, aglomera, volkanik breş, çamurtaşı, kumtaşı ve şeyl araldanmasından meydana gelmektedir (Arık

ve Özen, 2020). Laramiyen orojenezile gerilemiş bölgede Lütésiyan yaşlı deniz ilerlemesiyle beraber Maastrichtiyen yaşlı birimler üzerine jipsli, tebeşirli ve tüflü kilttaşlarından oluşan Pliyosen yaşlı birimler açısal uyumsuzlukla gelmektedir. Bölgedeki en genç birim ise Kuvaterner yaşlı çakıl taşlarıdır (Yolcubal vd., 2014).



Şekil 1. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojik haritası (MTA, 2002).

Figure 1. Geological map of the study area and its immediate surroundings (MTA, 2002).

MATERYAL ve METOT

Kalsedonların mineralojik-petrografik-jeokimyasal ve gemolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla inceleme sahasından örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Araziden alınan yan kayaç ve kalsedon örneklerinin ince kesitleri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Merkezi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarında hazırlanmıştır ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Mineraloji-Petrografi Laboratuvarında polarizan mikroskopta incelenmiştir. Örneklerin XRD analizleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde (MTA) bulunan Mineraloji ve Petrografi Araştırmaları Laboratuvarı'nda Bruker D8 Advence+Lynxeye Xe-T marka XRD cihazı ile; XRF analizleri MTA'da Jeokimya Laboratuvarı'nda Thermo Marka ARL 2315 Model XRF cihazıyla; ICP-MS

analizleri, MTA'da Jeokimya Laboratuvarı'nda Analytik Jena Marka Plasma Quant MS Model ICP-MS cihazında yapılmıştır. Ayrıca inceleme sahasından alınan kalsedon örneklerinin süstaşı olarak kullanılabilirliklerini belirlemek amacıyla Tokat-Turhal'da bulunan Esadulus Lapidary'de kabaşon kesim uygulamaları yapılmıştır.

BULGULAR

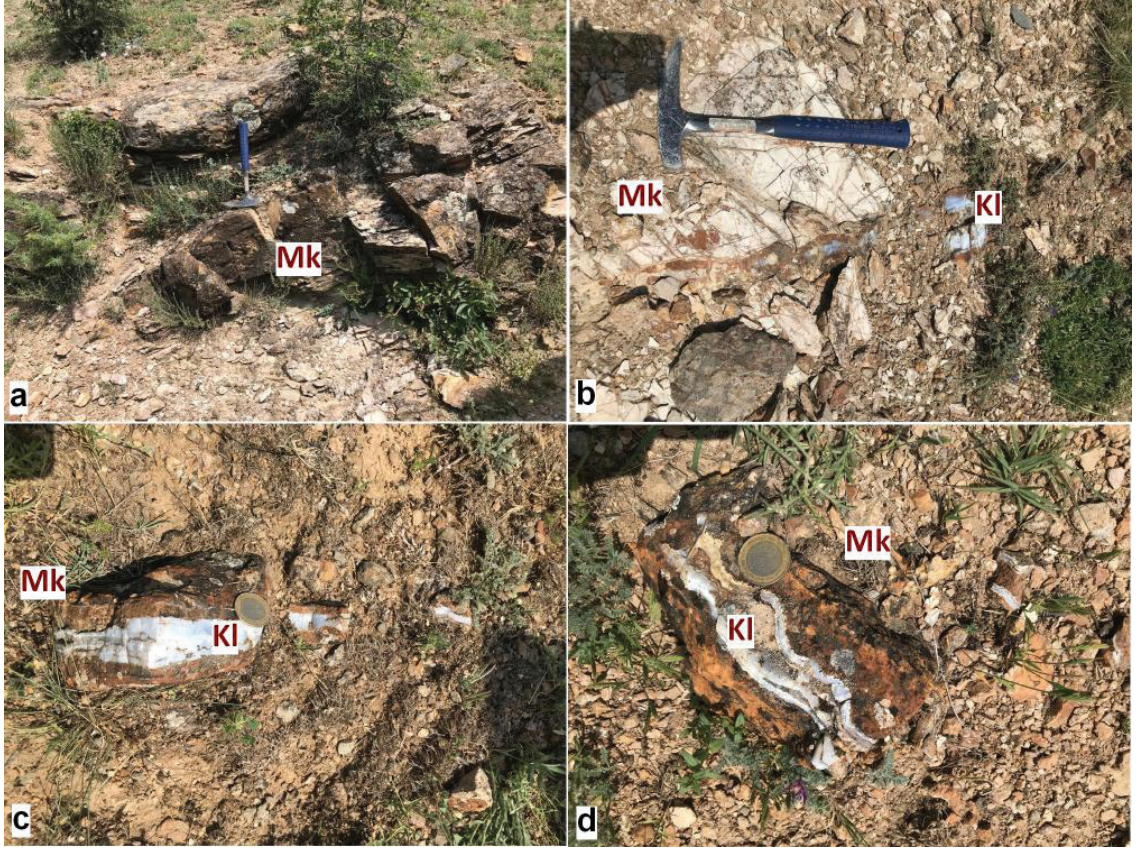
Arazi Çalışması

Çalışma alanı Tokat ili merkeze bağlı Nebiköy sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanındaki Nebiköy Kalsedonları Tokat Masifini keserek yerleşmiş Orta-Üst Triyas yaşlı diyabaz dayklarının bulunduğu bölgeye yakın, Tokat Masifine ait Permiyen-Triyas yaşlı metamorfik kayaçlar (metakumtaşları) içerisinde birkaç mm'den 10 cm kalınlığa kadar ulaşan damarlar halinde ve açık mavi – mavi renklere gözlenmektedir (Şekil 2).

Mineralojik-Petrografik İncelemeler

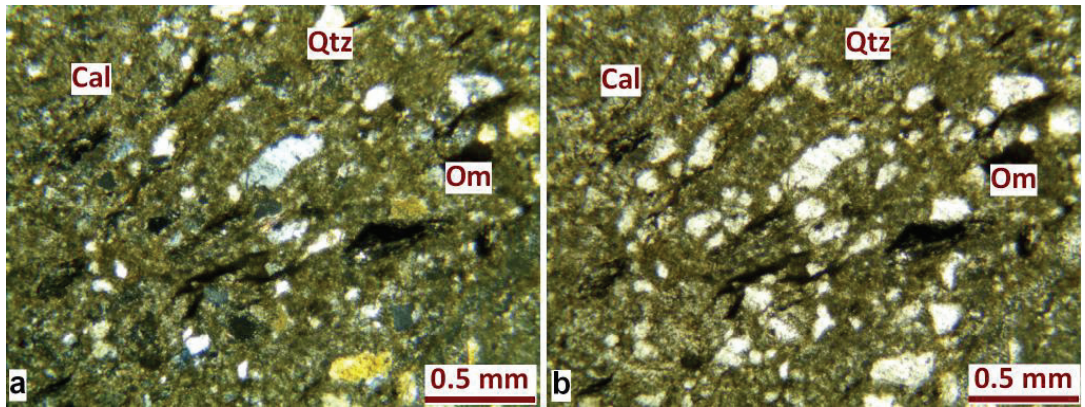
Çalışma alanından alınan yan kayaç örneklerinden (metakumtaşı) hazırlanan ince kesit incelemelerinde metakumtaşlarında belirgin olmayan yönlü doku gözlenmiştir. Metakumtaşları detritik materyal olarak köşeli taneler halinde feldispat, kuvars mineralleri, metamorfik kayaç parçacıkları ve kırık-çatlak dolgusu şeklinde ikincil demiroksit mineralleri içermektedir. Bağlayıcı malzeme ise karbonat (sparit) çimentodur (Şekil 3).

Çalışma alanından alınan Nebiköy kalsedon örneklerine ait ince kesitlerin polarizan mikroskop altında incelemelerinde bantlı yapıda lifsi iğnemi kuvars mineralleri ile mikrokristalli kuvars minerallerinin bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 4a ve b). Bazı kalsedon örneklerinde lifsi iğnemi kuvars ve mikrokristalen kuvarsları kesen, ikincil dolomit oluşumları gözlenmiştir (Şekil 4c ve d). Ayrıca mikro kırık çatlaklarda demiroksit dolgusuna rastlanmıştır (Şekil 4e ve f).



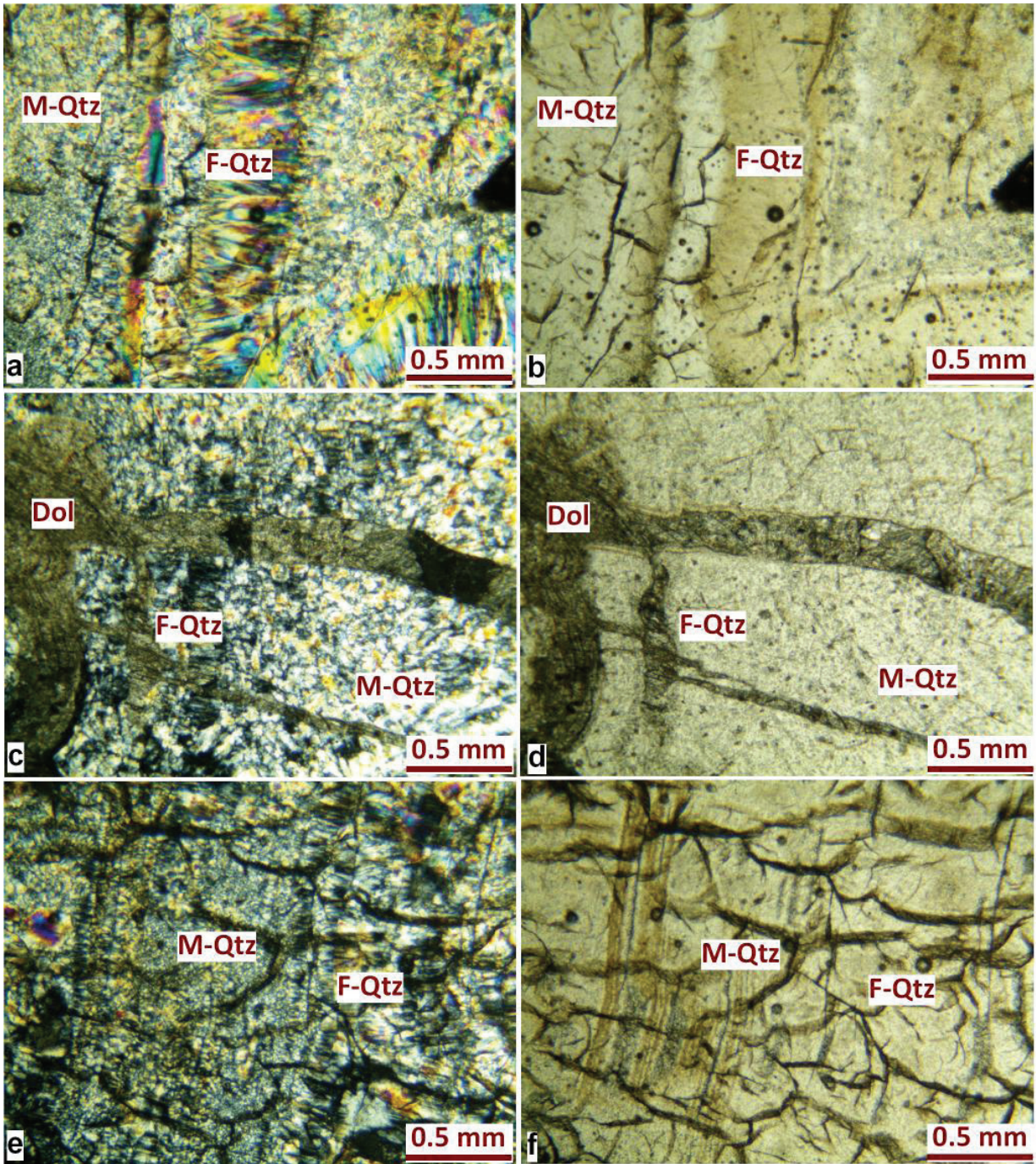
Şekil 2. Tokat Masifine ait metakumtaşlarının ve kırık çatlak dolgusu şeklinde gözlenen kalsedonların arazideki görünümleri (Mk:Metakumtaşı; Kl:Kalsedon).

Figure 2. Field views of metasandstones in the Tokat Massif and chalcedony observed as fractured crack fill (Mk:Metasandstone; Kl:Chalcedony).



Şekil 3. Çalışma alanından alınan EN-33 nolu yan kayaç örneğinin (metakumtaşı) ince kesit görüntüleri (a: Çift nikol konum (ÇN), b: Tek nikol konum (TN), Cal: kalsit, Qtz: kuvars, Om: opak mineral)

Figure 3. Thin section images of the EN-33 host rock sample (metasandstone) taken from the study area (a: Crossed-polar light (XPL) b: Parallel-polar light (PPL), Cal: calcite, Qtz: quartz, Om: opaque mineral)

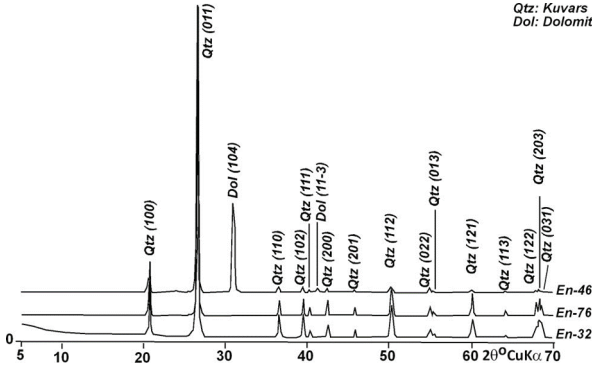


Şekil 4. Çalışma alanından alınan kalsedon örneklerinin ince kesit görüntüleri (a-c-e: Çift nikol konum (ÇN), b-d-f: Tek nikol konum (TN), M-Qtz: mikrokristalen kuvars, F-Qtz: lifsi iğnemsî kuvars, Dol:dolomit).

Figure 4. Thin section images of chalcedony samples taken from the study area (a-c-e: Crossed-polar light (XPL), b-d-f: Parallel-polar light (PPL), M-Qtz: microcrystalline quartz, F-Qtz: fibrous acicular quartz, Dol:dolomite).

X-Işını Difraktometresi (XRD) İncelemeleri

Çalışma alanından alınan kalsedon örneklerinin (En-46, En-76 ve En-32) XRD analiz sonuçlarına göre, kuvars ve dolomit mineral birlikteliğinden oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanından alınan En-46, En-76 En-32 nolu Nebiköy kalsedon örneklerinin XRD difraktogramlarında dolomit ve kuvars pikleri.

Figure 5. Dolomite and quartz in XRD diffractograms of En-46, En-76 and En-32 chalcedony samples taken from study area.

Jeokimyasal İncelemeler

Çalışma alanından alınan yan kayaç örneklerinden yapılan XRF analizlerinde %37,5 SiO₂, %16 CaO, %7,9 MgO, %5,7 Al₂O₃, %3,6 Fe₂O₃, %0,6 K₂O, %0,6 TiO₂, %0,2 MnO, %0,2 Na₂O, %0,1 P₂O₅ tespit edilmiştir (Çizelge 1). Kalsedon örneklerinden yapılan XRF analizinde ise %94,08 SiO₂, %1,45 CaO, %1,06 MgO, %0,37 Al₂O₃, %0,31 Fe₂O₃, %0,03 MnO, %0,012 Cr₂O₃, %0,01 P₂O₅, %0,004 TiO₂ belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çalışma alanından alınan yan kayaç örneklerinden yapılan ICP-MS analizlerinde 53,3 ppm Vanadyum (V), 28,9 ppm Nikel (Ni), 7,5 ppm Kobalt (Co), 4,8 ppm Arsenik (As), 4,6 ppm Bakır (Cu), 2,4 ppm Molibden (Mo), 1,5 ppm Bizmut (Bi), 2 ppm Galyum (Ga), 1,5 ppm Germanyum (Ge), 0,5 ppm Berilyum (Be), 0,2 ppm Hafniyum

(Hf), <0,1 ppm İndiyum (In), <0,1 ppm Antimon (Sb), <0,1 ppm Talyum (Tl), <0,1 ppm Kadmiyum (Cd) tespit edilmiştir (Çizelge 1). Kalsedon örneklerinden yapılan ICP-MS analizinde ise 140,4 ppm Arsenik (As), 36,97 ppm Kobalt (Co), 5,4 ppm Nikel (Ni), 1,45 ppm Bakır (Cu), 0,976 ppm Vanadyum (V), 0,79 ppm Galyum (Ga), 0,01 ppm Talyum (Tl), 0,043 ppm Kadmiyum (Cd) belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Çalışma alanından alınan yan kayaç ve kalsedon örneklerinin ana oksit ve iz element değerleri.

Table 1. Major element oxides and trace element values of host rock and chalcedony samples taken from study area.

	EN-33 (Yan kayaç- Metakumtaşı)	EN-76 (Nebiköy Kalsedon)
Na ₂ O (%)	0,2	0
MgO (%)	7,9	1,06
Al ₂ O ₃ (%)	5,7	0,37
SiO ₂ (%)	37,5	94,08
P ₂ O ₅ (%)	0,1	0,01
K ₂ O (%)	0,6	0
CaO (%)	16	1,45
TiO ₂ (%)	0,6	0,004
Cr ₂ O ₃ (%)	0	0,012
MnO (%)	0,2	0,03
Fe ₂ O ₃ (%)	3,6	0,31
As (ppm)	4,8	140,4
Be (ppm)	0,5	0
Bi (ppm)	1,5	0
Cd (ppm)	<0,1	0,043
Co (ppm)	7,5	36,97
Cu (ppm)	4,6	1,45
Ga (ppm)	2,0	0,79
Ge (ppm)	1,5	0
Hf (ppm)	0,2	0
In (ppm)	<0,1	0
Mo (ppm)	2,4	0
Ni (ppm)	28,9	5,4
Sb (ppm)	<0,1	0
Tl (ppm)	<0,1	0,01
V (ppm)	53,3	0,976

Süstaşı (Gemolojik) Çalışmaları

Tokat Masifine ait metakumtaşları içerisinde gözlenen kalsedonlarda gemolojik çalışmalar yapılmış ve böylece süstaşı olarak kullanılabilirliğini belirlemek üzere bazı süstaşı kesim teknikleri uygulanmıştır. Kalsedon örnekleri bantlı yapıda ve yağımsı parlaklıkta olduklarından dolayı faset kesim yerine kabaşon kesimin daha uygun olduğu düşünülmüş ve oval, damla gibi formlarında kabaşon kesim teknikleri uygulanmıştır (Şekil 6). Yapılan çalışmalar sonucunda kalsedonların iyi cila almaları, renkleri, dayanıklılıkları ve işlenebilirlik özellikleri bölge kalsedonlarının süstaşı olarak kullanılabilirliklerini ortaya koymuştur.



Şekil 6. Takıda kullanılmak üzere kabaşon olarak işlenmiş kalsedonlar.

Figure 6. Chalcedony processed as cabochons for use in jewelry.

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İnceleme sahasında kalsedonlar Permiyen-Triyas yaşlı metamorfik kayalar (metakumtaşları) içerisinde birkaç mm'den 10 cm kalınlığa kadar ulaşan damarlar halinde ve açık mavi – mavi renklerde, yer yer böbreğimsi veya bantlı yapıda gözlenmektedir.

Yan kayaç örneklerinden (metakumtaşı) hazırlanan ince kesitlerde belirgin olmayan yönlü doku gözlenmiştir. Köşeli taneler halinde feldispat

kristalleri, metamorfik kayaç parçacıkları, kuvars mineralleri ve kırık-çatlak dolgusu şeklinde demiroksit minerallerinin varlığı tespit edilmiştir. Bağlayıcı malzeme olarak ise mikrosparit-sparit varlığı belirlenmiştir. Kalsedon örneklerinden hazırlanan ince kesitlerde bantlı yapıda lifsi iğnemsu kuvars mineralleri ile mikrokristalli kuvars minerallerinin bulunduğu gözlenmiştir. Kalsedonlar içerisinde lifsi iğnemsu kuvars minerallerinden oluşan bantları kesen kırıklar içerisinde ikincil dolomit minerali oluşumları belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan kalsedon örneğinde yapılan XRD analizinde kuvars ve dolomit mineral birlikteliği tespit edilmiştir. İnceleme sahası yakın çevresinde kalsedonlar ile ilgili yapılan çalışmalarda; Zengin, (2006), Osmancık (Çorum) kuzeydoğusunda yer alan volkanikler içerisindeki mavi kalsedonların hidrotermal aktiviteye bağlı olarak geliştiğini, Soğumanın fay zonunda gerçekleştiğini, önce karbonat sinterinin oluştuğunu, daha sonraki bir hidrotermal fazda karbonat sinteri içindeki gözenek ve boşlukların silisçedoldurulduğunubelirtmiştir. Kaydu Akbudak vd., (2018) ve Başbüyük, (2018), Aydıncık (Yozgat) bölgesindeki kalsedon oluşumlarıyla ilgili çalışmalarında altere andezitlerdeki fay zonunda gelişmiş breşler içerisindeki kırık çatlak ve gözeneklerde kalsiyumca zengin suların oluşturdukları ikincil kalsit dolguların içerisinde kalsedonların geliştiğini vurgulamışlardır. Çalışma sahasındaki kalsedonlarda da benzer bir mineral birlikteliği olmakla birlikte minerallerin oluşum sırası farklı görülmektedir. Dolomit minerali diğer çalışmalardaki gibi kalsedonlardan önce oluşmamış, sonrasında kalsedonları keserek yerleşmiştir. Bölgedeki kalsedonların hidrotermal kökenli düşük sıcaklıktaki silisçe zengin sular tarafından oluşmuş olabileceği düşünülmektedir. Sonrasında kalsiyum ve magnezyumca zengin sular tarafından kalsedonlar içerisindeki boşluklar ve kırık çatlaklar ikincil dolomit oluşumları ile doldurulmuştur.

XRF analiz sonuçlarına göre; yan kayaç (metakumtaşı) örneğinde %37,5 SiO₂, %16 CaO, %7,9 MgO, %5,7 Al₂O₃, %3,6 Fe₂O₃; kalsedon örneğinde ise: %94,08 SiO₂, %1,45 CaO, %1,06 MgO bulunmaktadır.

ICP-MS sonuçlarına göre; yan kayaç (metakumtaşı) örneğinde, 53,3 ppm Vanadyum (V), 28,9 ppm Nikel (Ni), 7,5 ppm Kobalt (Co), 4,8 ppm Arsenik (As), 4,6 ppm Bakır (Cu), 2,4 ppm Molibden (Mo), 2 ppm Galyum (Ga), 1,5 ppm Germanyum (Ge), kalsedon örneğinde ise: 140,4 ppm Arsenik (As), 36,97 ppm Kobalt (Co), 5,4 ppm Nikel (Ni), 1,45 ppm Bakır (Cu) bulunmaktadır. Bölgedeki kalsedonların mavi rengi almasındaki etkenin kobalt elementindeki zenginleşme ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Yan kayaca (metakumtaşı) göre Nebiköy kalsedon örneğinde As miktarının 29 kat, Co miktarının 5 kat zenginleşmesi; Ni miktarının 5 kat, V miktarının yaklaşık 50 kat fakirleşmesi durumu göz önünde bulundurulduğunda; kalsedonları oluşturan hidrotermal sıvıların element zenginleşmesinde ev sahibi kayaçtan (metakumtaşı) etkilenmediği söylenebilir. Saha gözlemlerinde kalsedonların oluştuğu kırıklarda alterasyon zonları yaygın olarak gözlenmemiştir.

Çalışma alanından alınan kalsedon örneklerine takıda kullanılmak üzere kabaşon kesim uygulamaları yapılmıştır. Dayanıklı ve bantlı yapısı, açık mavi-mavi rengi, iyi cila alması, albenisinin olması gibi özellikleri göz önünde bulundurulduğunda; süstaşı olarak kullanılabilir oldukları belirlenmiştir. Kalınlıklarının az olması nedeniyle küçük aksesuarlar ve takılarda kullanıma uygundur.

EXTENDED SUMMARY

The chalcedony in the study area is observed in the form of veins from a few mm to 10 cm in thickness and in light blue-blue colors, locally kidney-like or banded in Permian-Triassic

metamorphic rocks (metasandstones). In the thin sections prepared from the host rock samples (metasandstone), an indistinct directional texture was observed. The presence of feldspar particles in the form of angular grains, metamorphic rock particles, quartz minerals and iron oxide minerals in the fracture-crack filling was detected. The presence of microsparite-sparite was determined as the binding material. In thin sections prepared from chalcedony specimens, banded fibrous acicular quartz minerals and microcrystalline quartz minerals were observed. Secondary dolomite mineral occurrences were found within the fractures that cut the bands of fibrous acicular quartz minerals within the chalcedony.

In the XRD analysis of the chalcedony sample taken from the study area (Nebiköy, Tokat) quartz and dolomite mineral association was determined. According to XRF analysis results; the host rock sample includes 37.5% SiO₂, 16% CaO, 7.9% MgO, 5.7% Al₂O₃, and 3.6% Fe₂O₃. The chalcedony sample includes 94.08% SiO₂, 1.45% CaO, and 1.06% MgO. According to the ICP-MS results; 53.3 ppm Vanadium (V), 28.9 ppm Nickel (Ni), 7.5 ppm Cobalt (Co), 4.8 ppm Arsenic (As), 4.6 ppm Copper (Cu), 2.4 ppm Molybdenum (Mo), 2 ppm Gallium (Ga), and 1.5 ppm Germanium (Ge) exist in the host rock sample. 140.4 ppm Arsenic (As), 36.97 ppm Cobalt (Co), 5.4 ppm Nickel (Ni), and 1.45 ppm Copper (Cu) exist in the chalcedony sample. According to the host rock (metasandstone), the As content of Chalcedony is enriched 29 times and the Co amount 5 times. Considering that the Ni amount is 5 times and the V amount is about 50 times impoverished; it can be said that the hydrothermal fluids forming the chalcedony were not affected by the host rock (metasandstone) in the element enrichment. Alteration zones are not commonly observed in the fractures where chalcedony has formed.


Cabochon cutting applications were made to the chalcedony samples taken from the study area, (Nebiköy, Tokat) to be used in jewelry. Considering

its durable and banded structure, light blue-blue color, good polishing, and attractiveness, it has been determined that they can be used as gemstones. Due to its low thickness, it is suitable for use in small accessories and jewelry.

KATKI BELİRTME


Süstaşı işlemlerindeki katkılarından dolayı Ümit ULUS'a teşekkür ederiz.

ORCID

Elif Özbay Candan  <https://orcid.org/0000-0003-0391-4791>

İlkay Kaydu Akbudak  <https://orcid.org/0000-0003-0884-5991>

Zeynel Başıbüyük  <https://orcid.org/0000-0003-2845-148X>

Gökhan Ekinciöğlü  <https://orcid.org/0000-0001-9377-6817>

KAYNAKLAR / REFERENCES

Akyazı, M. ve Tunç, M. (1992). Zile (Tokat) Yöresinin Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35(2), 35-46. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/5b1e92c585fd4c2_ek.pdf

Arık, F. ve Özen, Y. (2020). Tokat Yöresi Jasper Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik, Jeokimyasal Özellikleri ve Süstaşı Olarak Kullanılabilirliği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 451-460 <https://doi.org/10.28948/ngumuh.558199>

Başıbüyük, Z. (2018). Mineralogical, geochemical, and gemological characteristics of silicic gemstone in Aydıncık (Yozgat-Turkey). *Arabian Journal of Geosciences*, 11(12), 1-11.

Çevik, N., Ayan, Z., Coşkun, E. ve Sayılı, İ. S. (2011). Belkavak Köyü (Yerköy-Yozgat) Civarındaki Kuvars ve Ametist Oluşumlarında Mikrotermometrik Özellikler. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 54(3), 123-139. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/28158/299229>

Flörke, O. W., Graetsch, H., Röller, K., Martin, B. & Wirth, R. (1991). Nomenclature of micro and non-crystalline silica minerals. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen*, 163, 19-42.

Flörke, O. W., Graetsch, H. & Miede, G. (1983). Crystalstructure and Microstructure of Chalcedony. *Fortschritte der Mineralogie*, 61(1), 62-63.

Frondel, C. (1978). Characters of quartz fibers. *American Mineralogist*, 63, 17-27.

Frondel, C. (1982). Structural hydroxyl in chalcedony (type B quartz). *American Mineralogist*, 67, 1248-1257.

Gilg, H. A., Morteani, G., Kostitsyn, Y., Preinfalk, C., Gatter, I. & Strieder, A. J. (2003). Genesis of amethyst geodes in basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Ametista do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil): a fluid inclusion, REE, oxygen, carbon, and Sr isotope study on basalt, quartz, and calcite. *Mineralium Deposita*, 38, 1009-1025.

Gislason, S. R., Heaney, P. J., Veblen, D. R. & Livi, K. J. T. (1993). The difference between the solubility of quartz and chalcedony: the cause?. *Chemical Geology*, 107, 363-366

Graetsch, H. (1994). Structural characteristics of opaline and microcrystalline silica minerals. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 29(1), 209-232.

Hatipoğlu, M. (2003). Güğü Köyü Ametist Kristallerinin Değerlendirilmesi (Dursunbey, Balıkesir, KB Türkiye) ve Yöresel Ekonomiye Katkısı. *Afyon, Türkiye IV Mermer Sempozyumu (MERSEM'2003) Bildiriler Kitabı*.

Hatipoğlu, M., Babalık, H. & Chamberlain, S. C. (2010). Gemstone Deposits in Turkey. *Rocks & Minerals*, 85(2), 124-133

İşler, F. (1995). *Özel Mineraloji*. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yayın no: 28, 89s, Adana.

Kaydu Akbudak, İ., Başıbüyük, Z. ve Gürbüz, M. (2018). Yozgat "Aydıncık" kalsedon-ametist oluşumlarının mineralojisi-petrografisi ve ekonomikliğinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 313-324.

MTA, (2002). *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1/500.000 ölçekli jeoloji haritaları* (M. Şenel (Ed.), Düzenleyenler: H. Y. Hakyemez, İ. Papak).

Prokofiev, V. Y., Kamenetsky, V. S., Selektor, S. L., Rodemann, T., Kovalenker, V. A. & Vatsadze,

- S. Z. (2017). First direct evidence for natural occurrence of colloidal silica in chalcedony-hosted vacuoles and implications for ore-forming processes. *Geology*, 45(1), 71-74.
- Selim, H. (2015). *Türkiye'nin Değerli ve Yarı Değerli Mücevher Taşları*. İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın no: 2014-4.
- Türel, K. ve Sayılı, S. (2000). *Türkiye'nin Kıymetli ve Yarı kıymetli Taşlarının Araştırılması*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Projesi, Ankara.
- Yolcubal, H. G., Akyazı, M., Sezen, T. F., Toprak, Ö., Canbolat, M. Y., Koçak, F., ve Özkan, A. (2014). Turhal-Pazar-Zile (Tokat) Yöresinin Üst Mesozoyik Stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(1), 73-112. <https://doi.org/10.25288/tjb.298762>
- Zengin, M. (2006). *Osmancık (Çorum) Kuzeydoğusunda Yer Alan Volkaniklerin Epitermal Cevherleşme Potansiyeli ve Mavi Kalsedon Oluşumu* [Yayımlanmamış, Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.



Yenisofça Opal Oluşumlarının Jeolojisi ve Mineralojik Özellikleri - Eskişehir, KB Türkiye
Geology and Mineralogy of Yenisofça Opal Occurrences, Eskişehir – NW Turkey

Ayten Çalık

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çanakkale, Türkiye*

• Geliş/Received: 20.12.2021 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 08.03.2022 • Kabul/Accepted: 08.03.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 13.05.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Bu çalışmada Yenisofça Köyü'nün (Eskişehir) kuzey batısında yüzeylenen Pliyosen yaşlı karbonatlı çakıltaşlarının içinde oluşmuş opal nodüllerinin (yumrularının) jeolojisi, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri verilmiştir. Opal nodüllerine ev sahipliği yapan bej renkli karbonatlı çakıltaşları başlıca opal, ultramafik kayalar (başlıca serpantinitle) ve mikritik kireçtaşlarına ait çakıllardan oluşur. Başlıca süt beyaz, şeffaf ve gri renklerde olan opal nodülleri 2-30 cm boyutlarındadır. X-Işınları Difraksiyon (XRD) analiz sonuçlarına göre opallerin mineralojik bileşimi Opal-CT, kuvars, dolomit ve sepiyolit olarak belirlenmiştir. Opallerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntülerinde küresel doku ile birlikte lifsi doku tespit edilmiştir. Opallerin SEM görüntülerindeki lifsi doku, sepiyolit minerallerinin lifsi dokularına benzerlik göstermektedir. Opal nodüllerine ait SEM ve tüm kayacın jeokimyasal analiz sonuçlarına göre opallerin bileşimi silikat olup, MgO değerleri diğer ana oksit değerlerine göre daha yüksek değerdedir. Arazi çalışmaları, jeokimyasal analiz sonuçları ve mineralojik veriler, opal nodüllerinin fay sistemleri boyunca hareket eden düşük sıcaklıklı, silis bakımından zengin hidrotermal akışkanlar tarafından sepiyolit nodüllerinin yerlerinin alınması ile oluştuğunu göstermektedir. Bu sonuç, Eskişehir – Kütahya bölgesinde mevcut ve bilimsel olarak çalışılmış opal oluşumlarının özellikleri ve oluşum şekilleri ile benzer ve uyumludur.

Anahtar Kelimeler: Eskişehir, Opal, sepiyolit, Yenisofça.

Abstract: This study presents the geology and mineralogy of the opal nodules which occur in the Pliocene carbonated conglomerates, NW of the Yenisofça village (Eskişehir, NW Turkey). The host-rock of opals consist of well-rounded pebbles, mainly opal, ultramafics (mainly serpentinites), and micritic limestones. The mainly white, transparent and grey colored opal nodules range from 2 to 30 cm in diameter. The X-ray diffraction (XRD) analyses revealed opal-CT, quartz, dolomite and sepiolite as the main mineral components of opals. Scanning electron microscope (SEM) images show that sphere and fibrous textures are found in opal nodules. The comparison of fibrous textures observed in the opal nodules with those observed in sepiolite nodules based on SEM images showed that there is a similarity between them. The major element composition of the opal by SEM and whole rock geochemical analyses reveal that the concentration of the MgO is higher than the other oxides in the opals. Field studies, geochemical analyses, and mineralogical data suggest that the Yenisofça opals could have formed by sepiolite replacement by low temperature silica-rich hydrothermal solutions that circulated along the fractures systems. This result is similar and coherent with the properties and formation of opal and cryptocrystalline quartz occurrences outcropping in the Eskişehir and Kütahya regions.

Keywords: Eskişehir, Opal, sepiolite, Yenisofça.

GİRİŞ

Süstaşları grubu içinde yer alan mineral ve kayaçlar, jeolojik açıdan ilginç olmalarının yanı sıra takı ve kuyumculuk sektörünün ana malzemesi olması nedeniyle de tüm dünyada ilginin her geçen gün arttığı grubu oluştururlar. Bu grup içinde yer alan ve özellikle eski çağlardan beri mücevher ve kuyumculuk sektöründe yaygın olarak kullanılan opal, $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ formülü ile amorf (opal-A) veya düzensiz kristobalit/tridimit yapılarına (opal CT –Opal C) sahip doğal sulu silikadır. Opal yapısındaki %4-5 su içeriği %20' e kadar değişebilir. Opal, gemolojik olarak başlıca asil opal (has opal), ateş opal ve adi opal olmak üzere üç grupta gruplandırılır. Asil opal, sahip olduğu silis küreciklerinin diziliminden kaynaklanan kırmızı, turuncu, yeşil ve mavi renklerde parlak renk oyunu göstermesi nedeniyle değerlidir. Ateş opal, turuncu ve kırmızı arasında renk gösteren, adi opal ise süt beyaz, sarı, yeşil gibi renklerde olan opaldır ve renk oyunu göstermezler. Dünya'da en önemli asil opal (has opal) yatakları Avustralya (Queensland ve New South Wales) bölgesinde olup dünya üretiminin %95'ini karşılamaktadır. Diğer önemli ülkeler Meksika ve Macaristan'dır. Ateş opal ise Meksika (Querétaro bölgesi) başta olmak üzere Amerika Birleşik Devletleri, Türkiye, Avustralya, Endonezya, Somali, Kazakistan, Kanada ve Brezilya'da (Simoni vd., 2010) bulunur.

Opal mineralizasyonları ülkemizde özellikle volkanik arazilerde, başlıca; Eskişehir, Ankara, Kütahya ve Afyon olmak üzere KB Orta Anadolu'da birçok bölgede mevcuttur. Eskişehir bölgesi ve çevresi kriptokristalen kuvars (kalsedon, agat vb.) mineralizasyonlarında olduğu gibi opal mineralizasyonu bakımından da zengin bir bölgedir (Çalık ve Arzoğulları, 2014; Çalık, 2021). Bu yataklardan Eskişehir - Sivrihisar (Dumruca, Karacaköy, Karkın) çevresinde yüzeylenen opal ve agat yatakları (Atakay, 2002), Eskişehir –Dereyalak agat ve opalleri (Arzoğulları, 2007; Çalık ve Arzoğulları, 2008 ve 2014), Belkavak opalleri (Çalık, 2017), Kütahya -

Şaphane ve Karamancı köyü ateş opalleri (Esenli vd. 2001; Hatipoğlu, 2009; Uslu, 2011) ve Yazlıca agat ve opalleri (Çalık, 2021) ile ilgili birçok çalışma vardır.

Bu çalışma, Eskişehir ilinin güneybatısında yer alan Yenisoğça köyünün kuzeybatısında (Şekil 1) bulunan opal oluşumlarını kapsamaktadır. Yenisoğça opalleri olarak isimlendirilen opallerin jeolojisi, mineralojisi ve jeokimyasal özellikleri ilk olarak bu çalışma ile çalışılarak sonuçları verilmiştir.

TEMEL JEOLJİ

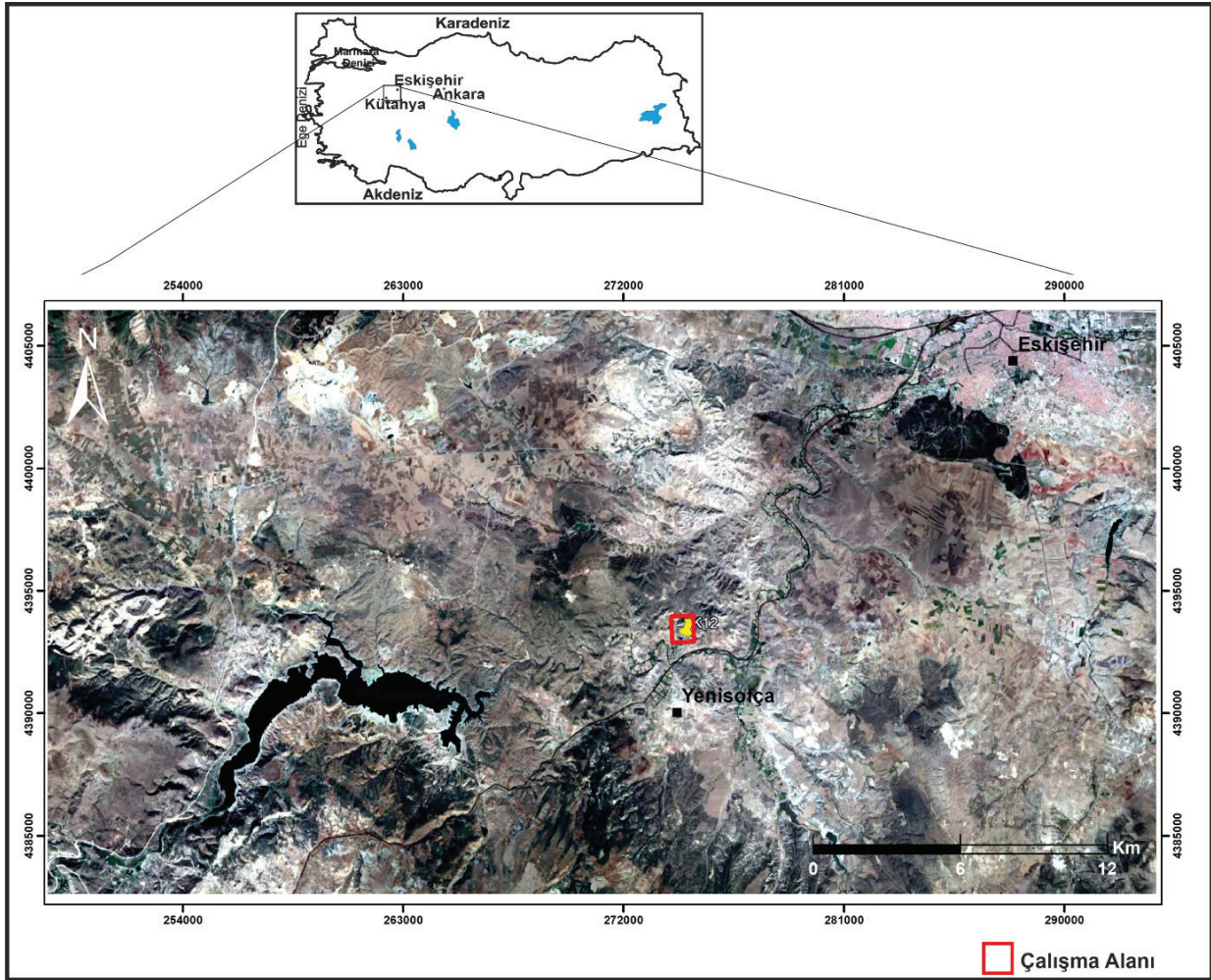
Eskişehir ilinin güneybatısında bulunan Yenisoğça Köyü'nün 3 km kuzeyinde yer alan (Şekil 1) opallerin yer aldığı çalışma alanı ve çevresi jeolojik olarak farklı kayaçlardan oluşan kaya birimlerini içermektedir. Üst Kretase yaşlı ofiyolitik birimler (genellikle serpantinit), Pliyosen (Gözler vd., 1996) yaşlı, çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, tuf, marn ve kireçtaşı araldanmasından oluşan lav ara katkılı sedimanter ve volkanik birimler ile Kuvaterner yaşlı alüvyal birimlerden oluşur (Şekil 2).

Çalışma alanının temelini, Geç Kretase'de neo-Tetis'in kapanması sürecinde geliştiği düşünülen (Göncüoğlu vd., 2000) ofiyolitik birimler oluşturur. Çalışma alanında ofiyolitler, yaygın olarak yüzeylenen serpantinitlerle temsil edilir. Yeşil renkli serpantinitler, başlıca serpantin mineralleri, kalıntı piroksen, olivin ve opak minerallerinden oluşur. Serpantinitlerde beyaz renkli, damarlar şeklinde manyezit ve sarı-kırmızımsı kahve renkli listvenitler izlenir.

Üst Kretase yaşlı ultramafik kayaçlar, çalışma alanı içerisinde çakıltaşı, kumtaşı, kiltası, tuf, marn ve kireçtaşı araldanmasından oluşan, lav ara katkılı Neojen sedimanter ve volkanik birimler tarafından uyumsuz olarak üzerlenir. Erken Eosen'de, Toros ve Sakarya kıtasal bloklarının çarpışma sonrasında, Batı Anadolu'da çarpışma sonrası meydana gelen volkanizma (Altunkaynak

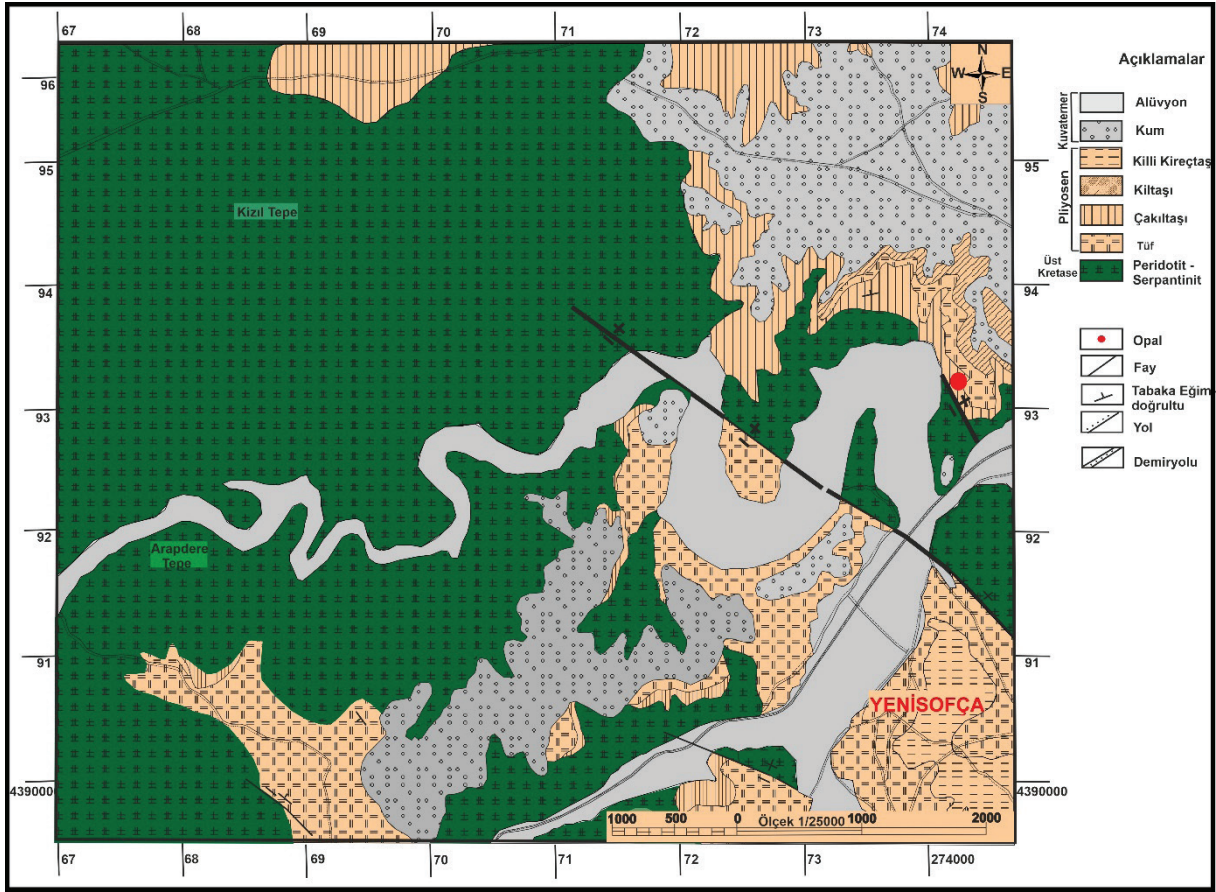
ve Özdilek, 2006) bölgesel ölçekte Geç Miyosen -Erken Pliyosen'de farklı zamanlarda, tüf ve volkanik breş (az miktarda), dasitik lav akıntıları, aglomera, riyodasit, trakiandezit ve trakit bileşimli ürünler vermiştir (Kulaksız, 1981). Bu volkanik aktivite etkisi, çalışma alanı çevresinde de felsik piroklastik kayalar (tüf) ve sedimanter birimlerle ara katkılı lav seviyeleri olarak görülür.

Yenisofça köyünün kuzeyinde yer alan opal oluşumları, çakıltaşları ile serpantinitle dokanağına yakın serpantinitle üzerine uyumsuz olarak gelen Pliyosen karbonatlı çakıltaşları içinde bulunurlar.



Şekil 1. Çalışma alanı bulduru haritası (<http://www.google.com/earth/-15.11.2021>'den düzenlenmiştir).

Figure 1. Location map of the study area (modified from <http://www.google.com/earth/-15.11.2021>).



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası (Özcan vd., 1989'dan düzenlenmiştir).

Figure 2. The geological map of the study area (modified after Özcan et al. 1989).

MATERYAL ve YÖNTEM

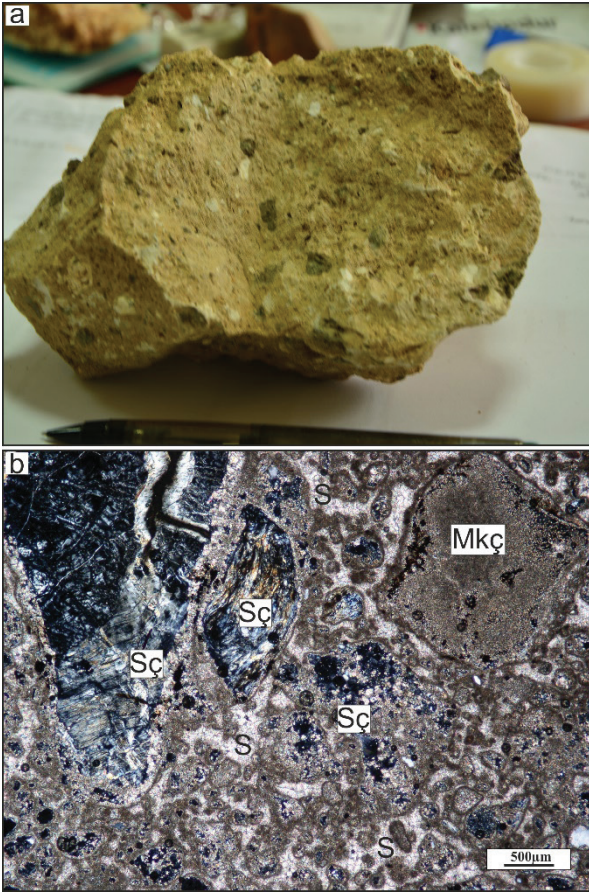
Yenisofça Opal Oluşumlarının jeolojisi ve mineralojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, arazi çalışmasında Eskişehir I24d2 1:25.000 ölçekli topoğrafya haritası kullanılmıştır. Yenisofça opalleri ve yan kayacın mikroskobik özelliklerini belirlenmek amacıyla ince kesitleri, Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü – ince kesit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Opallerin mineralojik özelliklerini belirlemek için X ışını kırınım analizi (XRD), Kale Seramik ARGE merkezi laboratuvarlarında yapılmıştır. Opallerin, dokusu ve element dağılımlarını belirlemek için ise Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) analizleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilim

ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÇOBİLTUM) SEM TEM NMR AFM ve RAMAN laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Altın - Paladyum (%80 - 20) kaplama yapılmış örneklerin yüzey analizleri ve EDS sistemi ile element dağılımı analizleri JEOL SEM 7100F SEM cihazı ve - Oxford Instruments X-Max marka EDX dedektörü ile gerçekleştirilmiş, 20 kV voltaj uygulanarak fotoğrafları çekilmiştir.

Tüm kayaç analizleri; Acme Labs Acme Analitik Laboratuvar Hizmetleri – Kanada'da majör oksitler ICP-AES kullanılarak, iz element ve nadir toprak elementleri için ICP – MS kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikroskop incelemeleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır.

ARAZİ İLİŞKİLERİ ve MİNERALOJİK - JEOKİMYASAL KARAKTERİSTİKLERİ

Opallere ev sahipliği yapan Pliyosen yaşlı karbonatlı çakıltaşı; bej renkte, değişik boyutlarda köşeli, kısmen köşeli, başlıca serpantin, lisfenit, mikritik kireçtaşı çakılları ile opal yumrularından oluşur (Şekil 3a). İnce kesit incelemelerinde; çakıllarla birlikte kuvars, biyotit ve çok az feldispat kristalleri mikritik dolgu maddesi içinde sparitik, yer yer de mikritik kalsit çimentosu ile birlikte bulunurlar (Şekil 3b). Kayaç içinde izlenen kristallerin (kuvars, biyotit ve alkali feldispat) kristal sınırları genellikle köşelidir.



Şekil 3. a) Opallere ev sahipliği yapan karbonatlı çakıltaşı örneği, b) Başlıca serpantin, mikritik çakıl taneleri ile sparitik bağlayıcı malzemeden oluşan karbonatlı çakıltaşının mikroskopik görünümü, çift nikol;4X (Mkç: mikritik çakıl, S: sparit, Sç: Serpantin).

Figure 3. a) Sample of carbonated conglomerate host rock, b) Crossed-polar light (XPL) view of carbonated conglomerate consists of mainly serpentine and micritic conglomerate within sparitic matrix, crossed-polar light;4X (Mkç- mikritik pebble, S: sparite, Sç:serpentine).

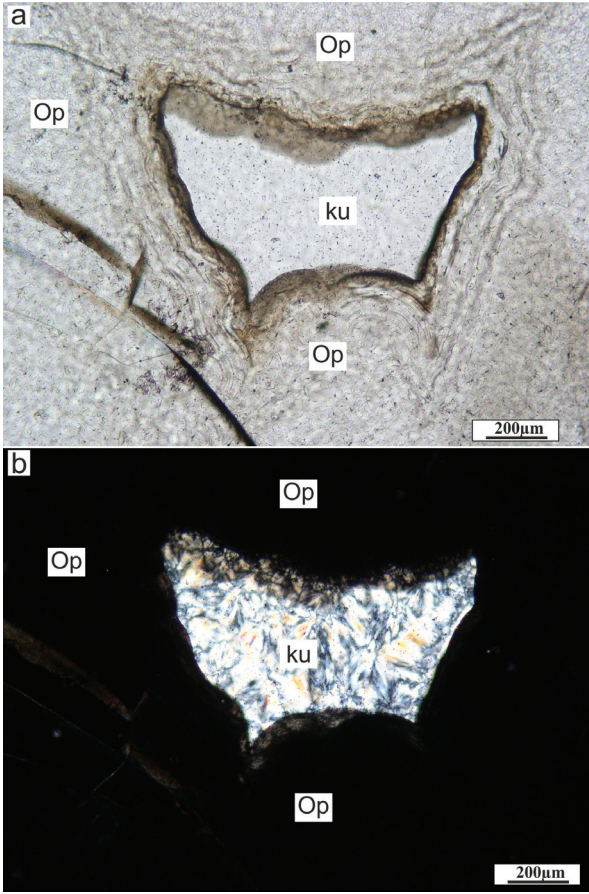
Pliyosen yaşlı karbonatlı çakıltaşı içinde bulunan Yenisofça opalleri, çapları 2-30 cm arasında değişen yumru veya mercek şekilli ve ana kaya içinde düzensiz şekilde bulunurlar (Şekil 4). Opallerde ana renk, beyazın tonlarında (Şekil 4), şeffaf, yer yer daha koyu grimsi olup renk açısından homojenlik göstermezler. Kısa dalga (254 nm) ultraviyole lambada sarı - yeşil floresans rengi gösterirler.



Şekil 4. Karbonatlı çakıltaşlarında gözlenen süt beyaz renkli, mercek şeklinde Yenisofça opalleri.

Figure 4. Milky-white, lens-shaped Yenisofça opal observed in carbonate conglomerate.

Yenisofça opallerinin polarizan mikroskop altında incelenmesinde izotrop özellik gösterirler ve opal içinde gözlenen boşluklar lifsi mikrokristalin kuvars tarafından doldurulmuştur (Şekil 5). Yenisofça Opallerinin mineralojik bileşimlerini belirlemek için yapılan XRD analiz sonuçları ile başlıca opal – CT olmak üzere, kuvars, dolomit ve sepiyolit bileşiminde olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Opallerin taramalı mikroskop analizleri sonucu, küresel ve lifsi doku tespit edilmiştir (Şekil 7a).



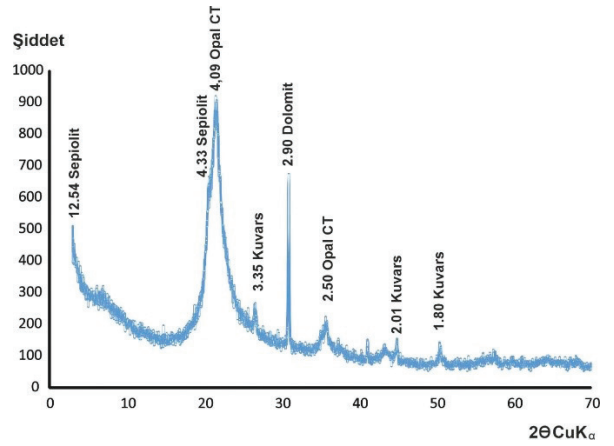
Şekil 5. Yenisoğça opalinin mikroskop altında görünümü; izotrop özellik gösteren opalde bulunan boşluklar lifsi özellik gösteren mikrokristalen kuvars ile doldurulmuş. **a)** Tek nikol (TN) konum - 10X, **b)** Çift nikol konum (ÇN) -10X (Op: opal, ku: kuvars).

Figure 5. View of Yenisoğça opal; the cavities in opal with isotropic properties are filled with microcrystalline quartz with chalcedonic fibrous properties. **a)** Parallel-polar light (PPL) – 10X, **b)** Crossed-polar light (XPL)-10X (Op: opal, ku: quartz).

Yenisoğça opal örneğine ait SEM element dağılımı sonuçlarından (EDS) ana element bileşimi Si (22,5 – 25,1 % ağırlık) ve O (50,3 – 55,6 % ağırlık) ile birlikte Mg (1,2- 2,5% ağırlık) ve Fe (0,4 – 0,5% ağırlık) olarak belirlenmiştir (Şekil 7b ve c).

Yenisoğça opalleri, başlıca silika (93,64 % ağırlık) bileşimindedir (Çizelge 1). Opallerdeki

MgO (0,70% ağırlık) ve Fe₂O₃ (0,80 % ağırlık) değerleri diğer element oksit yüzdelerinden yüksektir. Ba (21 ppm), Ni (177 ppm), Co (11,6 ppm), Sr (7.8 ppm), V (8 ppm) ve U (4,0 ppm) dışındaki iz element değerleri düşük oranlardadır (Çizelge 1). Uranyum değerinin yüksekliği güçlü sarı-yeşil floresans renginde de görülmektedir. Floresans özellik tüm opallerde görülmemekle birlikte yeşil ve mavi olmak üzere iki tür lüminesans tanımlanmış ve yeşil floresans rengin opallerdeki uranyum varlığı ile görüldüğü tespit edilmiştir (Gaillou vd., 2008).

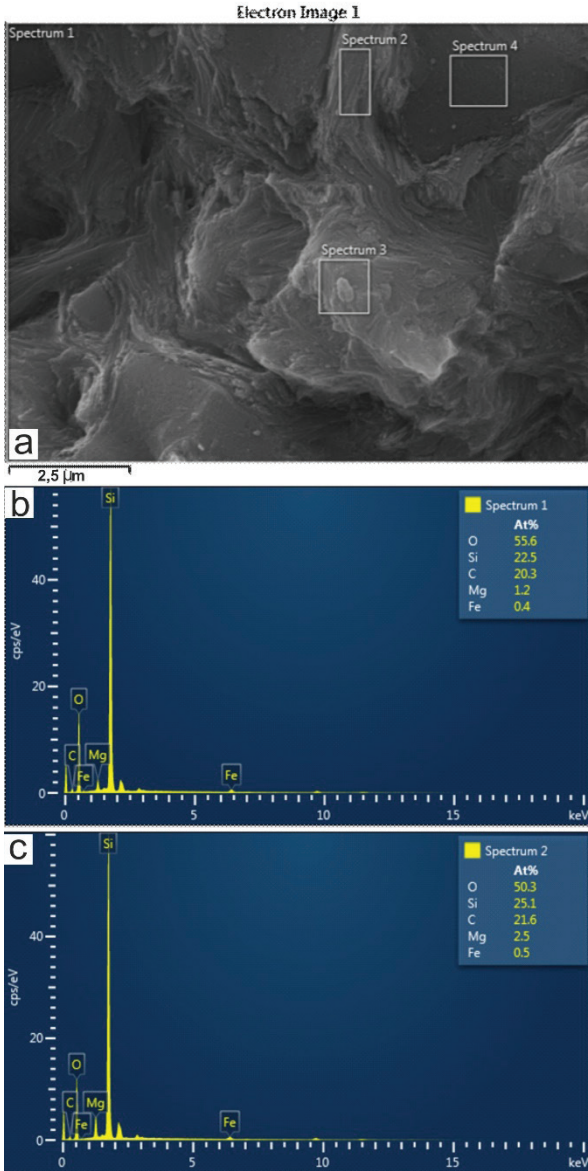


Şekil 6. Yenisoğça opaline ait XRD kırınım diyagramı.

Figure 6. XRD pattern of Yenisoğça opal.

Opal çakıllarının yer aldığı karbonatlı çakıltaşlarının CaO (20,85 % ağırlık) ve MgO (17,81% ağırlık) değerleri diğer element oksit yüzdelerine nazaran daha yüksektir. Karbonatlı çakıltaşlarına ait ateş kaybı (38,3 % ağırlık), karbonatlı çimento nedeniyle beklenildiği gibi yüksektir. Karbonatlı çakıltaşlarına ait Ba (113 ppm), Rb (25,3ppm), Ni (570 ppm), Co (35,9 ppm), Sr (735,3 ppm), Th (2,6 ppm), Y (7,3 ppm) ve Zr (16,7 ppm) gibi iz elementler değerleri opaller de tespit edilmiş değerlere göre daha yüksektir (Çizelge 1). Yenisoğça opallerinin nadir toprak elementleri ile bazı iz element değerlerinin kondrite göre normalize edilmiş çoklu element

dağılımını, karbonatlı çakıltaşlara ait çoklu element dağılımı ile karşılaştırdığımızda paralel bir uyum izlenirken opale ait U elementi dışındaki değerlerin ana kayaca göre daha düşük olduğu görülür (Şekil 8).



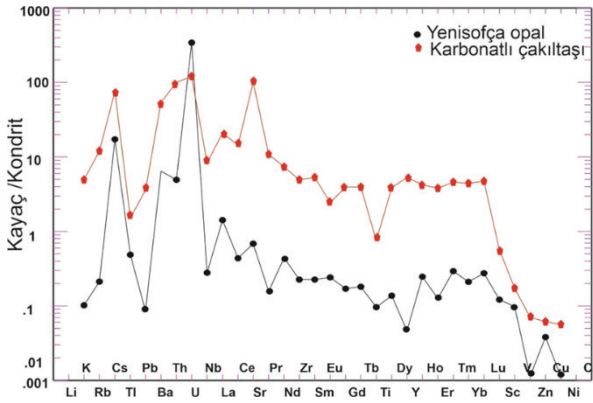
Şekil 7. a) Yenisofça opalinin SEM görüntüsü ile b) ve c) Yenisofça opale ait taramalı elektron mikroskop (SEM) ile yapılmış majör element dağılımları

Figure 7. a) SEM image of Yenisofça opal, b) & c) the major - element composition of the Yenisofça opal by Scanning electron microscope (SEM).

Çizelge 1. Yenisofça opal ve yan kayac (karbonatlı çakıltaşı) ortalama tüm kayac (ICP-AES) ve iz element (ICP-MS) analiz sonuçları. K12 O – Yenisofça opal; K12Y - karbonatlı çakıltaşı.

Table 1. Average chemical bulk (by ICP-ES) and trace element (by ICP-MS) analysis of the Yenisofça opal and the host rock rock. K12 O – Yenisofça opal; K12Y - carbonated conglomera.

Örnekler	K12 O	K12 Y
Oksitler (% ağırlık)		
SiO ₂	93,64	17,19
Al ₂ O ₃	0,11	2,02
Fe ₂ O ₃	0,8	2,71
MgO	0,7	17,81
CaO	0,20	20,85
Na ₂ O	0,01	0,12
K ₂ O	0,01	0,31
TiO ₂	0,01	0,05
P ₂ O ₅	0,01	0,02
MnO	0,02	0,06
Cr ₂ O ₃	0,023	0,101
LOI	4,5	38,3
Sum	100,01	99,61
İz Elementler (ppm)		
Ni	177	570
Sc	1	3
Ba	21	113
Be	1	1
Co	11,6	35,9
Cs	4,6	13,0
Ga	0,5	2,2
Hf	0,1	0,5
Nb	0,1	1,9
Rb	0,7	25,3
Sn	1	1
Sr	7,8	735,3
Ta	0,1	0,3
Th	0,2	2,6
U	4,0	0,9
V	8	9
W	0,5	0,5
Zr	1,2	16,7
Y	0,1	7,3
La	0,5	4,7
Ce	0,4	8,4
Pr	0,02	0,89
Nd	0,3	3,2
Sm	0,05	0,75
Eu	0,02	0,13
Gd	0,05	0,74
Tb	0,01	0,14
Dy	0,05	0,90
Ho	0,02	0,22
Er	0,03	0,58
Tm	0,01	0,10
Yb	0,05	0,67
Lu	0,01	0,11



Şekil 8. Yenisoğça opali ve içinde bulunduğu karbonatlı çakıltaşına ait kondirite normalize edilmiş (Sun ve McDonough, 1989) çoklu element diyagramı.

Figure 8. Multi-element diagram, normalized to chondrite (Sun and McDonough, 1989) for Yenisoğça opal and its host rock.

Çalışma alanında yapılan arazi gözlemleri, opallerin mineralojik (XRD), mikroskobik (polarizan mikroskop, SEM) ve jeokimyasal analiz (SEM - EDS, ICP-AES) sonuçları birbirleri ile uyumlu ve destekler özellik gösterirler.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Çalışma alanı ve çevresinin temelini, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik birimler, özellikle bölgede gelişmiş olan yoğun tektonik etkiler sonucu oluşmuş kırık ve fay düzlemleri boyunca hareket eden jeotermal suların etkisiyle susuz Fe-Mg bileşimli silikatlerin sulu Fe- Mg silikatlara (serpantin) dönüşmesi sonucu oluşan serpantinler oluşturur. Yukarıya doğru hareket eden akışkanların basınç düşmesi sonucu CO₂ bileşimli suların Mg bakımından zengin ultrabazik kayalarla reaksiyonu ile bu kayalarda damarlar ve düzensiz kütleler şeklinde mikrokristalli magnezitler oluşmuştur. Eskişehir – Kütahya bölgelerinde pek çok ekonomik öneme sahip manyezit yatakları (örnek; Süleymaniye, Margı Tutluca ve Nemli manyezit yatakları), mikrokristalli magnezitin CO₂ bileşimli suların Mg bakımından zengin ultrabazik kayalarla

reaksiyonu ile bu kayalarda damarlar ve düzensiz kütleler gelişimi ile oluşmuştur (Ece vd., 2005, Kahya ve Kuşcu, 2014).

Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar, çalışma alanı içinde Yenisoğça opallerine de ev sahipliği yapan Pliyosen yaşlı çakıltaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür. Yenisoğça köyünün kuzeyinde yer alan opal oluşumları, çakıltaşları ile serpantinlerin dokanağına yakın çakıltaşları içinde bulunurlar. Yenisoğça opalleri 2 ila 30 cm çapında, yumru şeklinde ana kaya içinde düzensiz şekilde bulunurlar. Renkleri, beyazın tonlarında, şeffaf, yer yer daha koyu grimsi olup renk açısından homojenlik göstermezler. Opallerin XRD analizleri, ana bileşim olarak opal CT, kuvars gibi silika fazlarının yanı sıra sepiyolit pikleri de içerir. SEM analiz sonuçlarında opallerde küresel doku ile birlikte lifsi doku tespit edilmiştir. Opal nodüllerinde izlenen lifsi doku, Eskişehir ve çevresinde önemli yataklara sahip sepiyolit nodüllerinde görülen lifsi dokuya benzerlik gösterir. XRD sonuçlarından elde edilen sepiyolit pikleri, SEM analizlerinde sepiyolitlerde görülen lifsi dokusal özelliğe benzerliği ve SEM (EDS), jeokimyasal veriler opal oluşumunun sepiyolit nodülleri ile olan ilişkisini göstermektedir.

Çalışma alanının kuzeydoğusunda yer alan Eskişehir ve çevresi, yüzyıllardır işletilen Türkiye'nin en önemli sepiyolit yataklarına (örnek; Sepetçi, Margı, Kayıköy, Sarısu ve Gökçeoğlu sepiyolit yatakları) ev sahipliği yapar. Bölgede yer alan sepiyolit oluşumları; nodül şeklinde (lületaşı) ve göl sedimentlerinde katmanlar ve mercerler şeklinde olmak üzere iki farklı şekilde bulunurlar (Ece ve Çoban, 1994; Ece, 1998; Sarıöz ve Işık, 1995; Sarıöz, 2000; Yeniyoğ, 2012). Nodül şeklinde bulunan masif sepiyolit; bölgede ofiyolitlerin çevresinde bulunan Neojen paleogölüne ait çakıllardaki magnezit çakıllarının diyajenez evresinde silisyumlu çözeltilerle replasmanı sonucu oluşmuştur (Ece ve Çoban, 1994).

Elde edilen veriler ile Yenisofça opal oluşumunun tek bir sürecin sonucunda oluşmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Önce, bölgede yaygın olarak izlenen serpantinitle, CO₂ bakımından zengin akışkanların Mg bakımından zengin ultrabazik kayalarla reaksiyonu ile damarlar ve düzensiz kütleler şeklinde özellikle fay düzlemleri boyunca mikrokristalli magnezit çakılları oluşmuş ve daha sonra bu çakılların paleogöl ortamında kıyı çizgisine yakın sığ kesimlerde silisli çözeltilerin replasmanı ile sepiyolit nodülleri oluşmuştur. Bir sonraki süreçte, manyezit ve sepiyolit nodülleri çakıltaşlarına taşınmış ve muhtemelen fay ve kırık düzlemleri boyunca hareket eden silisçe zengin çözeltiler tarafından sepiyolit ve manyezit çakıllarının replasmanı ile opaller oluşmuştur. Çözeltilerdeki silika kaynağı da Pliyosen devrine ait volkanik aktivitenin ürünü olduğu düşünülmektedir. Yenisofça opalleri, serpantinitle karbonatlı çakıltaşları kantağında fay düzlemine yakın izlenir. Arazi gözlemleri sırasında opal nodüllerinin bulunduğu çakıltaşları içinde sepiyolit ve manyezit çakılları bulunamamıştır. Bu da bu çakılların opalleşmiş olma düşüncesini desteklemektedir.

Eskişehir – Kütahya bölgesinde, çalışma alanına yakın (41 – 60 km mesafelerde) Dereyalak agat ve opalleri (kuzeybatıda)- Eskişehir, Belkavak opalleri (güneybatıda)- Kütahya ve Yazlıca agat ve opalleri (güneybatıda) - Kütahya yüzeylenir. Söz konusu agat ve opal oluşumları, serpantinitle çakıltaşları kantağına yakın fay düzlemleri boyunca Pliyosen çakıltaşları içinde nodüler formlarda bulunurlar. Bu alanlardaki agat ve opallerin XRD, DTA-TG, SEM ve jeokimyasal analiz sonuçlarında opal ve agatlarda sepiyolit varlığı tespit edilmiştir. Arazi çalışmalarında opal ve agatların yer aldığı çakıltaşlarında, bölgenin önemli sepiyolit ve manyezit yataklarına ev sahipliği yapmasına karşılık sepiyolit ve manyezit çakılları tespit edilememiştir. Arazi gözlemleri ve diğer analiz sonuçlarına göre; opal ve agat oluşumu

silisçe zengin, düşük sıcaklıklı çözeltilerin çakıltaşlarında bulunan sepiyolit nodüllerinin yerini alması ile oluşmuştur (Çalık ve Arzoğulları 2008; 2014; Çalık, 2017; Çalık, 2021).

Yenisofça opalleri bölgedeki diğer opal ve kriptokristalen kuvars mineralizasyonlarının (Dereyalak, Belkavak ve Yazlıca) jeolojik, mineralojik özelliklerine ve oluşum şekillerine benzer özellikler göstermektedir. Eldeki verilerle, Yenisofça opalleri, bölgede yer alan diğer opal mineralizasyonları gibi bir oluşum süreci ile muhtemelen faylar boyunca hareket eden silisçe zengin, düşük sıcaklıklı çözeltilerin çakıltaşlarında bulunan sepiyolit nodüllerinin yerini alması ile oluşmuş olmalıdır.

EXTENDED SUMMARY

The study area is located north of the village of Yenisofça which is southeast of Eskişehir. The ophiolitic unit, largely consisting of serpentinite, is the basement in the study area. Ophiolites are unconformably overlain by a Pliocene conglomerate consisting of silica nodules (seen as opals) and diverse types of pebbles and cobbles in a carbonate matrix. The main tectonic features of the study area are NW-SE-trending faults. The mineralization of the opal formation is observed near the fault zone at the contact between serpentinite and carbonated conglomerate. Yenisofça opal nodules formed with different sizes from 2 to 30 cm and display a disordered dispersion pattern within the host rock. The opal mainly has transparent, white, and gray colors and exhibits green luminescence under short-wave ultraviolet light.

Under the polarised-light microscope, the opals are isotropic and contain cavities filled with fibrous cryptocrystalline quartz. SEM images show that the interior structure of the opal comprises spherulitic texture and fibrous texture. The fibrous

texture seen in the opals resembles the fibrous texture of sepiolites. The XRD analyses revealed that Yenisořça opals mainly contain opal CT, quartz, and sepiolite. The ICP–MS analyses found that Yenisořça opal nodules mainly consist of silica (93.64 wt. %). All other major oxides are less than 0.2 wt. % with the exception of MgO (0.70 wt. %), and Fe₂O₃ (0.80wt. %). Some trace elements such as Ni (177 ppm), Ba (21 ppm), Co (11.6 ppm), Sr (7.8 ppm), and U (4.0 ppm) have relatively higher proportions. The major-element composition of opal, obtained from the SEM analysis, indicates that the concentration of Mg is abundant (between 1.2–2.5 %) within samples. The MgO and Mg might occur after sepiolite. A comparison between Yenisořça opal and host rock on a multi-element diagram normalized to chondrite (Sun and McDonough 1989) shows that Yenisořça opal and host rock both have the same trend. The difference only appears to be the variance in concentrations between agate and host rock. The opal generally has a lower concentration of most elements, with the exception that the U concentration within opal is higher than within the host rock. The high U concentration also explains the green luminescence under short–wave ultraviolet light of Yenisořça opal.

Sepiolite enrichments are found in the Eskişehir region. The sepiolite nodules are products of the diagenetic replacement of finely crystalline cobbles and pebbles of magnesite by alkaline formation waters in the shallow subsurface near the paleoshorelines of a paleolake (Ece and Çoban 1994). The sepiolite nodules are found in poorly-sorted conglomerate beds that are composed of gravels and small blocks of ultramafics, and the matrix is altered ultramafic rocks (Ece and Çoban 1994). Field observations show that the carbonated conglomerates, which are the host rocks for opal, consist of opal nodules, various types of cobbles and pebbles composed of serpentinite, listwaenite and limestone in a

matrix of micritic and/or sparitic carbonate. Magnesite and sepiolite nodules are not present in this conglomerate as might be expected. The magnesite and sepiolite nodules could have been present and may have been replaced by the opals via hydrothermal alteration.

In conclusion, XRD, SEM, and ICP-MS analyses of opals from Yenisořça clearly indicate that sepiolite exists in Yenisořça opal. Therefore, opal genesis in Pliocene conglomerates might be explained as a result of sepiolite replacement by opal due to silica-rich hydrothermal solutions. In addition, when a comparison is made between Yenisořça opal and the opal and cryptocrystalline quartz occurrences (e.g., Dereyalak agate – opal, Belkavak opal, Yazlıca agate) in the Kütahya and Eskişehir regions, they occurred under similar processes.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) FHD 2016 – 987 No’lu proje tarafından desteklenmiştir. Arazi çalışması sırasında katkı veren Kütahya Jeoloji Müzesi’nde görevli Sayın Tuncay KAHRAMAN’a yazar çok teşekkür eder.

ORCID

Ayten Çalık  <https://orcid.org/0000-0002-7295-1011>

KAYNAKLAR

- Altunkaynak, S. & Özdilek, Y. (2006). Timing and nature of postcollisional volcanism in western Anatolia and geodynamic implications. *Geological Society of America, Special Paper*, 409, 321 – 351.
- Arzoğulları, U. (2007). *Dereyalak Köyü (Eskişehir) Çevresindeki Agat ve Opal oluşumlarının Jeolojisi ve Ekonomik Önemi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Atakay, E. (2002). *Dumluca, Dümrek (Karacakaya), Karkın ve Karaçam (Adatepe) (Sivrihisar - Eskişehir) civarındaki silisleşmiş ultramafik kayaların maden jeolojik incelenmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çalık, A. ve Arzoğulları, U. (2008). Dereyalak köyü (Eskişehir) çevresindeki agat ve opal oluşumlarının jeolojisi ve ekonomik önemi. *Geosound*, 53, 219-232.
- Çalık, A. & Arzoğulları, U. (2014). Occurrence of dendritic agate from Dereyalak village (Eskişehir)-NW of Turkey and its relationship to sepiolite nodules in the region. *Journal of African Earth Sciences*, 97, 99-108.
- Çalık, A. (2017). Geology and Mineralogy of Belkavak Opal Occurrences - Kütahya, NW Turkey. In L. Karadenizli & S. Bonaz Aslan, *70th Geological Congress of Turkey, Abstracts Book, Ankara, Turkey* (pp. 120-121). https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/67967e4b442a097_ek.pdf
- Çalık, A. (2021). Genesis of the Pliocene conglomerate: Kütahya and Eskişehir—central west Anatolia, Turkey. *Arabian Journal of Geosciences* 14, Article 46. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06402-7>
- Ece, I. & Çoban, F. (1994). Geology, occurrence and genesis of Eskişehir sepiolites, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 42(1), 81-92.
- Ece, I. (1998). Diagenetic Transformation of Magnesite Pebbles and Cobbles to Sepiolite (Meerschaum) in the Miocene Eskişehir Lacustrine Basin, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 46(4), 436-445.
- Ece, I. Ö., Matsubaya, O. & Çoban, F. (2005). Genesis of hydrothermal stockwork-type magnesite deposits associated with ophiolite complexes in the Kütahya-Eskişehir region, Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen* 181(2), 191-205.
- Esenli, F., Kumbasar, I., Eren, R. E. & Uz, B. (2001). Characteristics of opals from Simav, Turkey. *Neues Jahrbuch für Mineralogie - Monatshefte* (3), 97– 113.
- Gaillou, E., Delaunay, A., Rondeau, B., Bouhnikle-Coz, M., Fritsch, E., Cornen, G. & Monnier, C. (2008). The geochemistry of gem opals as evidence of their origin. *Ore Geology Reviews*, 34, 113-126.
- Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A., Uysal, S. & Yalınız, M. K. (2000). A geotraverse across Northwestern Turkey: tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution. In: E. Bozkurt, J. A. Winchester, J. D. A., Piper, J. D. A. (Eds.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, 173 (pp. 139-161). Geological Society, London, Special Publication.
- Gözler, M. Z., Cevher, F., Ergül, E. ve Asutay, H. J. (1996). *Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi* (Rapor no: 997). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Hatipoğlu, M. (2009). Moganite and quartz inclusions in the nano-structured Anatolian fire opals from Turkey. *Journal of African Earth Sciences* 54(1-2) 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2009.01.004>
- Kahya, A. ve Kuşcu, M. (2014). Source of the mineralizing in ultramafic related magnesite in the Eskişehir area, northwest Turkey, along the İzmir - Ankara Suture: a stable isotope study. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 23, 1-15. <https://doi.org/10.3906/yer-1302-12>
- Kulaksız, S., 1981. Sivrihisar Kuzeybatı Yöresinin jeolojisi. *Hacettepe Üniversitesi, Yerbilimleri*, 8, 103 – 124.
- Özcan, A., Göncüoğlu, C. M. ve Turhan, N. (1989). *Kütahya – Çifteler – Bayat- İhsaniye Yöresinin Temel Jeolojisi*, (Rapor no: 8974). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Sarız, K. & Işık, E. (1995). Meerschaum from Eskişehir Province, Turkey. *Gems and Gemology*, 31(1), p. 42-51.
- Sarız, K. (2000). The geology, Mineralogy and Occurrence of Bedded Sepiolite Deposits in the Akçayır - Yürükakçayır (Eskişehir) Lacustrine Basin, Central Turkey. *Exploration and Mining Geology* 9(3-4) 265-275. <https://doi.org/10.2113/0090265>
- Simoni, M., Caucia, F., Adamo I., & Galinetto, P. (2010). New Occurrence of fire Opal from Bemia, Madagascar, Notes and New Techniques. *Gems & Gemology*, 46(2), 114-121.

- Sun, S. S. & McDonough, W. F. (1989). Chemical and Isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: a. D. Saunders, M. J. Norry, (Eds.), *Magmatism in the Oceans Basins*. Geological Society of London special Publication.
- Uslu, G. Ş. (2011). Simav (Kütahya) Bölgesindeki Ateş Opali Oluşumlarının Mineralojik -Petrografik Özellikleri ve Gemolojik Kullanım Alanları [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yeniyol, M. (2012). Geology and mineralogy of a sepiolite-palygorskite occurrence from SW Eskişehir (Turkey). *Clay Minerals*, 47(1), 93–104. <https://doi.org/10.1180/claymin.2012.047.1.93>



Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması
Investigation of the Geological, Geochemical and Gemological Features of Diaspore Formations on the Southwestern Side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas)

Eyyüp Hikmet Kınacı^{1*}, **Alican Öztürk²**

¹ *Batman Üniversitesi TBMYO Kuyumculuk ve Takı Tasarımı Bölümü, Batman*

² *Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ardıçlı Mah. Selçuklu, Konya*

• Geliş/Received: 07.03.2022 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 05.08.2022 • Kabul/Accepted: 05.08.2022
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 23.08.2022 • Baskı/Printed: 31.08.2022

Araştırma Makalesi/Research Article *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

Öz: Tarih öncesi çağlardan beri güzellik, zenginlik ve statü sembolleri olarak kullanılan süstaşlarına olan ilginin son yıllarda artması sonucunda bu konu ülkeler bazında önemli bir yere gelmiştir. Ülkemiz açısından değerlendirildiğinde Menderes Masifi, Türkiye boksit yataklarının yaygın ve en önemlilerinin gözlemlendiği alanların başında gelmektedir. Süstaşı kalitesindeki diaspor kristalleri ise sadece bu yataklar içerisinde oluşmaktadır. Yapılan bu çalışmada, Menderes Masifi'nin güneybatı kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) diaspor oluşumlarının mineralojik, jeokimyasal ve gemolojik özellikleri araştırılmıştır. İnceleme alanında gerçekleştirilen arazi çalışmalarında diaspor kristallerine Bafa Gölü ile Milas arasında yer alan Pınarcık bölgesinde kloritoid ve muskovit ile birlikte metaboksit oluşumları içerisinde yer yer de metaboksit kireçtaşı kantağına yakın altere zonlar içerisinde rastlanmıştır. Yankayaç numunelerinde yapılan petrografik analizler sonucunda grano-lepidoblastik dokulu “muskovit-kuvarşşist”, “kuvarşfillit”, “mika-kuvarşşist” ile lepidoblastik dokulu “fillit” ve nematoblastik dokulu “yeşilşist-klorit-epidot fels” kayalar tanımlamaları yapılmıştır. Derlenen 28 adet numune üzerinde yapılan anaokisit, iz ve nadir toprak element analizleri sonuçlarını değerlendirmek için Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 üçgen varyasyonu kullanılmış ve bu sınıflandırmaya göre, alınan boksit numunelerinin “ferrik boksit” ve “boksit” alanında olduğu belirlenmiştir. Numunelerde yapılan SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda numunelerin ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin de varlığı tespit edilmiştir. Raman Spektroskopisi çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında Pınarcık (PI) bölgesinden alınan numunelerin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($Mg(OH)_2$) ve ugit ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Pınarcık (PI) bölgesinden alınan 4 adet numune üzerinde FTIR analizi yapılmış ve bu analiz sonuçlarına göre numunelerin standart dalga boyu referanslarına istinaden uyumlu olduğu görülmüş ve bölgeden toplanarak fasetlenen numunelerin çeşitli renk varyasyonlarına sahip süstaşı kalitesinde diaspor kristali olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın değerli taş niteliğindeki diaspor mineralinin özelliklerinin anlaşılmasına, oluşumuna ve bölgede benzer oluşumların bulunmasına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Diaspor, FTIR, gemoloji, Menderes Masifi, Metaboksit, Milas, Raman Spektroskopisi, SEM-EDS, süstaşı.

Abstract: Interest in gemstones, which have been used as symbols of beauty, wealth and status since prehistoric times, has increased in recent years and taken an important place in many countries. The Menderes Massif is the most important area where bauxite deposits are observed in Turkey. Gemstone quality diaspore crystals are formed only

in these deposits. In this study, the mineralogical, geochemical and gemological features of the diaspor formations on the south-western side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas) were investigated. In field studies carried out in the study area, diaspor crystals were found in the Pınarcık region, located between Bafa Lake and Milas, within metabauxite formations together with chloritoid and muscovite, and in some places were encountered in altered zones close to the metabauxite limestone contact. As a result of petrographic analyses of the wallrock samples, grano-lepidoblastic textured "muscovite-quartzschist", "quartz-phyllite", "mica-quartzschist" and lepidoblastic textured "phyllite", and nematoblastic textured "greenschist-chlorite-epidote fels" rocks were identified. To evaluate the main oxide, traces and rare earth elements on the 28 collected samples, Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 triangular variation was used. According to the classification, the bauxite samples were determined to be in the "ferric bauxite" and "bauxite" areas. As a result of SEM imaging and EDS analyses performed on the samples, it was determined that the samples mainly contained O, Al and Si. K, Na, Fe, Ca and Mg were also found close to these elements. Using Raman Spectroscopy, in the light of matching values obtained from the microscope's own database, it was seen that the samples taken from Pınarcık (PI) region were diaspor, and brucite ($Mg(OH)_2$) and uggillite ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) minerals were also detected. In addition, FTIR analysis was performed on 4 samples taken from Pınarcık (PI) region and according to the results of their analysis, it was seen that the samples were compatible with standard wavelength references. It was scientifically proven that the samples collected from the region and subjected to facet processing are gemstone quality diaspor crystals with various color variations. This study will make an important contribution to understanding the properties of the gemstone quality diaspor mineral, its formation, and finding similar formations in the region.

Keywords: *Diaspor, FTIR, gemology, gemstone, Menderes Massif, metabauxite, Milas, Raman Spectroscopy, SEM-EDS.*

GİRİŞ

Gemoloji bilimi, değerli ve yarı değerli taşlar ile ilgilenen bilim dalıdır. Gemoloji, kapsadığı konular arasında taşların doğada tespitinden başlayarak, tanımlanması, işlenmesi, ticareti ve sertifika süreçlerini içine alır. Süstaşlarının keşfinden itibaren etkileyici görüntüleri sebebiyle, artan ilgiyle beraber araştırma, işleme ve inceleme yöntemleri de gelişmiştir (Read, 2005). Süstaşlarının değerini belirleyen en önemli özellikleri güzellik, dayanıklılık, nadirlik, işlenebilirlik ve parlaklıktır. Süstaşları doğadaki çeşitli fiziksel ve kimyasal koşullar altında, belirli basınç ve sıcaklık şartları altında oluşmuşlardır. Örneğin, yüksek sıcaklıklı magmadan silikatların kristalleşmesi, metamorfik koşullar altında kristallenme veya yeniden kristallenme, sulu çözeltilerden itibaren çökme, organik aktiviteler ile bunlardan ikisinin veya daha fazlasının aynı anda etkili olması sonucu süstaşları oluşabilmektedir.

Boksit çeşitli oranlarda; Al-oksit/hidroksit mineralleri (hidrarjilit, böhmit, diaspor), Fe-

oksit/hidroksit mineralleri (hematit, götit), kil mineralleri (kaolinit) ve rutil/anatas gibi titanyumoksit mineralleri içeren kayadır. Bu kayalar, aluminosilikatçe zengin mineraller içeren kayaların tropik veya yarı tropik iklim koşullarında ayrışması sonucunda bazı elementlerin (Ca, Mg, K, Na, Si, Fe) ayrışma yüzeyinde kısmen veya tamamen uzaklaşması ve geride Al'nin zenginleşmesi ile oluşurlar (Bárdossy ve Aleva, 1990; Hanılçı, 2013). Dolayısıyla bir boksit yatağının kökensel yorumunu yapabilmek için kaynak kayacık, ayrışma zamanı, ayrışma şartları, birikme ortamı, iklim, morfoloji, yüzey suları, ortamın pH'ı ve depolanma sonrasında geçirdiği değişimleri açıklamak gerekmektedir (Grubb, 1973; Bárdossy ve Aleva, 1990; Price vd. 1991, Hill vd., 2000, Temur vd., 2003).

Diaspor dünyada ilk defa 1800'lü yılların başında Ural dağlarında keşfedilmiştir. Ülkemizde ise 1950'li yıllarda Milas, Danişment-1 boksit ocağında fark edilen süstaş kalitesindeki diaspor kristalleri ikincil mineral olarak görülmüş

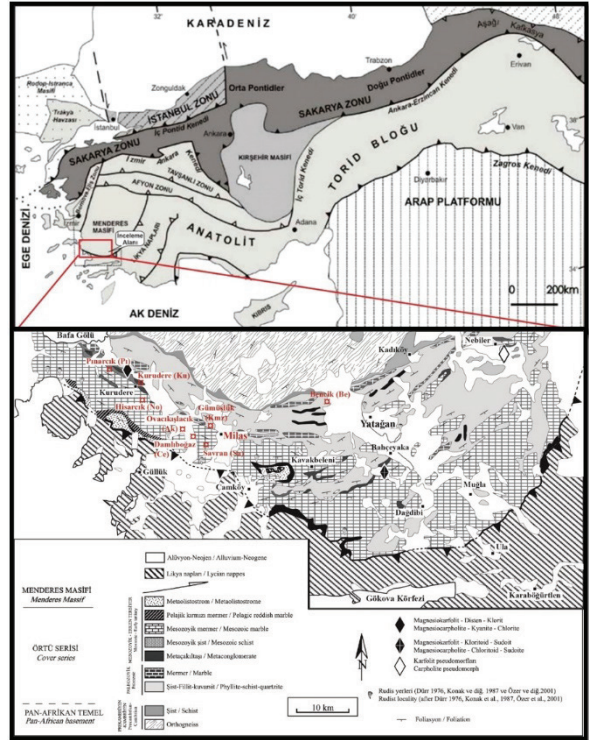
ve ekonomik olarak değerlendirilmemiştir. 1978 yılına kadar önemsenmeyen ve işçilerin inisiyatifine bırakılan diaspor kristallerinin bu yıla kadar olan üretim miktarı hakkında net bir şey söylemek mümkün değildir (Saatçioğlu, 2002).

Muğla ili Milas ilçesi sınırlarındaki metaboksit sahalarında diaspor kristalleri bulunmaktadır. Diaspor; AIO(OH) bileşimli, ortorombik sistemde kristalleşen, mükemmel dilinime ve camsı parlaklığa sahip bir mineraldir. Diaspor genel olarak kireçtaşı kontak ve çatlak sistemleri içerisinde tek ya da çoklu kristaller şeklinde bulunabilmektedir.

Diaspor kristalleri, ileri girişim renkleri ve yüksek optik engebelerinin yanı sıra özellikle iri kristallerin de mükemmel dilinimleri ile kolayca tanınırlar. Uzun prizmatik irice kristallerinde ayrıca bol sıvı kapanımının yanı sıra yer yer kloritoid kapanımlarına rastlanır (Lüle, 1998). Tüm bu safsızlıklara rağmen ülkemizden çıkarılan numuneler en önemli süstaşı numuneleridir.

İnceleme alanında yapılan arazi çalışmalarında diaspor kristallerine Bafa Gölü ile Milas arasında yer alan Pınarcık bölgesinde kloritoid ve muskovit ile birlikte metaboksit oluşumları içerisinde yer yer de metaboksit kireçtaşı kontakına yakın altere zonlar içerisinde gözlenmiştir. (Şekil 1).

Bölgedeki boksitlerin tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5-10 kb basınç ve 500-620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gipsit ve böhmitleerin diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşiklerin manyetite, killerin de muskovit ve kloritoid gibi minerallere dönüştüğü (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1984; Candan vd., 2001; Temur vd., 2003) düşünülmüştür. Ayrıca diasporun yaklaşık 420 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma ile korunda dönüşmeye başladığı ifade edilmektedir (Ramdohr ve Sturz, 1978).



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası (Dora, 2011).

Figure 1. Location map of the study area (Dora, 2011).

İnceleme alanındaki (Menderes Masifi) metaboksit ve diaspor oluşumları Göktepe napında Orta-Geç Triyas yaşlı mermerler ile Jura-Kretase yaşlı birimler arasında bulunurlar (Alan vd., 2019). Bu çalışma kapsamında bölgedeki metaboksit madenlerinin içinde yer alan diaspor ve bunlara eşlik eden diğer minerallerin belirlenmesi, oluşum koşullarının-biçiminin irdelenmesi, diasporun gemolojik özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Öte yandan, bu çalışmada yapılan gemolojik çalışmaların, Türkiye'nin diğer yörelerindeki değişik süstaşlarının da aynı yöntem ve disiplin ile incelenmesi çalışmalarına bir örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

MATERYAL ve METOD

Arazi çalışmalarında diaspor mineralizasyonu açısından önem arz eden çekirdek ve örtü birimleri kantağında ayrıntılı jeolojik, yapısal incelemeler yapılmış; bölgeyi temsil edebilecek sayıda ve nitelikte Pınarcık (PI), Hisarcık (NO), Ovacıkışlacık (AK), Bencik (BE), Damlıboğaz (CE), Gümüşlük (KMZ), Savran (SA), Kurudere (KU) bölgelerinden örnekler derlenmiş ve bunlardan 28 adet numune analize gönderilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında, numunelerin hazırlama işlemleri ve petrografik analizler; Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde, kimyasal analizleri ve gemolojik analizler ise yurtiçi ve yurtdışı akredite edilmiş laboratuvarlarda yaptırılmıştır.

Petrografik analizler

Derlenen numunelerden petrografik ince kesit hazırlanmıştır. Mineral tayinlerinde petrografik çalışmalar, taramalı elektron mikroskopu (SEM-EDS) ile lokal element tayini ve görüntüleme amaçlı kullanılarak tamamlanmıştır. Hitachi-SU 1510 cihazı ile 10 ve 100 µ yakınlaştırmada nokta ve haritalama yöntemleri ile kalitatif elementler analizi yapılmıştır. SEM-EDS görüntüleme işlemleri Necmettin Erbakan Üniversitesi BİTAM laboratuvarında yapılmıştır.

Jeokimya Analizleri

Çalışma sahasından alınan kayaç ve mineral numunelerinde jeokimyasal ve jeostatistiksel değerlendirmeler yapılabilmesi için alınan 28 adet numuneden tüm kayaç (ana oksit, iz element ve nadir toprak elementi) ve mineral kimyası analizleri yapılmıştır. Tüm kayaç analizi hem yan kayaç numunelerinden hem de diaspor bulunduran kayalardan ana oksit, iz element ve nadir elementleri bakımından bileşiminin tespitine yönelik olmuştur. Jeokimyasal incelemeler için sahadan derlenen numuneler çekiç

yardımıyla veya çeneli kırıcılardan geçirilerek 0,5 cm'nin altına indirilmiştir. Daha sonra 20-50 gr ağırlığındaki kayaç numuneleri otomatik havan veya agat havanlarda tane boyu 70 µ'un altına düşecek şekilde öğütülmüştür. Kimyasal analizlerin yurtdışında, Bureau Veritas (Kanada) Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Gemolojik Analizler

Süstaşı kalitesindeki diasporların şekillendirilmesi için Batman Üniversitesi TBMYO'da kabaşon şekillendirme yapılmış, faset şekillendirme işlemleri ise Turan DEMİRKAN'ın atölyesinde gerçekleştirilmiştir.

Süstaşı örnekleri az sayıda ve ekonomik olarak da önemli oldukları için gemolojide tahribatsız analiz yöntemleri tercih edilmektedir. Bu amaç ile MAGILABS GemmoFtir™ spektrometresi düşük gürültülü DLATGS- dedektörü ile donatılmış FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy/Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi) cihazı ile taramalar; 20 saniyelik bir ölçüm süresi için 4 cm-1 çözünürlükte elde edilmiştir. Bu yöntemler ile her bir numunenin karakteristik parmak izini tespit etmek sureti ile pikler oluşmuş ve bu pikler ise kimyasal tanımlama için kullanılmıştır.

Bir diğer tahribatsız tanımlama amaçlı kullanılan Renishaw inVia Reflex raman ile ölçümler 532 nm (45-50 mW) lazer ile X5 ve X100 objektifler kullanılarak 10 saniyelik ölçüm süresi boyunca ölçümler yapılmıştır. Ölçüm öncesi cihazın kalibrasyonu için silikon wafer kullanılmıştır.

Özgül ağırlık, renk, refraktif indeks ve FTIR analizleri süstaşı tanımlama amaçlı olarak MTA Mineraloji- Petrografi ve Gemoloji Birimi laboratuvarlarında, Raman Spektrometresi analizi ise FTIR analizini doğrulama amaçlı olarak Necmettin Erbakan Üniversitesi BİTAM laboratuvarlarında yapılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve BULGULAR

Bölge Jeolojisi

Türkiye, orojenik kuşak bakımından Alp-Himalaya kuşağının doğu-batı uzanımlı kısmına ait bir parçasıdır ve Gondwana ile Lavrasya arasındaki sınır bölgede bulunmaktadır. Bu kuşak içinde farklı yaşlardaki okyanusların açılması ve kapanması ile ilgili olan farklı okyanusal ve kıtasal birlikler mevcuttur. Yaş bakımından Paleozoyik ve Mesozoyik olan bu havzalar genel anlamda Tetis okyanusu olarak adlandırılır (Şengör, 1986; Okay, 2000). Paleozoyik ve Mesozoyik sırasında, Türkiye'yi meydana getiren farklı kıtasal bloklar/kütleler, Tetis Okyanusunun kenarlarında konumlanmışlardır (Okay ve Tüysüz, 1999; Okay, 2000).

Batı Anadolu'da yaklaşık 60.000 km²'lik bir alanı kapsayan Menderes Masifi bulunmaktadır (Dora vd., 1990). Menderes Masifi yaklaşık D-B uzanımlı Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Simav grabenleri tarafından bölünen dört alt masife ayrılmaktadır (Dora vd., 1990). Litostratigrafik incelemelerde Menderes Masifi çekirdek ve bunu üzerleyen örtü serileri olmak üzere ikiye ayrılmıştır (Schuiling, 1962; Dürr, 1975; Dora vd., 1990). Buna göre masifin çekirdek kesimini Prekambriyen-Kambriyen yaşlı granitik gnays, gözlü gnays, bandlı gnays ve migmatitik gnays gibi yüksek dereceli metamorfite oluşturmaktadır (Dora vd., 1990). Çekirdek kayalarının daha düşük dereceli şist ve mermerlerden oluşan Ordovisiyen-Paleosen yaşlı örtü serileri tarafından örtüldüğü ifade edilmiştir. Çekirdek ve örtü serilerinin dokanak ilişkisi konusunda araştırmacılar tam bir fikir birliğine varamamışlardır. Bazı araştırmacılar örtü serilerinin çekirdek birimlerini uyumsuz olarak üzerlediğini ifade ederlerken (Konak vd., 1987; Dora vd., 1990) bazıları tektonik dokanaklı olduğunu belirtmişlerdir (Şengör vd., 1984; Bozkurt vd., 1993).

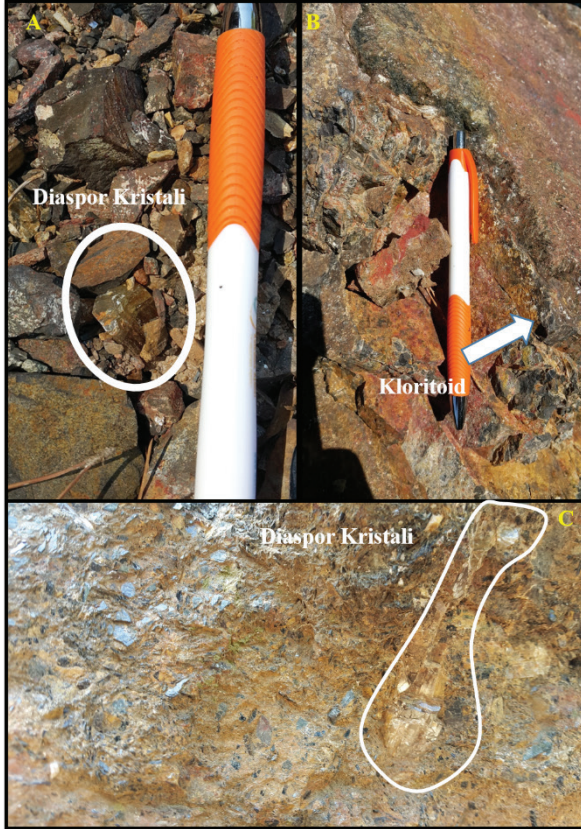
Örtünün alt seviyelerini oluşturan granatlı şistlerden Geç Devoniyen-Erken Karbonifer (Çağlayan vd., 1980; Konak vd., 1987); üst seviyeleri oluşturan karbonatlardan ise Vizeyen-Geç Permiyen yaşları tespit edilmiştir (Önay, 1949; Schuiling, 1962; Çağlayan vd., 1980). Böylece şist örtüsü Geç Devoniyen'den-Geç Permiyen'e kadar olan bir zaman aralığını temsil etmektedir. Mermer örtüsü şist örtüsünü oluşturan kayaların üzerine uyumsuz bir taban konglomerası ile gelir (Öztürk ve Koçyiğit, 1983; Çağlayan vd., 1980; Şengör vd., 1984; Konak vd., 1987). (1) Geç Triyas-Liyas yaşlı şistler, metavolkanikler ve rekrystalize kireçtaşları; (2) Jura-Erken Kretase yaşlı boksitli rekrystalize kireçtaşları; (3) Geç Kretase yaşlı rudist içeren rekrystalize kireçtaşları; (4) Geç Kretase-Paleosen yaşlı breşleşmiş pelajik kireçtaşları ve (5) Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı fliş, olistostromal fasiyesler içeren kristalize kireçtaşı ve serpantin blokları litolojilerinden oluşur (Dürr, 1975; Gutnic vd., 1979; Çağlayan vd., 1980; Şengör vd., 1984; Konak vd., 1987; Rimmelé vd., 2003).

Bölgedeki metaboksit oluşumları beyaz renkli rekrystalize kireçtaşı ile koyu renkli rekrystalize kireçtaşı (rekrystalize dolomitik kireçtaşı) sınırında karstik bir dolgu şeklinde gözlenmiştir. Diaspor oluşumları ise metaboksit ile rekrystalize dolomitik kireçtaşları kantağında karbonatlı altere zon içerisinde ve metaboksitlerin çatlaklarında genelde mika (muskovit)-kloritoid oluşumları ile birlikte gözlenmiştir (Şekil 2).

Yankayaç Petrografisi

Çalışma bölgesinden alınan 8 adet yankayaç numunesinin petrografik incelemeleri sonucunda kayaçlarda Kuvars (%7-81), Serisit (%71-89), Muskovit (%2-28), Plajiyoklas (Albit) (%1-7), Biotit (%4-15), Klorit (%4-23), Epidot (%1-40), Kalsit (%8), Sfen (titanit) (%2-3), Opak Mineral (%1), Turmalin (%1), Apatit (%1) tespit edilmiştir. Bu veriler doğrultusunda grano-lepidoblastik

dokulu “muskovit-kuvarşşist”, “kuvars-fillit”, “mika-kuvarşşist” ile lepidoblastik dokulu “fillit” ve nematoblastik dokulu “yeşilşist-klorit-epidot fels” kayac tanımlamaları yapılmıştır.



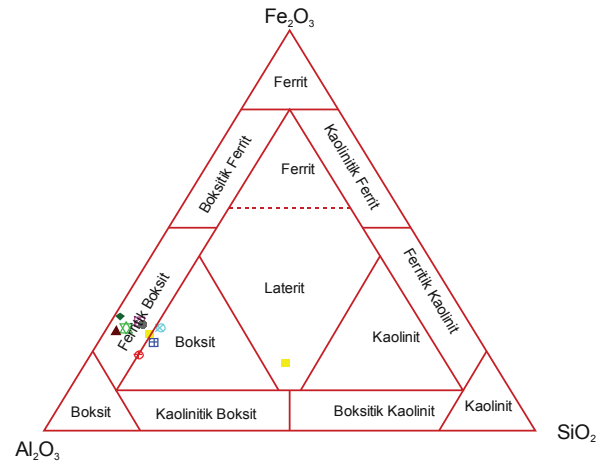
Şekil 2. Çalışma bölgesi diaspor oluşumları **A)** Diaspor kristali **B)** Diaspor ile birlikte bulunan kloritoid minerali **C)** rekristalize kireçtaşı içerisinde diaspor içeren cep şekilli oluşum

Figure 2. Diaspore formations in the study area. **A)** Diaspore crystal, **B)** Chloritoid mineral found with diaspore, and **C)** pocket-shaped formation containing diaspore in recrystallized limestone.

Jeokimyasal Bulgular

İnceleme alanında derlenen 28 adet numune üzerinde yapılan anaoksit, iz ve nadir toprak element analizleri sonucu lateritleşme derecesini,

mineral kontrolünü ve boksit sınıflandırmasını göstermek için $Al_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3$ 'ün üçgen varyasyonu (Aleva, 1994; Meshram ve Randive, 2011; Gu vd., 2013; Zamanian vd., 2016) kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırmaya göre alınan boksit numuneleri “ferrik boksit” ve “boksit” alanında görülmektedir. Laterit bölgesine düşen numune ise Gümüşlük bölgesindeki boksit yatağı üzerindeki ayrışma zonundan derlenen (KMZ-2-1) toprak oluşumudur (Şekil 3).



Şekil 3. $SiO_2-Fe_2O_3-Al_2O_3$ diyagramı (Aleva, 1994; Meshram ve Randive, 2011; Gu vd., 2013; Zamanian vd., 2016).

Figure 3. $SiO_2-Fe_2O_3-Al_2O_3$ diagram (Aleva, 1994; Meshram and Randive, 2011; Gu et al., 2013; Zamanian et al., 2016).

İnceleme alanının genelini temsil edecek şekilde alınan metaboksit ve diaspor numunelerinde Si oranı sırasıyla %0,88 - %15,52 ve %0,18 - %0,32 arasında değişmektedir (oksit değerler, elementsel değere çevrilmiştir). Anakitle (Numunelerin) aritmetik ortalama değeri (Gümüş, 1998, Krauskopf, 1979) oldukça altındadır.

Al değeri (diaspor) arasında olup ortalama değerleri ise sırasıyla 13'tür (Krauskopf, 1979, Çağatay vd., 1993). Ortalama değerler

yer kabuğundaki değerden yaklaşık sırasıyla 3 ve 5 kat fazladır. Fe ortalaması % (diaspor) olarak tespit edilmiştir. Alınan numuneler arasındaki en düşük değerler (metaboksit) ve (diaspor)'tür. %5 (Krauskopf, 1979, Çağatay vd., 1993) olan yer kabuğundaki Fe ortalamasının yaklaşık metaboksit) katıdır. Ti konsantrasyonu en düşük

diaspor); en yüksek ise %1,86 (metaboksit) ve) olarak tespit edilmiştir. Numunelerin ortalama değerleri ise (diaspor)'tür. Yer kabuğunda ortalama (Krauskopf, 1979, Çağatay vd., 1993) olup, ortalama değerden metaboksitler yüksek, diasporlar ise düşük özellik göstermektedir. (Çizelge 1).

Çizelge 1. İnceleme alanından alınan numunelerin Anaoksit (%) konsantrasyonu (Ort : Aritmetik ortalama).

Table 1. Majoroxide (%) concentration of the samples taken from the study area (Average: Arithmetic mean).

Numune No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	P ₂ O ₅
PI-7-1 (Diaspor)	0,48	83,9	0,74	0,02	0,02	0,02	0,02	0,015	0,06	0,01	0,07
PI-7-2 (Diaspor)	0,58	83,4	0,80	0,03	0,03	0,02	0,03	0,020	0,06	0,01	0,02
PI-7-3 (Diaspor)	0,68	83,0	0,92	0,05	0,05	0,01	0,06	0,026	0,06	0,01	0,01
PI-7-4 (Diaspor)	0,38	85,9	0,74	0,04	0,03	0,03	0,02	0,023	0,06	0,02	0,01
Ort	0,53	84,1	0,80	0,04	0,03	0,02	0,03	0,021	0,06	0,01	0,03
NO-1 (Kısmen Diaspor)	0,65	82,3	1,48	0,19	0,02	0,01	0,02	0,013	0,09	0,01	0,01
BE-1 (Kısmen Diaspor)	32,4	54,6	8,90	0,20	0,07	0,03	0,14	0,034	1,75	0,01	0,06
KMZ-1 (Kısmen Diaspor)	1,16	76,0	1,64	4,08	0,02	0,03	0,15	0,008	0,21	0,01	0,03
SA-1 (Kısmen Diaspor)	0,64	83,0	1,41	0,03	0,01	0,02	0,01	0,008	0,15	0,01	0,01
KU-1 (Kısmen Diaspor)	9,72	10,8	11,65	37,30	0,48	0,17	0,34	0,005	0,10	0,14	0,02
Ort	8,91	61,3	5,02	8,36	0,12	0,05	0,13	0,014	0,46	0,04	0,03
NO-2 (Metaboksit)	3,32	60,0	22,10	0,03	0,13	0,02	0,01	0,053	2,91	0,07	0,03
AK-2 (Metaboksit)	9,59	56,5	18,90	0,05	0,44	0,09	1,23	0,035	2,70	0,04	0,11
BE-2 (Metaboksit)	6,98	41,6	17,05	13,45	0,11	0,25	0,49	0,029	1,99	0,14	0,08
CE-2 (Metaboksit)	5,02	58,2	24,00	0,14	0,20	0,04	0,03	0,045	2,74	0,05	0,10
KMZ-2-1 (Metaboksit toprak oluşumu)	7,07	50,0	18,55	5,95	0,18	0,07	0,63	0,030	2,40	0,08	0,09
KMZ-2-2 (Metaboksit)	33,2	34,8	13,95	1,64	0,62	0,25	1,42	0,031	1,67	0,07	0,14
SA-2 (Metaboksit)	5,66	58,0	23,40	0,17	0,21	0,04	0,68	0,031	2,75	0,07	0,09
KU-2 (Metaboksit)	1,88	61,6	21,10	0,05	0,09	0,03	0,01	0,060	3,10	0,06	0,03
Ort	9,09	52,6	19,88	2,69	0,25	0,10	0,56	0,039	2,53	0,07	0,08
BE-3 (Kloritoid)	20,80	40,4	27,60	2,64	0,90	0,07	0,12	0,015	0,43	0,13	0,02
CE-3 (Kloritoid)	22,00	36,3	27,60	3,90	0,94	0,02	0,10	0,007	0,09	0,26	0,02
KMZ-3 (Kloritoid)	23,90	39,3	28,60	0,11	1,52	0,02	0,09	0,008	0,08	0,16	0,04
SA-3 (Kloritoid)	22,60	38,3	33,00	0,02	0,71	0,02	0,02	0,017	0,01	0,47	0,02
KU-3 (Kloritoid)	22,30	38,7	33,60	0,24	0,96	0,01	0,01	0,023	0,29	0,78	0,04
Ort	22,32	38,6	30,08	1,38	1,01	0,03	0,07	0,014	0,18	0,36	0,03
CE-4 (Muskovit/Margarit)	24,4	21,4	8,60	21,10	0,40	0,24	4,08	0,005	0,05	0,10	0,01
KMZ-4 (Muskovit/Margarit)	33,9	26,9	14,05	9,45	0,14	0,12	7,70	0,008	0,16	0,03	0,01
SA-4 (Muskovit/Margarit)	41,7	37,0	5,19	0,02	0,26	0,31	9,35	0,007	0,19	0,13	0,01
KU-4 (Muskovit/Margarit)	41,6	37,7	3,50	0,03	0,25	0,25	9,50	0,050	0,15	0,05	0,02
Ort	35,4	30,8	7,84	7,65	0,26	0,23	7,66	0,018	0,14	0,08	0,01
SA-5 (İlmenit)	3,3	10,1	80,60	0,03	0,11	0,02	0,08	0,036	3,71	0,07	0,03
CE-6 (Piritli oluşum)	15,3	58,8	5,92	0,04	0,15	0,19	2,71	0,030	2,63	0,01	0,06

Çalışma sahasından alınan numuneler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre iz elementlerin ortalama değerlerine bakıldığında V : 278 ppm, Ba : 202 ppm, Zn : 273 ppm, Ni : 226 ppm, Zr : 201 ppm, Ga : 66 ppm, Rb : 57 ppm, Y : 48 ppm ve Sc : 57 ppm değerleri ile belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır (Çizelge 2).

Analiz sonuçlarına göre derlenen numunelerdeki ortalama NTE konsantrasyonları; Ce : 106.3 ppm, La : 80.4 ppm, Nd : 54.30 ppm, Pr : 14.51 ppm ve Sm : 10.08 ppm değerleri ile belirgin bir şekilde öne çıkmaktadır (Çizelge 3).

Çalışma bölgesinden toplanan diaspor numuneleri kondirite (Haskin vd., 1968; Wakita

vd., 1971; Tanaka ve Masuda, 1973; Nakamura, 1974; Evensen vd., 1978; Taylor ve McLennan, 1981; Boynton, 1984) göre normalize edilmiştir (Çizelge 4) ve normalleştirme grafiği HNTE (hafif nadir toprak elementleri), MNTE (orta nadir toprak elementleri) ve ANTE (ağır nadir toprak elementleri)'e göre hazırlanmıştır (Şekil 4). Bu grafiğe göre; PI-7-2, PI-7-3 ve PI-7-4 diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirme grafiğinde belirgin bir uyum görülmektedir. PI-7-1 numunesi HNTE, MNTE'ye göre oldukça yüksek, PI-7-2, PI-7-3, PI-7-4 numunelerinde HNTE'ye göre kondrit değerlerinden fazla MNTE'ye göre kondrit değerlerine yakın ANTE'ye göre ise kondrit değerlerinden düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 2. İnceleme alanı iz element konsantrasyonu (ppm). (Ort : Aritmetik ortalama).

Table 2. Trace element concentration (ppm) in the study area. (Average: Arithmetic mean).

Numune No	Ba	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Sn	Sr	Ta	Th	U	V	W	Y	Zr	Ag	As	Cd	Co	Cu	Li	Mo	Ni	Pb	Sc	Zn
PI-7-1	5,5	0,17	92,9	0,2	0,3	1,4	1	2,7	0,1	41,9	0,06	29	1	13,3	12	0,5	5	0,5	1	3	10	1	13	10	1	8
PI-7-2	9,2	0,11	93,0	0,1	0,3	2,1	1	1,5	0,1	0,6	0,60	28	1	1,3	3	0,5	5	0,5	24	5	90	1	120	44	128	168
PI-7-3	14,0	0,21	93,6	0,1	0,3	3,4	1	1,8	0,1	0,8	0,08	27	1	1,1	3	0,5	5	0,5	1	7	10	1	7	8	2	8
PI-7-4	8,4	0,08	93,0	0,1	1,2	1,0	1	1,3	0,1	0,4	0,06	29	1	1,4	3	0,5	5	0,5	3	8	10	1	5	14	1	3
Ort	9,3	0,14	93,1	0,1	0,5	2,0	1	1,8	0,1	10,9	0,20	28	1	4,3	5	0,5	5	0,5	7	6	30	1	36	19	33	47
NO-1	3,8	0,07	78,9	0,2	0,5	0,7	2	0,7	0,1	2,2	0,31	49	1	4,3	6	0,5	9	0,5	1	3	10	1	6	5	4	10
BE-1	17,3	0,35	37,7	9,7	33,0	6,3	6	6,8	2,3	25,7	16,25	361	5	58,9	338	0,5	30	1,7	16	19	20	29	107	28	8	56
KMZ-1	19,1	0,51	80,3	0,7	3,1	6,9	1	8,2	0,1	13,7	0,44	59	1	7,8	30	0,5	6	0,5	3	14	10	1	12	12	5	19
SA-1	4,6	0,02	95,9	0,1	0,4	1,3	1	0,9	0,1	0,8	0,06	88	1	8,6	6	0,5	5	0,5	1	4	10	1	6	2	1	10
KU-1	30,9	1,99	17,4	0,7	2,0	18,1	2	104,5	0,1	5,6	2,05	65	1	34,3	30	0,5	24	2,5	56	63	50	12	195	19	54	254
Ort	15,1	0,59	62,0	2,3	7,8	6,7	2	24,2	0,5	9,6	3,82	124	2	22,8	82	0,5	15	1,1	15	21	20	9	65	13	14	70
NO-2	6,8	0,22	75,9	15,4	56,6	0,4	11	12,7	3,8	43,2	4,52	351	6	45,6	584	0,5	34	0,5	22	7	10	1	143	15	41	78
AK-2	126,0	4,96	72,5	15,0	50,4	64,2	11	67,9	3,6	48,9	7,58	401	6	167,0	547	0,5	10	0,5	47	27	50	1	396	34	37	183
BE-2	82,4	4,92	51,3	11,1	36,5	34,5	8	126,0	2,6	35,3	4,28	312	6	148,5	396	0,5	10	1,5	15	2	400	1	212	76	28	80
CE-2	12,7	0,28	72,0	15,2	51,6	1,0	11	34,6	3,6	48,1	6,83	428	9	173,5	540	0,5	17	0,5	21	4	10	1	427	19	36	179
KMZ-2-1	106,5	2,13	63,0	13,3	46,6	36,7	9	49,2	0,1	55,0	6,29	277	7	136,5	508	0,5	11	1,6	20	41	10	2	117	37	27	118
KMZ-2-2	246,0	6,73	49,1	10,6	37,4	91,4	7	62,9	0,1	31,6	5,30	242	6	77,0	409	0,5	22	0,5	30	46	60	2	140	42	23	150
SA-2	113,5	2,12	73,7	15,2	52,5	30,5	11	63,6	0,1	50,3	6,00	357	8	101,5	565	0,5	8	0,5	30	5	10	1	154	45	34	139
KU-2	4,2	0,42	77,1	18,0	72,6	0,6	13	11,2	0,1	33,0	4,32	309	11	43,5	670	0,5	8	0,5	25	6	10	1	130	16	45	89
Ort	87,3	2,72	66,8	14,2	50,5	32,4	10	53,5	1,8	43,2	5,64	335	7	111,6	527	0,5	15	0,8	26	17	70	1	215	36	34	127
BE-3	59,2	1,37	54,0	2,4	8,2	8,0	4	29,1	0,5	8,9	1,42	534	2	31,9	85	0,5	12	1,3	44	2	70	1	297	22	28	872
CE-3	52,2	0,45	51,1	0,6	1,9	3,8	6	9,6	0,1	4,2	1,24	368	2	12,6	19	0,6	16	3,4	68	82	70	5	467	21	41	985
KMZ-3	28,9	2,06	70,9	0,7	2,0	6,3	8	4,4	0,1	13,7	0,66	307	1	12,3	29	0,5	9	1,2	83	6	10	1	544	5	37	904
SA-3	13,4	0,47	62,5	0,4	0,3	0,8	5	1,2	0,1	13,7	0,50	217	1	6,0	20	0,6	17	2,2	197	110	100	1	689	20	87	812
KU-3	4,8	0,31	68,9	2,3	6,4	0,4	22	3,2	0,1	13,7	0,75	220	2	52,2	93	0,7	16	1,3	305	16	10	1	1510	8	185	791
Ort	31,7	0,93	61,5	1,3	3,8	3,9	9	9,5	0,2	10,8	0,91	329	2	23,0	49	0,6	14	1,9	139	43	52	2	701	15	76	873
CE-4	832,0	7,79	36,8	0,2	0,7	167,0	6	66,2	0,1	0,9	1,09	208	1	14,0	6	0,5	13	2,3	40	124	40	6	148	75	52	334
KMZ-4	1560	7,35	46,2	0,9	1,0	389,0	9	93,4	0,1	13,7	0,14	146	2	3,7	48	0,5	5	0,5	8	55	30	5	76	77	78	34
SA-4	1955	47,60	66,1	0,8	2,8	601,0	11	160,5	0,1	13,7	0,46	307	1	35,1	28	0,5	5	1,3	16	79	80	1	125	133	342	63
KU-4	4,5	0,22	70,2	2,5	11,2	0,5	15	17,2	0,1	13,7	1,80	225	4	45,2	95	0,7	5	0,5	12	5	170	1	137	116	226	99
Ort	1087,9	15,74	54,8	1,1	3,9	289,4	10	84,3	0,1	10,5	0,87	222	2	24,5	44	0,6	7	1,2	19	66	80	3	122	100	175	133
SA-5	19,4	0,33	22,7	1,3	5,2	4,7	11	7,4	0,1	13,7	0,78	1630	4	10,1	51	0,8	5	0,6	15	7	10	1	86	29	36	1110
CE-6	325,0	8,40	71,7	13,9	50,9	120,5	6	101,5	0,1	27,7	7,20	209	6	87,6	504	0,8	29	0,5	20	11	30	19	72	201	18	80

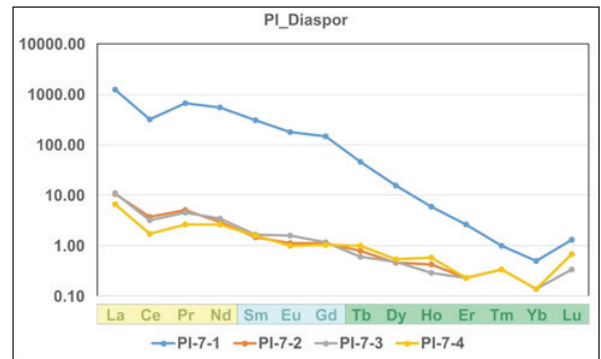
Çizelge 3. İnceleme alanından derlenen numunelerin NTE kimyasal analiz sonuçları ppm (Ort: Aritmetik ortalama).
Table 3. REE chemical analysis results of the samples collected from the examination area, ppm (Average: Arithmetic mean).

Numune No	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣNTE	ΣHNTE	ΣMNTE	ΣANTE
PI-7-1	416,00	277,00	79,80	346,00	62,60	12,55	39,90	2,28	5,20	0,41	0,58	0,03	0,11	0,04	1242,50	1118,80	115,05	8,65
PI-7-2	3,50	3,20	0,60	1,80	0,30	0,08	0,30	0,04	0,15	0,03	0,05	0,01	0,03	0,02	10,11	9,10	0,68	0,33
PI-7-3	3,60	2,70	0,55	2,10	0,33	0,11	0,32	0,03	0,16	0,02	0,05	0,01	0,03	0,01	10,02	8,95	0,76	0,31
PI-7-4	2,20	1,50	0,31	1,60	0,32	0,07	0,28	0,05	0,18	0,04	0,05	0,01	0,03	0,02	6,66	5,61	0,67	0,38
Ort	106,33	71,10	20,32	87,88	15,89	3,20	10,20	0,60	1,42	0,13	0,18	0,02	0,05	0,02	317,32	285,62	29,29	2,42
NO-1	1,40	2,00	0,27	1,50	0,35	0,09	0,63	0,11	0,83	0,18	0,51	0,07	0,55	0,08	8,57	5,17	1,07	2,33
BE-1	96,10	130,50	15,80	53,90	8,05	1,39	7,07	1,10	7,41	1,78	5,31	0,82	5,62	0,88	335,73	296,30	16,51	22,92
KMZ-1	46,00	61,50	7,73	27,50	3,78	0,58	2,03	0,24	1,11	0,21	0,59	0,11	0,75	0,11	152,24	142,73	6,39	3,12
SA-1	0,90	1,80	0,21	1,10	0,67	0,15	0,93	0,16	1,07	0,22	0,71	0,10	0,77	0,11	8,90	4,01	1,75	3,14
KU-1	46,80	58,40	9,44	36,70	6,39	1,02	5,06	0,67	3,91	0,83	2,37	0,29	1,96	0,27	174,11	151,34	12,47	10,30
Ort	38,24	50,84	6,69	24,14	3,85	0,65	3,14	0,46	2,87	0,64	1,90	0,28	1,93	0,29	135,91	119,91	7,64	8,36
NO-2	105,00	151,00	14,15	39,70	5,31	1,07	4,75	0,97	6,31	1,49	5,33	0,92	6,99	1,27	344,26	309,85	11,13	23,28
AK-2	212,00	304,00	41,00	155,00	27,60	5,33	21,90	3,04	18,25	4,09	12,10	1,73	11,60	1,96	819,60	712,00	54,83	52,77
BE-2	150,00	212,00	25,10	90,60	15,40	3,31	14,75	2,28	15,10	3,40	10,70	1,58	10,05	1,65	555,92	477,70	33,46	44,76
CE-2	286,00	320,00	51,20	175,50	34,00	7,06	28,10	4,75	29,30	6,11	18,15	2,84	19,85	3,16	986,02	832,70	69,16	84,16
KMZ-2-1	220,00	328,00	42,90	161,50	28,40	5,50	23,50	3,13	18,60	3,87	11,85	1,66	11,90	1,89	862,70	752,40	57,40	52,90
KMZ-2-2	122,50	203,00	23,00	83,20	14,85	3,04	12,70	1,83	11,50	2,40	7,53	1,02	7,19	1,14	494,90	431,70	30,59	32,61
SA-2	133,50	320,00	24,50	86,80	16,10	2,99	12,45	1,92	13,25	3,00	9,61	1,52	9,89	1,67	637,20	564,80	31,54	40,86
KU-2	92,90	152,50	12,60	45,70	10,70	2,44	8,61	1,20	6,15	1,30	4,53	0,78	7,15	1,33	347,89	303,70	21,75	22,44
Ort	165,24	248,81	29,31	104,75	19,05	3,84	15,85	2,39	14,81	3,21	9,98	1,51	10,58	1,76	631,06	548,11	38,73	44,22
BE-3	31,60	45,90	5,30	20,10	3,88	0,92	3,70	0,49	3,29	0,75	2,41	0,29	2,21	0,35	121,19	102,90	8,50	9,79
CE-3	11,30	17,80	3,45	17,80	5,83	1,21	4,48	0,54	2,61	0,47	1,13	0,18	1,33	0,23	68,36	50,35	11,52	6,49
KMZ-3	9,90	16,80	2,12	8,40	1,75	0,43	1,94	0,30	1,74	0,31	0,90	0,12	0,70	0,13	45,54	37,22	4,12	4,20
SA-3	2,10	1,70	0,91	5,10	2,01	0,45	1,75	0,20	0,98	0,16	0,47	0,05	0,30	0,05	16,23	9,81	4,21	2,21
KU-3	57,90	87,20	6,29	20,30	4,78	1,44	6,72	1,27	8,98	1,90	4,76	0,55	3,34	0,43	205,86	171,69	12,94	21,23
Ort	22,56	33,88	3,61	14,34	3,65	0,89	3,72	0,56	3,52	0,72	1,93	0,24	1,58	0,24	91,44	74,39	8,26	8,78
CE-4	3,00	5,60	1,08	6,30	3,29	0,98	3,73	0,49	2,26	0,40	1,09	0,14	1,06	0,17	29,59	15,98	8,00	5,61
KMZ-4	3,90	5,30	0,75	3,00	0,94	0,11	1,04	0,12	0,57	0,12	0,31	0,05	0,24	0,04	16,49	12,95	2,09	1,45
SA-4	36,50	30,60	6,00	23,80	6,41	1,62	6,02	0,85	4,62	0,93	2,58	0,33	1,86	0,29	122,41	96,90	14,05	11,46
KU-4	44,75	52,03	10,60	34,29	6,68	1,65	7,24	0,77	5,15	0,88	3,59	0,43	2,71	0,35	171,09	141,66	15,57	13,86
Ort	22,04	23,38	4,61	16,85	4,33	1,09	4,51	0,56	3,15	0,58	1,89	0,24	1,47	0,21	84,90	66,87	9,93	8,10
SA-5	13,60	31,00	2,58	9,00	1,78	0,38	1,39	0,21	1,23	0,33	0,93	0,13	0,86	0,14	63,56	56,18	3,55	3,83
CE-6	97,70	153,50	18,15	62,00	9,70	1,83	8,85	1,49	11,10	2,55	8,03	1,14	7,98	1,31	385,33	331,35	20,38	33,60

Çizelge 4. Çalışma bölgesinden alınan numunelerde bulunan NTE'lerin kondirite göre normalleştirilme çizelgesi, ppm (Ort: Aritmetik ortalama, St.S.: Standart sapma, Ns: Numune sayısı, A.L.: Alt limit, Ü.L.: Üst limit).

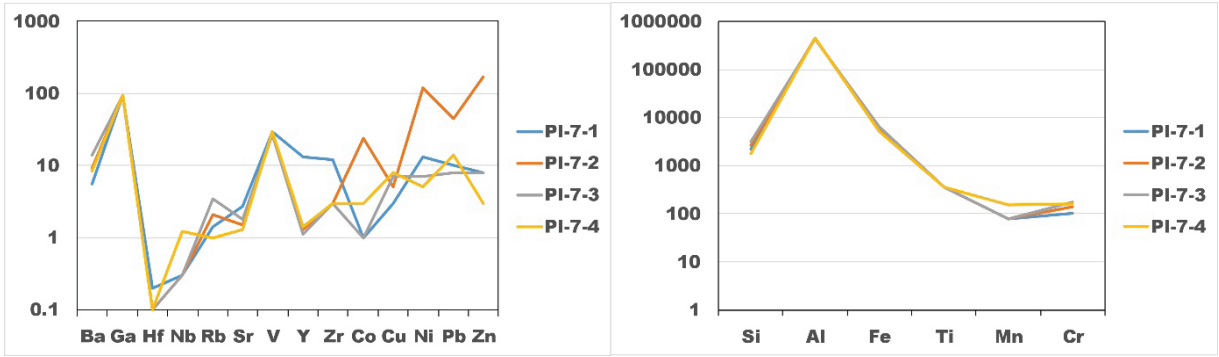
Table 4. Normalization chart of REEs found in the samples taken from the study area according to the conditiy, ppm (Mean: Arithmetic mean, St.S.: Standard deviation, Ns: Number of samples, A.L.: Lower limit, U.L.: Upper limit).

Numune No	NTE	HNTE (La-Nd)	MNTE (Sm-Gd)	ANTE (Tb-Lu)
PI-7-1 (Diaspor)	1242,5	1118,8	115,05	8,65
PI-7-2 (Diaspor)	10,11	9,1	0,68	0,33
PI-7-3 (Diaspor)	10,02	8,95	0,76	0,31
PI-7-4 (Diaspor)	6,66	5,61	0,67	0,38
Ort.	317,32	285,62	29,29	2,42
N.S.	4	4	4	4
St.S.	616,79	555,46	57,17	4,16
A.L.	6,66	5,61	0,67	0,31
Ü.L.	1242,50	1118,80	115,05	8,65



Şekil 4. Çalışma bölgesindeki diaspor numunelerinin kondirite göre normalleştirilmiş logaritmik (y eksenli) dağılım grafiği

Figure 4. Normalized logarithmic (y-axis) distribution plot of diaspor samples in the study region according to chondrite.



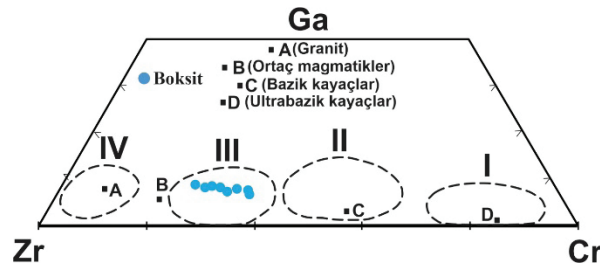
Şekil 5. Diaspor oluşumlarına ait bazı elementel haldeki oksit ve iz elementleri logaritmik (y eksenli) dağılım grafikleri.

Figure 5. Logarithmic (y-axis) distribution graphs of some elemental oxide and trace elements belonging to diaspor formations.

İnceleme alanındaki diaspor numunelerin renk değişimlerini belirlemek için renk değişimine sebebiyet verebilecek oksitlerin (elementel olarak) ve iz elementlerin kondritlere (Thompson, 1982; Pearce vd., 1984) göre normalize edilmiş halleri ve analiz değerleri karşılaştırmaları logaritmik olarak yapılmıştır (Şekil 5).

Numunelerde hafif nadir toprak element zenginleşmesinin (HNTE) orta (MNTE) ve ağır nadir toprak element (ANTE) zenginleşmesine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni kaynak magmaya üst kıta kabuğundan malzeme gelmesi olabilir. Ayrıca negatif Eu anomalisi gözlenmektedir. Negatif Eu anomalisinin belirgin olması bu kayaların gelişiminde plajiyoklaz ayrımlaşmasının önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Gill, 1981; Kalkan ve Özpınar 2018)

İnceleme alanındaki metaboksit ve diaspor oluşumlarının olası kaynağı aydınlatmak için Cr-Ni dağılımlarına göre metaboksit oluşumları karst boksit bölgesine düşmektedir. Ayrıca metaboksit numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumları (III) alanı içinde ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6).

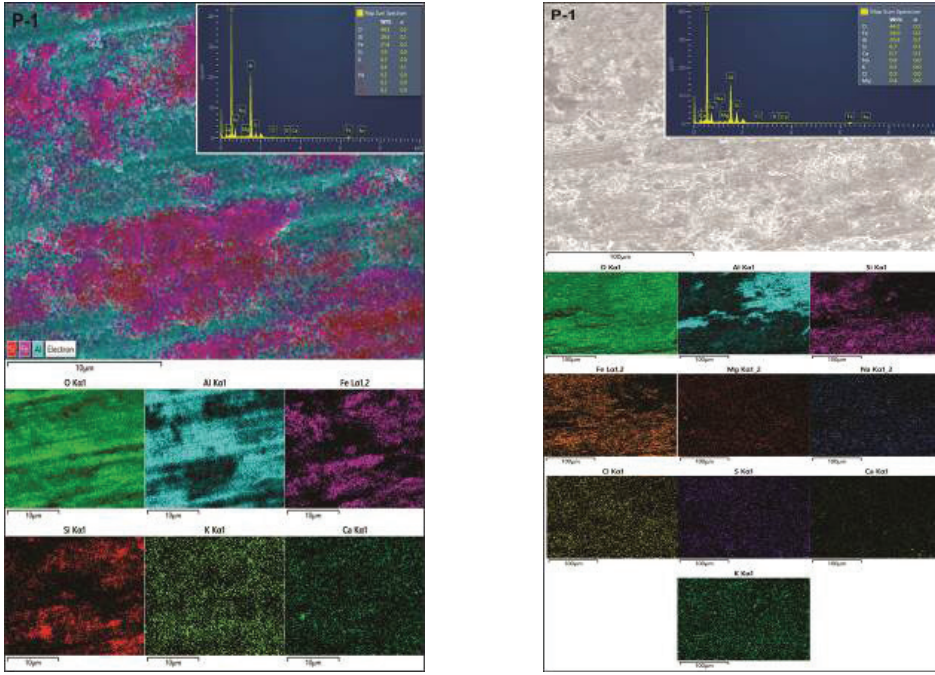


Şekil 6. İnceleme alanındaki metaboksitlerin olası kaynak kayac(lar)ını gösteren Zr-Cr-Ga üçgen diyagramı (I-Ultramafik, II-Mafik, III-Ortaç magmatik (veya killi) ve IV-Asidik) (Özlü, 1983'ten).

Figure 6. Zr-Cr-Ga triangle diagram showing the possible source rock(s) of the metabauxites in the study area (I-Ultramafic, II-Mafic, III-Ortaç (???) magmatic (or clayey) and IV-Acidic) (from Özlü, 1983).

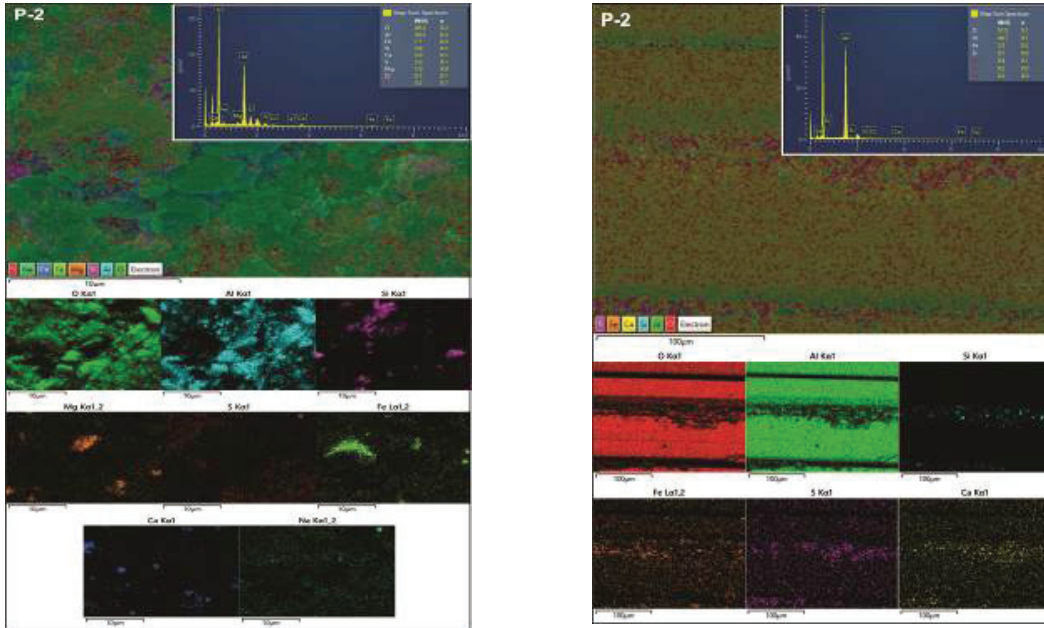
SEM-EDS Çalışmaları

Bölgeden derlenen 2 adet diaspor numunesinin kristal kafes yapısı içerisinde bulunabilecek elementlerin tespiti için yapılan noktasal ve haritalama yöntemi sonucuna göre oksijen %40-50 ve alüminyum ise %23-30 arasında belirlenmiştir. Numunelerde SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin de varlığı tespit edilmiştir (Şekil 7 ve 8).



Şekil 7. Pınarcık bölgesindeki P-1 nolu diaspor numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS nokta ve haritalama görüntüleri.

Figure 7. 10µ and 100µ magnification SEM-EDS dot and mapping images of the P-1 diaspore sample in Pınarcık region.



Şekil 8. Pınarcık bölgesindeki P-2 nolu diaspor numunesine ait 10µ ve 100µ büyütme SEM-EDS nokta ve haritalama görüntüleri

Figure 8. 10µ and 100µ magnification SEM-EDS dot and mapping images of the P-2 diaspore sample in Pınarcık region.

Raman Spektroskopisi Çalışmaları

Yapılan çekim sonucunda mikroskopun kendi veri tabanından alınan eşleşme değerleri ışığında örneklerin diaspor olduğu görülmüş, bunun yanı sıra brusit ($Mg(OH)_2$) ve ugilit ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 9).

Gemolojik Özelliklerin Belirlenmesi İçin Yapılan Çalışmalar

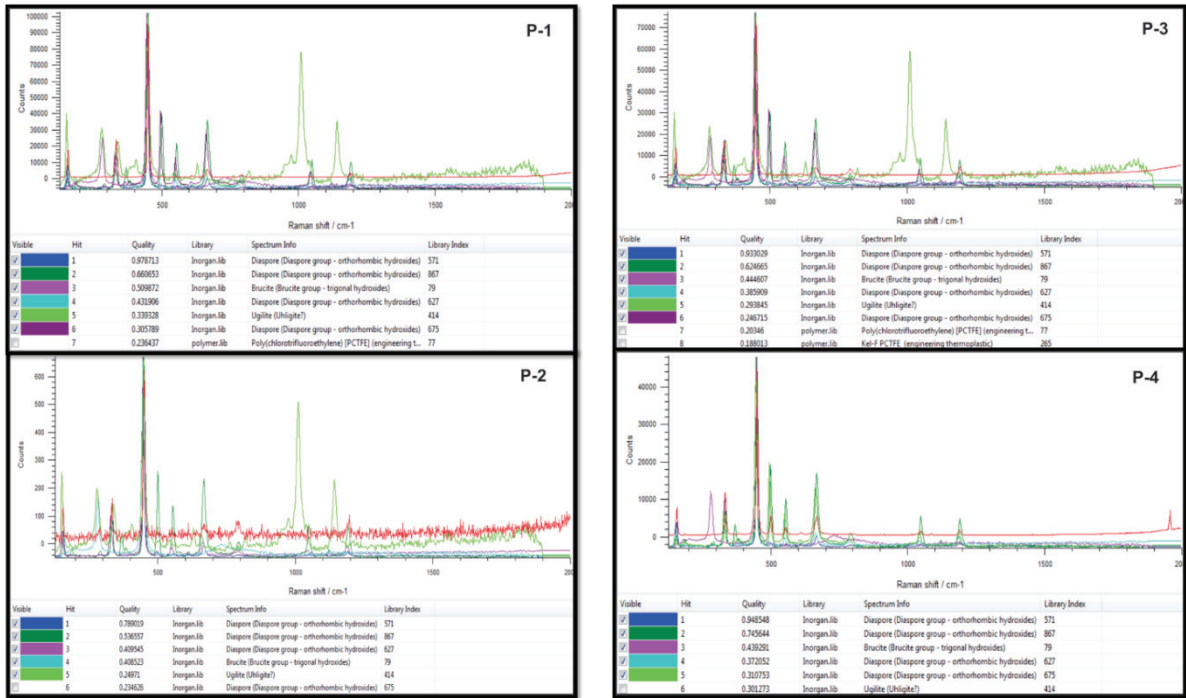
İnceleme alanından alınan 4 adet numune üzerinde FTIR analiz yapılmış ve bu analiz sonuçlarına göre numunelerin (kırmızı renkli) standart dalga boyu (mavi / siyah renkli) referanslarına istinaden uyumlu olduğu görülmüştür (Şekil 10).

Bölgeden toplanarak fasetlenen (Şekil 11) numunelerin çeşitli renk varyasyonlarına sahip süstaşı kalitesinde diaspor kristali olduğu bilimsel olarak kanıtlanmıştır.

Fasetlenen örnek üzerinde MTA laboratuvarlarında yapılan gemolojik tanımlama sonucu ise süstaşı örneğinin renk, ağırlık, boyut gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 5).

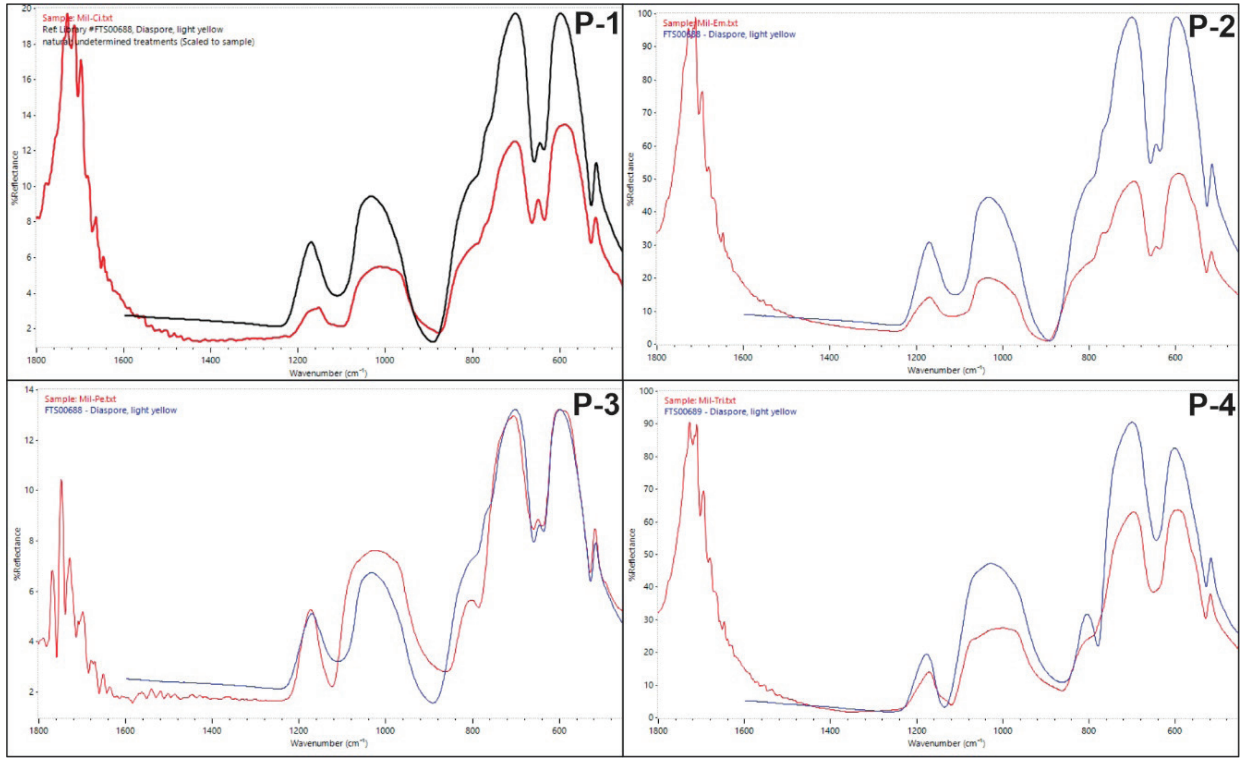
TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Boksitler uygun iklim, topografya ve jeolojik zaman içerisinde alüminyumca zengin ve kolay ayrışan kayalardan yüzey şartlarında çözünen bileşenlerin ortamdaki uzaklaşması ile gerçekleşen hacim azalmasına bağlı olarak ortaya çıkan kayalardır. Dolayısıyla bir boksit yatağının genetik yorumunu yapmak için kaynak kayaç, ayrışma zamanı, ayrışma şartları, birikme ortamı, iklim, morfoloji, yüzey suları, ortamın pH'ı ve depolanma sonrasında geçirdiği değişimleri açıklamak gerekmektedir (Grubb, 1973; Bárdossy ve Aleva, 1990; Oliviera ve Campos, 1991; Price vd., 1991, Hill vd., 2000, Temur vd., 2003).



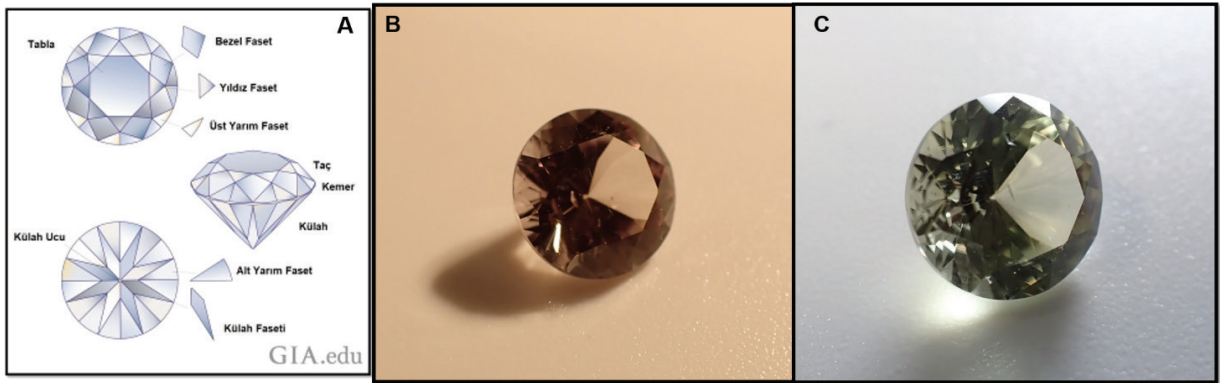
Şekil 9. Pınarcık bölgesine ait diaspor numunelerinde raman spektroskopisi ile tespit edilen mineral içerikleri.

Figure 9. Mineral content determined by Raman Spectroscopy in diaspore samples from Pınarcık region.



Şekil 10. Pınarcık bölgesinde alınan diaspor numelerine ait FTIR grafikleri (mavi çizgiler FTIR standartları, kırmızı çizgiler diaspor numuneleri).

Figure 10. FTIR graphs of diaspor samples taken in Pınarcık region (blue lines are FTIR standards, red lines are diaspor samples).



Şekil 11. Araziden derlenen diaspor numunelerin A) Yuvarlak - Pırlanta kesim (Brilliant Cut) (GIA, 2022) B ve C) Numunelerden kesilmiş örneğin sarı ışık ve beyaz ışık altındaki görüntüsü.

Figure 11. I Picture of the diaspor samples collected from the field. A) Round - Brilliant Cut (GIA, 2022). B&C) Picture of sample cut from samples under yellow light and white light.

Çizelge 5. İnceleme alanından derlenen numunelerin fiziksel özellikleri.**Table 5.** Physical properties of samples from the study area.

Numune Bilgileri	Genel Özellikler	Fenomen	Ağırlık ve Boyutlar	Kırılma İndisi
Numune Kayıt No: 21-H0063	Renk Yoğun Sarımsı Yeşil (Gün Işığı) Pembe (Sıcak Işık)		Ağırlık: 1,60 ct Boyutlar: Çap:~7,21 mm Yük.: 4,81 mm	RI: 1,70-1,75
Numune İşareti Mil-Ci	Saydam Camsı Parlaklık	Renk Değişimi		Çift Kırma Değeri: 0,048

Diaspor pek çok metamorfik boksit yatağının ana bileşenini oluşturmakla birlikte metamorfizma geçirmemiş yataklarda da bulunabilmektedir. Ayrıca Vracc (Yugoslavya) boksit yataklarında her üç mineralin de birlikte bulunduğunu ve diasporun doğrudan kaolinitten türediğini belirten Sinkovec (1971), bu mineralin yüzey koşullarında da oluşabileceğini öne sürmektedir (Karadağ vd., 2003)

Değişik miktarlarda Al içeren kayaçların atmosferik koşullarda bozunması sonucunda önce gibsit oluşmaktadır (Keller, 1964; Grubb, 1973). Boksit yataklarında diaspor ve böhmitten bulunuşu diyajenez ve metamorfizma ile açıklanmaktadır.

İnceleme alanındaki metaboksit cevherleşmelerinin Eu/Eu* değerleri (PAAS – Post-Archean Australian Shale) ortalama 1,05, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 1,28 (PI) değeri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların/çözeltilerin muhtemelen uzak bir volkanik kaynaktan türeyen rüzgarla/su (?) ile taşınan magmatik malzemenin bir karışımı/ türetilen baskın kırıntılı malzeme ürünü (Menderes masifine ait magmatikler, şist-fillit ve mafik sokulumlar) olarak düşünülebilir.

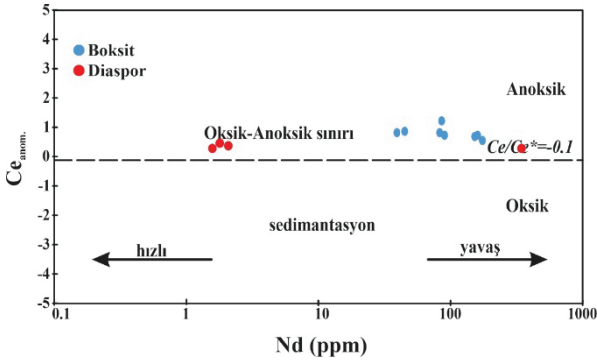
$Ce_{anom} - Nd$ diyagramına göre, Ce/Ce^* ($Ce_{anom} - NASC - North American Shale Composite$). $> -0,1$ ise, sedimanter depolanma ortamında cevherleşmelerinin oluştuğu veya depolandığı ortamdaki suyun oksijen bakımından yetersiz olduğunu, $Ce_{anom} < -0,1$ ise ortamdaki sedimanter

suyun oksijen bakımından zengin olduğunu göstermektedir (McLennan, S.M. ve Taylor, S.R. 1984; Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Rollinson, 1993; Jones ve Manning, 1994; Bau, M.ve Dulski, P. 1996; Özyurt vd., 2020). Altere olmuş/ayrışmış malzeme seryumca zenginleşebilir veya tükenebilir ve buna göre de pozitif veya negatif Ce anomalileri gösterebilmektedir. NTE'lerin çoğu için kararlı değerlik üç değerli olsa da Ce'nin hava koşulları altında redoksa duyarlı olduğu ve dört değerlikli duruma oksitlendiği gösterilmiştir (Taylor ve McLennan, 1995; Ma vd., 2007). NTE'lerin kondrite göre değerlendirilmesinde (Şekil 4) gözlenen Negatif Ce değerlerinin suboksik su kütlesi/deoksidize koşullar altında cevher oluşturma sürecinin muhtemelen olduğunu (Cao ve Li, 2017) ifade etmektedirler.

İnceleme alanındaki metaboksit cevherleşmelerinin Ce/Ce^* değerleri (NASC) ortalama 0,86, diaspor oluşumlarında ise ortalama olarak 0,40 (PI) değeri elde edilmiştir. Bu veriler ile bu oluşumların oksijen bakımından fakir bir ortamda (anoksik) ve boksit oluşum süreçlerinin yavaş, diaspor oluşum süreçlerinin ise hızlı bir şekilde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 12).

Bölgedeki boksitlerin ise tektonik hareketlere bağlı olarak gömülmesiyle yaklaşık 10-25 km derinlik, 5 - 10 kb basınç ve 500 - 620 °C sıcaklık şartlarında metamorfizma geçirdikleri ve bu metamorfizma ile gibsit ve böhmitten diaspor ve korunda dönüşürken demirli bileşikler manyetite,

killer de muskovit ve kloritoyid gibi minerallere dönüştüğü (Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1984; Candan vd., 2001; Temur vd., 2003) düşünülmüştür.



Şekil 12. Oksik, yarı oksik, anoksik ile redoks koşulları gösteren diyagram (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994).

Figure 12. Diagram showing oxid, semi-oxid, anoxic and redox conditions. (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994).

Ayrıca boksit oluşumları ile birlikte gözlenen pirit oluşumlarının ise demir sülfürleri ve sülfatları oluşturan kükürtün, boksitlerin üzerindeki kireçtaşlarının çökelişi sırasında deniz suyundan sağlanan sülfat iyonlarının boksitik malzeme içine filtre olması ve burada biyojeokimyasal işlemlerle sülfürlere indirgenmesiyle ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Öztürk et al., 2002). Kükürtün bir diğer kaynağı da karasal ayrışmayı ve ilişkili olarak toprak asitlenmesini sağlayan vejetasyon ya da karayı etkileyen volkanizma ve ilişkili asit yağmurlarından kaynaklı olabileceği belirtilmektedir (Öztürk ve Haniççi, 1999).

Ayrıca büyük iyon litofil elementler (K, Rb, Sr, Cs, Ba vb) genellikle feldispatlar ve mikalar gibi ana silikat minerallerinde bulunmaktadır. Bu elementler, ayrışma ve hidrotermal değişim sırasında oldukça hareketlidir ve kısmi erime, fraksiyonel kristalleşme, metasomatik değişim ve akışkan bileşen davranışı çalışmaları için uygun olmaktadır (Motoki, 2015). Yüksek Sr ve Ba

değerleri, kabuk kirliliğinin bu kayaçların oluşumu ve evrimi sırasında fraksiyonel kristalleşme ile etkili bir süreç olduğunu düşündürmektedir (Açlan ve Davran, 2019).

Al-silikatların ayrışmasından sonra kaolinit, montmorillonit veya gibsitin oluşması tamamen ortamın Eh-pH değerleri, Al_2O_3/SiO_2 oranı ve çözücü miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kaolinitin oluşması için ortamın pH değerinin 4 ve ağırlık olarak Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/2 olması, montmorillonitin oluşabilmesi için ortamın pH'ının 8-9 ve Al_2O_3/SiO_2 oranının 1/3 veya daha az olması gerekmektedir. Suyun az olduğu zamanlar gibsit, fazla olduğu zamanlar da ise killer ortaya çıkmaktadır (Seyhan, 1972). Boksit oluşum süreçlerini ortaya çıkarmak için ana ve eser elementlerin özellikleri ve dağılımları incelenmiş ve Al_2O_3/SiO_2 oranına (1,0-61,3) göre Al içeriği fazla olan killi/kırıntılı metamorfik-magmatik kayaçların boksit oluşumuna kaynaklık sağladığı ve zenginleşmenin birden fazla kez tekrarlandığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca inceleme alanındaki boksit ve diaspor numunelerinin Zr, Cr ve Ga içeriklerinin karşılaştırılmasında, boksit oluşumlarının ortaç magmatik veya killi bileşime sahip bir ana kayaya ilişkili olmasının yanı sıra diaspor oluşumlarının ise ultrabazik-bazik özelliklere yakın veriler sunduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan SEM görüntüleme ve EDS analizleri sonucunda ise inceleme bölgesindeki numunelerin ağırlıklı olarak O, Al ve Si içerdiği görülmüş, yakın çekimlerde ise bu elementlere ek olarak K, Na, Fe, Ca ve Mg'nin varlığı da tespit edilmiştir. Kimyasal analiz sonuçları ile EDS analiz sonuçları birbirini desteklemekte olup, numune taramaları esnasında farklı bir sonuç bulunmamıştır.

İnceleme alanından derlenen numunelerin fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından süstaşı nitelikleri taşıdıkları görülmüş ve bu numunelerin fasetleme işlemi sonucunda ekonomik sınıflandırmada değerli taşlar grubunda yer alabileceği tespit edilmiştir.

Diaspor kristallerinin kesimi sırasında %60'a varan miktarlarda fire verdiği tespit edilmiş bunun ise dilinim yapısından kaynaklandığı görülmüştür. Şeffaf olan örneklerin faset kesim işçiliğinin süstaşına kattığı ekonomik katma değerinin daha fazla olması nedeninden dolayı nihai ürün olan fasetlemenin ülkemizde yapılması süstaş sektörünün özellikle ihracata carat değer açısından katma değer olarak yüksek kazanç sağlayacaktır. Opak ve/veya yarı-şeffaf numuneler ise kabaşon şekillendirildikleri takdirde fire miktarı minimum düzeyde kalacaktır.

EXTENDED SUMMARY

The Menderes Massif is one of the most important areas of bauxite deposits in Turkey. Gemstone quality diaspor crystals are formed only in these deposits. In this study, the mineralogical, geochemical and gemological features of the diaspor formations on the southwestern side of the Menderes Massif (Bafa Lake, Milas, Muğla province) were investigated.

During field studies in the study area, diaspor crystals were encountered together with chloritoid and muscovite in the Pınarcık region, located between Bafa Lake and Milas, and also were observed in the altered zones close to the metabauxite limestone contact within the metabauxite formations (Figure 1).

As a result of the burial of bauxites in the region due to tectonic movements, they underwent metamorphism at approximately 10-25 km depth, 5-10 kb pressure, and 500-620 °C temperature. Due to this metamorphism, it is thought that while gibbsite and boehmite transformed into diaspor and corundum, ferrous compounds turned into magnetite and clays into minerals, such as muscovite and chloritoid (Şengör and Yılmaz, 1981; Şengör et al., 1984; Candan et al., 2001; Temur et al., 2003). In addition, the diaspor began to transform into corundum with

metamorphism at temperatures of about 420 °C (Ramdohr & Sturnz, 1978).

Metabauxite and diaspor formations in the study area (Menderes Massif) are found in Göktepe nappe between Middle-Late Triassic aged marbles and Jurassic-Cretaceous aged units (Alan et al., 2019). Metabauxite formations in the region were observed as a karstic filling at the border of white colored recrystallized limestone and dark colored recrystallized limestone (recrystallized dolomitic limestone). Diaspor formations, on the other hand, were observed in the carbonate altered zone at the contact of metabauxite and recrystallized dolomitic limestones and in the fractures of metabauxites, generally together with mica (muscovite)-chloritoid formations (Figure 2).

As a result of petrographic examination of 8 wall-rock samples taken from the study area, Quartz (7-81%), Sericite (71-89%), Muscovite (2-28%), Plagioclase (Albite) (1-7%), Biotite (4-15%), Chlorite (4-23%), Epidote (1-40%), Calcite (8%), Sphen (titanite) (2-3%), Opaque Mineral (1%), Tourmaline (1%), and Apatite (1%) were detected. Based on these data, grano-lepidoblastic textured "muscovite-quartzschist", "quartz-phylite", "mica-quartzschist", lepidoblastic textured "phylite" and nematoblastic textured "greenschist-chlorite-epidote fels" rocks were defined.

As a result of mainoxide, trace and rare earth element analyses on 28 samples collected from the study area, the triangular variation of Al_2O_3 - SiO_2 - Fe_2O_3 (Aleva, 1994; Meshram and Randive, 2011; Gu et al., 2013; Zamanian et al., 2016) was used to show the degree of lateritization, mineral control, and bauxite classification. According to the classification made, bauxite samples are seen in the "ferric bauxite" and "bauxite" areas. The sample falling in the laterite region is the soil formation (KMZ-2-1) collected from the weathering zone on the bauxite deposit in the Gümürlük region (Figure 3).

The Si ratios in the metabauxite and diaspor samples taken to represent the overall study area vary between 0.88-15.52% and 0.18-0.32%, respectively (oxide values converted to elemental values). The arithmetic average value of the population (samples) is 4.25% (metabauxite) and 0.25% (diaspor); these values are well below the Si average (27.72%) in the earth's crust (Silver, 1998, Krauskopf, 1979).

The Al value is between 16.27-28.80% (metabauxite) and 38.80-40.15% (diaspor) and their average values are 24.59% and 39.31%, respectively. The Al value in the Earth's crust is 8.13% (Krauskopf, 1979, Çağatay et al., 1993). Average values are approximately 3 and 5 times higher, respectively, than the value in the Earth's crust. Fe average was determined as 13.90% (metabauxite) and 0.56% (diaspor). The lowest values among the samples taken were 9.76% (metabauxite) and 0.59% (diaspor); the highest values were 16.79% and 0.64% (diaspor). This is approximately 2.5 (metaboxide) times the average Fe in the Earth's crust, which is 5% (Krauskopf, 1979, Çağatay et al., 1993). The lowest concentration of Ti was 1.00% (metaboxide) and 0.04% (diaspor); the highest was determined as 1.86% (metaboxide) and 0.04% (diaspor). The average values of the samples are 1.52% (metabauxite) and 0.04% (diaspor). The average value in the Earth's crust is 0.44% (Krauskopf, 1979, Çağatay et al., 1993), and the average value is higher for metabauxites and low for diaspores (Table 1).

According to the results of chemical analyses on the samples taken from the study area, when the average values of trace elements are examined, V: 278 ppm, Ba: 202 ppm, Zn: 273 ppm, Ni: 226 ppm, Zr: 201 ppm, Ga: 66 ppm, Rb: 57 ppm, Y: 48 ppm and Sc: 57 ppm values stand out clearly (Table 2). The average REE concentrations in the samples compiled according to the analyses results were

detected as: Ce: 106.3 ppm, La: 80.4 ppm, Nd: 54.30 ppm, Pr: 14.51 ppm and Sm: 10.08 ppm (Table 3).

Diaspor samples collected from the study area were normalized according to chondrite (Haskin et al., 1968; Wakita et al., 1971; Tanaka and Masuda, 1973; Nakamura, 1974; Evensen et al., 1978; Taylor and McLennan, 1981; Boynton, 1984) (Table 4). The normalization graph was prepared according to LREE (light rare earth elements), MREE (medium rare earth elements) and HREE (heavy rare earth elements) (Figure 4). According to this graph, a clear agreement is seen in the normalization graph of PI-7-2, PI-7-3 and PI-7-4 diaspor samples, in accord with chondrite.

In order to determine the color changes of the diaspor samples in the study area, the normalized states according to the chondrites of the oxides (elementally) and trace elements that can cause color changes (Thompson, 1982; Pearce et al., 1984) and analysis values were compared logarithmically (Figure 5).

It is seen that light rare earth element (LREE) enrichment in the samples is higher than medium (MREE) and heavy rare earth element (HREE) enrichment. This may be due to material coming from the upper continental crust to the source magma. In addition, a negative Eu anomaly is observed. The significant negative Eu anomaly indicates that plagioclase differentiation plays an important role in the development of these rocks (Gill, 1981; Kalkan & Ozpinar 2018).

According to the Cr-Ni distribution made to elucidate the possible source of the metabauxite and diaspor formations in the study area, the metabauxite formations fall into the karst bauxite region. In addition, comparison of the Zr, Cr and Ga content of the metabauxite samples shows that the bauxite formations (III) have a bedrock with intermediate magmatic or clayey composition (Figure 6).

Pursuant to the results of the point and mapping method carried out for determination of the elements that can be found in the crystal lattice structure of 2 diaspore samples collected from the region, oxygen was determined between 40-50% and aluminum between 23-30%. As a consequence of SEM imaging and EDS analyses, the samples mainly contain O, Al and Si, and the presence of K, Na, Fe, Ca and Mg in addition to these elements was detected in close-ups (Figure 7 & 8).

As a result of the Raman Spectroscopy images in the light of the match values obtained from the microscope's own database, it was seen that the samples were diaspore, as well as brucite ($Mg(OH)_2$) and ugilite ($Ca_3(Ti, Al, Zr)_9O_{20}$) (Figure 9).

FTIR analysis was performed on 4 samples taken from the study area and according to the findings it was seen that the samples (red color) were compatible with reference to the standard wavelength (blue / black color) references (Figure 10).


Our research proved scientifically that the faceted samples collected from the region (Figure 11) are gemstone quality diaspore crystals with various color variations. From the gemological identification made on the faceted sample in the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) laboratories, the physical properties of the gemstone sample such as color, weight and size were determined (Table 5).

It was determined that diaspore crystals shrank to 60% during cutting because of the cleavage structure of crystals. Due to the fact that the added economic value provided by the facet cutting workmanship of the transparent samples to the gemstone is higher, faceting the final product in Turkey will provide a higher value in the gemstone sector, especially in terms of the carat value for exports.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Konya Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Koordinatörlüğü (BAP Proje No: 201107007) tarafından desteklenmiştir.

ORCID

Eyyüp Hikmet Kinacı  <https://orcid.org/0000-0002-0267-7387>

Alican Öztürk  <https://orcid.org/0000-0003-2748-6322>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Açlan, M., ve Davran, N. (2019). Karlıca Volkanitlerinin (Hamur-Ağrı) Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, 40 (1), 72-91.
- Alan, İ., Keskin, H., Böke, N., Altun, İ., Balcı, V., Elibol, H., Demirbağ, H., Bakırhan, B., Arman, S., Soyakıl, M., Hanilçı, N., Çelik, Ö.F. ve Candan, O. (2019). Menderes Masifi'nin tektono-stratigrafik özellikleri projesi kapsamında elde edilen son bulgular. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni*, 28, 41-48.
- Aleva, G. J. J. (1994). *Laterites: Concepts, Geology, Morphology and Chemistry*. Wageningen, the Netherlands: ISIRC, ISBN: 90.6672.053.0., 169 p.
- Bau, M. & Dulski, P. (1996). Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, South Africa. *Precambrian Research*, 79, 37-55.
- Bárdossy, G. & Aleva, J. Y. Y. (1990). *Lateritic Bauxites. Developments in Economic Geology* 27. Elsevier, Amsterdam.
- Boynton, W. V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteoric studies. In *Rare Earth Element Geochemistry. Developments in Geochemistry*, 2, 63-114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-42148-7.50008-3>
- Bozkurt, E., Park, R.G. & Winchester, J. A. (1993). Evidence against the core/cover interpretation of the southern sector of the Menderes Massif, west Turkey. *Terra Nova*, 5, 445-451.

- Candan, O. Çetinkaplan, M. (2001). *Menderes masifi'ndeki eklojit / epidot-mavi şist fasiyesi metamorfizması ve Kikladik kompleksle karşılaştırması* (Proje No: YDABÇAG-495). Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu.
- Çağatay, N., Erler, A., Güleç, N., Savaşçın, Y. ve Tokel, S. (1993). *Jeokimya Temel Kavramlar ve İlkeler; İkinci Baskı*. (Ed: N. Çağatay, A. Erler), Türkiye Jeoloji Kurumu, Yerbilimleri Eğitim Dizisi, Ankara, 293 s.
- Çağlayan, M. A., Öztürk, E. M., Öztürk, Z., Sav, H., & Akat, U. (1980). Menderes masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum (New data on the southern part of the Menderes massif and a structural interpretation). *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 10(1), 9-17. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jmd/issue/28159/297184>
- Dora, O. Ö., Kun, N. & Candan, O. (1990). Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Massif. In M.Y. Savaşçın & A.H. Eronat (Eds.), *Proceedings of the International Earth Sciences Congress on Aegean Regions (Volume II, pp: 102-115)*
- Dora, O. Ö. (2011). Menderes Masifindeki Jeolojik Araştırmaların Tarihsel Gelişimi. *Maden Tatvik Arama Dergisi*, 142, 1-23. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/bulletinofmre/issue/3960/52448>
- Dürr, St. (1975). *Über Alter und geotektonische Stellung des Menderes-Kristallins/SW-Anatolien und seine Äquivalente in der mittleren Ägäis* [Habilitation Thesis]. University of Marburg/Lahn, 107 pp.
- Evensen, M. N.; Hamilton, P. J.; O'Nions, R. K. (1978). Rare earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42(8), 1199–1212. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(78\)90114-X](https://doi.org/10.1016/0016-7037(78)90114-X)
- GIA, (2022, 03 Mayıs) Gemological Institute Of America, Round Brilliant Cut. <https://4cs.gia.edu/wp-content/uploads/2016/07/155880-960x960-round-brilliant-cut-diamond-illustration.jpg>
- Gill, J.B. 1981. Orogenic Andesite and Plate Tectonics. Springer-Verlag, Berlin, 390. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-68012-0>
- Grubb, P. L. C. (1973). High-level and low-level bauxitization: a criterion for classification. *Miner. Sei. Engin. Johannesburg* 5(3), 219-231.
- Gu, J., Huang, Z., Fan, H. & Jin, Z. (2013). Mineralogy, geochemistry, and genesis of lateritic bauxite deposits in the Wuchuan–Zheng'an–Daozhen area, Northern Guizhou Province, China. *Journal of Geochemical Exploration*, 130, 44–59.
- Gutnic, M., Monod, O., Poisson, A., & Dumont, J-F. 1979. Géologie des Taurides Occidentales (Turquie). *Mémoires de la Société Géologique de France*, No. 137, 112 pp.
- Gümüş, A. (1998). *İç Olaylara Bağlı Maden Yatakları*. 1. Baskı, Bilim Ofset, İzmir, 481 s.
- Hanilçi, N. (2013). Geological and Geochemical Evolution of the Bolkardağı Bauxite Deposits, Karaman-Turkey: Transformation from Shale to Bauxite. *Journal of Geochemical Exploration*, 133(2013), 118-137.
- Hatch, J. R. & Leventhal, J. S. (1992). Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) stark shale member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA. *Chemical Geology*, 99(1-3), 65– 82. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(92\)90031-Y](https://doi.org/10.1016/0009-2541(92)90031-Y)
- Haskin, L. A.; Haskin, M. A.; Frey, F. A.; Wildeman, T. R. (1968). Relative and Absolute Terrestrial Abundances of the Rare Earths. In L. H. Ahrens, (Ed.); *Origin and Distribution of the Elements* (pp.:889-912). Pergamon: New York, NY, USA.
- Hill, I. G., Worden, R. H., Meighan, I. G. (2000). Yttrium: the immobility-mobility transition during basaltic weathering. *Geology* 28, 923–926.
- Jones, B. & Manning, D. A. C. (1994), Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111(1-4), 111 –129. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)90085-X)
- Kalkan, M. ve Ozpınar, Y. (2018). Civanadağ Bölgesi (Güğü-Balıkesir) Piroklastik Kayaçlarının Jeolojik, Petrografik ve Jeokimyasal Özellikleri, KB-Türkiye. *Aksaray University Journal of*

- Science and Engineering*, 2(2), 95-115. <https://doi.org/10.29002/asujse.331754>
- Karadağ, M. M., Temur S., Arık, F. ve Öztürk, A. (2003). Maşatdağı (Alanya-Antalya) diasporitik boksitlerinin dört anabileşen jeokimyası. *Geosound* (42), 35-51.
- Keller, W. D. (1964). The origin of high-alumina clay minerals. W. F. Bradley, (Ed.), *Nationals Conference on Clays and Clay Minerals, 12 th, Proceedings*, (pp.: 129-151), Macmillan Company, New York.
- Krauskopf, K. B. (1979). Current perspectives in geologic disposal of radioactive wastes. *Proceedings of the Symposium on Waste Management*, (pp.: 99-107).
- Konak, N. Akdeniz, N. Ve Öztürk, E. M. (1987). Geology of the south of Menderes Massif. In *Guide Book for the Field Excursion along Western Anatolia, for the IGCP Project No. 5: Correlation of Variscan and pre-Variscan events of the Alpine-Mediterranean mountain belt* (pp.:42-53), Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü.
- Lüle, Ç. (1998). *Muğla-Milas-Küçükçamlıktepe diaspor oluşumlarının mineralojisi, oluşum koşulları ve gemolojik özellikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi], Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Meshram, R. & Randive, K. (2011). Geochemical study of laterites of the Jamnagar district, Gujarat, India: Implications on parent rock, mineralogy and tectonics. *Journal of Asian Earth Sciences*. 42(6), 1271-1287. <https://doi.org/10.1016/j.jseas.2011.07.014>
- Ma, J., Wei, G., Xu, Y., Long, W. and Sun, W. (2007). Mobilization and re-distribution of major and trace elements during extreme weathering of basalt in Hainan Island, South China. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 71, 3223-3237. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2007.03.035>
- McLennan, S. M. & Taylor, S. R. 1984. Archaean Sedimentary Rocks and Their Relation to the Composition of the Archaean Continental Crust. In *Archaean Geochemistry* (pp. 47-72). Springer: Berlin/Heidelberg, Germany.
- Motoki A., Sichel S. E., Vargas, T., Melo, D. P. Kenji F. & Motoki, K. F. (2015). Geochemical behaviour of trace elements during fractional crystallization and crustal assimilation of the felsic alkaline magmas of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences* 87(4): 1959-1979.
- Nakamura, N. (1974). Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(5), 757-775, [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(74\)90149-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(74)90149-5)
- Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen. In B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth & M. Séranne Eds.), *Geological Society, London, Special Publication 156*, 475-515.
- Okay, A. I. (2000). Was the Late Triassic orogeny in Turkey caused by the collision of an oceanic plateau? In E. Bozkurt, J. A. Winchester & J. D. A. Piper (Ed.), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area (25-41)*, Geological Society, London, Special Publication, 173. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.173.01.0>
- Önay, T. Ş. (1949). Über die Smirgelgesteine Südwest-Anatoliens. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 29, 357-492.
- Özlu, N. (1983). Trace-element content of "Karst Bauxites" and their parent rocks in the mediterranean belt. *Mineralium Deposita*, 18(3), 469-476. <https://doi.org/10.1007/BF00204491>
- Öztürk, A. & Koçyiğit, A. (1983). Menderes Grubu kayalarının temel-örtü ilişkisine yapısal bir yaklaşım (Selimiye - Muğla) (A structural approach to the basement-cover relation in the Menderes Group (Selimiye-Muğla)). *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 26(1), 99-106. https://jmo.org.tr/resimler/ekler/c144c47ecba6f83_ek.pdf
- Öztürk, H. ve Hanılçı, N. (1999). Doğan kuzu ve Mortaş Boksit Yatağının Jeolojisi ve Sülfürlü Zonların Özellikleri, Orta Toroslar, Türkiye. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 121, 185-197.

- Öztürk, H., Hein, J. R. & Haniççi, N. (2002). Genesis of the Doğanlı and Mortaş bauxite deposits, Taurides, Turkey: Separation of Al, Fe and Mn and implications for passive margin metallogeny. *Economic Geology*, 97, 1063-1077.
- Özyurt, M.; Kırmacı, M.Z.; Al-Aasm, I.; Hollis, C.; Taşlı, K.; Kandemir, R. REE Characteristics of Lower Cretaceous Limestone Succession in Gümüşhane, NE Turkey: Implications for Ocean Paleoredox Conditions and Diagenetic Alteration. *Minerals*, 10, 683. <https://doi.org/10.3390/min10080683>
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. & Tindle, A. G. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25, 956-983. <https://doi.org/10.1093/ptrology/25.4.956>
- Price, R. G., Gray, M., Wilson, R. E., Frey, F. A. & Taylor, S. R. (1991). The effects of weathering on rare earth elements Y and Ba abundances in Tertiary basalts from southern Australia. *Chemical Geology*, 93, 254-265. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(91\)90117-A](https://doi.org/10.1016/0009-2541(91)90117-A)
- Ramdohr, P. & Strunz, H. (1978). Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 876pp. *Mineralogical Magazine*, 43(329), 686-686.
- Read, P. G. (2005). *Gemmology*, (Third Ed.). Elsevier.
- Rimmele, G., Oberhansli, R., Goffe, B., Jolivet, L., Candan, O. & Çetinkaplan, M. (2003). First evidence of high-pressure metamorphism in the "Cover Series" of the southern Menderes Massif. Tectonic and metamorphic implications for the evolution of SW Turkey. *Lithos*, 71, 19-46.
- Rollinson, H. R. (1993). *Using geochemical data: Evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scientific and Technical, Wiley, New York.
- Saatçioğlu, H. A. (2002). Kaybolmak Üzere Olan Değerlerden Diaspor Kristalleri. *Madencilik Bülteni*, 64, 25-28.
- Schuiling, R. D. (1962). On petrology, age and structure of the Menderes migmatite complex (SW-Turkey). *Bulletin of the Mineral research and Exploration Institute of Turkey*, 58, 71-84. https://dergi.mta.gov.tr/dosyalar/images/mtadergi/makaleler/eng/20151028141120_954_2275ee3d.pdf
- Thompson, R. N. (1982). Magmatism of the British tertiary volcanic province. *Scotland Geological Journal* 18, 49-107.
- Seyhan, İ. (1972). Bentonit, kil ve tuğla-kiremit toprakları jeolojisi. *MTA yayınları, No:13*, Ankara, Türkiye.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şengör, A.M.C., Satır, M., Akkök, R. (1984). Timing of tectonic events in the Menderes massif, western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey: *Tectonics*, 3, 693-707
- Şengör, A. M. C. (1986). The dual nature of the Alpine-Himalayan system: Progress, problems and prospects. *Tectonophysics*, 127(3-4), 177-195.
- Tanaka, T. & Masuda, A. (1973). Rare-earth elements in matrix, inclusions, and chondrules of the Allende meteorite. *Icarus*, 19(4), 523-530. [https://doi.org/10.1016/0019-1035\(73\)90079-1](https://doi.org/10.1016/0019-1035(73)90079-1)
- Taylor, S. R., McLennan, S. M. (1981). The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 301(1461), 381-399. <https://doi.org/10.1098/rsta.1981.0119>
- Taylor, S. R., McLennan, S. M. (1995), The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics* 33, 241-265. <https://doi.org/10.1029/95RG00262>
- Temur S., Kansun G., Karadağ, M. M., Arık, F. & Öztürk, A. (2003). Maşatdağı (Alanya-Antalya) diasporitik boksitlerinin stratigrafik konumu. *Geosound*, 109-122.
- Wakita, H., Ray, P. & Schmit, R.A. Abundances of 14 rare-earth elements and 12 other trace elements in Apollo 12 samples: Five igneous and one breccia

- rocks and four soils. In *Proceedings of the Second Lunar Science Conference*, (pp.:1319-1329), Volume 2.
- Wright, J., Schrader, H. & Holser, W. T. (1987). Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 51(3), 631–644. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(87\)90075-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(87)90075-5)
- Zamanian, H., Ahmadnejad, F. & Zarasvandi, A. (2016). Mineralogical and geochemical investigations of the Mombi bauxite deposit, Zagros Mountains, Iran. *Chemie der Erde Geochemistry*, 76(1), 13–37. <https://doi.org/10.1016/j.chemer.2015.10.001>



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

AMAÇ ve KAPSAM

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) 1947 yılından beri yayınlanan, Türkiye'nin en eski ve en çok tanınan dergilerinden biridir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından yılda üç sayı olarak yayınlanmaktadır. Dergi mühendislik jeolojisi dışındaki yerbilimleri konularında yayın kabul etmektedir. Bilhassa jeoloji, tektonik, yapısal jeoloji, jeokronoloji, jeokimya, sedimantoloji, biyostratigrafi, paleontoloji, mineraloji, magmatik ve metamorfik petroloji, maden yatakları, jeofizik, jeomorfoloji yanı sıra Çevre ve Kent Jeolojisi ile Ekonomik Jeoloji öncelikli konulardır. Bu konularda güncel bilim düzeyinde hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde yayın kabul edilmektedir. Yayınlar da öncelik Türkiye ve çevresi, Doğu Akdeniz, Orta Doğu, Balkanlar, Karadeniz ve Hazar Denizi çevresi olmakla birlikte Dünya'nın diğer tüm kritik bölgelerinde yapılan düzeyli yayınlara da açıktır. Bu kapsamda yapılan araştırmaların bilimsel düzeyi yüksek sonuçlarını içeren makaleler hiçbir ücret almadan yayınlanmaktadır. Açık erişimli bir dergidir. Derginin hedef okuyucu kitlesi bu konu ve kapsamla ilgili tüm yerbilimcilerdir. Dergide daha çok orijinal araştırma makaleleri ve daha az sayıda derleme ve diğer bilimsel nitelikli yayınlara yer verilmektedir. Türkiye Jeoloji Kongresi ve diğer Ulusal ve uluslararası toplantıların seçilen oturumları, hakemli yayın işlemlerinden sonra özel sayı(lar)da yayınlanabilmektedir.

YAZILARIN HAZIRLANMASI

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlüğe Türkçeye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

MAKALE SUNUM SÜRECİ ve ETİK BİLDİRİMİ

Tüm makaleler internet üzerinden <http://dergipark.gov.tr/tjb> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce DergiPark sistemine üye olmalısınız. Türkiye Jeoloji Bülteni yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. <http://dergipark.gov.tr/tjb> veya www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayın için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

YAZIM KURALLARI

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd)
- (g) Tartışma ve Sonuçlar veya Tartışma Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2,5 cm boşluk bırakılarak, 1,5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

EXTENDED SUMMARY

KATKI BELİRTME

ORCID

KAYNAKLAR / REFERENCES

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numarası da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri ORCID kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetoğlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, Tandoğan 06100 Ankara
e-posta: a_ahmetoğlu@ankara.edu.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1458-0820

A. Hüsnü Hüsnüoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
e-posta: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Numarası: 0000-0001-1458-0830

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler hem Türkçe hem de İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra “Abstract” (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunun yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

DEĞİNİLECEK BELGELER

Metin İçinde Atıfların Yazılması

A. Yayında tek yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1, Tarih) **Ör:** (Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 (Tarih) **Ör:** Sönmez (1996)

B. Yayında 2 yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1 ve Yazar2, Tarih) Ör: (Merriman ve Frey, 1999)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 ve Yazar2 (Tarih) Ör: Merriman ve Frey (1999)

C. Yayında 2'den fazla yazar varsa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Yazar1 vd., 1987) Ör: (Pettijohn vd., 1987)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Yazar1 vd. (1987) Ör: Pettijohn vd. (1987)

D. Arka arkaya birden fazla atıfta bulunulacaksa

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa:

(Merriman ve Frey, 1999; Pettijohn vd., 1987; Sönmez, 1996)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa:

Merriman ve Frey (1999), Pettijohn vd. (1987), Sönmez (1996)

E. Aynı yazarların aynı yıl içinde birden fazla yayınına atıfta bulunulduysa

Bu durumda Kaynaklar **bölümünde** makalelerin tarihlerinden sonra a, b, c gibi harfler verilir, metin içindeki atıflarda da tarihlerden sonraki harfler kullanılır.

Kaynakçada:

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnüoğlu, H. (2022a). Makale Adı 1. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Ahmetoğlu, A. ve Hüsnüoğlu, H. (2022b). Makale Adı 2. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No(Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Metin içindeki atıflarda:

Parantez içinde yazılması gerekiyorsa: (Ahmetoğlu ve Hüsnüoğlu, 2022a)

Metin içinde yazılması gerekiyorsa: Ahmetoğlu ve Hüsnüoğlu (2022a)

Kaynaklar Bölümü

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır

- TJB'de Türkçe yayınlanacak makalelerde: Kaynak çok isimli bir çalışma ise: Son isimden önce "ve" gelmelidir eğer kaynak İngilizce ise "&" kullanılmalıdır.
- Editörün belirtilmesi gereken çalışmalarda: Tek isim ise (Ed.) çoklu editör ise: Son isimden sonra (Ed. ler) eğer kaynak İngilizce ise (Eds.) yazılmalıdır.

A. Sürelî yayınlar:

A.1. Sürelî yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. *Sürelî yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No (Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Özel durumlar:

A.2.1. Eğer makale serbest erişimli bir internet sayfasından alındıysa:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. Eğer makalenin makale numarası varsa:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bildirinin başlığı. Editör(ler), *Sempozyum veya Kongrenin Adı*, (bildirinin sayfa aralığı). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Ed.ler), 72. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s.63-64). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Kitaplar:

C.1. Kitapların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Adı* (ilk harfleri Büyük). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Çeviri Kitapların Gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Çeviri Adı* (Çevirenlerin adı). Yayınevi. (Orijinal yayın tarihi). Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Çev: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Orijinal yayın tarihi: 2001).

D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bölüm Adı. Editör(ler) *Kitap adı* (Bölümün sayfa aralığı). Yayınevi.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Raporlar ve Tezler:

E.1. Raporlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. *Raporun başlığı* (Varsa rapor no). Kurum adı (Yayımlanma durumu).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (yayımlanmamış).

E.2. Tezler:

Yazar adı, (Tarih). *Tezin başlığı* [Yayımlanma durumu ve derecesi]. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun veya internet sayfasının adı, (Erişim tarihi). Web adresi.

KRDAE, (2020, 02 Ocak). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Deprem Bilgileri, Büyük Depremler. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

H. Kaynak olarak kullanılan haritalar:

Konak, N. ve Ercan, T., 2002. *1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası*, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır. Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "*" işareti tercih edilmelidir (örneğin; $y=5*10-3$). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca^{++} ve CO_3^{--} yerine $Ca(2+)$ ve $CO_3(2-)$ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15,8 x 22,5) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir.). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, "Çizelge 1" vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7,3 cm-Genişlik) veya çift (15,8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgenin altında verilmelidir (örneğin: c:tek eksenli sıkışma dayanımı vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya yazılarak "Şekiller Dizini" başlığıyla verilmeli, ayrıca "Şekil 1" olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük

boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (genişlik) x 22,5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a,b,c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller levha olarak değerlendirilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem de İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

MAKALELERİN EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDITÖRÜ

Prof. Dr. Erdiñ YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-posta: eyigitbas@comu.edu.tr

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son halini DergiPark Sistemi üzerinden Editör'e göndermelidir. Makaleler *DOCX biçiminde hazırlanmalıdır. Tüm şekiller Corel Draw ile çizilmelidir. Bununla birlikte, şekillerin çözünürlükleri 300 dpi den az olmamalıdır. Hem çizim (CDR) hem de resim (JPG) dosyaları DergiPark Sistemi üzerinden gönderilmelidir.

PROVA BASKILAR

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığını kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilemez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

TELİF HAKLARI

Yazar veya (Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazarların makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) yayıncı ve kullanıcıları (Baş Editör, editörler, alan editörleri, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından belirlenen etik kurallara ve sorumluluklara uymalıdır.

Dergi Politikası:

Açık Erişim Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.* hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Ocak, Nisan ve Ağustos aylarında yılda üç kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. *Türkiye Jeol. Bül.*'nin 1947 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları ve TUBITAK - DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

Ücret Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.*'nin yayıncı kuruluşu JMO'dır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.* derginin basılı ve elektronik versiyonları için herhangi bir ücret ya da abonelik bedeli, yazarlar için ise yayın ücreti ya da benzeri bir ödeme talep etmez.

Telif Hakkı Devri: JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*, yayınlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devreder. **Telif Hakkı Devri Formu**'nun doldurulması, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur. Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir. Sunulan makalenin tüm yazarları, yazının tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devretmelidir. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımını için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

Makale sunumu: *Türkiye Jeol. Bül.*'ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark'a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb) *Türkiye Jeol. Bül.*'ne Dergipark sistemi üzerinden göndermelidir.

İntihal Politikası: Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için "iThenticate İntihal Tespit Yazılımı" veya "Turnitin" veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporu yanı sıra, imzalanan "**Telif Hakkı Devri Formu**" ve "**Etik Bildirim Formu**"nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20'nin altında olmalıdır.

Yazar Katkısı Beyanı ve Çıkar Çatışması/Çakışması Beyanı: Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Makalenin tüm yazarları, hatalı durumlarda geri çekme veya düzeltme yapmakla yükümlüdür.

Yazarlar, yazılarını sisteme yükleme aşamasında gerek benzer konularda araştırma yapan diğer araştırmacılar bakımından ve gerekse potansiyel hakemlik konularında her türlü çıkar çatışmasını/çakışmasını açıkça belirtmelidir. Çıkar çatışması/çakışması bulunmadığını düşündüğü durumda ise bu husus açıkça belirtilmelidir.

Kör hakemlik: *Türkiye Jeol. Bül.*'nde tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa; a) Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması, b) Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmış olması, c) Aynı kurumda görev yapıyor olmaması, d) Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması, e) Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması, f) Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması g) Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması, h) Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması vb durumlar dikkate alınır. Dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemlerin de böyle bir durumda editörlüğü uyarması gerekir. Ayrıca hakemlerin;

- Sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirmeleri,
- Değerlendirmeyi tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmaları,
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasi düşünce, ticari kaygılar vb nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemeleri,

- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemik yaratacak üsluptan kaçınmaları,
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri istenir.

Değerlendirme İşlemi:

Ön Kontrol (Hakem değerlendirme öncesi) Süreci: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne sunulan makale ilk olarak, Baş Editör tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım açısından ve çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir. Değerlendirme sürecinde yazarlar editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası geçerli bir neden olmaksızın 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Hakem Değerlendirme Süreci: Makalelerin tüm bölüm içerikleri incelenip hakem değerlendirmesi için uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınır. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir. Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde yukarıda açıklanan çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir. Hakemler değerlendirme süreciyle ilgili hiçbir kimseye bilgi ve belge paylaşmayacaklarını garanti etmek zorundadır. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekliyse birden çok defa düzeltme talep edebilir. Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Makale Geri Çekme: Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar), konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-mail adresi tjbdergi@gmail.com üzerinden yayın kuruluna iletirler. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörüyle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır. Yazar(lar), bizzat kendilerine ait olmayan verileri kullanma hakkına sahip olduklarını, araştırma/analiz ile ilgili gerekli olabilecek izinleri gösteren belgelere sahip olmalıdır.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri dikkatle takip eder. *Türkiye Jeol. Bült.* Yayın Kurulu basım aşamasında, değerlendirme aşamasında veya yayınlanmış bir makale için telif hakkı ve intihal şüphesi oluşması durumunda, makaleyle ilgili bir soruşturma başlatır. Yapılan soruşturma sonucunda, makalede telif hakkı ve intihal şüphesi tespit edilmesi durumunda, Yayın Kurulu makaleyi detaylı açıklama yaparak değerlendirme aşamasından geri çekme işlemini yazar(lar)a en geç 15 gün içerisinde bildirir.

Gizlilik: *Türkiye Jeol. Bült.* sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Sorumluluk Reddi: Baş Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

AIM and SCOPE

The Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) is one of the oldest and best-known journals in Turkey, published since 1947. It is published by the Chamber of Geological Engineers (CGE) with three issues every year. The journal accepts articles about earth science topics apart from engineering geology. Primary topics include geology, tectonics, structural geology, geochronology, geochemistry, sedimentology, biostratigraphy, paleontology, mineralogy, magmatic and metamorphic petrology, mineral deposits, geophysics and geomorphology, in addition to environmental and urban geology along with economic geology. Articles are accepted in both Turkish and English at current scientific levels in relation to these topics. Articles include primarily Turkey and surroundings, eastern Mediterranean, Middle East, Balkans, Black Sea and Caspian Sea areas, along with ranked articles from all other critical regions of the world. Articles including results with high scientific level from research completed within this scope are published without any fee. The journal is open access. The target audience for the journal is all earth scientists interested in these topics and this scope. The journal includes mainly original research articles and lower numbers of reviews and publications with other scientific qualities. Selected sessions at the Geological Congress of Turkey and other national and international meetings may later be published as special issues after reviewed publication processes.

PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English “Genişletilmiş Özet”, for manuscripts submitted in Turkish “Extended Summary” should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Paper should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

SUBMISSION PROCESS and ETHICAL STATEMENT

All manuscripts must be submitted electronically via the Internet to the Geological Bulletin of Turkey through the online system DergiPark at <http://dergipark.gov.tr/tjb>. There are no page charges. Papers are accepted for publication on the understanding that they have not been published and are not going to be considered for publication elsewhere. Authors should certify that neither the manuscript nor its main contents have already been published or submitted for publication in another journal. The copyright release form, which can be found at <http://dergipark.gov.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else’s ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Names of authors (bold and in capital), their affiliations (italic and lower-case) and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Key words (English and Turkish)
- (e) Introduction (aim, content and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgements, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

Examples for headings:

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading

CONCLUSIONS

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

ANCKNOWLEDGEMENTS

ORCID

REFERENCES

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)
- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated). Phone number for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and first letter of the words capital) should be followed by the English title (italic and

first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetoğlu Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering
Department Tandoğan 06100 Ankara
e-mail: a_ahmetoğlu@ankara.edu.tr
ORCID Number: 0000-0001-1458-0820

A. Hüsnu Hüsnuoğlu MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdüler Dairesi, 06520 Ankara
e-posta: husnu56@mta.gov.tr
ORCID Number: 0000-0001-1458-0830

ABSTRACT

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 keywords which reflect the entries the authors would like to see in an index. Keywords should be given in both Turkish and English. Keywords should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, keywords should not be provided.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

The extended abstract should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

CITATIONS and REFERENCES

Citation in the text

A. If the article has one author

Paranthetical citations: (Author, Year) e.g.: (Sönmez, 1996)

Narrative citations: Author (Year) e.g.: Sönmez (1996)

B. If the article has two authors

Paranthetical citations: (Author1 & Author2, Year) e.g.: (Merriman & Frey, 1999)

Narrative citations: Author1 and Author2 (Year) e.g.: Sönmez (1996)

C. If the article has more than two authors

Paranthetical citations: (Author1 et al., Year) e.g.: (Pettijohn et al., 1987)

Narrative citations: Author1 et al. (Year) e.g.: Pettijohn et al., (1987)

D. Citing Multiple Works

Parenthetical citations: (Merriman & Frey, 1999; Pettijohn et al., 1987; Sönmez, 1996)

Narrative citations: Merriman and Frey (1999), Pettijohn et al. (1987), Sönmez (1996)

E. If more than one publication of the same authors published in the same year is cited

In this case, letters such as a, b, c are given after the years of the articles in the References section. In the same way, these letters are used in the citations in the text.

In References:

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022a). Article 1. *Full Name of Journal*, Vol.(No), pages. DOI number (if available)

Ahmetoğlu, A. & Hüsnuoğlu, H. (2022b). Article 2. *Full Name of Journal*, Vol.(No), pages. DOI number (if available)

Citations in the text:

Parenthetical citations: (Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu, 2022a)

Narrative citations: Ahmetoğlu & Hüsnuoğlu (2022a)

References

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of ‘REFERENCES’ following the text of the manuscript.

A. Journals

Bundan sonrasında bir değişiklik yok araya yukarıdakileri ekleyeceğiz

A.

A.1. Citing the periodicals:

Author(s), (Date). Title of paper. *Full Name of Journal*, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Special cases:

A.2.1. If the article was taken from an open (free) access website:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. If the article has an article number:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), (Date). Title of paper. Name of Editor(s), *Title of Symposium or Congress*, (pages). Name of Publisher. DOI number & internet address (If available).

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. In H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Eds.), *72nd Geological Congress of Turkey The Proceedings and Abstracts Book*, (s.63-64). Chamber of Geological Engineers of Turkey Publications No: 140. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Books:

C.1. Citing of books:

Author(s), (Date). *Name of the Book*. Name of the Publisher. DOI number & internet address (if available).
Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York.
<https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>
Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Citing of translated books:

Author(s), (Date). *Name of the Translated Book*. Name of the Publisher. (Original publishing date). DOI number & internet address (If available).
Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Translator: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Original publication date: 2001).

D. Chapter in book:

Author(s), (Date). Chapter Name. Name of Editors, *Name of Book* (Page numbers of the chapter). Name of Publisher.
Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Reports and Thesis:

E.1. Reports:

Author(s), (Date). *Title of report* (If any report no). Name of the Organization or Institution, (published or unpublished).
Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (unpublished).

E.2. Thesis:

Author, (Date). *Title of Thesis* [published or unpublished & PhD or Msc Thesis]. Name of the Institution or University.
Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Unpublished Msc Thesis]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, (Date). Web address, date of access to website.

KRDAE, (2020, 02, January). Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center, <http://www.gov.tr>.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations.

Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y=5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol “*” can be preferred (e.g. $y=5*10-3$). Please use “/” for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca(2+) and CO₃(2-) instead of Ca⁺⁺ and CO₃⁻⁻. In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin “Table 1.” etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength, etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as “Figures” and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin “Figure 1.” etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal’s single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and

tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figure 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as "Plates" and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Papers should be submitted electronically through web site DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR IN-CHIEF

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-mail: eyigitbas@comu.edu.tr

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors' manuscripts are admitted to publication, authors should send revised final copies of their manuscripts to Editor through the DergiPark System. Manuscripts should be issued in *DOCX format. All images, should be issued in Corel Draw. Besides, the resolution of the figures should not be less than 300 dpi. Both drawing (CDR) and image (JPG) files must be submitted through the DergiPark System.

PROOFING

Proofing of articles are sent to Reference Author to check for typographical errors and misspelling. Revisions in proofing are limited to misspelling and any amendments and revisions by authors that may alter article in a way different than its final version are not acceptable. Proofing should be sent to editor within at latest three days after receipt by authors. Delayed revisions cannot be guaranteed for printing and therefore, authors are strictly recommended to precisely inspect proofing prior to sending.

COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the "Copyright Transfer" agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

ETHICAL PRINCIPLES AND PUBLICATION POLICY

The publisher and users (chief editor, editors, field editors, authors, reviewers, readers, etc.) of the Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) must abide by the ethical rules and responsibilities determined by the Committee of Publication Ethics (COPE).

Journal Policy:

Open Access Policy: The *Geol. Bull. Turkey* is a peer-reviewed journal. It publishes in print and online in the electronic environment and has an open-access system. Journal issues are published three times per year in the months of January, April and August. Publication processes ensure sharing of information produced freely and objectively with the scientific method. The review process for articles applies a blind review system. All issues of the *Geol. Bull. Turkey* published since 1947 are archived as both print and electronic versions by the publishing organization, the Chamber of Geological Engineers (CGE), and as electronic versions by TUBITAK – DergiPark.

Price Policy: The publishing organization of the *Geol. Bull. Turkey* is the CGE. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* do not demand any fee or subscription costs for printed and electronic versions of the journal or any publishing costs or similar from authors.

Copyright Transfer: The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive written permission from authors to obtain the copyrights of articles that will be published. The relevant authors, as writer/owner in their own name and the name of other authors, transfer copyright of the article offered to the journal to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. It is mandatory to complete the **Copyright Transfer Form** and upload it to the journal system when submitting the manuscript. The responsible author must guarantee that this manuscript has not been published in similar form in other places, that the manuscript is original and that it will not be sent for publication elsewhere. All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and all copyright for the article to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive the right to use all or part of the relevant article in future works like lessons/lesson notes, reports and textbooks/printed books without any payment and to copy the relevant manuscript for their own use. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* reserve all rights apart from copyright, such as patent rights, except for commercial purposes.

Article submission: The authors of articles submitted for assessment by *Geol. Bull. Turkey* must first be members of DergiPark. The corresponding author must submit the study (original article, review, etc.) to *Geol. Bull. Turkey* through the DergiPark system.

Plagiarism Policy: In addition to the corresponding author submitting the article to the journal, they must upload a similarity report using “iThenticate Plagiarism Detection Software” or “Turnitin” or equivalent plagiarism program, along with the signed **Copyright Transfer Form** and the **Ethics Report Form** to the DergiPark system. The similarity index rate for articles must be below 20%, excluding the reference list.

Author Contribution Statement and Conflict / Conflict of Interest Statement: Each of the authors need to have made significant scientific contributions to each article, so every author is accepted as carrying equal ethical responsibility. All authors of an article are obliged to recall or make corrections in situations involving mistakes.

The authors must clearly state all types of conflict/conflict of interest in relation to topics such as other researchers studying similar topics and potential reviewers. In situations where no conflict/conflict of interest is considered to exist, this must be clearly stated.

Blind review: *Geol. Bull. Turkey* applies a blind review system with the aim of ensuring objective assessment of all scientific publications. In the stage of assigning reviewers for an article, care is taken that there is no conflict/conflict of interest between reviewers and author(s). With this aim, care is taken that between reviewers and author(s) a) there are no thesis advisor/student relationships, b) no common research or publications between author(s) and reviewers in the recent past (last 2 years), c) they are not employed in the same organization, d) they have not contributed to the manuscript submitted to the journal in terms of form or content, e) author(s) and reviewer have no disputes that were referred to judiciary or ethical committees, f) there is no kinship between reviewer and author(s), g) no publicly stated prejudice of the reviewer toward the author(s), h) no commercial relationship between reviewer and author(s), etc. In case of situations missed by the journal editors, the reviewers must warn the editors of such a situation. Additionally, reviewers are requested;

- To only assess articles that are within their field of expertise,
- To perform assessments unbiased, objectively and confidentially,
- To avoid bias in assessments due to reasons such as nationality, sex, religious beliefs, political leanings, commercial concerns, etc.,
- To provide opinions and recommendations within academic etiquette, with constructive and academic language, avoiding language which will create personal polemic,
- To avoid delaying assessments in a way which lengthens the publication process without reason.

Evaluation Process:

Preliminary Check (before reviewer assessment): Firstly, manuscripts submitted to *Geol. Bull. Turkey* are reviewed by the chief editor for suitability in terms of the aims and scope of the journal. If manuscripts do not abide by the aim and scope of the journal, they are rejected within 15 days maximum and information is sent to the author. Manuscripts which are suitable for the aim and scope are first investigated for spelling, language and expression and study plan before reviewer assessment. Authors of manuscripts which are inadequate in this regard will be requested to revise the manuscript. During assessment, authors are responsible for responding to the opinions, recommendations and criticisms of the editor and reviewers. The authors must respond to questions asked based on reviewer opinions, assess opinions and recommendations, and provide positive or negative responses to criticisms with evidence in a detailed letter to the editor. Academic etiquette must be used in the letter, personal discussions should be avoided. If a corrected copy of manuscripts with revision requested in line with reviewer opinions is not received without a valid reason within 30 days, the editor reserves the right to reject the manuscript when it is re-submitted. After revisions, the revised manuscript may be sent by the editor for reviewer assessment again or may be directly accepted or rejected by the editor.

Peer Review Process: Manuscripts found suitable for peer review after investigating the content of all sections will be sent to the reviewers. However, articles that are not suitable for peer review for any reason will be rejected with the editor's assessment report. Information will be given to the authors within 15 days. Manuscripts sent for reviewer assessment will be sent to at least three reviewers by the editor from within or outside the journal pool according to content and area of expertise. Care will be taken about elements within the scope of conflict/conflict of interest mentioned above when determining reviewers for manuscripts. Reviewers must guarantee that they will not share any information or documents related to the review process with anyone. The duration for the review process is 30 days. Revision recommendations from the reviewers or editor must be completed by the authors within 30 days. Reviewers will investigate corrections on the article and decide on suitability or if necessary, request more revisions. The review result and opinions of reviewers will be investigated by the editor within maximum 15 days. As a result of the investigation, the editor will communicate the final decision about the manuscript to the author. Rejected manuscripts will be archived.

Article Withdrawal: Author(s) who wish to withdraw their manuscript during assessment must communicate a memo related to the topic with wet signature to the publication board via the journal email address tjbdergi@gmail.com. The Publication Board will investigate the withdrawal request and respond within maximum 15 days. Author(s) of manuscripts with request denied by the Publication Board will not be able to send their manuscript to another journal. If the author(s) become aware of any mistakes or errors related to the study after publication, in the early submission or review stages, they are obliged to cooperate with the journal editor. The author(s) must have the right to use any data which does not belong to themselves and must have documents showing necessary permissions related to the research/analysis.

The editors carefully manage processes to ensure development of the journal and increase the quality of published studies. In situations with suspicions raised about copyright or plagiarism for any manuscript in the publication stage, review stage or as unpublished manuscripts, the Publication Board of *Geol. Bull. Turkey* will begin an investigation related to the manuscript. If the investigation identifies copyright and plagiarism suspicions related to the manuscript, the Publication Board will withdraw the manuscript in the review stage making a detailed explanation and report to the author(s) within 15 days.

Confidentiality: All personal information in the *Geol. Bull. Turkey* system is used for scientific purposes and will not be shared with third parties.

Disclaimer: The chief editor and Publication Board members are not responsible for the opinions of authors or manuscript content. The authors are responsible for the ethical originality and possible errors in their manuscripts. The authors are responsible for all errors before final reading (proofreading) and that may occur when formatting pages. Errors occurring after final proofreading are the responsibility of the journal authorities.

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ağustos 2022 Cilt 65 Sayı 3
August 2022 Volume 65 Issue 3

Sabah Yılmaz Şahin

Önsöz - Değerli ve Yarı Değerli Taşlar

Preface - Precious & Semi-Precious Stones.....III

Burcu Çevik Üner, Sabah Yılmaz Şahin, Ünal Akkemik

Batı Anadolu'da Silisleşmiş Ağaç Türlerinin Bazı Mineralojik ve Gemolojik Özellikleri

Some Mineralogical and Gemological Properties of Silicified Wood Species in Western Anatolia217

Fetullah Arık, Erhan Turhal, Yeşim Özen

Almus (Tokat) Yöresindeki Akiklerin Jeokimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Geochemical Properties of Agates in Almus (Tokat) Region233

Fetullah Arık, Abdurrahman Ruşen

Döllük ve Gümenek (Tokat-Türkiye) Kalsedonlarının Jeokimyasal Özellikleri

Geochemical Properties of the Döllük and Gümenek (Tokat-Türkiye) Chalcedonies.....255

Koray Sözeri, Handan Günel, Erhan Duran

Tokat-Artova Bölgesinde Bulunan Kalsedon Oluşumlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik Özellikleri

Mineralogical-Petrographical and Gemological Properties of Chalcedony Occurrences in Artova Region (Tokat, Turkey).....273

Elif Özbay Candan, İlkay Kaydu Akbudak, Zeynel Başbüyük, Gökhan Ekinciöğlü

Tokat Nebiköy Kalsedonlarının Mineralojik-Petrografik ve Gemolojik İncelemesi

Mineralogical-Petrographical and Gemological Investigation of Chalcedonies in Nebiköy, Tokat287

Ayten Çalık

Yenisofça Opal Oluşumlarının Jeolojisi ve Mineralojik Özellikleri - Eskişehir, KB Türkiye

Geology and Mineralogy of Yenisofça Opal Occurrences, Eskişehir – NW Turkey.....297

Eyyüp Hikmet Kınacı, Alican Öztürk

Menderes Masifi'nin Güneybatı Kanadındaki (Bafa Gölü - Milas) Diaspor Oluşumlarının Jeolojik, Jeokimyasal ve Gemolojik Özelliklerinin Araştırılması

Investigation of the Geological, Geochemical and Gemological Features of Diaspore Formations on the Southwestern Side of the Menderes Massif (Bafa Lake - Milas).....309

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation,
Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD ve
ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation,
Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, SOBIAD and ULAKBİM TR Dizin Databases.

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenişehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenişehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr