



**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<sup>1\*</sup>**, **Handan Günel<sup>1</sup>**, **Erhan Duran<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> 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 kırılğan, 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.



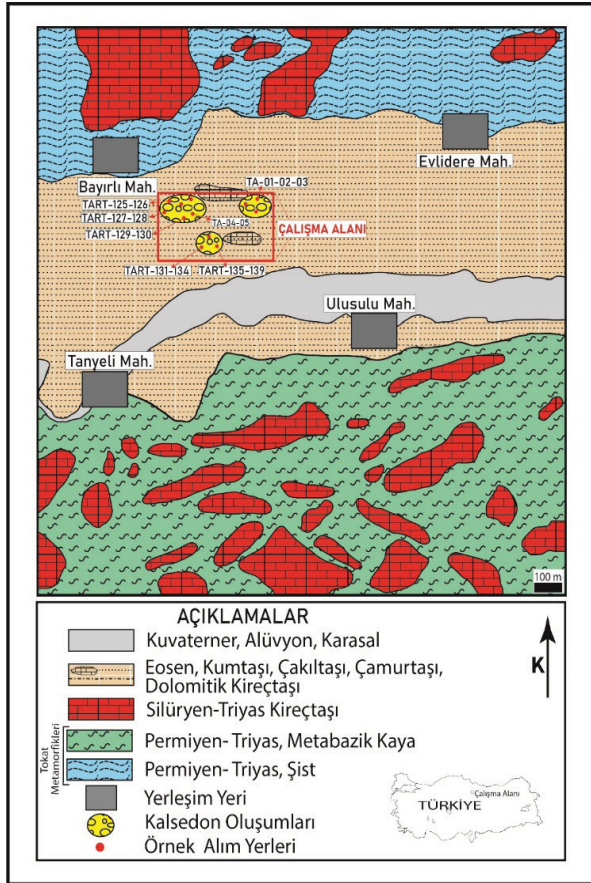
**Şekil 1.** Çalışma alanı yer bulduru haritası.

**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, yeşilıştı, metatüf, mermer, rekristalize kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Silüryen, Karbonifer, Permian ve Triyas yaşlı kireçtaşı bloklarını içeren Devecidağ 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<sup>-1</sup> 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 Metamorflerleri (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).

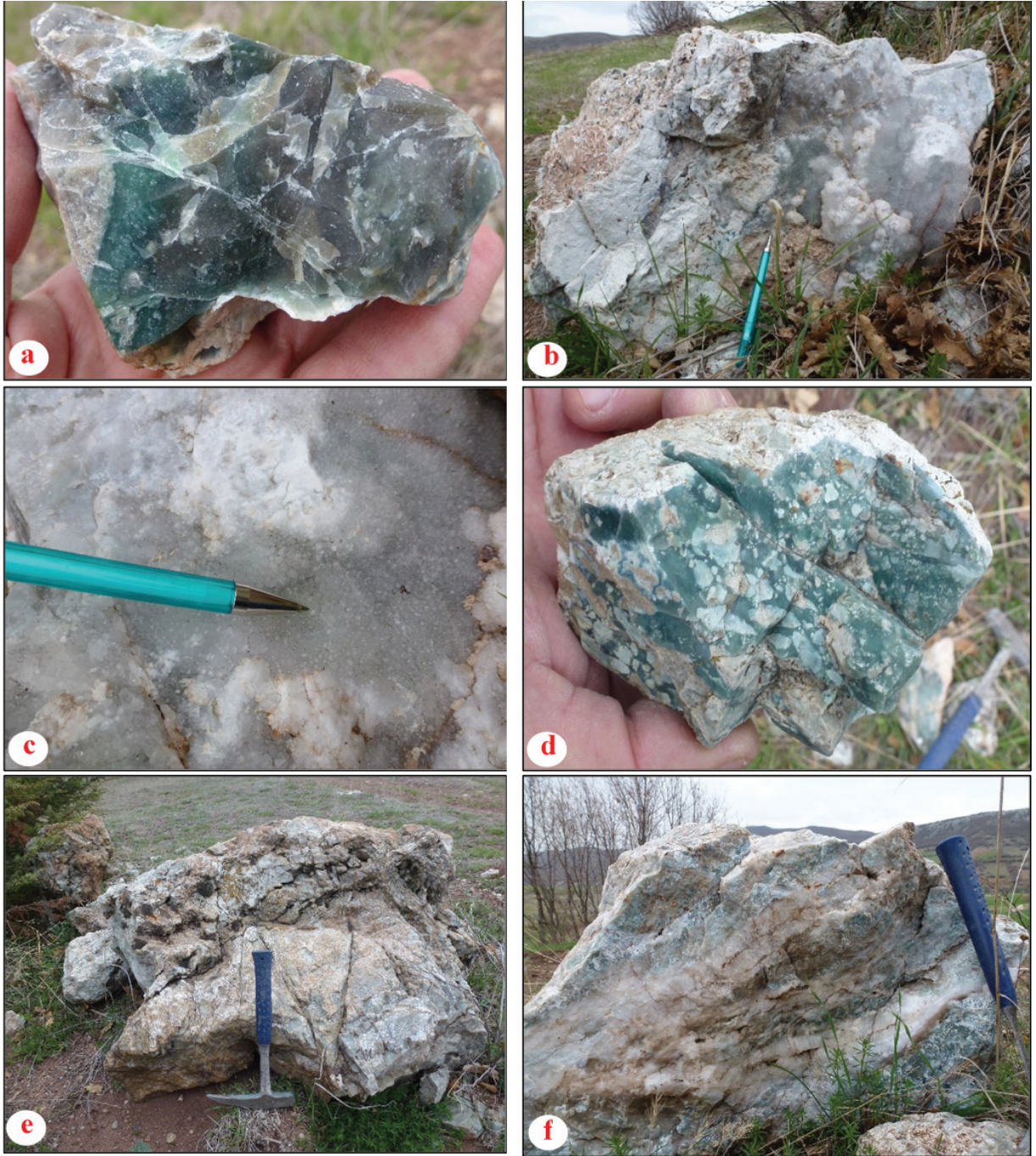
## MİNERALOJİ ve JEOKİMYA

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.

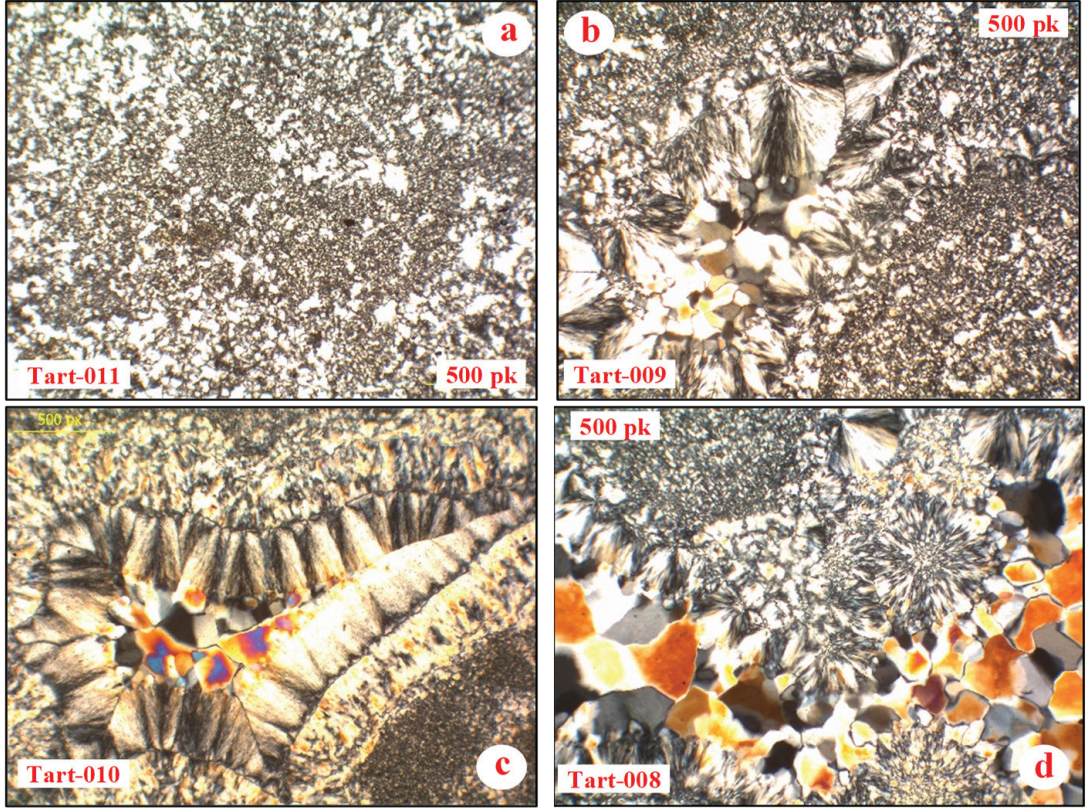


Şekil 4. Çalışma alanında farklı renk ve boyutlarda gözlenen kalsedon oluşumları.

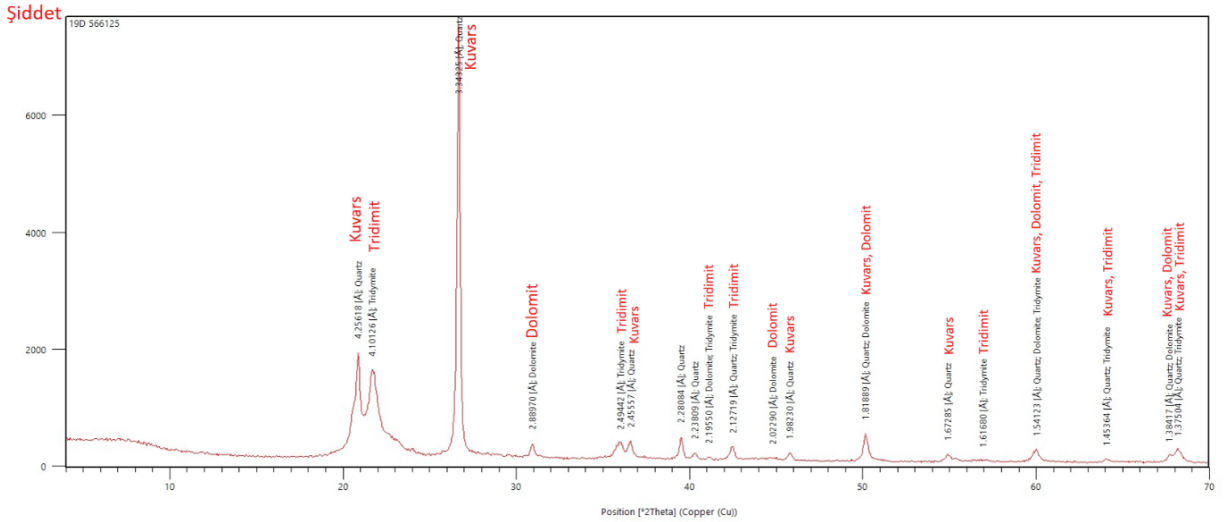
*Figure 4. Chalcedony formations observed in different colors and sizes in the study area.*

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

göre  $463\text{ cm}^{-1}$  ve  $501\text{ cm}^{-1}$  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).



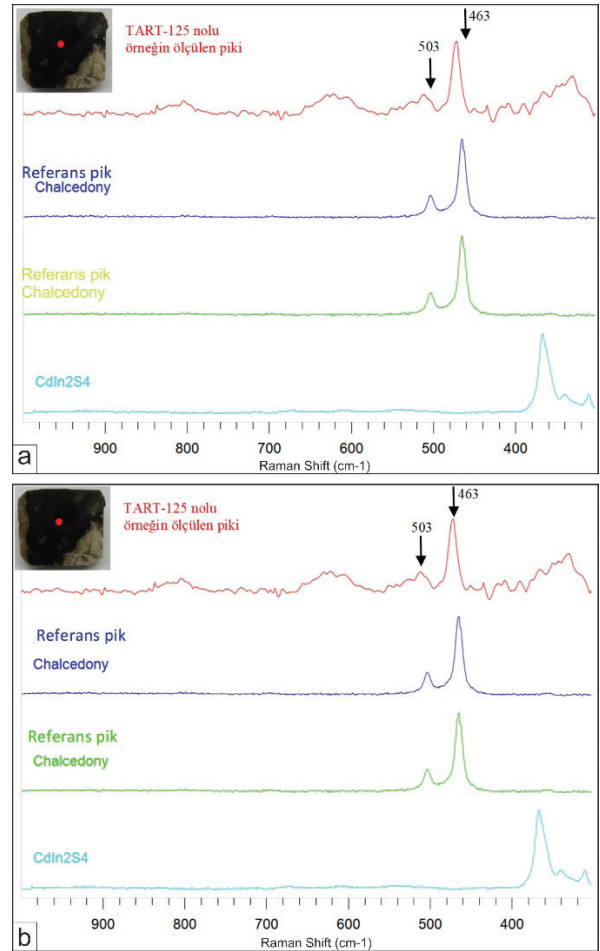
Şekil 6. Artova Bölgesi kalsedonlarına ait X-ışınları Difraktogramı (XRD) kırınım diyagramı.  
 Figure 6. X-ray Diffraction (XRD) diffraction diagram of the Artova Region chalcedony.

Kingma ve Hemley (1994) tarafından mikrokristalin kuvarlar üzerine yapmış olduğu çalışmada  $501 \text{ cm}^{-1}$  değerinin moganite ait olduğunu,  $463 \text{ cm}^{-1}$  değerinin ise  $\alpha$ -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  $\text{SiO}_2$  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 <sub>2</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	MnO (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	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

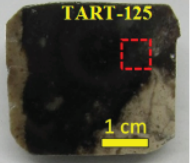
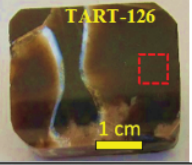

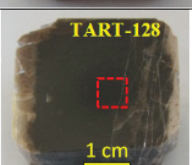
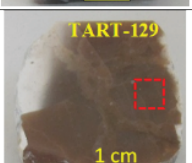


Çalışma alanından derlenen açık yeşilden koyu kahverengiye kadar 5 farklı renk tonlarına sahip kalsedon örnekleri (Şekil 8) standart gemolojik testlere tabi tutulmuştur.

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).



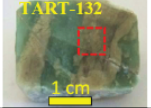






**Çizelge 3.** Artova Bölgesi Kalsedon Örneklerinin Taşınabilir XRF cihazı ile yapılan analiz sonuçları tablosu (Açıklama: Kesikli kırmızı çizgi analizün uygulandığı alanı göstermektedir.)

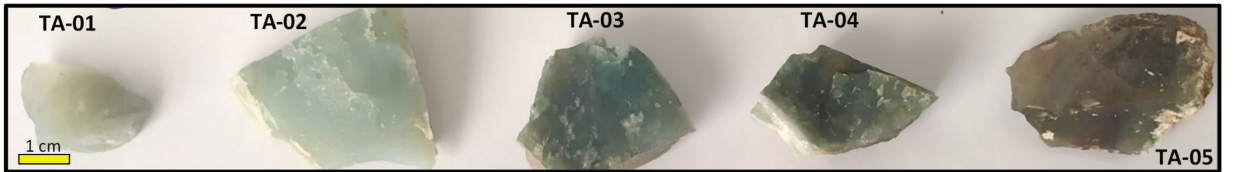
**Table 3.** Analysis results of Artova Region chalcedony specimens with Portable XRF device (Dashed red line shows area where analysis was applied.)

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.

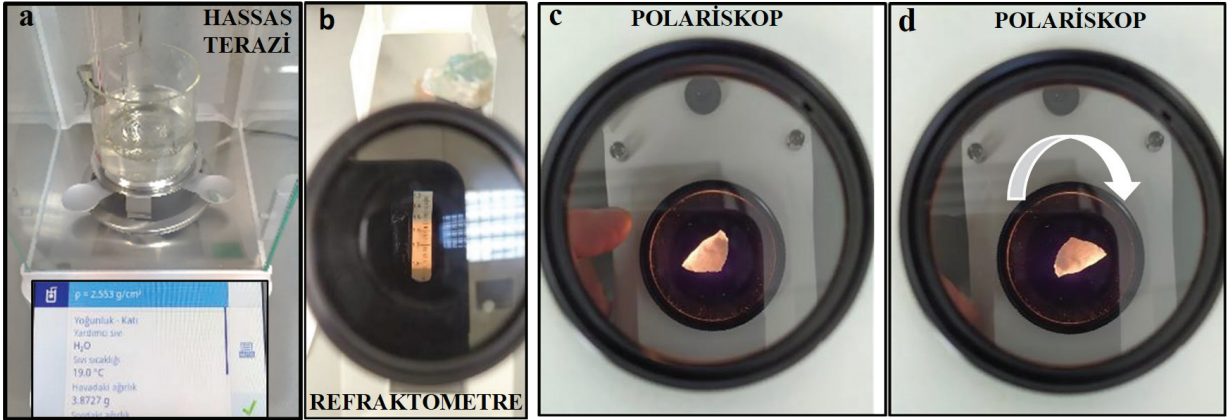
Table 3. Continued.

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



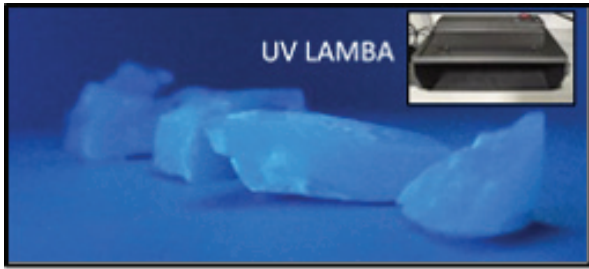
Şekil 8. Gemolojik testler uygulanan Artova Bölgesi kalsedon örnekleri.

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.

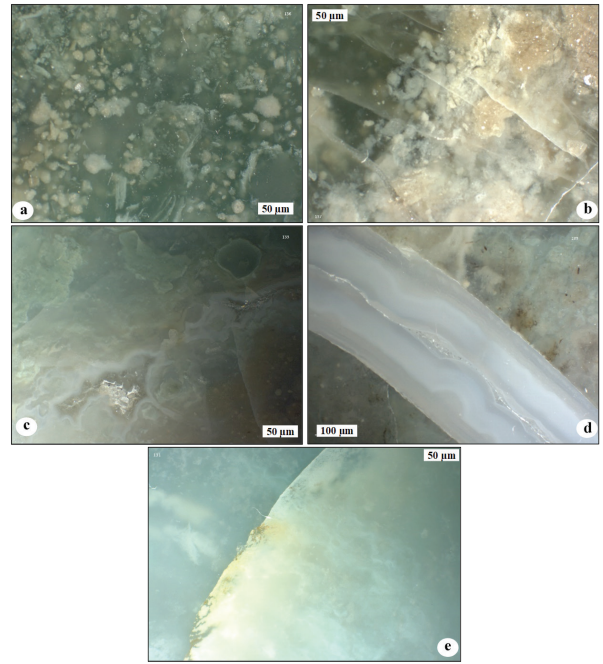
Figure 9. a, b, c, d) Precision balance, refractometer and polariscop tests of chalcedony samples from Artova Region.



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

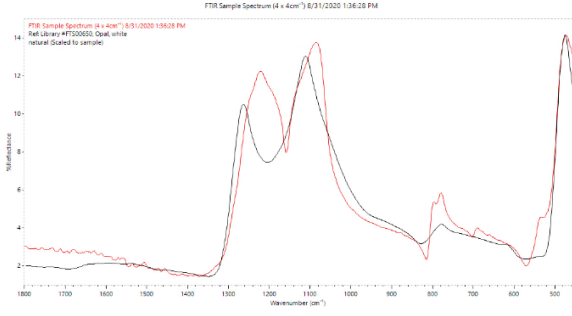
Figure 10. Dichroscope and Ultraviolet (UV) lamp tests of chalcedony samples from Artova Region.

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.

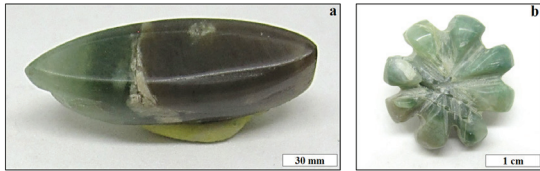
Figure 11. a, b, c, d, e) Gemological microscope images of Artova chalcedony specimens.



**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 SiO<sub>2</sub> 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 <sub>i</sub> )	Polariskop	Dikroskop	Uv Lamba	Gemolojik Mikroskop
			Tek / Çift Kırma / Özelliği (Sr/Dr/Agg)			
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  $\text{SiO}_2$  (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 karışımlı iç yapısı ve yerleşme yaşı: *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24 (1), 31-38, [https://jmo.org.tr/resimler/ekler/a8d616d51ce9709\\_ek.pdf](https://jmo.org.tr/resimler/ekler/a8d616d51ce9709_ek.pdf)