



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 melanjı 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 görseelliğe 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,

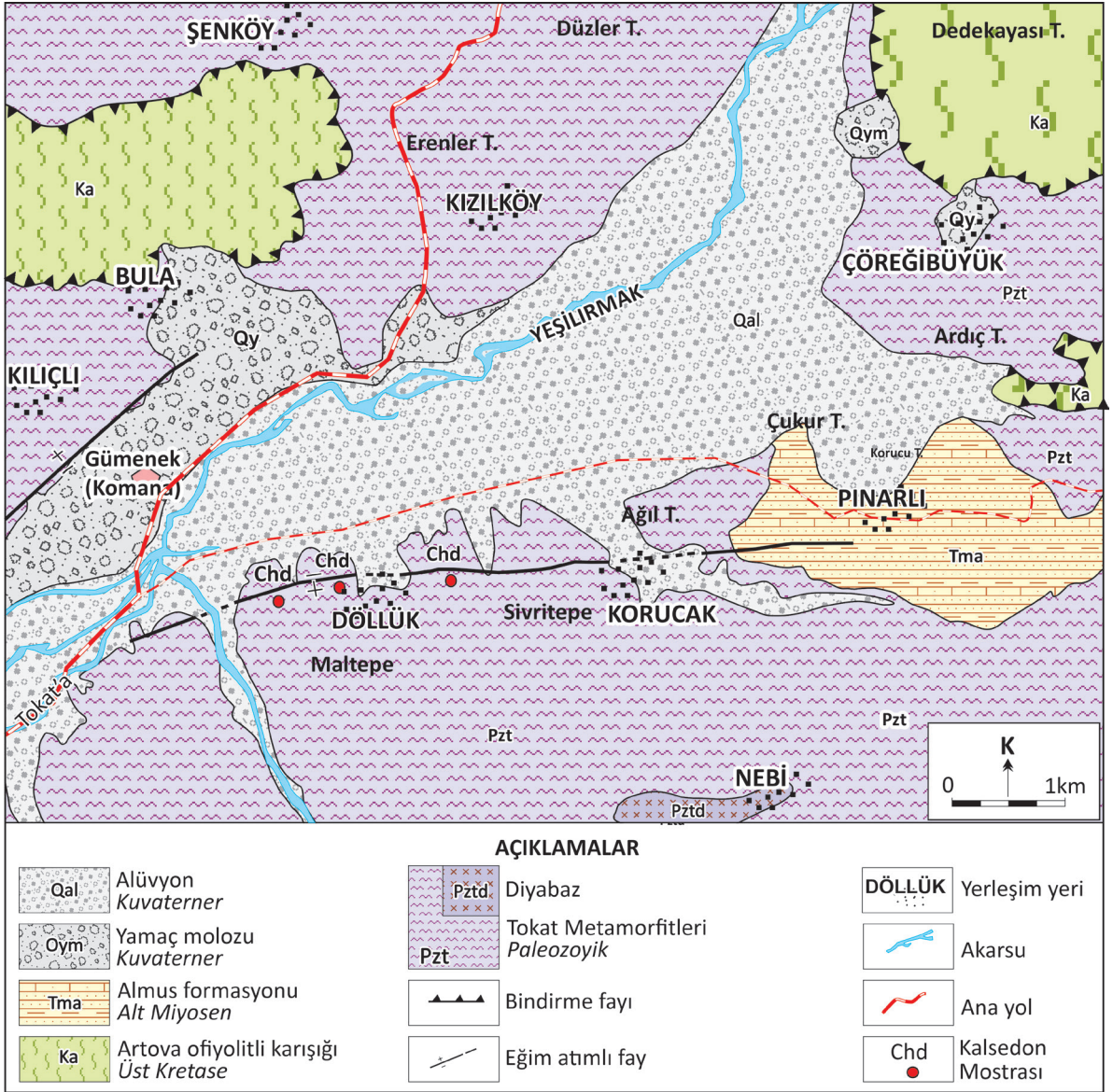
Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn ve Zr olup analiz sonuçları element konsantrasyonu (% veya ppm) şeklinde alınmış olup ana oksitler için Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, Mn, P, Ti ve Cr oksit konsantrasyonlarına dönüştürülmüştür. Analizi yapılan 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,

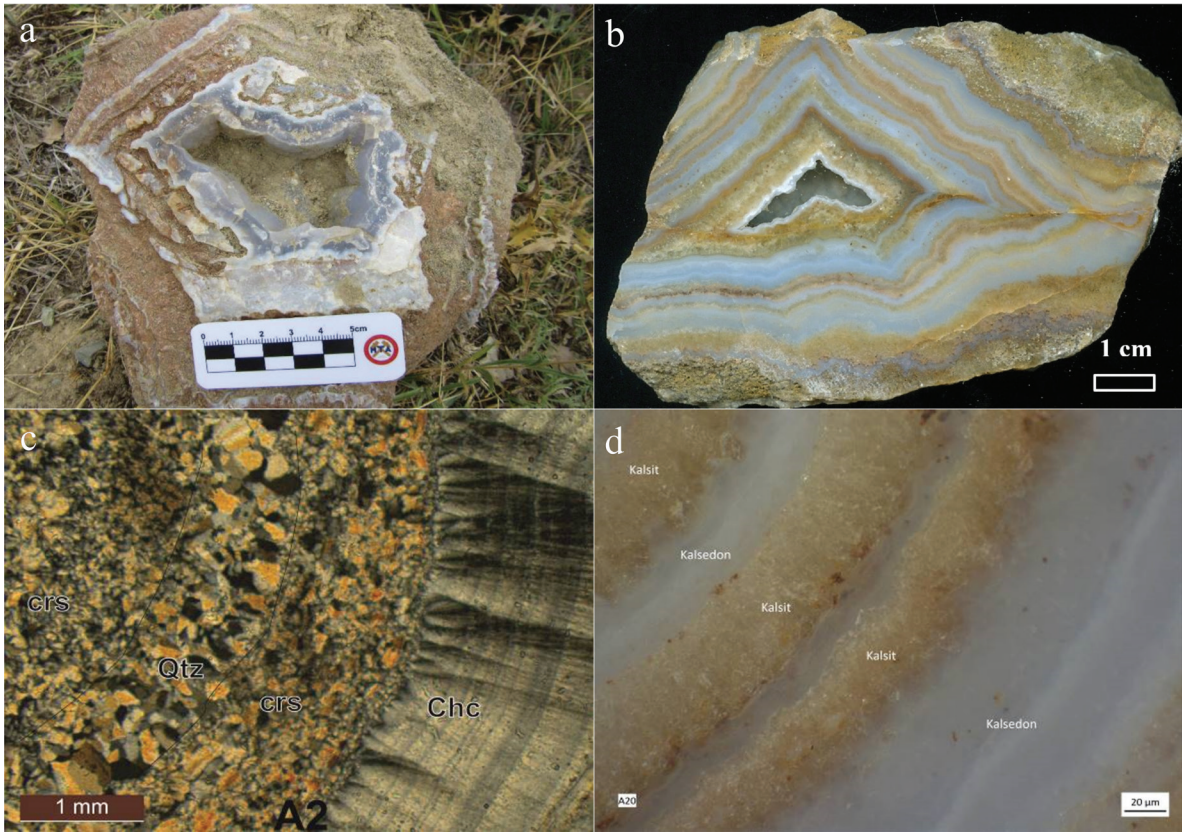
piroksenit, gabro, split, diyabaz, yastık yapılı splitik bazalt, andezit, aglomera, kloritışist, glokofanışist, mikaşist, amfibolit, kuvarşist, kalkışist, mermer, radyolarit ve değişik yaş ve türde kireçtaşı blokları ile temsil edilmektedir. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelen Alt Miyosen yaşlı 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 metamorfitlerini 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 asimetric 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 ($t_c: 2,45$) 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 kayacı tam olarak ayırlamadığını 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 kayaların 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.

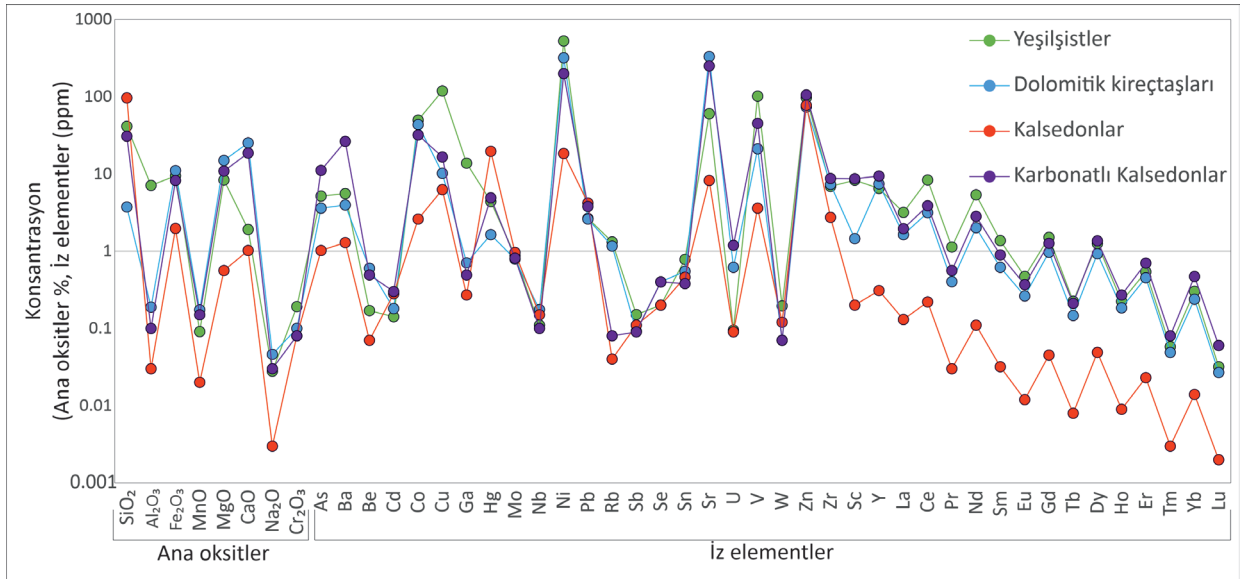
| Yan Kayaç Element | Yeşilistler | | | Dolomitik kireçtaşları | | |
|--------------------------------|-------------|---------|----------------|------------------------|---------|----------------|
| | AY1 | AY3 | Ortalama | AY4 | AY5 | Ortalama |
| SiO ₂ | 42,572 | 40,219 | 41,396 | 4,279 | 3,209 | 3,744 |
| 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'nin 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 yapıli splitik bazalt, andezit, aglomera, kloritışist, glokofanışist, mikaışist, amfibolit, kuvarsit, 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.