



## Belkavak Köyü (Yerköy-Yozgat) Civarındaki Kuvars ve Ametist Oluşumlarında Mikrotermometrik Özellikler

*Microthermometric features in Quartz and Amethyst occurrences around Belkavak village (Yerköy-Yozgat)*

Nihal ÇEVİK<sup>1</sup>, Zeynep AYAN<sup>2</sup>, Ebru COŞKUN<sup>3</sup> ve İ. Sönmez SAYILI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

(e-posta: Nihal.Cevik@eng.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup> EN-KAY Danışmanlık, Mühendislik, Müşavirlik Ltd. Şti., Ankara

<sup>3</sup> MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi Başkanlığı, Mineraloji-Petrografi Araş. Koord. Ankara

### ÖZ

Yozgat-Yerköy- Belkavak köyü civarında yüzeyleyen volkanik kayalardan bazaltik andezitler içinde kalsedon, beyaz kuvars, şeffaf kuvars-I, ametist ve şeffaf kuvars-II minerallerinden oluşan beş ayrı silis zonu bulunmuştur. Bu zonların oluşum evrelerine göre sırası, homojenleşme sıcaklıkları ve % NaCl eşdeğeri olarak tuzluluk parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre, ilk evre kalsedon bantlarından oluşmaktadır. Bunlar kriptokristalen dokuda olduğundan herhangi bir sıvı kapanıma rastlanmamıştır. Daha sonra oluşan beyaz kuvarlarda ölçülen sıcaklıklar 272-323 °C arasında, tuzluluklar ise 3.86 - 4.65 % NaCl eşdeğerlerindedir. Şeffaf kuvars-I evresinde ise 217-280°C arası sıcaklıklar belirlenirken, tuzluluklar 3.06-4.96 % NaCl eşdeğerleri olarak ölçülmüştür. Ametistlerin oluştuğu sırada çözeltilerin sıcaklıkları 162-370°C arasında ve tuzlulukları da 1.73-4.96 % NaCl eşdeğerlerindedir. Son evredeki şeffaf kuvars-II oluşumları ise 120-270 °C arasında sıcaklıklar vermektedir. Tuzluluklar ise 0-6.88 % NaCl eşdeğerleri arasındadır. Elde edilen bu verilere göre ortama gelen ilk silisli çözeltiler nispeten soğuk bir ortam ile temasta olduklarından kalsedonları oluşturmuşlardır. Daha sonra gelmeye devam eden silisli çözeltilerin sıcaklığı 200-370 °C' lere kadar çıkmış ve zamanla sıcaklıkları azalarak 120 °C' lere kadar düştüğü tespit edilmiştir. Genellikle % 8'in altındaki tuzluluk değerleri kuvars ve ametistlerin oluşumları sırasında deniz suyunun yanı sıra meteorik suların da etkin olabileceğini düşündürmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kalsedon, Ametist, Kuvars, Sıvı kapanım, Yerköy, Yozgat

### ABSTRACT

*Chalcedony, quartz and amethyst vein and veinlets which are emplaced in the cracks and fractures of particularly in basaltic andesites around Belkavak village of Yerköy-Yozgat are investigated. Fluid inclusion studies carried out on in solutions rich in silica for determination of the formation temperatures and the origins of the salinities. Siliceous veins cut the Middle Eocen basaltic andesites. During the studies, five different silica zones were distinguished respectively consisting of chalcedony, white quartz, transparent quartz-I, amethyst and transparent quartz-II. Homogenization temperatures and % NaCl equivalent salinity parameters are dedected. First stage consists of chalcedony bands. Their cryptocrystalline texture*

*have led to no fluid inclusions. The white quartz crystals are formed after chalcedony bands and their homogenization temperatures measured as between 272 and 323°C, salinities between 3.86 and 4.65 % NaCl equivalent. During transparent quartz-I formation stage corresponding temperatures were determined as ranging between 217 and 280°C and salinities between 3.06 and 4.96 % NaCl equivalent. During the formation of amethyst crystals, homogenization temperatures changing from 162 to 370°C and salinities of 1.73 to 4.96 % NaCl equivalent are measured. At the the final stage, transparent quartz-II crystals are formed. Their homogenization temperatures varied between 120 to 270°C and salinities between 0 to 6.88 % NaCl equivalent.*

*According to the obtained data, previously ascending siliceous solutions emplaced in the open spaces of cracks and fractures in a relatively cold environment and hence the formation of chalcedony occurred. Then, the temperatures of the ascending siliceous solutions reached up to 200-370°C and gradually decreased to 120 °C. Generally, rates of salinity is below %8, therefore it can be postulated that meteoric water was in interaction with seawater during the formations of quartz and amethyst crystals.*

**Keywords:** Chalcedony, Amethyst, Quartz, Fluid inclusion, Yerköy, Yozgat

## GİRİŞ

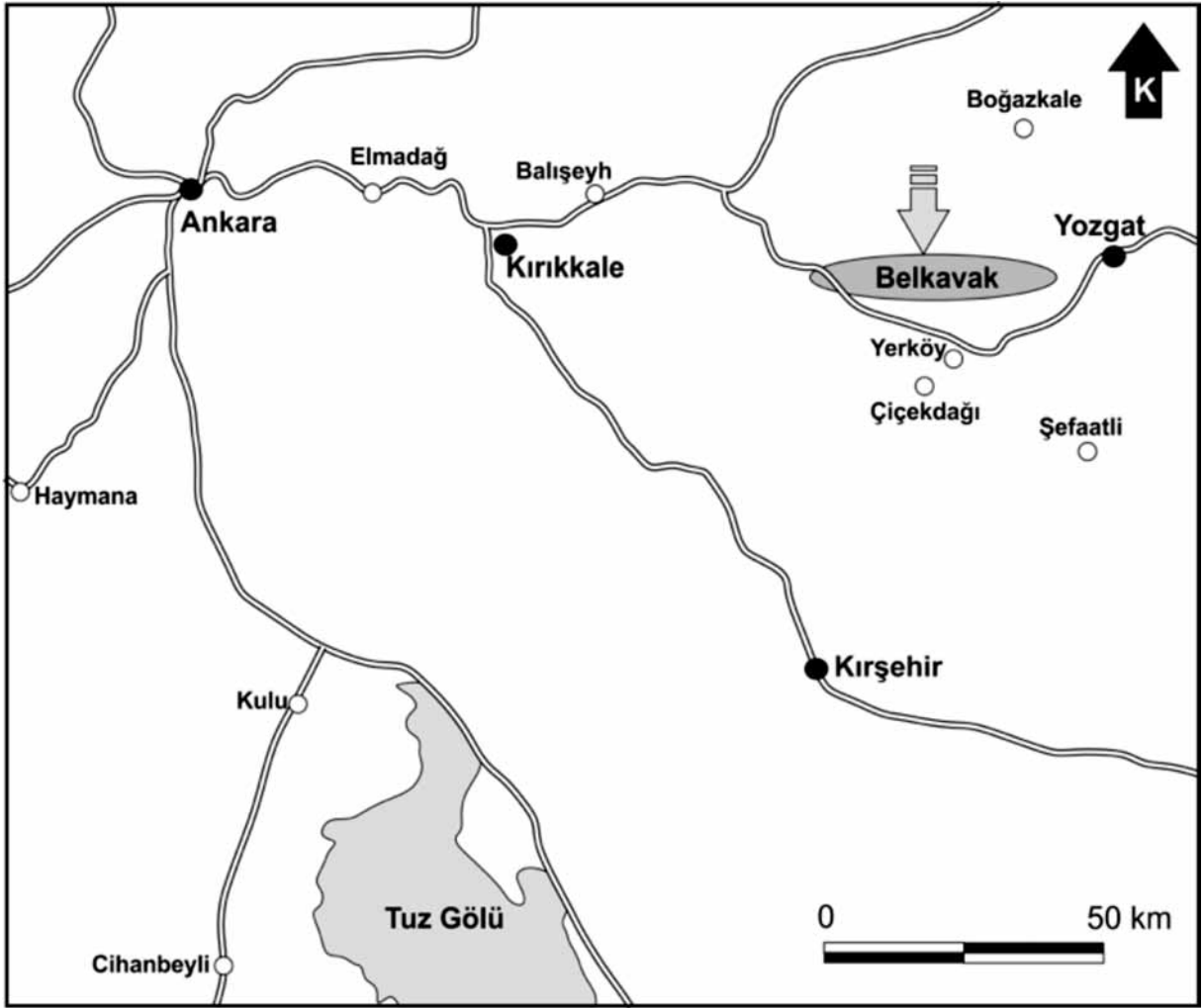
Silis grubunun üyesi olan kalsedon, kuvars ve ametistler kırık ve çatlaklarda olmak üzere tüm boşluklarda, hemen her tür kayaç içinde oluşabilirler. Ancak volkanik kayaçların boşluklarında oluşmuş olanlara daha sık rastlanmaktadır. Örneğin, birkaç metre jeod büyüklüğüne kadar ulaşabilen dünyaca ünlü Brezilya ametistleri, bazaltik kayaçlar içinde yer almaktadır (Gilig et al. 2003). Türkiye'nin bugüne kadar bilinen en büyük ametist oluşumu Balıkesir-Dursunbey-Göğü Köyü civarında bulunmaktadır. Ayrıca bahsi geçen bölgede, Gürbüz (2007) ve Gürbüz ve Sayılı (2008) tarafından yapılan çalışmalarda, kayaçlar mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri açısından incelenmiş, ametistlerin kalkalkalen-şoşonitik karakterli riyolitlerin içinde, damarlar şeklinde geliştiği ortaya konulmuştur. Bu damarlarda yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre, ametistlerin epitermal sistem koşullarında, ortalama 200-300°C civarlarında bir sıcaklıkta oluştuğu belirtilmiştir.

Yozgat civarında yeri ve özellikleri çok bilinmeyen kalsedon, kuvars ve ametist oluşumlardan

birisi de Yerköy ilçesi Belkavak Köyü civarında bulunmaktadır. Bu makaleye konu oluşturan çalışma alanı Ankara-Yozgat karayolu üzerinde, Yozgat'ın Yerköy ilçesinin kuzeybatısında Belkavak Köyü civarındadır (Şekil 1). Literatürde Belkavak civarında çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Adı geçen bölgede özellikle bazaltik andezit türü volkanik kayaçlar içinde kırık çatlak dolguları şeklinde gelişmiş kalsedon, kuvars ve ametist oluşumları incelenerek, silisce zengin çözeltilerin oluşum sıcaklıkları ve tuzlulukları ile kökenlerinin tespiti amacıyla sıvı kapanım çalışmaları yapılması amaçlanmıştır. Bu silis oluşumlarının incelenmesiyle bölgede etkin olan hidrotermal çözeltilerin karakterini bir ölçüde anlamak mümkün olabilecektir.

## BÖLGESEL JEOLojİ

Çalışma alanını da içine alan bölge Orta Anadolu Kristalin Kompleksi (Göncüoğlu vd. 1991) içinde yer almaktadır. İnceleme alanındaki volkanitler Erdoğan vd. (1996) tarafından Çankırı Havzası olarak adlandırılan havzanın güney kesiminde yüzeylenirler.

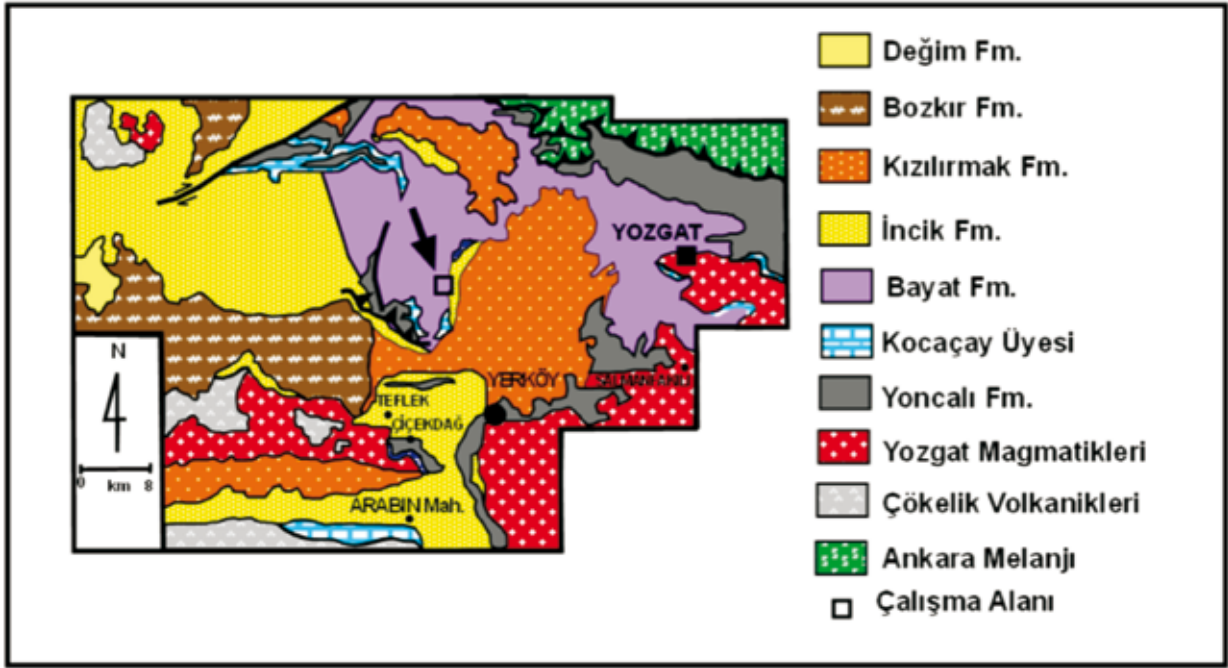


Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Havza, Sakarya Kıtası ile güneyde Kırşehir Bloğu arasında kalan çarpışma kalıntı havzası olarak gelişmiştir. Bölge, Çankırı

Havzası içindeki Bayat Formasyonu ve kısmen de Yoncalı Formasyonu içinde yer almaktadır (Şekil 2).



**Şekil 2.** Çalışma alanını da içine alan bölgenin jeoloji haritası (Erdoğan vd. 1996'dan alınmıştır).

**Figure 2.** Regional geological map of the study area (after Erdoğan et al. 1996).

Yoncalı Formasyonu içinde sağlam yaş verileri sağlayan birim, gri-sarı kireçtaşı mercekleri olup kalınlıkları 50 metreye kadar çıkmaktadır. Bu kireçtaşları Erdoğan vd. (1996)'ya göre nummulit, pelecypod, gastrapod, bryzoa ve echinid fosilleri içermektedir. Bu merceklerin yatay ve dikey yönde devamsızlıklar sunarak Yoncalı Formasyonu içinde birkaç defa tekrarlandığı ve kalkerli çamurtaşları, çamurtaşları ve kumtaşlarına geçiş gösterdiği belirtilmektedir. Bu birimler Birgili vd. (1975) tarafından ise Kocaçay üyesi olarak adlandırılmıştır (Şekil 2). Kocaçay üyesini oluşturan kireçtaşları Yoncalı Formasyonunun alt kesimlerinde Geç Paleosen-Erken Eosen yaşı verirken, orta kesimlerinde Orta Eosen yaşına işaret etmektedir. Bayat Volkanitlerinin hiyaloklastit özellik gösterdiği ve sığ denizel sular içine girerek oluştuğu belirtilmektedir (Erdoğan vd. 1996). Bazı alanlarda lavlardaki yastık yapıları da izlenmiştir. Alparslan ve Temel (2000) ise yukarıda Bayat

Formasyonu olarak anlatılan volkanitleri, Yozgat volkanitleri olarak nitelemişler ve bazalt, bazaltik andezit, andezit ve dasit bileşimli bu kayaların, kalın lav akıntıları ve onların piroklastik türevleri olduklarını belirtmişlerdir. Ateş vd. (2002), Çorum güneyindeki volkanitleri Bayat Volkanitleri olarak kabul etmişlerdir. Bayat Volkaniklerinin andezitik-bazaltik karakterdeki lavlardan meydana geldiğini ve birimin Orta Eosen (Lütesiyen) yaşında olduğunu söylemişlerdir.

Birgili vd. (1975), Çankırı-Çorum Havzasında denizin Maastrihtiyen'den Üst Eosen'e kadar birçok kereler ilerleyerek bölgeyi kapladığını belirtmiştir. Eosen başındaki baskın derin deniz koşullarının Orta Eosen'de tedricen sığ deniz koşullarına geçtiği ve Üst Eosen'de ise tamamen çekilerek yerini karasal ortam şartları ve geçici göllere bıraktığı ileri sürmüştür. Erdoğan vd. (1996), Çankırı Havzası'nın gelişimini

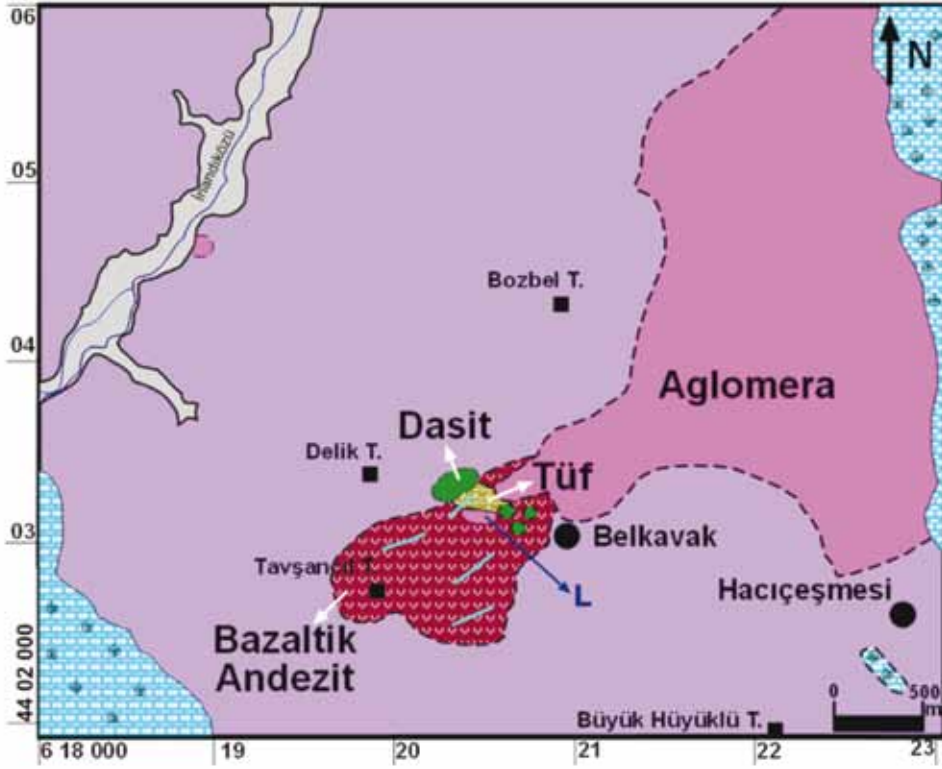
modellemişler ve Neotetis okyanusunun kuzey ve güney kenarları boyunca farklı yitim zonları sonucunda Kırşehir ve Sakarya kıtalarının Üst Kretase'de çarpıştıklarını belirtmişlerdir. Geç Paleosen'den itibaren Çankırı Havzasının çarpışma boyunca oluştuğunu ve havzanın güney kesminin sığ denizel birimler ve/veya deltayik sedimanlarla doldurulduğunu ileri sürmüşlerdir.

### **ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ**

İnceleme alanı da içine alan geniş bir bölgede Eosen yaşlı çeşitli volkanik kayalar yüzelemektedir. Ayrıca fosil verilerine göre Orta Eosen (Bartoniye) yaşlı kırıntılı kireçtaşları görülmektedir. Çalışma alanı içindeki kayaların oluşumları ve ortamları hakkında bugüne kadar çeşitli jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Ketin, 1955; Ayan, 1969; Birgili vd., 1975; Büyükönel, 1985; Keskin, 1992; Erdoğan vd. 1996; Alpaslan ve Temel, 2000; Ateş, 2002; Akçe, 2003). Ancak, yapılan bu çalışmalarda bölgedeki silis oluşumlarına hiç değinilmemiştir.

İlk defa Çevik (2009), Ayan vd., (2009) ve Çevik ve Sayılı (2010) tarafından kalsedon, kuvars ve ametist oluşumlarından söz edilmiş ve bu silisli çözeltilerin, volkanik kayaların bazılarının kırık ve çatlaklarını doldurduğu ve damarlar halinde uzandıkları ortaya konulmuştur.

Çevik (2009) tarafından ortaya konulan çalışmada, özellikle Belkavak köyü civarında yapılan jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar ile yörenin istifi oluşturulmuştur (Şekil 3). Bu istifin en altında bazaltik andezitik lav akıntıları, onların üzerine çökelmiş tüfleri, onun üzerinde ise alttaki volkanitleri kesen dasitleri görmek olasıdır. Bazaltik andezitlerin altere olarak kahverengi bir renk kazandıkları gözlenmektedir. Daha sonra aglomeraların oluştuğu ve bu birimlerin fosilli kumlu kireçtaşları ile örtüldüğü belirlenmiştir (Çevik, 2009). Bu kireçtaşlarının, Bartoniye yaşını veren fosil bulgularına dayanarak sığ denizel fasiyeste geliştiği söylenmiştir. En üstte ise laharlar tanımlanmıştır.



YAŞ	FORMASYON	LİTOLOJİ		
T E R S İ Y E R O R T A E O S E N	Bartoniye	Deliceirmak (?)	Lahar?	
		Kocaçay Üyesi	Fosilli kumlu kireçtaşı	
	Bayat Volkanikleri		Aglomera	
			Dasit	
		Kalesedon, Kuvars Ametist Damarları		Killeşmiş camsı tüf
				Bazaltik Andezit

Şekil 3. Çalışma alanının jeolojik haritası ve stratigrafik istifi (Çevik, 2009).

Figure 3. Geological map and stratigraphic columnar section of the study area (Çevik 2009).

### Kalsedon-Kuvars-Ametist Damarları

İnceleme alanında kalsedon-kuvars ve ametistten oluşan silis damarları, Orta Eosen yaşlı bazaltik andezit ve killeşmiş camsı tüfleri ile Bayat Volkanitlerine ait olan dasit ve aglomera türü volkanik kayalar da kesmekte ve Bartoniye yaşlı sığ deniz ortam koşullarına işaret eden fosilli kumlu kireçtaşları içinde silisleşmeler olarak gözlenmektedir. Silisli damarlar, bazaltik andezitler ve kısmen de tüfler içinde nispeten birbirine paralel olarak uzanmakta ve belirgin bir devamlılık sunmaktadırlar (Şekil 4). Damarlar yaklaşık K 30-60° D doğrultuludur.

Bölgesel Jeoloji bölümünde de belirtildiği gibi birçok bulgu Orta Eosen'de bölgede sığ deniz ortamının varlığına işaret etmektedir. Bu çalışmada yapılan incelemeler sırasında bölgede Bartoniye yaşlı kumlu kireçtaşlarındaki makro ve mikrofosillerin silisli akışkanlardan etkilenmiş olabileceği saptanmıştır. Ayrıca volkanik kayaların kırıklarında izlenen yeşil kil minerali türü olan seladonit minerallerinin varlığı, sığ denizel ortamda denizaltı volkanizması sonucu düşük dereceli okyanus tabanı metamorfizması ürünlerine işaret edebileceği tespit edilmiştir (Çevik 2009, Ayan vd. 2009, Çevik ve Sayılı 2010).



**Şekil 4.** Altered basaltic andesites içerisinde kırık dolgusu şeklinde gelişmiş K 40°D doğrultulu kalsedon-kuvars-ametist damarlarının görünümü.

**Figure 4.** Field view of the N40E trending chalcedony-quartz-amethyst veins occurred in altered basaltic andesites as fissure fill.

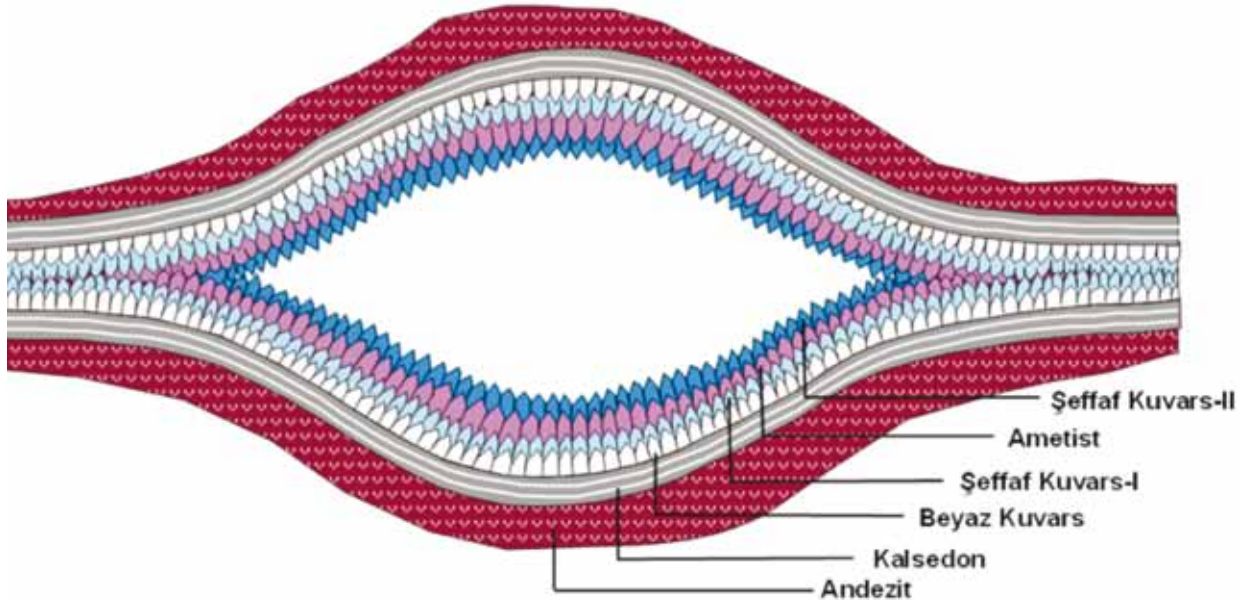
Çalışma alanındaki silis damarlarının 5 farklı zondan oluştuğu tespit edilmiş olup, bunlar oluşum sırasına göre (i) kalsedon, (ii) beyaz kuvars, (iii) şeffaf kuvars-I, (iv) ametist ve (v) şeffaf kuvars-II şeklindedir. Sahada ince

kırık ve çatlaklarda bantlaşmalar şeklinde sadece kalsedon oluşumları gözlenirken, damarlar kalınlaştıkça kalsedonların üstüne kuvars ve ametist kristallerinin geldiği izlenmiştir. (Şekil 5 ve 6).



**Şekil 5.** Kalsedon, beyaz kuvars, şeffaf kuvars-I, ametist ve şeffaf kuvars-II kristallerini içeren damarın yakından görünümü.

**Figure 5.** Close up view of chaledony, white quartz, glazy quartz-I, II and amethyst bearing vein.



**Şekil 6.** Silisli çözeltiler tarafından oluşturulmuş kuvars türevlerinin şematik oluşum sırası.

**Figure 6.** Schematic formation of quartz types within a silicic fluids.



## SIVI KAPANIM PETROGRAFİSİ

Sıvı kapanım çalışmalarına yönelik örneklerde daha başarılı ölçüm yapabilmek için, orta boyutlu (3-5mm) kristallerden örnekler alınmasına özen gösterilmiştir. Genel olarak, kuvars ve ametist kristallerinde gözlenen sıvı kapanımların boyutları küçük olup, büyüklükleri 1-12 mikrometre arasında değişmektedir. İncelemelerde birincil ve ikincil kökenli kapanımlar tespit edilmiştir. Birincil kökenli kapanımlar kristaller içerisinde genellikle küçük kümeler, gruplar halinde veya yer yer izole halde görülmektedir. Birincil kökenli kapanımların şekilleri çoğunlukla yuvarlak, elipsoidal ve kısmen de düzensiz şekillerdedir. İkincil kökenli kapanımlar ise bir hat boyunca çizgisellik göstermektedir. Daha çok düzensiz şekiller sunmaktadır.

Kuvars ve ametist kristallerinde daha çok birincil kökenli tek fazlı (sıvı) ve tek fazlı (gaz)

kapanımlar ile yer yer birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar gözlenmektedir. Ayrıca örnekler içinde ikincil kökenli tek fazlı (sıvı), tek fazlı (gaz) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da tespit edilmiştir. Mikrotermometrik ölçümler sonucunda homojenleşme sıcaklıkları ve % NaCl eşdeğeri olarak tuzluluklar belirlenmiştir.

Örneklerde sıvı ve gaz fazının bir arada görülmesi oluşumlar sırasında sistemin açık olduğunu göstermektedir. Açık sistemlerde kristalleşme esnasında etki eden herhangi bir basınç olmadığından, sıcaklık değerleri için basınç düzeltmelerine gerek yoktur (Roedder, 1984). Bu nedenle de ölçülen homojenleşme sıcaklıkları oluşum sıcaklıkları olarak kabul edilmiştir.

Beyaz Kuvars oluşum evresi: Bu kristaller kalsedonlar üzerinde gelişmişlerdir. Beyaz kuvarlardaki kapanımların boyutları 2-6 mikrometre arasında olup, oldukça küçüktür.



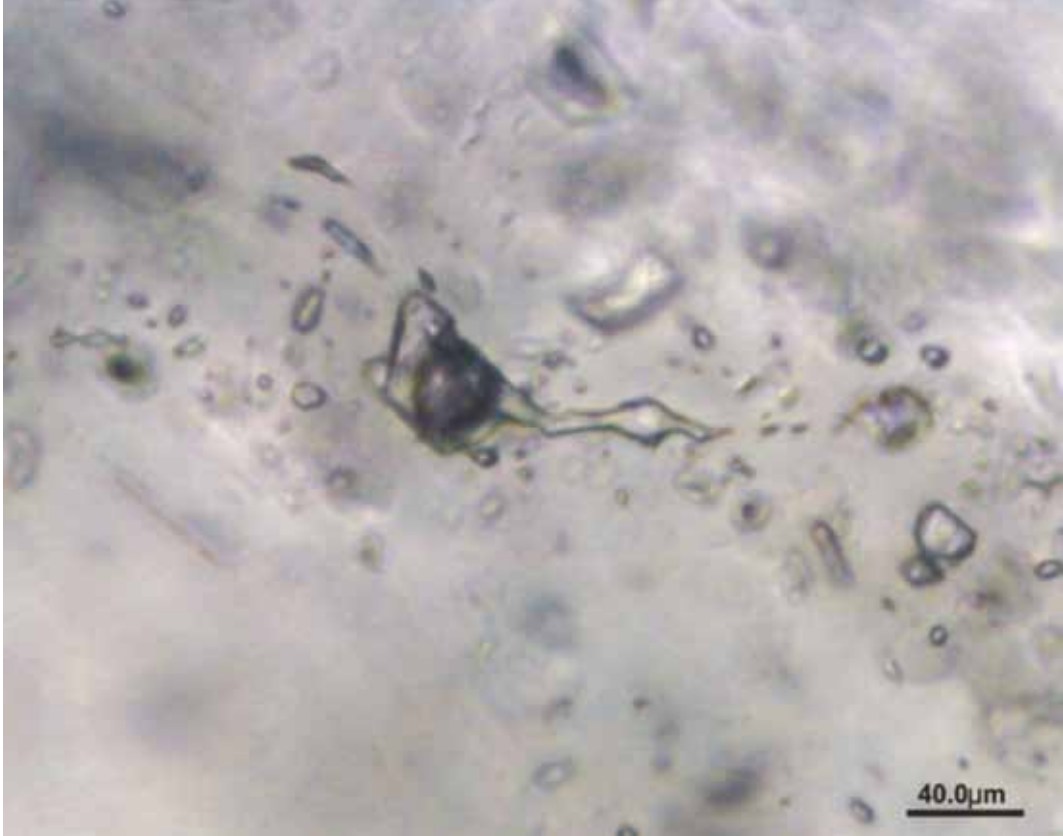
**Şekil 7.** İki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarla beraber izlenen tek fazlı (sıvı) kapanımlar  
**Figure 7.** Single phase fluid inclusions with two phases (fluid+gas) fluid inclusions.

Birincil ve ikincil kapanımlar gözlenmekle birlikte, tek fazlı (sıvı) kapanımlar daha yaygındır. Tek fazlı (gaz) kapanımlar da yer yer gözlenmektedir. Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar ise eser miktardadır (Şekil 7). Bu tür kapanımlarda iki adet mikrotermometrik ölçüm yapılabilmiş ve elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 272°C ve 323°C olarak bulunmuştur.

Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü kapanımlarda sıvı azot kullanılarak dondurma deneyleri yapılmış ve son buz ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) -2.3°C ve -2.8 °C olarak bulunmuştur. Bunlara karşılık gelen tuzluluk değerleri sırasıyla 3.86 ve 4.65 % NaCl eşdeğeri olarak belirlenmiştir.

Şeffaf Kuvars-I oluşum evresi: Bu kristaller oldukça iri olmalarına rağmen,

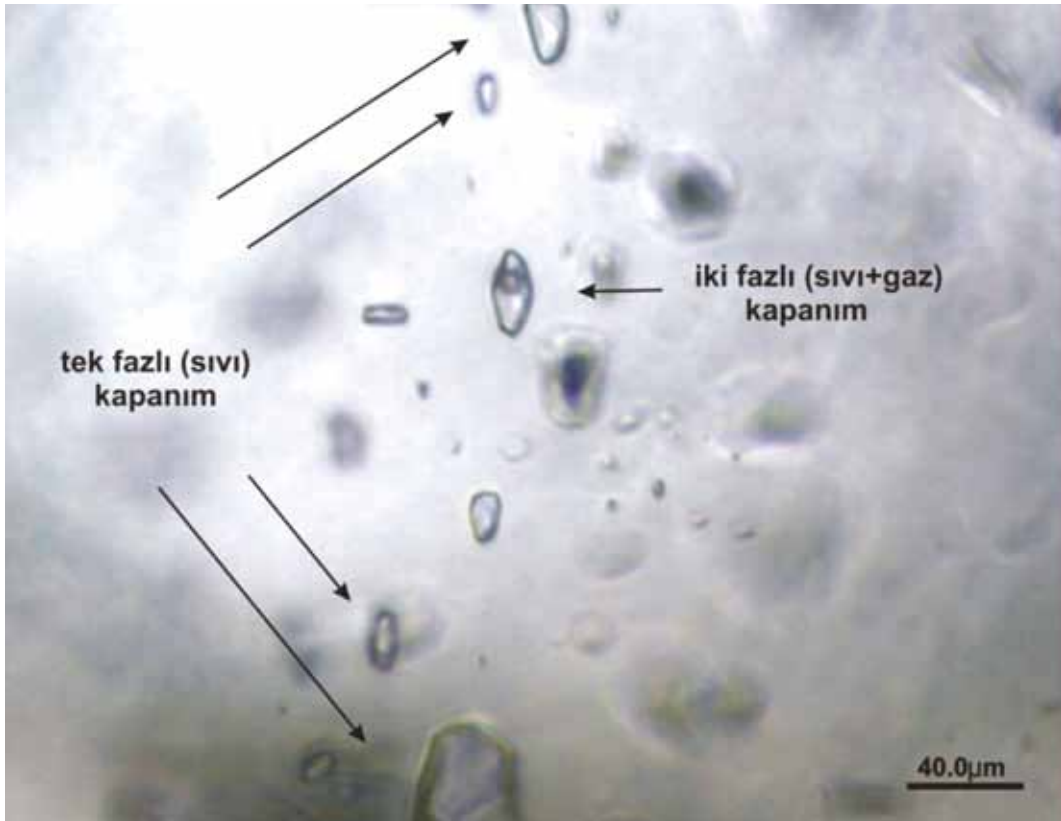
birincil ve ikincil kökenli kapanımlara çok sık rastlanmamaktadır. Ölçüm yapılabilen kapanımların boyutları genellikle 2-10 mikrometre arasında değişmekte olup, yaklaşık 100 mikrometre büyüklüğüne ulaşan kapanımlar da gözlenmiştir. İncelemelerde kapanımların çoğunluğunu tek fazlı (sıvı) kapanımlar oluşturmaktadır. Kapanımlarda yaygın olarak boyunlanmalar (necking down) gözlenmektedir (Şekil 8). Şeffaf kuvars-I kristallerinde üç mikrotermometrik ölçüm yapılabilmiş ve homojenleşme sıcaklıkları 217-280°C arasında bulunmuştur. Ergime sıcaklıklarına ( $T_m$ °C) karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri ise Bodnar (1993) eşitliğine göre 3.06- 4.96 % NaCl eşdeğerleri olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 8.** Şeffaf kuvars-I kristali içinde izlenen boyunlanmış kapanım.  
**Figure 8.** Fluid inclusion occurred in glazy quartz-I crystal.

**Ametist oluşum evresi:** Gözlenebilen sıvı kapanımların boyutları genellikle 12-16 mikrometre arasında değişmektedir. İncelemelerde orta bollukta birincil ve ikincil kökenli kapanımlara

rastlanmaktadır. Birincil kökenli kapanımların çoğunluğunu tek fazlı (sıvı) kapanımlar ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar oluşturmaktadır (Şekil 9). Tek fazlı (gaz) kapanımlar ise daha azdır.



**Şekil 9.** Ametistlerde gözlenen tek fazlı (sıvı) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar.  
**Figure 9.** Single (fluid) and two phases (fluid+gas) inclusions in amethysts.

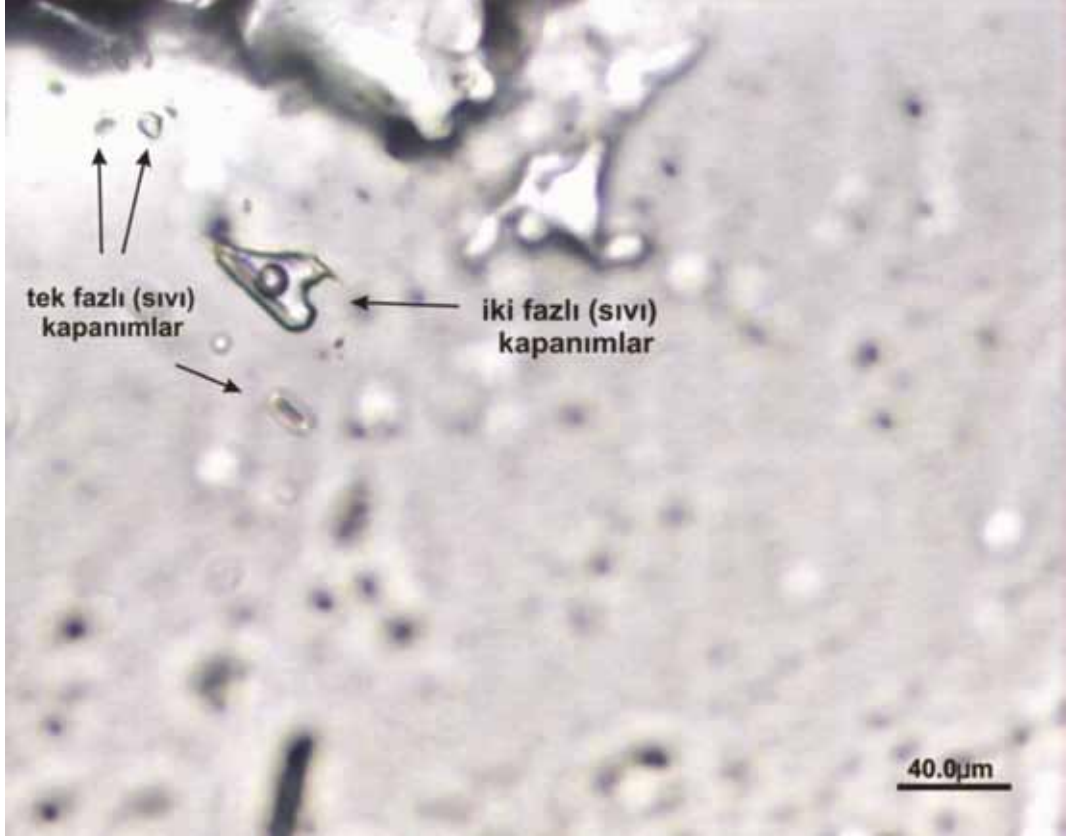
Ametistlerde yapılan mikrotermometrik ölçümlerde homojenleşme sıcaklıklarının 162-370°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Ölçülen ergime sıcaklıklarından hareketle Bodnar (1993) eşitliği kullanılarak hesaplanan tuzluluk oranları ise 1.73-8.00 % NaCl olarak bulunmuştur. Ametist örneğinde toplam 13 adet homojenleşme sıcaklık ve 14 adet tuzluluk değeri elde edilmiştir. İlk oluşum evresinde, koyu mor renkli olan ametistlerin sıcaklıklarının 370-310 °C civarında olduğu belirlenmiştir. Bu evrede tuzluluk 4.96-8 %

NaCl eşdeğerleri arasındadır. Daha açık mor renkli ametistlerin temsil ettiği geç evrede, çözeltilerin sıcaklıklarının 160-290°C ve tuzluluklarının 1.73-4.96 % NaCl arasında olduğu saptanmıştır. Bu bulgu, ametistlerin oluşumlarının son evrelerinde hem daha soğuk hem de daha az tuzlu çözeltilerin rol oynadığını göstermektedir.

**Şeffaf Kuvars-II oluşum evresi:** Ölçüm yapılan kapanımların boyutları genellikle 6-12 mikrometre arasındadır. Örnekte birincil ve ikincil

kökenli kapanımlara bol miktarda rastlanmıştır. Birincil kökenli kapanımların çoğunluğunu tek fazlı (sıvı) kapanımlar oluştururken, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar daha az oranda

izlenmektedir (Şekil 10). İkincil kapanımlar ise genellikle tek fazlı (sıvı) kapanımlardan oluşmaktadır. Ayrıca yaygın olarak boyunlanmalar (necking down) gözlenmiştir (Şekil 11).



**Şekil 10.** Şeffaf kuvars-II kristalinde görülen iki fazlı (sıvı+gaz) ve tek fazlı (sıvı) kapanımlar.  
**Figure 10.** Single (fluid) and two phases (fluid+gas) inclusions in glazy quartz-II crystal.



**Şekil 11.** Şeffaf kuvars-II evresine ait tek fazlı (sıvı) kapanımlar ve bazı kapanımlarda izlenen boyunlanmalar.  
**Figure 11.** Single (fluid) inclusions in glazy quartz-II phase.

Yapılan 15 adet mikrotermometrik ölçüm sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıklarının 120-270°C arasında değiştiği saptanmıştır. 9 adet ergime sıcaklığı ölçümüne göre, şeffaf kuvars-II kristallerini oluşturan çözeltinin tuzluluğu 0-6.88 % NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

Elde edilen homojenleşme sıcaklık ve tuzluluk değerlerine göre, şeffaf kuvars-II kristalleri ilk oluşmaya olasılıkla 270 °C civarında başlamış, daha sonra soğuyarak 120°C civarında

kristallenmelerini tamamlamıştır. Homojenleşme sıcaklıklarının 120-170°C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaştığı görülmektedir. Eriyiklerin tuzluluk oranları 0- 6.88 % NaCl eşdeğerleri arasında değişmekte olup, bu bulgu da çözeltilerin yer yer meteorik sularla karıştığına işaret etmektedir.

Yukarıda sadece aralık olarak değinilen homojenleşme sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin tamamı aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü civarındaki kuvars ve ametistlerin sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklık (Th °C) ve tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerleri.**Table 1.** Homogeneous, temperature (Th °C) and salinity (% NaCl) values of quartz and amethyst fluid inclusions around Yozgat-Yerköy-Belkavak.

Kristaller	Homojenleşme Sıcaklık Değerleri (Th (°C))	Tuzluluk Değerleri (%NaCl eşdeğeri)
Beyaz Kuvars	272 °C, 323 °C	%3.86, %4.65
Şeffaf Kuvars- I	217 °C, 238 °C, 280 °C	%3.06, %3.55, %4.96
Ametist	162 °C, 165 °C, 170 °C, 211 °C, 236 °C, 260 °C, 272 °C, 281 °C, 313 °C, 316 °C, 322 °C, 345 °C, 370 °C	%1.73, %2.24, %3.38, %4.18, %4.96, %5.71, %6.59, %6.88, %6.88, %7.16, %7.45, %7.45, %7.86, %8.00
Şeffaf Kuvars- II	121 °C, 122 °C, 125 °C, 126 °C, 130 °C, 133 °C, 138 °C, 140 °C, 162 °C, 162 °C, 165 °C, 187 °C, 217 °C, 238 °C, 268 °C	%0, %0.88, %2.07, %2.57, %2.89, %3.06, %4.18, %5.16, %6.88

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapılan tüm bu sıvı kapanım petrografisi çalışmalarında sıvı kapanımlarının sadece sıvı, sadece buhar veya her iki fazı birlikte buldukları gözlenmiştir. Tek fazlı kapanımların birlikte bulunmaları silis oluşumlarının açık sistemde geliştiğini göstermektedir. Bu nedenle ölçülen homojenleşme sıcaklıkları doğrudan oluşum sıcaklıkları olarak alınmıştır. Bazaltik andezit, onların altere ürünlerinin kırık ve çatlaklarına gelen ilk evre silisli çözeltiler, çatlaklar boyunca yukarı doğru yükselirken, soğuk olan yan kayaç duvarlarına temas ettiklerinde, düşük sıcaklıkları ve basınçlarındaki düşüslere bağlı olarak mikrokristalin dokudaki kalsedonları oluşturmuşlardır. Kalsedon damarlarında görülen, açık-koyu gri arasındaki renk farklılıkları, olasılıkla silisli çözeltilerin gelişleri sırasındaki kimyasal değişikliklerden kaynaklanmış olabilir. Kalsedon oluşumlarından sonra gelmeye devam

eden silisli çözeltilerden kalsedon bantlarına dik olarak beyaz kuvars kristalleri 272-323 °C aralığındaki sıcaklıklarda gelişmiştir. Bundan sonra gelen çözeltiler ise yavaş yavaş soğumaya başlayarak, daha düşük sıcaklıklarda (217-280°C) şeffaf kuvars-I kristallerini oluşturmuştur. Beyaz ve şeffaf kuvars-I oluşumları sırasında, tuzluluk NaCl eşdeğeri olarak yaklaşık % 3-5 arasında değişmektedir. Bu değerler, bu evrede silisli çözeltilerin meteorik sularla karıştığını göstermektedir. Göreceli olarak daha koyu renkli ametistlerin oluşumları sırasında çözeltilerin sıcaklıkları biraz daha yüksek olup, 310–370°C sıcaklık aralığında seyretmiştir. Bu sırada, tuzluluklar da % 5-8 NaCl eşdeğeri arasındadır. Çözeltiler 290°C sıcaklıklardan başlayarak 160°C'lere doğru soğurken, daha açık mor renkli ametistler oluşmaya başlamış ve tuzluluklar da % 5 ten % 1.73 NaCl eşdeğerlerine doğru azalmıştır. Ametist oluşumunu takip eden

dönemde, gelen daha sıcak silisli eriyikler şeffaf kuvars II'leri oluşturmuştur. Bu kuvarlar daha yavaş soğuduklarından oldukça iri kristallidir ve oluşum sıcaklıkları 120-270 °C arasındadır. Tuzluluk değerleri ise 0-6,88 % NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Silisli çözeltilerin son evresinde oluşan şeffaf kuvars II'lerden elde edilen bu düşük tuzluluk ve sıcaklık değerleri, son evre silisli çözeltilerin gelişi sırasında meteorik suların giderek daha baskın hale geldiğine işaret etmektedir.

Öte yandan inceleme alanındaki istifin en üst kesiminde izlenen fosilli kumlu kireçtaşlarında yer yer silisleşmeler görüldüğünden, bunları oluşturan silisli çözeltilerin tüm Bayat Volkanitlerinin oluşumundan sonra ortama geldiği ve adı geçen kireçtaşlarının oluşumuna kadar silisli çözeltilerin gelişinin devam ettiğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak silisli çözeltilerin şeffaf kuvars-I ile şeffaf kuvars-II evreleri arasındaki 4 evrede zaman zaman daha sıcak, zaman zaman ise daha soğuk olduğu söylenebilir. Öte yandan sığ denizel ortama ait sulara yer yer meteorik suların karışmış olması, çözeltilerin tuzluluk oranlarında düşümlere neden olmuştur.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma birinci yazarın tez çalışmasının bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışmalar sırasında bilimsel ve teknik konulardaki katkılarından ötürü MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Koordinatörü Dr. Okan ZİMİTOĞLU'na en içten teşekkürlerimizi sunarız. Sıvı kapanım kesitlerini titizlikle hazırlayan Nurettin AŞIKLAR'a da teşekkür ederiz.

## EXTENDED SUMMARY

*Silica bearing minerals form one of the important gemstone groups. These minerals can emplace in the cracks, fractures and voids of every kind of rocks but especially at the open spaces of volcanic rocks. Chalcedony, quartz and amethyst vein and veinlets occur as open space fillings in basaltic andesites of around Belkavak village of Yerköy-Yozgat which are not well known in literature until now.*

*The basement rocks of the studied area are comprised by basaltic andesites which are overlain by argillized vitric tuffs. These rocks are intersected by dasitic lavas again overlain by agglomerates. All these volcanic sequence is known as Bayat volcanics of middle Eocene age (Erdoğan et al, 1996) which are covered by fossiliferous sandy limestones of Bartonian age representing shallow marine environment named as Kocaçay Member by Birgili et al. (1975).*

*Siliceous veins with N 30-60° E strikes cut the whole sequence of volcanics and are spreaded as silicifications in the Bartonian aged limestones. Fluid inclusion studies are carried out on quartz and amethyst crystals in order to determination of their formation temperatures and salinities. According to field and mineralogical studies in thin sections, five different silica zones were distinguished respectively consisting of chalcedony, white quartz, transparent quartz-I, amethyst and transparent quartz-II.*

*First stage of siliceous veins consists of chalcedony bands. Their cryptocrystalline texture have led to no fluid inclusions. On the other hand, microtermometric measurements carried out on quartz and chalcedony crystals indicate both liquid and vapor inclusion assemblages which point out an open system during the*

*formation of these crystals and therefore the homogenization temperatures can be accepted as formation temperatures. The white quartz crystals are formed after and on chalcedony bands and their homogenization temperatures measured as between 272° and 323°C, salinities between 3.86 and 4.65 % NaCl equivalent. During transparent quartz-I formation stage, corresponding temperatures were determined ranging between 217° and 280°C and salinities between 3.06 and 4.96 % NaCl equivalent. During the formation of amethyst crystals, homogenization temperatures changing from 162° to 370°C and salinities of 1.73 to 4.96 % NaCl equivalent are measured. At the final stage, transparent quartz-II crystals are formed. Their homogenization temperatures varied between 120° to 270°C and salinities between 0 to 6.88 % NaCl equivalent.*

*According to the obtained data, early ascending siliceous solutions emplaced in the open spaces of cracks and fractures of all Bayat volcanics and limestones of Kocaçay member in a relatively cold environment and hence the formation of chalcedony bands occurred. Then, the temperatures of siliceous solutions increased and reached up to 200°-370°C and further gradually decreased or cooled to 120 °C. The rates of salinity are not high and change between 0 to 8%. Therefore it can be postulated that meteoric water was in interaction with seawater during the formations of quartz and amethyst crystals. Many geological data obtained from the regional studies and paleontological findings indicate also a shallow seawater environment which are due to fluid inclusion studies should have been mixed with meteoric waters in the region at Middle Eocene.*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçe, M.A. 2003. Yozgat Batolitinin kuzey bölümünün jeolojisi ve petrolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi, 116 s., Ankara
- Alpaslan, M. and Temel, A. 2000. Petrographic and geochemical evidence for magma mixing and crustal contamination in the Post-Collisional calcalkaline Yozgat Volcanics, Central Anatolia, Turkey. *International Geology*, Vol.42; 850-863
- Ateş, Ş., Erkal, T., Mutlu, G., Bulut, A., Osmançelebioğlu, R., Olgun, Ş. ve Özata, A. 2002. Çorum kenti ile merkez ilçesinin yerbilim verileri ve doğal afet kaynakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derlemesi, 146s., Ankara.
- Ayan, T. 1969. Çankırı-Yerköy Havzası petrol imkanları jeolojik ve tektonik etüdü. TPAO, Rapor No: 469, 101s., Ankara.
- Ayan, Z., Çevik, N., Coşkun, E., Sayılı, İ. S. 2009. Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü Civarındaki Volkanitlerde İzlenen Kuvars ve Ametist Kristallerinde Sıvı Kapanım Çalışmaları. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s 86.
- Birgili, S., Yoldaş, R., ve Ünal, G. 1975. Çankırı Çorum Havzası'nın jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No 5621, 78 s., Ankara
- Bodnar, R.J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 1053-1063.
- Büyükönel, G. 1985. Yozgat Yöresi volkanitlerinin asal ve iz elementlerinin dağılımı. MTA dergisi, 105-106; 97-111.
- Çevik, N. 2009. Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü civarı kalsedon ve ametist oluşumlarının incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi, 110s., Ankara
- Çevik, N. ve Sayılı, İ. S. 2010. Yozgat-Yerköy-Belkavak Kalsedon – Kuvars ve Ametist Oluşumlarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. 2. Uluslararası Katılımlı Mücevher – Takı Tasarımı ve Eğitimi Sempozyumu, s 575
- Erdoğan, B., Akay, E. and Uğur, M.S. 1996. Geology of the Yozgat region and evolution of the collisional Çankırı Basin. *International Geology Review*, 38; 788-806.
- Gilg, H.A., Morteani, G., Kostitsyn, Y., Preinfalk, C., Gatter, I. and Strieder, A. J. 2003 Genesis of amethyst geodes in basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Ametista do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil): a fluid inclusion, REE, oxygen, carbon, and Sr isotope study on basalt, quartz, and calcite. *Mineralium Deposita* 38, 1009-1025.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, G.M.V., Kuşçu, I., Erler, A., and Olgun, E. 1991. Orta Anadolu Masifinin Batı kısmının jeolojisi Bölüm 1: Güney Kesim. ODTÜ- TPAO Proj. Rep., 140 p. (yayınlanmamış).
- Gürbüz, M. 2007. Balıkesir-Dursunbey-Güğü Köyü civarındaki magmatitlerin jeolojisi ve petrografisi ile ametistlerin oluşumu, mineral kimyası ve ekonomisi. Doktora tezi (yayınlanmamış). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 139s, Adana.



Gürbüz, M ve Sayılı, İ.S. 2008: Güğü (Dursunbey-Balıkesir) Civarında Ametist İçeren Damarların Yer Aldığı Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Servet Yaman Maden Yatakları-Jeokimya Çalıştayı, Bildiri Özleri. 48-49. Adana

Ketin, İ. 1955. Yozgat Bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifi'nin tektonik durumu. TJK Bülteni, Sayı. 1-28

Keskin, E. 1992. Çiçekdağı (Kırşehir) Yerköy-Şefaati Yozgat dolaylarının jeolojisi ve kömür olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Derleme Raporu.

Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions, Min.Soc.Am.Rev.in Min.,v.12, 646p.

Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies, Blackie, London, 239p.

---

**Makale Geliş Tarihi** : 14.04.2012

**Kabul Tarihi** : 01.10.2012

*Received* : 14.04.2012

*Accepted* : 01.10.2012