

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON VE**  
**GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST**  
**MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM**  
**TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Ayşe YEDİÇOCUKLU**

**Eylül, 2009**  
**İZMİR**

**SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON VE  
GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST  
MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM  
TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Doğal Yapı Taşları ve Süstaşları Anabilim Dalı  
Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Bölümü**

**Ayşe YEDİÇOCUKLU**

**Eylül, 2009**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**AYŞE YEDİÇOCUKLU** tarafından **YARD. DOÇ. DR. İBRAHİM GÜNDOĞAN** yönetiminde hazırlanan “**SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON VE GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
Yard. Doç İbrahim GÜNDOĞAN  
.....

Danışman

.....  
.....  
Jüri Üyesi

.....  
.....  
Jüri Üyesi

.....  
Prof.Dr. Cahit HELVACI

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. İbrahim GÜNDOĞAN yönetiminde yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanması aşamasındaki katkılarından, destek ve fikirlerinden dolayı Maden Mühendisliği Bölümü Bölüm Başkan Yardımcısı Prof. Dr. Turgay ONARGAN'a, Prof. Dr. Sabit GÜRGEN'e, Doç. Dr. Gürcan KONAK'a, Araş. Gör. Dr. Doğan KARAKUŞ'a teşekkür ederim.

Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalarda yardımlarından dolayı Kim. Nedim TATARİ'ye, İnce Kesit ve Gemoloji Laboratuvarı'nda yapılan çalışmalarda yardımlarından dolayı Salim ÖZCAN'a, Maden Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği ve Cevher Hazırlama Laboratuvarları'nda yapılan deneylerde yardımlarından dolayı Araş. Gör. Mehmet V. ÖZDOĞAN'a teşekkür ederim.

Tez ile ilgili topoğrafik haritaları elde etmemde bana yardımcı olan Araş. Gör. Dr. Cem KINCAL'a, jeolojik haritaların düzeltilerek bilgisayar ortamında yeniden çizilmesini sağlayan Gür Aytek USTAOĞLU'na teşekkür ederim.

Kalsedon ocağı sahibi Sayın Birsen GERÇİN ve ametist ocağı sahibi Sayın Mustafa ÖZTÜRK'e ocak sahasında çalışılmasına izin verdikleri ve gösterdikleri konukseverlikten dolayı teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında ulaşımı sağlamamızda yardımcı olan Hüseyin BEREKET'e teşekkür ederim.

Değerli fikir ve yorumlarıyla desteğini her zaman hissettiğim Jeoloji Müh. Sayın Dr. Tülin İÇÖZÜ'ne ve son olarak da, benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme ve dostlarıma teşekkürü borç bilirim.

Ayşe YEDİÇOCUKLU

# SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON VE GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM TEKNİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

## ÖZ

Bu tezde, Sarıcakaya-Mayıslar (Eskişehir) kalsedon ve Dursunbey-Güğü Köyü (Balıkesir) ametist yatakları iki ana başlık altında ele alınarak, süstaşı madenciliğine örnek teşkil edebilecek en uygun üretim yöntemi araştırılmış ve irdelenmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında sahadan kalsedon, ametist ve ana kaya örnekleri toplanmış ve bu örneklerden alınan ince kesitler, polarizan mikroskop altında incelenerek cevherleşme ve yan kayaç ilişkileri ortaya konmuştur. Ana kayalardan alınan örneklerin yoğunluk ve porozite deneyleri yapılarak üretimi yapılacak malzemenin fiziksel özellikleri ile kullanım kalitesi belirlenmiştir. Buna göre, en uygun işletme yönteminin açık ocak işletmeciliği olduğu sonucuna varılmıştır. Ana kayaçlardan alınan karot numunelerin tek nokta yükleme dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, Brazilian çekme dayanımı değerleri ölçülerek kayaçların fiziko-mekanik özellikleri belirlenmiştir. Basamak şev açıları, basamak yükseklikleri ve basamak sayıları kararlaştırılmış, kalsedon ve ametistin selektif olarak üretilmesi, işletme tamamlandıktan sonra çevre düzenleme ve bitkilendirme işlerinin kolaylıkla sağlanması ve bozulmamış bir topografya görüntüsü oluşması sağlanması amacıyla kalsedon ve ametist sahalarında uygulanacak açık işletme yönteminde basamak yüksekliklerinin klasik açık ocak uygulamalarına göre daha az seçilmesi planlanmıştır. Kalsedon sahasında ayrıca pilot çapta bir delme-çatlatma uygulaması yapılarak yöntemin uygulanabilirliği sınanmıştır. Genleşme etkisi ile çatlatma özelliği olan bir malzeme kullanımının, kalsedon yumrularının kırılma ve çatlama oranını en aza indirdiği, patlatma ile yapılan üretime oranla verimi önemli ölçüde arttırdığı saptanmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Kalsedon, ametist, Sarıcakaya, Güğü köyü, süstaşı madenciliği.

# **DEVELOPING OF THE SUITABLE MINING TECHNIQUES ON DEPOSITS OF CHALCEDONY IN SARICAKAYA (ESKISEHIR) AND AMETHYST IN GUGU VILLIAGE (BALIKESIR)**

## **ABSTRACT**

In this thesis, Mayislar-Saricakaya (Eskisehir) chalcedony and Dursunbey-Gugu (Balikesir) amethyst deposits discussed under two main topics. The most appropriate production methods, exemplary gemstone mining, have been investigated and discussed. On site studies in the fields, chalcedony, amethyst, and host-rock samples were collected, thin sections are made from this samples and then examined under a polarizan microscope, thereby the relations between gems and host rocks have revealed. On the samples, density and porosity experiments are performed; physical properties and quality of the material that will be produced are defined. Accordingly, the most appropriate mining method that was concluded is, open-pit mine. The core samples taken from the host rocks, physco-mechanic properties are determined and the single point load strength, uniaxial compressive strength, Brazilian tensile strength values are measured. Bench slope angles, height and number of benches have been decided. Bench heights in chalcedony and amethyst open pit mines are chosen shorter than bench heights in conventional open-pit applications, so it could be possible to choose chalcedony and amethyst selectively from the host rock, to do afforestation and landscaping works easily after the completion of mining operation, to create an intact topographic image. A pilot-scale drilling-cracking operation was done in the chalcedony field and applicability of the method has been tested. It is determined that, using a material with crack feature due to expansion effect, minimizes the fractures and cracks in chalcedony nodules and increase the yield significantly, compared to production that made by blasting.

**Keywords:** Chalcedony, amethyst, Saricakaya, Gugu, gemstone mining.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT.....	v

### **BÖLÜM BİR - SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM TEKNİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....**

1.1 Giriş.....	1
1.1.1 Çalışma Alanı ve Coğrafik Konumu.....	1
1.1.2 Amaç.....	2
1.1.3 Çalışmada Yararlanılan Gereç ve Yöntemler.....	3
1.1.4 Önceki Çalışmalar.....	4
1.2 Çalışma Alanı Jeolojisi.....	6
1.3 Yapısal Jeoloji.....	10
1.4 Kalsedon Oluşumu ve Yerleşim Mekanizması.....	13
1.5 Kalsedonun Minerolojik, Gemolojik Özellikleri ve Kullanım Alanı.....	24
1.6 Çalışma Alanında Bugüne Kadar Yapılmış Olan Kalsedon Madenciliği Çalışmaları.....	28
1.7 Çalışma Alanında Uygulanması Planlanan Madencilik Yönteminin Belirlenmesi.....	33
1.7.1 Çalışma Alanında Yapılan Etüdlere.....	33
1.7.1.1 Jeoteknik Etüdlere.....	33
1.7.1.1.1 Yoğunluk Tayini Deneyi.....	33
1.7.1.1.2 Porozite Tayini Deneyi.....	33
1.7.1.1.3 Nokta Yükleme Dayanımı Deneyi.....	33
1.7.1.1.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	37

1.7.1.1.5 Brazilian Yöntemiyle Çekme Dayanımı Tayini Deneyi.....	41
1.7.1.2 Delme Patlatma İşlerine Yönelik Etütler.....	42
1.7.1.3 Topoğrafik Haritalara Yönelik Etütler.....	48
1.7.2 Yöntem Seçimi ve Uygulanması.....	48
1.7.2.1 Uygulanacak İşletme Yönteminin Seçimi.....	48
1.7.2.2 İşletme Düzeni.....	49
1.7.2.2.1 Rezerv Miktarı.....	49
1.7.2.2.2 Üretimde Kullanılacak Makinelerin, Araçların ve Aletlerin Seçimi ve Miktarları ile İstihdam Edilecek Personel Sayısı.....	49
1.7.2.2.3 Üretim Sırasında Yapılacak Olan Çatlatma İşleminde Kullanılacak Malzemenin Özellikleri ve Kullanımı.....	50
1.7.2.2.4 Delme-Patlatma Planı.....	54
1.7.2.2.5 Kullanılacak Üretim Yöntemi, Üretim Miktarları ve İmalat Haritası.....	60

## **BÖLÜM İKİ - GÜĞÜ KÖYÜ(BALIKESİR) AMETİST**

### **MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM**

<b>TEKNIĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....</b>	<b>63</b>
2.1 Giriş.....	63
2.1.1 Çalışma Alanı ve Coğrafik Konumu.....	63
2.1.2 Amaç.....	65
2.1.3 Çalışmada Yararlanılan Gereç ve Yöntemler.....	65
2.1.4 Önceki Çalışmalar.....	66
2.2 Çalışma Alanı Jeolojisi.....	69
2.3 Yapısal Jeoloji.....	72
2.4 Ametist Oluşumu ve Yerleşim Mekanizması.....	73
2.5 Güğü (Balıkesir) Ametistinin Minerolojik, Gemolojik Özellikleri ve Kullanım Alanları.....	80



2.6 Çalışma Alanında Bugüne Kadar Yapılmış Olan Ametist Madenciliği Çalışmaları.....	85
2.7 Çalışma Alanında Uygulanması Planlanan Madencilik Yönteminin Belirlenmesi.....	88
2.7.1 Çalışma Alanında Yapılan Etütler.....	88
2.7.1.1 Jeoteknik Etüdler.....	88
2.7.1.1.1 Yoğunluk Tayini Deneyi.....	88
2.7.1.1.2 Porozite Tayini Deneyi.....	90
2.7.1.1.3 Nokta Yükleme Dayanımı Deneyi.....	90
2.7.1.1.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	92
2.7.1.1.5 Brazilian Yöntemiyle Çekme Dayanımı Tayini Deneyi.....	95
2.7.1.2 Delme Patlatma İşlerine Yönelik Etütler.....	97
2.7.1.3 Topoğrafik Haritalara Yönelik Etütler.....	98
2.7.2 Yöntem Seçimi Ve Uygulanması.....	98
2.7.2.1 Uygulanacak İşletme Yönteminin Seçimi.....	98
2.7.2.2.1 Rezerv Miktarı.....	99
2.7.2.2.2 Üretimde Kullanılacak Makinelerin, Araçların ve Aletlerin Seçimi ve Miktarları ile İstihdam Edilecek Personel Sayısı.....	99
2.7.2.2.3 Kullanılacak Üretim Yöntemi, Üretim Miktarları ve İmalat Haritası.....	100
<b>BÖLÜM ÜÇ – SONUÇLAR.....</b>	<b>104</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>107</b>

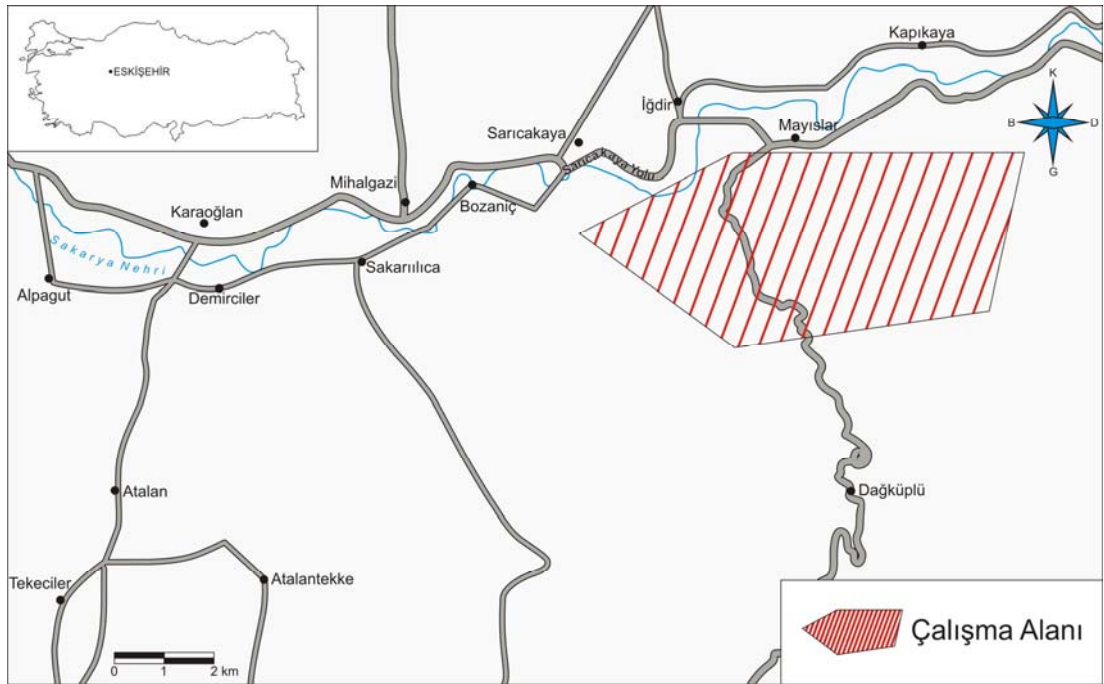
# BÖLÜM BİR

## SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM TEKNİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

### 1.1 Giriş

#### 1.1.1 Çalışma Alanı ve Coğrafik Konumu

Çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli H25-d3 Adapazarı paftasında, Eskişehir'in 56 km kuzeyindeki Sakarya vadisinde yer alan Sarıcakaya İlçesi'ne bağlı Mayıslar Köyü'nün hemen güneyinde,  $40^{\circ} 02' 28''$  –  $40^{\circ} 00' 32''$  enlemleri ile  $30^{\circ} 37' 40''$  -  $30^{\circ} 43' 34''$  boylamları arasında yer alır (Şekil 1.1). Mayıslar Köyü' ne Eskişehir' den 1,5 saatlik karayolu ile ulaşılabilir. İç kısımlara ise patikalar ve orman yolları ile ulaşım sağlanır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Çalışma alanında güneye doğru morfolojide bir yükselme gözlenir. Sakarya Vadisi'nin kotu 200 m iken bu yükselti güneydoğuda Harmanbeleni Tepe'de 925 kotuna ulaşır. Diğer yüksek noktaları Çatalkaya, Sukayası, Karsallık, Büyükçallı,

Küçükçalı, Oduncuklu, Akaya ve Ayazçalı Tepeler oluşturur. Bu alanın kuzeyindeki Sakarya Nehri'ne bağlanan en büyük dere, doğu kesiminde yer alan Sarıçam Deresi'dir. Yanandam, Kara ve Melek Dereleri Sakarya Nehri'ne bağlanan diğer önemli derelerdir.

Sarıcakaya İlçesi, İç Anadolu Bölgesi'nde, Orta Anadolu, Batı Karadeniz ve Marmara Bölgelerinin kavşak yerlerinde bulunmasına rağmen, denizden yüksekliğinin 220 m olması, kuzey ve güneyinde yükseklikleri 1300 m ye varan dağ sıralarının bulunması nedeniyle Akdeniz iklimi özelliklerini taşımaktadır. İlçe, yazları sıcak ve kurak, kışları nispeten ılıman iklime sahiptir. Sarıcakaya ilçesine ait genel yıl içi sıcaklık dağılımları Tablo 1'de verilmiştir (<http://www.saricakaya.gov.tr/>).

Tablo 1.1 Genel yıl içi sıcaklık dağılımları. (<http://www.saricakaya.gov.tr/>)

Ocak ayı ortalama sıcaklığı	1,46 C°
Ocak ayı ortalama en düşük sıcaklık	— 5,8 C°
Ocak ayı ortalama en yüksek sıcaklık	13 C°
Ocak ayı ortalama kapalı gün sayısı	11 gün
Temmuz ayı ortalama sıcaklığı	25 C°
Temmuz ayı ortalama en düşük sıcaklık	14,4 C°
Temmuz ayı ortalama en yüksek sıcaklık	36,3 C°

### 1.1.2 Amaç

Çalışma alanı yeri, Eskişehir ili Sarıcakaya ilçesi Mayıslar Köyü mevkiinde 10.04.2001 tarihli ve AR.25569 no ile işletme ruhsatı verilen 2065,01 hektarlık ruhsat sahası içinde işletilmekte olan kalsedon ocağıdır.

Çalışmada, kalsedon işletilmesi planlanan bölgede en yüksek verimle kalsedon üretiminin sağlanması, yantaş ve düşük kaliteli taşların değerlendirilmesi ve işletme sonrasında çevreye olabilecek etkilerin en aza indirilebilmesi için alınması gereken önlemler incelenmiştir.

Sırrı Gerçin Kalsedon Maden İşletmeleri Tic. Ltd. Şti. tarafından halen işletilmekte olan kalsedon ocağında halihazırda uygulanan üretim yönteminin çok düşük verimde olması, ocaktan çıkarılan kalsedonun kırıklı ve çatlaklı yapıda olması, bu durumun taşın işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilemesi ve düşük kaliteli ya da hasarlı ürünlerin faydalı bir şekilde değerlendirilememesi bu çalışmanın araştırma konularını oluşturmuştur.

Çalışmanın amacı, kuyumculuk sektöründe özellikle mücevher taşı, dizgi ya da süs objesi yapımında kullanılan kalsedonun yüksek verimle ve zarar görmeden üretilmesini sağlamaktır. Böylece doğal kaynaklarımızın amacına uygun bir şekilde değerlendirilmesi sağlanacak, dolayısıyla hem bölge hem de ülke ekonomisine katkıda bulunulmuş olacaktır.

### ***1.1.3 Çalışmada Yararlanılan Gereç ve Yöntemler***

Bu çalışma; literatür taraması, arazi ve laboratuvar çalışmalarından oluşmaktadır.

Literatür taramasında, çalışma alanı ve çevresiyle ilgili daha önce yapılmış çalışmalara ait yayınlar araştırılıp incelenmiştir.

Arazi çalışmalarında, faaliyette olan ocak sahaları gezilmiş, kalsedon ve ametistin sahadaki yayılımı, cevherleşme ve yan kayaç ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmış, yapılacak deneyler için gerekli numuneler toplanmış, kalsedon sahasında pilot çapta yapılacak delme-çatlatma işlemi için gerekli delikler delinerek, kullanılacak çatlatıcı malzemenin deliklere şarjı yapılmış ve kalsedon üretiminde uygulanması planlanan yöntemin geçerliliği sınıanmıştır. Saha çalışmalarında GPS cihazı, çekiç, fotoğraf makinesi, darbeli delik delme makinesi ve tijleri, kompresör, balyoz ve kürek kullanılmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında, araziden alınan kayaç örnekleri arasından en uygun özellikte olanları seçilip bunlardan ortalama 40mm çap ve 90 mm uzunlukta 5 adet ve 40 mm çap ve 20 mm uzunlukta toplam 21 adet karot alınmış, bu karot numuneler üzerinde, tek eksenli sıkışma dayanımı, Brazilian çekme dayanımı deneyleri yapılmış

ve ince kesitler hazırlanarak polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Numunelerin düzensiz şekilli olanları nokta yükü dayanım indeksi deneyi ve porozite tayininde kullanılmış; ayrılan diğer bir kısmı ise çeneli kırıcı ve halkalı öğütücüde ufalanarak yoğunluk tayini deneyleri yapılmıştır. Araziden toplanmış olan kalsedon örnekleri ise kesilip işlenerek plaka ve kabaşon şekli verilmiş, silisyum karbür tozlarıyla yüzeyleri aşındırılarak düzeltilmiş ve cilalanarak son şekilleri verilmiştir. Yapılan laboratuvar çalışmalarında karot kesme ve düzeltme makinesi, nokta yükleme deney aleti, hidrolik pres ve yükleme başlıkları, çeneli kırıcı, halkalı öğütücü, piknometre, taş kesme makinesi, yatay diskler, aşındırıcı tozlar cila malzemeleri ve polarizan mikroskop kullanılmıştır.

En son aşamada, deneyler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek gerekli hesaplamalar yapılmış; bu hesaplamalar doğrultusunda, uygulanması planlanan üretim yönteminin şekli 1/1000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işlenmiş ve sonuç olarak da yapılan tüm çalışmalar rapor halinde yazılmıştır.

#### ***1.1.4 Önceki Çalışmalar***

Dora (1970), katılmış olduğu, MTA Enstitüsü tarafından Karakoca Pb-Zn madeninde yürütülmüş olan eksplorasyon çalışmalarında, yapılan sondaj ve galeri etütlerinin yanında bölgenin petrolojik ve metalojenik problemlerini de değerlendirme kapsamına alarak Karakoca granit masifinin anatektik oluşumunu göstermiş ve bu birim içerisinde oluşan Pb-Zn filonlarının anatektik eriyiklerin artan solüsyonlarından türediklerini, ağır metal iyonlarının Paleozoik metamorfitletlerden geldiğini belirtmiştir.

Altınlı (1973), “Orta Sakarya Jeolojisi” isimli çalışmasında, büyük bir kısmı doğuda Amasya’dan başlayarak batıya doğru Ankara üzerinden devam eden ve Bursa’dan sonra güneybatıya kıvrılarak İzmir’e doğru uzanan bir bölgenin stratigrafik istifinde yer alan birimleri ayrıntılı bir şekilde ele almıştır.

Kibici (1982), A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü’ne sunduğu doktora çalışmasında, Eskişehir’in 56 km kuzeyinde, 1/25.000 ölçekli Adapazarı H25-d4 paftası içerisinde

kalan bir alanda yer alan Sarıcakaya masifinin jeolojik, petrografik ve petrolojik etüdü ve masife ilişkin kalay araştırması konularını ele almıştır. Sarıcakaya-Mihalgazi-Alpagut-Tozman yöresinin jeolojik haritası çıkarılarak masif içerisindeki birimler belirlenmiştir.

Şentürk ve Karaköse (1982), Orta Sakarya bölgesinde yeşil ve mavişistler içeren ve geniş alanlar kaplayan ofiyolitli bloklu birimin oluşumu, bu oluşumun ve bulundurduğu yeşil ve mavişistlerin yaşları ve yerleşme yaşlarını açıklığa kavuşturan bir çalışma yürütmüşlerdir.

Hatipoğlu (1984), D.E.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne bitirme tezi olarak sunduğu çalışmasında Eskişehir ili, Sarıcakaya ilçesi Mayıslar köyü güneyinin jeolojisinin incelemesini yapmış ve ekonomik potansiyel içindeki kalsedonun tenör ve rezerv dağılımının saptanması üzerine çalışmıştır. Ayrıca, kalsedonun bölgeden çıkarılmasının tarihçesi ele alınıp, eskiden işletildiği tahmin edilen ocaklar saptanarak buralardaki üretime dair varsayımlarda bulunulmuştur.

Hatipoğlu ve Dora (1999), çalışmalarında, Anadolu'da kullanılmış en eski süstaşı hammaddelerinden olan agat ve kalsedonun gemolojik tarihçesi, minerolojik özellikleri, agat ve kalsedon içeren bölgenin jeolojik yapısı, agat ve kalsedonun oluşum mekanizması gibi konulara değinmiş, bu ikisinin oluşum mekanizmaları arasındaki farkları ortaya koymuştur.

Kibici (1990), doktora çalışmasının bir kısmını kapsayan bu çalışmasında, Sarıcakaya (Eskişehir) civarında yüzeylenen volkanik kayalarda yapılan petrokimyasal incelemelerin yanı sıra, bölgesel yayılımları araştırarak çevrede benzerleri olan diğer volkanitlerle karşılaştırmış, oluşumları ve kökenleri incelemiştir. İnceleme alanındaki Eosen yaşlı volkanitlerin andezit türünde olduğunu, çakıltaşı-kumtaşı-marn ardalı Paleosen serisinin Eosen boyunca volkanizma sonucu oluşan andezitik lavlarla örtülü olduğunu belirtmiştir.

Hatipoğlu ve Dora (2005), tenör ve rezerv bakımından dünyada sayılı mavi kalsedon yataklarından biri olan Eskişehir Sarıcakaya ilçesi yakınlarında yer alan

kalsedon sahasının jeolojisini, yapısal durumunu, kalsedon ve diğer metalik cevherlerin jeolojik oluşum mekanizmasını, kalsedonun mineralojik ve gemolojik özellikleri ile kullanım alanlarını, bölgedeki kalsedon üretiminin tarihçesini ele almış ve buna ilaveten bölgedeki kalsedon rezerv ve tenörlerini saptayarak uygun madencilik yöntemini de belirtmiştir.

## 1.2 Çalışma Alanı Jeolojisi

Orta Sakarya bölgesinde, ‘Orta Sakarya Karışığı’ adı altında toplanan dunit ve serpantinlerce zengin ofiyolitli birim ile biyotitli, kloritli, grafitli, serisitli, metabazitlerle temsil edilen epimorfitten oluşan birimler “Dağköplü Karışığı”; granitik gnays ve şistlerden oluşan birimler “Söğüt Metamorfitten”; spilit, diyabaz, radyolarit ve kireçtaşı birimleri ise “Karatepe Karışığı” olarak adlandırılmaktadır (Altınlı, 1973; Kibici, 1982; Şentürk ve Karaköse, 1981).

Kalsedon sahasında Dağköplü karışığının yalnızca muhtemelen paleozoik yaşlı serpantinleri ile Karatepe karışığının sadece Üst Jura-Alt Kratese yaşlı kireçtaşları (Bilecik Kireçtaşları) yüzlek vermektedir. Bu karışıklara ait birimler dışında Üst Jura-Alt Kratese yaşlı Bilecik Kireçtaşı (Altınlı, 1973) birimleri olup sahada bulunan diğer tortul ve volkanik birimler ise Paleosen- Eosen (Kibici, 1982-90) yaşlıdır (Şekil 1.2).

Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedon sahasının temelini, serpantinleşmiş ofiyolitler (Dağköplü Karışığı) ve kumtaşları oluşturmaktadır. Bu birimin üzerinde tektonik dokanakla (bindirmelerle) allokton olarak Bakırköy Formasyonu ve Bilecik Kireçtaşları yer almaktadır.

Serpantinit birimi, yaygınca yeşilimsi renkte, yer yer siyahımsı- beyazımsı ayrışma renklerine sahip, bol çatlaklı bir yapıdadır. İçerisinde belli kesimlerde 3–4 m uzunluğunda mermer, gnays ve şist mercikleri bulunan bu birimin göreceli yaşı, Jura öncesi, muhtemelen paleozoiktir (Altınlı, 1973; Kibici, 1982–90; Şentürk ve Karaköse, 1981).

Stratigrafik uyumsuzlukla serpantiniti üstleyen, ancak saha içerisinde yüksek tepelerde klipler halinde bulunan Bakırköy Formasyonu'nun kireçtaşı birimi, birbirinden farklı yaş ve özellikte kireçtaşlarından oluşur (Şentürk ve Karaköse, 1981). Bunlardan ilki Ayazçalı ve Akaya tepelerinde gözlenen bejimsi-sarı yer yer pembemsi renkli kireçtaşlarıdır. Sert ve oldukça kırılğan olan bu kireçtaşı birimi kendi içerisinde alttan üste doğru artan bir katman kalınlığına sahiptir. Birimin yaşı Üst Jura'dır (Kibici, 1982–90; Şentürk ve Karaköse, 1981). İkinci kireçtaşı birimi ise, Çatalkaya, Karasallık, Büyük ve Küçük Çallı tepelerinde gözlenen kurşuni-pembe-beyazımsı renklendir. Birimin karbonat oranı düşük, kırıklanması düzensiz, aynı zamanda sert ve kırılğan bir yapıdadır. Bazı kesimlerinde kalsit damarları bir ağ görünümü sunarlar. Bu birim daha genç olup yaşı Üst Kretase'dir. Bu kireçtaşları, bölge içerisinde sürüklenmiş büyük bloklar halindedir. Bu nedenle üstleyen Mihalgazi formasyonuna ait birimler ile ters faylı dokanak ilişkisi sunarlar (Kibici, 1982–90).



YAŞ		KA.	SİM.	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	
Kuverternar			QAI		Açısal Uyumsuz	
SENOZOİK	Tersiyer	Paleosen-Eosen	40m	TAn		Kırmızı ve gri renkli ayrılmış ANDEZİTLER
			35m	Pka		Fay breşi ve kalsedon içerikli KUMTAŞI
			55m	Pa		Faylanma Kıvrımlanmış yanal geçişli ÇAKILTAŞI, KUMTAŞI, ŞEYL ardalanması
MESOZOİK	Kretase	Erken Kretase	40m	Kk		Yapısal Uyumsuz
	Jura		Geç Jura	60m	Jk	
PALEOZOİK	?	?	?	Ps		Yeşilimsi-siyah renkli, bol çatlaklı, ŞİST, GNAYS ve MERMER mercikleri içeren SERPANTİNİT
						GRANİT, GRANODİYORİT
						Ölçeksiz

Şekil 1.2 Kalsedon sahasında bulunan jeolojik birimlerin sütun kesiti (Hatipoğlu, 2005).

Paleozoik ve mesozoik temel kayaları üzerine Senozoik yaşlı, kalsedon içerikli tortul kayalar ve bu tortulları uyumsuzlukla üstleyen andezitik volkanitler gelmektedir.

Tortul birim, çakıltası, kumtaşı, marn ve şeyl türü kayalardan meydana gelmiş olup bölgenin orta kesimlerinde doğu-batı uzanımlı olarak yer almaktadır. Çok üyeli olması nedeniyle birim, stratigrafik olarak yanal ve düşey yönde geçişler göstermektedir. Çakıltası, birimin tabanını oluşturur. Taban çakıltası şeklinde yer alan bu üye, yol yarmalarında yer yer kanal dolgusu şeklinde gözlenir. Genelde aşınmış çukurları doldurduğundan herhangi bir katmanlanma yüzeyi göstermemektedir. Kumtaşı, kırmızı-gri ve beyazımsı renklindedir. Tabakalanması düzgün ve belirgindir. İçinde yaygınca kalsedon, yere yer opal, agat ve krizopras yumruları içerir. Katman kalınlıkları ortalama 3–5 m dir. Kırılgan ve yer yer parçalı görünümündedir. Ara dolgusu genelde silis çimentolu, dolayısıyla çok dayanımlı olan bu kumtaşı üyesi, ortaç gözenekliliğe sahiptir. Ayrıca tektonizmanın etkisine bağlı olarak kendi içinde çok sayıda çatlak ve boşluklar içermektedir. Bu yüzden kumtaşı, kalsedona yataklık eden esas üyedir. Marn, beyaz-sarı ve boz renklidir. Aşırı derecede ayrılmış olup ve dayanımsızdır. Çok parçalı ve kırıklı yapısı nedeniyle ikel katmanlanması bozulmuştur. Şeyl, kurşuni-gri ve beyaz renklidir. Birkaç mm kalınlıkta yapraklanma sunar.

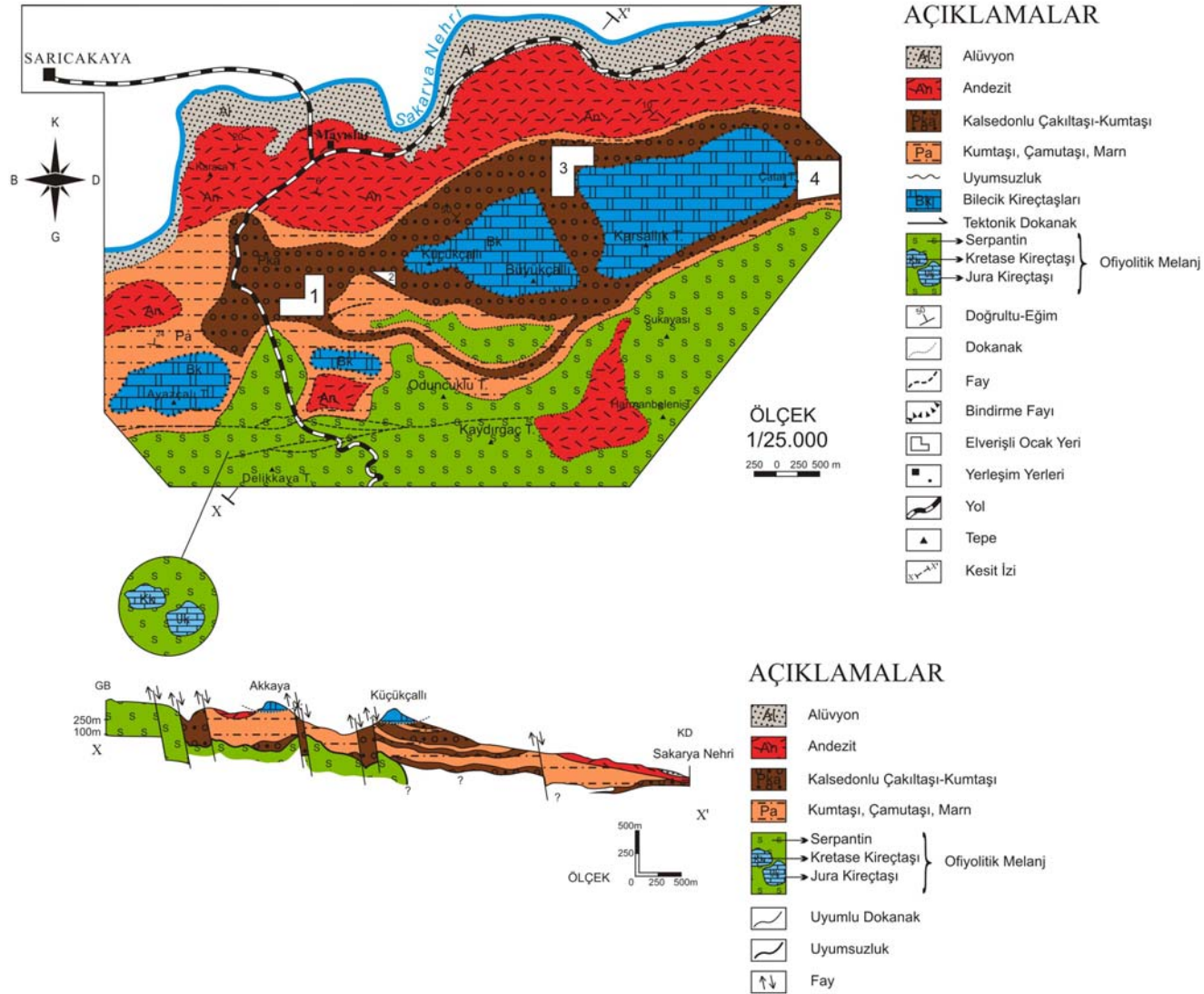
“Sarıcakaya Volkanitleri” olarak adlandırılan (Kibici, 1982) andezitler, bu tortul serinin bir kısmının üzerini örter. Andezitler iki farklı özellikte olup aşınmalar sonucu bölgede yamalar halinde gözlenmektedir. Volkanizma faaliyeti bölgede farklı jeolojik devirlerde devam etmiştir. Bu nedenle bölgede farklı özellikte andezitik karakterli lavların yayılımı olmuştur. Birinci grup andezit, kırmızı-kahve renkli olmasına karşın, ayrışma nedeniyle yeşilimsi renklidir. Aşırı derecede ayrışmaya uğrayarak parçalanmış ve ufalanmıştır. Diğer andezit ise masif yapıda olup oldukça dayanımlıdır. Ana renginin kurşuni-gri olmasına karşın demir oksitli çözeltilerin etkisiyle kırmızımsı bir renk almıştır. Bol kalsedon yumruları içerirler. Andezitler genelde düşük bir eğim derecesine sahiptirler. Ortalama değer 10-30 ° KB dır. Ayrıca tektonizma etkisiyle kırıklı ve boşluklu bir yapı kazanmışlardır. Bu boşluklar altın, pirit, kalkopirit, çinkoblend, galenit, stibnit ve manganit minerallerinin

yataklanmasında ve böylece epitermal cevher zonlarının oluşmasına olanak sağlamıştır (Kibici, 1982–90).

### 1.3 Yapısal Jeoloji

Kalsedon oluşuklarının yüzlek verdiği alan tektonizmanın etkin olduğu ve faylanmaların bolca geliştiği bir bölgedir. Tortul serilerin çökelişi ve andezitlerin yayılımı sırasında ve daha sonraları gelişen faylanmalar, saha içerisinde büyük kırık hatlarının oluşmasına neden olmuştur (Şekil 1.3).

Hatipoğlu 1984'e göre, jeolojik istifte bulunan serpantinler, uğramış oldukları gerilim sonucu kuzeybatıya yönelen bir konum kazanmışlardır. Kireçtaşlarının sürüklenmiş olmaları nedeniyle arazide ölçülen doğrultuların gerçek konumlarından farklı olması olasıdır. Ölçülen genel doğrultu değerleri K 30–70° D ve eğim dereceleri de genelde 23–35° KB dır. Bu kireçtaşları genç tortul seri üzerine bindirme yapmıştır. Aşınma sonucu arazide klipler şeklinde kalan kireçtaşlarının yanal sınırları, ters faylardan meydana gelmiştir. Tortul birimi oluşturan çakıltaşı, kumtaşı, marn ve şeyl üyeleri deformasyon geçirerek kıvrımlanmıştır. Taban çakıltaşları genelde aşınmış çukurları doldurduğundan herhangi bir katmanlanma yüzeyine sahip değildir. Kumtaşları ise K 40–55° D doğrultuludur. Ölçülen alanlarda ortalama eğim ise 40–50° KD dur. Marnlar, çok parçalanmış ve kırılan yapıları nedeniyle güvenilir ölçülebilir bir katman yüzeyi sunmazlar. Ancak genel görünümüne göre düşük değerlerde kuzeybatıya eğimlidirler. Şeyler, kendi içlerinde değişen doğrultu ve eğim değerlerine sahiptirler. Doğrultuları belli kesimlerde KB-GD ve eğimleri de 20–40° KD dur. Kıvrım kanatlarında eğim açıları genelde 25–75° değişir. Volkanik seriyi oluşturan andezitler düşük bir eğim derecesine sahiptir. Ortalama değer 10-30° KB dır. Andezitlerdeki çatlaklar K 40–50° D ile K 70-80° D ve K 20-30° B ile K 70-80°B yönlerinde dağılım gösterir.



Şekil 1.3 Sarıcakaya (Eskişehir) güneydoğusundaki kaledon sahasının jeolojik harita ve kesiti (Hatipoğlu, 2005' den değiştirilerek alınmıştır).

Bölgede kalsedon oluşuklarının yüzlek verdiği alan, tektonizmanın ve faylanmaların etkin olduğu bir bölgededir. İşletilmekte olan kalsedon yatağında, kalsedonlu çakıltası birimi, serpantinleşmiş ofiyolitik kayalarla, 7° rake açısına sahip, B-D ve KB-GD yönlerinde değişim gösteren doğrultu atımlı bir fayla sınırlamıştır (Şekil 1.4 ve Şekil 1.5).



Şekil 1.4 Kalsedonlu çakıltası birimi ile serpantinleşmiş ofiyolitik kayalar arasındaki dokanağı oluşturan doğrultu atımlı fayın görünüşü.



Şekil 1.5 Serpantinit ve kalsedonlu kumtaşı arasındaki doğrudu atımlı fayın görünümü.

#### 1.4 Kalsedon Oluşumu ve Yerleşim Mekanizması

Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedon sahası, yan minerallerle birlikte değerlendirildiğinde hidrotermal (epitermal) bir yataklanma görüntüsüne sahiptir (Hatipoğlu, 1984; Hatipoğlu ve Dora, 1999).

Bölgede hidrotermal bir yatağın oluşmasındaki en önemli faktör farklı jeolojik devirler boyunca meydana gelen volkanizma hareketlerini takip eden tektonizma hareketleri ve buna bağlı olarak gelişen faylanmalardır. Bu tektonizma hareketleri sonucunda silis ve diğer çözeltilerin getirmesi için uygun boşluk ve yollar meydana gelmiş ve yan kayalarda oluşan boşluk alanlarının artmasıyla büyük rezervde yataklanmaların oluşumu için gerekli ortam oluşmuştur.

Bölgedeki çakıltaşları, Eosen volkaniklerine bağlı olarak şiddetli alterasyona uğramışlardır. Çakıltaşı içerisindeki bazı çakıl taneleri (olasılıkla magnezit), zonlu alterasyon izleri göstermektedir (Şekil 1.6). Hematitleşme ve limonitleşme oldukça yaygındır. Kalsedon yumruları genel olarak, çakıltaşı içerisindeki ilksel magnezit ve



karbonat çakıllarının silisçe zengin hidrotermal sıvıların alterasyonu ile oluşmuştur. Bazı ultrabazik çakıllar da, lisvenitleşme (ultrabazik kayaçların Ca, Mg ve Fe-karbonatlara, talka ve kuvarsa alterasyonu) benzeri karbonat-silis mineralleri tarafından ornatılmıştır (Şekil 1.7).



Şekil 1.6 Kalsedon yumrusu içerisindeki zonlu alterasyon izleri.



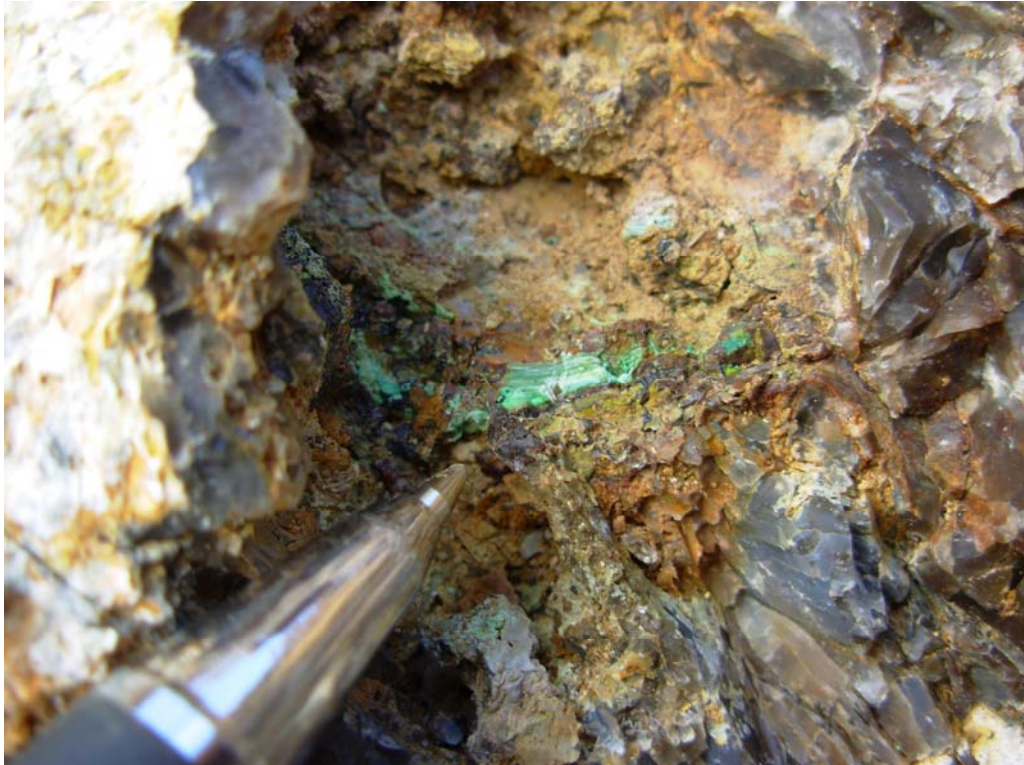
Şekil.1.7 Karbonat-silis mineralleri tarafından ornatılmış kalsedon yumrusu.

Bölgede kalsedon yataklanması Paleosen yaşlı Mihalgazi Formasyonu içerisinde D-B yönünde, birbirine yaklaşık paralel olarak uzanan iki doğrultu atımlı fayın makaslanma zonunda yer alan çakıltaşı-kumtaşı içerisinde bulunmaktadır. Bu alan dışında mavi kalsedona rastlanmamakta ve kalsedon yumrularına kahverengi, sarımsı, siyahımsı tonlarda çapları 15 cm ye kadar ulaşan opal oluşumları eşlik etmektedir. Ender olarak morumsu-leylak, yeşilimsi, koyu mavi, sarımsı tonlarına sahip kalsedon yumruları da gözlenmiştir. Bazı yumruların orta kısımları boşluklu mikrokristalen kuvars kaplı drusy tipi mavi-mor kalsedonlar şeklindeyken ender olarak, kırıklanmış bazı jeot merkezlerinde 3–5 cm boyutlarına aragonit mineral oluşumlarına rastlanmıştır (Şekil 1.8) Ayrıca kalsedon yumruları arasında yeşil renkte Ni-silikatlar (garniyerit?) gözlenmektedir (Şekil 1.9).





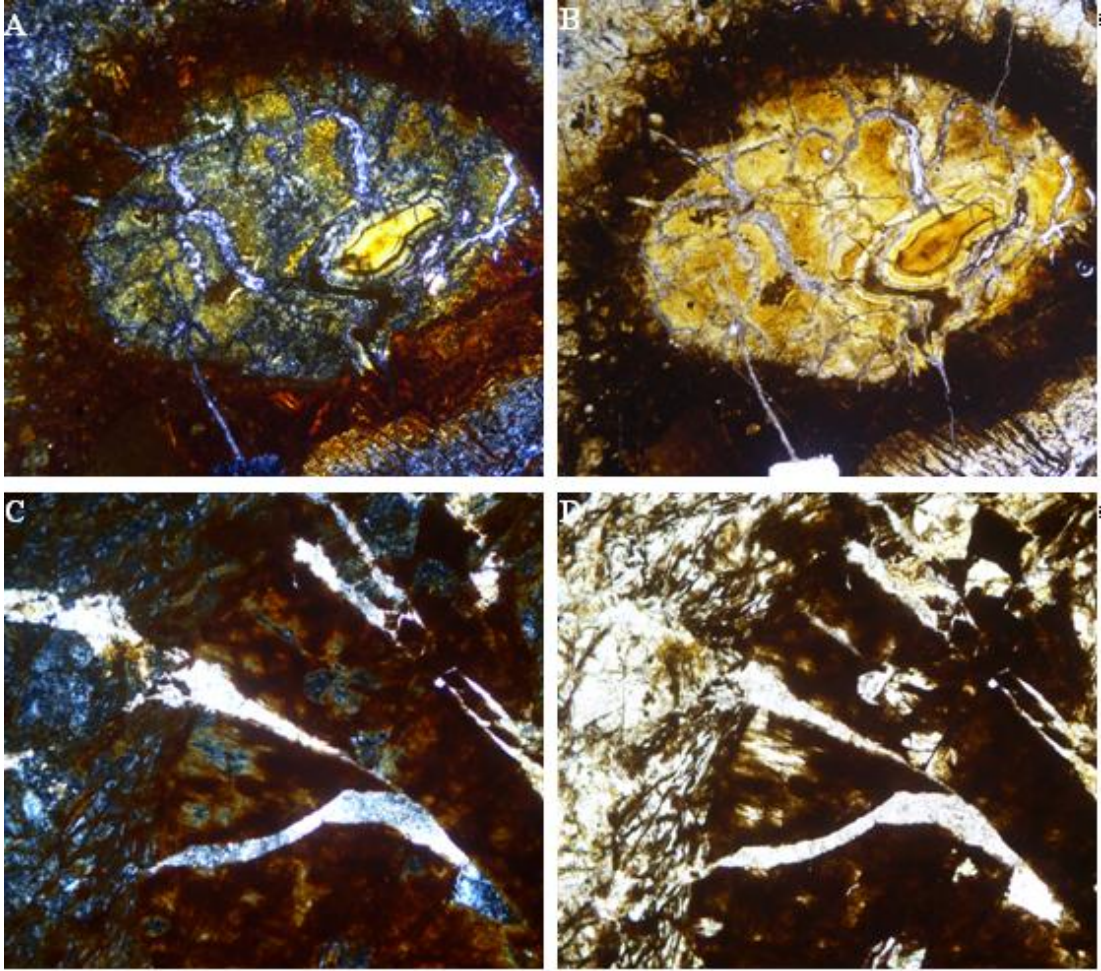
Şekil 1.8 Kırıklanmış geod merkezinde ikincil olarak oluşmuş aragonit kristalleri.



Şekil 1.9 Nikel silikatlarla birlikte gözlenen kalsedon oluşumları.

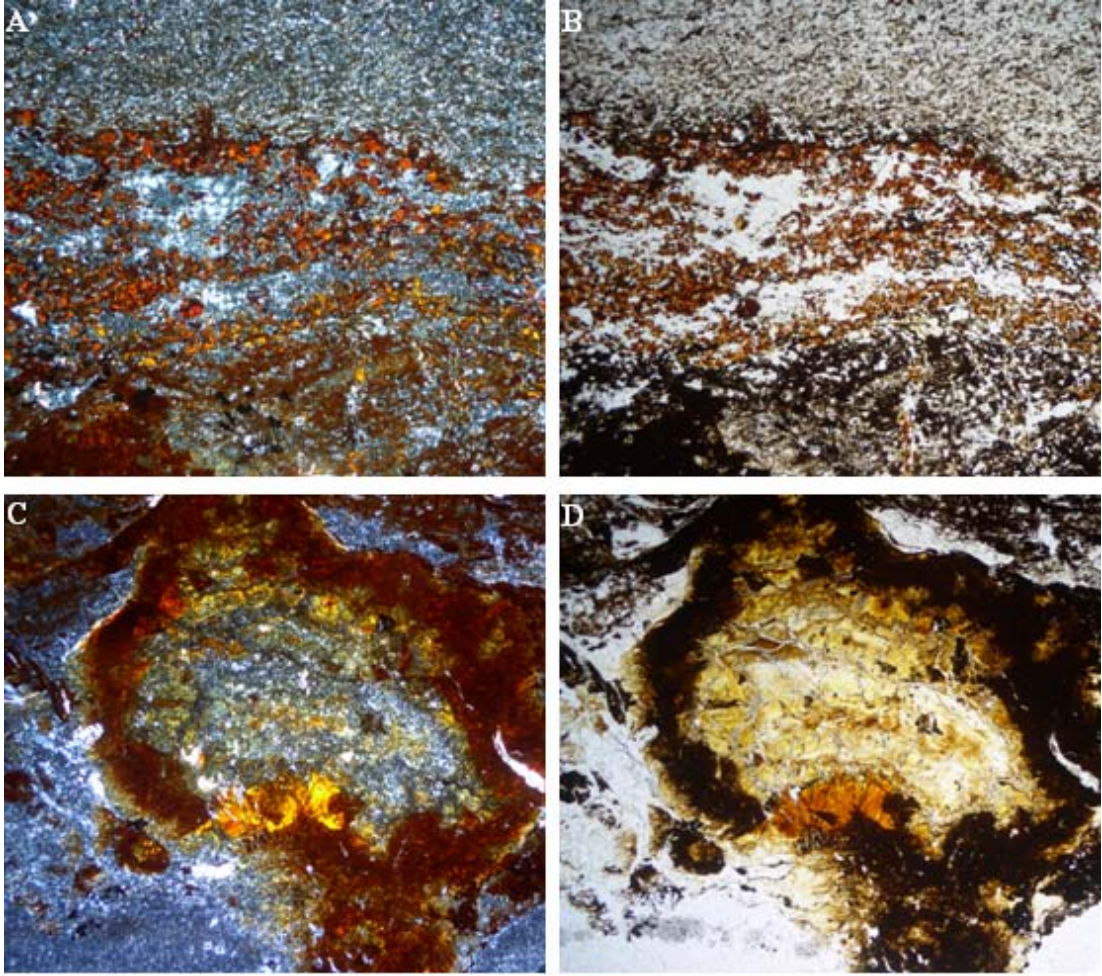
Diğer yandan, kalsedon sahasının güneydoğusunda, allokton kireçtaşları ile andezitlerin dokanağında, yer yer sadece andezit içerisinde gelişen faylanmaların çeşitli epitermal çözeltilerin çökmesine olanak sağladığı ve bu zon boyunca belirli uzaklıklarda altın, pirit, kalkopirit, çinkoblend, galenit, stibnit ve manganit cevherleşmelerinin oluştuğu bildirilmektedir (Kibici, 1982-90).

İnceleme sahasından toplanıp ince kesitleri yapılan örnekler polarizan mikroskobunda incelendiğinde, serpantinitleşmiş dünitlerin önce silisler tarafından ornatıldığı, son aşamada da ağsı çatlakların karbonat mineralleri ile doldurulduğu gözlenmiştir (Şekil 1.10). İnce kesitler içerisinde yaygın olarak opak cevher mineralleri gözlenmekte ve bunların genellikle hematit, limonit gibi demir oksitler olduğu görülmektedir (Şekil 1.11).



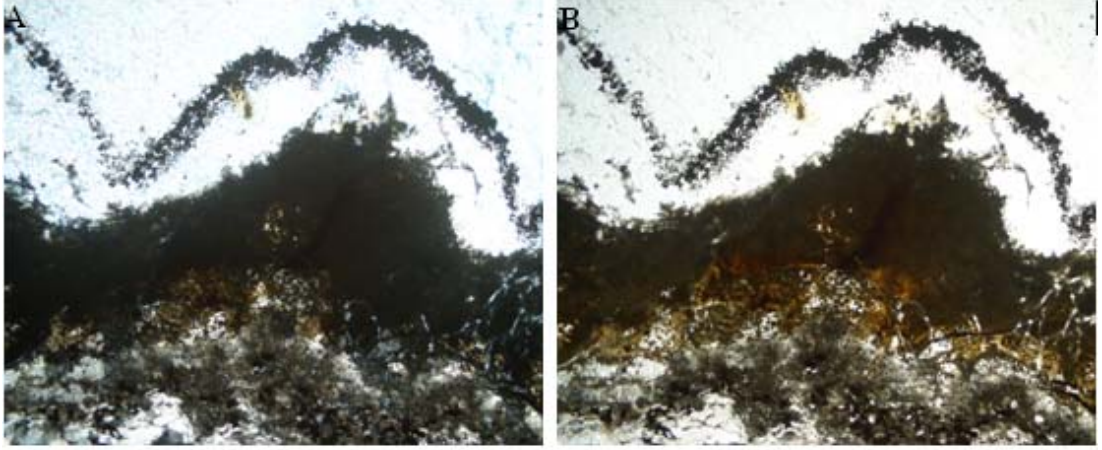
Şekil 1.10 Silis minerallerini içerisindeki karbonat mineralleri tarafından doldurulmuş ağsı çatlaklar A ve B, silisleşmiş ultrabazikler içerisinde gözlenen zonlu mikro-nodüler kalsedon oluşumu (A, haç nikol; B, paralel nikol). C ve D, silisleşmiş ultrabazikler içerisine yerleşmiş, karbonat mineralleri ile çimentolanmış çatlaklar (C, haç nikol; D paralel nikol).





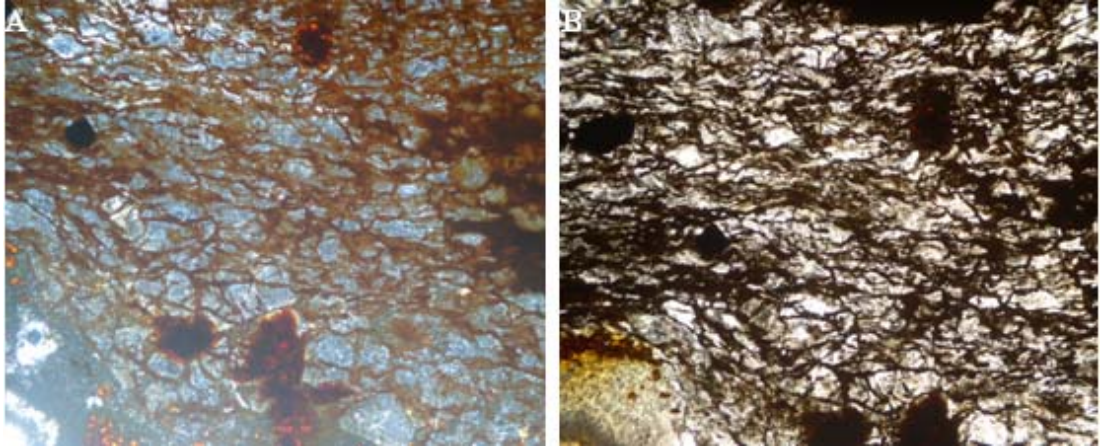
Şekil 1.11 İnce kesitler içerisinde gözlenen opak cevher mineral oluşumları (A ve C, haç nikol; B ve D, paralel nikol).

Kalsedon yumrularının içerisinde yer aldığı çatlak boşluğu en dıştan içe doğru hematit-limonit, demir silikatlar, sepiolite benzer silisli killi oluşumlar ve en merkezde mikrokristalen kalsedon ile dolgulanmıştır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12 Çatlak boşluğunun dıştan içe doğru dolgulanması. (A, haç nikol, B, paralel nikol).

İncelenen ince kesitlerde, parçalanmış ultrabazikler içerisinde breşleşmiş, yönlenmiş, göz şeklinde yapılara rastlanmıştır (Şekil 1.13). Bu da kalsedon oluşumlarının bulunduğu bölgede tektonizmanın etkin olduğunu göstermektedir.

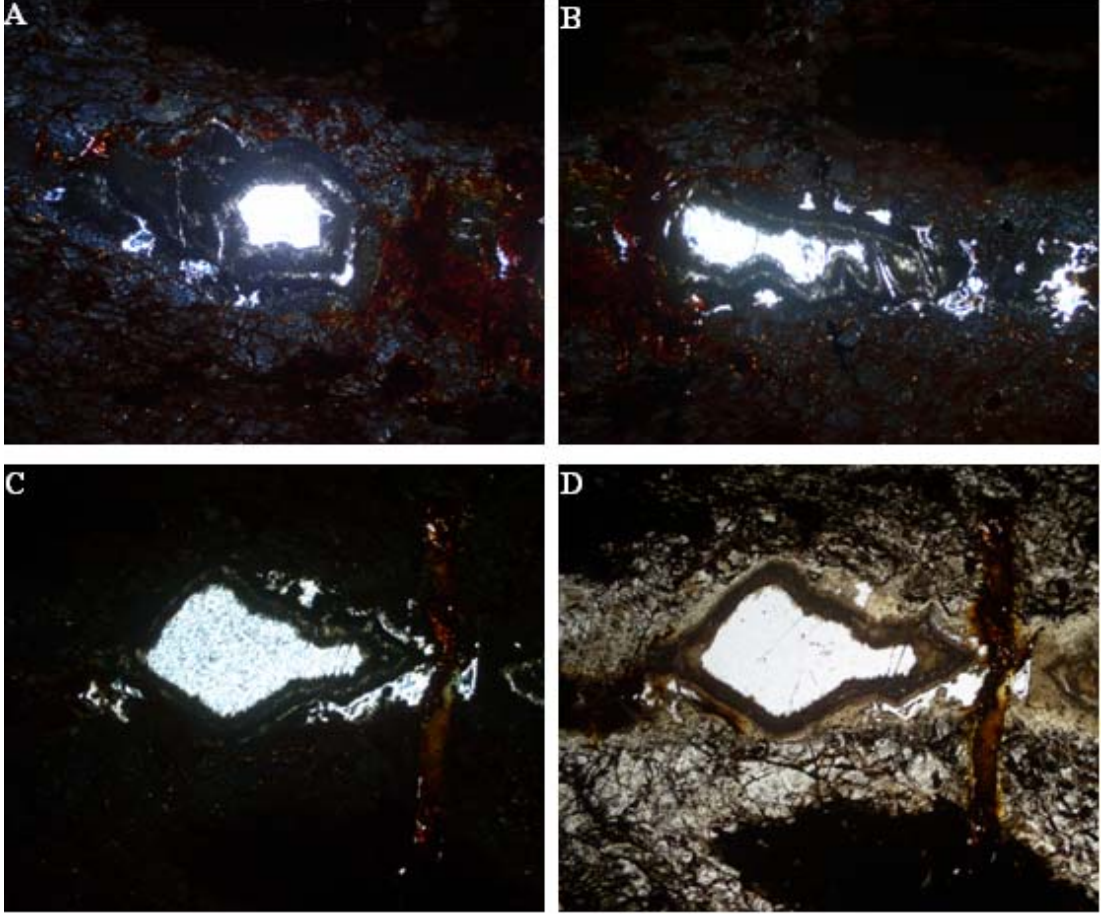


Şekil 1.13 Parçalanmış ultrabazikler içerisinde oluşmuş göz şeklinde, sigmoid yapılar (A, haç nikol; B, paralel nikol).

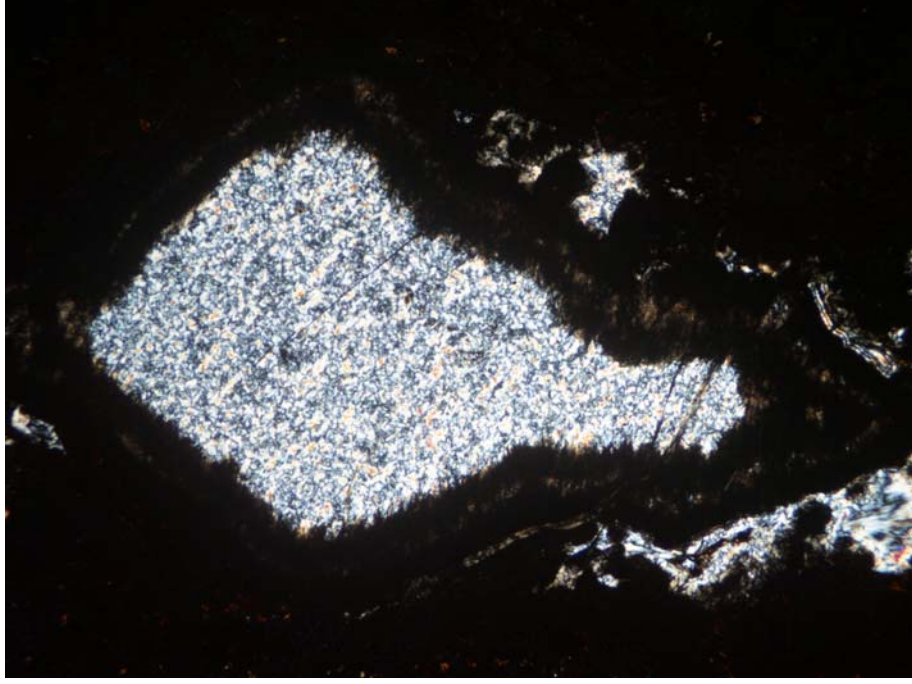
Bu breşik yapıların arasında oluşan çatlaklarda, iğ şekilli, merceksi, mikronodüler, kalınlığı birkaç mm ile birkaç cm arasında değişen, beyaz renkli, damar şeklinde dolgular gözlenmiştir. Bu damar şeklindeki dolguların merkezlerinde kalsedonlar gözlenmiştir (Şekil 1.14). Merkezdeki masif kalsedonik oluşumlar, kristal sınırları süturlu bir şekilde birbirine kenetlenmiş olup, jipslerdeki alabastrin dokuya benzer, küçük veya daha büyükçe oluşmuş, birbirleriyle kenetli/geçmeli



dokuya sahip, mikroskop altında düzensiz sönme açıları veren kristallerden oluşmuş, bir görünümüdür (Şekil 1.15).

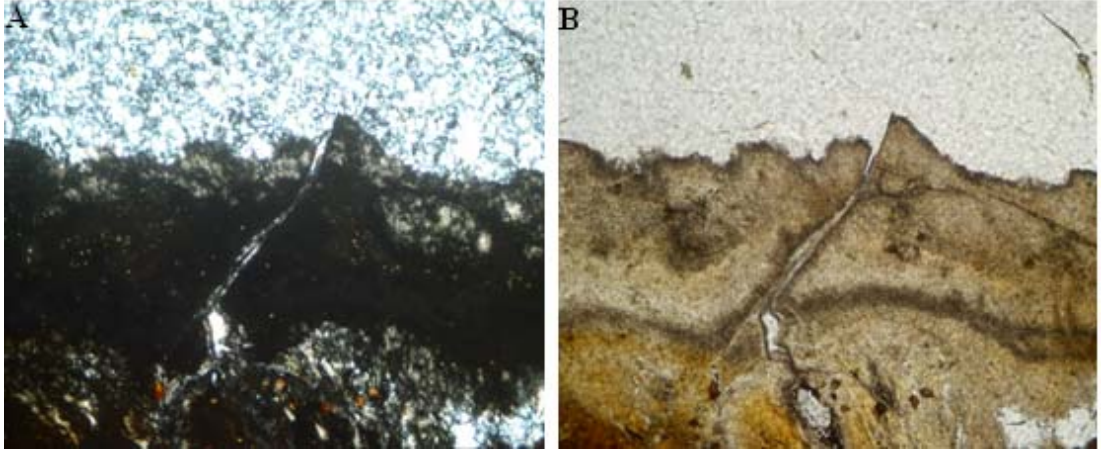


Şekil 1.14 Breşik yapılar arasındaki çatlaklarda oluşmuş, beyaz renkli damar şeklinde dolgular ve merkezlerinde yer alan kalsedon oluşumları (A,B ve C, haç nikel; D paralel nikel).

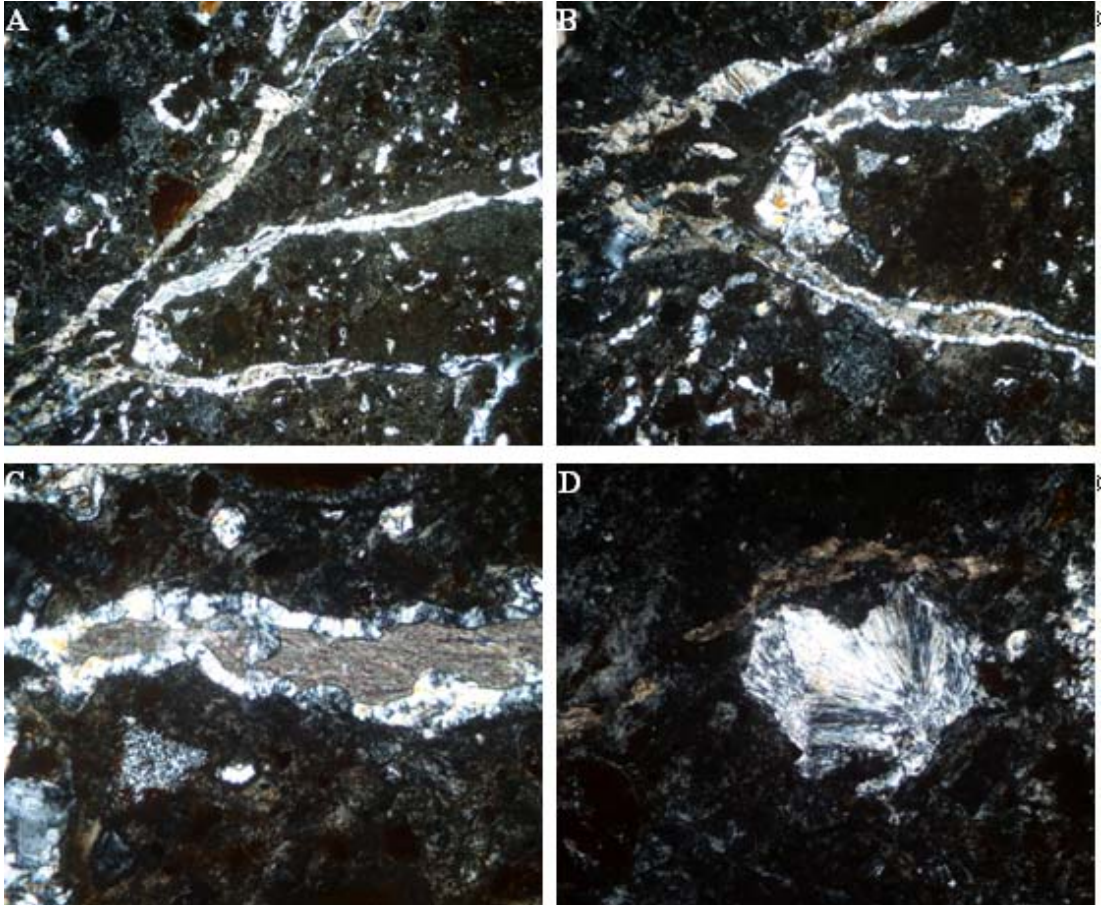


Şekil 1.15 Damar şekilli dolguların merkezinde oluşmuş, alabastrin dokuya benzer, sütürlü şekilde birbirine kenetlenmiş kalsedon kristalleri (Haç nikol).

Merkezdeki kalsedon yumruları, çevrelerindeki ağısı mikro damarlardan silis içeren çözeltilerin taşınmasıyla oluşmuştur (Şekil 1.16). Silisli çözeltilerin taşındıkları mikro-kanalların çeperlerinde lifsi kalsedon oluşumlarına rastlanırken kalsedon yumrularından uzakta olan yerlerde çatlakların karbonatlar tarafından doldurulduğu gözlemlenmiştir. Bu örneklerde görüldüğü üzere, öncelikle silis, kalsedon olarak kristallenmiş, daha sonra bazı bölümlerde ilksel kalsedonlar karbonat fazı tarafından ornatılmıştır. Bazı damarların kesişim yerlerinde merkezden dışa doğru sferulitik, ışınsal, yelpaze şekilli kalsedonların oluştuğu görülmüştür (Şekil 1.17). Mikro-çatlakların bir boşluğa bağlanmaları sonucunda taşınan silisin oluşturduğu kalsedonik yapı, yelpaze şekilli lifsi kuvarslardan oluşurken; ornatma ile yerleşen silisler, mikrokristalen (alabastrin) bir doku gösterdiği saptanmıştır (Şekil 1.18).

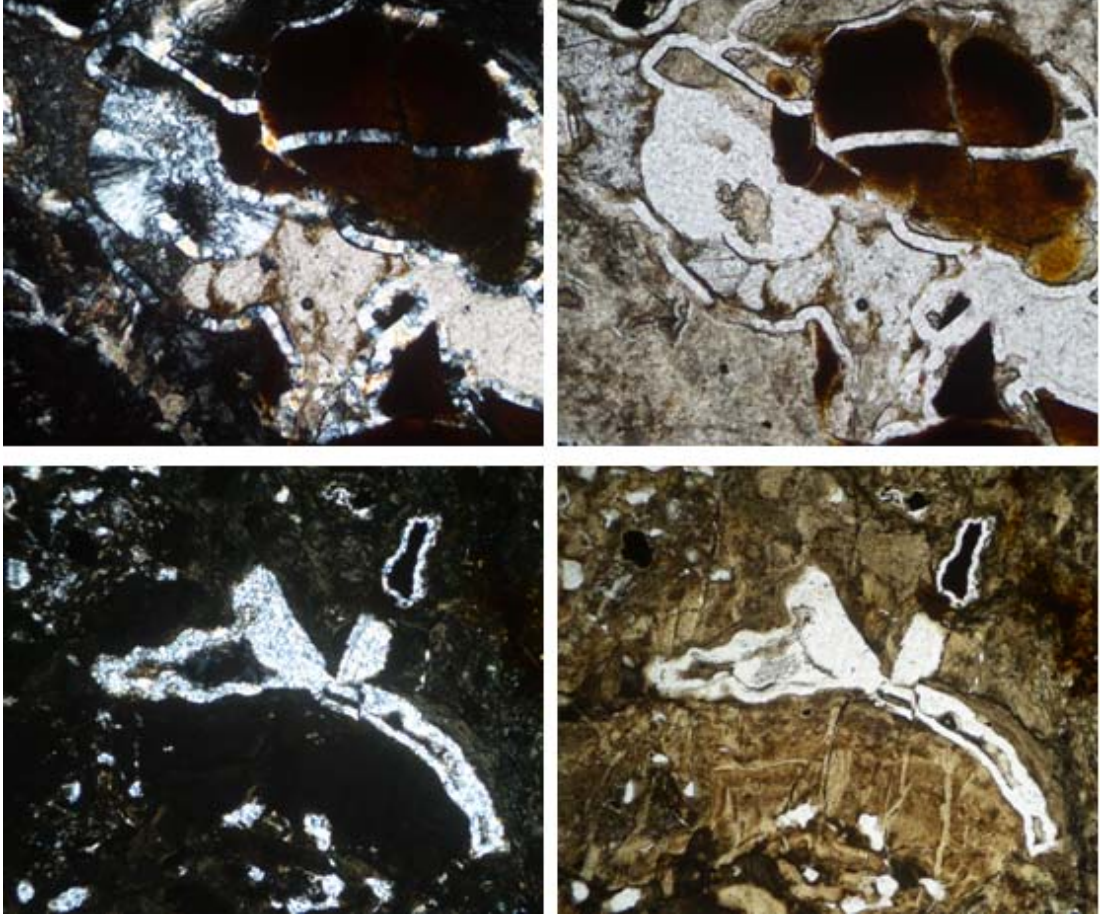


Şekil 1.16 Çatlak boşluğunun merkezinde yer alan kalsedon yumrusuna silisin taşınmış olduğu mikro-damarlar (A, haç nikel; B, paralel nikel).



Şekil 1.17 Çatlak boşluklarının merkezinde oluşan kalsedon yumrularına silis içeren çözeltileri taşıyan ağsı mikro-damarlar. A ve B, karbonat fazı tarafından ornatılmış ilksel kalsedonlar. C ve D, damrların keşişim yerlerinde oluşan, ışınsal, yelpaze şekilli kalsedon kristalleri (A,B,C ve D; haç nikel).





Şekil 1.18 A ve B, boşluk doldurma ile oluşan yelpaze şekilli lifsi kuvarslardan oluşan kalsedon. C ve D, ornatma ile yerleşen silislerin oluşturduğu alabastrin dokulu kalsedon (A ve C, haç nikol; B ve D, paralel nikol).

### 1.5 Kalsedonun Minerolojik, Gemolojik Özellikleri ve Kullanım Alanı

Genel anlamıyla kalsedon, kuvars ailesinin lifsi mikrokristalin yapıdaki türlerinin tümüne verilen addır (Hurlbut and Switzer, 1979). Kıvrımlı konsantrik bantlar halinde ardalanmış farklı renklerde olan türlerine agat (akik), yaprakçıklar halinde mika kapanımları içeren opak yeşil yada altın-kahve renkli olanlarına aventurin; üzerinde kahve/kırmızı jasper noktacıkları bulunan opak yeşil renkli olanlarına kantaşı; gri ve mavi renkli, bantlı olmayan yapıdakilere kalsedon, yarısaydam yada opak yeşil renkli olanlarına krizopras; yarısaydam, renksiz, yeşil dentritik kapanım içerenlerine moss agat, demir oksit (hematit) ile renklenmiş, kırmızı renkli olanlarına karneol; demir hidroksit (götit) ile renklenmiş olanlarına sard; paralel çizgiler halinde ardalanmış siyah ve beyaz renkli olanlarına oniks; onikstekine benzer şekilde

sıralanan bantlar halinde beyaz ve kırmızı-turuncu renkli olanlarına sardoniks denir (Hurlbut and Switzer, 1979; Read, P.G., 1999).

Türkiye’de kalsedon oluşuklarına, başta Eskişehir olmak üzere Afyon-Bayat, Ankara- Çubuk, Bilecik, Çorum, Kütahya, Tokat, Yozgat, Van bölgelerinde rastlanmaktadır.

Tablo 1.2 Sarıcakaya kalsedonunun gemolojik özellikleri (İçözü, 2001’ den alınmıştır).

ÖZELLİK	TANIM
Renk	Koyu mavi, gökyüzü mavisi, açık maviye değişen tonlarda, bazen beyazımsı mavi
Berraklık	İşlenmiş halde saydam
Kırılma İndisi	1.535- 1.538
Çift Kırılma	Yok
Özgül Ağırlık	2.57- 2.61 (lifsi yapılar arasındaki gözeneklerin varlığına bağlı olarak)
Çok Renklilik	Yok
Işıma (fluoresans)	İnert
IR Soğurma Spektrası	420 ve 490 $\text{cm}^{-1}$ de kuvvetli Si-O-Si büküm pikleri 600, 710 ve 780 $\text{cm}^{-1}$ de Si-Si gerilim pikleri (Tanımlayıcı özellikte pikler) 825 ve 1155 $\text{cm}^{-1}$ de Si-O gerilim pikleri 1400 ve 2000 $\text{cm}^{-1}$ arası metal-oksijen titreşim bölgesi O-H gerilim bölgesi ise tespit edilemedi
Sertlik	6.5- 7
İz elementler	%4 den daha az Al içerir
Kapanımlar	Taşa bulutsu bir görünüm veren, önemli miktarda beyaz kürecik içerir

Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedonları kahvemsî-sarımsî renkli, yaklaşık 5 mm kalınlığında bir dış kabuk ile çevrelenmiş, pürüzsüz ve düzgün yüzeyli, gözenek boşluklarını doldurmuş yumrular şeklindedir. Bazı örneklerde dış kabuk daha ince ve beyazımsî-sarı renklidir. Yumruların çapları ortalama 10–15 cm’dir. Ancak 60–70 cm çapa kadar olanlar da bulunabilmektedir. Kalsedonların baskın rengi mavi, koyu mavi ile gökyüzü mavisi arasında çeşitlilik gösterir (Şekil 1.19). Bazen daha açık mavi ve beyazımsî mavi, beyaz, yumurta sarısı, kahverengi, sarımsî kahverengi, bal

renge, tonlarında olanları da bulunabilir. Kahverengi olanlar çoğunlukla mat görünümlüdür (Şekil1.20).



Şekil 1.19 Çeşitli mavi tonlarında renge sahip kalsedon yumruları.



Şekil 1.20 Kahve renkli, mat görünümlü kalsedon yumrusu.

Çekici mavi rengeyle kalsedon, antik dönemlerden beri Anadolu'da kullanılmıştır. Hacılar ve Tilkitepe (Kalkolitik Dönem) ile Alacahöyük ve



Horoztepe (Erken Bronz Çağı) kazılarında bulunan bilezik, küpe ve gerdanlıklar bunların en güzel örneklerindedir. Bergama bölgesindeki kazılarda bulunmuş Bergama Krallıkları döneminde yapılmış kalsedon mühür ile Lidya Döneminde yapılmış mor kalsedondan bilezik İstanbul Arkeoloji Müzesi ve Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesi'nde sergilenmektedir. Mezopotamya'da Asurlular, Girit'te Minos Uygarlığı, Doğu Anadolu' da Urartular tarafından kullanılan ve özellikle Roma dönemi başta olmak üzere Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde gelişen alet kullanımıyla beraber kullanımı artan kalsedonun Eskişehir Sarıcakaya bölgesinden sağlandığı düşünülmektedir (Hatipoğlu, 1984).

Kalsedon, sağlamlığı ve güzel mavi rengi nedeniyle özellikle oyma ve heykel yapımında tercih edilen bir süstaşdır (Şekil 1.21). Ayrıca çeşitli formlarda ve motiflerde işlenerek veya cameo olarak mühür ve takı olarak kullanılmaktadır. Genellikle kabaşon şeklinde (Şekil 1.22) işlenen kalsedon, küpe, kolye, yüzük ve broş gibi takılarda gümüş veya altınla montürlenerek (Şekil 1.23); boncuk makinelerinde küre şeklinde işlenen ve ortaları delinerek dizgi haline getirilen kalsedonlar kolye ya da tespih şeklinde dizilerek; çok küçük ya da kırılmış parçalar da tamburlanarak yuvarlaklaştırılıp anahtarlık ve kolye ucu olarak kullanılır. Büyük çaplı yumrular ise dilimler halinde kesilip parlatılarak dekoratif objelere dönüştürülebilir.



Şekil 1.21 Kalsedondan yapılmış oyma ve heykeller (<http://www.kalsedon.com.tr/>).



Şekil 1.22 Kalsedon yumruları ve çeşitli formlarda işlenmiş, kabaşon kalsedonlar  
<http://www.kalsedon.com.tr/>.



Şekil 1.23 Kalsedon yüzük ve küpe (<http://www.kalsedon.com.tr/>).

## 1.6. Çalışma Alanında Bugüne Kadar Yapılmış Olan Kalsedon Madenciliği Çalışmaları

Kalsedon, Hititler'den beri Anadolu'daki yataklardan çıkartılıp kullanılmaktaydı. Romalılar döneminde taşın bugünkü İstanbul, Kadıköy' deki limandan ihracat için sevkiyatı yapılmaktaydı. O dönemlerde Kadıköy, küçük bir Antik Yunan kasabasıydı ve adı Chalcedon idi. Kalsedonun adını bu küçük liman kasabasından aldığı düşünülmektedir (İçözü,2001).

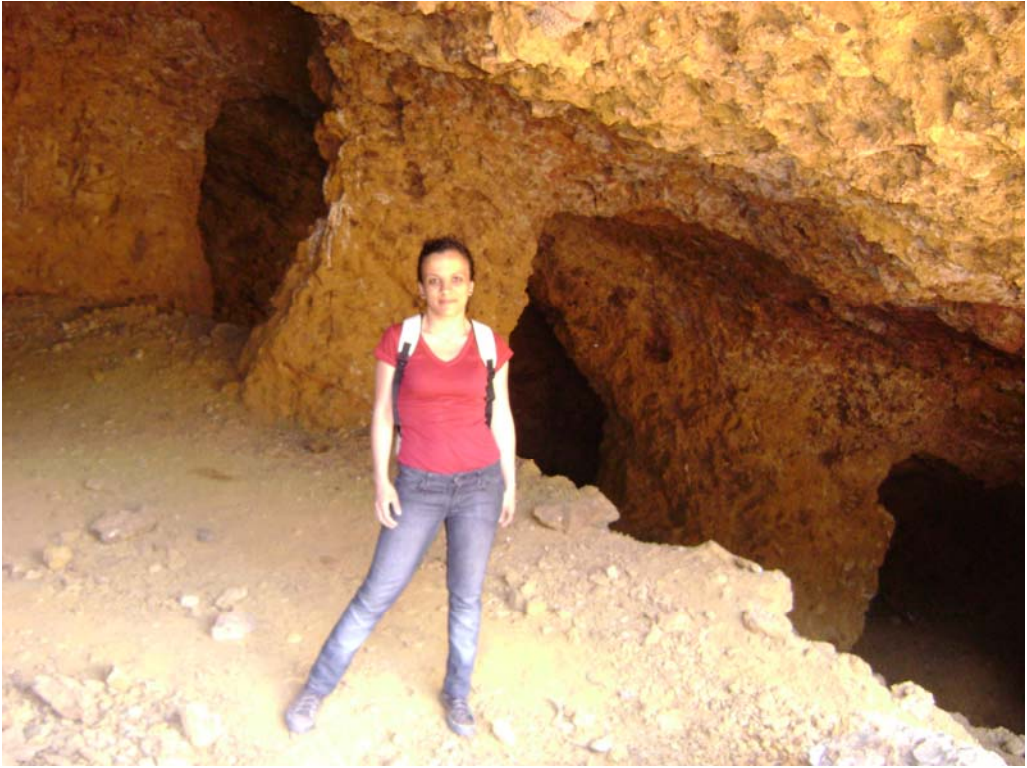
Çalışma alanında Roma dönemine ait olduğu söylenen (Hatipoğlu, 1984) dört farklı ocak girişi bulunmaktadır (Şekil 1.24). Bu ocaklardan ilki Akaya Tepe'nin 500 m kuzeyinde yer alır. İki adet oval kesitli ocak girişlerinin ağız genişlikleri 1,5–3 m arasındadır. Ocak, fay zonu içerisindeki silisli kesimde galeri sürülerek açılmış olup herhangi bir tahkimat yapılmamıştır. İkinci ocak birincinin 10 m batısında olup oval kesitli ağız genişliği 3 m dir. Üçüncü ocak, ikinci ocağın 250 m batısında yer alır ve doğuya doğru açılmıştır. Dördüncü ocak üçüncü ocağın 50–60 m kuzeybatısında olup 10 m ağız genişliğine sahiptir. Bu ocak girişlerinden ikinci ve üçüncüsü bugünkü işletme sırasında bozulmuş ve kapalı durumdadır. Girilebilen ocaklarda görülebildiği üzere fay zonu boyunca kalsedon içeren tabaka içerisinde galeriler ve odalar şeklinde açılıp aralarda tavanı tahkim edecek topuklar bırakmak suretiyle üretim yapılmıştır (Şekil 1.25). Ocağın ağız kısmında ve içerisindeki tavanda görülen yanma izleri ve yanan yerlerde bulunan boşluklar, kalsedon yumrularının ateş yakılarak bulunduğu yerde gevşemesi sağlanıp ondan sonra çıkarılmış olabileceği ve galeri içlerinde yapılan bir kazıda çıkarılan yanmış odun parçalarının bu teoriye bir veri olarak kabul edilebileceği savlanmıştır (Hatipoğlu, 1984).

Yakın geçmişte, Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedon sahasının yeniden keşfi 1957 yılında M.H. Sırrı Gerçin tarafından arama ve etüt çalışmalarının başlatılmasına dayanır. Kalsedon madenciliğini disipline etmek amacıyla Sırrı Gerçin tarafından kurulan firma 1986 tarihinde faaliyete başlamıştır. Firma, 11 Nisan 1997 tarihinden itibaren Sırrı Gerçin Kalsedon Maden İşletmeleri Ltd. Şti. olarak tescil edilmiştir ve bugün de ticari faaliyetlerini bu isimle sürdürmeye devam etmektedir.





Şekil 1.24 Roma dönemine ait iki ocak girişi.



Şekil 1.25 Roma dönemi ocaklarında odalar şeklinde açılan galeriler ve tavanı tahkim etmesi amacıyla bırakılmış topuklar.

Günümüzde madencilik çalışmaları, fay zonu içerisindeki silisli kısımlarda cepler açmak suretiyle yapılmaktadır. Bu ceplerin açılması, martoperferatörle delinen 1,5–2 m derinliğindeki delikler içerisine konan dinamit lokumlarının patlatılması ile gerçekleştirilmektedir. Parçalanan kumtaşları arasındaki kalsedonlar ayıklanarak el arabalarına yüklenmekte ve daha sonra stok sahasına taşınmaktadır (Şekil 1.26).



Şekil 1.26 Kalsedon ocağının bugünkü durumu.

Kalsedon üretiminin dinamit ile patlatmak suretiyle yapılması, kalsedonun tektonizma sonucu oluşmuş olan çatlaklarının (Şekil 1.27) yanı sıra ciddi bir şekilde zarar görerek kırıklı-çatlaklı bir yapı almasına (Şekil 1.28), taşın işlenebilirliğini olumsuz yönde etkilenmesine ve hasarlı ürünlerin değerlendirilememesi sonucu üretim veriminin düşmesine neden olmaktadır.





Şekil 1.27 Kalsedon yumruları içerisinde tektonizma sonucu oluşmuş çatlaklar.



Şekil 1.28 Dinamit ile patlatma işlemi sonucunda kalsedon yumrusu içerisinde oluşan çatlaklar.

## 1.7 Çalışma Alanında Uygulanması Planlanan Madencilik Yönteminin Belirlenmesi

### 1.7.1 Çalışma Alanında Yapılan Etüdler

#### 1.7.1.1 Jeoteknik Etüdler

Malzemenin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla formasyonun yoğunluk, porozite, nokta yükleme dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı etüdüleri yapılmıştır.

*1.7.1.1.1 Yoğunluk Tayini Deneyi.* Araziden alınan kayaç örnekleri arasından iki farklı özellikte ana kayaç numunesi seçilip çeneli ve halkalı kırıcıda 3x80 sn süresince öğütüldükten sonra yoğunluk deneyi yapılmıştır. Yoğunluk deneyinde piknometre, hassas terazi ve saf su kullanılmıştır. Yapılan ölçüm ve hesaplanan sonuçları Tablo 1.3 de verilmiştir.

*1.7.1.1.2 Porozite Tayini Deneyi.* Araziden alınan kayaç örnekleri arasından iki farklı özellikte ve düzensiz şekilli ana kayaç örnekleri kuru haldeyken tartılıp ağırlıkları not edilmiş ve daha sonra bir gün süreyle su içerisinde bekletildikten sonra suya doymun haldeki ağırlıkları ve su içerisindeki ağırlıkları ölçülüp gerekli hesaplamalar yapılarak porozitesi tayin edilmiştir. Yapılan ölçüm ve hesaplama sonuçları Tablo 1.4 de verilmiştir.

*1.7.1.1.3 Nokta Yükleme Dayanımı Deneyi.* Bu deney, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yükü dayanımı indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi olarak belirlenir. Araziden alınan kayaç örnekleri arasından seçilen iki farklı özellikte ve düzensiz şekilli ana kayaç numunesi, nokta yükleme aletinin konik başlıkları arasına

yerleştirilerek yükleme yapılmış ve okunan veriler not edilerek her bir örnek için işlem yinelenmiştir. Yapılan lm ve hesaplama sonuçları Tablo 1.5 de verilmiştir.

Tablo 1.3 Yoğunluk deneyi ölçüm değerleri.

ÖRNEK NO		$G_{boş}(M_0)$ (gr)	$G_{su}(M_1)$ (gr)	$G_{nem}(M_2)$ (gr)	$G_{nem+malzeme}$ ( $M_3$ ) (gr)	$G_{nem+malzeme+su}$ ( $M_4$ ) (gr)	$d=(M_3-M_2)/$ $[(M_1+M_3)-$ $(M_2+M_4)]$ ( $gr/cm^3$ )	$d_{ort.}$ ( $gr/cm^3$ )
K1(KALSEDON)	ÖLÇÜM1	48,1507	148,3934	48,4096	53,6569	151,2224	2,170	
	ÖLÇÜM2	48,1507	148,3933	48,3668	53,4761	151,1706	2,190	2,18
	ÖLÇÜM3	48,1507	148,3922	48,3558	54,3436	151,6284	2,180	
K2(KALSEDON_KİLLİ)	ÖLÇÜM1	48,1507	148,3963	48,3226	53,3686	151,506	2,610	
	ÖLÇÜM2	48,1507	148,3925	48,3885	54,1594	151,9353	2,590	2,59
	ÖLÇÜM3	48,1507	148,3878	48,3557	52,626	150,9986	2,570	

Tablo 1.4 Porozite (birim hacim ağırlığı) tayini deney sonuçları.

ÖRNEK NO	Kuru Ağırlık (gr)	Suya Doygun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Su Ağırlığı (gr)	$V_{\text{boşluk}}$ (cm <sup>3</sup> )	$V_{\text{toplam}}$ (cm <sup>3</sup> )	n (%)	Kuru BHA (gr/cm <sup>3</sup> )	Suya Doygun BHA (gr/cm <sup>3</sup> )
K1-1	169,20	173,40	95,70	4,20	4,20	77,70	5,41	2,178	2,232
K1-2	277,70	288,90	155,80	11,20	11,20	133,10	8,41	2,086	2,171
						arit.ort	<b>6,91</b>	<b>2,132</b>	<b>2,20</b>
						stand.sap.	<b>2,13</b>	<b>0,064</b>	<b>0,043</b>
						varyans	<b>4,53</b>	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>
K2-1	229,10	267,70	141,60	38,60	38,60	126,10	30,61	1,817	2,123
K2-2	159,60	160,40	93,40	0,80	0,80	67,00	1,19	2,382	2,394
						arit.ort	<b>15,90</b>	<b>2,099</b>	<b>2,258</b>
						stand.sap.	<b>20,80</b>	<b>0,400</b>	<b>0,192</b>
						varyans	<b>432,67</b>	<b>0,1598</b>	<b>0,0368</b>

Tablo 1.5 Nokta yükleme dayanımı indeksi deneyi sonuçları (K1-1-, K1-2, K1-3, K1-4, K1-5, killi kumtaşı-çakıltaşı-kalsedon örneği; K2-1, K2-2, K2-3, K2-4, K2-5, K2-6, pekleşmiş yapıda kalsedon-çakıltaşı örneği)

ÖRNEK NO	D (mm)	Yük (kN)	Yük (kgf)	Is (kg/cm <sup>2</sup> )	Is50 (kg/cm <sup>2</sup> )
K1-1	29,00	3,00	305,88	36,37	28,46
K1-2	54,00	6,00	611,76	20,98	21,72
K1-3	56,00	6,00	611,76	19,51	20,53
K1-4	48,00	5,00	509,80	22,13	21,72
K1-5	42,00	3,00	305,88	17,34	16,03
				arit.ort	<b>21,69</b>
				stand.sap.	<b>4,45</b>
				varyans	<b>19,81</b>
K2-1	52,00	14,00	1427,44	52,79	53,73
K2-2	46,00	11,00	1121,56	53,00	51,05
K2-3	36,00	8,00	815,68	62,94	54,29
K2-4	46,00	10,00	1019,60	48,19	46,41
K2-5	39,00	4,00	407,84	26,81	23,98
K2-6	40,00	7,50	764,70	47,79	43,23
				arit.ort	<b>45,45</b>
				stand.sap.	<b>11,36</b>
				varyans	<b>129,00</b>

*1.7.1.1.4 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.* Bu deney, silindirik bir şekle sahip kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda kullanılan tek eksenli sıkışma dayanımının tayini için yapılır. Deneyde boy/çap oranı 2,5–3 arasında olacak şekilde hazırlanmış, alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel yan yüzeyleri pürüzsüz ve herhangi bir çatlak içermeyen karot örnekleri kullanılır. Araziden alınan kayaç örnekleri arasından uygun özellikte olanları seçilip bunlardan karotlar alınmıştır. Alınan karotlar alt ve üst yüzeyleri birbirlerine paralel olacak şekilde kesilip düzleştirilerek ortalama 40 mm çap ve 90 mm uzunlukta karot numune elde edilmiştir (Şekil 1.29).

Numuneler yükleme presinin ortasındaki yükseltme plakasının üzerine merkezlenerek yerleştirilmiş ve örneğin üzerinde bulunduğu blok, örnek ile yükleme presinin tavanına monte edilmiş olan üst blok arasında boşluk kalmayana kadar yükseltilmiş (Şekil 1.30) ve yenilme sırasında kayaç parçalarının etrafa saçılmasını önlemek için presin çevresindeki kafes kapatıldıktan sonra yükleme işlemine devam edilerek yenilme anındaki ölçüm sonucu okunmuştur. Bu işlem her bir numune için yinelenmiştir. Yapılan ölçümlerde K4 ve K5 örneklerinin çok farklı değerler göstermesi nedeniyle, ölçüm değerlerini etkilememesi için hesaplama dahil edilmemiştir. Yapılan ölçüm sonuçları ve hesaplamalar Tablo 1.6 da verilmiştir.



Şekil 1.29 Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılmak üzere hazırlanmış numuneler.





Şekil 1.30 Yükleme plakasının üzerine merkezlenererek ve üst blok ile alt blok arasında boşluk kalmayacak şekilde yerleştirilmiş, yükleme işlemine hazır numune.



Tablo 1.6 Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları.

ÖRNEK NO	Ağırlık (gr)	D (mm)	L (mm)	L (cm)	Yük (kg)	Alan (cm <sup>2</sup> )	T.E.B.D. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Düzeltilmiş T.E.B.D. (kgf/cm <sup>2</sup> )
K1	304,57	40,00	106,50	10,65	2210,00	12,57	175,87	168,94
K2	204,65	40,00	94,00	9,40	2300,00	12,57	183,03	175,82
K3	220,97	40,00	84,00	8,40	1750,00	12,57	139,26	133,78
K4	208,65	40,00	83,60	8,36	1110,00	12,57	88,33	84,85
K5	217,61	40,00	86,00	8,60	7480,00	12,57	595,24	571,80
							arit.ort	<b>227,04</b>
							stand.sap.	<b>196,07</b>
							varyans	<b>38444,08</b>

*1.7.1.1.5 Brazilian Yöntemiyle Çekme Dayanımı Tayini Deneyi.* Bu deney disk şeklinde hazırlanmış kayaç örneklerinin çapsal yükleme altında çekme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Araziden alınan kayaç örnekleri arasından uygun özellikte olanları seçilip bunlardan karotlar alınmıştır. Alınan karotlar alt ve üst yüzeyleri birbirlerine paralel olacak şekilde kesilip düzleştirilerek ortalama 40 mm çap ve 20 mm uzunlukta numuneler elde edilmiştir (Şekil 1.31). Örnekler, yan yüzeyleri nokta yükleme aletine monte edilen silindirik plakaların arasında kalacak şekilde yerleştirilmiş ve yük verilerek yenilmenin gerçekleştiği andaki değer yükleme ünitesinin göstergesinden okunmuştur. Bu işlem her bir numune için yinelenmiştir. Yapılan ölçümlerde K2-5 ve K2-6 örneklerinin çok farklı değerler göstermesi nedeniyle, ölçüm değerlerini etkilememesi için hesaplamaya dahil edilmemiştir. Yapılan ölçüm sonuçları ve hesaplamalar Tablo 1.7 de verilmiştir.



Şekil 1.31 Brazilian yöntemiyle çekme dayanımı tayini deneyinde kullanılmak üzere hazırlanmış numuneler.

Tablo1.7 Brazilian yöntemiyle çekme dayanımı tayini deneyi sonuçları (K1-1-, K1-2, K1-3, K1-4, K1-5, killi kumtaşı-çakıltaşı-kalsedon örneği; K2-1, K2-2, K2-3, K2-4, K2-5, K2-6, pekleşmiş yapıda kalsedon-çakıltaşı örneği).

Ör. No:	d(mm)	L(mm)	Yük(kN)	Yük (kgf)	Çekme Gerilmesi (MPa)
K1-1	40	21,40	9,00	917,64	6,69
K1-2	39,2	21,20	14,00	1427,44	10,71
K1-3	39,6	20,20	14,00	1427,44	11,13
K1-4	39,8	21,00	11,00	1121,56	8,37
K1-5	40	21,20	13,00	1325,48	9,75
				arit.ort	<b>9,33</b>
				stand.sap.	<b>1,82</b>
				varyans	<b>3,31</b>
K2-1	40,2	21,20	32,00	3262,72	23,88
K2-2	39,7	20,80	36,50	3721,54	28,11
K2-3	40	20,60	29,80	3038,41	23,00
K2-4	40,2	20,20	46,50	4741,14	36,42
K2-5	39,7	21,00	4,10	418,04	3,13
K2-6	40	20,60	6,20	632,15	4,79
				arit.ort	<b>27,85</b>
				stand.sap.	<b>6,13</b>
				varyans	<b>37,5908</b>

### 1.7.1.2 Delme Patlatma İşlerine Yönelik Etüdler

Üretimi yapılacak olan kalsedon, pekleşmiş yapıdaki fay breşi içerisinde yumrular halinde bulunduğundan ancak delme-patlatma yoluyla kazanılabilir. Ancak klasik yöntemlerle yapılan patlatma işlemi kalsedon yumrularının kırıklı-çatlaklı bir yapı almasına neden olduğundan patlayıcı değil, çatlatma özelliği olan bir malzemenin

kullanılması öngörülmüştür. Çatlatma işlemi ile parçalanmış malzeme içerisinde kalsedon yumruları keski ve çekiç yardımıyla selektif olarak kolayca alınabilir.

Kalsedonun yüksek verimle ve zarar görmeden üretiminin sağlanması amacıyla projede öngörülen plan çerçevesinde delme patlatma işlemlerinin yapılabilmesi için sahada bir deneme çalışması yapılarak en uygun delik geometrisi ve kullanılacak malzeme miktarı gibi parametreler belirlenmiştir.

Sahada yapılan deneme çalışmasında öncelikle uygun görülen bir alanda deliklerin delinmesi işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 1.32). 30 cm aralıklarla 36 mm çapında ve 2 m derinliğinde 17 adet delik delinmiştir (Şekil 1.33). Deneme çalışmasında uygulanan delik düzeni, geometrisi ve kullanılan malzeme miktarları Şekil 1.34'de gösterilmiştir.

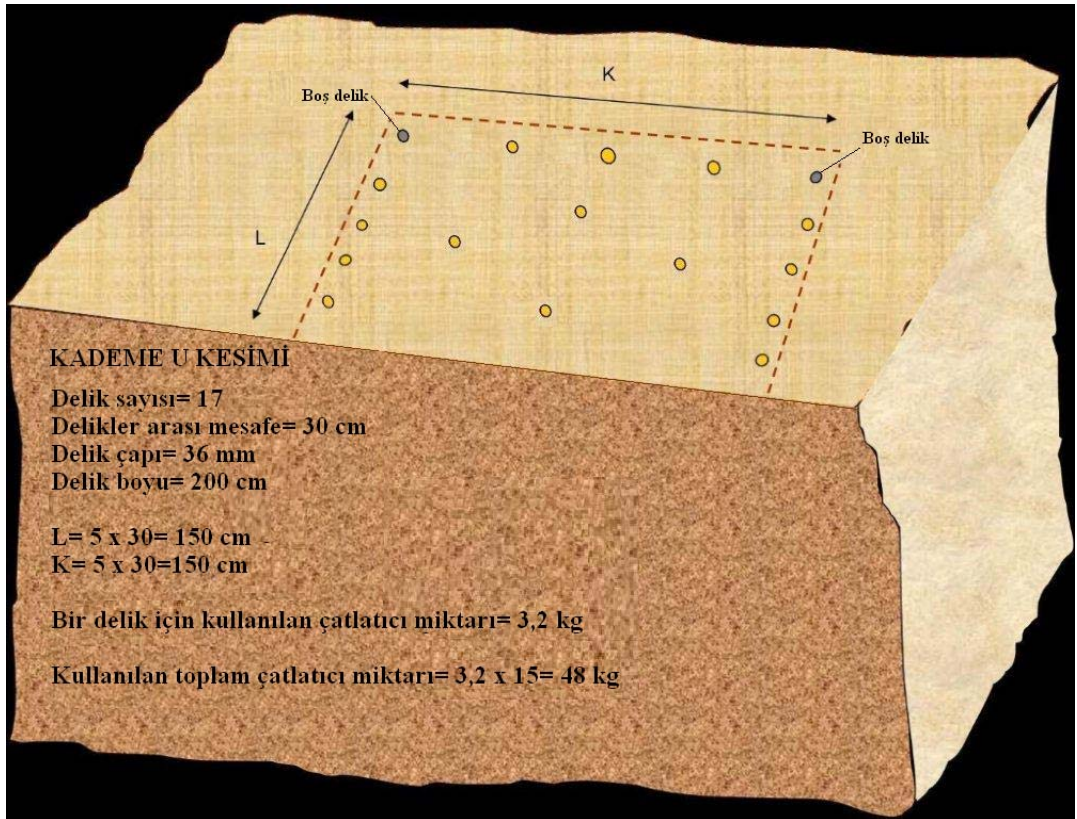


Şekil 1.32 Deliklerin delinmesi.





Şekil 1.33 Çatlatıcı malzemenin doldurulacağı 36 mm çapında, 30 ar cm aralıkla delinmiş delikler.



Şekil 1.34 Deneme çalışmasında uygulanan delik düzeni ve kullanılan malzeme miktarı.

Çatlatma işlemini gerçekleştirmek için kullanılması planlanan toz halindeki malzeme su ile karıştırılarak deliklere şarj edilmiştir (Şekil 1.35).



Şekil 1.35 Sulandırılmış çamur kıvamındaki çatlatıcının deliklere şarjı ve doldurulmuş delikler.

12 saatlik bekleme süresinin ardından çalışma alanına gidilerek deliklerin son durumu gözlenmiş ve kazıya uygun olduğu görülmüştür (Şekil 1.36, Şekil 1.37). Çatlatıcının etkisiyle genişerek parçalanan kayaç içerisinde kalsedon yumrularının kolaylıkla, zarar görmeden ve çoğu durumda sadece basit jeolog çekici yardımı ile ana kayaktan ayrılması sağlanmıştır (Şekil 1.38, Şekil 1.39).



Şekil 1.36 Çatlatıcının deliklere şarjından 12 saat sonra deliklerin durumu.





Şekil 1.37 Çatlaticının etkisiyle kayaç içerisinde oluşan genişleme çatlakları.



Şekil 1.38 Gevşetilen kayacın levye ve balyoz ile parçalanması.



Şekil 1.39 Kalsedon yumrularının ana kayaktan ayrılması.



Delme patlatma ile yapılan mevcut üretim yönteminde verim en fazla %30–35 civarında iken, çatlatma yardımı ile parçalanmış kayaç içerisinde yapılan kalsedon üretimi ile verimin %90'ın üzerine çıkarılabileceği açıkça görülebilmektedir. Ayrıca, patlatma yöntemi ile üretilen, masif ve sağlam gibi görünen kalsedon yumrularında yüzeyde görülemeyen mikro-çatlakların varlığı ve sıklığı, heykel-süs eşyası yapımında kullanılacak kalsedon yumrularının en büyük sorunu iken, çatlatıcı yardımı ile üretilen yumrulara mikro-çatlakların varlığı ve sıklığı ihmal edilecek kadar azdır (Şekil 1.40). Bu özelliği ile çatlatıcı malzemenin tartışılmaz bir avantajı vardır. Deliklerin açılması için harcanan zaman ve amortisman masrafı işletme açısından dezavantaj gibi görülse de üretilen yumruların çatlaksız olması bu dezavantajları avantajlı bir hale getirmektedir.



Şekil 1.40 Çatlatıcı ile üretilen kalsedon yumruları.



### *1.7.1.3 Topoğrafik Haritalara Yönelik Etüdler*

Üretim yapılması planlanan bölgede üretilecek toplam kalsedon miktarının belirlenmesi ve işletmenin detay planlarının çıkarılması amacıyla 1/1.000 ölçekli harita üzerinde işletme planının çizimi ve bu çizime bağlı olarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

### *1.7.2 Yöntem Seçimi ve Uygulanması*

#### *1.7.2.1 Uygulanacak İşletme Yönteminin Seçimi*

Uygulanması önerilecek işletme yönteminin seçiminde değerlendirme kriterleri olarak kalsedonun yataklanma durumu, kalsedonun mümkün olduğunca zarar verilmeden üretimi, yatak boyutları ve geometrisi, jeolojik ve topografik yapı, iklim koşulları, ocağın ömrü, kazı miktarı, makine ve ekipmanın sağlanması olanakları vb. ele alınmıştır.

Yukarıdaki kriterler göz önüne alınarak sahada yapılan incelemelerde, açık işletme yöntemi olarak delme-patlatma + lastik tekerlekli yükleyici + kamyon yönteminin en uygun işletme yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

Üretimi yapılacak olan kalsedon, pekleşmiş yapıdaki fay breşi içerisinde yumrular halinde bulunduğu için ancak delme-patlatma yoluyla kazanılabilir. Ancak klasik yöntemlerle yapılan patlatma işlemi kalsedon yumrularının kırıklı-çatlaklı bir yapı almasına neden olduğundan patlayıcı değil, çatlatma özelliği olan bir malzemenin kullanılması öngörülmüştür. Çatlatma işlemi ile parçalanan malzeme içerisinden kalsedon yumruları keski ve çekiç yardımıyla selektif olarak kolayca alınabilir. Parçalanan bu malzeme, hareketlilik kabiliyeti fazla olma, değişik kapasitelere kolay uyum sağlayabilme, yükleme, temizleme, stok, yol bakımı gibi farklı işlerde kullanılabilmesi ve kamyonlarla uyumlu çalışabilmesi gibi özellikleri nedeniyle tercih edilen lastik tekerlekli yükleyicilerle kamyonlara yüklenip döküm sahasına taşınabilir.

### 1.7.2.2 İşletme Düzeni

1.7.2.2.1 *Rezerv Miktarı.* Saha içerisindeki kalsedonlar her kesimde aynı tenör dağılımını göstermemektedir. Tenörün zenginleştiği ve arazi faktörlerinin madencilik çalışmalarına elverişli olduğu alanlar Hatipoğlu (1984)' de dört bölgeye ayrılarak tenör ve rezerv hesaplamaları yapılmış ve jeolojik haritaya işlenmiştir. Buna göre, seçilen 1. alanda  $50 \text{ kg/m}^3$  tenör ve 243.750 ton görünür rezerv; 2. alanda  $50 \text{ kg/m}^3$  tenör ve yaklaşık 365.650 ton görünür rezerv, 3. alanda  $100\text{--}150 \text{ kg/m}^3$  tenör ve 652.000 ton görünür rezerv; 4. alanda  $150 \text{ kg/m}^3$  tenör ve 956.250 ton görünür rezerv olmak üzere; toplam 2.217.650 ton görünür kalsedon rezervi saptanmıştır.

Kalsedon sahasında uygulanması öngörülen madencilik yöntemine örnek teşkil etmesi amacıyla sadece birinci bölge ele alınmıştır. Uygulanması öngörülen madencilik yöntemiyle bu bölgede bulunan 243.750 ton görünür kalsedon rezervinin 130.000 tonu işletilebilir rezerv olarak belirlenmiştir. Bu 130.000 tonluk kalsedon üretiminin yapılabilmesi için ocaktan toplam 6.150.000 ton üretim yapılması gerektiği saptanmıştır.

1.7.2.2.2 *Üretimde Kullanılacak Makinelerin, Araçların ve Aletlerin Seçimi ve Miktarları ile İstihdam Edilecek Personel Sayısı.* Kalsedon üretiminde delme-çatlatma + lastik tekerlekli yükleyici + kamyon yönteminin en uygun işletme yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre ocak sahasında kullanılacak ekipman listesi Tablo 1.8' de verilmiştir.

Faaliyet bünyesinde çalıştırılacak olan personel sayısı, 1 fenni nezaretçi, 2 operatör, 2 şoför 8 işçi ve 1 bekçi olmak üzere toplam 14 kişi istihdam edilecektir. Faaliyet alanından malzemenin çıkarılması aşamasında çalışanların günlük ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla yönelik olarak sahanın yakınında kullanılan baraka tipi yapı kullanılacaktır. Bu nedenle şantiye inşaatı söz konusu olmayacaktır

Tablo 1.8 Faaliyette kullanılacak ekipmanlar.

<b>Kullanılacak makine-ekipman</b>	<b>Adet</b>
Kompresör	1
Martoperferatör	5
Lastik tekerlekli yükleyici (0,15-2,5 m <sup>3</sup> kepçe hacimli)	1
Kamyon	1
Balyoz	5
Kürek	5

*1.7.2.2.3 Üretim Sırasında Yapılacak Olan Çatlatma İşleminde Kullanılacak Malzemenin Özellikleri ve Kullanımı.* Üretimi yapılacak olan kalsedon, pekleşmiş yapıdaki fay breşi içerisinde yumrular halinde bulunduğundan ancak delme-patlatma yoluyla kazanılabilir. Ancak klasik yöntemlerle yapılan patlatma işlemi kalsedon yumrularının kırıklı-çatlaklı bir yapı almasına neden olduğundan patlayıcı değil, çatlatma özelliği olan bir malzemenin kullanılması öngörülmüştür. Yapılan araştırmalar sonucunda kiriş, kolon, köprü ayakları, temel pabuçları, kütle betonları, su altı betonları gibi betonarme sistemlerinde, yol, baraj, metro, bina temel inşaatlarında, mermer, granit, traverten, taş ocaklarında ve her türlü maden ocağında verimli sonuçlar veren kırakit kullanımı uygun görülmüştür.

Kırakit, suyla karıştırıldığında genişleyen ve matkapla açılmış olan deliklerin cidarlarında birkaç saat içerisinde, 80 MN/m<sup>2</sup> (8000 t/m<sup>2</sup>) den fazla basınç yaratan, genişleme yoluyla çatlama sağlayan, son derece çevreci bir maddedir. Etraftaki maddeleri parçalanmaya iter ve işlemin bitiminden sonra geriye hiçbir zararlı madde kalmaz. Kapalı ve açık alanlarda, büyük kırma araçlarının giremediği her yerde kullanılabilir. Her zaman için, tecrübesiz kişiler de dahil olmak üzere herkes tarafından uygulanabilir. Uygulama güvenli, tehlikesiz ve gürültüsüzdür. Normal patlayıcıların aksine hiç toz bulutu, zararlı gazlar çıkmaz, sarsıntılar olmaz. Kırakit kullanılabilmesi için bir devlet dairesinden onay almaya gerek yoktur. Kırakit uygulaması her an durdurulabilir; malzemenin doldurulduğu deliklerden matkap

yoluyla çıkarılması yeterlidir. Kayaların, tuğla ve kiremitlerin, beton ve betonarmenin parçalanmasında uygundur. Önemli özel kullanma alanlarından biri, normal patlayıcıların kullanılmasının sakıncalı olduğu; sarsıntı, gürültü ve toz çıkmamasını gerektiren durumlardır. Malzemenin kontrollü bölünmesi istenen durumlarda kırakitın kendine has özellikleri tercih sebebini oluşturur. Kırakit, kayaları ve beton kütleleri yumuşak ve sessiz bir şekilde, patlama olmadan kontrollü biçimde kıran ve çatlatan güvenli bir teknolojik üründür. Sessiz, titreşimsiz, etrafa taş sıçratma riski olmayan, zehirli gaz ve toz içermeyen bir üründür. Ürün, yüksek sıcaklık altında suyla karıştığında genleşir. Yanma ve parlama meydana gelmez. Kırakitın kimyasal bileşimi ile fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1.9' da verilmiştir (<http://www.kirakit.net/>).

Tablo 1.9 Kırakitın teknik özellikleri ve kullanım bilgileri (<http://www.kirakit.com.tr>).

<b>Kimyasal Bileşim</b>	
Tehlikeli madde	Yok
Tehlike içermeyen kimyasal maddeler (% Ağırlık)	
Silisyum oksit (SiO <sub>2</sub> )	% 3–5
Alüminyum oksit (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	%1,5–2
Demir oksit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	% 2–3
Kalsiyum oksit (CaO)	% 88–90
İnorganik madde	% 1–1,5
<b>Fiziksel ve Kimyasal Özellikler</b>	
Kaynama noktası	Yok
Yoğunluk (+su)	3,2 gr/cm <sup>3</sup>
Hacimsel toz yoğunluk	1.150 kg/m <sup>3</sup>
Erime noktası	1.000°C
Suda çözünürlüğü	Tamamı çözünür
Görüntüsü ve kokusu	Gri toz, kokusuz
<b>Yanma ve Patlama Bilgileri</b>	
Parlama noktası	Yok
Yanma durumu	Yok

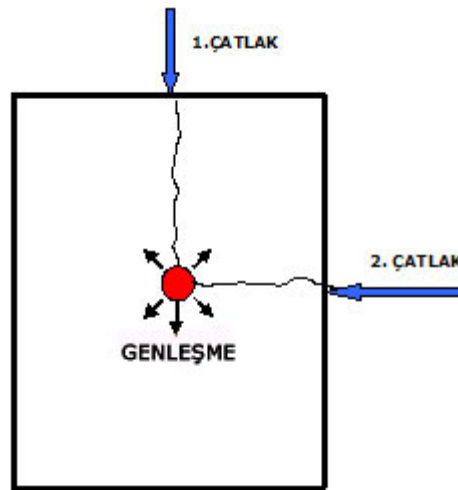
Olağandışı durumlarda yanma ve parlama	Ürün yüksek sıcaklık altında suyla karıştırıldığında genişir. Yanma ve parlama meydana gelmez
<b>Kişisel korunma bilgileri</b>	
Deri ve göze temas	Tahriş edicidir. Gözle teması halinde bol su ile yıkanmalıdır. Çimento veya kirece temas halinde ortaya çıkan bütün belirtiler bu üründe de görülebilir.
<b>Temizlik</b>	
Taşıma ve depolama	Kuru ortamlarda depolanmalıdır. Kullanma esnasında maske, gözlük eldiven kullanılmalıdır. Açılan paketler tekrar kullanım için nem ve havadan uzak tutulmalıdır.
Diğer önlemler	Yere dökülen malzeme bol su ile yıkanmalıdır. Suyla karıştırılan ürün, deliklere uygulandıktan sonra deliklerin ağzını demir, tas, tahta vb. sert ve kapatıcı özelliği bulunan herhangi bir malzeme ile kapatılmamalıdır.

Kırakit ile çatlatma işleminde öncelikle yapılması gereken işlem deliklerin delinmesidir. Delik çapı minimum 36 mm olmalıdır. Tavsiye edilen delik çapı 38–50 mm arasındır. Büyük çapta delikler açmak delikler arası mesafeyi artıracak olsa da kullanılacak malzeme miktarı delik hacmiyle orantılı olarak artacağından kullanılacak malzeme miktarı açısından ekonomiklik azalacaktır. Delikler arası mesafe kayacın sertliğine ve çatlak yapısına bağlı olarak delik çapının 8–15 katı arası değişir. Delik derinliği tabanı belli kayaç için % 70–90 oranında, tabanı belli olmayan kayaçta % 100 oranında değişir. Kırakit lağım boyunca yanal itme kuvveti oluşturduğu için delik derinliğinde sınırlama yoktur.



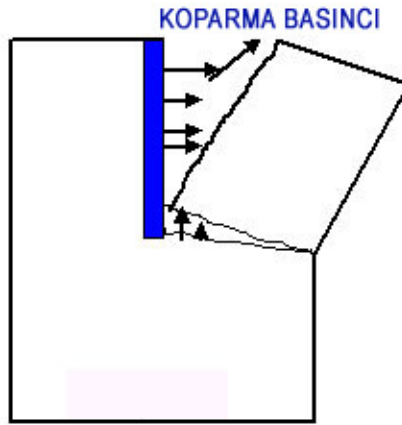
Kırakitın hazırlanması ve deliklere şarjı çatlatma işleminin ikinci aşamasını oluşturur. Düz tabanlı, sıcak havada bekletilmemiş bir kova içine 1,5 litre su ( 15–20 derece sıcaklıkta) dökülür. 5 kg' lık torba kırakit yavaşça serpilerek karıştırma işlemi gerçekleştirilir. Çok sıcak havalarda su oranı % 5–10 arttırılabilir. Karıştırma işlemi en fazla 5 dakika sürmeli ve hemen deliklere dökülmelidir. Delik, üst yüzeyinden 2 cm boş kalacak şekilde doldurulur. Doldurma işlemi, içeride hava boşluğu kalmayacak şekilde yavaşça ve delik kenarından yapılır. Hava kabarcığı oluşmaması için ince demir çubukla karıştırılabilir. Kayaç sertliğine, çatlak yapısına bağlı olarak dolu-boş lağım uygulaması yapılabilir. Kırıklı-çatlaklı bölgelerde naylon kartuşlar kullanılabilir. Sıcak havalarda delik üzeri nemli bezle kapatılabilir. Deliklere taş, tahta, demir vb. malzemeyle sıkılama kesinlikle yapılmamalıdır.

Malzemenin reaksiyona girmesi ve tamamlanması havanın ve suyun sıcaklığına, kayacın sertliğine ve lağım içi nemine bağlıdır. Reaksiyonun tamamlanması kayacın sertliği, hava sıcaklığı, kaya nemi etkenlerine bağlı olarak 2–24 saat arasında gerçekleşir. Kayaç içerisine açılan deliklere çatlatıcı döküldükten sonra genleşme basıncı zamanla doğru orantılı olarak artar. Birinci ana çatlaklar oluşur. Çatlaklar devam ederek çatlama genişliği artar (Şekil 1.41).

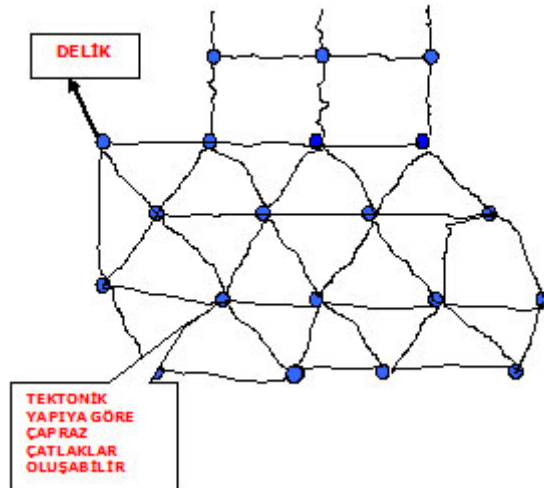


Şekil 1.41 Çatlatıcının genleşme basıncı nedeniyle oluşan çatlak mekanizması (<http://www.kirakit.com.tr>)

Çatlaticının etkisi birinci çatlaklardan sonra da devam ederek yeni çatlakların oluşmasına neden olur. Kenar dirençlerinin olmaması halinde bir delikten 2–4 çatlak oluşur ve çatlaticının etkisi devam eder. Birinci çatlak serbest yüzeye ulaştığında ana parçayı iten basınç deliğin dibinde ikinci çatlakların oluşmasına neden olur (Şekil 1.42) ve böylece ikinci çatlaklar alt taraftaki serbest yüzeye ulaşmış olur. Bu mekanizma tüm delikler arasında devam eder (Şekil 1.43).



Şekil 1.42 Birincil ve ikincil çatlakların etkisi ile oluşan koparma basıncı (<http://www.kirakit.com.tr>)



Şekil 1.43 Delikler arasında oluşan çatlak mekanizması (<http://www.kirakit.com.tr>)

*1.7.2.2.4 Delme-Patlatma Planı.* Üretimi yapılacak olan kalsedon, pekleşmiş yapıdaki fay breşi içerisinde yumrular halinde bulunduğundan kazıcı araçlarla direkt olarak kazılması mümkün değildir ve bu yüzden kayacın delme-çatlatma işlemiyle gevşetilip kalsedon yumrularının içersinden alınması gerekir. Çatlatma işlemi sonucunda homojen ve daha küçük boyutlu parça dağılımı elde etmek için küçük delik çapı ve delikler arasındaki mesafenin fazla tutulmaması daha iyi sonuç verecektir. Buna göre, çatlatma işlemi için uygulanacak delme planı aşağıda belirtildiği gibi olacaktır:

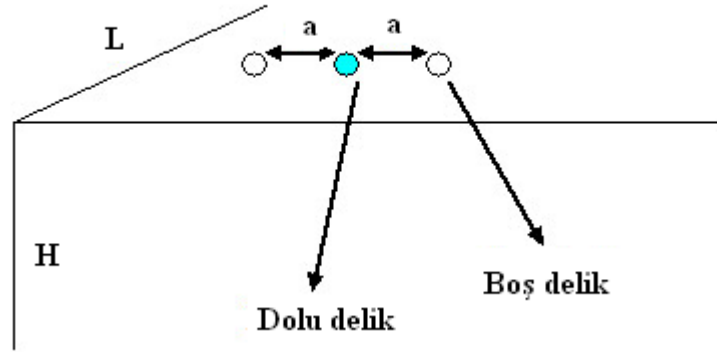
a) Basamak yüksekliği (H): Kalsedonun selektif olarak seçilmesine izin verebilmesi ve işletme tamamlandıktan sonra çevre düzenleme ve bitkilendirme işlerinin kolaylıkla sağlanabilmesi ve bozulmamış bir topografya görüntüsü için basamak yüksekliği 4 m olarak seçilmiştir. Basamak yüksekliği aynı zamanda delik boyunu belirtmektedir.

b) Delik çapı (d): Çatlatma sonucu elde edilmek istenen tane boyutu ve kırakitın verimli olarak kullanılabilirdiği delik çapları (36–50 mm) gibi faktörler göz önüne alınarak delik çapı 36 mm seçilmiştir.

c) Dilim kalınlığı (L): Kırakit kullanımının en verimli olduğu dilim kalınlıkları göz önünde bulunarak 1,5 m olarak seçilmiştir. Dilim kalınlığı, gerektiğinde işletme şartlarına göre değiştirilebilir.

d) Delikler arası mesafe (a): Delik çapının 8–15 katı (29–54 cm) aralığında kırakitın verimli olarak kullanıldığı göz önüne alınarak delikler arası mesafe 30 cm seçilmiştir. Delikler arası mesafe, gerektiğinde işletme şartlarına göre değiştirilebilir.

e) Kırakit kullanım maliyeti: Şekil 1.44' de gösterilen sistemde bir delme-çatlatma uygulamasında; formasyon çatlaksız kabul edilerek; farklı delik çapı, delikler arası mesafe ve dilim kalınlıkları için kırakit kullanım maliyeti hesaplamaları aşağıdaki gibidir:



Şekil 1.44 Kırakit ile çatlatma yönteminde dolu-boş delik uygulaması

Delik boyu (H) = 400 cm

Delik çapı (d) = 36–50 mm

d = 36 mm için 1,6 kg/m kırakit sarfiyatı

d = 40 mm için 2,1 kg/m kırakit sarfiyatı

d = 44 mm için 2,5 kg/m kırakit sarfiyatı

d = 50 mm için 3,2 kg/m kırakit sarfiyatı

Delikler arası mesafe (a) = (8...15) x d = 29–54 cm

Dilim kalınlığı (L) = 100–200 cm

Kırakitın 1 kg'ının KDV dahil edilmemiş fiyatı = 3 TL

H = 400 cm, d = 36 mm, L = 100 cm seçildiğinde;

$$a = 25 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1 \times 2 \times 0,25)\text{m}^3 \\ = 3,2 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 9,6 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 30 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1 \times 2 \times 0,30)\text{m}^3 \\ = 2,7 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 8,0 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 40 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1 \times 2 \times 0,40)\text{m}^3 \\ = 2,0 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 6,0 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 50 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1 \times 2 \times 0,50)\text{m}^3 \\ = 1,6 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 4,8 \text{ TL/m}^3$$

H = 400 cm, d = 36 mm, L = 150 cm seçildiğinde;

$$a = 25 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1,5 \times 2 \times 0,25)\text{m}^3 \\ = 2,3 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 6,4 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 30 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1,5 \times 2 \times 0,30)\text{m}^3 \\ = 1,8 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 5,3 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 40 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1,5 \times 2 \times 0,40)\text{m}^3 \\ = 1,3 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 4,0 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 50 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 1,5 \times 2 \times 0,50)\text{m}^3 \\ = 1,06 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 3,2 \text{ TL/m}^3$$

H = 400 cm, d = 36 mm, L = 200 cm seçildiğinde;

$$a = 25 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 2 \times 2 \times 0,25)\text{m}^3 \\ = 1,6 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 4,8 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 30 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 2 \times 2 \times 0,30)\text{m}^3 \\ = 1,3 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 4,0 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 40 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 2 \times 2 \times 0,40)\text{m}^3 \\ = 1,0 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 3,0 \text{ TL/m}^3$$

$$a = 50 \text{ cm için kırakit maliyeti} = (4\text{m} \times 1,6 \text{ kg/m}) / (4 \times 2 \times 2 \times 0,50)\text{m}^3 \\ = 0,8 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ TL} = 2,4 \text{ TL/m}^3$$

40 mm, 44 mm ve 50 mm delik çapları için de aynı hesaplamalar yapılarak farklı delik çapı, delikler arası mesafe ve dilim kalınlıkları için kırakit kullanım maliyeti değerleri Tablo 1.10' da verilmiştir.



Tablo 1.10 Kırakit kullanım maliyetleri.

<b>d = 36 mm</b>									
	L = 100 cm			L = 150 cm			L = 200 cm		
2a (cm)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)
50	3,2	9,6	4,0	2,3	6,4	2,7	1,6	4,8	2,0
60	2,7	8,0	3,4	1,8	5,3	2,2	1,3	4,0	1,7
80	2,0	6,0	2,5	1,3	4,0	1,7	1,0	3,0	1,3
100	1,6	4,8	2,0	1,06	3,2	1,3	0,8	2,4	1,0
<b>d = 40 mm</b>									
	L = 100 cm			L = 150 cm			L = 200 cm		
2a (cm)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)
50	4,2	12,6	5,3	2,8	8,4	3,5	2,1	6,3	2,65
60	3,5	10,5	4,4	2,3	6,9	2,9	1,75	5,25	2,2
80	2,63	7,9	3,3	1,75	5,25	2,2	1,3	3,9	1,6
100	2,1	6,3	2,6	1,4	4,2	1,8	1,05	3,15	1,3

Tablo 1.10 Kırakit kullanım maliyetleri (devam).

<b>d = 44 mm</b>									
	L = 100 cm			L = 150 cm			L = 200 cm		
2a (cm)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)
50	5	15	6,3	3,3	9,9	4,2	2,5	7,5	3,1
60	4,7	14,1	5,9	2,7	8,1	3,4	2,1	6,3	2,6
80	3,1	9,3	3,9	2,1	6,3	2,6	1,6	4,8	2,0
100	2,5	7,5	3,15	1,7	5,1	2,1	1,25	3,75	1,6
<b>d = 50 mm</b>									
	L = 100 cm			L = 150 cm			L = 200 cm		
2a (cm)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)	Miktar (kg)	Fiyat (TL/m <sup>3</sup> )	Fiyat (TL/ton)
50	6,4	19,2	8,05	4,3	12,9	5,4	3,2	9,6	4,0
60	5,3	15,9	6,7	3,6	10,8	4,5	2,7	7,1	3,0
80	4	12,0	5,0	2,7	7,1	3,0	2,0	6,0	2,5
100	3,2	9,6	4,0	2,1	6,3	2,6	1,6	4,8	2,0

#### 1.7.2.2.5 Kullanılacak Üretim Yöntemi, Üretim Miktarları ve İmalat Haritası.

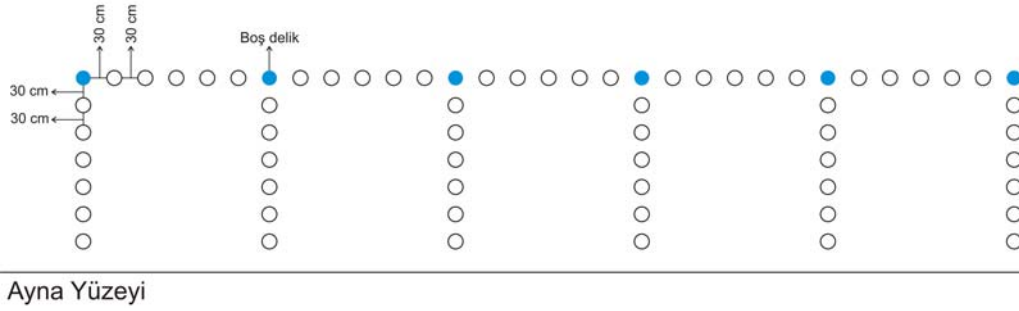
Tenörün zenginleştiği ve arazi faktörlerinin madencilik çalışmalarına elverişli olduğu alanlar dört bölgeye ayrılarak (Hatipoğlu, 1984) tenör ve rezerv hesaplamaları yapılmış ve jeolojik haritaya işlenmiştir. Bu çalışmada kalsedon sahasında uygulanması öngörülen madencilik yöntemine örnek teşkil etmesi amacıyla sadece birinci bölge ele alınmıştır. Üretim yapılması planlanan bölgede işletmenin detay planlarının çıkarılması amacıyla 1/1000 ölçekli harita üzerinde yapılan işletme planının çizimi, kesitler ve hesaplamalar sonucunda sahadan toplam 6.150.000 ton üretim yapılması ve kalsedonun bu bölgedeki tenörü göz önüne alınarak yapılan bu üretimden yaklaşık 130.000 ton kalsedon elde edilmesi planlanmıştır.

Buna göre proje konusu kalsedon ocağında açık ocak işletmeciliği yapılacaktır. Üretim esnasında çatlatma işlemi için kullanılacak olan madde ihtiyaç dahilinde getirilecek olup hali hazırda karışım oluşturularak deliklere şarj edilecektir.

Ocakta üretim delme-çatlatma, lastik tekerlekli yükleyici ile kamyonlara yükleme ve taşıma yöntemi ile yapılacaktır. Ocakta mevsim koşullarına bağlı olarak iki vardiya halinde günde 20 saat, ayda 26 gün olmak üzere yılda 10 ay çalışılması planlanmaktadır. Delme ve çatlatma yapılarak gerçekleştirecek üretimde öncelikli olarak martoperferatör ile delme işlemi yapılacaktır. Daha sonra kırakit deliklere şarj edilecektir.

Çatlatma işlemi ile ana kütlede ayrılmaması sağlanan kayaç martopikör, balyoz, keski ve çekiç yardımı ile daha küçük parçalara ayrılarak içerisindeki kalsedon selektif olarak alınacaktır. Geriye kalan yantaş ekskavatör yardımıyla kamyonla yüklenerek döküm sahasına götürülecektir.

Çatlatma işleminde delikler arası mesafe 30 cm delik boyları 4m delik çapları 36mm alınmıştır. Delikler U kademe oluşturacak şekilde toplam 66 adet delik delinmiştir. Bir çatlatma işleminde kullanılacak delik düzeneği Şekil 1.45'da verilmiştir.



Şekil 1.45 Bir çatlatma işleminde kullanılacak delik düzeneği.

Buna göre;

$$\begin{aligned}
 \text{Bir çatlatmada alınacak malzeme} &= \text{genişlik} \times \text{delikler arası mesafe} \times \text{basamak} \\
 &\hspace{15em} \text{yüksekliği} \\
 &= (0,3 \times 7) \text{ m} \times (0,3 \times 30) \text{ m} \times 4\text{m} \\
 &= 75,6\text{m}^3 \approx 76\text{m}^3
 \end{aligned}$$

Projenin bulunduğu bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak günde 20 saat, iki vardiya halinde, ayda 26 gün olmak kaydıyla, yılda 10 ay çalışılması ve ayda 20 kez çatlatma yapılması planlanmaktadır. Buna göre ocağın günlük, aylık, yıllık üretim miktarları aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\text{Bir çatlatmada alınacak malzeme miktarı} = 76\text{m}^3$$

$$\begin{aligned}
 \text{Aylık üretim} &= 20 \text{ çatlatma/ay} \times 76 \text{ m}^3/\text{çatlatma} = 1.520 \text{ m}^3/\text{ay} \\
 &= 1.520 \text{ m}^3/\text{ay} \times 2,385 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 3.625,2 \text{ ton/ay}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Yıllık üretim} &= 1.520 \text{ m}^3/\text{ay} \times 10 \text{ ay/yıl} = 15.200 \text{ m}^3/\text{yıl} \\
 &= 15.200 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 2,385 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 36.252 \text{ ton/yıl}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Günlük üretim} &= 1.520\text{m}^3/\text{ay} / 26\text{gün/ay} = 58,46 \text{ m}^3/\text{gün} \\
 &= 58,46 \text{ m}^3/\text{gün} \times 2,385 \text{ ton/m}^3 \\
 &= 139,43 \text{ ton/gün} \approx 140 \text{ ton/gün}
 \end{aligned}$$

Ana kayaç içerisindeki kalsedonun ortalama tenörünün  $50 \text{ kg/m}^3$  olduğu göz önüne alınırsa  $15.200 \text{ m}^3$  lük yıllık üretimden yaklaşık 760 ton kalsedon elde edilmesi planlanmaktadır.

İşletme alanında üretim sırasında ocak sahasının güney tarafında 370 ile 450 kotu arasında  $63^\circ$  basamak şev açısı, 4 m basamak yüksekliği ve 10 m basamak genişliğine sahip 20 basamak oluşturulmuştur. Bu dizayn üretim sırasında uygulanacak olup ocağın nihai halinde basamaklar birleştirilerek  $63^\circ$  basamak şev açısı ve  $30^\circ$  genel şev açısına, 10 m basamak genişliğine, 8 m yüksekliğe sahip 10 basamak haline getirilmesi planlanmıştır. İşletme alanının doğu tarafında ise 370 ile 426 kotu arasında, yine  $63^\circ$  basamak şev açısı, 4 m basamak yüksekliği ve 10 m basamak genişliğine sahip 14 basamak oluşturulmuş ancak, ocağın nihai halinde basamaklar birleştirilerek  $63^\circ$  basamak şev açısı ve  $29^\circ$  genel şev açısına sahip, 10 m genişliğinde ve 8 m yüksekliğinde 7 basamak haline getirilmesi planlanmıştır. Faaliyete ait açık ocak planının nihai hali EK1-A, kesitleri EK1-B ve kesitlere bağlı olarak yapılan işletilebilir rezerv hesapları EK1-C de verilmiştir.



## **BÖLÜM İKİ**

### **GÜĞÜ KÖYÜ(BALIKESİR) AMETİST MADENCİLİĞİNDE EN UYGUN ÜRETİM TEKNİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

#### **2.1 Giriş**

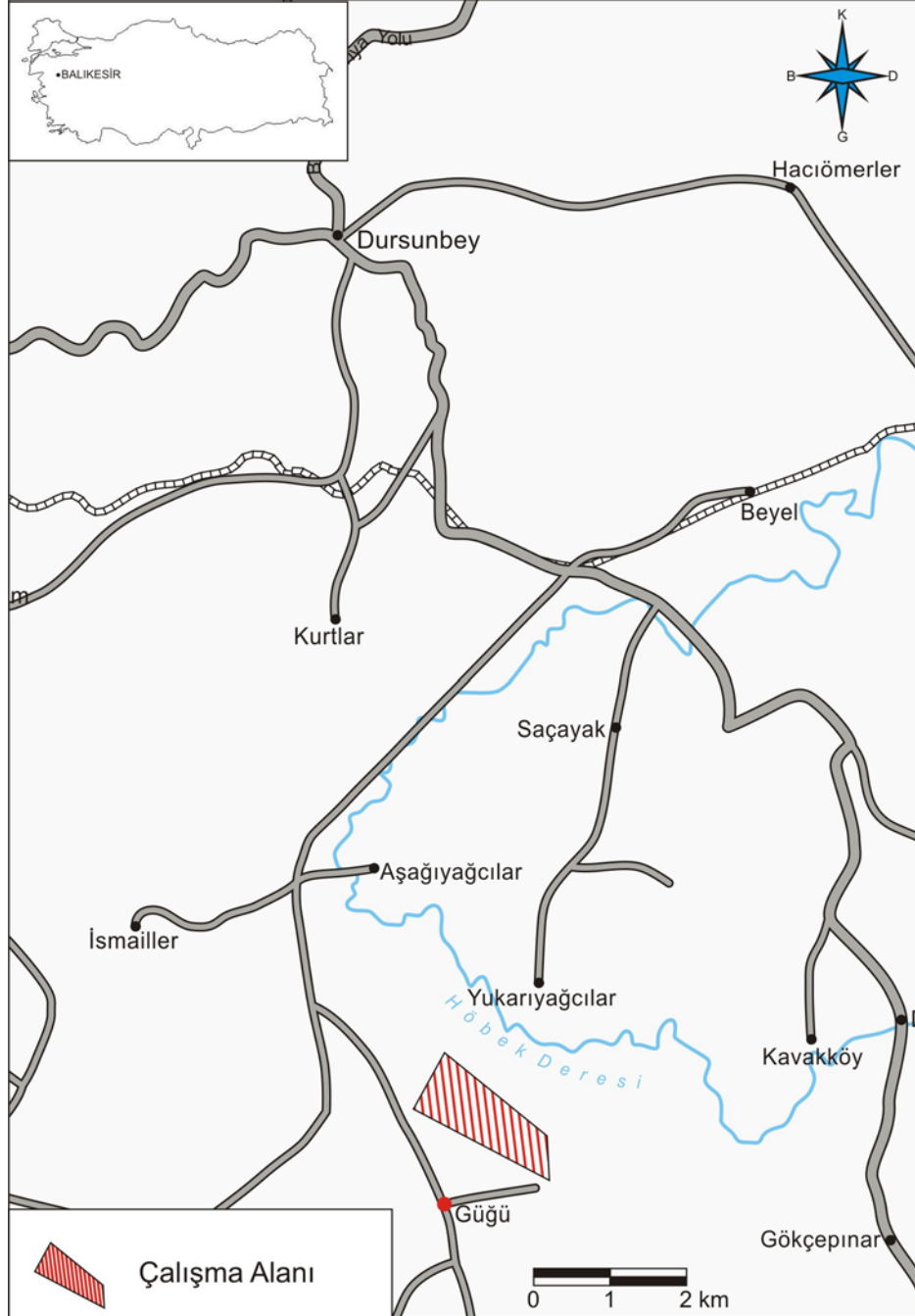
##### **2.1.1 Çalışma Alanı ve Coğrafik Konumu**

Çalışma alanı, 1/25000 ölçekli J21-a2 Kütahya paftasında, Balıkesir iline bağlı Dursunbey İlçesi'nin yaklaşık 20 km güneyinde bulunan Güğü Köyü'nün kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 2.1). Güğü Köyü'ne Dursunbey'in İstasyon Mahallesi'nden orman ürünleri işletmesinin yanındaki tali yoldan geçilerek ulaşmak mümkündür. İç kısımlara ise patikalar ve orman yollarıyla ulaşım sağlanır.

Güğü platosu olarak adlandırılan bu bölge, Alaçam Dağları'nın 1200 ve 1100 m'ler arasından aşağı inildiğinde ortalama yükseklikleri yaklaşık 850-950 m olan Güğü-Çelikler-Gökçepınar köyleri ile çevrelenen bir alandır. Bölgedeki en yüksek tepe, 913 m yüksekliğindeki Asarlık Tepesi'dir. Platoda yer şekillerinin eğimi güneyden kuzeye ve doğudan batıya doğru süreklilik gösterir. Ametist içeren bu bölge doğudan Harman Tepe ile Emeksiz Köyü arasında kalan su bölümü sahası, batıdan Göbül Köyü su bölümü hattı, kuzeyden Kurtlar Platosu ve güneyden Alaçam Dağları ve Çanakçı Platosu ile sınırlandırılmıştır. Ortalama yükseklik 1000 m dolaylarındadır (Soykan, 2003).

Güğü Köyü, Marmara Bölgesi'nde, Ege Bölgesi sınırına yakın bir konumda bulunduğundan Akdeniz iklimi ve karasal iklimin kesiştiği bir noktada yer alır. Bu nedenden dolayı her iki iklimin de özellikleri görülür. Yazları sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve kar yağışlıdır. Kışın en düşük sıcaklığı -10°C dolaylarındadır.

Doğal bitki örtüsü, ağırlıklı olarak karaçam ormanlarıdır. Bunun yanı sıra seyrek olarak gürgen, meşe, çınar ağaçlarına ve maki karakteri taşıyan bitkilere de rastlanır.



Şekil 2.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası

### **2.1.2 Amaç**

Çalışma alanı, Balıkesir ili Dursunbey ilçesi Güğü köyü mevkiinde 18.01.2007 tarihli ve AR.56756 no ile işletme ruhsatı verilen 151 hektarlık ruhsat sahası içinde işletilmekte olan ametist ocağıdır.

Çalışmada, ametist işletilmesi planlanan bölgede en yüksek verimle ametist üretiminin sağlanması, yantaş ve düşük kaliteli taşların değerlendirilmesi ve işletme sonrasında çevreye olabilecek etkilerin en aza indirilebilmesi için alınması gereken önlemler ve projenin bölge sosyo-ekonomisine olabilecek etkileri incelenmiştir.

Alaşam Madencilik San. Tic. Ltd. Şirketi tarafından halen işletilmekte olan ametist ocağında halihazırda uygulanan üretim yönteminin çok düşük verimde olması, kırıklı ve çatlaklı yapıdaki ana kayaç içersindeki ametist içeren çatlak ve damarların tam ve doğru olarak saptanmasındaki güçlükler ve düşük kaliteli ya da hasarlı ürünlerin faydalı bir şekilde değerlendirilememesi bu çalışmanın araştırma konularını oluşturmuştur.

Çalışmanın amacı, kuyumculuk sektöründe özellikle mücevher taşı, dizgi ya da süs objesi yapımında kullanılan ametistin yüksek verimle ve zarar görmeden üretilmesini sağlamaktır. Böylece doğal kaynaklarımızın amacına uygun bir şekilde değerlendirilmesi sağlanacak, dolayısıyla hem bölge hem de ülke ekonomisine katkıda bulunmuş olacaktır.

### **2.1.3 Çalışmada Yararlanılan Gereç ve Yöntemler**

Bu çalışmada kullanılan yöntemler şunlardır:

İlk aşamada, çalışma alanı ve çevresiyle ilgili daha önce yapılmış çalışmalara ait yayınlar araştırılıp incelenmiştir.

Arazi çalışmalarında, faaliyette olan ocak sahası gezilmiş, sahadaki yayılımı, cevherleşme ve yan kayaç ilişkisi ortaya konulmaya çalışılmış, yapılacak deneyler için gerekli numuneler toplanmıştır. Saha çalışmalarında GPS cihazı, fotoğraf makinesi ve çekiç kullanılmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında, araziden alınan kayaç örnekleri arasından en uygun özellikte olanları seçilip bunlardan ortalama 40 mm çap ve 82 mm uzunlukta 5 adet ve 40 mm çap ve 20 mm uzunlukta 21 adet karot alınmış, bu karot numuneler üzerinde, tek eksenli sıkışma dayanımı ve Brazilian çekme dayanımı deneyleri yapılmış ve ince kesitler hazırlanarak polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Numunelerin düzensiz şekilli olanları nokta yükü dayanım indeksi deneyi ve porozite tayininde kullanılmış; ayrılan diğer bir kısmı ise çeneli kırıcı ve halkalı öğütücüde ufalanarak yoğunluk tayini deneyleri yapılmıştır. Yapılan laboratuvar çalışmalarında karot kesme ve düzeltme makinesi, nokta yükleme deney aleti, hidrolik pres ve yükleme başlıkları, çeneli kırıcı, halkalı öğütücü, piknometre ve polarizan mikroskop kullanılmıştır.

En son aşamada, deneyler sonucunda elde edilen veriler değerlendirilerek gerekli hesaplamalar yapılmış; bu hesaplamalar doğrultusunda, uygulanması planlanan üretim yönteminin şekli 1/1000 ölçekli topoğrafik harita üzerine işlenmiş ve sonuç olarak da yapılan tüm çalışmalar rapor halinde yazılmıştır.

#### **2.1.4 Önceki Çalışmalar**

Cohen ve Hassan (1974),  $Fe^{+2}$  ve  $Fe^{+3}$  iyonlarının her ikisinin de, depolandıkları sentetik  $\alpha$ -kuvarslarda ve doğal ametistte, çeşitli optik absorpsiyon bantlarının oluşması ve kaldırılmasındaki rollerini incelemişlerdir.  $Fe^{+3}$  iyonu içeren sentetik  $\alpha$ -kuvarsın pozitif rhombohedral büyüme alanlarında, iyonize radyasyon ile ametistin renginin oluşumuna olan katkısını kanıtlamışlardır.

Lehmann (1975), sentetik kuvars ve ametistte demirin renk merkezleri üzerine bir tartışma açarak  $Fe^{+2}$  nin, ametistin renk merkezinin başlangıcı olduğunu ve ayrıca

$Fe^{+3}$  ün de katkıda bulunduğunu öne sürmüştür. Ayrıca tek başına ara iyonların değil, yedek  $Fe^{+3}$  ün de etken olduğunu belirten Lehmann, ışık ya da ısı ile  $Fe^{+3}$  lerden birinin verici, diğerinin de transfer edilen elektron alıcısı olarak davrandığından söz etmektedir.

Dağ (1978), Güğü Köyü civarında yer alan ametist damarları üzerinde ilk çalışmaları yapan araştırmacıdır. Ametistlerin dasidik tüfler içinde, damarlar şeklinde bulunduğunu, ayrıca yer yer saydam, iri beyaz kuvarsların da gözlendiğini ve kuvarsların içinde bulunduğu damarların 9 cm'ye varan kalınlıklar sunduğunu, ametist kristallerinin boyunun 0,7 cm'yi geçmediğini belirtmiştir. Kuvars damarlarının oluşumlarını, volkanizma sırasında en son evrede silisli çözeltilerin tüflerin arasındaki çatlaklara sokulması şeklinde açıklamıştır.

Akdeniz ve Konak (1979), Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi isimli çalışmalarında genel stratigrafik istifini oluşturan kayaların ayrıntılı petrografik incelemelerini sunmuşlardır. İnceledikleri alandaki granitik kayaların genel olarak granodiyorit, mikrogranit, pegmatit ve aplit gibi farklı türevlerden oluştuğunu ve bölgedeki volkanizmanın Ort-Üst Miyosen yaşlı Civandağ tüfleri ve Akdağ Volkanitleri ile temsil edildiğini belirtmişler; volkanitlerin alt ve üst sınır ilişkilerini irdeleyerek minerolojik incelemeler yapmışlardır.

Şener ve Gevrek (1986), Simav- Emet-Tavşanlı yörelerinde, genellikle kaplıca alanlarının olduğu bölgelerde izlenen hidrotermal alterasyon zonlarını X-ışını kırınımı ve jeokimyasal analiz teknikleri ile incelemişlerdir. Sonuç olarak, kil ve silisifiye zonlar saptamışlar ve bu yörelerde 100-230°C arasında rezervuar sıcaklığına sahip bir jeotermal akışın varlığına dikkat çekmişlerdir.

Birsoy (1987), ametistlerde gözlenen 5500-5900 Å absorpsiyon bandının renk merkezi konsantrasyonunun Fe, Mn ve Sb konsantrasyonları ile ilişkili olup ayrıca renk merkezi oluşumunda doğal radyasyonun da katkısı olduğunu, bu kimyasal maddelerden herhangi birinin ametistin mor renginin şiddetine belirli ölçüde katkıda bulunduğunu belirtmiştir.

Balitsky ve diğ. (2001), sentetik renkli kuvars üretimi ve üretilen sentetik kuvarların karakteristiklerini inceledikleri çalışmalarında ametistin renginin  $\text{Si}^{+4}$  ile  $\text{Fe}^{+3}$  ün yer değiştirdiği kafes yapısı içerisindeki ışınım merkezlerinin oluşumuyla ortaya çıktığına de dikkat çekmişlerdir.

İçözü (2001), Güğü köyü (Balıkesir) ametistlerinin dasitik ve riyodasidik Neojen yaşlı volkanikler içerisinde bakışumlu ve bakışumsuz damar dolgusu, geod ya da küresel ve/veya yarı küresel biçimde bulunduğunu, hidrotermal sürecin hipotermal ve mezotermal evresinde oluştuklarını belirterek ametistlerin oluşum mekanizmasını açıklamıştır. Ayrıca içeriklerinde Al, Ca, K ve Cl elementlerinin bulunduğunu, doğal ışığa ile renk zonlanması gösterdiklerini, Güğü köyü ametistlerinin mor rengine  $\text{Fe}^{+}$  değil,  $\text{Sb}^{+5}$  elementinin sebep olduğunu, kızıl ötesi spektrumunda  $455$  ve  $780 \text{ cm}^{-1}$  de karakteristik piklerin bulunduğunu söyleyerek Güğü ametistlerinin gemolojik özelliklerini ortaya koymuştur.

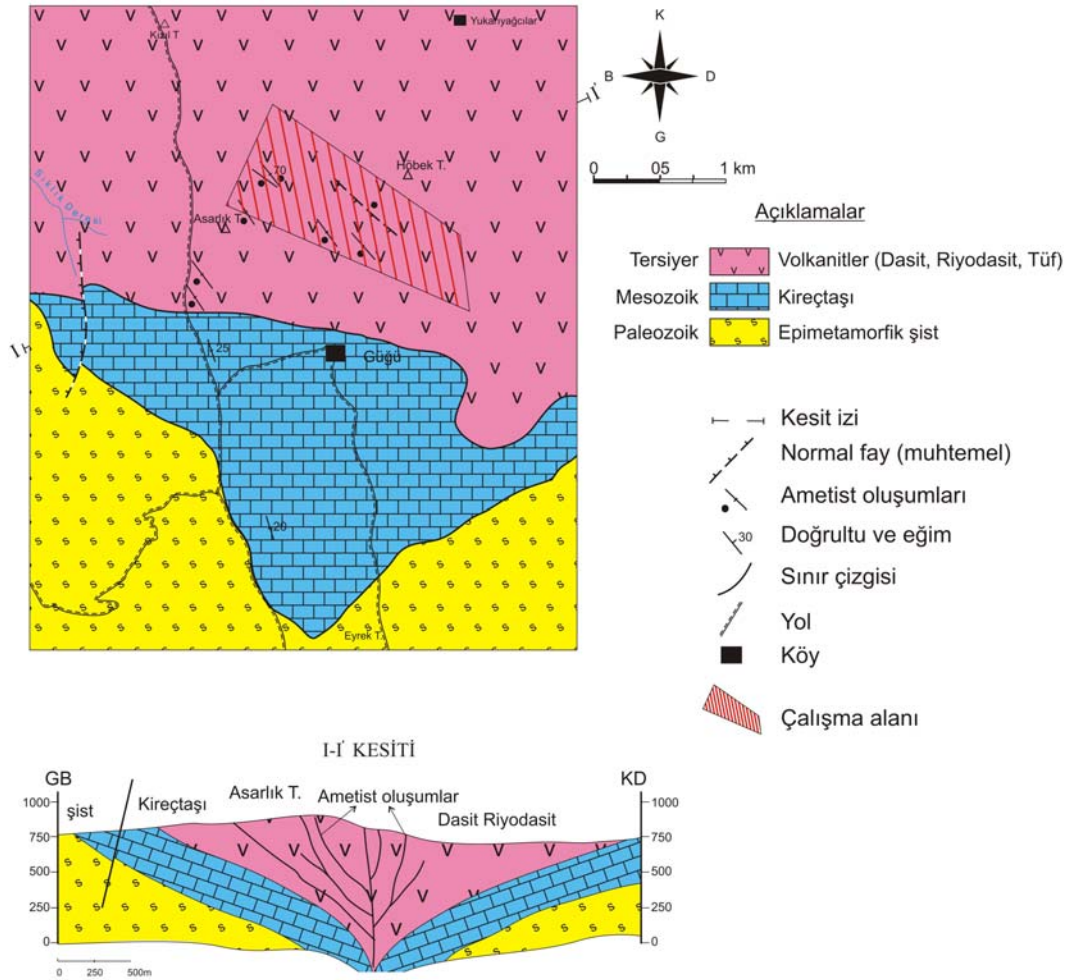
Hatipoğlu (2003), “Güğü Köyü Ametist Kristallerinin Değerlendirilmesi ve Yöresel Ekonomiye Katkısı” isimli bildirisinde, ametist kristallerinin içinde bulunduğu jeolojik ortam, ametistin minerolojik özellikleri, ametist kristallerinin ocaktan çıkarılıp işlenmesi ve pazara sunulmasına kadar olan aşamalar ve ametistin yöre ve ülke ekonomisine getirileri gibi konulara değinmiştir.

Gürbüz (2007), Balıkesir- Dursunbey- Güğü köyü civarında izlenen kalsedonlar ve kuvars kristallerini de içeren ametist damarlarının ve bölgede yüzeyleyen kayaçların minerolojik, petrografik ve jeokimyasal incelemelerini yaparak ametist oluşan damarların  $35-75^\circ$  B doğrultulu, dike yakın açılarla GB ya doğru eğimli olduklarını, potasyumca zengin riyolit ve riyodasitler içinde bulduklarını, ametistli damarlarda boşluk dolgularından çoğunlukla tarak dokuları ile bantlı dokuların gözlemlendiğini, buna karşın daha az olarak ornatım dokularına rastlanması sebebiyle bu damarların oluşum derinliğinin epitermal sistemlerin ortalama  $500 \text{ m}$  derinliği temsil eden değerli metal zonu civarında ve biraz üzerinde olduğuna işaret etmektedir.



## 2.2 Çalışma Alanı Jeolojisi

Çalışma alanında aşağıdan yukarıya doğru üç formasyon gözlenmiştir. Bunlar, epimetamorfik şistler, kireçtaşları ve volkanitlerdir (Dağ, F., 1978; Dora, O. Ö., 1970) (Şekil 2.2). Paleozoik yaşlı epimetamorfik şistler, çalışma alanının güneyinde yer alır. Yeşil şist fasiyesine ait olan metamorfikler, fillit, grovak ve arkoz içerir. Belirgin bir yapraklanma göstermeyen şistler içerisinde yer yer mermer bloklar gözlenir. Güğü Köyü' nün içerisinde ve güneyinde yüzlek veren hafif kristalize kireç taşları metamorfikleri üzerler. İnce taneli ve beyazımsı renkli kireçtaşlarının yaşı daha önceki çalışmalara göre kretase olarak verilmiştir (Dora, 1970). Ametist oluşumlarının içerisinde yer aldığı Neojen yaşlı volkanik kayalar, dasit, riyodasit ve tüflerden oluşur (İçöz, 2001).



Şekil 2.2 Güğü çevresinin jeolojik haritası ve ametist yüzlekleri (İçöz, 2001'den alınmıştır).

Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Simav-Emet-Tavşanlı-Dursunbey-Demirci yörelerini içine alan bölgede yapılan daha ayrıntılı bir çalışmada bu temel birimler daha ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu birimler Gürbüz (2007) den alınan stratigrafik kolon kesit üzerinde Şekil 2.3 de gösterilmektedir. Buna göre, bölgenin stratigrafik istifi şöyle verilebilir:

Temeli oluşturan Alt-Orta Paleozoik (?) yaşlı mrtamorfikler (Simav Metamorfikleri) kuvarsit, biyotit-muskovit şist, muskovit-kuvars şist, biyotitli muskovit-klorit şist, granatlı şist, kuvars-albit-muskovit şist, kloritli kalk şist, amfibolit, aktinolit şist ve biyotitli gnays gibi kayalardan meydana gelmiştir (Akdeniz ve Konak, 1979). Bu metamorfiklerin üzerine karbonat oranının giderek artması ile Alt-Orta Paleozoik yaşlı (?), Balıkbaşı Formasyonu olarak adlandırılan koyu renkli, beyaz laminalı, şeker dokulu ve bitümlü mermerlere uyumlu olarak geçilmektedir. Bu formasyonun üzerinde ise Üst Paleozoik-Alt Trias yaşlı, kuvarsit, kuvars-albit-muskovit-klorit şist, muskovit-klorit-kalsit-kuvars şist, metakonglomera ve fillitler ile bazik tuf ve lav akıntıları ve en üst düzeylerinde kristalize kireçtaşlarından oluşan birimlerden meydana gelen sarıcasu formasyonu yer alır (Akdeniz ve Konak, 1979).

Bunun üzerine konglomera, silttaşı, grovaklı kumlu kireçtaşı, kiltası, killi kireçtaşı ve algli kireçtaşından oluşan birimler ile temsil edilen, Trias-Üst Jura yaşlı Kırkbudak Formasyonu, diskordansla oturmaktadır. Bu formasyonun üzerine ise yanal geçişler göstererek uyumlu bir dokanak ile, silttaşı-şeyl-kireçtaşı ardalanması ve dolomitleşmiş kireçtaşı özellikleri sunan, Üst Triyas-Üst Kretase yaşlı Budağan Kireçtaşları gelmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979). Bunların üzerine Üst Kretase-Eosen başı yaşlı, kumtaşı, grovak, şeyl, çamurtaşı, tüfit, radyolarit, radyolaryalı kireçtaşı, bazik ve ultrabazik kayalardan oluşan Dağardı Melanjı, tektonik dokanakla yerleşmiştir. Paleojen (?) yaşlı olduğu düşünülen Eğrigöz graniti, granodiyorit, mikrogranit, pegmatit ve apilit gibi granitin türevlerini içerir (Akdeniz ve Konak, 1979).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	KALINLIK	L i T O L O J İ	
					STRATİGRAFİK	LİTOLOJİK
SENEZOYİK	KÜ		ALUVYON	20		Aluvyon: Boz renkli tutturulmamış kil, mil, kum ve çakıl Kaba Detritikler: alacalı tutturulmamış ince kum ve marn
			TOKLAR GÖLÜ F.	80		Riyolit- Riyodasit-Dasit –Andezit
	T	MİYÖSEN	AKDAĞ VOLKANİKLERİ	850		Tüf-Aglomera : Beyaz, krem, bej, yeşilimsi renklerde, riyolit, riyodasit,dasit,andezit tüfleri çoğunlukla katmanlı ve kumtaşı marn mercekli
			CİVANADAĞ TÜFLERİ			
	PAL		KIZILBÜK FOR.	50		Kil -Marn- Killi Kireçtaşı – Kumtaşı ardalanması
		EGRİGÖZ GRANİTİ		Granit- Granodiyorit- Mikrogranit- Granitporfit- Aplit		
MESOZOYİK	KRETAŞE	ÜST	DAĞARDI MELANJİ	400	Kumtaşı- Grovak-Şeyl-Çamurtaşı-Tüfit-Radyolarit-Radyolyalı kireçtaşı-Bazik ve Ultrabazik kayalar- Şist ve Mermer blokları – Çok renkli litolojiler, ilksel olmayan dokanaklar düzensiz stratigrafi etkin tektonik.	
			TRI-JUR		BUDAĞAN KİREÇTAŞI	200
			KIRKBUDAK F.	70	Konglomera-Kumtaşı-Silttaşı-Grovak-Kumlu Kireçtaşı	
? P A L E O Z O Y İ K			SARICASU FORMASYONU	1250	Kireçtaşı: Gri mavimsi renklerde, iri kalsit kristalli, çeşitli ölçeklerde mercemsel  Kuvarsit (mor renkli), Kuvars- Albit- Klorit- Serisit şist, Kuvars- Albit-Klorit Şist, Kuvars-Albit- Muskovit-Klorit Şist  Zeytin yeşili, kirli krem, kahverengimsi, boz renklerde düşük dereceli metamorfizma, orta, iyi yapraklanma çift lineasyon 0.2-5 cm arasında albit porfiroblastları, ince bazik katkı	
			BALIKBAŞI F.	60	Mermer: Koyu renkli beyaz laminalı, şeker dokulu, bitümlü	
			SİMA V METAMORFİTLERİ	750	Kuvarsit Biyotit-Muskovit Şist Granatlı Biyotit Şist Amfibolit- Aktinolit Şist Biyotitli Gnays  Kırmızımsı, yeşilimsi kahverengi renklerde mermer ara katkı orta-iyi yapraklanmalı, sık kıvrımlı.	
			Kulat üyesi	?		

Şekil 2.3 Çalışma alanının stratigrafik kolon kesiti (Gürbüz, 2007'den alınmıştır).

Bu granitoyid üzerine ise diskordans ile kıltaşı, marn, killi kırıtaşı ve kumtaşı araldanmalarından oluşan Orta-Üst Miyosen yaşlı Civandağ tüfleri yer almaktadır. Bu tüfler Kızılıbük Formasyonu ile yanal geçişlidir. Onların üzerinde ise riyolit, riyodasit, dasit, andezit ve bazaltlardan oluşan Akdağ Volkanitleri gelmektedir (Akdeniz ve Konak, 1979).

### 2.3 Yapısal Jeoloji

Bölgeyi etkileyen hidrotermal alterasyonu doğuran jeotermal akışkanın doğu-batı uzanımlı ana tektonik hatlara diyagonal gelişen çatlak ve tali faylardan geldiği, tektonik yapının da kuzey-güney ve kuzeybatı-güneydoğu yönlü kuvvetlerin etkisi ile oluştuğu, sahanın güney ve güneydoğu kesimlerinde yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır (şener ve Gevrek, 1986).

Güğu Köyü' nün kuzeyinde, Asarlık tepe civarında, kalsedon-ametist ve kuvars damarlarının riyolit ve riyodasitler içerisinde yüzlek verdiği, genellikle kırmızımsı, bazen gri renkler sunan bu porfirik kayaaların kırmızımsı renginin hematit ve limonitleşmeden kaynaklandığı belirtilmektedir (Gürbüz, 2007).

Ametist bulunan bu kayaaların içinde K 35–75 B doğrultulu ve GB yönünde 66–85° arasında değişen eğimlere sahip kırıklar görülmüş ve kayaaların kırıklandığı, breşleştiği ve açılmış boşluklara ametist, kalsedon ve kuvarsların dolmuş olduğu belirtilmiştir (Gürbüz, 2007). Ayrıca, bölgesel ölçekte birbirini takip eden faylanmaların kırık hatlar boyunca yüzeye kadar uzanan, genişlikleri yer yer 30-40 m yi bulan, tümüyle, çevreleyen kayacın parçalarını içeren breşik zonları da oluşturduğu, ilaveten bu tür ezik zonların gelişmesinde birbiri ile keşişen fayların ve fay zonlarının birinci derecede etken olduğu şener ve Gevrek, 1986 tarafından da belirtilmektedir .

## 2.4 Ametist Oluşumu ve Yerleşim Mekanizması

Kuvars ( $\text{SiO}_2$ ), hidrotermal koşulların her evresinde gözlenen bir mineraldir. Ancak; kristal formundaki ametistin hidrotermal (300 -500°C ve çok yüksek basınç) ve mezotermal (200–300°C ve yüksek basınç) koşullarda oluştuğu düşünülmektedir (İçözü, 2001). Ametistin bölgeye yerleşimi Tersiyer volkanizmasına bağlı hidrotermal çözeltilerle olmuştur. Volkanizmanın son evresinde silişe doymuş çözeltiler ana kayacın çatlak ve soğuma boşluklarında değişik zaman ve evrelerde kristallenmişlerdir (İçözü, 2001).

Ametist oluşumları, volkanik kayaların soğuma boşluk çatlak ve kırıklarında gözlenmektedir (Şekil 2.4 ve Şekil 2.5). Kristaller genellikle kayaca yapışık biçimdedir (Şekil 2.6). Ametist kristallerinin yerleşim şekilleri, çatlak ve damar dolgusu biçiminde, boşluk dolgusu, geod biçiminde (Şekil 2.7) ve küresel ve/veya yarı küresel biçimli olmak üzere üç grupta toplanabilir.



Şekil 2.4 Boşluk içerisinde büyümüş (geod yapıda) ametist kristalleri.





Şekil 2.5 Büyük bir boşluk içerisindeki ametist kristalleri.



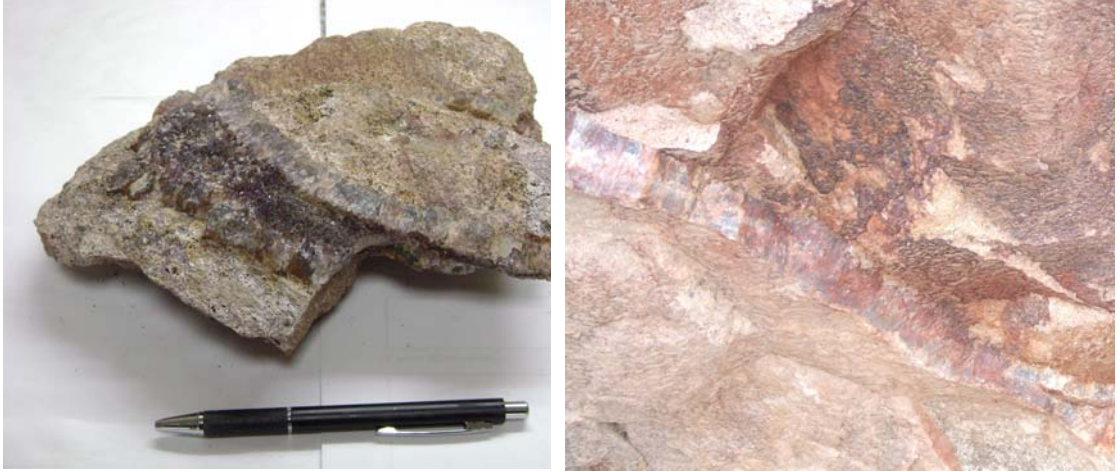
Şekil 2.6 Kayaç yüzeyinde sıvama haldeki ametist kristalleri





Şekil 2.7 Ametist geod.

Küçük ametist kristalleri, damarları bakışumlu veya bakışimsız olarak dolgular. Bazen bunların birbiri içine doğru büyüyerek kenet biçimi aldığı gözlenir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Bakışumlu damar dolgusu şeklinde büyümüş ametist kristalleri.

Ametist geod biçimli olanlar 1–2 cm. den 30 –40 cm. ye değişen çaplarda olabilmektedir. Bir geoda dışarıdan bakıldığında ie basık üç veya beş köşegenli yıldız biçiminde olduğu görülür.

En çok karşılaşılan nc tip ise; genellikle irili ufaklı breşlerin etrafında konsantrik şekilde kristallenmiş, küresel ve çoğunlukla yarı küresel ametist kristalleridir. Breşlerin bozunumu nedeniyle ametist kristallerinin tutundukları yüzey girintili çıkıntılı bir grnnm sunar; bu yapıya “balta izi” denmektedir (şekil 2.9).



şekil 2.9 Breşlerin bozunumu nedeniyle meydana gelen balta izi yapısı.

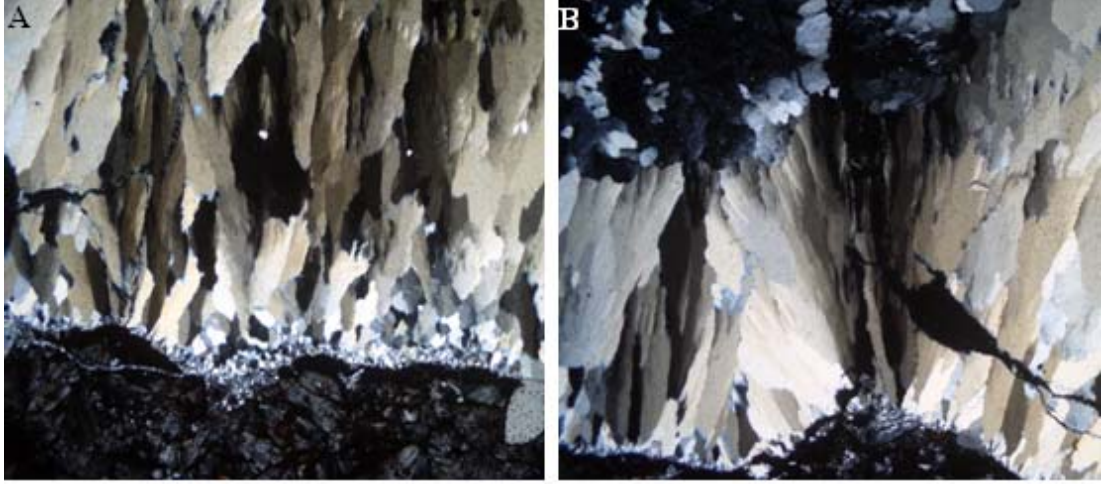
Hbek Tepesi’nde, faylanma sonucu oluşmuş breş zonlarında bazı agat ve kalsedon oluşumları saptandığı belirtilmiştir. Silisyumun ortama girişi sadece bir fazda görülmez, birçok evrede ve sıcaklıkta görülebilir. İçözü (2001), yapmış olduğu çalışmasında ametist oluşumlarının ametist-kalsedon-ametist şeklinde ardalanmalar sunduğuna işaret etmiştir. Gürbüz (2007)’ de, kayaçta kırılmadan sonra ilk olarak gelen çözeltilerin ardışık bantlar şeklinde geliştiği ve gri-bej renkli kalsedonlardan

oluştugu, bunların üzerindeki boşluklarda ise kuvars ve ametist kristallerinin büyüdüğüünü belirtmiştir.

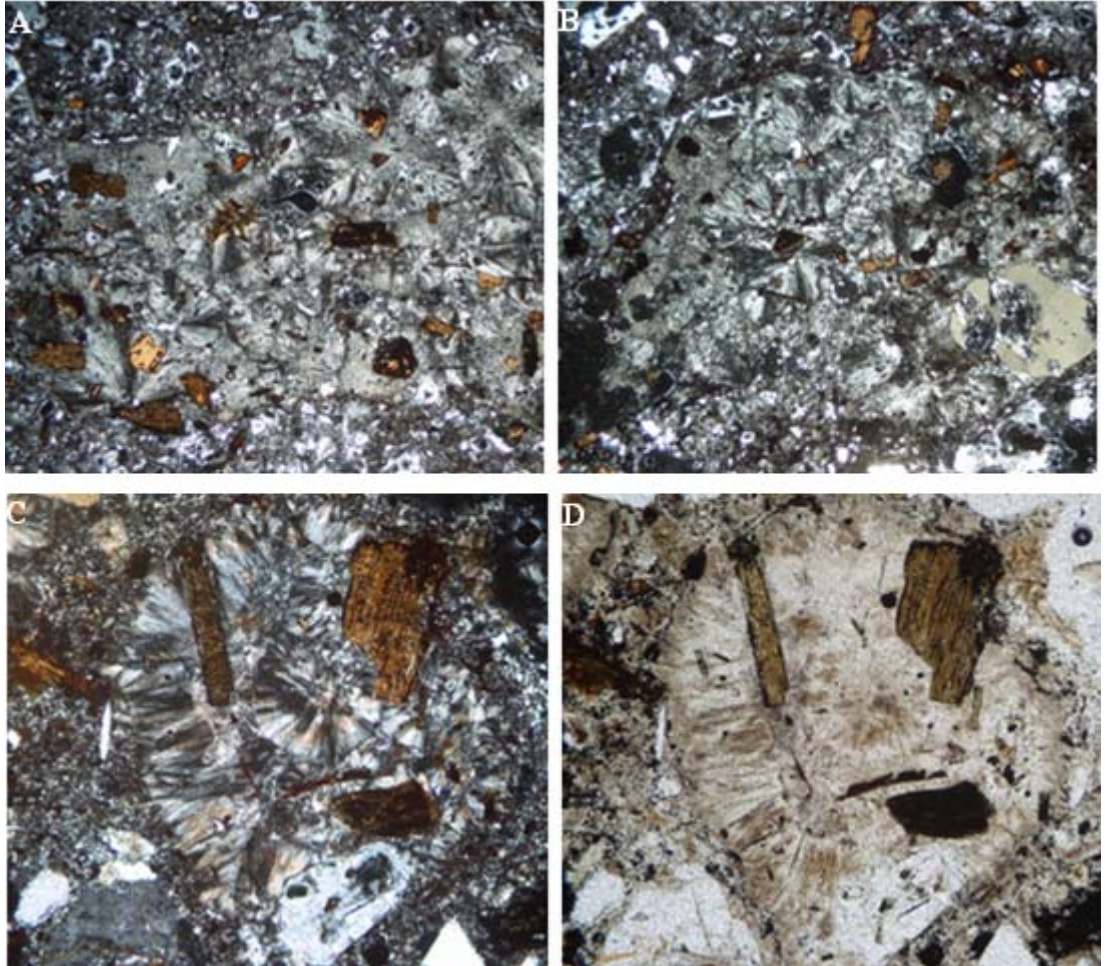
Daha üst bölgelerden çıkarılan ametist kristallerinin renkleri açık lila renkli olmakla birlikte kristal boyutları da küçük olmaktadır. Buna karşılık daha aşağı bölgelerden çıkarılan ametist kristalleri koyu mor renklidir; kristal boyutları ise 1mm ile 70 mm arasında değişkenlik göstermektedir.

Çalışma alanında, ametistlerin büyüdüğü damarlardan alınan kayaç örneklerinden elde edilen ince kesitler mikroskop altında incelendiğinde, ametistin minerolojik ve dokusal özelliklerinin yanı sıra yerleşim mekanizması ve kristallerin büyüme şekilleri de gözlenebilmektedir. Kesitlerde, volkanik kayaç üzerinde kristallenmiş olan iri kuvars veya ametistlerden sonra daha küçük taneli kuvars büyümelerinin bulunduğu gözlenmektedir (Şekil 2.10). Bazı kesitlerde devitrifikasyona uğramış camsı hamur içerisinde yelpaze şekilli ve sferulitik kalsedonların geliştiği (Şekil 2.11), ana kaya içindeki feldspatların alterasyona uğrarken kuvarsların alterasyondan etkilenmediği, ana kayaç çatlak boşluğunda büyüyen ametist kristallerinin küçükten büyüğe doğru, dereceli bir şekilde geliştiği gözlenmiştir Bu durum, silisleşmenin farklı evreler ve sıcaklıklar içerdiğini göstermektedir. İlksel olarak oluşmuş küçük ametist kristallerinde hematit gibi demir oksitler katı kapanım olarak görülmekte; bunların üzerine büyümüş olan büyük ametist kristallerinde ise sıvı kapanımlar baskın olarak gözlenmektedir (Şekil 2.12).

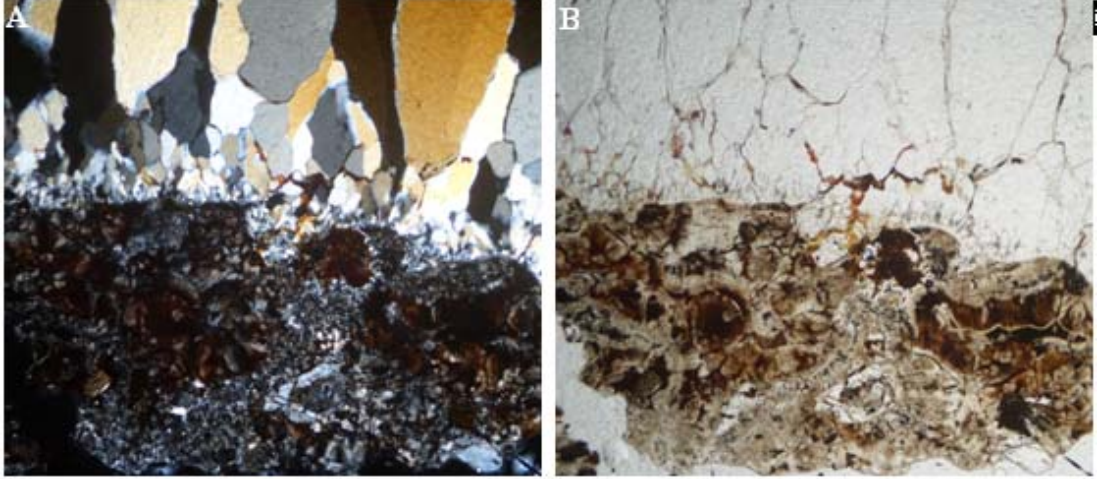




Şekil 2.10 Farklı zamanlarda gelen silisli çözeltilerin oluşturduğu iri ve daha küçük ametist kristalleri.



Şekil 2.11 Dasitik volkanik kayaç içerisinde gözlenen ışınal-küresel kalsedon oluşumları (A,B ve C; haç nikel, D, paralel nikel).

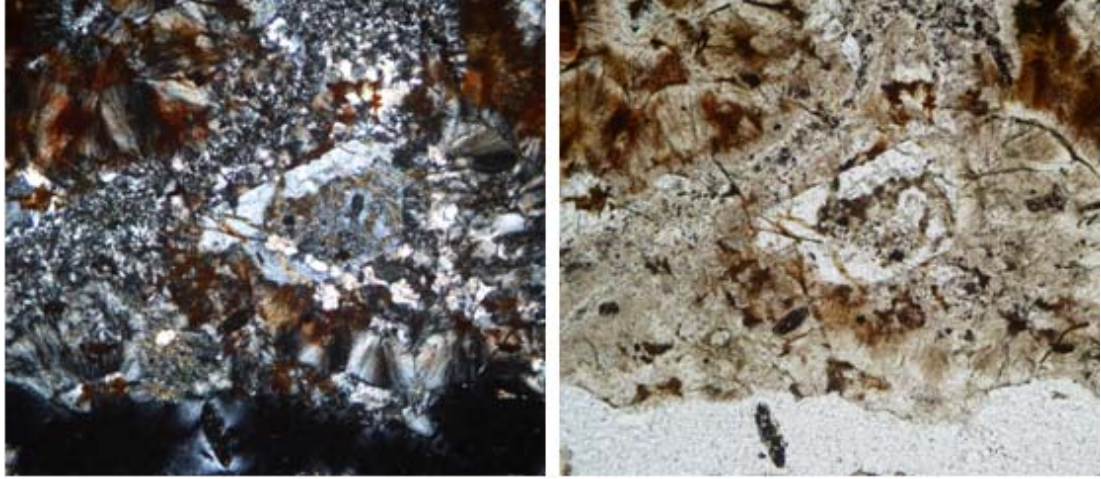


Şekil 2.12 A, küçükten büyüğe doğru, dereceli olarak büyümüş ametist kristalleri. B, küçük kristaller içerisindeki katı demir kapanımları ile iri kristaller içerisindeki sıvı kapanımlar. (A, haç nikol, B, paralel nikol)

Gürbüz (2007), Asarlık tepe kuzeyindeki ve bu tepenin hemen altındaki bölgede bulunan riyolit ve riyodasitlerin silisleştiği ve özellikle hematitleşme ve limonitleşmeler geçirdiğini, gri-bej renkli riyolitik kayaçların bu nedenle kırmızımsı renk aldığını, demirli ve silisli çözeltilerin etkileyemediği yerlerde ise kalıntılar halinde daha taze riyolitik kayaçların görülebildiğini gözlemlemiştir. Damarların yakınından alınan kayaçlarda; mikroskopik olarak bakıldığında bu minerolojik ve dokusal özelliklere ilaveten; kuvars fenokristallerinde kırılarak breşleşme ile plajyoklaslarda kırılmalar sonucu çatlakların hematitler tarafından doldurulması, sferulitlerin arasının ince taneli kuvarslar ile dolması, biyotitlerde opaklaşmalar ve plajyoklaslarda serisitleşme gibi, bu kayaçları taze riyolitlerden ayıran farklılıkları saptamıştır.

İncelenen kesitlerde, ana kaya dokusu içerisindeki feldspat minerallerinin serizitleştiği ve kısmen kuvars tarafından ornatıldığı, yer yer killeşmelerin meydana geldiği gözlenmiştir. Biyotit minerallerinin çoğu alterasyondan etkilenmiş olup demir sıvıamaları şeklinde okside olmuştur (Şekil 2.13).





Şekil 2.13 Ana kayaç içerisinde alterasyona uğrayıp, demir sıvımları şeklinde okside olmuş biyotit mineralleri.

## 2.5 Güğü (Balıkesir) Ametistinin Minerolojik, Gemolojik Özellikleri ve Kullanım Alanları

Kuvars ( $\text{SiO}_2$ ) mineralinin makrokristalin türleri, renklerine ve içerdikleri kapaımlara göre farklı isimlerle anılmaktadır. Renksiz olanlarına dağ kristali, liladan koyu mor renge kadar farklı renklerde olanlarına ametist, açık sarıdan koyu sarıya kadar farklı renklerde olanlarına sitrin, dumanlı sarı-kahverengiden siyaha kadar farklı renklerde olanlarına dumanlı kuvars, açık pembeden, koyu gül kırmızısına değişen renklerde olanlarına gül kuvars, içerisinde bulunan çok sayıdaki küçük sıvı kapaımları nedeniyle süt beyazı renkte olan renksiz kuvars kristallerine ise süt kuvars, içerisinde sıkıca paketlenmiş asbestoz lifleri içeren ve kabaşon formda kesildiğinde şatoyansi oluşturanlarına kedi gözü kuvars, içerisinde kırmızımı kahverengi yada sarımsı-altın rengi ve Venüs saçı olarak da bilinen rutil iğneleri bulunanlarına rutilli kuvars adı verilir (Hurlbut and Switzer, 1979; Read, P.G., 1999).

Ametiste mor rengini  $\text{Fe}^{+2}$  ve  $\text{Fe}^{+3}$  elementlerinin verdiği, daha önce yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Balitsky ve diğ., 2001; Cohen ve Hassan, 1974; Lehmann, 1975). Türkiye’de bulunan ametistler ise çok az araştırmacı tarafından araştırılmıştır (Birsoy, 1983, 1984, 1987; Gürbüz, 2007; Hatipoğlu, 2003; İçözü, 2001). Birsoy’a göre özellikle Balıkesir bölgesindeki ametistin mor renklenmesinde Fe elementinin yanı sıra Mn ve Sb’in de etmen olduğu belirtilmektedir. Yapılan



analizlerin sonucunda Balıkesir ametistlerinde Sb, Fe ve Li içeriğinin oldukça belirgin olduğu gözlenmiş; iz elementlerin yanı sıra dış kaynaklı, düşük bir radyasyonun da renklenmede etmen olduğu düşünülmektedir. Türkiye'deki ametist oluşumlarının genellikle Pb-Zn- Fe yataklanmalarının yakınlarında olması bu görüşü destekler niteliktedir (İçözü, 2001).

Ametist, farklı ısılarda renk değiştirir. Isıl işlem sonucunda rengi kahverengimsi-sarıya dönüştürülerek, doğada daha az rastlanan sitrin elde edilebilir. Sıcaklık 400-500°C arasında iken rengin genellikle kahverengimsi-sarı yada granat kırmızısına değişip, 575°C üzerinde rengini kaybederek ayaşı benzeri bir görünüm aldığı belirtilmiştir (Gürbüz, 2007).

Bazı ametistler doğada daha açık renklerde bazıları ise daha koyu renklerde bulunabilmektedir. Ancak; koyu renkli olanların ısı gereksiz, gün ışığında renginin açıldığı gözlenmiştir. Bu sebeple, koyu renkli olanların, daha makbul olduğu için, ışık almayan ortamlarda saklanması gerekir.

Kuvars grubu mineraller doğada oldukça yaygın bulunmasına karşın mor renkli bir kuvars kristali olan ametist, bazı özel koşullara bağlı olarak belirli bölgelerde bulunmaktadır. Türkiye'de ametist oluşukları birkaç bölgede gözlenmektedir. Başta Balıkesir olmak üzere Ordu, Çanakkale, İstanbul-Kartal, Kütahya, Ankara, Afyon ametiste rastlanmaktadır (İçözü, 2001). Ametist, Anadolu' da antik dönemlerden bu yana işlenmiş ve kullanılmıştır. Özellikle Helenistik ve Roma dönemi (Meriçboyu, 2001) takı ve mühürlerinde sıkça kullanılan taşlar arasındadır. Bugün ise en önemli ametist ocağı Balıkesir'in Dursunbey ilçesi Güğü Köyü'ndedir ve Alaçam Madencilik San. Tic. Ltd. Şirketi tarafından işletilmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Güğü Köyü'nde Alaçam Madencilik tarafından çıkarılan ametist kristalleri.

Güğü ametistinin kristalleri genellikle çok küçüktür. Büyük kristaller ise içerdikleri kapanımlar nedeniyle çok temiz ve saydam değildir. Bu sebeple faset işlemleri için uygun olmamakla birlikte, tambur taşı olarak (Şekil 2.15); ince kristalli ve koyu renkli ametistler ise ultrasonik yıkama cihazlarında yıkayıp üzerlerindeki kirlere arındırılarak, ham halde küpe, yüzük, broş vb. takıların yapımında kullanılabilirler (Şekil 2.16). Ametist geodlar ve koyu renkli, iri kristalli ametistler ise el örneği olarak değerlendirilebilir (Şekil 2.17, Şekil 2.18). Bunun yanı sıra bakışlı damar dolgusu şeklinde gelişmiş olan ametistler dilimler halinde kesilerek plaka ve dekoratif eşya yapımında kullanılabilir. Güğü ametistinin gemolojik ve fiziksel özellikleri Tablo 2.1'de verilmektedir.

Tablo 2.1 Güğü ametistinin fiziksel ve gemolojik özellikleri (İçözü, 2001' den değiştirilerek alınmıştır).

ÖZELLİK	TANIM
Renk	Açık-koyu menekşe, mor orkide renk geçişli
Kırınım	Konkoidal, rombohedral dilinim ender
Sertlik	7
Özgül Ağırlık	2,60–2,63
Parlaklık	Camsı
Berraklık	Kapanımlardan ötürü genellikle bulutumsu görünümde

	Saydam kristaller genellikle koyu renkli ve daha küçük boyutta
Kristal Sistemi	Hekzagonal (trigonal-trapezohedral)
Kırılma İndisi	$n_{\epsilon} = 1.554$ $n_w = 1.55$
Çift Kırma	0.009
Çok Renklilik	-
Işıma (fluoresans)	Yok
IR Soğurma Spektrası	Karakteristik pikler $455$ ve $780 \text{ cm}^{-1}$ de, Si-O-Si büküm pikleri $455$ ve/veya $500 \text{ cm}^{-1}$ de, Si-O gerilim piki $825 \text{ cm}^{-1}$ de, geniş OH bandı $3150 \text{ cm}^{-1}$ de gözlenir
İçsel Özellik	Doğal radyasyon nedeniyle kuvvetli renk zonlanması
Büyüme Özelliği	Büyüme çizgileri
Kapanımlar	Belirgin oranda katı kapanım içermekte. Genellikle koyu kahve ve kızıl renkte



Şekil 2.15 Tamburlanmış ametist kristalleri( <http://therockshed.com>).



Şekil 2.16 Ametist yüzük (<http://ringoblog.com/>) ve kolye ucu (<http://www.kenzay.com/>)



Şekil 2.17 Farklı boyutlarda, el örneği olarak kullanılabilir ametistler (<http://www.ametist-tasi.com/>).





Şekil 2.18 Farklı boy ve renklerde, el örneği olarak kullanılabilen ametistler (<http://www.ametisttasi.com/>).

## 2.6 Çalışma Alanında Bugüne Kadar Yapılmış Olan Ametist Madenciliği Çalışmaları

Ametistin, Anadolu’ da antik dönemlerden bu yana işlenmiş ve kullanılmıştır. Özellikle Helenistik ve Roma dönemi (Meriçboyu, 2001) takı ve mühürlerinde sıkça kullanılan taşlar arasındadır. Helenistik dönemden önceki dönemlerin sevilen süstaşları olan agat, sardoniks, jasper ve kalsedonun yanı sıra zümrüt, ametist inci, garnet gibi altınla uyum sağlayan taşların sıklıkla kullanıldığı belirtilmektedir (Türe, 2005). Anadolu’da ametist kullanımının yaygın olduğu bilinmesine rağmen o dönemde yapılan madencilik çalışmalarına ait bilgi bulunmamaktadır.

Yakın geçmişte ametistin yeniden keşfi, yaklaşık 25 yıl önce, Balıkesir’ in Dursunbey ilçesi Güğü Köyü çevresindeki kayalıkların yüzeyindeki parlaklıkları gören Mustafa Avcı isimli köylünün bu taşları ulaşabildiği derinliklerden çıkarıp ilgili kişilere ulaştırması ve bölgede belirli bir rezerv olduğu anlaşılıp bölgenin MTA kontrolünde ruhsatlı arama bölgesine dönüştürülmesiyle başlamıştır. Mustafa Öztürk, 2002 yılında, bu bölgeye ait maden arama ve çıkarma ruhsatını almış ve Alaçam

Madencilik San. Tic. Ltd. Şirketi adı altında madencilik çalışmalarına başlamıştır. Günümüzde de aynı isimle çalışmalarına devam etmektedir.

Günümüzde madencilik çalışmaları, Asarlık tepenin kuzeyinde (Şekil 2.19) ve tepenin hemen altında (Şekil 2.20) bulunan riyolit ve riyodasitler içerisinde açılmış olan iki ocakta, cepler ve yarmalar açmak suretiyle yapılmaktadır. Ametist damarlarına rastlanan yerlerde ekskavatör ile yarma ve cepler açılır. Büyük parçalar halinde koparılan ana kayaç üzerinde bulunan ametist kristalleri keski ve çekiç yardımıyla kayaç yüzeylerinden temizlenir. Geriye kalan pasanın bir kısmı madenin yan tarafında bulunan boş sahaya, bir kısmı daha önce açılmış olan ocak yerlerine dökülürken bir kısmı da çalışılan ocak çevresinde bırakılmıştır (Şekil 2.21).



Şekil 2.19 Asarlık tepe kuzeyinde bulunan büyük ocak.





Şekil 2.20 Asarlık tepenin hemen atında bulunan küçük ocak.



Şekil 2.21 Çalışılan ocak sahası ve yan tarafa dökülmüş olan pasa.



## **2.7 Çalışma Alanında Uygulanması Planlanan Madencilik Yönteminin Belirlenmesi**

### **2.7.1 Çalışma Alanında Yapılan Etüdler**

#### *2.7.1.1 Jeoteknik Etüdler*

Malzemenin fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla formasyonun yoğunluk, porozite, nokta yükleme dayanımı, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı etüdüleri yapılmıştır.

*2.7.1.1.1 Yoğunluk Tayini Deneyi.* Araziden alınan kayaç örnekleri arasından uygun özellikte yan kayaç numuneleri seçilip çeneli ve halkalı kırıcıda 3x80 sn süresince öğütüldükten sonra yoğunluk deneyi yapılmıştır. Yoğunluk deneyinde piknometre, hassas terazi ve saf su kullanılmıştır. Yapılan ölçüm ve hesaplanan sonuçları Tablo 2.1 de verilmiştir.

Tablo 2.1 Yoğunluk deneyi ölçüm değerleri

ÖRNEK NO		$G_{boş}(M_0)$ (gr)	$G_{su}(M_1)$ (gr)	$G_{nem}(M_2)$ (gr)	$G_{nem+malzeme}$ ( $M_3$ ) (gr)	$G_{nem+malzeme+su}$ ( $M_4$ ) (gr)	$d=(M_3-M_2)/$ $[(M_1+M_3)-$ $(M_2+M_4)]$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$d_{ort.}$ (gr/cm <sup>3</sup> )
A1(AMETİST)	ÖLÇÜM1	48,1507	148,4156	48,3356	53,8219	151,8003	2,611	
	ÖLÇÜM2	48,1507	148,3982	48,4055	53,8495	151,3759	2,613	2,61
	ÖLÇÜM3	48,1507	148,3986	48,4299	54,5895	151,5821	2,610	

*2.7.1.1.2 Porozite Tayini Deneyi.* Araziden alınan kayaç örnekleri arasından uygun özellikte ve düzensiz şekilli ana kayaç örnekleri kuru haldeyken tartılıp ağırlıkları not edilmiş ve daha sonra bir gün süreyle su içerisinde bekletildikten sonra suya doygun haldeki ağırlıkları ve su içerisindeki ağırlıkları ölçülüp gerekli hesaplamalar yapılarak porozitesi tayin edilmiştir. Yapılan ölçüm ve hesaplama sonuçları Tablo 2.2 de verilmiştir.

*2.7.1.1.3 Nokta Yükleme Dayanımı Deneyi.* Bu deney, kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yükü dayanımı indeksinin tayini amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi, tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde ve bazı kaya kütlesi sınıflama sistemlerinde kayaç malzemesinin dayanım parametresi olarak belirlenir. Araziden alınan kayaç örnekleri arasından seçilen uygun özellikte ve düzensiz şekilli ana kayaç numuneleri, nokta yükleme aletinin konik başlıkları arasına yerleştirilerek yükleme yapılmış ve okunan veriler not edilerek her bir örnek için işlem yinelenmiştir. Yapılan ölçüm ve hesaplama sonuçları Tablo 2.3’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Porozite (birim hacim ağırlığı) tayini deney sonuçları

ÖRNEK NO	Kuru Ağırlık (gr)	Suya Doymun Ağırlık (gr)	Sudaki Ağırlık (gr)	Su Ağırlığı (gr)	V <sub>boşluk</sub> (cm <sup>3</sup> )	V <sub>toplam</sub> (cm <sup>3</sup> )	n (%)	Kuru BHA (gr/cm <sup>3</sup> )	Suya Doymun BHA (gr/cm <sup>3</sup> )
A1	183,7	189,5	96	5,8	5,8	93,5	6,20	1,965	2,027
A2	226,7	231,4	135,3	4,7	4,7	96,1	4,89	2,359	2,408
A3	226,7	230,4	128,5	3,7	3,7	101,9	3,63	2,225	2,261
						arit.ort	<b>4,91</b>	<b>2,183</b>	<b>2,232</b>
						stand.sap.	<b>1,29</b>	<b>0,200</b>	<b>0,192</b>
						varyans	<b>1,65</b>	<b>0,04</b>	<b>0,037</b>

Tablo 2.3 Nokta yükleme dayanımı indeksi deneyi sonuçları (A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, ametist ana kayaç (dasit-riyodasit) örnekleri).

ÖRNEK NO	D (mm)	Yük (kN)	Yük (kgf)	Is (kg/cm <sup>2</sup> )	Is50 (kg/cm <sup>2</sup> )
A1	55,00	6,00	611,76	20,22	21,11
A2	37,00	11,00	1121,56	81,93	71,54
A3	36,00	19,00	1937,24	149,48	128,94
A4	81,00	28,00	2854,88	43,51	54,06
A5	74,00	20,00	2039,20	37,24	44,42
A6	95,00	16,00	1631,36	18,08	24,13
A7	42,00	16,00	1631,36	92,48	85,50
A8	37,00	19,00	1937,24	141,51	123,58
A9	34,00	13,00	1325,48	114,66	96,39
A10	45,00	13,00	1325,48	65,46	62,42
				arit.ort	<b>71,21</b>
				stand.sap.	<b>37,61</b>
				varyans	<b>1414,28</b>

2.7.1.1.4 *Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.* Bu deney, silindirik bir şekle sahip kayaç malzemesi örneklerinin dayanım ve kaya kütlesi sınıflamalarında, ayrıca tasarımda kullanılan tek eksenli sıkışma dayanımının tayini için yapılır. Deneyde boy/çap oranı 2,5–3 arasında olacak şekilde hazırlanmış, alt ve üst yüzeyleri birbirine paralel yan yüzeyleri pürüzsüz ve herhangi bir çatlak içermeyen karot örnekleri kullanılır. Araziden alınan kayaç örnekleri arasından uygun özellikte olanları seçilip bunlardan karotlar alınmıştır. Alınan karotlar alt ve üst yüzeyleri birbirlerine paralel olacak şekilde kesilip düzleştirilerek ortalama 40 mm çap ve 90 mm uzunlukta karot numune elde edilmiştir (Şekil 2.22).





Şekil 1.22 Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılmak üzere hazırlanmış numuneler.

Numuneler yükleme presinin ortasındaki yükseltme plakasının üzerine merkezlenerek yerleştirilmiş ve örneğin üzerinde bulunduğu blok, örnek ile yükleme presinin tavanına monte edilmiş olan üst blok arasında boşluk kalmayana kadar yükseltilmiş ve yenilme sırasında kayaç parçalarının etrafa saçılmasını önlemek için presin çevresindeki kafes kapatıldıktan sonra yükleme işlemine devam edilerek yenilme anındaki ölçüm sonucu okunmuştur. Bu işlem her bir numune için yinelenmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları ve hesaplamalar Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.4 Tek eksenli basınç dayanımı deneyi sonuçları

ÖRNEK NO	Ağırlık (gr)	D (mm)	L (mm)	L (cm)	Yük (kg)	Alan (cm <sup>2</sup> )	T.E.B.D. (kgf/cm <sup>2</sup> )	Düzeltilmiş T.E.B.D. (kgf/cm <sup>2</sup> )
A1	236,37	40,00	79,20	7,92	6140,00	12,57	488,61	469,37
A2	243,71	40,00	81,00	8,10	8820,00	12,57	701,87	674,24
A3	233,46	40,00	79,00	7,90	9280,00	12,57	738,48	709,41
A4	265,44	40,00	88,00	8,80	7080,00	12,57	563,41	541,23
A5	238,09	40,00	80,60	8,06	7350,00	12,57	584,89	561,87
							arit.ort	<b>591,22</b>
							stand.sap.	<b>98,83</b>
							varyans	<b>9767,15</b>

*2.7.1.1.5 Brazilian Yöntemiyle Çekme Dayanımı Tayini Deneyi.* Bu deney disk şeklinde hazırlanmış kayaç örneklerinin çapsal yükleme altında çekme dayanımlarının dolaylı yoldan tayini amacıyla yapılır. Araziden alınan kayaç örnekleri arasından uygun özellikte olanları seçilip bunlardan karotlar alınmıştır. Alınan karotlar alt ve üst yüzeyleri birbirlerine paralel olacak şekilde kesilip düzleştirilerek yaklaşık 40 mm çap ve 20 mm uzunlukta numuneler elde edilmiştir (Şekil 2.23). Örnekler, yan yüzeyleri nokta yükleme aletine monte edilen silindirik plakaların arasında kalacak şekilde yerleştirilmiş (Şekil 2.24) ve yük verilerek yenilmenin gerçekleştiği andaki değer yükleme ünitesinin göstergesinden okunmuştur. Bu işlem her bir numune için yinelenmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları ve hesaplamalar Tablo 2.5 de verilmiştir.



Şekil 2.23 Brazilian yöntemiyle çekme dayanımı tayini deneyinde kullanılmak üzere hazırlanmış numuneler.



Şekil 2.24 Nokta yükleme aletine monte edilen silindirik plakalar arasına yerleştirilmiş numune.

Tablo2.5 Brazilian yöntemiyle çekme dayanımı tayini deneyi sonuçları  
(A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A11 ametist ana kayaç (dasit-  
riyodasit) örnekleri.

ÖRNEK NO	D (mm)	L (mm)	Yük (kN)	Yük (kgf)	Çekme Gerilmesi (MPa)
A1	40	19,00	12,00	1223,52	10,04
A2	40	22,45	14,00	1427,44	9,92
A3	40	21,80	12,00	1223,52	8,75
A4	40	21,80	16,00	1631,36	11,67
A5	40	21,70	13,00	1325,48	9,53
A6	40	21,00	10,00	1019,60	7,57
A7	40	21,40	14,00	1427,44	10,40
A8	40	21,00	12,00	1223,52	9,09
A9	40	21,00	12,00	1223,52	9,09
A10	40	20,00	13,00	1325,48	10,34
A11	40	21,00	11,00	1121,56	8,33
				arit.ort	<b>9,52</b>
				stand.sap.	<b>1,13</b>
				varyans	<b>1,27</b>

### 2.7.1.2 Delme Patlatma İşlerine Yönelik Etüdler

Üretimi yapılacak olan ametist kristaller, ana kayacın soğuma çatlak ve boşluklarında bakışumlu veya bakışumsuz damar ve boşluk dolgusu (geod) şeklinde, faylanmayla oluşmuş breşik zonlarda ise küresel veya yarı küresel veya kenet biçimli yer almaktadır. Ametist kristalleri yüzeyde daha küçük ve derinlere ise daha iri kristaller halindedir. Üretim sırasında yapılacak herhangi bir patlatma işlemi ametist kristallerinin çatlaklı ve kırıklı bir yapı kazanmasına neden olacağından delme-patlatma işleminin yapılması uygun görülmemektedir.



### *2.7.1.3 Topoğrafik Haritalara Yönelik Etüdler*

Üretim yapılması planlanan bölgede üretilecek toplam ametist miktarının belirlenmesi ve işletmenin detay planlarının çıkarılması amacıyla 1/1.000 ölçekli harita üzerinde işletme planının çizimi ve bu çizime bağlı olarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

### *2.7.2 Yöntem Seçimi ve Uygulanması*

#### *2.7.2.1 Uygulanacak İşletme Yönteminin Seçimi*

Uygulanması önerilecek işletme yönteminin seçiminde değerlendirme kriterleri olarak ametistin yataklanma durumu, ametist kristallerinin mümkün olduğunca zarar verilmeden üretimi, yatak boyutları ve geometrisi, jeolojik ve topoğrafik yapı, iklim koşulları, ocağın ömrü, kazı miktarı, makine ve ekipmanın sağlanması olanakları vb. ele alınmıştır.

Yukarıdaki kriterler göz önüne alınarak sahada yapılan incelemelerde, açık işletme yöntemi olarak ekskavatör + kamyon yönteminin en uygun işletme yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır.

Üretimi yapılacak olan ametist kristalleri, ana kayacın soğuma çatlak ve boşluklarında bakışumlu veya bakışumsuz damar ve boşluk dolgusu (geod) şeklinde, faylanmayla oluşmuş breşik zonlarda ise küresel veya yarı küresel veya kenet biçimli yer almaktadır. Üretim esnasında patlatma yapılması ametist kristallerine zarar vereceğinden, örtü tabakası ripperleme işlemi ile gevşetilip hidrolik ekskavatör ve kırıcı yardımıyla yerinden sökülerek, parçalanan kayaç içerisindeki ametist kristalleri, keski ve çekiç yardımıyla selektif olarak kolayca alınabilir. Geride kalan malzeme ise yine ekskavatör yardımıyla kamyonlara yüklenerek döküm sahasına taşınabilir. Ametistin selektif olarak üretilmesine izin verebilmesi ve işletme tamamlandıktan sonra çevre düzenleme ve bitkilendirme işlerinin kolaylıkla

sağlanabilmesi ve bozulmamış bir topografya görüntüsü için basamak yüksekliği 4 m olarak seçilmiştir.

*2.7.2.2.1 Rezerv Miktarı.* Saha içerisindeki ametistler her kesimde aynı tenör dağılımını göstermez. Ametist damarlarının yaygınlaştığı ve sahada yüzlek verdiği alanlar İçözü (2001)'de jeolojik harita üzerinde gösterilmiştir. Sahadaki toplam görünür ametist rezervi tam olarak bilinmemesine karşın ametist sahasında uygulanması öngörülen madencilik yöntemine örnek teşkil etmesi amacıyla ele alınan bölgede işletilebilir ametist rezervi hesaplanmıştır. Ametistin ana kayaç içerisindeki tenörünün 60–70 kg/m<sup>3</sup> civarında olduğu düşünülmektedir.

Buna göre açılması düşünülen ametist ocağının işletilebilir rezervi 14.600 ton olarak hesaplanmıştır. Bu 14.600 tonluk ametist üretiminin yapılabilmesi için ocağın toplam 585.000 ton üretim yapılması gerektiği saptanmıştır.

*2.7.2.2.2 Üretimde Kullanılacak Makinelerin, Araçların ve Aletlerin Seçimi ve Miktarları ile İstihdam Edilecek Personel Sayısı.* Ametist üretiminde ekskavatör + kamyon yöntemine destek olarak riperleme yönteminin en uygun işletme yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Buna göre ocak sahasında kullanılacak ekipman listesi Tablo 2.6' da verilmiştir.

Faaliyet bünyesinde çalıştırılacak olan personel sayısı, 1 fenni nezaretçi, 2 operatör, 1 işçi, 1 şöför ve 1 bekçi olmak üzere toplam 6 kişi istihdam edilecektir. Faaliyet alanından malzemenin çıkarılması aşamasında çalışanların günlük ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla yönelik olarak karavan tipi şantiye kullanılacaktır. Bu nedenle şantiye inşaatı söz konusu olmayacaktır.

Tablo 2.6 Faaliyette kullanılacak ekipmanlar.

<b>Kullanılacak makine-ekipman</b>	<b>Adet</b>
Riper-dozer	1
Hidrolik ekskavatör (Ters kepçe)	1
Kamyon	1

### 2.7.2.2.3 Kullanılacak Üretim Yöntemi, Üretim Miktarları ve İmalat Haritası.

Ametist oluşumlarının zenginleştiği ve arazide ametist yüzleklerinin izlenebildiği alanlar İçöz, (2001)' de jeolojik harita üzerine işlenmiştir. Bu çalışmada, ametist sahasında uygulanması öngörülen madencilik yöntemine örnek teşkil etmesi bakımından, Asarlık tepe kuzeyinde yer alan bölge ele alınmıştır. Üretim yapılması planlanan bölgede işletmenin detay planlarının çıkarılması amacıyla 1/1000 ölçekli harita üzerine yapılan işletme planının çizimi, kesitler ve hesaplamalar sonucunda sahadan toplam 585.000 ton üretim yapılması ve ametistin bölgedeki tenörü göz önüne alınarak yapılan bu üretimden yaklaşık 14.600 ton ametist elde edilmesi planlanmıştır.

Buna göre, proje konusu ametist ocağında açık ocak işletmeciliği yapılacaktır. Ametist bulunan kırık, çatlak ve damarların takibini kolaylaştırması ve böylece ametistin selektif olarak üretilmesine izin verebilmesi, işletme tamamlandıktan sonra çevre düzenleme ve bitkilendirme işlerinin kolaylıkla sağlanabilmesi ve bozulmamış bir topografya görüntüsü için basamak klasik açık ocak uygulamalarına göre düşük bir basamak yüksekliği seçilmiştir.

Üretim esnasında ametist kristallerine zarar verilmemesi için patlatma işlemi yapılmayacaktır. Ekskavatör ile kazısı yapılan kayaçların yüzeyindeki ametist kristalleri, keski ve çekiç yardımıyla selektif olarak alınacak ve geriye kalan malzeme ekskavatör yardımıyla kamyonlara yüklenecek pasaya döküm sahasına götürülecektir. Ekskavatör ile kazının zorlandığı ve ametist çatlaklarının bulunmadığı yerlerde ametist damarlarına ulaşana kadar yapılması gereken örtü tabakasının kazısında ripperleme yapılarak kayacın gevşetilmesi önerilmektedir.

Ocakta mevsim koşullarına bağlı olarak günde 8 saat, ayda 26 gün olmak üzere yılda 10 ay çalışılması planlanmaktadır. Ocakta yapılacak günlük üretim miktarının üretimde kullanılan belirli bir kepçe hacmine sahip bir ekskavatörün, birim zamanda mevcut koşullar çerçevesinde yükleyebileceği malzeme miktarının hesabına bağlı

olduğu göz önüne alındığında ocaktan yapılacak günlük, aylık ve yıllık üretim miktarı hesaplaması aşağıdaki gibidir:

Kapasite hesabında kullanılan eşitlik Köse ve diğerleri (2006)' da;

$$Q = \frac{V * f * a * s * h * u * e}{t} * 3600 \text{ olarak verilmiştir.}$$

Burada;

Q = Yükleme kapasitesi (m<sup>3</sup> yerinde/saat)

V = Kepçe hacmi (m<sup>3</sup>) (tepeleme hacim)

t = 90° dönme açısında periyot süresi (sn)

f = Kepçe dolun faktörü (%)

a = Kabarma faktörü (m<sup>3</sup> yerinde/ m<sup>3</sup> gevşek)

s = Dönme faktörü

h = Doldurma yüksekliği faktörü

u = Yer değiştirme faktörü

e = Kullanım faktörü

Kepçe dolun faktörü (f), yüklenecek malzeme cinsine, kepçenin cinsine ve kazı hareketinin türüne bağlıdır. Kayaç özellikleri ve yükleyici tipi göz önüne alınarak kepe dolun faktörü 0,80 ve kabarma faktörü (a) 0,65 alınmıştır.

Yüklenecek malzemenin türü ve özellikleri bir yükleme periyodunu doğrudan etkiler; ana kayaç özellikleri göz önünde bulundurularak ekskavatörün periyot süresi (t) 26 sn, 90° dönme açısında dönme faktörü (s) 1 olarak alınmıştır.

Kazısı yapılan kayaç yerinden söküldükten sonra, parçalar arasındaki boşluklar nedeniyle hacmi bir miktar artar. Bu artış, m<sup>3</sup> gevşek/m<sup>3</sup> yerinde olarak hesaplanırsa da pratikteki uygulamalarda 1'den küçük bir değer olarak alınmaktadır. Günümüzdeki uygulamalarda h faktörü göz ardı edilebilir.

Açık ocağın türüne ve organizasyonun derecesine göre, kullanılabilir çalışma süresinin bir kısmı ekskavatörün yer değiştirmesine harcanır çok basamaklı ocaklarda hidrolik ekskavatörler için yer değiştirme faktörü 0,90 olarak alınmaktadır.

Belli bir zaman diliminde ekskavatörün gerçek çalışma süresinin planlanan çalışma süresine bölünmesiyle kullanım faktörü (e) bulunur. Kullanım faktörü, çalışma ve işletme koşullarına bağlı olarak değişir. İşletilmesi planlanan ametist ocağının işletme ve çalışma koşulları göz önünde bulundurularak kullanım faktörü 0,66 alınmıştır.

Kazı işleminde kullanılacak ekskavatörün kepçe hacmi 0,20 m<sup>3</sup> seçildiğinde yukarıda belirlenen değerler ışığında kapasite hesabı;

$$Q = \frac{0,20 * 0,80 * 0,65 * 1 * 0,90 * 0,66}{26} * 3600 \text{ eşitliğinden}$$

$$Q = 8,55 \text{ m}^3/\text{saat} = 8,55 \text{ m}^3/\text{saat} * 2,61 \text{ ton/m}^3 = 22,31 \text{ ton/saat olarak bulunur.}$$

Buradan;

$$\text{Günlük üretim} = 22,31 \text{ ton/saat} * 8 \text{ saat/gün} \approx 180 \text{ ton/gün}$$

$$\text{Aylık üretim} = 180 \text{ ton/gün} * 26 \text{ gün/ay} = 4.680 \text{ ton/ay}$$

$$\text{Yıllık üretim} = 4680 \text{ ton/ay} * 10 \text{ ay/yıl} = 46.800 \text{ ton/yıl olarak hesaplanır.}$$

Ana kayaç içerisindeki ametist oranının ortalama 60-70 kg/m<sup>3</sup> olduğu göz önüne alınırsa 46.800 tonluk yıllık üretimden yaklaşık 1200 ton ametist elde edilmesi planlanmaktadır.



İşletme alanında üretim sırasında ocak sahasının güney tarafında 758 ile 790 kotu arasında  $63^\circ$  basamak şev açısı, 4 m basamak yüksekliği ve 10 m basamak genişliği ile 8 basamak oluşturulmuştur. Bu dizayn, üretim sırasında uygulanacak olup ocağın nihai halinde ise basamaklar birleştirilerek  $63^\circ$  basamak şev açısı,  $34^\circ$  genel şev açısı, 10 m basamak genişliği ve 8 m basamak yüksekliğine sahip 4 basamak haline getirilmesi planlanmıştır. Faaliyete ait açık ocak planının nihai hali EK2-A, kesitleri EK2-B ve kesitlere bağlı olarak yapılan işletilebilir rezerv hesapları EK2-C de verilmiştir.

## BÖLÜM ÜÇ

### SONUÇLAR

Çalışmada Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedon ocağı ve Güğü Köyü (Balıkesir) ametist ocağında en uygun üretim teknikleri araştırılmış ve irdelenmiştir.

1/25000 ölçekli H25-d3 Adapazarı paftasında, Eskişehir'in 56 km kuzeyindeki Sakarya vadisinde yer alan Sarıcakaya İlçesi'ne bağlı Mayıslar Köyü'nün hemen güneyinde yer alan kalsedon sahası tektonizmanın etkin olduğu ve faylanmaların bolca geliştiği bir bölgedir. Kalsedon yumrularının içerisinde yer aldığı çakıltası birimi, serpantinleşmiş ofiyolitik kayalarla 7° rake açısına sahip, B-D ve KB-GD yönlerinde değişim gösteren doğrultu atımlı bir fayla sınırlanmıştır. Kalsedon yumruları genel olarak, çakıltası içerisindeki ilksel magnezit ve karbonat çakıllarının silisçe zengin hidrotermal sıvıların alterasyonu ile oluşmuştur.

Sarıcakaya kalsedon sahasındaki madencilik çalışmaları halen devam etmektedir. Fay zonu içerisindeki silisli kısımlarda cepler açmak, ceplerin açılmasında, delme-patlatma uygulamak, parçalanmış çakıltaları içerisindeki kalsedon yumrularını selektif olarak seçmek suretiyle yapılan madencilik yönteminin kalsedon yumrularına ciddi bir zarar verdiği ve dolayısıyla üretim verimine etkisi olduğu görülmüştür. Patlatmanın etkilerini minimuma indirerek üretim verimi ve kalitesinin artırılabilmesi için ocakta yapılacak delme-patlatma işleminin patlayıcı maddeler yerine genleşme etkisi ile çatlatma özelliği olan bir malzeme kullanılması öngörülmüştür. Sahada yapılan etütler neticesinde bu malzemenin kullanımının kalsedon yumrularının kırılma ve çatlamasını en aza indirdiği, patlatma ile yapılan üretimde verim en fazla %30–35 civarında iken, çatlatma yardımıyla yapılan üretimde verimin %90'ın üzerine çıkarılabileceği görülmüştür.

Kalsedon sahasında uygulanması öngörülen madencilik yöntemine örnek teşkil etmesi için ele alınan bölgede açık ocak işletmeciliği yapılması planlanmıştır. Ocakta üretim delme-çatlatma, lastik tekerlekli yükleyici ile kamyonlara yükleme ve taşıma

yöntemi ile yapılacaktır. Ocakta mevsim koşullarına bağlı olarak iki vardiya halinde günde 20 saat, ayda 26 gün olmak üzere yılda 10 ay çalışılması planlanmaktadır.

Kalsedon sahasından alınan kayaç numuneleri üzerinde yapılan dayanım testleri sonucunda malzemenin fiziko-mekanik özellikleri saptamıştır Kalsedonun selektif olarak üretilmesine izin verebilmesi ve işletme tamamlandıktan sonra çevre düzenleme ve bitkilendirme işlerinin kolaylıkla sağlanabilmesi ve bozulmamış bir topografya görüntüsü için basamak yüksekliği klasik açık ocak uygulamalarına oranla daha az olarak seçilmiştir. Ocak planı, 1/1000 ölçekli harita üzerine işlenmiştir. İşletme alanında, ocak sahasının güney tarafında 370 ile 450 kotu arasında 63° basamak şev açısı, 4 m basamak yüksekliği ve 10 m basamak genişliğine sahip 20 basamak oluşturulması; ocağın nihai halinde ise basamakların birleştirilerek 63° basamak şev açısı ve 30° genel şev açısına sahip, 10 m genişliğinde ve 8 m yüksekliğinde 10 basamak haline getirilmesi planlanmıştır. İşletme alanının doğu tarafında ise üretim sırasında 370 ile 426 kotu arasında yine 63° basamak şev açısı, 4 m basamak yüksekliği ve 10 m basamak genişliğine sahip 14 basamak oluşturulması, ocağın nihai halinde ise basamakların birleştirilerek 63° basamak şev açısı ve 29° genel şev açısına sahip, 10 m genişliğinde ve 8 m yüksekliğinde 7 basamak haline getirilmesi planlanmıştır.

İşletilmesi planlanan kalsedon ocağından toplam 6.150.000 ton üretim yapılması ve kalsedonun bölgedeki tenörü göz önüne alınarak, yapılan bu üretimden yaklaşık 130.000 ton kalsedon elde edilmesi planlanmıştır.

1/25000 ölçekli J21-a2 Kütahya paftasında, Balıkesir iline bağlı Dursunbey İlçesi'nin yaklaşık 20 km. güneyinde bulunan Güğü Köyü'nün kuzeyinde yer alan sahada ametist oluşumları, volkanik kayaçların soğuma boşluk, çatlak ve kırıklarında; çatlak ve damar dolgusu biçiminde, boşluk dolgusu, geod biçiminde, küresel ve/veya yarı küresel biçimde bulunmaktadır.

Güğü ametist sahasında madencilik çalışmaları halen devam etmektedir. Riyolit ve riyodasitler içerisinde ekskavatör ile yarma ve cepler açmak, büyük parçalar

halinde koparılan ana kayaç üzerindeki ametist kristallerini keski ve çekiç yardımıyla yüzeyden temizlemek suretiyle yapılan madencilik yönteminde belirli bir plan izlenmemesi, yapma ve cepler açılırken çıkan pasanın yerinde bırakılması ya da daha önce açılan ocak sahalarına dökülerek düzensiz bir topoğrafya oluşumuna neden olunması, düzgün bir ayna oluşturulamaması sonucunda ametist damarlarının tam olarak izlenememesi gibi sorunlar saptanmıştır.

Ametist sahasında uygulanması öngörülen madencilik yöntemine örnek teşkil etmesi bakımından ele alınan bölgede açık ocak işletmeciliği yapılması planlanmıştır. Üretim esnasında patlatma yapılması ametist kristallerine zarar vereceğinden patlatma yapılmayacaktır. Ocakta üretim ekskavatör ile kayacın kazılması, ametist kristallerinin ana kayaç yüzeyinden selektif olarak ayrılması ve kalan pasanın ekskavatör ile kamyonu yüklenip döküm sahasına götürülmesi şeklinde yapılacaktır. Gerekli yerlerde örtü tabakası ripperleme işlemi ile gevşetilerek kazı işlemi yapılacaktır. Ocakta mevsim koşullarına bağlı olarak günde 8 saat, ayda 26 gün olmak üzere yılda 10 ay çalışılması planlanmaktadır.

Ametist sahasından alınan kayaç numuneleri üzerinde yapılan dayanım testleri sonucunda malzemenin fiziko-mekanik özellikleri saptamıştır. Ametistin selektif olarak üretilmesine izin verebilmesi ve işletme tamamlandıktan sonra çevre düzenleme ve bitkilendirme işlerinin kolaylıkla sağlanabilmesi ve bozulmamış bir topoğrafya görüntüsü için basamak yüksekliği klasik açık ocak uygulamalarına oranla daha az olarak seçilmiştir. Ocak planı 1/1000 ölçekli harita üzerine işlenmiştir. İşletme alanında, üretim sırasında ocak sahasının güney tarafında 758 ile 790 kotu arasında 63° basamak şev açısı, 10 m basamak genişliği ve 4 m basamak yüksekliği ile 8 basamak oluşturulması; ocağın nihai halinde ise basamakların birleştirilerek 63° basamak şev açısı ve 34° genel şev açısına sahip, 10 m genişliğinde ve 8 m yüksekliğinde 4 basamak haline getirilmesi planlanmıştır.

İşletilmesi planlanan ametist ocağından toplam 585.000 ton üretim yapılması ve ametistin bölgedeki tenörü göz önüne alınarak, yapılan bu üretimden yaklaşık 14.600 ton ametist elde edilmesi planlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Açık ocak işletmeciliğinde kırakit kullanım maliyeti*, (b.t). 18 Ağustos, 2008, <http://www.kirakit.net/>
- Akdeniz, N. ve Konak, N. (1979). *Simav-Emet-Dursunbey-Demirci yörelerinin jeolojisi* (Rapor No:6547). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Altınlı, İ. E. (1973). Orta Sakarya jeolojisi. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri*, 159-191.
- Amethyst ring*, (b.t). 9 Eylül, 2009, <http://ringoblog.com/wp-content/uploads/2008/08/amethyst-ring.jpg>
- Ametist taşı*, (b.t). 9 Eylül, 2009, [http://www.ametisttasi.com/index.php?option=com\\_ponygallery&Itemid=27&func=viewcategory&catid=1](http://www.ametisttasi.com/index.php?option=com_ponygallery&Itemid=27&func=viewcategory&catid=1)
- Ametist kristalli kolye ucu*, (b.t). 9 Eylül, 2009, [http://www.kenzay.com/pimages/7213\\_1b.jpg](http://www.kenzay.com/pimages/7213_1b.jpg)
- Balitsky, V. S., Lu, T., Rossman, G. R., Makhina, I. B., Marina, E. A., Shigley, J. E., Elen, S. (2001). Growth and charecteristics of some new variaties of coloured quartz single crystals. *High Pressure Research*, 20, 219-227.
- Birsoy, R. (1987). Doğal ametistin kirlilik içeriği ve renklenmesi. *Türkiye jeoloji Bülteni*, C. 30, 63–66.
- Coğrafi yapı*, (b.t). 10 Ağustos, 2009, <http://www.saricakaya.gov.tr/tr/saricakaya-menu/cografı-yapı.html>

- Cohen, A. J. ve Hassan, F. (1974). Ferrous and ferric ions in synthetic quartz and natural amethyst. *American Mineralogist*, C. 59, 719-728.
- Dağ, F. (1978). *Balıkesir-Dursunbey-Güğü Köyü ametist ön etüt raporu* (Rapor No:6392). Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Dora, O. Ö. (1970). Karakoca granit masifinde petrolojik ve metalojenik etüdlar. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 73, 1-10.
- Gürbüz, M. (2007). *Güğü (Dursunbey-Balıkesir) civarındaki ametistlerin oluşumunun incelenmesi (Doktora Tezi)*. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Hatipoğlu, M. (1984). *Sarıcakaya güneydoğusu jeolojisi ve ekonomik potansiyeli (Bitirme Tezi)*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- Hatipoğlu, M. Ve Dora, O.Ö. (1999). Anadolu'da kullanılmış en eski süstaşı hammaddeleri olan Ankara agatları ve Eskişehir kalsedonlarının gemolojik incelemesi. *Baksem-99 1. Batı Anadolu hammadde kaynakları sempozyumu (8-14 Mart) bildiriler kitabı* içinde (462-468). İzmir.
- Hatipoğlu, M. (2003). Güğü köyü ametist kristallerinin değerlendirilmesi (Dursunbey, Balıkesir, KB Türkiye) ve yöresel ekonomiye katkısı. *Türkiye IV. mermer sempozyumu (mersem' 2003) bildiriler kitabı* içinde (243-256). Afyon.
- Hatipoğlu, M. ve Dora, O.Ö. (2005). Türkiye'de antik bir süstaşı malzemesi olan Sarıcakaya (Eskişehir) kalsedonunun jeolojik yerleşimi, mineralojik-gemolojik özellikleri ve madenciliği. *I. uluslararası değerli taşlar ve metaller sempozyumu (29-30 Nisan) bildiriler kitabı* içinde (193-215). İstanbul.
- Hurlbut, Jr., C. S. ve Switzer G. S. (1979). *Gemology*. United States of America: John Wiley&Sons, Inc.



İçözü, T. (2001). *Some example displaying in the productivity of the Anatolian gemological potential (Doktora Tezi)*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı.

İçözü, T. (2005). Güğü ametist oluşumunun gemolojik özellikleri. *I. uluslararası değerli taşlar ve metaller sempozyumu (29-30 Nisan) bildiriler kitabı içinde (245-256)*. İstanbul.

Kibici, Y. (1982). *Sarıcakaya (Eskişehir) masifinin jeolojisi, petrografisi ve petrolojik etüdü, masife ilişkin kalay araştırması (Doktora Tezi)*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Kibici, Y. (1990). Sarıcakaya (Eskişehir ) volkanitlerinin petrolojisi ve kökensel yorumu. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 33, 69–77*.

Köse, H., Yalçın, E., Şimşir, F., Konak, G., Onargan, T., Kızıl, M.S. (2006). *Açık işletme tekniği (3. baskı)*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Basım Ünitesi.

*Kırakit nedir?*, (b.t), 18 Ağustos, 2008, <http://www.kirakit.com.tr>

Lehmann, G. (1975). On the color centres of iron in amethyst and synthetic quartz: A discussion. *American Mineralogist, C.60, 335-337*.

Meriçboyu, Y. A. (2001). *Antikçağ'da Anadolu takıları*. İstanbul: Akbank Yayınları.

*Obje modelleri*, (b.t). 10 Ağustos, 2009, <http://www.kalsedon.com.tr/>

*Our educational page including tumbled stones, crystals, pyrite, copper and fossil kits, amethyst*, (b.t). 9 Eylül, 2009, <http://therockshed.com/kits/2k5a.jpg>

Read, P. G. (1999). *Gemmology* (second edition). Great Britain: Butterworth-Heinemann.

Şentürk, K. ve Karaköse, C. (1982). Orta Sakarya bölgesinde liyas öncesi ofiyolitlerin ve mavişistlerin oluşumu ve yerleşmesi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, O. 24, 1–10.

Soykan, A. (2003). Balat çayı (Dursunbey) havzasının jeomorfolojik özellikleri. *Alaçam Dağları ve Dursunbey I. ulusal sempozyumu (2-3 Eylül 2002) bildiriler kitabı* içinde (195-212). Balıkesir.

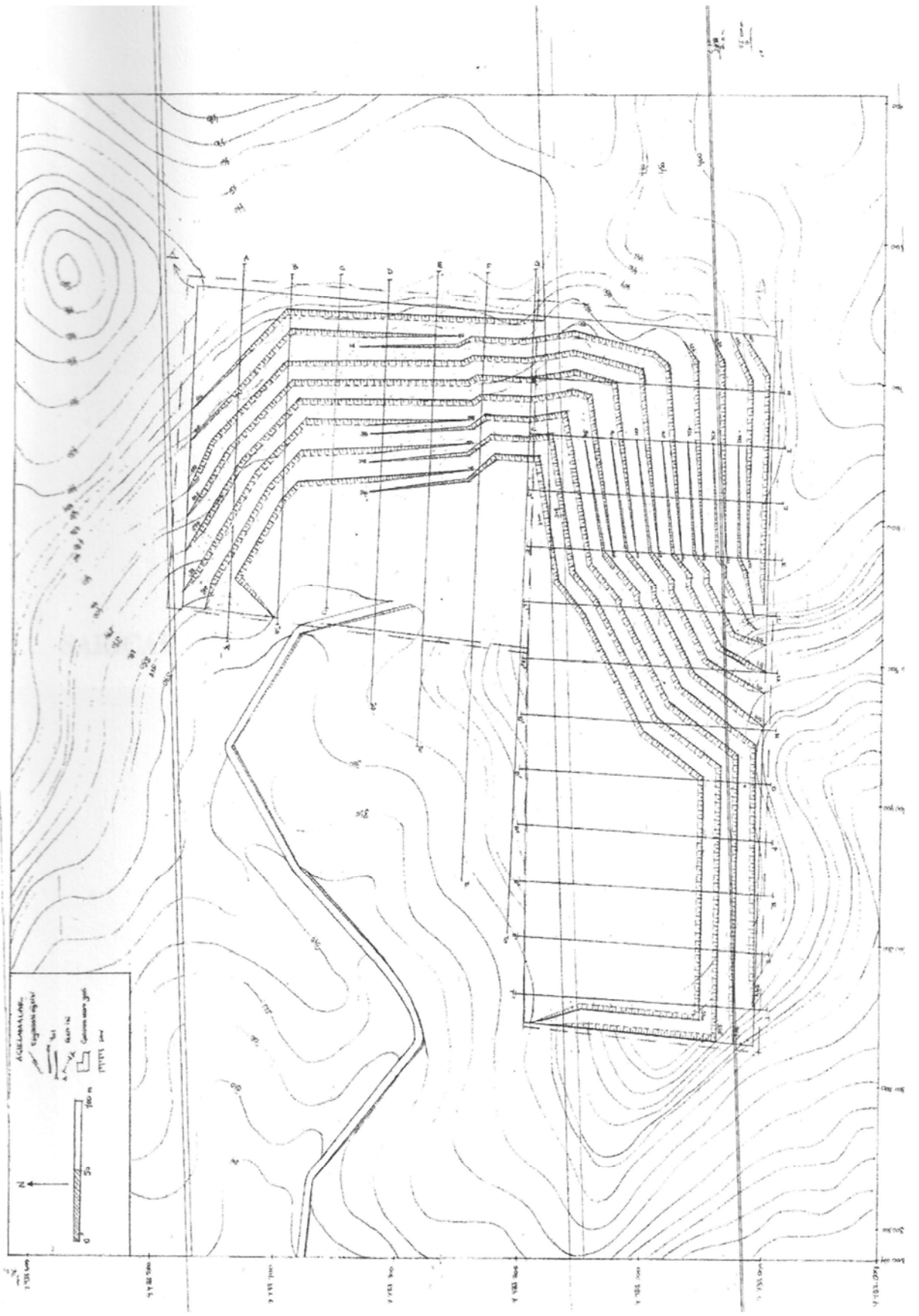
Şener, M. ve Gevrek, A.İ. (1986). Simav-Emet-Tavşanlı yörelerinin hidrotermal alterasyon zonları. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28, 43–49.

*Takı modelleri*, (b.t). 10 Ağustos, 2009, <http://www.kalsedon.com.tr/>

Türe, A. (2005). *Dünya kıyumculuk tarihi 1: Takının öyküsü*. İstanbul: Goldaş Kültür Yayınları.

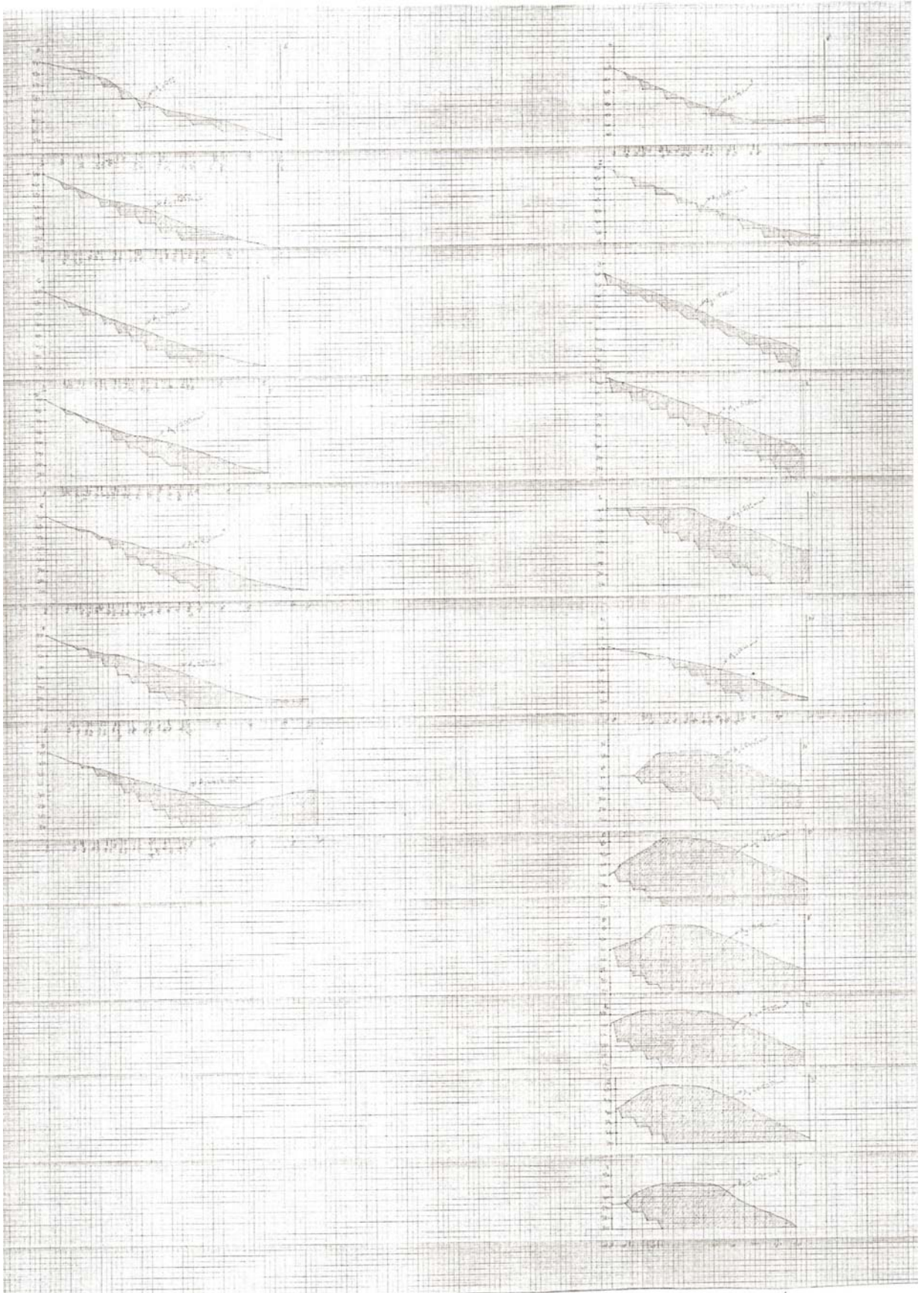
**EK1-A**

**SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON SAHASINA AİT AÇIK OCAK  
PLANININ NİHAİ HALİ**



**EK1-B**

**SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON SAHASI AÇIK OCAK PLANINA  
AİT KESİTLER**





**EK1-C**

**SARICAKAYA (ESKİŞEHİR) KALSEDON SAHASI  
İŞLETİLEBİLİR REZERV HESAPLARI**

A Bölümü

$$A_1=755 \text{ m}^2$$

$$A_2= 1355 \text{ m}^2$$

$$A_3= 1660 \text{ m}^2$$

$$A_4= 2015 \text{ m}^2$$

$$A_5= 2830 \text{ m}^2$$

$$A_6= 3225 \text{ m}^2$$

$$A_7= 4480 \text{ m}^2$$

Kesit aralığı (d)= 40 m

Kalsedon sahasında A bölümünde yapılacak toplam üretim ( $V_T$ );

$$V_T = \frac{A_1 + A_2}{2} * d + \frac{A_2 + A_3}{2} * d + \dots \frac{A_{11} + A_{12}}{2} * d$$

$$V_T = 2.027.500 \text{ m}^3 * 2,385 \text{ t} / \text{m}^3 \cong 4.840.000 \text{ t}$$

B bölümü,

$$A_1=700 \text{ m}^2$$

$$A_2= 1080 \text{ m}^2$$

$$A_3= 1870 \text{ m}^2$$

$$A_4= 3280 \text{ m}^2$$

$$A_5= 5125 \text{ m}^2$$

$$A_6= 1770 \text{ m}^2$$

$$A_7= 5445 \text{ m}^2$$

$$A_8= 8315 \text{ m}^2$$

$$A_9 = 7950 \text{ m}^2$$

$$A_{10}= 7035 \text{ m}^2$$

$$A_{11}= 6205 \text{ m}^2$$

$$A_{12}= 4525 \text{ m}^2$$

Kesit aralığı (d)= 40 m

Kalsedon sahasında B bölümünde yapılacak toplam üretim ( $V_T$ );

$$V_T = \frac{A_1 + A_2}{2} * d + \frac{A_2 + A_3}{2} * d + \dots \frac{A_{11} + A_{12}}{2} * d$$

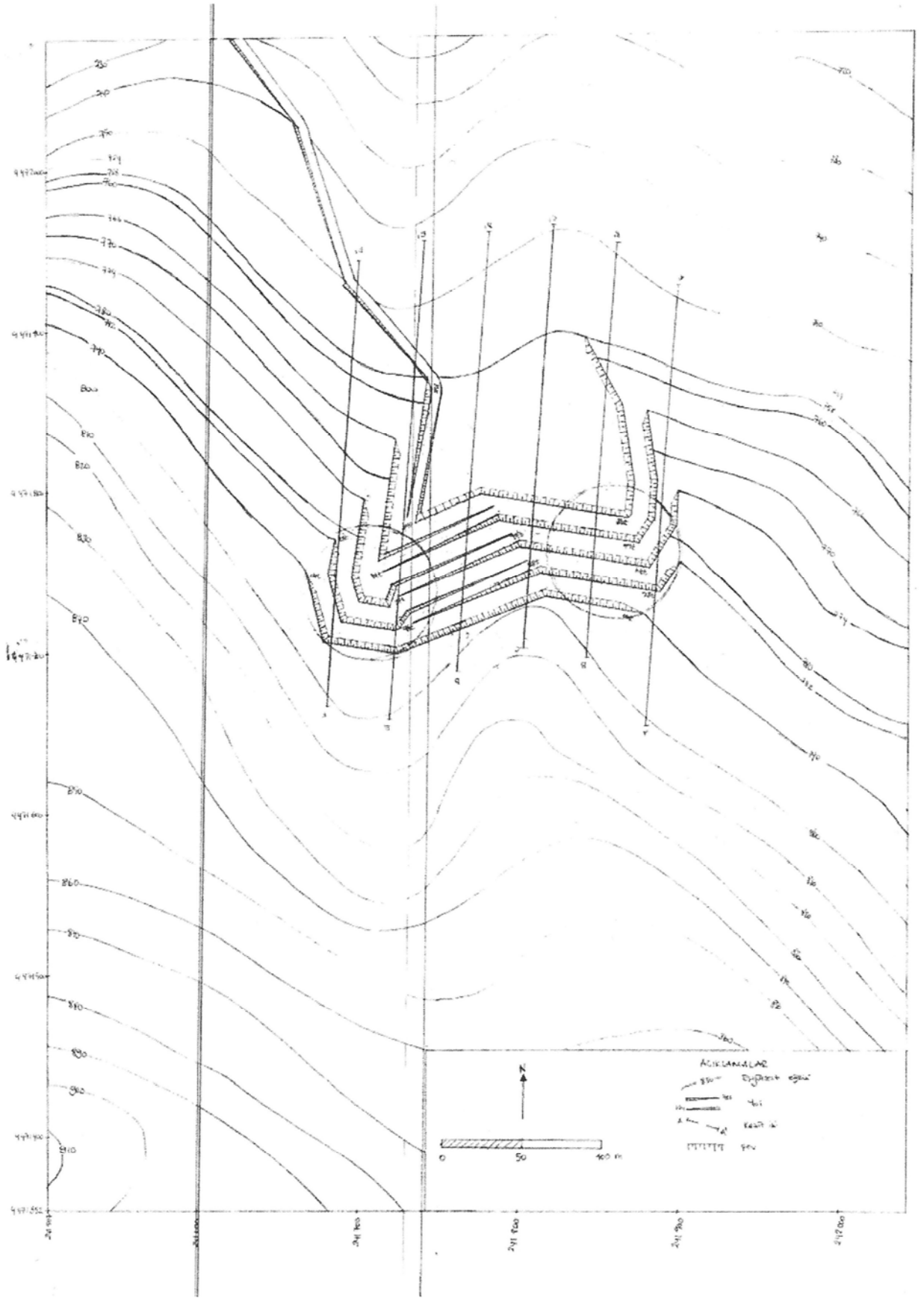
$$V_T = 2.027.500 \text{ m}^3 * 2,385 \text{ t} / \text{m}^3 \cong 4.840.000 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} \text{Kalsedon sahasından yapılacak toplam üretim miktarı} &= 4.840.000 + 1.310.000 \\ &= 6.150.000 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bu üretimden elde edilecek kalsedon miktarı} &= 548.100 + 2.027.500 = 2.575.600 \\ &= 2.575.600 * 50 \text{ kg/} \\ &130.000 \text{ t} \end{aligned}$$

**EK2-A**

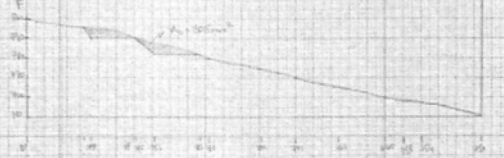
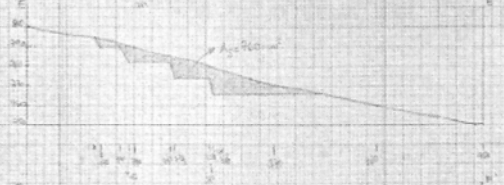
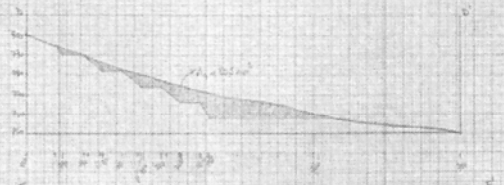
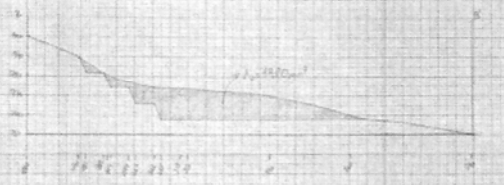
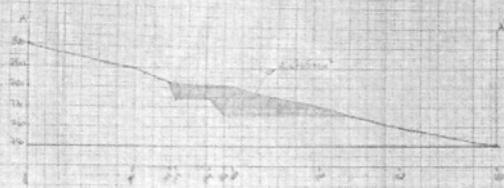
**GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST SAHASINA AİT AÇIK OCAK  
PLANININ NİHAİ HALİ**



**EK2-B**

**GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST SAHASI AÇIK OCAK PLANINA  
AİT KESİTLER**





**EK2-C**

**GÜĞÜ KÖYÜ (BALIKESİR) AMETİST SAHASI  
İŞLETİLEBİLİR REZERV HESAPLARI**

$$A_1 = 765 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 805 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 1980 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 760 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 1575 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 205 \text{ m}^2$$

Kesit aralığı (d)= 40 m

Ametist ocağında yapılacak toplam üretim ( $V_T$ );

$$\begin{aligned} V_T &= \frac{A_1 + A_2}{2} * d + \frac{A_2 + A_3}{2} * d \dots + \frac{A_5 + A_6}{2} * d \\ V_T &= \frac{765 + 1980}{2} * 40 + \frac{1980 + 1575}{2} * 40 + \\ &\frac{1575 + 805}{2} * 40 + \frac{805 + 760}{2} * 40 + \frac{760 + 205}{2} * 40 \\ V_T &= 224.200 \text{ m}^3 * 2,61 \text{ t} / \text{m}^3 \cong 585.000 \text{ t} \end{aligned}$$

Bu üretimden elde edilecek toplam ametist miktarı;

$$224.200 * (60-70) \text{ kg} / 14.600 \text{ t}$$