

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÜMELİ (İVRİNDİ-BALIKESİR) TALK OLUŞUMLARININ  
MİNERALOGİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JENETİK İNCELEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeo. Müh. Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN**

**Balıkesir, Ağustos – 2008**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GÜMELİ (İVRİNDİ-BALIKESİR) TALK OLUŞUMLARININ**  
**MİNERALOJİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JENETİK İNCELEMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeo. Müh. Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN**

**Sınav Tarihi: 26.08.2008**

**Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN (Danışman-BAÜ)**

**Yrd. Doç. Dr. M. Selman AYDOĞAN (BAÜ)**

**Yrd. Doç. Dr. Altuğ YAVAŞ (BAÜ)**

**Balıkesir, Ağustos - 2008**



## **ÖZET**

# **GÜMELİ (İVRİNDİ-BALIKESİR) TALK OLUŞUMLARININ MİNERALOJİK-JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE JENETİK İNCELEMESİ**

**Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN**  
**Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,**  
**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN)**

**Balıkesir, 2008**

İvrindi (Balıkesir) bölgesinde, baskın olarak Alt Triyas yaşlı pelitik ve psammitik kayalardan meydana gelmiş olan düşük dereceli metamorfizma ürünü şistlerle ilişkili çeşitli talk oluşumları bulunmaktadır. Bu oluşumlar; ince kesit, kimyasal analiz, SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu), XRD (X-Işını Difraksiyonu), DTA (Diferansiyel Termal Analiz), Infrared (IR) Spektroskopisi gibi farklı analiz metotlarıyla incelenmiştir.

İnce kesit ve XRD çalışmalarına göre talk örneklerinin mineral parajenezleri temel olarak; talk, epidot, aktinolit, amfibol, zoisit, klorit ve dolomitten oluşmaktadır ve parajenezde yer alan mineraller yeşil şist fasiyesinde gelişen bir metamorfizmayı belirtirler.

SEM çalışmalarında talk ve ilişkili minerallerin morfolojik özellikleri belirlenerek ve ilgili kısımların nokta analizleri yapılarak kimyasal bileşiminin de belirlenmesine çalışılmıştır. Buna göre örnekler tipik talk bileşimini yansıtırken

içerdikleri yüksek demir, magnezyum ve krom içerikleri ile dikkat çekmektedir. Özellikle krom içeriğinin yüksek çıkması talkın ultramafik bir ana kayaktan türemiş olduğunu destekler.

Kimyasal analizler ise; talk oluşumlarının çoğunun  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bakımından zengin olduğunu, daha az oranda da  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ve  $\text{CaO}$  içerdiklerini göstermiştir. İz elementler arasında Ni (1541 ppm), Co (82 ppm) ve Cr (1711 ppm) oranlarının oldukça yüksek çıkması yine talk oluşumlarının, serpantinize olmuş ultramafik kökenli bir kayaktan (dunit, harzburjit v.b) türemiş olabileceğine işaret etmektedir.

Elde edilen verilere göre; söz konusu talk oluşumları ve bunların ana kayaları, muhtemelen Kuzeybatı Anadolu'da bulunan Karakaya Kompleksi'ne ait ofiyolitlere bağlı ultramafik kayalarla ilgilidir ve bunların hidrotermal alterasyonu sonucu oluşmuştur.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Talk / ultramafik / Karakaya Kompleksi / İvrindi / Balıkesir

## **ABSTRACT**

### **MINERALOGICAL-GEOCHEMICAL PROPERTIES AND GENETIC INVESTIGATION OF GÜMELİ TALC OCCURRENCES (İVRİNDİ-BALIKESİR)**

**Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN**  
**Institute of Natural and Applied Sciences,**  
**Department of Geological Engineering**

**(M. Sc. Thesis / Supervisor: Prof. Dr. Fazlı ÇOBAN)**

**Balıkesir-Turkey,2008**

Various talc deposits are found in the low-graded metamorphic schists consisting dominantly of Lower Triassic aged pelitic and psammitic rocks in İvrindi Region (Balıkesir). These occurrences have been investigated by means of different analysis methods such as thin-section, chemical analysis, SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-Ray Diffraction), DTA (Differential Thermal Analysis), and Infrared (IR) Spectroscopy.

Thin-section and XRD studies indicate that mineral paragenesis of talc samples is characterized by talc, epidote, actinolite, amphibole, zoisite, chlorite, and dolomite. The paragenesis minerals point out a green schist metamorphism.

In SEM studies, it has been tried to determine morphological properties of talc and related minerals and determine the chemical composition of talc samples with the help of EDX analyses. According to data, samples reflect a typical talc

composition and have high iron, magnesium and chrome contents. Particularly, high chrome content supports the idea that talc was derived from an ultramafic parent rock.

Chemical analyses show that most of talc occurrences are enriched in SiO<sub>2</sub>, MgO and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, to lesser extent, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and CaO. Amongst trace elements, high Ni (1541 ppm), Co (82 ppm) and Cr (1711 ppm) proportions again indicate that talc was derived from serpentinized mafic or ultramafic rocks (e.g. dunite and harzburgite) in terms of parental affinity.

In respect of obtained data, the studied talc occurrences and their parent rocks should have been probably formed by hydrothermal alteration of ultramafic rocks belonging to ophiolites of the Karakaya Complex, northwestern Anatolia.

**KEY WORDS:** Talc / ultramafic / Karakaya Complex / İvrindi / Balıkesir

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET, ANAHTAR SÖZCÜKLER.....	ii
ABSTRACT, KEY WORDS.....	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ÖNSÖZ.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Konu ve Amaç.....	1
1.2 Coğrafya.....	2
1.2.1 İnceleme Alanının Yeri.....	2
1.2.2 Morfoloji.....	2
1.2.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	4
1.2.4 Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım.....	4
2. MATERYAL VE METOT.....	5
3. BÖLGESEL JEOLJİ.....	7
3.1 Stratigrafi.....	7
3.1.1 Paleozoyik.....	7
3.1.2 Mesozoyik.....	9
3.1.2.a Triyas.....	9
3.1.2.b Jura-Kretase.....	10
3.1.3 Senozoyik.....	10
3.1.3.a Eosen-Oligosen.....	10
3.1.3.b Miyosen.....	11
3.1.3.c Pliyosen.....	12
3.1.3.d Kuvaterner.....	12
3.2 Tektonizma.....	13
4. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ.....	15
4.1 Çavdarıtepe Formasyonu.....	15
4.1.1 Ayçalıtepe Kireçtaşı Üyesi.....	21
4.2. Kınık Formasyonu.....	22
4.2.1 Çaldağ Kireçtaşı Üyesi.....	26
4.3 Yuntdağ Volkanitleri.....	28
4.4 Rahmanlar Aglomerası.....	31
4.5 Alüvyon.....	35
5. İNCELEME ALANI TALK OLUŞUMLARI.....	36
5.1 1 No'lu Talk Oluşumu.....	37
5.2 2 No'lu Talk Oluşumu.....	37

5.3 3 No'lu Talk Oluşumu.....	38
5.4 Talk İle İlgili Kayaç Örneklerinin Petrografik Tayinleri.....	40
6. MİNERALOJİ.....	43
6.1 Talkın Mineralojik Özellikleri.....	43
6.2 X-Işımı Difraksiyon (XRD) Analizleri.....	44
6.3 Diferansiyel Termal Analiz (DTA) İncelemeleri.....	47
6.4 Infrared (IR) Spektroskopisi Analizleri.....	48
6.5 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri.....	50
7. JEOKİMYA.....	57
7.1 Ana Elementler.....	58
7.2 İz Elementler.....	58
7.3 Nadir Toprak Elementleri (REE).....	59
8. TALK YATAKLARININ OLUŞUMU.....	61
9. EKONOMİK JEOLJİ.....	66
9.1 Talkın Kullanım Alanları.....	69
9.1.1 Seramik Sanayiinde Talkın Kullanımı.....	69
9.1.2 Çatı Kaplamasında Talkın Kullanımı.....	70
9.1.3 Boya Sanayiinde Talkın Kullanımı.....	70
9.1.4 Haşerelere Karşı Talkın Kullanımı.....	70
9.1.5 Kauçuk Sanayiinde Talkın Kullanımı.....	70
9.1.6 Kağıt Sanayiinde Talkın Kullanımı.....	71
9.1.7 Kozmetik ve Farmakolojide Talkın Kullanımı.....	71
9.2 Talkın Tüketim Alanları.....	71
9.3 Talkın Üretim Yöntemleri ve Teknolojisi.....	72
10. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	74
10.1 Metamorfizma ve Hidrotermal Alterasyon.....	75
10.2 Protolitlerin Doğası.....	76
KAYNAKLAR.....	79
EKLER.....	82
EK A. GÜMELİ (İVRİNDİ, BALIKESİR) CİVARININ JEOLJİ HARİTASI.....	82

## SEMBOL LİSTESİ

<u>Simge</u>	<u>Adı</u>	<u>Birimi</u>
Å	angström	$10^{-8}$ cm.
$\alpha$	alfa	
$\beta$	beta	
°C	derece santigrad	
$\text{cm}^{-1}$	frekans	
dak.	dakika	60 saniye
V	volt	
$\theta$	teta	
$\mu\text{m}$	mikron metre	$10^{-6}$ m.

## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1	İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	3
Şekil 3.1	Batı ve Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nin jeolojik haritası.....	8
Şekil 3.2	Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nin tektonik haritası.....	13
Şekil 4.1	İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	16
Şekil 4.2	İnceleme alanının jeoloji haritası.....	17
Şekil 4.3	Çavdarıtepe Formasyonu ve içindeki kuvars merceği.....	18
Şekil 4.4	Çavdarıtepe Formasyonu ile Kınık Formasyonu arasındaki dokanak ilişkisi.....	19
Şekil 4.5	Çavdarıtepe Formasyonu'ndaki şiste ait optik mikroskop görüntüsü.....	20
Şekil 4.6	Ayçalıtepe kireçtaşı üyesinin Çavdarıtepe Formasyonu içindeki görünümü.....	21
Şekil 4.7	Ayçalıtepe Kireçtaşı Üyesi'ni meydana getiren rekristalize kireçtaşına ait mikroskop görüntüsü.....	22
Şekil 4.8	Metakumtaşı ve çamurtaşı düzeylerinin egemen olduğu Kınık Formasyonu'nun mostra görünümü.....	23



Şekil 4.9 Kınık Formasyonu içindeki Çaldağ Kireçtaşı Üyesi'ne ait blokların Pirenlî Sırtı'ndan görünümü.....	24
Şekil 4.10 Kınık Formasyonu'ndaki metavolkanite ait optik mikroskop görüntüsü.....	25
Şekil 4.11 Kınık Formasyonu'na ait metavolkanitteki plajioklasın optik mikroskop görüntüsü.....	26
Şekil 4.12 Çaldağ kireçtaşı üyesinden ve bol fosil içeren seviyesinden bir görünüm.....	27
Şekil 4.13 Çaldağ kireçtaşı üyesine ait kireçtaşından yapılan ince kesitin optik mikroskop görüntüsü.....	28
Şekil 4.14 Yuntdağ Volkanitleri ve üzerine gelen aglomera seviyesi.....	29
Şekil 4.15 Yuntdağ Volkanitlerine ait bir tuf ince kesiti içindeki altere olmuş plajioklasdan bir görünüm.....	30
Şekil 4.16 Yuntdağ Volkanitlerine ait bir andezit ince kesitindeki plajioklaslardan bir görünüm.....	31
Şekil 4.17 Rahmanlar Aglomera'sının İbik Tepe civarındaki mostra görünümü.....	32
Şekil 4.18 Rahmanlar Aglomerası'na ait bir tüften yapılan ince kesitte altere olmuş plajioklasdan bir görünüm.....	33
Şekil 4.19 Rahmanlar Aglomerası'na ait bir tüften yapılan ince kesitte plajioklasın karbonatlaşması.....	34
Şekil 4.20 Rahmanlar Aglomerası'na ait tuf ince kesitindeki apatit mineralinin görüntüsü.....	34

Şekil 5.1 1 No'lu talk oluşum mostrasından bir görünüm.....	37
Şekil 5.2 2 No'lu talk oluşum mostrasının görünümü.....	38
Şekil 5.3 3 No'lu oluşumda talkları saran dolomit mikro damarlarından bir görünüm.....	39
Şekil 5.4 3 No'lu talk oluşum mostrasının görünümü.....	39
Şekil 5.5 T2-A talk şist kesitindeki talk-opak mineral birlikteliğinin optik mikroskop görüntüsü.....	40
Şekil 5.6 T1-A klorit-talk şist kesitindeki talk ve kloritlerin optik mikroskop görüntüleri.....	41
Şekil 5.7 T3-Ü klorit-talk şist kesitindeki talk ve idiomorf dolomitin optik mikroskop görüntüsü.....	42
Şekil 6.1 Talk mineralinin kristal morfolojisi.....	43
Şekil 6.2 T2-A örneğine ait X-ışınları difraksiyon kaydı.....	45
Şekil 6.3 T2-Ü örneğine ait X-ışınları difraksiyon kaydı.....	46
Şekil 6.4 T3-A örneğine ait X-ışınları difraksiyon kaydı.....	47
Şekil 6.5 T3-A (3.oluşum, alt seviyesi) talk örneğine ait DTA-TG eğrileri.....	48
Şekil 6.6 T1-A talk örneğine ait infrared (IR) spektroskopi grafiği.....	49
Şekil 6.7 Talk-klorit birlikteliğini gösteren taramalı elektron mikroskop görüntüsü.....	50

Şekil 6.8 Talk (Ta) - Klorit (Kl) birlikteliği ve yüksek Fe içeriğini gösteren EDX diyagramı.....	51
Şekil 6.9 Talkın tipik sabunumsu görünümü (2. oluşum, T2-A örneği).....	52
Şekil 6.10 Şekil 6.9'deki işaretli kesimden yapılan EDX analizi diyagramı.....	52
Şekil 6.11 Yapırsız yapıdaki mükemmel dilinimli talk kristallerini gösteren SEM fotoğrafı.....	53
Şekil 6.12 Şekil 6.11'deki (+) işaretli kesimden yapılan EDX analizi diyagramı.....	53
Şekil 6.13 Talk içindeki dolomit ve siderit damarlarını gösteren SEM fotoğrafı.....	54
Şekil 6.14 Şekil 6.13' deki işaretli kesimden yapılan EDX analizi diyagramı.....	55
Şekil 6.15 Dolomit (Do) ve talk (Ta) birlikteliğini gösteren SEM fotoğrafı.....	55
Şekil 6.16 Talk içindeki yüksek Cr içeriğini gösteren EDX analizi.....	56
Şekil 7.1 Talk (T1) ve ana kayası TU'ya ait örnek için Chondrite'e göre normalize edilmiş iz element bollukları.....	60
Şekil 8.1 Magnezyum karbonat kökenli talk yataklarına örnek.....	62
Şekil 8.2 Serpantinit kökenli talk yataklarına örnek.....	63
Şekil 8.3 Alüminyum-silikalı kayaç kökenli talk yataklarına örnek.....	64
Şekil 9.1 Dünyadaki önemli talk yatakları.....	67
Şekil 9.2 Türkiye'deki önemli talk yatakları.....	67

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 6.1	İnceleme konusu talk oluşumlarına ait temel mineral parajenezi.....	44
Çizelge 7.1	Gümeli (İvrindi, Balıkesir) civarındaki talk oluşumları ve ana kayalara ait kimyasal analiz sonuçları.....	58
Çizelge 9.1	Türkiye’de bilinen talk yatakları ve rezerv durumu.....	68
Çizelge 9.2	Dünya ticari talk rezervleri.....	69
Çizelge 9.3	Avrupa ülkelerindeki talk tüketimi).....	72

## ÖNSÖZ

2007-2008 yılları arasında yürütülen bu tez, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Tezin danışmanlığını üstlenerek, konu seçiminden tamamlanmasına kadar her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, değerli görüş, tecrübe ve bilgileriyle bugünkü bilgi ve becerilerimi kazanmamı sağlayan, danışman hocam sayın Prof.Dr.Fazlı ÇOBAN'a,

İnce kesitlerle ilgili değerli görüş ve yorumlarından dolayı sayın Yrd.Doç.Dr.Ömer ELİTOK'a,

Çalışmalarımın her bölümünde desteğini gördüğüm, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve sonuca ulaştırılmasında yardımlarını esirgemeyen, tezin başlangıç aşamasından bitim aşamasına kadar destek ve değerli yorumlarıyla katkı sağlayan sayın Yrd.Doç.Dr.Mustafa Selman AYDOĞAN'a,

Bu çalışmayı başından sonuna kadar finansal yönden destekleyen Balıkesir Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (Proje No: 2007/51)'ne,

SEM çalışmaları sırasında değerli vaktini ayırıp, katkı ve yardımlarını esirgemeyen sayın Yrd.Doç.Dr.Ahmet YILDIZ'a ve sayın Yrd.Doç.Dr.Metin BAĞCI'ya,

Tezin başından sonuna kadar her konuda yardımını ve desteğini gördüğüm değerli arkadaşım sayın Arş.Gör.Ali Kamil YÜKSEL'e,

İnce kesitlerin hazırlanması ve yapılmasındaki yardımlarından dolayı sayın Jeo.Yük.Müh.Talia YAŞAR (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)'a ve sayın Jeo.Müh.Özlem ŞAHİN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)'e,

Arazi çalışmalarımın bir kısmında bana eşlik ederek destek veren Durhan CİNCİOĞLU ve Tuğrul KARABULUT'a,

Çalışmalarım süresince manevi desteğini ve sabrını esirgemeyen eşime, teşekkürü bir borç bilirim.

**Balıkesir, 2008**

**Gökhan BÜYÜKKAHRAMAN**

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Konu ve Amaç

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez, **“Gümelî (İvrindi-Balıkesir) Talk Oluşumlarının Mineralojik-Jeokimyasal Özellikleri Ve Jenetik İncelemesi”** ile ilgilidir.

Talk oluşumlarının mineralojik ve jeokimyasal özellikleri incelenerek kökeninin ortaya konulması amaçlanmıştır. Talk oluşumlarının jeolojik konumunun belirlenmesi amacı ile inceleme alanının 1/25000 ölçekli jeolojik haritası yapılmış ve genelleştirilmiş stratigrafik kesiti hazırlanmıştır.

Petrografik incelemeler, talk ve inceleme alanındaki diğer kayaç numunelerinin ince kesitlerinin hazırlanmasıyla, mineralojik incelemeler ise, numuneler üzerinde XRD ve SEM analizlerinin yapılmasıyla gerçekleştirilmiştir. DTA, IR analizi, ana, iz ve nadir toprak elementleri (REE) kimyasal analizleri ile jeokimyasal özellikler belirlenmiştir.

Yapılan çalışma ile talk oluşumlarının görüldüğü Alt Triyas yaşlı epimetamorfik kayaçların karakterinin tespit edilmesi, talk oluşumlarının mineralojisi ve jeokimyası ile epimetamorfik kayaçtan talka dönüşüm sürecinde etkili olan ortam koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **1.2 Coğrafya**

### **1.2.1 İnceleme Alanının Yeri**

İnceleme alanı, Batı Anadolu Bölgesi'nde, Balıkesir il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Balıkesir-İvrindi karayolunun güneybatısında olup, Balıkesir'e 38 km. uzaklıkta bulunan İvrindi ilçesinin güneybatısında yer almaktadır (Şekil 1.1).

Çalışma alanı içerisindeki yerleşim merkezleri Gümeli, Haydarköy, İkizce ve Ada köyleridir. İnceleme bölgesi yaklaşık 39 km<sup>2</sup>'lik bir alanı kapsamakta ve 1/25000 ölçekli Balıkesir-J18-b1 topoğrafik paftasında yer almaktadır.

### **1.2.2 Morfoloji**

İnceleme alanında topografya genellikle engebeli ve sarp bir yapıya sahiptir. Yükseklik, inceleme alanının batısındaki tepelerde 700-1050 m. arasında iken; doğusundaki tepelerde 550-900 m. arasında değişmektedir. Çalışma alanında bulunan en yüksek tepeler, batıda Erkaya Tepe (1044 m.) ve Mandagözü Tepe (921 m.), doğuda ise Emiroluk Tepe (895 m.)'dir. Talk oluşumlarının yakınında ise Hacıosman Sırtı bulunur.

İnceleme alanındaki en büyük dere Mısırtarlası Dere olup, harita alanını KD-GB yönünde ikiye ayırmaktadır ve akış yönü KD istikametindedir. Bu dere, inceleme alanının doğusuna doğru Haydar Dere, batısına doğru ise Bıçkıcı Dere ile birleşmektedir. Talk oluşumlarının bulunduğu yerlerde ise en önemli dere Hacıosman Dere'dir. Bu dere, Gümeli Köyü'nün yaklaşık 1 km. kadar güneyinde yine Mısırtarlası Deresi ile birleşmektedir.





Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.

### **1.2.3 İklim ve Bitki Örtüsü**

Bölge, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasındaki geçiş bölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle her iki iklimin özelliklerini yer yer görmek mümkündür. Yazlar, kurak ve sıcak; kışlar ise soğuk ve yağışlı geçer. Yağışlar kış aylarında kar ve yağmur şeklinde olur. Bölgenin bitki örtüsünü % 8.9 ile kızılçam, % 26.7 ile karaçam, % 1.0 ile kestane ve % 63.4 ile meşe-ardıç ağaçları kaplamakla beraber, diğer endemik bitkiler de bulunmaktadır. Özellikle kireçtaşı bloklarının bulunduğu tepeler sık bitki örtüsüne sahip olup çalılık ve yabani otlarla örtülüdür.

### **1.2.4 Yerleşim Merkezleri ve Ulaşım**

İnceleme alanındaki yerleşim merkezleri nüfusu 500-750 arasında değişen köylerdir. Büyük yerleşim merkezleri, çalışma alanının ve talk oluşumlarının kuzeyinde yer alan Gümeli Köyü ve Gümeli'nin doğusundaki Haydarköy'dür. Bu yerleşim merkezlerinden Gümeli Köyü daha engebeli bir konumda bulunurken, Haydarköy nispeten daha düzlük bir alanda kurulmuştur.

Bölgeye ulaşım Balıkesir-Edremit Devlet karayoluna 2 km. mesafedeki İvrindi ilçesinden Yağlılar, Mallıca, Korucu beldelerini izleyerek Haydarköy üzerinden; ya da Gümeli Köyü üzerinden yapılabilmektedir. Kışın ve sonbaharda özellikle Gümeli ve Haydarköy'den sonraki toprak yolların, yağmur ve kar nedeniyle kalın çamur birikintilerine bürünmesi nedeniyle bu mevsimlerde bölgeye ulaşım oldukça zorlaşmaktadır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda saha, laboratuvar ve büro çalışmalarından oluşan programlı bir jeolojik çalışma ve buna bağlı ayrıntılı mineralojik-petrografik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

İnceleme alanında bulunan epimetamorfik kayalardan, talklardan ve diğer birimleri temsil eden kayalardan sistematik olarak alınan örnekler üzerinde ince kesit, X-Işını Difraksiyonu (XRD), taramalı elektron mikroskobu (SEM), diferansiyel termal analiz (DTA), infrared (IR) spektroskopisi ve kimyasal analiz (ana, eser ve nadir toprak elementleri) incelemeleri yapılmıştır.

Alterasyon etkilerinden kaçınmak amacıyla numuneler, kayaların atmosferle temas etmediği taze yüzeylerinden alınmış ve arazi gözlemlerinde mineralojik farklılaşmanın bir sonucu olarak ortaya çıkan renk değişimlerini temsil eden yüzeylerden örnek alınmaya çalışılmıştır.

Numunelerden ince kesit yapımı, MTA (Maden Tetkik ve Arama) Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi'nde yapılmıştır. İnce kesitler, mineral parajenezi, mineral ilişkileri, dokusal özellikler, adlama yapılabilmesi vb. özelliklerin saptanması amacıyla Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarındaki Olympus marka, CX31-P model, alttan aydınlatmalı polarizan mikroskopta incelenmiştir.

Talkların XRD analizleri Georgia Üniversitesi (ABD), Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında Scintag marka XDS-2000 model X-Işınları cihazı (Ni filtreli, Co-K<sub>α</sub> radyasyonlu) kullanılarak yapılmıştır. Analizlerde 40 kV (voltaj) ve 35 mA (akım) difraksiyon değerleri seçilmiştir. Numuneler 2°/dak.'da taranarak 2°-50° (2θ) goniometre kırınım açısı aralığında analiz edilmiştir.

Taramalı elektron mikroskop (SEM) incelemeleri Afyon Kocatepe Üniversitesi, TUAM (Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi)'da, LEO VP-1431 model cihaz ile 15 kV voltajda, Au-Pd kaplaması yapılan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. SEM incelemeleri yapılırken kalitatif analiz amacıyla enerji dağılım spektrometresi (EDX) analizi de yapılmıştır.

İnceleme alanında mostra veren talk ve epimetamorfik kayaların kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacı ile örneklerin ana, iz ve nadir toprak element analizleri yaptırılmıştır. Jeokimyasal incelemeler için yaklaşık olarak 30 gr. ağırlığındaki kayaç örnekleri yaklaşık 90 µ boyutunda öğütülmüştür. İz element ve nadir toprak elementleri analizleri için 0,5 gr. ağırlığındaki numuneler, 3 ml'lik HCl-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O karışımından hazırlanan solüsyonda ~ 95°C'de 1 saat işleme tabi tutulup, 10 ml'ye tamamlanmakta ve en son filtreleme yapılarak numune analize hazır hale getirilmektedir. Analizler, ACME Analytical Laboratories Ltd. (Kanada) laboratuvarlarında ICP-MS yöntemi ile yapılmıştır. Bu kayaç örneklerinde ana elementlerden SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, L.O.I.; A.Z. [(A.Z, Ateşte Kayıp; 1000°C)]; iz elementlerden Rb, Sr, Ba, Zr, Hf, Ta, Th, U, Nb, Y, Cu, Zn, Pb, Cs, Ga, V, Ni, Co, Sc; Nadir Toprak Elementlerinden ise La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu içerikleri saptanmıştır.

Diferansiyel termal analiz (DTA) incelemeleri Rigaku diferansiyel termal-termogravimetrik analiz aparatı ile 20°C/dak. ısıtma hızı ve 4 mm/dak. kağıt hızı ile MTA laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Infrared (IR) spektroskopisi incelemesi Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi laboratuvarlarında KBr tekniği kullanılarak, Perkin-Elmer Spektrum Bx-II cihazı ile yapılmıştır.

### 3. BÖLGESEL JEOLJİ

#### 3.1 Stratigrafi

##### 3.1.1 Paleozoyik

Batı Anadolu Bölgesindeki en yaşlı jeolojik birim Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalardır. Metamorfik kayalar Balıkesir ve çevresinde Fazlıkonağı Formasyonu, Biga Yarımadasında Kazdağ Metamorfikleri, Bilecik ve çevresinde Söğüt Metamorfikleri, Kütahya çevresinde Simav Metamorfikleri olarak adlandırılmıştır [1] (Şekil 3.1).

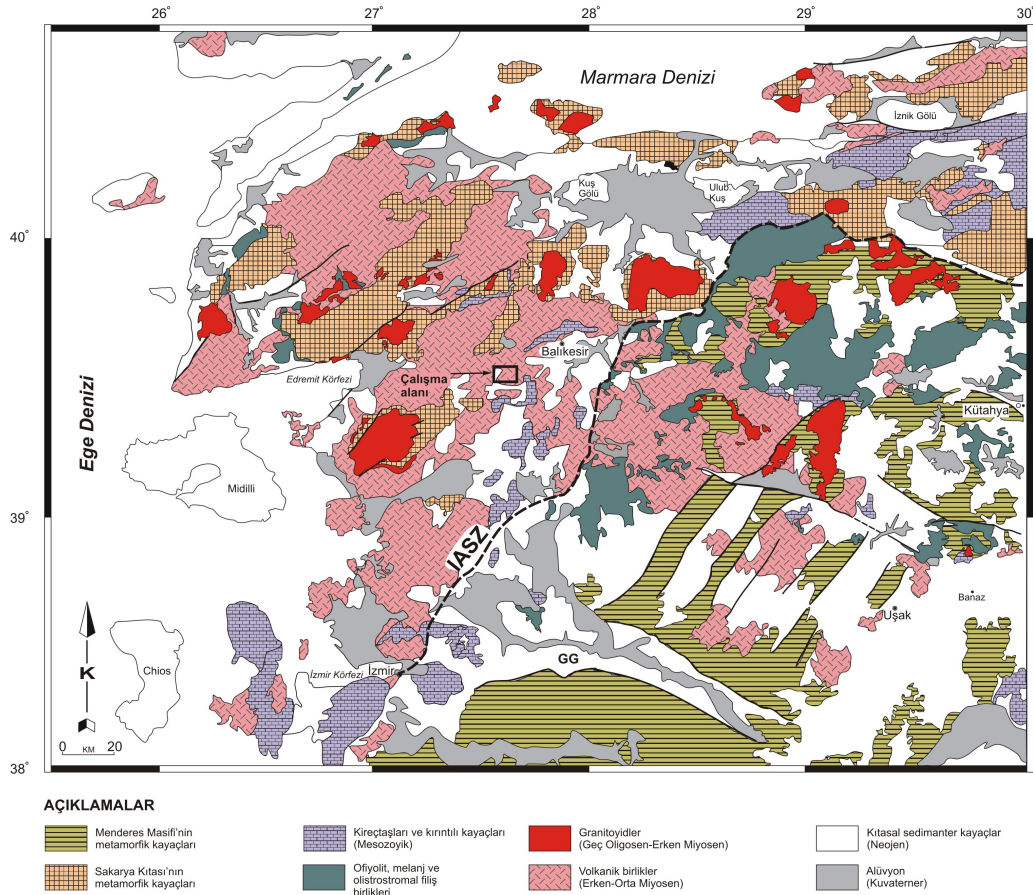
**Fazlıkonağı Formasyonu:** Balıkesir ve çevresinde geniş alanlarda yüzeylenen Fazlıkonağı Formasyonu alacalı renkli şistlerden oluşmuştur. Yer yer mercek ve bant şeklinde mermer ve serpantin kütelleri içermektedir. Birim genellikle bazik magmatik kökenli glokofan-epidot şist ve glokofan-klorit şist ile pelitik-psamitik kökenli kuvars-albit-klorit-serisit şist, kuvars-albit-muskovit şist, muskovit-kuvarsit, metakumtaşı ve metakarbonatlardan oluşmaktadır. Formasyon içerisinde görülen mermerler gri, beyaz renkli, şeker dokulu ve ince-orta tabakalıdır. Genellikle mercek şeklinde görülen serpantin kütelleri ise yer yer şiddetle makaslanarak yapraklanma kazanmıştır [1].

**Kazdağ Metamorfikleri:** Biga Yarımadasında Kaz Dağları ve çevresinde yüzeylenen yüksek dereceli metamorfizmaya uğramış kayalardan oluşur. Birim alttan üste doğru mermer ara bantlı amfibollü gnays, metaofiyolitler ve kuvarso-feldispatik gnayslar ile temsil edilir [2,3].

**Söğüt Metamorfikleri:** Bilecik-Söğüt çevresinde yüzeylenen yeşil ve mavi şistler ile gnays, amfibolit ve granitler Söğüt Metamorfikleri olarak adlandırılmıştır [4].

**Simav Metemorfitleeri:** Yeşilimsi bej, bej kremi renkte olup Simav, Emet, Tavşanlı, Dursunbey çevresinde geniş alanda yüzeylenmektedir. Birim almandin-amfibolit fasiyesindeki gnays ve şistlerden meydana gelmiştir [2].

**Metagranitoyitler:** Biga ve Kapıdağ Yarımadasında gözlenir. Bölgesel metamorfizmaya uğramış plütonik kompleksler ile temsil edilir. Biga Yarımadasında çoğunlukla metamorfik foliyasyonlu, yer yer dayklarla kesilmiş, orta taneli boylu, yoğun altere olmuş birim gnays, meta granit ve metariyolitlerden oluşmaktadır. Kapıdağ Yarımadasındaki intrüzyonlar, özellikle Erdek dolaylarında, Fazlıkonağı Formasyonu'na ilişkin çeşitli şistleri keserek kontakt metamorfizmaya uğratmıştır. Kapıdağ intrüzyonu üzerinde Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu yer alır. Bu nedenle birime Paleozoyik ( veya Triyas öncesi ) yaşı verilmiştir [2].



Şekil 3.1 Batı ve Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nin jeolojik haritası [5'den değiştirilerek].

### 3.1.2 Mesozoyik

#### 3.1.2.a Triyas

**Karakaya Formasyonu:** Permo-Karbonifer yaşı eksotik kireçtaşı blokları içeren, hafif şiddette metamorfizma geçirmiş, Alt Triyas yaşı çakıltaşı, feldspatlı kumtaşı, kuvarsit, silttaşı, sleyt, radyolarit, çamurtaşı, metaspilit, spilit, bazalt ve diyabaz karmaşığı olarak ilk defa 1970'li yılların başında Biga Yarımadasında tanımlanmış olan Karakaya Formasyonunun daha sonraki çalışmalarda Pontidler ile Torid-Anatolit Platformu arasında Biga Yarımadasından Erzincan'a kadar uzanan geniş bir kuşak içerisinde yayılım gösterdiği belirlenmiştir [6].

Karakaya Grubu altta beyaz renkli arkozik kumtaşları ile başlar, üste doğru haki, gri ve kahve renkli şeyl-silttaşı-kumtaşı ardalanması şeklinde devam eder. Bu detritik istif içerisinde yer yer kireçtaşı ve çört bantları yer almakta, ayrıca yaygın olarak ve değişik boyutlarda (cm-birkaç yüz metre) Karbonifer-Permiyen yaşı kireçtaşı blokları olistolit ve olistostrom olarak bulunmaktadır. Birim içerisinde detritik kayaçlarla yanal ve dikey geçişli olarak bazaltik volkanik kayaçlar da yer almaktadır [6].

Karakaya Grubu litolojilerine yönelik çok sayıda yerli ve yabancı araştırmacılar tarafından lokal ve bölgesel ölçekte inceleme ve yorumlar yapılmıştır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda birimin tip lokalitesinde belirlenen adlaması, litostratigrafisi, kronostratigrafisi, çökelme ortamı, yapısal özellikleri, diğer birimlerle olan ilişkileri ve paleocoğrafik evrim modellemeleri genişletilmiş ve/veya farklı şekilde yorumlanmıştır [6].

Karakaya ve Karakaya eşdeğeri litolojiler; Halılağa grubu, Ankara Grubu, Dışkaya Formasyonu, Karakaya Grubu, Karasenir Formasyonu şeklinde adlandırılmıştır. Bazı araştırmacılar da tektono-stratigrafik birim olarak Karakaya Kompleksi (Nilüfer Birimi, Hodul Birimi, Orhanlar Grovağı, Çal Birimi, Spilit Birimi, Moloz Akmalı Birim, Bazalt-çört kumtaşı Birimi), Karakaya Orojenezi,

Karakaya Napı, Üst Karakaya Napı, Karakaya Birliği gibi değişik adlarla tanımlamalar yapmıştır [6].

### **3.1.2.b Jura - Kretase**

**Jura-Kretase Kireçtaşları:** Bütünüyle karbonat kayaları ile temsil edilen birim beyaz, krem, bej renkli ince, orta tabakalı, belirgin laminalı üste doğru masif özelliktedir. Birimin kalın tabakalı kısımları Bilecik Beypazarı, Söğüt, Kütahya Altıntaş ve Balıkesir yöresinde mermer olarak işletilmektedir [6].

**Ofiyolitik Melanj:** Batı Anadolu Bölgesinde geniş mostralar veren birim Balıkesir ve civarında Yayla Melanjı, Biga Yarımadasında Çetmi melanjı, Kütahya ve civarında Dağardı melanjı, Bilecik, Bozüyük civarında Arifler melanjı olarak adlandırılmıştır. Birim, birbirleri ile ilksel ilişkide olmayan çökel, metamorfik ve ofiyolit topluluğuna ait bazik ve ultrabazik kayalardan meydana gelmiş karmaşık bir topluluktur. Radyolarit, çamurtaşı, diyabaz, gabro, dunit, harzburgit, mermer, metakumtaşı, çeşitli şist blokları ve değişik boyutta ve yaşta kireçtaşı bloklarından oluşur. Melanj özelliğindeki birim içinde anılan kayalar köksüz, taşınmış ve tektonik dokanaklı olup, aralarında stratigrafik istiflenme, düşey ve yanal geçişlilik göstermez [2].

### **3.1.3 Senozoyik**

#### **3.1.3.a Eosen – Oligosen**

**Volkanik ve Sedimanter Birimler:** Orta Eosen'de başlayan önemli bir transgresyon bütün Batı Anadolu'da etkin olmuştur. Biga Yarımadasında, Tavşanlı ve çevresinde kalınlığı yüzlerce metreyi bulan kireçtaşı birimleri ve kumtaşı, marn, şeyl, tüflerle temsil edilir [6].



### 3.1.3.b Miyosen

**Granitoyitler:** Çekirdek kısımlarında makro kristalin dokudadırlar. Çoğu granodiyoritik türde olup, iri hornblend, kuvars, mikroklin, biyotit, az apatit içermekte olup kalkalkalin niteliktedir. Gri, beyaz, siyahımsı koyu yeşil renklerde dirler. Kuze ybatı Anadolu Bölgesinde *Çataldağ Plütonu* Susurluk ilçe merkezi doğusunda yer alır. Siyenogranit ve granodiyorit bileşimindedir. *Ilca-Şamlı Plütonu* ise Balıkesir il merkezi kuzeyinde yer alan Ilca ve Şamlı dolaylarında gözlenmektedir. Edremit'in kuzeyi ve Havran çevresinde *Eybek Granitoyiti*, Bilecik-Bozüyük çevresinde *Sakarya Granitoyiti*, Simav-Dağardı-Emet üçgeninde *Eğrigöz Granitoyiti* ile bölge sınırları içinde ve civarında *Uludağ Granitoyiti*, ve *Kozak Granitoyiti*, *Çanakkale-Ayvacık-Kestanbol Granitoyiti*, *Çanakkale-Bayramiç Kuşçayırı Granitoyiti* bulunmaktadır [6].

**Alt-Orta Miyosen Volkanik ve Sedimanter Kayaçları:** Çakıltaşı, kumtaşı, marn, killi kireçtaşı, tuf, aglomera ve lavlarla temsil edilir. Genellikle kirli beyaz, kirli sarı, morumsu beyaz, yeşilimsi beyaz, beyazımsı kahve renktedir. Tabanı çakıl taşları ile başlayıp temele ait tüm birimlerin kayaç parçalarını içerir. Kumtaşları belirgin olmayan bir tabakalanma sunar. Gevşek tutturulmuş tuf ve kalsit çimentoludur. Üste doğru kıltaşı ve marn ardalanması, killi kireçtaşları, kireçtaşı ve silisifiye kireçtaşı ile devam eden birim üst zonlarda tuf, aglomera ve andezit ile yanal ve düşey yönde geçişlidir. Yerel farklılıklar göstermesine rağmen birim tüm Batı Anadolu'da benzer litolojik özellikler gösterir. Birim Ayvalık çevresinden Balya'ya kadar geniş alanlarda, Biga Yarımadasında ve Tavşanlı-Tunçbilek, Bilecik, İznik-Gemlik üçgeninde yüzeylenmektedir [6].

**Üst Miyosen Volkanik ve Sedimanter Kayaçları:** Volkanik Kayaçlar andezit lavı, aglomera ve tüflerden oluşan birim beyaz, gri, açık mor, pembe renklidir. Andezitler porfirik dokuludur. Lavlar plajiyoklas, mika ve az kuvars içerir. Volkanik ve sedimanter kayaçlar arasında yanal ve düşey geçişler görülmektedir. Sedimanter kayaçlar çakıltaşı, kumtaşı, marn, kireçtaşı, silisifiye kireçtaşı ile temsil edilir ve Balıkesir ili Susurluk, İvrindi, Gönen ve Manyas ilçeleri dolaylarında geniş alanlarda mostralara verir. Ayrıca Biga Yarımadasında, Kütahya-

Simav-Emet-Tavaşanlı civarında ve Bilecik, Bozüyük yöresinde geniş alanlarda yüzeylenir [1].

### **3.1.3.c Pliyosen**

**Pliyosen Volkano-sedimanter Kayaçları:** Bölgede geniş mostralara veren sedimanter çökeller, konglomera, kumtaşı, marn, kiltası, killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşur ve yer yer aynı yaşlı lav ve tuf düzeyleri içerir. Birim temel kayaçlara ait tüm çakılları içeren konglomeralarla başlar. Daha üstte yer alan kumtaşları gevşek tutturulmuş tuf ve kalsit çimentoludur. Birimin daha üst kısımlarında kiltası ve marn ardalanması ile killi kireçtaşları görülür. En üstte kireçtaşları ve silisifiye kireçtaşları yer alır. Karasal ortamda oluşmuş bu çökel dizisi bölgede tuf ve lavlarla yanal ve düşey yönde geçişli olarak izlenir. Çökeller ve tüfler içinde yer yer kömür oluşumları bulunmaktadır. Birim Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nde Balıkesir'den Soma'ya kadar geniş alanlarda, Gönen, Manyas çevresinde, Biga Yarımadasında, Bayramiç ve çevresinde Çanakkale'nin güneyinde, Kütahya, Emet, Gediz, Hisarcık, Tavşanlı, Bilecik ve Bozüyük çevresinde görülmektedir [1].

### **3.1.3.d Kuvaterner**

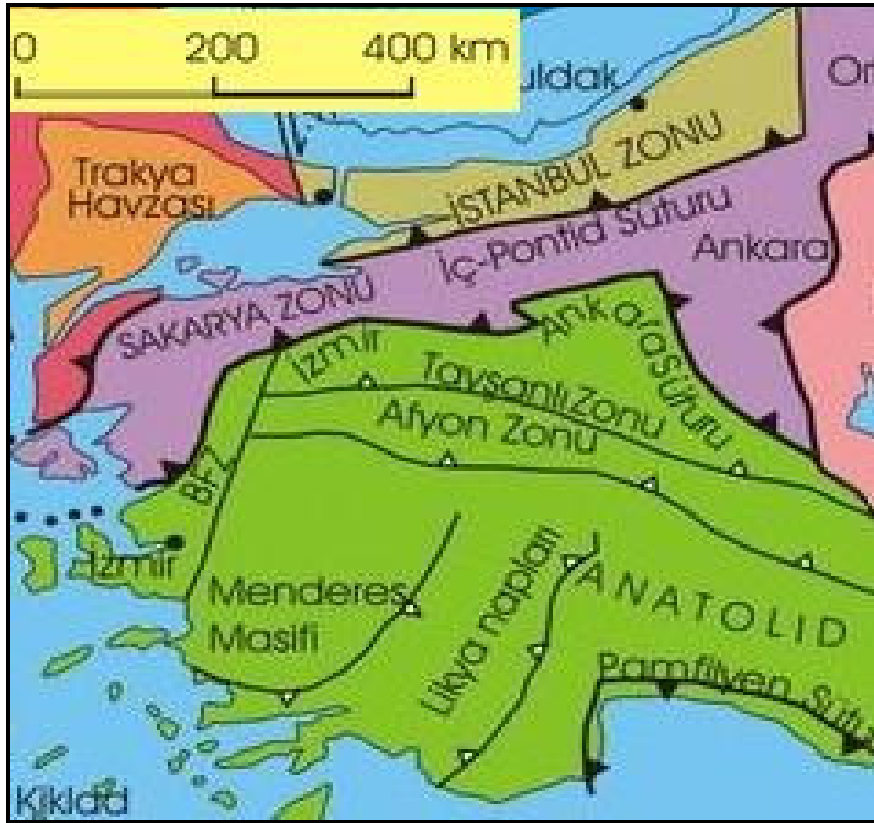
Daha çok taraçalarla temsil edilen birim konglomera-kumtaşı ve çamur düzeylerinden oluşur. Daha üstte sarımsı, kırmızımsı renkli, kötü boylanmış kireçtaşı çakılları içeren siltli, killi tutturulmamış gevşek çökeller gelmektedir. Formasyon alüvyonlar tarafından örtülmektedir. Alüvyonlar, muhtelif kayaçların ayrışması ve çeşitli etmenlerle taşınması ve birikmesi sonucu oluşur. Kuzeybatı Anadolu Bölgesinde Genellikle Manyas Gölü çevresinde, taşkın ovaları ve alüvyon konileri şeklinde görülür. Diğer yerlerde akarsuların getirdiği kum ve çakıllarla temsil edilir [6].

### 3.2 Tektonizma

Kuzeybatı Anadolu Bölgesi'nin aktif tektonizması, iki önemli jeolojik olayın etkisi altında gelişmiştir:

a) Ege dalma-batma sistemi ve

b) Arabistan levhasının Bitlis suture kuşağı boyunca Anadolu'yu kuzey yönünde sıkıştırmasıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Kuzey Batı Anadolu Bölgesi'nin tektonik haritası [7].

Arabistan ile Lavrasya levhaları, Bitlis suture boyunca Orta Eosen sonunda (40 milyon sene önce) çarpışmışlardır. Bu çarpışma Hindistan-Asya çarpışması ile az çok aynı döneme rastlar. Levhaların yaklaşmaya devam etmeleri, Erken Miyosenden sonra Doğu Anadolu'da kıta kabuğunu kısaltıp kalınlaştırmıştır. Anadolu Levhası Pliyosenden başlayarak batı yönünde harekete geçmiştir ve Karlıova üçlü birleşme noktasından batı yönünde kaçmaya başlamıştır. GPS

verilerine göre Batı Anadolu günümüzde de bu kaçma rejimiyle önemli ölçüde (18-22 mm/yıl), saatin tersi yönünde bir rotasyonel harekete dönüşerek Ege hendeğine doğru ilerlemektedir. Bu hareket hafif kıta kabuğunun, ağır okyanus kabuğu üzerinde kayması gibi yorumlanabilir [8].

Anadolu Levhasının batıya hareketi, Ege ve Batı Anadolu'da K-G yönlü bir gerilme ile D-B yönünde açılma havzaları ile karşılanmaktadır. Dolayısıyla D-B doğrultulu grabenler, Ege ve Batı Anadolu Bölgesinin jeolojik ve jeomorfolojik en egemen unsurudur. Grabenleri sınırlayan faylar boyunca bölge sismikçe aktiftir. Faylar boyunca birçok deprem kaydedilmektedir. Biga Yarımadası Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) etkisinde olup grabenlerden daha karmaşık bir sistem hakimdir. KAF'ın sağ yanal atımlı hareketi ile Batı Anadolu'da gerilme sisteminin düşey atım egemen hareketlerinin bileşkesi içinde karmaşık yapı unsurları geliştirmiştir [8].


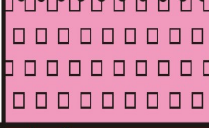
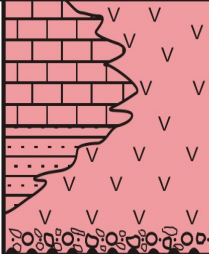
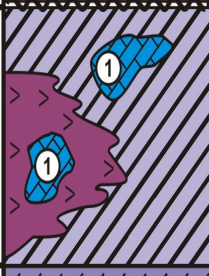



#### 4. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ

Bölgede yüzlek vermiş en yaşlı birimi Çavdarstepe formasyonunun çeşitli bileşenli şistleri oluşturmaktadır ve üzerine geçişli olarak gelen Kınık formasyonundaki fosillerle bu birimin de Alt Triyas yaşında olduğu bilinmektedir. Çavdarstepe formasyonu içerisinde Halılağa grubuna ait Ayçalıtepe üyesi kristalize kireçtaşı blokları bulunmaktadır ve yaşı yine Alt Triyastır. Bölgede Çavdarstepe formasyonu üzerine geçişli olarak yine Alt Triyas yaşlı Kınık formasyonu gelmektedir. Bu birim, arazide çoğunlukla metakumtaşı, metaçamurtaşı ve metakumtaşı gibi kayalarla gözlenir. Kınık formasyonu içerisinde Üst Permiyen yaşlı, Çaldağ üyesi yer yer kristalize kireçtaşları bloklar halinde bulunur. İnceleme alanında Kınık formasyonu üzerine Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Rahmanlar aglomerası uyumsuz olarak gelmektedir (Şekil 4.1). İnceleme alanının jeoloji haritası Şekil 4.2’de verilmiştir.

##### 4.1 Çavdarstepe Formasyonu (Trhç)

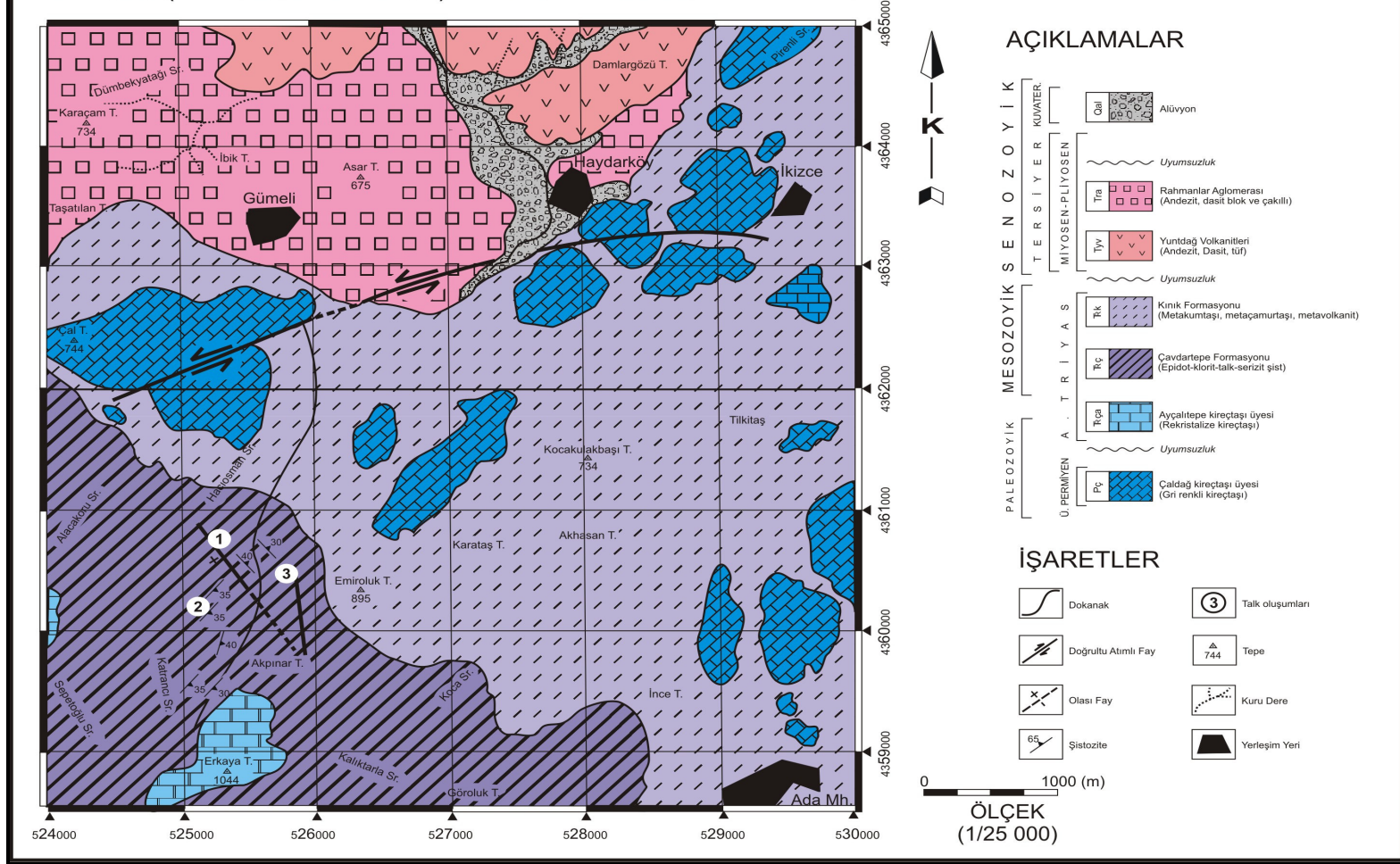
**Tanım ve Yayılım:** Çavdarstepe Formasyonu, epimetamorfitle [1] ve Emir formasyonu [2,3] ile eşdeğer tutulabilir. Birim, inceleme alanında Gümeli Köyü’nün güneyinde ve güneybatısında, özellikle Hacıosman Sırtı, Katrancı Sırtı ve Akpınar Tepe civarında yayılım gösterir (Şekil 4.3).

**İstif ve Litoloji:** Çavdarstepe Formasyonu inceleme alanının genelinde kahverengimsi yeşil renklere, Gümeli’nin güneybatısında Kınık Formasyonu ile dokanak yaptığı bölgelerde ise grafitli seriler içermesi nedeniyle siyahımsı kahve renklere dikkati çekmektedir. Pelitik ve psammitik kayaların bölgesel metamorfizmaya uğraması sonucu, yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Muskovit-kuars şist, klorit-kuars şist, serisit-klorit şist, biyotitli kuvarsit, kuvars-albit-biyotit şist, grafitli mikaşist ve kuvars-epidot-klorit şistlerden meydana gelen Çavdarstepe Formasyonu’nun inceleme alanı dışındaki Kozak granodiyorit ile olan

ÜST SİSTEM	SENOZOYİK	ÜST SİSTEM	SENOZOYİK	ÜST SİSTEM	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SİSTEM	TERSİYER	SİSTEM	TERSİYER	SİSTEM		
SERİ	MİYOSEN-PLİYOSEN	SERİ	MİYOSEN-PLİYOSEN	SERİ		
GRUP	BALLICA	GRUP	BALLICA	GRUP		
FORMASYON	RAHMANLAR AGLOMERASI	FORMASYON	SOMA YUNTDAĞ VOLKANİTLERİ	FORMASYON		
ÜYE		ÜYE		ÜYE		
SİMGE	Tra	SİMGE	Tyv	SİMGE		
	Alüvyon					Alüvyon
	UYUMSUZLUK					Andezit, dasit çakıl ve bloklarından oluşan tuf çimentolu aglomera
						Tabanda konglomera, kumtaşı, gösel kireçtaşı, marn ve tuf, andezit ardalanmasından oluşan volkanosedimanter seri
	UYUMSUZLUK					Metakumtaşı, metaçamurtaşı, metavolkanit
	① Çaldağ kireçtaşı: Gri renkli, masif kireçtaşı					Epidot-kuvars-klorit-talk şist
						② Talk oluşumları
						③ Ayçalıtepe kireçtaşı: rekrystalize kireçtaşı

Şekil 4.1 İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.

## GÜMELİ (İVRİNDİ, BALIKESİR) ÇİVARININ JEOLJİ HARİTASI



Şekil 4.2 İnceleme alanının jeoloji haritası.



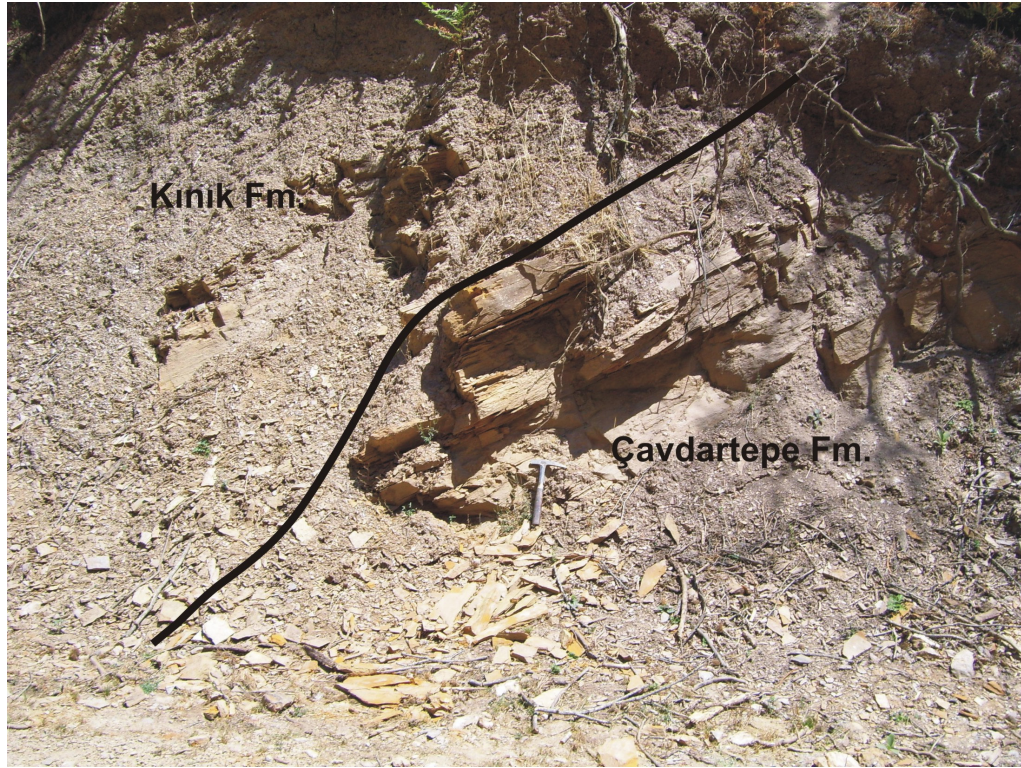


Şekil 4.3 Çavdartepe Formasyonu ve içindeki kuvars merceği (Alacakoru Sırtı kuzeybatısı, koordinat : 24057 / 61425).

dokanaklarından ve dokanağa yakın kesimlerinden önceki çalışmacıların aldığı örneklerde ise albit-amfibol şist, biyotit-albit-epidot fels, serisit-klorit fels, hornfels ve granatit gibi kayaç türlerine de rastlanır [9,10]. Mikroskop incelemelerinde kuvars minerallerinin kuvvetlice dalgalı yanıp sönme gösterdiği ve ezik yapılı oldukları tespit edilmiştir. Birim, şistozite düzlemleri ve foliyasyonlar nedeniyle yapraksı bir görünüm sunar ve içerisinde yer yer kalın kuvars damarları içerir (Şekil 3.10 ve Şekil 3.11). Talk oluşumlarını da içerisinde barındıran bu birimde mercıklar şeklinde yayılım gösteren talk oluşumlarının yakın çevresinden alınan örneklerde kloritler ayrışarak talka dönüşmüş durumdadır ve zaman zaman da talk-şist özelliği göstermektedir. Talklaşma, formasyon içerisinde özellikle Hacıosman Sırtı'nın güney kodlarında ve Emiroluk Tepe ile Hacıosman Dere arasında kalan bölgede mercıklar halinde yayılım sunmaktadır. Çavdartepe formasyonu içerisinde Ayçalıtepe kireçtaşı üyesine ait bloklar özellikle çalışma alanı içindeki yüksek rakımlı tepelerde geniş yüzlekler vermektedir.



**Dokanak İlişkisi:** Çavdarstepe Formasyonu'nun kendinden daha genç birimler ile olan dokanağı sahada rahat bir biçimde gözlenmektedir. Özellikle Gümeli Köyü'nün hemen güneybatı çıkışında formasyonun Kınık Formasyonu'yla olan dokanağı açıkça görülebilmektedir. Birim, üzerine gelen Kınık formasyonu ile geçişlidir (Şekil 4.4). Çavdarstepe formasyonunun tabanı çalışma alanında izlenememiştir.



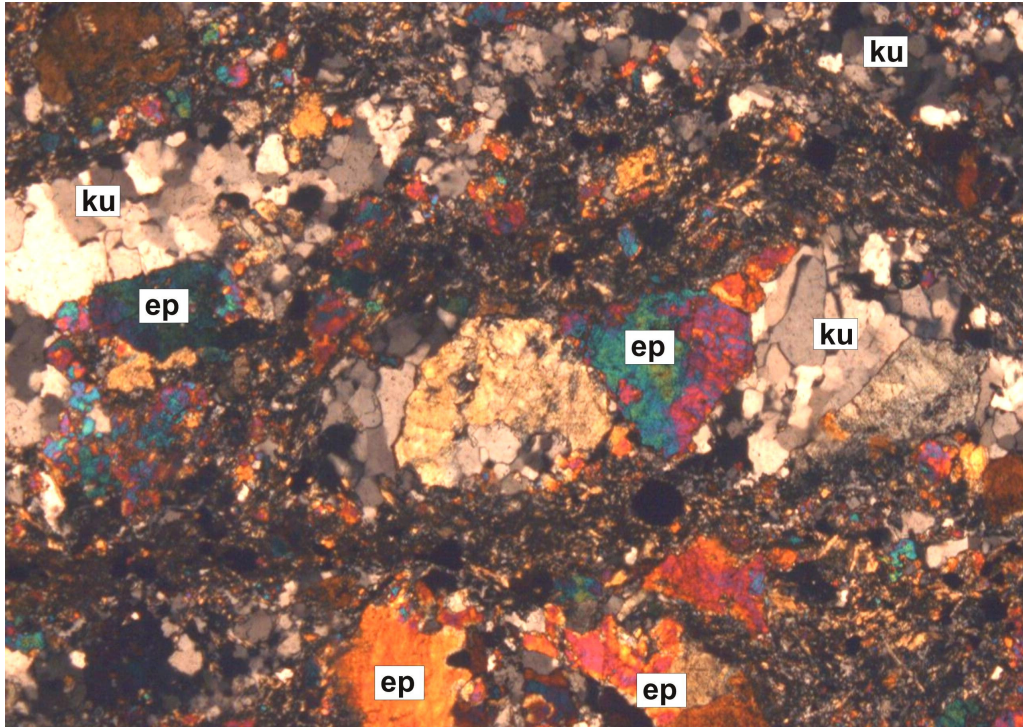
Şekil 4.4 Çavdarstepe Formasyonu ile Kınık Formasyonu arasındaki dokanak ilişkisi (Alacakoru Sırtı kuzeydoğusu, koordinat : 24496 / 61684).

**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Metamorfiklerden oluşan bu birimde fosil bulunamamıştır; ancak üzerine gelen Kınık formasyonundaki Alt Triyas yaşlı fosillere dayanarak bir fikir yürütmek mümkündür. Buna göre Çavdarstepe Formasyonu'nun yaşı Alt Triyas veya Alt Triyasın alt seviyesidir [9,10].

**Ortamsal Yorum:** İnceleme alanındaki gözlemler ve bölgesel karşılaştırmalar ile Çavdarstepe Formasyonunu meydana getiren şistler, Karakaya

Kompleksi'nin tabanını oluşturan pelitik ve psammitik kayaların bölgesel metamorfizmaya uğraması sonucu oluşmuştur [10].

**Petrografi:** Petrografik incelemelere göre Çavdartepe Formasyonu'na ait şistlerden yapılan ince kesit kuvars-epidot-serizit şist olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.5). Mineral parajenezi bol miktarda kuvars, epidot ve çok ince kristaller halinde serizit minerallerinden oluşmaktadır. Genellikle foliyasyonlu ve ondüleli dokular ince kesitlerde tipiktir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Çavdartepe Formasyonu'ndaki şiste ait optik mikroskop görüntüsü, ku: kuvars, ep: epidot (Alacakoru Sırtı, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: ÇF-1).



#### 4.1.1 Ayçaltepe Kireçtaşı Üyesi (Trça)

**Tanım ve Yayılım:** İnceleme alanında Çavdartepe formasyonu içerisinde özellikle yüksek kodlu tepelerin zirveye yakın yerlerinde ve metaspilit, metadiyabaz ve bunların tüflerinin yaygın olduğu kesimde yüzlek vermektedir (Şekil 4.7).

**İstif ve Litoloji:** Üye, beyaz renkli, kırılğan, ince-orta tabakalı kristalize kireçtaşından oluşur ve adını inceleme alanı dışındaki Ayçaltepe'den alır. Ayçaltepe üyesinin çok sık kıvrımlı olduğu bilinmektedir ve bu sebeble sucuk yapısı kazanmıştır [9,10].

**Dokanak İlişkisi:** Üye, içinde bulunduğu Çavdartepe Formasyonu ile inceleme alanında yüksek rakımlı tepelerin daha düşük kodlarına doğru dokanak oluşturmaktadır (Şekil 4.7).

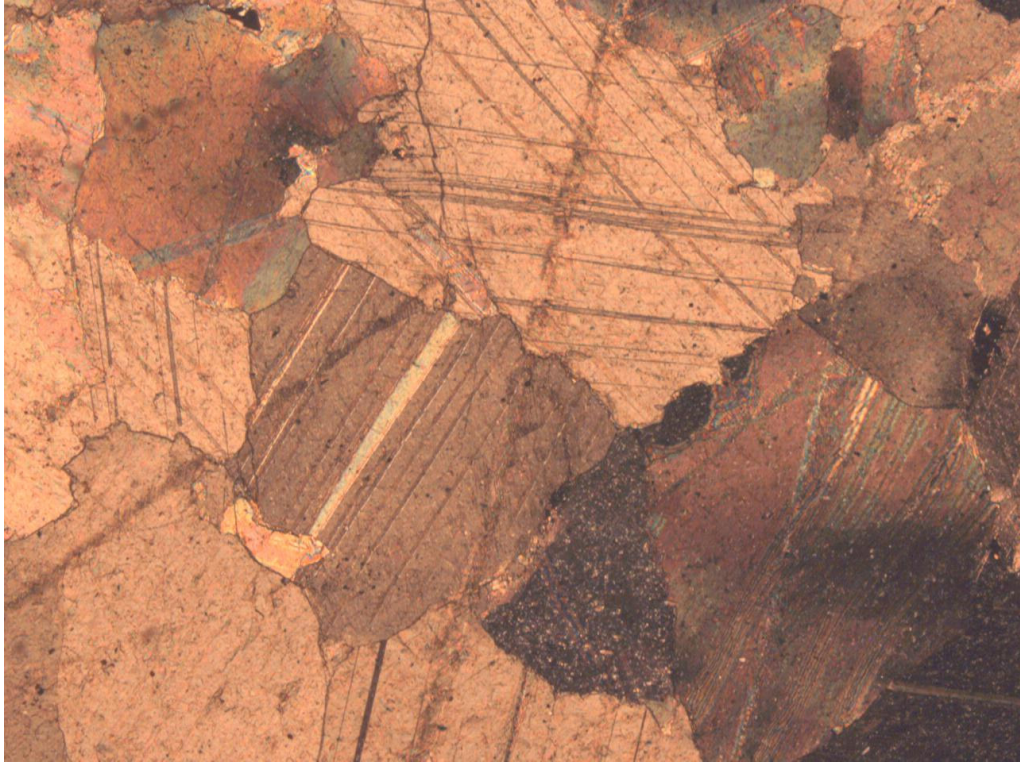


Şekil 4.6 Ayçaltepe kireçtaşı üyesinin Çavdartepe Formasyonu içindeki görünümü (Erkaya Tepe, koordinat : 25483 / 58841)

**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Ayçalıtepe kireçtaşı üyesi rekristalize kireçtaşından oluştuğu için içerisinde fosil bulunması oldukça zordur; ancak Halılağa Grubu içerisinde ayırtlandığı için yaşı Alt Triyas olarak kabul edilmiştir [9,10].

**Ortamsal Yorum:** Çalışma alanı dışında ismini aldığı Ayçalıtepe’de metaspilit, metadiyabaz ve tüflerle kireçtaşları çok ince bantlar şeklinde ardalanmalıdır. Bu ardalanma karbonat çökeliminin spilit ve diyabazla ilişkili ve eşzamanlı olduğunu kanıtlar [10].

**Petrografi:** Ayçalıtepe kireçtaşı üyesi yarı öz şekilli, öz şekilsiz kalsitlerden yapılu kireçtaşlarından meydana gelmektedir (Şekil 4.8)



Şekil 4.7 Ayçalıtepe Kireçtaşı Üyesi’ni meydana getiren rekristalize kireçtaşına ait mikroskop görüntüsü (Erkaya Tepe civarı, N<sup>+</sup>, 10X; Örnek No: AK-1).

#### 4.2. Kımık Formasyonu (Trk)

**Tanım ve Yayılım:** Formasyon, inceleme alanında Haydarköy’ün doğusundan başlayıp Gümeli’nin hemen güneybatısına ve inceleme alanının doğu ve



güney sınırına kadar çok geniş bir alanda yayılım gösterir (Şekil 4.9) ve inceleme alanı dışında Kozak granodiyoritinin güneyine kadar devam etmektedir. Kınık Formasyonu bölgesel olarak Karakaya formasyonu [1] ve Elmadağ formasyonu [2,3] ile eşdeğer tutulabilir.

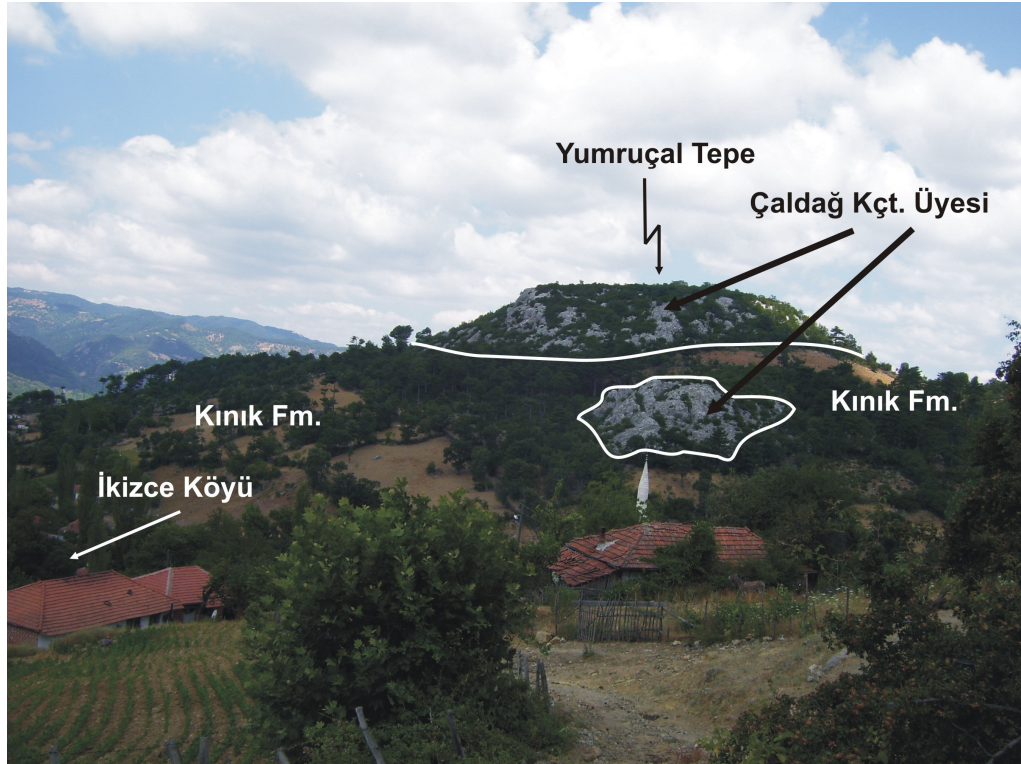
**İstif ve Litoloji:** Kınık Formasyonu, ilksel halini korumuş metakonglomera, metakumtaşı, metaçamurtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ile volkarenit, aglomera ve metavolkanitten oluşur. Birim sarı, boz, kahverengi ve gri renkli, ince-orta tabakalanmalı ve kıvrımlıdır. Konglomera ve kumtaşlarının hamuru önemli ölçüde biyotit, muskovit ve klorit pulcukları ile bunları bağlayan klorit çimentodan oluşmaktadır. Kınık formasyonu içinde Üst Permiyen yaşlı Çaldağ kireçtaşı üyesi değişik boyutlarda bloklar halinde bulunur (Şekil 4.10).



Şekil 4.8 Metakumtaşı ve çamurtaşı düzeylerinin egemen olduğu Kınık Formasyonu'nun Pirenli Sırtı güneyi, 29612 / 64755 koordinatlarındaki mostra görünümü.

**Dokanak İlişkisi:** Kınık Formasyonu altta Çavdarstepe formasyonu ile geçişlidir ve bu geçiş Emiroluk Tepe'nin kuzeyinden itibaren batıya doğru

Hacıosman Sırtı'nın güney kodlarında oldukça net bir biçimde gözlenebilmektedir (Şekil 4.4). Formasyon, inceleme alanında kendinden daha genç olan Rahmanlar Aglomerası'yla ise uyumsuz bir dokanak oluşturmaktadır. Kınık Formasyonu kendi içerisinde barındırdığı Çaldağ kireçtaşı üyesine ait kireçtaşı bloklarıyla da net sınırlar oluşturmaktadır.



Şekil 4.9 Kınık Formasyonu içindeki Çaldağ Kireçtaşı Üyesi'ne ait blokların Pirenlı Sırtı'ndan görünümü.

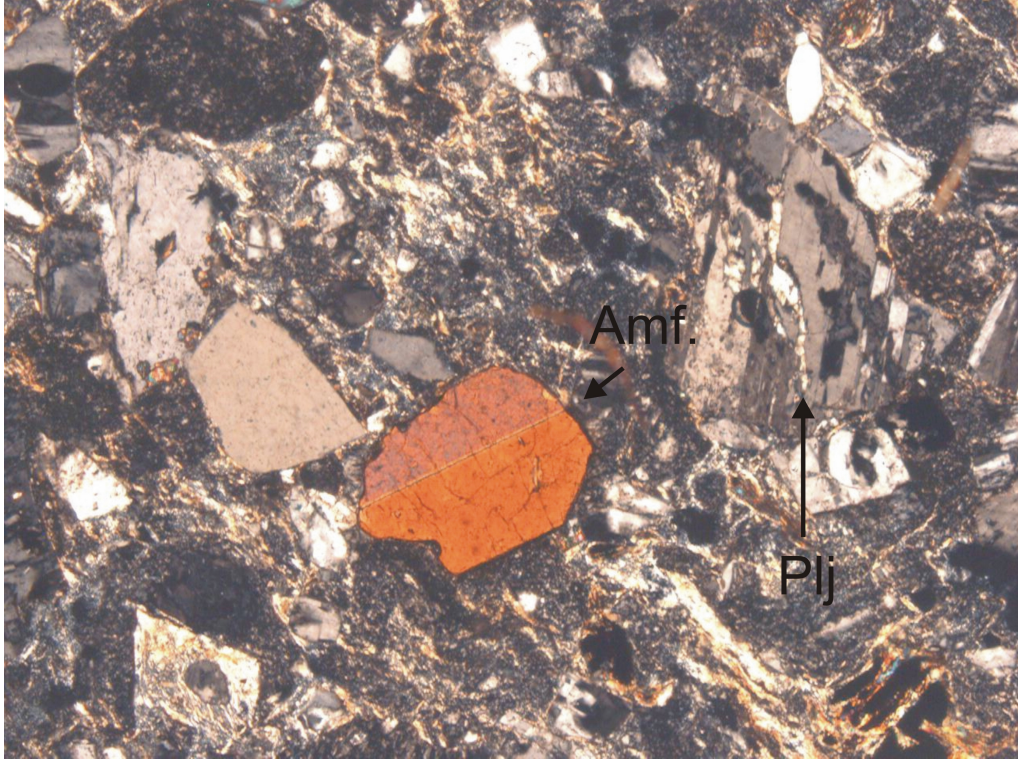
**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Fosilce çok fakir olan Kınık Formasyonu'nun yaşı, kumlu kireçtaşı bantlarında bulunan Meandrospira cf. Pusilla (Ho) fosili ile Alt Triyas olarak belirlenmiştir [9,10].

**Ortamsal Yorum:** Kınık Formasyonu, Karakaya Formasyonu içerisinde ilksel çökelimi genellikle kil, mil ve kumtaşı olan çeşitli kırıntılı kayaçların yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş türlerini temsil etmektedir [10].

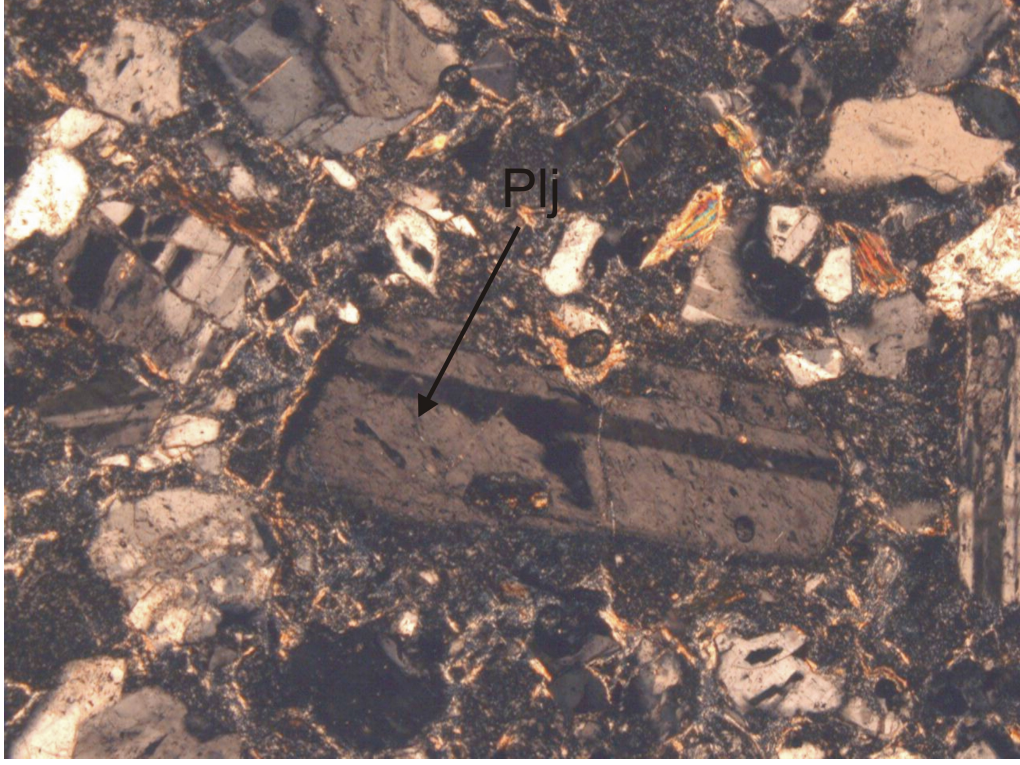
**Petrografi:** Petrografik incelemelere göre Kınık Formasyonu'na ait metavolkanitlerden yapılan ince kesitlerde özellikle plajioklas ve opak mineraller



sınırında serizitleşme ve karbonatlaşma gözlenmektedir (Şekil 4.11). Bu kesitte diyajenezin biraz üzerindeki basınç ve sıcaklık koşulları etkili olmuştur. Amfibol, plajiyoklas, opak mineraller ve yer yer volkanik kayaç parçalarından oluşur ve porfirik dokuludur. Amfibollerin bazıları basit ikizlenme göstermekte ve kristaller düşük dereceli bir metamorfik hamur içinde yer almaktadır.



Şekil 4.10 Kınık Formasyonu'ndaki metavolkanite ait optik mikroskop görüntüsü  
Amf : amfibol, Plj : plajiyoklas (Emiroluk Tepe civarı, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: KF-1).

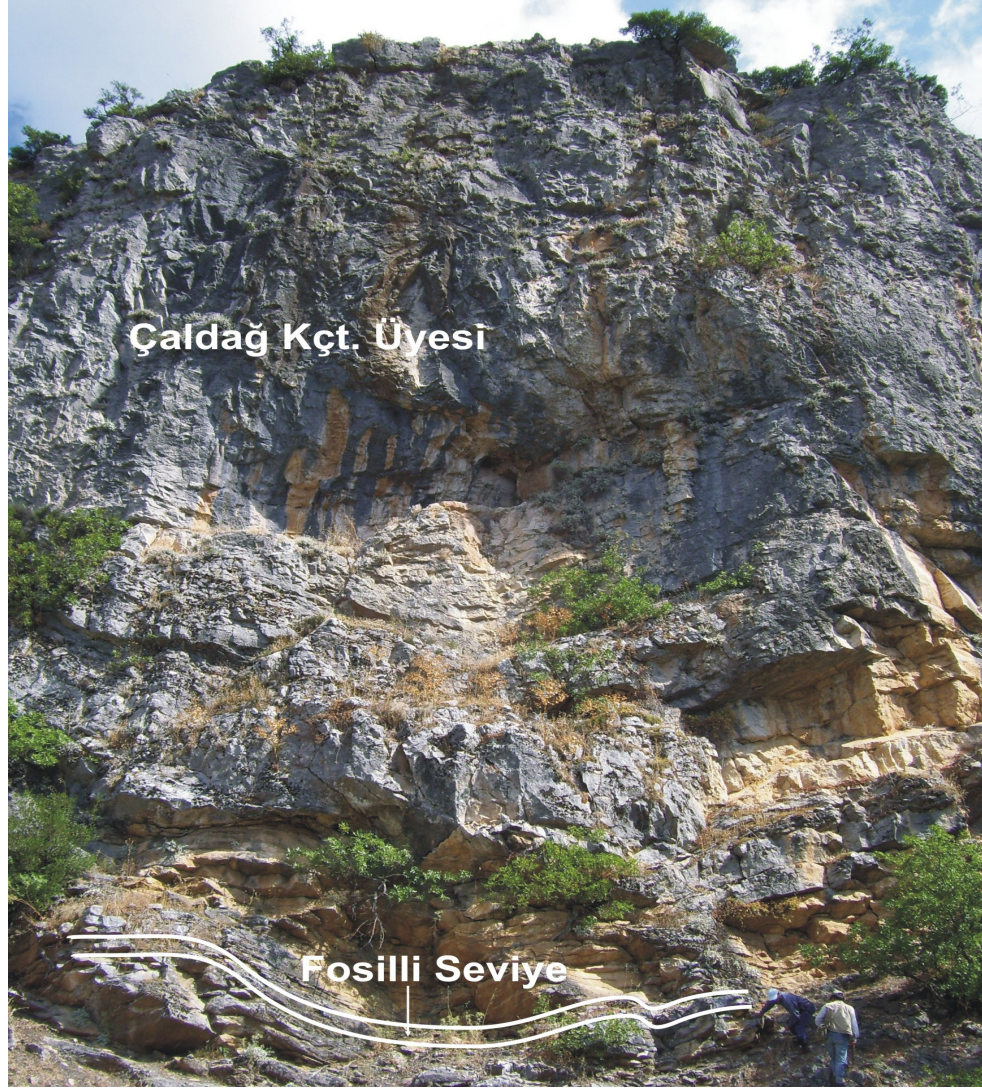


Şekil 4.11 Kınık Formasyonu'na ait metavolkanitteki plajoklasın optik mikroskop görüntüsü (Emiroluk Tepe civarı, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: KF-2)

#### 4.2.1 Çaldağ Kireçtaşı Üyesi (Pçç)

**Tanım ve Yayılım:** Çaldağ kireçtaşı üyesine ait çeşitli boyutlardaki bloklar Alt Triyas yaşlı Kınık Formasyonu içinde yaygın olarak gözlenmektedir. Özellikle Gümeli'nin güneyindeki Çaltepe civarında, Haydarköy güneyindeki Yumruçal Sırtı'nda ve Haydarköy'ün hemen doğusundaki Yumruçal Tepe civarında masif ve kalın bloklar halinde yüzlek vermektedir (Şekil 4.13).





Şekil 4.12 Çaldağ kireçtaşı üyesinden ve bol fosil içeren seviyesinden bir görünüm (Yumruçal Sırtı, koordinat: 28423 / 63571)

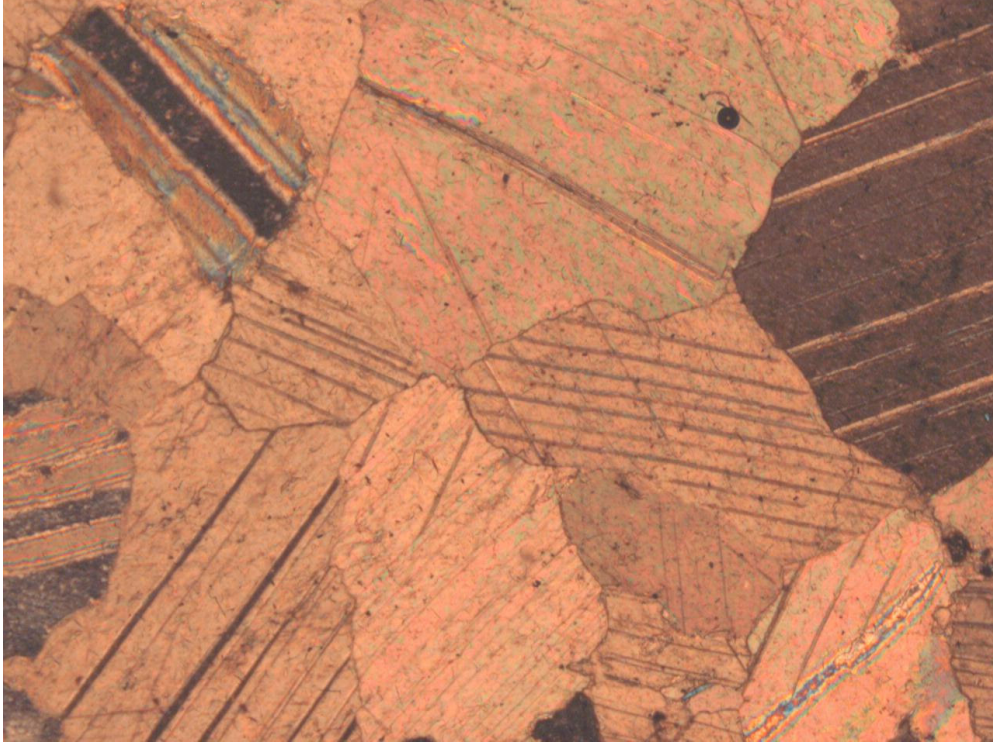
**İstif ve Litoloji:** Birim gri-boz renkli, yer yer kristalize, içerisinde dolomitik seviyeler barındıran masif görünümlü kireçtaşından oluşur.

**Dokanak İlişkisi:** İçerisinde bulunduğu Kımık Formasyonu ile düzensiz blokların sınırları boyunca dokanak oluşturmaktadır.

**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Bol fosilli olan Çaldağ kireçtaşı üyesinde; Dunbarula tumida Skinner, Verbeekina verbeeki Geintz, Neoschwagerina craticulifera Schwager, Staffella sp., Nankinella sp., Chusenella sp., Reichelina sp., Neonothyra

sp., Globalvulina graeca, Hemigordiopsis renzi Reichel fosilleri bulunmuştur [9,10]. Bu faunaya göre Çaldağ kireçtaşı üyesi Üst Permiyen yaşındadır.

**Petrografi:** Çaldağ kireçtaşı üyesine ait kireçtaşından yapılan ince kesitte tüm mineraller kalsitten ibarettir ve tane boylanması iyi seviyededir. Kalsitler üzerindeki hasır ikizlenmesi net bir biçimde görülebilmektedir (Şekil 4.14)



Şekil 4.13 Çaldağ kireçtaşı üyesine ait kireçtaşından yapılan ince kesitin optik mikroskop görüntüsü (Yumruçal Tepe, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: ÇK-1).

### 4.3 Yuntadağ Volkanitleri (Tyv)

**Tanım ve Yayılım:** Birim, inceleme alanında özellikle Kınacı Sırtı, Damlargözü Tepe ve Kılıncılar Köyü'nün hemen batısındaki Gedikyol Sırtı'nın alt kotlarında geniş yüzlekler vermektedir (Şekil 4.14).





Şekil 4.14 Yuntdağ Volkanitleri ve üzerine gelen aglomera seviyesi (Damlargözü Tepe, koordinat: 28431 / 64723).

**İstif ve Litoloji:** Birim andezit, tuf, silisleşmiş tuf, aglomera ve daha az olarak da bazaltdan oluşmuştur [10]. Yuntdağ volkanitleri baskın kaya türü özelliklerine göre bazı kesimlerde andezit ve tuf olarak ayırtılabilir. İnceleme alanında özellikle Haydarköy ile Kılıcılar Köyü arasındaki yolda her iki litoloji de karmaşık bir halde gözlenebilmektedir. Altere olmuş aglomeratik piroklastikler şeklinde Kılıcılar Köyü'nün güney batısında yayılım sunmaktadır. Kınık Formasyonu'yla olan sınır bölgelerinde içlerinde aşırı derecede silisleşmiş seviyeler (opaller) göze çarpmaktadır ve bu durum ortama bir silis getirimi olduğuna işaret eder. Alınan numunelerde iri sanidin ve lösit kristalleri içeren trakitik bileşimde kayaçlar da mevcuttur (28556 / 64360 koordinatında). Yuntdağ volkanitleri kendi içinde oldukça parçalı, laminalı, killi, marnlı, sarı-açık kahve renkli, fazlaca kıvrımlı ve faylıdır.

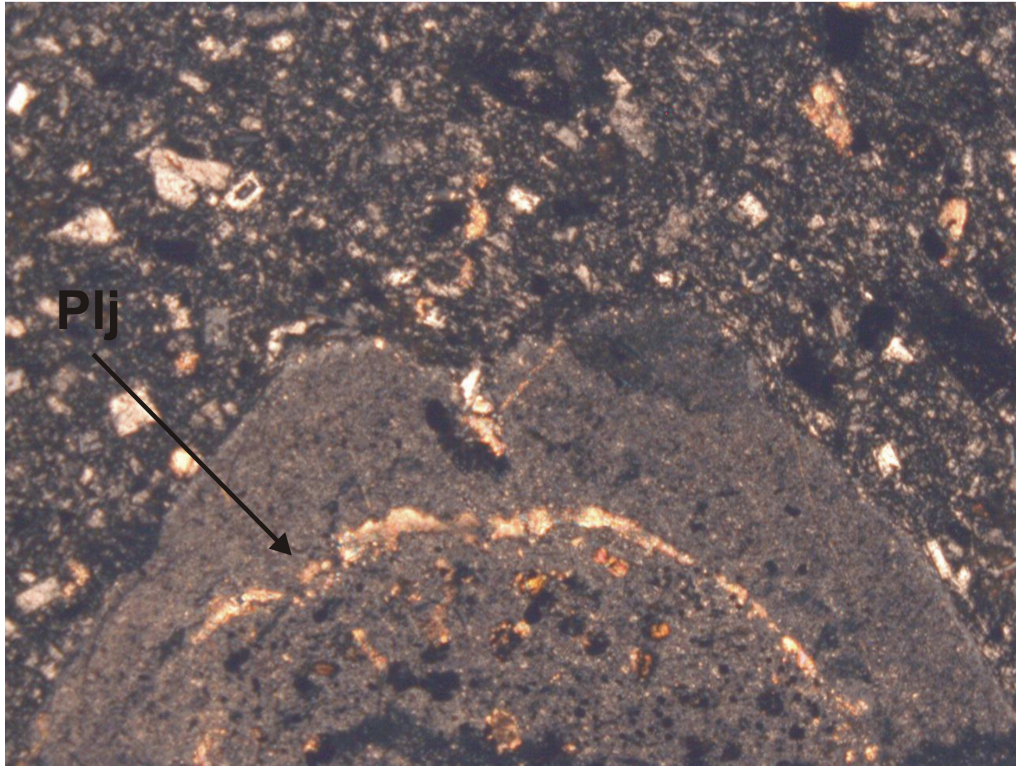
**Dokanak İlişkisi:** Yuntdağ volkanitleri Gümeli Köyü'nün kuzeyinde (25344 / 63705) Rahmanlar Aglomerası ile geçişli bir dokanak ilişkisi içerisinde ve stratigrafik olarak onun altında yer alır (Şekil 4.14). Bu bölgede alınan ölçümlerde

volkanitler K39°D doğrultusunda ve 75°KB'ya eğimlidirler. Yuntdağ volkanitleri, Haydarköy'ün kuzeydoğusunda (28558/64363 koordinatında) ise Kınık Formasyonu'nun Alt Triyas yaşlı epimetamorfik kayalarıyla uyumsuz bir dokanak oluşturur.

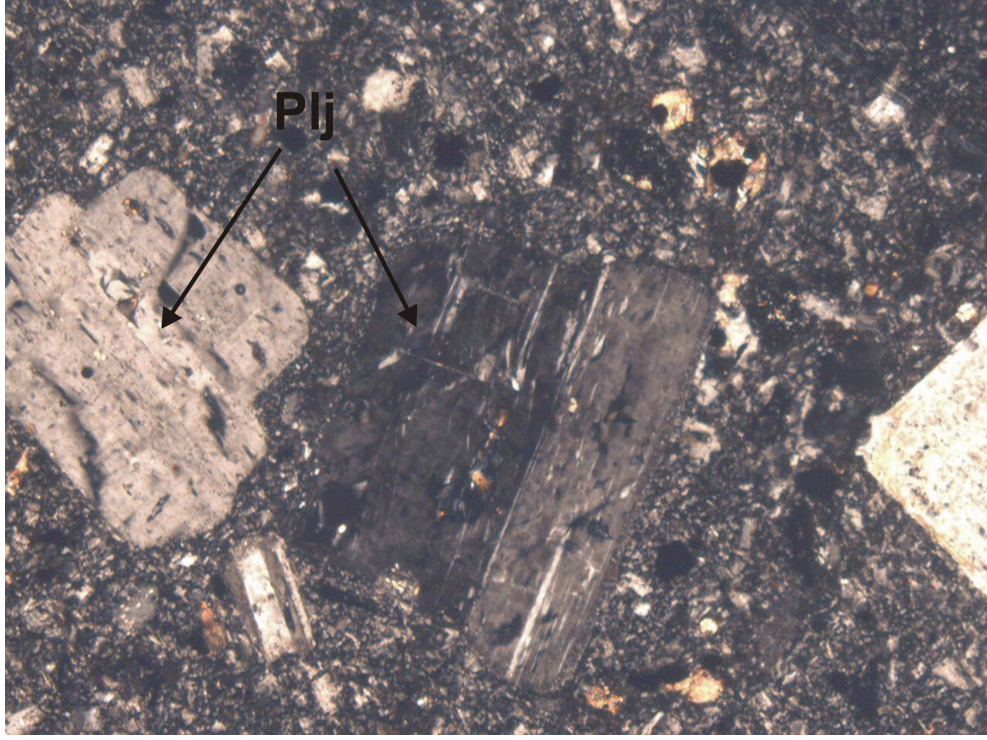
**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Üst Miyosen-Pliyosen yaşındadır [9,10].

**Ortamsal Yorum:** Yuntdağ volkanitleri, çalışma alanında Miyosen'den önce başlayan ve Üst Miyosen-Pliyosen'e kadar devam eden, değişik evrelerde gelişmiş volkanizmanın ürünlerini temsil eder [10].

**Petrografi:** Yuntdağ volkanitlerinden alınan örneklerden (28556 / 64360 koordinatından) yapılan ince kesitlerde birimin, andezit ve tuf bileşiminde olduğu anlaşılmıştır. Plajioklaslar oldukça altere olmuş görünümde (Şekil 4.16) ve sanidin kristalleri içermektedir. Yer yer karbonatlaşma izlenmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.15 Yuntdağ Volkanitlerine ait bir tuf ince kesiti içindeki altere olmuş plajioklasdan bir görünüm (Damlargözü Tepe, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: YV-1).



Şekil 4.16 Yuntdağ Volkanitlerine ait bir andezit ince kesitindeki plajiklaslardan bir görünüm (Damlargözü Tepe, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: YV-1).

#### 4.4 Rahmanlar Aglomerası (Tra)

**Tanım ve Yayılım:** Birim harita alanının kuzey kesiminde, Gümeli ve Haydarköy civarında geniş yayılım gösterir ve Kınık Formasyonu üzerinde uyumsuzlukla yer alır (Şekil 4.18).





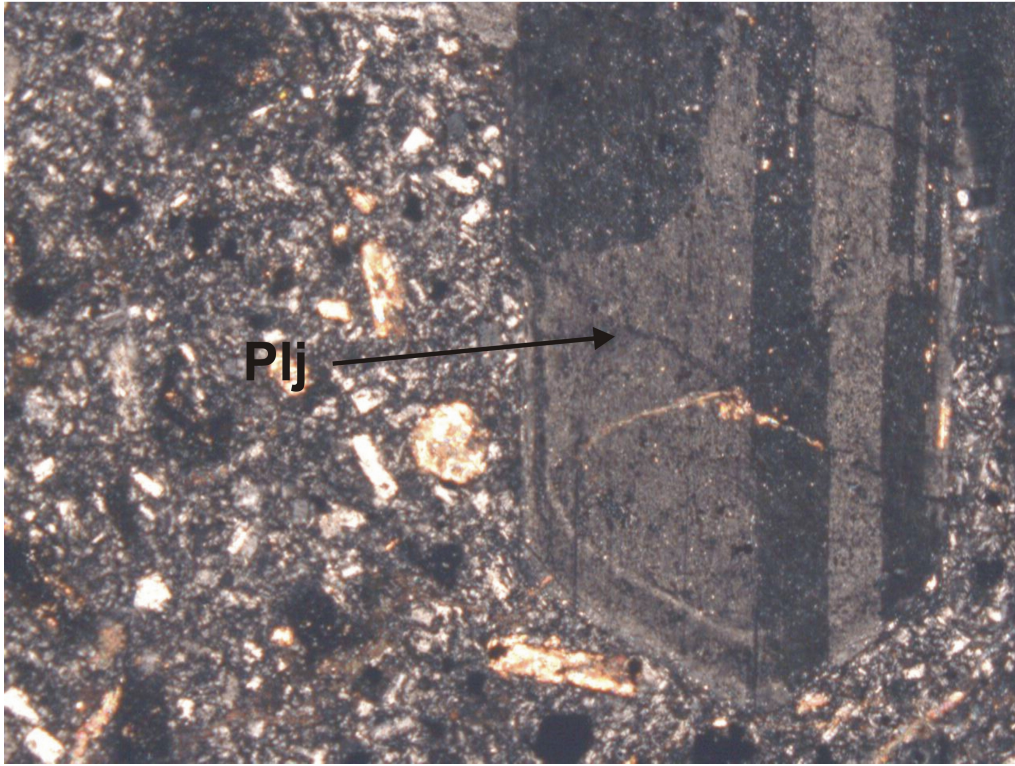
Şekil 4.17 Rahmanlar Aglomera'sının İbik Tepe civarındaki mostra görünümü.

**İstif ve Litoloji:** Rahmanlar Aglomerası, yuvarlak ve yarı köşeli andezit çakıllarının tüf ile tutturulmasından oluşur. Aglomeralar arasında ince tüfit ve miltaşı düzeyleri sıkça izlenir [10]. Birim içerisinde propilitleşme, silişleşme gibi hidrotermal kökenli alterasyon tipleri sıkça gözlenmektedir ve bu süreç sonucu klorit, karbonat, epidot, zoisit, serisit ve sülfür mineralleri (pirit) oluşur (Şekil 4.18).

**Dokanak İlişkisi:** Rahmanlar Aglomerası kendisiyle aynı yaşdaki Yuntdağ Formasyonu üzerine uyumlu olarak gelir ve iki birimin dokanak ilişkisi çalışma alanında net bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.15). Rahmanlar Aglomerası, çalışma alanında güncel alüvyon çökellerinden sonra en genç birimi temsil etmektedir.

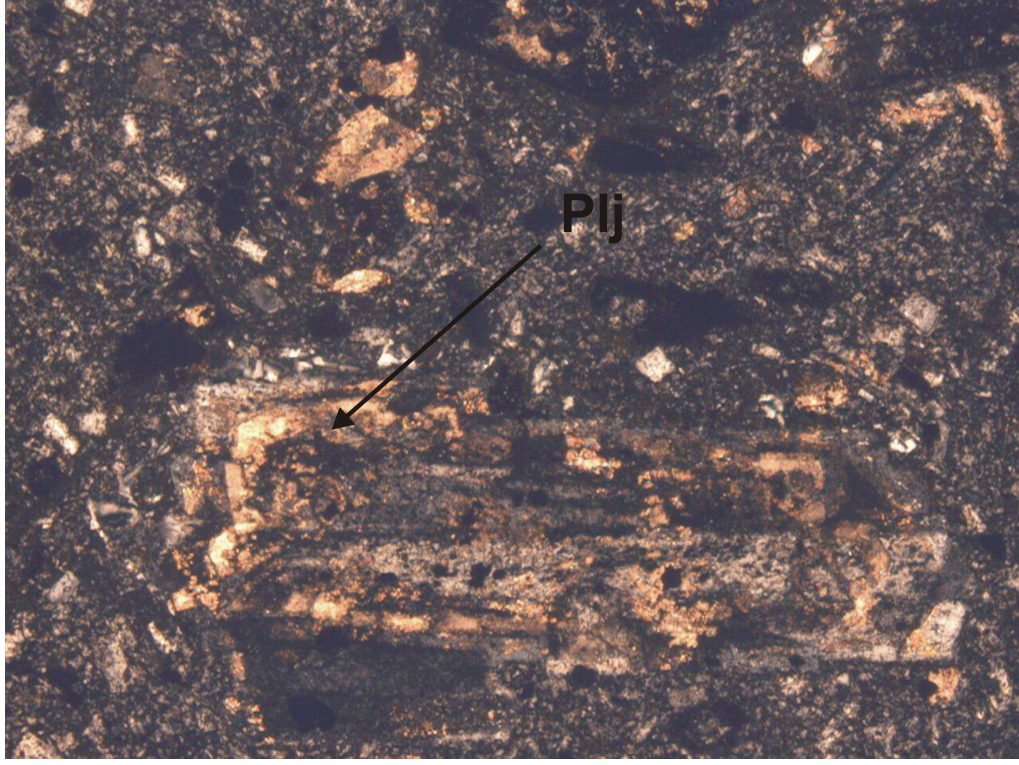
**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Batı Anadolu bölgesinde Yuntdağ volkanitleri ve Soma Formasyonu ile girik olduğundan, Üst Miyosen-Pliyosen yaşta kabul edilmiştir [9,10].

**Petrografi:** Petrografik incelemelere göre Rahmanlar Aglomerası, altere olmuş plajiolklaslar, opak mineraller (biyotit, flagopit, amfibol gibi minerallerin opaklaşmasıyla), sanidin, ağır minerallerden apatit (Şekil 4.21) ve kayaç parçalarının volkanik bir matriks içerisinde düzensiz bir biçimde dağılmasından meydana gelmiştir (Şekil 4.19). Kesit içinde gerek matriks kısımda gerekse de kristallerde sık sık karbonatlaşma izlenir (Şekil 4.20). Biyotit, flagopit, amfibol gibi mafik minerallerin opaklaşmış olması volkanizmanın oksidasyon koşullarına maruz kaldığı şeklinde yorumlanabilir ve potasik bir volkanizmaya işaret eder.

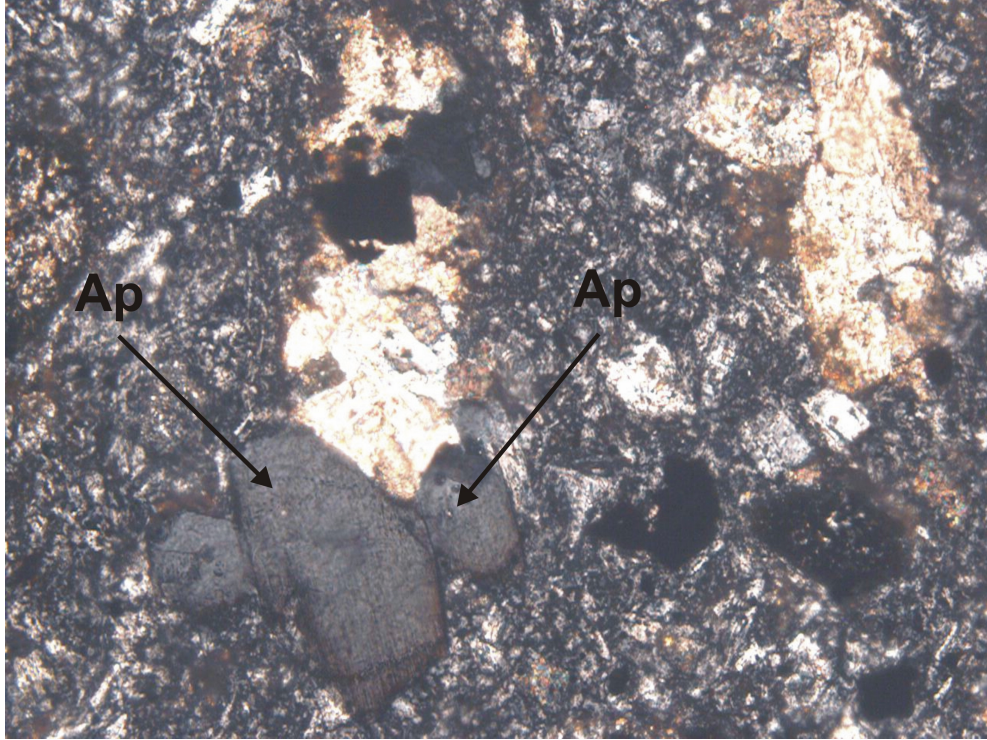


Şekil 4.18 Rahmanlar Aglomerası'na ait bir tüften yapılan ince kesitte altere olmuş plajiolklastan bir görünüm (Asar Tepe, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: RA-1).





Şekil 4.19 Rahmanlar Aglomerası'na ait bir tüften yapılan ince kesitte plajioklasın karbonatlaşması. Plj: Plajioklas (Asar Tepe, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: RA-2).



Şekil 4.20 Rahmanlar Aglomerası'na ait tuf ince kesitindeki apatit mineralinin görüntüsü Ap: Apatit (Asar Tepe, N<sup>+</sup>, 10X; Örnek No: RA-3).



#### **4.5 Alüvyon (Qal)**

İnceleme alanında tutturulmamış birçok kayaç parçasından meydana gelen Kuvaterner yaşlı alüvyonal çökeller, özellikle Gümeli-Haydarköy arasındaki Haydardere civarında geniş sayılabilecek yayılımında gözlenirken; Haydarköy'ün kuzeyinde Damlargözü Tepe ile Gedikyol Sırtı'nın güneybatı kesimi arasındaki bölgede daha dar yayılımında mostra vermektedir.

## 5. İNCELEME ALANI TALK OLUŞUMLARI

Harita alanındaki Çavdartepe Formasyonu içerisinde Gümeli Köyü'nün yaklaşık 2.5 km. güneyindeki Hacıosman Dere boyunca merceksel geometriye sahip, boyutları 1-75 m<sup>2</sup> arasında değişen ve bir kısmı daha önceden işletilmiş olan (1, 2, 3 no'lu oluşumlar) toplam 15 adet talk oluşumu belirlenmiştir. Bu oluşumların büyük bir bölümü Hacıosman derenin batısında diğerleri ise doğusunda bulunmaktadır. İnceleme alanındaki tüm talk oluşumları dikkate alındığında yanal ve düşey yönde renk, tane boyu, ayrışma, mineral bileşimi ve mercek geometrisi gibi bazı özellikler dikkati çekmektedir. Buna göre; 1 m<sup>2</sup>'den 75 m<sup>2</sup>'ye kadar değişen boyutlardaki mercekler şeklinde olan ve şistozite ile uyumluluk gösteren tüm talk oluşumlarında bir ayrışma zonu tespit edilmiş ve ayrışma, mercek geometrisi, tane boyu gibi bazı özelliklerin batıdan doğuya doğru değişiklik (ayrışmada azalma, mercek boyutunda artma ve tane boyunda küçülme) gösterdiği belirlenmiştir. Batıdaki talk oluşumlarında yüzeyden itibaren ortalama 3-5 m. kalınlıkta olan ayrışma zonu doğuya doğru incelmekte ve ortalama 0.5-1 m. kalınlık göstermektedir.

Diğer taraftan, batıdan doğuya doğru boyutları büyüyen talk merceklerinde tane boyu ise aynı yönde giderek küçülmektedir [11]. Çogunlukla açık grimsi-sarımsı renkli olan fazla ayrılmış kesimlerde ayrışmaya bağlı olarak (karbonatların kısmen erimesi ile) talk oranının artabildiği, buna karşın ayrışmanın az olduğu kesimlerde ise renkte bir koyulaşma (koyu yeşil renkli talklar) izlenmektedir. Çogunlukla açık grimsi-sarımsı renkli talk örnekleri demirli talklar; açık yeşilimsi beyazımsı-gri renkli olan talklar karbonatlı (manezit, dolomit ve kalsit) talklar; koyu yeşil renkli talklar ise en az impüriteli talklar olarak ayırt edilebilmektedir [11]. Herhangi bir oluşumda özellikle düşey yönde bu üç grup talkı bir arada görmek mümkündür. Daha önceden işletilmiş olan 3 adet ana talk oluşumu aşağıda tanıtılmıştır.

### 5.1 1 No'lu Talk Oluşumu (Koordinat: 25268 / 60864)

Önceden işletilmiş olan Hacıosman Dere batı yamacındaki mercek şekilli oluşum yaklaşık 10 metre kalınlık ve 200 metre uzunluğa sahiptir (koordinat: 25268 / 60864). Metakırıntılı birim kondağına en yakın bölgede yüzlekler veren bu talk merceği diğer iki oluşuma göre daha üst kotlarda yer alır. Bu oluşum, bileşimsel olarak diğer oluşumlara göre farklılıklar gösterir. Bol demir kapsayan bu oluşumda talklar daha ziyade sarımsı renklerde görülür. Şistozite ile uyumlu olan talk merceğinin gidişi  $K65^{\circ}B / 35^{\circ}GB$  seklindedir. Talk mostrası kendi içinde kıvrımlanmış durumdadır. Uzunluğu diğer mostralara göre daha fazla ve net olarak izlenebilen ve birbirine bağlı mercekler şeklinde olan bu talk mostrasında derinlik tespit edilememiştir (Şekil 5.1) [11].



Şekil 5.1 1 No'lu talk oluşum mostrasından bir görünüm.

### 5.2 2 No'lu Talk Oluşumu (Koordinat: 25131 / 60205)

Hacıosman Dere batısında 25131 / 60205 koordinatlarında, karakteristik, koyu bej-açık yeşil renkli, sert ve demirli olan talk merceğinin doğrultusu  $K50^{\circ}D$ , eğimi  $20^{\circ}GD$ 'dur. Mostraları Hacıosman Dere tabanına kadar uzanmaktadır. Gerçek

kalınlığı 15 m. olarak tespit edilmiştir [11]. Uzunluk ve derinlik ölçümleri orman örtüsü nedeniyle tespit edilememektedir ancak bu mostrada ortalama 20-25 metrelik bir derinlik tahmin edilmektedir. Talklar şistozite ile uyumludur ve dere tabanından itibaren üst seviyelerine doğru yine şistozite ile uyumlu şekilde 3-15 cm. kalınlığında düzensiz dağılımlı kuvars damarları kapsar ve bol karbonat katkıdırlar. Üzerinde kalın bir metamorfik kayaç örtüsü bulunmaktadır. Diğer oluşumlardaki talklara göre daha ince taneli oluşu dikkat çekicidir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 2 No'lu talk oluşum mostrasının 25131 / 60205 koordinatlarındaki görünümü.

### **5.3 3 No'lu Talk Oluşumu (Koordinat: 25633 / 60247)**

Hacıosman Dere'nin doğu yamacındaki mercek şekilli bu talk oluşumunun doğrultusu K50°B, eğimi ise 30° KD şeklindedir [11]. Yaklaşık 3 metre kalınlığında ayrışma zonu bulunan ve üst seviyelerinde 30-35 cm. kalınlıkta kuvars damarları içeren talklar, açık yeşilimsi, sarımsı-gri renklidir. Özellikle yüzeye yakın seviyelerinde bol miktarda demir (limonit, hematit) kapsar. Bu oluşumda talkları ağsal şekilde saran dolomit mikro damarları çok tipiktir ve arazide oldukça net bir biçimde gözlenebilmektedir (Şekil 5.3). Oluşumun hemen güneyinde (25645 /60192



koordinatında) K20-30°B gidişli bir fay yardımı boyunca çıkan hidrotermal eriyiklere bağlı olarak talklaşmanın meydana gelmiş olabileceği düşünülebilir (Şekil 5.4).



Şekil 5.3 3 No'lu oluşumda talkları saran dolomit mikro damarlarından bir görünüm.



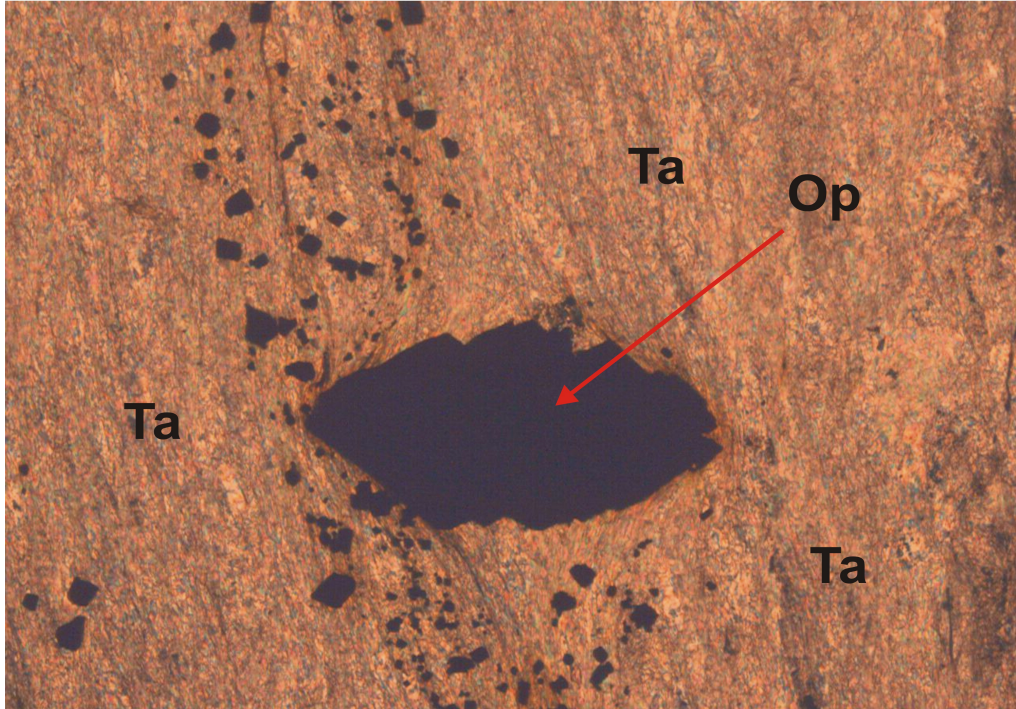
Şekil 5.4 3 No'lu talk oluşum mostrasının Hacıosman dere doğusunda 25633 / 60247 koordinatındaki görünümü.



## 5.4 Talk ve İlgili Kayaç Örneklerinin Petrografik Tayinleri

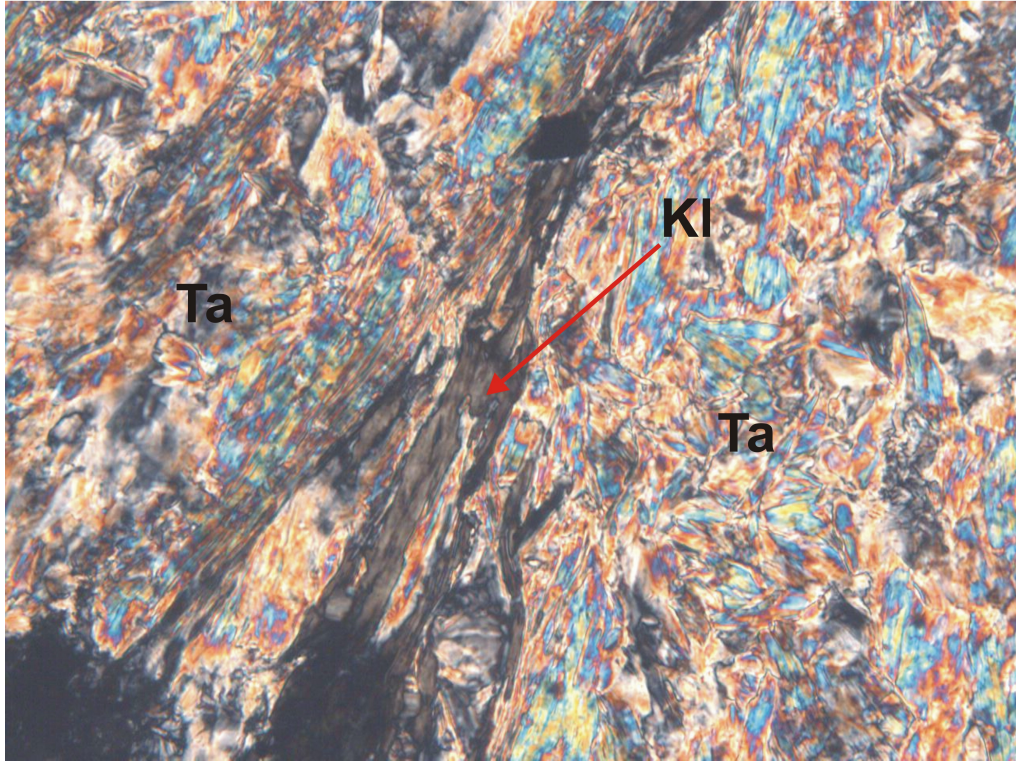
İnceleme alanında bulunan talk merceklerinden, bunları içerisinde barındıran ana kayalardan ve diğer jeolojik birimlerden alınan taze yüzeyli örnekler, MTA (Maden Tetkik ve Arama) Genel Müdürlüğü Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi'nde ince kesit haline getirilerek, Balıkesir Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarındaki alttan aydınlatmalı, Olympus marka, CX31-P model polarizan mikroskop altında incelenmiştir. Örnekleme işlemi yapılırken kayaç içerisindeki mineralojik farklılaşmayı ortaya koymak amacıyla özellikle homojenliğin bozulduğu noktalardan numune alınmasına çalışılmış ve böylece talk oluşumlarının tüm mineralojik ve petrografik özelliklerinin anlaşılabilmesi amaçlanmıştır.

2. oluşumun alt seviyelerinden alınan talk örneğine ait ince kesitte talk, genellikle kesitin yaklaşık %80'ini kapsamaktadır. Diğer mineraller eser oranda klorit ve bazı kesimlerde yoğunlaşan opak minerallerdir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 T2-A talk şist kesitindeki talk-opak mineral birlikteliğinin optik mikroskop görüntüsü, Ta: talk, Op: opak mineral, (Koordinat: 25131 / 60205, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: T2-A).

Kloritler, kesitlerde talk kristalleri içinde bazen damar şeklinde ve kendi içinde barındırdığı demiri belli eden zonlarla yer almaktadır (Şekil 5.6). Minerallerde yine şistozite düzlemleri belirgindir. Talkların kayma zonları boyunca kloritleşme gözlenmektedir. Opak mineraller belli kesimlerde daha yoğun ve mineral sınırları boyunca bazıları korezyona uğramış görünümündedir.



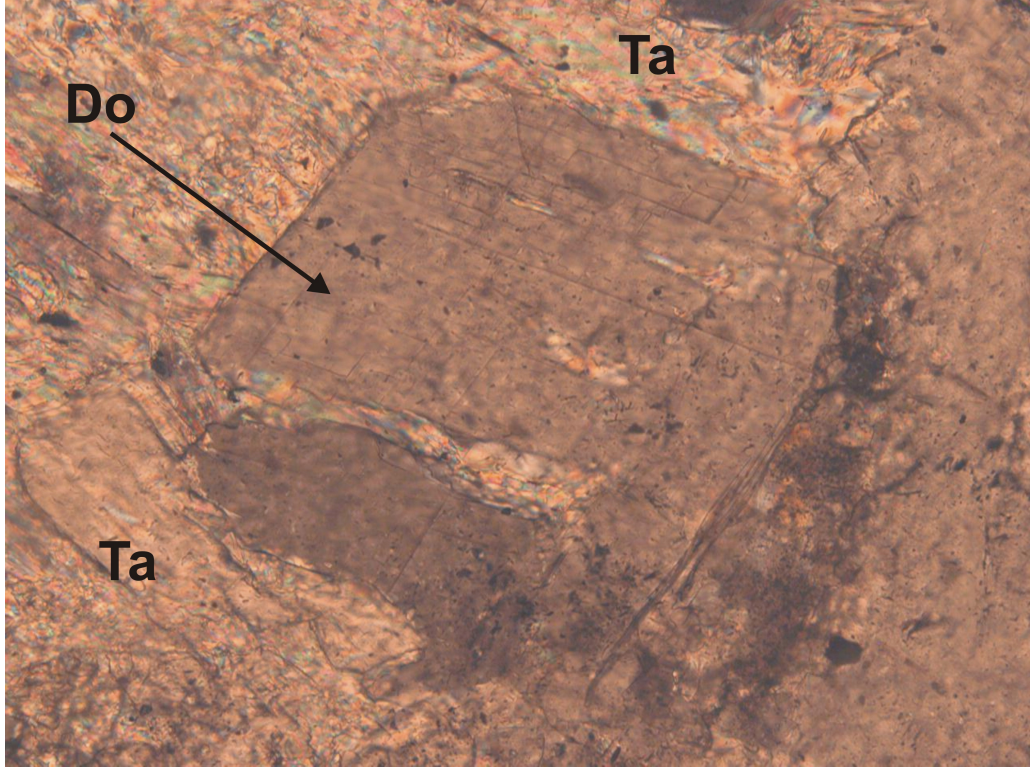
Şekil 5.6 T1-A klorit-talk şist kesitindeki talk ve kloritlerin optik mikroskop görüntüleri, Ta: talk, Kl: Klorit, (Koordinat: 25268 / 60864, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: T1-A).

3 nolu oluşumdan yapılan ince kesitlerde ise talkla beraber dolomit minerali gözlenmektedir. Dolomitlerin sınırları boyunca talklaştığı görülmekte ve dolomitler, yer yer özşekilli veya yarı özşekilli, çoğunlukla da ksenomorftur.

Tipik romboeder kristalli olanlarına rastlanmıştır ve dilinimi oldukça belirgindir (Şekil 5.7).



Kloritler talkların içinde onlarla beraber biçimde ve talkların içine serpiştirilmiş halde bulunurlar.



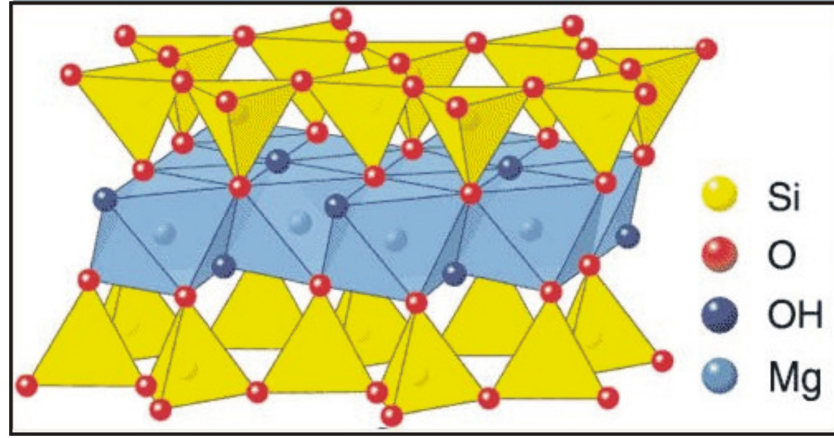
Şekil 5.7 T3-Ü klorit-talk şist kesitindeki talk ve idiomorf dolomitin optik mikroskop görüntüsü, Ta: Talk, Do: Dolomit, (Koordinat: 25633 / 60247, N<sup>+</sup>, 4X; Örnek No: T3-Ü).



## 6. MİNERALOJİ

### 6.1 Talkın Mineralojik Özellikleri

Talk, teorik formülü “ $Mg_3 Si_4 O_{10} (OH)_2$ ” olan sulu bir magnezyum silikat mineralidir. Kristal morfolojisi iki silisyum-oksijen tetraeder tabakasının arasında sıkışmış bir adet magnezyum-oksijen/hidroksil oktaeder tabakasından ibarettir (Şekil 6.1). İdeal bileşiminde %63.5  $SiO_2$ , %31.7  $MgO$  ve %4.8  $H_2O$  içerir. Beyaz, yeşilimsi, şeffaf renklerde, kaygan, masif görümlü ve yumuşaktır. Sertliği Mohs cetveline göre 1-1.5 arasında değişir. Yoğunluğu  $2.6-2.8 \text{ gr/cm}^3$  arasındadır. Kristal şekli monoklinikdir (Şekil 6.1). Talkın ısı ve elektrik iletkenliği zayıftır fakat ateşe dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaşır. Asitlerle bozulmaz.



Şekil 6.1 Talk mineralinin kristal morfolojisi [12]

### 6.2 X-Işım Difraksiyon (XRD) Analizleri

XRD analizleri Georgia Üniversitesi (ABD) Jeoloji Bölümü laboratuvarlarında SCINTAG XDS 2000 model difraktometre ile  $Co-K\alpha$  radyasyonu kullanılarak, 35

mA'lık akım ve 40KV'lık güç şartlarında yapılmıştır. Ayrıca talk örneklerinin bir kısmı da İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarında *Cu-Kα* radyasyonu, 35 mA'lık akım ve 40KV'lık güç altında analize tabi tutulmuştur. Talk oluşumlarının yanal ve düşey yönlerdeki mineralojik farklılaşmasının belirlenmesi amacıyla, çalışma alanında 3 farklı lokasyonda yüzlek veren talk oluşumlarının alt ve üst kesimlerinden (her seviyeden 4 örnek olmak üzere) derlenen toplam 24 adet karakteristik numune üzerinde yapılan incelemelere göre, tüm oluşumlardaki esas minerali *talk* teşkil etmektedir. Talka eşlik eden diğer minerallerse klorit, klorit-vermikülit, illit, kaolinit, dolomit, manyezit, limonit, götit ve manyetit seklindedir. Örneklerin mineral parajenezleri Çizelge 6.2'de verilmiştir.

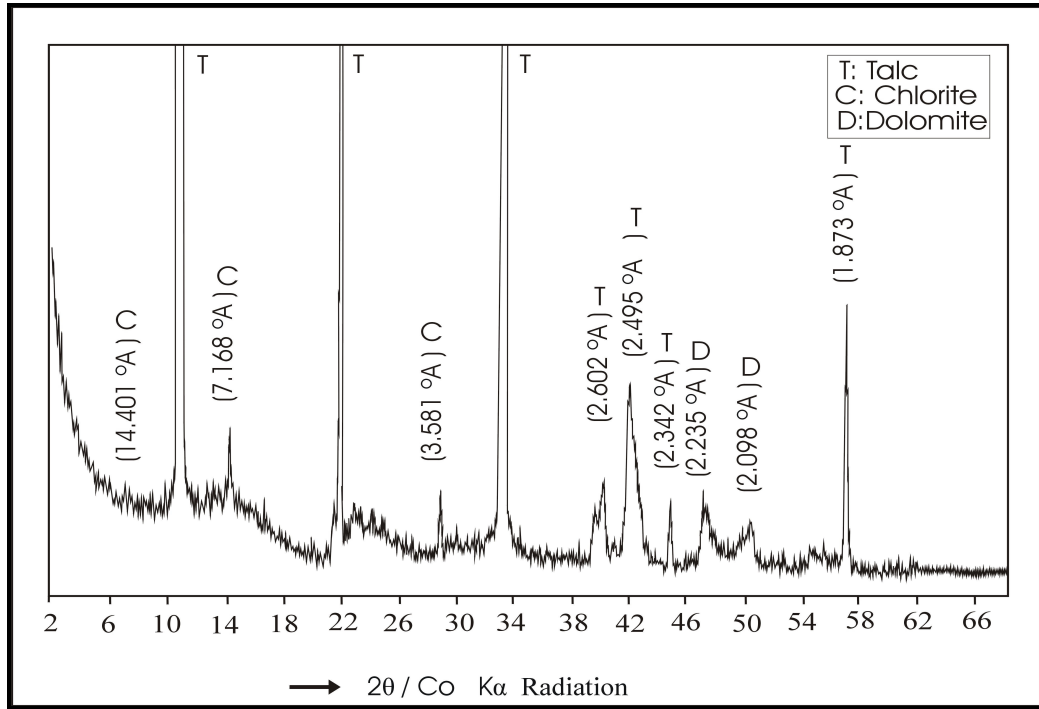
Çizelge 6.1 İnceleme konusu talk oluşumlarına ait temel mineral parajenezi (T1: 1 no'lu, T2: 2 no'lu, T3: 3 no'lu oluşuma ait örnekler; A: Alt seviye, Ü: Üst seviye).

<b>Örnek No</b>	<b>Mineral Parajenezi</b>
T1-Ü (1 nolu oluşum, üst seviye)	Talk + Klorit + Hematit + Manyetit
T1-A (1 nolu oluşum, alt seviye)	Talk + Klorit + Dolomit + Manyetit + Kalsit
T2-Ü (2 nolu oluşum, üst seviye)	Talk + Klorit + Manyezit + Hematit
T2-A (2 nolu oluşum, alt seviye)	Talk + Klorit + Dolomit + Manyezit + Manyetit
T3-Ü (3 nolu oluşum, üst seviye)	Talk + Klorit + Klorit-Vermikülit + Manyezit + Hematit + Götit + İllit
T3-A (3 nolu oluşum, alt seviye)	Talk + Dolomit + Klorit + Manyetit + Kaolinit

Oluşumlarda “talk + klorit” birlikteliği hemen hemen tüm seviyelerde gözlenirken alt seviyelerdeki örneklerde “talk + klorit” parajenezine dolomit ve manyezit mineralleri de eşlik etmektedir. Bunun nedeni, Hacıosman deresinin batısındaki oluşumlarda alterasyon etkisinin daha fazla olması ve buna bağlı olarak

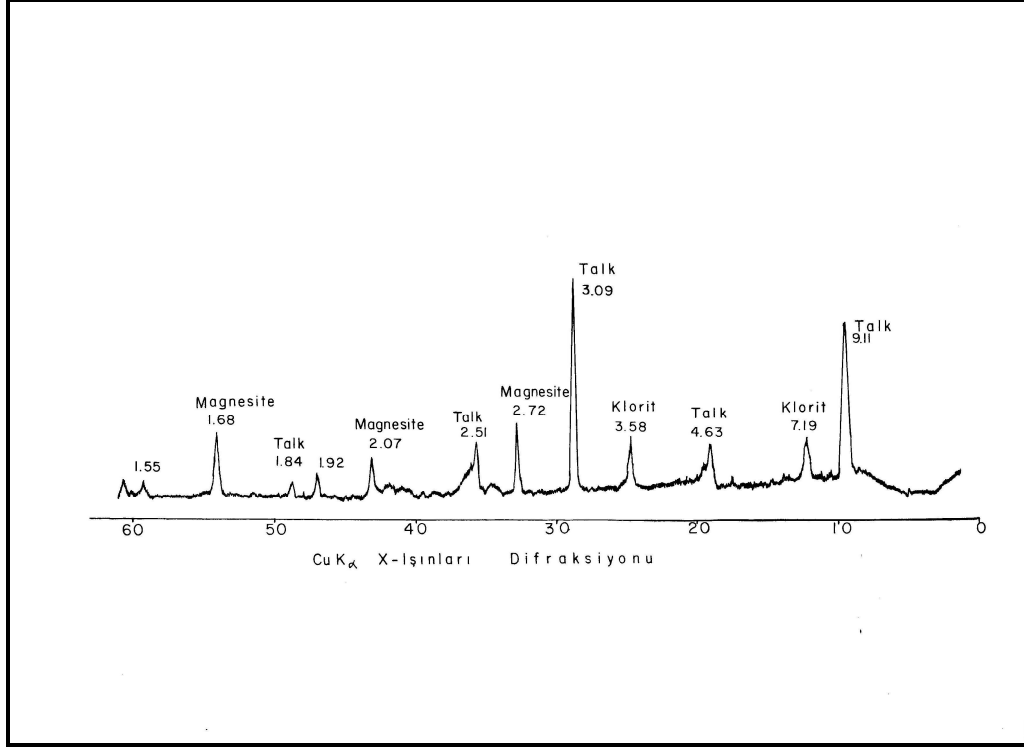
yüzeyden itibaren derinlere doğru gelişen alterasyon zonunun, üst seviyelere nazaran daha kalın olmasıdır.

XRD incelemelerinde talka ait karakteristik pikler; 9.33, 4.66, 4.29, 4.12, 4.08, 3.11, 2.60, 2.59, 2.49, 2.33 ve 1.55 Å olarak verilmekte [20] ve benzer kristal yapılı “pirofillit”ten  $[d_{(006)}]$  aralığının 3.10 Å,  $[d_{(060)}]$  aralığının ise 1.52 Å olması ile ayrılmaktadır [13].



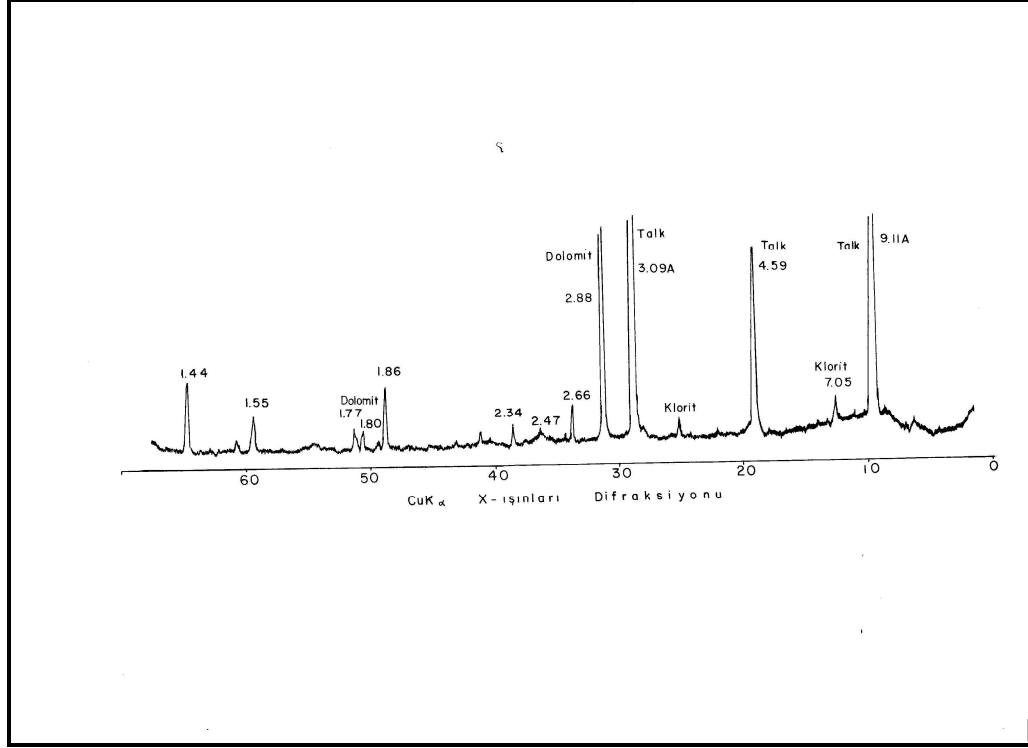
Şekil 6.2 T2-A örneğine ait X-ışınları difraksiyon kaydı (T: Talk, K: Klorit, D: Dolomit).

Bölgedeki talk oluşumlarından derlenen tüm örnekler üzerinde yapılan XRD incelemelerinde talka ait karakteristik pikler elde edilmiş ve  $[d_{(006)}]$  değerlerinin 3.126 Å ile 3.129 Å arasında değiştiği;  $[d_{(060)}]$  değerlerinin de ortalama 1.529 Å olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.1), [11]. Diğer taraftan XRD incelemelerine göre talk ile birlikte bulunan kloritlerin çoğunlukla *magnezyumlu klorit (klinoklor)* özelliğinde oldukları belirlenmiştir [14]. Talkla birlikte izlenen *manyazitler* sırasıyla 2.72, 2.08 ve 1.69 Å'deki karakteristik yansımaları; özellikle alt kesimlerde izlenen *dolomitler* ise 2.88, 1.80 ve 1.77 Å'deki karakteristik yansımaları ile tespit edilmişlerdir.



Şekil 6.3 T2-Ü örneğine ait X-ışınları difraksiyon kaydı.

Dolomit miktarının ortalama % 5-20 oranında; manyezitin ise maksimum % 35'e varan oranda bileşime girebildiği tespit edilmiştir [15]. Diğer taraftan; yanal yöndeki mineral değişimine bakıldığında, herhangi bir yönde oransal olarak talk ve klorit çok fazla değişiklik göstermezken ayrışma ile ilişkili olarak batıdan doğuya doğru karbonat minerallerinde (manezit, dolomit) bir artış izlenmektedir [11].



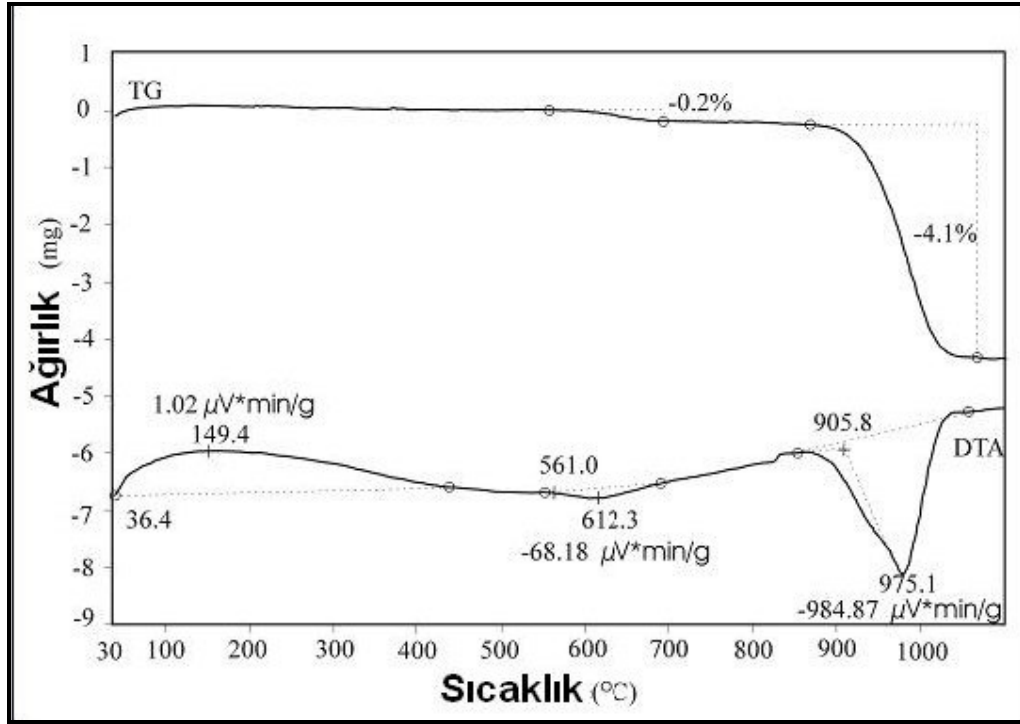
Şekil 6.4 T3-A örneğine ait X-ışınları difraksiyon kaydı.

### 6.3 Diferansiyel Termal Analiz (DTA) İncelemeleri

Talk örneklerinin termal analizleri, Rigaku marka diferansiyel termal-termogravimetrik (DTA-TG) analiz cihazı ile dakikada 20°C'lik bir ısıtma hızında ve 10 mm/dk.'lık bir kağıt hızında, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) laboratuvarında yapılmıştır.

Termal açıdan saf talk örnekleri, talk-şist, Mg'ca zengin klorit-şist ve diğer ana kayaç türleriyle benzer özellikler göstermekte ve dokusal sağlıklarını 700°C'ye kadar korumaktadırlar [11]. 750°C-900°C arasındaki sıcaklıklarda ise talkın yapısından 1 molekül su (OH) dışarı atılmakta ve yaklaşık 900°C'de artık yapısal bozulmalar meydana gelmektedir [16]. 700°C'ye kadar gözlenen endotermik pikler, emilmiş (adsorbe edilmiş) suyun dışarı atılmasıyla ilişkilidir [17]. Talkın termal özelliklerinin belirlenmesi için Şekil 4.2'de tipik bir örnek için DTA ve TG eğrileri verilmiştir. 612.3°C'de gözlenen yüzeysel ve geniş endotermik pik, adsorbe edilmiş suyun dışarı atılmasını temsil ederken; 975.1°C'de gözlenen endotermik pik

ise yapısal farklılıkları yansıtır [11]. TG eğrisi, 561°C'de adsorbe edilmiş suyun dışarı atılmasından kaynaklanan ilk ağırlık kaybını gösterir ve ikinci ağırlık kaybı ise yaklaşık 850°C civarında ayrışmanın başlamasıyla meydana gelir.



Şekil 6.5 T3-A (3.oluşum, alt seviyesi) talk örneğine ait DTA-TG eğrileri.

Sonuç olarak, DTA-TG verileri talkın ideal kristal yapıda olduğunu ve talk kristal yapısında Co ve Mn bulunabileceğini, 750°C civarında artık yapısındaki suyu kaybetmeye başladığını ve 900°C civarında ise kristal yapısının bozulduğunu göstermiştir.

#### 6.4 Infrared (IR) Spektroskopisi Analizleri

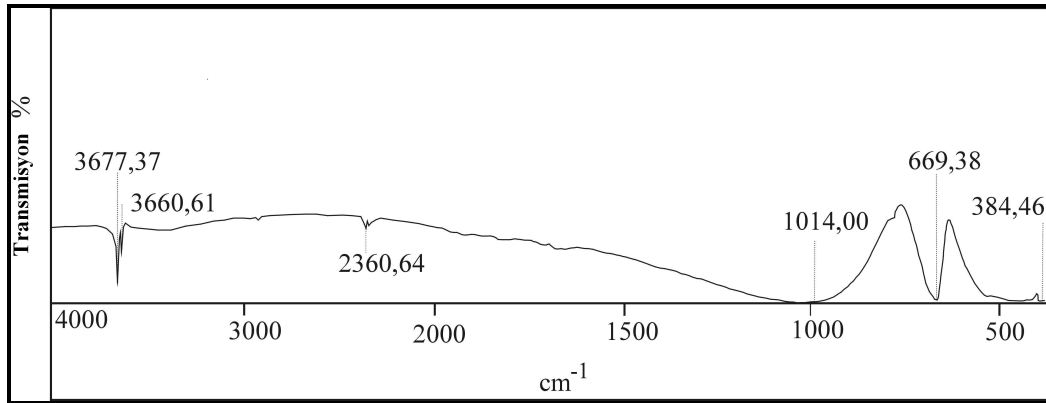
Infrared analizleri, Balıkesir Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi laboratuvarında, Perkin-Elmer Spektrum Bx-II marka cihaz ile KBr tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çoğu tabakalı silikatlarda olduğu gibi talk için de yapıdaki OH gerilme ve bükülme titreşimlerine ait absorpsiyon bantları sırasıyla 3400-3750 cm<sup>-1</sup> ve 950-600

$\text{cm}^{-1}$  bölgelerinde; Si-O bükülme ve gerilme titreşimlerini yansıtan absorpsiyon bantları ise  $150\text{-}600\text{ cm}^{-1}$  ile  $700\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$  bölgelerinde bulunmaktadır [18,19]. İnceleme konusu talk IR grafiğinde  $3677$ ,  $3660$ ,  $1016$ ,  $669$ ,  $534$ ,  $465$  ve  $449\text{ cm}^{-1}$  absorpsiyon bantları görülmektedir (Şekil 6.5). Bunlardan  $3677\text{ cm}^{-1}$  ve  $3660\text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki absorpsiyon bantları talk mineralinin OH bağının gerilme titreşiminden

kaynaklanmaktadır. Talk mineralindeki Si-O gerilme titreşimini ve Si-O bükülme titreşimini ifade eden absorpsiyon bantları ise sırasıyla  $1014$ ,  $46$  ve  $452\text{ cm}^{-1}$  bölgelerinde bulunmaktadır.  $669\text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki absorpsiyon bandı ise yapıdaki Mg-OH gerilme titreşimini ifade etmektedir [20]. İnceleme konusu talk örneğinde izlenen  $1016\text{ cm}^{-1}$  absorpsiyon bandı Si-O gerilme titreşimini,  $465\text{ cm}^{-1}$  ve  $452\text{ cm}^{-1}$  bölgelerindeki absorpsiyon bantları da Si-O bükülme titreşimlerini ifade etmektedir.  $669\text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki absorpsiyon bandı ise Mg-OH bükülme titreşimine aittir.

Diğer taraftan talk mineralinin OH bağının gerilme titreşimini ifade eden  $3677\text{ cm}^{-1}$  bölgesindeki absorpsiyon bandı talkın bileşimine bağlı olarak farklı yerlerde bulunur ve talk bileşiminde *kobalt* bulunması durumunda ( $\text{Mg}_{64}\text{Co}_{46}$ ); OH absorpsiyon bandı  $3677.4\text{ cm}^{-1}$  bölgesinde, *mangan* bulunması ( $\text{Mg}_{92}\text{Mn}_8$ ) durumunda ise  $3677.1\text{ cm}^{-1}$  bölgesinde yer almaktadır [20]. İnceleme konusu talk örneği IR grafiğinde ilgili absorpsiyon bandı,  $3677.16\text{ cm}^{-1}$  bölgesinde yer almaktadır. Buna göre mangan ve kobaltın incelenen Gümeli talklarının yapısına girmiş olduğunu söylemek mümkün görülmektedir [11].

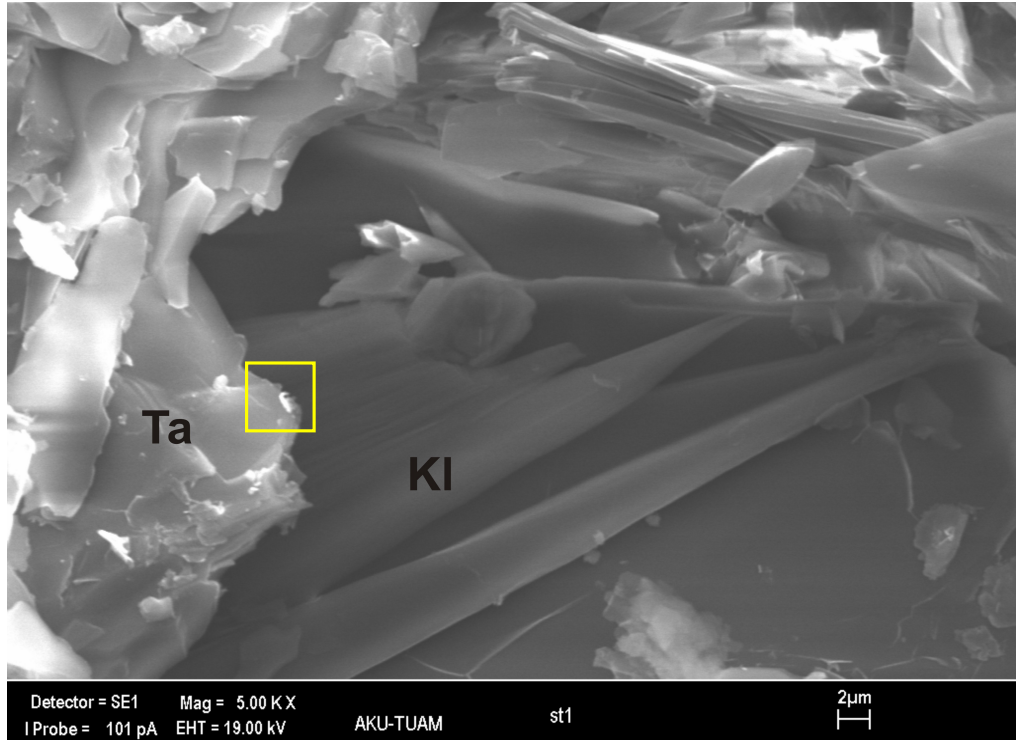


Şekil 6.6 T1-A talk örneğine ait infrared (IR) spektroskopi grafiği.

## 6.5 Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) İncelemeleri

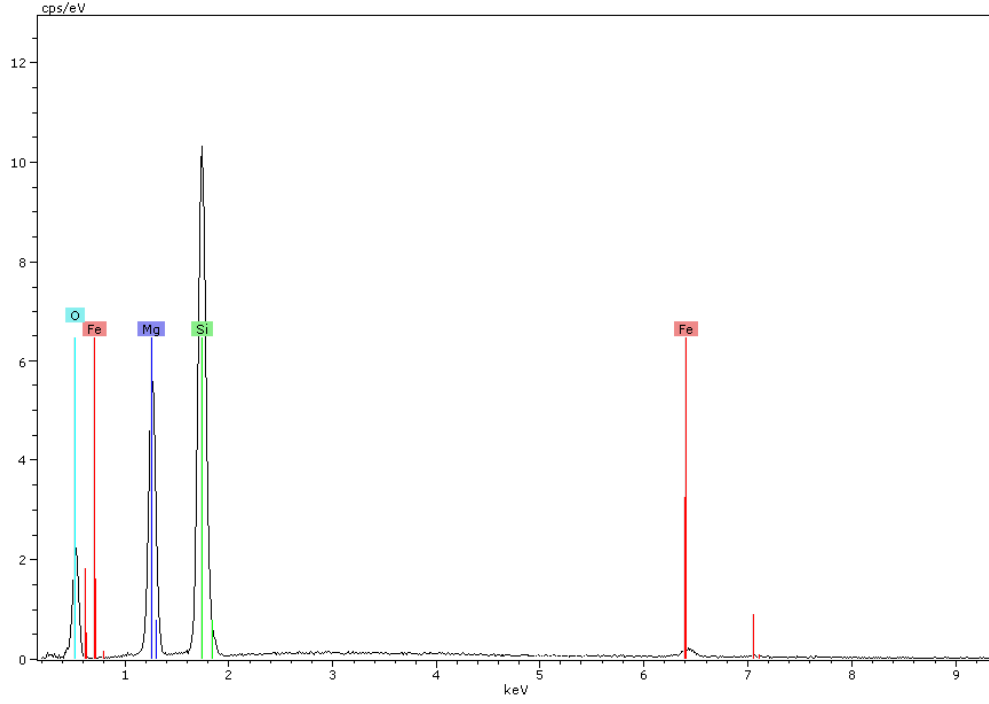
Taramalı Elektron Mikroskop incelemeleri yardımı ile talk örneklerinin ayrıntılı kristal morfolojileri ve kimyasal bileşimlerinin tanımlanabilmesi amaçlanmıştır. İncelemeler için talk örneklerinin yüzeyleri çarpan elektronların geri yansımaları sağlaması amacıyla altın filmle kaplanmıştır.

Şekil 6.8'de T1-A talk örneğinde yapılan çizgi analizinde talk kristallerinin klorit kristalleriyle birlikte buldukları görülmektedir. Levhamsı morfolojide olan talk kristalleri, ince uzun çubuksu kristalli kloritlerle iç içe girik vaziyettedir. Talkın, klorit mineraliyle birlikte bulunması ilk aşamada mafik minerallerin hidrotermal ayrışmaya maruz kaldığını veya birincil olarak ultrabazik kayalardan (talkın ana kayasından) Mg-klorit halinde, talklaşmayla beraber kaldığına işaret eder. Yapılan EDX analizinde ise Mg, Si ve O piklerinin yanısıra yüksek oranda Fe pikinin de çıktığı belirlenmiştir ki bu durum makro örneklerde gözle görülebilen kırmızımsı kahve renkli, küfe benzer görünümlü lekelerin demir mineralleri olduğunu kanıtlar.



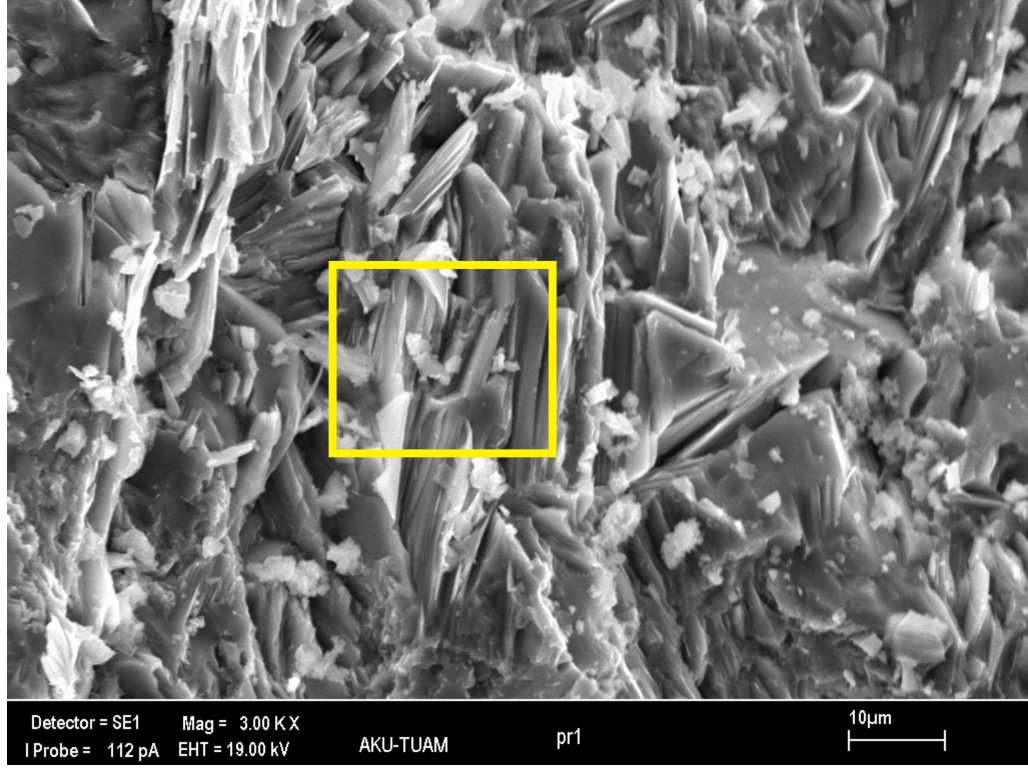
Şekil 6.7 Talk-klorit birlikteliğini gösteren taramalı elektron mikroskop görüntüsü (T1-A örneği, 1.oluşum-alt seviye)



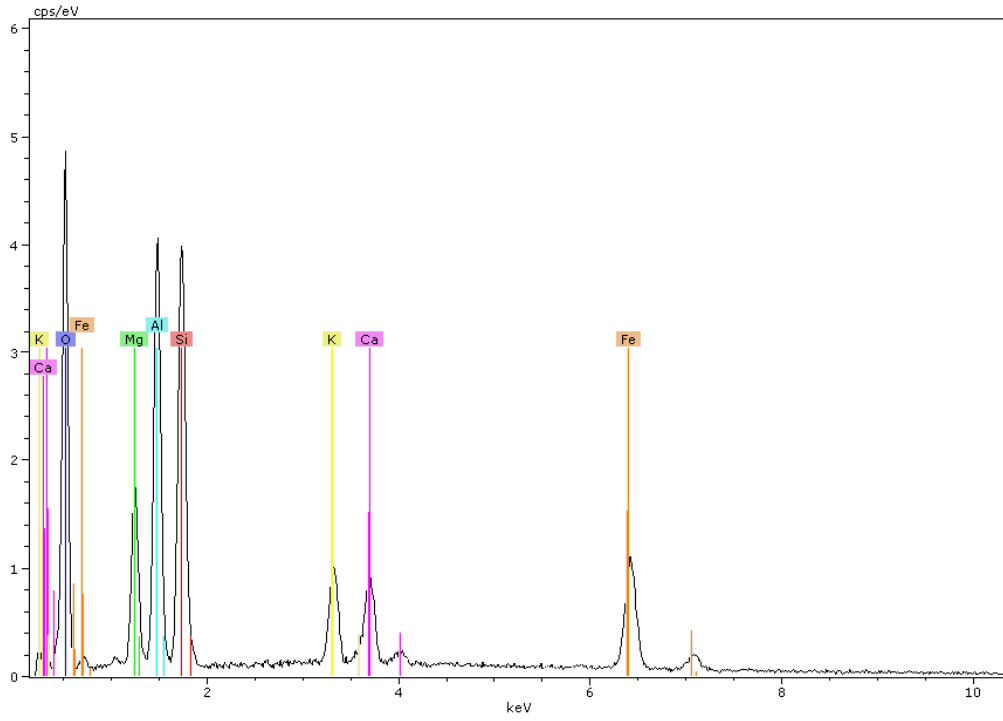


Şekil 6.8 Talk (Ta) - Klorit (Kl) birlikteliği ve yüksek Fe içeriğini gösteren EDX diyagramı.

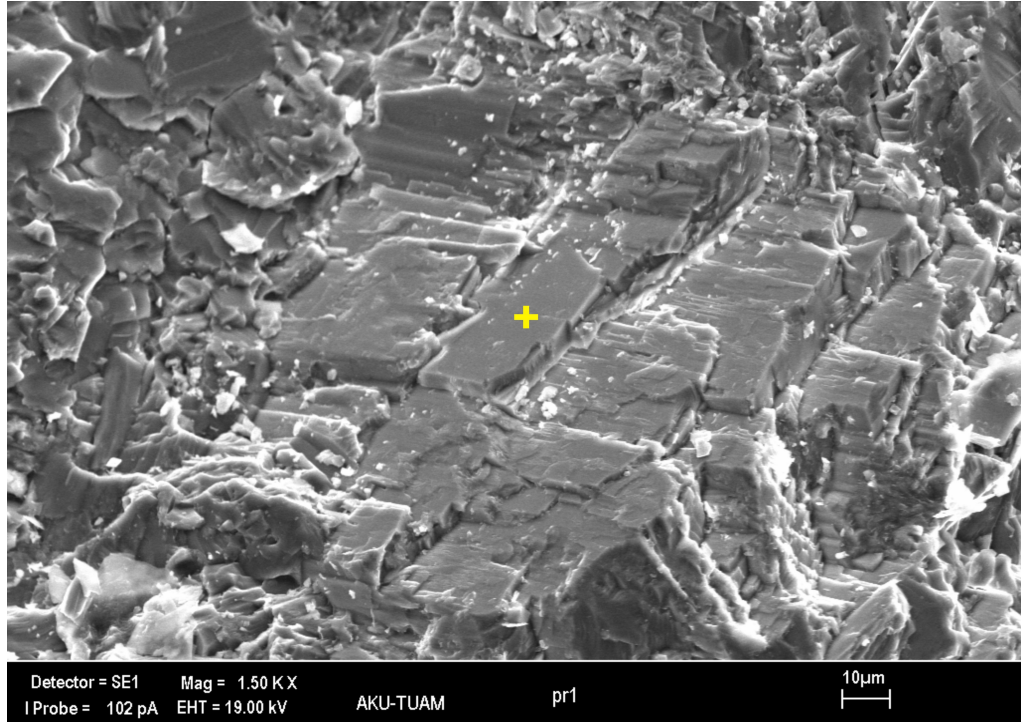
Şekil 6.8 ve Şekil 6.10'da talkın tipik sabunu andıran, kaygan ve kolay kırılğan yapısı görülmekte ve monoklinal sistemde kristalleştiği gözlenebilmektedir. Bu şekillerdeki işaretli alanlarda yapılan EDX analizlerinde kimyasal bileşime Na ve K gibi elementler de dahil olmuştur. Talkın yanındaki bu elementlerin varlığı talkın meydana geldiği ana kayaç tipinin alkalin karakterde olduğu savını desteklemektedir.



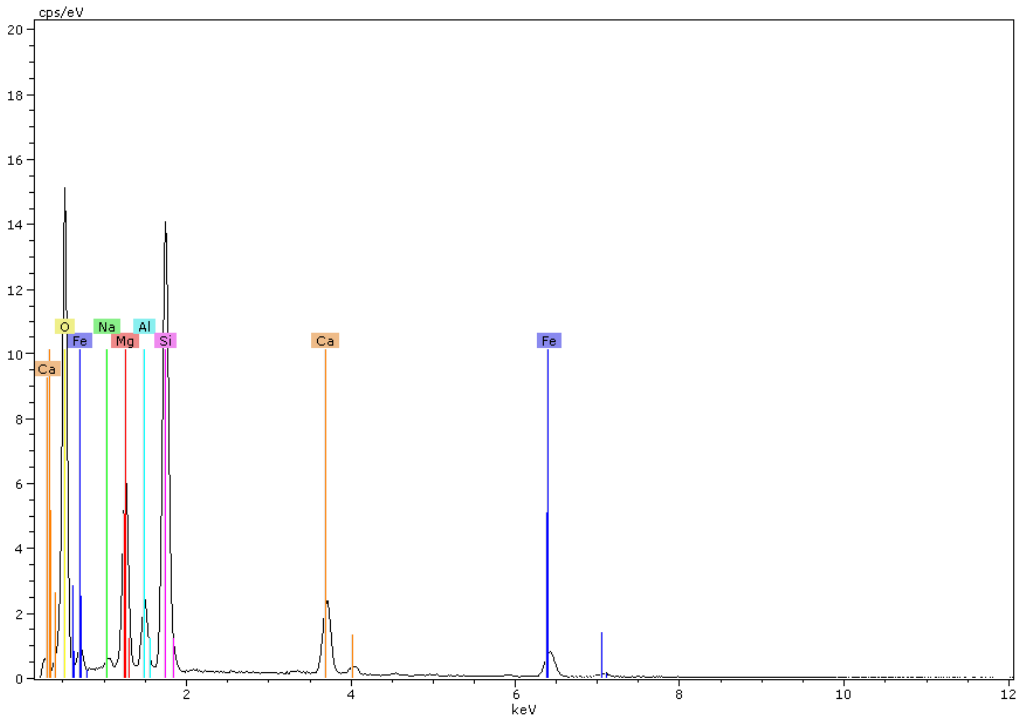
Şekil 6.9 Talkın tipik sabunumsu görünümü (2. oluşum, T2-A örneği)



Şekil 6.10 Şekil 6.9'deki işaretli kesimden yapılan EDX analizi diyagramı (2. oluşum, T2-A örneği)

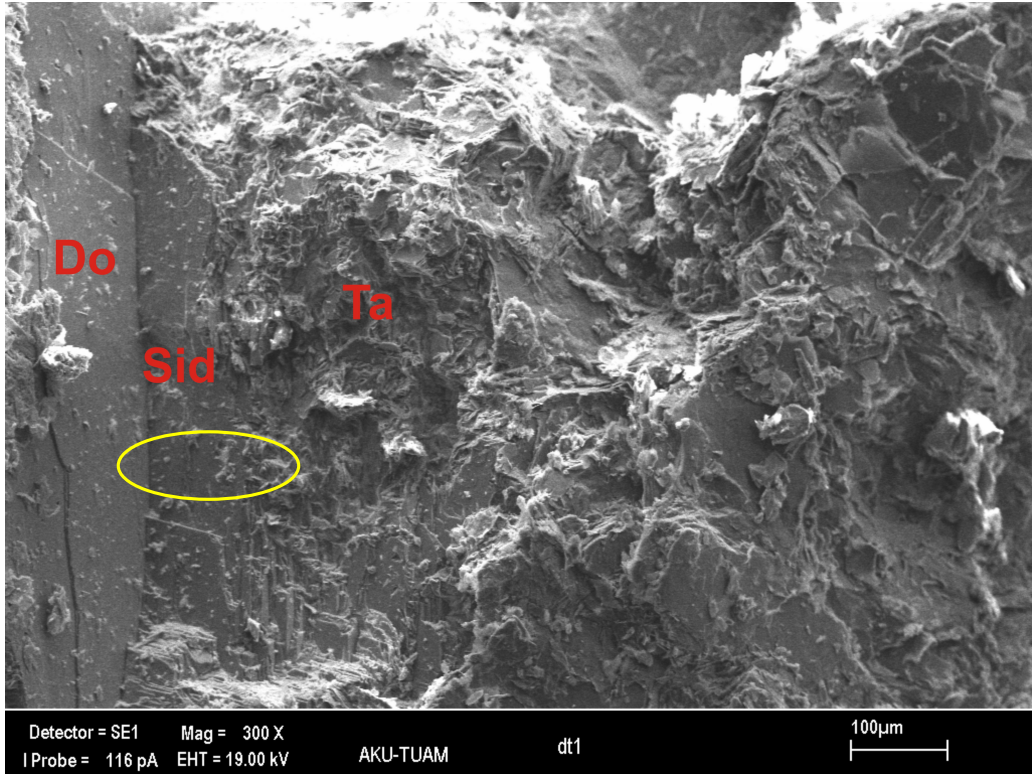


Şekil 6.11 Yapraksı yapıdaki mükemmel dilinimli talk kristallerini gösteren SEM fotoğrafı (3. oluşum, T3-Ü örneği).

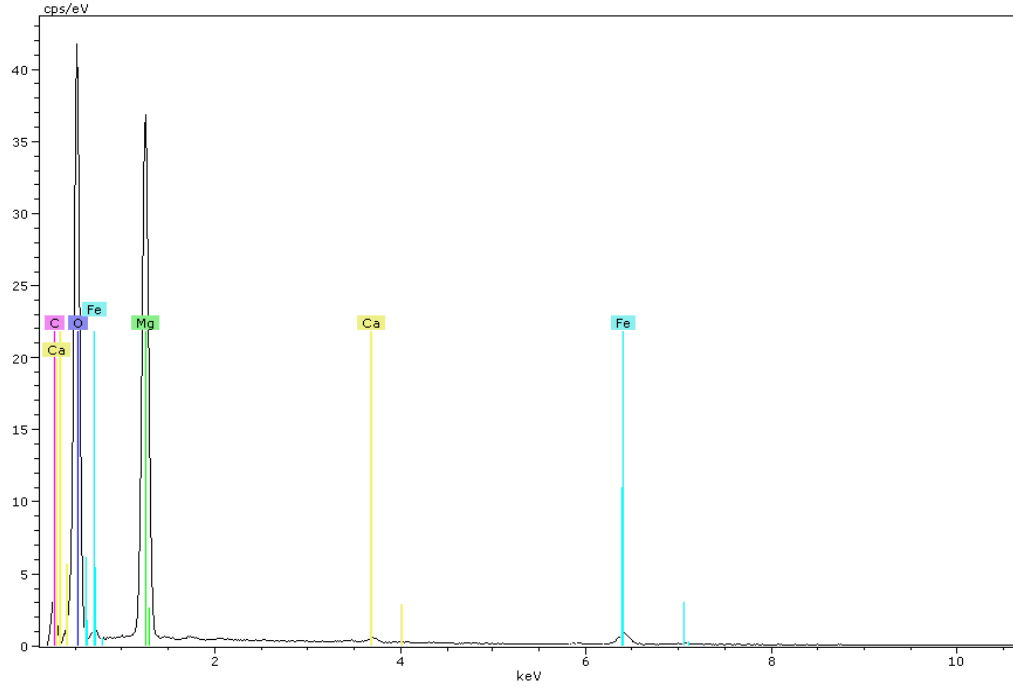


Şekil 6.12 Şekil 6.11'deki (+) işaretli kesimden yapılan EDX analizi diyagramı (3. oluşum, T3-Ü örneği).

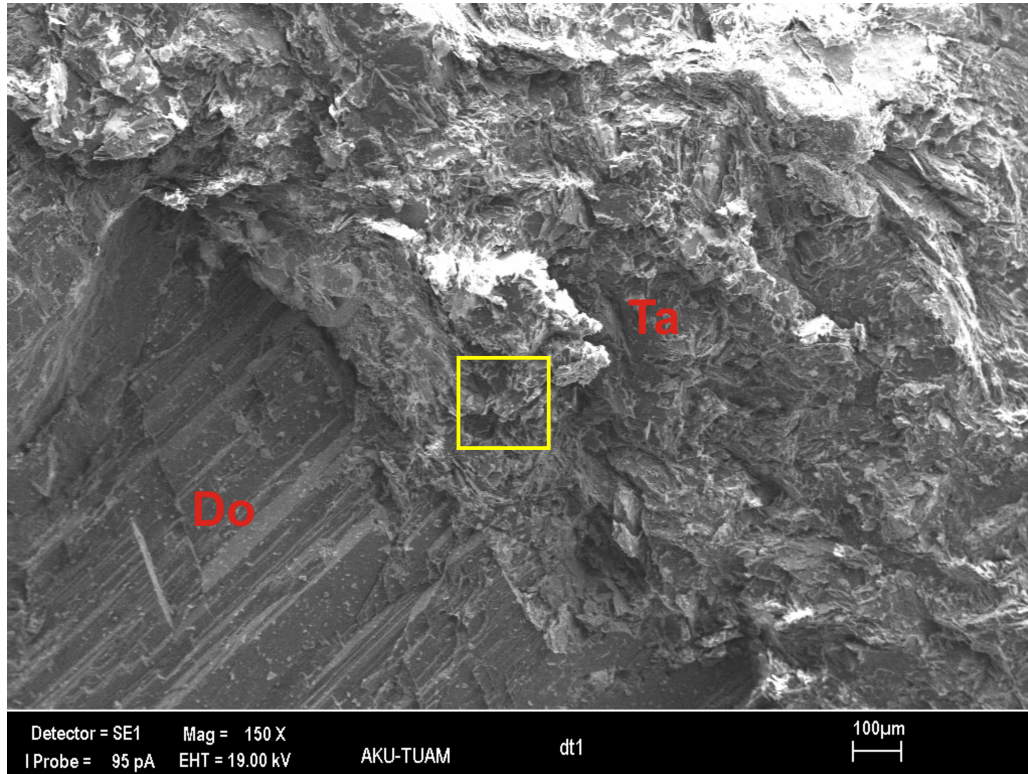
Şekil 6.13 ve Şekil 6.15’de talk içinde bulunan ve arazide de makro ölçekte görülebilen dolomit ve siderit damarlarından çekilen bir resim görülmektedir. Stockwerkler halinde talk içinde yayılan dolomit ve sideritler, yapılan EDX analizinde de yüksek Mg ve Fe içerikleriyle kimyasal bileşimde farkedilmektedir.



Şekil 6.13 Talk içindeki dolomit ve siderit damarlarını gösteren SEM fotoğrafı (Ta: Talk, Do: Dolomit, Sid: Siderit, 1.oluşum, T1-Ü örneği).

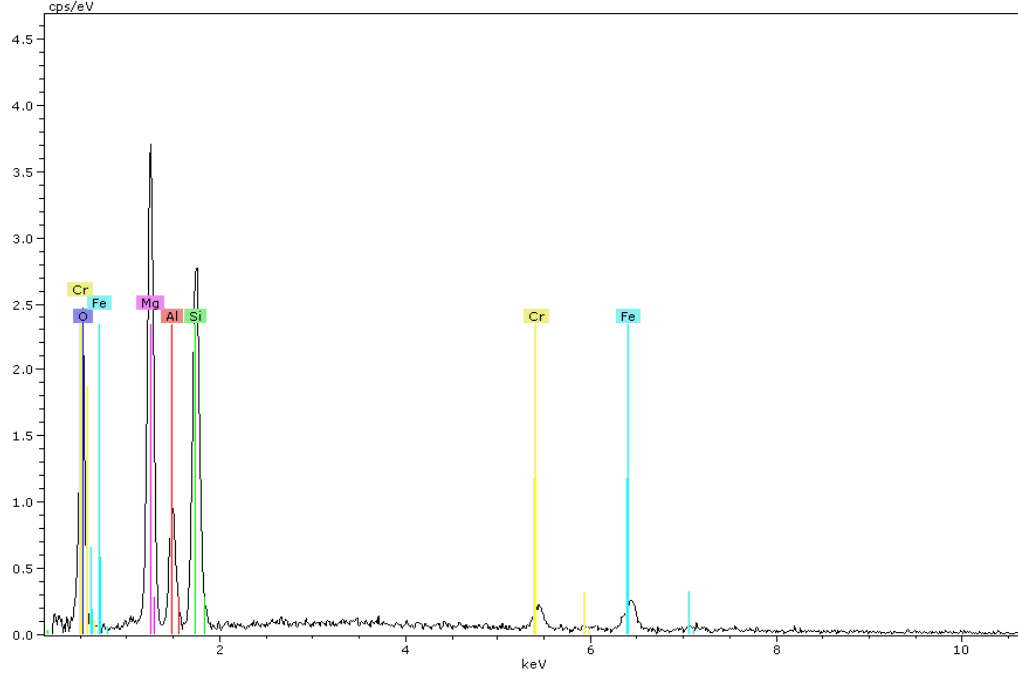


Şekil 6.14 Şekil 6.13' deki işaretli kesimden yapılan EDX analizi diyagramı (1.oluşum, T1-Ü örneği).



Şekil 6.15 Dolomit (Do) ve talk (Ta) birlikteliğini gösteren SEM fotoğrafı (3. oluşum, T3-Ü örneği).





Şekil 6.16 Talk içindeki yüksek Cr içeriğini gösteren EDX analizi (3. oluşum, T3-Ü örneği).

Şekil 6.15’de işaretli kesimden yapılan EDX çalışmasında yüksek oranda Cr içeriğiyle karşılaşmıştır ki, bu durum yine çalışma alanı talk oluşumlarının ultramafik kökenli olduğu savını destekler.

## 7. JEOKİMYA

Talk oluşumları ve ana kayalara ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 7.1’de verilmiştir. Kimyasal analizlerde talk örnekleri SiO<sub>2</sub> (%50.16-55.77), MgO (%30.16-31.92) ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%4.41-8.72), daha az oranda Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%0.62-1.2) ve CaO (%0.07-1.63) içeriklerine sahiptir. Talkların jeokimyasal olarak yaygın karakteristik özellikleri yüksek krom (%0.22-0.36), oldukça düşük alüminyum (%0.85), titanyum (%0.02) ve alkali element (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O<0.08) içerikleridir. Tek bir örnekte (T1) alkali element içerikleri dedeksiyon limitleri altında çıkmıştır. Schandl vd. (2002) [21], Doğu Mısır’daki talkca zengin kayaları çalışmışlardır. Bölgedeki talk oluşumları yüksek MgO, düşük Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriklerine sahip olmasına rağmen, Ni, Co ve Cr (0-40 ppm) açısından oldukça fakir olduğu gözlenmiştir. Schandl vd. (2002) [21], bölgede bulunan talk oluşumlarının jeokimyasal özellikleri mafik veya ultramafik bir ana kayaya uygun değildir.

Bununla birlikte, Boumnyebel (Cental Cameroon)’dan talk-şist oluşumları yüksek Ni (2000 ± 50 ppm), Co (90-100 ppm) ve Cr (3600 ± 10 ppm) içeriklerine sahiptir [22]. Yazarlara göre, bu jeokimyasal sonuçlar talkların mafik veya ultramafik bir ana kayadan türediğini göstermektedir. Benzer bir oluşum, Sivas Havzası (Türkiye)’ndeki talk yataklarında gözlenmiştir. Yalçın ve Bozkaya (2006) [23], yaptıkları detay çalışmalarda Sivas Havzası’ndaki talk oluşumlarını 2 gruba ayırmışlar ve ultramafik kökenli talk oluşumları üzerine yorumlarda bulunmuşlardır. Yazarlara göre, ultramafik kayaların ev sahipliği yaptığı talk oluşumları, yüksek Ni (423-432 ppm), Co (10-52 ppm) ve Cr (<20-191 ppm) içeriklerine sahiptir.

Aynı şekilde, İvrindi (Balıkesir) bölgesinde talk cevherleşmelerinin ortalama Ni, Co ve Cr içerikleri, sırasıyla, 1541 ppm, 81.7 ppm ve 1711 ppm’dir. Dahası, 3 elementin ortalama değerleri Doğu Alpler’deki Mesozoyik yaşlı naplar ile ilgili ultramafik kayalara [24] ve Türkiye’deki Anatolid-Torid Bloğundaki ofiyolitlere [25] benzerlik göstermektedir.



Örnek	T1	T2	T3	T4	T5	T6	TU	TA
-------	----	----	----	----	----	----	----	----

### 7.3 Nadir Toprak elementleri

La	0,6	0,9	0,5	0,3	0,5	0,5	18,2	33,1
Ce	0,7	1,2	0,5	0,5	0,5	0,5	39,6	64,2
Pr	0,08	0,29	0,39	0,14	0,1	0,1	4,62	7,31
Nd	<0,3	6,3	22,1	6,6	<0,7	<0,8	17,6	26,2
Sm	0,05	0,7	2,05	3,05	3	3,4	3,45	4,71
Eu	<0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,93	1,12
Gd	0,09	0,11	0,12	0,09	0,05	0,15	3,34	4,23
Tb	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,58	0,67
Dy	0,07	0,37	0,43	0,3	0,35	0,17	3,35	3,67
Ho	<0,02	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,74	0,77
Er	0,04	0,14	0,2	0,06	0,05	0,05	2,11	2,26
Tm	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,33	0,37
Yb	0,06	0,08	0,05	0,05	0,05	0,05	2,25	2,21
Lu	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,36	0,35

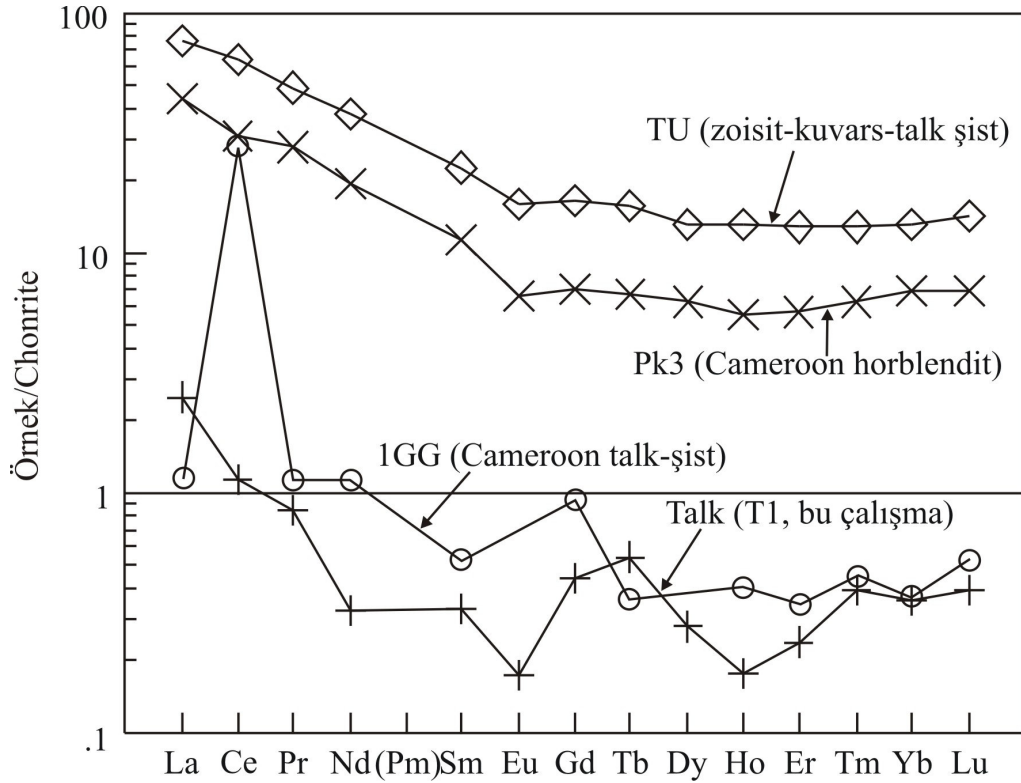
**Not: T1-T6:** Talk analizleri, **TU:** Talk oluşumlarının üst seviyesindeki ana kayacın analizi, **TA:** Talk oluşumlarının alt seviyesindeki ana kayacın analizi.

Talk oluşumlarında majör elementlerden Fe ve Mg; iz elementlerden Ni, Co, Cr, Pb, Cu, Zn, Ta, Th, U içerikleri zenginleşme göstermektedir. Ni, Co ve Cr içerikleri bilindiği gibi ultramafik-mafik kayalarda oldukça zenginleşme gösteren elementlerdir. Diğer taraftan, Th ve U asidik intrüzif kayalarda yaygın olarak görülmektedir. Talk örneklerindeki Pb, Cu, Zn, Ba zenginleşmeleri genellikle hidrotermal aktiviteyi işaret eden elementlerdir.

Talk oluşumlarına ev sahipliği yapan ana kayalar Cu (45.1 ppm), Ni (101 ppm), Co (36 ppm) ve Cr (301.16 ppm) içeriklerine sahiptir. Bu çalışmada elde edilen tüm jeokimyasal veriler, İvrindi bölgesindeki talk oluşumlarının kökeni için mafik veya ultramafik bir kökeni işaret etmektedir.  $Mg \# [molar \ 100 \times Mg / (Mg + Fe^{tot})]$  değeri 92.45'dir ve bu savı desteklemektedir.

Chondrite'e göre normalize edilmiş nadir toprak element bollukları Şekil 7.1'de verilmiştir. Örnekler tüm LREE ve HREE'ce zenginleşmiştir. Talkın ana kayası olarak düşünülen ve zoisit-kuvars-talk şistten meydana gelen TU örneği kuvvetli olarak farklılaşmış (fraksiyonlaşmış) nadir toprak element şekilleri ile ayırt

edilmektedir ve örnekler LREE'ce zenginleşmiştir [(La/Yb)<sub>n</sub> = 5.80]. HREE (Gd-Lu) şekilleri sabittir; herhangi bir zenginleşme veya tüketilme göstermez. Buna ek olarak, talkın ana kayası olan TU'ya ait örnek negatif Eu (Eu/Eu\* [Eu<sub>N</sub>/(Sm<sub>N</sub>+Gd<sub>N</sub>)\*0.5] = 0.83) anomalisi göstermektedir. Farklılaşma süresince plajiyoklasın fraksiyonel kristallenmesini göstermektedir. Gümeli (İvrindi, Balıkesir) talk oluşumları ile Cameroon talkşist oluşumları birbirine oldukça benzerlik göstermektedir. Chondrite'e göre normalize edilmiş diyagramda da görüleceği gibi talka ev sahipliği yapan ana kaya bakımından her iki oluşum diyagram üzerinde şekil itibariyle birbirine uygunluk göstermektedir. Talk açısından değerlendirildiğinde, Gümeli talk oluşumları sadece La ve Ce açısından hafif bir zenginleşme gösterirken, Cameroon talkşist oluşumları La, Pr, Nd elementleri bakımından hafif, Ce bakımından iste oldukça kuvvetli bir pozitif anomali sunmaktadır.



Şekil 7.1 Talk (T1) ve ana kayası TU'ya ait örnek için Chondrite'e göre normalize edilmiş iz element bollukları. (normalize değerler [26]'dan alınmıştır). Cameroon hornblendit ve talkşist şekilleri karşılaştırma için diyagrama konulmuştur.



## 8. TALK YATAKLARININ OLUŞUMU

Talk aslında metamorfik kayaçların yaygın minerallerinden biridir. Dünyanın çeşitli yerlerinde birçok jeolojik durumun etkisiyle talk yatakları oluşabilir; ancak ekonomik açıdan varlığını sürdürebilecek öneme sahip yataklar yok denecek kadar azdır [12].

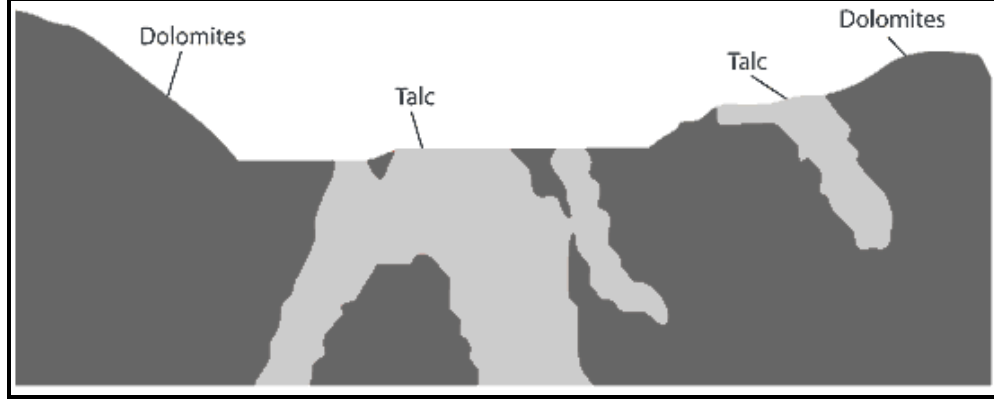
Talk yatakları; mevcut kayaçların, talkın kimyasal bileşiminde bulunan bir veya pek çok bileşeni taşıyan hidrotermal sıvıların etkisi altında meydana gelen başkalaşımının bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bir talk yatağının oluşumunda tektonizma oldukça önemli bir rol oynar. Tektonizma, kayaçların içinde kimyasal reaksiyonların meydana gelmesini kolaylaştıran bir mikrogeçirimlilik yaratarak, hidrotermal sıvıların kayaç gözeneklerine girmesine yardım eder. Talk yataklarının büyüklüğü ve şekli, düşük sıcaklık metamorfizması şartlarını taşıyan hidrotermal aktivitenin yoğunluğuna bağlıdır. Bu başkalaşım ile hem aynı zamanda, hem de sonradan oluşan basınç ve deformasyonlar, yataktaki talk cevherinin kristalleşme derecesini belirler.

Talk yatakları türedikleri ana kayaç türüne göre sınıflara ayrılırlar. Dört temel kategori vardır [12]:

### 1) Magnezyum karbonat kökenli yataklar :

Bu tip yataklarda talk, silis varlığıyla beraber karbonatların (dolomit ve magnezit) başkalaşımıyla meydana gelir. Silis, hidrotermal dolaşım tarafından getirilirken; gerekli olan magnezyum zaten in-situ olarak varolan karbonatlardan sağlanır. Bu reaksiyon, ana kayanın bileşimine bağlı olarak ya mineralojik olarak saf bir talk oluşumu ile ya da karbonatlar (hem kalıntı hem reaksiyonel), kuvars ve klorit gibi ilişkili minerallerle beraber bir talk oluşumu ile sonuçlanır [12].

Bu tip yataklar dünya üretiminin % 60'ını oluştururlar ve en beyaz ve en saf talk cevherlerinin bazıları bu tip yataklarda meydana gelir. Yellowstone (Montana, ABD) ve Respina (Kuzey-Batı İspanya) talk yatakları bu şekilde oluşan yataklara iyi örneklerdir.

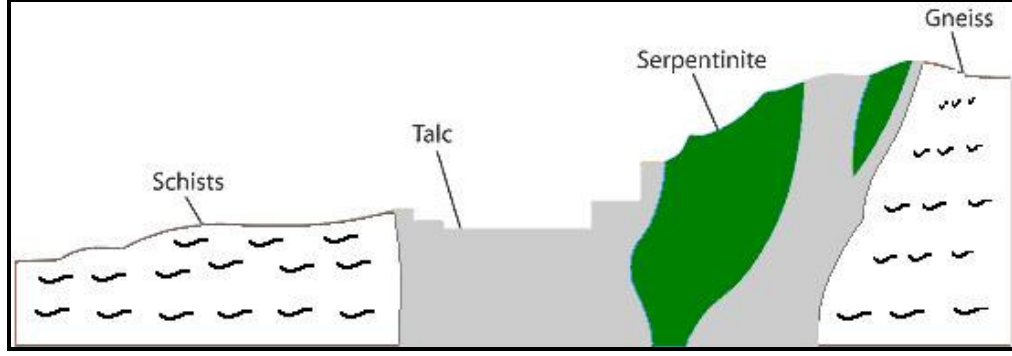


Şekil 8.1 Magnezyum karbonat kökenli talk yataklarına örnek [12]. Yellowstone Madeni (Montana, ABD).

## 2) Serpantinit kökenli yataklar :

Dünya talk üretiminin %20 kadarı serpantinitin, talk ile reaksiyonel magnezyum karbonatların bir tür karışımına dönüşmesinden meydana gelmektedir. Bu tip yataklar çoğunlukla “soapstone(sabuntaşı)” olarak anılır ve daima gri renkli ve asla saf değildirler. Bir endüstriyel mineral olarak kullanılması için genellikle talk içeriğini ve beyazlığı artırmak amacıyla flotasyonla zenginleştirilmesi gerekir.

Bu tip yataklar, ultramafik kayaç kuşaklarında oldukça yaygın ve geniş alanlarda dağılmıştır. Bunların arasında halen işletilen yataklar, Vermont'da (ABD), Quebec'de (Kanada)ve Finlandiya'dadır [12].



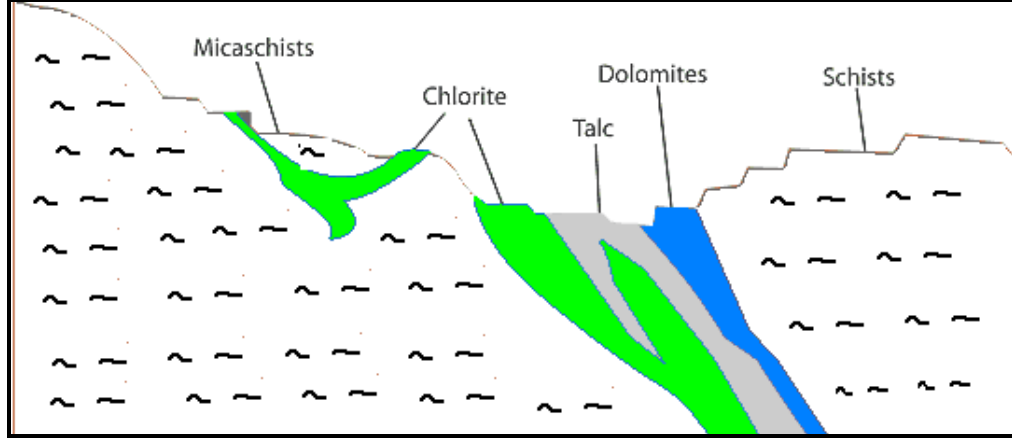
Şekil 8.2 Serpantin kökenli talk yataklarına örnek [12'den değiştirilerek]. Argonaut Madeni, (Vermont, ABD).

### 3) Silisli veya alüminyum-silikalı kayaç kökenli yataklar :

Bu tip yataklarda talk, oluşumu için gerekli silikayı sağlayabilen kuvarsit gibi silisli kayaçların dönüşümünden meydana gelir. Magnezyum, hidrotermal dolaşım vasıtasıyla getirilir.

Eğere ana kaya, alüminyum-silika bileşimindeyse (örneğin, pelitik şist veya gnays) aynı oluşum şartları altında talka ilaveten klorit de oluşabilir ve talkla kloritin karışımı şeklinde bir yatak ortaya çıkar.

Bu tip yataklar, Fransa Pireneleri'ndeki Trimouns'da olduğu gibi magnezyum karbonat kökenli yataklarla beraber şekilde bulunabilirler ve dünya talk üretiminin yaklaşık % 10'unu temsil ederler [12].



Şekil 8.3 Alüminyum-silikalı kayaç kökenli talk yataklarına örnek [12'den değiştirilerek]. Trimouns Madeni, (Pyrenees, Fransa).

#### 4) Magnezyum sedimanter yatak kökenli yataklar :

Oldukça geniş topluluklara karşılık gelse de talk cevheri bu tip yataklarda genellikle kuvars, mika, kil, organik malzeme ve demir hidroksitlerle (limonit, götit vb.) beraber saf olmayan bir kirlilik içinde bulunur. Bu tip yataklara ait işletilen bir maden yoktur [12].

Yukarıda açıklanan 4 adet yatak tipine göre cevherleşmedeki geniş çeşitlilik; onların *mineralojik kompozisyonlarına*, *renklerine* (beyazlık ve parlaklık açısından değerlendirilir) ve *kristal yapılarına* (sıkı veya düz,yassı) bağlı olarak ortaya çıkar ve bu üç parametre herbir ticari talk cevherinin endüstriyel uygulanabilirliği kadar, kendine özgü türünü de yönetir [12].

Ekonomik öneme sahip olan talk yatakları dolomitik kayaçların bölgesel veya kontakt metamorfizmaya uğramasıyla ya da magmatik kayaçların serpantinleşmesi ile oluşabilir. Talk oluşumu için en uygun alanlar magmatik kayaçlar ile sedimanter kayaç kontaktları, fay ve makaslama zonlarıdır [12].

Talk yatakları başlıca 4 gruba ayrılabilir [12] :

a) Steatit-Kompakt Talk: Masif, kriptokristalin, oyulabilir, kesilebilir veya istenilen şekil verilebilir. Steatit, 1800°F' ta 6 saat ısıtılırsa kenetlenmiş klineostatit

kristaline dönüşür (lava olarak isimlendirilir). Bu ürün iyi elektrik izolatör özelliğine sahiptir.

b) Yumuşak Levhamsı Talk: Sedimanter magnezyum karbonat kayaçlarının bir alterasyon ürünüdür. Bu en önemli talk tipidir. Diğer talk materyallerinden daha fazla kullanım özelliklerine sahiptir.

c) Tremolit Talk: Bazen sert talk olarak isimlendirilir. Değişen yüzde oranlarında tremolit, antofillit, kalsit, dolomit, serpantin ve hakiki yumuşak talktan oluşan masif veya laminalı kayaç halindedir. % 6-10 arasında değişen CaO içeriği ile karakteristiktir.

d) Karışık Talk Cevherleri: Levhamsı talk, dolomit, kalsit, serpantin ve diğer birçok eser mineralden oluşan ve yumuşak talk olarak isimlendirilen gevrek, beyaz şist tipinde kayaçlardan oluşur. Talk-klorit karışımından oluşan düşük kalitede yataklar yaygındır.



## 9. EKONOMİK JEOLJİ

Talkın ticari olanları genellikle teorik saflıktan oldukça farklıdır. Bu tür ürünler, saf talk minerali olduğu gibi talk ve talkın parajenezinde bulunan dolomit, kalsit, kuvars, diyopsit, serpantin, magnetit, pirit, tremolit-aktinolit ve mika gibi minerallerin değişik oranlarda karışımı halinde olabilirler [12]. Ticari talkın çeşitleri şunlardır [12] :

Sabuntaşı (Soapstone): Mineral talk içeren masif formun adlandırılmasıdır. En az %50 mineral talk içermekte olup, elektriğe ve asitlere karşı dirençli, ısıya karşı dayanıklı özelliklere sahiptir.

Steatit: Yüksek saflıkta masif talklar için kullanılan bir terimdir. En çok kullanım alanı elektrik izolatörleri yapımıdır. Ancak steatit, %1.5'den az CaO ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve %4' ten az Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ihtiva etmelidir.

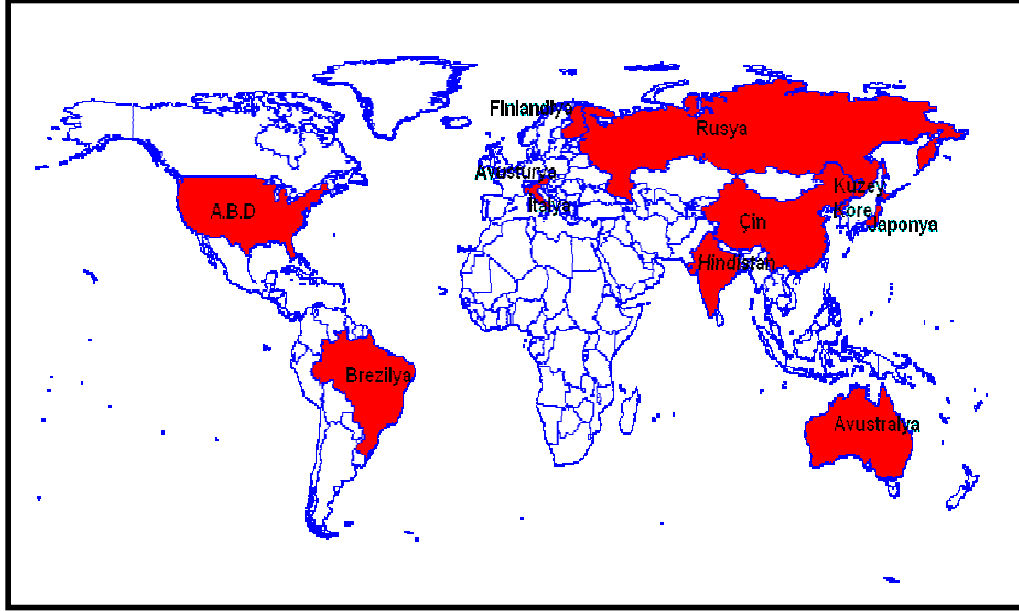
Lava: Blok talkları veya blok talklardan elde edilen son ürünleri ifade etmek için kullanılır.

Asbestin: Saf talk minerali, kristal özelliklerinde nadiren lifsi görünümündedir. Asbestin ise daha ziyade levha, ince tabaka veya mikaya benzer şekillerdedir.

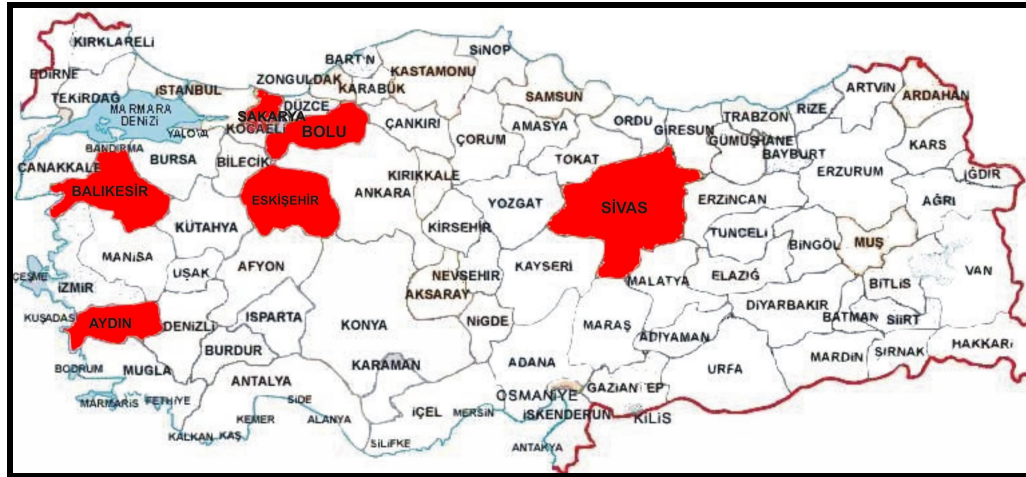
Rensselaerit: Talka benzeyen ancak yumuşak ve yağlı olmayan bir mineraldir.

Fransız Tebeşiri: Talkın masif çeşidi olup, boya ve kursun kalem yapımında kullanılır.

Dünyadaki ve Türkiye'deki başlıca talk yatakları Şekil 9.1 ve Şekil 9.2'de verilmiştir.



Şekil 9.1 Dünyadaki önemli talk yatakları [27].



Şekil 9.2 Türkiye'deki önemli talk yatakları.

Görüldüğü gibi Türkiye'deki başlıca talk yatakları Aydın, Balıkesir, Bolu, Eskişehir, Sakarya ve Sivas illerinde bulunmaktadır. Türkiye'de bilinen talk yatakları, ya *metamorfizma sonucu* ya da *hidrotermal ayrışma ile bazik ve ultrabazik kayalarda* oluşmuştur [28]. Ülkemizde her kalitede talkın varlığı bilinmekte ancak

saf olmayan talklar flotasyon ve benzeri selektif ayırıcı metotlarla temizlenerek yüksek saflık elde edilmeye çalışılmaktadır. 650.000 tonu görünür olmakla üzere toplam rezerv 1.580.000 ton'dur.

Çizelge 9.1 Türkiye’de bilinen talk yatakları ve rezerv durumu [28].

<b>BULUNDUĞU YER</b>	<b>REZERV (TON)</b>
Aydın-Bozdoğan	50000 (1)
	200000 (2)
	250000 (3)
Eskişehir-Mihalıççık-Sazak	400000 (3)
Sivas-Zara-Örencik	44296 (1)
	150310 (2)
Balıkesir-Kepsut-Örenli	20250 (3)
Balıkesir-Erdek-Kızaklıköyü	5000 (1)
	15000 (2)
Eskişehir-Biçer	10000 (2)
Sakarya-Sapanca-Nailiye	6200 (1)
Balıkesir-Erdek-Yanüçiftliği	800 (1)
	5000 (2)
Balıkesir-Erdek-Rahmimerası	1000 (2)
Bolu-Mudurnu-Dereköy Gözlübaşı	500 (1+2)

(1) Görünür rezerv

(2) Muhtemel rezerv

(3) Mümkün rezerv

Dünyada ise en iyi ticari talk rezervleri Avustralya, Avusturya, Brezilya, Çin, Finlandiya, Hindistan, İtalya, Japonya, Kuzey Kore, Rusya ve ABD'de bulunmaktadır. Amerika' daki üç talk sahası ile Çin' deki bir saha dünyanın en büyük talk rezervlerine sahip olan ve aynı zamanda en fazla üretim yapılan yataklarıdır. Talk minerali yatakları ise İtalya, Hindistan, Çin, Avustralya ve ABD' de bulunmaktadır.

Çizelge 9.2 Dünya ticari talk rezervleri [27].

<b>KITALAR</b>	<b>REZERV (Bin Ton)</b>	<b>POTANSİYEL(Bin Ton)</b>
Kuzey Amerika :		
A.B.D.	136.05	544.2
Diğerleri	9.07	36.28
Toplam :	145.12	580.48
Güney Amerika	4.54	18.14
Avrupa	54.42	172.33
Afrika	4.54	18.14
Asya ve Okyanusya	108.84	362.80
Dünya Toplamı	<b>317.45</b>	<b>1179.1</b>

## **9.1 Talkın Kullanım Alanları**

Talk; seramikte, boya yapımında, çatı kaplamasında, haşarat ilacı üretiminde, kauçuk ve kağıt sanayiinde, kozmetik ve farmakolojide, asfalt dolgu maddesi yapımında, hayvan yemi ve gübre üretiminde kullanılır. Kullanım amacına göre, yumuşaklığı, yağ absorpsiyonu, nem oranı, erime noktası, özgül ağırlığı, ısı ve elektrik iletkenliği ve kimyasal analiz önemlidir [28].

### **9.1.1 Seramik Sanayiinde Talkın Kullanımı**

Talkın ısı ile genleşme özelliğinin çok az olması nedeniyle banyo ve mutfak seramiklerinde ve elektrik sobalarının plakalarında kullanılması mümkündür.

Seramik sanayiinde kullanılacak talkta fiziksel ve kimyasal yapı bakımından *homojenlik* istenir. Ayrıca, *tane iriliği* ve *dağılımı* ile *pişirme rengi* de önemlidir. Bileşiminde manganez ve demir, istenmeyen impuritelere dir. CaO %0.5, demir oksit %1.5 ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> %4' ten fazla olmamalıdır. Elektroselamik ve sırlamada kullanılan talk saf magnezyum silikattır. Ayrıca kloritsiz kompakt talk (steatit) kullanılabilir [28].

### **9.1.2 Çatı Kaplamasında Talkın Kullanımı**

Bu iş için genellikle kalitesiz talklar kullanılır. Bu yüzden hammaddede beyazlık ve saflık aranmamaktadır. Aranan özellikler *tane boyu* ve *dağılımı* ile *yağ emme* özelliğidir [28].

### **9.1.3 Boya Sanayiinde Talkın Kullanımı**

Lif ve yaprak özelliğine sahip talklar, yağ absorblama özelliğinden dolayı boya ve benzeri yağ yapımında kullanılmaktadır. Boya sanayiinde kullanılan talk öğütüldüğünde son derece beyaz ve yüksek tenörlü olmalıdır (%98.5). Ayrıca 325 mesh' lik elekten geçebilmelidir. Talk lifi boya tabakacıklarının birbirine ve yüzeye kenetlenmesini sağlar. Ağır boya materyallerinin çökmesini önleyip, boyanın daha homojen olmasını sağlar [28].

### **9.1.4 Haşerelere Karşı Talkın Kullanımı**

Talk haşere öldürücü ilaç yapımında da kullanılmaktadır. İlaça *toksit etki*, istenen *yoğunluk* ve az *aşındırıcılık* özelliklerini kazandırır [28].

### **9.1.5 Kauçuk Sanayiinde Talkın Kullanımı**

Talk, bir çok sentetik lastik, plastik ve kauçuk üretiminde doldurucu olarak kullanılır. Maddeye sıkı bir doku kazandırır [28].



## **Kağıt Sanayiinde Talkın Kullanımı**

Talk, yumuşaklığı, tane boyu, mürekkep emme özelliği ve suda erime özelliği nedeni ile kağıt sanayiinde rahatça kullanılabilir. Ancak kullanılacak talkın  $\text{CaCO}_3$  oranı %2-5' ten fazla olmamalı ve başka mineral içermemelidir [28].

### **9.1.7 Kozmetik ve Farmakolojide Talkın Kullanımı**

Talkın istenilen tane boyutunun elde edilmesi mümkün olduğundan kimyasal saflığı ve kayganlığından dolayı kozmetik ürünleri ve ilaç üretiminde de kullanılmaktadır. Bu sanayiide kullanılan talkta aranan özellikler, *içerdiği lifsi ve sert minerallerin azlığı, arsenik ve demir miktarlarının düşük olmasıdır* [28].

## **9.2 Talkın Tüketim Alanları**

Avrupa talk tüketiminin %50'si kağıt sanayinde olup, 650.000 tondur. Seramik sanayiinde talk tüketimi 25.000 tondur. Bu ise toplam tüketimin %6'sını teşkil etmektedir. Ayrıca bu miktarın 15.000 ton/yıl kadarı ise elektroporselen ve sır yapımı için tüketilmektedir [27].

Hayvan yemi üretimi için Avrupa'nın talk tüketimi 56.000 ton/yıl kadardır. Bu miktar toplam talk tüketiminin %5'ini oluşturmaktadır. Bu tüketimin %40'ı Belülük'e, %30'u Batı Almanya'ya, %12'si Fransa'ya, %8'i İspanya'ya aittir.

Lastik ve plastik ürünleri için Avrupa'nın talk tüketimi 65-70 ton/yıl olup toplam tüketimin %7'sine eşittir. Önemli tüketiciler ise %25 ile İtalya, %18 ile Almanya, %16 ile Fransa, %13 ile İngiltere, %5 ile Belülük' tür.

Kozmetik sanayinde Avrupa'nın talk tüketimi 25-30.000 ton/yıl'dır. Bu tüketimin %55'i İngiltere'ye aittir. İlaç sanayii için Avrupa'nın talk tüketimi 3-5.000 ton/yıl kadardır. Toplam tüketimin %3'ünü kozmetik ve ilaç sanayii oluşturmaktadır [27].

Gübre üretiminde Avrupa'nın talk tüketimi 35-40.000 ton/yıl kadardır. Toplam tüketimin %3'ünü oluşturur. Bu alanda önemli tüketiciler; %38 ile İsveç, %28 ile İngiltere, %25 ile Hollanda'dır.

ABD'nin 2000 yılı talk tüketimi 2 milyon ton civarındadır. ABD'de talk en çok seramik sanayiinde tüketilmektedir. İkinci sırayı boya sanayii almaktadır. 1989 yılı talk tüketiminin %34'ü seramik, %14'ü boya, %13'ü kağıt, %11'i çatı kaplama, %10'u lastik ve plastik, %5'i kozmetik sanayindedir [27].

Çizelge 9.3 Avrupa ülkelerindeki talk tüketimi (1986 yılı) [27].

ÜLKELER	TÜKETİM (BİN TON / YIL)
Finlandiya	279.1
Fransa	240
Almanya	150
İtalya	130
İngiltere	78.7
İsveç	50
Belçika	42.5
İspanya	29.1
Avusturya	25
İsviçre	12.5
Danimarka	9.8
Norveç	10.4

### 9.3 Talkın Üretim Yöntemleri ve Teknolojisi

Dünya'da ve Türkiye'de talk üretimi hem açık hem de kapalı işletmeler şeklinde yürütülmekte ancak kaliteli talk yataklarında damar boyunca galeri açılarak talk üretimi yapıldığı da bilinmektedir. Geleneksel patlatma metodları da kullanılarak yapılan kazı işlemleri ile çıkarılan hammadde, kalifiye işçiler tarafından kaba bir ayırma tabii tutularak stoklanıp parça cevher olarak satılır. Ya da ileri talk ürünleri (mikronize veya ultra mikronize) elde etme yoluna gidilir. Ülkemizde

sadece Bursa'da, Orhaneli talk yatağında kapalı işletme yöntemleri ile damar boyunca açılan galeride üretim yapılmakta, çıkarılan hammadde kaba bir ayırmaya tabii tutularak stoklanmakta ve pazarlanmaktadır [27].

Dünyada parça cevherin işlenerek ileri talk ürünleri elde edilmesinde; köpük flatasyonu, sedimantasyon, hidrosiklondan geçirme, hava ve yağ manyetik seperetasyon, santrifüj boylaması, sprey kurutma ve yağ öğütme teknikleri uygulanmaktadır. Talkta aranılan özellik çok beyazlık olduğundan hiçbir şekilde rengi bozulmamalıdır. Özel isteklere karşı bazı kırıcı ve öğütücüler kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin kağıt dolgusu ve kaplama sanayii için 5 mikrondan daha ince tane boyu istendiğinde mikronize öğütme usulü kullanılmalıdır.

Kozmetik sanayiinde kullanıma uygun tenörlü talklar, öğütmeden sonra kumaştan elenerek boyutlanmaktadır. Talklar genellikle kuru öğütme metodu ile ayıklanır. Fakat kuru ve yağ metod beraber de uygulanabilir.

Talkın kullanım alanlarına göre çeşitli standartları vardır. Lif ve yaprak özelliğine sahip talklar yağ absorblama yeteneğinden dolayı boya ve bezir yağı yapımında kullanılmaktadır. Bu sanayiide kullanılan talk öğütüldüğünde son derece beyaz ve tenörü yüksek olmalı (%98.5), 325 mesh'lik elekten geçebilmelidir. Anti aşındırıcı boyalar için mikronize ve düşük karbonat içeren talklar tercih edilir [27].

## 10. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Talk fillosilikatlar ile ilgili nadir bir mineraldir. Endüstriyel anlamda seramik, boya, kağıt, çatı, plastik gibi pek çok sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Talk cevherleşmesi farklı jeolojik ortamlarda ve farklı yaşlarda meydana gelmiş kayalar içerisinde farklı mekanizmalar ile oluşur. Talk, silisce zengin dolomitik kayaların metasomatizması, ultramafik kayalar, masif sülfid yataklar ile ilişkili denizaltı hidrotermal kayaların metamorfizması, hidrotermal süreçler, Mg-zengin silikatların ilerleyen metamorfizması ile lateritlerde süperjen oluşumlar şeklinde oluşabilir. Bütün bunların aksine, diyajenetik süreçlerden dolayı talk oluşumları literatürde daha az olarak rapor edilmektedir.

Talk örneklerinden yapılan kimyasal analizler  $\text{SiO}_2$  (%55.54),  $\text{MgO}$  (%30.16) ve  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (%4.94), daha az oranda  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (%0.75) ve  $\text{CaO}$  (%0.12) içeriklerine sahiptir. Onların yaygın karakteristik özellikleri oldukça düşük alüminyum (%0.75), titanyum (%0.01) ve alkali element ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}<0.02$ ) içerikleridir. Doğu Desert (Mısır)'daki talk-zengin kayalar yüksek  $\text{MgO}$  ve düşük  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , Ni, Co ve Cr (0.40 ppm) içeriklerine sahiptir [21]. Schandl vd. (2002)'e göre [20], bölgede bulunan talk oluşumlarının jeokimyasal özellikleri mafik veya ultramafik bir ana kayaç ile uyumludur. Buna ek olarak, Boumnyebel (Cental Cameroon)'deki talk-şist oluşumları yüksek Ni ( $2000 \pm 50$  ppm), Co (90-100 ppm) ve Cr ( $3600 \pm 10$  ppm) içeriklerine sahiptir. Benzer bir şekilde, İvrindi (Balıkesir) bölgesinde talk cevherleşmelerinin ortalama Ni, Co ve Cr içerikleri, sırasıyla, 1541 ppm, 81.7 ppm ve 1711 ppm'dir. Dahası, 3 elementin ortalama değerleri Doğu Alpler'deki Mesozoyik yaşlı naplar ile ilgili ultramafik kayalara [24] ve Türkiye'deki Anatolid-Torid Bloğundaki ofiyolitlere [25] benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada elde edilen tüm jeokimyasal veriler, İvrindi bölgesindeki talk oluşumlarının kökeni için mafik veya ultramafik bir kökeni işaret etmektedir.  $\text{Mg} \#$  [molar  $100 \times \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe}^{\text{tot}})$ ] değeri 92.45'dir. Talk oluşumlarına ev sahipliği yapan ana kayalar Cu (45.1 ppm), Ni (101 ppm), Co (36 ppm) ve Cr (301.16 ppm) içeriklerine sahiptir.

Elde edilen veriler, Karakaya Kompleksi'nin oluşum süreci boyunca avdartepe Formasyonu içerisine yerleşim yapan bir ofiyolitik dilimin bölgedeki tektonik kuvvetler ile kesildiğini ve bu tektonik ortama giren hidrotermal eriyikler ile bu ofiyolitik dilimin ilksel halinin tamamen bozulduğu ve talk oluşumuna neden olduğu işaret etmektedir.

### **10.1 Metamorfizma ve Hidrotermal Alterasyon**

Gümelı (İvrindi, Balıkesir) bölgesi talk oluşumları, Karakaya Kompleksi'nin en alt kısmını oluşturan KB Anadolu'da Nilüfer Birimi [8] Kozak Bölgesi'nde ve bu çalışmada avdartepe Formasyonu [29] içerisinde bulunmaktadır. avartepe Formasyonu genel olarak fillit ve mermer ile ardalanmalı oldukça deformasyona uğramış metabazitlerden meydana gelmektedir. Genellikle bu hakim litoloji içerisinde metaçört, metagabro ve serpantinit de görülebilmektedir [30].

avdartepe Formasyonu Kretase ve Eosen'de hakim olan Alpin Orojenezi'nden kuvvetli bir şekilde etkilenmiştir ve tektonik olarak kendi içerisinde Üst Kretase yığışım prizması ile birbiri üzerine bindirmiştir [31,32,33,34]. Bundan dolayı, Karakaya Kompleksi'nin en alt seviyesini oluşturan avdartepe Formasyonu içerisinde ultramafik kayaların yaşlarını kesin olarak bulmak güçtür [30].

avdartepe Formasyonu genel olarak düşük yeşil-şist fasiyesinde metamorfizmaya uğramıştır. Bununla birlikte, bazı bölgelerde metamorfizma albit-epidot amfibolit, mavişist ve ekloit fasiyesine kadar ulaşmaktadır. Bu çalışmada, talk oluşumlarının P-T kondisyonları ile ilgili mevcut bir veri bulunmamaktadır. Ancak petrografik olarak gözlenen mineral parajenezi ile bir yaklaşımda bulunulabilecektir.

Bölgedeki metamorfizma hidrotermal aktiviteden önce etkili olmuştur. Elde edilen petrografik bilgilere göre, talka ev sahipliği yapan avdartepe Formasyonu'nda ilerleyen bir metamorfizma gözlenmesine rağmen, gerileyen (retrograt) bir metamorfizma gözlenmemiştir. Bu bölgesel metamorfizma zoisit-aktinolit şist ile temsil edilmektedir. İnceleme alanında talklara ev sahipliği yapan



metamorfizmaya uğramış ultramafik kayalardan elde edilen mineral parajenezi: zoisit + aktinolit + plajiyoklas + kuvars + klorit ± kalsit ± opak mineral'dir. Bu mineral parajenezine göre, talk oluşumlarına ev sahipliği yapan Çavdarstepe Formasyonu'nun P-T oluşumunun aralığı, yeşil şist fasiyesinin üst limitinde metamorfizmaya uğramış olan zoisit-aktinolit-kuvars şist üzerinde yapılacak ölçümlere bağlıdır. Talk geniş bir sıcaklık aralığında kristallenmektedir [22]. Talkın oluşumu sıvı fazda özellikle silis aktivitesi ve diğer faktörler tarafından kontrol edilmektedir [35].

## 10.2 Protolitlerin Doğası

Lokal ölçekte, talk oluşumları mikaşist, klorit şist, epidot şistlerden meydana gelen Çavdarstepe Formasyonu ile ilişkilidir. Bölgenin hemen hemen GB'da Kozak Plütönu yüzeylenmektedir. Kozak Plütönu'ndan şekillenen silisce zengin sıvılar Na, Rb, K, Ba, U and Th gibi bazı elementlerin miktarlarına sahiptir. İvrindi (Balıkesir) bölgesindeki talk örnekleri özellikle yüksek Ni, Co and Cr, ancak düşük Ba, Sr, Th, U, Zr ve Y içerikleri ile karakteristiktir. Özellikle Ni, Co ve Cr elementlerin yüksek olması, ana kayadaki piroksen ve olivin minerallerinden kaynaklanmaktadır ve bu talk oluşumlarının ana kayacının muhtemelen mafik yada ultramafik kayac (dunit, harzburjit vb.) olabileceğini işaret etmektedir.

Sonuç olarak elde edilen verilere göre aşağıdaki maddeler söylenebilir:

➤ Bölgede en yaşlı birim epidot-kuvars-talk-serizit şistden meydana gelen Alt Triyas yaşlı Çavdarstepe formasyonu oluşturmaktadır. Çavdarstepe Formasyonu üzerine geçişli olarak çoğunlukla metakumtaşı, metaçamurtaşı ve metakumtaşı araldanmasından oluşan Alt Triyas yaşlı Kınık formasyonu uyumlu olarak gelmektedir. Çavdarstepe formasyonu içerisinde kristalize kireçtaşı bloklarından meydana gelen Alt Triyas yaşlı Aycalıtepe üyesi bulunmaktadır. Kınık formasyonu içerisinde Üst Permiyen yaşlı, Çaldağ üyesi yer yer kireçtaşları bloklar halinde bulunur. Miyosen-Pliyosen yaşlı genellikle andezit, dasit ve tuf litolojisinden meydana gelen Yuntdağ Volkanitleri Kınık formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Yuntdağ Volkanitleri üzerinde Pliyo-Miyosen yaşlı Rahmanlar Aglomerası uyumlu olarak bulunmaktadır.

➤ Gümeli (İvrindi, Balıkesir) bölgesindeki talk oluşumları bölgede geniş yayılım sunan Alt Triyas taşlı metamorfiklerden meydana gelen Çavdarstepe Formasyonu içerisinde bulunmaktadır ve talk oluşumları 3 ayrı seviye halinde ayırt edilmiştir.

➤ Söz konusu talk oluşumlarının mineral parajenezi çeşitli analiz yöntemleri ile saptanmış ve hakim olarak talk, klorit, dolomit, kalsit, hematit minerallerinden meydana geldiği saptanmıştır.

➤ Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element bollukları incelendiğinde, talk örnekleri La ve Ce elementleri dışındaki tüm elementlerce fakirleşme göstermektedir. Bununla birlikte, talkın ana kayası olan TU-1 örneği tüm LREE ve HREE'ce zenginleşmiştir, kuvvetli olarak farklılaşmış (fraksiyonlaşmış) nadir toprak element şekilleri ile ayırt edilmektedir ve örnekler LREE'ce zenginleşmiştir.  $[(La/Yb)_N = 5.80]$ . HREE (Gd-Lu) şekilleri sabittir; herhangi bir zenginleşme veya tüketilme göstermez. Buna ek olarak, TU-1'e ait örnek negatif Eu (Eu/Eu\*  $[Eu_N/(Sm_N+Gd_N)*0.5] = 0.83$ ) anomalisi göstermektedir, bu da farklılaşma süresince plajiyoklasın fraksiyonel kristallenmesini göstermektedir.

➤ Bu çalışmada elde edilen jeokimyasal verilere göre, düşük  $Al_2O_3$ , yüksek Ni, Co ve Cr içerikleri; % 92.45 Mg # içeriği talk oluşumlarının mafik ya da ultramafik bir kökene işaret ettiğini göstermektedir. Bölgedeki talk oluşumları dünyadaki diğer talk yatakları ile karşılaştırılmış ve özellikle Cameroon'daki talk oluşumları ile benzer olduğu tespit edilmiştir.

➤ Kökensel olarak talk oluşumları, Karakaya Kompleksi'nin Permo-Triyas zamanında oluşumunu takiben derin denizel ortamda oluşan ve genellikle kırıntılı litolojiden yapılı Çavdertepe Formasyonu'nun oluşumuyla bu formasyonun çeşitli seviyeleri arasına girmiş bir serpantinit diliminin yeşil-şist fasiyesinde metamorfizmaya uğraması ve buna ek olarak yakın civarda gözlenen Kozak Plütону ile ilişkili hidrotermal eriyiklerin Çavdertepe Formasyonu içerisinde bulunan serpantinit dilimini kesen faylar boyunca ayrıştırması ile oluştuğu söylenebilmektedir.

➤ Bölgedeki talk oluşumları yüksek demir içerikleri nedeniyle saflık göstermemektedir, bu nedenle endüstriyel anlamda kullanım alanı oldukça kısıtlıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Bingöl, E.; Akyürek, B. ve Korkmazer, B. Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri: Cumhuriyetin 50.Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı,70-76. 1973.
- [2] Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepsen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağır, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., ve Hakyemez, Y. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının Jeolojisi; MTA Enst. Rap. 7298 (yayınlanmamış). 1982.
- [3] Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepsen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağır, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. Ankara-Elmadağ- Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. Jeoloji Mühendisliği, 10, s. 31-46. 1984.
- [4] Ercan, T.; Günay, E. ve Türkecan, A. Edremit-Korucu yöresinin (Balıkesir) Tersiyer stratigrafisi, magmatik kayaların petrolojisi ve kökensei yorumu: Türkiye Jeol.Kur.Bült., 27, 21-30. 1984.
- [5] Bingöl, E., Geological map of Turkey, scale 1:2 000 000. Mineral Research and Exploration Institute Publications, Ankara, Turkey. 1989.
- [6] Okay, A.I.ve Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. In:Durand, B., Jolivet, L., Horvath, F. Serrane, M (ed). The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogene. Geological Society, London, Special Publications, 156, 475-515.
- [7] MTA Kuzeybatı Anadolu Bölge Müdürlüğü Web Sitesi, 2008.
- [8] Okay, A. I., Siyako, M. ve Burkan, K.A. Biga Yarımadasının Jeolojisi ve Tektonik Evrimi: TPJD Bült. 2/1, 83-121. 1990
- [9] Ercan, T.; Türkecan, A.; Akyürek, B.;Günay, E.; Çevikbaş, A.; Ateş, M.; Can, B.; Erkan, M. ve Özkirişçi, C. Dikili-Bergama-Çandarlı (Batı Anadolu) yöresinin jeolojisi ve magmatik kayaların petrolojisi: Jeoloji Mühendisliği Derg., 20, 47-60. 1984.
- [10] Ercan, T.; Ergül, E.; Akçören, F.; Çetin, A.; Granit, S. ve Asutay, J. Balıkesir Bandırma arasının jeolojisi, Tersiyer volkanizmasının petrolojisi ve bölgesel yayılımı: MTA Derg., 110,113-130. 1990.
- [11] Çoban, F., Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi C.XVII, S.1, 2004 Eng.& Arch.Fac. Osmangazi University, Vol.XVII, No: 1, 2004.

- [12] Luzenac Group Web Sitesi, 2008
- [13] W.A. Deer, R.A. Howie ve M..A. Zussman, Rock forming minerals. Vol.: 3, Springer Verlag, 1971.
- [14] S.W. Bailey, Structures of layer silicates. In: Crystal structures of clay minerals and their identification (Ed: G.W Brindley and G. Brown), pp: 495, Mineralogical Society, London, 1984.
- [15] Ökten Madencilik,. Balıkesir-İvrindi Gümeli talk yatağının zenginleştirme raporu. 41 sayfa. 2004.
- [16] A.R Lawrence, “Talc and pyrophyllite”. Industrial Minerals and Rocks. 4th edition A.I.M.E. 1127-1147, 1975.
- [17] W.A. Deer, R.A. Howie ve M..A. Zussman, Rock forming minerals. Vol.: 3, Springer Verlag,1971.
- [18] V.C. Farmer, “The infrared spectra of talc, saponite and hectorite”. Mineral Magazine. 31/829, p: 845, 1958.
- [19] V.C. Farmer, “The layer silicates”. In: V.C. Farmer (ed). Infrared Spectra of Minerals. Mineral Soc. Great Britain. Monography. pp: 331-363. 1974.
- [20] B.W. Evans ve S. Guggenheim, “Talc, pyrophyllite and related minerals”.In: Hydrous Phyllosilicates (Ed: Bailey, S.W) Reviews in mineralogy, Vol.: 19, pp: 225-294. 1988.
- [21] Schandl E.S., M.P. Gorton and N.A. Sharata, The origin of major talc deposits in the Eastern Desert of Egypt: relict fragments of metamorphosed carbonate horizon?, *J. Afr. Earth Sci.* 34 (2002), pp. 259–273. 2002.
- [22] Nkoumbou, C., Njopwouo, D., Villiéras, F., Njoya, A., Yonta Ngouné, C., Ngo Ndjock, L., Tchoua, F.M., Yvon, J., Talc indices from Boumnyebel (Central Cameroon), physico-chemical characteristics and geochemistry. *Journal of African Earth Sciences*, 45: 61-73. 2006.
- [23] Yalçın, H., Bozkaya, Ö. Mineralogy and Geochemistry Of Paleocene Ultramafic- and Sedimentary-Hosted Talc Deposits in the Southern Part Of The Sivas Basin, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 54: 333-350. 2006.
- [24] F. Melcher, T. Meisel, J. Puhl and F. Koller, Petrogenesis and geotectonic setting of ultramafic rocks in the Eastern Alps: constraints from geochemistry, *Lithos* 65 (2002), pp. 69–112. 2002.
- [25] Elitok, Ö., Drüppel, K. Geochemistry and tectonic significance of metamorphic sole rocks beneath the Beyşehir Hoyran ophiolite (SW-Turkey). *Lithos*, v. 100, iss. 1-4, p. 322-353. 2008.

- [26] Sun, S.S. and McDonough, W.E. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: Implications for mantle composition and processes. Pp. 313-345 in: *Magmatism in Ocean Basalts* (A.D. Saunders and M.J. Norry, editors). Special Publication 42, Geological Society of London, London. (1989).
- [27] Mineral Facts and Problems Bulletin, 2006.
- [28] MTA Genel Müdürlüğü Web Sitesi, 2008.
- [29] Akyürek, A, ve Soysal, Y. Biga yarımadası güneyinin (Savagtepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeoloji özellikleri: MTA Derg., '95/96, 1-12, 1983.
- [30] Okay A.İ & Göncüoğlu.,M.C. The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 13, 2004, pp. 77-95, 2004.
- [31] Rojay, B. Post-Triassic evolution of Central Pontides: evidence from Amasya region, northern Anatolia. *Geologica Romana* 31, 329-350. 1995.
- [32] Bozkurt, E., Holdsworth, B.K., Koçyiğit, A.. Implications of Jurassic chert identified in the Tokat Complex, northern Turkey. *Geological Magazine* 134, 91-97. 1997.
- [33] Göncüoğlu., M.C., N., Turhan, K. Şentürk, A.Özcan, & Ş. Uysal. A geotraverse across NW Turkey: tectonic units of the central Sakarya region and their tectonic evolution. In: Bozkurt, E., Winchester, J. & Piper, J.A. (eds), *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*. Geological Society, London, Special Publications 173, 139-161. 2000.
- [34] Okay, A.Ü., Monod, O. & Moni., P.. Triassic blueschists and eclogites from northwest Turkey: vestiges of the Paleo-Tethyan subduction. *Lithos* 64, 155-178. 2002.
- [35] Seyler, M., M. Cannat, and C. Mével. Evidence for major-element heterogeneity in the mantle source of abyssal peridotites from the Southwest Indian Ridge (52° to 68°E), *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 4(2), 9101, (2003).



**EKLER**

**EK A. GÜMELİ (İVRİNDİ, BALIKESİR) CİVARININ JEOLojİ HARİTASI.**