

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MELİHŞAH KUZEYİ (ANKARA-ÇUBUK) PLİYOSEN
YAŞLI YAPI TAŞLARININ PETROGRAFİK VE
MİNERALOGİK ÖZELLİKLERİ**

Mehtap KÖKÇÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA

2007

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ Danışmanlığında, Mehtap KÖKÇÜ tarafından hazırlanan “**Melihşah Kuzeyi (Ankara-Çubuk) Pliyosen Yaşlı Yapı Taşlarının Petrografik ve Mineralojik Özellikleri**” adlı tez çalışması 26/06/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Emel BAYHAN
(Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı)

Üye: Doç. Dr. Erdoğan TEKİN
(Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ
(Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı)

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ülkü MEHMETOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MELİHŞAH KUZEYİ (ANKARA-ÇUBUK) PLİYOSEN YAŞLI YAPI TAŞLARININ PETROGRAFİK VE MİNERALojİK ÖZELLİKLERİ

Mehtap KÖKÇÜ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ

Bu çalışma ile Melikşah'ın kuzeyinde İkipınar köyü civarında yüzlekleri belirlenen ve yapı taşı olarak kullanılan, traverten özelliğindeki karbonatların petrografik ve mineralojik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, traverten oluşumunun saha, morfolojik ve dokusal özellikleri belirlenerek, oluşum şekilleri ortaya çıkartılmıştır.

İnceleme alanındaki eski (fossil) traverten oluşumu Miyo-Pliyosen yaşlı gösel birimler ile temsil edilen Gölbaşı formasyonu içerisinde yer alır. Formasyon, kahve-boz-sarı renkli çarpaz tabakalı kumtaşı, konglomera, çamurtaşı ve tüf ile traverten ara seviyesinden oluşur. Krem, bej, sarı, açık yeşil renkli, sert ve kompakt görünümlü traverten oluşumunda bantlı seviyelerde stalagmitik doku izlenir. Bantlı yapı beyaz, krem, yeşil ve kahverenkli ince mikritik ve kalın sparitik laminalı seviyelerin ardalanmasından oluşur. XRD incelemelerinde sparitik seviyelerde hakim mineral kalsit iken, mikritik seviyelerde bu minerale değişik oranlarda kuvars, feldispat ve kil mineralleri eşlik eder. Mikroskobik incelemelerde kalsit minerali; asiküler lifsi, kaba prizmatik, kaba pürüzlü kristal ve çalı tipi şeklinde izlenmiştir. Asiküler lifler 20 µm boyutunda özşekilli kalsit kristallerinden oluşur. Kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kristaller ise hegzagonal ve prizmatik şekilli olup, boyutları 700-10.000 µm arasında değişmektedir. Traverten örneklerinde CaO ve SiO₂ yüksek değerlerde iken MgO ise düşük değerdedir. Saha ve petrografik verilere göre bölgedeki traverten oluşumunun laminalı kristalin kabuk litofasiyesinde geliştiği belirlenmiştir.

İnceleme alanındaki traverten oluşumu; su sıcaklığı, çözelti içerisindeki kalsiyum, karbondioksit oranı, hidrostatik basınç, topoğrafya, mikroorganizma etkinliği ve iklim şartları tarafından kontrol edilmiştir. Bölgede bantlı yapıda izlenen traverten oluşumu mikro gölcükler ve/veya havuzlarda (sığ göl dolgusu) değişen mevsimsel koşullara bağlı olarak oluşmuştur. Asiküler liflerin izlendiği mikritik seviyeler su derinliğinin 3-4 cm. olduğu bahar veya yaz döneminde çökelmiştir. Buna karşın, sparitik seviyelerdeki kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kristaller ise asiküler liflerin dereceli neomorfizması sonucu kış mevsiminde oluşmuştur.

2007, 70 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ankara, Çubuk, kalsit, mineraloji, petrografi, stalagmitik doku, traverten.

ABSTRACT

Master Thesis

MINERALOGICAL AND PETROGRAPHICAL OF PLIOCENE AGED IN THE NORTH OF MELİHŞAH (ANKARA-ÇUBUK)

Mehtap KÖKÇÜ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Geological Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Zehra KARAKAŞ

The purpose of this study is to investigate the mineralogic and petrographic properties of the carbonates which exposed around north of Melikşah İkipınar village and used as building stone. In addition, determining the field, morphologic and textural properties of travertine occurrence are revealed.

The travertine occurrence (fossil) in the study area, takes place in Gölbaşı formation which represented by Mio-Pliocene lacustrine units. Formation, is formed by brown-grey-yellow coloured, cross bedding sandstone, conglomerate, mudstone, tuff and travertine interlayer. In the occurrence of rigid and compact cream, beige, yellow, light green travertine occurrence, laminated levels with stalagmite texture seems. Laminated texture occurs alternating with white, cream, green and brown fine grain micritic and coarse sparitic laminated levels. According to the XRD investigations, in sparitic levels dominant mineral is calcite while in micritic levels different ratios of quartz, feldspar and clay minerals accompanies by this mineral. In microscopic investigations calcite mineral seems as acicular fibrous, coarse prismatic, coarse ragged crystal and bush type. Acicular fibres are formed by 20 µm length anhedral calcite crystals. Coarse prismatic and coarse ragged crystals are hexagonal and prismatic in shape, their lengths changes between 700-10.000 µm. In travertine samples while CaO and SiO₂ are on high level, MgO is on low level. According to the field of study and petrographic datas, it is determined that the travertine occurrence is formed in the laminated crystalline crust lithofacies.

Travertine occurrence in the study area is controlled by water temperature, calcium in the solution, carbon dioxide ratio, hydrostatic pressure, topography, activity of microorganism and climate conditions. Travertine occurrence which seems laminated structure in the area is formed by related to the changing climate conditions in the micro lake and/or pools. Micritic levels which seems acicular fibres, are precipitated in spring and summer period while water depth is 3-4 cm. On the contrary, coarse prismatic and coarse ragged crystals in sparitic levels are formed by the result of neomorphism of the acicular fibres in winter period.

2007, 70 pages

Key Words: Ankara, Çubuk, calcite, mineralogy, petrography, stalagmitic texture, travertine.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın konusunu, Melihşah kuzeyi (Ankara-Çubuk) Pliyosen yaşlı yapı taşlarının petrografik ve mineralojik özellikleri oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın her safhasında değerli görüş ve bilimsel katkılarını esirgemeyen, tezin tamamlanmasında maddi ve manevi destek olan sayın danışman hocam Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. Zehra KARAKAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez sahasını öneren bölümümüz öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Baki VAROL'a, arazi çalışmalarında bizlere eşlik eden Dr. Koray SÖZERİ'ye, ayrıca görüş ve önerilerinden dolayı Doç. Dr. Erdoğan TEKİN ve Dr. Turhan AYYILDIZ'a, her zaman yanımda olan çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Araş. Gör. Sonay BOYRAZ, Ayşe BAĞIRGAN, Özge KARAKAŞ ve Evren ERTOSUN'a, çalışmalarım esnasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasının arazi ve laboratuvar çalışmaları, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'nce 2006 07 45 042 no'lu proje tarafından desteklenmiştir. Bilimsel Araştırma Projeleri Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

Mehtap KÖKÇÜ

Ankara, Haziran 2007

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 İnceleme Alanı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	1
1.3 Materyal ve Metod.....	3
1.3.1 Arazi Çalışmaları.....	3
1.3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	5
1.3.3 Büro Çalışmaları.....	6
1.4 Önceki Çalışmalar.....	6
1.4.1 Türkiye ve Dünya'daki Travertenler Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	7
2. STRATİGRAFİ.....	10
2.1 Genel Tanım.....	10
2.2 Miyosen Öncesi Birimler.....	11
2.3 Miyosen.....	12
2.3.1 Hançılı Formasyonu.....	12
2.3.2 Mamak Formasyonu.....	13
2.3.3 Tekke Volkanitleri.....	14
2.4 Miyo-Pliyosen.....	15
2.4.1 Gölbaşı Formasyonu.....	15
2.5 Kuvaterner.....	18
2.6 Tektonik.....	18
3. SEDİMANTOLOJİ.....	19
4. MİNERALojİK ve PETROGRAfİK İNCELEMELER.....	29
4.1 Petrografik İncelemeler.....	29

4.1.1 Piroklastik Kayaçlar.....	29
4.1.2 Karbonatlı Kayaçlar.....	31
4.2 X-Işınları Kırınım Yöntemi (XRD) Tüm Kayaç İncelemeleri.....	36
4.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri.....	39
4.4 Kimyasal Analiz.....	46
5. İNCELEME ALANINDAKİ TRAVERTENLERİN OLUŞUMU.....	52
6. İNCELEME ALANINDAKİ TRAVERTENLERİN ENDÜSTRİYEL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI.....	56
7. SONUÇLAR.....	60
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	70

SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
Ca	Kalsiyum
Fe	Demir
Na	Sodyum
H	Hidrojen
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
O	Oksijen
P	Fosfor
S	Kükürt
Si	Silis
Ti	Titan

KISALTMALAR DİZİNİ

ASTM	American Standart for Testing Material
A.Ü	Ankara Üniversitesi
BAP	Bilimsel Araştırma Projeleri
BİTAUM	Bilim ve Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
CM	Santimetre
EDS	Enerji Dağılımlı X-Işımları
EG	Etilen Glikollü
F	Fırınlanmış
G	Güney
GB	Güneybatı
GD	Güneydoğu
GY	Gümüşyayla
İP	İkipınar
K	Kuzey
KB	Kuzeybatı
KD	Kuzeydoğu
M	Metre
MAT	Maden Analizleri ve Teknoloji
MTA	Maden Tetkik ve Arama
N	Normal
ÖSK I	Ölçülü Stratigrafik Kesit I
ÖSK II	Ölçülü Stratigrafik Kesit II
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TAEK	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
XRD	X-Işımları Kırınımı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2 İnceleme alanının jeoloji ve örnekleme haritası.....	4
Şekil 2.1 İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti.....	10
Şekil 2.2 Çalseki köyü civarındaki Geç Kretase yaşlı (Haymana formasyonu) a. kumtaşı ve b. çamurtaşı birimlerinin ardalanmasının yakından saha görünümü.....	11
Şekil 2.3 Melikşah köyü civarındaki Paleosen yaşlı (Kızılcukur formasyonu) a. konglomera ve b. çamurtaşı birimlerinin saha görünümü	12
Şekil 2.4 Sarıbeyler civarındaki Hançılı formasyonunu oluşturan karbonat (k.) ve killi karbonat (k.k.) birimlerinin saha görünümü.....	13
Şekil 2.5 Peçenek civarındaki Mamak formasyonunu oluşturan bazalt birimindeki kırmızı ve sarı renkli alterasyonların yakından saha görünümü.....	14
Şekil 2.6 Kılıçlar köyü civarındaki Tekke volkanitlerinin (Tv) saha görünümü.....	15
Şekil 2.7 İkipınar köyü civarındaki Gölbaşı formasyonunu oluşturan a. kumtaşı ve b. çamurtaşı birimlerinin yakından saha görünümü	16
Şekil 2.8 Melikşah'ın kuzeyinde İkipınar civarındaki traverten oluşumunun saha görünümü.....	17
Şekil 3.1 Gümüşyayla ölçülü stratigrafik kesiti (ÖSK I).....	19
Şekil 3.2 Gümüşyayla kesit bölgesindeki Gölbaşı formasyonunda sarı-pembe renkli tüf seviyelerinin saha görünümü.....	20
Şekil 3.3 Sarı-pembe renkli tüf düzeyindeki soğan kabuğu şeklindeki alterasyonların yakından saha görünümü.....	21
Şekil 3.4 İkipınar ölçülü stratigrafik kesiti (ÖSK II).....	22
Şekil 3.5 İkipınar köyü civarındaki Gölbaşı formasyonunu oluşturan a. traverten ve b. kırıntılı karbonat birimlerinin ardalanmasının yakından saha görünümü.....	23
Şekil 3.6 Traverten oluşumundaki a. yeşil renkli kırıntılı karbonat seviyesi ile b. farklı renk ve kalıktaki karbonat laminalarının yakından el örneği görünümü.....	23

Şekil 3.7 İkipınar köyü civarındaki traverten oluşumunun yanal yöndeki devamlılığında Gölbaşı formasyonunu oluşturan a. kumtaşı ve b. çamurtaşı birimlerinin yakından saha görünümü.....	24
Şekil 3.8 İkipınar civarındaki traverten oluşumundaki kristalin kabuk litofasiyesinin yakından saha görünümü	26
Şekil 3.9 Kristalin kabuk üzerinde gelişen kuruma çatlaklarının saha görünümü.....	27
Şekil 3.10 Mağara incileri gibi sarkıtlara benzer küresel şekilli tanelerin saha görünümü.....	28
Şekil 3.11 Traverten oluşumlarındaki erime boşluklarının saha görünümü.....	28
Şekil 4.1 Kristal tüflerde plajiyoklaz (plj) ve piroksen (prx) mineralleri ile volkan camının a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	30
Şekil 4.2 Kristal tüflerde volkan camında oluşan karbonatlaşmanın (k) a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	30
Şekil 4.3 Litik tüfdeki opak mineral (op), kayaç parçası (kp), biyotit (b) yakından a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	31
Şekil 4.4.a. asiküler lifsi, b. kaba prizmatik kristal, c. kaba pürüzlü kristal, d. üç fazın birlikte büyümesi ile oluşan kristaller.....	31
Şekil 4.5 Asiküler liflerin (al) yanal ve dikey yöndeki dizilimlerinin a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	32
Şekil 4.6 Ondülasyonlu kaba prizmatik kristallerin (kp) a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	32
Şekil 4.7.a. Prizmatik kristaller, b. asiküler liflerin ar dalanmasının çift nikol görünümü.....	33
Şekil 4.8 Kaba pürüzlü kristallerin a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	34
Şekil 4.9 Üç fazın birlikte büyümesinin (a. asiküler lifsi, b. ondülasyonlu kaba prizmatik, c. kaba pürüzlü kristaller) çift nikol görünümü.....	34
Şekil 4.10 Travertenlerde görülen stalagmitik dokunun a. tek nikol, b. çift nikol görüntüleri.....	35
Şekil 4.11 Travertenlerde gözlenen kristal çalı tipinin a. tek nikol, b. çift nikol görünümü.....	36
Şekil 4.12 İP-11 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.....	38

Şekil 4.13 İP-5 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı.....	39
Şekil 4.14.a. Asiküler liflerin (al) tek nikol görünümü, b. ince kristallerin taramalı Elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	40
Şekil 4.15.a. Asiküler lifsi (al) kalsit kristalleri ile kaba prizmatik (kp) kalsit kristal ardalanımının tek nikol görünümü, b. zonlu büyüme yapısındakikabaprizmatikkristallerin taramalıelektron mikroskop (SEM) görünümü.....	41
Şekil 4.16.a. Özşekilli hegzagonal kristaller ile b. prizmatik şekilli kalsit kristallerinin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	41
Şekil 4.17 Özşekilli (spar) kalsit mineralinin enerji dispersif spektrum analizi (EDS).....	42
l Şekil 4.18.a. Asiküler lifler (al) ile kaba prizmatik kristal (kp) ardalanımının tek nikol görünümü, b. ince kalsit kristalleri (al) ve kaba prizmatik kristallerin (kp) taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	42
Şekil 4.19 İnce asiküler lifsi kalsit kristallerinin enerji dispersif spektrum analizi (EDS).....	43
Şekil 4.20.a. Kaba pürüzlü kristallerin çift nikol görünümü, b. kaba pürüzlü kristallerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	44
Şekil 4.21 Kaba prizmatik kristaller üzerindeki erime izlerinin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	44
Şekil 4.22 Bakteriyel faaliyetlerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	45
Şekil 4.23 Olası bakteriyel faaliyetin ürünü sferik şekilli tanelerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü.....	45
Şekil 4.24 Sferik şekilli tanelerin enerji dispersif spektrum analizi (EDS).....	46
Şekil 5.1 Kristalin kabuk şeklindeki traverten oluşumunda izlenen a. kış, b. yaz laminalarının şematik görünümü.....	53
Şekil 5.2 Neomorfizma sonucu kaba, sütunsu kristallerin oluşumu.....	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 İnceleme alanındaki farklı litolojilere ait tüm kayaç analiz sonuçları.....	37
Çizelge 4.2 İnceleme alanındaki farklı renk ve morfolojideki örneklerin ana element oksit (%) değerleri.....	47
Çizelge 4.3 Ülkemizdeki bazı önemli traverten yatakları ve İkipınar ana bileşen kimyasal analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.4 İnceleme alanındaki farklı renk ve morfolojideki örneklerin iz element oksit (ppm) değerleri.....	51

1. GİRİŞ

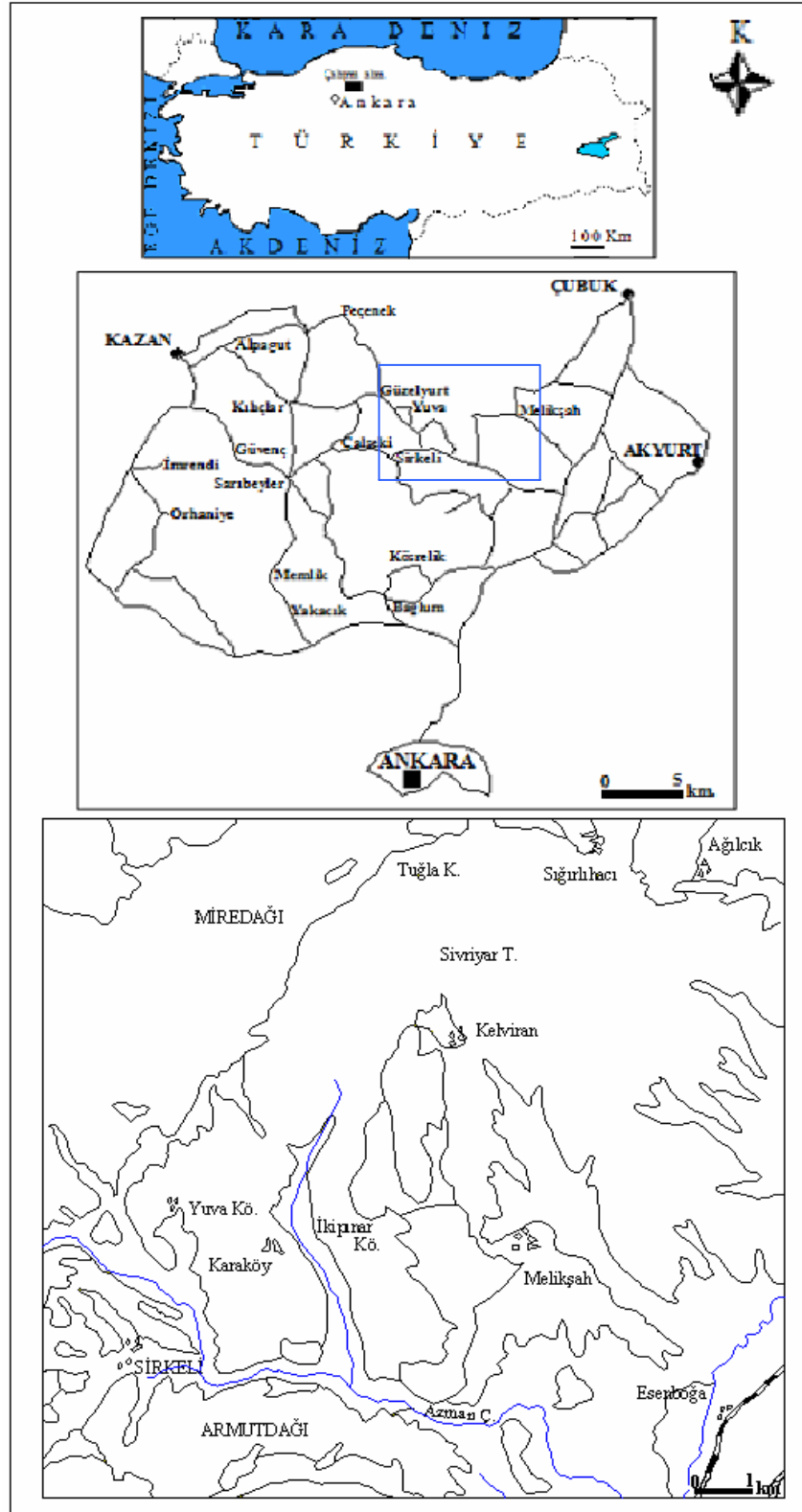
1.1 İnceleme Alanı

İnceleme alanı, Ankara-Çankırı karayolu üzerinde Ankara'dan yaklaşık 35 km uzaklıktadır (Şekil 1.1). Bu alan Bolu H29 c2 paftası içerisinde, yaklaşık olarak 120 km² lik bir sahayı kapsamaktadır. İnceleme alanı Çubuk ilçesinin sınırları içerisinde olup başlıca yerleşim merkezleri; Tuğlaköy, Sığırlıhacı, Ağılıçık, Yuvaköy, Karaköy, İkipınar, Kelviran, Melikşah ve Sirkeli Köyleridir (Şekil 1.1). İnceleme alanında Miredağı, Armutdağı ve Sivriyar Tepe başlıca yükseklikleri oluşturmaktadır. Bölgeden K-G doğrultulu Azman Çayı geçmektedir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Traverten ve tufa oluşumları, sızıntı ya da kaynak suları tarafından çökeltilen karbonatlar olup, ekonomik değere sahip yapı taşlarıdır. Endüstriyel açıdan ve tabiat varlığı olarak büyük önem taşımaktadırlar. Endüstride kullanılabilirlikleri ve turizm alanında değerlendirilmeleri için bazı inceleme yöntemleri (saha, petrografik, kimyasal incelemeler) ile ayrıntılı bir şekilde araştırılarak en uygun kullanım alanlarının belirlenmesi gerekmektedir.

Türkiye'de sınırlı bir yayılıma sahip olan traverten-tufa oluşumları Denizli (Pamukkale, Kocabaş), Sivas (Sıcak Çermik-Karlıkaya-Kandilsırtı, Sarıkaya, Uyuz Çermik), Antalya, Eskişehir, Kırşehir ve İçel (Mut) civarında izlenmektedir (Atabey 2003). Bu bölgelerdeki tufa-traverten oluşumlarının morfolojileri, litofasiyes tipleri, kimyasal bileşimleri (izotop analizleri) ve oluşumları üzerine yapılmış çalışmalar mevcuttur (Altunel and Hancock 1993, Altunel 1996, Tekin *et al.* 2000, Özpınar vd. 2001, Tekin ve Ayyıldız, 2001, Ayaz 2002, Özkul vd. 2002, Atabey, 2002, Koşun vd. 2005).



Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası

İnceleme alanında Melikşah'ın kuzeyinde İkipınar köyü civarında mostra veren ve yapı malzemesi olarak uzun yıllar işletildikten sonra terk edilen traverten oluşumu üzerine bugüne kadar yapılmış herhangi bir araştırma bulunmamaktadır. Bölgede yapılan çalışmalar daha çok Melikşah civarındaki kaplıca suyunun hidrojeolojisi ve bölgenin jeotermal özelliklerinin incelenmesine yöneliktir (Tatlı 1975, Erişen ve Ünlü 1980).

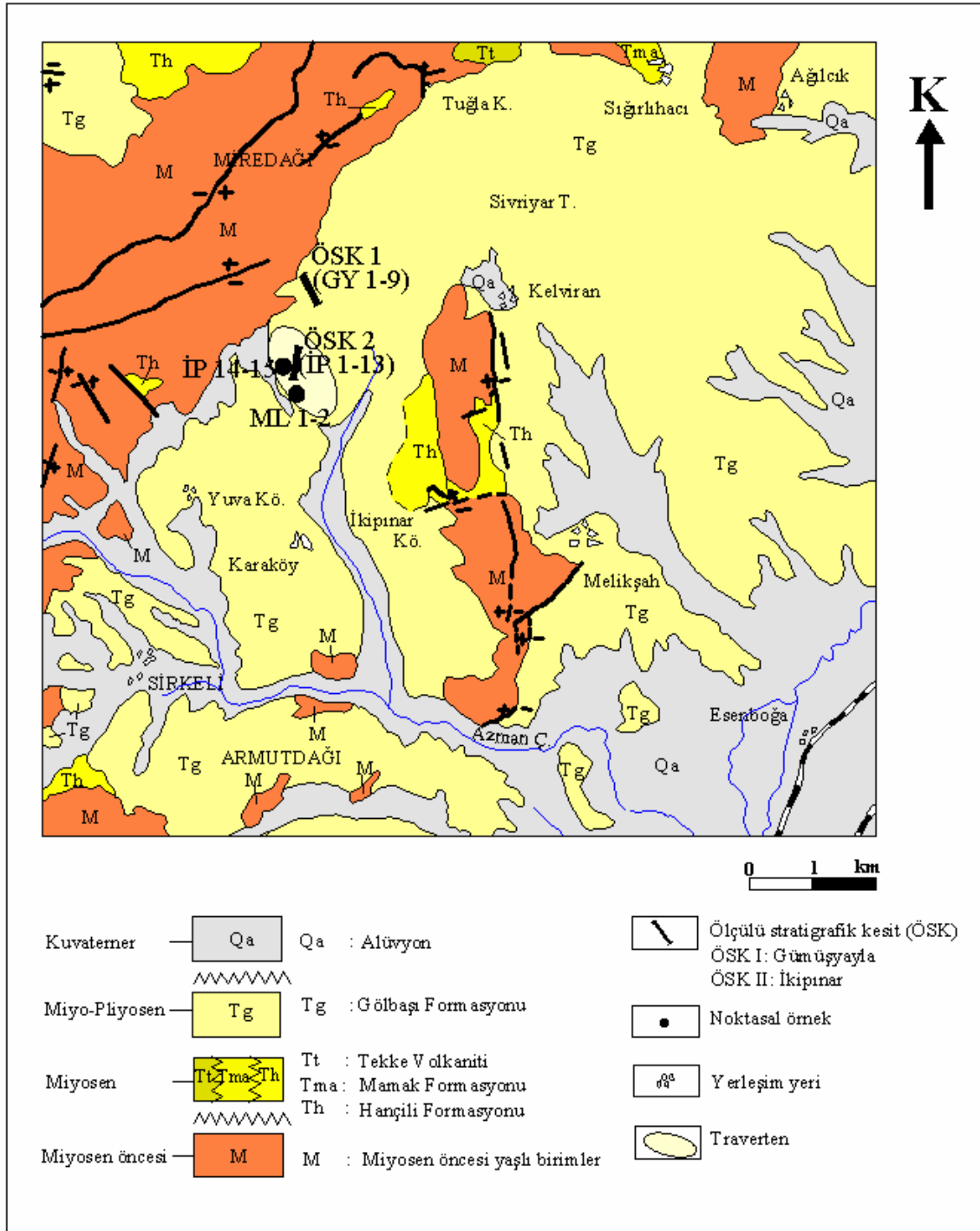
Bu çalışmada, Melikşah civarında yüzlekleri belirlenen ve traverten özelliğindeki karbonatların petrografik ve mineralojik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle inceleme alanında yer alan karbonat kayaçların saha özellikleri (morfoloji, renk, doku, sertlik) dikkate alınarak örnekleme yapılmış ve bunların mineralojik ve dokusal özellikleri incelenerek, oluşum şekilleri açıklanmaya çalışılmıştır. Bölgedeki yapı taşlarının mineralojik ve petrografik özelliklerinin ilk kez bu çalışma ile ortaya konulacak olması, bu çalışmanın önemini artırmaktadır.

1.3. Materyal ve Metod

Bu tez çalışması, arazi (sahadan örneklerin derlenmesi), laboratuvar (örneklerin çeşitli analiz yöntemleri ile incelenmesi) ve büro (arazi verileri ile laboratuvardan elde edilen sonuçların değerlendirip yorumlanması) çalışmaları olmak üzere üç aşamada yürütülmüştür.

1.3.1 Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları 2005 yılının Haziran-Temmuz aylarında başlatılmış olup, 2006 yılının Eylül ayında tamamlanmıştır. İnceleme alanının 1/25.000 ölçeğindeki temel jeoloji haritaları MTA Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek, çalışmada kullanılmak üzere uygun biçimde revizyona tabii tutularak, Miyosen öncesi yaşlı birimler birleştirilerek tek bir birim (Miyosen öncesi yaşlı birimler) halinde gösterilmiştir (Şekil 1.2). İnceleme alanında Miyo-Pliyosen yaşlı gölsel birimler içerisinde bulunan piroklastik ve karbonatlı birimlerin en iyi gözlemlendiği yerlerden ölçülü stratigrafik kesitler (ÖSK) ile noktasal örnekler alınmıştır. Bu kesitler Gümüşyayla (GY) ve İkipınar (İP) olarak adlandırılmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 İnceleme alanının jeoloji ve örnekleme haritası
 (Akyürek vd. 1996'dan değiştirilerek alınmıştır)

1.3.2 Laboratuvar alışmaları

Laboratuvar alışmaları, sahadan alınan kayaç örneklerinin mineralojik ve petrografik tayinleri ile başlatılmıştır. Bu kayaç örneklerinden standart teknikler kullanılarak ince kesit yapılmıştır.

İnce kesitler Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ile Orta Doğu Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü İnce kesit laboratuvarlarında hazırlanmıştır. Yapılan ince kesitler Leitz marka polarizan mikroskopta incelenmişlerdir. Bu incelemeler sonucunda piroklastik ve karbonatlı örneklerin mineralojik, petrografik ve dokusal özellikleri belirlenerek kayaç adlamaları yapılmıştır.

Mikroskobik incelemelerde tanımlamaları yapılamayan örnekler ile karbonat ağırlıklı örneklerin tüm kayaç mineralojik bileşimleri X-Işınları Difraktometresi (XRD) kullanılarak belirlenmiştir. Tüm kayaç X-Işınları Difraktogramlarının ekimi Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Maden Analizleri ve Teknoloji (MAT) Dairesi Laboratuvarlarındaki Phillips PW 1830-40 model Işınları difraktometresinde Ni filtre, Cu K α radyasyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Difraktogramların değerlendirilmesinde American Standart for Testing Material (ASTM 1972) kartoteksi esas alınmıştır. Bu örneklerin yarı nicel yüzdeleri ise dış standart yöntemi (Brindley 1980) esas alınarak hesaplanmıştır (Gündoğdu 1982).

Ayrıca, saha gözlemleri ve ince kesit determinasyonlarına göre farlı morfolojide oldukları belirlenen 10 adet traverten örneğinin tüm kayaç fazında yapılan ana ve iz element çözümlemeleri için Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Mineraloji ve Petrografi Araştırma Laboratuvarında “Spectro XLAB 2000 PEDXRF (Polarized Energy Dispersive XRF) ve Spectro MIDEX-M” cihazları kullanılmıştır.

XRF analizlerinde toz örnek Al-kapsüllere konulup, yaklaşık 10 tonluk yük altında preslenerek elde edilen pastiller üzerinde yapılmıştır. Tüm kayaç kimyasal çözümlemelerinde ana (major) elementler % oksit cinsinden SiO $_2$, TiO $_2$, Al $_2$ O $_3$, Fe $_2$ O $_3$,

MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅ ve iz/eser element çözümlenmeleri ise ppm cinsinden Cr, Ni, Co, Cu, Pb, Zn, Rb, Ba, Sr, Ga, Nb, Zr, Y, Th, As, S elementlerini kapsamaktadır. Ateşte kayıp (LOI) ise örneğin etüvde 110 °C'de bir gece kurutulduktan sonra, 12 saat fırında kurutulan 1000 °C'deki H₂O ve diğer uçucu bileşenlerin ağırlık cinsinden yüzdesi olarak ifade edilmiştir.

Karbonat minerallerinin kristal şekli, boyutu ile bu minerallerin bulunduğu diğer minerallerle olan ilişkileri Taramalı Elektron Mikroskopunda (SEM) incelenmiştir. Ayrıca, bu sisteme bağlı enerji yayımlı X-Işınları analizi (EDS) ile bu örneklerin kimyasal bileşimleri belirlenmiştir. SEM incelemeleri Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) laboratuvarında JEOL JSM- 6490 LV model cihazda yapılmıştır. EDS ise IXRF markalı cihazdan alınmıştır.

1.3.3 Büro çalışmaları

Büro çalışmaları esnasında arazi, laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bilgiler değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. AutoCAD 2004 çizim programı kullanılarak harita ve ölçülü stratigrafik kesitler (ÖSK) ile XRD difraktogramları bilgisayar ortamında çizilmiştir.

Bu tez kapsamında; arazi ve laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen veriler ve varılan sonuçların tümü birleştirilerek ortaya konulmuştur.

1.4 Önceki Çalışmalar

Ankara civarı, Oligosen ve Pliyosen arasında Anadolu'da etkin olan Tersiyer volkanizmasının önemli merkezlerinden biridir. Bu nedenle Ankara-Çankırı-Çubuk dolaylarında yüzlekler veren ve stratigrafik ilişkilere dayanarak Erken Eosen ve Neojen yaşlı olarak tanımlanan volkaniklerin jeolojisi ve jeokimyası üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Büyükönel 1971, Tankut 1985, Tankut ve Akıman 1991, Besbelli 1995, Seyitoğlu and Büyükönel 1995, Besbelli ve Varol 2002, Üstünişik 2004). İnceleme alanı ve yakın çevresinde jeolojik ve paleontolojik çalışmalar bulunmasına karşın (Erol

1961, Çalgın vd. 1973, Ürgün 1974, Akyürek vd. 1979, 1996), ekonomik değere sahip olan ve işletilen yapı taşları bugüne kadar mineralojik ve petrografik olarak incelenmemiştir. İnceleme alanı ve yakın çevresinin jeolojisi ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Tatlı (1975) Çubuk-Melikşah bölgesinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanaklarını araştırmış ve Triyas yaşlı kireçtaşları ile Paleozoyik içindeki kristalize kireçtaşlarının hazne kayaç, Pliyosen yaşlı Sinap formasyonunun ise örtü kayaç olduğunu ifade etmiştir.

Erişen ve Ünlü (1980) Ankara çevresinde daha önce jeotermal amaçlı yapılan çalışmaları derleyerek bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamışlardır.

Akyürek vd (1996) Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklarını araştırmışlar ve Ankara ili ile çevresinin stratigrafisini detaylı olarak ortaya koymuşlardır.

1.4.1 Türkiye ve Dünya'daki Travertenler Üzerine Yapılan Çalışmalar

Türkiye ve Dünya'da yapı taşları (traverten) üzerine çok sayıda çalışma bulunmakta olup, yapılan çalışmalar sırasıyla aşağıda özetlenmiştir.

Braithwaite (1979) Güney Wales'de bulunan Dyfed bölgesindeki travertenleri saha gözlemlerine göre; kenar taşı gölcükleri, pizolitler, zonal büyümeler ve laminalı kristal kabuklar şeklinde sınıflamıştır. Bölgedeki laminalı kristal kabuk şeklindeki traverten oluşumunu petrografik olarak asiküler lifler, kaba prizmatik kristaller ve kaba pürüzlü kristaller olarak 3 gruba ayırarak incelemiştir.

Chafetz and Folk (1984) İtalya'daki San Giovanni Terme bölgesindeki travertenlerin morfolojik yapılarını ve travertenlerde gelişen bakteri faaliyetlerini incelemiştir. Travertenleri morfolojik olarak 5 sınıfta tanımlamışlardır. Bunları 1) Şelale yada çağlayan tipi, 2) Sığ göl dolgusu, 3) Eğimli yamaç tümsekleri, yelpazeler ve koniler, 4) Teraslı tümsekler, 5) Çatlak sırtları olarak belirtmişlerdir.

Love and Chafetz (1988) Oklahoma güney merkezinin Arbuckle dağları bölgesinde oluşan laminalı traverten kabuklarının diyajenezini araştırarak laminalı kabukları, algal kabuklar ve yoğun kaba kristalin kabuklar olarak iki grupta incelemişlerdir.

Guo and Riding (1992) İtalya'daki Rapolano Terme bölgesinde sıcak su sonucu oluşan traverten kabukları içindeki aragonit laminalarını SEM analiz yöntemi ile incelemişlerdir. Traverten oluşumunu mineralojik olarak aragonit kristalinin şekillerine göre yedi gruba ayırarak tanımlamışlardır.

Altunel and Hancock (1993) Pamukkale'de oluşmuş Kuvaterner yaşlı traverten oluşumlarının morfolojik yapılarını tanımlayarak, travertenleri morfolojik olarak 5 sınıfta incelemişlerdir.

Pentecost *et al.* (1997) Pamukkale travertenlerinin oluşumunda mikroorganizmaların etkisini araştırmışlardır. Travertenlerin oluşumunda alglerden Cyanobakteriler, Cholorophsialar ve diyatomelerin etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Tekin *et al.* (2000) ile Tekin ve Ayyıldız (2001) Sivas kuzeybatısındaki Sıcakçermik kaplıcası çevresindeki güncel traverten çökellerini incelemişlerdir. Bunların organik ve inorganik süreçlerin denetiminde gelişen kabuksu veya albatr yapılı tatlı su karbonat çökelleri olduğunu belirtmişlerdir. Güncel traverten örneklerinin tamamının yarı özşekilli prizmatik-tabuler kalsit kristallerinden oluştuğunu ifade etmişlerdir.

Özpınar vd. (2001) Kocabaş (Denizli) travertenleri ile Kömürcüoğlu (Kocabaş) travertenlerinin yapısal, dokusal, kimyasal ve fiziko-mekanik özelliklerini incelemişlerdir.

Atabey (2002) Kırşehir merkezi Kuşdili ve Kayabaşı civarındaki çatlak sırt tipi traverten oluşumlarının mikroskopik özellikleri ile diyajenezini incelemiştir. Sıcak su kökenli traverten-tufa çökellerini dokusal özelliklerine göre mm ve cm boyutunda çalı benzeri dentritik yapılar ile kristal demetlerinden oluştuğunu belirtmiştir.

Ayaz (2002) traverten yataklarındaki morfolojik yapıları 8 temel sınıfta ayırarak incelemiştir. Bu morfolojik yapılardan anıtsal değerde olanların, turizm açısından korunması gerekli tabiat varlıkları olarak değerlendirilmeleri gerektiğini ortaya koymuştur.

Özkul vd. (2002) Denizli havzasındaki Kuvaterner-güncel traverten oluşumlarını saha ve mikroskobik özelliklerine göre 9 litofasiyese ayırarak tanımlamışlardır. Bu litofasiyelerin depolanma ortamlarını belirledikten sonra bunları alt ortamlara ayırarak incelemiştir.

Fortelius *et al.* (2003) Ankara'nın kuzeybatısında Kazan bucağı civarındaki memeli fauna lokalitesindeki fosil tiplerini incelemiş ve bu alanda mostra veren Sinap formasyonunun yaşını memeli fauna topluluklarına göre Miyosen olduğunu belirtmişlerdir.

Koşun vd. (2005) Antalya civarında akarsu, bataklık, göl ve şelale-baraj ortamlarında çökelmiş olan tufaları saha ve petrografik özelliklerine göre 10 litofasiyese ayırarak incelemişler ve bu litofasiyelerin özelliklerini ortaya koymuşlardır.

2. STRATİGRAFİ

2.1 Genel Tanım

İnceleme alanı ve yakın çevresinin genel jeolojisi, stratigrafisi ve jeolojik evrimine yönelik olarak Ürgün (1974), Tatlı (1975), Erişen ve Ünlü (1980), Akyürek vd. (1980, 1982, 1984, 1996) ve Fortelius *et al.* (2003) tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bölgede yapılan bu çalışmalarda benzer litoloji ve yaştaki birimler farklı formasyon adlamaları ile tanımlanmışlardır. Bu çalışmada, Akyürek vd. (1996) tarafından kullanılan formasyon isimleri temel alınmıştır.

İnceleme alanında geniş bir alanda yüzeylenen Miyo-Pliyosen yaşlı birimlerin tabanında yer alan Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı birimler ayırtlanmadan Miyosen öncesi yaşlı birimler şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 1.2, 2.1).

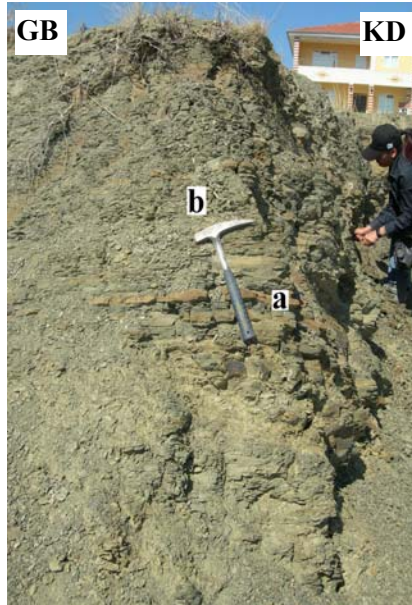
ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA
SENOZOYİK	KUVATERNER		⑥	⑥ Alüvyon Uyumsuzluk
	TERSİYER	NEOJEN	⑤	⑤ Gölbaşı Formasyonu kumtaşı, konglomera, çamurtaşı, tuf, traverten
			④	④ Haçlı Formasyonu marn, silttaşı, kumtaşı, konglomera
MİYOSEN ÖNCESİ			③ Mamak Formasyonu andezit, bazalt, tuf, aglomera	
			②	② Tekke Volkaniti andezit, trakiandezit, bazalt, tuf, aglomera, dasit Uyumsuzluk
			①	① Temel kayalar Triyas, Jura, Geç Kretase, Paleosen yaşlı: metakonglomera, metakumtaşı, kireçtaşı, konglomera, kumtaşı, çamurtaşı

Şekil 2.1 İnceleme alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (Kökçü 2007)

Miyosen öncesi birimler Triyas, Jura, Geç Kretase ve Paleosen yaşlı birimlerinden oluşmaktadır (Akyürek vd. 1996).

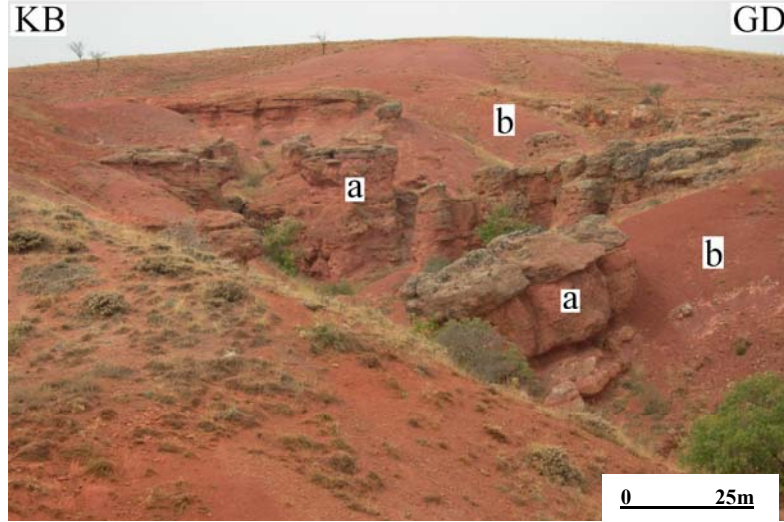
2.2 Miyosen Öncesi Birimler

Metamorfik ve sedimanter kayalar ile temsil edilen Miyosen öncesi birimler inceleme alanının kuzey, kuzeybatı, güney ve orta kesimlerinde geniş bir alanda yayılım gösterirler (Şekil 1.2). Sahanın en yaşlı birimini, metakonglomera, metakumtaşı, metaçamurtaşı, metavolkanit, kumlu kireçtaşı, aglomera ve tüfleri içeren Triyas yaşlı birim (Elmadağ ve Keçikaya formasyonu) oluşturmaktadır (Akyürek vd. 1996) (Şekil 2.1). Ayrıca, birimin içerisinde Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Bu birimin üzerine uyumsuzlukla konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kumlu kireçtaşı, çört, bantlı ve yumrulu killi kireçtaşlarından oluşan Jura yaşlı (Hasanoğlan ve Akbayır formasyonu) birim gelmektedir. Jura yaşlı birimler tektonik dokanakla Geç Kretase yaşlı (Haymana formasyonu) konglomera, kumtaşı, şeyl birimine geçmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Çalseki köyü civarındaki Geç Kretase yaşlı (Haymana formasyonu) a. kumtaşı ve b. çamurtaşı birimlerinin ardalanmasının yakından saha görünümü

Bu birimlerin üzerine yine uyumsuzlukla Paleosen yaşlı (Kızılçukur formasyonu) konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşından oluşan birimler (Şekil 2.3) gelmekte olup, bütün bu birimlerin üzerini Miyosen yaşlı birimler uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 2.3 Melikşah köyü civarındaki Paleosen yaşlı (Kızılçukur formasyonu) a. konglomera ve b. çamurtaşı birimlerinin saha görünümü

2.3 Miyosen

İnceleme alanındaki Miyosen birimlerini; Hançılı ve Mamak formasyonları ile Tekke volkaniti oluşturmaktadır (Şekil 2.1).

2.3.1 Hançılı Formasyonu (Th)

Hançılı formasyonu, inceleme alanında İkipınar Köyü ve Miredağı kuzeyinde dar bir alanda yayılım göstermektedir (Şekil 1.2). Miyosen öncesi yaşlı birimler üzerine uyumsuzlukla gelmekte olan formasyon ilk kez Akyürek vd. (1980) tarafından Hançılı formasyonu olarak adlandırılmıştır. Benzer litolojiye sahip olan ve aynı bölgelerde yayılımları belirlenen birimin Pazar köyü ve çevresindeki tipik mostralara rastlanması nedeniyle formasyon Erişen ve Ünlü (1980) tarafından yapılan çalışmada Pazar formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon beyaz renkli killi kireçtaşı ve marn, gri renkli silttaşı ile sarımsı boz renkli kumtaşı, konglomera ve tüfit

ardalanmasından oluşmaktadır (Akyürek vd. 1996). Ayrıca, birimin yer yer jips ve bitümlü şeyl içerdiği belirtilmiştir. İnceleme alanımızda ise formasyon krem-bej renkli kireçtaşı ile killi kireçtaşı birimleri ile temsil edilmektedir (Şekil 2.4).

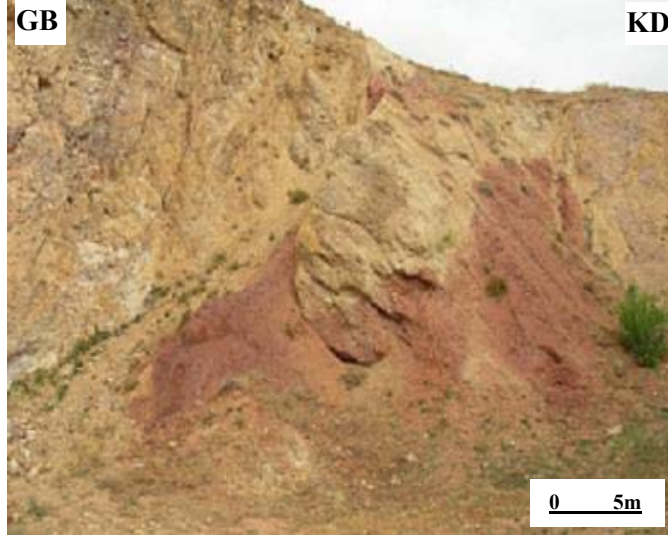


Şekil 2.4 Sarıbeyler civarındaki Hançılı formasyonunu oluşturan karbonat (k.) ve killi karbonat (k.k.) birimlerinin saha görünümü

Formasyonun yaşı daha önce yapılan araştırmalarda tanımlanan fosillere dayanarak Orta-Geç Miyosen olarak belirtilmiştir (Akyürek vd. 1996). İnceleme alanında Hançılı formasyonu altta Miyosen öncesi yaşlı birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunur (Şekil 1.2-2.1) Miyo-Pliyosen yaşlı Gölbaşı formasyonu ise Hançılı formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alır.

2.3.2 Mamak Formasyonu (Tma)

İnceleme alanının kuzeyinde Sığırlıhacı Köyü civarında küçük bir alanda mostraları görülür (Şekil 1.2). Mamak formasyonu, beyaz, gri, kırmızı renkli tuf ile değişik boyutlarda tutturulmuş andezit, dasit, bazalt çakılları ile temsil edilen aglomeralardan oluşur (Akyürek vd. 1996). İnceleme alanında Mamak formasyonunu oluşturan bazaltlarda kırmızı ve sarı renkli alterasyonlar izlenmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Peçenek civarındaki Mamak formasyonunu oluşturan bazalt birimindeki kırmızı ve sarı renkli alterasyonların yakından saha görünümü

Mamak formasyonu Miyosen yaşlı Hançılı formasyonu ve Tekke volkanitleri ile yanal yönde dereceli geçişli olarak bulunur (Şekil 2.1).

2.3.3 Tekke Volkanitleri (Tt)

Tekke volkanitleri inceleme alanında Tuğlaköy civarında yer alır (Şekil 1.2). İlk kez Akyürek vd. (1982, 1984) tarafından adlandırılan volkanitler, andezit, trakiandezit, bazalt, tüf, aglomera ve dasitten oluşmaktadır (Akyürek vd. 1996). Kırmızı, pembe, boz ve siyah renklerdeki andezitlerde akma izlerine sıkça rastlanır. Tüfler gri ve beyaz renklerde olup çoğunlukla andezit ve aglomeralar arasında ara seviyeler halinde yer alır. İnceleme alanında volkanitler bazalt karakterinde izlenmiştir (Şekil 2.6). Birim, bölgede Miyosen zaman aralığında karasal koşulların sürdüğü sırada oluşan volkanizmanın ürünleridir (Akyürek vd. 1996). Geç Miyosen yaşlı olarak kabul edilen Tekke volkaniti, Mamak formasyonu ve Hançılı formasyonu ile yanal yönde geçişli olup, bu birimlerle eş yaşlı olduğu kabul edilmiştir. Tekke volkanitleri üzerinde uyumlu olarak Gölbaşı formasyonu yer alır.



Şekil 2.6 Kılıçlar köyü civarındaki Tekke volkanitlerinin (Tv) saha görünümü

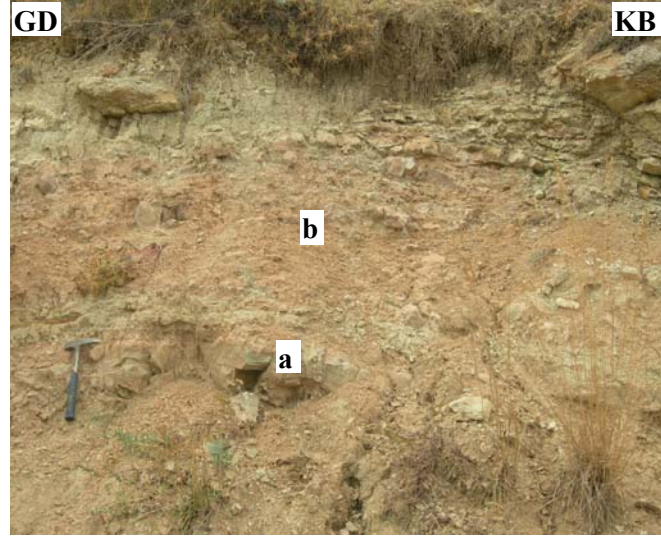
2.4 Miyo-Pliyosen

İnceleme alanındaki Miyo-Pliyosen yaşlı birimleri Gölbaşı formasyonu oluşturmaktadır.

2.4.1 Gölbaşı Formasyonu (Tg)

İnceleme alanında kuzeyden güneye çok geniş bir alanda yayılım gösteren birim (Şekil 1.2) ilk kez Akyürek vd. (1982, 1984) tarafından Gölbaşı formasyonu olarak adlandırılmıştır. Benzer litoloji ve stratigrafik konumdaki birimler Erişen ve Ünlü (1980) tarafından Ankara ili Kazan bucağının yaklaşık 5,5 km kuzeybatısında yer alan Sinap Tepe'den dolayı Sinap formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Akyürek vd. (1996) Gölbaşı formasyonunun gri, boz, kırmızı renkli, konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı birimlerinden oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, kumtaşı ve çamurtaşı seviyeleri arasında moloz akması sonucu oluşan konglomera düzeylerinin yer aldığını ifade etmişlerdir. İnceleme alanında formasyon, kahve-boz-sarı renkli çarpaz tabakalı kumtaşı, konglomera, çamurtaşı ve tuf aralanmasından oluşur. Sinap formasyonunu oluşturan birimler kısa aralıklarla dikey ve yanal yönde değişiklikler gösterir. Sahada konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı seviyeleri gri-sarı ve yeşil renkleri ile tipiktir (Şekil 2.7). Kumtaşı ve konglomera birimlerinin bileşenlerini kuvarsit, bazalt, radyolarit, serpantin, gabro, kireçtaşı, diyabaz ve metamorfik kayaç parçaları oluşturmaktadır. Gölbaşı formasyonu sahada çoğunlukla gevşek yapılı olarak izlenmesine karşın, yer yer

tane bileşenler kalsit ve kilden oluşan bir çimento ile bağlanmıştır. Tüfler ise sahada krem, bej, pembe, sarı ve kahverengi renkleri ile tipiktir.



Şekil 2.7 İkipınar köyü civarındaki Gölbaşı formasyonunu oluşturan a.kumtaşı ve b. çamurtaşı birimlerinin yakından saha görünümü

Ayrıca, inceleme alanında İkipınar civarında eski (fosil) traverten oluşumu belirlenmiştir. Tatlı (1975) tarafından yapılan Çubuk-Melikşah alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları adlı çalışmasında Karaköy'ün kuzeyi (İkipınar) ile Melikşah civarında traverten oluşumlarının varlığı belirtilmiş olmasına karşın, detaylı bir şekilde incelenmemiştir.

Travertenler, kaynak suları tarafından organik ve inorganik işlemlerle çökertilmiş karbonat kayalar olarak tanımlanır (Chafetz and Folk 1984). Literatürde traverten ve tufa terimleri genellikle birlikte veya birbirinin yerine kullanılmıştır. Ancak yapılan son çalışmalarda traverten terimi daha çok sert ve kompakt kayaların tanımlanmasında kullanılırken, tufa terimi ise yumuşak, gözenekli ve süngerimsi kayaları ifade etmek için kullanılmıştır (Irion and Müller 1968, Wyalt 1986, Pedley 1990, Ford and Pedley 1996). Özellikle traverten ve tufaların oluşum koşullarındaki farklılıklar göz önüne alındığında bunların iki farklı terim oldukları görülmektedir. Traverten terimi termal ve hidrotermal kökenli kaynak suları ile oluşturulan fiziko-kimyasal ağırlıklı karbonat çökelimleri için kullanılmıştır (Chafetz and Folk 1984, Guo and Riding 1998, Özkul vd. 2002). Bunlar çoğunlukla sert kristalin, sıklıkla ince laminasyon gösteren, içlerinde

mikrobiyal etkenlere sıkça rastlanan ve çalı şekline benzeyen bakteri büyüme yapıları ile karakterize olurlar. Buna karşın, tufa terimi düşük Mg-karbonatlı soğuk tatlı suların oluşturduğu, tipik olarak makro ve mikro ölçekte bitki, hayvan kalıntısı ve bakteri (özellikle siyano-bakteri) içeren, özellikle de çok gözenekli yapıya sahip olan karbonat çökelimini tanımlamak için kullanılmaktadır (Pedley 1990, Ford and Pedley 1996, Janssen *et al.* 1999, Wright 2000, Matsuoka *et al.* 2001, Pedley *et al.* 2003).

İnceleme alanında İkipınar ve yakın çevresinde Gölbaşı formasyonunda belirlenen karbonat seviyelerinin; sert, kompakt bir görünüm sunmalarının yanı sıra Melikşah civarındaki sıcak su kaynaklarının bulunuşu nedeniyle bu oluşumlar tarafımızdan traverten olarak tanımlanmıştır (Şekil 1.2). İnceleme alanındaki traverten oluşumu sahada krem, bej, sarı renkli, ince laminalı (bantlı) , sert ve kompakt görünümleri ile kolaylıkla ayırt edilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Melikşah'ın kuzeyinde İkipınar civarındaki traverten oluşumunun saha görünümü

İnceleme alanında tarafımızdan ve daha önceki çalışmalardan (Erişen ve Ünlü 1980, Akyürek vd. 1996) formasyonun yaşını kesin olarak verecek bir fosil topluluğuna rastlanılmamıştır. Araştırmacılar formasyonun yaşını bölgedeki birimlerin stratigrafik konumuna göre Pliyosen olarak belirtmişlerdir. Ancak Fortelius *et al.* (2003) Ankara'nın KB'da Kazan bucağı civarındaki memeli fauna lokalitesindeki fosil tiplerini incelemiş ve bu alanda mostra veren Sinap formasyonunun (Gölbaşı formasyonu) yaşını

Miyosen olduğunu belirtmişlerdir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise, birimin yaşı, stratigrafik konumu ve eski çalışmalar (Erişen ve Ünlü 1980, Akyürek vd. (1982, 1984, 1996), Fortelius *et al.* 2003) göz önüne alınarak Miyo-Pliyosen olarak kabul edilmiştir. Gölbaşı formasyonu, altta bulunan Miyosen yaşlı birimler üzerine uyumlu bir şekilde gelirken, üstte bulunan Kuvaterner yaşlı birim ile uyumsuzlukla örtülür.

2.5 Kuvaterner (Q)

İnceleme alanında kuzeyden güneye ve batıya kadar geniş bir yayılım gösteren birim Miyo-Pliyosen yaşlı birim üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Birim, kırmızı-kahverenkli çakıl, kumtaşı ve alüvyon ile temsil edilmekte olup, yaşı Kuvaterner'dir (Akyürek vd. 1996). Alüvyon çökelleri, genelde pekişmemiş veya çok az pekişmiş kum, kil ve çakıldan oluşmuştur.

2.6 Tektonik

İnceleme alanında K-G ve KD-GB uzanımlı eğim atımlı normal faylar bulunmakta olup eğimleri (yaklaşık 80^0) oldukça fazladır (Tatlı 1975, Erişen ve Ünlü 1980) (Şekil 1.2). İnceleme alanının kuzeyinde bulunan Miredağı ve civarındaki Miredağı fayları KD-GB uzanımlı olup, atılımları GD'ya doğru $75-80^0$ 'dir (Tatlı 1975). İnceleme alanının güneybatısındaki Melikşah köyünün batısında ve kuzeybatısında yer alan ve Melikşah fayı olarak adlandırılan faylar ise K-G uzanımlı olup eğimleri genellikle D'ya doğrudur (Erişen ve Ünlü 1980) (Şekil 1.2).

Bölgede Karaköy'ün kuzeyinde (İkipınar) ve Melikşah civarında bu faylardan yüzeye çıkan sıcak suların meydana getirdiği travertenlere rastlanıldığı daha önceki çalışmalarda da belirtilmiştir (Tatlı 1975).

3. SEDİMANTOLOJİ

İnceleme alanında Gölbaşı formasyonunu oluşturan litoloji topluluklarının düşey yönde birbirleri ile olan ilişkileri, yanal yöndeki devamlılıkları araştırılmış ve en iyi temsil edildiği yerden Gümüşyayla ve İkipınar olarak isimlendirilen stratigrafi kesitleri ölçülmüştür (Şekil 1.2). Bu ÖSK'lardan derlenen örnekler, makroskobik olarak renk, sertlik ve dokusal özellikleri belirlenerek, elde edilen veriler ile bu litoloji gruplarının sedimentolojik özelliklerinin açıklanmasında kullanılmıştır.

Gümüşyayla kesit alanında Gölbaşı formasyonunu oluşturan egemen litoloji topluluğunu tüfler oluşturur (Şekil 3.1).

YAŞ	FORM	ÖRNEK NO	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	
					MAKROSKOBİK	MİKROSKOBİK
MİYÖPLİYÖSEN	GÖLBAŞI FORMASYONU	GY-9	75	v v	Tüflü kumtaşı	Litik Tüf
		GY-8		v v	Tüflü kumtaşı	Litik Tüf
		GY-7	60	v v	Açık bej renkli tüf Kahverenkli tüf	Litik Tüf
		GY-6		v v	Pembe- kahverenkli tüf	Kristal Tüf
		GY-5	45	v v	Pembe-sarı renkli tüf	Litik Tüf
		GY-4		v v	Pembe renkli tüf	Litik Tüf
		GY-3	30	v v	Gri renkli tüf	Litik Tüf
		GY-2		v v	Turuncu-sarı renkli tüf	Kristal Tüf
		GY-1	15	v v	Pembe renkli tüf	Litik Tüf
		GY-1		v v	Krem-açık kahverenkli tüf	Litik Tüf

Şekil 3.1 Gümüşyayla ölçülü stratigrafik kesiti (ÖSK I)
Koordinat: 36 S 490308 E; UTM 4450142 N

Tüf düzeyleri krem, bej, pembe, sarı ve kahverengi renkleri ile tipiktir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Gümüşyayla kesit bölgesindeki Gölbaşı formasyonunda sarı-pembe renkli tüf seviyelerinin saha görünümü

Farklı renklerde izlenen bu tüf düzeylerinin kalınlıkları 5 ile 10 metre arasında değişmekte olup, birbirleri ile ardalanmalı bir dizilim oluştururlar (Şekil 3.1). Tüfler sahada soğan kabuğu şekilli alterasyonları ile tipiktir (Şekil 3.3). İstifin taban ve orta seviyelerinde farklı renk ve kalınlıkta izlenen tüf düzeyleri istifin, tavan kesiminde 10 metre kalınlığında tüflü kumtaşı litolojisinde izlenmiştir. Ünlü (1974) tarafından Gölbaşı formasyonunun kalınlığının 300 m. civarında olduğu belirtilmiştir. İnceleme alanında formasyonun kalınlığı yaklaşık 80 m olarak belirlenmiştir.



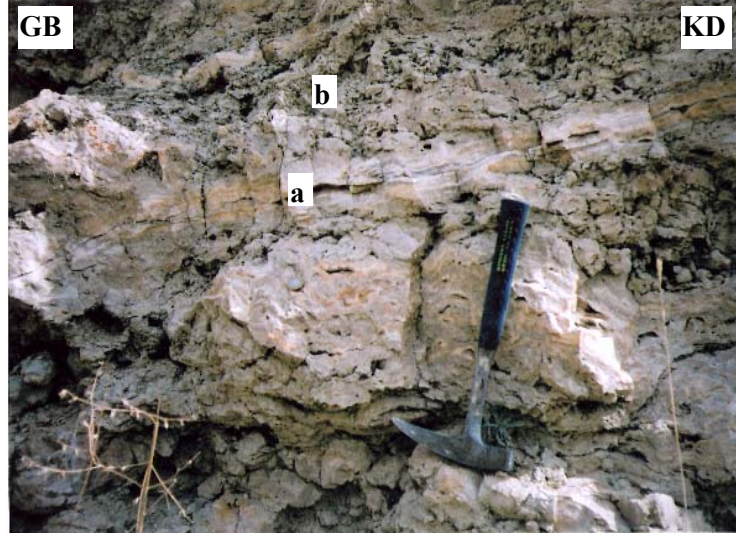
Şekil 3.3 Sarı-pembe renkli tuf düzeyindeki soğan kabuğu şeklindeki alterasyonların yakından saha görünümü

İnceleme alanında traverten oluşumunun en iyi gözlemlendiği yer olan İkipınar bölgesinde ölçülü stratigrafik kesit yapılmıştır (Şekil 3.4). Kesit bölgesindeki traverten oluşumunun kalınlığı yaklaşık 20 m olarak ölçülmüştür.

YAŞ	FORM.	ÖRNEK NO	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMA	
M İ Y O - P L İ Y O S E N	GÖLBAŞI FORMASYONU		18.90			
		İP 13	17.10		Traverten	
		İP 11-12	15.20		Traverten	
		İP 10	13.30		Traverten	
		İP 9	11.40		Traverten	
		İP 8	9.50		Traverten	
		İP 8	7.60		Traverten	
		İP 5-6-7	5.70		Traverten	
		İP 3-4	3.80		Traverten	
		İP 2	1.90		Litik kumtaşı	
		İP 1			Kayaç parçaları içeren kireçtaşı	
						0 2 m

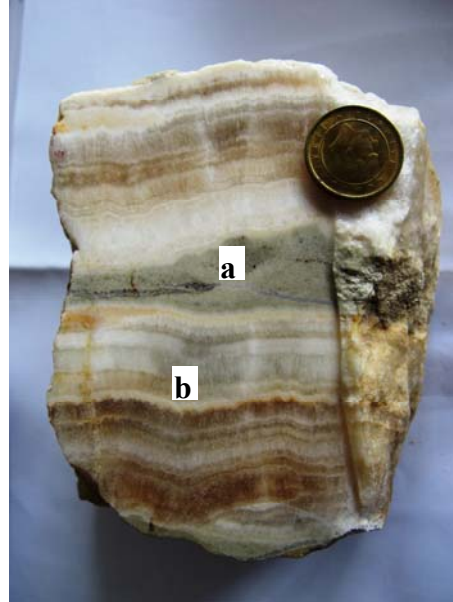
Şekil 3.4 İkipınar ölçülü stratigrafik kesiti (ÖSK II)
Koordinat: 36 S 489855 E; UTM 4448534 N

Tabaka kalınlıkları 1-3 metre olarak belirlenen traverten seviyelerinin arasında kalınlıkları birkaç mm. ile birkaç cm. arasında değişen yeşil renkli kırıntılı karbonat malzemenin varlığı gözlenmiştir (Şekil 3.5).



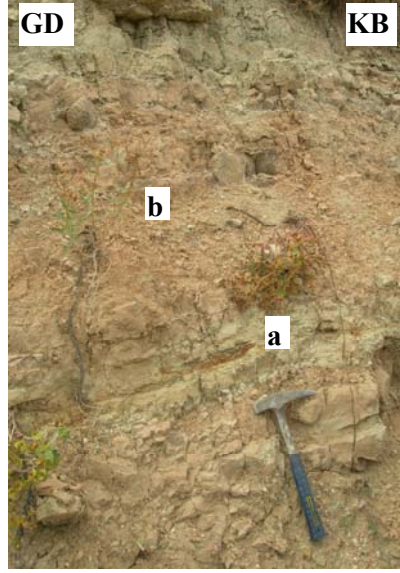
Şekil 3.5 İkipınar köyü civarındaki Gölbaşı formasyonunu oluşturan a. traverten ve b. kırıntılı karbonat birimlerinin ardalanmasının yakından saha görünümü

Bununla birlikte, traverteni oluşturan seviyelerin farklı renk ve kalınlıklarda ince karbonat laminasyonlarından oluşan tabakalar şeklinde stalagmitik dokuda (Braithwaite 1979, Pentecost 2005) oldukları belirlenmiştir (Şekil 3.6). Özellikle ince laminasyonlar (bantlar) beyaz, krem, bej renkleri ile tipik olup, bunlar arasında yeşil renkli kırıntılı karbonatlardan oluşan ara seviyelerin varlığı izlenmiştir.



Şekil 3.6 Traverten oluşumundaki a. yeşil renkli kırıntılı karbonat seviyesi ile b. farklı renk ve kalınlıktaki karbonat laminalarının yakından el örneği görünümü

İnceleme alanında İkipınar civarında gözlenen Gölbaşı formasyonu içerisindeki traverten oluşumunun yanal yöndeki devamlılığında konglomera, kumtaşı ve çamurtaşı seviyeleri yer almaktadır. Bu birimler sahada gri-sarı renkleri ile tipiktirler (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 İkipınar köyü civarındaki traverten oluşumunun yanal yöndeki devamlılığında Gölbaşı formasyonunu oluşturan a. kumtaşı ve b. çamurtaşı birimlerinin yakından saha görünümü

Kumtaşı ve konglomera birimlerinin bileşenlerini kuvarsit, bazalt, radyolarit, serpantin, gabro, kireçtaşı, diyabaz ve metamorfik kayaç parçaları oluşturmaktadır.

Travertenler birçok araştırmacı tarafından çeşitli yönleri ile ele alınarak incelenmişlerdir (Bargar 1978, Chafetz and Meredith 1983, Folk and Chafetz 1983, Love and Chafetz 1988, Pentecost 1990, Guo and Riding 1998, Tekin *et al.* 2000, Özkul vd. 2002, Koşun vd. 2005). Bu incelemeler sonucunda elde edilen verilere göre travertenleri sınıflandırmada kullanılan ölçütlerden birinin çökeltme morfolojisi olduğu kabul edilmiştir. İdeal bir traverten sınıflamasında; eski (aktif olmayan) ve güncel (aktif) travertenler ile farklı bölgelerde ve değişik ölçeklerde oluşan travertenlere uygulanabilir olması aranılan şartlar arasında sayılabilir. Traverten oluşumları Braithwaite (1979) tarafından sahadaki görünüşlerine göre 3 grupta sınıflandırılmıştır. Bunlar; 1) kenar taşı gölcükleri, 2) pizolitler ve zonal büyümeler, 3) laminalı kristal kabuklardır. Travertenlerin yatak boyutundaki morfolojik yapıları ise ilk kez 1984 yılında Chafetz

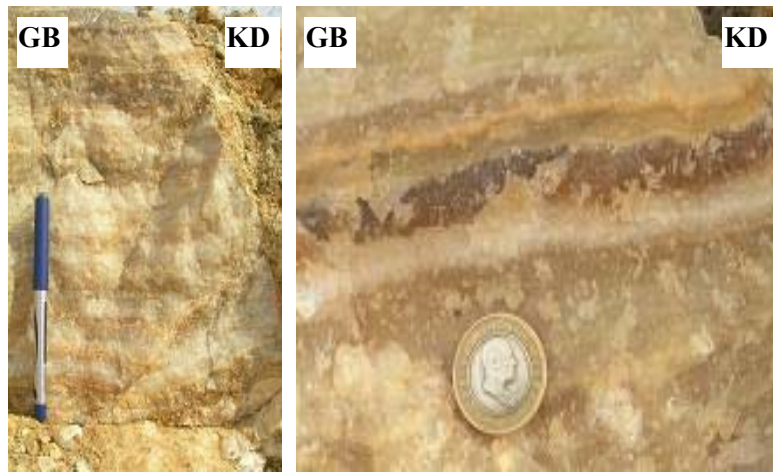
and Folk tarafından sınıflandırılmıştır. Çalışmacılar Roma'nın doğusundaki Tivoli yakınında bulunan travertenler üzerinde yaptıkları çalışmalarında travertenleri morfolojik görünüşleri bakımından 1) şelale tipi travertenler, 2) sığ göl dolgusu tipi travertenler, 3) eğimli yamaç tümsekleri, yelpaze ve koni tipi travertenler, 4) teraslı tümsek tipi travertenler ve 5) çatlak sırtı tip travertenler olmak üzere 5 sınıfa ayırarak incelemişlerdir. Bu sınıflama, Altunel and Hancock (1993), Ayaz (1998), Ayaz ve Gökçe (1998), Tekin *et al.* (2000) tarafından kısmen kullanılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda Ayaz (2002) bu sınıflamayı genişleterek travertenleri morfolojik olarak 8 temel sınıfta incelemiştir. Bunlar; 1) Teras (set) tipi travertenler, 2) Sırt (semer) tipi travertenler, 3) Dom (koni) tipi travertenler, 4) Tabaka tipi travertenler, 5) Damar tipi travertenler, 6) Fay önü tipi travertenler, 7) Kanal tipi Travertenler, 8) Mağara travertenleri (damlataşlar) olarak isimlendirilmiştir.

Traverten oluşumları yatak ölçeğindeki morfolojik sınıflamalarının yanı sıra saha ve petrografik özellikleri dikkate alındığında Guo and Riding (1998) tarafından 8 litofasiyese ayırarak incelenmiştir. Özkul vd. (2002) ise 9 litofasiyese tanımlamış olup bunları; 1) Kristalin kabuk tipli, 2) Çalı tipli, 3) Pizolit tipli, 4) Sal tipi, 5) Zarflı hava kabarcığı tipli, 6) Kamış tipli, 7) Litoklastlı, 8) Çakıllı ve 9) Eski toprak olarak belirtmiştir.

İnceleme alanındaki traverten oluşumu Braithwaite (1979)'un saha gözlemine dayalı olarak yaptığı sınıflamaya göre laminalı kristal kabuk şeklinde tanımlanmıştır. Bölgedeki traverten oluşumunun morfolojisi yatak bazında incelendiğinde eski bir yatak içerisinde yer alması ve uzun yıllar işletilmesi nedeniyle yatağın morfolojisi bozulmuştur. Bu nedenle 2005-2006 yıllarındaki saha gözlemlerine göre inceleme alanındaki traverten oluşumu morfolojik olarak detaylı bir şekilde sınıflandırılmamıştır. Ancak saha gözlemlerinin yanı sıra laboratuvar çalışmaları ile elde edilen veriler göz önüne alındığında bölgedeki traverten oluşumunun morfolojik olarak Chafetz and Folk (1984)'e göre mikro gölcükler veya havuzlar (sığ göl dolgusu) şeklinde depolandığı düşünülmektedir.

Chafetz and Folk (1984) tarafından yapılan çalışmada sığ göl dolgu depolarını oluşturan travertenlerin bir ince bir kaba laminalı veya bantlı, masif, yoğun karbonatlardan oluştuğu belirtilmiştir. Benzer şekilde inceleme alanımızdaki traverten oluşumları da ince ve kaba laminalı kristalin kabuk yapısından oluşmaktadır (Şekil 3.6). Bu yapılar kalsit kristallerinin dikey dizilmesi ile oluşmuşlardır. Bu da inceleme alanındaki traverten oluşumlarının küçük göl veya havuzlarda laminalı kristalin kabuk şeklinde oluştuğunu işaret etmektedir.

İnceleme alanındaki traverten oluşumu saha ölçeğinde ve petrografik olarak Guo and Riding (1998) ile Özkul vd. (2002) tarafından tanımlanan laminalı kristalin kabuk litofasiyes tipine uyduğu belirlenmiştir. Laminalı kristalin kabuk tipli traverten litofasiyesi, düz yamaçlar üzerinde, teras havuzlarının dış bükey kenarları ile duvarlarında şelale alt ortamının dik yüzeylerinde ve açılma çatlaklarında yaygın olarak depolandıkları Guo and Riding (1998) tarafından belirtilmiştir. Araştırmacılar kristalin kabuğun yoğun, kaba lifsi, çoğunlukla açık renkli olduğunu ve çökeltme yüzeyine dik gelişmiş uzunlamasına kalsit kristal kümelerinden meydana geldiğini ifade etmiştir. İnceleme alanımızda da oluşan kabuklar krem, bej, sarı ve kahverenkli bantlar şeklinde ardalanmalı olarak gelişmişlerdir (Şekil 3.8). Bu bantlar belirgin çizgili sütunsu kristallerce zengin olup, kristaller genellikle dik yüzeyli ve cm boyutunda lamina kalınlıklarına sahiptirler. Bu veriler Braithwaite (1979) ile Guo and Riding (1998)'in tanımladığı kristalin kabuk litofasiyesine tamamen uyduğu görülmüştür.



Şekil 3.8 İkipınar civarındaki traverten oluşumundaki kristalin kabuk litofasiyesinin yakından saha görünümü

Guo and Riding (1998) bu tip travertenlerin, kaynak ağızlarında ve kaynağa yakın alanlarda hızlı akan sıcak sular tarafından çökeltildiğini ifade etmiştir. Kristalin kabuklar, yüksek su akış hızı nedeniyle biyogenik aktivitenin sınırlandığı bölgelerde gelişmekte olup, kristalin kabuk kalınlıklarının birkaç cm'den birkaç m'ye kadar değiştiğini belirtmiştir. Benzer şekilde İkipınar civarındaki kristalin kabukların da mm'den birkaç cm'ye kadar değişen boyutlarda olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.8).

Bölgede yer yer kristalin kabuk üzerinde gelişen kuruma çatlaklarının kalsit kristalleri ile dolduğu gözlenmiştir (Şekil 3.9).



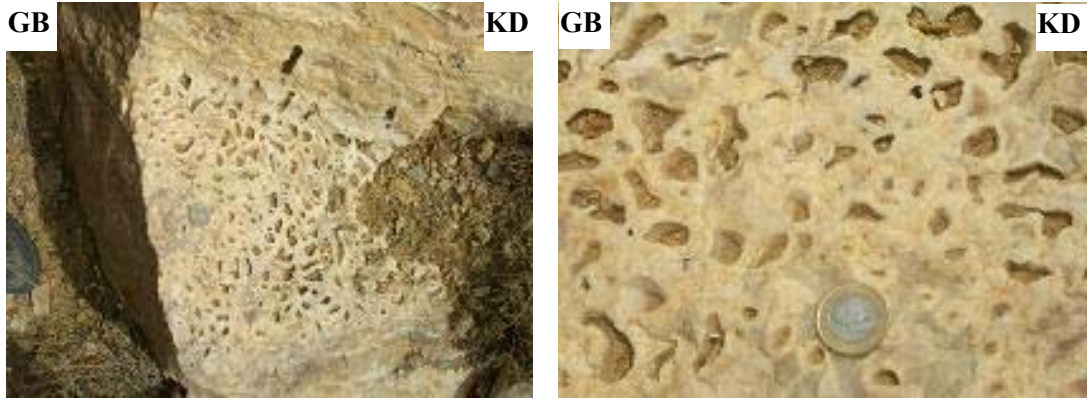
Şekil 3.9 Kristalin kabuk üzerinde gelişen kuruma çatlaklarının saha görünümü

Bununla birlikte özellikle mağaralardaki traverten oluşumlarında izlenen mağara incileri gibi sarkıtlara benzer şekilli üst üste küresel olarak büyümüş tanelerin varlığı oyuklar içerisinde belirlenmiştir (Braithwaite 1979). Bu tanelerin yüzeyleri genellikle pürüzlü olup tane boyutlarının birkaç cm olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Mağara incileri gibi sarkıtlara benzer küresel şekilli tanelerin saha görünümü

Ayrıca bölgedeki traverten oluşumları içerisinde ara ara gazların uçmasıyla oluşan erime boşluklarına rastlanılmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Traverten oluşumlarındaki erime boşluklarının saha görünümü

4. MİNERALOJİK ve PETROGRAFİK İNCELEMELER

İnceleme alanında yüzeyleyen volkanosedimanter ve sedimanter birimlerin mineralojik ve petrografik özelliklerini belirlemek amacıyla sahadan noktasal olarak alınan ve ölçülü stratigrafi kesitlerinden seçilen örnekler laboratuvarında çeşitli analiz metotları kullanılarak incelenmişlerdir. Bu metotlar kayaç örneklerinden ince kesitler hazırlanarak petrografik mikroskopta mineralojik ve dokusal özelliklerinin incelenmesi, X-Işınları Kırınım (XRD) analizi ile mineralojik bileşimlerinin belirlenmesi, mikro dokusal özelliklerinin araştırılması amacıyla Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) incelemeleri olarak belirtilebilir.

Bu bölüm içerisinde önce yukarıda belirtilen laboratuvar yöntemleri tanıtılacak, daha sonra elde edilen sonuçlar üzerinde durulacaktır.

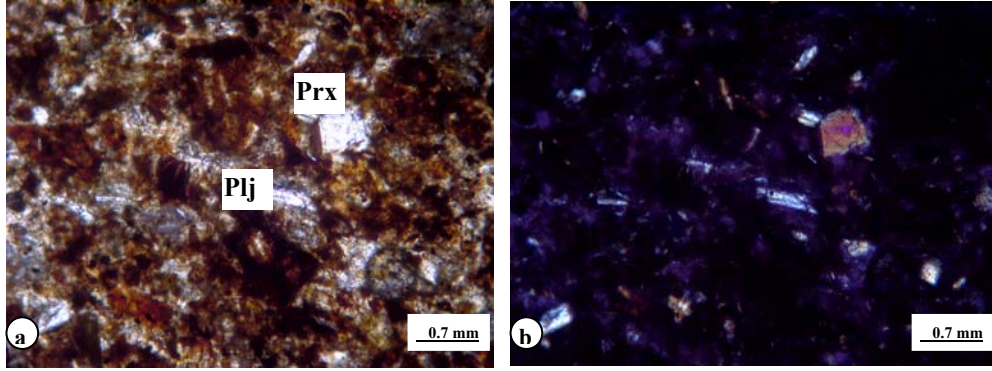
4.1 Petrografik İncelemeler

İnceleme alanında Gölbaşı Formasyonunu temsil eden ve arazi gözlemlerine göre piroklastik ve karbonatlı birimlerden alınan kayaç örneklerinden ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu ince kesit örnekleri polarizan mikroskopta incelenerek, mineralojik bileşimleri, dokusal özellikleri ve kayaç adlamaları yapılmıştır

4.1.1 Piroklastik Kayaçlar

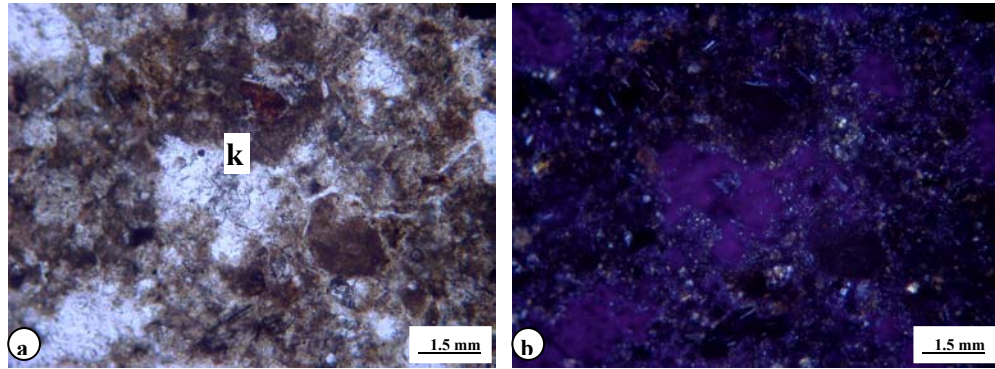
İnceleme alanındaki Gölbaşı formasyonundaki piroklastik kayaçların egemen litoloji topluluğunu tüfler oluşturmaktadır. Tüfler dokusal olarak içerdikleri kayaç parçası, volkan camı ve kristal miktarı baz alınarak Schimid (1981)'e göre sınıflandırılmışlardır. Buna göre tüfler; litik ve kristal tuf olarak ikiye ayrılmıştır.

Kristal tüfler; plajiyoklaz, biyotit, hornblend ve piroksen fenokristalleri ile volkan camından oluşmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Kristal tüflerde plajiyoklaz (plj) ve piroksen (prx) mineralleri ile volkan camının a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örn. No: GY-2)

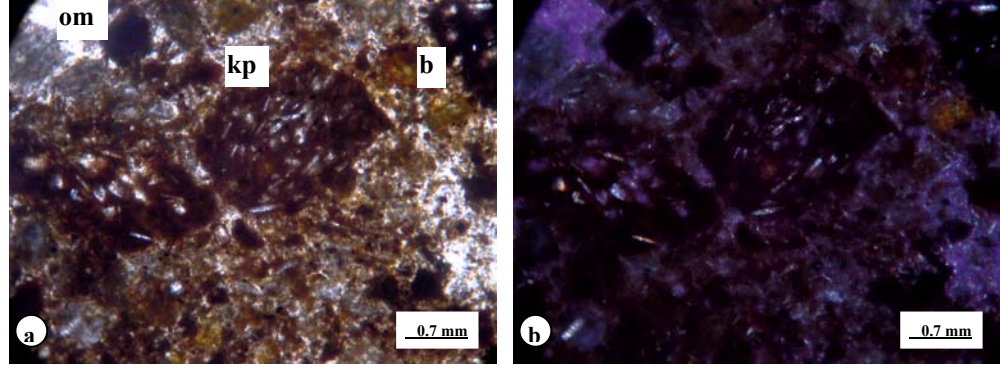
Volkan camları genellikle parçalanmış ve kısmen yuvarlaklaşmış taneler şeklinde izlenmiş olup, volkan camlarında yer yer killeşme ve karbonatlaşma gibi bozuşma ürünleri belirlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kristal tüflerde volkan camında oluşan karbonatlaşmanın (k) a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örn. No: GY-2)

İnce kesit incelemeleri sonucunda litif tüflerin volkanik kayaç parçaları (andezit) ile kısmen kuvars ve biyotit fenokristallerinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4.3).

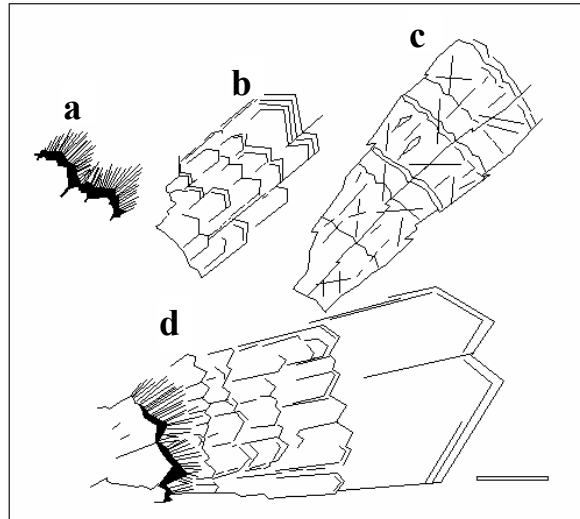
Litik tüflerde incelenen bu kayaç parçaları tek nikolde renksiz veya sarımsı renklere olup, volkan camı içerisinde çok az miktarda opak mineral gözlenmiştir.



Şekil 4.3 Litik tüfdeki opak mineral (op), kayaç parçası (kp), biyotit (b) yakından a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örn. No: GY-1)

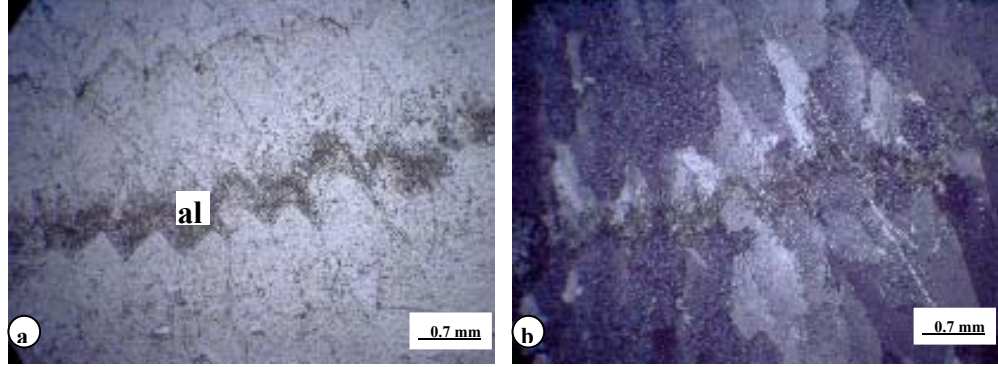
4.1.2 Karbonatlı Kayaçlar

İnceleme alanındaki karbonatlı kayaçlar traverten oluşumu ile temsil edilmektedir. Sahadaki morfolojik özelliklerine göre laminalı kristalin kabuk litofasiyesinde tanımlanan traverten oluşumu; dokusal ve mineralojik özelliklerine göre Braithwaite (1979)'ın yaptığı çalışmaya benzer şekilde petrografik olarak 3 farklı tipte belirlenmiştir. Bunlar; 1) asiküler lifsi, 2) kaba prizmatik ve 3) kaba pürüzlü kristal olarak tanımlanmış olup, Braithwaite (1979) tarafından aşağıdaki şekilde şematize edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4.a. asiküler lifsi, b. kaba prizmatik kristal, c. kaba pürüzlü kristal, d. üç fazın birlikte büyümesi ile oluşan kristaller (Braithwaite 1979)

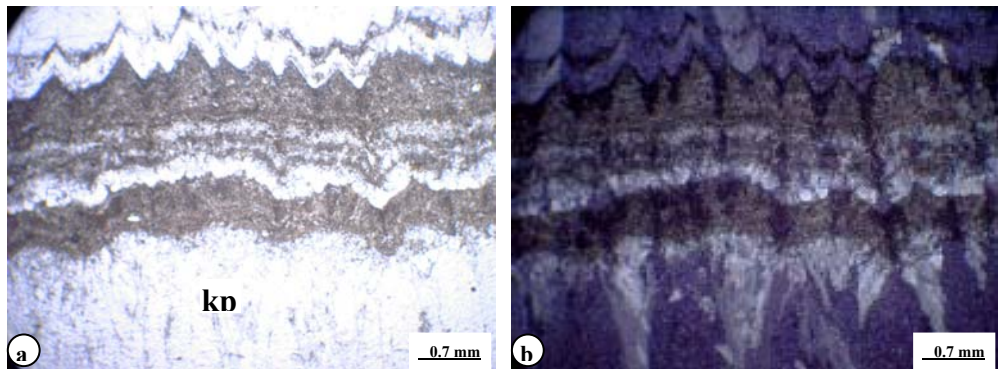
İnceleme alanında laminalı kristalin kabuğu oluşturan asiküler liflerin petrografik incelemelerinde Braithwaite (1979)'un belirttiği şekilde genellikle koyu kahverenkli ve mikritik karakterli olduğu izlenmiştir (Şekil 4.4.a, 4.5).



Şekil 4.5 Asiküler liflerin (al) yanal ve dikey yöndeki dizilimlerinin a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örnek No: İP-3)

Bunlar ince liflerin farklı yöndeki dizilimlerinden oluşmakta olup, iki tipe ayrılmıştır. Birincisi yanal yönde büyüyen lifsi şekilli kristallerdir. İkinci tip ise daha çok c eksenine boyunca büyüyen ince lifsi kristallerden oluşmaktadır. Bunlar yanal ve dikey yönde birbirlerine paralel veya paralele yakın bir şekilde dizilmiş olarak izlenmektedirler. Liflerin boyları yaklaşık olarak 0,3-0,5 mm civarında ölçülmüştür (Şekil 4.5).

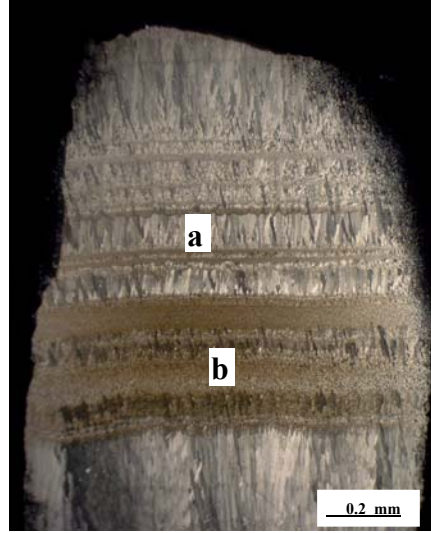
İnceleme alanında laminalı kristalin kabuğu oluşturan diğer bir kristal tipini kaba prizmatik kristaller oluşturur. Bunlar birinci nikolde beyaz renkli, uzun eksen boyunca ışınal dizilmiş prizmatik şekilli kristallerdir (Şekil 4.4.b, 4.6).



Şekil 4.6 Ondülasyonlu kaba prizmatik kristallerin (kp) a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örnek No: İP-3)

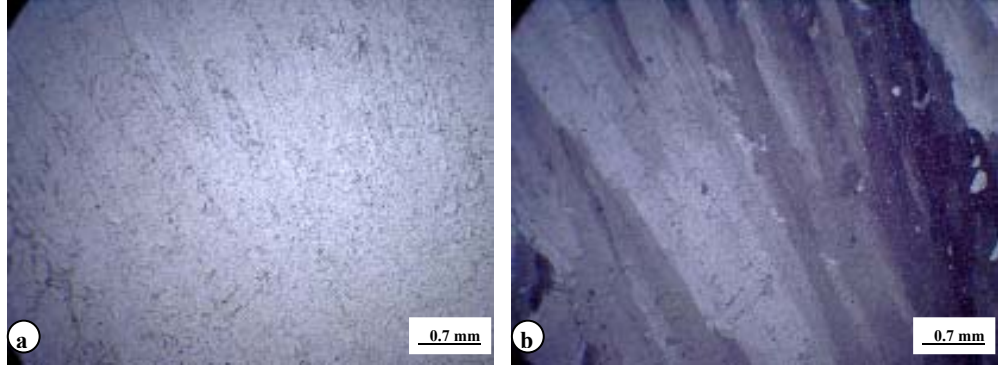
Boyları yaklaşık 0,5-1,5 mm civarındadır. Sınırları genellikle rombohedral, keskin kristal yüzeylerinden oluşan sparitik zonlardan oluşmuştur. Yanyana dizilen kristallerin çoğunda benzer özellikler gözlenmiştir.

Ayrıca asiküler lifler ile ondülasyonlu prizmatik kristallerin üst üste ardalanmalı bir dizilim oluşturdukları gözlenmiştir (Şekil 4.7). Bunlar mikroskobik görüntülerde mikrit ve sparit bantlarının ardalanımı şeklinde izlenmiştir. Lifler ve prizmatik kristaller birbirlerine paralel olarak dizilmişlerdir. Kristaller paket şeklinde sıkıca kümelenmiştir. Prizma yüzeylerinin yığına benzer şekilde ani ve anormal artışı, ışınsal farklı optik eksenini göstermektedir (Braithwaite 1979).



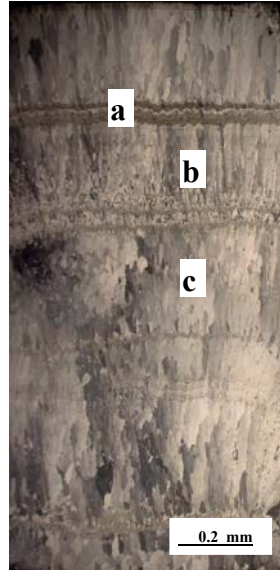
Şekil 4.7.a. prizmatik kristaller, b. asiküler liflerin ardalanmasının çift nikol görünümü (Örnek No: İP-3)

İnceleme alanında petrografik olarak üçüncü tipi oluşturan kaba pürüzlü kristaller genellikle tek nikolde beyaz renkli izlenirken, çift nikolde kalsit mineralinin tipik girişim renkleri gözlenmiştir (Şekil 4.4.c, 4.8).



Şekil 4.8 Kaba pürüzlü kristallerin a. tek nikol, b. çift nikol görünümü
(Örnek No: İP-3)

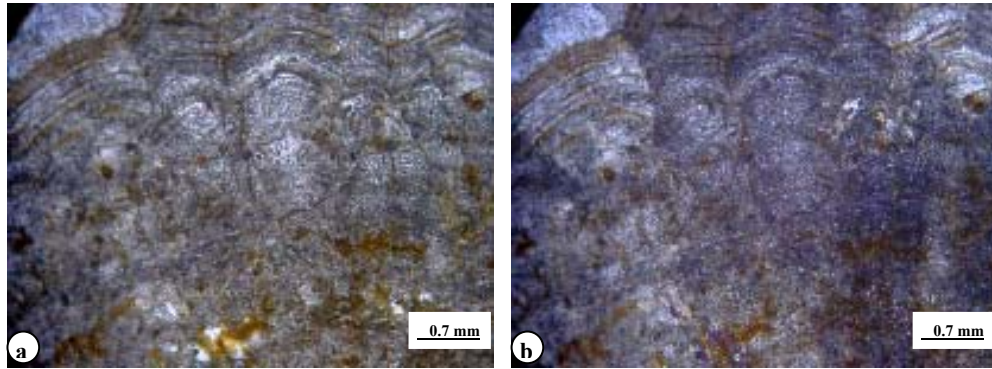
Bunların çapları birbirine benzer, fakat uzunlukları genellikle 4 mm den daha fazla olarak tanımlanmaktadır. Genellikle pürüzlü yüzeyleri ile büyüme yönünde uzamaktadırlar. Folk and Asserato (1976) ile Kendall (1977) tarafından bu tür kristaller yönlü şiş benzeri içerikler olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.8, 4.9).



Şekil 4.9 Üç fazın birlikte büyümesinin (a. asiküler lifsi, b. ondülasyonlu kaba prizmatik, c. kaba pürüzlü kristaller) çift nikol görünümü (Örnek No: İP-3)

Kristalin kabukları oluşturan farklı tipteki kalsit kristallerinin diyajenez sonucu oluştuğu Braithwaite (1979)'un çalışmasında belirtilmiştir.

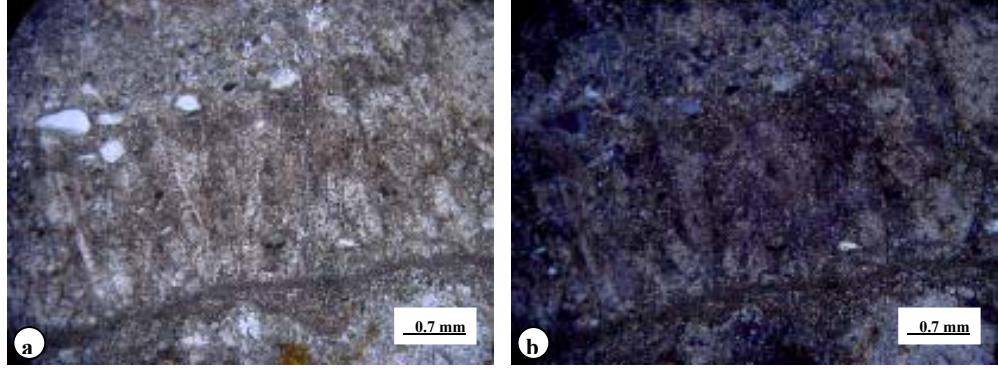
Bununla birlikte, inceleme alanındaki traverten oluşumunda farklı renk ve kalınlıklarda belirlenen ve ince karbonat laminasyonları şeklinde izlenen seviyelerin stalagmitik dokuyu oluşturdukları mikroskobik incelemelerde belirlenmiştir (Şekil 4.9-4.10). Stalagmitik doku; genellikle mağaralarda oluşan ikincil mineral oluşumlarında izlenen doku olarak belirtilir (Braithwaite 1979, Pentecost 2005). Bazı çalışmalarda stalagmitik doku eş anlamlı olarak speleothem olarak da adlandırılır (Frisia *et al.* (2000, 2002) Pentecost 2005).



Şekil 4.10 Travertenlerde görülen stalagmitik dokunun a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örnek No: İP-1)

Inceleme alanında laminalı kristalin kabuğu oluşturan üç farklı tipteki kalsit kristalinin yanı sıra çalı tipli kalsit oluşumlarının varlığı da belirlenmiştir. Atabey (2003) yaptığı çalışmasında çalı benzeri kristallerin sıcak su kaynaklı travertenler oluşumları içinde üç tipte olduğunu ifade etmiştir. Bunlar; 1) bakteriyel çalılar, 2) kristal çalıları, 3) ışımsal kristal çalılarıdır. Bakteriyel çalılar düzensiz morfolojiye sahip olup kristalli yapı göstermezler. Kristaller de bakteriyel kökenlilere benzer ancak tamamen kristaldendirler. Işımsal kristal kabuk paralelden yelpaze şekline kadar değişir. Çok kaba, kaba kalsit spar taneli olur. Yaygın olarak bakteriyel çalılardan büyüktür. Kaba spar içinde küçük mikrit bantları şeklindedir.

İnceleme alanımızdaki traverten oluşumunda bu çalı tiplerinden sadece kristal çalı tipi gözlenmiştir (Şekil 4.11). Aynı kayaç dizileri içindeki biyojenik faaliyet altındaki çalılardır (Atabey 2003). Çalı benzeri formlar kristal özelliği göstermektedir. Yaprakları daha düz ve uzunlamasına gelişmiştir.



Şekil 4.11 Travertenlerde gözlenen kristal çalı tipinin a. tek nikol, b. çift nikol görünümü (Örnek No: İP-1)

4.2 X-Işınları Kırınım Yöntemi (XRD) Tüm Kayaç İncelemeleri

Sahadan derlenen; renk, karbonat oranı ve dokusal özelliklerine göre ayırtlanan 11 adet farklı litolojideki (kireçtaşı, litik kumtaşı, traverten) örnekler, tüm kayaç toz kırınım analiz yöntemine tabi tutularak incelenmiştir. XRD çekimleri, oda sıcaklığında kurutulan ve Fritschvibrating Cup Mill Pulverisette 9 marka kayaç öğütme cihazında pudra haline getirilen örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacına uygun olacak şekilde 5°- 65°'lik açı aralıkları kullanılmıştır.

X-Işınları kırınım çekimleri sırasında elde edilen difraktogramlardan itibaren, minerallerin tanımlamaları ASTM (1972) (American Society for Testing Materials) kartoteksinden yararlanılarak yapılmıştır. Tüm kayaç bileşenlerinin mineralojik olarak yarı nicel yüzdeleri Brindley (1980), Gündoğdu (1982), Gündoğdu ve Yılmaz (1984)'e göre hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

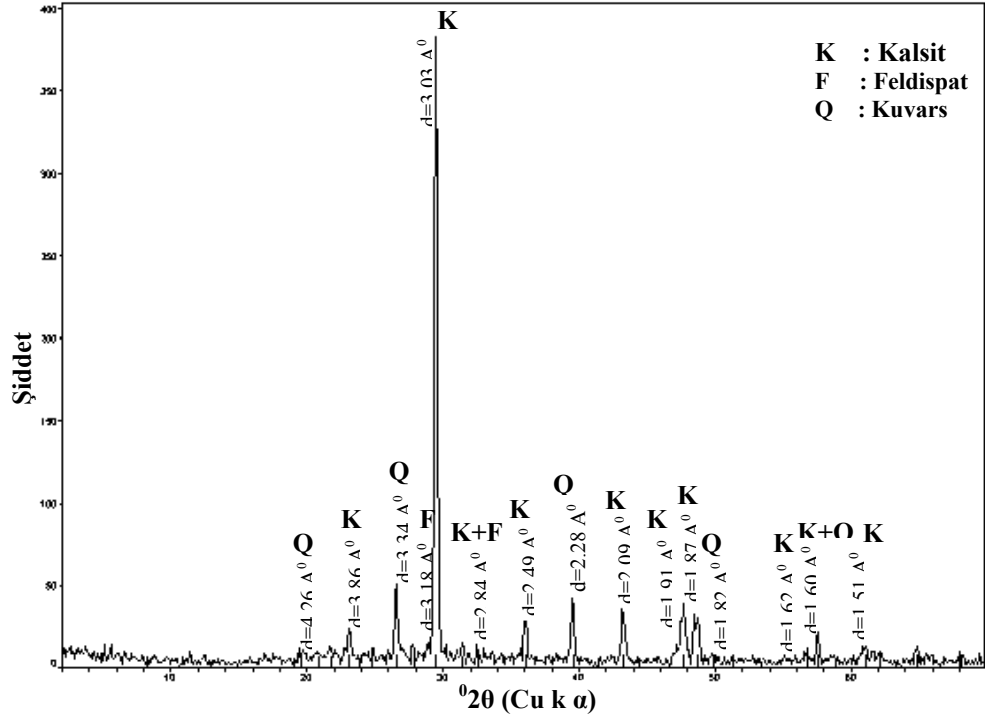
Çizelge 4.1 İnceleme alanındaki farklı litolojilere ait tüm kayaç analiz sonuçları
(Mineral içerikleri % olarak verilmiştir)

Örnek No	TÜM KAYA				
	Litoloji	Kalsit	Feldispat	Kuvars	Kil Minerali
İP-1	Kireçtaşı	68	9	6	17
İP-2	Litik Kumtaşı	48	10	18	24
İP-3	Traverten	100			
İP-5	Traverten	52	11	5	32
İP-7	Traverten	100			
İP-8	Traverten	100			
İP-9	Traverten	95	3	2	
İP-10	Traverten	100			
İP-11	Traverten	90	5	5	
İP-12	Traverten	100			
ML-2	Traverten	74	2	5	19

İP: İkipınar (ÖSK 2), ML: Melikşah

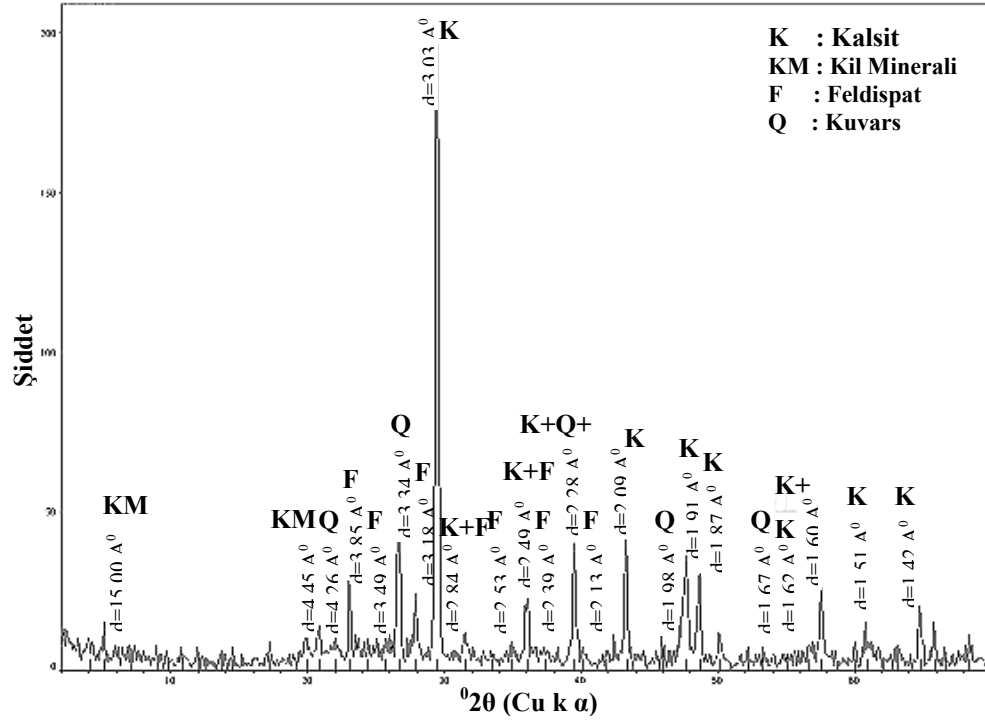
Genellikle traverten örneklerinin mikroskobik ve mineralojik incelemelerinde aragonit veya kalsit minerallerinden oluştuğu çok sayıdaki çalışmada belirtilmiştir (Braithwaite 1979, Guo and Riding 1992, Tekin *et al.* 2000, Özkul vd. 2002). İnceleme alanımızda hem petrografik hem de X-Işınları incelemelerinde aragonit mineralinin varlığı belirlenmemiştir. İnceleme alanında Gölbaşı formasyonunda yer alan traverten oluşumunda karbonat minerallerinden sadece kalsit minerali gözlenmiştir (Çizelge 4.1). Özellikle krem, kahve renkli, iri kristalli, sparitik, laminalı veya bantlı traverten örneklerinin (İP-3, 7, 8, 10, 12) %100 kalsit mineralinden oluştuğu belirlenmiştir.

İnceleme alanında mikritik laminaların yoğun olarak izlendiği örneklerde kalsit mineraline kuvars, feldispat ve kil minerallerinden oluşan detritik kökenli minerallerin eşlik ettiği belirlenmiştir (Çizelge 4.1) Benzer şekilde krem, kahve renkli laminalardan oluşan, ince kristalli mikritik seviyelerin yoğun olarak izlendiği İP-11 no'lu traverten örneğinde de çok yüksek miktarda kalsit minerali ile bu minerale eşlik eden feldispat ve kuvars mineralleri tespit edilmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 İP-11 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı

İnceleme alanındaki tüm örneklerde kalsit minerali (104) yansıma yüzeyine ait 3.03 \AA daki karakteristik pik gelişimi ile tanımlanmıştır. Bununla birlikte 3.86 \AA ile 2.49 \AA da yine kalsit minerali için tipik olan diğer pikler de belirlenmiştir (Şekil 4.12). Feldispat minerali 3.18 \AA daki piki ile kuvars minerali ise, 3.34 \AA daki karakteristik piki ile tanımlanmıştır (Şekil 4.12- 4.13).



Şekil 4.13 İP-5 no'lu örneğin tüm kaya X-ışınları difraktogramı

Bunun yanı sıra İP-5 no'lu örnekte kalsit mineraline; kuvars, feldispat ile kil mineralinin eşlik ettiği belirlenmiştir. (Çizelge 4.1, Şekil 4.13). Bu örnekteki kil minerali 15 Å⁰ ve 4.45 Å⁰ daki pikleri ile tanımlanmıştır (Şekil 4.13).

İnceleme alanındaki XRD difraktogramlarında kalsit mineralinin (104) yansıma yüzeyine ait 3.03 Å⁰ daki pikinin şiddetli olması örnek içerisindeki kalsit mineralinin bulunma oranının fazla olmasının yanı sıra kalsit mineralinin iyi kristallendiğini de işaretler. Ayrıca mikroskopik verilerle XRD sonuçları karşılaştırıldığında da ince kalsit kristallinden iri kalsit kristaline doğru gidildiğinde kalsit mineralinin miktarının arttığı ve kalsit mineraline eşlik eden diğer minerallerin kaybolduğu belirlenmiştir.

4.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

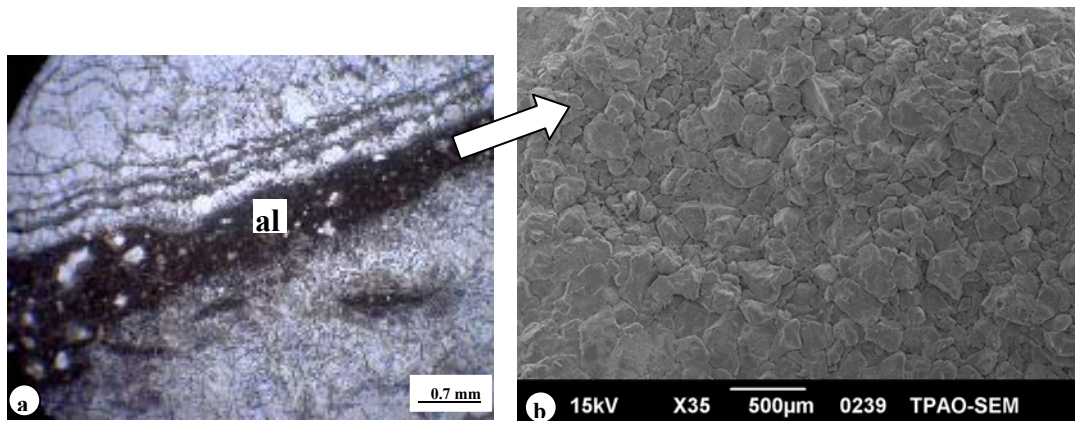
İnceleme alanında XRD analizleri ile belirlenen karbonat minerallerinin yoğun olarak izlendiği 7 adet traverten örneği Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analiz yöntemi ile incelenmiştir. Bu çalışma ile travertenin oluşturan kalsit mineralinin mikro morfolojisi, dokusal özellikleri, kökensel ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla elde edilen

görüntüler yorumlanmıştır. SEM analiz yöntemine tabi tutulacak örnekler 1-1,5 cm³'lük parçalar halinde alınmış ve doğal rölyefleri Au ile kaplanmışlardır. Ayrıca bu sisteme bağlı enerji yayımlı X-Işınları Analizi (EDS) ile bu örneklerin kimyasal bileşimleri yarı kantitatif olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında traverten oluşumundan seçilen örneklerin SEM incelemelerinde XRD analizlerinde olduğu gibi karbonat minerallerinden sadece kalsit minerali gözlenmiştir. Literatürde traverten oluşumlarında egemen karbonat mineralinin aragonit mineralinin yanı sıra kalsit mineralinin de olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Braithwaite 1979, Cahfetz and Folk 1984, Guo and Riding (1992, 1998)). Ancak inceleme alanındaki traverten oluşumunun petrografik, XRD ve SEM incelemelerinde aragonit mineralinin varlığına rastlanılmamıştır.

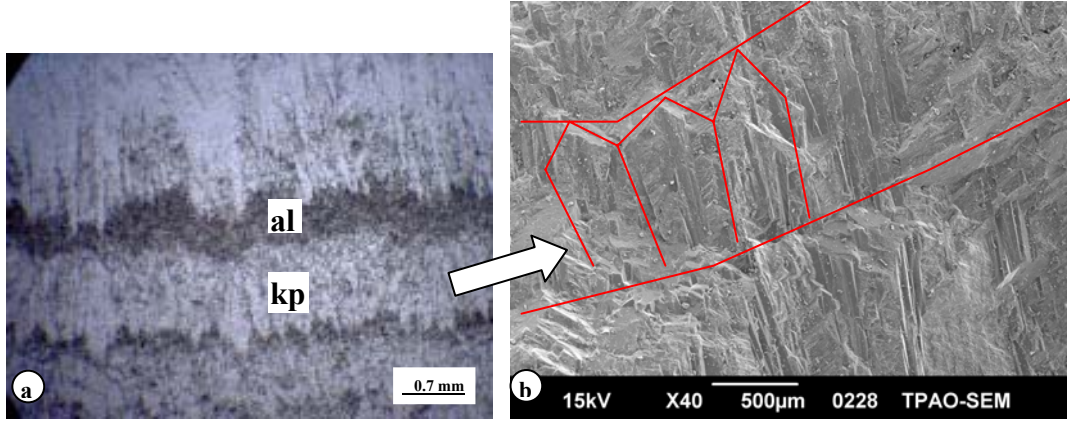
İnceleme alanında petrografik özelliklerine göre laminalı kristalin kabuk litofasiyesinde tanımlanan 3 tip kalsit kristali (asiküler lifsi, kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kristaller) SEM mikrofotolarında belirlenmiştir.

Petrografik incelemelerde mikritik kalsit kristallerinin oluşturduğu asiküler lifler, SEM incelemelerinde ince taneli, özşekilli kalsit kristalleri şeklinde gözlenmiştir (Şekil 4.14). Kalsit kristallerinin tane boyutu, 20 µm olarak ölçülmüş olup, rombohedral taneler şeklinde izlenmiştir.



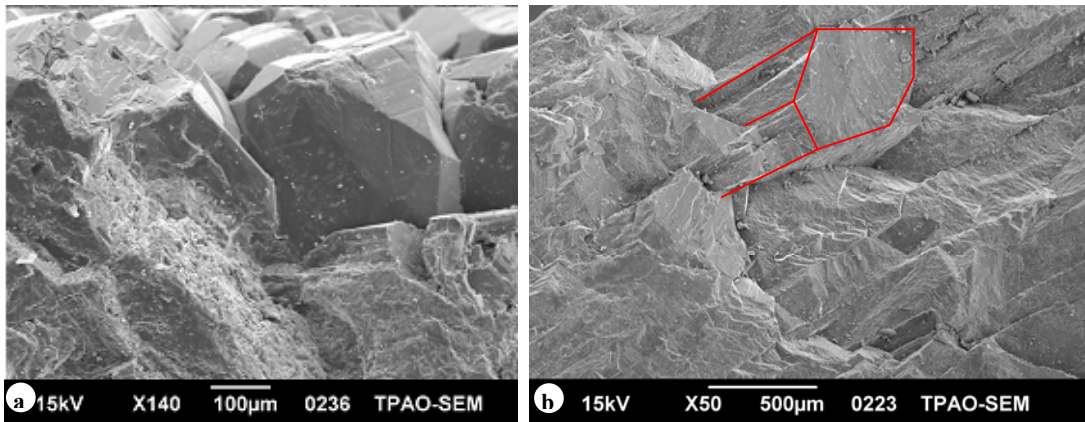
Şekil 4.14.a.Asiküler liflerin (al) tek nikol görünümü, b. ince kristallerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-5)

Petrografik incelemelerde prizmatik şekilli kalsit kristalleri şeklinde izlenen ikinci tipi oluşturan kaba prizmatik kalsit kristali, SEM incelemelerinde yine özşekilli, iri taneli prizmatik kalsit kristallerinden oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 4.15).



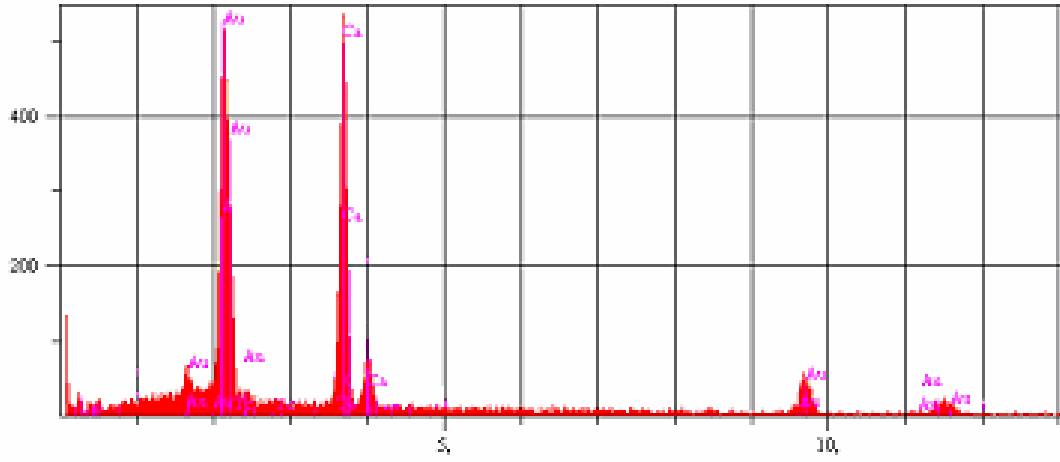
Şekil 4.15.a. Asiküler lifsi (al) kalsit kristalleri ile kaba prizmatik (kp) kalsit kristal ardalanımının tek nikol görünümü, b. zonlu büyüme yapısındaki kaba prizmatik kristallerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-3)

Kaba prizmatik şekilli kalsit kristalleri genellikle 750-800 µm boyutunda ölçülmüştür. Ayrıca iri kalsit kristalleri SEM incelemelerinde özşekilli, hekzagonal kalsit kristalleri şeklinde de izlenmiştir (Şekil 4.16.a). Özşekilli kalsit kristalleri spar kalsit olarak tanımlanmıştır. Benzer morfolojideki kalsit kristalleri Özkul vd. (2002) tarafından da spar kristal olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, özşekilli kalsit kristalleri prizmatik taneler şeklinde de izlenmiştir (Şekil 4.16.b).



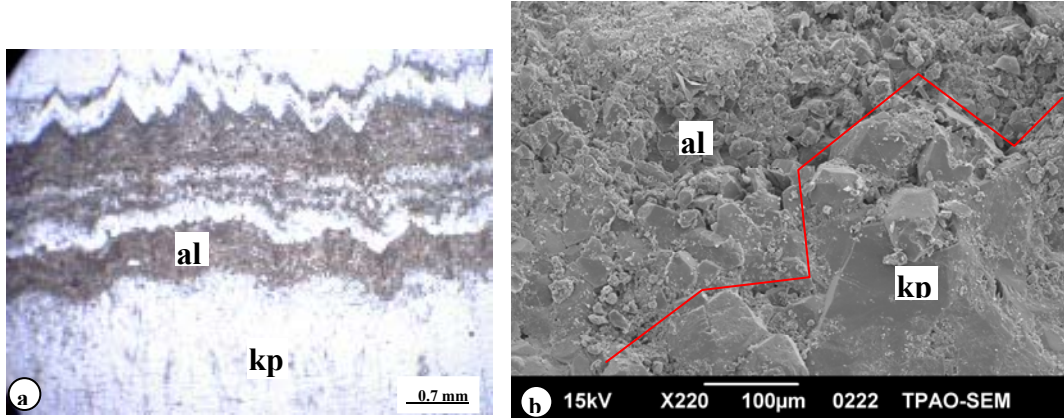
Şekil 4.16.a. Özşekilli hekzagonal kristaller, b. prizmatik şekilli kalsit kristallerinin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-3)

Spar kalsit olarak adlandırılan özşekli kalsit kristallerinin EDS incelemelerinde sadece Ca elementi belirlenmiştir (Şekil 4.17).



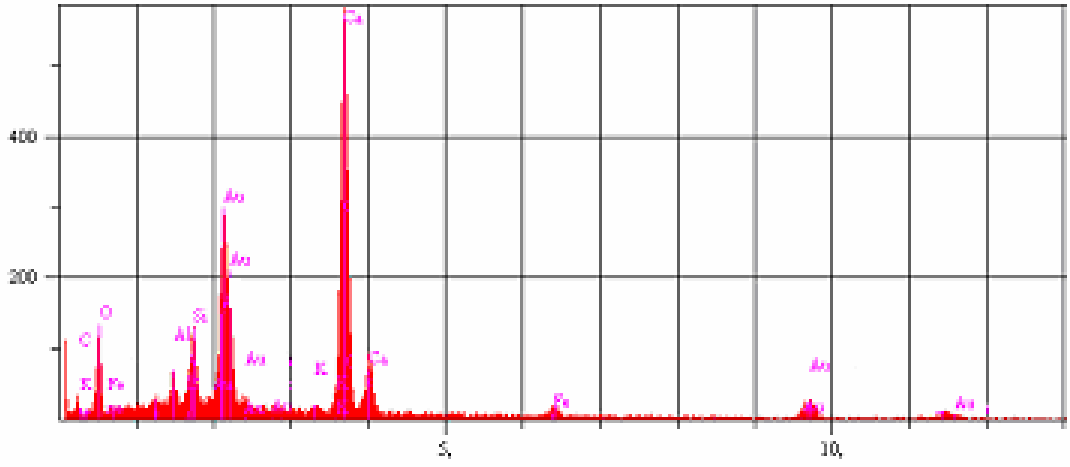
Şekil 4.17 Özşekli (spar) kalsit mineralinin enerji dispersif spektrum analizi (EDS) (Örnek No: İP-3)

Braithwaite (1979)'un çalışmasında petrografik olarak 3 tipte tanımlanan kalsit kristal oluşumlarının birarada görülebileceklerini belirtmiştir (Şekil 4.7). Benzer morfolojideki, traverten oluşumunun SEM incelemelerinde asiküler lifler ile prizmatik kristallerin üst üste ardanmalı bir dizilim sundukları gözlenmiştir (Şekil 4.18).



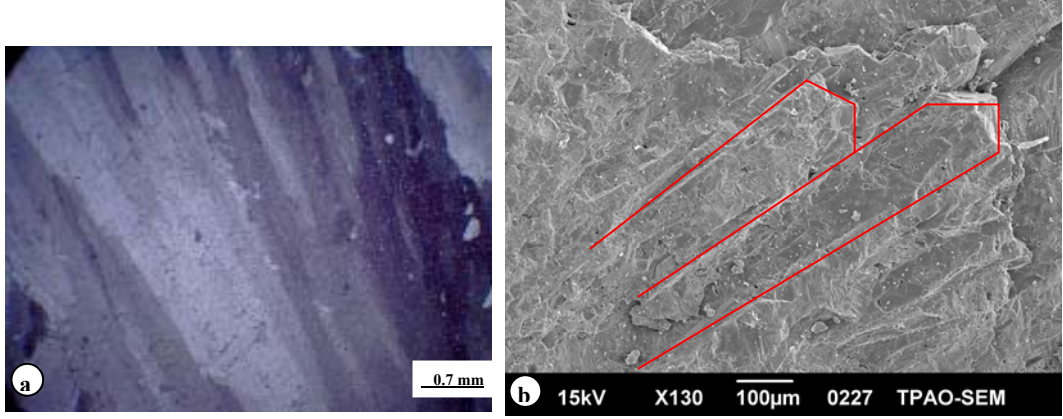
Şekil 4.18.a. Asiküler lifler (al) ile kaba prizmatik kristal (kp) ardanımının tek nikol görünümü, b. ince kalsit kristalleri (al) ve kaba prizmatik kristallerin (kp) taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-3)

İri kristallerin EDS’inde sadece Ca elementi belirlenirken, ara seviyeler halinde izlenen ince kalsit kristallerinin üzerinde ve yakınındaki minerallerde Si, Al, Fe, K elementlerinin varlığı belirlenmiştir (Şekil 4.19). Bu da kaba prizmatik kristallerin oluşumundan önce veya sonra ortama detritik malzeme geldiğini göstermektedir. Detritik malzeme muhtemelen ince asiküler lifsi kristallerin oluşumu esnasında ortama getirilmiş olmalıdır. Çünkü XRD analizlerinde mikritik karbonat seviyelerinde kalsit, kuvars, feldispat ve kil mineral birlikteliği bu görüşü desteklemektedir (Şekil 4.12-4.13).



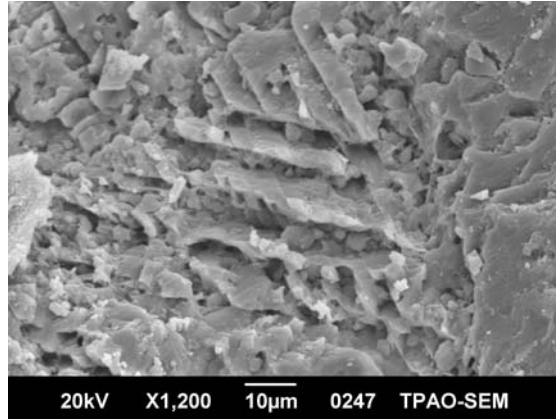
Şekil 4.19 İnce asiküler lifsi kalsit kristallerinin enerji dispersif spektrum analizi (EDS) (Örnek No: İP-3)

İnceleme alanında petrografik olarak üçüncü tipi oluşturan kaba pürüzlü kristaller, SEM incelemelerinde de kaba pürüzlü kristaller şeklinde izlenmiştir (Şekil 4.20). Bu kristallerin çapları kaba prizmatik kristallere benzemekte olmasına karşın kristal boyutları daha fazladır. Kaba pürüzlü kristallerin büyüme yönündeki uzunlukları 10 000 µm veya daha fazla olarak ölçülmüştür. Kaba pürüzlü kristallerin tane boyu uzunlukları kaba prizmatik kristallere göre daha fazla olması nedeniyle bu iki tip birbirinden kolaylıkla ayırt edilmiştir (Şekil 4.16.b, 4.20). Genellikle pürüzlü yüzeylerinin büyüme yönünde uzadığı görülmüştür.



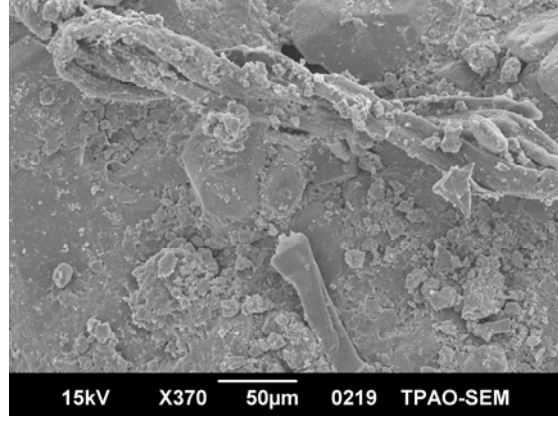
Şekil 4.20.a. Kaba pürüzlü kristallerin çift nikol görünümü, b. kaba pürüzlü kristallerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-3)

İnceleme alanındaki traverten oluşumları içerisinde görülen kaba prizmatik kalsit kristalleri üzerinde yer yer erime izlerine rastlanılmıştır (Şekil 4.21).



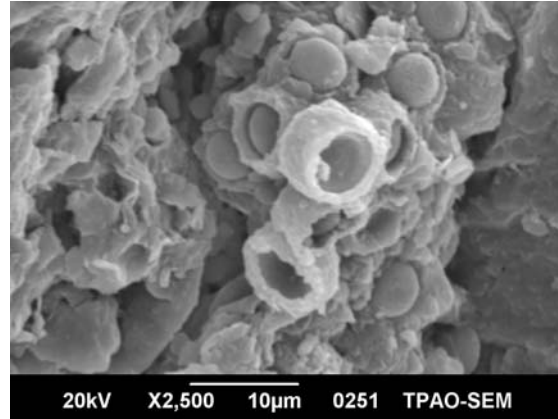
Şekil 4.21 Kaba prizmatik kristaller üzerindeki erime izlerinin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-12)

Traverten oluşumlarında mikroorganizmaların (bakteri) etkisinin oldukça fazla olduğu bilinmektedir (Tekin *et al.* 2000, Tekin ve Ayyıldız 2001, Özkul vd. 2002, Atabey (2002, 2003)). İnceleme alanındaki traverten örneklerinde de genellikle mikrobiyal izler hakimdir. Özellikle bakteriyel faaliyetler yaygın olarak izlenmiştir (Şekil 4.22).



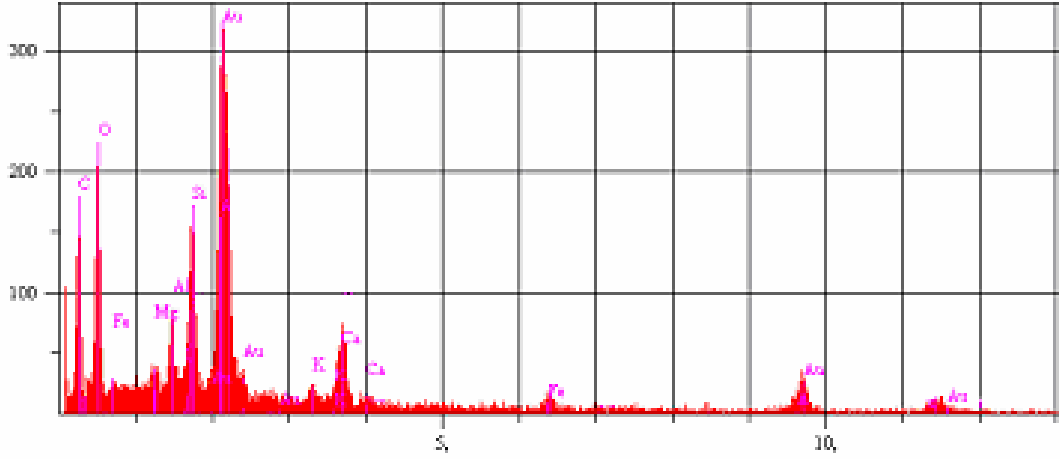
Şekil 4.22 Bakteriyel faaliyetlerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-3)

Ayrıca inceleme alanındaki traverten örneklerinde sferik şekilli taneler de belirlenmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Olası bakteriyel faaliyetin ürünü sferik şekilli tanelerin taramalı elektron mikroskop (SEM) görünümü (Örnek No: İP-12)

Tane şekillerine bakılarak bunların chara olabileceği düşünülmüştür. Ancak EDS çalışmalarında Ca, Si, K, Fe elementlerinden oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 4.24). Buna göre bunların kabuk bağlamış kalsit zarflı bitki parçaları olduğu belirlenmiştir (Koşun vd. 2005).



Şekil 4.24 Sferik şekilli tanelerin enerji dispersif spektrum analizi (EDS)
(Örnek No: İP-12)

4.4 Kimyasal Analiz

Saha gözlemleri ve polarizan mikroskop altında kesit incelemeleri sonucunda, farklı renk, morfoloji ve dokusal özellikteki traverten oluşumundan seçilen 10 adet örneğin jeokimyasal bileşiminin belirlenmesinde X-Işınları Floresans Spektrometresi (XRF) analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu analiz yöntemi ile inceleme alanındaki traverten örneklerinin kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda traverten örneklerinin tüm kayaç ana oksit (%) ve eser-iz element (ppm) içerikleri Çizelge 4.2, 4.4’de görülmektedir.

Travertenlerin jeokimyası üzerine yapılan çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır (Ayaz 1998, Ayaz ve Gökçe 1998, Özpınar vd. 2001). Araştırmalar daha çok travertenlerin oluşumunu sağlayan suların kimyası üzerinde yoğunlaşmıştır (Tatlı 1975, Erişen ve Ünlü 1980, Tekin *et al.* 2000). Günümüzde endüstride önemi gittikçe artan bir ham madde durumunda olan travertenlerin kimyasal bileşimleri, özellikle çimento üretimi, kireç imalinde ve yüzey kaplama taşı olarak kullanımlarında önemlidir. Özellikle traverten oluşumlarında CaO bileşeninin yüksek olması, travertenlerin renginin beyaz olmasına ve sertliğinin fazla değişkenlik göstermemesine neden olmaktadır (Ayaz 2002).

Çizelge 4.2 İnceleme alanındaki farklı renk ve morfolojideki örneklerin ana element oksit (%) değerleri

Element	ip-1	ip-2	ip-3	ip-5	ip-7	ip-8	ip-9	ip-10	ip-11	ip-12
SiO ₂	19,25	35,19	3,616	19,82	0,5155	2,07	8,466	0,1335	11,77	0,1556
Al ₂ O ₃	4,586	5,763	0,85	4,635	0,1502	0,276	2,286	0,0146	3,055	0,0263
MgO	0,415	0,725	0,586	0,724	0,024	0,03	0,117	0,393	0,453	0,375
CaO	40,83	26,3	58,1	38,72	60,48	60,63	53,43	61,08	48,36	59,33
Fe ₂ O ₃	1,85	3,348	0,284	2,044	1,003	0,5068	1,193	0,1168	1,78	0,595
MnO	0,01808	0,0213	0,032	0,1655	0,1444	0,0226	0,036	0,0205	0,044	0,00926
K ₂ O	0,5421	0,7371	0,017	0,8563	0,007	0,0076	0,2622	0,0068	0,2872	0,0067
Na ₂ O	0,087	0,088	0,018	0,077	0,091	0,089	0,082	0,087	0,086	0,087
TiO ₂	0,3704	0,5171	0,063	0,348	0,0032	0,0047	0,1905	0,0022	0,2462	0,0024
P ₂ O ₅	0,0308	0,0756	0,1094	0,0297	0,0073	0,0185	0,0107	0,009	0,0406	0,0315
V ₂ O ₅	0,0036	0,0092	0,0049	0,0037	0,0022	0,0023	0,0033	0,0018	0,0033	0,002
Cr ₂ O ₃	0,00916	0,00967	0,00073	0,00858	0,00153	0,002	0,00287	0,0015	0,00608	0,0026
SO ₃	0,0017	0,0015	0,0785	0,0017	0,0015	0,0518	0,0016	0,04148	0,01882	0,04627
Cl	0,00322	0,00026	0,01053	0,00027	0,00656	0,00491	0,00417	0,00557	0,00209	0,00498
LOI	32,55	27,72	36,96	33,64	36,78	36,85	34,63	37,87	34,64	38,91
TOPLAM	100,547	99,7838	100,792	99,5846	100,506	100,73	101,074	99,2174	100,566	100,715

İp-1: kayaç parçaları içeren kireçtaşı, İp-2: litik kumtaşı, İp-3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12: traverten

Ayrıca, travertenlerin SiO_2 ve Al_2O_3 bileşenleri sertliğini, Fe_2O_3 bileşeni ise özellikle rengini etkilemektedir. SiO_2 ve Al_2O_3 bileşenlerinin yüksek olması durumunda travertenlerin sertliği artmakta ve levha kesiminde zorluklar çıkarabilmektedirler (Ayaz 2002). Bu nedenle SiO_2 ve Al_2O_3 değerlerinin yüksek olması istenmez. Fe_2O_3 değerinin yükselmesiyle travertenlerin rengi, açık sarıdan kahverengi ve kırmızıya kadar değişebilmektedir. Na ve K elementlerinin yüksek olması travertenlerin renginin yeşil renkli görünmesini sağlar. MgO bileşeni ise travertenlerde fazla etkili gözükmemekle birlikte, az miktarda sertliği arttırmaktadır. Ayrıca yüksek MgO bileşeni, travertenlerin oluşum sürecindeki kökensel açıklamalara veya bazik-ultrabazik kayalarla ilişkiye veri olabilmektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerde dolayı kimyasal analizi yapılması gereken ana bileşenlerin CaO, SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 ve MgO olduğu Ayaz (2002) tarafından yapılan çalışmada belirtilmiştir.

Yüzey kaplama taşı, yapıtaşı ve hediyelek-süs eşyası yapımında kullanılacak olan travertenlerde, yukarıda belirtilen ana oksit bileşenler için standardize edilmiş limit değerler bulunmamaktadır. Buna karşın, Türkiye'deki önemli traverten yataklarından olan Sıcak Çermik-Kandilsırtı (Sivas), Antalya, Denizli (Kocabaş) ve Eskişehir travertenlerinin kimyasal bileşimleri baz alınarak değerlendirilmeler yapılabilmektedir (Çizelge 4.3). Bu bölgelerdeki travertenlerin kimyasal bileşimleri genel olarak % 44,57-55,12 CaO, % 0,16-9,30 SiO_2 , % 0,26-3,36 Fe_2O_3 , % 0,48-1,62 Al_2O_3 ve % 0,31-1,45 MgO şeklinde değişmektedir.

Çizelge 4.3 Ülkemizdeki bazı önemli traverten yatakları ve İkipınar ana bileşen kimyasal analiz sonuçları

SAHA İSMİ	% CaO	% SiO ₂	% Fe ₂ O ₃	% Al ₂ O ₃	%MgO
İkipınar (Ankara)	38.72-61.08	0.13-19.82	0.11-2.04	0.01-4.63	0.02-0.72
*Sıcak Çermik-Kandilsırtı (Sivas)	44.58-46.10	7.58-8.05	0.95-3.36	1.26-1.33	0.78-1.00
**Antalya	55.12	0.16	0.26	0.48	0.52
**Denizli Kocabaş)	54.55	0.26	0.32	-	0.31
#Denizli(Kocabaş)	55.24	0.0	0.13	0.0	0.23
#Denizli(Kocabaş)	53.5	1.02	0.29	0.23	0.49
**Eskişehir	54.55	0.26	0.32	-	0.31

*Ayaz ve Gökçe (1998)

** Türkiye Mermerleri Kataloğu (1990), Anonim (2000)

Özpınar vd. (2001)

İnceleme alanımızdaki traverten örneklerinde yapılan kimyasal analizlerde, ana oksit element değerlerine bakıldığında ise SiO₂ miktarı % 0,13-35,19 arasında, Al₂O₃ miktarı % 0,0146-5,763 arasında, MgO miktarı % 0,024-0,725 arasında, CaO miktarı % 26,3-61,08 arasında, Fe₂O₃ miktarı % 0,11-3,34 arasında, MnO miktarı % 0,01-0,16 arasında, K₂O miktarı % 0,006-0,85 arasında, Na₂O miktarı % 0,01-0,091 arasında değişen değerlere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Melikşah civarındaki kaplıçalarda yapılan su analizlerinde SiO₂ miktarı % 26 olarak bulunmuştur (Tatlı 1975). İnceleme alanındaki traverten örneklerinde ölçülen SiO₂ oranı ile yaklaşık aynı değerler içerisindedir. Bu da bölgedeki traverten oluşumunu sağlayan su kimyasının, Melikşah kaplıçasındaki su kimyası ile benzediğini ve aynı kökenli olduğunu göstermektedir. Bütün bu verilere göre inceleme alanındaki traverten örneklerinin kimyasal bileşimlerinin birbirlerinden çok farklı olmadıkları gözlenmiştir.

Ayaz ve Gökçe (1998) çalışmalarında Sivas yöresinde bulunan travertenlerde CaO miktarını % 44,57-46,10 arasında, SiO₂ miktarını ise % 7,58-9,30 arasında bulmuşlardır. Özpınar vd. (2001) ise çalışmasında Kocabaş (Denizli) travertenlerinin kimyasal analizi sonucunda SiO₂, Al₂O₃, SO₃ ve Na₂O değerlerini % 0 olarak bulmuştur (Çizelge 4.3).

İnceleme alanındaki travertenlerin MgO içerikleri Sivas, Antalya, Denizli ve Eskişehir yörelerinde bulunan travertenlere göre daha düşük, buna karşılık CaO ve SiO₂ içerikleri

ise çok yüksektir (Çizelge 4.3). Bu değişim normal olup, aynı fiziko-kimyasal özellikteki yer altı sularından oluşan travertenlerin farklı kimyasal bileşim sundukları bilinmektedir. Ayrıca kimyasal bileşimdeki değişim çözünme bölgelerinin farklı jeolojik yapılar sunmasından da kaynaklanmaktadır. İnceleme alanımızdaki traverten örneklerinde MgO değerinin düşük olmasına rağmen CaO ve SiO₂ değerleri oldukça yüksektir (Çizelge 4.2).

İnceleme alanındaki traverten oluşumunun iz element değerlerine bakıldığında Cu miktarı 1,6-97,3 ppm arasında, Zn miktarı 1,1-25,2 ppm arasında, Sr miktarı 95-546,2 ppm arasında, Ba miktarı 24,7-124,3 ppm arasında, Zr miktarı 9,5-99,2 ppm arasında, Pb miktarı ise 0,6-10,2 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ba, Pb elementleri volkanik kaynaklıdır. Volkanikler, temel kayalardan yıkanarak gelmiştir. Rb ve Sr elementleri volkaniklerin ve kireçtaşının yıkanmasıyla ortama gelmiştir. As, W, Th, U elementleri çevredeki volkanik kaynaktan gelen çözeltinin indirgeyici ortam koşullarında zenginleşmesi sonucu ortamda bulunmaktadır. Diğer elementler ise çevre kayalardan gelmiştir.

Çizelge 4.4 İnceleme alanındaki farklı renk ve morfolojideki örneklerin iz element oksit (ppm) değerleri

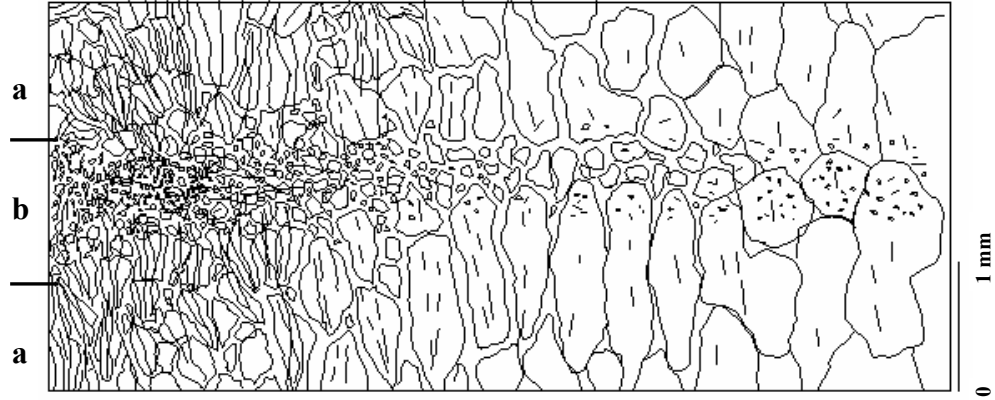
Element	Dimension	ip-1	ip-2	ip-3	ip-5	ip-7	ip-8	ip-9	ip-10	ip-11	ip-12
Co	ppm	15,8	22	40	17	25,6	23	15	9,4	27	15
Ni	ppm	12,5	20,2	1	25,4	4,6	8,3	12,9	4,2	6,1	4,4
Cu	ppm	9,2	14,9	1	16,8	97,3	2,9	8,3	1,6	27,4	8,6
Zn	ppm	17,9	25,2	1	24,9	3,2	2	10	1,1	12,9	1,1
Ga	ppm	6,5	7,6	1	7,3	2,9	3,2	3,8	0,5	3,8	1,7
Ge	ppm	4	6,2	1	5,2	0,9	5,9	3,1	0,9	3,1	0,9
As	ppm	6,2	19,6	1	3,2	1,3	18	4,1	0,6	4,1	0,7
Se	ppm	0,5	0,6	1	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5
Br	ppm	0,7	0,4	1	0,6	0,4	1	0,5	0,8	0,4	0,7
Rb	ppm	27,7	37,5	1	49,5	1,1	1,2	18,9	0,7	20,9	0,4
Sr	ppm	292,5	241,5	95	338,9	152,3	347,5	218,4	546,2	296	471
Y	ppm	4,2	3,5	10	3	0,8	0,8	1	0,8	9,5	0,8
Zr	ppm	77,4	88,9	48	98,2	41	21,1	41,1	9,5	85,5	16
Nb	ppm	16,1	14,6	9,6	11,5	3,9	3,9	6,7	3,4	11,6	3,7
Mo	ppm	5,4	3,6	16,2	5,7	3,8	3,9	4,6	2,4	3,9	6,5
Cd	ppm	2,1	1,1	2,2	0,9	1	1,1	1	1	1	1,8
In	ppm	1,1	1,1	2,3	0,9	1	1	1	0,8	1	1,1
Sn	ppm	1,2	1,9	4,8	1,1	0,5	1,1	1	1	0,9	1,2
Sb	ppm	1,2	3	2,2	1	1,1	1,1	1,8	1	1,1	1,2
Te	ppm	1,4	1,4	2,6	1,3	1,3	1,4	1,3	2,5	1,3	1,3
I	ppm	2,3	2,2	4,2	5,7	2,1	3,7	2,1	2,1	2,2	2,3
Cs	ppm	23,3	35,9	6,5	46,3	9,8	3,7	29,7	13,4	20,9	8,4
Ba	ppm	124,3	155	66	120,7	24,7	33,6	64,7	42,9	77,8	36
La	ppm	31,7	28,4	44,5	31,4	31,4	39,9	39,5	41,6	36,7	29,8
Ce	ppm	52,7	42,3	69,3	41,8	55,9	58,3	56,7	63,4	60,5	31,7
Hf	ppm	4,4	3,6	3	4,7	9,1	5,1	5,4	5,1	6,2	5,4
Ta	ppm	4,7	4,9	3	5,5	10	4,6	5,2	4	6,3	4,5
W	ppm	15,1	57,4	2	18,4	13,4	25,2	3,9	15,5	13,2	12,1
Hg	ppm	1,9	2,3	2	1,5	1,7	2,3	1,8	1,6	1,9	1,6
Tl	ppm	1,4	1,5	2	0,9	1,5	1,6	1,6	1,3	1,6	1,4
Pb	ppm	7,2	10,2	2	6,7	2,6	1,6	4,9	0,6	3,3	1,9
Bi	ppm	1,1	1,1	2	1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
Th	ppm	4	3,5	2	4,8	2,4	2	2,8	1,9	1,4	1,1
U	ppm	10	17,1	67	8,6	25,4	17,8	14,8	10	9,3	13,2

5. İNCELEME ALANINDAKİ TRAVERTENLERİN OLUŞUMU

Travertenler; kalsiyum ve karbonat yada kalsiyum bikarbonat içerikli sızıntı veya kaynak suları tarafından kırık/çatlak, mağara yada yer yüzeyinde, CO₂ basıncının azalmasına bağlı olarak hızlı bir şekilde çökeltiyerek oluşmuş, genellikle iri gözenekli, ince taneli ve bantlı yapılı kalsiyum karbonat bileşimli çökellerdir (Braithwaite 1979, Chafetz and Folk 1984, Ayaz 2002). Traverten oluşumunda termal ve hidrotermal kökenli kaynak suları önemli rol oynadığı, sert ve kompakt yapıda kayaçları oluşturduğu bilinmektedir (Guo and Riding 1998). Buna karşın, düşük Mg-karbonatlı soğuk tatlı suların oluşturduğu, yüksek gözenekli, süngerimsi yapıdaki karbonat çökelimleri için tufa terimi kullanılmaktadır (Pedley 1990, Ford and Pedley 1996, Janssen *et al.* 1999, Wright 2000, Matsuoka *et al.* 2001, Pedley *et al.* 2003, Koşun 2005). İnceleme alanında İkipınar ve yakın çevresinde Gölbaşı formasyonunda krem, bej, sarı, kahverenkli, ince laminalı (bantlı) sert ve masif görünümlü karbonat seviyeleri traverten olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.8).

İnceleme alanındaki traverten oluşumunda beyaz, krem, yeşil ve kahverenkli ince mikritik ve kalın sparitik laminalı seviyelerin ardalanması ile oluşan stalagmitik doku ve bantlı yapı gelişimi mevsimsel değişimleri işaret eder (Şekil 3.6). Pentecost (2005) yaptığı çalışmasında da traverten oluşumlarındaki laminalı seviyelerin mevsimsel çökelimleri işaret ettiğini belirtmiştir. Çalışmacı laminalı traverten oluşumlarındaki mikritik karbonat düzeylerinin bahar ve yaz mevsimlerinde, sparitik seviyelerin ise kış döneminde oluştuğunu ifade etmiştir. Buna göre, bölge yapılan saha gözlemleri ve petrografik incelemeler ile belirlenen mikritik, asiküler liflerin izlendiği seviyeler bahar veya yaz mevsiminde oluşmuştur (Şekil 3.6, 4.7). Buna karşın, sparit ve spar kalsitten oluşan kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kalsit kristalleri ise kış mevsiminde çökelmişlerdir (Şekil 4.6, 4.8, 5.1). Traverten oluşumunda belirlenen asiküler lifsi, kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kalsit kristallerinin tane şekli, boyutu ve çökelim miktarı; çökelim esnasındaki su sıcaklığı, çözelti içerisindeki kalsiyum, karbondioksit oranı, hidrostatik basınç, topoğrafya, mikroorganizma etkinliği ve iklim şartları ile kontrol edilmiştir (Holland and Malinin 1979). Yaz mevsiminde, hidrostatik basıncın daha az

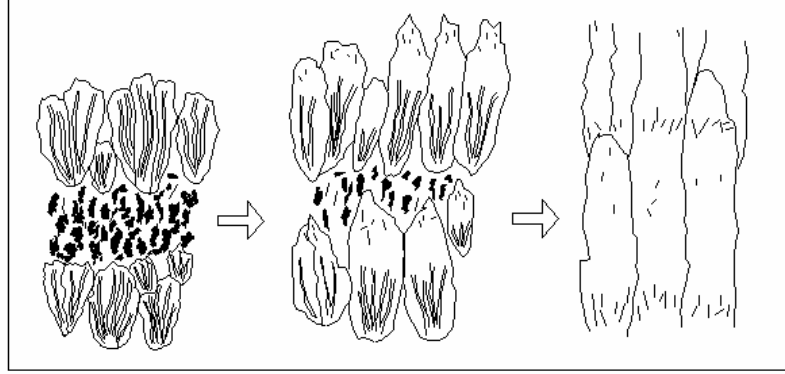
olduğu ve suyun ortama az geldiği dönemlerde ince taneli, asiküler lifsi kalsit kristalleri çökelmiştir (Şekil 4.14, 5.1)



Şekil 5.1 Kristalin kabuk şeklindeki traverten oluşumunda izlenen a. kış, b. yaz laminalarının şematik görünümü (Pentecost 2005)

Kış mevsiminde artan su seviyesi ve hidrostastik basınca bağlı olarak yaz döneminde çökelen ince kalsit kristalleri çözülmüştür. Chave and Schmalz (1966) yaptıkları deneysel çalışmada kalsit kristallerinin su içindeki çözünürlüğünün değişken olduğunu, $< 0.1 \mu\text{m}$ çapındaki kristallerin çözünürlüğünün iri kristallere göre daha fazla olduğunu belirtmiştir. Bu nedenle inceleme alanında kış mevsiminde ince kalsit kristallerinin çözünmesi sonucu Ca'ca zenginleşen sular, iri taneli duraylı kalsit kristallerinin çökmesini sağlamıştır (Şekil 5.1). İnce laminasyonlar ve/veya bant aralanımları arasında belirlenen yeşil renkli kırıntılı karbonat ara seviyelerinin varlığı da iklimsel değişimleri yansıtmaktadır (Şekil 3.5). Çünkü kış dönemlerinde yağışa bağlı olarak ortama gelen kırıntılı malzeme miktarında bir artış olmuştur. İri kalsit kristallerinin egemen olduğu örneklerin XRD incelemelerinde hakim mineral kalsit olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Buna karşın, ince kristalli, asiküler lifler şeklinde izlenen mikritik seviyelerdeki örneklerin XRD analizlerinde kalsit mineraline eşlik eden kuvars, feldispat ve kil minerallerinin varlığı bunu doğrulamaktadır (Şekil 4.12-4.13). Ayrıca, SEM incelemelerinde ince taneli kristallerin EDS analizlerinde Si, Al, Fe, K elementlerinin belirlenmesi de ortamda detritik malzemenin bulunduğunu gösterir (Şekil 4.19). Artan su miktarı ortamdaki kırıntılı malzeme gelimini kontrol ettiği gibi traverten oluşumundaki kalsit kristallerinin tane boyu üzerinde de etkili olmuştur. Böylece, kaba prizmatik kalsit kristalleri ince taneli

asiküler liflerin neomorfizması sonucu oluşmuştur (Şekil 4.18). Love ve Chafetz (1988)'de neomorfizma sonucu oluşan detritikler üzerinde gelişen kristallerin varlığını belirtmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Neomorfizma sonucu kaba, sütunsu kristallerin oluşumu
(Love and Chafetz 1988)

Neomorfizmanın ilerleyen safhalarında kaba prizmatik kristallerin c eksenleri boyunca üst üste büyümesi sonucu sütunsu, iri taneli, kaba pürüzlü kalsit kristalleri oluşur (Şekil 4.20, 5.2).

Traverten oluşumuna etki eden diğer bir faktör ise topoğrafyadır (Guo and Riding 1998). Eğimi fazla olan yüzeylerde CO₂ kaybı daha fazla olmakta, su daha fazla mesafelere taşınmakta ve daha az kalsiyum karbonat çökelişi gerçekleşmektedir. Eğimi az olan yüzeylerde ise CO₂ kaybı daha az olmakta ve dolayısıyla bakteri etkinliğinin artmasına bağlı olarak daha fazla kalsiyum karbonat çökelmektedir. Çünkü traverten çökeltme sürecinde mikroorganizmaların denetimi oldukça etkilidir. SEM incelemelerinde belirlenen mikroorganizmalar bölgedeki traverten oluşumunda etkili olmuştur. Çünkü, mikroorganizmalar fotosentez yoluyla ortamdaki CO₂ i tüketmekte dolayısıyla su basıncını düşürmektedir. Bu durum aynı zamanda ortamın pH ını düşürerek bazik olmasını sağlamakta ve bunun sonucunda da CaCO₃ çökeltmesine neden olmaktadır. Ayrıca mikroorganizmalar doğrudan CaCO₃ üreterek parçaları birbirine tutturma işlevi de görürler. Mikroorganizmalar (bakteriler), CaCO₃ çökeltimine doğrudan yada kırıntıları birbirine tutturarak veya ortamdaki CO₂ i kullanıp pH ı düşürerek katkıda bulunurlar. İnceleme alanımızdaki traverten oluşumunda belirlenen çalı tipindeki kristal gelişimi de biyojenik faaliyetin bir sonucudur (Şekil 4.22). Ayrıca,

çalı benzeri kristal gelişimi sıcak su kaynaklı traverten oluşumlarını işaret etmektedir (Atabey 2003). Bölgedeki, traverten oluşumu için gerekli iyonlar; fay ve çatlaklar boyunca yükselen ve temele ait karbonatlı kayalardan sağlanan kalsiyumca zengin sıcak su kaynaklarından sağlanmıştır. İnceleme alanında İkipınar'ın yakınında bulunan Melikşah civarındaki fay ile sıcak su kaynaklarının bulunuşu da bu görüşü desteklemektedir (Şekil 1.2).

İnceleme alanındaki traverten oluşumu saha gözlemleri ve petrografik incelemelere göre laminalı kristalin kabuk litofasiyesinde oluşmuştur. Laminalı kristalin kabuk litofasiyesi; mm ve cm boyutundaki laminaların ardalanması ile oluşan krem, bej, sarı ve kahverenkli bantlar ile asiküler lifsi, kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kalsit kristalleri ile karakterize edildikleri bir çok çalışmada gösterilmiştir (Braithwaite 1979, Guo and Riding 1998, Özkul vd. 2002). Bölgedeki traverten oluşumunun bantlı, masif ve yoğun karbonat düzeylerinden oluşması, yanal yöndeki devamlılıkları, sahadaki morfolojisi ve petrografik özellikleri dikkate alındığında bunlar küçük göl (mikro gölcükler) veya havuzlarda sıcak su kaynaklı olarak laminalı kristalin kabuk litofasiyesinde çökelmiştir.

6. İNCELEME ALANINDAKİ TRAVERTENLERİN ENDÜSTRİYEL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Travertenler endüstriyel açıdan; yüzey kaplama taşı, yapıtaşı, hediyelik süs eşyası yapımında, çimento hammaddesi olma ve kireç imalinde kullanılabilir (Ayaz 2002, Atabey 2003). Bunun yanı sıra altere olup toprak şeklinde ayrışanlar, suyu emip çamurlaşmayı önlediği için yol sergi malzemesi, bahçe süslemesi olarak kullanıldıkları bilinmektedir. Ayrıca az bulunan ve estetik görünümlü olanlar ise turistik amaçlı değerlendirilmektedirler

Günümüzde, travertenlerin özellikle yüzey kaplama taşı şeklindeki kullanımları, yapılara estetik ve antik görünümler verdiğinden, büyük ölçüde artmış ve tercih edilir hale gelmiştir. Travertenlerin verimli bir şekilde kullanılabilmesi için belirli uygunluk standartlarına sahip olmaları gerekir (Ayaz 1998). Bu nedenle söz konusu alanlarda kullanılacak travertenler üzerinde; önerilen testler uygulanmalı (TS 699 (TSE 1987), TS 6809 (TSE 1989), ISRM (1978, 1981), MTA (1966)) ve elde edilecek sonuçlar daha önce belirtilen kullanım kriterleri ve sınırları TS 1910 (TSE 1977a), TS 2513 (TSE 1977b) dikkate alınarak yorumlanmalıdır. Genellikle travertenlerin; blok verme özelliği, renk ve desen özelliği, cilalanabilme ve parlayabilme özelliği, birim hacim kütlesi, özgül kütle, doluluk oranı, kütlece ve hacimce su emme oranı, gözeneklilik, suda dağılma dayanımı, sertlik, saydamlık, kalınlıkça ve hacimce aşınma kaybı, tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, dona karşı dayanım, dayanım anizotropisi, kimyasal bileşim, açık hava tesirlerine dayanım, asitlere karşı dayanım ve paslanma gibi özelliklerinin belirlenmesi istenir (Ayaz ve Karacan 2000). Özellikle travertenlerdeki gözeneklilik, kullanılabilirliklerinin belirlenmesinde önemli rol üstlenmektedir. Gözenek miktarı ve boyutlarının küçülmesi, başta dayanım olmak üzere hemen hemen tüm özelliklerin pozitif yönde sonuçlar vermesine neden olmaktadır.

Travertenlerin turizm amaçlı olarak değerlendirilmesi düşünüldüğünde, öncelikle morfolojik olarak estetik ve ekolojik değer taşıyan teras tipi, sırt tipi, dom tipi ve kanal tipi travertenler ile mağara travertenlerinin ayırtlanıp koruma altına alınması gerekir (Ayaz 2002). Bu özellikteki yataklar doğada çok yaygın olarak bulunmamasına karşın, blok veren tüm traverten yataklarının yer aldığı bilinmektedir. Bu nedenle travertenlerin

bazı endüstriyel özelliklerinin ve kullanım kriterlerinin sınırlarının belirlenmesi gerekir. Bunlar; birim hacim ağırlığı, gözeneklilik, su emme yeteneği, dona karşı dayanım, tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, hacimce aşınma kaybı olarak belirtilir. Buna göre TS 1910 ve TS 2513’de belirtildiği gibi; birim hacim ağırlığı en az 2.30 g/cm^3 , gözeneklilik en fazla %12, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme yeteneği en fazla %7.5, dona karşı dayanım en fazla %5, tek eksenli basınç dayanımı en az 350 kgf/cm^2 , eğilme dayanımı en az 30 kgf/cm^2 , darbe dayanımı en az 6 kg.cm/cm^3 (kgf/cm^2) ve sürtünmeden dolayı hacimce aşınma kaybı ise en fazla $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ olması istenir (TSE 1977a, 1977b). Aksi takdirde bu değerlerin dışında elde edilen değerlerdeki travertenlerden verimli sonuç alınamayacağı gibi çeşitli sorunların yaşanması da kaçınılmazdır (Ayaz 2002, Atabey 2003).

Yapıtışı ve hediyeelik süs eşyası yapımında kullanılacak olan travertenler için sınır değerleri diğer kullanım alanlarına göre biraz daha esnektir. Örneğin; binaların temelinde kullanılacak olan travertenlerde, sürtünmeden dolayı hacimce aşınma kaybının $15 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ ’nin birkaç değer üzerinde olması, sürtünmeden dolayı aşınmaya maruz kalınmayacağı için problem doğurmayacaktır. Benzer şekilde biblo, vazo, kalemlik gibi hediyeelik süs eşyası kullanımlarında, atmosfer basıncında ağırlıkça su emme yeteneğinin %7.5’in birkaç değer üzerinde olması, su ile fazla muamele olmayacağı için yine herhangi bir sakınca oluşturmayacaktır (Ayaz 2002).

Kabuksu/süngerimsi travertenlerin dayanım özellikleri, genellikle gözenekliliğin azalmasına ve/veya küçülmesine bağlı olarak artmaktadır (Ayaz 2002). Bu nedenle az ve/veya küçük gözenekli travertenlerin yüzey kaplama taşı şeklinde kullanılmaları daha verimli olacağından öncelikli olarak tercih edilmelidir. Kabuksu/süngerimsi yapılı travertenler, yapıların dış yüzey kaplamalarında antik ve estetik görünümün sunarken, iç döşemelerde estetik ahşap mobilya görünümünü vermektedir. Traverten levhalarının yapay olarak dolgulanmasıyla dış yüzey kaplamalarda; suya ve donmaya maruz kalabilecek traverten levhalarının aşınmasını engellemektedir. Ayrıca iç döşemelerde ise dolgulanma, dayanım ve estetik açıdan önemlidir.

Gözenekliliği fazla olan veya yüksek dolgulama masrafı gerektiren travertenlerin, yapıtaşı olarak değerlendirilmesi daha uygundur. Çünkü yapıtaşı olarak değerlendirilen travertenler bloklar şeklinde kullanılmakta ve bünyelerindeki boşluklar, ısı ve ses izolasyonu sağlamaktadır. Albatr yapılı travertenlerin, genellikle makro gözenek içermemeleri oniksimsi (farklı renk bantlanmalı) güzel görünümün sunmaları, bunların birim fiyatını artırmakta ve daha çok hediyelik süs eşyası yapımında tercih edilmelerini sağlamaktadır (Ayaz 2002).

Travertenler, genel kimyasal bileşim ve petrografik özellikleri itibarıyla çimento yapımı ve kireç imali için uygun özellikler gösterirler (Ayaz 1998). Travertenlerin bu alanlardaki kullanımları için, ekolojik değer taşımayan ve blok verimi çok düşük olan traverten yatakları tercih edilmelidir. Çimento hammaddesi olarak kullanılacak travertenlerde, CaO bileşeni için istenen değer, diğer bir çimento hammaddesi olan marnların CaO içeriğine bağlı olarak değişebilmektedir. Bununla birlikte CaO içeriğinin en az % 40-45 civarında olması istenir. Kireç imalinde kullanılacak travertenlerin ise CaO içeriğinin daha yüksek (\geq %90 CaO) ve temiz olması gerekir. Bununla birlikte CaO içeriği düşük olan veya istenmeyen bileşen oranı yüksek olan travertenler, zenginleştirilerek kullanılabilirler. Ayrıca travertenler, kireçtaşlarına göre daha yumuşak ve gevşek dokulu olduklarında, öğütülmeleri de daha kolaydır. Yüzey kaplama taşı, yapıtaşı ve hediyelik süs eşyası yapımı için işletilen ocakların artık parçalarının da bu alanlarda kullanılması tercih edilebilir. Bunların dışında, altere olup toprak şeklinde ayrılan travertenler ise suyu emip çamurlaşmayı önlemesi nedeniyle yol sergi malzemesi olarak değerlendirilebilirler.

İnceleme alanımızdaki travertenler; yukarıda belirtilen özellikler dikkate alındığında farklı renklerdeki bantlı (Şekil 3.6) bir görünüm sunmaları nedeniyle hediyelik süs eşyası yapımında kullanılabilirler. Ayrıca, kimyasal bileşimine bakıldığında CaO değeri % 38.72-61.08 (Çizelge 4.3) arasında değişen değerlere sahip olduğu düşünülürse, çimento imalinde kullanılabilir özellikler sunduğu belirtilebilir. Ancak inceleme alanındaki traverten oluşumunda % 0.13-19.82 SiO₂ (Çizelge 4.3) belirlenmesi nedeniyle yüzey kaplama taşı olarak kullanılacak traverten bloklarının kesiminde zorluklar çıkaracağı düşünülürse yüzey kaplama taşı, hediyelik süs eşyası yapımında

kullanamayız. SiO₂'tin bünyesinde olması nedeniyle öğütmede de maliyetin artacağı gözönüne alınır, çimento imalinde de kullanılabilir özellik sunmadığı belirtilir. Sonuç olarak inceleme alanındaki traverten oluşumundaki SiO₂'tin varlığının yüksekliği travertenlerin çimento malzemesi olarak değerlendirilmesinde kesme ve öğütme maliyeti artışı nedeniyle işletmenin terk edildiği düşünülmektedir.

7. SONUÇLAR

Melikşah civarı (Ankara-Çubuk) Miyo-Pliyosen yaşlı (Gölbaşı formasyonu) gölssel birimler üzerinde yapılan saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bulguları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür.

- 1) İnceleme alanındaki Miyo-Pliyosen yaşlı gölssel birimler Gölbaşı formasyonu ile temsil edilir. Formasyon, kahve-boz-sarı renkli çarpaz tabakalı kumtaşı, konglomera, çamurtaşı ve tuf ile karbonat ara seviyesinden oluşur.
- 2) İnceleme alanında Gölbaşı formasyonunu oluşturan sert, kompakt görünümlü, stalagmitik doku ve bantlı yapıdaki karbonat seviyeleri traverten olarak tanımlanmıştır.
- 3) Bantlı yapıdaki traverten oluşumu krem, bej, sarı, açık yeşil ve kahverenkli ince mikritik ve kalın sparitik laminalı seviyelerin ardalanmasından oluştuğu belirlenmiştir.
- 4) Mikroskobik incelemelerde mikritik seviyeler ince taneli, asiküler lifsi kalsit kristalleri ile temsil edilirken, sparitik seviyelerin ise iri taneli, kaba prizmatik, kaba pürüzlü kristal ve çalı tipindeki kalsit kristallerinden oluşmuştur. İnceleme alanındaki piroklastik kayalar oluşturan tüfler ise litik ve kristal tuf olarak ikiye ayrılmıştır.
- 5) XRD incelemeleri sonucu sparitik seviyelerin egemen minerali kalsit olarak belirlenmiştir. Buna karşın, mikritik seviyelerde kalsit mineraline değişik oranlarda kuvars, feldispat ve kil mineralleri eşlik etmektedir.
- 6) SEM incelemelerinde asiküler lifler, 20 µm boyutundaki özşekilli kalsit kristallerinden oluşur. Kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kristallerin boyutları ise 700-10.000 µm arasında değişmekte olup, hegzagonal ve prizmatik şekilli kalsit kristalleri ile temsil edilir. Traverten örneklerinde mikrobiyal izler ile sferik şekilli taneler şeklinde izlenen kabuk bağlamış kalsit zarflı bitki parçaları belirlenmiştir. Asiküler lifsi kalsit kristallerinin EDS analizlerinde Si, Al, Fe, K elementlerinin varlığı belirlenmiştir. Kaba

prizmatik ve kaba pürüzlü özşekilli kalsit kristallerinin bileşimleri Ca elementinden oluşmuştur.

7) Traverten örneklerinin kimyasal analizi sonucunda, MgO içeriklerinin düşük, buna karşılık CaO ve SiO₂ içeriklerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu da aynı fiziko-kimyasal özelliklerdeki yer altı sularından oluşan travertenlerin farklı kimyasal bileşimler ve farklı jeolojik yapılar sergilemesinden kaynaklanmaktadır.

8) Saha gözlemleri ve petrografik incelemelere göre İkipınar civarındaki traverten oluşumu morfolojik olarak kristalin kabuk tipli traverten litofasiyesinde geliştiği belirlenmiştir.

9) İnceleme alanındaki traverten oluşumu; su sıcaklığı, çözelti içerisindeki kalsiyum, karbondioksit oranı, hidrostatik basınç, topoğrafya, mikroorganizma etkinliği ve iklim şartları tarafından kontrol edilmiştir. Bölgedeki traverten oluşumu, mikro gölcükler ve/veya havuzlarda (sığ göl dolgusu) değişen mevsimsel koşullara bağlı olarak oluşmuştur. Asiküler liflerin izlendiği mikritik seviyeler su derinliğinin 3-4 cm. olduğu bahar veya yaz döneminde çökelmiştir. Buna karşın, sparitik seviyelerdeki kaba prizmatik ve kaba pürüzlü kristaller ise asiküler liflerin dereceli neomorfizması sonucu kış mevsiminde oluşmuştur.

10) İnceleme alanında Melikşah'ın kuzeyinde mostra veren ve yapı malzemesi olarak uzun yıllar işletilen traverten oluşumu daha sonra terk edilmiştir. Olasılıkla, traverten oluşumlarının ocaktan büyük kısmının alındığı ve/veya ekonomik olarak işletilebilecek boyutta olmadığı için ocağın terk edildiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyürek, B., Bilginer, E., Dağ, Z. ve Sunu, O. 1979. Hacılar (K. Çubuk-Ankara) bölgesinde Alt Triyas'ın varlığı. Türkiye Jeoloji Kur. Bült., 22/2.
- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y. ve Sunu, O. 1980. Eldivan-Şabanözü (Çankırı) ve Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi. MTA raporu No:6741(yayınlanmamış).
- Akyürek, B., Biginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. 1982. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi. MTA Derleme No:7298 (yayınlanmamış).
- Akyürek, B., Biginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Soysal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H. ve Hakyemez, Y. 1984. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının temel jeoloji özellikleri. Jeoloji Mühendisliği, 20, 31-46.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y.F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T. 1996. Ankara ilinin çevre jeolojisi ve doğal kaynaklar projesi. MTA raporu No:9961 (yayınlanmamış).
- Altunel, E. and Hancock, P.L. 1993. Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale-Turkey. Geological Journal, 28, 335-346.
- Altunel, E. 1996. Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri. MTA Dergisi, 118, 47-64.
- Anonim, 1990. İstanbul Maden İhracatçıları Birliği, 19 s.
- Anonim, 2000. Web Sitesi: www.Cekicler.com.tr, Organize Sanayi, Eskişehir, Erişim Tarihi: 18/02/2007.

- ASTM. 1972. Inorganic index to the powder diffraction file. Joint committee on powder diffraction standarts, Pennsylvania. 1943.
- Atabey, E. 2002. Çatlak sırt tipi lamine traverten-tufa çökellerinin oluşumu, mikroskopik özellikleri ve diyajenezi, Kırşehir, İç Anadolu. MTA Dergisi 123-124, 59-65.
- Atabey, E. 2003. Tufa ve traverten. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, 1-106.
- Ayaz, M.E. 1998. Sıcak Çermik (Yıldızeli-Sivas) yöresindeki traverten sahalarının jeolojisi ve travertenlerin endüstriyel özellikleri. C. Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E. ve Gökçe, A. 1998. Sivas kuzeybatısındaki Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Uyuz Çermik traverten yataklarının jeolojisi ve oluşumu. C. Ü. Yerbilimleri, 15, 1-12.
- Ayaz, M.E. ve Karacan, E. 2000. Sivas batısındaki traverten oluşumlarının yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi. Jeoloji Müh., 23, 87-99.
- Ayaz, M.E. 2002. Travertenlerde gözlenen morfolojik yapılar ve tabiat varlığı olarak önemleri. C. Ü. Yerbilimleri, 19, 123-134.
- Bargar, K.E. 1978. Geology and thermal history of Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, Wyoming Bull. US Geol. Surv., 1444, 1-55.
- Besbelli, A. 1995. Çubuk civarı (Ankara KD'su) Neojen volkanitlerindeki hidrotermal alterasyon ürünü kil minerallerinin petrografik ve mineralojik incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), 65s.

- Besbelli, A. ve Varol, B. 2002. Tekke volkanitlerinde hidrotermal alterasyon ürünü kil mineralleşmeleri (Çubuk, Ankara KD). MTA Dergisi, 125, 121-137.
- Braithwaite, C.J.R. 1979. Crystal textures of recent fluvial pisolites and laminated crystalline crusts in Dyfed, South Wales. J. Sed. Petrol., 49, 181-194.
- Brindley, G.W. 1980. Quantitative X-ray mineral analysis of clays. In: Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification. G.W. Brindley and G.Brown (eds.). London Mineralogical Society, 125-195, 1-27.
- Büyükönel, G. 1971. Microscopical study of the volcanic rocks around Ankara, Communications Serie C. Sciences naturelles, Tome, 15c.
- Chafetz, H.S. and Meredith, J.C. 1983. Recent travertine pisoliths (pisoids) from Southeastern Idaho, USA. Coated Grains, Ed. By T. M. Peryt, Springer-Verlag, Berlin, 450-455.
- Chafetz, H.S. and Folk, R.L. 1984. Travertines, depositional morphology and the bacterially constructed constituents. Journal of Sedimentary Petrology, 54, 289-316.
- Çalgın,R., Ercan, T., Pehlivanoglu, H. ve Şengün, M. 1973. Ankara çevresi jeolojisi. MTA. Derl. Rap. No:6487 (yayınlanmamış).
- Erişen, B. ve Ünlü, M.R. 1980. Ankara-Çubuk-Kızılcahamam-Kazan alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları. MTA. Rapor No:38500/1 (Yayınlanmamış), 71s Ankara.
- Erol, O. 1961. Ankara bölgesinin tektonik gelişmesi. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 7-2, 57-58.

- Folk, R.L., and Asserato, R. 1976. Comparative fabrics of length-slow and length-fast calcite and calcitized aragonite in a Holocene speleothem, Carlsbad Caverns, New Mexico. *Jour. Sed. Petrology*, v. 46, 486-496.
- Folk, R.L. and Chafetz, H.S. 1983. Pisoliths (pisoids) in Quaternary travertines of Tivoli, Italy, in Peryt, T. M. Ed., *Coated Grains*: New York, Springer-Verlag, 474-487.
- Ford, T.D. and Pedley, H.M. 1996. A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth Sci. Review*, 41, 117-175.
- Fortelius, M., Kappelman, J., Şen, Ş., and Bernor, R.L. 2003. *Geology and paleontology of the Miocene Sinap Formation, Turkey*. Columbia University Press, 409p.
- Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J. and McDermott, F. 2000. Calcite fabrics, growth mechanism and environment of formation in speleothems from the Italian Alps and Southwestern Ireland. *Journal of Sedimentary Research*, Vol:70, No:5, 1183-1196.
- Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J., McDermott, F. and Selmo, E.M. 2002. Aragonite-Calcite relationships in speleothems (Grotte de clamouse, France): Environment, fabrics and carbonate geochemistry. *Journal of Sedimentary Research*, Vol:72, No:5, 687-699.
- Guo, L. and Riding, R. 1992. Aragonite laminae in hot water travertine crusts, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 39, 1067-1079.
- Guo, L. and Riding, R. 1998. Hat-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, v. 45, p. 163-180.

- Gündoğdu, M.N. 1982. Neojen Yaşlı Bigadiç Sedimanter Basenin Jeolojik-Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 386 s, Ankara.
- Gündoğdu, M.N. ve Yılmaz, O. 1984. Kil Mineralojisi Yöntemleri. I. Ulusal Kil Sempozyumu, Çukurova Üniv., Bildiriler, 319-330 Adana.
- Holland, H.D. and Malinin, S.D. 1979. The solubility and occurrence of non-ore minerals, In:H.L. Hubbard, D.A., 1985, Anoted bibliography of the Valley and Ridge travertine marl deposits of Virginia. Virginia Minerals, 31, 9-12.
- Irion, G. and Müller, G. 1968. Mineralogy, petrology and chemical composition of some calcareous tufa from the Schwabische Alb Germany, in G. Müller and G. M. Friedman, eds. Recent developments in carbonate sedimentology in central Europe. Springer Verlag Pub., 157-171.
- ISRM, 1978. Suggested method for the quantitative description of discontinuities in rock mass; Geo. 10 Standart of Lab. and Field Test. Int. J. Rock Mec. Min. Sct. Geomec, Abs. Tr., 15, 319-368.
- ISRM, 1981. Basic geotechnical description of rock masses; International Society of Rock Mechanics Commission on the Classification of Rock and Rock Masses. Int. J. Rock Mec. Min. Sct. Geomec, Abs., 18, 85-110.
- Janssen, A., Swennen, R., Podoor, N. and Keppens, E. 1999. Biological and diagenetic influence in recent and fossil tufa deposits from Belgium. Sedimentary Geology, 126, 75-95.
- Kendall, A.C. 1977. Fascicular-optic calcite: a replacement of bundled acicular carbonate cements. Jour. Sed. Petrology, v. 47, p.1056-1062.

- Koşun, E., Sarıgül, A. ve Varol B. 2005. Antalya tufalarının litofasiyes özellikleri. MTA Dergisi 130, 57-70.
- Love, K.M. and Chafetz, H.S. 1988. Diagenesis of laminated travertine crusts, Arbuckle Mountains, Oklahoma. J. Sed. Petrol., 58, 441-445.
- Matsuoka, J., Kano, A., Oba, T., Watanabe, T., Sakai, S. and Seto, K. 2001. Seasonal variation of stable isotopic compositions recorded in a laminated tufa, SW Japan. Earth and Planetary Science Letters, 192(1), 31-44.
- MTA, 1966. Türkiye Mermer Envanteri. MTA yayını, No:134, s:174.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçıçek, M.C. 2002. Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. MTA Dergisi 125, 13-29.
- Özpinar, Y.M., Heybeli, H., Semiz, B., Baran, H.A. ve Koçan, B. 2001. Kocabaş ve Denizli travertenlerinin jeolojik, petrografik özellikleri ve oluşumunun incelenmesi, teknik açıdan değerlendirilmesi. Mersem 2001, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 133-148, TMMOB Maden Müh. Odası Afyon İl Temsilciliği.
- Pedley, H.M. 1990. Classification and environmental models of cool freshwater tufas. Sedimentary Geol., 68, 143-154.
- Pedley, H.M., Martin, J.A.G., Ordonez, S.D. and Cura, G.D.M.A. 2003. Sedimentology of Quaternary perched springile and paludai tufas: Criteria for recognition, with examples from Guadalajara Province, Spain. Sedimentology, 50, 23-44.
- Pentecost, A. 1990. The formation of travertine shrubs: Mammoth Hot Springs, Wyoming. Geol. Mag., 127, 159-168.

- Pentecost, A., Bayarı, S. and Yeşertener, C. 1997. phototropik microorganisms of the Pamukkale travertine, Turkey; their distribution and influence on travertine deposition. *Geomicrobiology Journal*, 14, 264-283.
- Pentecost, A. 2005. *Travertine*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1-445.
- Schimid, R. 1981. Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: Recommendations of the international union of geological sciences subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geology*, 9, 41-43.
- Seyitoğlu, G. and Büyükönel, G. 1995. Geochemistry of Ankara volcanics and the implications of their K-Ar dates on the Cenozoic stratigraphy of central Turkey. *Tr. J. Earth Sciences*. 4, 87-92.
- Tankut, A. 1985. Ankara dolaylarındaki Neojen yaşlı volkaniklerin jeokimyası. *TJK. Bülteni* 28, 1, 55-66.
- Tankut, A. ve Akıman, O. 1991. Kuzeybatı İç Anadolu'nun volkanikleri. Araştırma Proje Rapor No, AFP 89-03-09-03 (yayımlanmamış) ODTÜ, Ankara.
- Tatlı, S. 1975. Çubuk-Melikşah alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA. Rap. No 3280 (yayımlanmamış) Ankara.
- Tekin, E., Kayabalı, K., Ayyıldız, T. and İleri, O. 2000. Evidence of microbiologic activity in modern travertines: Sıcak Çermik Geotermal Field, Central Turkey. *Carbonates and Evaporites*, 15, 18-27.
- Tekin, E. ve Ayyıldız, T. 2001. Sıcakçermik jeotermal alandaki (Sivas KB, Türkiye) güncel traverten çökellerinin petrografik özellikleri. *TJ Bülteni*, Cilt 44, Sayı 1.
- TSE, 1977a. TS 1910-Kaplama olarak kullanılan doğal taşlar. TSE, Ankara.

TSE, 1977 b. TS 2513-Doğal yapıtaşları. TSE, Ankara.

TSE, 1987. TS 699-Tabii yapıtaşları. TSE, Ankara.

TSE, 1989. TS 6809-Mohs sertlik cetveline göre sertlik tayini. TSE, Ankara.

Ünlü, M.R. 1974. Kazan (Bolu ili) Peçenek (Ankara ili) alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları hakkında rapor. MTA. Rap. No:5775 (yayımlanmamış)
Ankara.

Ürgün, S. 1974. Ayaş-Sincan köy (Ankara) arasında kalan alanın jeolojisi ve jeotermal enerji yönünden incelenmesi. MTA. Derl. Rap. No:5553.

Üstünışık, K.G. 2004. Çubuk Çayı-Çubuk Barajı ve çevresi (KD Ankara) volkanik kayaçlarının petrolojisi ve jeokimyası. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), 156s.

Wright, J.S. 2000. Tufa accumalations in ephemeral streams: Observations from the Kimberley, NW Australia. Australian Geographer, 31, 333-347.

Wyalt, A. 1986. Challinor's dictionary of geology, 6th edn. University of Wales Press, Cardiff, 37 pp.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Mehtap KÖKÇÜ

Doğum Yeri :Amasya

Doğum Tarihi:09-07-1978

Medeni Hali :Bekar

Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Yer ve Yıl)

Lise :Amasya Lisesi /1995

Lisans :Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği
(2001)

Yüksek Lisans :Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği
Anabilim Dalı (Şubat 2004-Temmuz 2007)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar (Yer ve Yıl)

- Kaya Sondaj (Temmuz 2002-Mart 2003)

- Men-Su Sondaj İnş. San. Tic. Ltd. Şti. (Mart 2003-Aralık 2004)

- Aqua Elektronik Dayanıklı Tüketim Temizlik Ürünleri Turizm San. ve Tic. Ltd. Şti.
(Aralık 2004-Ağustos 2006)

- Yeni Avrasya İnşaat Emlak Müşavirlik Turizm San. ve Tic. Ltd. Şti. (Eylül 2006-
Kasım 2006)