

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MADEN YATAKLARI ANABİLİM DALI

DENİZLİ-HONAZ/GÜRLEK BÖLGESİNDEKİ
TRAVERTEN YATAKLARINDA SIVI KAPANIM
İNCELEMELERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVNUR KÜNARLIOĞLU

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MADEN YATAKLARI ANA BİLİM DALI



DENİZLİ-HONAZ/GÜRLEK BÖLGESİNDEKİ TRAVERTEN
YATAKLARINDA SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEVNUR KÜNARLIOĞLU

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Sevnur KÜNARLIOĞLU tarafından hazırlanan “**Denizli-Honaz/Gürlek Bölgesindeki Traverten Yataklarında Sıvı Kapanım İncelemeleri**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 06.08.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA

Üye
Prof. Dr. Hulusi KARGI

Üye
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Sendir

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
10/09/2019 tarih ve 36/31 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2017FEBE020 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Sevnr KÜNARLIOĞLU



ÖZET

**DENİZLİ-HONAZ/GÜRLEK BÖLGESİNDEKİ TRAVERTEN
YATAKLARINDA SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SEVNUR KÜNARLIOĞLU
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MADEN YATAKLARI
(TEZ DANIŞMANI:PROF. DR. GÜLCAN BOZKAYA)**

DENİZLİ, AĞUSTOS - 2019

Travertenlerde yapılan mikrotermometrik incelemeler, günümüzde dünyanın pek çok bölgesinde, travertenlerin oluşumunda etkisi olan sıcak suların fiziksel ve kimyasal özelliklerini ortaya konmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında Honaz/Gürlek bölgesindeki travertenlerde yapılan sıvı kapanım incelemeleri; travertenleri oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının 300°C'ye kadar çıktığını ve tuzluluklarının ise oldukça düşük (%1) olduğunu göstermiştir. Travertenlerde yapılan jeokimyasal analizler travertenlerin başta demir olmak üzere bir miktar mangan, krom, kobalt ve nikel içerdiğini göstermektedir. Mikrotermometrik incelemelerde elde edilen yüksek sıcaklıklar ortamda derin magmatik bir ısı kaynağının bulunduğunu işaret etmektedir.

ANAHTAR KELİMELELER:Traverten, Denizli, Sıvı Kapanımı

ABSTRACT

**FLUID INCLUSION STUDIES IN TRAVERTINE
AT DENİZLİ-HONAZ/GÜRLEK REGION
MSC THESIS
SEVNUR KÜNARLIOĞLU
PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
GEOLOGICAL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. GÜLCAN BOZKAYA

DENİZLİ, AUGUST 2019

Microtermometric investigations (fluid inclusion investigations) in travertines are frequently used in the world to determined the physical and chemical properties of hot waters to formation travertines. In this study samples was taken from different location at the Honaz/Gürlek region and results of the microthermometric studies have shown that travertine formed fluids is up to 300 °C and the salinity of fluids is very low (1%).The geochemical studies indicated that travertines contain some manganese, chromium, cobalt and nickel, especially iron. High temperature from the microtermometric studies indicated that igneous source which could be at the deeper part of the system.

KEYWORDS:Travertine Denizli, Fluid Inclusion

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL VE KISALTMALAR.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Kapsam.....	1
1.2 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu.....	1
1.3 Önceki Çalışmalar	2
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	5
2.1 Saha İncelemeleri	5
2.2 Mineralojik ve Petrografik İncelemeler.....	5
2.2.1 Optik mikroskopi (OM)	5
2.2.2 X-Işınları Kırınımı (XRD)	6
2.2.3 Cevher Mikroskopisi.....	6
2.3 Sıvı Kapanımı İncelemeleri.....	7
2.4 Lazer-İnduktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi (LA-ICP-MS) İncelemeleri	8
2.5 Jeokimyasal İncelemeler	9
3. İNCELEME ALANININ JEOLJİSİ	10
3.1 Bölgesel Jeoloji	10
3.2 Çalışma Sahasının Genel Jeolojisi.....	11
4. TRAVERTEN JEOLJİSİ	14
4.1 Denizli Travertenlerinin Makroskopik Özellikleri.....	14
4.1.1 Başaranlar Mermer (1.Lokasyon).....	15
4.1.2 Kömürcüoğlu Mermer (3. Lokasyon).....	19
5. MİNERALJİK-PETROGRAFIK İNCELEMELER.....	22
5.1 Optik Mikroskopi	22
5.2 X-Işınları Kırınımı (XRD) İncelemeleri.....	23
5.3 Cevher Mikroskopisi İncelemeleri	27
5.4 Denizli Travertenlerinin Ekonomiye Katkısı	30
6. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ.....	31
6.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri	31
6.2 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})	35
6.3 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{m_{ice}}$).....	35
6.4 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)	36
6.5 Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi	37
7. LAZER-İNDUKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZMA-KÜTLE SPEKTROMETRESİ (LA-ICP- MS) İNCELEMELERİ	38
7.1 Jeokimyasal İncelemeler	40
8. SONUÇLAR.....	41
9. KAYNAKLAR.....	43
10. ÖZGEÇMİŞ.....	46

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil.2.1. Leeds Üniversitesi LAICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma-Mass).....	8
Şekil 3.1: İnceleme alanının da içinde yer aldığı Batı Anadolu'daki tektonik zonlar ve Menderes	11
Şekil 3.2: Çalışma alanının basitleştirilmiş sütun kesiti (UKAM, 1994; Uzun, 2017).....	12
Şekil 3.3: İnceleme alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Sun 1990).....	13
Şekil 4.1: Başaranlar Mermer sahasındaki travertenler ve alınan örneklerden görünüm.	16
Şekil 4.1: Başaranlar Mermer sahasındaki travertenler ve alınan örneklerden görünüm (a,b,c)	17
Şekil 4.2: Erdem Mermer sahasındaki travertenler ve alınan kayaç örneklerinin görünümü	18
Şekil 4.3: Erdem Mermer sahasındaki travertenler ve alınan örneklerden görünüm	19
Şekil 4.4 Kömürcüoğlu Mermer sahasındaki travertenler ve alınan kayaç	20
Şekil 4.5: 3.Lokasyon saha ve numune görüntüleri	21
Şekil 5.1 Başaranlar ocağına ait traverten örneğinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop.....	23
Şekil 5.2: Erdemler ocağına ait traverten örneğinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop.....	24
Şekil 5.3: Kömürcüoğlu ocağına ait traverten örneğinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop.....	25
Şekil 5.4: Erdemler Başaran ve Kömürcüoğlu ocaklarından alınan traverten..	26
Şekil 5.5: Erdem mermer sahasından alınan örneklerde gözlenen pirit ve hematit mineralleri.	27
Şekil 5.6: Başaranlar mermer sahasından alınan örneklerde gözlenen pirit mineralleri.	28
Şekil 5.7: Kömürcüoğlu mermer sahasından alınan örneklerde gözlenen pirit mineralleri	29
Şekil 6.1: Başaranlar sahasına ait örneklerde gözlenen iki fazlı kapanımlardan	32
Şekil 6.2: Erdem mermer sahasına ait örneklerde gözlenen iki fazlı kapanımlardan görünüm	33
Şekil 6.3: . Kömürcüoğlu mermer sahasına sahasına ait örneklerde gözlenen iki fazlı.....	34
Şekil 6.4: Kalsitler içindeki birincil kapanımlarda son buz erime sıcaklığı ($T_{m,ice}$) değerlerinin istatistiksel dağılım tablosu.....	36
Şekil 6.5: Son buz ergime sıcaklıkları ölçülen örnekler üzerinde homojenleşme	36
Şekil 6.6: Sıvı kapanımlarının tuzluluk - homojenleşme sıcaklığı diyagramındaki dağılımı.....	37
Şekil 7.1: Erdem mermer sahasına ait örneğe ait LA-ICP analiz sonuç diyagramları	39

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 5.1: 2017 TİM verilerine göre Denizli traverten rezervi	30
Tablo 7.1 Başaran Erdem ve Kömürcüoğlu traverten sahalarındaki örneklere ait analiz sonuçları.....	40

SEMBOL VE KISALTMALAR

ICP-MS	:	Inductivety Coupled Plasma Mass Spectrometry
XRF	:	X-Ray Diffraction
MREE	:	Middle Rare Earth Elements
MTA	:	Maden Teknik Arama
TİM	:	Türkiye İhracatçılar Meclisi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının tüm aşamalarında değerli görüş ve eleştirileriyle çalışmalarına yön veren ve her konuda yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Gülcan BOZKAYA 'ya (PAÜ) görüş ve katkılarından dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Ömer BOZKAYA' ya (PAÜ), katkı ve yardımlarından dolayı sayın Dr. David BANKS (Leeds Üniversitesi,UK) hocama arazi çalışmalarım esnasında her türlü yardım ve desteği esirgemeyen ERDEM MERMER, KÖMÜRCÜOĞLU MERMER ve BAŞARAN MERMER yetkililerine ve çalışanlarına, laboratuvar çalışmaları esnasında her türlü yardımı esirgemeyen sabır ve anlayışlarından dolayı Mehmet TUFAN ve Halil ATAN'a her zaman yanımda olup beni maddi-manevi destekleyen çok değerli eşim Mehmet KÜNARLIOĞLU ve çocuklarıma teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Traverten terimi, travertenin yaygın olarak bulunduğu İtalya'daki Tivoli kasabasının eski Roma adı olan Tivertino'dan gelmektedir. Travertenler; genellikle bir faydan veya çatlaktan çıkan sıcak suların aktıkları ya da biriktirdikleri yerde bünyelerindeki kalsiyum karbonatı çökeltmesiyle oluşurlar (Atabey, 2003). Dünyada travertenlerde yapılan mikrotermometrik incelemeler (sıvı kapanım incelemeler) günümüzde travertenlerin oluşumunda etkin olan sıcak suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortaya konmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında Denizli Honaz/Gürlek bölgesindeki travertenler üzerinde sıvı kapanım incelemeleri yapılarak sıcak sulu çözeltilerin özellikleri (tuzluluk ve sıcaklık gibi) ortaya konulacaktır. Elde edilen veriler aynı bölgede bulunan benzer traverten oluşumları içinde uygulanabilecek olup, sonuçlar karşılaştırılabilir.

1.2 Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Denizli ili, Ege Bölgesinin doğusunda yer almaktadır. Denizli ili 28° 30' - 29° 30' doğu meridyenleri ile 37°12' - 38°12' kuzey paralelleri arasında yer alır. İlin yüzölçümü 12.134 km²'dir, il Türkiye'nin yaklaşık %1,5'ini ve Ege Bölgesinin %18 5'ini oluşturmaktadır. Batı Anadolu'nun ve Denizli'nin en yüksek dağı Honaz 2571m. yüksekliğe sahiptir. Karcı (2308 m.) Akdağ (2449 m.) Bozdağ (2421 m.) Eşeler (2254 m.) Bulkaz (Burkaz) (1990 m.) Elmadağ (1805 m.) Büyük Çökelez (1340 m.) ve Beşparmak (1307 m.) ilin diğer önemli dağlarıdır. En büyük akarsuyu Ege Bölgesinin üç büyük nehrinden biri olan Büyük Menderes'tir. Toplam uzunluğu 529 km. olan nehrin Denizli ili sınırlarındaki uzunluğu 194 km. ve ortalama debisi ise 44,32 m³/sn'dir. Denizli'de, Ege Bölgesinde olmasına rağmen, iklim olarak Ege Bölgesi'nin iklimi tamamen görülmez. Kıyı kesimlerinden iç bölgelere geçit yerinde

olduğundan az da olsa iç bölgelerin iklimi hissedilir. Yıllık ortalama yüksek sıcaklık 34 °C, ortalama düşük sıcaklık ise 2 °C civarındadır (denizli.gov.tr).

1.3 Önceki Çalışmalar

İnceleme alanında; Kocabaş Kaklık Gürlek bölgesinde traverten oluşumları yapıları çeşitleri jeokimyasal ve yaşlandırma analizleri dayanım testleri vb. gibi birçok araştırma yapılmıştır.

Toker (2013) inceleme alanındaki Kaklık Ballık bölgesindeki travertenlerin çoğunlukla sıcak sularla oluşmuş meteorik suların katılımıyla beslendiğini belirtmiştir. Bölgenin Radyometrik yaş analizleri sonucunda Geç Pliyosen dönemi çökeldiği ve 181 ky'da çökelmeye başlayıp 85ky'a kadar sürdüğünü ortaya koymuştur.

Denizli havzasında yer alan Kocabaş travertenleri Özkul ve diğ. (2002) tarafından bazı litotiplere ayrılmış olup bunlar; Çalı tipi Gaz baloncuklu Zarflı Gastropodlu Havza Dışı Çakıllı Eski toprak Havza içi çakıllı travertenler olarak adlandırılmıştır.

Özkul ve diğ. (2010) bantlı travertenlerin jeokimyası ile ilgili çalışmalarında; Bantlı traverten örneklerinde Sr elementinin en fazla 7392 ppm düzeyinde olduğunu tespit etmişlerdir. En yüksek Sr değerler bantlı travertenlerin aragonit k bileşimi olanlarından elde edilmiştir. Örneklerin ¹³C değerler 3.7 le 5.8 (PDB) arasında değişmekte olup ¹⁸O değerler 13.8'den 19.5'e (SMOW) değişen geniş bir dağılıma sahiptir. Bölgedeki fay ve çatlaklar sadece sismik aktivite sırasında değil sakin dönemlerde de hidrotermal akışkanın çıkış yolları olmuşlardır. Dolayısı ile fay ve çatlaklar boşalan sular bantlı hem de diğer tip travertenler çökeltmişlerdir. Ayrıca bantlı travertenler ve beraberindeki çökeller yörede tekrarlanan sismik olayların izlerini taşırlar.

Altunel (1996), Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri üzerinde yaptığı incelemelerde travertenleri morfolojik özelliklerine göre 5 gruba ayırmış olup bunlar sırasıyla; Teras tipi travertenler sırt tipi travertenler fay önü travertenler kendiliğinden oluşan kanal travertenler ve aşınmış örtü travertenlerdir. Pamukkale travertenler ne uygulanan uranyum serisi yaş yöntem travertenlerin 400.000 yıldan

bu yana değişik lokasyonlarda çökelmeye devam ettiklerini ortaya koymuştur. Pamukkale bölgesi son 200.000 yıldan bu yana KD - GB yönünde 0.23 ile 0.6 mm/yıl hızıyla açılmaktadır.

Yıldırım ve Güner (2002), Pamukkale ve çevresindeki suları gruplandırmak ve sistem hakkındaki bilgileri geliştirmek için çeşitli kimyasal analizler yanında ^{18}O ^2H ^3H çözünmüş sülfat iyonunda (SO_4) ^{34}S ve ^{18}O izotop analizleri yapmışlar ve sıg dolaşımli soğuk su kaynaklarının döteryum değerleri korele edilerek termal suların beslenme yükseklikleri belirlenmiştir. Buna göre Kızıldere-Tekkehamam termal sularının 1.300 - 1.900 m kotları arasında Pamukkale-Gölemezli termal sularının ise 1.100 - 1.400 m kotları arasında beslendiğini göstermektedir.

Denizli havzasındaki travertenlerde az sayıda sıvı kapanım incelemeleri bulunmaktadır. El Desouky ve diğ. (2015), Denizli havzasının sahip olduğu jeolojik veriler genelleştirilmiş traverten yağış model ile fosil traverten sistemler anlayışını geliştirmiştir. Araştırmacıların bulguları traverten yapılarının ve ana karbonat kaynak kayaçlarının ilgili yer altı hidrokarbon rezervuarlarını oluşturma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Özpınar ve diğ. (2001) Denizli bölgesindeki travertenlerde yaptıkları çalışmada; ana fay zonlarından etkilenen Geç Miyosen'i işaret eden travertenlerde kırık çatlak takımı barındıran işletmelerin pek tercih etmediği masif blok yapıları işletimi aksatmaktadır. Tüm bu faylanmalar güncel olan veya olmayan traverten oluşumlarının yapı ve dokusunda değişikliklere neden olabilmektedir. Çoğunlukla pizolitik yapı bantlı yapı(kalın düzensiz ince düzenli vb.) masif yapıli örnekler gözlenmiştir. Travertenlerin dayanım testleri yapılmış ve su emme verileri düştükçe basınç dayanımları düzenli artış sağlamıştır. Diğer yapılardan genellikle masif yapının dayanımı en yüksek olarak ayırtlanmış kesin olmamakla birlikte traverten tozlarının çimento sanayi için kullanılmasının faydalı olabileceği ortaya konmuştur.

Kutlu (2015), bölgede yaptığı çalışmalarda Pamukkale ve civarındaki jeotermal suları $\text{Ca} > \text{Na} > \text{K} > \text{Na}$ baskın katyonlar ve $\text{HCO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ baskın anyonlar olarak sınıflandırılmış jeotermal suların rezervuar sıcaklıklarının 160-250°C arasında olduğunu gözlemlemiştir. Çalışma bölgesindeki sular doğunluk indekslerine göre incelendiğinde Pamukkale Kaynak Plütonyum Kaynak ve Karahayıt (Pamukkale) Kaynak mineral doğunluk indeksleri dikkate alındığında birbirlerine

yakınlık gösterdiğini belirtmiştir. Sülfat içeriğinin fazlalığının Sazak formasyonunun evaporitik ortam ürünü olan jipsli seviyelerinden kaynaklandığını ve yaptığı çalışmada elde edilen analiz sonuçlarına göre Denizli çevresi jeotermal sıcak su kaynakları; Ca-Mg-HCO₃ su tipler içerisinde yer aldığını analiz etmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Denizli havzasında Kocabaş Gürlek Kaklık ve Ballık başta olmak üzere birçok lokasyonda gözlenen travertenleri oluşturan çözeltilerin özelliklerinin belirlenmesi ve elde edilen bulgularla travertenlerin jeolojik özelliklerinin oluşum koşullarının ve kökenlerinin ortaya konulması amaçlanan bu çalışmada aşağıdaki incelemeler yapılmıştır.

2.1 Saha İncelemeleri

Saha çalışmaları için öncelikle bölgedeki travertenlerin genel jeolojisi hakkında yapılmış önceki çalışmaları kapsayan detaylı literatür taraması yapılmıştır. Arazi çalışmaları esnasında işletilmekte olan üç farklı traverten açık ocak işletmelerinden tüm birimleri temsil eden yeterli sayı ve miktarda kayaç örnekleri alınmıştır. Saha çalışmaları sırasında farklı lokasyonlardan örnek alımı yapılmıştır. Sıvı kapanım çalışmalarına uygun kalsit ve kuvars içeren bantlı ve iri tane görünümlü travertenler tercih edilmiştir.

2.2 Mineralojik ve Petrografik İncelemeler

2.2.1 Optik mikroskopi (OM)

Optik Mikroskopi (OM) incelemeleri Olympus marka alttan ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile kayacı oluşturan bileşenler ve bunların dokusal özellikleri tanımlanarak kayaçların adlandırılmalarının yanı sıra; diyajenez sonrası (post-diyajenetik) oluşumlar (yeniden kristallenme ürünleri, damar/çatlak dolguları biçimindeki karbonat mineral çökelimleri vb.) aydınlatılmaya çalışılmıştır. Kayaçların adlandırılmalarına esas olan mineralojik bileşimlerin belirlenmesinde XRD verilerinden de yararlanılmıştır.

2.2.2 X-Işınları Kırınımı (XRD)

XRD yöntemi travertenleri oluşturan karbonat minerallerinin türünün (kalsit aragonit dolomit vb.) belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. XRD incelemelerinde kullanılacak örnekler önce 3-5cm'lik parçalar halinde çekiçle daha sonra çeneli kırıcıda 5 mm'den küçük taneler halinde kırılmış ve istenilen tane boyutu için eleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Toz örneklerin elde edilmesi için kırma işlemi sonrasında Retch marka çanaklı öğütücüde sertlikleri de dikkate alınarak yaklaşık 10-30 dk süreyle öğütülmüştür. Bu şekilde elde edilen malzemeler kutu veya torbalara konulup etiketlenerek incelemelere hazır konuma getirilmiştir. XRD çözümlenmeleri GNR APD 2000 PRO marka X-ışınları difraktometresinde (Anot = Cu , (CuK α = 1.541871Å) , Filtre = Ni, gerilim = 40 kV , akım = 30 mA, gonyometre hızı = 2°/dak, çekim aralığı: 2 θ = 5-45°) yapılmıştır.

2.2.3 Cevher Mikroskopisi

Çalışma sahasındaki traverten örneklerinden Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Cevher Mikroskopisi Laboratuvarında 6 adet parlak kesit hazırlanmıştır. Cevher içeren örnekler önce polyester yardımı ile silindirik şekilde kalıplanarak parlatma işlemi esnasında numunenin dağılması önlenmiş ve farklı büyüklükteki aşındırma tozları ve nihayetinde parlatma solüsyonları kullanılarak parlatılmıştır.

Hazırlanan parlak kesitler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Cevher Mikroskopisi Laboratuvarındaki Olympus BX51 marka alttan ve üstten aydınlatmalı polarizan mikroskopunda incelenerek opak mineral varlığı denetlenmiştir.

2.3 Sıvı Kapanımı İncelemeleri

Kristal büyümesinin herhangi bir nedenle durması yavaşlaması yön değiştirmesi gibi nedenlerle oluşan kristallerin birim kafes yapısındaki düzensizlikler büyümenin yeniden başlaması ile gelişirler ve kristal içi boşluklar oluştururlar. Kristal içinde bulunduğu eriyik damlacıkları bu boşluklarda korunabilir. Bu şekilde korunan eriyiklere “sıvı kapanım” denir.

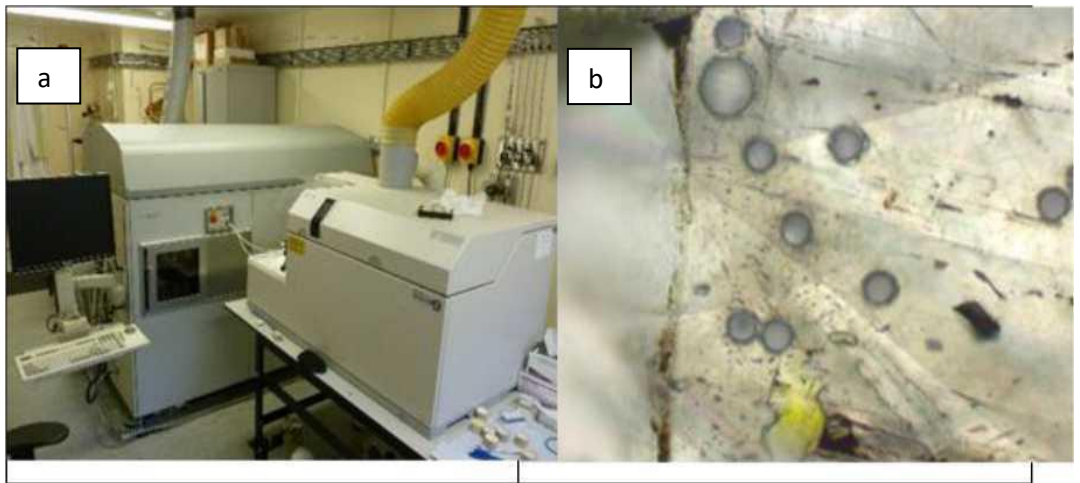
Kristal içerisindeki kapanımlar içeriklerine göre: Gaz katı sıvı olarak üçe ayrılırlar. Kapanımlar oluşumlarına (kökenlerine) göre: Birincil ikincil ve yalancı ikincil olarak ayrılırlar. Kapanımlarla elde edilen bilgiler; bileşim sıcaklık yoğunluk ve basınç olarak tanımlanır. Eriyikler kristalin büyümesi esnasında genellikle 100 mikrondan daha küçük ebatla oluşabilir. Kapanmalarda çoğunlukla ana madde H₂O, ikinci olarak CO₂ gelir.

Mikrotermometrik ölçümlerde yaygın olarak kullanılan önemli mineraller: Kalsit, Kuvars, Fluorit, Halit, Dolomit, Apatit, Sfalerit, Topaz, Barit ve Kassiterittir. Bu mineraller ayrıca açık renkli şeffaf ve optik uygulamalara uygun olmalıdır. Kristal yapı içerisinde hapsolan bu çözeltiler mineralin oluşumunu temsil eden çözeltiler olduğu için sıcak ve soğuk akışkanlı çözeltilerden itibaren oluşmuş minerallerin ve cevherleşmelerin oluşum koşulları ve kökenleri hakkında çok önemli bilgiler ortaya koymaktadır.

Sıvı kapanım incelemeleri Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Sıvı Kapanım Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanındaki travertenlerden alınan örneklerden yaklaşık 100 mikron kalınlığında 15 adet iki yüzü parlatılmış kesit hazırlanmıştır. Hazırlanan iki yüzü parlak kesitlerde öncelikle sıvı kapanım birlikleri (FIA) belirlenmiş ve bu kesitler üzerinde mikrotermometrik incelemeler yapılmıştır. Ölçümlerde Olympos Bx51 model polarize mikroskoba entegre edilmiş Linkam THMS-600 ve LNP-95 tipi ısıtma ve soğutma sistemi kullanılmış olup ölçümlerde homojenleşme sıcaklıkları (Th) ilk buz ergime (T_{fm}) ve son buz ergime (T_{mice}) sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Buz ergime sıcaklığı ölçümleri esnasında kapanımı soğutmak için nitrojen (sıvılaştırılmış azot) kullanılmıştır.

2.4 Lazer-İnduktif Eşleşmiş Plaza-Kütle Spektrometresi (LA-ICP-MS) İncelemeleri

Sıvı kapanım incelemeleri yapılan örneklerde çözeltilerin bileşimlerinin belirlenmesi için gerekli analizler İngiltere'de bulunan Leeds Üniversitesi LAICP-MS (Laser Ablation- Inductively Coupled Plasma- Mass Spectrometer Lab.) laboratuvarında Dr.David Banks tarafından gerçekleştirilmiştir. Lazer-ablation sisteminde, Geoglas kapanım sistemine entegre edilmiş Agilent 7500c kütle spektrometresi ile sıvı kapanım ve sıvı kapanım ile ilişkili grupların bileşimi belirlenmiştir. Geoglas ablation sistemi 193 nm dalga boyunda Compex 103 ArF 112 eksimer lazer kullanmaktadır. Bu sistem örnek yüzeyine 10-151J/cm² enerji kütlesini, 5Hz darbe frekansında 25pm bazen de 50 pm nokta boyutunda ulaştırmaktadır. Nokta boyutu, sıvı kapanım ya da sıvı kapanım gruplarının boyutuna göre belirlenir. Tek kapanımların analizlerinde kullanılan LA-ICP-MS; düşük deteksiyon limitine sahip olmaları pek çok elementin analizinin yapılmasına olanak sağlaması ve hızlı uygulanabilirliği nedeniyle 1998'den beri sıvı kapanım çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Audetat et al. (1988); Jeffries et al. (1998); Heinrich et al. (2003); Allan et al. (2005), Guillong et al. (2008); . Kapanımlarda yapılan kimyasal incelemeler ile saptanan çeşitli katyon ve anyon oranları yardımı ile çözeltilerin bileşimleri kökenleri ve metal iyonlarının taşınma şekilleri hakkında bilgiler edinilmektedir (Gunther et al (1998); Samson (2003); Sylvester (2008); Leisen et al. (2012); Richard et al. (2012); Bozkaya et al. (2011))



Şekil.2.1. Leeds Üniversitesi LAICP-MS (Laser Ablation Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer Lab.) laboratuvarından bir görünüm a) laboratuvarın genel görünümü b) LAICP-MS ile çekilmiş örnek görüntüsü

2.5 Jeokimyasal İncelemeler

Jeokimyasal incelemeler travertenlerin kimyasal içeriklerinin belirlenmesi için gerçekleştirilmiştir. İnceleme alanında daha önceki yıllarda farklı araştırmacılar tarafından yapılmış pek çok jeokimyasal analiz verisi bulunmaktadır. Bu çalışmada jeokimyasal incelemeler olarak; traverten örneklerinde majör element ve iz element analizi jeokimyası incelemeleri yapılmıştır. Analizler Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) ve Pamukkale Üniversitesi İleri Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde yapılmıştır.

MTA Laboratuvarlarda numuneler önce yapılacak analiz için uygun olan metotla [kral suyu yöntemi üçlü asit yöntemi eritiş yöntemi TS ISO 14869-1, TS ISO 14869-2 vb.) çözüldükten sonra ICP-OES veya ICP-MS cihazları ile analiz edilmektedir. ICP-MS İndüktif Eşleşmiş Plazma (ICP) ve Kütle Spektrometresinin (MS) bileşiminden oluşan bir analitik tekniktir. Numunedeki elementler ICP'de iyonlaştırıldıktan sonra MS'e gönderilir ve burada kütle/yük (m/z) oranlarına göre ayrılıp ölçülür. Uygun kütle aralığıyla çözeltilde eser element tayinine uygundur ve hızlıdır. Birçok element için gözlenebilme sınırı ppb seviyesinin altındadır

3. İNCELEME ALANININ JEOLojİSİ

3.1 Bölgesel Jeoloji

Denizli Grabeni, kuzeybatı (KB)-güneydoğu (GD) uzanımlı 7-28 km arasında değişen genişliğe 62 km uzunluğa sahip bir çöküntü alanıdır (Westaway, 1993). Türkiye tufa ve traverten çökeltileri yönünden Avrupa'da ve Asya'da çok önemli bir konumdadır. Pentecost (1995) Türkiye ve tüm Avrupa'ya ait 300 kadar traverten alanı tanımlamıştır. Ülkemizde traverten oluşumları genellikle açılma çatlaklarının egemen olduğu İç Anadolu ve Batı Anadolu bölgelerimizde yaygındır. Anadolu levhası ile Afrika levhasının çarpışma kuşağı üzerinde yer alan D-B, GB-KD yönlü birçok kırıklara ve bindirme yapılarına bağlı olarak ve yaygın karbonat kayaçların karstik süreçlerle erimesiyle genellikle Toros Dağlarının güneye bakan alanlarında önemli traverten alanları gelişmiştir (Atabey 2003). Dünya Jeolojik Mirasına giren Denizli Pamukkale travertenini üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Pamukkale travertenini Ege graben sisteminde D-B yönlü faylar boyunca gelişmiştir. Batı Anadoludaki traverten örneklerinden yalnızca Pamukkale örneği ve Denizli havzasındakiler ayrıntılı incelenmiştir. Pamukkale travertenini üzerinde suyun hidrolojisi jeotermal potansiyeli kirlilik ve koruma amaçlı olarak (Koçak 1976). İnceleme alanında Paleozoyik yaşlı Menderes metamorfiteeri bunlar üzerine bindirmeyle gelen Mesozoyik yaşlı karmaşık seri ve Senozoyik yaşlı çökel birimler yer almaktadır (Şekil 3.1). Paleozoyik yaşlı birimler çalışma alanı çevresinde Menderes metamorfiteeri ile temsil edilmekte ve Mesozoyik yaşlı birimleri; metakonglomera metaçamurtaşı metakumtaşıdan oluşan Karaova Formasyonu kireçtaşı dolomitlerin görüldüğü Çökelez Formasyonu rekristalize kireçtaşları türbiditik kumtaşı ve şeyl ile serpantinden oluşan Karatepe Formasyonu oluşturmaktadır. Senozoyik çalışma alanında Oligosen; kumtaşı ve konglomeralarla Geç Oligosen Erken Miyosen; kömür mercekli denizel detritik ve karbonatlı seviyelerle temsil edilmektedir (Sözbilir, 1997). Gürlek-Kocabaş travertenlerinde yatay laminalanma (mikritik traverten) belirgin olarak gözlenmekte ve maksimum kalınlığı 50 cm'yi geçmeyen birkaç paleosol seviyeleri dışında kesintisiz yüzlerce

metre yanal devamlılık görülmektedir. Örtülü travertenleri ise hem yatay laminalanma (mikritik traverten) ve hem de topoğrafya ile uyumlu bir şekilde hafif



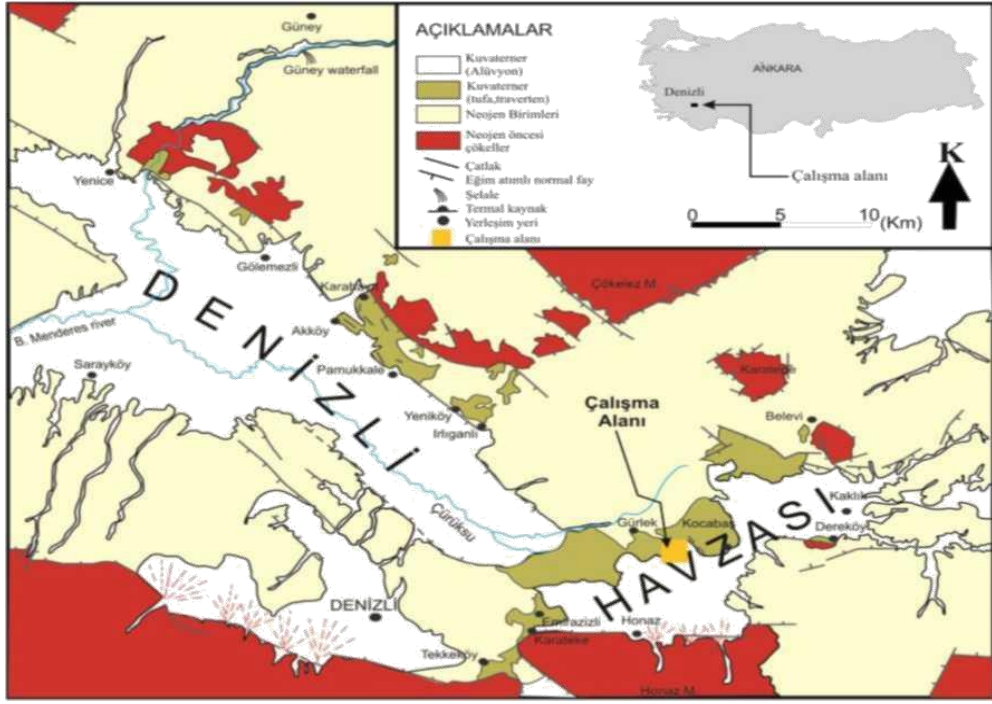
Şekil 3.1: İnceleme alanının da içinde yer aldığı Batı Anadolu'daki tektonik zonlar ve Menderes Masifi. (Seyitoğlu vd., 2004)

3.2 Çalışma Sahasının Genel Jeolojisi

Çalışma alanında Menderes masifi, İzmir-Ankara ofiyolitleri ile Batı Toroslar arasında kalan ve tüm Ege'yi kaplayan, metamorfizmaya uğramış Gediz Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenleriyle D-B yönde bölünmüş durumdadır (Şekil 3.1). Menderes Masifi, çekirdek kısmı Alt Paleozoyik yaşta, Şistin kılıf seviyesi Geç Paleozoyik Traverten alt seviyelerinden üst seviyelere doğru Permiyen Triyas, Liyas, Geç Kretase şeklindedir (Şekil 3.1) Rubidyum-Stronsiyum yaşlandırma sonucu yaklaşık 530 milyon yıl olan Menderes Masifi; merkezde migmatit şistli gnays çekirdek gnayslar olmak üzere intruzif kayaları Granit ve Granodiyorit tüm bunları çevreleyen şist mermer kuvarsit kalkşistler mevcuttur (Şekil 3.2).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON KALINLIK	LİTOLOJİ	HİDROJEOLojİK ÖZELLİK
SENOZOYİK	TERSİYER	MİYOSEN-PLİYOSEN		Alüvyon alüvyon yelpazesi traverten	GEÇİRİMLİ
			90	-----Aşıl uyumsuzluk ----- Çakıltaşı, kumtaşı, silttaşı, kilttaşı ardalanması -----Aşıl uyumsuzluk -----	GENELLİKLE GEÇİRİMSİZ
			160	Kumtaşı, marn, killi kireçtaşı ardalanması sarımsı renkli bol mika pullu kireçtaşları bol fosil içerir	GEÇİRİMSİZ
			270	kilttaşı marn killi kireçtaşı ve kireçtaşı ardalanması Genellikle beyaz, kirlili beyaz renkli istifli olup gastropod fosili içermektedir	YARI GEÇİRİMLİ
			300	çakıltaşı kumtaşı kilttaşı ardalanması altında çakıltaşı birimi ile başlayan istif üstünde kumtaşı ve kilttaşı birimleri gözlenir bunun yanında karbonat çimentolu çakıllarda mevcuttur	GEÇİRİMSİZ
MESO			Rekristalize kireçtaşı, şistler Tektonik çivkaak	GEÇİRİMLİ	
PALEOZOYİK			Mermer, kuvarsit, çeşitli şist ardalanması	GEÇİRİMLİ	
			Çeşitli şistler	GEÇİRİMSİZ	

Şekil 3.2: Çalışma alanının basitleştirilmiş sütun kesiti (Uzun, 2017).



Şekil 3.3: İnceleme alanının yer bulduru ve jeoloji haritası (Sun 1990).

4. TRAVERTEN JEOLJİSİ

Termal hareketliliğinin aktif olduğu Denizli Havzasında yatay devamlılığı yaklaşık 2 km² alanı kaplayan tektonik hareketler; termal akışkanları yükselterek traverten kütlelerinin birikimlerini sağlamıştır (Alçıçek ve diğ.2013). Traverten oluşumları zaman zaman tektonik etkilerle duraklamış ve bu bölgelere kırıntı birikimlerine neden olmuştur. Yanal devamlılıkları km'yi bulan mikritik laminalanma gözlenmektedir. Mikritik travertenler yatay laminalanmanın yanı sıra hafif eğimli olarakta yüzeylenmektedir. Ortamda organik maddece zengin birimler gözlenmekte; polen ve fosil verilerine bakıldığında çökelimlerin kurak ve serin bir iklime işaret ettiği gözlenmiştir (Toker 2017).

Denizli Kocabaş mevki çöğunlukla traverten işletmeleri ile yoğun bir bölge olup Kocabaş-Gürlek-Kaklık bölgelerinde 100'den fazla işletme ve birçok açılıp terkedilmiş traverten ocağı bulunmaktadır.İnceleme alanı yer bulduru haritası şekil 3.

4.1 Denizli Travertenlerinin Makroskopik Özellikleri

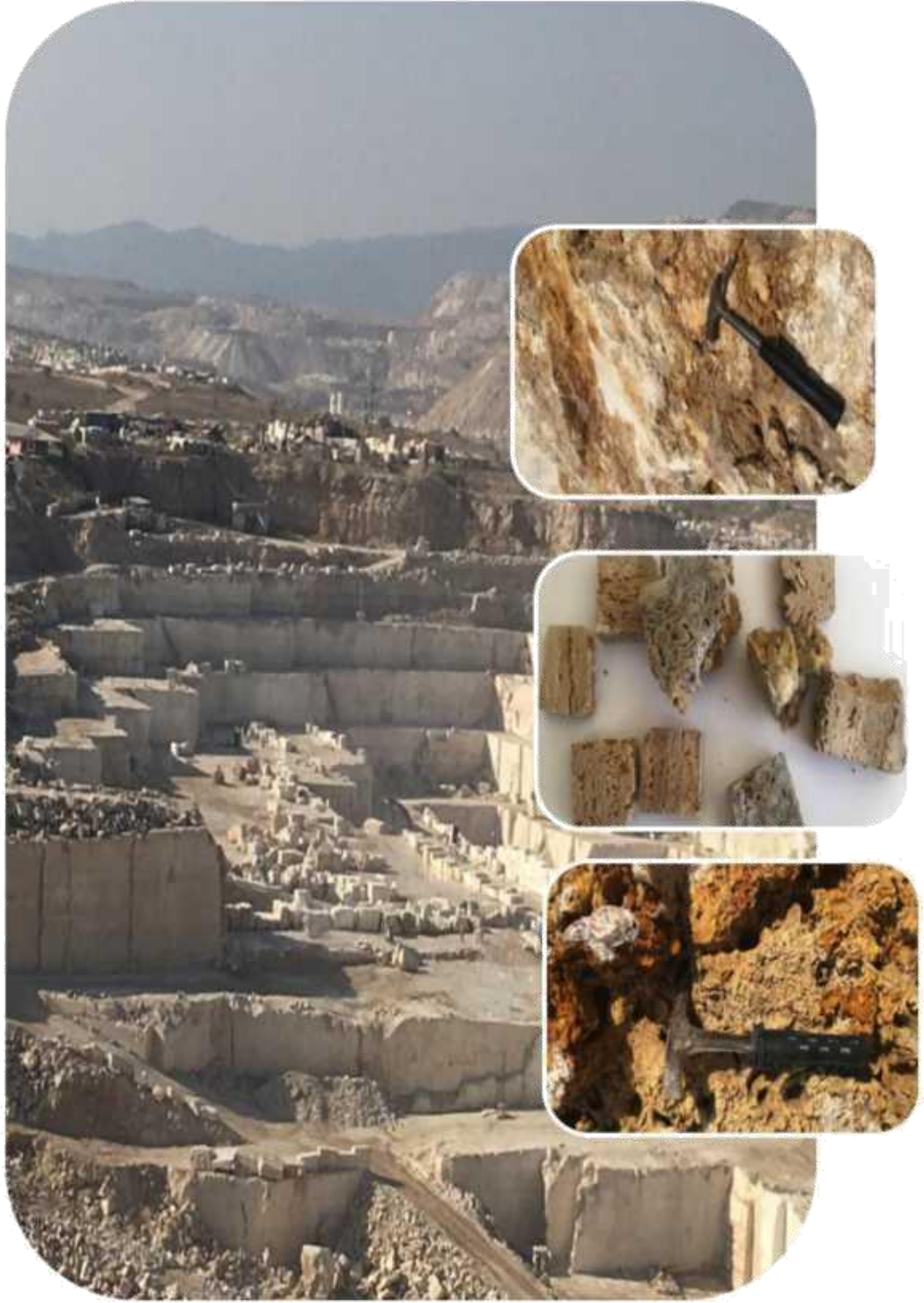
Denizli Havzası karbonat çökelleri farklı koşullarda oluşmuş; yapı doku gözeneklilik renk tabakalanma görünüm dayanım yaş ortam tür vb. bakımından değişiklikler göstermektedir. Ayrıca; blok verme öz kütle basınç blok içi dayanım renk ve desen farklılıkları kalınlık yumuşak veya gevşek dokulu gibi birçok özellik barındırır.

Tez çalışmasında Honaz-Gürleyik (Kocabaş) bölgesindeki Başaranlar Erdem ve Kömürcüoğlu firmalarına ait lokasyonlardan alınan örnekler üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir. Kocabaş ve çevresinde daha önceki çalışmalarda traverten çökelleri üzerinde yapılan ayrıntılı sedimanter çalışmalar sonucunda tespit edilen litotipler şu şekildedir (Toker 2013).

- Laminalı (laminated) traverten
- Gaz baloncuklu (Coated bubble) traverten
- Çalı tipi (reed) traverten
- Zarflı (paper-thin raft) traverten
- Havza içi akıllı (Intraclasts) traverten
- Gastropodlu (Gastropods) traverten
- Havza dışı akıllı (Extra-formational pebbles) traverten
- Eski toprak (paleosol)

4.1.1 Başaranlar Mermer (1.Lokasyon)

Başaranlar mermer sahası genellikle masif yapıda çok az mağara görünümlü ve bitki ve hayvan fosili içeren bölümlere rastlanan laminalı bantlı yapılı litotipler olarak ta çalı kamıŐ eski toprak tipleri ayırtlanmıŐtır (Şekil 4.1). Blok kesimi yapılan travertenler çoğunlukla iŐlem gördükten sonra ihracat ve iç piyasa satıŐı yapılmaktadır (Şekil 4.1).

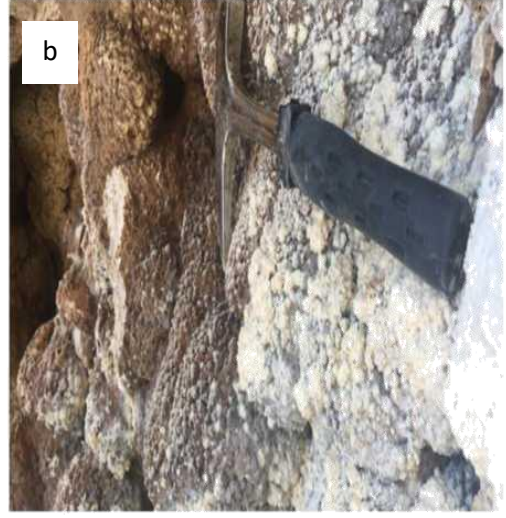


Şekil 4.1: Başaranlar Mermer sahasındaki travertenler ve alınan örneklerden görünüm.



Şekil 4.2: Başaranlar Mermer sahasındaki travertenler ve alınan örneklerden görünüm (a,b,c)
a) Parlak kesit için hazırlanmış numune, b-c) Numunenin alındığı yer

İnceleme alanı içerisinde; travertenlerin çalı tipli Gastropod içeren laminalı yapıda paleosol (eski toprak içeren) ve gaz baloncuklu litotipleri gözlenmiştir. Numune kayaç örnekleri çoğunlukla masif olmayan ve kristallenmenin sekteye uğradığı mağara görünümlü bitki ve hayvan fosillerinin bulunduğu alanlardan alınmıştır (Şekil 4.2.).



Şekil 4.3: Erdem Mermer sahasındaki travertenler ve alınan kayaç örneklerinin görünümü a-b Travertenlerin arazide görüntüsü c) hazırlanan parlak kesitlerin görüntüsü d) Travertenlerde görülen boşluklar



Şekil 4.4: Erdem Mermer sahasındaki travertenler ve alınan örneklerden görünüm

4.1.2 Kömürcüoğlu Mermer (3. Lokasyon)

3.Lokasyona ait Kömürcüoğlu Mermere ait sahanın Killiktepe mevki; daha çok kırık çatlak takımı olduğu ve blok veriminin düşük olduğu pizolitik yapılı, düzensiz boşluklu yapılı, bantlı travertenler, düzenli boşluklu yapı, şeklinde gözlenmiştir. Ayrıca renk olarakta kahverengi açık sarı bej kırmızı ve kahverenginin

tonları olarak değişkenlik göstermektedir. Çalışma alanında çalı, kamyş, sal, laminalı litotipler araştırılmıştır (şekil 4.5)



şekil 4.5: Kömürcüoğlu Mermer sahasındaki travertenler ve alınan kayaç örneklerinin görünümü



Şekil 4.6: 3.Lokasyon saha ve numune görüntüleri

5. MİNERALOGİK-PETROGRAFİK İNCELEMELER

5.1 Optik Mikroskop

Tez çalışması kapsamında araziden alınan traverten örneklerinin optik mikroskop inceleme sonuçlarına göre Başaranlar ocağından alınan örnekte kısmen Erdemler ocağından alınan örnekte ise bütünüyle daha önce çökelmiş kireçtaşlarının sıcak sulu çözeltiler tarafından çözünme ve yeniden kristallenme mekanizmasına maruz kaldıkları gözlenmiştir (Şekil 5.1 ve 5.2). Diğer bir ifadeyle traverten olarak işletilen kayalar bütünüyle sıcak sulu bikarbonatça zengin çözeltilerden itibaren oluşmaktan ziyade daha önce normal sedimenter süreçlerle oluşmuş bir kireçtaşının daha sonra traverten oluşumuyla ilişkili çözeltilerce etkilenmiştir.

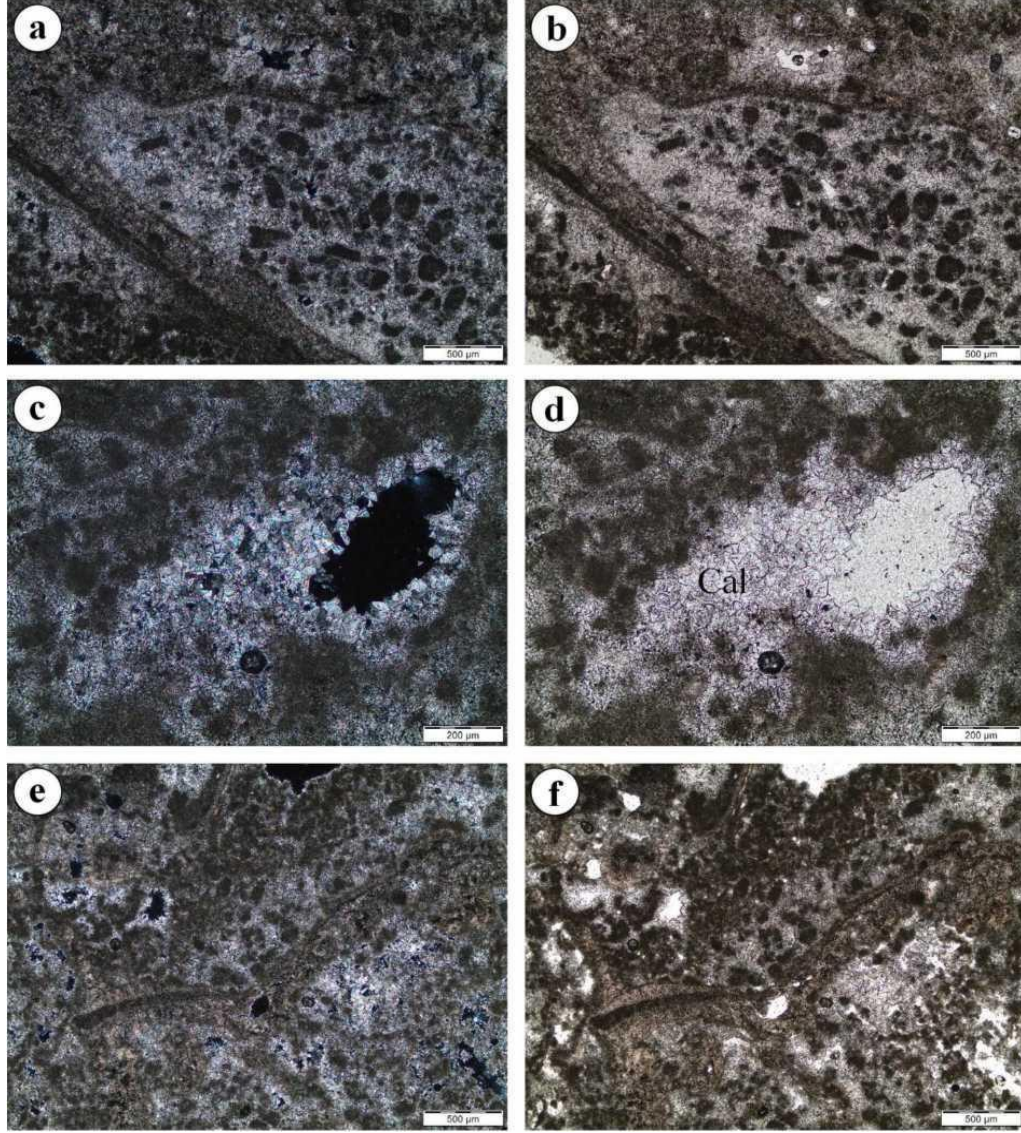
Başaranlar ocağına ait traverten örneğinin optik mikroskop görüntüleri ilksel kayacın mikritik intraklastlar ve olası makro fosil kavkısı içerdiklerini göstermiştir (Şekil 5.1.a-b) Traverten oluşumuna neden olan sıcak sulu çözeltiler intramikritik kayalarda çözünme boşlukları ve bu boşlukların çeperlerinde yeniden kristallenme ürünü iri taneli kalsit çökelimlerine neden olmuştur (Şekil 5.1.c-f).

Erdemler ocağına ait traverten örneğinde ilksel sedimenter kayaç izleri (makro fosil kavkısı) daha belirgin gözlenebilmektedir (Şekil 5.2.a). Fosil kavkısının yanı sıra hızlı karbonat çökelişi nedeniyle katılaşmış ve/veya fosilleşmiş bitki (ağaç dalı) parçası da belirlenmiştir (Şekil 5.2.b). Traverten oluşumuyla ilişkili sıcak sulu çözeltiler çözünme boşluklarının yanı sıra, önce ince taneli (<4 µm, mikritik) ve daha sonra iri taneli (>10 µm, sparitik) kalsit oluşumlarına neden olmuştur (Şekil 5.2.c-f).

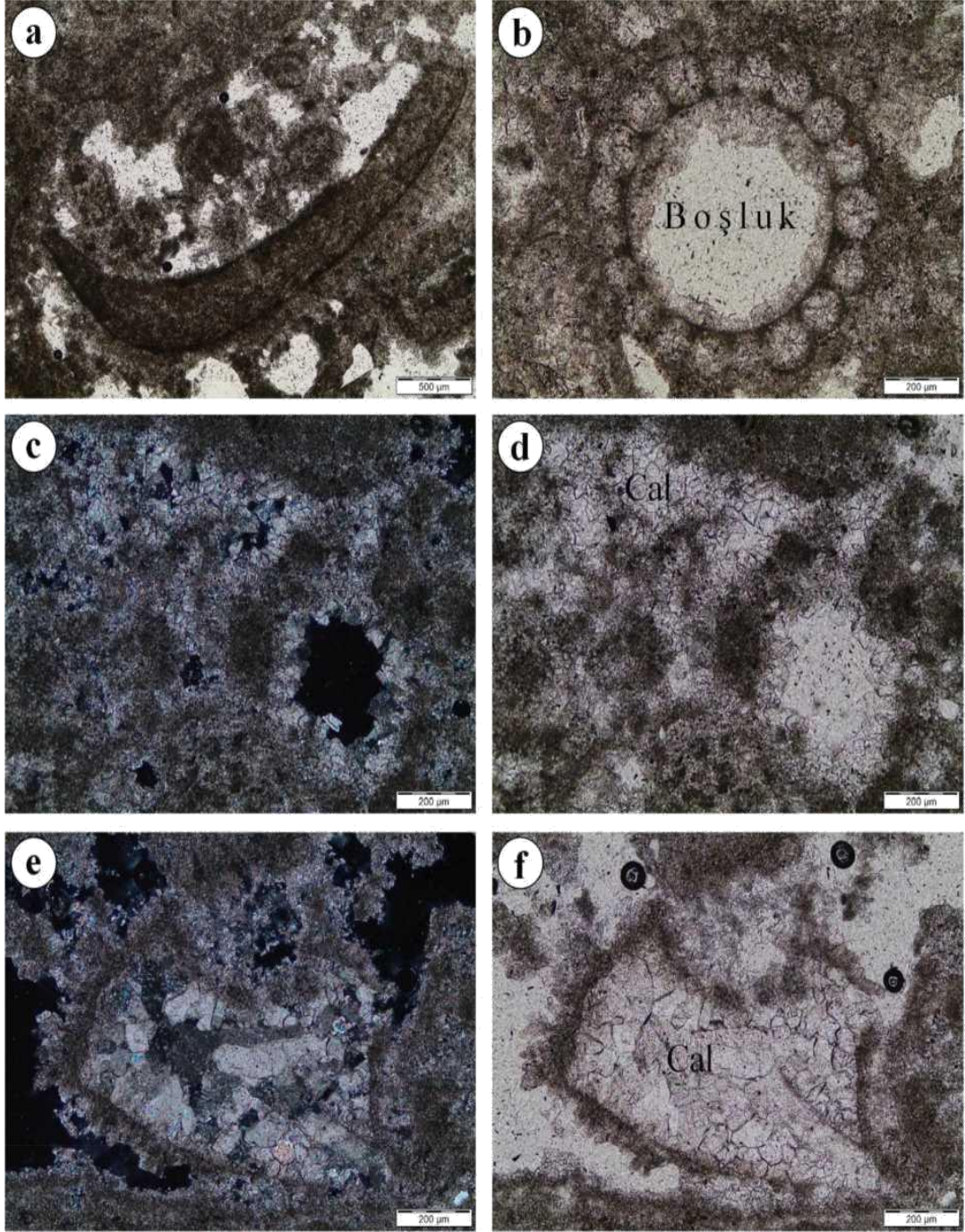
Kömürcüoğlu ocağına ait ince bantlı traverten örneğinin optik mikroskop incelemesi mevcut mikrobantların taneseli (granüler) ve lifsel karbonat mineral mikrolaminasyonlarından oluştuğunu göstermiştir (Şekil 5.3.a-b). İncelenen traverten örneği akıntının etkin olduğu hareketli bir ortamdaki bir çökelişe işaret eden sparitik kalsitlerden oluşmakta olup çözünme ve yeniden kristallenme ürünü kalsit kristallerince zengin doldurulmuş boşluklar içermektedir (Şekil 5.3.c-f).

5.2 X-Işınları Kırınımı (XRD) İncelemeleri

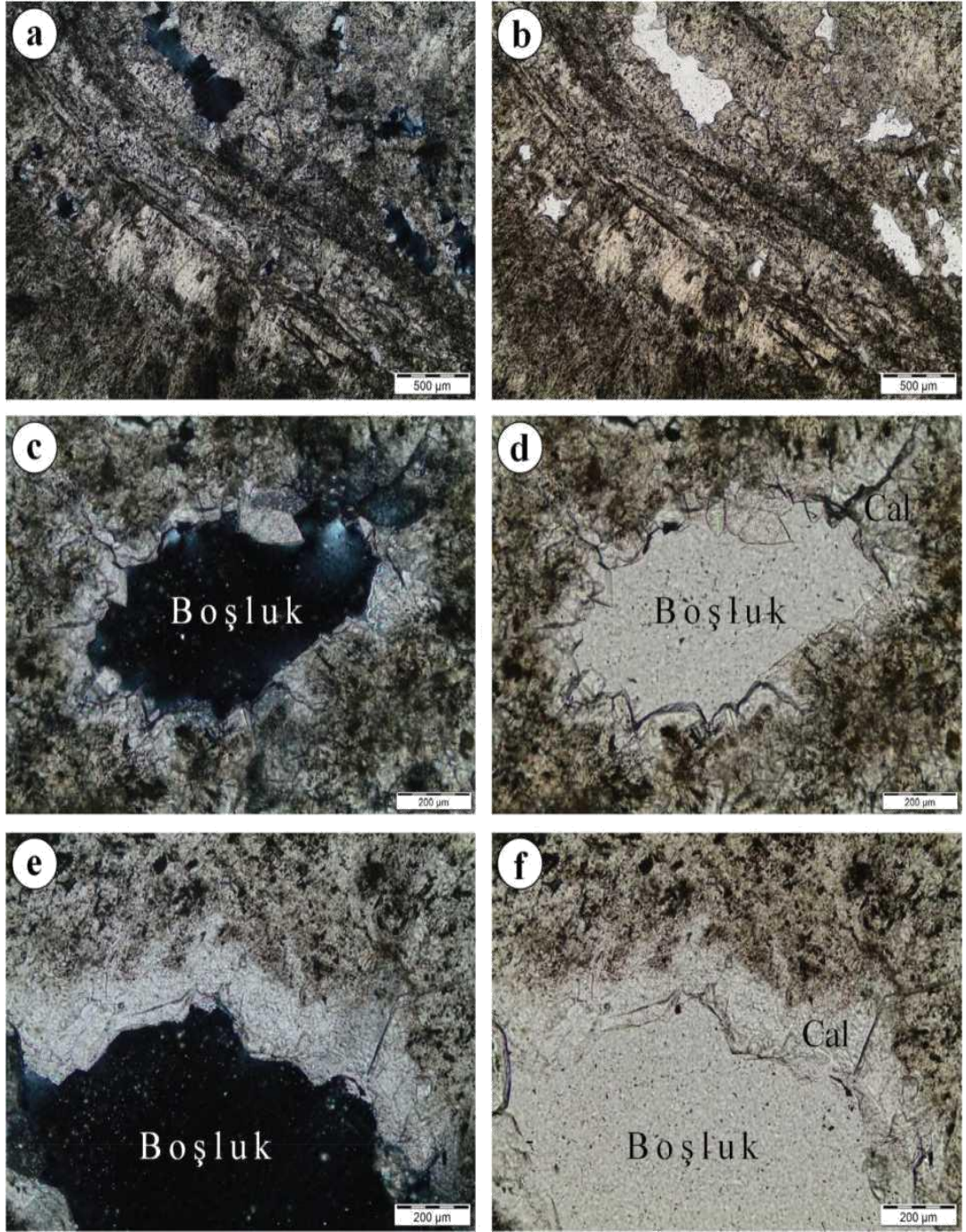
Erdemler Başaran ve Kömürcüoğlu firmaları tarafından işletilen ocaklardan alınan traverten örneklerinin XRD incelemeleri, bunların tümüyle kalsit minerallerinden oluştuğunu göstermiştir (Tablo 5.1).



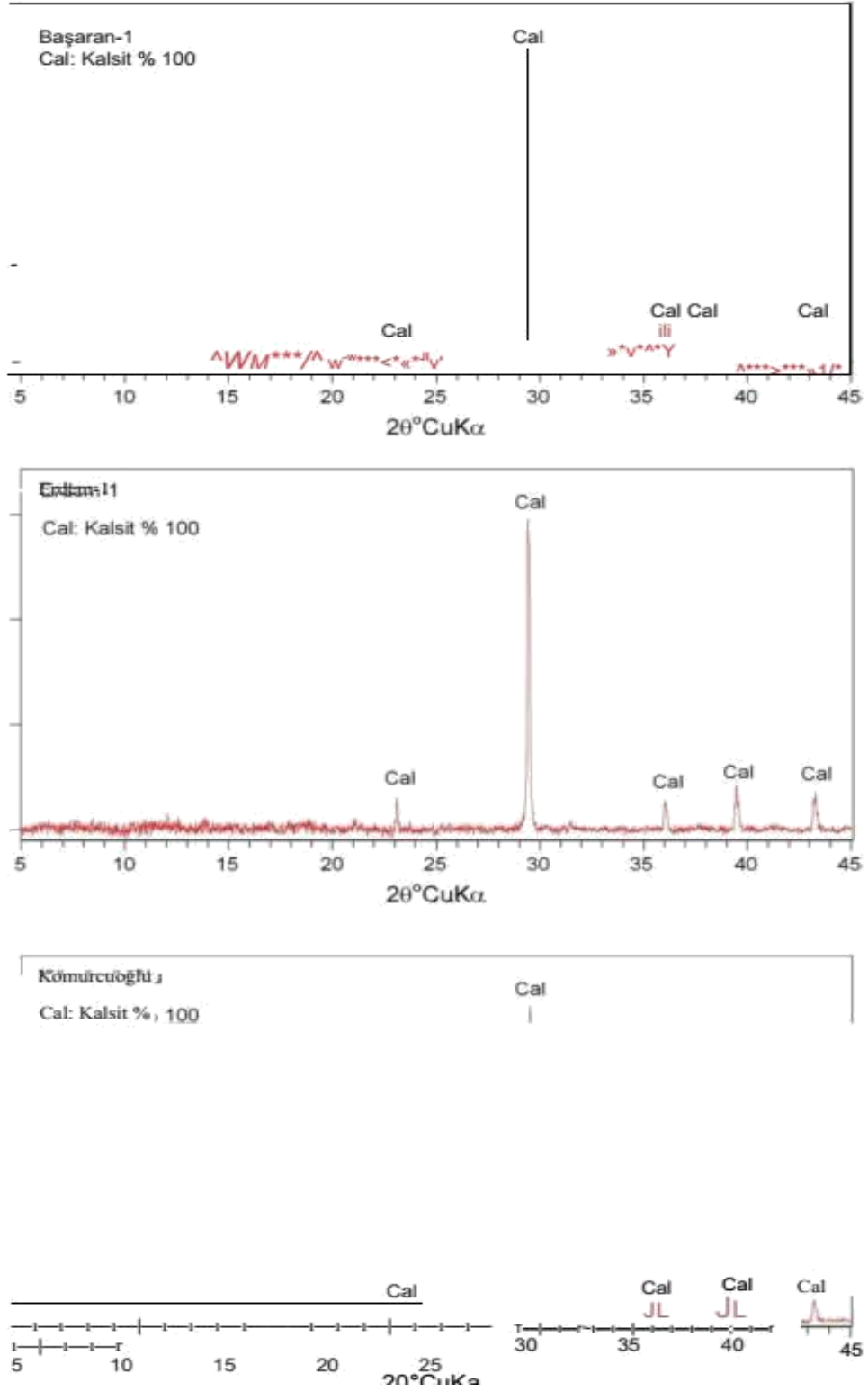
Şekil 5.2 Başaranlar ocağına ait traverten örneğinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop görüntüleri. a-b) Yeniden kristallenmeye uğramış mikritik intraklastlar ve makro fosil kavkısı (?) içeren kireçtaşı (fosilli intramikrit) (a: Çift nikol, b: Tek nikol), c-d) İntramikritlerde yeniden kristallenme (rekristalizasyon) ürünü iri taneli (50-100 µm) kalsit oluşumları (c: Çift nikol, d: Tek nikol) , e-f) Fosilli intra mikritlerde yeniden kristallenme sonucu gelişen gözenekli doku (e: Çift nikol f: Tek nikol).



Şekil 5.3: Erdemler ocağına ait traverten örneğinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop görüntüleri. a) Mikritik karbonat kayacında makro fosil kavrısı ve yeniden kristallenme ürünü kalsit oluşumları (Tek Nikol) b) Traverten içerisinde hızlı karbonat çökelişi nedeniyle katılaşmış ve/veya fosilleşmiş bitki (ağaç dalı?) parçası (Tek nikol) , c-d) Traverten oluşumuyla ilişkili ince taneli (< 4 μm , mikritik) ve bunu izleyen iri taneli (> 10 μm , sparitik) yeniden kristallenme ürünü kalsit oluşumları (c: Çift nikol d: Tek nikol) e-f) Mikritik çökelişi izleyen yeniden kristallenme sonucu gelişen ve tane boyu 200 μm'ye ulaşan iri taneli kalsitler (e: Çift nikol, f: Tek nikol).



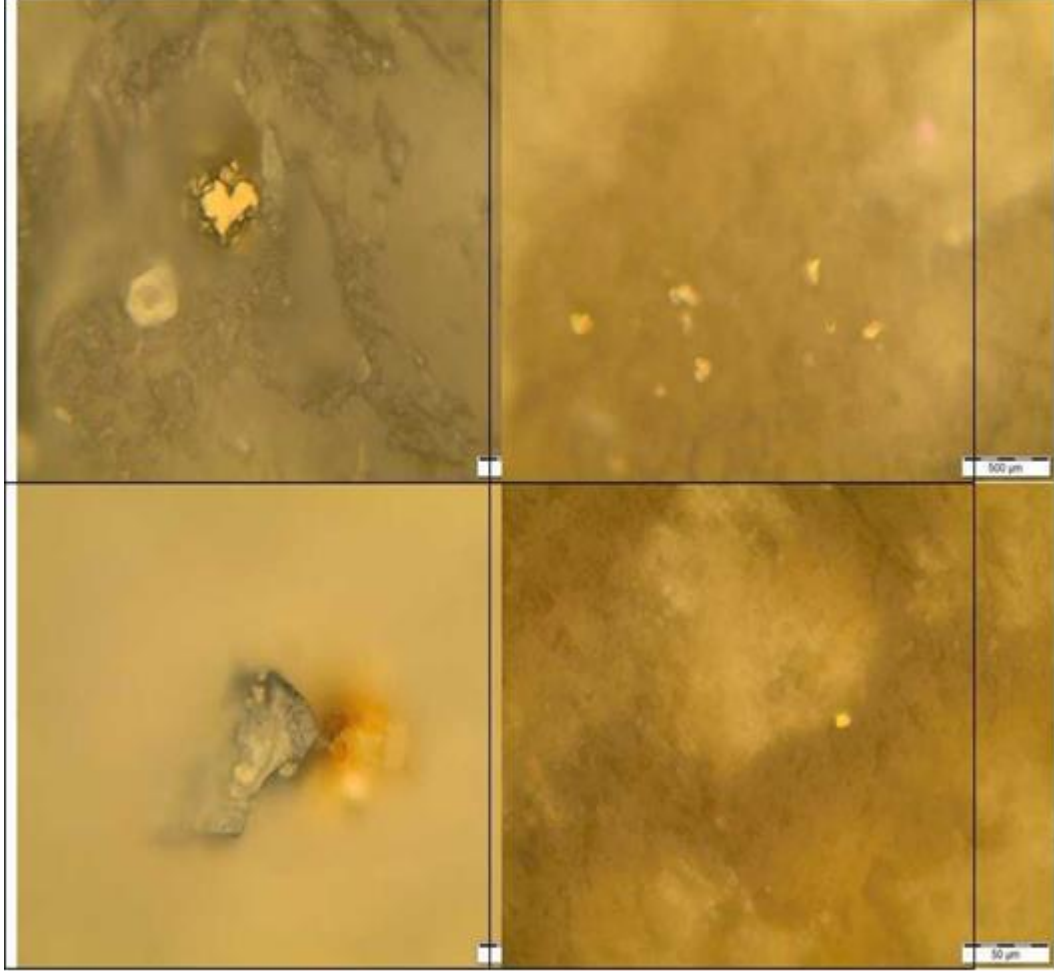
Şekil 5.4: Kömürcüoğlu ocağına ait traverten örneğinin alttan aydınlatmalı polarizan mikroskop görüntüleri. a) Bantlı travertenlerde granüler ve lifsel karbonat mineral mikrolaminasyonları (a: Çift nikol b: Tek nikol) c-d) Sparitik dokulu kalsitlerden oluşan travertenlerde çözünme ve yeniden kristallenme ürünü çeperleri iri kalsit kristallerince doldurulmuş boşluklar (c: Çift nikol d: Tek nikol) e-f) Çözünme boşluklarında iri taneli kalsit kristalleri ve çözeltilerden itibaren doğrudan oluştuklarına işaret eden jel dokusu (e: Çift nikol f: Tek nikol).



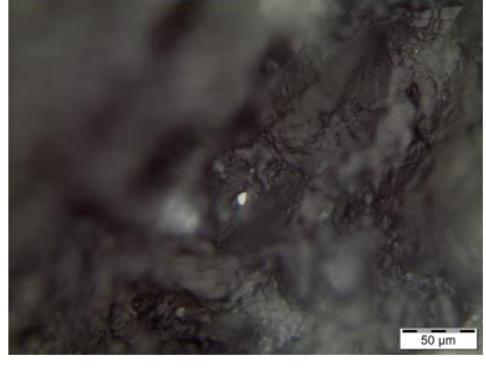
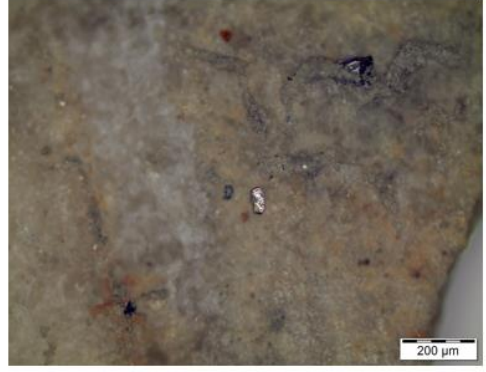
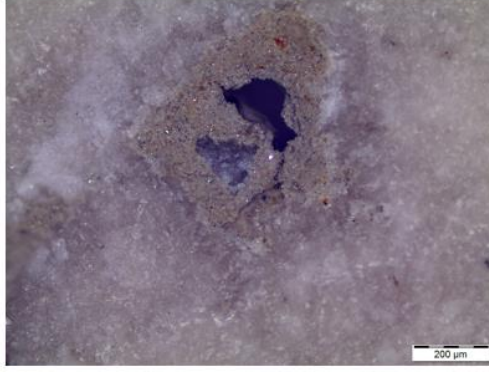
Şekil 5.5: Erdemler Başaran ve Kömürçüoğlu ocaklarından alınan traverten örneklerinin XRD sonuçları

5.3 Cevher Mikroskopisi İncelemeleri

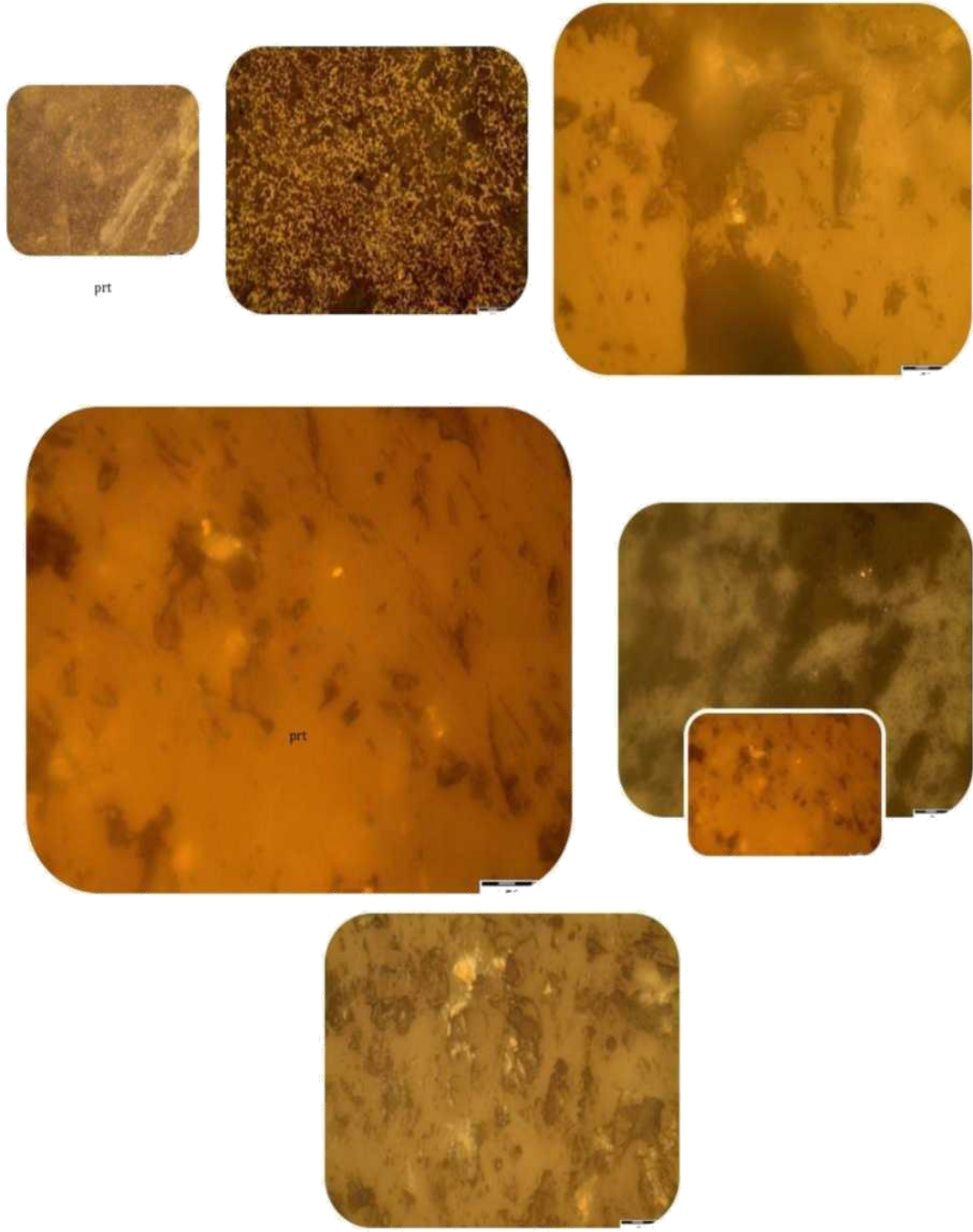
Üç farklı lokasyondan alınan örneklerden hazırlanan parlak kesitlerin incelenmesi sonucunda travertenlerin pirit hematit ve limonit içerdiği görülmüştür (a,b ve c).(Şekil 5.3.1,2,3))



Şekil 5.6: Erdem mermer sahasından alınan örneklerde gözlenen pirit ve hematit mineralleri.



Şekil 5.7: Başaranlar mermer sahasından alınan örneklerde gözlenen pirit mineralleri.



Şekil 5.8: Kömürcüoğlu mermer sahasından alınan örneklere gözlenen pirit mineralleri

5.4 Denizli Travertenlerinin Ekonomiye Katkısı

Türkiye ve Dünyanın harikalarından biri olan Pamukkale güncel traverten oluşumuyla Türk turizmine katkı sağlamaktadır. Aynı zamanda bölgede taş ocaklarının faaliyetlerinde yaklaşık 100 ülkeye ihraç edilmektedir. Türkiye traverten rezervinin %50'sine sahip Ballık boğazında 50'ye yakın ocak çalışmalarını sürdürmektedir. Ülkenin maden ihracatının yıllık 5 milyar dolar olduğu ve bunun 2 2 milyar dolarlık kısmını doğal taşın oluşturduğu yıllık üretimin 2 milyon ton olarak tespit edilmiştir

TİM verilerine göre Mermer-Traverten ve Madencilik ürünleri ihracatında 2017 verilerine göre bir küçülme olsa da bu aslında dış pazarında küçülmeye yöneldiğine işarettir (Türkiye İhracatçılar Meclisi). Tablo 5.1.

Tablo 5.1: 2017 TİM verilerine göre Denizli traverten rezervi

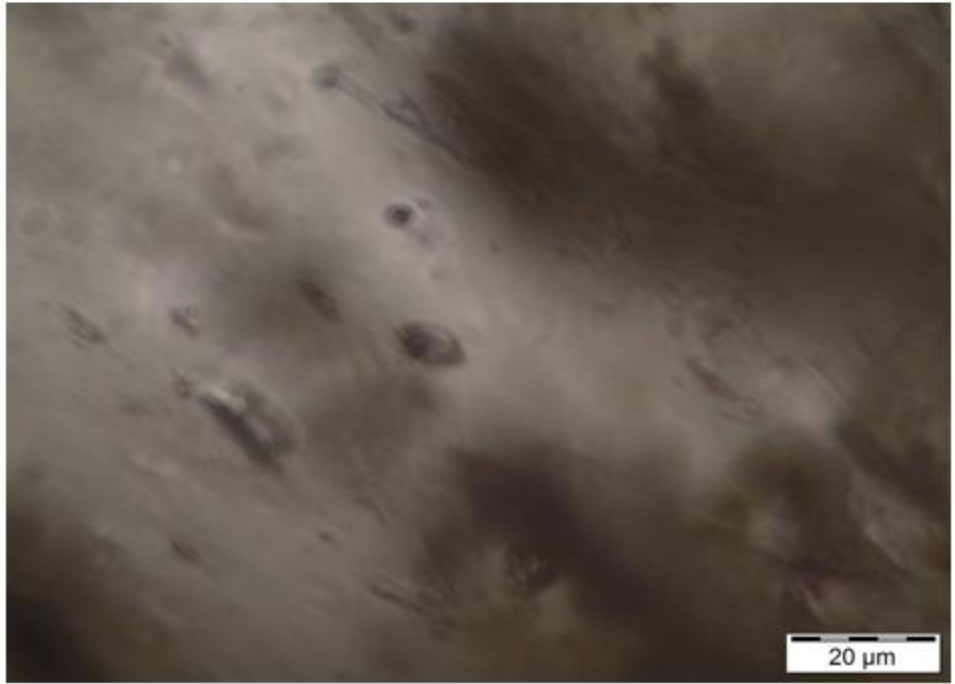
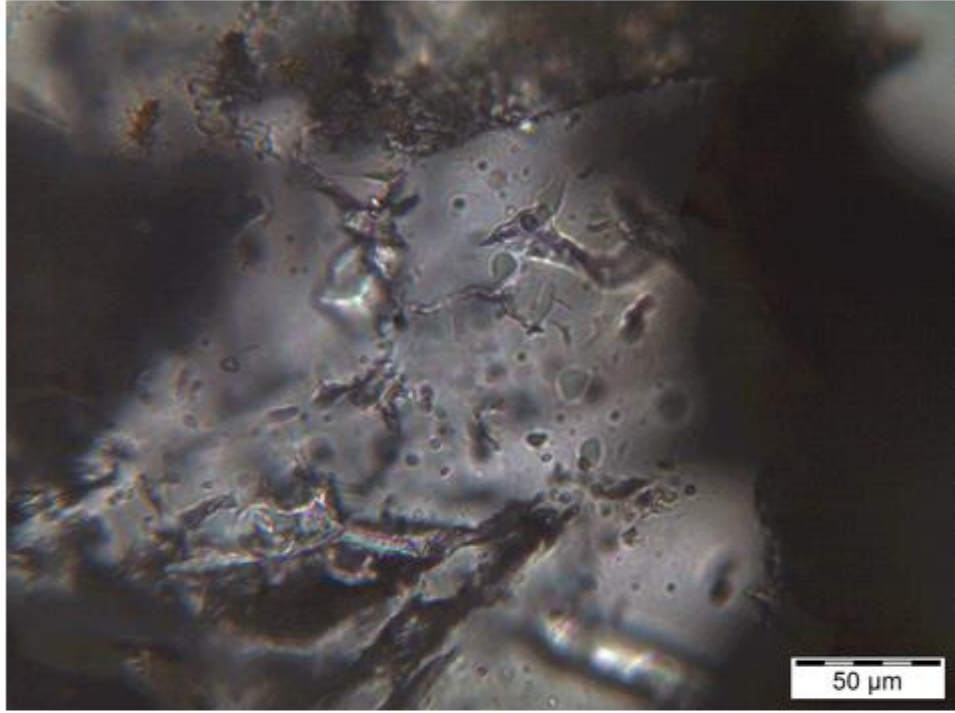
Denizli ihracatı (DSO Revizyonunu İçeren)	2018 (milyon\$)	2017 (milyon\$)	Değişim
Kablo& Bakır Tel-Demir Dışı Metaller	1.161	1.038	11,79%
Mermer-Traverten ve Madencilik Ürünleri	195	265	-26,42%
Hazır Giyim &Konfeksiyon	1.408	1.417	-0,61%
Demir-Çelik	465	300	55,02%
Diğer (Gıda, Cam vb.)	355	331	7,30%
Toplam	3.584	3.351	6,96%

6. SIVI KAPANIM İNCELEMELERİ

Sıvı kapanım incelemeleri inceleme alanı içindeki farklı sektörlerden alınan örneklerdeki kalsit minerallerinde gerçekleştirilmiştir. Örneklerden hazırlanan, 80-100 µm arasındaki kalınlıklarda ve 3x5 cm ebatlarında, iki yüzü parlatılmış özel kesitler Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan ve NIKON Labophot-pol tipi mikroskoplara monte edilmiş LINKAM THMS-600 ve TMS-92 tipi ısıtma - soğutma sisteminde incelenmiştir. İncelemeler sırasında; ilk erime sıcaklığı (T_{FM}) son buz erime sıcaklığı ($T_{m_{ice}}$) ve homojenleşme sıcaklığı (T_H) ölçümleri yapılmıştır. Dondurma işlemlerinde sıvı azot gazı kullanılmıştır. Ölçüm sonuçları Çizelge 6.1'de toplu halde görülmekte olup tekrarlanmış analiz sonuçlarından sıcaklık ölçümlerinde hata payının %0.5 °C'den daha az olduğu gözlenmiştir.

6.1 Kapanımların Morfolojik Özellikleri

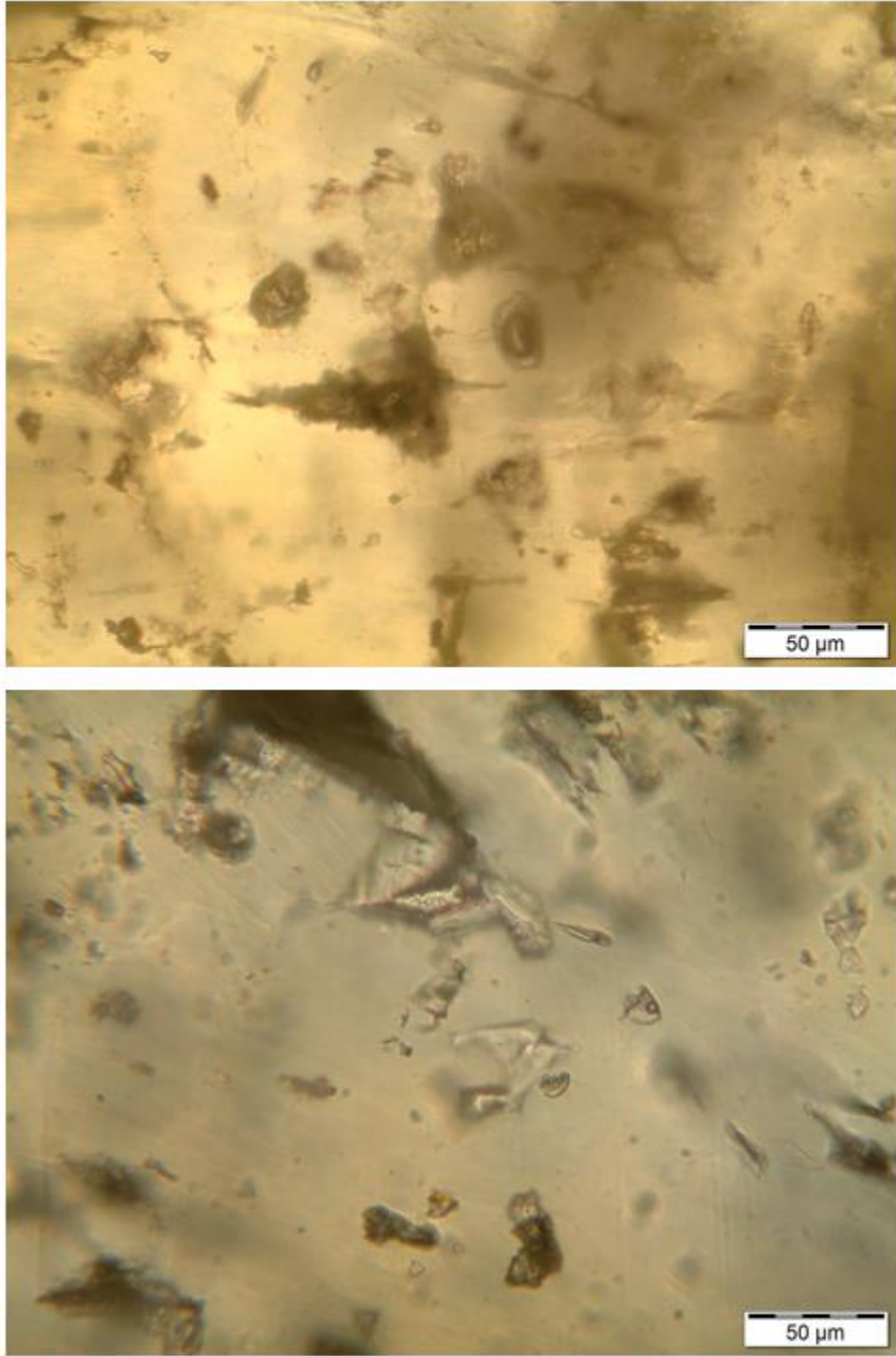
İncelenen iki yüzü parlatılmış kesitlerde sıvı kapanım toplulukları kalsit mineralleri içerisinde bulunan birincil ve ikincil kapanımlar olarak gözlenmektedir. İki fazlı gaz içeren kapanımlarda gaz sıvı oranı %60-75 gaz %40-25 sıvı olarak belirlenmiş olup kapanımların çoğu birincil kapanımlar şeklindedir (Şekil 6.1-3). Mikrotermometrik ölçümlerin hepsi kalsit minerallerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.1.,2,3,)



Şekil 6.9: Başaranlar sahasına ait örneklerde gözlenen iki fazlı kanpanımlardan görünüm.



Şekil 6.2: Erdem mermer sahasına ait örneklerde gözlenen iki fazlı kapanımlardan görünüm



Şekil 6.3: . Kömürcüoğlu mermer sahasına sahasına ait örneklere gözlenen iki fazlı kapanımlardan görünüm

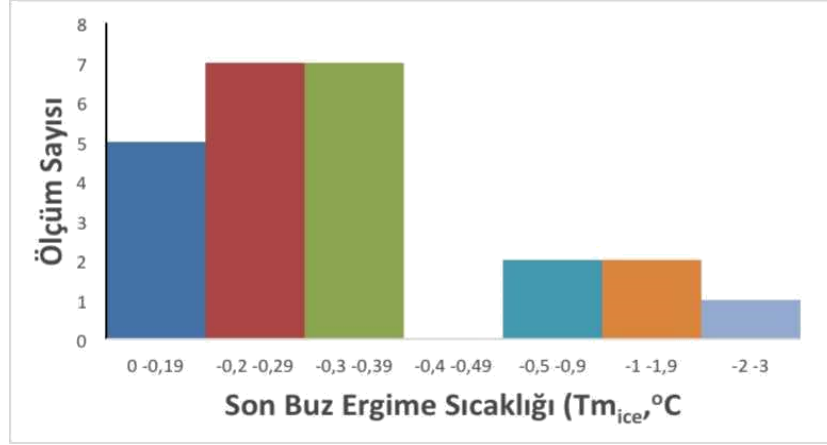
6.2 İlk Erime Sıcaklığı Ölçümleri (T_{FM})

İki bileşenli kapanım türünde $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında değişen T_{FM} değerleri ölçülmüştür. Bu sıcaklık değerleri çeşitli su-tuz sistemlerinin ötektik sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında " $\text{H}_2\text{O}-\text{NaCl}-\text{CaCl}_2$ " ve " $\text{H}_2\text{O}-\text{MgCl}_2-\text{CaCl}_2$ " sistemlerinin ötektik sıcaklıkları (Shepherd ve diğ. 1985; Gökce 2000) ile uyduğu ve hidrotermal çözelti içinde NaCl_2 , CaCl_2 , MgCl_2 tuzların bulunduğu söylenebilir. Çözelti içinde CaCl_2 ve MgCl_2 gibi tuzların bulunması hidrotermal çözeltilerin doğrudan veya dolaylı olarak deniz suyu ile ilişkili olduklarına veya denizel çökeller içinde sirkülasyon yaptıklarına işaret sayılabilir.

6.3 Son Buz Erime Sıcaklığı Ölçümleri ($T_{m_{ice}}$)

Birincil kapanımlarda ölçülen $T_{m_{ice}}$ değerlerinin istatistiksel dağılımları şekil 6.4. ' de görülmektedir.

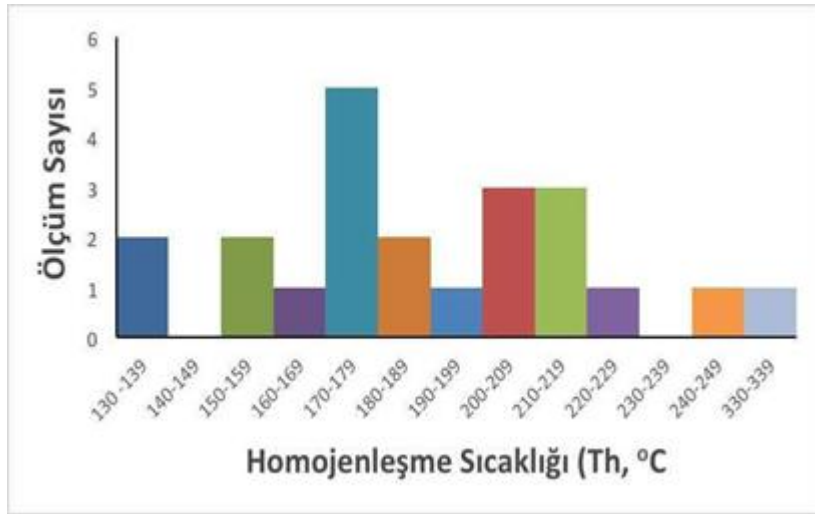
Kalsitlerdeki birincil kapanımlarda ölçülen $T_{m_{ice}}$ değerleri -0.1 ile $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ arasında (ort. $-0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$) ikincil kapanımlarda ise $T_{m_{ice}}$ değerleri okunamamıştır. Bilindiği gibi son buz erime sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak çözeltilerin tuzluluğu hesaplanabilmekte olup Bodnar (1993) tarafından geliştirilmiş eşitlik yardımıyla bu değerlere karşılık gelen tuzluluk değerlerinin % NaCl eşdeğeri olarak; birincil kapanımlarda %0 ile %0.53 aralığında (ort. %0.178) değiştiği belirlenmiştir.



Şekil 6.4: Kalsitler içindeki birincil kapanımlarda son buz erime sıcaklığı (T_{m_ice}) değerlerinin istatistiksel dağılım tablosu

6.4 Homojenleşme Sıcaklığı Ölçümleri (T_H)

Kapanımlarda ölçülen homojenleşme sıcaklığı değerlerinin istatistiksel dağılım grafikleri Şekil 6.5'de görülmektedir. Kalsitlerdeki birincil kapanımlarda T_H değerleri; 133 ile 334 °C (ort. 232 °C) arasında değişmektedir.

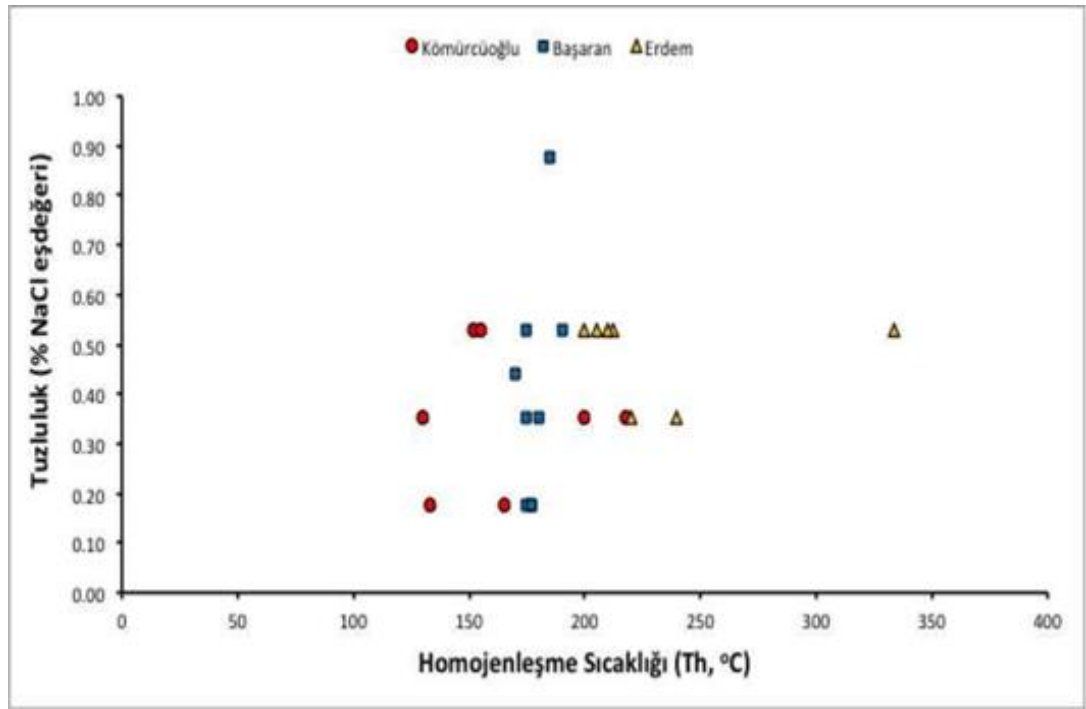


Şekil 6.5: Son buz erime sıcaklıkları ölçülen örnekler üzerinde homojenleşme sıcaklıkları ölçümleri.

6.5 Tuzluluk ve Homojenleşme Sıcaklığı İlişkisi

Farklı lokasyonlara ait örneklerdeki birincil kapanımlarda tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı ilişkisi incelendiğinde; Kömürcüoğlu sahasındaki travertenlerin oluşumu sırasında ortamda etkin olan çözeltilerin sıcaklıklarının ve tuzluluklarının düşük olduğu Başaranlar sahasındaki travertenlerin oluşumunda etkin olan çözeltilerin orta seviyede sıcaklık ve tuzluluğa sahip olduğu ve Erdem mermer sahasındaki travertenlerin ise oldukça yüksek sıcaklığa sahip çözeltilerce oluştuğu görülmektedir (Şekil 6.6).

(T_{mice} ve T_H değerlerinin birlikte ölçülebildiği kapanımlar kullanılmıştır).

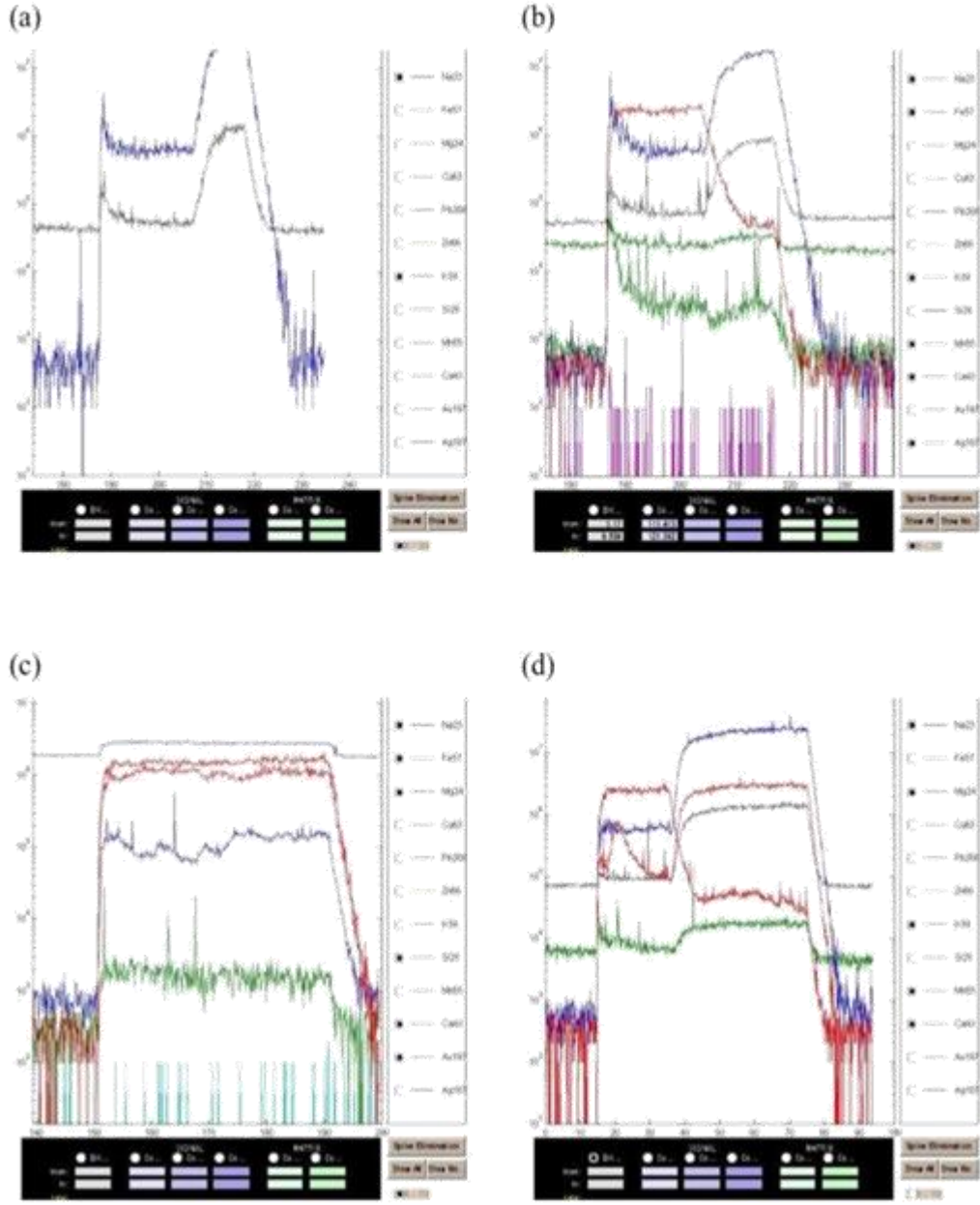


Şekil 6.6: Sıvı kapanımlarının tuzluluk - homojenleşme sıcaklığı diyagramındaki dağılımı.

7. LAZER-İNDUKTİF EŞLEŞMİŞ PLAZA-KÜTLE SPEKTROMETRESİ (LA-ICP- MS) İNCELEMELERİ

Analizler iki yüzü parlatılmış kesitlerden itibaren tanımlanmış ve daha önce mikrotermometre ölçümleri yapılan Erdem mermer sahasında alınmış örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Optik incelemelere göre aynı tip ve aynı alanda yer alan sıvı kapanımlar analiz edilmiştir. LA-ICPMS analizler başlıca kalsit üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sıvı kapanımlardaki Na K Mg ve Ca g b element konsantrasyonları sıvı/kayaç etkileşiminin veya farklı litoloj ve/veya farklı sıcaklıklarla dengedeki sıvıların karışımının belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Proje kapsamında yapılan analizlerde; farklı minerallerdeki kapanımların K/Na oranı son derece güvenilirdir.

Analizi yapılan örneklerde travertenleri oluşturan çözeltilerin başta demir olmak üzere mangan ve krom içerdikleri belirlenmiştir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1: Erdem mermer sahasına ait örneğe ait LA-ICP analiz sonuç diyagramları

7.1 Jeokimyasal İncelemeler

Başaran Erdem ve Kömürcüoğlu traverten sahalarından alınan örneklere ait jeokimyasal analiz sonuçlarına göre örneklerin demir içeriklerinin oldukça yüksek olduğu bunun yanı sıra bir miktar mangan, krom ve nikel içerdiği de görölmektedir (Tablo 7.1).

Tablo 7.1: Başaran Erdem ve Kömürcüoğlu traverten sahalarındaki örneklere ait analiz sonuçları

Elementler (mg/g)	Başaran	Erdem	Kömürcüoğlu
As (Arsenik)	2.102	2.308	0.746
Zn (Çinko)	-	0.670	-
Pb (Kurşun)	-	-	-
Co (Kobalt)	2.868	2.941	1.344
Ni (Nikel)	2.812	2.510	3.720
Fe (Demir)	185.00	358.00	41.71
Mn (Mangan)	17.00	17.540	7.745
Cr (Krom)	1.335	1.321	0.857
Cu (Bakır)	-	-	-
Au (Altın)	-	-	-
B (Bor)	30.690	9.462	-

8. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında Honaz/Gürlek bölgesindeki farklı lokasyonlardaki traverten örnekleri üzerinde yapılan incelemelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Petrografik incelemelere göre; Başaranlar ocağına ait traverten örneğinin mikritik intraklastlar ve olası makro fosil kavkısı içermektedir. Erdemler ocağına ait traverten örneğinde de benzer biçimde ilksel sedimanter kayaç izleri (makro fosil kavkısı) gözlenmiştir. Her iki ocaktaki örnekte de, traverten oluşumuyla ilişkili sıcak sulu çözeltiler, çözünme boşluklarının yanı sıra, önce ince taneli ($<4 \mu\text{m}$, mikritik) ve daha sonra iri taneli ($>10 \mu\text{m}$, sparitik) kalsit oluşumlarına neden olmuş gözükmemektedir. Kömürcüoğlu ocağına ait ince bantlı traverten örneği akıntının etkin olduğu hareketli bir ortamdaki bir çökelime işaret eden sparitik kalsitlerden oluşmakta, çözünme ve yeniden kristallenme ürünü kalsit kristallerince doldurulmuş boşluklar içermektedir. Milimetrik boyutlara ulaşan çözünme boşluklarındaki iri kalsit kristalleri ile çözülden itibaren doğrudan oluştuklarına işaret eden jel dokuları gözlenmiştir. Travertenlerden hazırlanan parlak kesitlerin incelenmesi sonucunda travertenlerin pirit, hematit ve limonit içerdiği görülmüştür.

Sıvı kapanım incelemeleri verilerine göre; travertenleri oluşturan çözeltilerin sıcaklıklarının $300 \text{ }^\circ\text{C}$ ' ye kadar ulaştığı, tuzluluklarının ise oldukça düşük (%1) olduğu belirlenmiştir. Mikrotermometrik incelemeler iki yüzü parlatılmış kalsit mineralleri içerisindeki çoğunluğu birincil ve daha az da ikincil kapanımlar üzerinde gerçekleştirilmiştir. İki fazlı gaz içeren kapanımlarda gaz sıvı oranı % 60-75 gaz % 40-25 sıvı olarak belirlenmiştir. İki bileşenli kapanım türünde $-55 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ arasında değişen T_{FM} değerleri ölçülmüştür. Bu mikrotermometrik veriler travertenlerin oluşumunda etkili olan hidrotermal çözeltiler içinde NaCl_2 , CaCl_2 , MgCl_2 tuzların bulunduğuna işaret etmektedir. Çözelti içinde CaCl_2 ve MgCl_2 gibi tuzların bulunması, hidrotermal çözeltilerin doğrudan deniz suyuyla ilişkili veya dolaylı olarak denizel çökeller içinde dolaşım yaptıklarını düşündürmektedir.

Kalsitlerdeki birincil kapanımlarda ölçülen T_{mice} değerleri -0,1 ile -0,3°C arasında olup, ikincil kapanımlarda ölçülememiştir. Son buz ergime sıcaklığı verilerine göre tuzluluk değerlerinin % NaCl eşdeğeri olarak; birincil kapanımlarda %1 ile %0.53 arasında değişmektedir. Birincil kapanımlardaki tuzluluk ve homojenleşme sıcaklığı verilerine göre, Kömürcüoğlu sahasındaki travertenlerin oluşumu sırasında ortamda etkin olan çözeltilerin sıcaklıklarının ve tuzluluklarının düşük olduğu, Başaranlar sahasındaki travertenlerin oluşumunda etkin olan çözeltilerin orta seviyede sıcaklık ve tuzluluğa sahip olduğu ve Erdem mermer sahasındaki travertenlerin ise oldukça yüksek sıcaklığa sahip çözeltilerce oluştuğu belirlenmiştir. LA-ICPMS analizlerinde, travertenlerin oluşumunda etken olan çözeltilerin demir başta olmak üzere, mangan ve krom içerdikleri belirlenmiştir. Bu durum travertenlerin jeokimyasal analiz verileri ile de uyumludur.

Mikrotermometrik incelemeler ve jeokimyasal analizlerden elde edilen sonuçlara göre; ortamda olası derin magmatik bir ısı kaynağının bulunduğu belirtilebilir.

9. KAYNAKLAR

Altunel E., "Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri Yaşları ve Neotektonik Önemleri", *MTA Dergisi*, 118, 47-64, Ankara, (1996).

Atabey E., "Tufa ve travertenlerin genel özellikleri sınıflaması depolanma ortamları", *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını*, 75, (2003).

Berardi.G., Vignaroli, G., Billi, A., Rosvetti, F., Soligo, M., Kele, S., Baykara, M.O., Bernasconi, M.S., Castorina, F., Tecce, F., Shen, C. C., "Growth of a Pleistocene giant carbonate vein and nearby thermogene travertine deposits at Semproniano, southern Tuscany, Italy: Estimate of CO₂ leakage", *Tectonophysics*, 690, 219-239, (2016).

Desouky, E.H., Soete J. Claes, H., Özkul, M., Vanhaecke F., Swennen R. "Novel applications of fluid inclusions and isotope geochemistry in unravelling the genesis of fossil travertine systems", *Sedimentology* 62, 27-56, (2015).

Heinrich,C.A., Pettke, T., Halter,W.E., Aigner-Torres, M., Horn, I., "Quantitative multi-element analysis of minerals, fluid and melt inclusions by laser-ablation inductively-coupled-plasma mass-spectrometry". *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 67, 18, 3473-3497, (2003).

Ketin İ., Türkiye Jeolojisi'ne genel bir bakış, (1983).

Koçak A., "Denizli-Pamukkale ve Karahayıt kaplıcalarının hidrojeolojik etüdü", *MTA Rapor no: 5670* (Yayımlanmamış). (1976).

Kutlu Ş. D., "Pamukkale (Denizli) Ve Yakın Çevresi Jeotermal Sularının Hidrojeolojik Hidrojeokimyasal Ve İzotop Jeokimyasal Özellikleri", *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 90, (2015).

Okay, A.I., "Denizli'nin güneyinde Menderes masifi ve Likya naplarının jeolojisi", *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 109, 45-48 (in Turkish), (1989).

Özkul M., Gökgöz A., Kele S., Baykara M.O., Shen C.C., Chang Y.W., Kaya A., Hançer M., Aratman C., Akın T., ve Örü Z., " (Sedimentological and Geochemical characteristics of a fluvial travertine: A case from the eastern Mediterranean region". *Sedimentology*, 61, 291-318., (2014).

Özkul M., Varol B., Ve Alçiçek M. C., "Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları", *MTA Dergisi* 125 13-29., (2002).

Özkul, M., Kele, S., Gökgöz, A., Shen, C.C., Jones, B., Baykara, M.O., Forizs, I., Nemeth, T., Chang, Y.W., ve Alçiçek, M.C., "Comparison of the Quaternary travertine sites in the Denizli extensional basin based on their depositional and geochemical data", *Sedimentary Geology*, 294, 179-204. , (2013) .

Özpınar Y. Heybeli H. Semiz B. Baran H. A. Kocan B. "Kocabaş (Denizli) Travertenleri ve Kömürcüoğlu (Kocabaş) Travertenlerinin Jeolojik ve Petrografik Olarak İncelenmesi ve Bunların Teknolojik Açıdan Değerlendirilmesi", *Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mer-sem '2001), Bildiriler kitabı*, 133-151, (2001).

Pentecost, A., , "Quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor", *Qual. Sci. Rev.* 14, 1005-1028, (1995).

Seyitoğlu G., Işık, V., Çemen I., "Complete Tertiary exhumation history of the Menderes Massif, western Turkey; an alternative working hypothesis", *Terra Nova*, 1616, 358-364, (2004).

Sözbilir H. "Stratigraphy and Sedimentation of the Tertiary Sequences in the Northeastern Denizli Province (Southwest Turkey)", (Doktora Tezi), *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, İzmir, (1997).

Sun, R. S., "Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları", MTA Raporu, No: 9985, (1990).

Şengor A.M.C. Görür N. and Varoğlu F. "Strike-Slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, strike-

slip deformation, Basin formation and sedimentation”, *Society of Economic paleontologists and mineralogists special publication*, 37, 227-264, (1985).

Toker, E., Özkul, M., Kayseri-Özer, M.S., .Kele. S., “Depositional architecture and palaeoclimatic dynamics of Late Pleistocene travertines: Kocabaş Denizli SW Turkey”, *Sedimentology*, 62, 5, 1360-1383, (2015).

10. ÖZGEÇMİŞ

ADI SOYADI : SEVNUR KÜNARLIOĞLU
DOĞUM YERİ: DENİZLİ
DOĞUM TARİHİ: 19/11/1976
Lisans Üniversite: Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği
Elektronik posta: skunarlioglu@hotmail.com