



**T.C.**  
**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON**  
**BİRİMİ (PAUBAP)**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ**  
**SONUÇ RAPORU**

**PROJE NO : 2010 BSP 005**

**PROJE TİPİ\* : Başlangıç Seviyesi Projesi**

**İLGİLİ BİRİM:**Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinasyon Birimi

**PROJE ADI : Kocabaş (Denizli)**

**Travertenlerinde Sedimantolojik Palinolojik  
ve paleoiklimsel Çalışmalar**

**PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ :**

**Dr. Ezher TOKER (MF)**

**ARAŞTIRMACILAR :**

**Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL (MF)**

**Dr. M.Sezgül KAYSERİ-ÖZER (MF)**

# İÇ KAPAK

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ  
(PAUBAP)**

**PROJE NO : 2010 BSP 005**  
**PROJE TİPİ\* : Başlangıç Seviyesi**  
**Projesi**  
**İLGİLİ BİRİM: Bilimsel Araştırma**  
**Projeleri Koordinasyon Birimi**  
**PROJE ADI : Kocabaş (Denizli)**  
**Travertenlerinde Sedimentolojik**  
**Palinolojik ve paleoiklimsel Çalışmalar**

**PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ :**  
**Dr. Ezher TOKER (MF)**  
**ARAŞTIRMACILAR :**  
**Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL (MF)**  
**Dr. M. Sezgül KAYSERİ-ÖZER (MF)**

**DENİZLİ - 2013**

**Kocabaş (Denizli) Travertenlerinde Sedimentolojik Palinolojik ve  
paleoiklimsel Çalışmalar**

**Proje No: 2010 BSP 005**

Dr. Ezher TOKER  
Prof. Dr. Mehmet ÖZKUL  
Dr. Mine Sezgül KAYSERİ-ÖZER

MAYIS 2013  
DENİZLİ

## BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ ONAY SAYFASI

**Prof. Dr. Emin ERDEM** yürütücülüğünde hazırlanan 2010BSP 005 nolu ve “**Kocabaş (Denizli) Travertenlerinde Sedimantolojik Palinolojik ve paleoklimsel Çalışmalar**” Kesin Sonuç Raporu Pamukkale Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'nun ....../...../2013 tarih ve ..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof.Dr.Latif ELÇİ  
Koordinatör  
...../...../2013

## **ÖNSÖZ**

Bu çalışma, Denizli-Kocabaş mevkisinde yer alan Kuvaterner yaşlı traverten çökellerinin oluşum süreçlerini ve yaşlarını belirlemek ve ayrıca bu traverten çökellerinden elde edilen polen ve izotop bulgularıyla Denizli –Kocabaş bölgesinin paleoiklimsel durumunu da ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda, çalışma alanında yer alan traverten ocaklarında ayrıntılı jeolojik çalışmalar yapılmış, ölçülü stratigrafik kesitler çıkartılarak birbirleriyle korele edilmişlerdir. Sistemantik olarak traverten ocaklarından alınan örnekler, yaş (U/Th), izotop (O ve C), palinolojik ve ince kesit çalışmaları için kullanılmış ve bu analizlerden elde edilen tüm veriler, birlikte değerlendirilerek travertenlerin çökme ortamı ve oluşum süreçlerindeki iklimsel değişimler, üç boyutlu olarak modellenerek çalışma alanının evrimsel tarihçesi ortaya konmuştur.

Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi 2010BSP005 no'lu proje kapsamında desteklenen bu çalışma, Denizli ve çevresindeki traverten çökellerinin gerek depolanma ortamı ve gerekse depolanma sırasındaki bölgenin paleoiklimsel koşulları konusunda bir ilk olma özelliği göstermektedir.

## İçindekiler

	<b>Sayfa</b>
ÖNSÖZ.....	1
İçindekiler.....	2
Şekiller Dizini .....	4
Çizelgeler Dizini.....	6
ÖZET.....	7
ABSTRACT.....	9
1. Giriş.....	10
2. Gereç ve Yöntem.....	11
3. Bölgenin Genel Jeolojisi.....	14
4. Önceki Çalışmalar.....	17
5. Travertenlerin Sedimantolojik Özellikleri.....	18
5.1. Site-I.....	21
5.2. Site-II.....	21
5.3. Site-III.....	22
5.4. Site-IV.....	23
6. Depolanma Sistemi ve Fasiyesler.....	26
6.1. Havuz düzlüğü fasiyesi (Flat pool facies).....	26
6.2. Çalı Düzlüğü Fasiyesi (Shrub flat facies).....	27
6.3. Bataklık-havuz fasiyesi (Marsh-pool facies).....	27
7. Jeokimyasal Analizler (Duraylı izotop ve kimyasal).....	29
8. Radyometrik yaş Analizi.....	33
9. Polen verileri.....	35
9.1. Site-I.....	35
9.2. Site-II.....	37
9.3. Site-III.....	39
9.4. Site-IV.....	41
10. Tartışma.....	44

10.1. Paleoortamsal öngörüler: Göl tipi travertenlerin karşılaştırılması ve modelleme.....	44
10.2. Yaş, İzotop ve Polen verilerine göre paleoiklimsel yaklaşımlar.....	48
11. Sonuçlar ve Öneriler.....	52
Kaynaklar.....	55
Ekler.....	59
Proje Özet Bilgi Formu.....	61

## Şekiller Dizini

<b>Şekil 3.1.</b> Batı Anadolu'da yer alan graben sistemleri ve çalışma alanının yeri.....	15
<b>Şekil 3.2.</b> (a) Denizli'nin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve aktif normal fayların görünümü (Sun 1990). (b) Kocabaş ve Gürlek yerleşim yerleri arasındaki traverten ocaklarının lokasyonu ve görünümleri (Site-I (L1), Site-II (L2), Site-III (L3) ve Site-IV (L4)).....	16
<b>Şekil 5.1.</b> Çalışma alanında yer alan traverten ocaklarının panoramik görünümü (Site-I, Site-II, Site-III, Site-IV). .....	20
<b>Şekil 5.2.</b> Çöküntü depolanma sistemi içinde depolanan Kocabaş traverten litotiplerinin özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde gösterilmesi.....	25
<b>Şekil 6.1.</b> Çalışma alanındaki traverten ocaklarından elde edilen ölçülü stratigrafik kesitlerin litotip ve fasiyesleri.....	28
<b>Şekil 7.1.</b> Site-III ve Site-IV traverten örneklerinin izotop sonuçlarının grafik üzerinde gösterimi.....	31
<b>Şekil 8.1.</b> Kocabaş travertenlerinden elde edilen U-serisi yaşlandırma sonuçları.....	34
<b>Şekil 9.1.</b> (a) Site-I'e ait ölçülü stratigrafik kesit, litotipler ve örnek yerleri, (b) Site-I'e ait traverten ocağının panoramik görüntüsü, (c) kesitten alınan örneklerin palinolojik sonuçları, (d) Site-I paleoiklimsel sonuçlar.....	36
<b>Şekil 9.2.</b> I. Lokasyona ait polen sonuçlarının "Coexistence Approach" yöntemi ile ortamın eski yağış ve sıcaklık değerleri.....	37
<b>Şekil 9.3.</b> (a) Site-II'den (II. Lokasyon) alınan ölçülü stratigrafik kesit ve açıklamaları, (b) Site-II'nin panoramik görüntüsü, (c) Eski toprak seviyelerinden elde edilen polen verileri, (d) Paleoiklimsel veriler.....	38
<b>Şekil 9.4.</b> (a) Site-II'deki (II.Lokasyon) paleosollerden elde edilen polen örnekleri ve (b) "Coexistence Approach" yöntemi ile bulunan sıcaklık ve yağış verileri.....	39
<b>Şekil 9.5.</b> (a) Site-III ölçülü stratigrafik kesitindeki traverten litotipleri ve yaşları, (b) Site-III traverten ocağının panoramik görüntüsü, (c) duraylı izotop sonuçlarının grafiksel gösterimi, (d) paleoiklim verileri.....	40



<b>Şekil 9.6.</b> (a) Site-IV ölçülü stratigrafik kesitindeki traverten kayaç ve polen örnekleri, traverten litotipleri ve yaşları (b) duraylı izotop sonuçlarının grafiksel gösterimi, (c) paleoiklim verileri.....	42
<b>Şekil 9.7.</b> “Coexistence Approach” yöntemi ile Site-IV’e ait sıcaklık ve yağış verileri.....	43
<b>Şekil 10.1.</b> Kocabaş bölgesindeki Geç Pliyosen döneminde traverten depolanma evriminin blok diyagramlarla şematik olarak gösterilmesi.....	47
<b>Şekil 10.2.</b> Farklı traverten lokasyonlarından göl tipi traverten çökellerine ait duraylı izotop verilerinin karşılaştırılması.....	50
<b>Şekil 10.3.</b> Lokasyon-III ve lokasyon-IV kesitlerinden elde edilen izotop değerleri ve polen sonuçlarıyla birlikte ortamsal iklim verileri.....	51
<b>Şekil 11.1.</b> Kocabaş bölgesindeki çalışma alanından elde edilen fasiyesler, U/Th yaş verileri ve duraylı izotop analiz sonuçlarının gösterildiği karşılaştırmalı diyagram.....	54

## **Çizelgeler Dizini**

<b>Çizelge 7.1.</b> Çalışma alanındaki traverten örneklerinin izotop değerleri.....	30
<b>Çizelge 7.2.</b> Çalışma alanındaki traverten örneklerinin major oksit ve iz element değerleri.....	32
<b>Çizelge 10.1.</b> Göl tipi Kocabaş travertenlerinin benzer özelliklere sahip diğer traverten örnekleriyle karşılaştırılması.....	46

## ÖZET

Bu çalışma kapsamında, Denizli ilinin yaklaşık 35km doğusunda yer alan Kocabaş ve çevresinde yaygın olarak gözlenen Geç Kuvaterner yaşlı traverten çökelleri, dört ayrı lokasyonda incelenmiştir. Travertenlerin depolanma ortamlarını ve fasiyeslerini daha iyi anlayabilmek için her lokasyondan ölçülü stratigrafik kesitler çıkarılmış ve ayrıntılı fasiyes çalışmaları yapılmıştır. Çalışma alanındaki travertenlerde 8 litotip ve 3 fasiyes belirlenmiştir. Bunlar; laminalı traverten (L1), gaz baloncuklu traverten (L2), çalı tipi traverten (L3), zarflı traverten (L4), havza içi çakıllı traverten (L5), gastropodlu traverten (L6), havza dışı çakıllı traverten (L7), eski toprak (paleosol) (L8). Çöküntü depolanma sisteminde gelişen bu CaCO<sub>3</sub> birikintileri; havuz düzlüğü, çalı düzlüğü ve bataklık-havuz fasiyeslerinde çökelmişlerdir. Travertenlerin oluşumu sırasında ortamda bulunan bitki türlerini ve bu bitki türlerine ait palinomorfları belirleyebilmek için 80 adet sistematik örnek alınmıştır. Buna göre, iki palinoflora belirlenmiştir (Palinoflora A ve B). Otsu türler (Compositae-Tubulifloreae ve Ligulifloreae, Geraniaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae ve Apiaceae) Palinoflora A (Site-I) içinde bol miktarda gözlenmektedir. Palinoflora B, bol miktarda *Abies* ve *Pinus* ile kendini göstermektedir. *Quercus*, Oleaceae, *Carpinus*, Chenopodiaceae, Compositae-Tubulifloreae, Poaceae, Centaureae, *Pterocarya*, *Salix* ve Dinoflagellate türleri daha az bulunmaktadır. Polen kayıtlarına göre, Palinoflora B, Palinoflora A'ya göre daha nemli iklim koşullarının hakim olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun yanısıra, toplam 13 adet traverten örneği U-serisi yaş tayini için derlenmiş ve buna göre, Kocabaş travertenleri, 181,267 ile 85,512 yaş aralığında çökelmişlerdir. Bu radyometrik yaşlar, çalışma alanındaki travertenlerin yoğun olarak geç buzul arası dönemde (MIS 5) depolandıklarını, bununla beraber MIS 6 ve MIS 4 buzul döneminde de çökelmenin gerçekleştiğini göstermektedir. XRD sonuçlarına göre, kuvars iz elementli kalsitten (%100) oluşan traverten örneklerinin kimyasal sonuçlarında en yüksek değer Ca (387739-392810 ppm), Mg (2040-4560ppm) olarak belirlenmiştir. Sr içeriği 642-1296 arasında değişim göstermektedir. Duraylı izotop değerleri,  $\delta^{13}\text{C}$  için, 1.1 ve 2.6 (‰ PDB) ve  $\delta^{18}\text{O}$  için 20.1- 24.3 (‰ SMOW) olarak bulunmuştur. Traverten çökelişi, buzul döneminde (MIS 6) başlamış ve Site-I ve Site-II'de son buzularası döneme (MIS 5) kadar devam etmiştir. Ancak, Site-III ve Site-IV traverten çökelişi, MIS 4 buzul dönemine kadar sürmüştür. Çökeltme dönemlerindeki bu farklılık, bölgedeki tektonik hareketliliğin traverten çökelleri üzerinde etkisini göstermektedir. Çalışma

alanındaki travertenlerin depolanma özellikleri ve jeokimyasal sonuçlarına göre; bir çöküntü veya havuz ortamında çökeldikleri ve baskın olarak sıcak sularla birlikte zaman zaman meteorik suların karışmasıyla oluşan sularla beslendikleri ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kocabaş travertenleri, Paleoiklim, duraylı izotop, palinoloji, GB Türkiye

## ABSTRACT

In this study, it has been investigated in four different localities of Late Quaternary travertine deposits located commonly Kocabaş and surrounding areas in 35km east of Denizli town. Stratigraphic sections have been logged from each locality to be clearly understood of travertine depositional environment and facies and furthermore, 80 samples systematically took from quarries for determining palynomorphs belonged to different plant species. Two palynoflora (Palynoflora A and B) are defined. The first one is recorded in lower part of the Site-I and the other in the Site-II, III and IV. Grassland species (Compositae-Tubulifloreae and Ligulifloreae, Geraniaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae and Apiaceae) abundantly observed in palynospectra of the Palynoflora A (Site-I). Palynoflora B is represented by the abundances of *Abies* and *Pinus*. *Quercus*, Oleaceae, *Carpinus*, Chenopodiaceae, Compositae-Tubulifloreae, Poaceae, Centaureae, *Pterocarya*, *Salix* and Dinoflagellate species are less abundantly recorded in these palynoflora. Based on pollen record, palaeoclimate of the Site-II, III and IV colder than Site-I. The higher precipitation value of the Palynoflora B indicates moist climatic condition differs from the Palynoflora A. In addition, totally 13 travertine samples compiled for U-series age determination and according to results, Kocabaş travertines precipitated between 181,267-85,512kyr. These radiometric ages represent travertine occurrences mostly deposited in interglacial period (MIS 5) and glacial periods (MIS 6 and MIS 4). According to XRD results, chemical results of travertine samples composed of calcite (100%) with trace element quartz are determined max. value Ca (387739 - 392810 ppm), Mg (2040-4560ppm). Sr content shows between 642-1296. Stable isotope values for  $\delta^{13}\text{C}$  varies between 1.1 and 2.6 (‰ PDB) and for  $\delta^{18}\text{O}$  changes between 20.1- 24.3 (‰ SMOW). Travertine precipitation started in a lacustrine environment during the MIS 6 glacial period. Thick travertine deposits (Site-I and Site-II) formed in the last interglacial period MIS 5. However, travertine precipitation continued until MIS 4 in Site-III and Site-IV, Local tectonic activity may have had an important role in these changes. Depositional features and geochemical results (including stable isotopes) imply that the travertine deposits precipitated in depression or pool environments, fed by warm thermal fluids dominantly, but diluted by mixture with meteogene waters.

**Keywords:** Kocabaş travertines, Palaeoclimatology, stable isotopes, palynology, SW Turkey

## 1. Giriş

Traverten sözlük anlamıyla açık renkli, çoğun konkresyonlu veya sıkı, yer altı veya yerüstü suyundan eriyik halinden başlayarak çökeltilmiş kalsiyum karbonattır ve genellikle tektonik olarak aktif olan bölgelerde görülürler (CHAFETZ ve FOLK, 1984; ALTINLI, 1986; ALTUNEL ve HANCOCK, 1993; ALTUNEL, 1996; GUO ve RIDING, 1998; ÖZKUL vd., 2002; UYSAL vd., 2007). Travertenler  $\text{CaCO}_3$  olup,  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{HCO}_3^{-2}$ 'ce zengin yer altı suların yeryüzüne ulaşması ve fizikokimyasal ve/veya biyokimyasal olarak  $\text{CaCO}_3$ 'ün çökmesiyle oluşurlar. Bu karasal karbonatlar, özellikle son yıllarda, yakın jeolojik geçmişte (Geç Kuvaterner) etkili olmuş küresel iklim değişimlerinin anlaşılması ve ortamsal değerlendirilmelerin sağlıklı bir biçimde yapılabilmesi açısından önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Andrews, 2006). Bu tür çökellerden sedimantolojik, palinolojik, izotop çalışmaları ile iz element değişimlerinden paleoortamsal ve paleoiklimsel sonuçlar elde edilebilmektedir (VERMOERE vd., 1999; MINISSALE vd., 2002; UYSAL vd., 2009).

Bu çalışmadaki amaç, Kocabaş ve çevresinde özellikle durgun ortamda çökelmiş gölssel traverten oluşuklarının fasiyeslerini, fasiyeslerin birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya koymak ve ayrıca travertenlerin, killi ara dolgularından ve kompakt yüzeylerinden alınan örnekler ile palinolojik analizler yaparak çökme sırasındaki ortamın paleoekoloji, paleovegetasyon hakkında bilgi sahibi olmaktır. Bununla beraber, travertenlerden alınan sistematik örneklerden yapılan yaş tayini ile travertenlerin depolandıkları zaman aralığını kesin olarak belirleyerek daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutabilmektir.

## 2. Gereç ve Yöntem

BAP projesi kapsamında gerçekleştirilen bu çalışma için, çalışılacak olan Kocabaş ve çevresindeki traverten sahalarının koordinatları, 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerinde gösterilerek çalışma alanı ve çevresinin ayrıntılı jeoloji haritası çıkartılmıştır. Bu alanda yüzlek veren traverten sahaları belirlenmiş ve dört lokasyonda çalışmalar ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Sedimentolojik amaçlı her lokasyondan ölçülü stratigrafik kesitler alınmış ve fasiyes ve fasiyes birlikleri ortaya konulmuştur. Çalışma alanında belirlenen her lokasyondan sistematik traverten örnekleri alınmıştır. Travertenlerin depolandıkları zaman aralıklarını belirlemek için örnekleme yapılan traverten istiflerinin alt, orta ve üst kesimlerinden alınan toplam 13 adet traverten kayaç örneği U-serisi yöntemi ile yaşlandırılmaya Kanada'ya gönderilmiştir. Yaşlandırmada kullanılacak örneklerin mümkün olduğu kadar açık renkli, sıkı ve boşluksuz olanlar arasından seçilmesine özen gösterilmiştir. Duraylı izotop analizler için 60 adet kayaç örneği, Macaristan Bilimler Akademisi Jeokimya Araştırma Enstitüsü'ne ve kimyasal analizleri yapılmak üzere 16 adet kayaç örneği, AcmeLab Laboratuvarı'na gönderilmiştir. Ayrıca bu çalışmada 10 adet kayaç örneğinin XRD analizleri yapılmıştır. Çalışma alanında yer alan travertenlerin oluşum zamanlarındaki paleovegetasyon ve paleoiklimsel verileri elde edebilmek için polen analizine başvurulmuş ve Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde analizler yapılmıştır. Bu proje kapsamında palinolojik çalışma için derlenmiş olan organik maddece zengin olan karbonatlı kilaşları bir önceki ara raporda belirtilen standart örnek hazırlama yöntemleri ile hazırlanmıştır. İçinde yoğun bitki kırıntısı gözlenen örneklerden yoğun kimsayal kristallerin varlığı spor ve polen tanımlanmasına olanak sağlamamıştır. Bu nedenle tüm kili çamurtaşları (46 adet) ve ayrıca diğer çalışmalar için derlenmiş olan traverten örnekleri (44 adet) yeni bir palinolojik örnek hazırlama yöntemi ile hazırlanmıştır.

Kuvaterner palinolojisi çalışmalarında uygulanan laboratuvar yöntemi aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

Mikroskopik inceleme için preparat hazırlanması:

1. Tortul içinden 1 cm<sup>3</sup> lük örnek alınır. Örnek, bir miktar saf su içinde ve plastik bardaklarda 1 gün boyunca bekletilir.
2. İzleyen gün örnek tüplere konur. Santrifüjde 5 dk karıştırılır. Böylece örnek üstündeki su üste çıkar ve tortul dipte kalır.
3. Üste çıkan su boşaltılarak bardakta geri kalan örnek tüpe ilave edilir. Tekrar santrifüjde 5 dk kadar karıştırılarak ve üste çıkan suyu boşaltılır.
4. Tüp içine 10 ml %10 KOH (sodyum hidroksit) koyulur. Sonra tortul bir çubuk ile karıştırılır.
5. Tüp içindeki örnek, 20 dk hot plate kaynatılmıştır. Böylelikle organik maddeler tortuldan uzaklaştırılmış olur.



Sıcak Tabla

6. Kaynamadan sonra tüpler santrifüjde karıştırılır.
7. Santrifüjden sonra tüpün üst kısmında kalan su boşaltılır.
8. Örnek üzerine saf su koyulur ve çubuk ile karıştırılır. Santrifüje tabi tutulur. Üste çıkan su boşaltılır.
9. Tekrar tüpe saf su koyulur ve çubuk ile karıştırılarak santrifüje tabi tutulur ve üste çıkan suyu boşaltılır.
10. Örneğin üzerine 8–10 mg %10' luk HCL koyulur bu asitte 1 gün bekletilir. Bu şekilde örnek içindeki karbonatların erimesini sağlanır. Eğer reaksiyon fazla olursa



tüp içine bir miktar % 10' luk sodyum hidroksit (NaOH) koyulabilir. HCL örneğin üzerine yavaş yavaş eklenir. Hepsi birden koyulursa köpürme nedeniyle örnek taşabilir.

11. HCL eklenen örneği iyice karıştırmak gerekir.
12. Sonraki aşamada örnek içindeki karbonatı uzaklaştırmak için 15–20dakika buhar banyosunda ısıtılır.
13. Isınan örnek santrifüj ile karıştırılır. Karışan örneğin üstteki suyu boşaltılır ve üzerine tekrar saf su koyulur. Daha sonra santrifüjde karıştırılarak üste çıkan suyu boşaltılır.
14. Suyu boşaltıldıktan sonra sediman iyice karıştırılır. Örneğin içerdiği silisli bileşiklerin eritilmesi için örnek üzerine 10 ml %40' luk hidroflorik asit (HF) koyularak reaksiyona sokulur. HF asit son derece tehlikeli bir asittir bu nedenle işlemlerde cam yerine (camı eritir) plastik tüpler kullanmak uygundur.
15. Örnek iki gece boyunca bu şekilde bekletilir. Reaksiyon için eğer mümkünse ara sıra karıştırılabilir.
16. Ertesi gün eğer örnek dibinde killi malzeme yapışmış olursa, örnekler 15 dk buhar banyosunda ısıtılır.
17. Sonra ısınan tüp santrifüj yapılır.
18. Örnek tüpü açılır. Suyu boşaltılır.
19. Temizlenmiş örnek, yeniden 10 ml %10 HCL asit eklenir 1 saat bekletilir.
20. Sonraki aşamada örnek üzerine saf su koyulur ve çubuk ile karıştırılır. Santrifüje tabi tutulur. Üste çıkan suyu boşaltılır ve tekrar saf koyularak santrifüj yapılarak üste çıkan suyu boşaltılır.
21. Eriyik halindeki örnek, Ultrasonik cihaz ile killerden temizlenir.



Ultrasonik cihaz

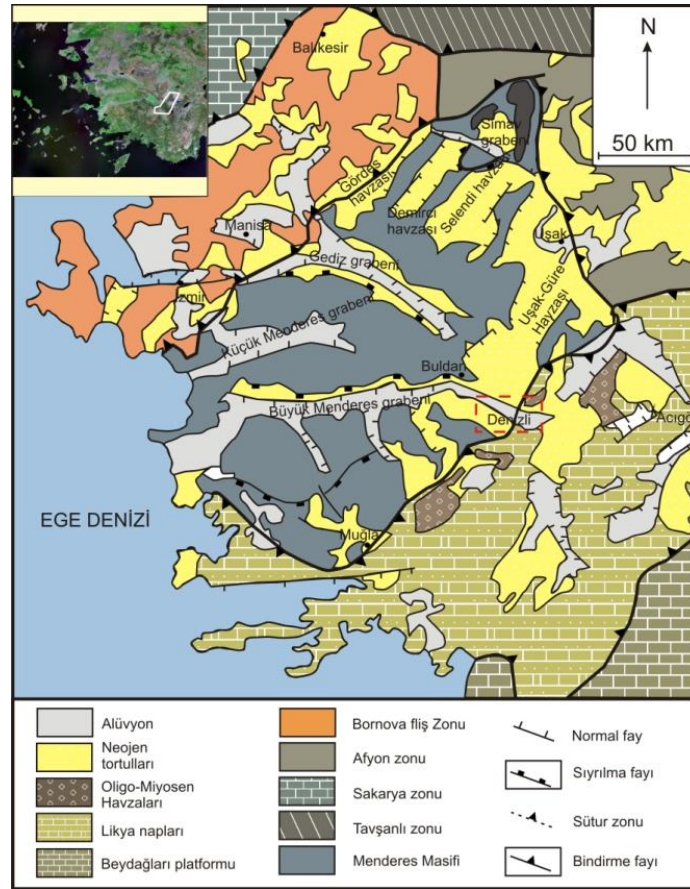
22. Kilinden arındırılmış örnek, etanol ile yıkanır.
23. Santrifüjlene örnek, 2–3 damla gliserin ile fırında 1 gece 50 °C de kurutulur.
24. Tüplerden cam çubuklarla mikroskopik inceleme için lam üzerine bir miktar örnek alınıp üzerine lamel kapatılır. Ancak spor veya polenin lam üzerinde hareketini sağlamak amacıyla lamelin kenarlarına 1–2 mm kalınlığında silikon yağı veya Kanada balsamı sürüp kurummasını bekledikten sonra kapatmak gerekir. Bu sayede lamele belirli bir yükseklik verilmiş olur. Böylece her bir 10 cm' lik tortul örneğini temsil edecek bir preparat hazırlanmış olur. Hazırlanan preparat etiketlenerek, mikroskopik incelemeye başlanır.

### 3. Bölgenin Genel Jeolojisi

Güneybatı Anadolu, Neotektonik dönem ile birlikte oldukça aktif bir konuma sahip olmuştur (BOZKURT, 2003; KOÇYİĞİT, 2005). Batı Anadolu'da Üst Miyosen'den itibaren K-G yönündeki açılmaya bağlı olarak farklı doğrultularda gelişmiş birçok grabenler göze çarpmaktadır ve Denizli grabeni de KB-GD uzanımlı açılma havzalarından biridir (Şekil 3.1).

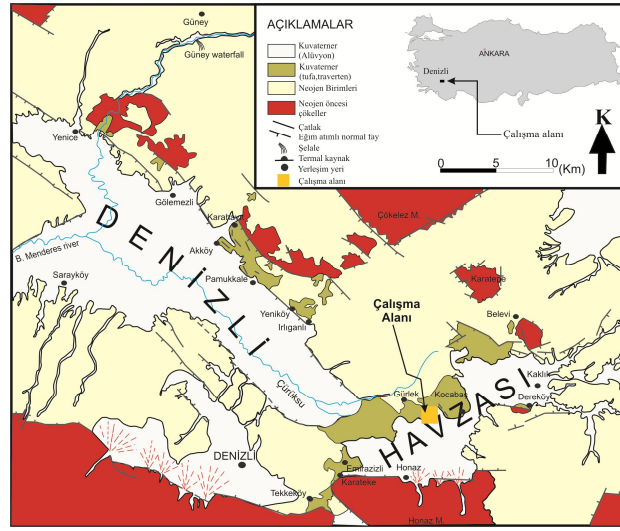
İnceleme alanında Paleozoyik yaşlı Menderes metamorfite, bunlar üzerine bindirmeyle gelen Mesozoyik yaşlı karmaşık seri ve Senozoyik yaşlı çökel birimler yer almaktadır. Paleozoyik yaşlı birimler çalışma alanı çevresinde Menderes metamorfite ile temsil edilmekte ve Mesozoyik yaşlı birimleri; metakonglomera, metaçamurtaşı metakumtaşından 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 (SÖZBİLİR, 1997). Geç Miyosen; detritik yer yer karbonat ara seviyeli Kızılburun Formasyonunun üzerine uyumlu ve geçişli olarak kiltası, killi kireçtaşı ve masif travertenlerle temsil edilen Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Sazak Formasyonu gelmektedir. Formasyonun görünür kalınlığı 200-250m civarındadır. Bu birim Neotektonik dönemde gelişen göl ortamında çökelmiştir. Bu birimin yaşı bölgesel denestirmeler de göz önüne alındığında Üst Miyosen-Erken Pliyosen olabileceği düşünülmektedir. Sazak Formasyonu üzerine uyumlu ve geçişli olarak kiltası, silttaşı, kireçtaşı ve killi kireçtaşı ile temsil edilen Pliyosen yaşlı Kolonkaya Formasyonu gelmektedir. Tüm alttaki birimler üzerine açısız uyumsuzlukla çakıltası, kumtaşı ve silttaşı ile temsil edilen ve akarsu kökenli olan Pleyistosen yaşlı Asarteppe Formasyonu gelmektedir (GÜREL, 1997; ŞİMŞEK, 1982). Güncel oluşumlar olarak tanımlanan alüvyonlar ve genç travertenler bu birimler üzerinde uyumsuz olarak yer almaktadır (DEMİRKIRAN vd., 2001).

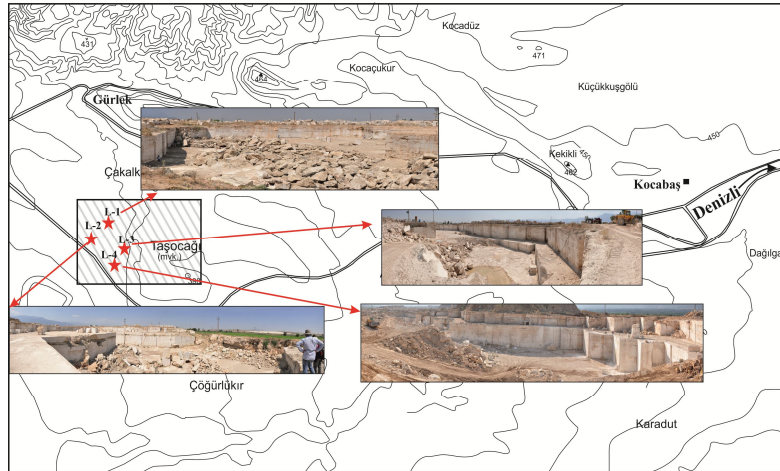


**Şekil 3.1.** Batı Anadolu'da yer alan graben sistemleri ve çalışma alanının yeri (Sözbilir 2005'den değiştirilerek alınmıştır).

Çalışma alanı, Denizli'nin KD'sunda neotektonik dönemde gelişen KB-GD uzanımlı Denizli grabeninin kuzey kenarında yer alır (Şekil 3.2). Neotektonik dönemde bölgedeki genişleme tektoniği sonucunda kırık ve çatlaklardan yüzeye çıkan  $\text{CaCO}_3$ 'ca zengin termal suların biriktirdiği traverten ve tufa çökelleri, Denizli havzasının kenar kesimlerinde belirgin olarak görülmektedir. Şekil 3.2'de koyu yeşil olarak gösterilen Kuvaterner yaşlı traverten çökelleri, grabeni sınırlayan ana fayın kenar kesimlerinde net bir şekilde gözlenmektedir.



(a)



(b)

**Şekil 3.2.** (a) Denizli'nin genelleştirilmiş jeoloji haritası ve aktif normal fayların görünümü (Sun 1990). (b) Kocabaş ve Gürlek yerleşim yerleri arasındaki traverten ocaklarının lokasyonu ve görünümü (Site-I (L1), Site-II (L2), Site-III (L3) ve Site-IV (L4)).

#### 4. Önceki Çalışmalar

Travertenler çökellerinin depolanma morfolojisini ve oluşumunda etkili olan bakterial etmenlerini ortaya koyan Chafetz ve Folk (1984), ayrıca özellikle Kocabaş travertenlerine benzer özellikler sunan İtalya'nın Tivoli bölgesindeki traverten çökellerini incelemiş ve bu 85m kalınlık sunan yanal devamlılığı yüzlerce metre olan traverten oluşumlarını "sığ göl tipi çökeller" olarak isimlendirmişlerdir.

Daha sonraki çalışmalarda Guo ve Riding (1998), göl veya havuz gibi sığ ortamda çökelmiş travertenlerle ilgili olarak, İtalya'nın Rapolano Terme bölgesindeki Geç Pleyistosen yaşlı göl travertenlerinin depolanma ortamlarını incelemiş ve bu çökellerin depolandığı ortama "Çöküntü Depolanma Sistemi" olarak isimlendirmişlerdir.

Travertenlerin stratigrafik korelasyonun zorluğu nedeniyle daha önceki araştırmacılar, morfolojik özelliklerine göre sınıflamayı tercih etmişlerdir. Morfolojik özelliklerine göre travertenler; damar (Bantlı), sırt, Teras, fay önü travertenleri, kanal tipi travertenler ve aşınmış örtü tipi travertenler olarak sınıflandırılmıştır (ALTUNEL, 1997). Ayrıca Özpınar vd. (2001), Kocabaş ve çevresinde yapmış oldukları çalışmalarda travertenlerin yapısal özelliklerine göre sınıflama yapmışlardır. Buna göre, Kocabaş travertenleri; Bantlı yapı, bantlı ve intraklastlı yapı, pizolitik yapı, boşluklu yapı, masif ve az boşluklu yapı olmak üzere beş bölüme ayrılmıştır.

Kocabaş ve çevresinde K60°B doğrultulu fay zonu içinde, damar tipi traverten oluşumları belirlenmiş ve sırt tipi ve fay önü travertenlerinin, damar tipi ve göl travertenleri ile yanal geçişleri olduğu belirlenmiştir (Demirkıran ve Çalapkulu, 2001). Bu çalışmaya göre, Kocabaş beldesinin batısında yer alan Kocaçukur-Kekikli ve Kocadüz tepe mevkiilerinde sırt tipi ve fay önü, teras tipi, kanal tipi ve göl traverten fasiyesleri gelişmiştir. Kaklık-Kocabaş travertenlerinin yaşı stratigrafik korelasyon sonucu Alt Pliyosen-Pleyistosen olarak kabul edilmiştir (DEMİRKIRAN ve ÇALAPKULU, 2001).

Ayrıca bölgede traverten ve tufalar üzerinde paleoklimsel amaçlı çalışmalar oldukça sınırlı olmakla beraber Pamukkale’de açılma çatlaklarını dolduran bantlı travertenlerden (ALTUNEL, 1996), yaşları 20-25 bin yıl arasında kalanların küresel iklim değişimleri açısından kurak/soğuk bir periyoda rastladıkları, bu nedenle, göreceli olarak daha yağışlı ve nemli olan buzullar arası dönemlerle ilişkili olmadıkları öne sürülmüştür (UYSAL vd., 2009). Bununla beraber, Isparta’nın güneybatısında Salagassos antik kentinde yer alan U/Th yaş tayinine göre 9000+/- 600yıl yaş aralığına sahip travertenlerden elde edilen polen analizleri sonucunda, ormanlık bir arazide travertenlerin çökeldiği ve buna göre Geç Pleyistosen’den sonra nemlilikte bir artış olduğu, yağışın yılda en az 500mm olduğunu göstermektedir. Salagassos antik kentinde yapılan fasiyes ve polen analizleri sonucunda, bu bölgedeki travertenlerin akarsu-set sistemi içinde çökdiklerini ortaya koymuştur. Ancak zamanla değişen iklim koşulları akarsu ortamının giderek hızlı bir şekilde kurummasına ve çökelmenin azalmasına neden olmuştur (VERMOERE vd., 1999).

## **5. Travertenlerin Sedimantolojik Özellikleri**

Çalışma alanındaki traverten çökelleri, bikarbonatça zengin suların gölSEL (lacustrine-pool) ortamda kalsiyum karbonatı depolamasıyla oluşmuşlardır. Göl ortamı ile teras tipi travertenlerin teras içindeki ortamı benzer özellikler taşır, durgun bir su ortamı ya da laminar bir su akımı vardır. Bu nedenle bu tip travertenlerin laminaları oldukça düzgündür (Şekil 5.1). Göl kenarlarında ortam enerjisinin fazla olması nedeniyle travertenin detritik içeriği artar. Sıcak su kaynağına yakın bölgelerde zaman zaman hızlı çökme nedeniyle göl su seviyesinin üzerinde karbonat çökelişi gerçekleşir. Sırt tipi ve teras tipi travertenlerde olduğu gibi bu tip bölgelerde yerinde breşleşme yapıları, traverten laminalarında ondülasyon ve sıcak suyun akma düzlemine paralel traverten laminaları gelişmektedir.

Çalışma alanında yer alan traverten sahaları, birbirleriyle komşu 4 lokasyonda (Site) ayrı ayrı incelenmişlerdir (Şekil 5.1). Çalışma alanındaki traverten ocaklarının birbirleriyle olan uzaklıkları yaklaşık 200-400m civarındadır. Travertenlerin yanal devamlılığı yaklaşık 4km olarak tahmin edilmektedir. Travertenlerin kalınlığı yaklaşık olarak 60m olarak tespit edilmiştir (ÖZKUL, 2005). Herbir lokasyona ait traverten

istifleri, litotiplerine ayrılarak tanımlamaları (descriptions) ve açıklamaları (interpretations) yapılmıştır. Bununla beraber, herbir lokasyona ait palinolojik bulgular, daha ileriki bölümlerde ayrıntılı olarak irdelenmiş ve travertenlerin paleoortamsal, paleoiklimsel ve paleovejetasyon sonuçlarına da değinilmiştir. Buna göre, Kocabaş ve çevresinde traverten çökelleri üzerinde yapılan ayrıntılı sedimanter çalışmalar sonucunda tespit edilen litotipler aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

1. Laminalı (laminated) traverten (L1)
2. Gaz baloncuklu (Coated bubble) traverten (L2)
3. Çalı tipi (reed) traverten (L3)
4. Zarflı (paper-thin raft) traverten (L4)
5. Havza içi çakıllı (Intraclasts) traverten (L5)
6. Gastropodlu (Gastropods) traverten (L6)
7. Havza dışı çakıllı (Extra-formational pebbles) traverten (L7)
8. Eski toprak (paleosol) (L8)

### *Site-I*



### *Site-II*



### *Site-III*



### *Site-IV*



**Şekil 5.1.** Çalışma alanında yer alan traverten ocaklarının panoramik görünümü (Site-I, Site-II, Site-III, Site-IV).



## 5.1. Site-I

Gürleyik Tepe güneyinde yaklaşık 22m kalınlığında traverten istifini yüzlek vermektedir (0701046/4186935) (Şekil 5.1A). Bu çalışmada dört litotip ayırtlanmıştır. Litotipleri tanımlamaları yapılırken morfolojik özelliklerinden, laminalanma gibi tabaka içi yapılarından faydalanılmıştır. Buna göre, istifin tabanı kahverengimsi killi bir seviye ile başlamakta ve yukarıya doğru birkaç metre gelişmiş sazlıklı yapı göze çarpmaktadır (*çalı tipi traverten litotipi- L3*) (Şekil 5.2-D). Yatay konumlu açık-koyu arıdanma, paralel laminasyon sazlıkların üst kesiminde belirgindir (*laminalı traverten litotipi-L1*) (Şekil 5.2-B). Taban seviyesinden üçüncü metreden itibaren yaklaşık 1m kalınlıkta, kötü boylanmalı, köşeli, breşimsi, uzun eksenli su yollarına paralel intraklastlar (havza içi traverten çakılları) görülmektedir (*intraklastlı traverten litotipi-L5*) (Şekil 5.2-E). İstifteki bol gastropodlu seviye 17.m de gözlenmektedir (*gastropodlu traverten litotipi-L6*) (Şekil 5.2-F). Bu lokasyondan sistematik olarak toplam 10 adet kayaç örneği alınmıştır.

## 5.2. Site-II

Gürleyik Tepe güneyinde yer alan II. lokasyondaki istifin kalınlığı yaklaşık 22m dir (0701157/4186901) (Şekil 5.1B). Bu çalışmada toplam 6 litotip ayırtılması yapılmıştır. Buna göre istif; kahverengimsi bej renkli, dalgalı laminasyonlu, kalınlığı yaklaşık 30-40cm'yi geçmeyen ancak istifin üst kesimlerine doğru 1-1.5m kalınlıkta yeniden yüzlek veren, yanal devamlılığı birkaç 100m yi bulan traverten seviyesiyle başlar (*laminalı traverten litotipi-L1*) (Şekil 5.2-B). 10-20cm kalınlığındaki killi seviye, bu birimi, bitki, çalı tiplerinin yaygın olarak görüldüğü traverten seviyesinden ayırır. Bu istif, açık bej renkli, yaklaşık 60-80cm kalınlığında, bol gözenekli, uzunlamasına gelişen çalı, sazlık gibi bitki türlerinin bol olarak gözleendiği bir litotipten oluşmaktadır (*çalı tipi traverten litotipi-L3*) (Şekil 5.2-D). Çalı tipli traverten litotipinin hemen üzerine açık bej renkli, yaklaşık 20-30cm kalınlıkta, paralel laminasyonlu bir seviye gelir (*Laminalı traverten litotipi-L1*). Yer yer siyah renkli mangan seviyeleri görülmektedir ve bitki kökleri ile birlikte boşluklu bir yapı sunmaktadır. İstifin üst kesimlerinde açık bej renkli, bol gastropod fosilli yaklaşık 70-80cm kalınlığında bir seviye gözlenmektedir (*Gastropodlu traverten litotipi-L6*) (Şekil 5.2-F). İstifin orta ve üst

kesimlerinde açık kahverengimsi, bej renkli, yaklaşık 40-50cm kalınlığa sahip, yer yer oksidasyon düzeylerine sahip, kötü boylanmalı, orta yuvarlaklaşmış, uzun eksenli yatay konumlu, breşimsi intraklastlar (traverten çakılları) görülmektedir ve bu traverten çakılları, altta bulunan paralel laminalı traverten fasiyesinin üzerine kanal yapısı şeklinde kazıyarak gelip yerleşmişlerdir (*intraklastlı traverten litotipi-L5*) (Şekil 5.2E). Ayrıca, bu lokasyonun kenar kesimlerinde küçük bir alanda traverten çökellerinin arasında bir kanal sokulumu şeklinde görülen, yaklaşık 50cm kalınlığında, ofiyolitik kayalardan türemiş, iyi yuvarlaklaşmış, matriks destekli çakıllı bir seviye dikkat çekmektedir (*havza dışı -çakıllı traverten litotipi-L7*) (Şekil 5.2-G). Organik maddece zengin, koyu kahverengi renkli, yaklaşık 60-65cm kalınlıkta, yanal devamlılığı birkaç yüz metreyi bulan, çamurlu-killi seviye arazide net bir şekilde gözlenmektedir (*Paleosol-Eski toprak-L8*) (Şekil 5.2-I). Bu lokasyondan toplam 25 adet kayaç ve kil örnekleri derlenmiştir.

### 5.3. Site-III

Gürleyik Tepe güneyi Egemer traverten ocağındaki ölçülen istifin kalınlığı yaklaşık 17 m kadardır (0700621/4187006) (Şekil 5.1C). Bu çalışmada toplam 4 litotip ayırtılması yapılmıştır. Buna göre istif; 10cm kalınlığında kahverengimsi killi bir seviye ile başlamaktadır. İstifte yaygın olarak açık kahverengimsi bej renginde, yaklaşık 40-45cm kalınlığında uzunlamasına gelişen bitki sapları ve onların traverten üzerinde bıraktığı oyuklar belirgin bir biçimde gözlenmektedir (*Çalı tipi traverten litotipi-L3*) (Şekil 5.2-D). Çalı tipi traverten fasiyesinin bazı yerlerinde siyah, koyu kahverengimsi siyah renkli mangan traverten çakılları, istifte belli bir seviyede net bir şekilde gözlenmektedir (*intraklastlı traverten litotipi-L5*) (Şekil 5.2-E) . III. lokasyonda gastropod fosilleri, açık bej renkli, yaklaşık 30cm kalınlıkta, çalı tipi traverten litofasiyesinin alt kesiminde ince bir seviye olarak bulunmaktadır. Bu gastropodlu seviye, istifte tek bir seviyede gözlenmektedir (*Gastropodlu traverten litotipi-L6*) (Şekil 5.2-F). Bununla beraber, istifin belli kesimlerinde iyi yuvarlaklaşmış boşluklar göze çarpmaktadır. Bu boşluklar birbirlerine oldukça yakın gaz boşlukları gibi görünmektedir (Gaz baloncuklu traverten litotipi-L2) (Şekil 5.2-C) . İstifte ikinci derecede yoğunlukta, su yolu olarak adlandırılan düzenli bir çizgisellik sunan, açık bej- koyu kahverengi araldanmalı, her bir katman yaklaşık 5-6cm kalınlıkta laminalı

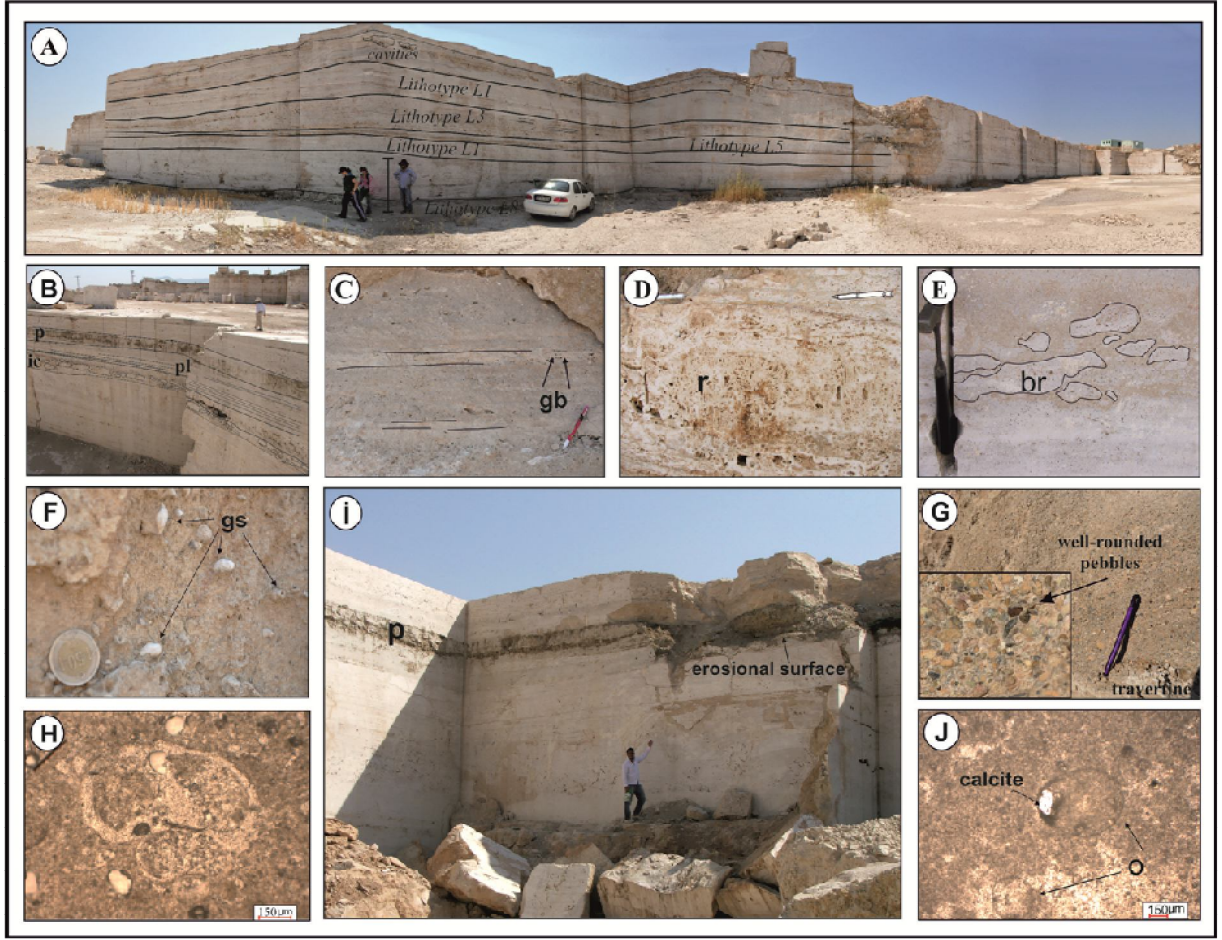
seviyeler görülmektedir (*laminalı traverten litotipi-L1*) (Şekil 5.2-B). Bu çalışmada toplam 14 traverten kayaç örneği derlenmiştir. Bu örneklerin duraylı izotop analizleri ve U/Th yöntemi ile yaşlandırılmaları yapılmıştır.

#### 5.4. Site-IV

Gürleyik Tepe güneyi, Aydın mermer traverten ocağındaki istifin kalınlığı yaklaşık olarak 22m'dir ve bu lokasyondaki traverten ocağının toplam kalınlığının yaklaşık 40m civarında olduğu tahmin edilmektedir (0700711/4186458) (Şekil 5.1D). Tüm lokasyonlar içindeki en killi seviyeler, bu lokasyonda gözlenmektedir. Bu yüzden polen analizi için örnekleme, bu killi seviyelerden yapılmıştır. Bu istifte, morfolojik özelliklerine ve tabaka içi sedimanter yapılarına göre 5 litotipe ayrılmıştır. İstifte en belirgin olarak gözlenen, 1-1.5m kalınlıkta, dikine gelişmiş bol saz parçalı ve bitki köklerinin varlığıdır (*çalı tipi traverten litotipi-L3*) (Şekil 5.2-D). İstifin üst kesimlerinde yaklaşık 50-55cm kalınlığında, açık bej- koyu kahverengimsi olarak tekrarlanan laminalanmalı seviyeler gözlenmektedir (*laminalı traverten litotipi-L1*). İstifin ortalarında ve üst kesimlerinde, yaklaşık 50 ile 100cm arasında, killi seviyeler ile dokanaklı bol fosilli bir litotip görülmektedir (*Gastropodlu traverten litotipi-L6*) (Şekil 5.2-F). Algal yığılımlar da travertenler içinde gözlenen bir diğer biyolojik tortul yapılar olarak yer almaktadır. Bu istifte, 15-20 cm kalınlığında, ince bir seviye olarak gözlenen, yuvarlak traverten çakıllı seviyeler göze çarpmaktadır (*havza-dışı çakıllı traverten litotipi- L7*) (Şekil 5.2-G). Ayrıca bu istifte yoğun olarak gözlenen killi seviyelerin içerisinde, bol miktarda yengeç kısıkaçları ve çene kemikleri gözlenmektedir (*Paleosol-L8*) (Şekil 5.2-I). Yaprak fosilleri travertenlerin özellikle oksitlenmiş olan kısımlarında bitki kökleri ile birlikte bulunmaktadır. Bu çalışmada polen analizi için, killi seviyelerden 15 adet ve duraylı izotop, U/Th yaş analizi ve mikrofasiyes incelemesi yapabilmek için travertenlerden 48 adet örnekleme yapılmıştır.

Yukarıda her bir lokasyon için anlatılan morfolojik tanımlamalara göre; traverten istifinde gözlenen, paralel laminalanma enerjinin düşük ancak sürekli bir akışın varlığına işaret etmektedir. Ancak laminalı seviyelerin üzerinde gözlenen traverten parçalarından oluşmuş, farklı boyutlarda, kötü boylanmalı litoklastlı seviye, çöküntü

alanlarına erozyona bağlı olarak enerjinin artmasıyla kaba taneli traverten parçalarının havza içine doğru sürüklenmesinin sonucudur. İstifin üst kesimlerinde görülen gastropodlu seviye, depolanma alanının kıyıya oldukça yakın (göl kenarı) alanını göstermektedir. Ayrıca, travertenlerde gözlenen çalı, sazlık ve buna benzer su bitkileri, depolanma sırasında suyun akışına engel oluşturduğu için ortamda bulunan tortula tutunmaktadır ve çoğunlukla mikritik bir karbonatla çevrilerek traverten oluşumunun içerisinde yer almaktadır. Bu çeşit, çalı tipi travertenler, zaman zaman kuruyan bataklık gibi sığ çöküntü alanlarıyla çalı tümsekçiklerinin bileşiminden oluşmaktadır (ÖZKUL vd., 2002). Buna ek olarak, çalışma alanındaki travertenlerde gözlenen genellikle organik maddece zengin, koyu kahverengi eski topraklar (paleosol), suyun geliminin azalmasıyla havayla temasa geçen traverten çökellerinin üzerinde biyolojik aktiviteyle birlikte kuruma ve toprak formasyonları gelişir. Bu eski toprak formasyonu direk olarak bir traverten fasiyesi değil ancak çökelinin yavaşladığı veya durduğu çöküntü alanlarında gözlenen bir kısımdır. Her eski toprak (paleosol) tabakası, iki traverten arasında sınırdır ve kalınlığı traverten çökelinin ne kadar süre gözlendiği ile ilişkilidir (ÖZKUL vd.,2002). Palinolojik olarak örnekler, özellikle bu kısımlardan alınmıştır.



**Şekil 5.2.** Çöküntü depolanma sistemi içinde depolanan Kocabaş traverten litotiplerinin özelliklerinin ayrıntılı bir şekilde gösterilmesi. (A) View of Kocabaş travertine quarries deposited in Depressional Depositional System and showing in detail its lithotypes features. (A) traverten ocağında görülen bazı litotipler (L1, L3, L5, L8) (ölçek: 178 cm); (B) paralel laminalı traverten, paleosol (eski toprak) seviyeleri oldukça belirgin; (C) düz havuz fasiyesinde (flat pool ) gaz baloncukları (gb) (scale: 12 cm.); (D) düşey ve çevrelenmiş bitki gövde kalıpları (çalı traverten), gaz baloncukları ile birlikte; (E) Köşeli ve yarı köşeli traverten parçaları (traverten breşi-br) bataklık havuz fasiyesinde yaygın; (F) Gastropodlar (gs) bataklık-havuz fasiyesinde yersel olarak yaygın; (G) iyi yuvarlaklaşmış havza dışı çakıllar, traverten çökellerinin kenar kesimlerinde gözlenmekte; (H) gastropod kavkısının mikroskop görüntüsü; (I) Eski toprak (paleosol) ve altere olmuş kayaç parçaları tarafından ayrılan iki traverten seviyesi; (J) Ostrakodların ince kesit görüntüsü, (o) mikritik çimento ile çevrelenen ancak içinin bir kısmı spar kalsit ile doldurulan ostrakod parçaları.

## 6. Depolanma Sistemi ve Fasiyesler

Guo ve Riding (1998)'de travertenlerin çökeltme ortamları üzerine yaptıkları çalışmada, üç tip depolanma sistemi gözlemlenmiştir. Bunlar; yamaç depolanma sistemi (slope depositional system), çöküntü depolanma sistemi (depression depositional system) ve tümsek depolanma sistemidir (mound depositional system). Çalışma alanında gözlenen traverten çökelleri, çöküntü depolanma sistemi içinde çökelmişlerdir. Bununla beraber, üç tip fasiyes de bu çökeller içerisinde net bir şekilde gözlenmektedir. Çöküntü depolanma sistemi içerisinde çökelen Kocabaş travertenleri havuz düzlüğü (flat pool), çalı düzlüğü (shrub flat) ve bataklık-havuz (marsh pool) fasiyeslerinde çökelmişlerdir (Şekil 5.1).

### 6.1. Havuz düzlüğü fasiyesi (Flat pool facies)

Havuz düzlüğü fasiyesi, paralel laminalı traverten çökellerinin yaygın olarak görüldüğü depolanma fasiyesidir. Bu fasiyes yaygın olarak açık ve koyu laminaların dalgalı geçişleriyle karakterize edilirler (Şekil 6.1). Renk ve yoğunluktaki bu geçiş, büyük olasılıkla mevsimsel değişimlerden ve algal filamentlerden kaynaklanmaktadır. Beyazımsı seviyeler, başlıca kimyasal işlevler sonucunda çökebilirlerken koyu renkli seviyeler ise organik madde içeriği ile ilişkilidir. Koyu renkli lamina daha gözenekli iken beyazımsı kısımlar ise daha sıkı, gözeneksiz ve yoğundur.

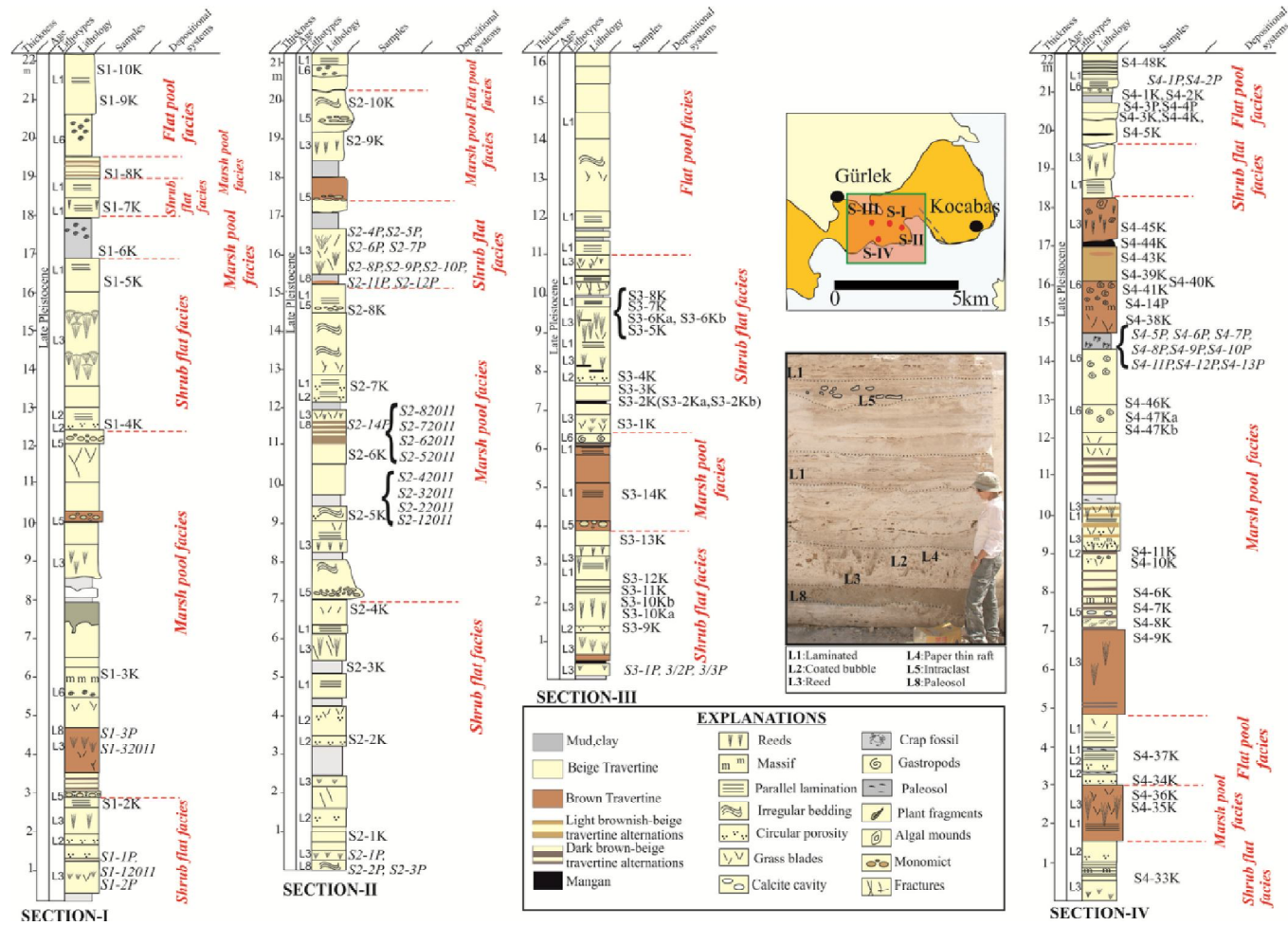
Genel olarak, havuz düzlüğü fasiyesi, çalılarının yokluğu, paralel laminalanma (L1) ile karakterize edilmektedir. Çalışma alanında 2-4metre kalınlıkta çalışma lokasyonlarının hepsinde açık bir şekilde gözlenmektedir. Bu fasiyes, sığ havuzcuklar ve sazlıklar gibi kaynaktan daha uzak bir yerde depolanma ile oluşmaktadır.

## 6.2. Çalı Düzlüğü Fasiyesi (Shrub flat facies)

Çalı düzlüğü fasiyesi terimi, ilk defa Guo ve Riding (1998) tarafından açık renkli, ince yatay katmanlanmalı çalı traverten çökelleri için kullanılmıştır. Bu fasiyes, birkaç metre kalınlığa ve yüzlerce metre yanal devamlılığa sahiptir. Çalı düzlüğü fasiyesinde çalılar genellikle mikritik görünümlü ve boşluklar sparikalsit ile doldurulmuştur. Kalsitik çalılarının yüksekliği genellikle <3cm ve yukarıya doğru düzensiz bir şekilde dentritik bir morfoloji sunmaktadır. Bu fasiyes çoğunlukla, laminalı (L1), kamış (L3), havza içi akıllı (L5), gaz baloncukları (L2), zarflı (L4) ve paleosol (L8) litotiplerinden oluşmaktadır (Şekil 6.1). Çalı düzlüğü genellikle, teras havuzunda ve çöküntü çökeltme sisteminde oluşur ve bu fasiyes ölçülmüş olan kesitlerin çeşitli kısımlarında görülür.

## 6.3. Bataklık-havuz fasiyesi (Marsh-pool facies)

Bataklık-havuz fasiyesi terimi Guo ve Riding (1998) tarafından griden kahverengiye değişen çalı ve çakıllı travertenler için kullanılır (L3 ve L5). Bataklık- havuz çökelleri, yaygın olarak çalı düzlüğü fasiyesi ile birlikte görülür ve genellikle daha koyu, kahverengi ve çakıllı (yıkılmış breş) seviyeler yaygındır. Buna ek olarak, gastropod ve ostrakod lokal olarak bol miktarda görülmektedir (L6) (Şekil 6.1). Pedojenik etkiler lokal olarak şiddetlidir (Section-IV) ve bu çökeller, sığ gölde veya havuz ortamlarında, çökelmişlerdir. Guo ve Riding (1998) tarafından yapılan çalışmalara göre, bu tip fasiyes, özellikle durgun göller veya havuzlarda sülfürce zengin kaynaktan beslenirler (örneğin, H<sub>2</sub>S'ce zengin banyo olan Bagni di Tivoli, İtalya).



Şekil 6.1. Çalışma alanındaki traverten ocaklarından elde edilen ölçülü stratigrafik kesitlerin litotip ve fasiyesi.



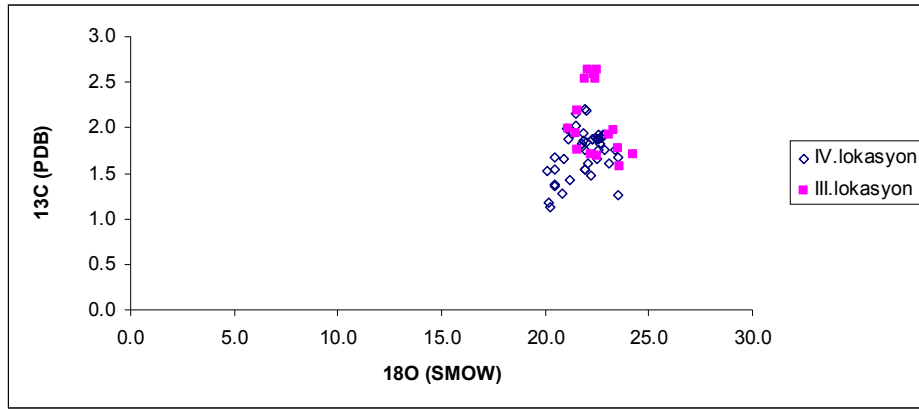
## 7. Jeokimyasal Analizler (Duraylı izotop ve kimyasal)

Çalışma alanında Site-III'e ve Site-IV'e ait sistematik olarak toplam 60 traverten kayaç örneği duraylı izotop analizi için derlenmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre; Site-III'den elde edilen  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri 1.6 ve 2.6 (‰ PDB) ve  $\delta^{18}\text{O}$  için 21.1- 24.3 (‰ SMOW) arasında değişmektedir (Çizelge 7.1). IV. lokasyona ait duraylı izotop değerleri,  $\delta^{13}\text{C}$  için, 1.1 ve 2.2 (‰ PDB) ve  $\delta^{18}\text{O}$  için 20.1- 23.5 (‰ SMOW) olarak bulunmuştur (Çizelge 7.1). Ayrıca, yine çalışma alanından 16 traverten örneği, kimyasal analizlerinin yapılması amacıyla AcmeLab Laboratuvarı'na (Kanada)'ya gönderilmiştir. Traverten örneklerin, major oksit ve iz element değerleri çizelge 7.2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

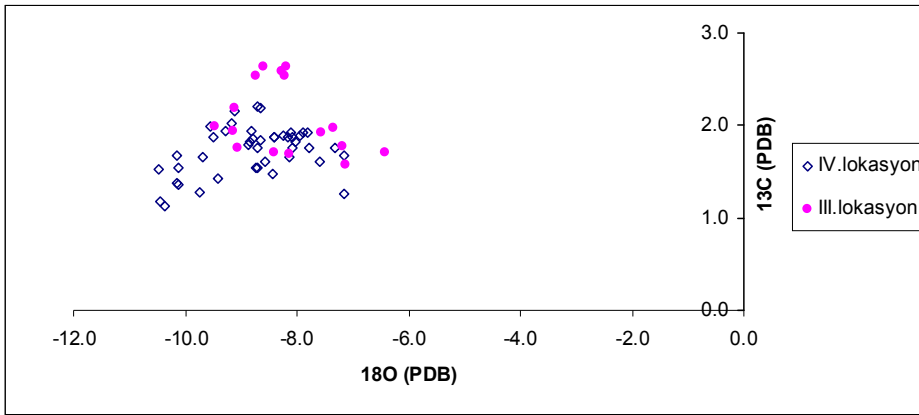
Traverten çökellerinden elde edilen XRD analizlerine göre, travertenler %100 kalsitten oluşmaktadır. Ca konsantrasyonu 387800 - 398600 ppm iken Mg konsantrasyonu 2000 - 4600 ppm arasında değişmektedir. Si (ppm) değerleri, 500-6000 İz element olarak Ba (ppm) element değerleri 29-9 ppm arasındadır. Sr içeriği 642 - 1296 ppm arasındadır. Bu Sr değerleri Pamukkale'deki güncel yamaç travertenlerindeki değerlere göre düşük, kuzeydeki Ballık travertenlerindeki değerlere göre yüksektir.

**Çizelge 7.1.** Çalışma alanındaki traverten örneklerinin izotop değerleri

Sample No	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)	Sample No	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)
4/1K	1,8	-8,9	21,8	4/31 K	1,6	-8,6	22,1
4/2K	1,7	-9,7	20,9	4/32 K	1,7	-8,1	22,5
4/3 K	1,4	-10,1	20,5	4/33 K	1,9	-9,3	21,3
4/4 K	1,3	-9,8	20,9	4/34 K	2,0	-9,5	21,1
4/5 K	1,4	-9,4	21,2	4/35 K	1,8	-8,7	22,0
4/6K	2,2	-8,7	22,0	4/36 K	1,5	-8,7	21,9
4/7 k	1,9	-8,8	21,8	4/37 K	1,8	-8,0	22,6
4/8K	1,9	-8,2	22,5	4/38 K	1,5	-10,5	20,1
4/9 K	1,8	-7,3	23,4	4/39 K	1,5	-10,1	20,5
4/10 K	1,9	-7,9	22,8	4/40 K	1,4	-10,1	20,5
4/11K	1,7	-7,2	23,5	4/41 K	1,7	-10,2	20,4
4/12K	1,9	-8,8	21,8	4/43 K	1,1	-10,4	20,2
4/13K	1,6	-7,6	23,1	4/44 K	1,2	-10,4	20,2
4/14K	1,3	-7,2	23,5	4/45 K	2,2	-9,1	21,5
4/15K	2,2	-8,7	21,9	3/1 K	1,9	-7,6	23,1
4/16 K	1,9	-8,4	22,2	3/2K/a	2,0	-9,5	21,1
4/17 K	1,9	-7,9	22,7	3/2K/b	1,9	-9,2	21,5
4/18 K	1,8	-7,8	22,9	3/3 K	1,8	-9,1	21,6
4/19K	1,8	-8,9	21,8	3/4 K	1,7	-8,1	22,5
4/20 K	1,9	-8,1	22,6	3/5 K	1,8	-7,2	23,5
4/21 K	1,9	-8,4	22,2	3/6K/a	2,0	-7,4	23,3
4/22 K	1,9	-8,1	22,6	3/6K/b	1,7	-6,4	24,3
4/23 K	1,9	-7,8	22,9	3/7 K	1,7	-8,4	22,2
4/24 K	1,9	-9,5	21,1	3/8 K	1,6	-7,1	23,6
4/25 K	1,9	-8,2	22,4	3/9 K	2,6	-8,6	22,1
4/26 K	2,0	-9,2	21,5	3/10K/a	2,6	-8,3	22,4
4/27 K	1,8	-8,1	22,6	3/10 K/b	2,6	-8,2	22,5
4/28 K	1,8	-8,7	21,9	3/11 K	2,5	-8,2	22,4
4/29 K	1,5	-8,4	22,2	3/12 K	2,2	-9,1	21,5
4/30 K	1,5	-8,7	21,9	3/13 K	2,5	-8,7	21,9



(a)



(b)

**Şekil 7.1.** Site-III ve Site-IV traverten örneklerinin izotop sonuçlarının grafik üzerinde gösterimi. **(a)**  $^{13}\text{C}$  (PDB) ve  $^{18}\text{O}$  (SMOW) değerleri ile gösterilmesi **(b)**  $^{13}\text{C}$  (PDB) ve  $^{18}\text{O}$ (PDB) olarak gösterilmesi

Buna göre, termojen traverten çökeltileri olarak kabul edilen kayaçların  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri meteojen travertenler ile benzerlik gösterirler ancak termojenler daha pozitif değerlere sahiptir ve ortalama değerleri ‰4.3 olarak kaydedilmiştir (PENTECOST, 2005). Meteojen travertenlerden ‰ 13 kadar daha yüksek bir değere sahiptir. Bu farklılık, geniş ölçüde toprak olmayan bir karbon kaynaklarına sahip olması, su-kayaç tepkimelerini içermesi ve hızlı  $\text{CO}_2$  kaçıışı boyunca travertende hesaplanan zenginleşmedir. Kesin olarak söylenemese de, travertenlerin %90'ı  $\delta^{13}\text{C}$  değerleri, ‰ -1 ve +10 arasında bir aralığa sahiptir (PENTECOST, 2005). Birçok durumlarda,  $\text{CO}_2$  kireçtaşlarının dekarbonizasyon tepkimelerinden oluştuğu düşünülmektedir (TURI, 1986; PENTECOST, 1995) ama bunun yanı sıra magmatik bileşenler de önemli rol oynayabilir (YOSHIMURA vd., 2004). Bazı açık renkli travertenler,  $\text{CO}_2$

taşıyan diğer magmatik kökenli kayaların hidrotermal yüzey sularının karışmasıyla oluşurlar.

**Çizelge 7.2.** Çalışma alanındaki traverten örneklerinin major oksit ve iz element değerleri. Major oksit değerleri ve iz elementler ppm cinsinden verilmektedir.

<b>IV. Lokasyon</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Si</b>	<b>Fe</b>	<b>Al</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ba</b>
<b>4/1K</b>	395100	2600	1300	400	0	0	0	17
<b>4/9K</b>	395800	3200	6000	400	0	0	0	9
<b>4/10K</b>	394900	3500	1300	500	200	0	0	15
<b>4/17K</b>	395000	2500	1600	800	200	0	0	17
<b>4/20K</b>	395200	2600	2100	800	300	0	0	21
<b>4/23K</b>	395000	2500	1100	500	100	0	0	14
<b>4/35K</b>	388100	3200	5600	1500	1200	100	200	29
<b>4/37K</b>	387800	3600	5700	1800	1700	0	300	28
<b>4/40K</b>	391100	4300	2300	1000	400	100	100	28
<b>4/44K</b>	390100	4600	3700	500	600	0	0	28
<b>III. Lokasyon</b>	<b>Ca(ppm)</b>	<b>Mg(ppm)</b>	<b>Si(ppm)</b>	<b>Fe(ppm)</b>	<b>Al(ppm)</b>	<b>Na(ppm)</b>	<b>K(ppm)</b>	<b>Ba(ppm)</b>
<b>3/2K(b)</b>	394400	4600	700	400	0	100	0	16
<b>3/4K</b>	394100	3700	900	400	100	100	0	18
<b>3/5K</b>	396500	2900	700	500	0	0	0	19
<b>3/6K(a)</b>	395200	3200	500	400	0	0	0	11
<b>3/11K</b>	396000	2000	1000	600	200	0	0	13
<b>3/13K</b>	398600	2300	600	400		0	0	9

## 8. Radyometrik Yaş Analizi

Kocabaş travertenlerinin depolanmaya başladığı dönemi ve böylelikle o dönem hakkındaki paleoklimsel yorumları daha sağlıklı yapabilmek amacıyla çalışma alanına ait travertenlerden sistematik olarak örneklemeler yapılmıştır. Radyometrik yaş analizi yapmak amacıyla alınan bu örnekler, GEOTOP Araştırma merkezine gönderilmiş ve orada U/Th yaşlandırma yöntemi kullanılarak çökme yaşı bulunmaya çalışılmıştır.

Çalışma alanındaki traverten çökellerinden elde edilen yaş sonuçlarına göre; Kocabaş travertenleri, yaklaşık 181ky'da çökmeye başlamış 85ky'a kadar devam etmiştir. U-serisi yaşlandırma analizi sonucunda elde edilen kesin yaş bulguları ile Kocabaş travertenlerinin Geç Pliyosen yaş aralığında çökeldiği ortaya konmuştur. Paleoklimsel açıdan incelemeler ve elde edilen sonuçlar daha sonraki bölümde ele alınacaktır.



Sample	$^{238}\text{U}$ (ppm)	$^{232}\text{Th}$ (ppm)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	Ages (ky)
<b>S1-10K</b>	0.3533	0.0045	1.2145±0.008	0.6281±0.004	184.559±1.16	<b>103.778±1.4</b>
<b>S1-5K</b>	0.1060	0.018	1.2096±0.009	0.8987±0.007	197.4037±2.1	Age calculated do not converge
<b>S1-1K</b>	0.1372	0.0037	1.2148±0.007	0.8168±0.007	113.821±1.09	<b>169.335±3.8</b>
<b>S2-10K</b>	0.3132	0.0877	1.2119±0.007	0.6578±0.006	8.6968±0.09	<b>104.000±3.9</b>
<b>S2-1K</b>	0.0723	0.0169	1.2120±0.008	0.8522±0.009	13.5088±0.1	<b>181.267±7.7</b>
<b>S3-14K</b>	0.1920	0.0100	1.393±0.01	0.6929±0.01	54.2065±0.5	<b>118.3170±3</b>
<b>S3-12K</b>	0.2157	0.0026	1.2184±0.03	0.7058±0.01	217.4143±4	<b>125.9506±3</b>
<b>(b)</b>						
<b>S4-39K</b>	0.3764	0.2103	1.4626±0.01	0.6097±0.009	4.8774±0.08	<b>85.512±5.8</b>
<b>S4-41K</b>	0.3450	0.0058	1.2473±0.009	0.6440±0.008	7.3117±0.1	<b>99.865±4.5</b>
<b>S4-38K</b>	0.4051	0.1835	1.2585±0.007	0.6764±0.008	5.7433±0.08	<b>106.217±5.9</b>
<b>S4-32K</b>	0.1282	0.0294	1.2400±0.01	0.7377±0.01	12.1999±0.2	<b>131.493±4.8</b>
<b>S4-20K</b>	0.1461	0.0276	1.2263±0.01	1.0696±0.01	21.2362±0.1	Age calculated do not converge
<b>S4-15K</b>	0.1109	0.0182	1.2263±0.009	0,7474±0.01	17,0234±0.2	<b>139,9060±4</b>

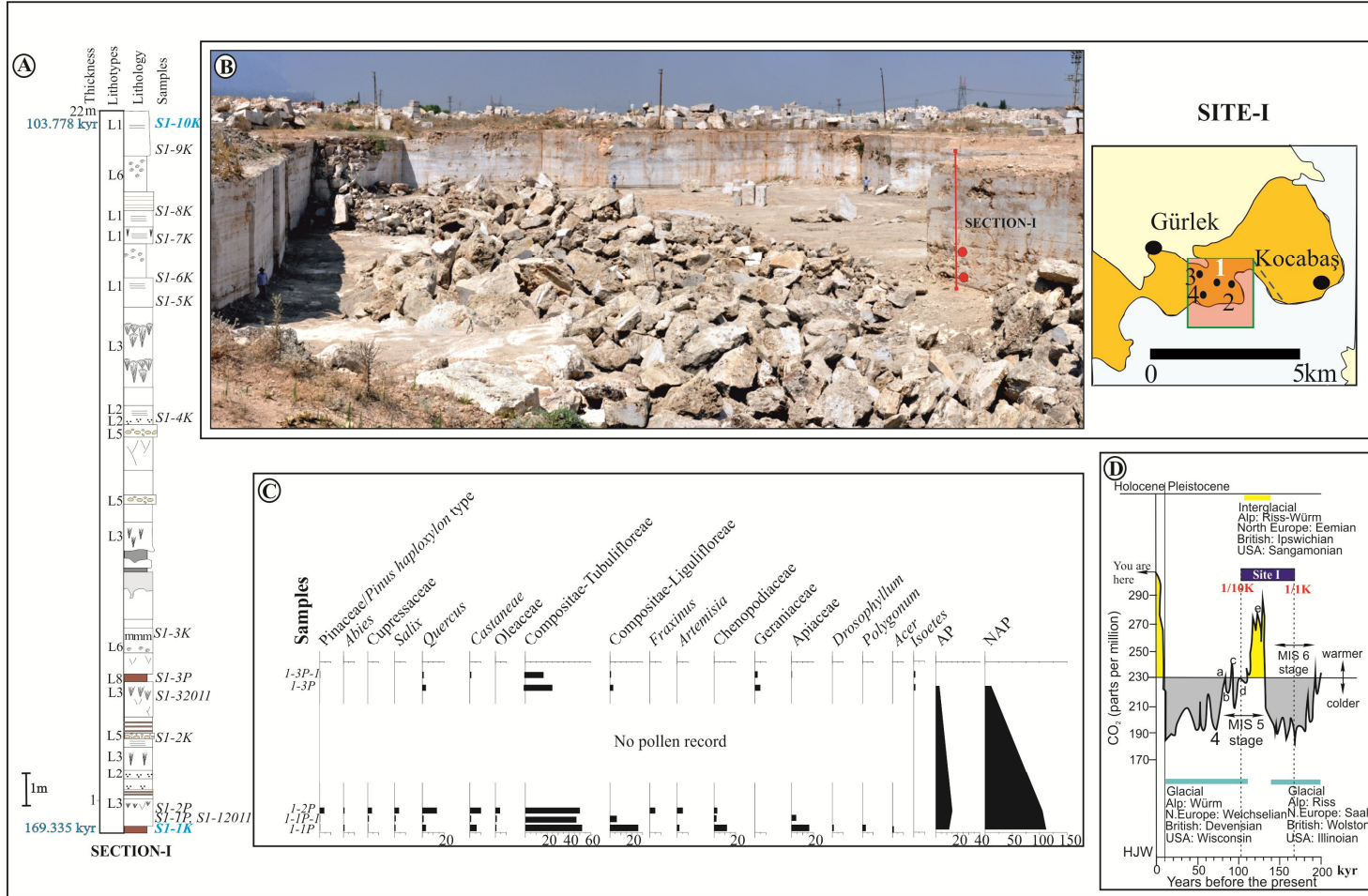
**Şekil 8.1.** Kocabaş travertenlerinden elde edilen U-serisi yaşlandırma sonuçları

## 9.Polen verileri

### 9.1. Site-I

Bu çalışma kapsamında derlenen örneklerden özellikle 1/1-3P örneklerini çok zengin olduğu belirlenmiştir (Şekil 9.1). Öncelikle bu örneklerden başlamak suretiyle palinostratigrafik çalışmalara başlanmıştır. İlk aşamada tanımlanan polenler, *Quercus*, *Castanea*, *Compositae-Tubuliflorea*, *Centaurea* (Compositatae), *Poaceae*, çeşitli polenler, fungal spor ve zooplankton'dur (Levha 1 ve 2).

Bununla beraber, elde edilen polen verileri ışığında "Coexistence Approach" yöntemi ile travertenlerin çökelme dönemlerindeki yaşı ve sıcaklık değerleri de bulunmuştur (Şekil 9.1). Ortalama yıllık sıcaklık 10-24 °C, ortalama yıllık yağış 473.0-1372.0 mm dir.



**Şekil 9.1.** (a) Site-I'e ait ölçülü stratigrafik kesit, litotipler ve örnek yerleri, (b) Site-I'e ait traverten ocağının panoramik görüntüsü, (c) kesitten alınan örneklerin palinolojik sonuçları, (d) Site-I paleoklimsel sonuçları



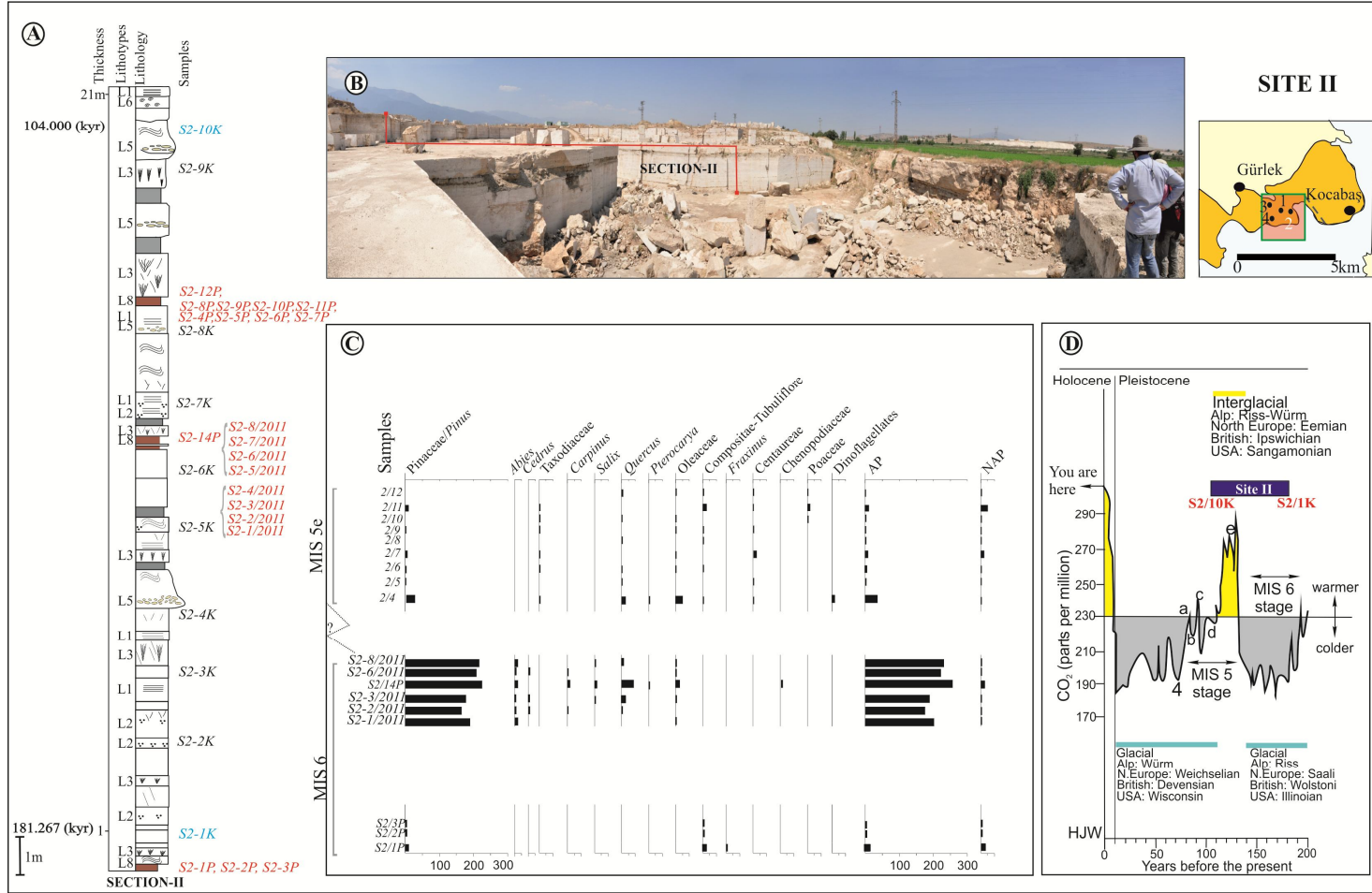
<b>Lokasyon-I</b>
<b>«Coexistence Approach» Yöntem Sonuçları:</b>
Ortalama yıllık sıcaklık [°C]: 10.0-24.2
En soğuk ayın sıcaklığı [°C]: (-3.9)-16.7
En sıcak ayın sıcaklığı [°C]:21.6-28.3
Ortalama yıllık yağış [mm]:473.0-1372.0
En çok yağış alan ayın yağış miktarı [mm]: 108.0-304.0
En az yağış alan ayın yağış miktarı [mm]:5.0-70.0
En sıcak aydaki yağış miktarı [mm]: 5.0-180.0

**Şekil 9.2.** Site-I (Lokasyon-I) polen sonuçlarının “Coexistence Approach” yöntemi ile ortamın eski yağış ve sıcaklık değerleri.

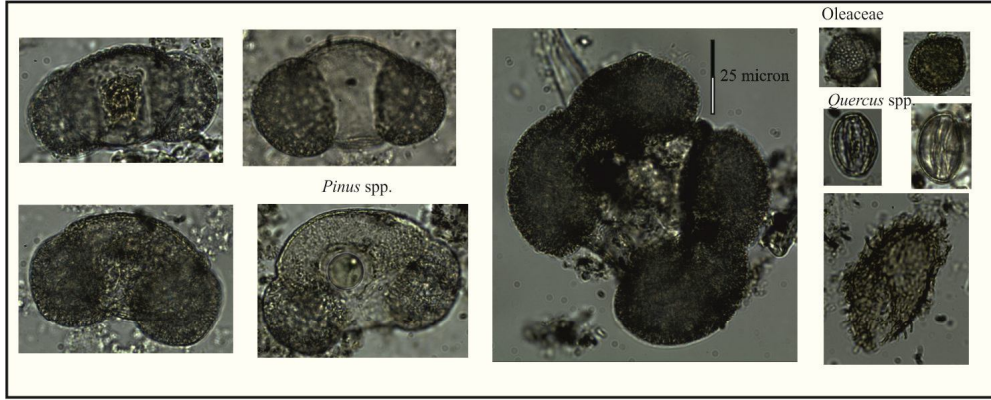
## 9.2. Site-II

Bu çalışmada, Site-II'nin killi-çamurlu seviyelerinden toplam 14 adet örnek alınmış ancak 2/14P no'lu örneğin zengin polen içermesinden dolayı örnek sayısı artırılarak 22'ye çıkartılmıştır. Yapılan palinostratigrafik çalışmalar sonucunda, *Pinus ssp.* türünün oldukça fazla olduğu saptanmıştır. Bununla beraber diğer *Quercus*, *Salix*, *Taxodiaceae*, *Oleaceae*, *Fraxinus*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Compositae* ve *Dinoflagellate* gibi polen türleri de Site-II'de az da olsa belirlenmiştir (Şekil 9.3).

Site-II'ye ait polen örneklerinden elde edilen yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları Şekil 9.4'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Buna göre, yıllık ortalama sıcaklık 10.0-21.1 °C ve ortalama yağış miktarı 735.0-1355.0mm dir.



**Şekil 9.3.** (a) Site-II'den (II. Lokasyon) alınan ölçülü stratigrafik kesit ve açıklamaları, (b) Site-II'nin panoramik görüntüsü, (c) Eski toprak seviyelerinden elde edilen polen verileri, (d) Paleoklimsel veriler



(a)

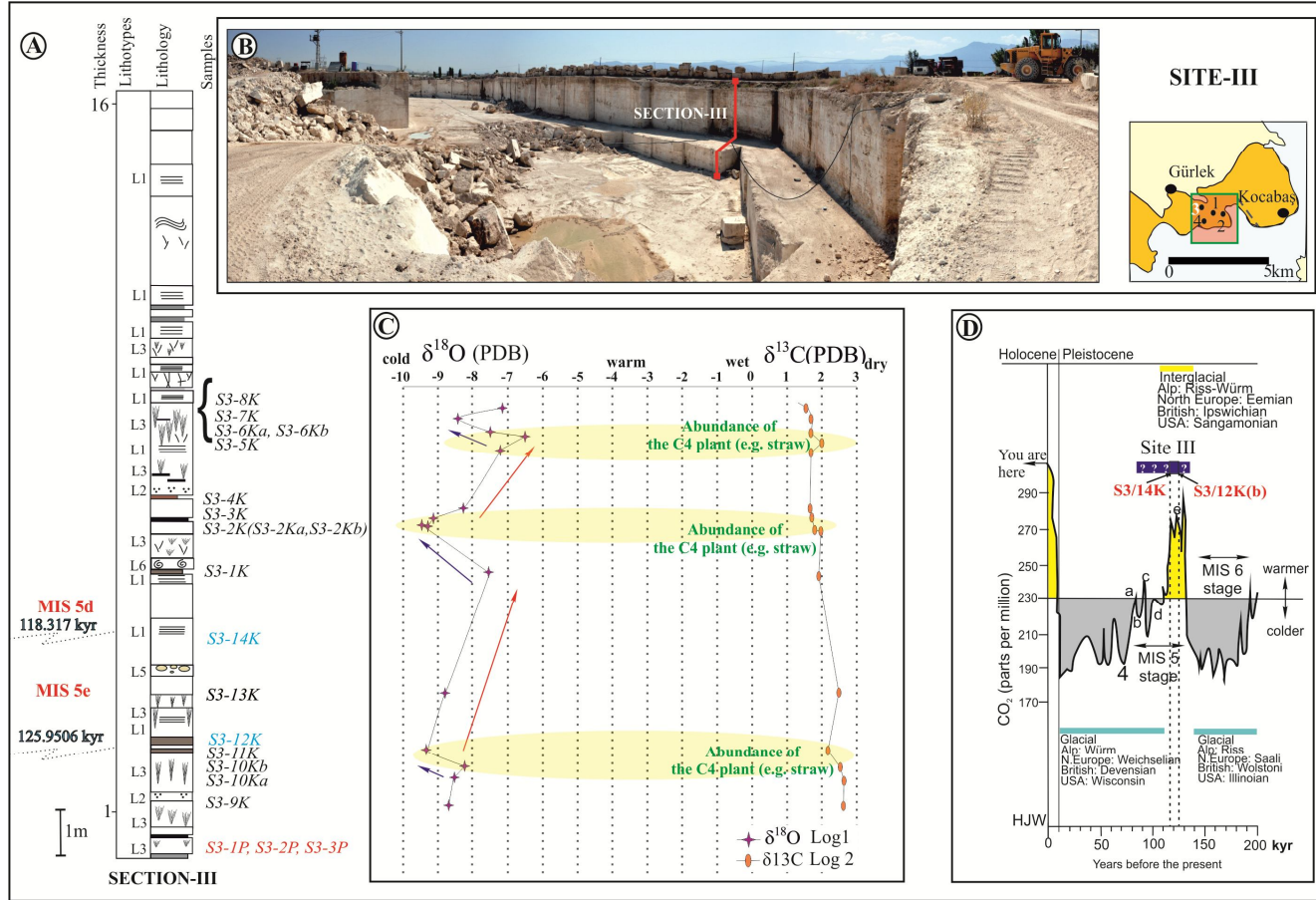
<b>Lokasyon-II</b>	
<b>«Coexistence Approach» yöntem sonuçları</b>	
Ortalama yıllık sıcaklık [°C]:	10.0-21.1
En soğuk ayın sıcaklığı [°C]:	(-6.5)-16.3
En sıcak ayın sıcaklığı [°C]:	21.7-28.9
Ortalama yağış miktarı [mm]:	735.0-1355.0
En çok yağış alan ayın yağış miktarı [mm]:	108.0-265.0
En az yağış alan ayın yağış miktarı [mm]:	2.0-59.0
En sıcak ayın yağış miktarı [mm]:	90.-195.0

(b)

**Şekil 9.4.** (a) Site-II'deki (II.Lokasyon) paleosollerden elde edilen polen örnekleri ve (b) "Coexistence Approach" yöntemi ile bulunan sıcaklık ve yağış verileri.

### 9.3. Site-III

Site-III'e ait alınan traverten örneklerinde herhangi bir palinolojik bulguya rastlanılmamıştır. Bu traverten ocağında killi seviyelerin azlığı polen verisi elde etme olanağını zorlaştırmıştır. Bu yüzden killi seviyelerden örnek alınamamıştır. Traverten kayaç örnekleri üzerinde yapılan palinolojik analizlerde ise herhangi bir polen verisine rastlanılmamıştır. Buradan elde edilen izotop ve yaş değerleri ile diğer lokasyonlar karşılaştırılmıştır. Şekil 9.5'de Site-III'e ait ölçülü stratigrafik kesit ve duraylı izotop analiz verileri, iklimsel sonuçlarla birlikte verilmektedir.

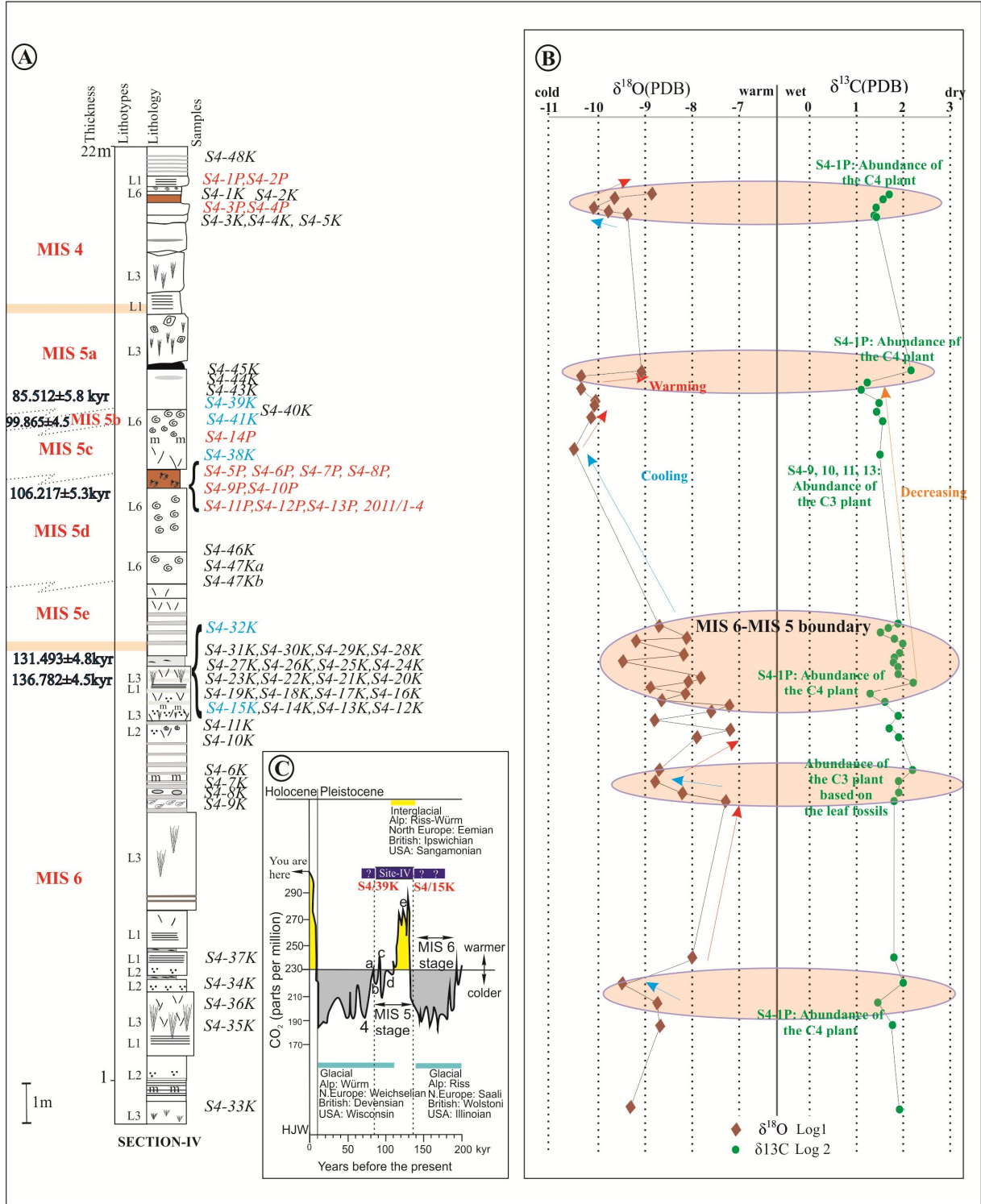


**Şekil 9.5.** (a) Site-III ölçülü stratigrafik kesitindeki traverten litotipleri ve yaşları, (b) Site-III traverten ocağının panoramik görüntüsü, (c) duraylı izotop sonuçlarının grafiksel gösterimi, (d) paleoklim verileri

#### 9.4. Site-IV

Çalışma alanındaki son lokasyonda palinolojik olarak iki farklı tür kaydedilmiştir (Şekil 9.6). Bunlardan birincisi, kesitin orta kesiminde görülen *Pinus*, *Quercus*, *Oleaceae* ve daha az miktarda *Compositae*, *Ericaceae* ve *Taxodiaceae* türleridir. Diğer palinoflora ise kesitin üst kesimlerinde gözlenen bol sazlıklı türlerdir (Şekil 9.6). Bu iki palinofloranın aynı kesitte bulunması paleoiklimsel bir değişimin olduğunu göstermektedir.

Site-IV'den elde edilen polen örnekleri üzerinde "Coexistence Approach" yöntemi ile ortalama yıllık yağış ve ortalama sıcaklık değerleri bulunmuştur (Şekil 9.7). Buna göre yıllık ortalama sıcaklık, 10.00-21.1 ve 13.3-25.0 arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı ise, 396.0-1281.0mm.dir.



**Şekil 9.6.** (a) Site-IV ölçülü stratigrafik kesitindeki traverten kayaç ve polen örnekleri, traverten litotipleri ve yaşları (b) duraylı izotop sonuçlarının grafiksel gösterimi, (c) paleoklim verileri

<b>Lokasyon-IV</b>
<b>«Coexistence Approach» yöntem sonuçları</b>
Ortalama yıllık sıcaklık [°C]: 10.0-21.1 and 13.3-25.0
En soğuk ayın sıcaklığı [°C]: (-0.1)-1.1
En sıcak ayın sıcaklığı [°C]:20.3
Yıllık ortalama yağış miktarı [mm]:396.0-1281.0
En çok yağış alan ayın yağış miktarı [mm]: 108.0-227.0
En kurak aydaki yağış miktarı [mm]:5.0-50.0
En sıcak aydaki yağış miktarı [mm]: 55.0-125.0

**Şekil 9.7.** “Coexistence Approach” yöntemi ile Site-IV’e ait sıcaklık ve yağış verileri

Yukarıda her bir lokasyon için anlatılan morfolojik tanımlamalara göre; traverten istifinde gözlenen, paralel laminalanma enerjinin düşük ancak sürekli bir akışın varlığına işaret etmektedir. Ancak laminalı seviyelerin üzerinde gözlenen traverten parçalarından oluşmuş, farklı boyutlarda, kötü boylanmalı litoklastlı seviye, çöküntü alanlarına erozyona bağlı olarak enerjinin artmasıyla kaba taneli traverten parçalarının havza içine doğru sürüklenmesinin sonucudur. İstifin üst kesimlerinde görülen gastropodlu seviye, depolanma alanının kıyıya oldukça yakın (göl kenarı) alanını göstermektedir. Ayrıca, travertenlerde gözlenen çalı, sazlık ve buna benzer su bitkileri, depolanma sırasında suyun akışına engel oluşturduğu için ortamda bulunan tortula tutunmaktadır ve çoğunlukla mikritik bir karbonatla çevrilerek traverten oluşumunun içerisinde yer almaktadır. Bu çeşit, çalı tipi travertenler, zaman zaman kuruyan bataklık gibi sığ çöküntü alanlarıyla çalı tümsekçiklerinin bileşiminden oluşmaktadır (ÖZKUL vd., 2002). Buna ek olarak, çalışma alanındaki travertenlerde gözlenen genellikle organik maddece zengin, koyu kahverengi eski topraklar (paleosol), suyun geliminin azalmasıyla havayla temasa geçen traverten çökellerinin üzerinde biyolojik aktiviteyle birlikte kuruma ve toprak formasyonları gelişir. Bu eski toprak formasyonu direk olarak bir traverten fasiyesi değil ancak çökelinin yavaşladığı veya durduğu çöküntü alanlarında gözlenen bir kısımdır. Her eski toprak (paleosol) tabakası, iki traverten arasında sınırdır ve kalınlığı traverten çökelinin ne kadar süre gözlendiği ile ilişkilidir (ÖZKUL vd., 2002). Palinolojik olarak örnekler, özellikle bu kısımlardan alınmıştır.

## 10.Tartışma

### 10.1. Paleootamsal öngörüler: Göl tipi travertenlerin karşılaştırılması ve modelleme

Çalışma alanına ait traverten çökellerinin fasiyes özellikleri incelendiğinde, bir çöküntü depolanma sistemi içerisinde “sığ göl dolgu çökelleri” olarak tanımlanabilir. Bu gibi göl tipi traverten çökellerinin genel özellikleri aşağıda maddeler halinde gösterilebilir.

- ✓ Yatay tabakalanma/laminalanma gibi tabaka içi tortul yapıların arazide belirgin bir biçimde görülmesi
- ✓ Yanal devamlılığının yüzlerce metre devam etmesi
- ✓ Traverten çökelleri içerisinde gastropod gibi göl ve sığ deniz ortamlarında yaşayan organizmaların yoğun olarak gözlenmesi
- ✓ Çalı, saz gibi uzunlamasına gelişen su bitkilerinin travertenlerin içerisinde belirgin biçimde görülmesi
- ✓ Traverten çökelinin yavaşladığı veya durduğu dönem içinde çevreden gelen organik maddece zengin, kil,silt gibi ince taneli paleosollerin (eski toprak) varlığı

Kocabaş ve çevresinde gözlenen bu göl tipi travertenleri, diğer göl travertenlerle karşılaştırıldığında paleootamsal özellikler net bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Çizelge 10.1’de Kocabaş travertenlerinin, farklı ülkelerdeki benzer ortamlarda çökelmiş traverten örnekleriyle karşılaştırılması verilmektedir.

Kocabaş travertenlerinin çökme evrimi, üç boyutlu olarak blok diyagramlarda gösterilmiştir (Şekil 10.1). Buna göre, traverten çökeli, bölgedeki açılma tektoniğine bağlı olarak, lokal olarak kırık ve çatlaklardan çıkan termal suların oluşturduğu göl ortamında depolanmaya başlamışlardır (170-140ky, buzul dönemi). Paleovejetasyon çoğunlukla karniyon, bazı bitkiler ve çalılardan oluşmaktadır (Şekil 10.1A).

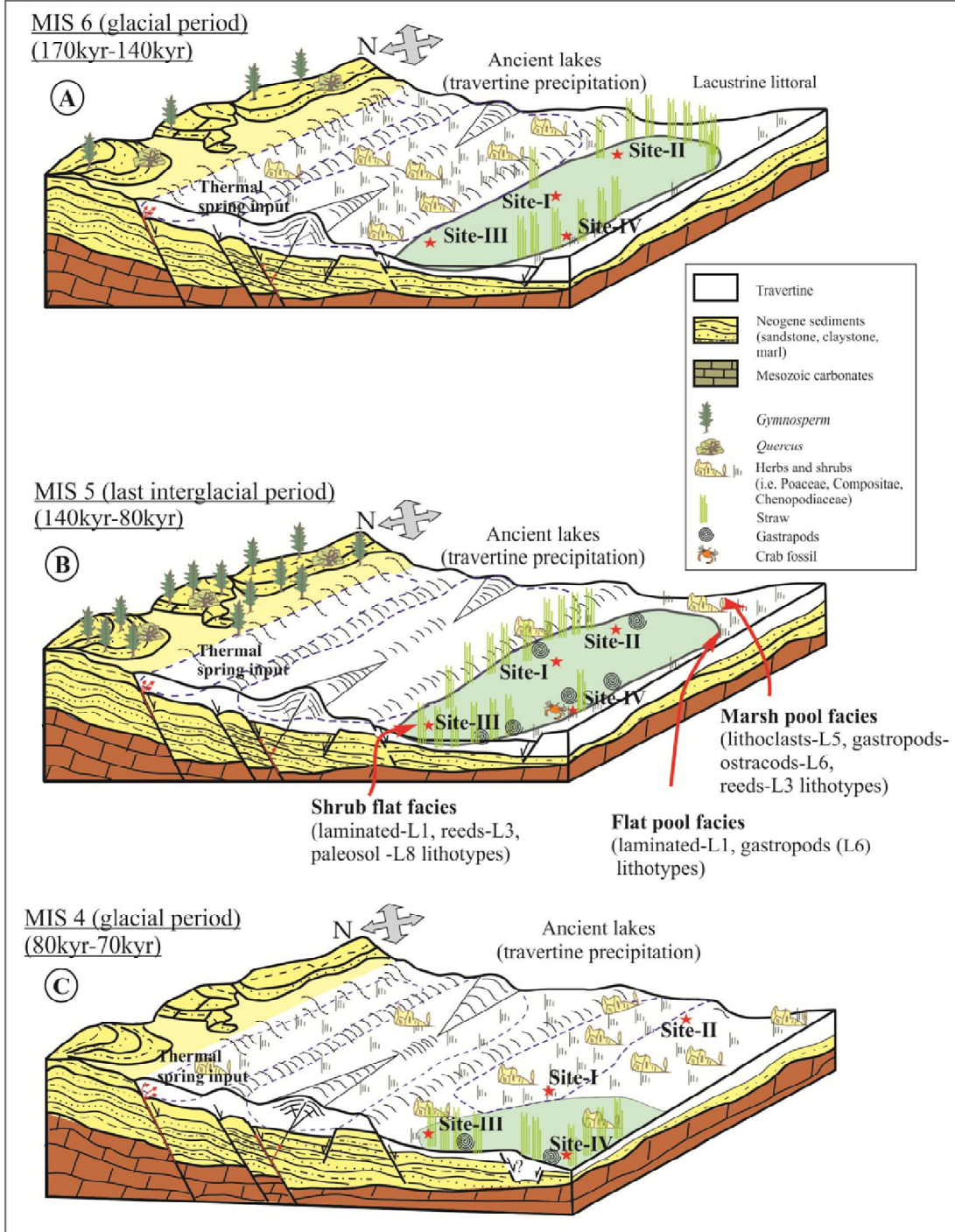


Son buzul arası dönem boyunca (140-80ky) traverten çökeli mi devam etmiş ve bu modele göre, durgun havuz ortamı havuz düzlüğü (flat pool), çalı düzlüğü (shrub flat) ve bataklık-havuz (marsh pool) fasiyesinde birikmişlerdir (Şekil 10.1B). Bu blok diyagram, sıcak iklim koşullarında valığını sürdüren gastropod, ostrakod ve yengeçlerin yoğun olarak gözlendiğini göstermektedir.

Kocabaş mevkisinde bulunan traverten çökelleri, buzul dönemine kadar (80-70ky) çalışma alanının güneybatısına doğru çökelmeye devam etmiştir (Şekil 10.1C). Bu diyagrama göre, Site-I ve Site-II'deki traverten çökeli mi durmuş ancak Site-III ve Site-IV'deki traverten çökeli mi devam etmektedir. Bu lokasyonlarda görülen depolanma farklılığı, lokal tektonik harekete bağlı olarak, CaCO<sub>3</sub>'ca zengin suların, Site-III ve Site-IV'de traverten çökeli mi ni gerçekleştirmesinden kaynaklanmaktadır.

**Çizelge 10.1.** Göl tipi Kocabaş travertenlerinin benzer özelliklere sahip diğer traverten örnekleriyle karşılaştırılması

	<b>Bagni Di Tivoli (Chafetz and Folk, 1984; Faccenna vd., 2008)</b>	<b>Rapolano Terme (Guo and Riding, 1998; Brogi ve Capezzuoli, 2009)</b>	<b>Ballık (Özkul vd., 2002)</b>	<b>Kocabaş travertenleri (Bu çalışmada)</b>
<b>Litotip</b>	Baskın olarak çalı tipi, Laminalı/masif	Çalı tipi, gaz baloncukları, ince zarfçıklar	Kristalin kabuk, çalı, pisolit, sal tipi, çevrilmiş gaz baloncukları, litoklast, çakıllı, eski toprak seviyeleri	Laminalı, çalı tipi, ince zarfçıklar, gaz baloncukları,
<b>Fasiyes</b>	Yamaç fasiyesi, Teras,	Çalı düzlüğü fasiyesi, Bataklık-havuz fasiyesi	Kristalin kabuk, çalı, pisolit, sal tipi, çevrilmiş gaz baloncukları, litoklast, çakıllı, eski toprak seviyeleri	Çalı düzlüğü fasiyesi, Bataklık-havuz fasiyesi
<b>Fauna</b>	Mavi-yeşil alg, kırmızı- yeşil alg, mantar	Ostrakodlar Lokal olarak görülen gastropodlar	Bakteri lifleri, diatomeler	Gastropodlar, yengeç kısaçaları
<b>Flora</b>	Çalı, yapraklar, odunsu bitkiler	Çalı, sazlık	Çalı, sazlık	Polenler; <i>Abies</i> , <i>Pinus</i> , <i>Quercus</i> , Compositae- Tubulifloreae)
<b>Erozyonal yüzey</b>	5 ana erozyonal yüzey; paleosoller, konglomeralar ve paleokarstik boşluklar	Killi-siltli eski toprak (paleosol)	Paleosoller, teras havuzlarındaki mikro karstik boşluklar,	Eski toprak ve karstik özellikler
<b>Kalınlık</b>	85m	40metre	65m	60m
<b>Yanal devamlılık</b>	200-300m	Yüzlerce metre	Yüzlerce metre	Yüzlerce metre
<b>Yaş aralığı</b>	30-115ky	---	>500ky	85-181ky
<b>Depolanma ortamı</b>	Sığ göl, bataklık	Göreceli olarak alçak topografyanın düz ve çukurda kalan yerleri	Çöküntü depolanma ortamı (çalı düzlüğü ve bataklık havuz alt ortamları)	Çöküntü depolanma sistemi içinde durgun/düşük enerjili sığ göl ortamı



**Şekil 10.1.** Kocabaş bölgesindeki Geç Pliyosen döneminde traverten depolanma evriminin blok diyagramlarla şematik olarak gösterilmesi. (A) Göl ortamında çökelen Orta-Geç Pleyistosen (MIS 6- buzul periyod) döneminde bir göl ortamında çökmeye başlayan traverten oluşukları (Site-I ve Site-II), (B) MIS 5 son buzul arası dönemde gözlenen çalı düzlüğü (shrub flat), havza düzlüğü (flat pool) ve bataklık-havuz (marsh pool) fasiyeslerinde depolanan traverten çökelişi, (C) MIS-4 buzul (glacial) döneme kadar traverten çökelişine devam eden Site-III ve Site-IV.

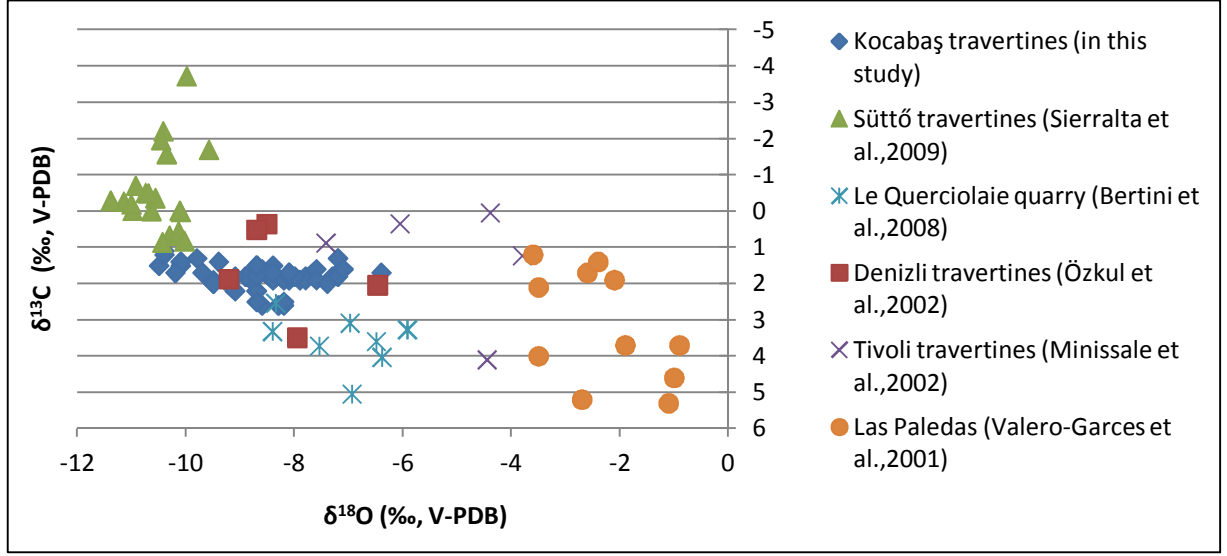
## 10.2. Yaş, İzotop ve Polen verilerine göre paleoiklimsel yaklaşımlar

Travertenlerden alınan yaş verileri ve izotop sonuçlarına göre, traverten çökelişi, Geç Pleyistosen'de (181,267 ve 85,512) gerçekleşmiş ve bu da oksijen izotop safhaları içinde buzul arası döneme denk gelmektedir. Günümüzden yaklaşık 130.000 yıl önce oksijen izotop safhası (OIS) 6'da buzullar erimeye başlamıştır (ANDEL ve TZEDAKIS, 1996). OIS 6 safhasını bitiren hızlı buzul gerilemesine karşılık gelen ilk 10.000 yıllık sürede iklim hızla ısınırken, bu ısınmayı, hafif bir soğumanın görüldüğü zaman aralığı izlemiştir. Eemian OIS 5e (MIS=Marine isotopic stage) olarak görülen bu dönem buzul arası dönem, ısınmanın en yüksek olduğu dönemi göstermektedir ve 5e sonundan 5d sonuna kadar deniz seviyesinde önemli bir düşüş görülmektedir. Bir sonraki aralık 5c (yaklaşık 100.000 yıl öncesi) döneminde oldukça ılıman iklim koşulları görülmektedir. OIS 5b aralığında ise, deniz seviyesi yeniden düşmekte ve yeni bir soğuma aralığına girilmektedir. Bu soğuma dönemini OIS 5a olarak bir ısınma aralığı izlemektedir. Böylelikle çalışma alanındaki travertenler, kısa süreli soğumalar yaşansa da genel hatlarıyla ısınmanın baskın olduğu görsel bir ortamda depolanmışlardır. İzotop ve yaşlandırma analizleri, Kocabaş travertenlerinin genel olarak ısınmaya doğru bir eğilim gösteren iklim koşullarında çökeldiğini göstermektedir. Bu travertenlerin izotopik profilleri, iklimsel dalgalanmaların olduğu Oksijen İzotop Safhası (OIS) 5 boyunca ortaya çıkmaktadır. (OIS) 5, çalışma alanında dört faz olarak görülmektedir. Eemiyen safhası olarak da bilinen (OIS) 5e son buzularası dönemi göstermektedir. Eemian son buzularası dönem (136.000-130.000), başlıca soğumanın ve ısınmanın olduğu olaylardan oluşmaktadır. Çalışma alanında ayrıca 5d (Herning-stadial; 106.000 yıl), 5c (Brørup interstadial; 99.000) ve 5b (Hederstall stadial; 85.000) paleoiklim fazlarına rastlanılmıştır.

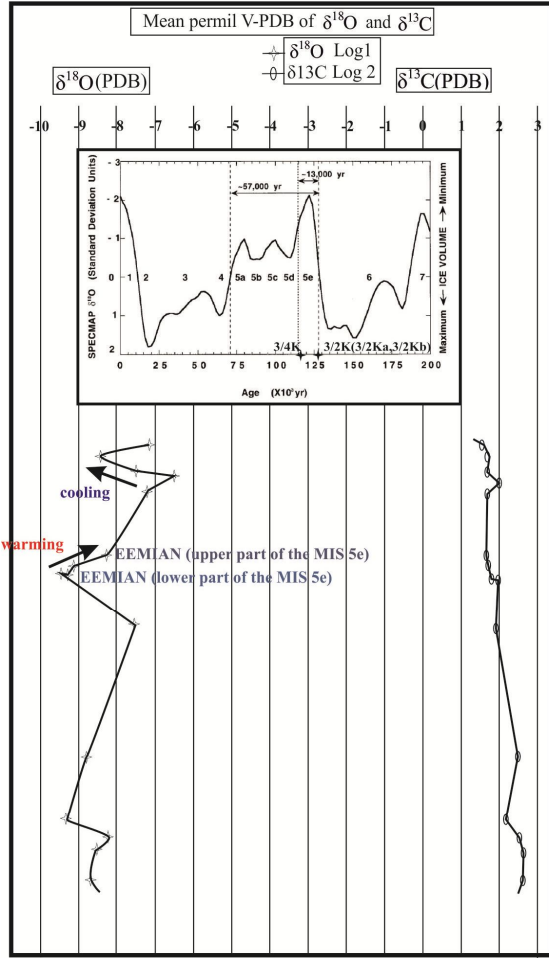
Duraylı izotop analizleri, Traverten ve tufa gibi karbonat çökellerindeki  $\delta^{13}\text{C}$  izotop değeri, yeraltı suyunun kökeninin belirlenmesinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Çalışma alanındaki traverten çökellerinin  $\delta^{13}\text{C}$  izotop değerleri +1.1-+2.6 (PDB) arasındadır. Buna ek olarak,  $\delta^{18}\text{O}$  değerleri -7.1 ile -10.5 (PDB) arasındadır. Şekil 10.3.'deki karşılaştırma tablosunda, göl tipi traverten çökellerindeki duraylı izotop değişimleri görülmektedir. Buna göre, Kocabaş travertenlerindeki  $\delta^{13}\text{C}$

değerlerinin, sıfıra yakın düşük pozitif değerlere sahip olması, inorganik kökenli yüksek (+) değerli karbonun yüzeye çıktığı zaman meteorik sularla karışmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, Le Querciolaie travertenlerinde daha az meydana gelmektedir ki karbon değerleri, yüksek pozitif değerlere sahiptir. Bununla beraber, Süttő travertenlerinde, yüzey sularının daha fazla karıştığını, düşük pozitif, sıfır ve negatif değerlerden anlaşılmaktadır.

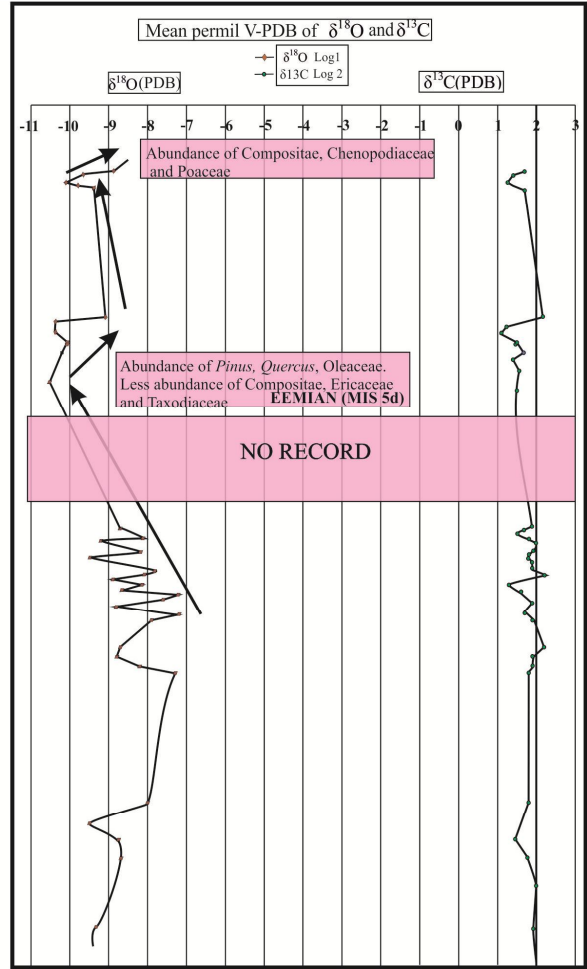
Kocabaş travertenlerine ait izotop değerleri ile polen sonuçlarının birlikte gösterildiği tabloda (Şekil 10.4.), paleoklimsel salınımlar net bir şekilde gözlenmektedir. İklimdeki soğumaya veya kuraklaşmaya bağlı olarak palinolojik değişimlerde gözlenmektedir. Bu doğrultuda, çalışma alanından sistematik olarak alınan 76 organik maddece zengin killi seviyelerde yapılan palinolojik analizler sonucunda, iki palinoflora (Palinofora A ve B) tanımlanmıştır. Palinoflora A'ya ait en karakteristik türler Compositae-Tubulifloreae ve Ligulifloreae, Geraniaceae, *Artemisia*, Chenopodiaceae ve Apiaceae'dir (Lokasyon-I). *Pinus*, *Abies*, *Quercus*, *Castanea*, *Salix*, *Fraxinus* ve *Oleaceae* az bol olarak bu açık alan türlerine eşlik etmektedir. Palinoflora B, gymnosperm polen türlerinin bolluğu ile temsil edilmektedir (*Abies* ve *Pinus*). Bu palinoflora içinde, *Quercus*, *Oleaceae*, *Carpinus*, *Chenopodiaceae*, *Compositae-Tubulifloreae*, *Poaceae*, *Centaureae*, *Pterocarya*, *Salix* ve *Dinoflagellate* türleri az bol olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, palinofloraya dayalı paleovejetasyonel bulgular, duraylı izotop değerleri ve çökelme özelliklerinden elde edilen paleortamsal bulguları desteklemektedir. Buna göre, iklimin ısınmaya geçtiği dönemde Compositler olarak adlandırılan otsulların varlığı giderek artmakta ancak, iklim serinleme fazına girdiği dönemde ise, *Pinus*, *Quercus* gibi odunsu ağaçların polenlerinde bir yoğunluk gözlenmektedir. Polen kayıtları ve duraylı izotop değerleri temel alınarak, Kocabaş bölgesinde MIS5e ve MIS5d-a dönemlerinde gözlenen paleoklimsel olaylar, Avrupa'ya ait paleoklimsel olaylar ile karşılaştırılması durumunda çok daha net ve özgün veriler elde edilecektir.



**Şekil 10.2.** Farklı traverten lokasyonlarından göl tipi traverten çökellerine ait duraylı izotop verilerinin karşılaştırılması



LOKASYON-III



LOKASYON-IV

**Şekil 10.3.** Lokasyon-III ve lokasyon-IV kesitlerinden elde edilen izotop değerleri ve polen sonuçlarıyla birlikte ortamsal iklim verileri

## 11. Sonuçlar ve neriler

Arazi çalışmalarından elde edilen ve bilgisayar ortamına aktarılan ölçülü stratigrafik kesitlerin diğer verileri de (yaş, duraylı izotop ve polen kayıtları) bilgisayar ortamına aktarılıp bölgenin paleoortam, paleoiklim ve paleovegetasyonu hakkında bilgiler derlenmeye başlanmıştır. Traverten rneklerinin duraylı izotop analizi, U/Th yöntemi yaş tayini, palinomorf analizleri, ve kimyasal analiz sonuçları gelmiş ve bazı kritik sonuçlar elde edilmiştir. Bununla beraber, izotop sonuçları ve yaşlar birlikte değerlendirilerek grafikleri çizilmiştir. Ayrıca, depolanma koşullarını ve özelliklerini yansıtan litotipler ve fasiyesler de bu çalışmada ayrıntılı bir şekilde ortaya konmuştur.

Birbirlerine komşu 4 ayrı traverten ocağında yapılan ayrıntılı çalışmalar sonucunda, litotiplerine göre toplam 8 litotip ayırtlanmıştır. Laminalı (laminated) traverten (L1), Gaz baloncuklu (Coated bubble) traverten (L2), alı tipi (reed) traverten (L3), Zarflı (paper-thin raft) traverten (L4), Havza içi akıllı (Intraclasts) traverten (L5), Gastropodlu (Gastropods) traverten (L6), Havza dışı akıllı (Extra-formational pebbles) traverten (L7), Eski toprak (paleosol) (L8).

Bu litotiplere göre, çalışma alanındaki travertenler, yer yer sığlaşan ve genellikle düzenli, laminar bir akışın olduğu, zaman zaman ortamın enerjisinin artarak daha büyük boyutlarda breşimsi traverten parçalarının havzaya taşındığı bir çöküntü ortamında okelmişlerdir. Çalışma alanında gözlenen traverten okelleri, çöküntü depolanma sistemi (depression depositional system) veya sığ gl (shallow lake) ortamı içinde okelmişlerdir. Bununla beraber, üç tip fasiyes de bu okeller içerisinde net bir şekilde gözlenmektedir. knt depolanma sistemi içerisinde okelen Kocabaş travertenleri; havuz dzliğ (flat pool), çalı dzliğ (shrub flat) ve bataklık-havuz (marsh pool) fasiyeslerinde okelmişlerdir. Traverten katmanlarının ara seviyelerinde görülen killi-çamurtaşları veya organik maddece çok zengin koyu renkli eski topraklar (paleosol), traverten okeliminin durduğu zamana denk gelmektedir.

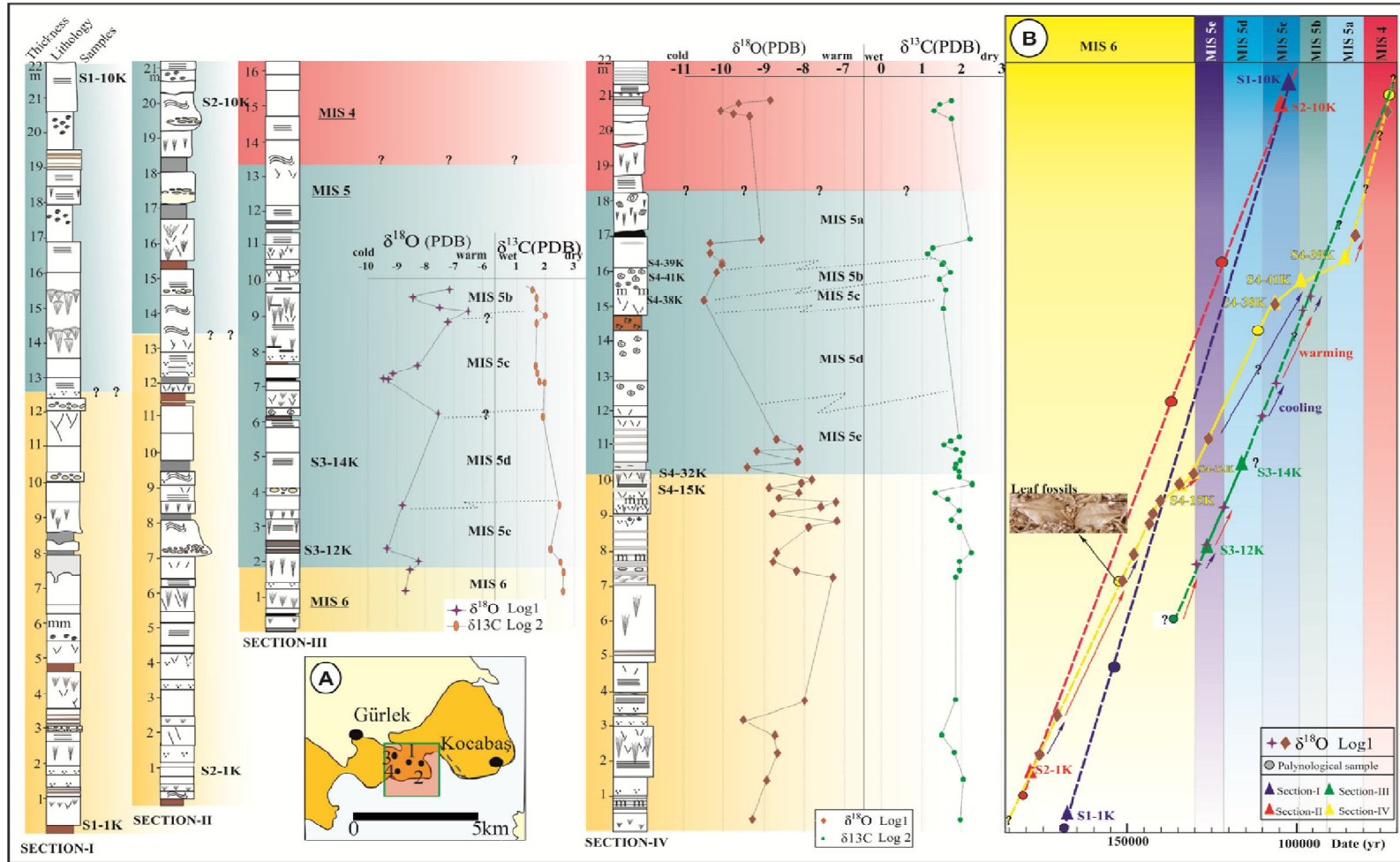
İzotop ve yaşlandırma analizleri, Kocabaş travertenlerinin hem buzul döneme, hem de ısınmaya doğru eğilim gösteren son buzul arası döneme ait iklim koşullarında okeldiğini göstermektedir. Bu travertenlerin izotopik profillerinin yoğunluğu, iklimsel



dalgalanmaların olduğu Denizel İzotop Safhası (MIS) 5 boyunca ortaya çıkmaktadır. Ancak, U/Th yaşlandırmalarına göre, Site-I ve Site-II, Denizel izotop safhası (MIS) 6'da yani buzul dönemde çökelmeye başlamış MIS 5d safhasında (Herning-stadial) bitmiştir. Bununla beraber, Site-III ve Site-IV, Site-I ve Site-II gibi MIS 6 buzul döneminde çökelmeye başlamış ancak çökme MIS 5'de bitmemiş, MIS 4 buzul dönemine kadar sürmüştür. Burada görülen bu farklılık, büyük ölçekte bölge içinde gözlenen tektonik hareketliliğin küçük ölçekte Kocabaş havzası içinde de yaşanmış olmasındandır.

Çalışma alanında yer alan travertenler, depolanma özellikleri ve jeokimyasal sonuçlara göre, çöküntü veya havuz ortamında çökelmişler ve baskın olarak sıcak sularla birlikte zaman zaman meteorik suların karışmasıyla oluşan sularla beslenmişlerdir.

2010BSP005 kapsamında yürütölen bu çalışmada, travertenleriyle ünlü Denizli ilimizin KD'sunda yer alan Kocabaş travertenlerinin depolanma ortamları, yaş, izotop ve polen verileriyle ortamın paleoklimi hakkında ilk ve önemli gerçek bulgular elde edildi. Küresel ölçekte, iklimdeki bu değişiklik nedeniyle son yıllarda oldukça önem kazanan Kuvaterner dönemi ve bu dönem ile ilgili çalışmaların yetersizliği nedeniyle böyle bir çalışma gerçekleştirilmiştir. BAP projesi kapsamında yürütölen bu çalışma gerek Ege Bölgesi ve gerekse Türkiye için paleoklimsel açıdan önemli veriler içermektedir.



**Şekil 11.1.** Kocabaş bölgesindeki çalışma alanından elde edilen fasiyesler, U/Th yaş verileri ve duraylı izotop analiz sonuçlarının gösterildiği karşılaştırmalı diyagram.

## Kaynaklar

- ALTINLI, İ. E., Yer Bilimleri Sözlüğü Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınlarından No. 195, 1175p., (1986).
- ALTUNEL, E., Hancock, P.L., Morphology and structural setting of Quaternary Travertines at Pamukkale, Turkey. *Geological Journal*, 28, 335 – 346, (1993).
- ALTUNEL, E., Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri, *MTA Derg.*, 118, 47-64, (1996).
- ANDREWS, J.E., Riding, R., Dennis, P.F., The stable isotope record of environmental and climatic signals in modern terrestrial microbial carbonates from Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 129, 171-189, (1997).
- ANDREWS, J.E., Pedley, H.M., Dennis, P.F., Palaeoenvironmental records in Holocene Spanish tufas: stable isotope approach in search of reliable climatic archives. *Sedimentology*, 47, 961-978, (2000).
- BOZKURT, E., Origin of NE-trending basins in western Turkey. *Geodinamica Acta* 16, 61-81, (2003).
- BROGI, A., Capezzuoli, E., Travertine deposition and faulting: the fault-related travertine fissure- ridge at Terme S. Giovanni, Rapolano Terme (Italy). *International Journal of Earth Science Geol. Rundsch* 98: 931-947, (2009).
- CHAFETZ, H.S., Folk, R.L., Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal Sedimentary Petrology*, 54, 1, 289 – 316, (1984).
- DEMİRKIRAN, Z., *Geochemical Properties Of Travertines Around Kaklık-Denizli Region*, (Doktora Tezi), Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (2000).

DEMİRKIRAN, Z., Çalapkulu, F., Kaklık-Kocabaş (Denizli) travertenlerinin litolojik, morfolojik özellikleri ve sınıflaması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem 2001) Bildiriler kitabı, 17-31, (2001).

FACENNA, C., Soligo, M., Billi, A., Flipis, L.D., Funiciello, R., Rossetti, C., Tuccimei, P., Late Pleistocene depositional cycles of the Lapis Tiburtinus travertine (Tivoli, Central Italy): Possible influence of climate and fault activity. *Global and Planetary Change* 63, 299-308, (2008).

GARNETT, E.A., Andrews, J.E., Preece, R.C., Dennis, P.F., Climatic change recorded by stable isotopes and trace elements in a British Holocene tufa. *Journal of Quaternary Science*, 19, 251-262, (2004).

GUO, L., Riding, R., Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy; *Sedimentology*, 45, 163-180, (1998).

GÜREL, H., *Kaklık-Yokuşbaşı-Belevi (Denizli) Yakın Çevresinin Jeolojik İncelemesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (1997).

HANCOCK, P.L., Chalmers, R. M.L., Altunel E., Çakir, Z., Travertines: using travertines in active fault studies, *Journal of Structural Geology*, 21, 903-916, (1999).

KOÇYİĞİT, A., Denizli-graben horst system: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18/3-4, 167-208, (2005).

LOJEN, S., Dolenc, T., Vokal, B., Cukrov, N., Mihelčić, G., Papesch, W., C and O stable isotope variability in recent freshwater carbonates (River Krka, Croatia). *Sedimentology*. 51, 361-375, (2004).

MINISSALE, A., Kerrick, D.M., Magro, G., Murrell, M.T., Paladini, M., Rihs, S., Sturchio, N.C., Tassi, F., Vaselli, O., Geochemistry of Quaternary travertines in

the region north of Rome (Italy): Structural, hydrologic and paleoclimatologic implications. *Earth and Planetary Science Letters*, 203, 709-728, (2002).

ÖZKUL, M. Varol, B., Alçiçek, M.C., Depositional environments and Petrography of Denizli Travertines, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 125, 13-29, (2002).

ÖZKUL, M., Gökgöz, A., Horvatinčić, N., Depositional properties and geochemistry of Holocene perched springline tufa deposits and associated spring waters: A case study from the Denizli province, Western Turkey. In: Pedley, H.M. (ed.) Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls. *The Geological Society of London*, (2009).

ÖZPINAR, 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(Mersem '2001), Bildiriler kitabı, 133-151, (2001).

PEDLEY, H.M., Gonzalez-Martin, J.A., Ordonez Delgado, S., and Garcia del Cura, M.A., Sedimentology of Quaternary perched springline and paludal tufas: criteria for recognition, with examples from Guadalajara Province, Spain. *Sedimentology*, 50, 23–44, (2003).

PENTECOST, A., Travertine. Kluwer Academic Pub., Science & Technology, 445p. (2005).

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

SÖZBİLİR, H., Oligo-Miocene extension in the Lycian orogen: evidence from the Lycian molasse basin, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18/3-4, 255-282. (2005).

SUN, R. S., Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları, izmir, MTA Raporu, No 9985, (1990).

ŞİMŞEK, Ş., Denizli Sarayköy-Buldan Alanının Jeolojisi ve Jeotermal Olanakları., I.Ü., *Yer Bilimleri fakültesi yayın Organı.*, 3/1-2,145-162, (1982).

TOPAL, S., *Denizli Neojen istifinin Stratigrafisi ve tektonik özellikleri*, (Yüksek Lisans Tezi), Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, (2003).

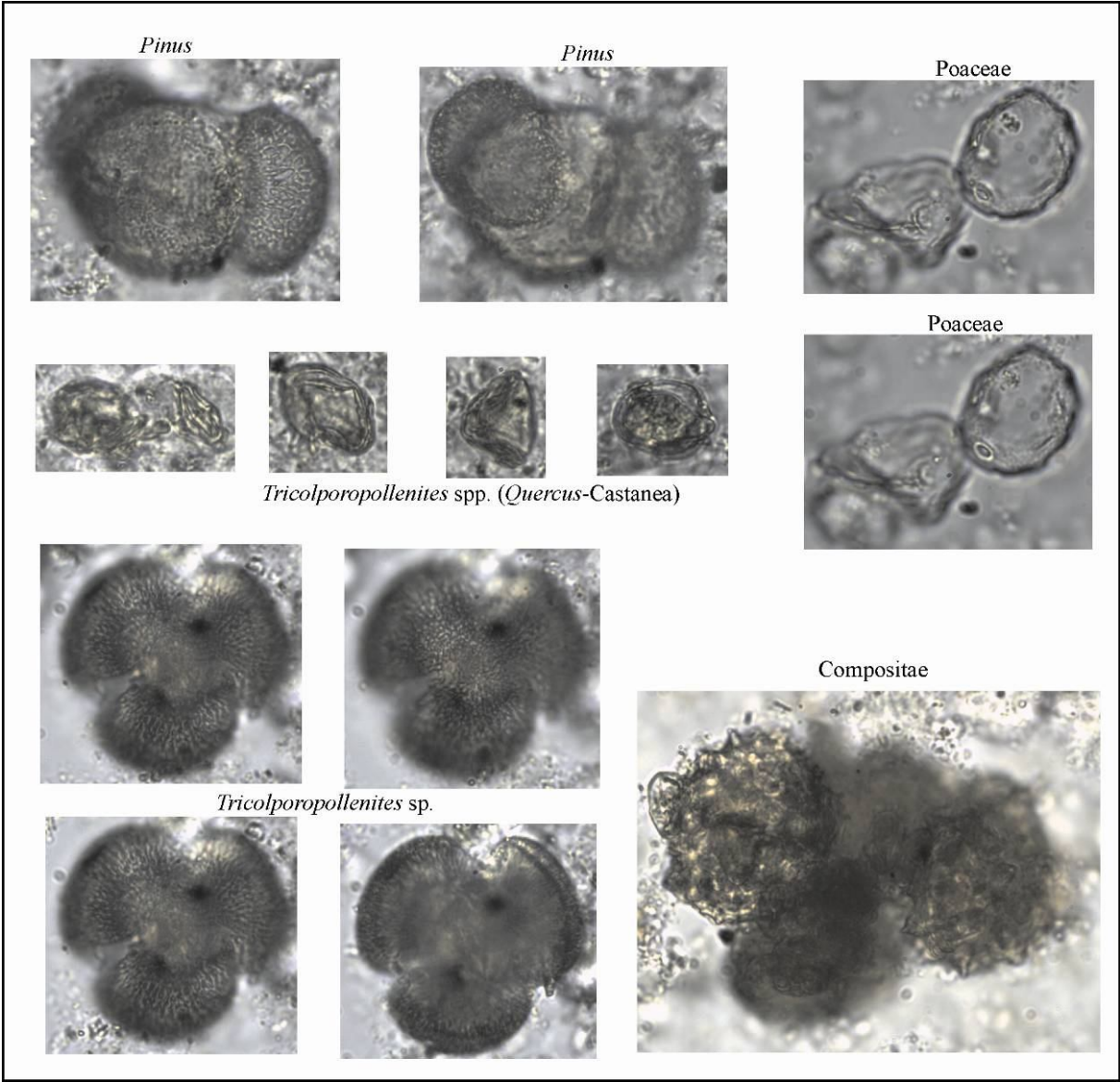
UYSAL, I.T., Feng, Y., Zhao, J., Altunel E., Weatherley D., Karabacak, V., Cengiz, O., Golding S.D., Lawrence M.G., Collerson K.D., U-series dating and geochemical tracing of late Quaternary travertine in co-seismic fissures, *Earth and Planetary Science Letters*, 257, 450–462, (2007).

UYSAL, I.T., Feng, Y., Zhao, J., Işık, V., Nuriel, P., Golding, S.D., Hydrothermal CO<sub>2</sub> degassing in seismically active zones during the late Quaternary. *Chemical Geology*, 265, 442-454, (2009).

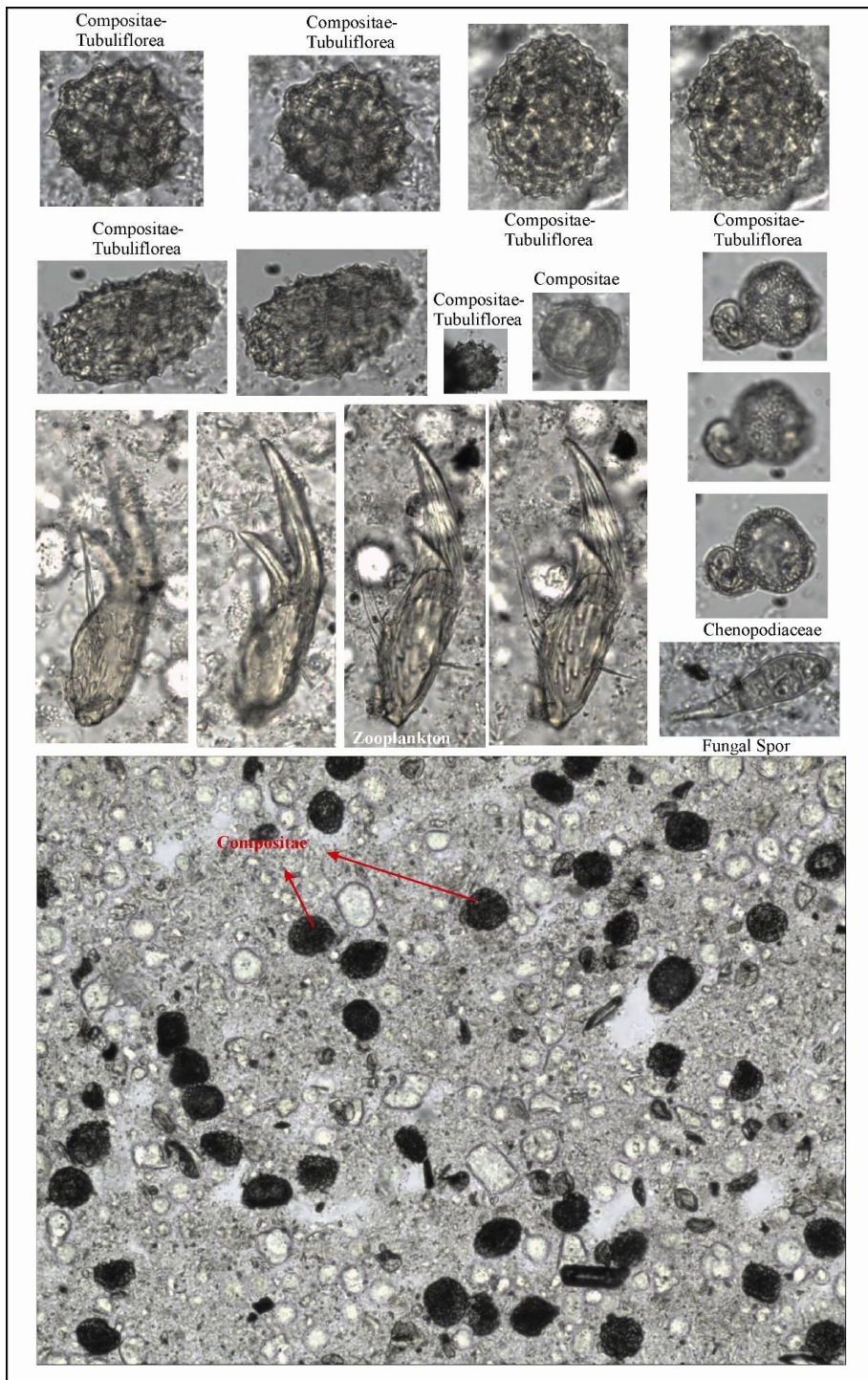
VERMORE, M. Degryse, P., Vanhecke, L., Muchez, Ph., Paulissen, E., Smets, E., Waelkens, M., Pollen analysis of two travertine sections during the early Holocene in Baskoy (southwestern Turkey): implications for environmental conditions during the early Holocene, *Review of Paleobotany and Palynology*, 105, (1-2), 93-110, (1999).

EKLER

Levha 1



**Levha 2**





**PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ**  
**PROJE ÖZET BİLGİ FORMU**

<b>Proje No:</b> 2010BSP005
<b>Proje Başlığı:</b> Kocabaş (Denizli) Travertenlerinde Sedimentolojik Palinolojik ve paleoiklimsel Çalışmalar
<b>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</b> <b>Proje Yürütücüsü:</b> Dr. Ezher TOKER <b>Araştırmacılar:</b> Prof.Dr. Mehmet ÖZKUL Dr. Mine Sezgül KAYSERİ-ÖZER
<b>Projenin Yürütüldüğü Birim:</b> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü
<b>Varsa, Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b> Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, Pamukkale Üniversitesi Kınıklı/Denizli
<b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:</b> 01.05.2010- 01.05.2013
<b>Özet (en çok 70 kelime)</b> Bu çalışma, Denizli-Kocabaş mevkinde yeralan Kuvaterner yaşlı traverten çökellerinin depolanma koşullarını belirleyerek, yaş, polen ve izotop bulgularıyla Denizli bölgesinin paleoiklimsel durumunu da ortaya koymayı amaçlamıştır. Sistemik olarak traverten ocaklarından alınan örneklerden elde edilen yaş (U/Th), izotop (O ve C) ve palinolojik verilere göre, Kocabaş travertenleri, Neotektonik dönemdeki açılma tektoniği ile ilişkili termal suların durgun bir göl ortamında 180ky önce çökeltmesi sonucu oluşmuşlardır. Havza üç boyutlu modellenerek evrimsel tarihçesi ortaya konmuştur.
<b>Anahtar Kelimeler:</b> Kocabaş travertenleri, Paleoiklim, duraylı izotop, palinoloji, GB Türkiye

**Varsa, Projeden Yapılan Yayınlar:**

1. **E.Toker**, M. Özkul, M.S. Kayseri-Özer & S.Kele, 2013. Depositional architecture and palaeoclimatic dynamics of Late Pleistocene travertines: Kocabaş, Denizli, SW Turkey. *Sedimentology*, (in revision).
2. **E.Toker**,M.Özkul,S.Kele, 2012. Comparison of Palaeoclimatic Parameters with the stable carbon and oxygen isotope data of the Late Quaternary Kocabaş travertines, Denizli, SW Turkey. Uluslararası katılımlı, V.Jeokimya Sempozyumu.Sözlü bildiri, 23-25 Mayıs, Denizli,Türkiye.
3. **E.Toker**, M.S.Kayseri-Özer, M.Özkul, 2012. Depositional environments and palaeoclimatic evidences of Quaternary depressional fill travertines in Denizli, SW Turkey. 29<sup>th</sup> IAS Meeting of Sedimentology, p.300, 10-13 September, Schladming, Austria.
4. Kayseri-Özer, M.S., **Toker, E.**, 2012. Geç Pleistosen Yaşlı Kocabaş-Denizli Travertenlerine ait Paleoiklimsel ve Ortamsal Değerlendirmeler: Türkiye'nin Plio-Pleistosen'de Paleoiklimsel Değişimine ait Bulgular. 13. Paleontoloji-Stratigrafi Çalıştayı,12-14 Ekim 2012, İzmir
5. **Toker,E.**,Kayseri-Özer,M.S.,Özkul,M., 2012. Geç Pleyistosen Yaşlı Kocabaş Travertenlerinin Paleoortamsal ve Paleoiklimsel Açından İncelenmesi: Denizli, GB Türkiye. 65.Türkiye Jeoloji Kurultayı,Sözlü Bildiri, Ankara.
6. Kayseri-Özer, M.S.,**Toker,E.**, Özkul,M., 2012. Palinoloji ve Duraylı İzotop Jeokimyasına Dayalı Son Buzularası'nda Vejetasyonel ve İklimsel Bulgular (GB Türkiye). 65.Türkiye Jeoloji Kurultayı,Sözlü Bildiri, Ankara.
7. **Toker,E.**, Özkul, M. &Kayseri, M.S. 2011. The Stable Isotope Geochemistry and Pollen Records of the Late Quaternary Travertine Deposits, the Kocabaş area, Denizli, Western Turkey. ISTT International school of travertine&tufa. 05-09 September, Abbadia San Salvatore, Siena,İtalya.
8. **E. Toker**, M. Özkul , M.S. Kayseri & K. Günerkan, 2011. Sedimentology and Stable Isotope Geochemistry of the Quaternary Depression Fill Travertine Deposits, the Kocabaş area, Denizli, (Western Turkey). 28<sup>th</sup> IAS Meeting of Sedimentology, 129, Zaragoza.