



TÜRKİYE BİLİMSEL VE  
TEKNİK ARAŞTIRMA KURUMU

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

2002-239 9/

**DENİZLİ TRAVERTENLERİNİN JEOLJİK  
VE SEDİMANTOLOJİK İNCELENMESİ**

PROJE NO: YDABÇAG - 198Y100

Yer Deniz ve Atmosfer Bilimleri Araştırma Grubu

Earth Marine and Atmospheric Sciences  
Researches Grant Group

2002-239 9/

**DENİZLİ TRAVERTENLERİNİN JEOLJİK  
VE SEDİMANTOLOJİK İNCELENMESİ**

PROJE NO: YDABÇAG - 198Y100

76

1-73

DOÇ. DR. MEHMET ÖZKUL  
DR. M. CİHAT ALÇİÇEK

HAZİRAN, 2002  
DENİZLİ

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>ÖZET</b> .....	
<b>ABSTRACT</b> .....	
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı .....	2
1.2. Çalışmada Kullanılan Terminoloji .....	2
1.3. Traverten ve Tufa Terimlerinin Kullanımı ve Sınıflandırma .....	3
1.4. Denizli Travertenlerinde Yapılmış Önceki Çalışmalar .....	5
<b>2. STRATİGRAFİ</b> .....	7
2.1. Neojen Öncesi Temel Birimleri .....	7
2.2. Neojen Temel Birimleri .....	9
2.3. Kuvaterner Birimleri .....	9
2.3.1. Denizli travertenleri .....	11
<b>3. TEKTONİK</b> .....	12
<b>4. DENİZLİ TRAVERTENLERİNİN SEDİMANTOLOJİSİ</b> .....	13
4.1. Traverten Litotipleri .....	13
4.1.1. Kristalin kabuk .....	13
4.1.2. Bantlı traverten .....	14
4.1.3. Çalı tipi traverten .....	20
4.1.4. Pizoid traverten .....	24
4.1.5. Sal tipi traverten .....	27
4.1.6. Zarflı gaz kabarcıkları .....	28
4.1.7. Kamış tipi traverten .....	32
4.1.8. Litoklast traverten .....	33
4.1.9. Çakıllı traverten .....	34
4.1.10. Eski toprak oluşumları .....	35
4.2 Traverten Depolanma Sistemleri ve Fasiyesler .....	38
4.2.1. Yamaç depolanma sistemi .....	38
4.2.1.1. Terasli yamaç fasiyesi .....	38
4.2.1.2. Düz yamaç fasiyesi .....	40
4.2.1.3. Şelale fasiyesi .....	40
4.2.2. Çöküntü depolanma sistemi .....	41
4.2.2.1. Çalı düzlüğü fasiyesi .....	42
4.2.2.2. Bataklık havuz fasiyesi .....	42
4.2.3. Kamış tümseği depolanma sistemi .....	45
4.2.3.1. Kamış tümseği fasiyesi .....	45
4.2.4. Sırt depolanma sistemi .....	49
4.2.4.1. Kamara traverten sırtı .....	49
4.2.4.2. Kuşgölü traverten sırtı .....	52
4.2.4.3. Obruktepe traverten sırtı .....	55
4.2.4. Kanal depolanma sistemi .....	56
4.3. Traverten Sahaları .....	58
4.3.1. Yenice traverten sahası .....	58
4.3.2. Pamukkale-Karahayıt traverten sahası .....	58
4.3.3. Irlıganlı-Yeniköy traverten sahası .....	60

4.3.4. Kocabaş traverten sahası .....	62
4.3.5. Taşkestik Tepe-Killik Tepe traverten sahası .....	65
4.3.6. Belevi traverten sahası .....	65
4.3.7. Aşağı Dağdere traverten sahası .....	68
4.3.8. Karateke-Emirazizli traverten sahası .....	69
4.3.9. Pınarkent traverten sahası .....	70

<b>5. SONUÇLAR .....</b>	<b>72</b>
--------------------------	-----------

<b>6. YARARLANILAN KAYNAKLAR .....</b>	<b>74</b>
--	-----------

Şekil 1. Çankırı	
Şekil 2. Çankırı	
Şekil 3. Çankırı	
Şekil 4. Çankırı	
Şekil 5. Çankırı	
Şekil 6. Çankırı	
Şekil 7. Çankırı	
Şekil 8. Çankırı	
Şekil 9. Çankırı	
Şekil 10. Çankırı	
Şekil 11. Çankırı	
Şekil 12. Çankırı	
Şekil 13. Çankırı	
Şekil 14. Çankırı	
Şekil 15. Çankırı	
Şekil 16. Çankırı	
Şekil 17. Çankırı	
Şekil 18. Çankırı	
Şekil 19. Çankırı	
Şekil 20. Çankırı	
Şekil 21. Çankırı	
Şekil 22. Çankırı	
Şekil 23. Çankırı	
Şekil 24. Çankırı	
Şekil 25. Çankırı	
Şekil 26. Çankırı	
Şekil 27. Çankırı	
Şekil 28. Çankırı	
Şekil 29. Çankırı	
Şekil 30. Çankırı	
Şekil 31. Çankırı	
Şekil 32. Çankırı	
Şekil 33. Çankırı	
Şekil 34. Çankırı	
Şekil 35. Çankırı	
Şekil 36. Çankırı	
Şekil 37. Çankırı	
Şekil 38. Çankırı	
Şekil 39. Çankırı	
Şekil 40. Çankırı	
Şekil 41. Çankırı	
Şekil 42. Çankırı	
Şekil 43. Çankırı	

## ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Denizli havzasının yalınlaştırılmış jeoloji haritası ve travertenlerin genel dağılımı .....	8
Şekil 2. Travertenlerde istiflenme özelliklerini gösteren ölçülü kesit .....	10
Şekil 3. Kristalin kabuk ve bantlı traverten litotiplerinin değişik arazi görünüşleri .....	16
Şekil 4. Kristalin kabuk ve bantlı travertenleri oluşturan ışınsal kalsit kristalleri .....	17
Şekil 5. Kristalin kabuğu oluşturan kama şekilli ışın kristallerinin SEM görüntüleri ....	18
Şekil 6. Bantlı traverten litotipinin SEM görüntüsü .....	19
Şekil 7. Çalı traverten litotipinin makro ve mikro görüntüleri .....	21
Şekil 8. Çalı traverten litotipinin mikroskop görüntüleri .....	22
Şekil 9. Çalı traverten litotipinin SEM görüntüleri .....	23
Şekil 10. Pizoid travertenler .....	25
Şekil 11. Düzgün laminalı pizoidlerin SEM görüntüleri .....	27
Şekil 12. Sal tipi traverten oluşumları .....	29
Şekil 13. Güncel sal ve zarflı gaz kabarcıkları .....	30
Şekil 14. Tüpsü görünümdeki birleşik gaz kabarcıkları .....	30
Şekil 15. Karbonat zarflı gaz kabarcıklarının oluşumunun şematik gösterimi .....	31
Şekil 16. Kamış traverten litotipi .....	32
Şekil 17. Kamış traverten litotipinin tel kesme yüzeyinde görünümü .....	33
Şekil 18. Litoklast traverten litotipi .....	34
Şekil 19. Çakıllı traverten litotipi .....	35
Şekil 20. Eski toprak oluşumu .....	36
Şekil 21. Traverten litotiplerinin oluştuğu depolanma sistemleri ve alt ortamları.....	37
Şekil 22. Teraslı yamaç fasiyesi .....	39
Şekil 23. Şelale fasiyesi .....	41
Şekil 24. Çalı düzlüğü fasiyesi travertenleri .....	43
Şekil 25. Bataklık-havuz fasiyesi .....	44
Şekil 26. Tümsek depolanma sisteminde çökelmiş travertenlerin genel görünümü .....	46
Şekil 27. Tümsek depolanma sisteminde çökelmiş travertenlerin genel görünümü (Şekil 26'dan çizilmiştir) .....	47
Şekil 28. Kamış tümseği fasiyesinde depolanmış travertenler .....	48
Şekil 29. Kamara traverten sırtı .....	50
Şekil 30. Kamara traverten sırtından yakın görünüşler .....	51
Şekil 31. Kuşgölü traverten sırtı .....	53
Şekil 32. Kuşgölü traverten sırtının kuzey kanadında bir tel kesme yüzeyi .....	54
Şekil 33. Kuşgölü traverten sırtının merkezi açılma çatlağı .....	54
Şekil 34. Kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleri.....	57
Şekil 35. Yenice traverten sahası ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası .....	59
Şekil 36. Irlıganlı-Yeniköy sahasındaki travertenlerin dağılımı .....	61
Şekil 37. Denizli havzası DGD'sunun basitleştirilmiş jeoloji haritası ve birbirine yakın konumlu traverten sahaslarının dağılımı .....	63
Şekil 38. Kocabaş sahası travertenlerinin depolanma sistemlerine göre dağılım haritası .....	64
Şekil 39. Taşkestik Tepe-Killik Tepe sahasında travertenlerin dağılımı .....	66
Şekil 40. Belevi sahasında travertenlerin dağılımı .....	67
Şekil 41. Aşağı Dağdere traverten sahasının jeolojik konumu .....	69
Şekil 42. Karateke-Emirazizli traverten sahasının jeolojik konumu .....	70
Şekil 43. Pınarkent traverten sahasının konumu ve sahadaki travertenlerin yayılımı .....	71

## ÖZET

Batı Anadolu'da Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği alanın doğusunda yer alan Denizli havzası, traverten çökeli yönünden Türkiye'de ve Dünya'da önemli bir konuma sahiptir. Beyaz ve göz alıcı travertenleriyle Pamukkale yerli ve yabancı birçok kişi tarafından ziyaret edilir. Ancak Pamukkale dışında, özellikle Denizli havzasının kuzey kenarları boyunca oluşmuş yaşlı travertenler ve bazı güncel eşdeğerleri bulunmaktadır. Havzada traverten çökeli Kuvaterner'de başlamış ve günümüzde yer yer devam etmektedir. Denizli travertenlerinin en yaşlı olanları Neojen istifi üzerinde uyumsuz olarak bulunur. Kalınlıkları 60 m'ye kadar çıkar.

Travertenlerde kristalin kabuk, bantlı traverten, çalı, pizoid, sal, zarflı gaz kabarcığı, kamyş, litoklast, çakıllı traverten, sal ve litoklast gibi farklı litolojik tipler ayırt edilmiştir. Litolojik tiplerin mikroskop ve SEM incelemeleri yapılmıştır.

Kaynak sularının farklı konumlarda yeryüzüne çıkması ve travertenlerin farklı ortamlarda depolanması nedeniyle bu çalışmada yamaç, çöküntü, tümsek, sırt ve kanal depolanma sistemleri tanımlanmıştır. Bu depolanma sistemleri litolojik tiplerin farklı kombinasyonları ile fasiyeslere bölünmüştür. Genellikle açık renkli travertenlerden oluşan yamaç depolanma sisteminde düz, teraslı yamaç ve şelale fasiyesleri gelişmiştir. Çöküntü depolanma sistemi ise açık renkli çalı düzlüğü ve koyu renkli bataklık-havuz fasiyeslerinden kuruludur. Açılma çatlakları boyunca çıkan sıcak kaynak sularının oluşturduğu traverten sırtları diğer bir depolanma sistemidir. Yenice, Gölemezli, Pamukkale-Karahayıt, Kocabaş ve Karateke-Emirazizli yörelerinde sırt depolanma sisteminin güzel örnekleri gelişmiştir. Yanal ve düşey yöndeki litotip ve fasiyes değişimleri yamaç, sırt ve kanal depolanma sistemlerinde daha kısa mesafede gerçekleşmektedir. Kamyş litotiplerinin baskın olduğu tümsek depolanma sistemi daha yerel ve sınırlı bir depolanma sistemidir. Denizli havzası genelinde çalı düzlüğü ve bataklık-havuz fasiyesleri ile temsil edilen çöküntü alanı depolanma sistemine ait traverteler en yaygın olanlardır. Mermerciliğe en uygun olan çalı düzlüğü fasiyesi travertenleridir.

Denizli travertenleri havza içindeki konumlarına göre 9 traverten sahasına ayrılarak tanımlanmış ve konu edilen sahaların toplu özelliklerine değinilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Traverten, litotip, fasiyes, Denizli.

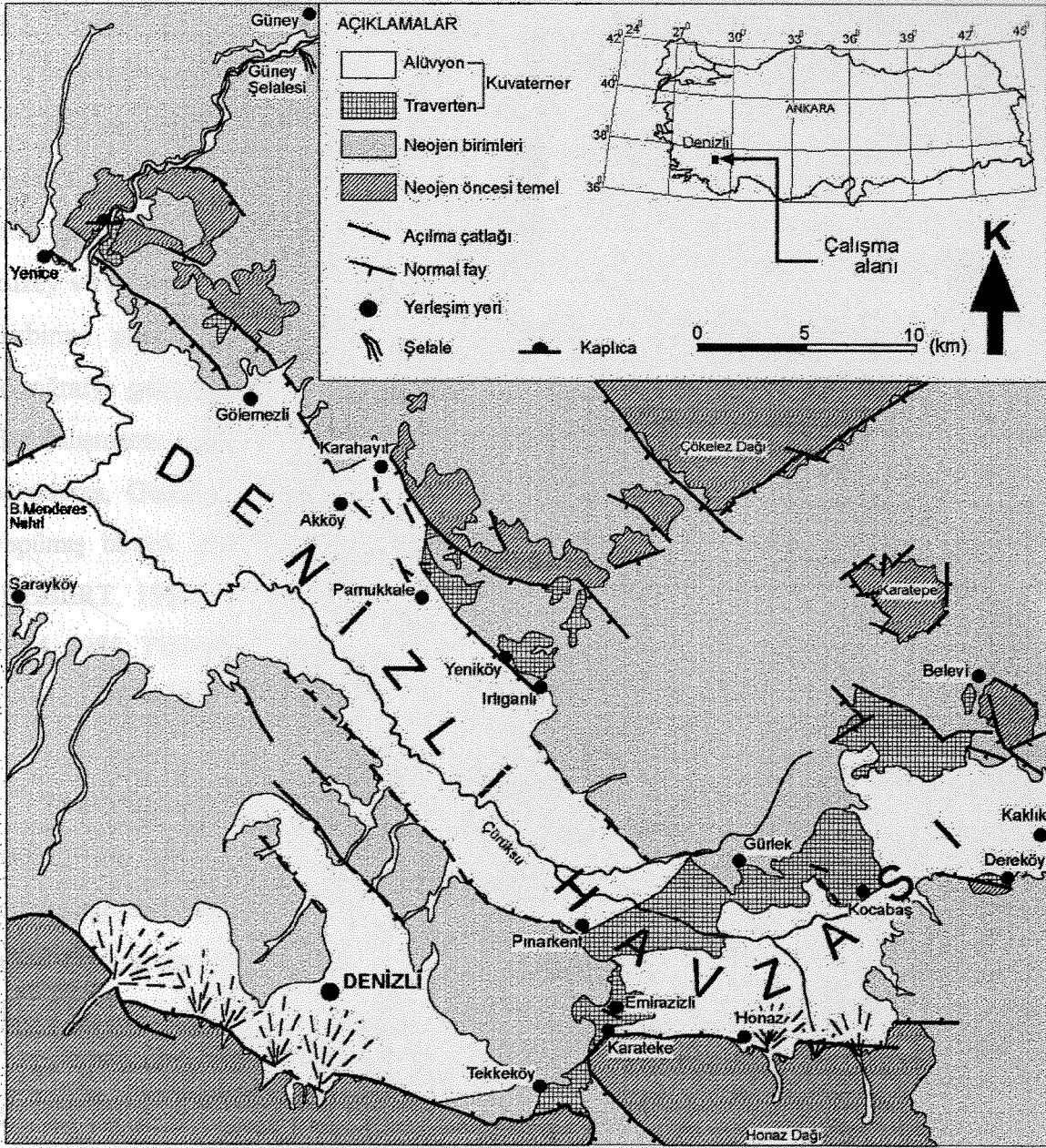
## ABSTRACT

Denizli basin located at the eastern end of the Büyük Menderes and Gediz grabens, in western Turkey has an important position in aspect of travertine accumulation both in Turkey and in the world. Pamukkale which have snow white and dazzling travertines is known by a large number of people. However, besides of Pamukkale there are many old and some recent travertine localities especially along the northern margin of the basin. Travertine deposition in the basin began in Quaternary and have been going at some localities today. The travertines overlie unconformably the fluvio-lacustrine sequence of Neogene. Total thickness of travertines is up to 60 m. Different travertine lithotypes were identified such as crystalline crust, banded travertines, shrub, pizoid, paper thin raft, coated gas bubble, reed, lithoclast, pebbly travertine and paleosol. Petrographic investigations together with some SEM analysis have been made on the lithotypes.

Due to the spring water emerges at different settings and travertine accumulations in different environments, slope, depression, mound, fissure ridge and self-built channel depositional systems were clarified in this study. These depositional systems are divided into facies by combinations of lithotypes. Generally, slope depositional system consisted of light-coloured travertine lithotypes is subdivided to smooth terraced slope and waterfall. The depression depositional system is composed of alternation of light-colored shrub facies and dark swamp-pool facies. An another depositional system is fissure ridge formed by hot spring water emerged along the fissures. The well examples of the fissure ridge depositional system have improved at Yenice, Gölemezli, Pamukkale, Karahayıt, Kocabaş and Karateke-Emirazizli localities. Lateral and vertical facies variations at slope, fissure ridge and self-built channel depositional systems are realized at shorter distances. The mound depositional system dominated by reed lithotype travertines are more local and restricted. The travertines belonging to the depression depositional system representing by the shrub-flat and swamp-pool facies are the most extensive travertines in the Denizli basin in general. The shrub facies travertines are the most suitable for marble and building stone industry.

The Denizli travertines have been seperated into nine areas according to their settings in the basin and collective features have been given of the investigated areas.

**Key words:** Travertine, lithotype, facies, Denizli.



Şek. 1- Denizli havzasının yalınlaştırılmış jeoloji haritası ve travertenlerin genel dağılımı (Sun, 1990'dan değiştirilmiştir)

kayaçlarından alır. İyon yüklü sular fay ve çatlaklar boyunca hareket ederek yüzeyde kaynakları oluşturur (SRDOC vd., 1989; BURGER, 1990; GUO ve Riding, 1998).

*havzasının güney*

Denizli havzasında traverten oluşumlarıyla ilişkili temeldeki karbonat kayaç birimleri Menderes Masifinin mermer ve kalıştırları, alloktan konumlu Çökelez Kireçtaşları ve Neojen istifinde görsel kireçtaşı seviyeleridir. Bölgede yapılan önceki çalışmalarda bu birimler hakkında daha geniş bilgi bulunmaktadır (ÇAĞLAYAN vd., 1980; ŞİMŞEK, 1982; OKAY, 1989; KONAK vd., 1990).



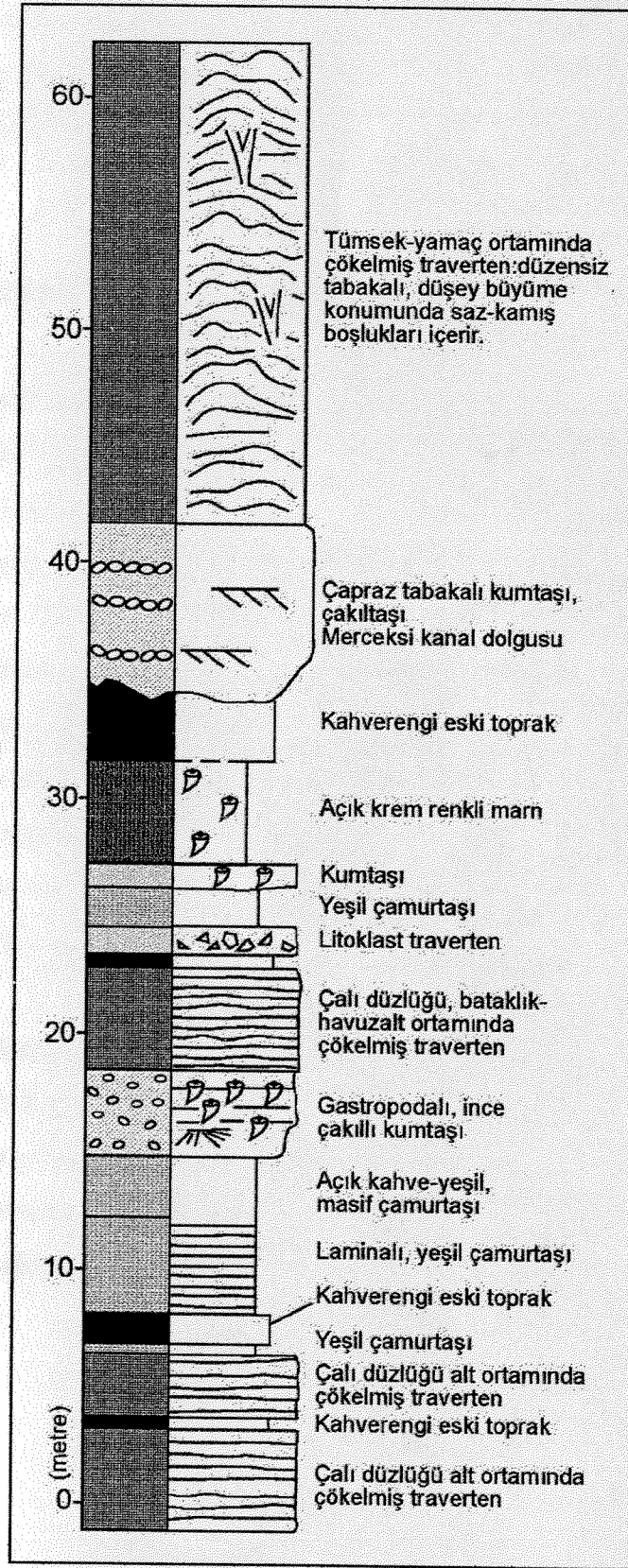
## 2. 2. Neojen Birimleri

Miyosen yaşlı Neotektonik dönem tortulları "Denizli Grubu" olarak tanımlanmıştır (GÖKTAŞ, 1990). Kireçtaşı, marn, killi kireçtaşı, kumtaşı, ve çakıltaşlarından kurulu Neojen istif; göl, akarsu, yelpaze deltası ve alüvyal yelpaze ortamlarında depolanmıştır. İstif havzanın kuzey ve güney kenarları ile Karakova - Ovacık arasında uzanan yükselim alanında gözlenir. Birbirine paralel çok sayıda faylanmalar nedeniyle bu çökeller üzerinde basamaklı bir topoğrafya gelişmiştir. Neojen çökelleri genellikle havza kenarı sınır faylarına doğru eğimlidir. Bu çalışmanın amacı gereği Neojen birimleri ile ilgili ayrıntıya girilmemiştir. Ancak B. Menderes, Gediz grabenleri ile Denizli havzasında uzun yıllardan bu yana çeşitli konularda yapılmış birçok çalışmada Neojen birimleri hakkında oldukça fazla bilgi yer almaktadır (NEBERT, 1958; TANER, 1974, 1975, 2001; ÖZGÜLER vd., 1982/1983; ŞİMŞEK, 1982, 1984, 1988; TÜFEKÇİ, 1984; KONAK vd, 1990; SUN, 1990; AYDIN, 1991; WESTAWAY, 1993; SÖZBİLİR, 1995; ÖZKUL vd., 2000, BOZKUŞ vd., 2000).

Traverten ocaklarının yoğun olduğu Kaklık KB'sında yüzeyleyen travertenler Neojen istifinin üst kesimlerinde yer alır. Traverten ocaklarında ölçülen kesitlerde travertenlerin kahverengi eski toprak düzeyleri, kırmızımsı kahverengi-yeşil çamurtaşları, gastropod kavkaları içeren açık krem renkli marn, ve çakıltası-kumtaşı ile yanal ve düşey ilişkili oldukları gözlenir (Şekil 2).

## 2.3. Kuvaterner Birimleri

Kuvaterner birimleri fay hatları boyunca gelişen alüvyal yelpaze, kolüvyon, traverten ve dere yataklarının gevşek kırntılı malzemelerinden oluşur. Alüvyon yelpazeleri göreceli olarak farklı yaşlardadır. Eski olanları tutturulmuş ve çakıltası haline gelmiştir. Bunlar Denizli havzasının güney kenarı boyunca kuzeye bakan yamaç önlerinde izlenir. Önceki çalışmalarda bu tutturulmuş çakıl birimi Asartepe Formasyonu olarak adlandırılmıştır (ERCAN vd., 1977 ve SUN, 1990). Havzayı güneydoğudan sınırlayan yaklaşık D-B uzanımlı Honaz fayının tavan bloğu üzerinde, kuzeye doğru gelişmiş yelpazeler belirgindir (BOZKUŞ vd., 2000). Bu yelpazeler yer yer travertenleri örtmektedir. Kolüvyon ve kolüvyon yelpazeleri, fay diklikleri



**Şekil 2.** Travertenlerde istiflenme özelliklerini gösteren ölçülü kesit. Kaklık KB'sı, İlik traverten ocağı, Killik Tepe güneyi.

ve/veya dik yamaç önlerinde dar şeritler halinde uzanan kaba kırıntılı döküntülerdir. Kolüvyal yelpazelerin yamaç eğimleri alüvyal yelpazelere göre daha fazladır. Bunlar Neojen öncesi karbonatlı temel kayaların dik yamaç önlerinde daha iyi gelişmişlerdir.

Önce yapılmış çalışmaların  
olarak örne alınması

#### 2. 4. Denizli Travertenleri

Anadolu'da K-G

Denizli travertenlerinin yaşlandırılmasına yönelik ilk çalışma, Pamukkale'de ALTUNEL (1994; 1996) ve ALTUNEL ve Hancock (1993a) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalara göre, Pamukkale'de traverten oluşumlarının en azından 400.000 yıldan bu yana devam ettiği, yöredeki travertenlerin ilk oluşum yaşlarının kesin olarak bilinmediği belirtilmiştir. ENGİN ve Güven (1997) ve ENGİN vd. (1999) Denizli travertenlerinden alınan örneklerde termoluminesans yöntemine göre sırasıyla  $0.828 \pm 0.093$  ve  $1.11 \pm 0.11$  milyon yıl yaş bulguları elde etmişlerdir. Ancak bu çalışmalarda yaşlandırma amacıyla kullanılan örneklerin yeri ve stratigrafik konumu belirtilmemiştir. Çalışmalarımız sırasında Kaklık kuzeybatısındaki traverten ocaklarında bazı omurgalı çene ve dişleri bulunmuştur. Yapılan ön incelemelere göre bu omurgalı fosillerinin modern atların Kuvaterner'deki atası *Equus*'a ait oldukları belirlenmiştir (Şevket Şen ve Gerçek Saraç, sözlü görüşme, 2001).

kuzeyden aktif

Eski ve yeni traverten oluşumlarının kapladıkları toplam alan  $100 \text{ km}^2$  den fazla olup, kalınlıkları 60 m'ye kadar ulaşır. Grabenin her iki tarafında kaynak sularına bağlı traverten oluşumları gözlenir. Özellikle kuzey kenarı boyunca traverten oluşumları daha yaygındır. Günümüzde de traverten oluşumları başta Pamukkale olmak üzere Karahayıt, Yenice ve Dereköy'de devam etmektedir.

Barka (1995), ÇA  
degradasyon ve talaş

### 3. TEKTONİK

Batı Anadolu Ege genişleme bölgesinin doğusunda yer alır. WESTAWAY (1993), daha önce yapılmış çalışmaları da gözden geçirerek, Batı Anadolu'da kıtasal genişlemenin başlangıcı olarak öne sürülen görüşlerin yaklaşık 11 ile 20 milyon yıl arasında değiştiğini, çoğu verilerin 15 milyon yıl (Langiyen) civarında odaklandığını belirtmiştir. YILMAZ vd. (2000), Batı Anadolu'da K-G gidişli grabenlerin Erken Miyosen'deki D-B yönlü genişleme rejimi altında meydana geldiğini, D-B gidişli grabenlerin ortaya çıkmasına neden olan K-G yönlü açılmanın ise Geç Miyosen'de başladığını belirtmişlerdir. Batı Anadolu, Dünya'da kıtasal kabuk üzerinde genişleme oranının en yüksek olduğu bölgelerin başında gelir (JACKSON, 1994) bu bölgenin neotektoniğine ilişkin birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar arasında MCKENZIE, (1978), KOÇYİĞİT (1984), PATON (1992); SEYİTOĞLU ve Scott (1991, 1992), PRICE ve Scott (1993); WESTAWAY (1990, 1993), ALTUNEL ve Hancock (1993a,b), ALTUNEL (1996); KOÇYİĞİT vd. (1999) ve YILMAZ vd. (2000) örnek verilebilir.

WESTAWAY (1990, 1993), B. Menderes ve Gediz grabenlerinin birleştiği alanın doğusunda, uzunluğu yaklaşık 50 km ve genişliği 25 km'ye kadar çıkan, Neojen-Kuvaterner çökellerle doldurulmuş havzayı 'Denizli Havzası' olarak adlandırmıştır. Havza güneyden ve kuzeyden aktif normal faylarla sınırlanmıştır (Şekil 1). Güney sınır fayları KKD'ya eğimlidir. Sınır fayları sürekli olmayıp, uzunlukları 12-13 km'ye kadar değişen ve birbirine göre sıçrama yapan parçalardan oluşur (ÇAKIR 1999). Sınır Faylarının yanı sıra havza içinde de çok sayıda büyüklü küçüklü normal fay gelişmiştir. Havza içindeki KB-GD uzanımlı 'Karakova yükselimi', Neojen tortul istifinin faylanmalarla yükseltilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. ALTUNEL ve Hancock (1993a,b), ALTUNEL (1994), ALTUNEL (1996), ALTUNEL ve Barka (1996), ÇAKIR (1999) ve ALTUNEL (2000) Denizli havzasının genç tektoniği, depremselliği ve traverten oluşumlarının tektonikle ilişkisini ortaya koyan çalışmalardır.

## 1. GİRİŞ

Traverten, kaynak sularından organik ve inorganik işlemlerle çökeltilmiş tatlı su karbonatlarıdır (CHAFETZ ve Folk, 1984). Yeryüzüne çıkan kalsiyum karbonatca zengin kaynak sularının taşıdıkları CO<sub>2</sub> gazının atmosfere uçmasıyla, traverten çökelişi başlar.

Traverten çökelişi hızlı ve değişkendir. Kısa mesafede yanal ve düşey fasiyes farklılıkları, travertenlerin belirgin bir özelliğidir. Bu değişkenliğin çeşitli nedenleri vardır. Bunlardan başlıcaları, kaynak ağzlarının yer değiştirmesi, su miktarının azalması ve çoğalması, suyun akış hızı ve yönünde meydana gelen değişiklikler, su üstü olmuş yüzeylerin yeniden işlenmesi ya da aşındırılması ve topraklaşma etkileridir. Ayrıca iklim faktörleri, suyun soğuması ve yağmur sularının karışması traverten çökeltişi kaynak sularının kimyasını hızla değiştirir. Topoğrafya, fasiyes ve istif gelişimi üzerinde belirleyici bir rol oynar. Özellikle termal kaynakların tepe ve yamaçlar üzerinde bulunduğu konumlarda topoğrafya faktörü daha da önem kazanır. Denizli travertenleri de tek düze olmayıp, yanal ve düşey yönde farklılıklar sunar. Bu farklılıkların yukarıda belirtilen faktörlerle değişik oranlarda ilişkili olduğu söylenebilir.

Denizli havzası, Ege genişleme provensinin Türkiye kesiminde, B. Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği alanda yer alır (Şekil 1). KB-GD uzanımlı havza yaklaşık 50 km uzunluğunda, 25 km genişliğinde, her iki tarafından normal faylarla sınırlı, doğuya doğru daralan bir grabendir. Havza traverten oluşumları yönünden Türkiye’de ve Dünya’da önemli bir konuma sahiptir. Unesco’nun Dünya mirası listesinde bulunan Pamukkale, göz alıcı traverten oluşumları, sıcak suları ve önemli bir arkeolojik sit alanı olması nedeniyle, yerli ve yabancı bir çok ziyaretçinin uğrak yeridir. Bu çok yönlü özellikler yöreye olan bilimsel ilgiyi de artırmıştır.

Bölge travertenleri son yıllarda mermercilik açısından da bir odak noktası haline gelmiştir. Eski (yaşlı) travertenlerden uygun olanların bir kısmı mermercilik sektöründe değerlendirilmektedir. Yapılan traverten ihracatından önemli döviz girdisi sağlanmaktadır. Mermer ocakları özellikle Kaklık KB’sında, Belevi, Denizli Çimento Fabrikası çevresi, ve Kocabaş dolaylarında yoğunlaşmıştır. Bunun yanında Pamukkale yakınlarında Akköy’de, Yenice’de ve Honaz ilçesi batısında Emirazizli / Karateke köyleri arasında işletmeye açılmış sahalar bulunmaktadır.

### 1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Denizli travertenleri üzerinde bu güne kadar yapılan çalışmaların çoğu Pamukkale'ye odaklanmıştır. Bu çalışmalarda traverten çökelten sıcak sularının hidrojeolojisi, su kimyası, güncel ve eski travertenlerde morfolojik tiplerin ayrılması yaşlandırılmaları ve bunların neotektonik ve depremsellik açısından önemi üzerinde durulmuştur.

Bu çalışmanın amacı, Denizli havzasının değişik kesimlerinde yer alan güncel ve eski traverten oluşumlarının yayılımları, istiflenme, traverten litotipleri, fasiyes ve depolanma sistemleri gibi saha özelliklerini ortaya koymaktır. Fasiyes ve depolanma sistemlerinin kurulmasında traverten litotiplerinin belirlenmesi, başlıca hareket noktası olmuştur. Sahada ayırt edilen litotipler üzerinde geleneksel petrografi çalışmaları yapılmış, ayrıca sınırlı da olsa taramalı electron mikroskopu (SEM) görüntülerinden yararlanılmıştır.

Havzadaki traverten sahalarının tanıtılması, bu çalışmada kullanılan yöntemler ve terminoloji çerçevesinde yapılmıştır. Bu nedenle incelenen traverten sahalarının ayrı ayrı tanıtımına raporun ikinci yarısında yer verilmiştir. Çalışmada kullanılan terminoloji gerekçeleri ile birlikte aşağıda açıklanmıştır.

### 1.2. Çalışmada Kullanılan Terminoloji

Çalışmada litotip, fasiyes ve depolanma sistemi gibi terimler raporda sıkça kullanılmıştır. Konunun okuyucu tarafından daha kolay anlaşılması için bunların kısaca açıklanmasında yarar görülmüştür. Bu terimleri daha önce GUO ve Riding (1998) İtalya'daki Rapolano Terme sıcak su travertenlerini çalışırken kullanmıştır. Çalışmalarımız sırasında, bu terimleri tercih etmemizin nedeni, Denizli havzasındaki bazı sıcak su travertenleri ile Rapolano Terme'dekiler arasındaki benzerlik olmuştur. Özellikle elmalı tel kesme tekniği ile ortaya çıkmış ocak aynalarında benzerlikler oldukça fazladır.

**Litotip:** Arazide, makroskopik ölçekte görülebilen ve daha çok litolojik özellikleri ile ayrılan bir 'tip litoloji' olarak tanımlanmıştır (BATES ve Jackson, 1980; s. 365). Bu çalışmada arazi

ölçeğinde kullanılmış en küçük çökel birimidir. Herbir litotipin oluşumda rol oynayan süreçler farklıdır.

**Fasiyes:** Sedimanter jeolojide sıkça kullanılan bir kavramdır. Belirli çökeltme şartları altında oluşması, belirli ortam ve süreçleri yansıması gerekir. Fasiyes renk, tabakalanma, bileşim, doku, fosil içeriği ve sedimanter yapılar esas alınarak tanımlanır. Bu nedenle, objektif olarak tanımlanmış bir kaya birimi olmalıdır. Fasiyes alt fasiyeslere ayrılabilmesi gibi, fasiyesler gruplandırılarak fasiyes toplulukları ya da birlikleri kurulabilir (READING, 1981, s. 4-14). Bu çalışmada fasiyes, alt ortamlarda çökelmiş travertenleri anlatmak için kullanılmıştır.

**Depolanma sistemi:** Kendi içinde alt ortamlara ayrılabilen büyük ölçekli bir çökeltme ortamıdır. Bu terim daha önce GUO ve Riding'in (1998) Rapolano Terme sıcak su travertenlerinde yaptıkları çalışmalarda kullanılmıştır. Travertenlerin çökeldiği konum açısından yamaç ve çöküntü alanları bu anlamda birer depolanma sistemidir. Bu çalışmada açılma çatlaklarına bağlı olarak gelişmiş traverten sırtları (fissure ridge travertines; ALTUNEL, 1994) ile kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleri de ayrı birer depolanma sistemi olarak incelenmiştir.

### 1.3. Traverten ve Tufa Terimlerinin Kullanımı ve Sınıflandırma

'Traverten' sözcüğü özellikle A.B.D'de, İspanyolca konuşulan ülkelerde ve Avrupa'nın bazı bölgelerinde modern araştırmacılar tarafından tufa'ya rakip bir terim olarak kullanılmaktadır. Bu sözcük İtalyanca *travertino* 'dan gelir. Latince'de ise *tiburino* olarak geçer. Tiburino, *lapis tiburinus* yani tiburtaşı anlamı taşır (EMIG, 1917). Tibur, üzerinde Roma kentinin kurulduğu ırmağın adıdır. Roma'nın 30 km doğusundaki Bagni di Tivoli'de hala işletilmekte olan travertenler hidrotermal kökenli olup, genellikle makro bitki ve omurgasız kavkuları içermezler (FORD ve Pedley, 1996). Travertenler belirgin bir şekilde sert ve kristalin çökeller olup, sık sık laminalar ve çalı şekline benzer bakteriyel büyümeler gösterir. Çoğunlukla yanal yönde sıcak suyun soğuduğu alanlara doğru boşluklu tufalara geçer. 'Tufa' İngilizce konuşulan ülkelerde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ancak A.B.D. bu konuda bir istisnadır (FORD ve Pedley, 1996). Tufa genel bir isim olarak, özellikle Kuvaterner'de ve Günümüzde yaygın olan kalkerli tatlı su çökellerinin geniş bir yelpazesini içerir. Tufalar günümüzde serin-ılımandan yarı

kurağa değişen geniş bir iklim yelpazesinde oluşmaktadırlar. Tufalarla ilgili araştırmalarda kullanılan terimler oldukça karmaşıktır. Tufa '*tophus*' tan gelir. Roma döneminde, kolayca ufalanan ve yontulabilen kalkerli tuf ve volkanik tüfleri tanımlamada yaygın şekilde kullanılmaktaydı (FORD ve Pedley, 1996). Günümüzde piroklastik malzemeyi tanımlamada '*volkanik tuf*' terimi büyük ölçüde kabul gördüğünden, artık '*tufa*' teriminin kullanımı açıklık kazanmıştır. Bu nedenle, soğuk su rejiminde (günlük sıcaklık değerine yakın) oluşmuş ve belirgin olarak makro ve mikro bitki artıkları ile omurgasız kavkaları ve bakteri ihtiva eden kalsiyum karbonat çökelleri bugün '*tufa*' olarak tanımlanır.

PENTECOST (1993) ve PENTECOST ve Viles (1994), tüm kaynak çökelleri için traverten terimini kullanmışlar ve bunlar arasındaki ayrımı sıcaklık temeline oturtmuşlardır. Bu amaçla '*meteojen*' ve '*termojen*' kavramlarını kullanmıştır. Tufalara karşılık gelen meteojen çökeller daha çok kireçtaşı ile kaplı karstik alanlarda (Ör. Plitvice National Park, Hırvatistan; CHAFETZ vd., 1994) depolanır. Buna karşılık termojen çökeller volkanik ve/veya tektonik aktivitenin etkin olduğu bölgelerde yaygındır. Pamukkale travertenleri tektonik ve deprem aktivitesinin yüksek olduğu bir bölgede yer alır (ALTUNEL, 1994). Bu nedenle, Denizli travertenlerinin büyük bir kısmı bu anlamda '*termojen*' dir.

Litolojik sertlik traverten ile tufa arasındaki ayrımında bir kriter olamaz. Çünkü en az traverten kadar sert yaşlı tufalar bulunmaktadır (FORD ve Pedley, 1996). Tufalar içerdikleri bitki ve hayvan kalıntılarının bolluğu ve çeşitliliği nedeni ile, yaşlı olsalar bile, travertenlerden genellikle ayırt edilebilir. Traverten ile tufa daha çok birbiriyle ardalandığı alanlarda karıştırılır. Bu alanlar termal kaynakların uzağında yer alır. Buralar makro ve mikro bitkilerin koloni oluşturmaları açısından uygun alanlardır.

FORD ve Pedley (1996), traverten ve tufaların sınıflandırılmasına ilişkin yaptığı kritikte, birbirinden bağımsız birçok jeomorfolojik ve sedimantolojik sınıflamanın olduğunu, ayrıca bazı sınıflamaların botanik kriterlere göre, bazılarının da süreçler esas alınarak yapıldığını belirtmişlerdir.

CHAFETZ ve Folk (1984), alt ortamların varlığı ve sayısını morfolojinin denetlediğini belirterek, traverten kütlelerini morfolojik olarak 5 ana kategoride toplamıştır: 1) şelale veya



çağlayan, 2) Sığ göl dolgusu, 3) Eğimli tümsekler, yelpazeler ve koniler, 4) Teras tipi (terraced mounds) ve 5) Sırt tipi travertenler. ALTUNEL ve Hancock (1993a,b) ve ALTUNEL (1994), Denizli’de morfolojik yönden teras tipi ve sırt tipi travertenlere ek olarak fay önü travertenleri, kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleri ve aşınmış örtü travertenlerini tanımlamıştır.

HEIMANN ve Sass’a (1989) göre, travertenler ani litolojik değişimler gösterirler ve iyi tanımlanmış istif sınırları olmadığı için anlamlı stratigrafik birimlere bölünemez (ALTUNEL 1994; s. 6). Ancak GUO ve Riding (1998), Rapolano Terme’deki (İtalya) travertenlerde eski toprak düzeyleri ile karakterize edilen istif sınırları ve farklı fasiyeler ayırmışlardır. Aynı şekilde Denizli’de çok sayıda traverten ocağının bulunduğu Kaklık KB’sındaki traverten sahalarında istiflenme oldukça iyi gelişmiştir. Bu sahalarda travertenler yer yer marn, çamurtaşı, eski toprak ve çakıltası ara düzeyleri ile yanar ve düşey geçişlidir. (Şekil 2).

#### 1.4. Denizli Travertenlerinde Yapılmış Önceki Çalışmalar

Denizli havzasındaki travertenler üzerinde yapılan çalışmaların çoğu Pamukkale ve yakın civarında yoğunlaşmıştır. Bunların çoğu hidrojeoloji, ve su kimyası ağırlıklıdır. Bir kısmı travertenlerin kirlenmesi ve mikroorganizma içeriği hakkındadır.

GÖKALP (1971) ve KOÇAK (1976) yöredeki termal kaynak sularının hidrojeolojik özelliklerini incelemişlerdir. FİLİZ (1984) C, O ve H duraylı izotoplarına göre, Pamukkale sıcak sularının meteorik kökenli olduğunu ve bu sulardaki CO<sub>2</sub> gazının mağmadan geldiğini ortaya koymuştur. EŞDER ve Yılmaz (1991), Pamukkale’deki travertenlerin Pliyosen’den günümüze 5 aşamalı bir faylanma süreci sonunda meydana geldiklerini öne sürmüşler, ancak böyle bir modelin kanıtlarını ortaya koymamışlardır. Başta Pamukkale olmak üzere, Kocabaş ve Dereköy traverten sahalarında yapılan çalışmalarda, travertenlerin aktif tektonik ve depremsellik ile olan ilişkileri ön planda tutularak, morfolojik sınıflandırmalar yapılmıştır. U/Th yöntemiyle yapılan yaş tayinine göre, Pamukkale’de en azından 400.000 yıldan bu yana traverten çökelmekte olup, morfolojik tiplerden sırt tipi travertenlerin neotektonik açıdan daha önemli oldukları belirtilmiştir (ALTUNEL ve Hancock 1993a,b; ALTUNEL, 1994, 1996; ALTUNEL ve Barka, 1996).

GÜNER (1966), Pamukkale sıcak su kaynağının mikroflorasını incelemiş ve suda mikrofloranın %80'ini Cyanophyceae, %10'unu Diyatome ve %10'unu da Chlorophyceae gibi kalsifil (kalsiyum seven) ve termofil (sıcak seven) yosun türlerinin oluşturduğunu belirlemiştir.

ŞAMİLGİL (1973), Denizli yöresindeki sıcak suların analizlerini yapmış ve değerlendirmiştir. Yazar, bölgedeki tüm sıcak suların kökeninin aynı olduğuna, ancak soğuk sularla az ya da çok karıştığına ve bu karışımın Pamukkale'den Kızıldere'ye kadar giderek artan Na/Ca oranlarıyla belgelendiğine değinmiştir.

CANİK (1978), Pamukkale sıcak su kaynaklarını inceleyerek, suların kalsiyumlu, bikarbonatlı, sülfatlı ve karbondioksitli, mineralli termal su sınıfında olduğunu ve bu suların yaz aylarında travertenler üzerinden akıtılmadan tarla sulanmasında kullanılmasının travertenlerin kararmasına yol açtığını belirtmiştir.

UKAM (Hacettepe Üniversitesi, Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi) (1994), Pamukkale termal sularının debileri, birbirleriyle ilişkileri ve kimyasal özelliklerini uzun süreli ölçüm ve analizlerle araştırmış, traverten çökeltme mekanizmasını bir pilot alanda deneysel olarak çalışmış ve bulgularını ortaya koymuş, optimum traverten beyazlatması için bir termal su dağıtım sistemi önermiş ve su kaynakları ile travertenlerdeki kirliliğin önlenmesi konusunda da kapsamlı öneriler getirmiştir.

PENTECOST vd. (1997), aktif Pamukkale travertenlerinde Cyanobakteri, Diyatome ve Chlorophyceae gibi mikroorganizmalara ait toplam 38 cins tayin etmişler ve bu mikroorganizmaların traverten çökeltimi üzerinde çok sınırlı bir etkisi olduğu sonucuna varmışlardır. Araştırmacılara göre travertenler çoğunlukla milimetrik (0.25-0.75 mm) sparit ve mikrit düzeylerinin araldanmasından oluşmaktadır.

GÖKGÖZ (1998), Büyük Menderes grabeninde yer alan jeotermal alanları besleyen meteorik suyun Kızıldere'den Pamukkale'ye daha sığ derinliklere süzülmediğini ifade etmiş ve Pamukkale'de termal suyun hazne kaya sıcaklığını 110°C civarında olduğunu belirlemiştir.

## 2. STRATİGRAFİ

Çalışmanın amacına uygun olarak Denizli havzasında yer alan farklı yaş ve konumdaki kaya birimleri yaşlıdan gence başlıca üç ana grupta toplanmıştır: 1) Neojen öncesi temel birimleri, 2) Neojen temel birimleri ve 3) Kuvaterner birimleri.

### 2.1. Neojen Öncesi Temel Birimleri

Neojen öncesi temel, Paleozoyik'ten Neojen sonuna kadar uzanan geniş jeolojik zaman aralığında, kökenleri farklı çok sayıda birimden oluşur. Havzayı çevreleyen yüksek, dağlık horst alanlarında yaygın olan temel birimlerinin en yaşlısı Paleozoyik metamorfiteridir. Bunlar başlıca değişik şistler ve mermerlerden oluşur. Batıda Buldan çevresinde Menderes Masifinin gnays, migmatit gibi çekirdek kayaçları izlenir. Batı Anadolu'da Menderes Masifi içinde yer alan metamorfiteye ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır (ÇAĞLAYAN vd., 1980; ŞİMŞEK, 1982; OKAY, 1989; KONAK vd., 1990; DORA vd., 1992 ve bu yayınlarda adı geçen literatür).

Altta metakırıntılılarla başlayıp killi, kumlu, sarı renkli kireçtaşı ve kristalize kireçtaşları ile devam eden ve nihayet, bunların üzerine tektonik olarak yerleşmiş olan fliş ve ofiyolitik kayaçlarla sona eren allokton konumlu yapısal birim Çökelez Grubu olarak adlandırılmıştır (KONAK vd., 1990).

Traverten oluşum sahalarına bakıldığında, travertenlerin temelde ve komşu alanlarda yer alan yaşlı karbonat kayaçlarla yakın ilişkili olduğu görülür. Avrupa'daki Kuvaterner yaşlı traverten ve/veya tufaların çoğunun karstik bölgelerde bulunduğu belirtilmiştir (HORVATİNCİC ve Romana, 2000 ). Yeraltı suları  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $HCO_3^-$  vb iyonları bu temel

#### 4. DENİZLİ TRAVERTENLERİNİN SEDİMANTOLOJİSİ

Bu bölümde Denizli travertenlerinin litotip, fasiyes ve depolanma sistemleri tanıtılacaktır. Farklı litotipler petrografik özellikleri ile birlikte incelenmiştir.

##### 4.1. Traverten Litotipleri

Litotip, razide makroskopik ölçekte görülebilen ve daha çok litolojik özellikleri ile ayrılabilen bir tip litoloji olarak tanımlanır (BATES ve Jackson, 1980; s. 365). Bu çalışmada Denizli travertenlerinde GUO ve Riding (1998) terminolojisine göre, makroskopik ölçekte arazide de gözlenebilen ve ayrıntıları mikroskopta incelenen şu litotipler ayırt edilmiştir: 1) Kristalin kabuk, 2) Bantlı traverten, 3) Çalı, 4) Pizoid, 5), Sal, 6) Zarflı hava kabarcığı, 7) Kamış, 8) Litoklast, 9) Çakıllı traverten ve 10) Eski toprak. Eski toprak oluşumları traverten litotipi olmamakla birlikte onlarla yanal ve düşey ilişkilidir.

##### 4.1.1. Kristalin kabuk

Eğimli düz yamaçlar üzerinde, teras havuzlarının kordonları ile havuz duvarlarında, şelale ortamının dik yüzeylerinde ve bazan açılma çatlakları boyunca oluşmuş sırtların kanatlarında yer alan tabakalı travertenler içinde ara düzeyler veya damarlar halinde ve kendiliğinden oluşmuş kanal travertenlerinde depolanmış traverten litotipidir (Şekil 3 a,c). Eğimli düz yamaçlarda oluşmuş kristalin kabukların kalınlığı cm mertebesinde birkaç 10 cm' ye kadar çıkar (Şekil 3c). Bunlar kaynak ağızlarında ve kaynağa yakın alanlarda hızlı akan termal suların ürünleridir. Kaynak ağızları ile kristalin kabukların oluştuğu yamaç ortamları arasındaki mesafe için kesin bir rakam belirtmek mümkün değildir. Rapolano Terme'de (İtalya) termal kaynak ile yamaç üzerinde kabuk oluşumunun başladığı nokta arasındaki uzaklık yaklaşık 270 m'dir (GUO ve Riding, 1992; Şekil 2). Pamukkale'de ise sıcak su kaynakları ile kristalin kabuk oluşumlarının gözlemlendiği, eğimleri 15°-33° arasında değişen düz-ve teraslı yamaçlar arasındaki bu uzaklık 250-300 m'dir. Pamukkale'deki kaynak ağızlarında su sıcaklığı: 35-36°C, pH: 6.3-6.4 iken (GÖKGÖZ ve Filiz, 1998), kabuk çökelyiminin başladığı alanlarda sıcaklık 29-31°C'a düşmekte, pH ise 7-7.5'a çıkmaktadır. Traverten ocak aynalarında açığa çıkmış yaşlı kristalin kabuklar sert ve sıkı olmalarına karşın, Pamukkale'nin düz ve teraslı yamaç ortamlarında

çökelmiş güncel kabuklar gevrek ve dağılgandır. Bu özellik İtalya'da Rapolano Terme traverten sahalarında da gözlenmiştir (GUO ve Riding, 1998; s. 166).

Kristalin kabuklar açık-ve koyu renkli düzeylerin ardalanmasından meydana gelmiştir. Açık ya da beyaz renkli düzeyler çökme yüzeyine dik gelişmiş yoğun, kaba lifsi, uzunlamasına kalsit kristallerinden meydana gelmiştir (Şekil 4a). Koyu renkli ara düzeyler ise mikritik laminalara karşılık gelir Mikritik laminalar aynı zamanda çökme yüzeyini temsil ederler. Kabuk oluşumunda mikritik düzeylerin oranı daha düşüktür. Bazı yazarlar çökme yüzeyine dik gelişmiş kalsit kristalleri için '*ışın kristaller (ray crystals; CHAFETZ ve Folk, 1984; FOLK vd., 1985 )*, ve '*kalsit tüy kristalleri (calcite feather crystals; GUO ve Riding, 1992)* gibi adlar kullanmışlardır. Işınsal kalsit kristalleri bireysel olarak rombohedral ve şevron şekilli olup, merkezi bir eksenin her iki tarafında dallanma gösterirler ve eksenin bir tarafında daha iyi geliştiklerinde, bir sedir ağacı görünümü (FOLK vd., 1985) kazanırlar (Şekil 4b). İnce kesitlerde açık renkli ışınsal kalsit kristalleri, koyu renkli mikritik laminalar ile ardalanır (Şekil 4a ve 5). Koyu renkli, düzensiz mikritik laminalar orijinal olarak aragonit kümelerinden oluşmuştur. (GUO ve Riding, 1992). Bu araştırmacılar elde ettikleri SEM görüntülerinde aragonit kristal kümelerinin merkezinde organik kökenli boşlukların bulunduğunu ve bu boşlukların fungal sporlar, polenler veya bakteri kolonilerinden arta kalan boşluklar olabileceğini belirtmişlerdir. Düzenli, küçük ölçekli laminasyonlar muhtemelen ortamdaki sıcaklık ve ışığın günlük değişimleri sonucu gerçekleşmiş olabilir. Bu ortamsal değişimler mikrobiyolojik aktiviyeyi artırır ve abiyotik olarak çökelmiş ışınsal kalsit katı üzerinde mikroorganizma yoğunlaşması olur. Aragonit oluşumu sıcaklığın yükselmesinden ve aynı zamanda kalsiyum karbonatın aşırı doygunluğundan etkilenir. Organik çekirdekle mineraloji üzerinde özel bir biyolojik etkiyi ifade eden aragonit kristal kümeleri arasında uyumlu bir korelasyon vardır (GUO ve Riding, 1992). Eski/yaşlı kabuklarda aragonit laminaları oluşumlarından kısa bir süre sonra çoğunlukla mikrite dönüşür. Mikritleşmiş aragonit laminalarında erime sonucu yer yer boşluklar ortaya çıkmıştır (Şekil 4b).

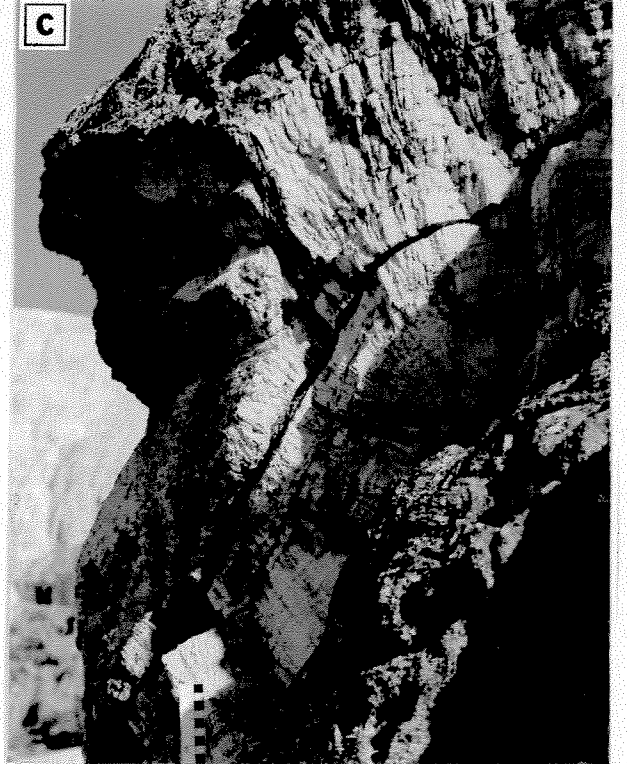
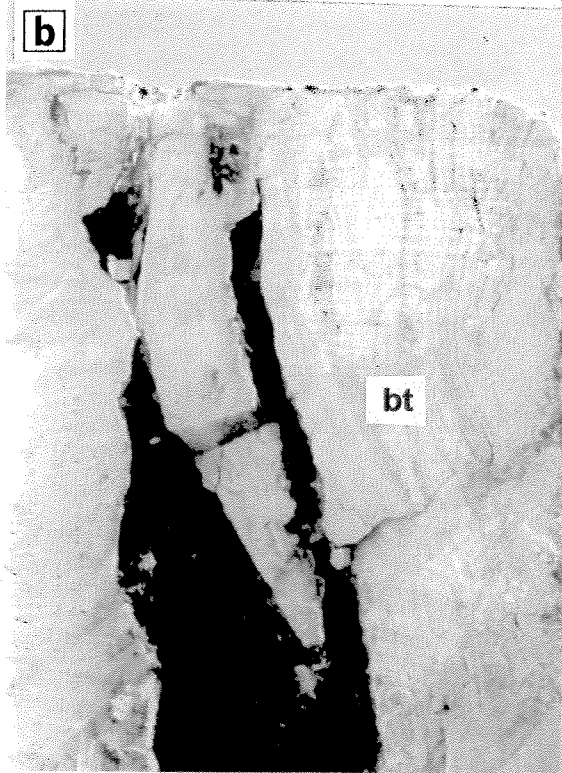
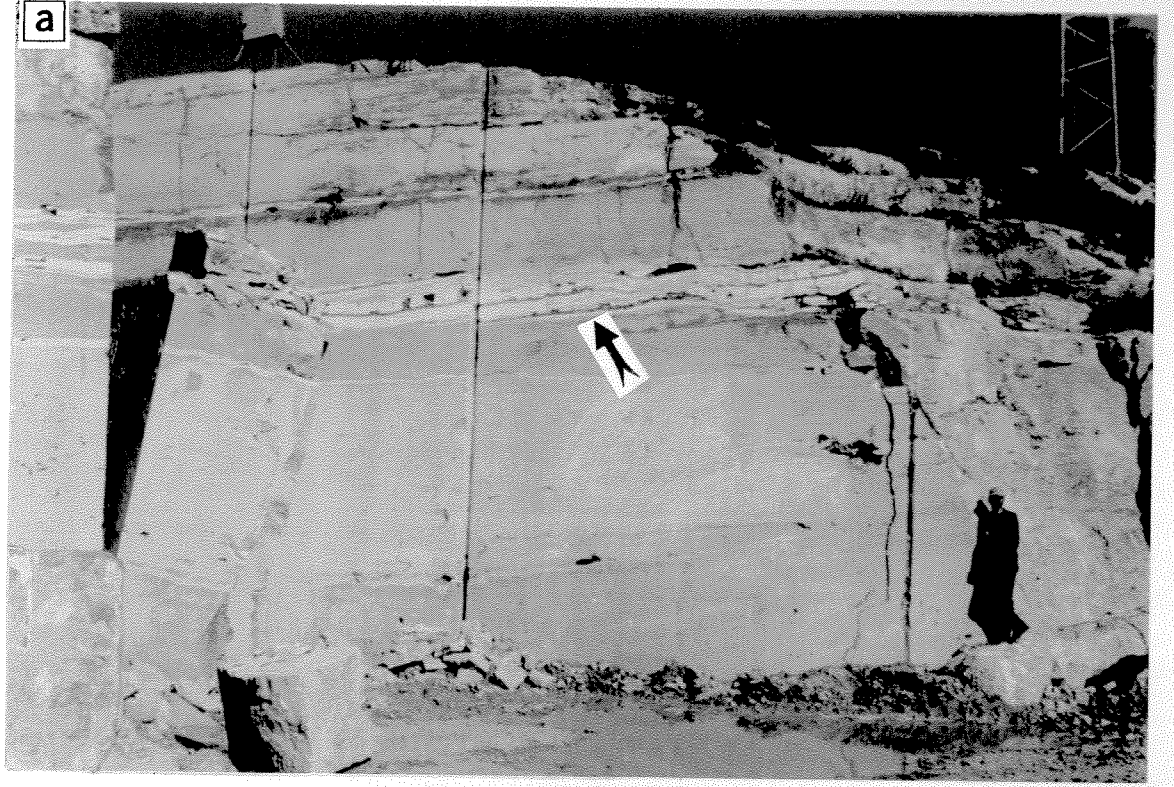
#### 4.1.2. Banth traverten

Denizli havzasında açılma çatlaklarına bağlı olarak gelişmiş traverten sırtları yaygındır. Bu sırtlar Yenice KD'sundaki B. Menderes vadisinde, Karahayıt'ta, Pamukkale'de ve Kocabaş

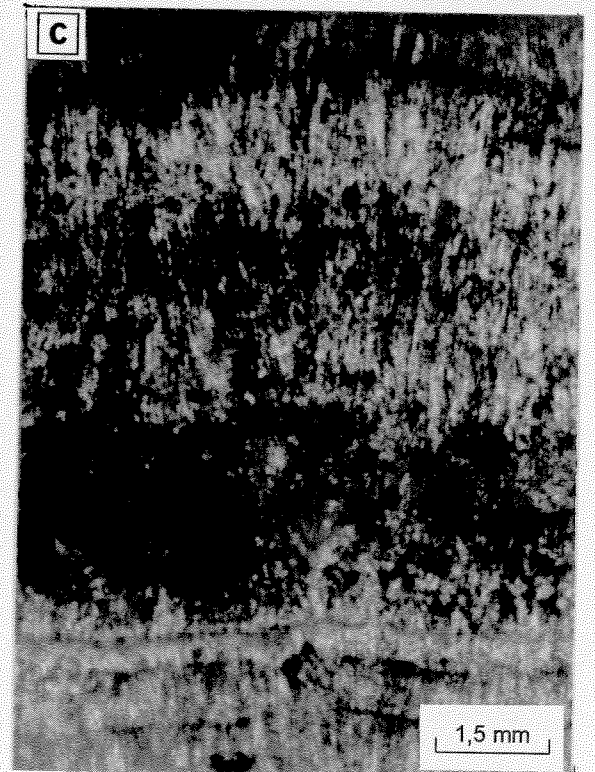
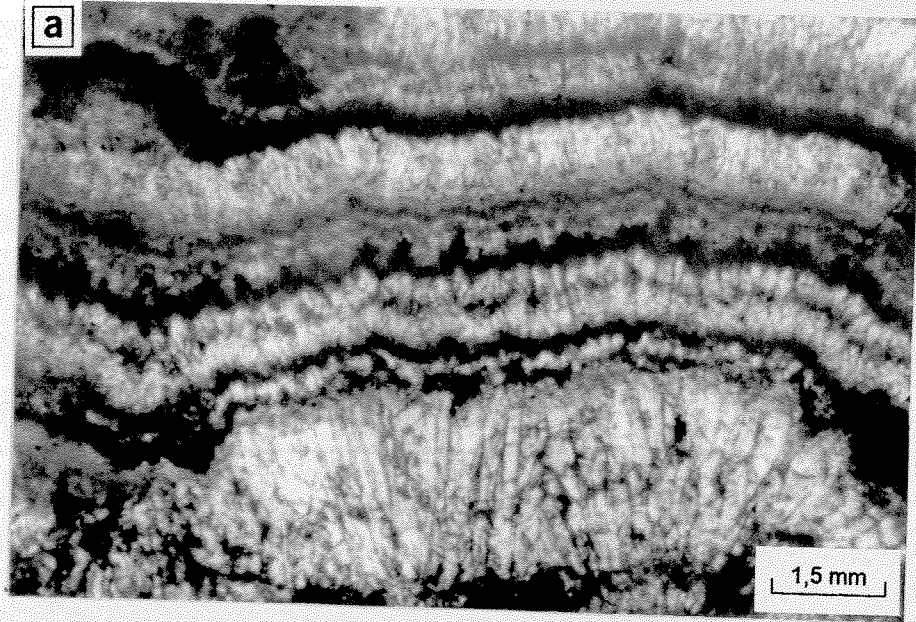
çevresinde açıkça izlenmektedir (Şekil 1). Daha önce Pamukkale'de traverten sırtlarının açılma çatlaklarında, çatlak duvarına yapışık, düşey konumdaki açık renkli kristalin kabuk oluşumları ALTUNEL, (1994, 1996; ALTUNEL ve Hancock, (1993a,b). tarafından '*bantlı traverten*' olarak adlandırılmıştır Kamara hamamı ve Karahayıt'ta olduğu gibi, demir oranı yüksek sıcak sulardan oluşan bantlı travertenlerde ise beyaz renk yanında kırmızı, bordo, kahverenkler ardalı olarak gözlenir. Traverten sırtlarında merkezi açılma çatlaklarını dolduran düşey kabukların toplam kalınlıkları, Kocabaş yakınlarındaki Kuşgölü traverten sırtında olduğu gibi, 7 m'ye kadar ulaşır. Bu durum, havzada en genç sırtlardan birisi olan B. Menderes vadisindeki Kamara sırtı çatlak duvarlarında belirgindir.

Bantlı travertenlerde kristal büyümesi çatlak duvarlarından boşluğa doğru gelişmiştir. Açılma çatlaklarını dolduran bantlı travertenler atmosfere açık yamaç ortamlarında çökelmiş kristalin kabuklara kıyasla daha sıkı ve yoğundur. Depolanma sonrası diyajenetik değişimlere bağlı olarak gelişmiş sparmikritleşme nedeniyle, bantlı traverten ince kesitlerinde kısmi bulanıklık görülürler (Şekil 4c). Bantlı traverteni oluşturan kalsit kristalleri SEM görüntülerinde, düz kenarlı, kama ya da bıçak ağzına benzer görüntüler sunar (Şekil 6). Ayrıca bunlarda herhangi bir organik ize rastlanmamıştır.

Açılma çatlaklarından yükselen sıcak suyun fizikokimyasal koşulları yanı sıra biyolojik-fotolojik koşullar organizma yaşamına pek uygun değildir. Bu nedenle, çatlak boşluğundaki bantlı traverten oluşumu inorganik süreçlerin baskın olduğu çökeltim şartlarında gerçekleşir. Bu süreçlerin temelinde, suyun (sıvı fazın) kısmi CO<sub>2</sub> basıncı ile ortamdaki atmosferin (havanın-gaz fazının) kısmi CO<sub>2</sub> basıncı arasındaki farka bağlı olarak gaz transferi ile meydana gelen kalsite-aragonite göre doymunlaşma yatar. Suyun CO<sub>2</sub> gazı derişimi, kalsiyumkarbonat derişimini denetlemekle birlikte, kısmi CO<sub>2</sub> basınçları arasındaki farkın büyüklüğü çökeltme kinetiğini (çökeltme hızını) denetler. Yüzey altında derinlerde yeraltı boşluklarındaki havanın kısmi CO<sub>2</sub> basıncı, sıvı fazdaki basınca yakın iken, yüzeye (atmosfer koşullarına) yaklaştıkça bu fark büyür. Yüzey koşullarında kısmi karbondioksit basıncı en düşük düzeyindedir. Dolayısı ile çatlak boyunca yükselen sıcak suyun CO<sub>2</sub> ni yavaş kaybetmesi yavaş bir traverten çökeltimine neden olur. Atmosferle karşılaştığında ise karbondioksitin sudan kaçışı, kısmi basınçlar arasındaki farkın büyümesi nedeniyle, çok hızlı olmakta ve buna bağlı olarak traverten çökeltimi de yüzeyde daha hızlı gerçekleşir. Çökeltme hızı travertenin dokusunu yakından ilgilendiren bir

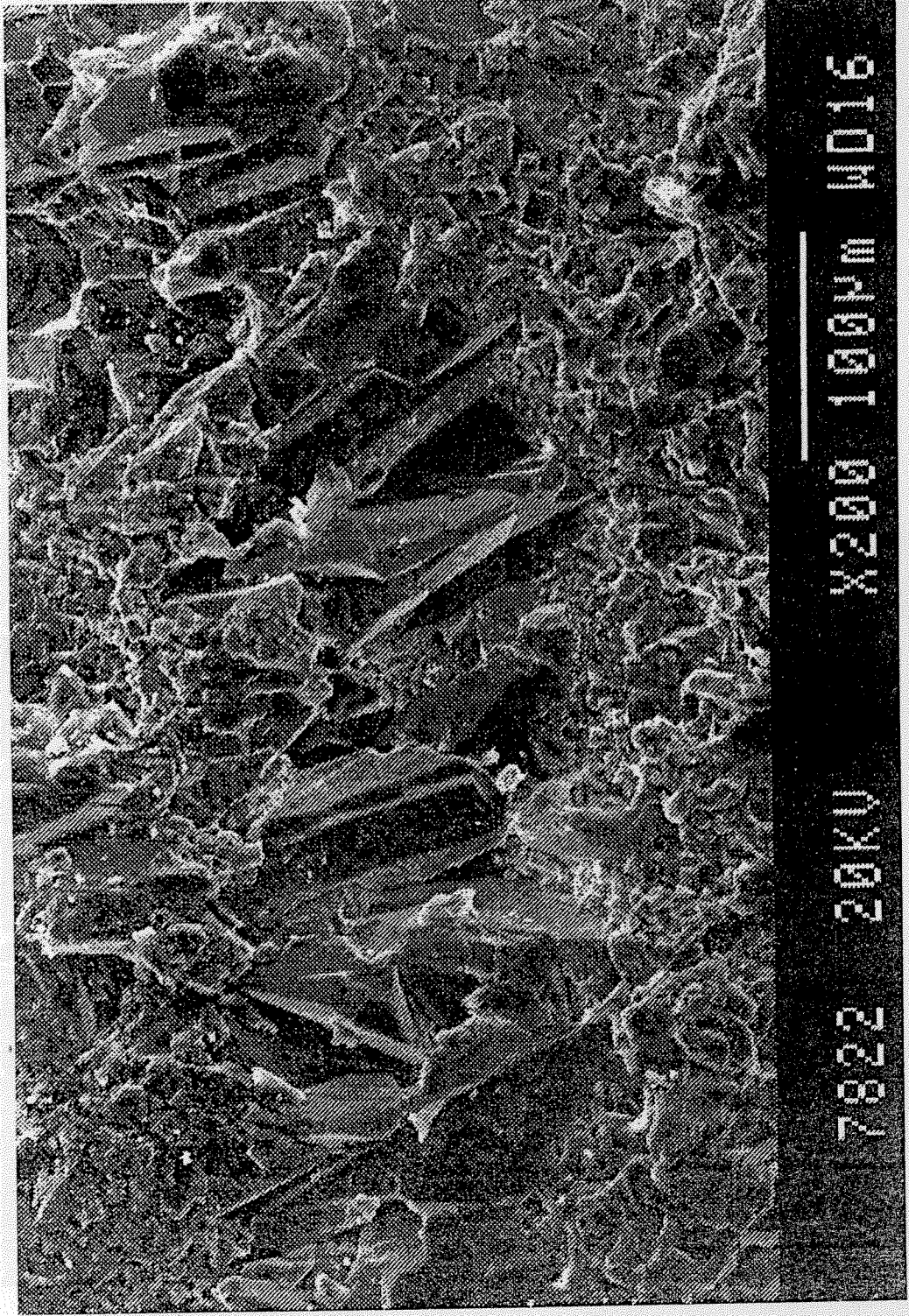


**Şekil 3.** Kristalin kabuk ve bantlı traverten litotiplerinin değişik arazi görünüşleri: **a)** Hafif eğimli, yatay kristalin kabuk ara düzeyi (okla işaretli), Kocabaş beldesi, **b)** Bir açılma çatlağında düşey konumlu bantlı traverten (bt) litotipi, Kuşgölü traverten sırtı, Kocabaş beldesi KB'sı. **c)** Yamaç fasiyesinde yer alan güncel kristalin kabuk oluşumları, kristaller çökeltme yüzeyine dik gelişmiştir. Yer: Pamukkale.

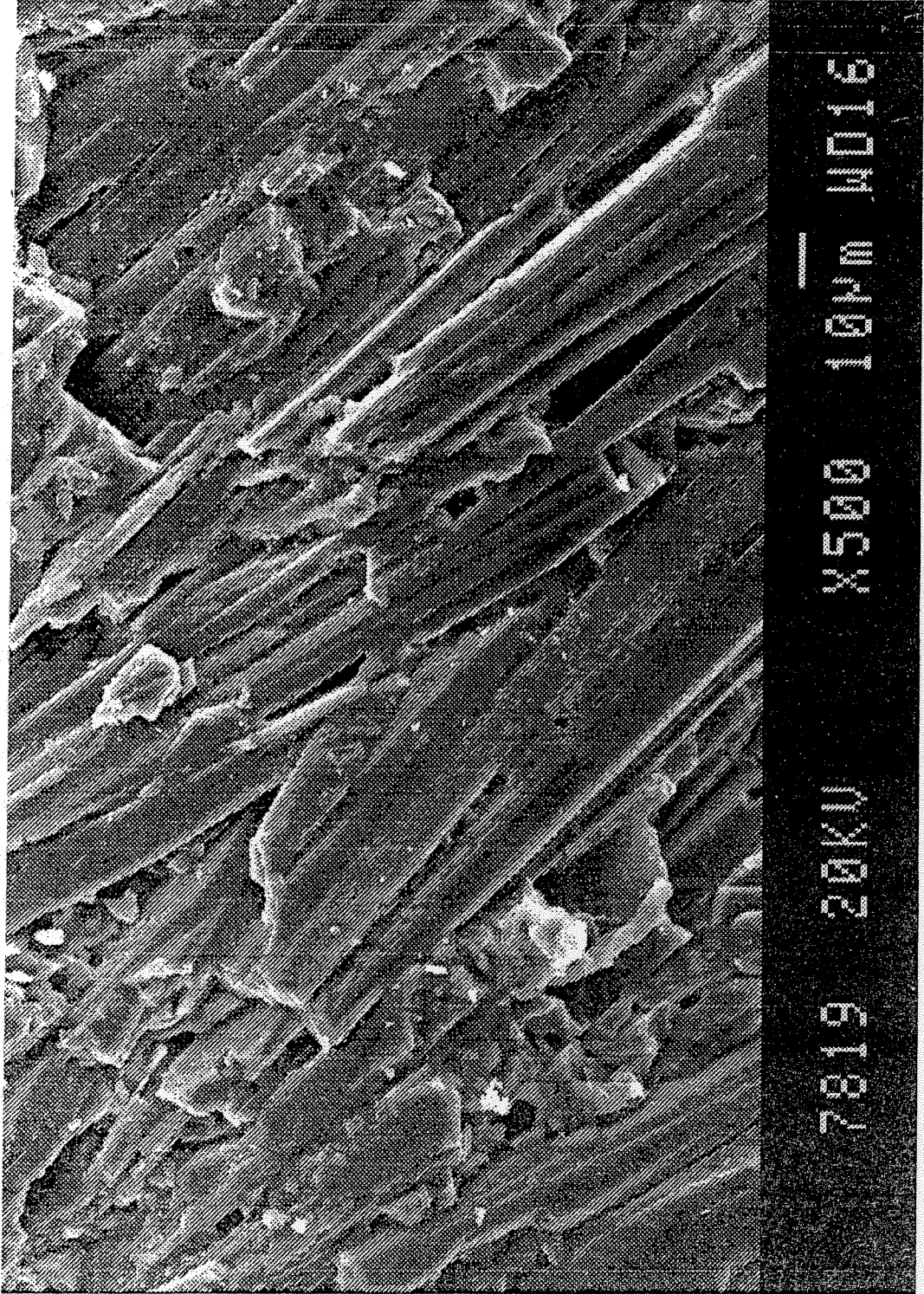


**Şekil 4.** Kristalin kabuk ve bantlı travertenleri oluşturan ışnsal kalsit kristalleri: **a)** Çökeltme yüzeyine dik yönde gelişmiş açık renkli, lifsi kalsit kristalleri ile koyu renkli mikritik laminalarının ardalanması, **b)** Sedir ağacı görünümünde ışnsal kalsit kristalleri ve üstte mikritik laminada erime boşlukları, **c)** Açılma çatlaklarının duvarlarında, bantlı traverten litotipinde ışnsal kalsit kristalleri. Kristaller kısmen sparmikritleşme geçirmiştir.





**Şekil 5.** Kristalin kabuğu oluşturan kama şekilli ışın kristallerinin (ortada) SEM görüntüleri (Kuşgölü traverten sırtı, Kocabaş KB'sı).



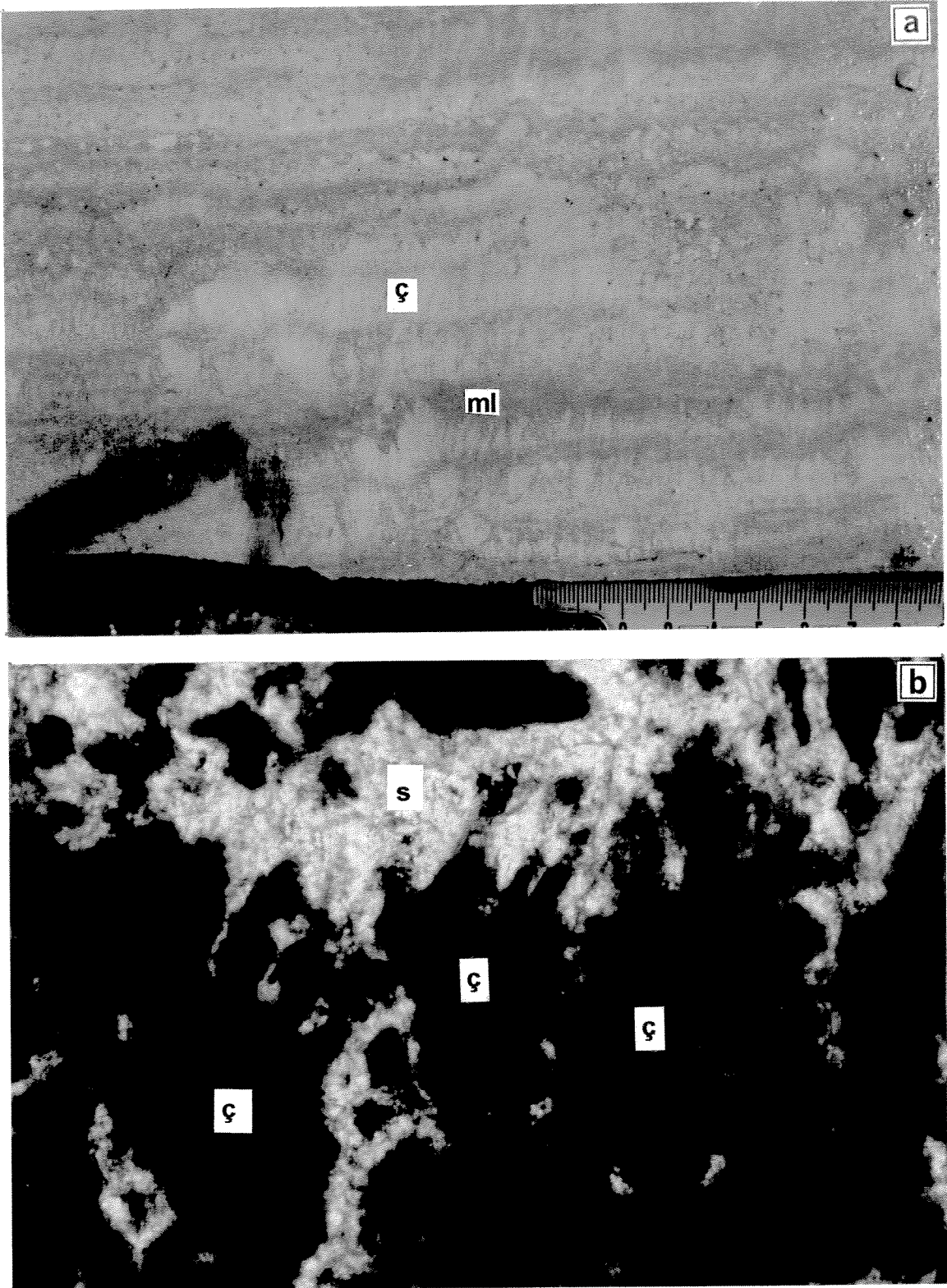
**Şekil 6.** Bantlı traverten litotipinin SEM görüntüsü: Düz kenarlı, kama şekilli ışın kristalleri. (Kuşgölü traverten sırtı, merkezi açılma çatlağı, Kocabaş KB'sı).

parametredir. Yüzey altında meydana gelen yavaş-inorganik çökelim (kristal büyümesi) daha sıkı, sert, gözenekliliği çok düşük bir litotip oluşturur. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, bantlı traverten litotipinin çökmesine neden olan sistem ne yüzeyde ne de yüzey altında CO<sub>2</sub> e kapalı bir ortam değildir.

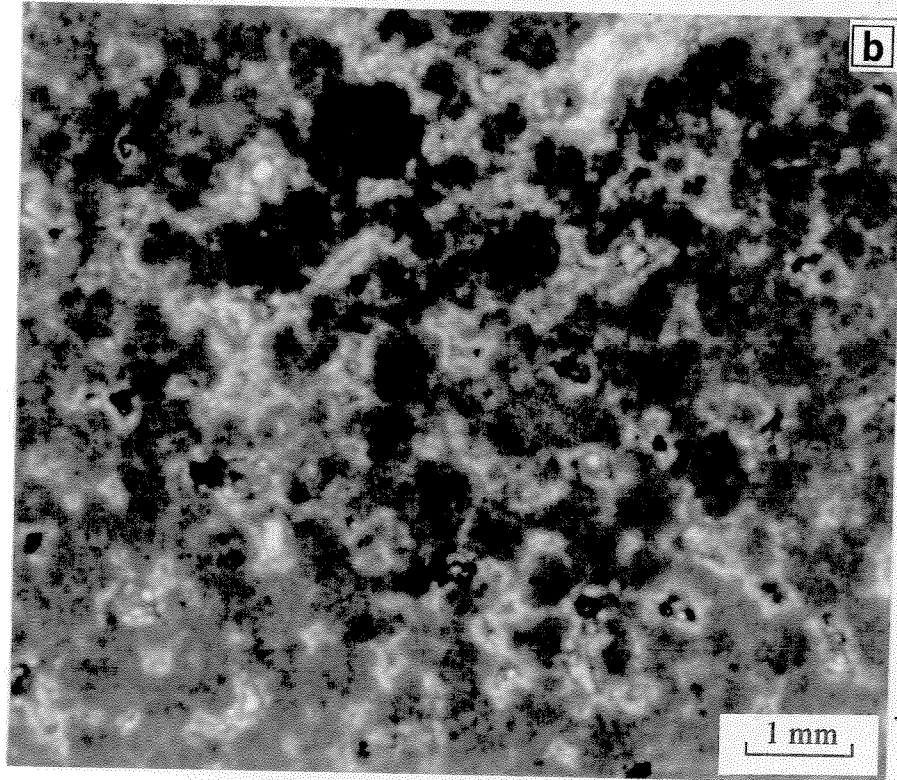
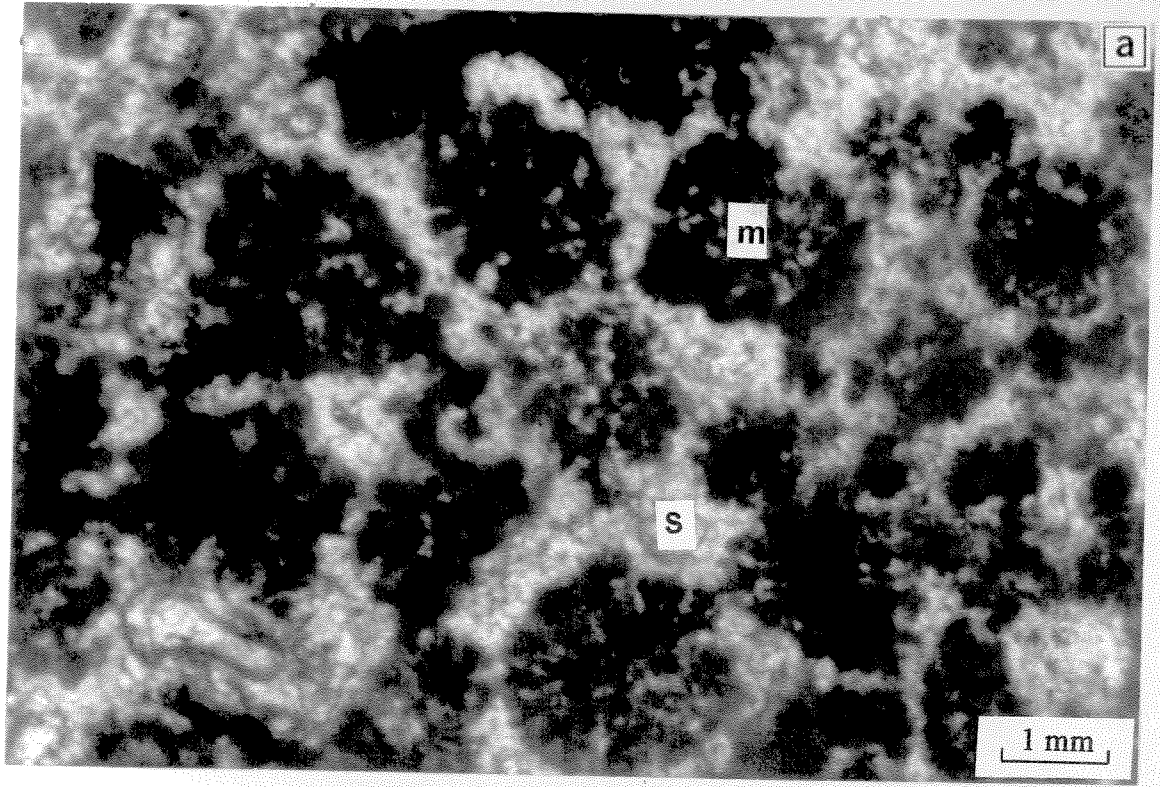
#### 4.1.3. Çalı tipi travertenler

Çalı tipi traverten, düşey yönde aşağıdan yukarı genişleyen, dendritik ya da çalı/bodur bitki şeklinde büyüme özelliği gösteren oluşumlardır (CHAFETZ ve Folk, 1984; PENTECOST., 1990). Denizli travertenleri içerisinde en yaygın litotiptir. Çalı litotipi makro örneklerde ve tel kesme yüzeylerinde açık krem-bej renkli, 3-16 mm kalınlığında, düzensiz bantlar ya da seviyeler şeklinde görülürler (Şekil 7a). Çalı düzeyleri alttan ve üstten daha koyu renkli mikritik laminalarla sınırlandırılmıştır.

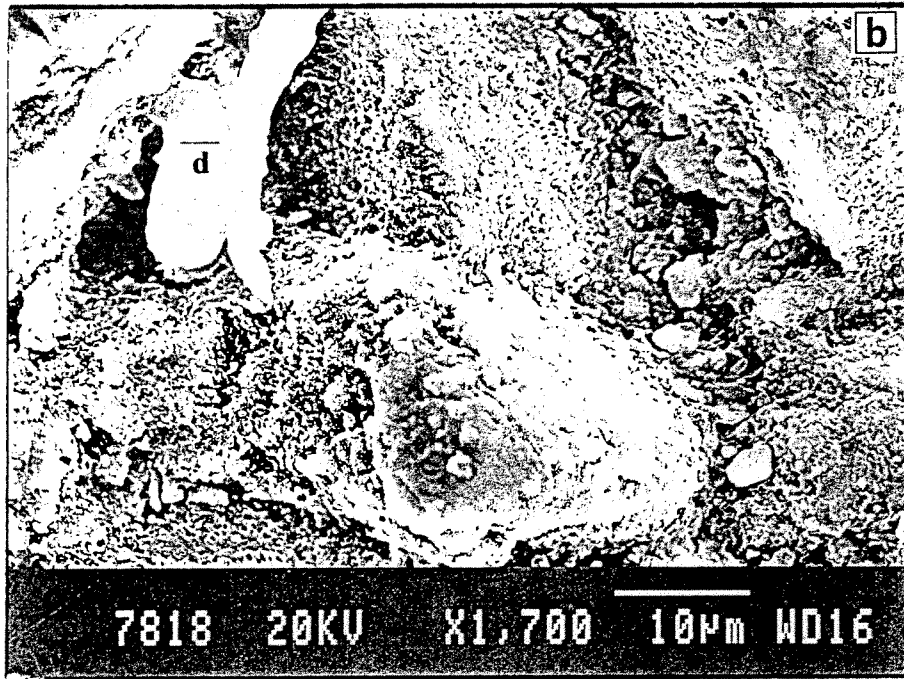
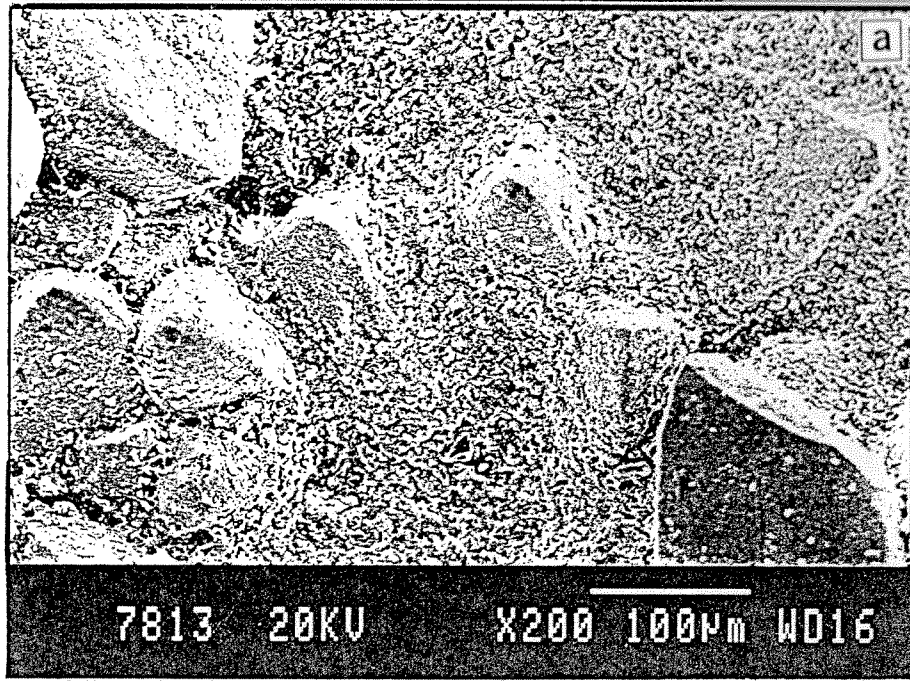
Tabakalanmaya dik hazırlanmış ince kesitlerde yukarı doğru genişleyen ve dallanan koyu renkli, mikritik çalı şekillerinin arasındaki boşluklar çoğunlukla ikincil spari kalsitle doldurulmuştur (Şekil 7b). Spar ve mikrit kristalleri bir arada, değişik biçimlerde düzenlenmişlerdir. Tabakalanmaya paralel ya da verev hazırlanmış ince kesitlerde ise koyu renkli mikritik zeminler sparitler içerisinde adacıklar veya yamalar şeklinde benekli bir doku oluşturur (Şekil 8a). Benekli doku sunan çalı travertenleri içerisinde sıkı ve gevşek yapılı mikritik alanlar olabilir. Göreceli olarak yaşlı travertenlerde mikritik alanlar daha geniş yer tutar, hatta giderek tamamen mikritleşir. Sparitin mikritleşmesi olarak bilinen bu dönüşüm diyajenetik alterasyonun bir sonucudur (GUO ve Riding, 1994). Çalı şekillerinin sıkı paketlendiği durumlarda mikritik alanlar daha geniş yer kaplar (Şekil 8b). Her hangi bir iç yapı özelliği göstermeyen, masif yapılı bu mikritik alanlar 5-10 mikron boyutunda öz ve yarı öz şekilli kristallerden meydana gelmiştir. Aynı alanların SEM görüntülerinde yer yer açık renkli spar romboeder uçlarının geliştiği gözlenir (Şekil 9a). Gevşek dokulu mikritlerin SEM görüntülerinde ise diatomelere rastlanır (Şekil 9b). GUO ve Riding'e (1994, 1998) göre teras havuzlarının olağan bileşeni olan çalı şekilleri, özellikle çöküntü alanlarının sığ, geniş havuz ve bataklık benzeri ortamları ile düşük eğimli yamaç depolanma ortamlarının en yaygın ve kalın traverten litotipidir. Yer yer kristalin kabuk, kamyş, sal ve bakteriyel kökenli düzensiz ve ışınal pizolitlerle yanal ve düşey ilişkilidir.



**Şekil 7.** Çalı litotipi travertenin makro ve mikro görünüşleri. **a)** Tabakalanmaya dik bir blok yüzeyinde açık renkli, büyüme konumunda yukarı doğru genişleyen çalı şekilleri (ç), alttan ve üstten koyu renkli mikritik laminalarla (ml) sınırlandırılmıştır. **b)** Çalı şeklinin mikroskop görüntüsü, büyüme konumunda yukarı doğru genişleyen, dallanan koyu renkli çalı formları (ç) ve sparikalsitle (s) doldurulmuş ara boşluklar.



**Şekil 8.** Çalı traverten litotipinin mikroskop görüntüleri. **a)** Tabakalanmaya paralel hazırlanmış bir ince kesitte koyu renkli mikrit kümeleri (m) halinde görülen çalı şekli ve boşlukları doldurmuş açık renkli sparikalsit (s) çimento, **b)** Sparmikritleşme sonucu koyu renkli mikritik alanların genişlemesi.



**Şekil 9.** Çalı traverten litotipinin SEM görüntüleri. a) Masif mikritik alanlarda açık renkli spar romboeder uçları, b) Gevşek dokulu mikritler içerisinde tüp şekilli diyatome (d) kalıntıları.

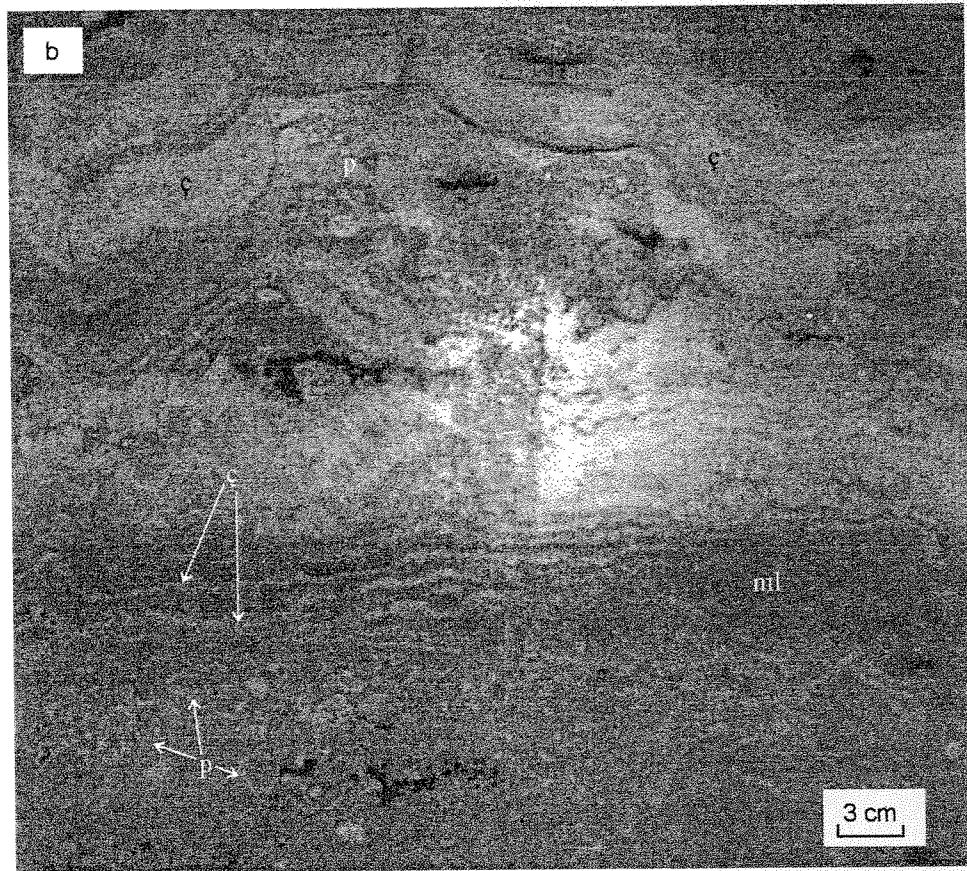
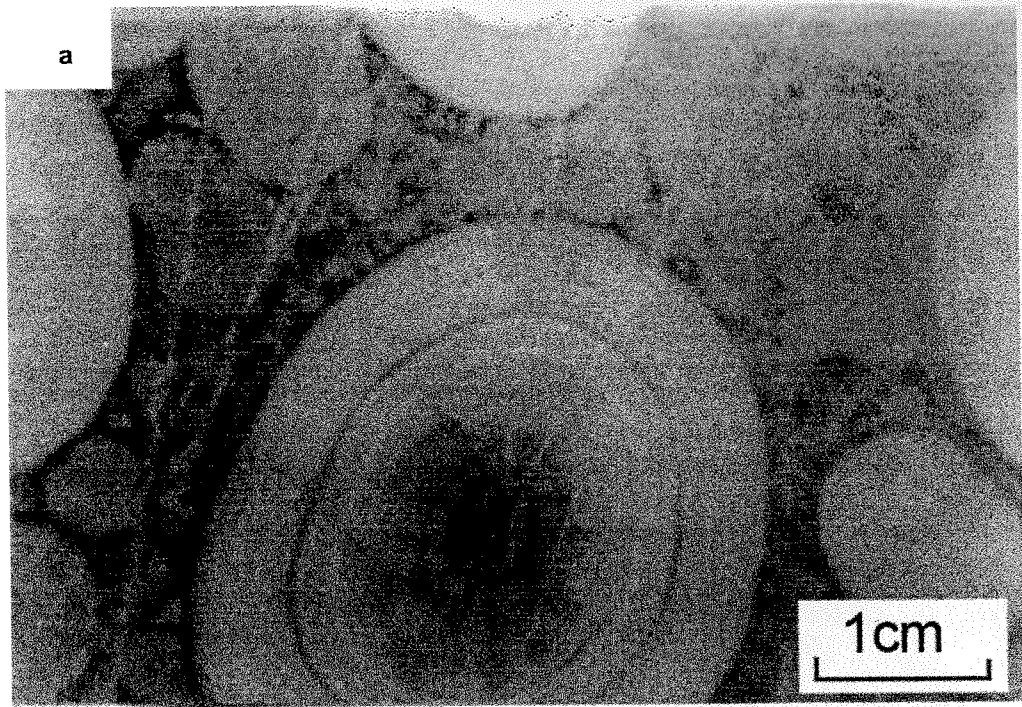
Çalı tipi traverten litotiplerinin hem mikrobiyolojik (CHAFETZ ve Folk, 1984) hem de abiyotik kökenli (PENTECOST, 1990) olabilecekleri öne sürülmüştür. Mikrobiyolojik kökenli olanlar, bakterilerin kalsiyum karbonat biriktirme yeteklerinin bir sonucudur. Abiyotik kökenliler ise iğne şekilli aragonit kümeleridir (PENTECOST, 1990). Oluşumunda organik süreçlerin etkili olduğu çalı düzeyleri bakterilerin çiçeklendiği, büyüdüğü bahar ve yaz dönemlerini, buna karşılık mikritik düzeyler ise büyümenin durduğu kış dönemlerini temsil eder (CHAFETZ ve Folk, 1984). Bakteri etkinliğinde gelişen çalı travertenleri günlük sıcaklık değerlerinin üzerinde ısınmış sulardan çökelmiştir (CHAFETZ ve Guidry, 1999). Bu nedenle soğuk su kaynakları çevresinde çökelen tufalarda çalı şekilleri gelişmez.

Denizli travertenlerinde yer alan çalı litotiplerinin daha çok mikrobiyolojik süreçler etkisinde oluştuğu düşünülmektedir. Özellikle Kaklık KB'sında ve Belevi güneyinde bulunan ocaklarının alt kesimlerindeki traverten düzeylerinde çalı litotipinin oranı oldukça yüksektir (ÖZKUL vd., 2001).

#### 4.1.4. Pizoid travertenler

Travertenlerde pizoid türü zarflı taneler oldukça yaygındır (CHAFETZ ve Meredith, 1983; FOLK ve Chafetz, 1983 ve GUO ve Riding, 1998). Dik yamaçlar üzerinde bulunan küçük ölçekli teras havuzları ile çöküntü alanları depolanma sistemlerinde yer alan geniş ve sığ havuzların olağan bileşenidir. Ayrıca bu çalışma sırasında kendiliğinden oluşmuş kanal travertenlerinde de pizoid oluşumlarına rastlanmıştır. Genellikle çalı şekli ve mikritik karbonatla birlikte görülür. Bunlar küresel, yarı küresel, elipsoidal ve disk şekillidir (Şekil 10 a, b).

Travertenler üzerinde yapılmış önceki çalışmalarda dokularına göre 3 farklı pizoid türü ayırt edilmiştir. Bunlar: 1) Konsantrik laminalı pizolitler (FOLK ve Chafetz, 1983), 2) Işımsal çalı pizolitleri (FOLK ve Chafetz, 1983) ve 3) Stromatolitik meme şekilli (stromatolitik mammilated) pizoidler (GUO ve Riding, 1998). Konsantrik laminalı pizoidler kendi arasında iki alt gruba ayrılır: a) Düzgün laminalı pizoidler ve b) Dalgalı laminalı pizoidler. Bu çalışmada, Denizli travertenlerinde konsantrik laminalı pizoidlerin her iki alt grubuna da rastlanmıştır (Şekil 10 a,b).



**Şekil 10.** Pizoid travertenler: **a)** Düzgün laminalı pizoidler, (Kömürcüoğlu traverten ocağı, Denizli Çimento Fab. kuzeyi), **b)** Dalgalı laminalı pizoidler (p), üstte milimetrik çalı düzeyleri (ç), ve koyu renkli mikritik laminalar (ml). Belevi güneyi, Ece alt ocağı.

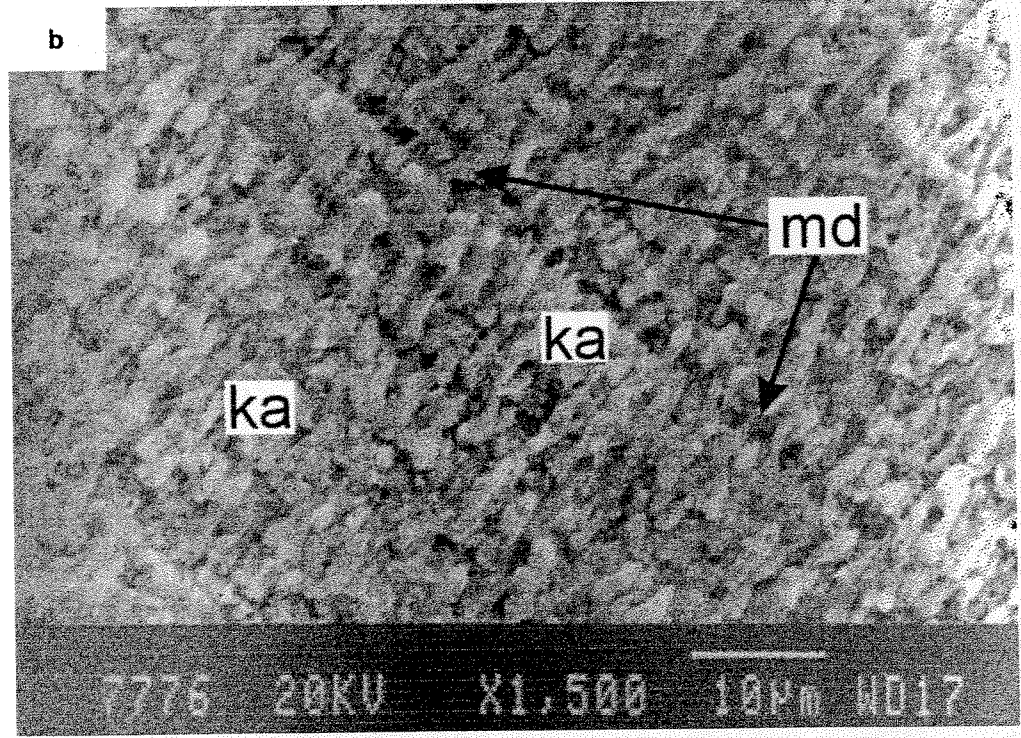
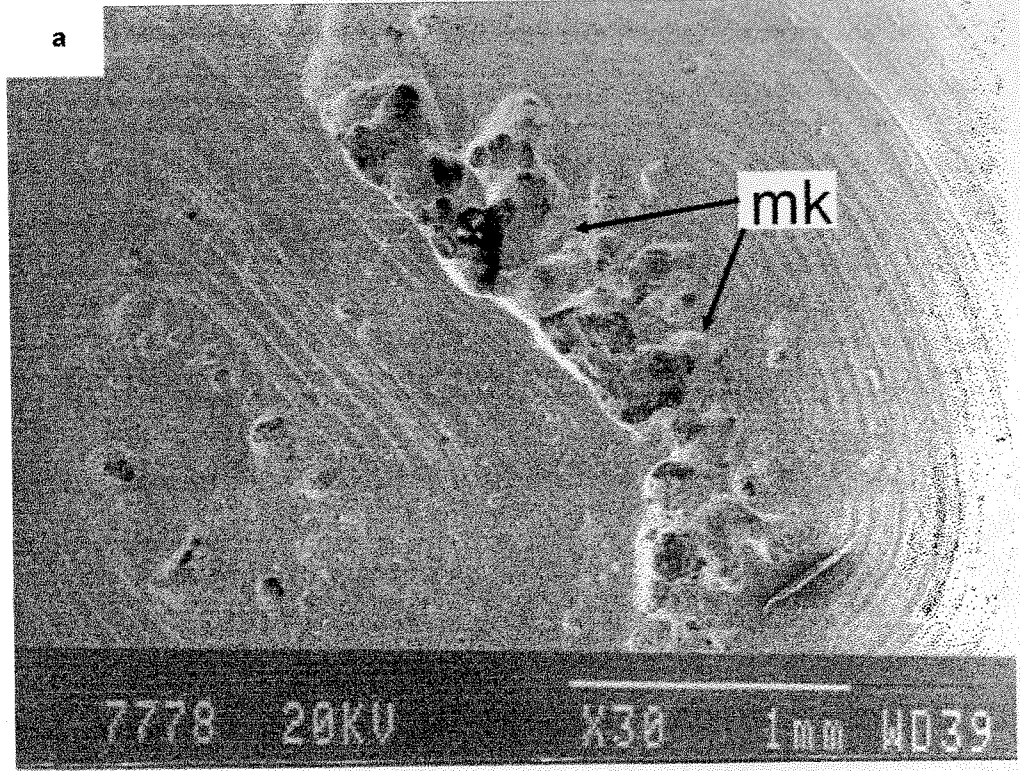


a) *Düzgün laminalı pizoidler*: İç içe düzgün, konsantrik laminalı pizoidlerin çapları 0.5 ile 3 cm arasında değişir (Şekil 10a). Yerli yerinde korunmuş düzgün laminalı pizoid taneleri genellikle, dış yüzeylerinde aşınma belirtisi göstermezler ya da çok az gösterirler. Bazı pizoid tanelerinin iç yapılarına ait SEM görüntülerinde pizoid büyümesini engelleyen ara yüzeyler gözlenmektedir. Bunlar yanal yayılım göstermeyen erime ve mikrokarstlaşma yapılarıdır (Şekil 11a). Bu mikrokarstlaşma yapıları büyük olasılıkla pizoid oluşumunun geliştiği traverten havuzlarındaki kısa süreli kuruma evrelerini yansıtır. Çekirdek genellikle traverten litoklastlarından meydana gelmiştir. Litoklastik çekirdeği oluşturan kristaller, pizoidin mikritik zarlarına göre daha iri taneli (10-15 mikron) bir yapıya sahiptir. Mikritik zarlar ise tümüyle öz şekilsiz, 3-6 mikron boyunda mikritik tanelerden yapılmıştır. Bunlar ışınal kristalleri çok ince bantlar halinde örtmüşlerdir (Şekil 11b) Bu ara yüzeyler yer yer mikrostromatolitik bir yapıya da dönüşebilmektedir. Düzgün laminalı pizoidler suyun sıçrama yaptığı çalkantılı teras havuzlarında oluşur. FOLK ve Chafetz (1983), bu tip tanelerin daha çok inorganik kökenli olduklarını belirtmişlerdir.

b) *Dalgalı laminalı pizoidler*: Bu tip pizoidler irice bir çekirdek etrafında iç içe düzensiz lamina sarılımları ile oluşmuşlardır Belevi güneyindeki traverten ocaklarında dalgalı laminalı pizoid taneleri açık renkli çalı düzeyleri ile mikritik laminalar arasında korunmuştur (Şekil 10b). Pizoidler üzerinde bulunan ince çalı düzeyleri dalgalı yapıdadır. Tane boyu 0.5 ile-1.5 cm arasında değişir. Çekirdeklerinde koyu renkli mikritik traverten litoklastları yer alır. Dalgalı laminalı pizoidlerin oluşumunda, az çok mikrobiyolojik faaliyetlerin rol oynadığı düşünülür. Bu tür pizoid tanelerinin daha az çalkantılı, bakteri, cyanobacteria ve diyatomelelerin de birarada bulunduğu mikroteras havuzlarında oluştuğu öne sürülmüştür (GUO ve Riding, 1994). Belevi güneyinde gözlenen örnekler ise çöküntü alanlarının geniş ve sığ havuzlarında veya göllerinde suyun yavaş aktığı ya da su hareketinin sınırlı olduğu şartlarda çökelmiş olmalıdır.

#### 4.1.5. Sal tipi travertenler

Sal tipi travertenler su yüzeyinde oluşmuş, kırılğan ya da gevrek, kağıt inceliğinde, yapraklı kristalin düzeylerdir. Bazı araştırmacılar bunlara '*sıcak su buzu*', '*kalsit buzu*' (BARGAR, 1978) ve '*kağıt inceliğinde sal (paper-thin raft)*' (GUO ve Riding, 1998) gibi adlar vermişlerdir. Bunlar sıcak kaynak çıkışlarında oluşan küçük havuzları dolduran suların üst

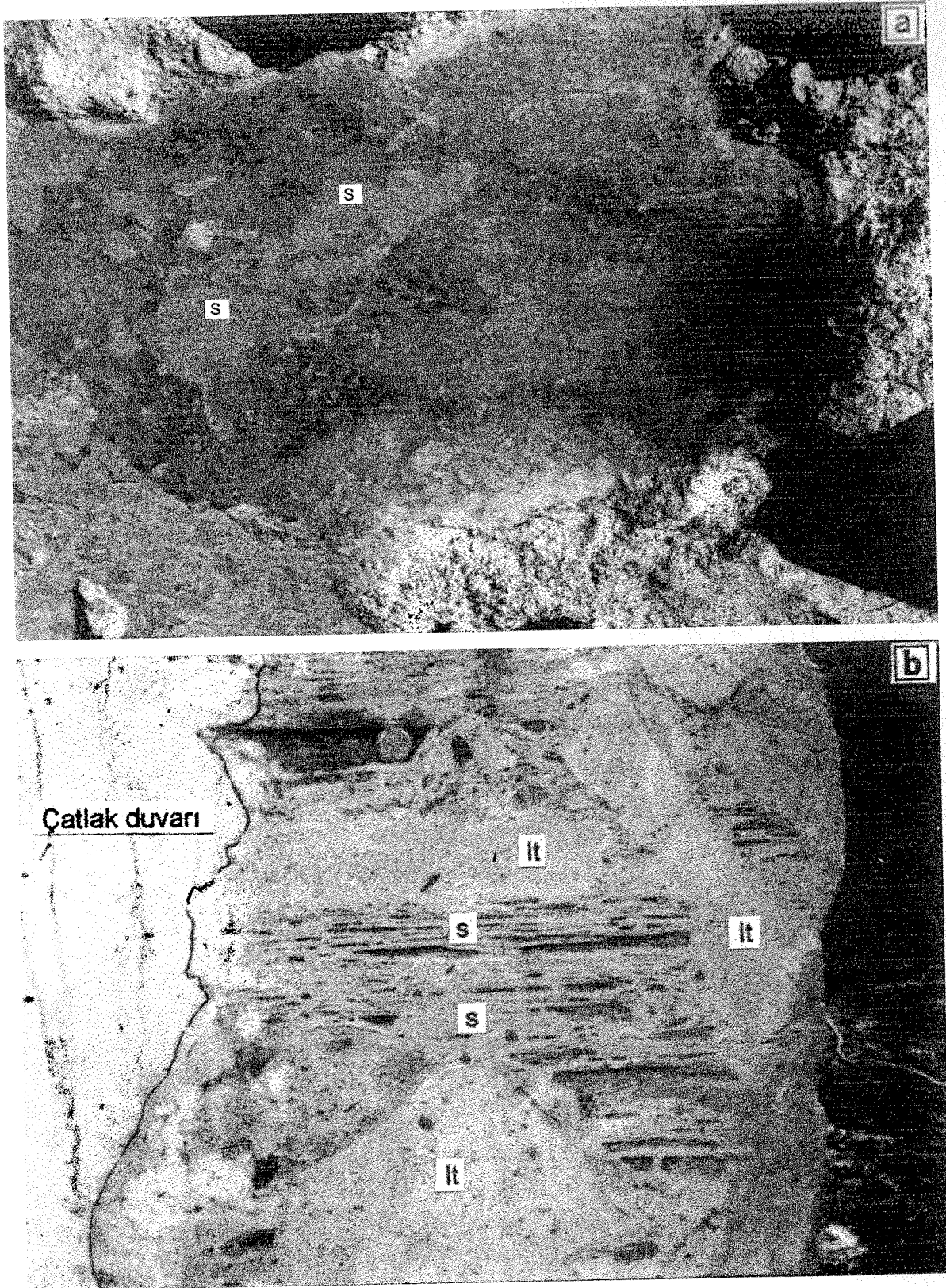


**Şekil 11.** Düzgün laminalı pizoidlerin SEM görüntüleri: **a)** Pizoid iç yapısı ve ara yüzeylerde gelişen mikrokarstik boşluklar (mk). **b)** Pizoid iç yapısında ışınal büyümeli kalsit kristalleri (ka) ve bunları örten çok ince mikrit ara düzeyleri (md).

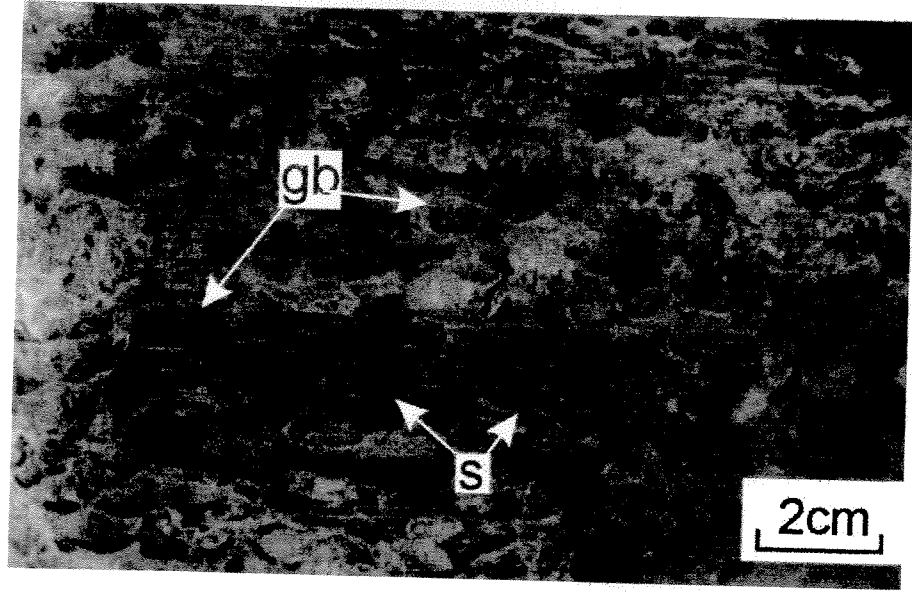
yüzeyinde kalsit ve/veya aragonitten oluşan bir kristal filmidir. Bu kristal filmlerinin güncel örnekleri Pamukkale'deki teras havuzlarında ve termal kaynaklar çevresinde (Ör.: Çukurbağ kaynağı) görülmektedir (Şekil 12a). Yer yer sal oluşumları parçalanmış halde görülürler ve yanal devamlılıkları birkaç metre ile sınırlıdır. Sallar zarflı hava kabarcıkları ile sıkça birarada bulunur (Şekil 13). Eski travertenlerde sal oluşumunu izleyen erken diyajenetik evrede meydana gelen kabuklaşma nedeniyle sallar bir miktar kalınlaşmış şekilde izlenirler. Kocabaş yakınlarındaki Kuşgölü traverten sırtının ana açılma çatlığında eski sal oluşumları, düşey bantlı traverten ve litoklastlarla birarada bulunur (Şekil 12b). Bu tür açılma çatlakları aktif oldukları dönemde sıcak kaynak suları tarafından doldurulmuş olmalıdır. Benzer oluşumların mağara içlerindeki soğuk su havuzlarında da geliştiği bildirilmiştir (BAKER ve Frostick, 1951; BLACK, 1953).

#### 4.1.6. Zarflı gaz kabarcıkları

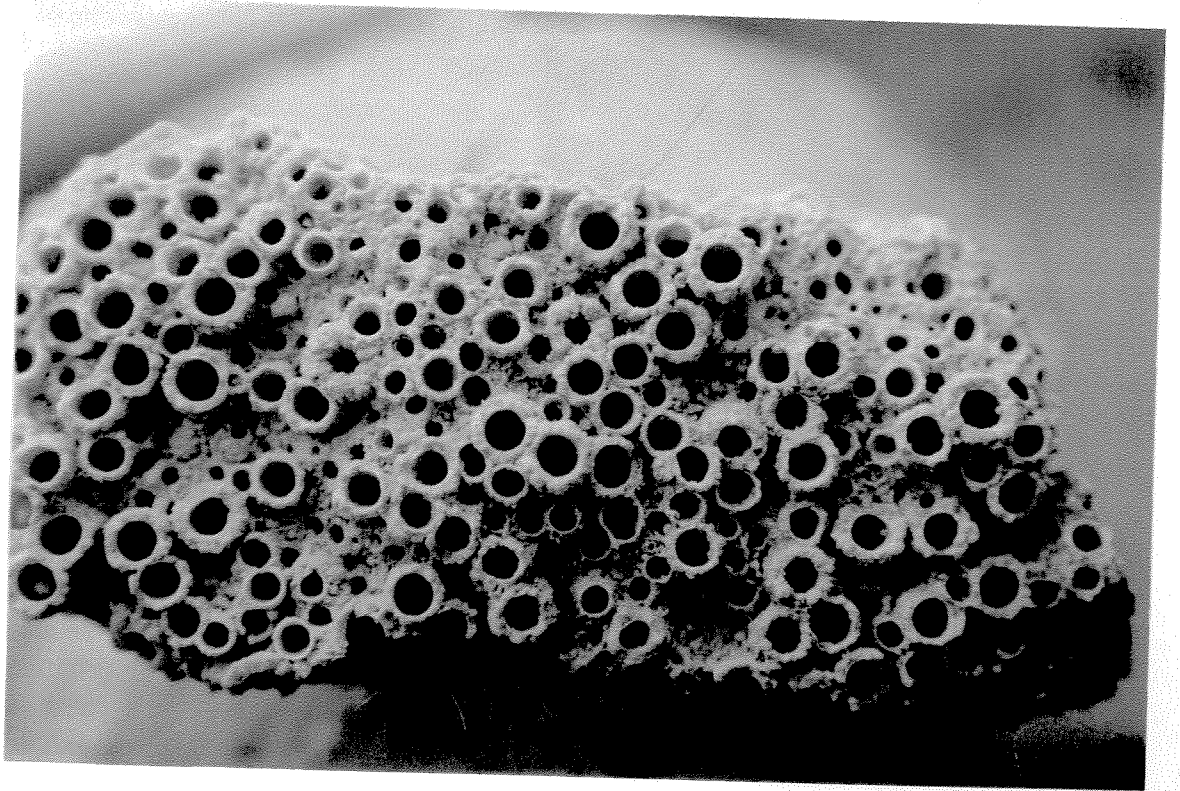
Traverten çökeltme ortamlarında kalsiyum karbonatla sarılmış gaz kabarcıkları yaygındır. Gaz kabarcıkları, su yüzeyi altında, tabanda bulunan çökellerdeki mikrobiyolojik faaliyetler sonucu ortaya çıkar. Bu kabarcıkların oluşumu CHAFETZ vd. (1991) tarafından ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır (Şekil 13). Bunlar en çok teras havuzlarında ve benzeri su birikintilerinde sal yüzeyi altında gelişir. Gaz kabarcıkları kristaller ya da bitki kırıntıları arasında kapanlanmaktadır. Bu nedenle zarflı gaz kabarcıkları kristalin kabuk, sal ve kamyş tipi travertenlerle birlikte bulunabilir. Denizli travertenlerinde yer yer güncel ve eski zarflı gaz kabarcıkları örneklerine rastlanmıştır. Çukurbağ kaynağında kalsit sallarına korumuş gaz kabarcıklarının boyutları 1-10 mm arasında değişir (Şekil 14). Travertenler üzerinde yapılan çalışmalarda, bazı gaz kabarcıklarının düşey yönde birbiriyle birleşerek tüpsü bir yapı kazandıkları gözlenmiştir (GUO ve Riding, 1998). Yenice kuzeydoğusunda, B. Menderes vadisindeki Kamara kaplıcasında, sıcak su depolanan bir havuz tabanında tüpsü görünümdeki birleşik gaz kabarcıkları çalı tipi traverten düzeyleri üzerinde gelişmiştir (Şekil 15). CHAFETZ ve Folk (1984) zarflı gaz kabarcıkları için '*taşlaşmış kabarcıklar (= lithified bubble)*', '*köpük taşı (= foam rock)*' gibi adlar kullanmışlardır. Zarflı gaz kabarcıkları sal oluşumlarına benzer bir iç yapıya sahiptirler. İçte mikritik bir zar, dışta (su tarafında) ise esas olarak öz şekilli



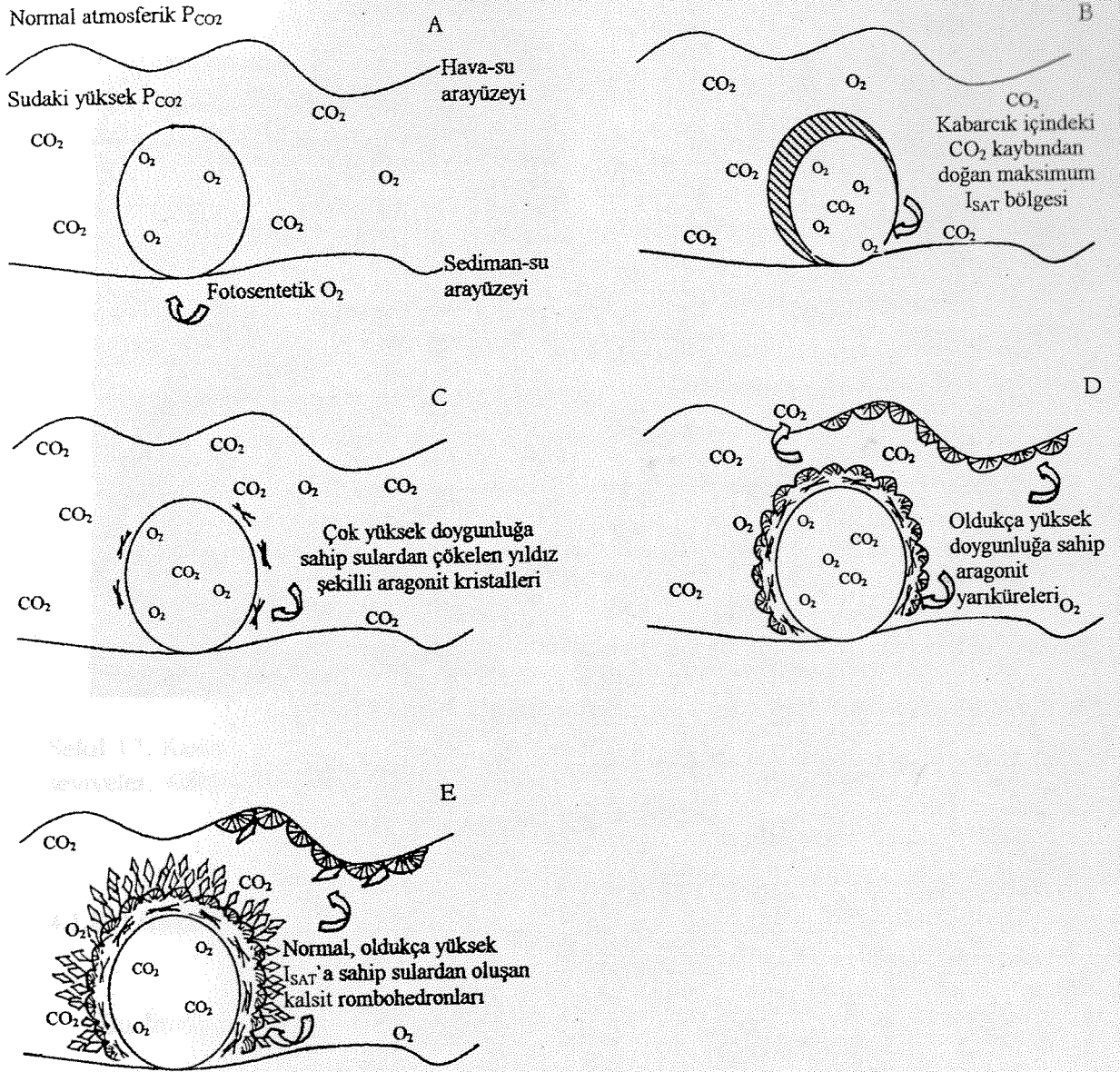
**Şekil.12.** Sal tipi traverten oluşumları: **a)** Güncel sal oluşumları (s), Çukurbağ kaynağı, Pamukkale, **b)** Eski traverten salleri(s), Kuşgözü traverten sırtı ana açılma çatlak, sallar çatlak boşluğuna düşmüş litoklastlarla (lt) birlikte gözlenir.



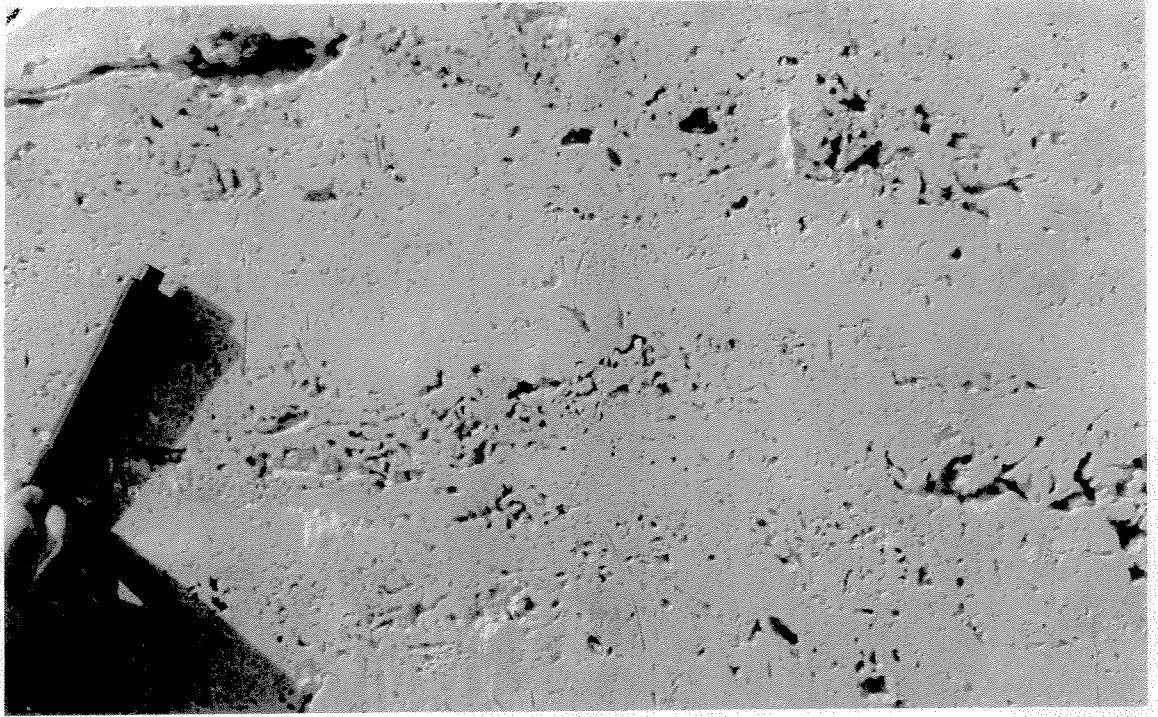
Şekil 13. Güncel sal (s) ve zarflı gaz kabarcıkları (gb), Çukurbağ kaynağı, Pamukkale.



Şekil 14. Tüpsü görünümdeki birleşik gaz kabarcıkları. Üstten görüşleri dairesel kesitli olan birleşik gaz kabarcıkları sıcak su depolanan bir havuzun tabanında oluşmuştur. Kamara traverten sırtı, Yenice kuzeydoğusu, Büyük Menderes vadisi.



**Şekil 15.** Karbonat zarflı gaz kabarcıklarının oluşumunun şematik gösterimi. (A) Alglerin fotosentez süreci ile oluşmuş saf bir oksijen kabarcığı. Bu kabarcık tabanda, çök-el-su ara yüzeyinde oluşur ve içerisinde  $CO_2$  gazının fazla olduğu sularla sarılır. (B) Sudaki  $CO_2$  in kısmi basıncı ve kabarcık içindeki gaz ile sudaki  $CO_2$  in kısmi basıncı arasında çok yüksek bir fark vardır. Bu fark, gaz içindeki  $CO_2$  in tamamının yok olması ile sıfırlanır. (C) Hava kabarcığını tamamen saran mikro ortamdan  $CO_2$  in yok olması doygunluk yüzeyini artırır ve yıldız şekilli aragonitten meydana gelmiş kristal kümeleri bu mikro ortamda çökeler. Kabarcık içindeki gaz ve su arasındaki gradyan azalır, fakat bu gradyan hala komşu su molekülleri arasında olduğundan daha yüksektir. (D) Yıldız şekilli aragonit küreleri etrafında  $I_{SAT}$  (lyon doygunluğu) in yükselmesi nedeniyle aragonit yarı küreleri ve aynı zamanda su hava ara yüzeyinde kalsit romboeder çökelişi meydana gelir. Bu tür bir romboeder oluşumu bakır ve bitki materyeli gibi yüzeylerdeki kalsit romboeder çökelişi ile eşdeğerdir (CHAFETZ vd., 1991, Şekil 13'ten değiştirilmiştir.).



**Şekil 17.** Kamış traverten litotipinin tel kesme yüzeyinde görünümü. Polat traverten ocağı, üst seviyeler, Killiktepe batısı.

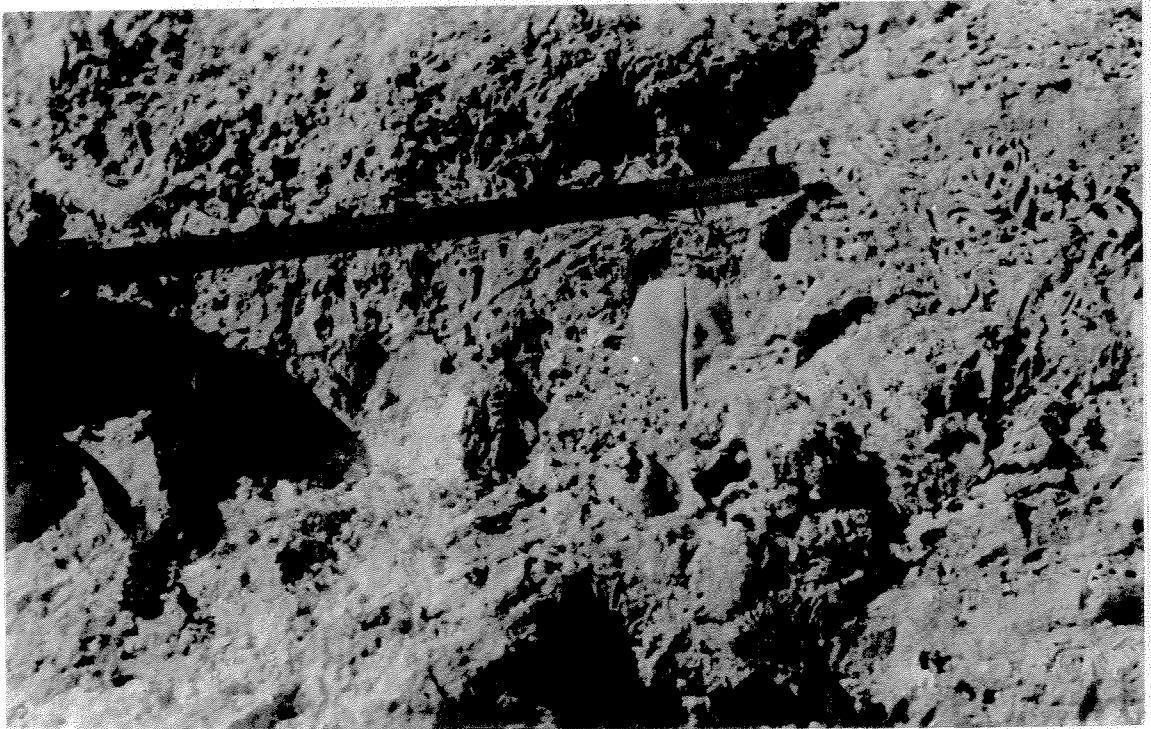
#### **4.1.8. Litoklast travertenler**

Bu litotip yamaç travertenlerinin üst kesimlerinden ve açılma çatlaklarının duvarlarından kopan parçaların ya da teras duvarlarının çökmesi sonucu ortaya çıkan aynı yaştaki, açık renkli kristalin kabuk ve çalı tipi köşeli traverten parçalarının yamaç tabanlarına, çatlak boşluklarına ve çöküntü alanlarına taşınarak depolanması sonucu oluşur (Şekil 12b ve 15). Ayrıca Denizli traverten sahalarında açılma çatlaklarının oluşumu sırasında ortaya çıkan tektonik kökenli litoklastlar kahve renkli toprak ile birlikte çatlak boşluğunu dolduran bir malzeme olmuştur.

Köşeli traverten parçaları taşındıkları alanlarda yerli yerinde çökelen traverten istifleri içinde kalınlıkları 20-100 cm arasında değişen ara düzeyler oluşturur (Şekil 18). Litoklastların tane boyları siltten parça ve blok boyutuna kadar değişir. Sığ çöküntü alanlarına özgü litoklast ara düzeylerinde alterasyon fazladır. Bu seviyelerin altında ve üstünde kalış oluşumu ve topraklaşma etkisi belirgindir.

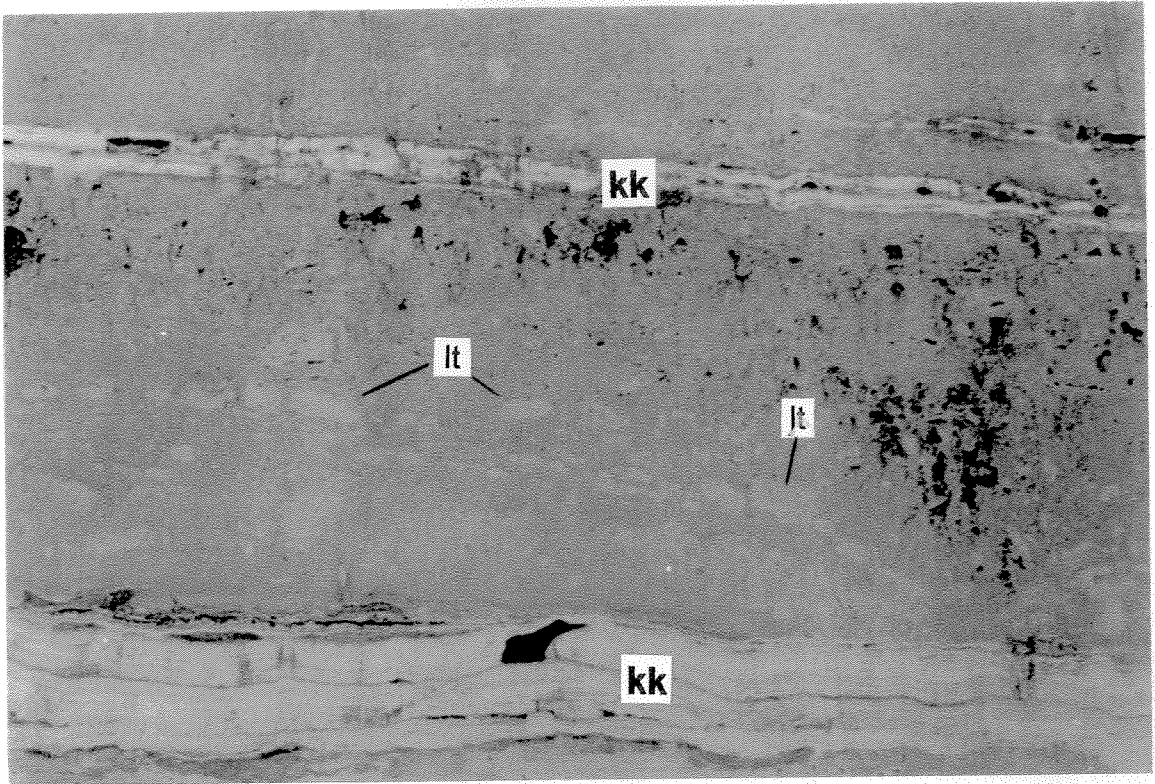
#### 4.1.7. Kamış tipi travertenler

Bitki saplarının fazla olduğu traverten litotipleri (Şekil 16) genel olarak 'kamış (reed)' tipi travertenler adı altında incelenmiştir (GUO, 1993; G.UO ve Riding, 1998). Sıcak suların yağmur suları ile seyreltiildiği ve soğuduğu alanlarda bol miktarda kamış, saz ve değişik su bitkileri yetişir. Bitki saplarının yoğunlaşması su akışına engel oluşturur. Söz konusu alanlarda bitki mataryelinin boşlukları ince kristalli bir karbonatla doldurulur. Bitki sapları ve kökleri 2-3 cm'ye kadar çapları olan silindirik kalıplar bırakırlar. Bu kalıplar mikritik travertenle kaplı olup boş ya da kısmen doldurulmuştur. Dolgu maddesi mikritik karbonat ya da sparikalsittir. Bitki saplarının kalıp boşluklarından ortaya çıkan porozite, kamış tipi travertenlerin oldukça gözenekli olmasını sağlar. Kamış tipi travertenler içinde ince sal tipi traverten düzeylerine sıkça rastlanır. Bu litotip, bataklık andıran çok sığ, zaman zaman kuruyan düzlükler ya da çöküntü alanları ile traverten yamaçlarının tabanlarında gelişen kamış tümseği fasiyeslerinin yaygın bileşenidir.



**Şekil 16.** Kamış traverten litotipi; makro bitki elemanlarından oluşmuş koyu renkli ve boşluklu. Polat traverten ocağı, üst seviyeler, Killiktepe batısı.



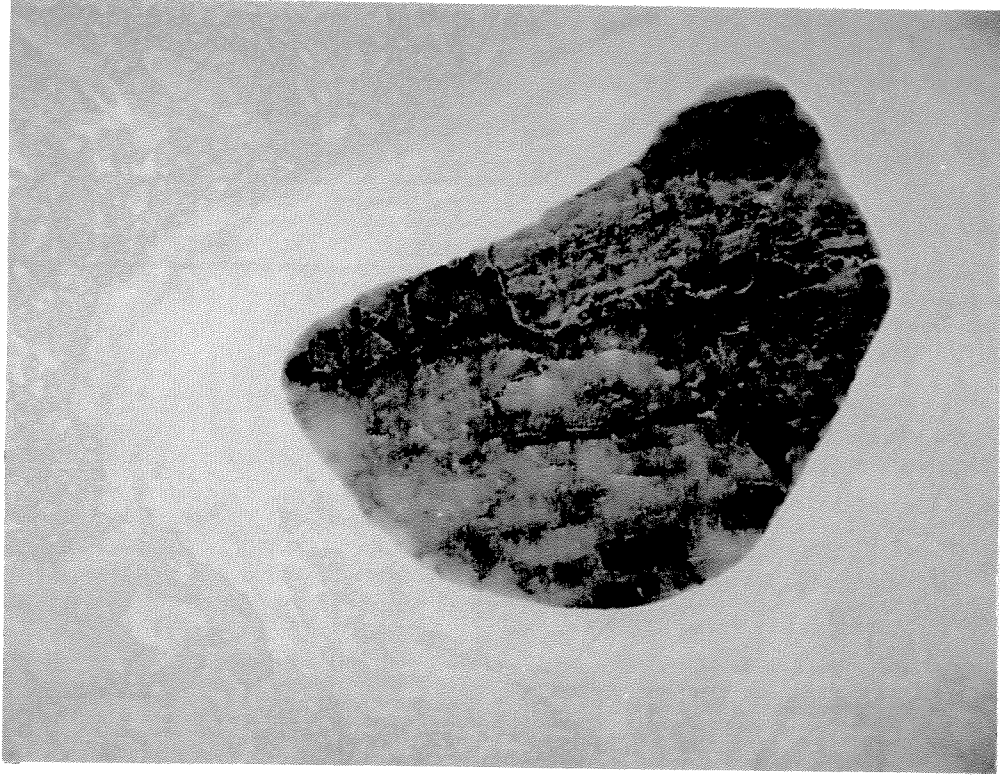


**Şekil 18.** Litoklast traverten Koyu renkli bataklık-havuz fasiyesi içinde korunmuş açık renkli, köşeli traverten parçaları (lt: litoklast). Bir traverten sırtının yamacından kopmuş açık renkli, köşeli traverten parçaları (lt: litoklast) sırta bitişik bataklık-havuz ortamına sürüklenerek çökelmiştir. Açık renkli seviyeler kristalin kabuk (kk) bantlarıdır. Kocabaş beldesi, Fidan traverten ocağı.

#### 4.1.9. Çakıllı traverten

İçerisinde Neojen ve daha yaşlı temele ait çakıllar içeren traverten oluşumları bu çalışmada ayrı bir litotip olarak tanımlanmıştır (Şekil 19). Bu tip çakıllı travertenlere Pamukkale'nin doğusunda, Küçükdere-Irılanlı arasında yer alan sulama kanalının hemen kuzeyinde antik mezarların bulunduğu alanda ve Denizli Çimento Fabrikası kuzeyindeki bazı ocaklarda rastlanmıştır. Bu alanlarda traverten yüzleklerinin altında çakıltaşı ara seviyeleri içeren Neojen yaşlı tortul birimler bulunur. Bu bölgede kırık ve fay zonlarından çıkan kaynak suları ile yağış sularının daha yüksek kotlardan taşıdıkları bazı çakıl boyu taneleri traverten çökelim alanlarına sürüklemiş oldukları sanılmaktadır. Ayrıca traverten oluşum sahalarına yakın bazı geçici dere yatakları zaman zaman ortaya çıkan sellenmelerle kaba kırıntılı malzeme getirmiş olabilirler. Çimento fabrikası çevresindeki traverten ocaklarının bazılarında, açılma çatlaklarının dolgularında da yer yer çatlak boşluğuna düşmüş yuvarlak çakıllar gözlenmektedir.

Travertenler içinde, çoğunlukla mermer ve şist kökenli iyi yuvarlaklaşmış çakılların dış yüzeylerinde 1.5-3.0 cm kalınlığında bir kabuk ya da zarf oluşmuştur (Şekil 19). Bu zarf bazen ışınsal, bazen de iç içe düzensiz konsantrik laminalardan kuruludur. Işınsal ve konsantrik laminalı kabuk yapısının teras havuzlarına sürüklenmiş çakıl yüzeylerinde oluştuğu sanılmaktadır.



**Şekil 19.** Çakıllı traverten litotipi. Bir teras havuzunda iyi yuvarlaklaşmış 7.5 cm boyundaki bir mermer çakılının dış yüzeyinde kalınlığı 1.5-3.0 cm arasında değişen, düzensiz konsantrik laminalı bir kabuk ya da zarf oluşumu. Denizli Çimento Fabrikası kuzeyi, Emek traverten ocağı doğusu.

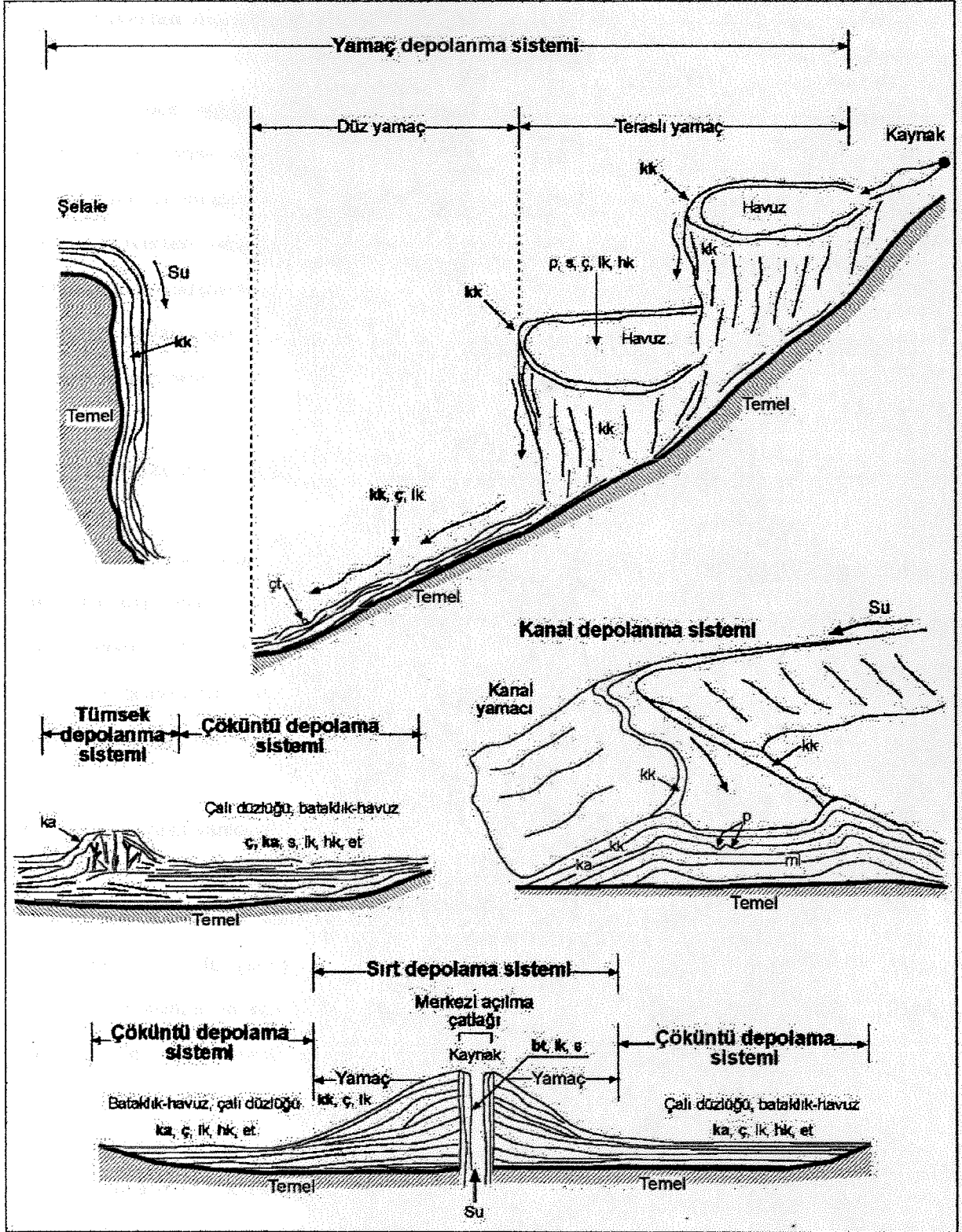
#### 4.1.10. Eski toprak oluşumları

Eski toprak oluşumları doğrudan traverten litotipi olmamakla birlikte, travertenlerle yakından ilişkilidir. Sıcak kaynak sularının debisinde meydana gelen geçici değişiklikler, traverten yüzeylerinin su üstüne çıkmalarına neden olur. Atmosferle tamasa geçen traverten yüzeyleri, yağmur suları, kuruma ve biyolojik faaliyetlerin etkisi ile alterasyona uğrar. Bunun sonucunda değişik kalınlıklarda toprak ara düzeyleri meydana gelir (Şekil 20). Aşınma yüzeyleri traverten fasiyesleri arasında istif sınırlarını oluşturur. Birkaç cm ile birkaç 10 cm olan

eski toprak ara düzeylerinin kalınlıkları yamaç aşağı, çöküntü alanlarına doğru artış gösterir. Eski toprak düzeyinin kalınlığı traverten yüzeyinin atmosferle temasta kalma süresiyle doğru orantılıdır. Bu tür oluşumlara Kaklık KB'sındaki traverten ocaklarında sıkça rastlanmaktadır (Şekil 2).



**Şekil 20.** Eski toprak oluşumu. Kahverenkli eski toprak ara düzeyi (40 cm kalınlıkta) altta ve üstte bulunan travertenler arasında istif sınırı oluşturur ve traverten çökelimindeki bir keşinti dönemini temsil eder. Killik Tepe güneybatısı.



**Şekil 21.** Traverten litotiplerinin oluştuğu depolanma sistemleri ve alt ortamları. Kısaltmalar: kk: kristalin kabuk, bt: bantlı traverten, ç: çalı, p: pizolit, s: sal, hk: zarfı gaz kabarcığı, ka: kamyş, lk: litoklast, çt: çakıllı traverten, et: eski toprak, ml: mikritik laminalar. Şekilde koyu yazılmış simgeler baskın litofasiyesleri gösterir.

## 4. 2. Traverten Depolanma Sistemleri ve Fasiyesler

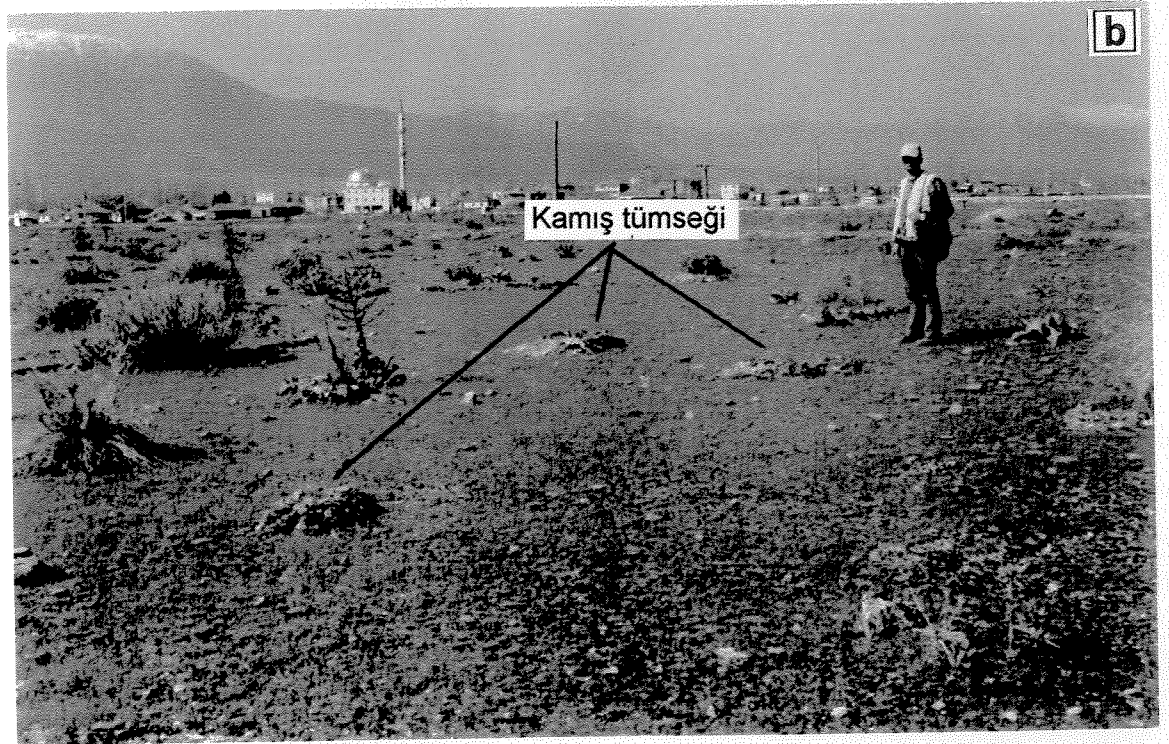
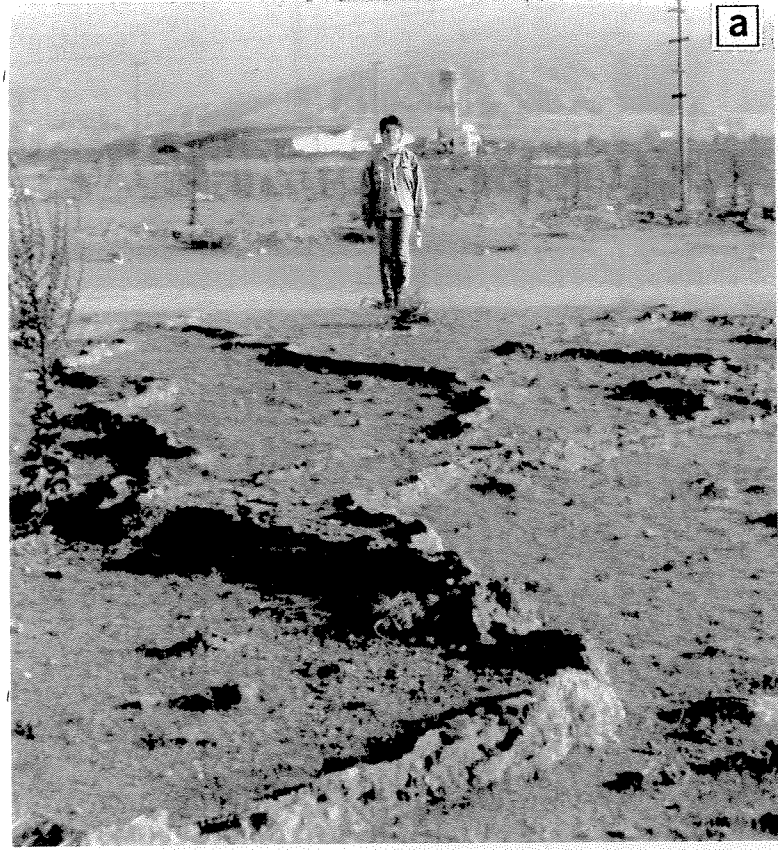
Daha önce yapılan çalışmalarda, depolanma konumlarına göre travertenlerde başlıca 1) Yamaç depolanma sistemi, 2) Çöküntü depolanma sistemi, ve 3) Kamış tümseği depolanma sistemi tanımlanmıştır (GUO, 1993; GUO ve Riding, 1998). Denizli havzasında görülen eski ve güncel traverten oluşumlarından bazıları açılma çatlakları ile ilişkili traverten sırtları ve kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleridir. Depolanma konumlarının farklı olması nedeniyle traverten sırtları (sırt depolanma sistemi) ve kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleri de bu çalışmada ayrı birer depolanma sistemi olarak incelenmiştir.

### 4. 2. 1. Yamaç depolanma sistemi

Yamaç Depolanma Sistemi (Şekil 21), İtalya'daki sıcak su travertenleri üzerinde yapılmış bir çalışmada teraslı yamaç, düz yamaç ve şelale fasiyesi olmak üzere üç farklı fasiyese ayrılarak incelenmiştir (GUO ve Riding, 1998). Bunlardan şelale fasiyesi diğerlerine göre daha yerel bir traverten fasiyesidir. Her ne kadar teras havuzlarında farklı litotipler görülürse de yamaç fasiyeslerinin egemen litotipi kristalin kabuk tipi travertenlerdir (Şekil 21).

#### 4. 2. 1. 1. Teraslı yamaç fasiyesi

Yamaç fasiyesinin güncel örnekleri Pamukkale'de görülmektedir. Pamukkale'de yamaç morfolojisi üzerinde gelişen teras havuzları ve beyaz travertenler yörenin turistik bir cazibe merkezi olmasında en büyük etkindir. Teraslı yamaç fasiyesi düşey ya da düşeye yakın teras duvarları ile yatay-yataya yakın teras havuzları ve teras havuzlarını kenarlardan sınırlayan kordonlardan oluşmaktadır (Şekil 21). Pamukkale'de teras havuzlarının genişlikleri 3-4500 mm, uzunlukları 5-8000 mm arasında değişmektedir (EKMEKÇİ vd., 1995). Birbirini izleyen teras havuzlarının yükseklikleri 1-3 m, derinlikleri 30 cm'ye kadar çıkar. (PENTECOST vd., 1997). Düşey teras duvarları ve kordonlar kristalin kabuk tipi travertenlerden oluşur. Havuz tabanlarında ise sal, pizoid ve zarflı gaz kabarcığı gibi ilave litotipler oluşmuştur (Şekil 12ve 21). Teras havuzları ilerleyen yamaç üzerinde suyun türbilanslı aktığı kesimlerde gelişmiştir. Lineer akış rejiminde ise düz yamaç morfolojisi ortaya çıkmıştır. PENTECOST vd. (1997), Pamukkale'de yamaç fasiyesini oluşturan travertenlere mikrobiyolojik bileşenlerin de eşlik



**Şekil 22.** Teraslı yamaç fasiyesi. a) Dşk eğimli bir yamaç üzerinde gelişmiş teras havuzları  
b) Sığ ve geniş havuzlar içinde kğk lęekli kamış tmseğleri, Kocabaş beldesi, Yarı kapal cezaevi batısı.

ettiklerini ortaya koymuşlar, ancak bu bileşenlerin toplam traverten hacmi içinde fazla yer tutmadıklarını belirtmişlerdir. Teras havuzlu yamaç travertenlerinin fosil örneklerini Koçabaş beldesinde (Şekil 1), yarı kapalı cezaevi çevresinde görmek mümkündür. Bu sahada teras havuzlarının geliştiği yamacın eğimi 150-200 m mesafede 1-1.5°'dir. GGB'ya doğru olan yamaç eğimi Pamukkale'deki yamaçlara göre çok düşüktür (Şekil 22a,b). Pamukkale'deki güncel eşdeğerlerinden farklı olarak, buradaki teras havuzlarının içinde kamış tümsekleri gelişmiştir (Şekil 22 b). Kamış tümseklerinin yükseklikleri 35-40 cm, taban genişlikleri 80 - 100 cm arasında değişir. Teras havuzlarının genişlikleri 0.25-8.5 m, uzunlukları 0.8-26 m, derinlikleri ise 5-20 cm'dir. Bu alandaki fosil teras havuzları ve içlerindeki kamış tümsekleri yerleşim alanı içinde kaldığından, kısmen tahrip olmuş durumdadır. Korunmaları yönünde de herhangi bir çaba yoktur. Pamukkale dışında teras havuzlarının görüldüğü diğer bir yer de Kaklık KB'sında Denizli Çimento Fabrikası yakınlarında, yörede 'Kokarhamam, Haydarbaba Düdeni' veya yeni adıyla Kaklık mağarası olarak bilinen yerdir. Buradaki sular H<sub>2</sub>S gazı yayarlar. Kokar Hamam denmesinin nedeni de bu sebepten olmalıdır. Kokarhamam'daki teras oluşumları yeryüzünden aşağıda, tavanı çökmüş bir yeraltı boşluğunda gelişmiştir. Bu yeraltı boşluğunda traverten oluşturan sular yeraltı akışı ile ortamı terkederler.

#### 4. 2. 1. 2. Düz Yamaç Fasiyesi

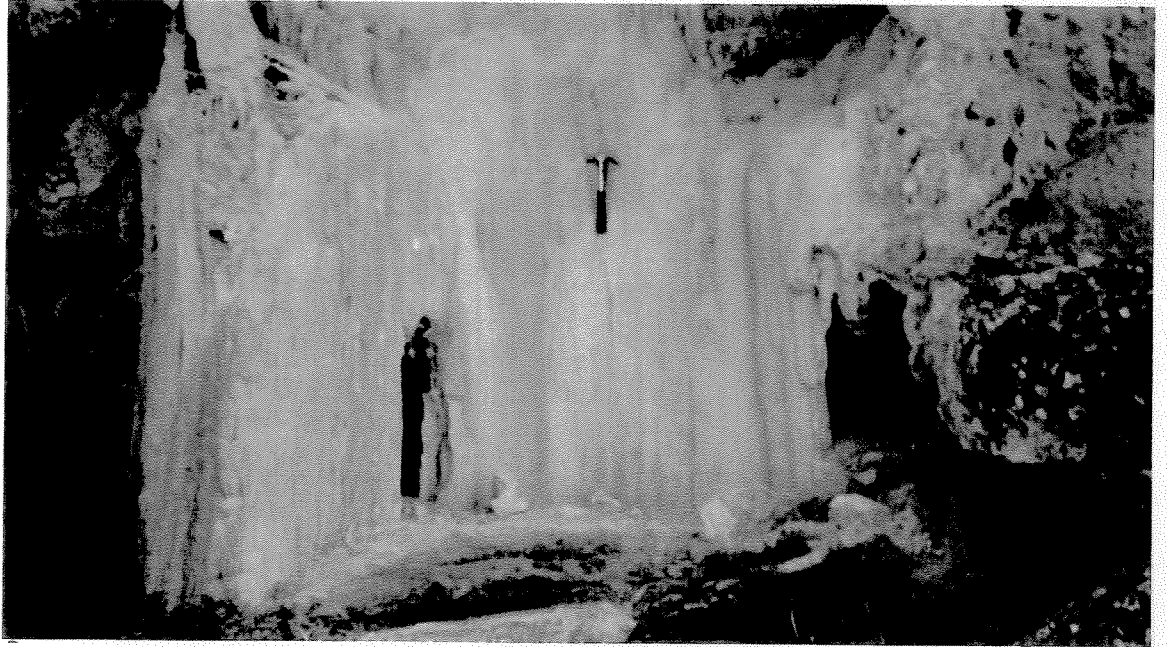
Düz yamaç fasiyesi farklı yamaç eğimleri olan ve üzerinde terasların gelişmediği bir fasiyestir (Şekil 21). Pamukkale'de düz yamaçlar yanal ve düşey yönde teraslı yamaçlara geçişlidir. Teras duvarlarında olduğu gibi, düz yamaç fasiyesi de hemen hemen tamamen kristalin kabuk litofasiyesinden oluşmuştur. Kalınlıkları birkaç 10 cm'ye kadar çıkan kabuklar, yamaç yüzeyine veya çökme yüzeyine dik, kaba lifsi ışın kristallerden (ray crystal; GUO ve Riding, 1998) meydana gelmiştir. Kalın kristalin kabuklar daha fazla su miktarı, daha fazla çökmeyi ve daha hızlı bir su akışını temsil ederler. Buna karşılık ince kristalin kabuklar, nispi olarak daha yavaş çökme ve daha yavaş su akışları ile meydana getirilmişlerdir.

#### 4. 2. 1. 3. Şelale fasiyesi

Bu tip traverten oluşumlarının bölgede hem güncel hem de fosil örneklerine rastlamak mümkündür. Denizli' ye bağlı Güney ilçesinin yaklaşık 3 km kadar güneyinde B. Menderes

vadisinde yer alan ‘‘Güney Şelalesi’’ belirli bir kottan düşen suların ıslattığı alandaki bitkilerin karbonatla kaplanması ya da sarılması ile tufa dokusunda traverten çökeli mi gerçekleşmektedir. Su sıcaklığı dikkate alındığında bu güncel travertenler *soğuk su travertenleri* olarak nitelendirilebilir.

İkinci bir örnek Dereköy’de (Şekil 1), Keltepe’nin kuzeye bakan eteklerinde bir fay dikliği boyunca yukarıdan aşağı akan ya da süzölen suların oluşturduğu fosil bir örnektir. Şelalenin aktif olduğu dönemlerde fay düzlemi boyunca, kristalin kabuk tipinde düşey bantlar oluşmuştur (Şekil 23). Şelale fasiyesi aşağı kotlarda kuzeye doğru düz yamaç fasiyesine geçmektedir. Su seviyesinin düşmesi ve sulama amacıyla açılmış sondaj kuyuları nedeniyle, son yıllara kadar aktif bir traverten oluşum sahası olan Dereköy’de artık çökeli m durma noktasına gelmiştir. Ancak fosil şelale tabanından 1999 yazında, bir kırık hattı boyunca tekrar ortaya çıkan yeni bir kaynak, kısmen traverten oluşturmaya başlamıştır.



**Şekil 23.** Şelale fasiyesi. Yüksekten akan suyun perde şeklinde oluşturduğu traverten. Dereköy, Keltepe güneyi.

#### 4. 2. 2. Çöküntü depolanma sistemi

Bu tür depolanma alanları çevresine göre daha düz ya da hafifçe çukur, düşük topografyalı alanlardır (Şekil 21). Çöküntü depolanma sistemi travertenleri 1) Çalı düzlüğü fasiyesi (shrub



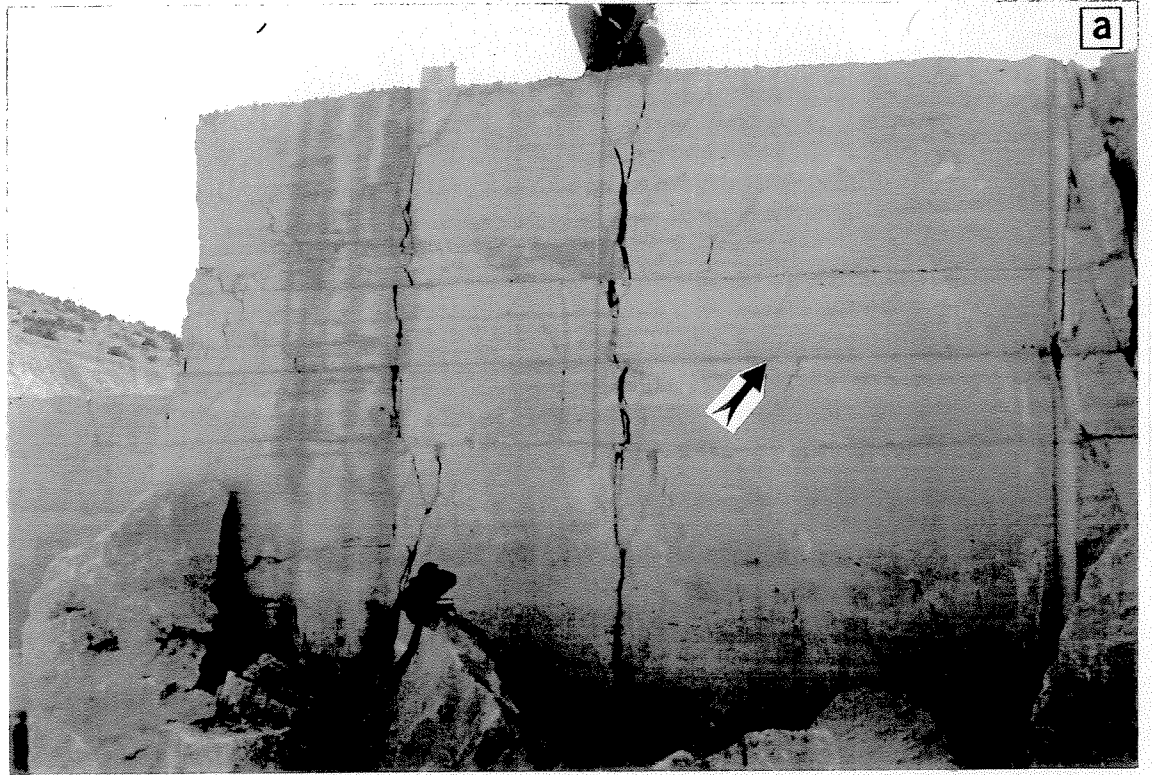
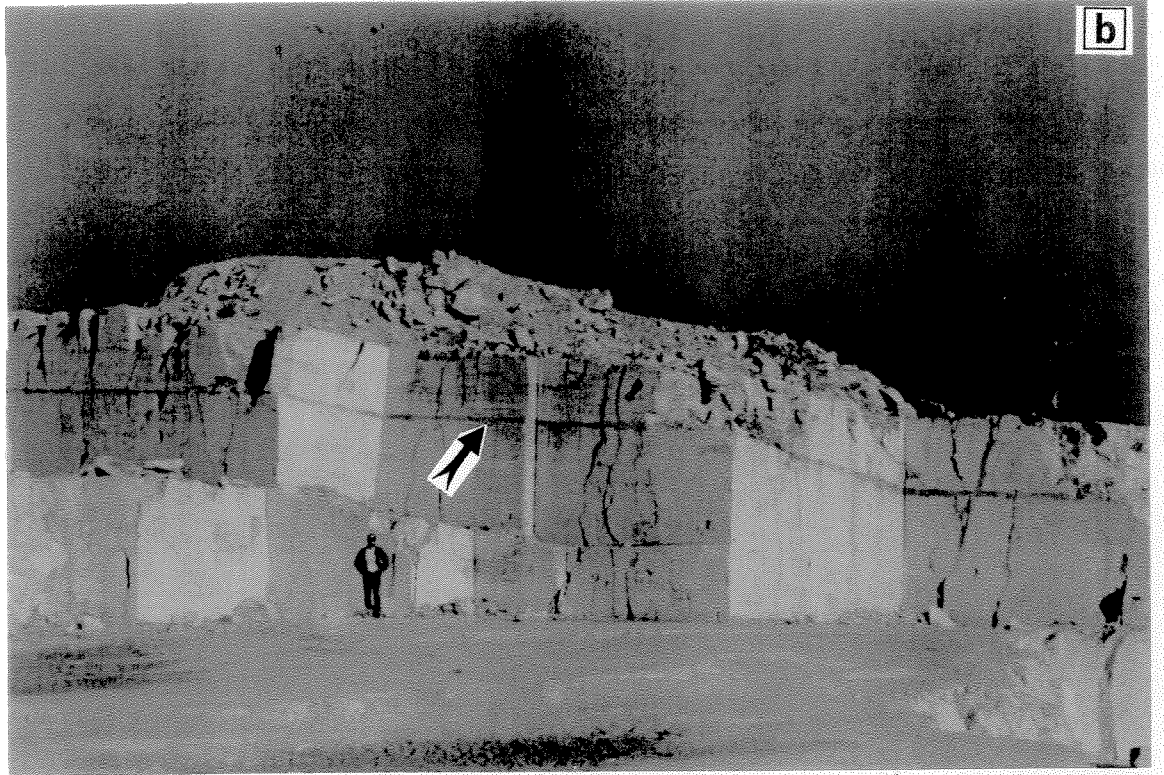
flat facies) ve 2) Bataklık havuz fasiyesinden (marsh pool facies) oluşur (GUO, 1993; GUO ve Riding, 1998).

#### 4. 2. 2. 1. Çalı düzlüğü fasiyesi

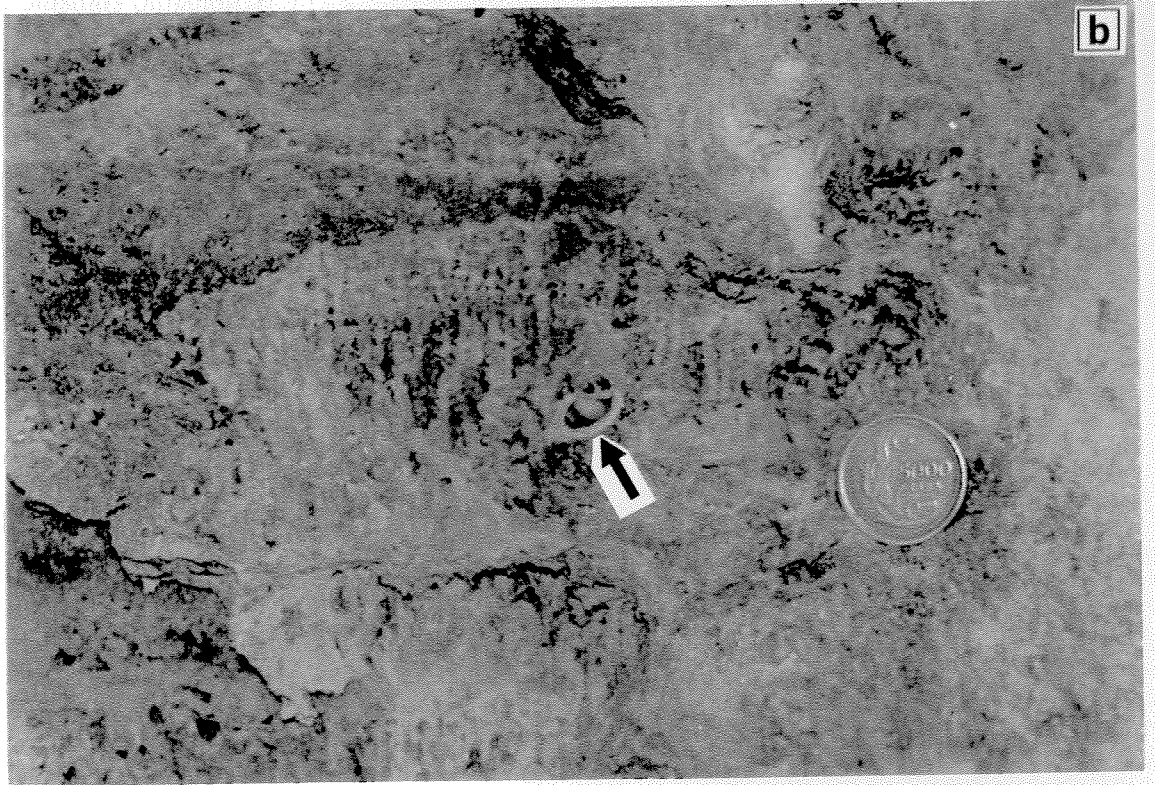
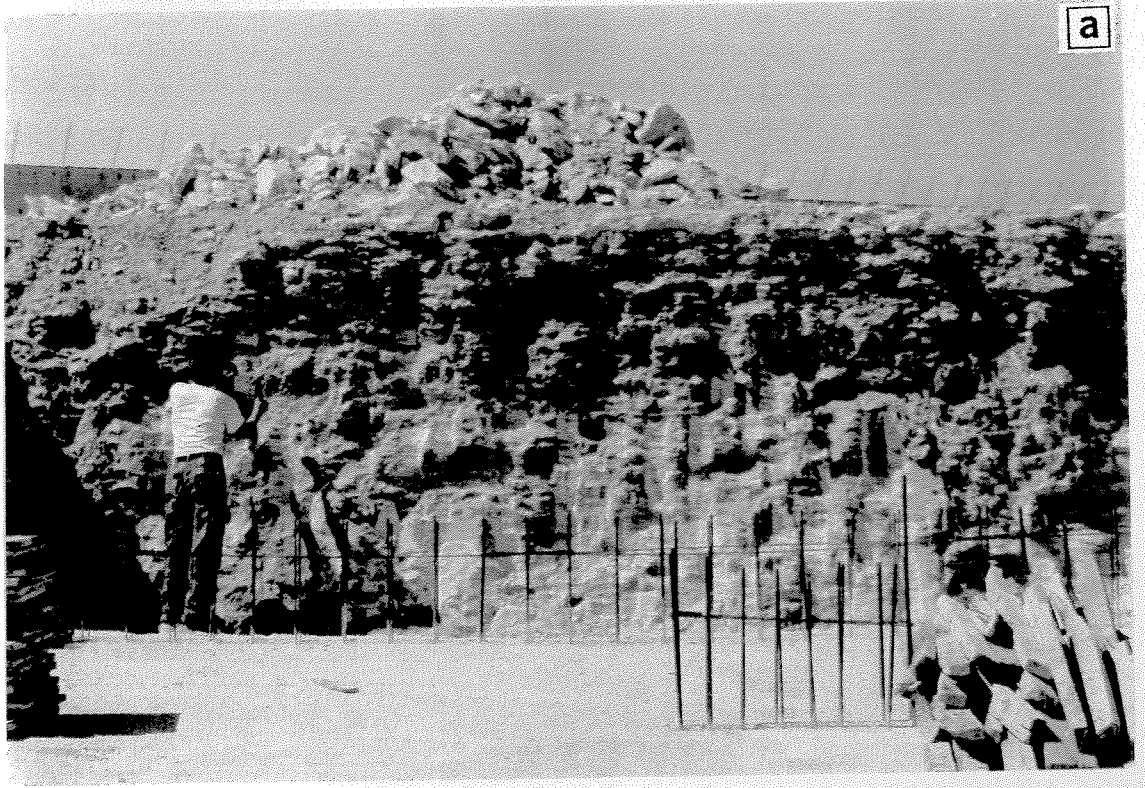
Çalı Düzlüğü terimi ilk defa İtalya'da, Floransa güneyindeki sıcak su travertenler üzerinde yapılan çalışmalar sırasında önerilmiştir (GUO,1993; GUO ve Riding, 1998). Çalı düzlüğü fasiyesi yanal olarak uzanımı fazla, yatay ya da yataya yakın konumlu, açık renkli, ince tabakalı çalı formlarının egemen olduğu bir fasiyestir. Havzasının kuzeydoğusunda, Denizli Çimento fabrikası – Killik Tepe traverten ocaklarının alt kesimleri ve Belevi güneyindeki travertenler bu tür fasiyeslerden meydana gelmiştir (Şekil 24). Çalı düzlüğü fasiyesleri yanal yönde daha koyu renkli bataklık-havuz fasiyeslerine geçer. Düşey yönde ise yeşil çamurtaşı, kahverengi eski toprak, çakıltası-kumtaşı ve açık krem renkli marn düzeyleri ile ardalanma gösterir (Şekil 2). Alimoğlu traverten ocağının tabanında 5 m kalınlığında bir çalı düzlüğü fasiyesi yer alır. Bu fasiyes altta eski toprak ve yeşil renkli bataklık çamurları üzerine oturur. Üstte ise ince bir eski toprak düzeyi ile son bulur. Ocak içinde, kuzeyde 5 m olan kalınlık, yatay yönde 30 m güneyde 2.5 m'ye düşer. Alimoğlu traverten ocağına bitişik İlik ocağında kalınlıkları 1.5 m ile 5 m arasında değişen 4 farklı çalı düzlüğü fasiyesi gelişmiştir (Şekil 2).

#### 4. 2. 2. 2. Bataklık havuz fasiyesi

Bataklık-havuz travertenleri yatay konumlu, yamaç travertenlerine göre daha koyu renkli ve bol gözeneklidir. Bu fasiyesin egemen litotipleri, gri-kahverengi, boşluklu kamış tipi travertenler ile litoklastlardır. Kocabaş yöresinde, grabenin orta kesimlerinde, çöküntü depolanma ortamlarına ait travertenler geniş alanlar kaplar. Bataklık havuz fasiyesi daha açık renkli çalı formları ile yer yer yanal ve düşey ilişkilidir. Kocabaş çevresinde, açılma çatlaklarına bağlı olarak oluşmuş traverten sırtlarına bitişik alanlar çalı düzlüğü ve bataklık-havuz fasiyesi travertenleri ile kaplıdır (Şekil 25).



**Şekil 24.** Çalı düzlüğü fasiyesi travertenleri. **a)** Killik Tepe batısında bir ocakta yatay konumlu, açık renkli çalı düzlüğü travertenleri ve iki traverten seviyesi arasında kahverenkli eski toprak düzeyi (okla işaretli). **b)** Yatay, paralel tabakalı çalı düzlüğü travertenlerinde kuruma yüzeyleri boyunca gelişmiş ince eski toprak düzeyleri (okla işaretli) ve düşey tansiyon çatlakları, Alimoğlu traverten ocağı, alt seviyeler. Killik Tepe güneyi.



**Şekil 25.** Bataklık havuz fasiyesi. **a)** Kocabaş yarı kapalı cezaevi temeli, yatay tabakalı travertenlerde üste doğru renk koyulaşır, topraklaşma etkisi artar. **b)** a'dan yakın bir görünüm; koyu renkli, boşluklu traverten ve bir gastropod kavkısı (okla işaretli), kavkı boyutu 9 mm.

Bu travertenler gözenekli ve yer yer gastropod kavkuları içerirler (Şekil 25b). Topraklaşma etkisi belirgin olup, üzerlerinde yer yer alüvyon örtü bulunur. ALTUNEL (1994, 1996) tarafından tanımlanan 'aşınmış örtü travertenleri'nden bir kısmının çöküntü alanlarına özgü çalı düzlüğü ve bataklık-havuz fasiyesi travertenlerine karşılık geldiğini düşünmekteyiz.

Çöküntü depolanma alanlarında oluşmuş traverten sahalarından bir diğeri de Honaz batısındaki Karateke - Emirazizli ile Pınarkent dolaylarıdır (Şekil 1, 37,42 ve 43). Bunlar muhtemelen Karateke - Honaz tarafından kuzeye, graben merkezine doğru akan suların oluşturduğu bir traverten platosudur. Plato güneyden kuzeye basamaklı yapıdadır. Bu alandaki travertenler kahve renkli, boşluklu, organik madde içeriği fazla, topraklaşma etkisi yüksek, daha çok kamyş tipi ve tufa karakterli oluşumlardır. Bu traverten platosunun Pınarkent yakınlarındaki kesiminde demiryolu ile karayolu arasında açılmış yol yarmalarında irili ufaklı ve köşeli traverten litoklastları, 25-30° eğimli yüzeylerde, yeniden çökeltilmiş olarak görülür. Bunlar, demiryolu yapımı sırasında ortaya çıkan parçaların bir yamaç yüzeyi üzerinde birikmesi sonucu oluşmuş olmalıdırlar.

#### 4. 2. 3. Tümsek depolanma sistemi

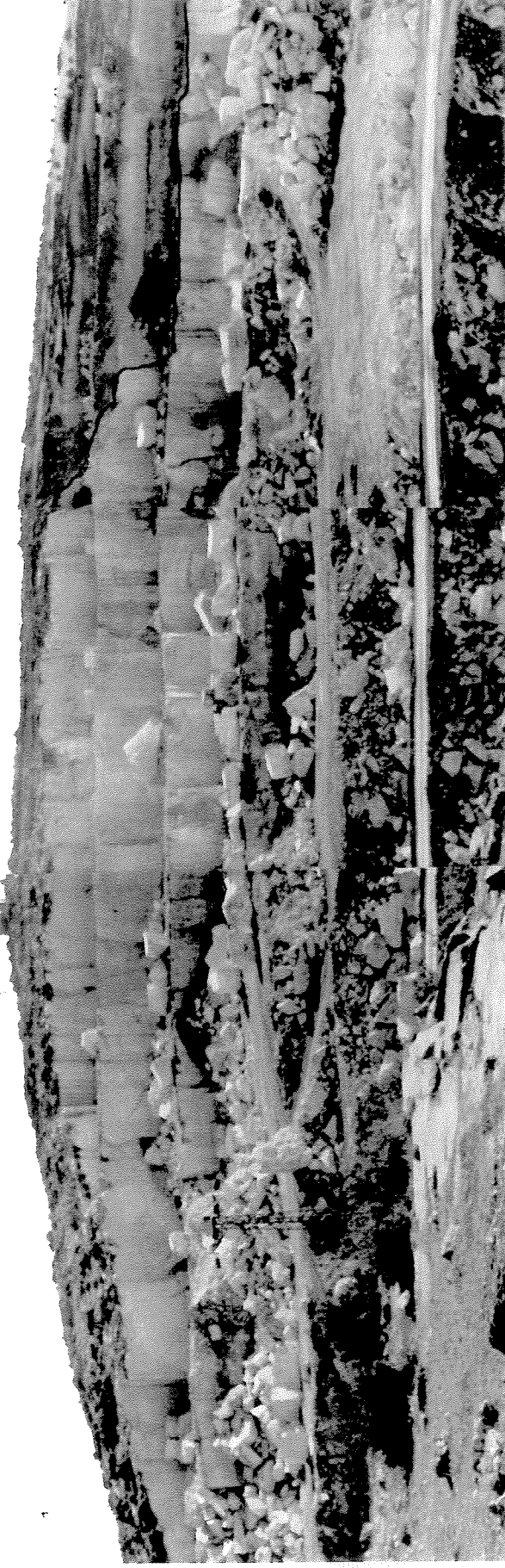
Kamyş tümseği depolanma sistemi, yerel olarak saz, kamyş ve iri otların (sucul makrobitkiler) kümelenildiği ve kamyş traverten litotiplerinin egemen olduğu bir depolanma sistemidir (GUO ve Riding, 1998). Bunlar bir çeşit fitohermlerdir (Şekil 21). Çöküntü depolanma sistemlerinde ya da düşük eğimli yamaç eteklerinde bulunan kaynak suları çevresinde meydana gelirler. Bu depolanma sisteminde sadece *kamyş tümseği fasiyesi* ayırt edilmiştir.

##### 4. 2. 3. 1. Kamyş tümseği fasiyesi

Denizli havzası travertenlerinde bu depolanma sistemi Kaklık KB'sında Killik Tepe çevresindeki traverten ocaklarının en üst kesimlerinde gelişmiştir (Şekil 2, 26, 27). Kamyş tümseği fasiyesi, yukarı doğru dış bükey, merceksi geometri ve kanatları ya da tümsek yamaçları 13-25° eğimlidir (Şekil 27).

KD

GB

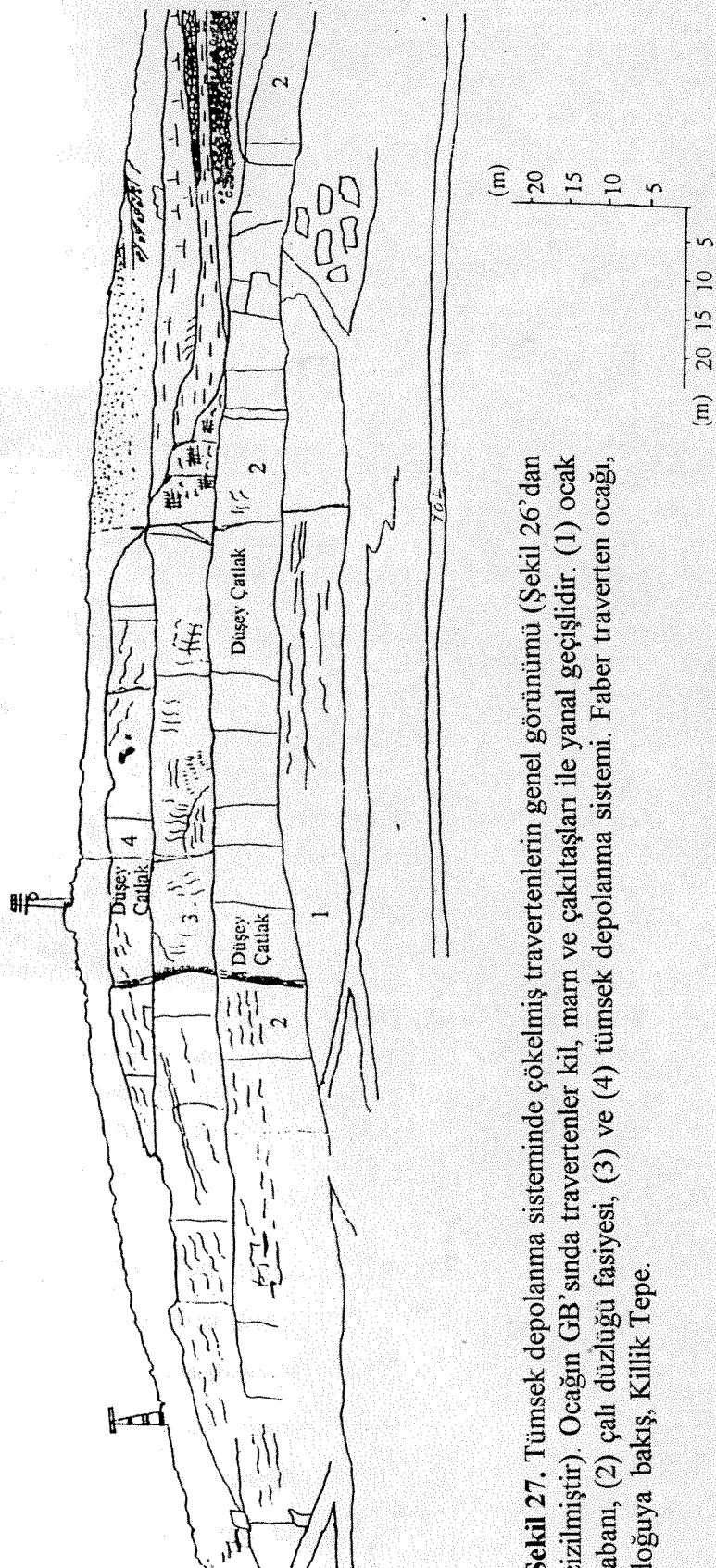


Şekil 26. ~~Kamış~~ tümseği depolanma sisteminde çökelmiş travertenlerin genel görünümü, Ocağın GB' sında travertenler kil, marn ve çakıllaşları ile yanal geçişlidir. Faber traverten ocağı, doğuya bakış, Kılık Tepe

*Tümsele Depolanma sistemi olacaktı.*

KD

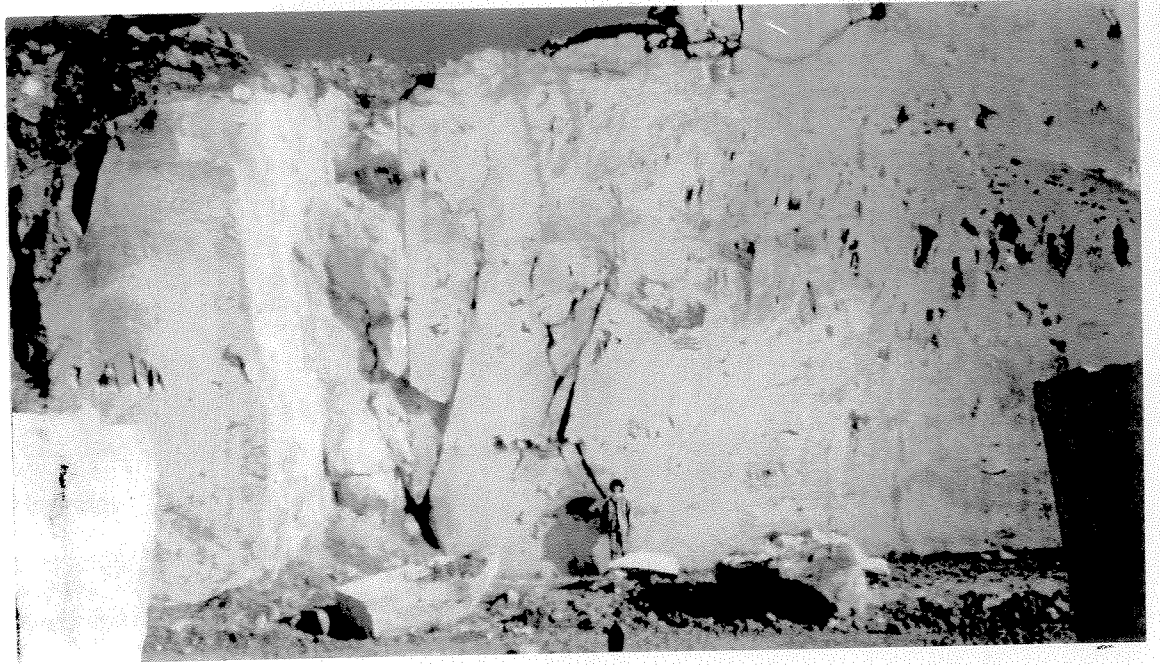
GB



Şekil 27. Tümsek depolanma sisteminde çökelmiş travertenlerin genel görünümü (Şekil 26'dan çizilmiştir). Ocagın GB'sında travertenler kil, marn ve çakıtaşları ile yanal geçişlidir. (1) ocak tabanı, (2) çalı düzlüğü fasiyesi, (3) ve (4) tümsek depolanma sistemi. Faber traverten ocagı, doğuya bakış, Kılık Tepe.

Kamış litotipi dışında sal ve zarflı gaz kabarcıkları 2. ve 3. dereceden rastlanılan litotiplerdir. Renk çalı düzlüğü travertenlerine göre daha koyu, ancak bataklık-havuz fasiyesine daha göre açıktır.

Killik Tepe kuzeyinde bulunan bir ocağın (Faber Mermer A. Ş. tarafından işletilen ocak) üst kesimlerinde yer alan travertenler kamış tümseği şeklinde ve çalı düzlüğü fasiyesi üzerinde çökelmiştir (Şekil 26, 27). Bu lokalitede ocağın KD-GB doğrultulu 3. ve 4. aynalarında büyüme konumunda kamış, saz boşlukları ve kalıpları belirgin şekilde izlenir (Şekil 28).

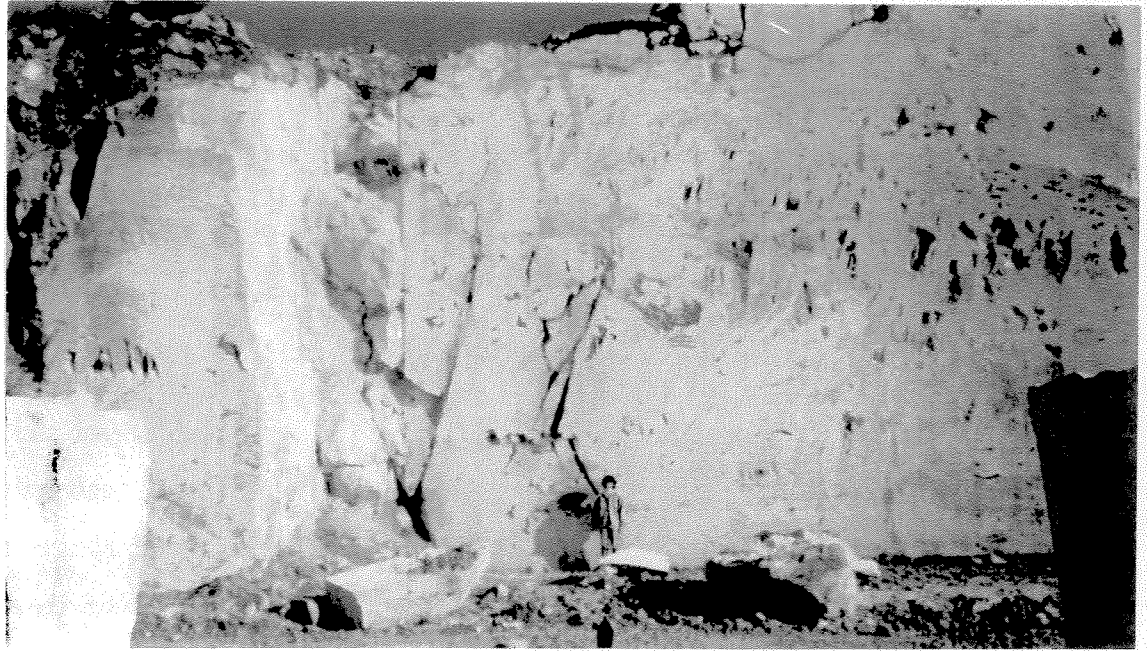


**Şekil 28.** Kamış tümseği fasiyesinde depolanış travertenler. Büyüme konumunda yaygın kamış boşlukları. Faber traverten ocağı, en üstteki 4. ayna (Şekil 27 ve 28 ile karşılaştırmız), Ayna yüksekliği: 5.5 m. Yer: Killik Tepe, doğuya bakış.

Tepenin orta kesimlerinde yatay olan tabakalanma veya laminalanma KD'da, kanatlarda eğimlidir (Şekil 27, 28). GB'da ise yanal olarak kil, marn ve çakıltaşları ile yanal geçişlidir. Bu kırıntılı istif, zaman içinde kamış tümseğinin büyümesine paralel olarak GB'dan KD'ya yanal aşmalı olarak gelişmiştir (Şekil 27). Açık yeşil-gri kil, açık krem renkli marnlar bazı düzeylerde tatlı su gastropod kavrıkları içerir. Kil ve marnlar çakıltaşları ile ardalanmalıdır. Çakıltaşları yer yer çapraz tabakalı olup, ince-orta tane boyundaki çakıllar iyi yuvarlaklaşmış ve tane desteklidir.

Kamış litotipi dışında sal ve zarflı gaz kabarcıkları 2. ve 3. dereceden rastlanılan litotiplerdir. Renk çalı düzlüğü travertenlerine göre daha koyu, ancak bataklık-havuz fasiyesine daha göre açıktır.

Killik Tepe kuzeyinde bulunan bir ocağın (Faber Mermer A. Ş. tarafından işletilen ocak) üst kesimlerinde yer alan travertenler kamış tümseği şeklinde ve çalı düzlüğü fasiyesi üzerinde çökelmiştir (Şekil 26, 27). Bu lokalitede ocağın KD-GB doğrultulu 3. ve 4. aynalarında büyüme konumunda kamış, saz boşlukları ve kalıpları belirgin şekilde izlenir (Şekil 28).



**Şekil 28.** Kamış tümseği fasiyesinde depolanış travertenler. Büyüme konumunda yaygın kamış boşlukları. Faber traverten ocağı, en üstteki 4. ayna (Şekil 27 ve 28 ile karşılaştırınız), Ayna yüksekliği: 5.5 m. Yer: Killik Tepe, doğuya bakış.

Tepenin orta kesimlerinde yatay olan tabakalanma veya laminalanma KD'da, kanatlarda eğimlidir (Şekil 27, 28). GB'da ise yanal olarak kil, marn ve çakıltaşları ile yanal geçişlidir. Bu kırıntılı istif, zaman içinde kamış tümseğinin büyümesine paralel olarak GB'dan KD'ya yanal aşmalı olarak gelişmiştir (Şekil 27). Açık yeşil-gri kil, açık krem renkli marnlar bazı düzeylerde tatlı su gastropod kavrıkları içerir. Kil ve marnlar çakıltaşları ile aralanmalıdır. Çakıltaşları yer yer çapraz tabakalı olup, ince-orta tane boyundaki çakıllar iyi yuvarlaklaşmış ve tane desteklidir.



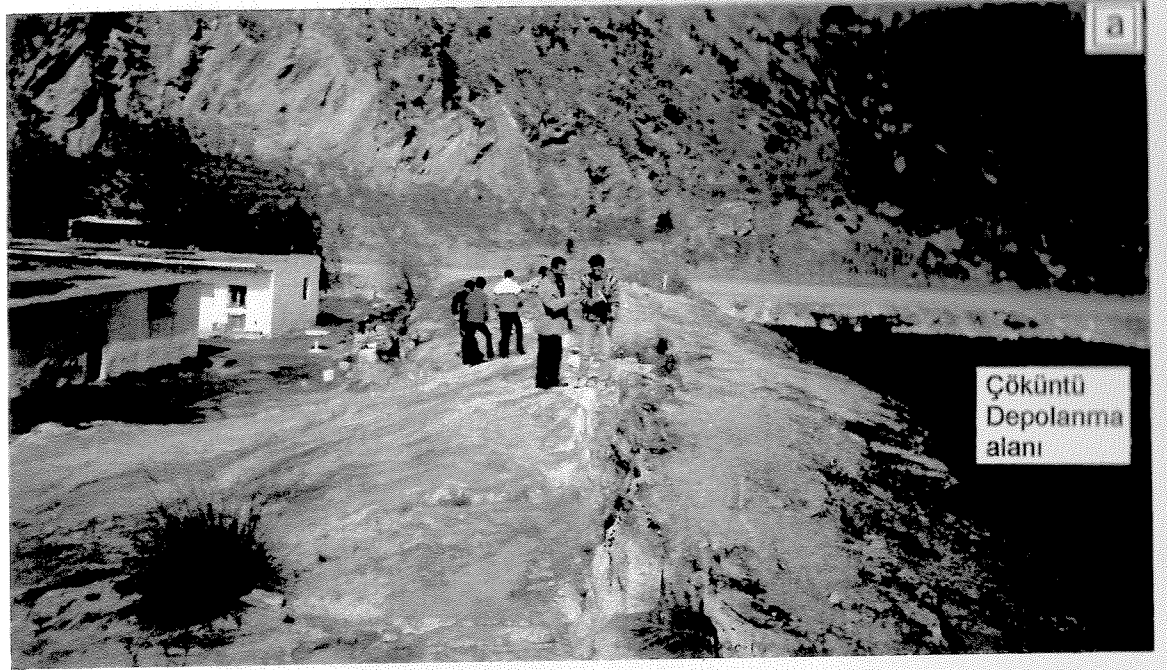
Ocak işletmecilerine göre üst seviyelerdeki kamyş tümseği travertenlerinden üretilen blokların kalitesi, ocakların alt kesimlerinde yer alan çalı düzlüğü traverten seviyelerine göre daha düşüktür. Kamyş tümseği fasiyesi kamyş litotiplerince zengin, aşırı kırıklı, boşluklu, fazla sıkılaşmamış ve kil oranı alttaki seviyelere göre daha yüksektir. Nitekim bu seviyelerde üretilen bloklar fazla talep görmediğinden, stok sahasında uzun süre bekletildiği dönemle olmaktadır.

#### 4. 2. 4. Sırt depolanma sistemi

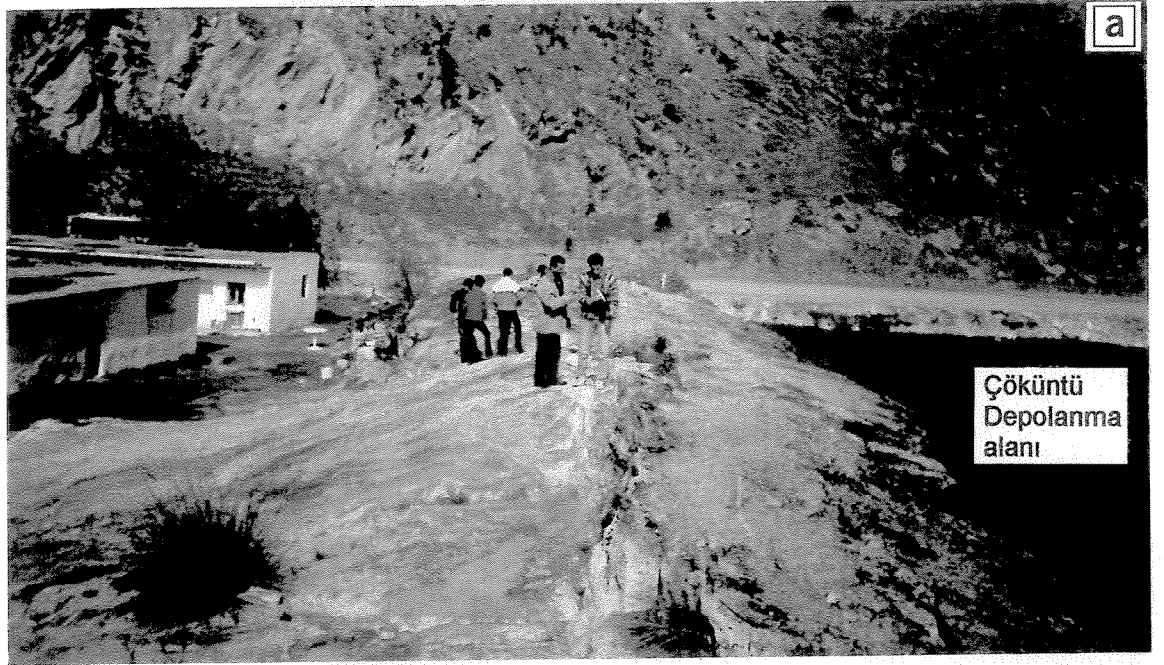
Çalışma alanında açılma çatlaklarına bağlı sırt tipi travertenlerin (fissure ridge travertines) hem güncel hem de eski / yaşlı çok sayıda örneklerine rastlanmaktadır. Açılma çatlakları ve sırtların neotektonik ve depremsellik açısından özellikleri daha önce Pamukkale ve Kocabaş yörelerinde yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (ALTUNEL, 1994, 1996; ALTUNEL ve Hancock, 1993 a, b). Denizli havzasında açılma çatlakları ve bunlara bağlı olarak gelişen traverten sırtları, havzayı sınırlayan normal fayların sıçrama yaptığı alanlara rastlanmaktadır (ÇAKIR, 1999). Sırtların büyük bir kısmı havzanın kuzey-kuzeybatı kenarı boyunca gelişmiştir. Ancak az da olsa havza ortası ve güney kenara yakın bazı oluşumlar da gözlenmektedir. Açılma çatlaklarından çıkan sıcak suların oluşturduğu traverten sırtları, travertenlerin morfolojik sınıflamasında önemli bir elemandır. Depolanma konumu açısından *traverten sırtları* ya da *sırt tipi travertenler* yamaç ve çöküntü alanı depolanma sistemlerinden farklıdır. Bu nedenle, traverten sırtları bu çalışmada ayrı bir depolanma sistemi olarak ele alınmış ve seçilmiş bazı güncel ve fosil örneklerin çökeltme özelliklerine önem verilmiştir.

##### 4. 2. 4. 1. Kamara traverten sırtı

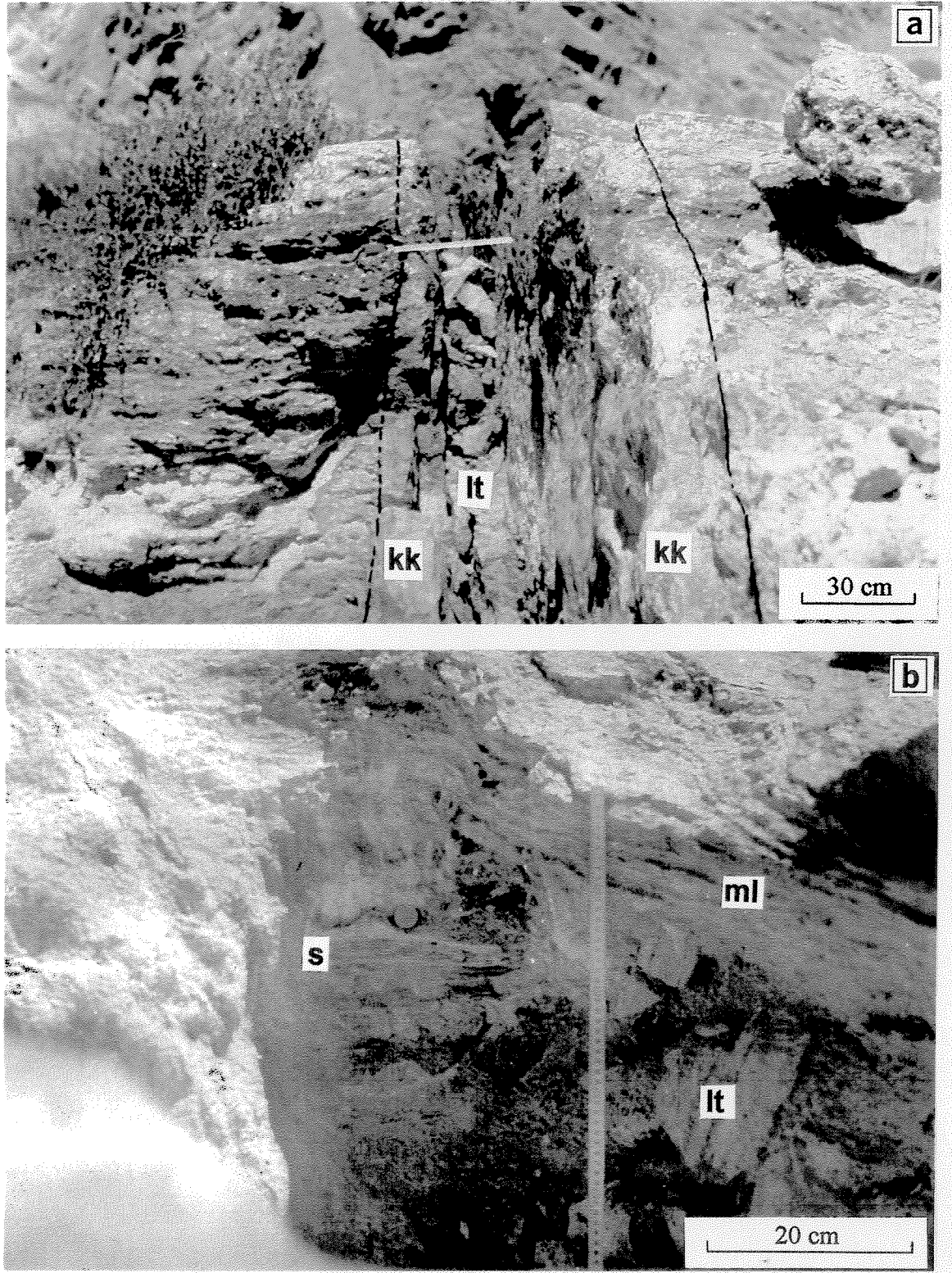
Denizli havzasının KB'sında, Yenicekent yakınlarında, Büyük Menderes vadisinin her iki yakasında 6 adet traverten sırtı bulunmaktadır. Bunlardan güncel Kamara sırtı, K65°B doğrultusunda gelişmiş asimetrik bir sırttır (Şekil 29). Kamara sırtının uzunluğu 65 m, genişliği tabanda 20 m kadardır. Sırtın kuzey kanadı daha dik olup, bitişik düzlüğe (tarlaya) göre 5 m lik bir yükselti oluşturur. Güney kanadı ise daha düşük eğimlidir. Merkezi açılma çatlığının genişliği 5-40 cm arasında değişir, orta kısmında genişlik maksimumdur. Henüz yeni olduğu



**Şekil 29.** Kamara traverten sırtı: **a)** Sırtın KB'ya doğru genel görünümü, **b)** Sırt eksenine paralel, sıçrama yapan merkezi açılma çatlığı, sırt eksenini  $K65^{\circ}B$  gidişlidir. Arka planda metamorfik kayalar, Büyük Menderes vadisi, sağ sahil.



**Şekil 29.** Kamara traverten sırtı: **a)** Sırtın KB'ya doğru genel görünümü, **b)** Sırt eksenine paralel, sıçrama yapan merkezi açılma çatlakları, sırt eksenini  $K65^{\circ}B$  gidişlidir. Arka planda metamorfik kayalar, Büyük Menderes vadisi, sağ sahil.

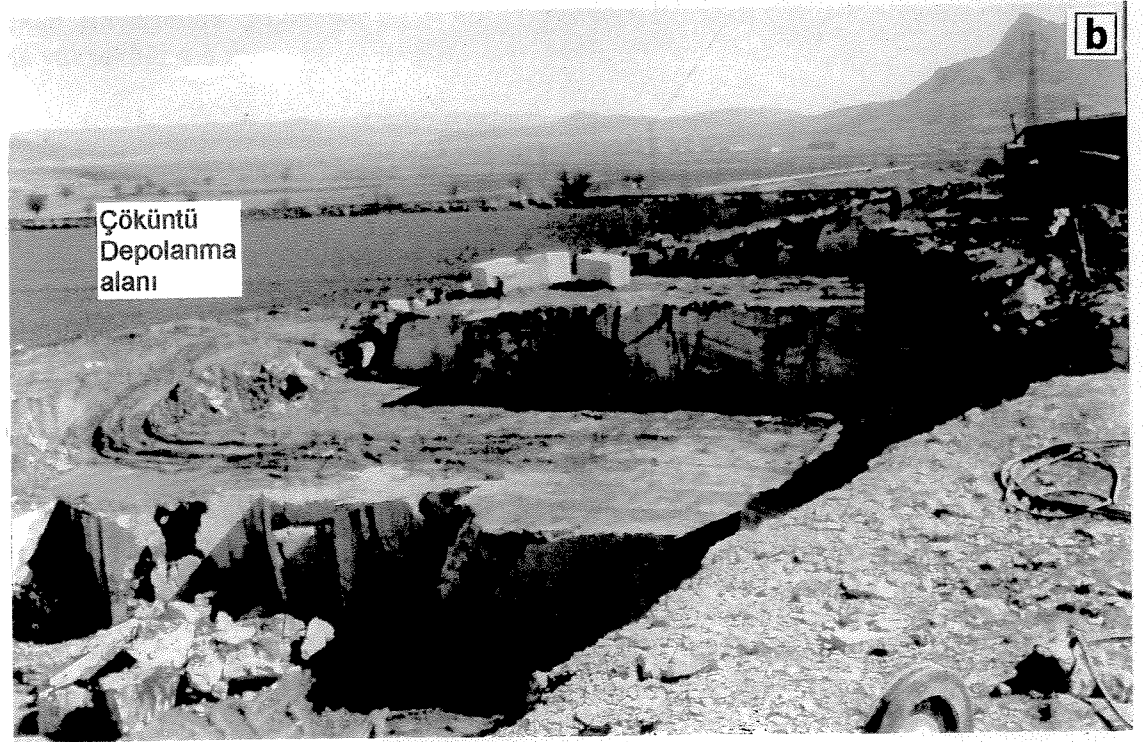


**Şekil 30.** Kamara traverten sırtından yakın görünüm: a) Merkezi açılma çatlığında düşey konumlu bantlı traverten (bt) ve çatlak boşluğuna düşmüş traverten litoklastlar (lt), b) Sırtın güney kanadında eğimli mikritik laminalar (ml), traverten litoklastları (lt) ve sal (s) oluşumları.

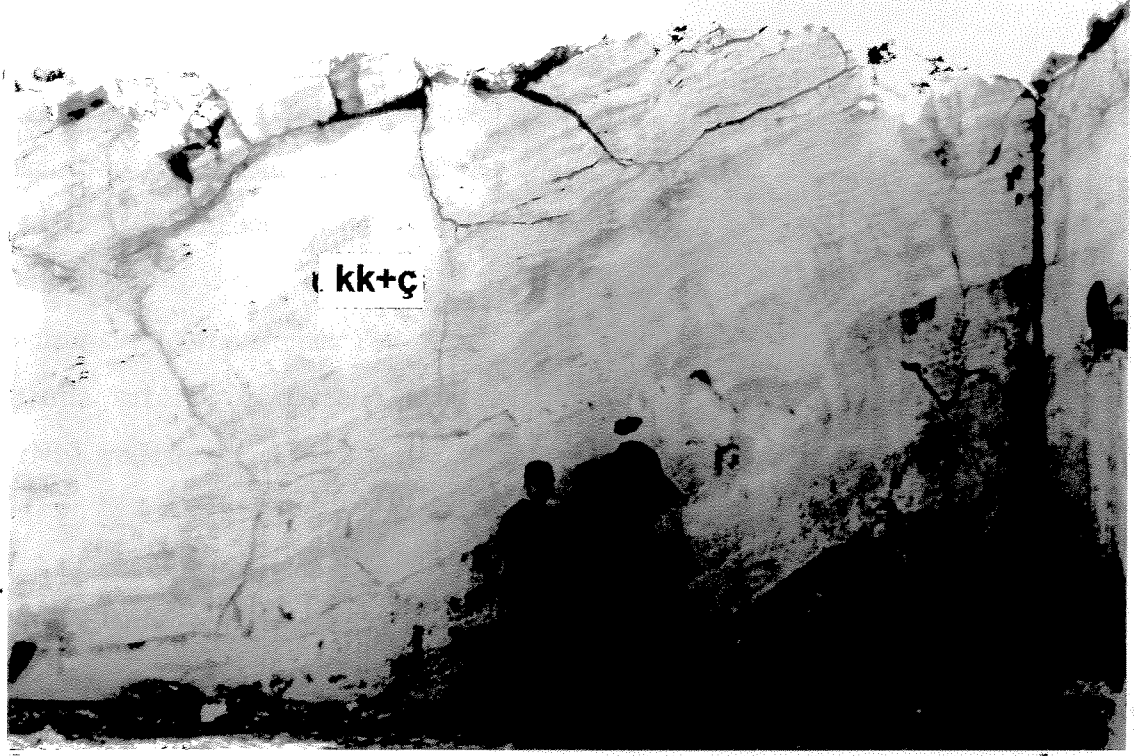
için çatlak boşluğu kısmen kaba taneli traverten parçaları (litoklast) ile doldurulmuşur (Şekil 30a). Yanal olarak sırt ekseninden uzaklaşan yönlerde birkaç metre içinde ani fasiyes değişimleri gözlenmektedir. Çatlak duvarlarında, kalınlıkları 10-15 cm olan düşey konumlu bantlı travertenler gelişmiştir (Şekil 30a). Bu bantlı travertenler birkaç metre içinde, yanal yönde ani olarak güneye doğru litoklast ve yatay/eğik laminalı travertenlere, sal ve zarflı gaz kabarcığı litotiplerine geçer (Şekil 30b). Sırtın güney yamacı üzerinde gelişmiş mikroteras yapıları henüz aşınmamıştır. Açılma çatlağının doğu ucuna yakın bir noktadan birkaç yıl öncesine kadar sıcak su çıkarken, son yıllarda aynı yerde bulunan bir kaplıca işletmesinin 57°C'lik sıcak suyu tesislerinde kullanması ve daha sonra sırtın güneyinde bir sondaj açması nedeniyle yer altı su seviyesi düşmüş, sırt oluşumu durmuştur. Sıcak suyun demirli olması nedeniyle travertenlerde kahverengi, kırmızı renkler belirgindir. Yenice yakınlarında, B. Menderes vadisinin Denizli havzasına açıldığı nokta ile Kamara hamamı arasında kalan hattın doğusunda (B. Menderes Nehri'nin sol sahili) 5 adet daha fosil sırt tipi traverten oluşumunun varlığı belirlenmiştir (ÇAKIR, 1999). Bu sahada genellikle düşey konumlu, kırmızımsı, kahve rengi-beyaz bantlı traverten litotiplerinin yaygın olduğu görülmektedir. Bu sahada önceki yıllarda açılmış birkaç traverten ocağı son yıllara kadar işletilmiş, ancak şu anda iyi blok vermediği için ocaklar terkedilmiş durumdadır.

#### 4. 2. 4. 2. Kuşgölü traverten sırtı

Bu traverten sırtı, Kocabaş kasabasının 1 km kadar KB'sında, Kuşgölü mevkiinde bulunmaktadır (Şekil 31). Yörede yaklaşık D-B (K80°D) uzanımlı bir açılma çatlağına bağlı olarak gelişmiş fosil bir traverten sırtıdır. Elips şekilli sırtın uzun eksenini 500 m, taban genişliği 125 m'dir. Merkezi açılma çatlağının genişliği sırtın orta kesiminde 7 m, batı ucunda ise 5 m (Şekil 31a). Kuşgölü sırtının kuzey yamacı bir traverten ocağı olarak işletildiğinden, sırt eksenine dik ve paralel tel kesme yüzeyleri, traverten çökelimindeki yanal ve düşey değişimlerin iyi gözlenebildiği düzlemlerdir (Şekil 31b, 32). Merkezi açılma çatlağı hemen hemen tamamen düşey konumlu bantlı travertenle doldurulmuştur (Şekil 33). Ancak az da olsa litoklast, sal ve zarflı gaz kabarcıkları da gözlenir. Sırt uzun eksenini merkezi açılma çatlağına karşılık gelir. Sırt ekseninden uzaklaşan yönlerde, kuzeye ve güneye 30° ile 40° arasında değişen eğimlerde açık renkli, tabakalı travertenler gelişmiştir (Şekil 32). Bu kuzeye ve güneye eğimli tabakalar yanal yönde çöküntü depolanma ortamına geçer (Şekil 31b).

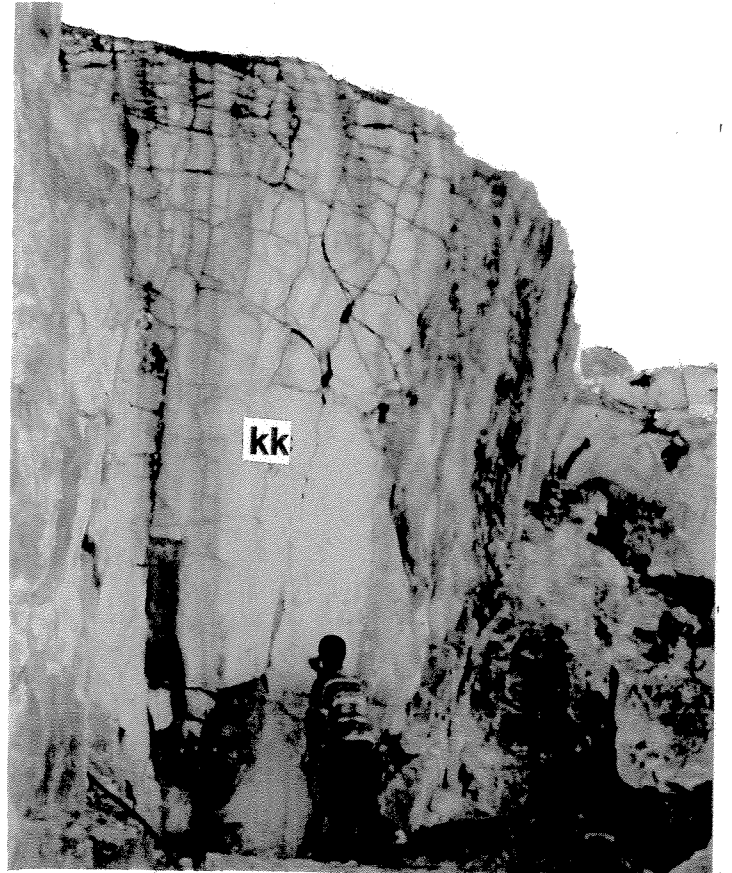


**Şekil 31.** Kuşgölü traverten sırtı: **a)** Sırtın batıdan görünümü, ortada yaklaşık D-B gidişli ve 5 m genişlikte merkezi açılma çatlak, yanlarda kuzeye ve güneye eğimli tabakalı travertenler, **b)** Sırtın traverten ocağı olarak işletilen kuzey kanadı yanal yönde çöküntü depolanma alanlarına geçer.



**Şekil 32.** Kuşgölü traverten sırtının kuzey kanadında bir tel kesme yüzeyi, kuzeye eğimli tabakalı travertenler çoğunlukla kristalin kabuk (**kk**) ve çalı (**ç**) litotiplerinden oluşmuştur. Ayna yüksekliği 4.8 m.

**Şekil 33.** Kuşgölü traverten sırtının merkezi açılma çatlağı, sırtın orta kısmında tel kesme yüzeyi, açılma çatlağı tamamen bantlı travertenle doldurulmuştur. Resmin genişliği 4.5 m.



Bu haliyle sırt adeta bir antiklinal görünümündedir. Tel kesme yüzeylerinde, merkezi açılma çatlğına paralel bazı ikincil açılma çatlakları kırmızı eski toprak ve köşeli traverten parçaları (traverten litoklastları) ile doldurulmuştur. Bu tür ikincil çatlaklarda su çıkışı olmamıştır. Su çıkışlarının olduğu ikincil çatlak duvarları ise merkezi çatlak gibi düşey konumlu bantlı travertenle kaplıdır.

Benzer sırt tipi travertenler Pamukkale'de de görülmektedir. Pamukkale'de yapılan önceki çalışmalarda sırt tipi travertenler bölgenin neotektoniği ile ilişkilendirilerek incelenmiştir (ALTUNEL ve Hancock, 1993 a,b; ALTUNEL, 1996).

#### 4. 2. 4. 3. Obruktepe traverten sırtı

Denizli havzasını güneyden sınırlayan Honaz fayının batı ucunda, fayın sıçrama yaptığı Karateke-Emirazizli köyleri arasında yer alır (Şekil 43) Emirazizli köyü sırtın kuzey kenarına bitişiktir. Bu sırt üzerinde de yeni bir traverten ocağı açılmıştır. Proje dönemi süresince henüz yeteri kadar ocak aynası açılmadığından, açılan aynalar ve yüzeysel verilerle yetinilmek zorunda kalınmıştır. Obruktepe sırtı KB-GD uzanımlı, yaklaşık 1 km uzunluğunda, 500 m genişliğinde havzanın en büyük sırtlarından birisidir. Sırtın batı ucunda bulunan bir obruk nedeniyle 1/25.000'lik topoğrafik haritada Obruk Tepe adıyla geçmektedir. Sırtın kuzey kanadı daha dik, güney kanadı ise daha düşük eğimlidir. Sırtın her iki yamacında teras gelişimi varsa da, kuzey yamaçta daha belirgindir. Teras havuzlarından bazıları daha iyi korunmuştur. K-G doğrultusunda açılmış aynalarda, sırt uzun eksenine paralel açılma çatlakları net olarak izlenir. En geniş çatlak 180 cm olup, irili ufaklı traverten parçaları ve kırmızımsı-kahverengi toprakla doldurulmuştur. Çatlak duvarlarında düşey konumlu bantlı traverten gelişimi diğer sırtlar kadar belirgin değildir. Doruk eksenine yakın üst kesimlerdeki tel kesme yüzeylerinde sığ teras havuzlarında açık renkli, boşluklu, yatay laminalı-ince tabakalı çalı tipi traverten litotipleri egemendir. Çalı formlarına sal ve pizoid oluşumları eşlik eder. Teras havuzlarının kenarlarını sınırlayan kordonlar (rimstone) kristalin kabuklardan oluşur.



#### 4. 2. 4. Kanal Depolanma Sistemi

Kanal depolanma sistemi, traverten çökelten suların akış yönünde oluşturdukları kanallardır (Şekil 21, 34a). Pamukkale ve Kocabaş yörelerinde yapılan çalışmalarda bunlara '*kendiliğinden oluşmuş kanallar*' (self-built channels) adı verilmiştir. Bu terim ilk defa bir seyahat yazarı olan Bean (1971) tarafından Pamukkale'deki kanallara izafeten kullanılmıştır (ALTUNEL, 1994, 1996). Kanal oluşumu ya doğal olarak ya da insan yönlendirmesi ile (sulama amaçlı) gerçekleşmiştir. Pamukkale ve Kocabaş yörelerinde bu tür kanal örnekleri yaygındır. Günümüzde traverten kanallarının çok azı aktiftir. Bu yörelerde aktif olmayan kanallar insan faaliyetleri, erozyon ve deprem gibi doğal nedenlerle yer yer çökmüş ve tahrip olmuş durumdadır (ALTUNEL, 1994). Kendiliğinden oluşmuş kanalların dağılımı, morfolojik ve yapısal özellikleri ALTUNEL (1994) ve ALTUNEL ve Hancock (1993a) tarafından daha önce incelenmiştir. Üstten görünüşleri eğri çizgi, kanal eksenine dik kesitleri ise kesik koni veya ALTUNEL'in (1996) ifadesiyle 'M' şeklindedir (Şekil 34b). Yatay olarak 2 km'den fazla izlenen kanalların yükseklikleri yer yer 10 m'yi bulur (Altunel, 1994).

Kendiliğinden oluşmuş kanal travertenlerinde, traverten sırtları ve teraslı yamaçlarda olduğu gibi, kısa mesafede litotip ve fasiyes değişimlerine sıkça rastlanır. Litotip birliktelikleri ve oranları kanal boyunca farklılık sunar.

Kanal eksenin her iki tarafında küçük ölçekte yamaç alt ortamı gelişmiştir. Yamaç eğimleri 25° ile 90° arasında değişir. Suyun aktığı kanal, her iki tarafından birbirine paralel iki adet kordonla sınırlandırılmıştır (Şekil 34a). Çökmenin en fazla olduğu noktalar boyunca gelişen bu kordonlar, teras havuzlarını sınırlayan kordonlarda olduğu gibi, çoğunlukla kristalin kabuktan meydana gelmiştir. Kanal yamaçlardaki traverten çökeli, kanaldan taşan suların bir ürünüdür. Kanal yamaçları çoğunlukla eğimli kristalin kabuk seviyeleri ve büyüme konumunda, düzensiz kamsız litotiplerinden oluşmuştur. Daha önceki bir çalışmada, Pamukkale yakınlarındaki Develi köyünün 500 m KD'sunda bir kanalın boyuna kesitinde eğimli laminalar ve bu laminalara dik kristal uzun eksenlerinden (bu çalışmadaki kristalin kabuklar) söz edilmiştir (ALTUNEL, 1994, Levha 3. 23, s. 64). Kanal iç yapısı yukarı doğru iç bükey ve birbiri üzerinde çökelmiş mikritik laminalardan oluşmuştur (Şekil 34b). Bazı kanal iç yapılarında mikritik laminalarla ile kristalin kabuk litotipleri ardalanmalıdır. Kanal eksenini

boyunca suyun türbilanslı aktığı bazı boşluklarda veya ceplerde oluşmuş pizoid kümelerine rastlanır. Zaman içinde düşey yönde, yukarı doğru büyüyen kanallar az çok morfolojilerini korumuşlardır.



**Şekil 34.** Kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleri. a) S – şekilli bir kanal, b) Bir kanalın enine kesiti. Kocabaş beldesi kuzeyi.

### 4. 3. Traverten Sahaları

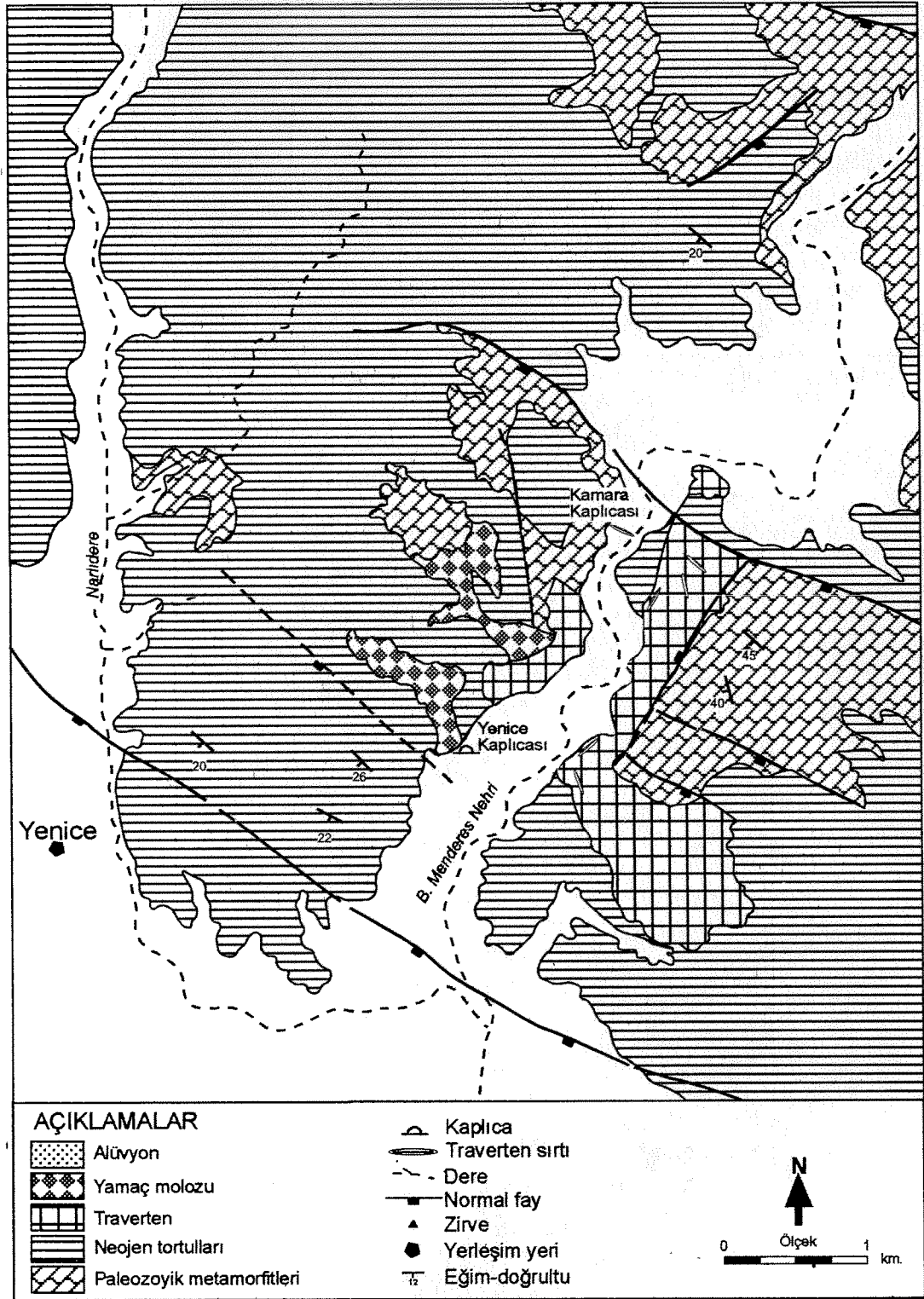
Denizli havzasının değişik kesimlerinde, ayrı ya da bitişik çok sayıda traverten oluşum sahası bulunmaktadır (Şekil 1). Bunlardan 9 adedinin saha yayılımları ve toplu özellikleri daha önceki bölümlerde kullanılan terminoloji çerçevesinde aşağıda verilmiştir.

#### 4. 3. 1. Yenice traverten sahası

Yenice traverten sahası, B. Menderes Nehri'nin her iki yakasında yaklaşık 1.5 km<sup>2</sup> lik bir alan kaplar (Şekil 35). Bu bölgedeki travertenler Paleozoyik metamorfileri ve Neojen tortulları üzerinde depolanmıştır. Sahada Paleozoyik metamorfileri ve Neojen tortullarını kesen faylar KB-GD gidişli ve GB'ya eğimli normal faylardır. ÇAKIR (1999), Yenice traverten sahasında 6 adet traverten sırtı (fissure ridge) belirlemiştir. Bunlardan sadece Kamara sırtı aktif diğerleri pasiftir. Daha önce depolanma özellikleri verilen Kamara sırtının doruk eksenini yöredeki Tripolis fayının gidişi ile uyumlu olduğu halde, diğerleri verevdir. Kamara sırtını oluşturan termal sular ortalama 135°C sıcaklığı olan bir hazneden yeryüzüne ulaşmaktadır (BÜLBÜL, 2000).

#### 4. 3. 2. Pamukkale-Karahayıt traverten sahası

Denizli havzasının kuzeyinde yer alan Pamukkale-Karahayıt traverten sahası, üzerinde en çok çalışılan sahadır. Travertenler, KB-GD gidişli, 56-85° GB'ya eğimli Pamukkale fay zonu önünde yaklaşık 7.6 km<sup>2</sup> lik bir alan kaplar (ÇAKIR, 1999). Pamukkale-Karahayıt travertenleri Hierapolis fay segmentinin KB, Akköy fay segmentinin ise GD ucuna yakın konumdadır (ÇAKIR, 1999; Şekil 9). Bu sahada yapılan çalışmalar, traverten oluşumlarının yaşı, aktif fay ve açılma çatlakları ile ilişkisi, bölgenin neotektoniği ve depremselliği üzerine yoğunlaşmıştır (ALTUNEL, 1994, 1996; ALTUNEL ve HANCOCK, 1993a,b; ALTUNEL ve BARKA, 1996 ve ÇAKIR, 1999). Bu çalışmalar sırasında ayrıca havza travertenleri morfolojik olarak sınıflandırılmış ve morfolojik tiplerin dağılımları belirlenmiştir. İkinci grup çalışmalar hidrojeoloji, jeotermal ve güncel Pamukkale travertenlerini koruma ve kirliliği önlemeye yönelik çalışmalardır (ŞİMŞEK, 1982, 1984, 1988; EKMEKÇİ vd., 1995).



**Şekil 35.** Yenice Traverten sahası ve çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (Şimşek, 1984 ve Bülbul, 2000'den yararlanılarak yeniden çizilmiştir).

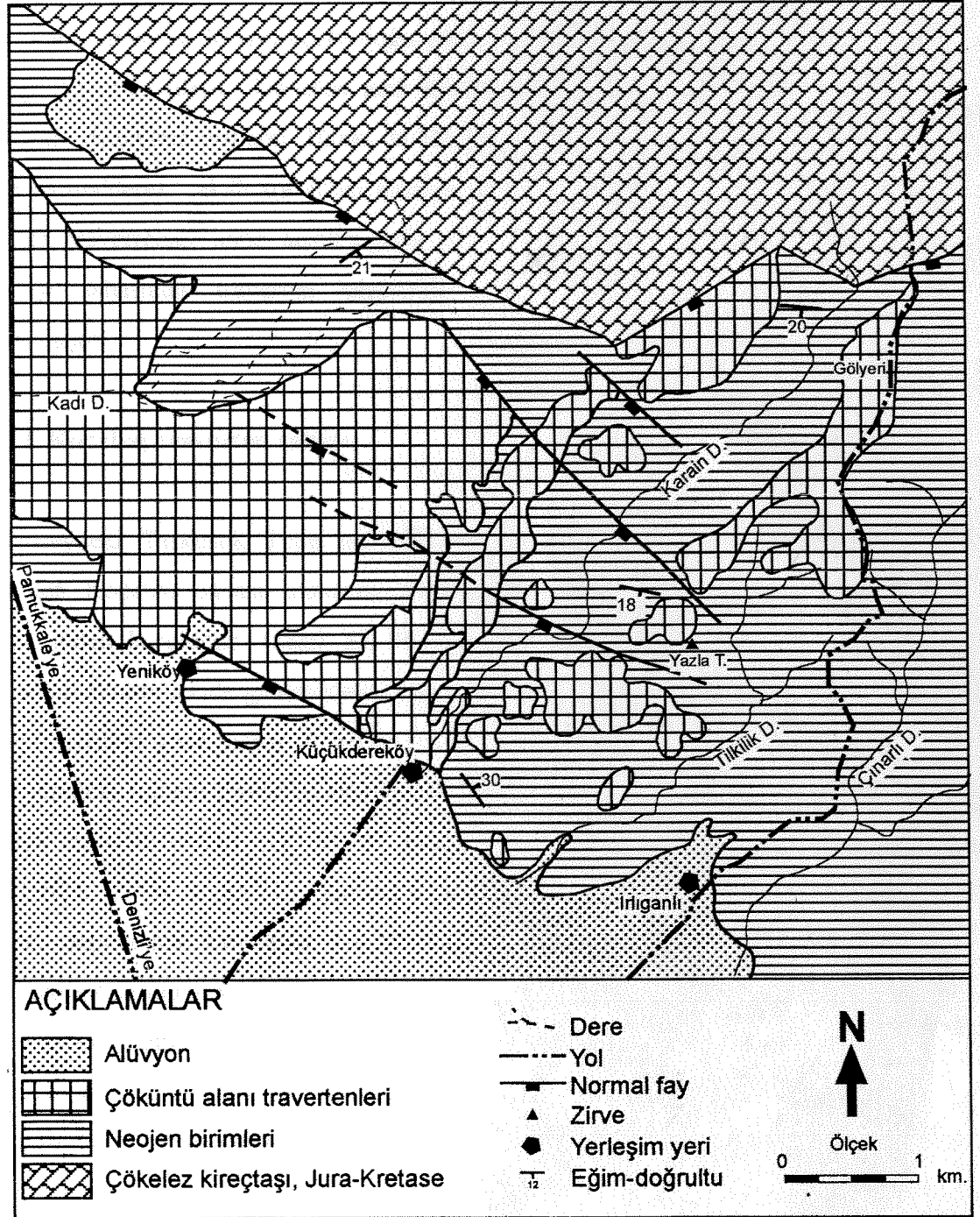
PENTECOST vd. (1997) ise Pamukkale-Karahayıt travertenlerinde mikrobiyolojik bileşenler ve bunların traverten çökelişindeki rollerini incelemişlerdir.

Bu bölümde Pamukkale travertenlerinde oluşum ve sınıflamaya ilişkin yapılmış çalışmalar değerlendirilecektir. Pamukkale-Karahayıt travertenlerinde önceki yıllarda yapılan çalışmalarda şu morfolojik tipler ayırt edilmiştir: 1) Teras tipi travertenler, 2) Sırt tipi travertenler, 3) Fay önü travertenler, 4) Kendiliğinden oluşmuş kanal travertenleri ve 5) Aşınmış örtü travertenleri. (ALTUNEL, 1994; 1996) Ancak, bunlardan fay önü travertenleri ve aşınmış örtü travertenleri gibi morfolojik adlar çökelmeye ilişkin çağrışımlar yapmamaktadır. Havza travertenleri üzerindeki çalışmalarımıza göre, aşınmış örtü travertenleri' nin daha önceki bölümlerde ayrıntıları verilen çöküntü depolanma sistemi içinde yer alan çalı düzlüğü ve bataklık-havuz fasiyeslerine ait olduğunu düşünmekteyiz. Aynı şekilde Pamukkale'de ayrı bir morfolojik tip olarak tanımlanan fay önü travertenleri (ALTUNEL, 1994; 1996) alüvyon yelpazesi, yamaç molozu ve birikinti konilerini oluşturan mermer, şist ve kireçtaşı gibi temele ait köşeli kaba kırıntıların travertenle çimentolanması sonucu oluşmuştur. Fay önü travertenlerinde kaba kırıntı oranı üste doğru azalırken, traverten oranı artmaktadır (ALTUNEL, 1994). Bu çalışmada tanımlanan çakıllı traverten litotipi içinde yer alan çakıllar, genellikle yuvarlak ve olgundur. Ayrıca konum olarak fay önlerine özgü değildir. Bu nedenle fay önü travertenleri çakıllı traverten litotipi ile karşılaştırılabilir, ancak oluşumlarında rol oynayan süreçlerde farklılık vardır.

#### **4. 3. 3. Irlıanlı -Yeniköy traverten sahası**

Pamukkale-Karahayıt sahasının GD'sunda bulunan Irlıanlı-Yeniköy travertenleri Neojen istifi üzerinde uyumsuz olarak durur (Şekil 36). Sahanın KD'dan GB'ya bir seri derelerle parçalanması sonucu traverten mostraları sırt ve tepelerde korunabilmiştir. Basamaklı faylar nedeniyle, çoğu travertenlerin orijinal konumları bozulmuş durumdadır. Bu sahadaki travertenler daha önceki çalışmalarda aşınmış örtü travertenleri olarak değerlendirilmiş ve başlangıçta Pamukkale traverten sahası ile birleşik oldukları ve sonradan aşınma nedeniyle parçalandıkları belirtilmektedir (ALTUNEL, 1994).

Yaptığımız gözlemlere göre, bu saha travertenleri çoğunlukla çöküntü alanı depolanma sisteminde depolanmış tabakalı travertenlerdir. Tabaka kalınlıkları genellikle 1m nin altında, en

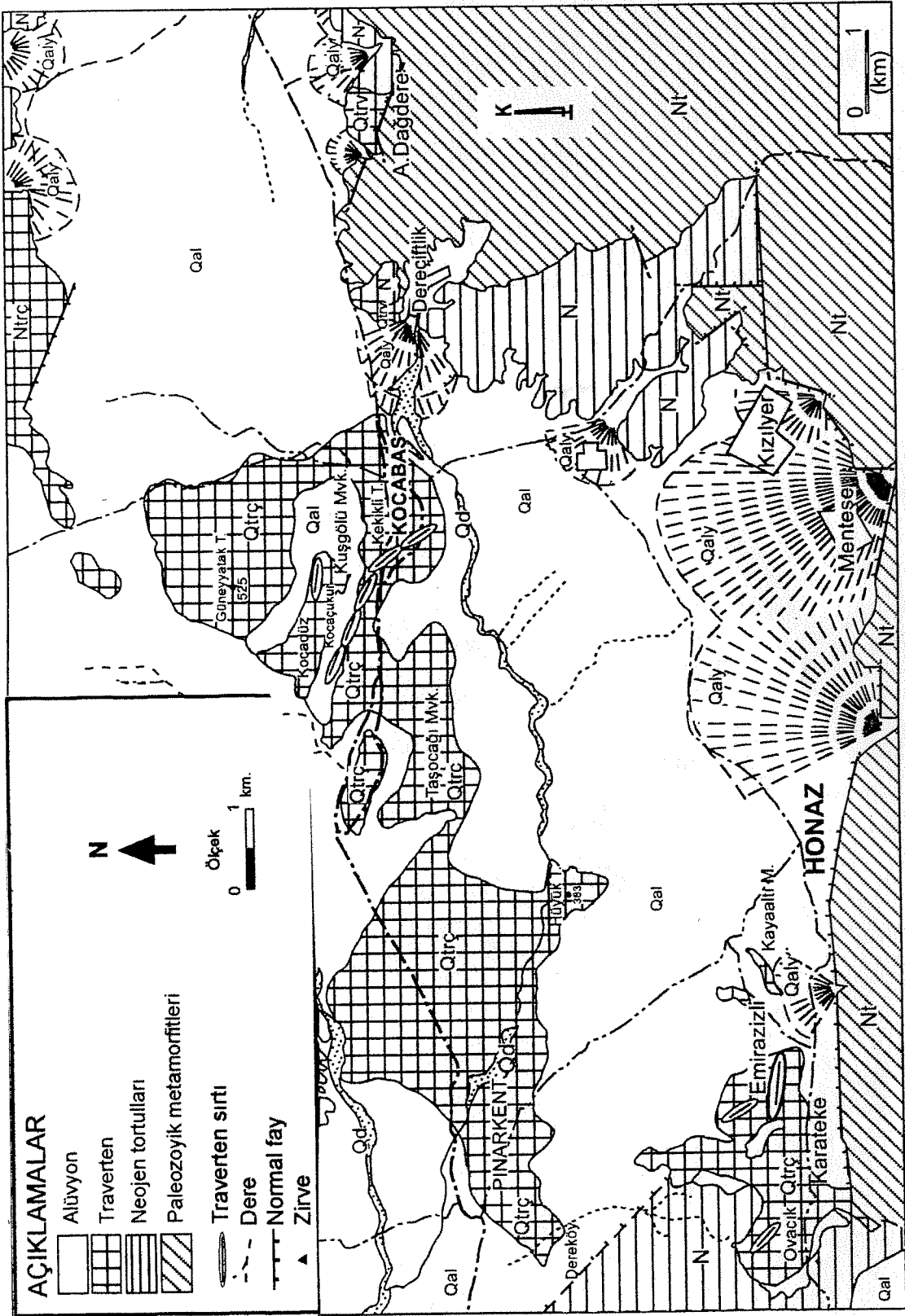


Şekil 36. Irlıganlı -Yeniköy sahasındaki travertenlerin dağılımı

fazla 6 m ye kadar çıkar. Bazan büyüme konumunda saz-kamış saplarının yoğun olduğu kesimlerde boşluklu küçük ölçekte kamış tümseği fasiyesi gelişmiştir. Pamukkale yolunda, Korucuk'tan sonra Irlıganlı üzerinden Güzelpınar'a giden dağ yolunda, Gölyeri mevkiinde (Şekil 36) ince orta tabakalı travertenler dik kornişler halinde görülür. Aynı kornişler Gölyeri'nin batısında, Karanlıkdere doğu yamaçlarında da izlenir. Bu yörede toplam traverten kalınlığı 30 m'ye ulaşır. Traverten istifi içinde kırmızımsı kahverengi sellenme ürünü, kaba kırıntılı ara düzeylere rastlanır. Bazan da Neojen temele ait yuvarlak çakıllar traverten çökeliği içinde hapsedilerek çakıllı traverten litotipi oluştururlar. Çakıllı traverten litotipleri, Irlıganlı batısında travertenler içine açılmış antik mezarlar çevresinde de izlenir. Irlıganlı-Yeniköy traverten sahasında traverten oluşturan kaynak çıkışlarını belirleyecek veriler elde edilememiştir.

#### 4. 3. 4. Kocabaş traverten sahası

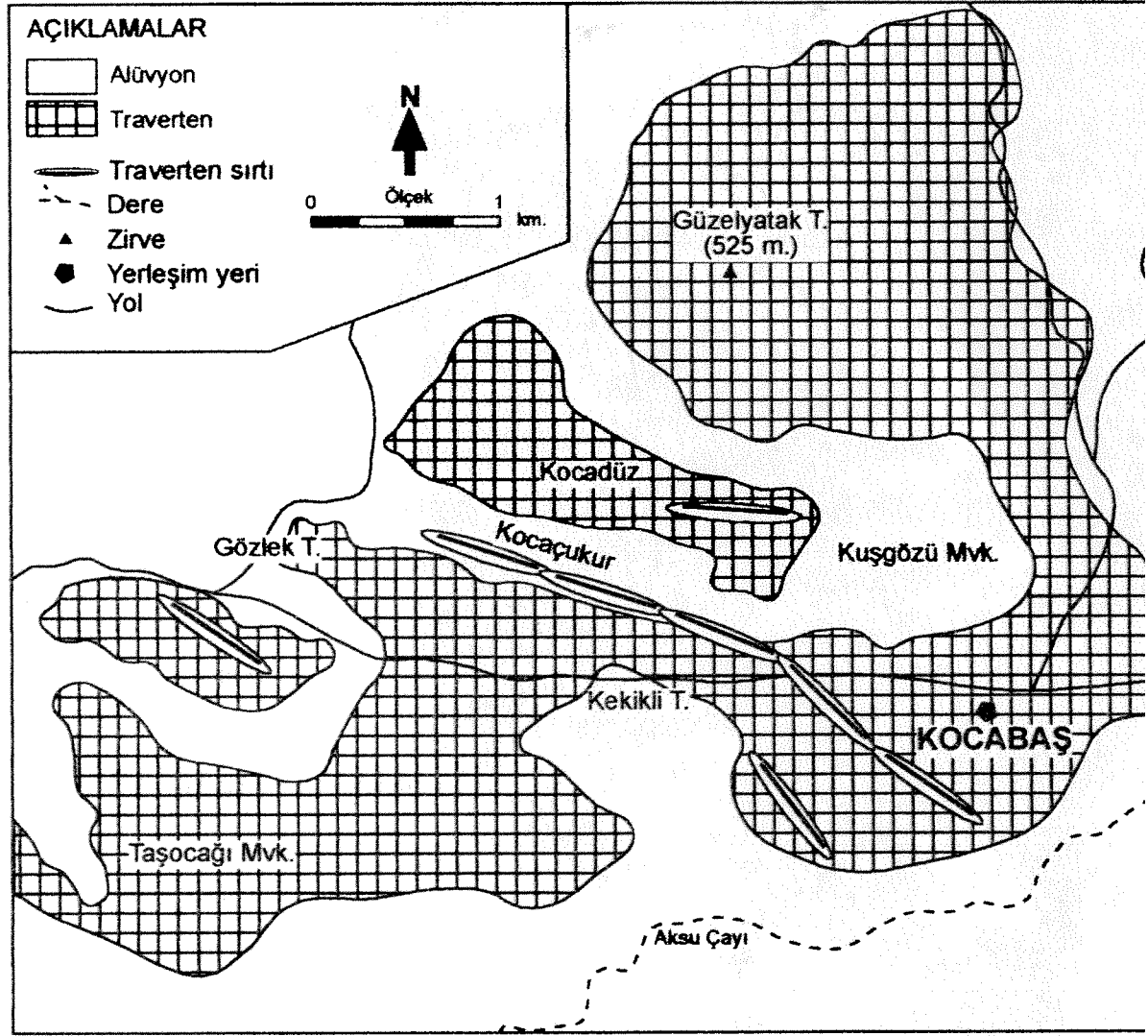
Kuzeydeki Taşkestik Tepe ve Killik Tepe travertenlerine kıyasla daha genç olduğu düşünülen Kocabaş sahası traverten oluşumları başlıca sırt ve çöküntü alanı depolanma sistemlerinden kuruludur. (Şekil 37, 38). Bu sahadaki traverten sırtları geniş bir çöküntü depolanma sistemi içinde gelişmişlerdir. Bunların yanında yer yer kanal ve düşük eğimli teraslı yamaç fasiyesleri göze çarpar. Kocabaş traverten sahasında önceki yıllarda yapılan çalışmalara göre, yöredeki toplam traverten alanlarının %96'sı aşınmış örtü travertenlerinden, %2.7 si de sırt tipi travertenlerden, çok az bir kısmı da kanal travertenlerinden meydana gelmiştir (ALTUNEL, 1994, s. 65-71). Aşınmış örtü travertenleri (ALTUNEL, 1994) bu çalışmadaki çöküntü depolanma sisteminin çalı düzlüğü ve bataklık havuz fasiyeslerine karşılık gelir. Traverten sırtlarının sırt eksenleri genellikle KB-GD gidişlidir. Bölgedeki sırtlardan traverten ocağı olarak işletilen Kuşgölü traverten sırtının detayları 4.2.4.2'de verilmiştir. Traverten sırtlarında kısa mesafede yanal ve düşey fasiyes değişimlerine sıkça rastlanır (GUO ve Riding, 1999). Bu özellik ocak olarak işletilen sırtlarda açıkça izlenir (Şekil 30, 31, 32 ve 33). Kocabaş beldesi'nin GB' sında, eski Denizli-Afyon karayoluna bitişik olan ve Fidan Mermer tarafından işletilen ocakta merkezi açılma çatlağının düşey konumlu bantlı travertenleri bataklık havuz fasiyesinin koyu renkli travertenleri ile yan yana görülür. Sırtın KD kanadında yer alan eğimli yamaç travertenleri üzerine, çöküntü depolanma sistemine dahil edilen yatay tabakalı krem-bej renkli çalı düzlüğü ve kahve renkli bataklık-havuz fasiyesleri ilerlemiştir. Yatay konumlu açık



Şekil 37. Denizli havzası DGD'sunun basitleştirilmiş jeoloji haritası ve birbirine yakın konumlu traverten sahalarnın dağılımı.

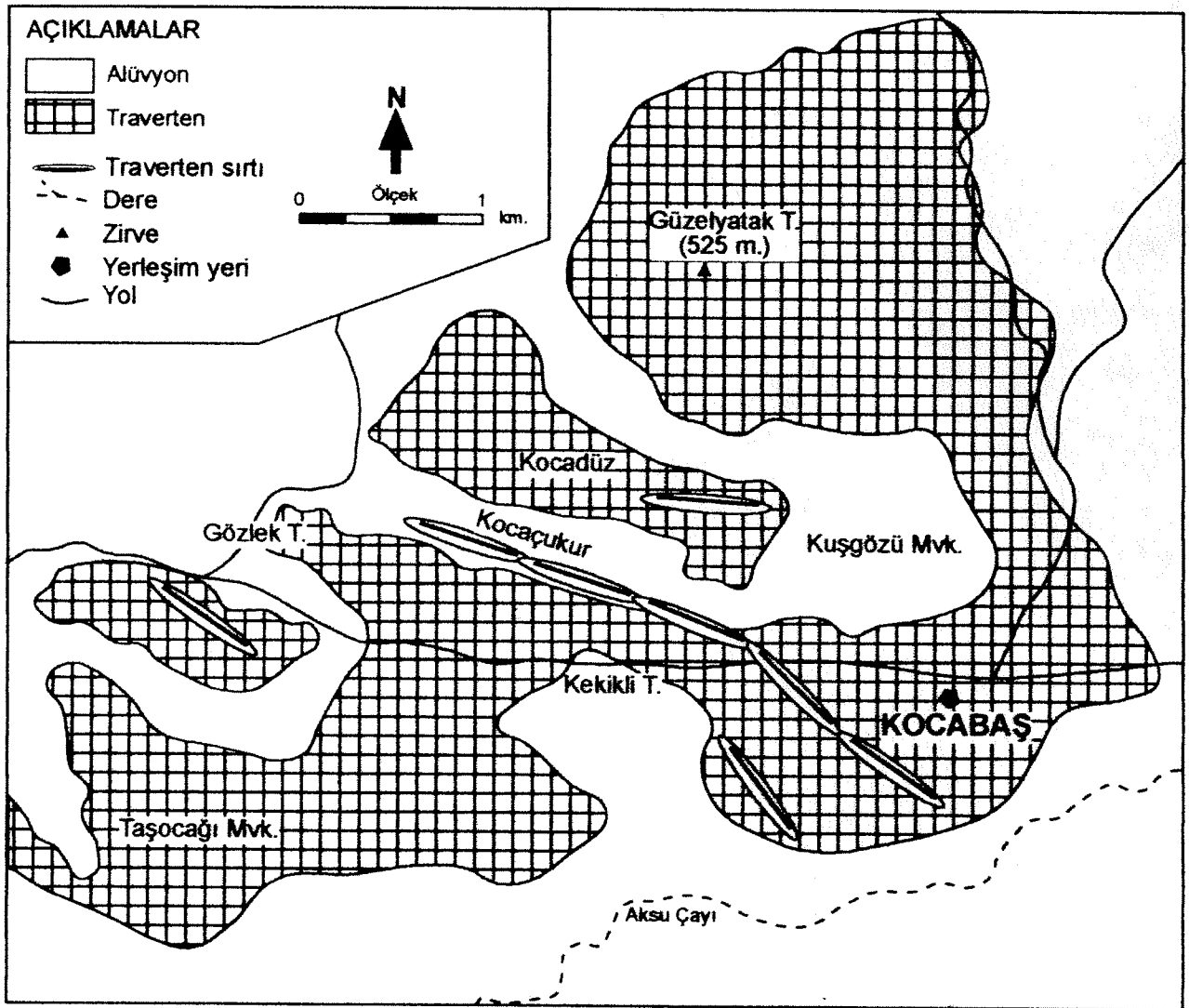


ve koyu renkli travertenlere yine yatay - az eğimli, beyaz kristalin kabuk ara düzeyleri eşit eder (Şekil 3a, 18). Kocabaş traverten sahasının daha kuzeyindeki bazı tepelerin (Güneyyatak Tepe) üst kesimlerinde askıda kalmış travertenler de çöküntü depolanma sistemiyle ilgili travertenlerdir (Şekil 38). Sahadaki bu tür travertenler yer yer eğimlidirler ve bugünkü eğimlerini ve güncel konumlarını depolanmadan sonraki tektonik hareketlerle kazanmışlardır.



**Şekil 38.** Kocabaş sahası travertenlerinin depolanma sistemlerine göre dağılım haritası. Haritada sırta tipi travertenler dışında kalan alanlar çöküntü alanı depolanma sistemiyle kaplıdır.

ve koyu renkli travertenlere yine yatay - az eğimli, beyaz kristalin kabuk ara düzeyleri eşlik eder (Şekil 3a, 18). Kocabaş traverten sahasının daha kuzeyindeki bazı tepelerin (Ör. Güneyyatak Tepe) üst kesimlerinde askıda kalmış travertenler de çöküntü depolanma sistemine ait travertenlerdir (Şekil 38). Sahadaki bu tür travertenler yer yer eğimlidirler ve bugünkü eğimlerini ve güncel konumlarını depolanmadan sonraki tektonik hareketlerle kazanmışlardır.



**Şekil 38.** Kocabaş sahası travertenlerinin depolanma sistemlerine göre dağılım haritası. Harita alanında sırt tipi travertenler dışında kalan alanlar çöküntü alanı depolanma sistemi travertenleri ile kaplıdır.

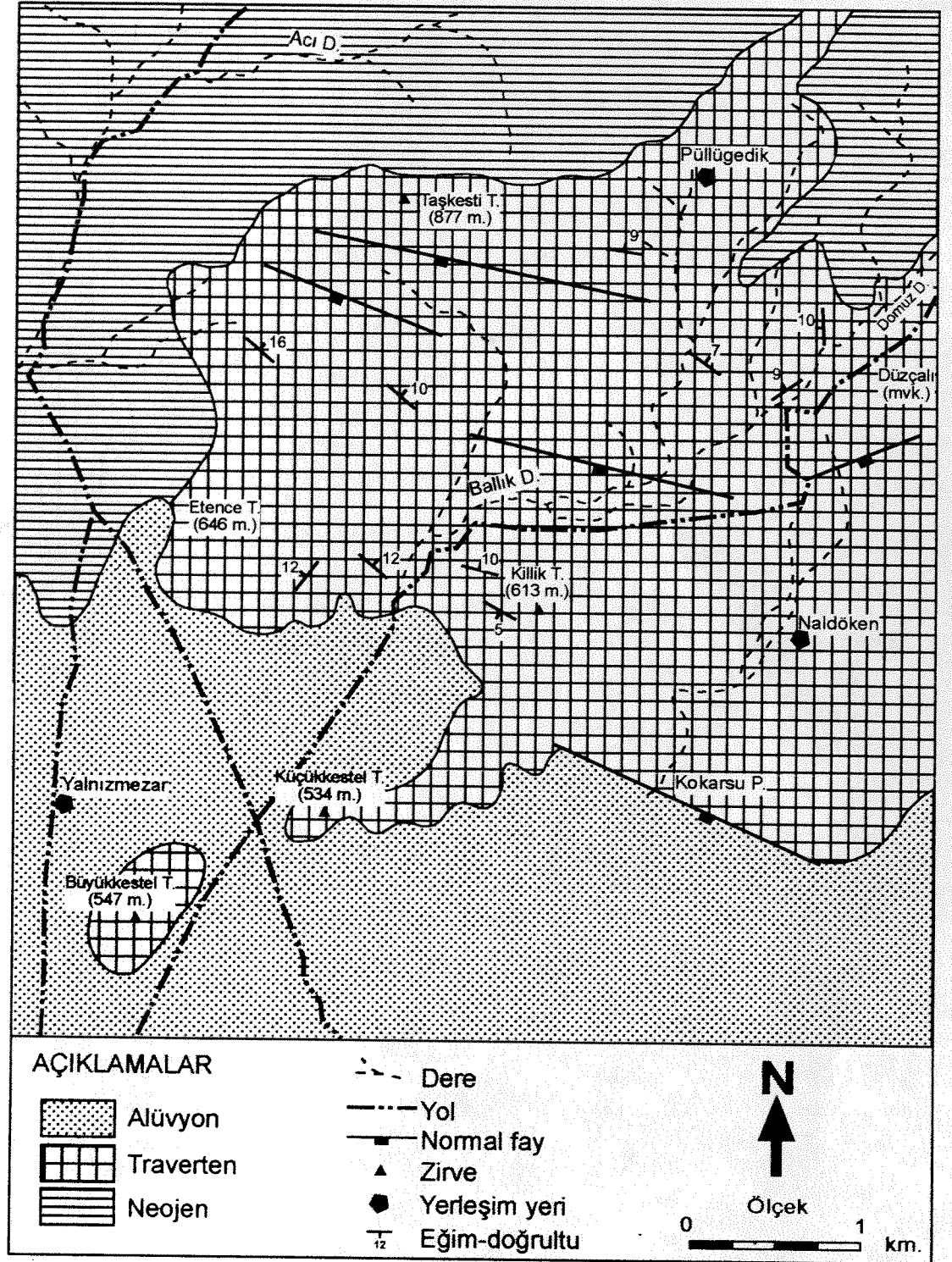
#### 4. 3. 5. Taşkestik Tepe-Killik Tepe traverten sahası

Bu saha Denizli havzasının KD'sunda 500 m (Küçükkestel Tepe etekleri) ile 800 m (Taşkestik Tepe) rakımları arasında yüzeyler (Şekil 31). Çok sayıda traverten ocağı bulunmaktadır. Travertenler Neojen istifinin en üst seviyelerinde yer alır. Yanal ve düşey yönde göl, bataklık, geçici akarsu ve alüvyal tortullar ile geçişlidir (Şekil 2, 20). ALTUNEL (1994) bu sahadaki travertenleri de morfolojik anlamda aşınmış örtü travertenleri (eroded-sheet travertines) içinde ele almıştır. Travertenlerin toplam kalınlığı 60 metreyi aşmaktadır. Traverten ocaklarının toplu olarak bulunduğu sahaların başında gelir. Proje elemanları tarafından travertenlere eşlik eden karasal tortullarda yaş bulguları elde edilmeye çalışılmış ancak, henüz bu sahaya ilişkin kesin sonuçlara ulaşılamamıştır. Havzada bilinen en yaşlı travertenlerin bu sahada oldukları sanılmaktadır. Faylanmalar nedeniyle saha Taşkestik Tepe'den güneye, havza kenarına-merkezine doğru basamaklı bir morfoloji kazanmıştır. Aynı yönde travertenlerin göreceli olarak gençleştiğini düşünmekteyiz.

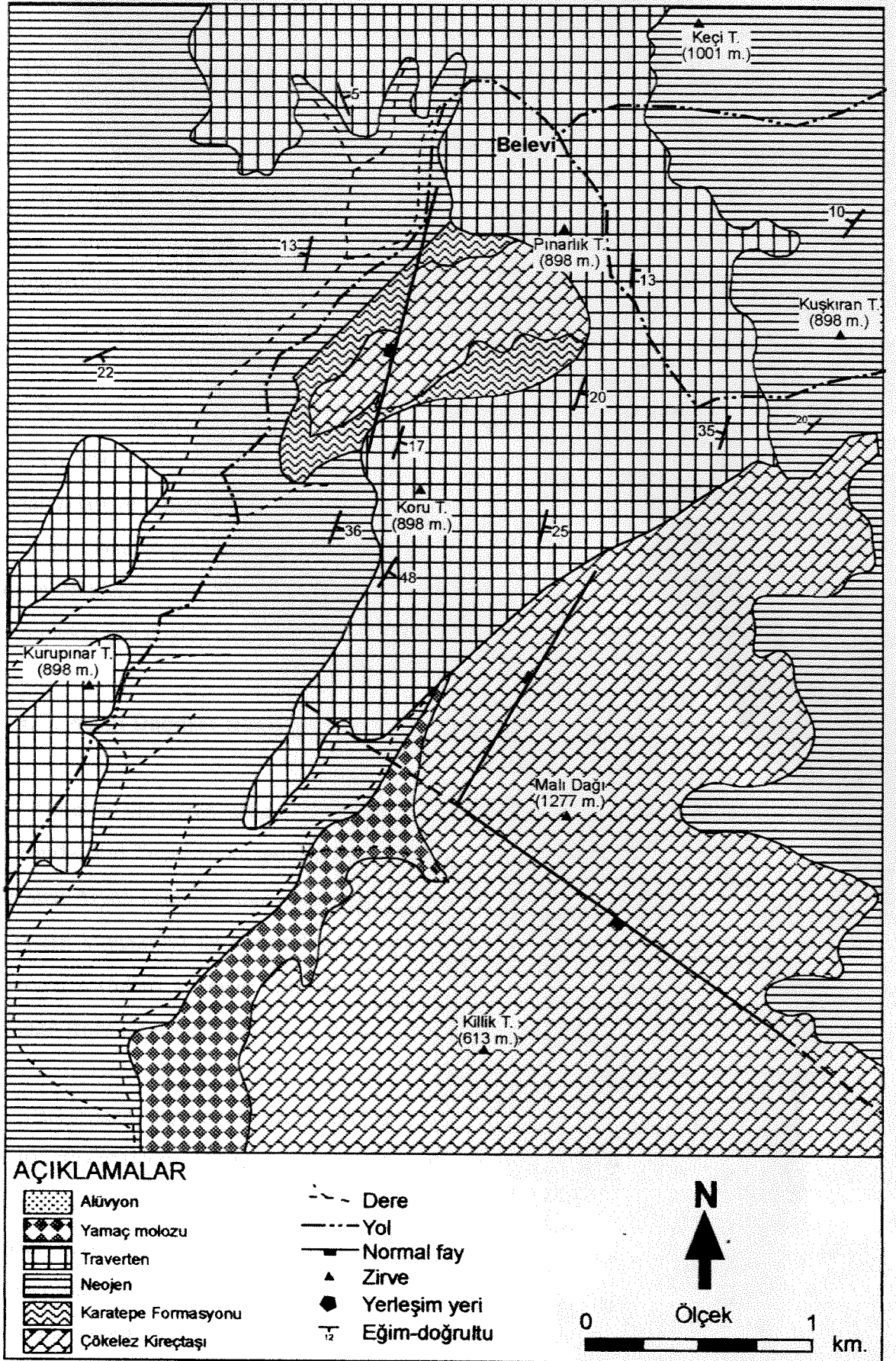
Bu sahadaki ocakların tabanında görülen travertenler yatay-az eğimli olup, çalı düzlüğü ve bataklık-havuz fasiyesinde depolanmışlardır (Şekil 7, 8,18). Bu fasiyeslerle ilgili ayrıntılı bilgiler önceki bölümlerde verilmiştir. Üste doğru yamaç ve kamış tümseği fasiyeslerinin gelişimi özellikle sahanın güneyinde Killik Tepe çevresi ve Denizli Çimento Fabrikası'na yakın ocaklarda açıkça izlenmektedir (Şekil 20, 21). Ancak sahanın kuzeyindeki travertenlerde bu üst fasiyesler gözlenmez

#### 4. 3. 6. Belevi traverten sahası

Bu saha Belevi köyünden itibaren güneye doğru dar bir şerit halinde uzanır (Şekil 41) Travertenler Neojen istifinin üst seviyelerinde uyumlu olarak gözlenir. Sahanın GD'sunda (Malıdağı, 1277m) ve Belevi köyü çevresinde allokton konumlu Jura-Kretase yaşlı Çökelez kireçtaşları bulunur (Şekil 41). Belevi köyü çevresinde 1070 m olan rakım, sahanın GGB ucunda 850 m ye düşer. Sahayı KB-GD ve KD-GB gidişli faylar etkilemiştir. KB-GD gidişli faylar daha genç olup, sahanın kuzeyden güneye basamaklı bir yapı kazanmasını sağlamışlardır. Fay ve çatlaklar travertenlerin yer yer aşırı kırılmasına ve konum bozukluğuna yol açmıştır.



Şekil 39. Taşkestik Tepe-Kilik Tepe sahasında travertenlerin dağılımı (Kaklık KB'sı).



Şekil 40. Belevi sahasında travertenlerin dağılımı

Travertenlerin kapladığı toplam alan yaklaşık 2 km<sup>2</sup> 'dir. Tabakalanma belirgin olup, eğimler 5°-25° arasındadır.

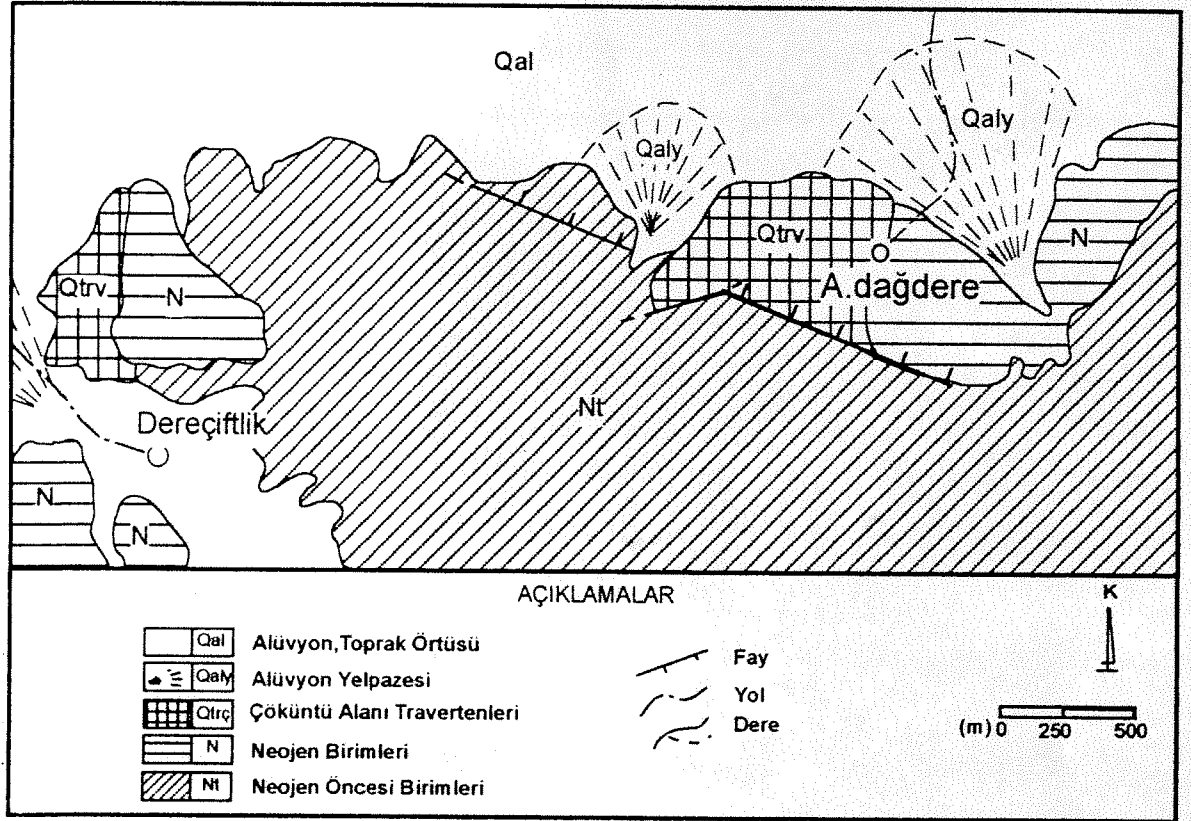
Belevi travertenleri köyün güneyindeki ocaklarda tabanda gri, mor renkli bir seviye ile başlar, üste doğru renk açılarak krem-beje dönüşür. Tabaka kalınlıkları değişkendir. Masif olan kısımlarından blok üretimi yapılmaktadır. Traverten tabakaları yanal ve düşey yönde gri-açık yeşil kil, krem-bej renkli marn ve kahverengi çamurtaşları ile geçişlidir.

Ocak aynalarında ve ve blok yüzeylerinde yapılan incelemelerde çalı litotipleri, ve büyüme konumunda yukarı doğru açılan kamyş sapları, laminalar halinde kalsit salları, zarflı hava kabarcıkları ve litoklast ara düzeyleri belirgindir. Çalı litotiplerinin en güzel örnekleri bu sahada gözlenir. Sahanın güneyindeki ocaklarda çalı düzlüğü fasiyesine özgü travertenler çok tipiktir. Bu özelliklere göre, Belevi güneyindeki travertenler belirgin olarak çöküntü alanlarında çoğunlukla çalı düzlüğü ve az oranda bataklık-havuz ortamlarında çökelmiştir.

#### 4. 3. 7. Aşağı Dağdere traverten sahası

Dereköy traverten sahası, havzanın doğusunda, Kocabaş ve Kaklık yerleşim merkezleri arasında, Kel Tepe'nin kuzey eteğinde, aktif bir normal fay zonunda yer alır (Şekil 41). Saha Denizli-Afyon karayolundan kolayca görülmektedir. Fay boyunca travertenler temele ait Jura – Kretase kireçtaşları ile dokanaktadır. Sahanın doğu ve batı uçlarında kırmızı renkli karasal Neojen tortulları yüzeyler. Bu sahada daha önce morfolojik tiplerden fay önü travertenleri (range-front travertines) ve kanal travertenleri ayırt edilmiştir. (ALTUNEL, 1994).

Bu sahada, depolanma özellikleri dikkate alındığında, şelale fasiyesi, düz yamaç fasiyesi ve kanal travertenleri oluşmuştur. Şelale fasiyesi (bkz. 4.2.1.3.) fay zonunda daha yüksek kottan düşüm yapmış olan kaynak suları tarafından oluşturulmuştur (Şekil 24). Fosil şelale fasiyesi aşağı kotlarda kuzeye doğru güncel düz yamaç fasiyesine geçmektedir. Son yıllarda su seviyesinin düşmesi ve sulama amacıyla açılmış sondaj kuyuları nedeniyle aktif bir traverten oluşum sahası olan Dereköy'de artık çökelim durmuştur. Ancak 1999 yazında, kırık hattı boyunca tekrar ortaya çıkan yeni bir kaynak kısmen traverten oluşturmaya başlamıştır.

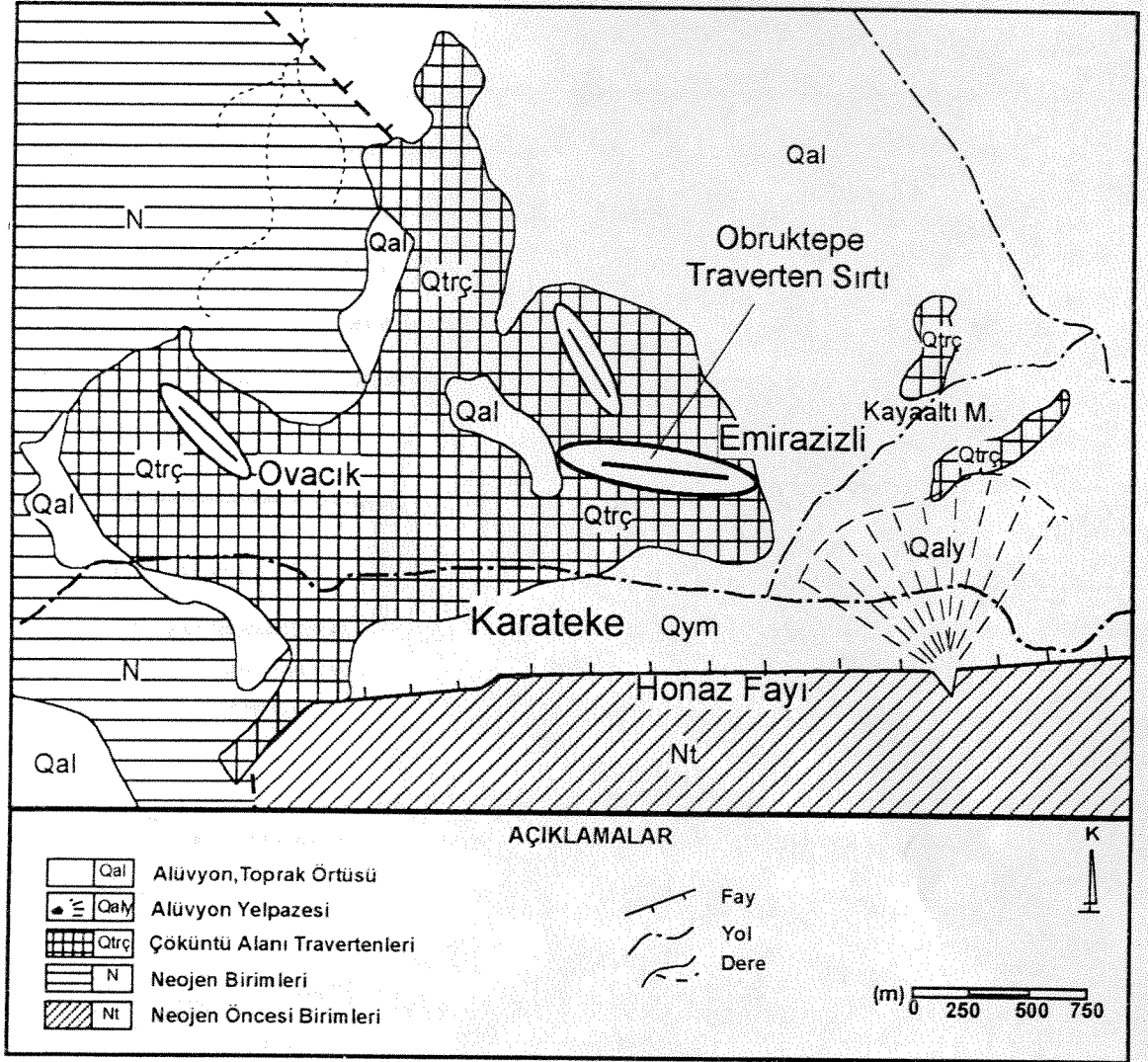


Şekil 41. Aşağı Dağdere traverten sahasının jeolojik konumu

#### 4. 3. 8. Karateke-Emirazizli traverten sahası

Karateke-Emirazizli traverten sahası havzayı güneyden sınırlayan faylardan birisi olan Honaz fayının (BOZKUŞ vd., 2000) batı ucunda Karateke ve Emirazizli köyleri civarındadır (Şekil 42). Bu alanda sırt ve çöküntü depolanma ortamında çökelmiş travertenler egemendir. Traverten ocağı olarak işletilen Obruk Tepe sırtı sahanın en önemli oluşumudur. Sırtın batısında derinliği 30 m kadar olan bir obruk meydana gelmiştir. Obruk duvarları ince-orta tabakalı, açık renkli travertenlerden oluşur. Obruk Tepe sırtının 500 m KB'sındaki 463 m rakımlı Çalca Tepe de bir traverten sırtıdır. Açılma çatlğının doğrultusu K35°B'dir. Çatlak ekseninin her iki tarafında yer alan tabakalar 6-9°'lik eğimlerle sırt ekseninden uzaklaşır. Merkezi çatlak boyunca düşey konumlu kristalin kabuk tipi travertenler gözlenir.

Obruk Tepe'nin yaklaşık 1.5 km doğusunda, Kayaaltı Mevkii'nde, 20 m yüksekliğinde bir traverten kornişi gelişmiştir. Bu korniş kahve renkli, aşırı boşluklu kamış tipi traverten ya da tufalardan kuruludur. Kornişin alt seviyeleri taşınmış tufa breşlerinden oluşur. Bu korniş üstten güncel bir alüvyal yelpaze tarafından üzerlenir. Bu yelpaze havzayı güneyden sınırlayan Honaz fayının yükselen bloğundan beslenmektedir.



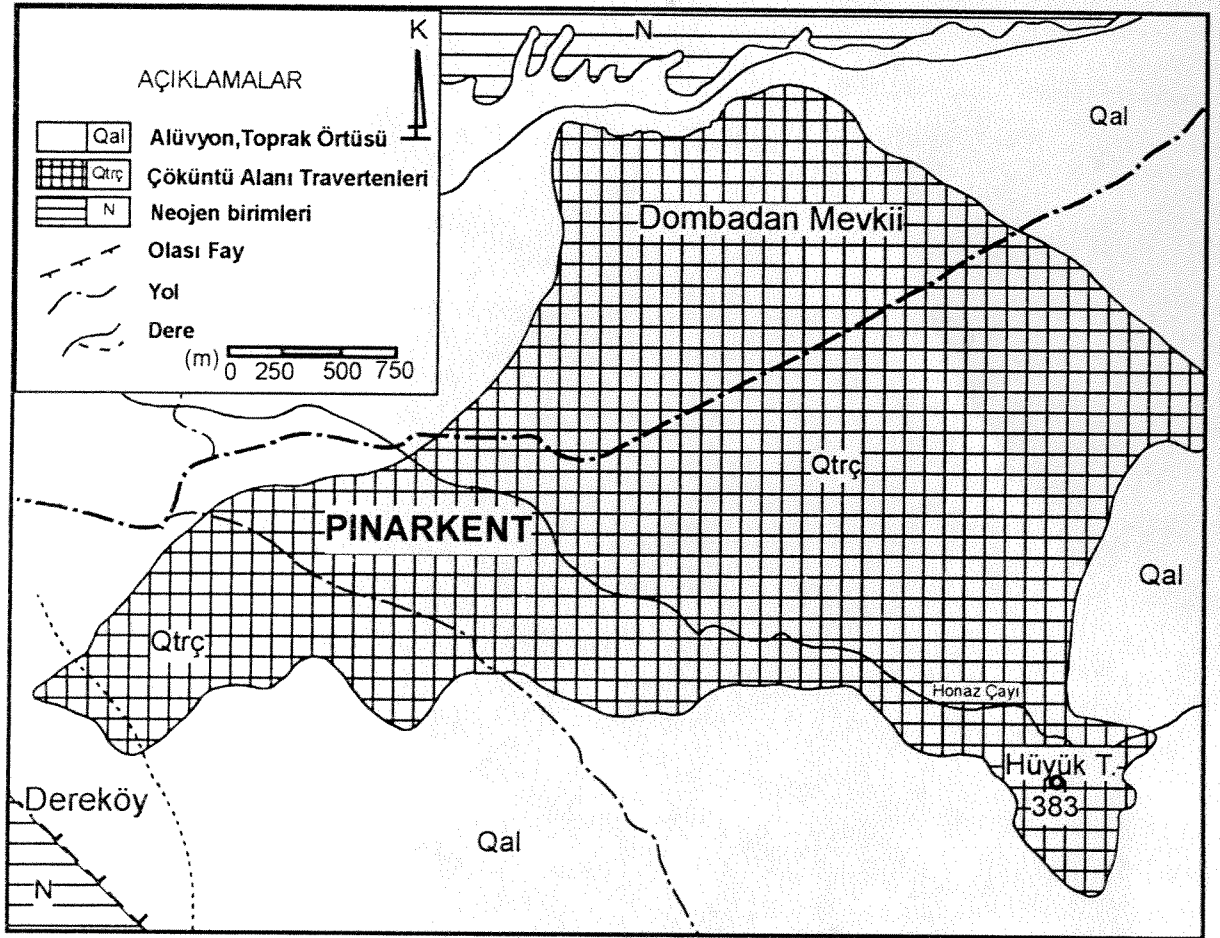
**Şekil 42.** Karateke-Emirazizli traverten sahasının jeolojik konumu. Harita üzerindeki büyük elips Obruktepe traverten sırtını, küçük elips ise Çalitepe traverten sırtını gösterir.

#### 4. 3. 9. Pınarkent traverten sahası

Pınarkent traverten sahası, Karateke-Emirazizli traverten sahasının kuzeyinde, Kocabaş traverten sahasının batısında yer alır (Şekil 36). Saha güneyden Honaz çayı tarafından sınırlanır. Pınarkent traverten sahası, havzanın çukur kısmında yer alan bir sahadır. Denizli - Afyon devlet karayolu bu sahanın içinden geçer. Denizli I. Organize Sanayi bölgesi sahanın kuzeyinde Dombadan mevkiinde kurulmuştur (Şekil 43). Pınarkent sahası travertenleri genellikle çöküntü alanı depolanma ortamında çökelmiştir. Travertenler koyu renkli ve boşluklu olup, kamyş litotipleri yaygındır.



Pınarkent (=Böceli) yakınlarında karayolu ile demiryolu arasında kalan alanda malzeme almak için açılmış yarmalarda traverten/tufa breşleri açığa çıkmıştır. Bu traverten breşleri  $25^{\circ}$  ye kadar eğimleri olan tabakalar içinde yer alır. Bu tabakalar, yüksek eğimli bir yamaç üzerinde farklı yönlerde gelişmiş ve birbiri ile girişim yapan küçük boyutlu yelpazeler ya da kolüvyal konilere aittir. Pınarkent sahası toplu olarak bir traverten platosu görünümündedir. KB'ya doğru kademeli olarak basamaklı bir topoğrafya sunar. Kaba taneli tufa kırıntılarında oluşmuş söz konusu kolüvyal birikintilerin demir yolu yapımı sırasında yapay olarak geliştiği düşünülmektedir.



**Şekil 43.** Pınarkent traverten sahasının konumu ve sahadaki travertenlerin yayılımı.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Denizli havzasının değişik kesimlerinde oluşmuş sıcak su travertenleri depolanma özellikleri ön planda tutularak incelenmiş ve ulaşılan sonuçlar ve ileriye yönelik öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Bu çalışmada Kaklık kuzeybatısındaki traverten ocaklarında bulunan bazı omurgalı çene ve dişlerinin *Equus*'a ait oldukları, bu nedenle söz konusu sahalardaki travertenlerin Kuvaterner'de çökeldikleri sonucuna varılmıştır.
2. Travertenler litotip, fasiye ve depolanma sistemlerine ayrılarak incelenmiştir.
3. Travertenlerde kristalin kabuk, bantlı traverten, çalı, pizoid, sal, zarflı gaz kabarcığı, karniş, litoklast, çakıllı traverten ve eski toprak olmak üzere 10 adet litotip tanımlanmıştır.
4. Traverten litotiplerinin saha ve mikroskobik özellikleri belirlenmiş ve bazı örneklerde sınırlı da olsa SEM çalışmaları yapılmıştır.
5. Açılma çatlaklarını dolduran düşey konumlu bantlı travertenlerde bir herhangi organik ize rastlanmamıştır. Bu nedenle bantlı travertenler tamamen fizikokimyasal süreçlerle çökelmiştir.
6. Çalı litotipi teras havuzları ve sığ çöküntü alanlarında bakteriyel faaliyetler etkinliğinde oluşmuştur. Çalı düzeyleri bakterilerin çiçeklendiği, büyüdüğü bahar ve yaz dönemlerini, buna karşılık çalı şekilleri ile ardalanan mikritik düzeyler ise büyümenin durduğu kış dönemlerini temsil eder. Çalı litotipi günlük sıcaklık değerlerinin üzerinde ısınmış sulardan çökelmiştir.
7. Düzgün laminalı pizoidler daha çok kimyasal çökeltme sonucu meydana gelmiştir. Bazı pizoid tanelerinin iç yapılarında görülen mikrokristalleşme yapıları pizoid oluşumunun geliştiği traverten havuzlarındaki kısa süreli kuruma evrelerini yansıtmaktadır.
8. Traverten fasiyesleri kökensel olarak birliktelikleri olan litotiplerden kurulmuştur ve belirli çökeltme alt ortamlarının ürünlerini temsil ederler.
9. Denizli travertenleri başlıca yamaç, çöküntü alanı, tümsek, sırt ve kanal depolanma sistemlerine ayrılmıştır. Yamaç depolanma sistemi düz ve teraslı yamaç fasiyeslerinden meydana gelmiştir. Teraslı yamaç fasiyesi travertenlerinde litotip çeşitliliği daha fazladır.
10. Travertenlerde çöküntü depolanma sistemi en yaygın depolanma sistemi olup, açık renkli çalı düzlüğü fasiyesi ile koyu renkli bataklık-havuz fasiyeslerinden meydana gelmiştir. Bu

depolanma sisteminin yaygın olduğu alanlarda istiflenme özelliği iyi gelişmiştir ve kiltası, çamurtaşı, marn, çakıltaşı ve eski toprak ara düzeyleri ile yanal ve düşey yönde geçişlidirler. İstiflenmenin iyi görüldüğü alanlarda tabanda yer alan çöküntü alanı depolanma sistemleri yukarı doğru yamaç ve tümsek depolanma sistemlerine dönüşmektedir.

11. Açık renkli çalı düzlüğü fasiyesi travertenleri mermerciliğe en uygun travertenlerdir. Bu tip travertenler Kaklık KB'sındaki ocakların alt kesimlerinde bulunmaktadır.
12. Yamaç sırt ve kanal depolanma sistemlerinde yanal ve düşey yöndeki litotip ve fasiyes değişimleri daha kısa mesafede gerçekleşmektedir. Özellikle sırtlarda bu özellik daha belirgindir.
13. Havza genelinde 9 ayrı traverten lokalitesi tanıtılmış ve travertenlerin dağılım haritaları hazırlanmıştır.
14. Denizli havzası travertenleri üzerinde bundan sonra yapılacak çalışmalarda farklı sahalarda oluşmuş travertenlerin farklı tekniklerle yaşlandırılması, daha çok sayıda iz element, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve izotop çalışmaları yapılması yararlı olacaktır.
15. Mermercilik açısından üretim yapılan traverten sahalarının mekanik, kimyasal ve teknolojik özellikleri litotip çeşitlerine göre topluca ve tek elden karşılaştırmalı olarak incelenmelidir.
16. Havzada bulunan Güney şelalesi, Kamara sırtı, Pamukkale ve Haydarbaba mağarası gibi ender oluşumlar jeolojik miras kapsamına alınmalı ve titizlikle korunmalıdır.

## 6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) desteğiyle yapılmıştır. Projenin hazırlık aşamasındaki yardım ve teşviklerinden ve daha sonraki arazi, mikroskop ve SEM çalışmalarındaki desteklerinden ötürü başta Baki Varol'a ve Nizamettin Kazancı'ya şükran borçluyuz. Arazi ve büro çalışmalarının değişik aşamalarında bizlere yardımcı olan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden Ali Gökgez, Tamer Koralay, Hülya Heybeli, Barış Semiz, Hüseyin Erten, Savaş Topal ve Sanem Sinan'a teşekkür ederiz.

Travertenler'de bulunan omurgalı kemik ve dişleri Şevket Şen ve Gerçek Saraç tarafından incelenmiştir. Travertenler konusunda yaptıkları yayınları gönderen Serdar Bayarı ve Allen Pentecost ile zaman zaman bu konudaki görüşlerini bizlerle paylaşan Robert Riding, Li Guo ve Mehmet Ekmekçi'yi anmadan geçemeyeceğiz.

Arazi çalışmalarının yapılmasında Kömürcüoğlu, Faber, Alimoğlu, İlik, Mayaş, Erdem, Ece, Polat, Fidan Mermer firmalarının ve Kamara kaplıcası yetkililerinin büyük yardımları olmuştur.

Yoğun çalışma tempomuzu her zaman sabır ve anlayışla karşılayarak bizlere destek olan ailelerimize şükran ve minnet borçluyuz.

## 7. YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ALTUNEL, E., Active Tectonics and the evolution of Quaternary travertines at Pamukkale, Western Turkey, Ph. D. thesis, Bristol University, U. K. (Unpublished), (1994).
- ALTUNEL, E., Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri: MTA Derg., 118, 47-64, (1996).
- ALTUNEL, E., Hierapolis ve Yakın Çevresinde Tarihsel Deprem Aktivitesi, (Editörler: Francesco D'Andria e Francesca Silvestrelli.), Ricerche Archeologiche Nella Valle Del Lykos - Lykos Vadisi Türk Arkeoloji Araştırmaları, Università Di Lecce, Scuola Di Specializzazione in Archeologia Classica e Medioevale, Congedo Editore, 299-314 (İtalyanca), 315-325 (Türkçesi), (2000).
- ALTUNEL, E., and Hancock, P. L., Active fissuring and faulting in Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey, Z. Geomorph. N. E. 285 - 302, (1993a).
- ALTUNEL, E., and Hancock, P. L., Morphology and structural setting of Quaternary Travertines at Pamukkale, Turkey. Geological Journal, 28, 335 - 346, (1993b).
- ALTUNEL, E., ve Barka, A., Hierapolis'teki arkeosismik hasarların değerlendirilmesi, T. J. K. Bült., 39, 2, 65 - 74, (1996).
- AYDIN, H., Denizli - Babadağ - Sarayköy - Kızıldere - Buldan - Güney - Bekilli - Karahallı - Çivril - Çal - Kaklık - Honaz yörelerinin Jeolojisi, M.T.A. Raporu (1991)
- BAKER, G. and Frostick, A. C., Pisoliths, oolites and calcareous growths in limestone caves at Port Campbell, Victoria, Australia, Jour. Sedimentary Petrology, 21, 85-104, (1951).
- BARGAR, K. E., Geology and thermal history of Mammoth hot springs, Yellowstone National Park, Wyoming, U.S. Geol. Surv. Bull, 1444, 55 pp., (1978).
- BATES, R. L. and Jackson, J. A. (Eds.), Glossary of Geology, American Geology Institute, Second Edition, 751p., (1980).
- BLACK, D. M., Aragonite rafts in Carlsbad Caverns, New Mexico, Science, 117, 84-85, (1953).
- BOZKUŞ, C., Kumsar, H., Özkul, M. and Hançer, M., Honaz fault and its seismicity, İESCA, 2000, Proceedings, pp.7-16, (2000).
- BURGER, D., The travertine complex of Antalya, southwest Turkey. Z. Geomorphol. Suppl., 77, 25-46. (1990).
- BÜLBÜL, A., Kamara ve Çizmeli (Yenice, Buldan) sıcak ve mineralli sularının Hidrojeolojisi, Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 98 s. (Yayımlanmamış), (2000).
- CANİK, B., Denizli - Pamukkale sıcak su kaynaklarının sorunları. Jeoloji Mühendisliği Derg., 5, 29 -33, (1978)
- CHAFETZ, H. S. and Meredith, J. C., Recent travertine pisoliths (pisoids) from southeastern Idaho, U.S.A. In: Coated Grains (Ed. by T.M. Peryt), 450-455, Springer-Verlag, Berlin. (1983).
- CHAFETZ, H. S. and Folk, R. L., Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. Jour. Sedimentary Petrology, 54, 1, 289 - 316, (1984).
- CHAFETZ, H.S. and Guidry, S.A., Bacterial shrubs, crystal shrubs, and ray-crystal crusts: Bacterially induced vs abiotic mineral precipitation. Sedimentary Geology, 126, 57-74, (1999).
- CHAFETZ, H. S., Rush, P. F. and Utech, N. M., Microenvironmental controls on mineralogy and habit of CaCO<sub>3</sub> precipitates: an example from an active travertine system. Sedimentology, 38, 107-126, (1991).

- CHAFETZ, H.S., Srdoc, D., and Horvatincic, N., Early diagenesis of Plitvice waterfall and barrier travertine deposits: *Geographie Physique et Quaternaire*, 48: 247-255, (1994).
- ÇAĞLAYAN, A., Öztürk, E. M., Sav, A., ve Akat, U., Menderes Masifi güneyine ait bulgular ve yapısal yorum, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 10, 9-17, (1980).
- ÇAKIR, Z., Along-Strike Discontinuity of Active Normal Faults and Its Influence on Quaternary Travertine Deposition: Examples From Western Turkey. *Tr. J. of Earth Sciences*, 8, 67-80, (1999).
- DORA, Ö., Kun, N. ve Candan, O., Menderes masifinin metamorfik tarihçesi ve jeotektonik konumu, *T.J.K. Bült.* 35, 1, 1 - 14, (1992).
- EKMEKÇİ, M. Günay, G. and Şimşek, Ş., Morphology of rimstone pools, Pamukkale, Western Turkey. *Cave Karst Sci.*, 22, 103-106. (1995).
- EMIG, W. H., Travertine deposits of Oklahoma: *Oklahoma Geological Survey Bulletin No.* 29, 76 p., (1917).
- ENGİN, B. and Guven, O., Thermoluminescence dating of Denizli travertines from the southwestern part of Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, 48, 9, 1257-1264, (1997)
- ENGİN, B., Guven, O. and Köksal, F., Thermoluminescence and Electron spin resonance properties of some travertines from Turkey. *Applied Radiation and Isotopes*, 51, 9, 729-746. (1999)
- ERCAN, T. Dinçel, A., Günay, E. ve Türkecan, A., Uşak yöresinin jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. M.T.A. Derleme No. 6354, Ankara, (1977).
- EŞDER, T., Yılmaz, S. ve Sarıkaya, H., Antik Hierapolis (Pamukkale) kentinde yapılaşmanın termal kaynaklar üzerine etkileri. (Editör: Nurten Özer) II. Ulusal Balneoloji ve Tıbbi Biyometeoroloji Kongresi, İstanbul-Yalova Termal, Kongre Özel sayısı, 53-66, (1991)
- FOLK, R. L. and Chafetz, H. S., Pisoliths (pisoids) in Quaternary travertines of Tivoli, Italy, In: *Coated Grain* (Ed. by T. M. Peryt), pp. 474-487. Springer-Verlag, Berlin, (1983).
- FOLK, R. L. Chafetz, H. S. and Tiezzi, P. A., Bizarre forms of depositional and diagenetic calcite in hot spring travertines, central Italy. In: *Carbonate Cements* (Ed. by N. Schneidermann and P. Harris), *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.*, 36, 349-369. (1985).
- FORD, T. D. and Pedley, H. M., A review of tufa and travertine deposits of the world. *Earth-Sci. Revs.*, 41-117-175, (1996).
- GUO, L., Fabrics and facies of Quaternary travertines, Rapolano Terme, central Italy, (PhD thesis), University of Wales, Cardiff, England, 237 pp., (1993).
- GUO, L. and Riding, R., Aragonite laminae in hot water travertine crusts, Rapolano Terme, Italy, *Sedimentology*, 39, 1067-1079, (1992).
- GUO, L., and Riding, R., Origin and diagenesis of Quaternary travertine shrub fabrics, Rapolano Terme, central Italy, *Sedimentology*, 41, 499-520, (1994).
- GUO, L., and Riding, R., Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy, *Sedimentology*, 45, 163-180, (1998).
- GUO, L., and Riding, R., Rapid facies changes in Holocene fissure ridge hot spring travertines, Rapolano Terme, Italy, 46, 1145-1158, (1999).
- GÖKGÖZ, A., Geochemistry of the Kızıldere-Tekkehamam-Buldan-Pamukkale Geothermal Fields, Turkey, The United Nations University, Geothermal Training Programme, Reports 1998, Number 5, p. 115-156, Reykjavik, Iceland (1998).
- GÖKGÖZ, A. ve Filiz, Ş., Pamukkale-Karahayıt dolayındaki sıcak ve mineralli sularla travertenleri kirleten etkilerin değerlendirmesi ve bunların önlenmesi. *Yerblimleri (Geosound)*, 32, 29-43. (1998).

- GÖKTAŞ, F., Denizli M22-b1, M22-b2 ve M22-b3 paftalarının jeolojisi, MTA Raporu, No. 9114, (1990).
- HEIMANN, A. and Sass, E., Travertines in the northern Hulla Valley, Israel, *Sedimentology*, 36, 95-108, (1989).
- Horvatincic, N., Calic, R. and Geyh, M. A., Interglacial growth of tufa in Croatia, *Quaternary Research*, 53, 185-195, (2000).
- GÜNER, H., Pamukkale termal suyunun mikroflorası, Ege Ü. Fen Fak., İlimi Raporlar Serisi, No:31, İzmir, (1966).
- JACKSON, J. A., Active tectonics of the Aegean region, *Annu Rev. Earth and Planet Sci.*, 22, 239-271, (1994).
- KOÇAK, A., Denizli-Pamukkale ve Karahayıt kaplıcalarının hidrojeolojik etüdü: MTA Raporu No. 5670, 21s, (yayımlanmamış), (1971).
- KOÇYİĞİT, A., Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişimi. T.J. K. Bült., 27, 1 - 16, (1984).
- KONAK, N., Akdeniz, N., ve Çakır, M. H., Çal-Çivril-Karahallı dolaylarının jeolojisi, M.T.A. Derleme No. 8945, Ankara, (1990).
- MCKENZIE, D. P., Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: the Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 55, 217-254, (1978).
- NEBERT, K., Denizli Pliyosen teressübatı ve bunların Batı Anadolutathı su Neojen stratigrafisi için ehemmiyeti, *MTA Derg.*, 51, 27-41, (1958).
- OKAY, İ. A., Denizli'nin güneyinde Menderes masifi ve Likya naplarının jeolojisi, M.T.A. Derg., 109, 45 -58, (1989).
- ÖZGÜLER, M. E., Turgay, M. İ. ve Şahin, H., Denizli Jeotermal alanlarında jeofizik çalışmalar. M.T.A. Enst. Derg., 99/100, 129 - 141, (1982/1983).
- ÖZKUL, M., Kumsar, H., and Gökgöz, A., Caratteri Geologici, Geografici Ed Idrogeologici Del Bacino Del Fiume Çürüksu (Editorler: Francesco D'Andria e Francesca Silvestrelli.), *Ricerche Archeologiche Nella Valle Del Lykos - Lykos Vadisi Türk Arkeoloji Araştırmaları*, Universita Di Lecce, Scuola Di Specializzazione in Archeologia Classica e Medioevale, Congedo Editore, 327-339, (2000).
- ÖZKUL, M., Alçiçek, M., C., Heybeli, H., Semiz, B., Erten, H., Denizli sıcak su travertenlerinin depolanma özellikleri ve mermercilik açısından değerlendirilmesi. Mersem 2001, Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildiriler kitabı, TMMOB Maden Müh. Odası Afyon İl Temsilciliği, Afyon, 57-72, (2001).
- PATON, S., Active normal faulting, drainage patterns and sedimentation in southwestern Turkey, *Jour. Geol. Soc. London*, 149, 1031-1044, (1992).
- PENTECOST, A., The formation of travertines shrubs: Mammoth Hot Spring, Wyoming, *Geol. Mag.*, 127, 159-168, (1990).
- PENTECOST, A., British travertines: A review, *Proceedings of the Geologists Association*, 104, 23-29, (1993).
- PENTECOST, A., Bayari, S. And Yesertener, C., Phototrophic microorganisms of the Pamukkale Travertine, Turkey: Their distribution and influence on travertine deposition. *Geomicrobiology Jour.*, 14, 269-283, (1997).
- PRICE, S. P. and SCOTT, B., Fault-block rotations at the edge of a zone of continental extension; southwest Turkey, *Journal of Structural Geology*, Vol. xx, No.xx, 1-12, (1993).
- READING, H. G. (Ed.), *Sedimentary Environments and Facies*, Blackwell Scientific Publ., 569 p., (1981).

- SEYİTOĞLU, G. and Scott, B., Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geol. Mag.*, 128, 155 - 166, (1991).
- SEYİTOĞLU, G. and Scott, B., The age of the Büyük Menderes graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geol. Mag.*, 129, 239 - 242, (1992).
- SÖZBİLİR, H., Stratigraphy and provenance of the Paleocene -Eocene Alakaya basin in the Denizli province, Southwestern Turkey. *IESCA*, Vol. 1, 309-329, (1995).
- SUN, S., Denizli-Uşak arasının jeolojisi ve linyit olanakları. M.T.A. raporu, No.9985, Ankara, (1990).
- ŞAMİLGİL, E., Jeotermal enerji aramasının Menderes grabeninde bir uygulaması, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, Tebliğler Kitabı, 257-278, Ankara, (1973).
- ŞİMŞEK, Ş., Denizli Sarayköy-Buldan Alanının Jeolojisi ve Jeotermal olanakları. *İstanbul Yerbilimleri Derg.* Cilt. 3, Sayı. 1-2, 145 -162, (1982).
- ŞİMŞEK, Ş., Denizli-Kızıldere-Tekkehamam-Tosunlar-Buldan-Yenice alanının jeolojisi ve jeotermal olanakları. M.T.A. Raporu, No. 7846, Ankara, (1984).
- ŞİMŞEK, Ş., Büyük Menderes grabeni jeotermal alanları ve yararlanma olanakları. *Mühendislik Jeolojisi Bült.*, 10, 39 - 45, (1988)
- SRDOC, D., Chafetz, H.S., and Utech, N., Radiocarbon dating of travertine deposits, Arbuckle Mountains, Oklahoma, *Radiocarbon*, 31, 619-626, (1989).
- TANER, G., Denizli bölgesi Neojen'inin paleontolojik ve stratigrafik etüdü, *M.T.A. Derg.*, 83, 145-177, (1974).
- TANER, G., Denizli bölgesi Neojen'inin paleontolojik ve stratigrafik etüdü, *M.T.A. Derg.*, 85, 45-66, (1975).
- TANER, G., Denizli bölgesi Neojen'ine ait katların stratigrafik konumlarında yeni düzenleme : 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özleri, 7-10 Mayıs, Ankara, 54-79, (2001).
- TÜFEKÇİ M., Denizli-Çal-Çardak-Çivril-Afyon-Dazkırı kömürlü Neojen jeolojisi raporu. MTA Ege Bölge Müd. Katalog No. K. Ö. / 70, (1984).
- YİMAZ, Y., Genç, Ş. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacik, Z., Altunkaynak, Ş. and Elmas, A., When did the western Anatolian grabens begin to develop? (Editörler: E. Bozkurt, J. A. Winchester and J. D. A. Piper): *Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area*, Geological Society, London, Special Publications, 173, 353-384, (2000).
- UKAM, Pamukkale Koruma Amaçlı İmar Planında Öngörülen Travertenlerin Korunması ve Geliştirilmesi İçin Proje Hizmetleri, Hacettepe Üniv. Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, 124 s., Ankara, (1994).
- WESTAWAY, R., Block rotation in western Turkey. 1. Observational evidence: *Journal of Geophysical Research*, 95, 19857-19884, (1990).
- WESTAWAY, R., Neogene Evolution of the Denizli Region of Western Turkey, *Structural Geology*, 15, 1, 37 -53,(1993).