

DENİZLİ SICAK SU TRAVERTENLERİNİN DEPOLANMA ÖZELLİKLERİ VE MERMERCİLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet ÖZKUL, M. Cihat ALÇIÇEK, Hülya HEYBELİ, Banş SEMİZ, Hüseyin ERTEN

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 20200, Kımklı Kampusu / Denizli

ÖZET

Ege genişleme provensinin doğu ucunda yer alan Denizli havzası, kuzeyden ve güneyden normal faylarla sınırlı bir graben havzasıdır. Havza batı kesiminde Gediz ve B. Menderes grabenleri ile birleşir. Havza dolgusu Neojen yaşlı akarsu ve göl tortulları ile Kuvaterner yaşlı alüvyon - kolüvyon ve travertenlerden ibarettir.

Denizli havzası, eski ve güncel traverten oluşumları açısından gerek Türkiye, gerekse Dünya'da önemli bir konuma sahiptir. Havzanın kenarları boyunca, sıcak kaynak sularından oluşmuş güncel Pamukkale travertenlerinin yanı sıra, eski (fosil) birçok traverten sahası bulunmaktadır. Bu eski traverten oluşumlarından bir kısmı yoğun bir şekilde işletilmektedir. Üretim yapılan başlıca sahalara Akköy, Ballık, Belevi, Kocabaş ve Karateke yöreleridir.

Traverten ocaklarındaki üç boyutlu tel kesme yüzeyleri traverten litotipleri, fasiyeler ve istiflenme özelliklerinin incelenmesi için ideal yerlerdir. Denizli travertenlerinin çoğu yamaç, sırt ve çöküntü alanları olmak üzere üç ana depolanma sisteminde çökelmiştir. Traverten blok üretiminde karşılaşılan farklı özelliklerin bir kısmı istiflenme, litolojik farklılıklar ve fasiye değişimleriyle ilişkili iken, bazıları da depolanma sonrası aşınma, tektonik vb. süreçlerle alakalıdır.

Anahtar Kelimeler Denizli, Traverten, Mermer

DEPOSITIONAL FEATURES OF DENİZLİ HOT SPRING TRAVERTINES AND THEIR APPRAISEMENT IN VIEW OF MARBLING

ABSTRACT

Denizli basin situated at the eastern end of Aegean extensional province is a graben bounded by normal faults from north and south. The basin join with Gediz and B. Menderes grabens in the west. The basin infill consists of Neogene fluvial and lacustrine sediments and Quaternary alluvium- colluvium and travertines.

The basin is an important site for travertine accumulation both in Turkey and in the world. Along the basin margins, further modern Pamukkale travertines formed from the hot spring waters, there

are many recent and old travertine accumulation sites. Some of the old travertine masses have been intensively quarried. Mainly quarry fields are Akkoy, Ballık, Belevi, Kocabaş and Karateke. Three dimensional wire-cut surfaces in the travertine quarries are ideal places to investigate lithotype, faciès and stratification. Most of the Denizli travertines were deposited in three depositional systems, as slope, fissure ridge and depression.

While a part of different features in travertine block production are related to stratification, lithological- and faciès variations, some of them also occurred by erosion, tectonics etc in origin.

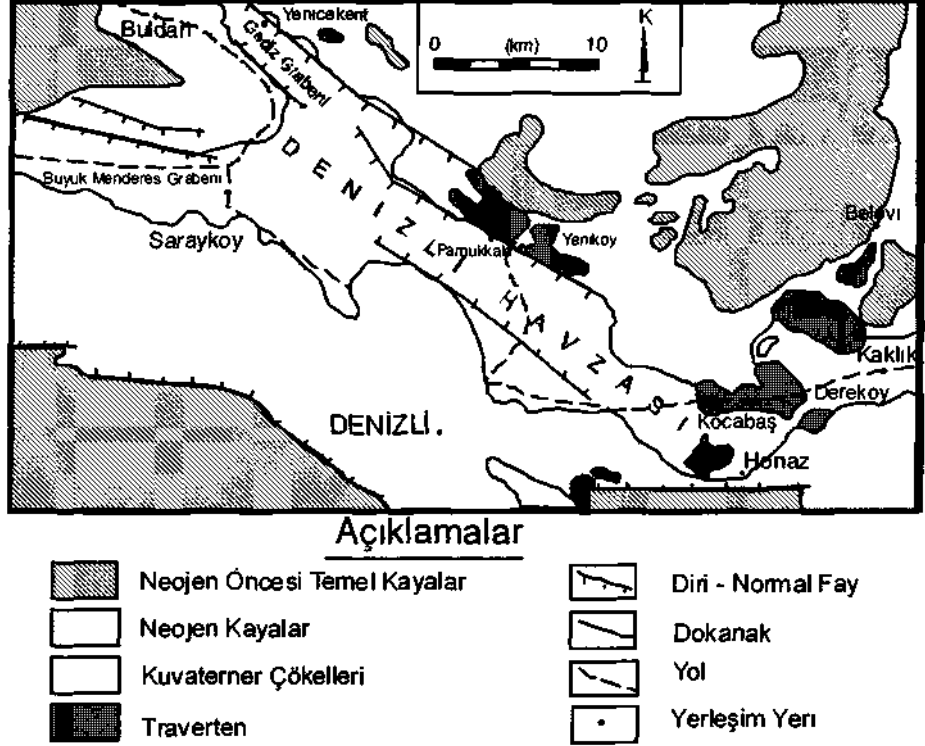
Key Words: Denizli, Travertine, Marble

1. GİRİŞ

Traverten, sıcak kaynak sularından organik ve inorganik işlemlerle çökertilmiş tatlı su karbonatlarıdır [1]. Yeryüzüne çıkan suların taşıdıkları CO₂ gazının atmosfere karışmasıyla, traverten çökelişi başlar. Traverten çökelişi hızlı ve değişkendir. Yanal ve düşey fasiye farklılıkları bu tatlı su karbonatlarının belirgin bir özelliğidir. Kaynak ağzlarının yer değiştirmesi, su miktarının azalması ve çoğalması, suyun akış hızı ve yönünde meydana gelen değişiklikler, su üstüne çıkan yüzeylerin yeniden işlenmesi ya da aşındırılması, topraklaşma etkileri, traverten sahalarında sıkça rastlanan durumlardır, iklim faktörleri, suyun soğuması ve yağmur sularının karışması kaynak sularının kimyasını hızla değiştirir. Topografya, fasiye ve istif gelişimi üzerinde belirleyici bir rol oynar. Özellikle termal kaynakların tepe ve yamaçlar üzerinde bulunduğu durumlarda topografya faktörü daha da önem kazanır. Çökme sonrası tektonik, aşınma ve iklim faktörleri de travertenler üzerinde bazı değişikliklere neden olmaktadır. Traverten çökelişi ve sonrasındaki tüm bu değişiklikler traverten mermerciliğini olumlu ya da olumsuz yönde etkilemektedir.

Denizli havzası traverten oluşumları yönünden Türkiye'de ve Dünya'da önemli bir bölgedir. Eski ve yeni oluşumların kapladıkları toplam alan 100 km²'den fazla olup, kalınlıkları 45-50 m'ye kadar ulaşır. Grabenin her iki tarafında kaynak sularına bağlı traverten oluşumları gözlenir. Özellikle kuzey kenarı boyunca traverten oluşumları daha yaygındır (Şekil 1).

Günümüzde de traverten oluşumları başta Pamukkale olmak üzere bazı alanlarda yer yer devam etmektedir. Denizli havzası traverten mermerciliği açısından önemli bir merkez konumundadır. Eski (yaşlı) travertenlerden işletmeye uygun olanlar mermercilik sektöründe değerlendirilmektedir. Son yıllarda yapılan traverten ihracatından önemli döviz girdisi sağlanmaktadır. Traverten mermer ocakları Kaklık KB'sında, Belevi, Denizli Çimento Fabrikası çevresi, ve Kocabaş dolaylarında yoğunlaşmıştır. Bunun yanında Pamukkale yakınlarında Akköy'de, Yenice'de ve Honaz'ın batısında Emirazizli-Karateke köyleri arasında işletmeye açılmış sahalar bulunmaktadır. Bu çalışmanın amacı Denizli havzasında traverten çökelişi ve sonrası değişiklikleri incelemek ve bunların traverten mermerciliği açısından bir değerlendirmesini yapmaktır.



Şekil 1. Denizli havzasının yalınlaştırılmış jeoloji haritası ve travertenlerin genel dağılımı [Altunel, 1996'dan değiştirilerek yeniden çizilmiştir].

2. JEOLJİK KONUM VE STRATİGRAFİ

Ege genişleme provensinin bir parçası olan Batı Anadolu'da kıtasal genişleme Geç Miyosen'den bu yana devam etmektedir. Hatta bazı yazarlar genişleme rejiminin bazı alanlarda Erken Miyosen' de başlamış olabileceğini öne sürerler [3,4]. Ege genişleme provensisi Dünya'da kıtasal kabuk üzerinde genişleme oranının en yüksek olduğu bölgelerin başında gelir [5]. Batı ve Güneybatı Anadolu'nun neotektoniğine ilişkin birçok çalışma yapılmıştır [3,6,7,4,8,9]. Denizli havzası Ege genişleme provensinin batı Türkiye bölümünde, B. Menderes grabeni ile Gediz grabeninin birleştiği alanın doğusunda yer alır. Yaklaşık 50 km uzunluğunda, 25 km genişliğinde olan havza kuzeyden ve güneyden diri normal faylarla sınırlandırılmıştır (Şekil 1). Havzanın Meojen öncesi temel kayaları horst alanlarında yüzeyleyen Paleozoyik yaşlı mermer, şist ve Mesozoyik kireçtaşları ile Paleojen yaşlı kireçtaşı, dolomit ve evaporitlerden kuruludur. Akarsu-göl kökenli Neojen birimleri genellikle havza kenarlarında yüzeyler. Denizli havzasındaki travertenler tercihi olarak eğim atımlı normal fay segmentlerinin sıçrama yaptığı alanlarda depolanmıştır [10]. Normal fay segmentleri ve açılma çatlakları boyunca yükselen kaynak sularının oluşturduğu travertenler, Neojen tortulları üzerinde uyumsuz olarak depolanmıştır. Kuvaterner-Güncel travertenler, akarsu, yamaç molozu, kolüvyal-alüvyal yelpaze ve sığ göl çökelleri ile yanal ve düşey

ilişkilidir. Tüm havza travertenlerinde kesin yaş verileri olmamakla birlikte, Pamukkale'de yapılan çalışmalara göre, havzada traverten oluşumlar en azından 400000 yıl önce, yani Orta Kuvaterner'de başlamıştır [11]. Kaklık kuzeybatısındaki travertenlerde de kesin yaş bulgusu yoktur. Ancak kuzeydeki yüksek alanlardan güneye doğru göreceli bir gençleşme olduğu söylenebilir Kuzeyden güneye gençleşmenin S evrede gerçekleştiğini öne sürmüşlerdir [12].

3. DENİZLİ TRAVERTENLERİ

Daha önce yapılan bir çalışmada, Pamukkale travertenleri morfolojik olarak 1) Teras tipi travertenier, 2) Sırt tipi travertenier, 3) Fay önü travertenleri, 4) Kendiliğinden oluşan kanal travertenleri ve 5) Aşınmış örtü travertenleri olmak üzere 5 grupta toplanmıştır [2]. Ancak Denizli havzası genelinde, özellikle traverten mermerciliği yapılan yaşlı/eski traverten sahalarında, aşınma ve tektonizma nedeniyle morfolojik ayırım her zaman mümkün değildir. Üstelik mermercilik açısından farklı traverten litolojilerini ayırt etmek ve depolanma özelliklerini ön planda tutmak daha yararlıdır. Bu çalışmada Guo ve Riding'in önerdiği traverten litotipleri, fasiyes ve depolanma sistemleri kullanılmıştır [13].

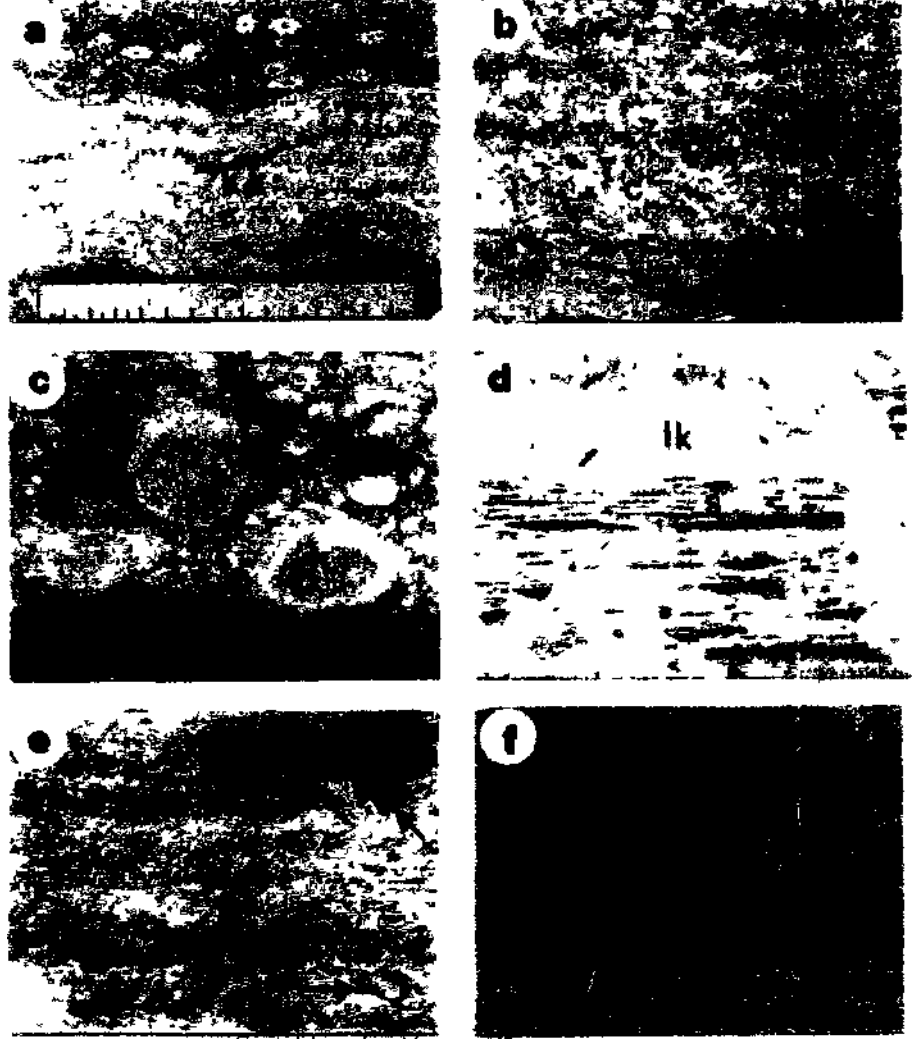
3.1. Traverten litotipleri

Guo ve Riding terminolojisine göre makroskopik ölçekte şu litotipler ayırt edilmiştir [13]: 1) Kristalin kabuk, 2) Çalı, 3) Pizoid, 4), Sal, 5) Zarflı hava kabarcığı, 6) Kamış, 7) Litoklast, 8) Çakıllı traverten (bu çalışmada önerilmiştir) ve 9) Eski toprak.. Eski toprak oluşumları traverten litotipi olmamakla birlikte onlarla yakın ilişkilidir [14].

3.1.1. Kristalin kabuk

Kristalin kabuk yoğun, kaba lifsi, çoğunlukla açık renkli olup, çökeltme yüzeyine dik gelişen uzunlamasına kalsit kristallerinden meydana gelir. Kristalin kabuk tipi travertenier düz yamaçlar üzerinde, teras havuzlarının dışbükey kenarları ve duvarları ile açılma çatlaklarının düşey duvarları ve şelale fasiyesinin dik yüzeyleri üzerinde yaygın biçimde depolanan çökellerdir. Bunlar kaynak ağızlarında ve yakın alanlarda hızlı akan termal sular tarafından çökeltilir. Kamara hamamı ve Karahayıt'ta olduğu gibi, demir oranı yüksek termal sulardan oluşan kabuklar ise beyaz renk yanında kırmızı, bordo, kahverengi bantlar şeklinde ardalı olarak gelişmişlerdir (Şekil 2a). Daha önce Pamukkale'de düşey açılma çatlaklarının duvarlarında gelişen bu tip travertenier 'bantlı travertenier' adı altında incelenmiştir [11,2]. Kristaller, bir taraflarının daha iyi gelişmesiyle, adeta bir 'sedir ağacı' görünümü kazanırlar [15]. Kristalin kabuk kalınlıkları cm mertebesinde birkaç 10 cm' ye kadar çıkar. Yaşlı kristalin kabuklar sert ve sıkı olmalarına karşın, güncel olanları gevrek ve dağılgandır.

Kristalin kabuklar iri kristalli, gevrek, kırılğan, düşey ve eğimli damarlar şeklinde olduklarından, tek başlarına blok oluşturmaları mümkün değildir. Üretilen bloklarda blok homojenliğini olumsuz yönde etkileyen bir litotiptir.



Şekil 2. Traverten litotipleri: a) Teras havuzu kenarlarını sınırlayan açık renkli kristalin kabuk (kk) litotipi, üstte koyu renkli teras havuzu tabanı ve beyaz pizolit taneleri, b) Yukarı doğru büyüme formun çalı litotipi, ölçek: siyah-beyaz karelerin herbiri 1 cm, c) Pizolitik traverten, taneler alg sınımları ile oluşturulmuştur, d) Açılma çatlağı içinde gelişmiş ince, yatay laminalar halinde sal (s) ve açık renkli traverten litoklastları (lk), şeklin genişliği 19 cm'dir. e) Traverten sallarında korunmuş zarflı hava kabarcıkları (okla işaretli), boşlukların iç cidarları cilalı görünümde, şeklin genişliği 11 cm'dir.,f) Kamış tipi traverten litotipi, düşey-yan düşey konumlu saz-kamış türü bitki saplarından arta kalan boşluklar. Kamış boşlukları yatay ve açık renkli çalı litotipleri içinde bulunur.

3.1.2. Çalı tipi travertenler

Çalı tipi travertenler düşey yönde aşağıdan yukarı dendritik ya da çalı/bodur bitki formunda büyüme özelliği gösteren, açık krem-açık kahve rengi, birkaç mm ile birkaç cm kalınlığında düzensiz bantlar ya da laminalardır (Şekil 2b). Teras havuzlarının olağan bileşeni olan çalı formları özellikle çöküntü alanları ve düşük eğimli yamaç depolanma sistemlerinin en yaygın ve kalın traverten litotipleridir. Yer yer kristalin kabuk ve kamış tipi traverten litotipleri ile yanıl ve düşey ilişkilidir. Çalı tipi traverten litotiplerinin hem mikrobiyolojik [1]hem de abiyotik kökenli [16] olabilecekleri öne sürülmüştür. Traverten mermerciliğinde 'su yolu' olarak tabir edilen bantlı ya da laminalı yapı çalı tipi traverten litotiplerinde çok belirgindir.

3.1.3. Pizoid travertenler

Travertenlerde pizoid türü zarflı taneler yaygındır [17,1,13]. Pamukkale'de olduğu gibi, dik yamaçlar üzerinde bulunan küçük ölçekli teras havuzları ile çöküntü alanları depolanma sistemlerinde yer alan geniş ve sığ havuzların olağan bileşenidir. Genellikle çalı formu ve mikritik karbonatla birlikte bulunur. Küresel, yan küresel, elipsoidal ve disk şekillerinde görülür. Travertenler üzerinde yapılmış önceki çalışmalarda dokularına göre 3 farklı pizoid ayırt edilmiştir: 1) Konsantrik laminalı pizoidler [1], 2) Işınsal çalı pizoidleri [1] ve stromatolitik meme şekilli [13]. Konsantrik laminalı pizoidler sıçramalı ve çalkantılı teras havuzlarında oluşur. Konsantrik laminalı taneler genellikle yerli yerinde korunduklarından, dış yüzeylerinde aşınma belirtisi göstermezler. Bu tip tanelerin inorganik kökenli oldukları kabul edilir [1]. Diğer pizoid tanelerinin az çok biyolojik faaliyetlerden etkilendikleri düşünülür. Işınsal çalı pizoidleri dendritik bir doku sunarlar. Bu doku özelliği ile stratiform çalı travertenlerine benzerlik gösterirler. Bu tip pizoid tanelerinin daha düşük çalkantılı, bakteri, cyanobacteria ve diyatomelerin de birarada bulunduğu mikroteras havuzlarında oluştuğu öne sürülür [13]. Folk ve Chafetz ışınsal çalı pizoidlerini 'Bakteriyel pizoidler' olarak adlandırmıştır [1].

Denizli traverten ocaklarında üretilen blok ve plaka yüzeylerinde zaman zaman, özellikle konsantrik laminalı pizoidlere rastlanmıştır (Şekil 2c). Bu pizoidlerin çapları mm' den cm mertebesine değişir. Zarflı taneler lokal olarak traverten plakaları üzerinde değişik bir görünüm sunsalar da yüzey homojenliğini olumsuz yönde etkiledikleri düşünülebilir.

3.1.4. Sal tipi travertenler

'Kalsit salı', 'kalsit buzu', 'sıcak su buzu' gibi adlar da verilen sal tipi travertenler (paper-thin raft travertines, [13]) kırılğan ya da gevrek, milimetrik ince kristalin düzeylerdir. Bunlar sıcak kaynak çıkışlarında oluşan küçük havuzları dolduran suların üst yüzeyinde kalsit ve/veya aragonitten oluşan bir kristal filmidir. Bu kristal filmleri güncel olarak Pamukkale'de teras havuzlarında ve termal kaynaklar çevresinde görülmektedir. Yer yer sal oluşumları parçalanmış halde görülür. Kalsit salları arasında hapsedilmiş zarflı hava kabarcıkları olağandır. Eski travertenlerde kalsit salları, sıcak kaynak sularının doğal çıkış yollarından birisi olan açılma çatlaklarında da rastlanır (Şekil 2d,e). Oluşumu izleyen erken diyajenetik evrede gerçekleşen kabuklaşma nedeniyle biraz daha kalınlaşmış şekilde izlenirler (Şekil 2d). Benzer oluşumların mağara içlerindeki soğuk su havuzlarında da geliştiği bildirilmiştir [18,19]. Sal tipi traverten düzeyleri yanıl yönde birkaç metreden fazla izlenmezler.

Bu tür traverten litotipleri traverten ocaklarında sınırlı ve yerel oluşumlardır. Bu nedenle traverten mermerciliği açısından olumlu ya da olumsuz bir etkisi olduğu söylenemez.

3.1.5. Zarflı hava kabarcıktan

Traverten çökme ortamlarında kalsiyum karbonatla hızla sarılmış gaz kabarcıkları yaygındır (Şekil 2e). Gaz kabarcıklarının kaynağı, ortam tabanında meydana gelen mikrobiyolojik faaliyetlerdir. Bunlar en çok teras havuzlarında ve benzeri su birikintilerinde sal yüzeyi altında gelişir. Gaz kabarcıkları kristalin kabuk, sal ve kamyş tipi traverten litotipleri ile birlikte sıkça gözlenir. Gaz kabarcıklarının boyutları 1-10 mm arasındadır. Bazı gaz kabarcıkları düşey yönde birbiriyle birleşerek tüpsü bir yapı kazanmışlardır [13]. Chafetz ve Folk, bu tür oluşumlar için 'taşlaşmış kabarcıklar (lithified bubble)' ve 'köpük taşı (foam rock)' gibi adlar kullanmışlardır [1]. Zarflı gaz kabarcıkları sal oluşumlarına benzer bir iç yapıya sahiptirler, içte mikritik bir zar, dışta (su tarafında) ise esas olarak öz şekilli aragonitten ve az miktarda kalsitten oluşmuş parlak/cilalı bir yüzeyle kaplıdır. Gaz kabarcıklarının iki mineralli duvar yapısının, suyun aşırı doygunluk düzeyindeki değişikliklerden ileri geldiği sanılmaktadır [20].

Zarflı hava kabarcıklarının yaygın olduğu travertenler daha gözenekli yapıya sahiptirler. Gaz kabarcıklarından arta kalan bu boşluklar, travertende görünüm, homojenlik ve dayanım açısından istemeyen bir özellik olarak kabul edilebilir.

3.1.6. Kamyş tipi travertenler

Bitki saplarının fazla olduğu traverten litotipleri genel olarak 'kamyş (reed)' tipi travertenler (Şekil 2f) adı altında incelenmiştir [21,13]. Termal suların yağmur suları ile seyreltiği ve soğuduğu sığ çöküntü alanlarında bol miktarda kamyş, saz ve değişik su bitkileri yetişir. Bitki saplarının yoğunlaşması su akışına engel oluşturur. Söz konusu alanlarda bitki materyelinden arta kalan boşluklar kısmen ya da tamamen doldurulmuştur. Dolgu maddesi mikritik kalsit ya da spankalsittir. Bazı ocakların üst seviyelerinde yeşilimsi gri, krem renkli kil, marn dolgular yaygındır. Bitki sapları ve köklerinin bıraktığı silindirik kalıpların/boslukların çapları 2-3 cm ye kadar çıkar. Kamyş tipi travertenler içinde ince sal tipi traverten düzeylerine sıkça rastlanır. Bu litotip, bataklığı andıran çok sığ, zaman zaman kuruyan düzlükler ya da çöküntü alanlarının yaygın bileşenidir.

Kamyş tipi travertenlerde diğer traverten litotiplerine göre organik kökenli boşluk oranı daha fazladır. Mevcut boşluklardan bir kısmı da kil, marn gibi istemeyen maddelerle doldurulmuştur. Bu özellik Killik Tepe çevresinde bulunan ocakların üst seviyelerinde çok yaygındır. Bu seviyelerden üretilen blokların çoğu stok sahalarında bekletilmekte ya da pasa sahalarına atılmaktadır.

3.1.7. Litoklast travertenler

Bu litotip, düz ve teraslı yamaçların üst kesimlerinden, açılma çatlaklarının duvarlarından kopan ve teras duvarlarının zaman zaman çökmesi ile ortaya çıkan aynı yaştaki, genellikle açık renkli kristalin kabuk ve çalı tipi değişik boyutta, köşeli traverten parçalarının yamaç tabanlarına sürüklenmesi, çatlak boşluklarına düşmesi ya da çöküntü alanlarına taşınarak depolanması sonucu oluşur. Bunlar taşındıkları alanlarda, yerli yerinde çökelen travertenler içinde kalınlıkları 20-100 cm arasında değişen ara düzeyler şeklinde görülürler. Sığ çöküntü

alanlarına özgü litoklast ara düzeylerinde alterasyon fazladır. Bu seviyelerin altında ve üstünde kalış oluşumu ve topraklaşma etkisi belirgindir.

Litoklast traverten litotiplerinde breşik görünüm, lokal oluşumlar olmaları sebebiyle renk, doku farklılıkları belirgindir. Traverten ocaklarında bu özellikleri taşıyan blok ve molozların çoğu pasa depolama sahalarına atılmaktadır.

3.1.8. Çakıllı traverten

Denizli havzasında travertenler çoğunlukla akarsu-göl tortullarından kurulu Neojen birimleri üzerinde çökeltmiştir. Bazı traverten sahalarında yuvarlaklaşmış kireçtaşı, mermer, çört, rayolarit ve serpantin çakıllarına rastlanmaktadır. Bu çakılların Neojen ve daha yaşlı kırıntılı tortul birimlerde ara düzeyler halinde bulunan çakıltaşlarının yeniden işlenerek traverten çökelim dönemlerinde, zaman zaman ortaya çıkan sellenmelerle travertenlere karıştıkları düşünülmektedir. Ayrıca traverten oluşum sahalarına yakın bazı geçici dere yatakları zaman zaman sellenmelerle kaba kırıntılı malzeme getirmiş olabilir. Çimento fabrikası çevresindeki traverten ocaklarının bazılarında, açılma çatlaklarının dolgularında da yer yer çatlak boşluğuna düşmüş yuvarlak çakıllar gözlenmektedir.

Farklı kaya türünden çakıllar içeren travertenlerde bu çakıllar blokların homojenliğini, görünümünü bozan unsurlardır. Ayrıca blok ve plaka kesimlerinde elmas soketlerin daha çabuk aşınmasına neden olabilirler.

3.1.9. Eski toprak oluşumları

Eski toprak oluşumları doğrudan traverten litotipi olmamakla birlikte, traverten litotipleri ile yakın ilişkilidir. Sıcak kaynak sularının debisinde meydana gelen azalmalar, su akış yönlerindeki sapmalar, traverten yüzeylerinin zaman zaman su üstüne çıkmalarına neden olur. Atmosferle tamasa geçen travertenler, yağmur sulan, kuruma ve biyolojik faaliyetlerin etkisi ile alterasyona uğrar. Bunun sonucunda topraklaşma meydana gelir. Aşınma yüzeyleri traverten fasiyesleri arasında istif sınırlarını oluşturur. Aşınma yüzeyleri üstünde gelişen kırmızımsı kahve renkli eski toprak oluşumları ara seviyeler halindedir. Birkaç cm ile birkaç 10 cm olan kalınlıklar yamaç aşağı, çöküntü alanlarına doğru artar. Eski toprak kalınlığı traverten yüzeyinin atmosferle temasta kalma süresiyle doğru orantılıdır. Eski toprak seviyeleri ve erozyon düzlemlerinin görüldüğü ocaklarda, ayna tabanlarında yatay tel kesme işlemine gerek duyulmamaktadır. Bu özellik bazı ocaklarda üretim kolaylığı sağlamaktadır.

4. TRAVERTEN DEPOLANMA SİSTEMLERİ VE FASİYESLER

Ocak işletmeciliği yapılan italya'nın Rapolano Terme traverten sahasında başlıca Uç depolanma sistemi tanıtılmıştır. Herbir depolanma sistemi içerdiği traverten litotipleri ve bolluk oranlarına göre fasiyeslere ayrılmıştır [21,13]:

- 1) Yamaç depolanma sistemi; a) Teraslı yamaç fasiyesi, b) Düz yamaç fasiyesi, c) Şelale fasiyesi
- 2) Çöküntü depolanma sistemi; a) Çalı düzlüğü fasiyesi, b) Bataklık-havuz fasiyesi
- 3) Tümsek depolanma sistemi a) Kamış tümseği fasiyesi

Denizli havzası travertenlerinde ise 1) Yamaç, 2) Çöküntü ve 3) Sırt depolanma sistemleri ayrılmıştır. Bölgede traverten sırtlan mermercilik açısından önemli oluşumlardır. Buna karşılık Pamukkale ve Kocabaş dolay lannda kendiliğinden oluşmuş ve yakın zamanlara

kadar sulama amacıyla insan tarafından yönlendirilmiş güncel traverten kanallarının mermercilik açısından bir önemi yoktur.

4.1. Yamaç depolanma sistemi

Yamaç depolanma sistemi teraslı yamaç, düz yamaç ve şelale fasiyesi olmak üzere üç farklı fasiyese ayrılmaktadır. Bunlardan şelale fasiyesi diğerlerine göre lokal bir fasiyestir. Şelale fasiyesi yalnızca havzanın güneydoğusunda Kaklık yakınlarındaki Dereköy'de izlenir. Traverten mermerciliği açısından önemli olmadığından, burada şelale fasiyesinin ayrıntısına girilmeyecektir.

4.1.1. 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 etkidir. Teraslı yamaç fasiyesi düşey ya da düşeye yakın teras duvarları ile yatay-yataya yakın teras havuzları ve teras havuzlarını kenarlardan sınırlayan kordonlardan oluşmaktadır. Düşey teras duvarları ve kordonlar kristalin kabuk tipi travertenlerden oluşur. Havuz tabanlarında ise sal, pizoid ve zarflı gaz kabarcığı litotipleri gelişmiştir. Teras havuzları ilerleyen yamaç üzerinde suyun türbilanslı aktığı kesimlerde gelişmiştir.

Ocaklarda tel kesme yüzeylerinde görülen teraslı yamaç fasiyeslerinde teras havuzları ve teras duvarlarındaki traverten litotiplerinin çeşitliliği, renk, doku farklılıklarına yolaçmakta ve kompaktlığı azaltmakta, çökeltme yüzeylerinde (su yollarında) dalgalanmalar görülmektedir. Bu nedenle teraslı yamaç fasiyeslerinden kesilen blok ve plakalarda renk ve doku farklılıkları görülmektedir. Bu fasiyesin tipik örnekleri, yeni işletmeye açılan Honaz batısında Karateke-Emirazizli köyleri arasında yer alan Obruktepe traverten ocağının üst seviyelerinde izlenmektedir. Yine Kaklık kuzeybatısında, Ballık ve Killiktepe traverten ocaklarında daha çok üst düzeylere doğru çökeltme yüzeylerinin (su yollarının) eğimlerinde artışlar görülür.

4.1.2. Düz yamaç fasiyesi

Düz yamaç fasiyesi lineer akış rejiminde, farklı yamaç eğimleri olan ve üzerinde terasların gelişmediği bir fasiyestir. Pamukkale'de güncel düz yamaç fasiyesleri teraslı yamaç fasiyesleri ile yanal ve düşey ilişkilidir. Teras duvarlarında olduğu gibi, düz yamaç fasiyesi de çoğunlukla kristalin kabuk tipi travertenlerden oluşmuştur. Kalınlıkları birkaç 10 cm'ye kadar çıkan -kabuk yamaç yüzeyine dik, kaba lifsi ışın kristallerden (ray crystal!) meydana gelmiştir [13]. Kalın kristalin kabuklar daha fazla su miktarı, daha fazla çökelmeyi ve daha hızlı bir su akışını temsil ederler. Buna karşılık ince kristalin kabuklar, nispi olarak daha yavaş çökeltme ve daha yavaş su akışları ile meydana getirilmişlerdir. Ancak su miktarının ve akış hızının düşük olduğu az eğimli yamaçta, kristalin kabuk düzeyleri ile çalı tipi traverten düzeyleri aralanmalı olarak gelişmiştir. Hatta yamaçların alt kesimlerinde ince litoklast ara düzeyleri ile de karşılaşmaktadır.

Düz yamaç fasiyesleri, teraslı yamaç fasiyeslerine göre daha az sayıda farklı litotip içermeleri, çökeltme yüzeylerinin daha uzun mesafelerde izlenebilmeleri nedeniyle üretilen bloklarda homojenlik daha iyi gelişmiştir. Ancak tabanları yatay düzleme paralel kesilmiş

bloklarda çökme yüzeyleri eğimli görünecektir. Bu özellik fabrikalarda üretilen plakalara da yansiyacaktır.

4.1.3. 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 çökelişi gerçekleşmektedir. Su sıcaklığı dikkate alındığında bu güncel travertenlere 'soğuk su travertenleri' denebilir ikinci bir örnek Dereköy'de, Keltepe'nin kuzeye bakan eteklerinde bir fay dikliği boyunca yukarıdan aşağı akan ya da süzülen suların oluştuğu fosil bir örnektir. Şelalenin aktif olduğu dönemlerde fay düzlemi boyunca, kristalin kabuk tipinde düşey bantlar oluşmuştur. Şelale fasiyesi zamanla aşağı kotlarda kuzeye doğru düz yamaç fasiyesine dönüşmüştür. Şelale fasiyesinde çökelmiş travertenlerin mermercilik açısından kayda değer bir önemi yoktur.

4.2. Çöküntü depolanma sistemi

Bu tür depolanma ortamları çevresine göre daha düz ya da hafifçe çukur, düşük topoğrafyalı ve sıcak su kaynağına daha uzak alanlardır. Bu depolanma alanları genellikle yamaç eteklerinde ve traverten sırtlarının çevresindeki daha aşağı kotlarda yer alır. Çöküntü depolanma sistemi a) Çalı düzlüğü fasiyesi, b) Bataklık-havuz fasiyesinden oluşur.

4.2.1. Çalı düzlüğü fasiyesi

'Çalı düzlüğü' terimi ilk defa Floransa (İtalya) güneyinde Rapolano Terme travertenleri üzerinde yapılan çalışmalar sırasında önerilmiştir [21,13]. Çalı düzlüğü fasiyesi yanal olarak en fazla olan, yatay ya da yataya yakın konumlu, açık renkli, ince tabakalı çalı litotiplerinin egemen olduğu bir fasiyestir. Bu fasiyesinde, farklı seviyelerde yer yer kahverenkli, ince taneli litoklast ara düzeylerine, aşınma ve çökmedeki duraklamalara bağlı süreksizliklere ve eski toprak oluşumlarına, sellenme ve geçici akarsu yataklarını temsil eden çakıltaşı ara düzeylerine rastlanır. Kaklık kuzeybatısında, Killiktepe, Çimento fabrikası çevresi ve Ballık yörelerindeki traverten ocaklarının taban kesimleri bu tür fasiyeslerden meydana gelmiştir. Çalı düzlüğü fasiyesi yanal olarak kaynaktan uzaklaşılacak yönde daha koyu renkli bataklık-havuz fasiyesine geçer. Çalı düzlüğünden bataklık havuz fasiyesine geçiş zonlarında açık ve koyu renk aralanmaları gözlenir.

Alimoğlu traverten ocağının tabanında 5 m kalınlığında bir çalı düzlüğü fasiyesi yer alır. Bu fasiyesin altında 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. Aynı yönde renk giderek koyulaşır. Alimoğlu traverten ocağına bitişik ilik ocağında kalınlıkları 1.5 m ile 5 m arasında değişen 4 farklı düzeyde çalı düzlüğü fasiyesi gelişmiştir.

Ballık yöresinde en kaliteli traverten üreiminin yukarıda adı geçen ocaklarda yapılmasının nedeni, bu ocakların alt seviyelerinin çalı düzlüğü fasiyesinde çökelmiş travertenlerden meydana gelmiş olmasındandır.

4.2.2. Bataklık -havuz fasiyesi

Bu fasiyesin egemen litotipleri yatay konumlu, gri-kahverengi, boşluklu kamış tipi travertenler ile litoklastlardır. Topraklaşma etkilerinin ve erozyon düzlemlerinin yaygın olduğu fasiyestir. Kocabaş yöresinde, traverten sırtlarının çevresinde, çöküntü depolanma alanlarında çökelmiş daha geç travertenler grabenin orta kesimlerinde geniş alanlar kaplar. Bunlar, yamaç travertenlerine göre daha koyu renkli, bol gözenekli ve yer yer gastropod kavkaları içerirler. Kocabaş çevresindeki bu genç travertenler üzerinde güncel bir oluşum gözlenmez.

Çöküntü depolanma alanlarında oluşmuş traverten sahalarından bir diğeri de Honaz - Karateke - Koyunaliler - Gürlek'te görülenlerdir. Bunlar muhtemelen Karateke - Honaz tarafından kuzeye, havza merkezine doğru gelişmiş bir traverten platosudur. Bu traverten platosunun yukarı kesimlerinden koparılıp, sularla kuzeye taşınmış irili ufaklı ve köşeli traverten parçaları Pınarkent (Böceli) yakınlarındaki devlet demiryolu-karayolu arasındaki yol yarmalarında yeniden çökeltilmiş olarak görülür. Bu alandaki travertenler kahve renkli, boşluklu, organik madde içeriği fazla, topraklaşma etkisinin belirgin olduğu, daha çok kamış tipi ve tufa karakterli oluşumlardır. Mermercilik açısından herhangi bir değerleri yoktur.

4.3. Sırt depolanma sistemi

Sırt tipi travertenler morfolojik sınıflandırmada önemli bir bileşendir. Bu çalışmada ise traverten sırtları kendi bütünlüğü içinde ayrı bir depolanma sistemi olarak ele alınmıştır. Güncel (Holosen dahil) traverten sırtlarının orjinal topografyaları belirgindir. Dolayısı ile bunları morfolojik olarak ayırt etmek daha kolaydır. Ancak yaşlı travertenlerde tektonizma, aşınma, traverten olmayan diğer birimler tarafından Uzerlenme gibi nedenlerle morfolojik ayrım yapmak güçleşmektedir.

Denizli havzasında sırt tipi travertenlerin (fissure ridge travertines) hem güncel hem de eski / yaşlı çok sayıda örneklerine rastlanmaktadır [22]. Bu oluşumlar bölgede neotektonik, deprensellik yönünden olduğu kadar, mermercilik açısından da önemlidir. Havzada açılma çatlakları ve bunlara bağlı olarak gelişen traverten sırtları, tercihli olarak havzayı sınırlayan normal fayların uç kesimlerinde, fay segmentlerinin sığrama yaptıkları alanlarda gelişmiştir [10]. Sırt eksenlerinin doğrultulan faylara paralel olduğu gibi, faylarla belirli bir açı yapanlar da vardır. Sırtların büyük bir kısmı havzanın kuzey-kuzeybatı kenarı boyunca gelişmiştir. Ancak az da olsa havza ortası ve güney kenara yakın konumda bazı oluşumlar da gözlenmektedir. Kuzeybatıda B. Menderes vadisinde (Yenice yakınları), Gölemezli, Pamukkale-Karahayıt, Akköy, Kocabaş çevresinde, Honaz batısında Karateke/Emirazizli köyünde morfolojileri tamamen veya kısmen belirgin olan sırtlar izlenmektedir. Eski traverten sırtlarından Yenice, Gölemezli, Akköy, Kocabaş ve Honaz batısındaki Karateke/Emirazizli köyündeki sırtlarda zaman zaman ya da sürekli ocak işletmeciliği yapılmaktadır.

Sürekli üretim yapılan traverten ocaklarından birisi Kocabaş yakın kuzeybatısındaki Kuşgölü traverten sırtıdır (Şekil 3a, b). Bu sırt K80°D doğrultulu bir açılma çatlağı boyunca gelişmiştir. Elips şekilli sırtın uzun ekseni 500 m, genişliği 125 m'dir. Kuşgölü sırtının kuzey kanadı traverten ocağı olarak işletildiğinden, sırt eksenine dik ve paralel tel kesme yüzeyleri, traverten çökelimindeki yanıl ve düşey değişimlerin iyi gözlemlendiği düzlemlerdir. Sırt uzun ekseni ana açılma çatlağına karşılık gelir. Sırtın batı ucunda ana açılma çatlağının

genişliği 5 m'dir (Şekil 3b). Sırt ekseninden uzaklaşan yönlerde kuzeye ve güneye 30° ile 40° arasında değişen eğimlerde travertenler gelişmiştir. Bu haliyle sırt adeta bir antiklinal görünümündedir. Tel kesme yüzeylerinde ana açılma çatlağına paralel, çökme sonrası ikincil açılma çatlakları kırmızı eski toprak, köşeli traverten litoklastları ve çakıl gibi malzemelerle doldurulmuştur. Su çıkışlarının olduğu ikincil çatlak duvarları bantlı yapıda, düşey konumlu kristalin kabukla kaplıdır. Buna karşılık su çıkışı olmamış açılma çatlaklarında düşey konumlu kristalin kabuk travertenleri gelişmemiştir. Sırt ekseninden itibaren kuzeye eğimli travertenler oldukça açık renkli olup, başlıca kristalin kabuk ve çalı litotiplerinden kuruludur. Çökme sırasında açılmış ve su ile doldurulmuş çatlaklarda lokal olarak litoklast ve sal tipi traverten oluşumları gözlenir (Şekil 2d).

Kuşgözü sırtının açık renkli travertenlerden oluşan kuzeye eğimli kanadı , aynı yönde incelenerek düşük topoğrafyalı çöküntü alanı depolanma sistemine geçer. Ancak günümüzde buraları tarım arazisi olduğundan, çöküntü alanı depolanma sistemi hakkında ayrıntılı bilgi elde etmek mümkün değildir.

Denizli havzasını güneyden sınırlayan Honaz fayının batı ucunda, Karateke-Emirazizli köyleri arasında Obruktepe traverten sırtı yer alır. Emirazizli köyü sırtın kuzey kanadına bitişiktir. Bu sırt üzerinde de yeni bir traverten ocağı açılmıştır, inceleme yapılan dönemde (1999-2000 Mayıs) henüz yeteri kadar ayna açılmadığından, açılan aynalar ve yüzeyel verilerle yerinilmek zorunda kalmıştır. Emirazizli sırtı KB-GD uzanımlı, 1 km uzunluğunda, 300 m genişliğinde, oldukça büyük bir traverten sırtıdır. Sırtın batı ucunda gelişmiş 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 kuzey ve güney yamaçlarında teraslı yamaç fasiyesi gelişmiştir. Kuzey yamaçtaki teras havuzları daha iyi korunmuştur. K-G doğrultusunda açılmış aynalarda sırt uzun eksenine paralel açılma çatlakları net olarak izlenir. En geniş çatlak 180 cm kadar olup, irili ufaklı traverten parçaları ve kırmızımsı-kahverengi toprakla doldurulmuştur. Çatlak duvarlarında düşey konumlu kristalin kabuk gelişimi diğer sırtlar kadar belirgin değildir. Doruk eksenine yalın 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. Çalı formlarının yukarı doğru kesik kesik oluşması, tabakalanmaya paralel kuruma boşlukları, açılan ocakta üst seviyelerden iyi blok alınmasını engeller. Ancak ocağın alt seviyelerine doğru masif travertenler görülmektedir.



Şekil 3. Kocabaş yakınlarındaki Kuşgözü traverten sırtı, a) Sırtın üretim yapılan kuzey kanadında eğimli travertenler incelenerek çöküntü alanlarına (şekildeki tarlalar) geçer, bakış doğuya, b) Sırtın ortasında 5 m genişliğinde ana açılma çatlak ve 30° ile 40° lik eğimlerle eksenden zıt yönde uzaklaşan traverten tabakaları, GD'ya bakış.

4.4. Kanal depolanma sistemi

Kanal depolanma sistemi traverten çökeltten suların akış yönünde oluşturdukları kanallardır. Pamukkale ve Kocabaş çevresinde kanal oluşumlarına sıkça rastlanır. Bunların doğal olarak kendi kendine oluşanların (self - building channels) yanında, tarımsal amaçla insan yönlendirmesine bağlı olarak gelişenleri de vardır. Ancak günümüzde insan yönlendirmesine bağlı olarak meydana gelmiş kanallar sulama amacıyla kullanılmamaktadır. Hatta bir kısmı da tahrip edilmiş durumdadır. Zaman içinde düşey yönde büyüyen kanallar az çok morfolojilerini korumuşlardır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Travertenler kalsiyum ve bikarbonatça zengin sıcak kaynak sularınının oluşan çökellerdir. Traverten depolanmasında inorganik ve organik işlemler birlikte rol oynar. Sıcak su kaynağının konumu, kimyasal bileşimi, sıcaklığı, akış rejimindeki düzensizlikler, yağış suları yerel topografya, tektonik v.b. birçok faktör traverten oluşumunda yanal ve düşey yönde litotip, fasiyes ve depolanma sistemlerinin gelişimini etkiler. Bu nedenle kısa mesafede ani değişimlere sıkça rastlanır. Ocaklarda traverten blok üretimi sırasında açığa çıkmış tel kesme yüzeyleri traverten çökelinin aydınlatılmasında çok değerli veriler sunar. En yoğun üretim yapılan Ballık yöresinde, ocakların tabanlarında açık renkli, yatay tabakalanmalı çalı düzlüğü fasiyesi en kaliteli traverten üretilen seviyelerdir. Bu traverten fasiyesi sıcak kaynak sularının tutulduğu geniş ve sığ göl ya da havuz benzeri ortamlarda çökelmiştir. Bu seviyeler düşey yönde çakıtaşı-kumtaşı, yeşilimsi-gri kilitaşı, paleosol ve marnlarla birkaç kez ardalanmaktadır. Çökeltmede daha kısa süreli kesiklikleri ifade eden kuruma yüzeyleri değişik sıklıkta ve kalınlıkta izlenir. Ocaklarda çökeltme sonrası meydana gelen faylanmalar ve açılma çatlakları blok verimini düşürmektedir. Ballık yöresinde kuzeyden güneye kademeli olarak normal faylar gelişmiştir. Ocaklarda faylar boyunca yer alan travertenler aşırı derecede parçalanmıştır. Faylanmaya bağlı atımlar nedeniyle düşey yönde yer değiştirmeler olmaktadır. Açılma çatlaklarının dolguları ile çatlağa yakın yatay ya da eğimli travertenler arasında kısa mesafede ani litoloji değişiklikleri gözlenir. Bu kesimlerden üretilen bloklar homojenlikten yoksundur. Ballık yöresinde çoğu ocağın üst seviyelerinden kaliteli üretim yapılamamakta, bu seviyeler pasa olarak ocaklardan uzaklaştırılmaktadır. Çünkü bu seviyelerde kamy litotipleri artmakta ve örtü yüklerinin azalmış olması nedeniyle sıkışma ve diğer erken diyajenetik işlemler yeteri kadar gerçekleşmemiştir. Yeni açılacak ve geliştirilecek traverten ocaklarında fay ve çatlak sıklıkları ile dolgularının nitelikleri, yatay ve düşey yöndeki litoloji ve fasiyes değişimlerin belirlenmesi için ayrıntılı yüzey çalışmalarının yanı sıra jeofizik, karotlu sondaj v.b. verilerinden de yararlanılmalıdır.

6. KATKI BELİRTME

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından YDABÇAG -198Y100 nolu proje ile desteklenmiştir. Bizleri Denizli travertenleri üzerinde çalışma yapmaya teşvik eden Baki Varol, Nizamettin Kazancı ve zaman zaman görüşlerinden yararlandığımız R. Riding ve A. Pentecost'a, ayrıca arazi çalışmalarında her türlü kolaylığı gösteren Kömürcüoğlu, Mayaş, Alimoğlu, ilik, Çakmak ve Emek traverten ocaklarının yetkililerine teşekkür ederiz.

7. KAYNAKLAR

1. Chafetz, H. S. and Folk, R. L., Travertines: Depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Jour. Sedimentary Petrology*, (54/1), 289 - 316, (1984).
2. Altunel, E., Pamukkale travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşlan ve Neotektonik Önemler. *M. T. A. Derg.*, (118), 47 - 64, (1996).
3. Mc Kenzie, D. P., Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, (55), 217-254. (1978).
4. Seyitoğlu, G. and Scott, B., Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geol. Mag.*, (128), 155 - 166. (1991).
5. Jackson, J. A., Active tectonics of the Aegean region. *Ann. Rev. Earth and Planet. Sei.*, (22), 239-271, (1994).
6. Koçyiğit, A., Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, (27), 1-16, (1984).
7. Paton, S., Active normal faulting, drainage patterns and sedimentations in southwest Turkey. *Jour. Geol. Soc. London*, (149), 1031-1044, (1992).
8. Seyitoğlu, G. and Scott, B., The age of the Büyük Menderes graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geol. Mag.*, (129), 239 - 242. (1992).
9. Price, S. and Scott, B., Fault-block rotations at the edge of a zone of continental extension; southwest Turkey. *Jour. of Structural Geol.*, V. xx, No. xx, pp. xxx to xxx, (Ms. 266), (1993).
10. Çakır, 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).
11. Altunel, E., and Hancock, P. L., Morphology and Structural Setting of Quaternary Travertines at Pamukkale, Turkey. *Geological Journal*, (28), 335 - 346, (1993).
12. Eşder, T. ve Yilmazer, S., Pamukkale Jeotermal Kaynakları ve travertenlerin oluşumu. (Editör: N. Özer) *Tıbbi Ekoloji ve Hidroklimatoloji Dergisi*, Özel sayı (1991).
13. Guo, L., and Riding, R., Hot-spring travertine facies and sequences, Late Pleistocene Rapolano Terme, Italy, *Sedimentology*, (45), 163-180, (1998).
14. Özkul, M. ve Alçiçek, M. C., Denizli sıcak su travertenlerinin saha özellikleri: Litotipler, fasiyes ve istiflenme. *S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. 11. Mühendislik Haftası Yerbilimleri Sempozyumu*, 20-23 Ekim 1999, Bildiri Özleri, s. 39, Isparta.,(1999).
15. 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).
16. Pentecost, A., , The formation of travertines shrubs: Mammoth Hot Spring, Wyoming. *Geol. Mag.*, (127), 159-168. (1990).
17. 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).
18. Baker, G. and Frostick, A. C., Pisoliths, oolites and calcareous growths in limestone cavesat Port Campbell, Victoria, Australia, *Jour. Sed. Pet.*, (21), 85-104. (1951).
19. Black, D. M., Aragonite rafts in Carlsbad Caverns, New Mexico, *Science*, (117), 84-85. (1953).

20. Chafetz, H. S., Rush, P. F. and Utech, N. M., Microenvironmental controls on mineralogy and habit of CaCO₃ precipitates: an example from an active travertine system., *Sedimentology*, (38), (107-126), 1991.
21. Guo, L., Fabrics and facies of Quaternary travertines, Rapolano Terme, central Italy. PhD thesis, University of Wales, Cardiff, 237 pp. 1993 (yayımlanmamış).
22. Özkul, M. and Alçıçek, M. A., Facies variation in Recent to Quaternary fissure ridge hot spring travertines, Denizli Basin, Interior Western Turkey. International Earth Science Colloquium on the Aegean Region, Dokuz Eylül Univ. Engineering Faculty, Dept of Geology, izmir, Turkey, Poster display, Proceedings Abstracts, p. 91, (2000).