



Sıcakçermik Jeotermal Alanındaki (Sivas KB, Türkiye) Güncel Traverten Çökellerinin Petrografik Özellikleri

Petrographic Properties of the Recent Travertines in the Sıcakçermik Geothermal Field (NW Sivas, Turkey)

Erdoğan TEKİN Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06100 Ankara, Türkiye
(e-posta: tekin@science.ankara.edu.tr)

Turhan AYYILDIZ Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 06100 Ankara, Türkiye

Öz

Sivas kuzeybatısındaki Sıcakçermik kaplıcası çevresinde tipik olarak güncel traverten çökelleri gözlenmektedir. Bu seviyeler organik (fissur-çatlak sırtı birikimi) ve inorganik süreçlerin denetiminde gelişen kabuksu (süngerimsi) ve/veya albatır yapılı tatlı su karbonat çökelleridir (mikro şelale-çağlayan çökelleri, mikro taraça-teras kümeleri ve minyatür göl yelpazeleri). Bu morfolojilerin arazi görünüşleri ise eğrelti otu benzeri manganlı-demirli bodur yapılar, silisli stramatolitler ve 3 - 12 mm çaplı demirli pizoyidler şeklindedir.

Güncel traverten örneklerinin tamamının yarı özşekilli prizmatik-tabuler kalsit kristallerinden oluştuğu saptanmıştır. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) çalışmaları sırasında ise pizoyidleri oluşturan kalsit kristallerinin kademeli büyüme özelliği gösterdikleri belirlenmiştir. Stramatolitik oluşumlarda ise ani soğuma ürünü olan düzenli çatlaklar ve bakteriyel aktivite işaretçisi olan bazı özel yapılar (yumrular, kürecikler, elipsoidler, çubuklar, filamentler ve bal peteği / üzüm salkımı demetleri v.b.) da saptanmıştır. Bunlara ilaveten, ikincil erime boşlukları ve CO₂ gaz çıkışı delikleri de aynı örneklerde gözlenmiştir. Değişik tipteki traverten örneklerinde yapılan duraylı izotop çalışmaları sonucu ⁵13C 6.95 ile 8.09 ‰ arasında ve ⁵18O -15.73 ile -16.76 ‰ değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu veriler travertenlerin oluşumunda mikrobiyolojik aktivitenin yoğun olarak etkili olduğunu göstermektedir. Bu oluşumları yapan mikro canlıların ise literatürde belirtilen; Coccooid bakterileri, Pedomicrobium sp., türü delici-oygulayıcı tomurcuk bakterileri, Beggiatoa sp. ve Thiobacillus sp. gibi sülfür oksitleyici renkli bakteriler ve mavi-yeşil algler (Cyanobacteria) olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan, ölçülen duraylı izotop sonuçları da sıcak su kaynağının meteorik kökenli olduğunu ve tortul çökelmesinin de birkaç on yıl içerisinde geliştiğine işaret etmektedir.

Anahtar Sözcükler: Sıcakçermik, güncel traverten, mikrobiyolojik aktivite, duraylı izotop

Abstract

Modern travertine deposits are observed in the Sıcakçermik hot springs area located northwest of Sivas, Central Anatolia. They are the carbonate deposits of crustal (spongy) and/or alabaster-textured formations controlled by both organic (the fissure and joint ridges) and inorganic (waterfall or cascade deposits; terrace-mound travertines; and shallow lake fans) processes. They are recognized in the field by special identifying trails such as manganous-ferrous travertine shrubs resembling ivy, siliceous stromatolites, and ferrous pisoids, 3 to 12 mm in diameter.

All the recent travertine samples examined dominantly consist of subidiomorphic prismatic-tabular calcite crystals. Scanning Electron Microscopy (SEM) revealed that calcite crystals forming the pisoids are characterized by zonal growth. Stromatolitic formations, on the other hand, bear regular joints developed as a consequence of sudden cooling and some special structures indicative of bacterial activity (in the form of nodule, spheroid, ellipsoid, column, filament and honeycomb or grape bunch structures). In addition, secondary dissolution vugs and pores giving way to the release of CO₂ are associated structures with the stromatolitic formations. From stable isotope analyses of the different type travertines ⁵13C values between 6.95 and 8.09 ‰, and ⁵18O values between -15.73 and -16.76 ‰ were obtained.

The data collected through all the utilized techniques suggest that the microbiological activities are dominantly effective in the formation travertines. It was concluded that travertines were produced by microorganisms referred to as in literature sulfate-reducing, boring-budding bacteria such as Coccooids, Pedomicrobium, Beggiatoa sp., Thiobacillus sp. as well as blue-green algae (Cyanobacteria). On the other hand, the stable isotope data indicate that water of the hot springs is of meteoric origin and carbonate sediments are accumulated in few 10 years.

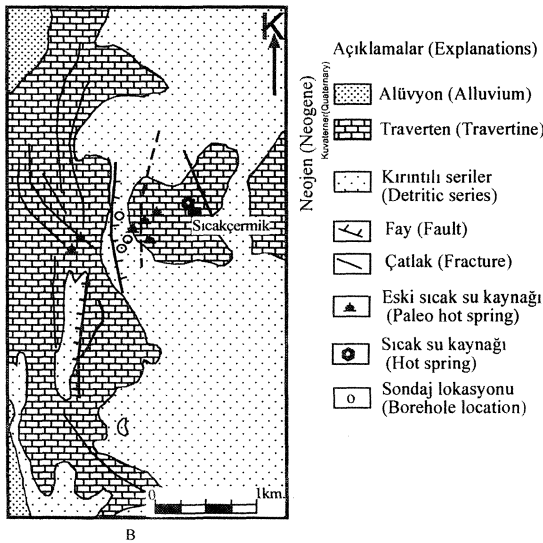
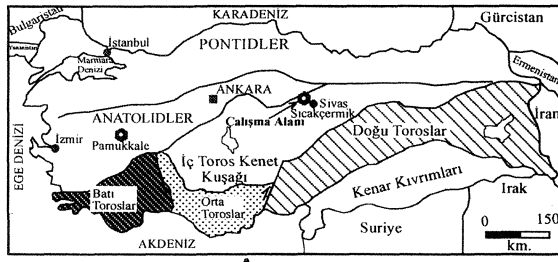
Key Words: Sıcakçermik, modern travertine, microbiologic activity, stable isotope

GİRİŞ

Travertenlerin tanımlanması (Julia, 1983) ve sınıflamaları konusunda bu güne kadar farklı görüşler ortaya konulmuştur (Scholl, 1960; Irion ve Müller, 1968; Buccino et al, 1978; Meredith, 1980; Julia, 1983; Chafetz ve Folk, 1984; Heimann ve Sass, 1989; Pedley, 1990; Ford ve Pedley, 1992; Pentecost, 1993; Altunel ve Hancock, 1993, Guo ve Riding, 1994, 1998). Bu çalışmalar sonucunda, travertenleri sınıflandırmada en kullanışlı ölçütün çökeltme morfolojileri olduğu kabul edilmiştir. Çünkü ideal bir sınıflama; a) farklı bölgelerde oluşan travertenlere, b) eski (aktif olmayan) ve güncel / aktif travertenlere ve, c) değişik ölçeklerdeki travertenlere uygulanabilir olmalıdır. Chafetz ve Folk (1984)' de belirtildiği gibi çökeltme morfolojisi çevrenin denetimine bağlıdır. Böylece araştırmacılar, traverten havuzları veya eğimli yüzeylerdeki organik veya inorganik çökeltme mor-

folojilerinin çevre denetiminde geliştiğini ortaya koymuşlardır. Bu nedenle dünyada çok iyi bilinen güncel travertenler (örneğin; Tivoli ve Rapolano Terme (Italy), Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park ve Bridgeport (USA), ve Pamukkale (Denizli) gibi morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır (Walter, 1976; Altunel ve Hancock, 1993, Guo ve Riding, 1994).

Eski travertenler ekonomik değer taşımaları yanında, güncel travertenler doğal güzellikleri nedeniyle dünyada doğal anıtlar olarak da korunmaktadır. Örneğin Pamukkale yöresi travertenleri hem kaplıca amaçlı, hem de oluşturdukları morfolojileri nedeniyle güncel doğa müzesi olarak korunmaktadır. Bununla birlikte araştırma konusunu oluşturan Sıcakçermik (Sivas) jeotermal alanındaki (Şekil 1a) güncel traverten oluşumları bu güne kadar yeterince dikkat çekmemiştir. Bunun nedeni, muhtemelen bu alanın yaklaşık 40 yıldır kaplıca turizmüne açık olması sonucu kaplıca suyunun sağlık amaçlı kullanılması ve oluşan güncel oluşumların da sürekli tahrip edilmesidir. İnceleme alanında bu güne kadar yapılan çalışmalar; kaplıca suyunun hidrojeolojisine (Erişen vd. 1996; Kaçaroğlu vd. 1994); yaşlı travertenlerin endüstriyel olarak kullanımına (Ayaz, 1998 ve, Ayaz ve Karacan, 2000) ve çevre jeolojisine (Şimşek, 1991 ve Tekin vd. 2000) yöneliktir. Fakat güncel traverten oluşumlarının kökeni, oluşturdukları morfolojik yapılar ve bu oluşumların petrografik özelliklerini kapsayan bir çalışma ise bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada güncel traverten oluşum süreçleri, bunların oluşturdukları morfolojik yapıların kökensel özellikleri tartışılacaktır.



Şekil 1: a) çalışma alanının yer buldum haritası (Özgül, 1984' den alınmıştır) b) çalışma alanının sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Ayaz, 1998' den sadeleştirilerek).

Figure 1: a) Location map of the study area (after Özgül, 1984) b) Simplified geological map of the study area (simplified from Ayaz, 1998)

MATERİYAL ve YÖNTEM

Güncel traverten oluşumlarına ait örnekler ve kaplıca su örnekleri araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Güncel travertenlerin yapısal sınıflamaları arazi gözlemleri ile değerlendirilmiştir. Traverten oluşumlarının yıllık çökeltmesi mevsimsel olarak ölçümler yapılarak değerlendirilmiştir.

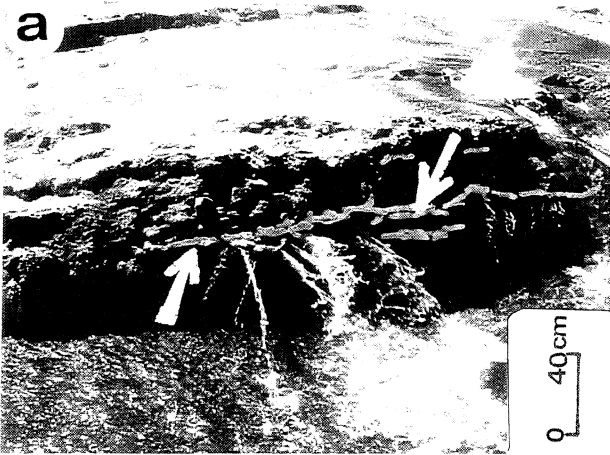
Diğer yandan, oluşum süreçlerinin ortaya konulması amacıyla öncelikle petrografik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Mikrodokusal özelliklerin ortaya konulması için ise Jeol JSM-840 model (Taramalı Elektron Mikroskopu - SEM) ve buna

SICAK ÇERMİK JEOTERMAL ALANI GÜNCEL TRAVERTEN ÇÖKELLERİ

bağlı Tracor TN-5502 marka (Enerji Dağılımlı Analiz - EDS) sistemiyle (TPAO Araştırma Merkezi ve ODTÜ Metalürji Mühendisliği Bölümünde) çalışılmıştır. İz element jeokimyası Hitachi Z-8200 Polarize Zeeman model AAS cihazı ile (Ankara Üniversitesi Araştırma Merkezi Laboratuvarında) yürütülmüştür. Travertenlerin kökenine yönelik 8^{13}C ve 8^{18}O duraylı izotop çalışmaları da Tubingen Üniversitesi İzotop Jeokimyası Laboratuvarlarında (Almanya) gerçekleştirilmiştir.

SICAKÇERMİK JEOTERMAL ALANININ JEOLÖJİK TANIMI

Bölgede temeli; kuvarsit, kuvarslı şist, kalkışit, mikaşit ve karstik mermerlerden oluşan Paleozoyik yaşlı Akdağ metamorfileri oluşturur. Bunun üzerine uyumsuz olarak Tersiyer yaşlı Pazarcık volkanitleri ve İncesu Formasyonu gelir. Pazarcık volkanitleri bazalt ve andezitlerden oluşmaktadır. İncesu Formasyonu ise karasal fasiyes özelliği gösteren kiltaş, siltaş, çakiltaş, kumtaş ve gösel kireçtaşlardan ibarettir (Atalay, 1993). Bu birimleri açısız uyumsuzlukla bölgedeki en genç oluşuklar olan Kuvaterner yaşlı traverten ve alüvyonlar üzerler (Erişen vd.1996 ve Ayaz, 1998) (Şekil 1b). Jeotermal alanın tektonik etkinliği Bingöl (1989) çalışmasında; K-G, KD-GB uzanımlara sahip eğim atımlı normal faylar ile bunlara bağlı ikincil gerilme çatlakları tarafından temsil edildiği belirtilmiştir.



Şekil 2: a) SiO_2 bandlaşması ile kısmen tabakalı konumda gelişen fissür-çatlak sırtı birikimi tipindeki güncel traverten oluşumları

Figure 2: a) Fissure-ridge type modern travertine formations developed in a poorly stratified manner due to SiO_2 banding

TRAVERTENLERİN MORFOLOJİK SINIFLAMASI

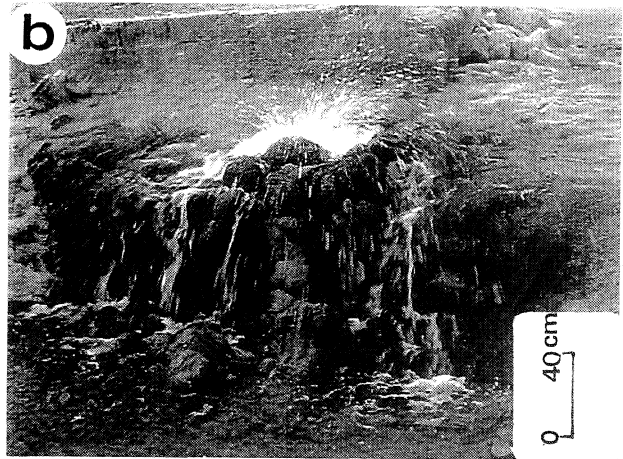
Sıcakçermik güncel traverten oluşumları, inorganik ve organik süreçler sonucunda oluşan başlıca dört tip morfolojik yapı sergilemektedir.

i- Fissur-Çatlak Sırtı Birikimleri:

Bu terim, Bargar (1978), Chafetz ve Folk (1984), Altunel ve Hancock (1993) tarafından dünyanın farklı yerlerinde oluşan travertenleri tanımlamak için kullanılmıştır. Sıcakçermik güncel traverten alanındaki bu tip oluşumlar, çatlak ve fissürler boyunca yüzeye çıkan suların çatlak kenarında oluşturdukları sırt tipi birikimlerdir. Bunlar bandlı ve tabakalı yapılar gösterirler. Bandlı yapıdaki oluşuma sıcak suyun kimyasal bileşimindeki SiO_2^f nin neden olduğu düşünülmektedir. Kirli beyaz, sarı, turuncu, bordo ve koyu kırmızı gibi renkler sunan bu tip birikimlerin güncel olanlarında 10-30 cm, eski olanlarında ise 40 - 60 cm arasında kalınlık belirlenmiştir (Şekil. 2a). Bunlar eski traverten alanlarında yer yer 1 - 2 km^2 lik alana yayılmış olduğu halde, güncel oluşumları her yıl kaplıca sezonun başında (yaz sezonunda) tahrip edilmesi nedeniyle oldukça sınırlıdır. Bu sırtların uzanımları ise yaklaşık KD - GB yönündedir.

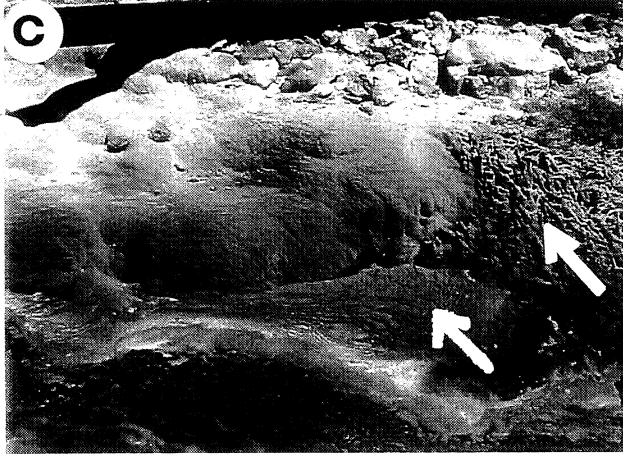
ii- Mikroşelale veya Çağlayan Çökelleri:

Sırt tipi traverten birikimleri ile yanal yönde geçişli olan oluşumlardır. İlk defa Herlinger (1981) tarafından tanımlanmıştır. Bu tip çökeller, çatlak ve



Şekil 2: b) Mikro şelale-çağlayan çökelleri ve stromatolitik yapılar

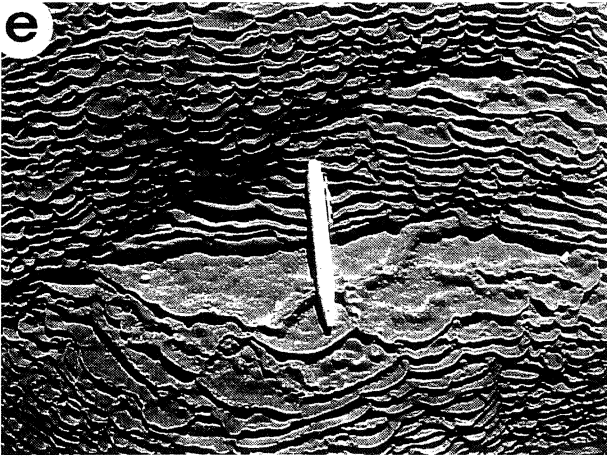
Figure 2: b) Micro-cascade/fall deposits and stromatolitic structures



Şekil 2: c) Mikro şelale-çağlayan¹ dan çıkan sıcak suyun aktığı hat boyunca temas ettiği bitki ve maki topluluklarında yaptığı ondüleli kalsifiye yapılar.

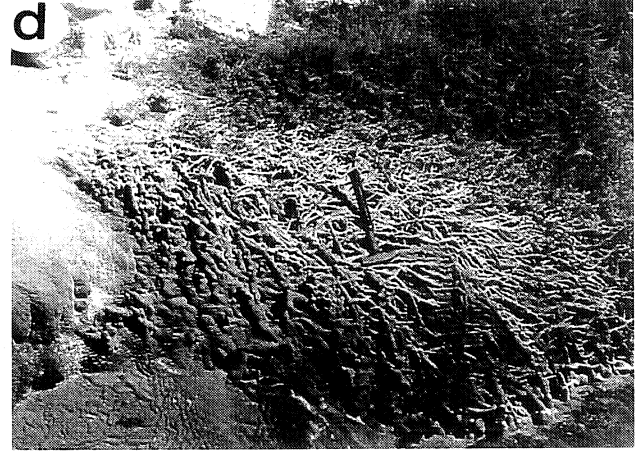
Figure 2: c) Undulated-calcified structures on shrubs and other plants developed by the hot water emerging from the micro-falls/cascades

fissürlerden çıkan CO₂'ce zengin sıcak suyun çıkış deliği çevresindeki eski traverten kabukları üzerindeki çökelleridir. Bu alanlarda tipik kısmen şiddetli akmalara bağlı olarak organik süreçlerin denetiminde gelişen stromatolitik yapılar oluşmaktadır (Şekil 2b). Burada suyun akış hızı, CO₂ gazının ani serbestlenmesi ve ışık yoğunluğu; organik süreçleri denetleyen mikrocanlı yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu alanlardaki su akışının türbülanslı ve çıkış basıncında ani düşüş olması hızlı karbonat çökmesini oluşturmaktadır. Ayrıca, suyun çağlayan / şelaleden çıktığı hat boyunca temas ettiği



Şekil 2: e) Kısmen laminasyonlu / ondülasyonlu mikro havuzcuklar topluluğu tarzında gelişen güncel taraça - teras kümeleri.

Figure 2: e) Modern terrace groups developed in the form of relatively laminated/undulated micro - pools.



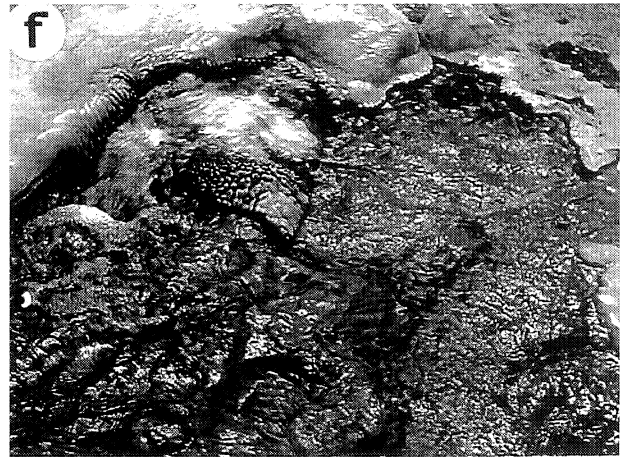
Şekil 2: d) Oldukça hızlı bir çökelişin ürünü olan kalsifiye yapıların yakın plan görünüşü.

Figure 2: d) A close-up view of calcified structures produced by a rapid deposition

bitki ve maki topluluklarını hızlı bir şekilde "kalsifiye" etmektedir (Şekil 2c, d). Mikro şelale-çağlayan çökelleri akıntı hızının düştüğü ve hidrostatik basıncın azaldığı bölümlerde taraça-teras kümelerine geçiş gösterir.

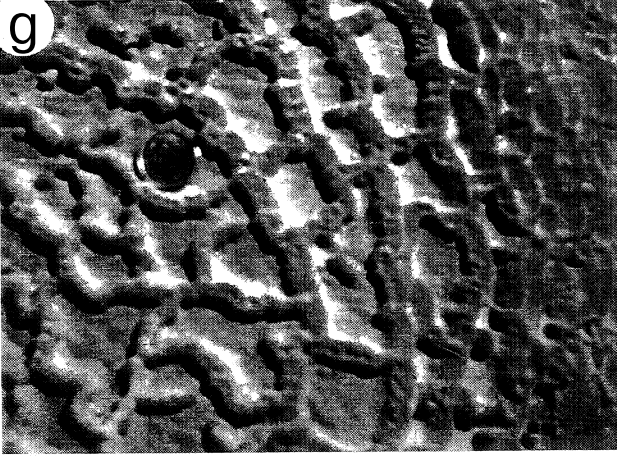
iii- Mikro Taraça - Teras Kümeleri:

İlk defa Bargar (1978) çalışmasında tanımlanmıştır. Bu yapılar, eğimli bir yamaç boyunca veya eğimin azaldığı alanlarda yer alan çökellerdir. Boyutları birkaç santimetreden bir kaç metreye kadar değişmektedir. Genel görünüşleri loblu yapıdaki ana teraslar üzerinde gelişen kısmen laminas-



Şekil 2: f) Minyatür göl yelpazesinin yakın plan görünüşü (mikro göl alanının etrafındaki olası algisi kökenli traverten kabuklaşması belirgindir).

Figure 2: f) A close-up view of a shallow lake-fan (notice the distinct travertine encrustment of algal origin encompassing the shallow lake)



Şekil 2: g) Minyatür göl yelpazesini oluşturan mikro havuzcuklar topluluğunun yakın plan görünüşü.

Figure 2: g) A close-up view of micro-pools forming the shallow lake-fan

yonlu - ondülasyonlu şekle sahip mikrohavuzcuklar topluluğu halindedir (Şekil 2e). Benzer yapılar ve tanımlamalar Schreiber vd. (1981)' de sunulmuştur. Ana terasın üst bölümlerinde daha hızlı çökeltme olduğu halde alt seviyelerde daha yavaştır. Bunun nedeni, alt bölümlere doğru suyun kısmen soğumasıyla açıklanabilir. Bunlara ilaveten, bu çökelmeler yoğun şekilde pizoyid oluşumları da içermektedirler. Pizoyidler, halen aktif haldeki ana terasların kenarındaki "traverten halka" çevresinde gözlenmektedir. Bu alanlar, dalga ve/veya çalkantının arttığı, alg ve cyanobacteria'larm kolayca bağlanabildiği ve karbonat çökeltmesinin pozitif yönde yoğunlaştığı yerlerdir.

iv- Minyatür Göl Yelpazeleri:

Bu tip oluşumlar ilk defa Chafetz ve Folks (1984)' de tanımlanmıştır. Çökeller, eğimin azaldığı ve topografyanın kısmen düzleştiği alanlardaki eski ana teraslar üzerinde sonradan oluşan minyatür gölcüklerden oluşur. Her bir gölcüğün tabanı düz ve su derinliği sığdır. Minyatür gölcükler suyu üstten alır veya ana teraslardan periyodik çalkalanma/taşkınlar sonucu aktarılan sıcak suyla beslenir. Her bir gölcüğün çevresinde kalsit çökeltmesi nedeniyle bir bariyer topluluğu gözlenir. Chafetz ve Folk (1984) çalışmasında bu bariyerleri uzun filamentli mavi-yeşil alg yığışmalarının oluşturduğu belirtilmiştir. Bariyerin yükselmesi, algisi kökenli traverten kabuklaşma işlemini hızlandıran su türbülansı da artırır (Şekil 2f). Ayrıca bu tip korunmalı minyatür göl yelpazesi içerisinde oldukça güncel demirli pizoyid ve yer yer de manganlı stromatolit oluşumları bulunmaktadır (Şekil 2g).



Şekil 2:h) Aktif olmayan travertenlerde izlenen (a) çatlak sırtı birikimleri, (b) mikro şelale - çağlayan çökelleri ve mikro taraça-teras kümeleri (c) türündeki traverten oluşumları.

Figure 2: h) In inactive travertines: r- Fissure-ridge accumulations, c- Micro-fall / cascade deposits, m- Micro-terrace formations.

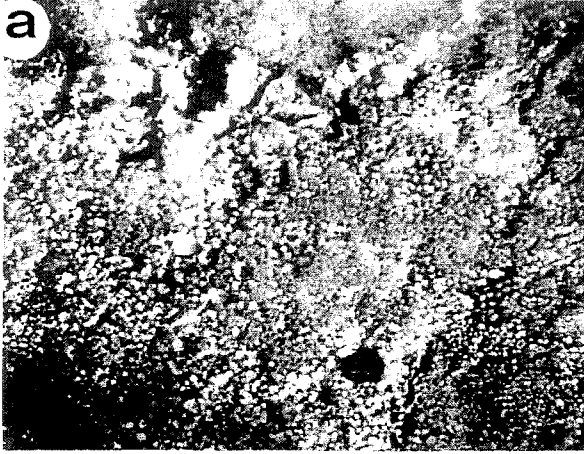
Diğer yandan, yukarıda tanımlanan bu dört temel tip traverten oluşumunun bölgedeki aktif olmayan travertenler üzerinde de görmek mümkündür (Şekil 2h). Yaklaşık 10m kalınlığa sahip bu aktif olmayan traverten kütlesi günümüzde kirletilmiş ve tahrip edilmiş haldedir.

TRAVERTENLERDE ÖZEL TİP KARBONAT ÇÖKELLERİ

Sıcakçermik jeotermal alanında; Guo ve Riding (1992, 1994, 1998), Chafetz ve Folk (1983 ve 1984), Meredith (1980), Risacher ve Eugster (1979), Schreiber vd. (1981), Chafetz ve Meredith (1983), Love ve Chafetz (1988), ve Renaut vd. (1998) çalışmalarında tanımlanan bazı organik kökenli karbonat çökelleri yer almaktadır. Bunlar, a) demirli pizoyidler, b) manganlı - demirli bodur yapılar ve, c) silisli - demirli-manganlı stromatolitlerdir (Şekil 3a - d). Bu oluşumların makro - mikrodokusal özellikleri aşağıda sunulmuştur.

i- Arazi Gözlemleri

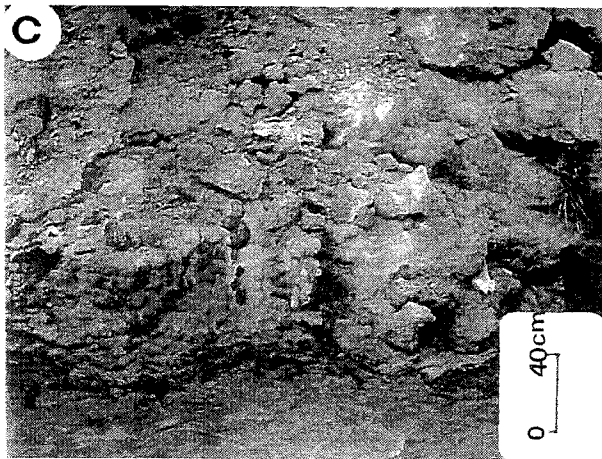
Demirce zengin pizoyid oluşumları, genellikle minyatür göl ve havuzlar içerisinde nadiren de bu havuzları sınırlandıran kısmen korunmalı ana terasların kenar zonlarında bulunur. Bunların çapları 3-12 mm arasında, renkleri ise kirli sarı ve turuncu renklerdedir. Pizoyidler arasında zayıf bir kalsit çimento gelişmesi vardır. Ele alındığında ise kolayca



Şekil 3: a) Minyatür göl yelpazesini oluşturan bir mikro havuzcuğun içerisindeki yumuşak dokulu demirli pizoidlerin yakın plan görünümü.

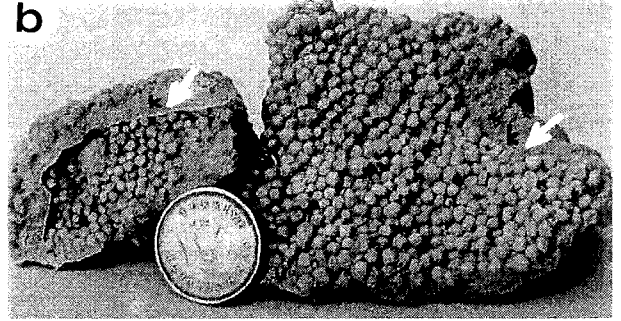
Figure 3: a) A close-up view of soft-textured ferrous pisoids in a micro-pool forming the shallow lake-fan

ayrılabilir. Kış ve yaz dönemlerini kapsayan periyotlar içerisinde oluşanlar oldukça yumuşak dokulu ve dağılgandır. Oluşum süreci bir yaz sezonu içerisinde rahatlıkla gözlenebilmektedir. Şekil 3a' da korunmalı minyatür göl alanı içerisinde oluşumu halen devam eden 3 - 4 mm çapında yumuşak dokulu demirli pizoidler görülmektedir. Şekil 3b' de ise 10 yıllık (gözleme dayalı) süre içerisinde oluşan 8 - 10 mm çapındaki demirli pizoid taneleri görülmektedir. Bunlar yaklaşık 3-4 mm kalınlığında, demir ve manganca zengin bir kalsitik lamina ile ayrılan üç esas zon halinde gözlenmektedir. Diğer yandan, bunlar benzetme yoluyla "bakteriyal onkolitler" olarak düşünülebilir.



Şekil 3: c) Mikro şelale-çağlayan yamacında oluşmuş ve üst seviyeleri kısmen tahrip edilmiş demir/manganca zengin loblu bodur yapılar.

Figure 3: c) Iron- and manganese-rich shrub structures developed on the slope of a micro-fall / cascade. The upper part is destroyed.

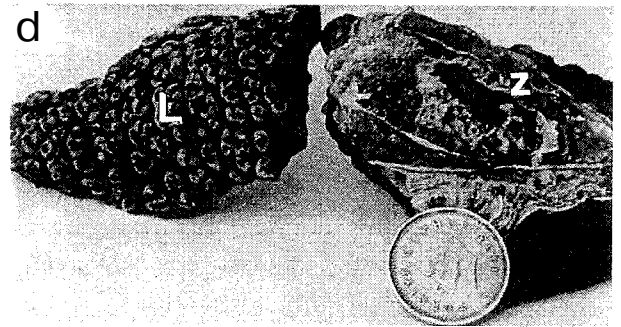


Şekil 3: b) Kompakt ve taşlaşmış yapıdaki demir ve manganca zengin kalsitik laminaların (k) görünüşü.

Figure 3: b) A view of the compact and petrified ferrous pisoid grains and iron- and manganese-rich calcitic lamination among them

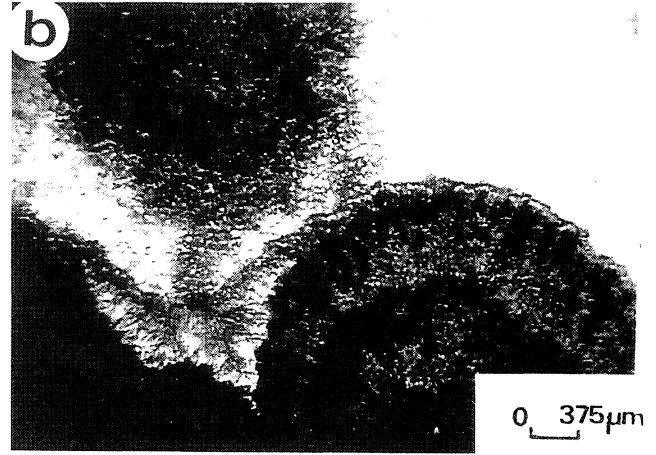
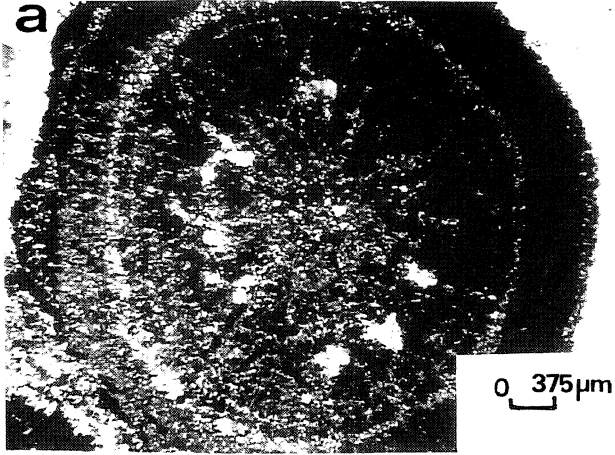
Ayrıca mikro şelale-çağlayanlardaki eğimin azaldığı yamaçlar ile mikro taraça-terasların kenar zonlarında, demir ve manganca zengin bodur yapılar (shrub fabrics) oluşmaktadır. Bodur yapı, Walter (1976)'nın tanımladığı "fosil bakteri stromatolitler" ile kısmen eşdeğer tutulabilir. Sıcakçermik jeotermal alanındaki bodur yapılar, gözle görülür büyüklükte yer yer loblu ve üzüm salkımını andırır tarzda ve temelde belirli bir istiflenme düzeninde gelişmişlerdir. Oluşumları süresince çalkantılı ve akış hızı fazla olan sıcak suyla sürekli temas halindedirler (Şekil 3c).

Yaygın olarak oluşan diğer bir organik çökel de Ghiorse, 1984; Neilson vd. 1989; Skinner ve Fitzpatrick, 1992; Ehrlich, 1996 ve Chafetz vd. 1998 tarafından tanımlanan silisli-manganlı-demirli stromatolitik alg yaygıdır. Şekil 3d' de görüldüğü gibi bunların merkezi kısımları kısmen gözenekli veya canlı bitki / ağaç parçasından ibarettir. Etrafında ise yüzlerce, hatta binlerce kez tekrarlanan karbonat



Şekil 3: d) Silisli-manganlı-demirli stromatolitik alg yaygıları (iç yapısı zebra tipte (z) ve üst yüzeyi lobludur (!)).

Figure 3:d) Siliceous-manganese-ferrous stromatolithic algal structures (the internal structure is of zebra type - Z -; the upper surface is lobous -L-).



Şekil 4: a) Demirli pizoyid tanesinin fotomikrografi (Tek nikol).

Figure 4: a) Photomicrograph of a ferrous pissoid grain (plane light).

laminasyonları mevcuttur. Karbonat laminasyonlarının silisli olanları beyaz, manganlı olanları kahverengi-siyah ve demirli olanları kırmızı-bordo renk sunarlar. Bu özelliklerinden dolayı yer yer "zebra yapılı" olarak da izlenirler. Dış yüzeylerinde ise tabular, kümülatif, sferülitik veya loblu demetler şeklindeki bodur yapılar oluşmuştur. Bu yapıların kalınlıkları yaklaşık 2 - 3 m ve yanal devamlılıkları 20 - 30 m'dir.

ii- Petrografik ve Mikrodokusal (SEM-EDS) Özellikleri

Pizoyid oluşumlarının çekirdeğinde çoğunlukla detritik bir mineral (kalsit veya kuvars) tanesi bulunduğu halde, bazılarında ise böyle bir çekirdeğin bulunmadığı gözlenmiştir (Şekil 4a). Pizoyid zarları muntazam, iç içe geçmiş konsantrik sarılımlar şeklindedir. Pizoyid taneleri arasında zayıf bir sparikalsit çimento da gözlenmektedir. (Şekil 4b).

Çizelge 1: İncelenen dolomit örneklerinin ana kimyasal bileşimi, duraylı izotop değerleri ve oluşum sıcakları.

Table 1: Major chemical composition, stable isotopic composition and formation temperatures of studied dolomite samples.

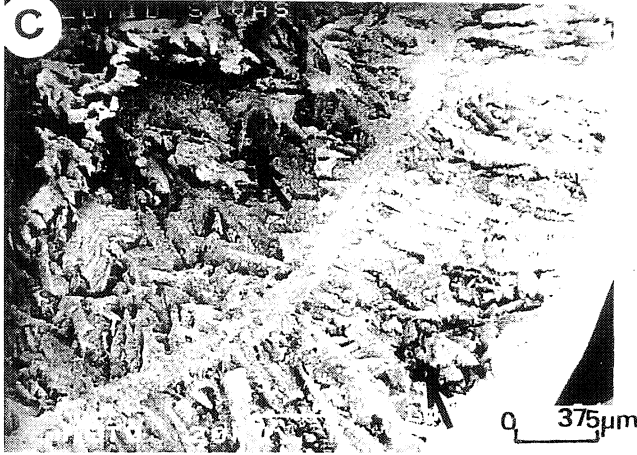
Örnek No	$\delta^{13}\text{C}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (PDB)	$\delta^{18}\text{O}$ (SMOW)	C_2CO_3 (mol%)	M_2CO_3 (mol%)	T°C
Ç-9	1.67	-5.18	25.57	37.65	62.35	35.58
KT-24	1.84	-5.20	24.02	30.12	69.88	35.68
Ç-10	2.81	-5.62	25.12	28.92	71.08	37.90
KT-25	2.01	-5.40	26.04	32.21	66.79	36.73
Ç-11	1.49	-6.10	24.62	59.75	40.25	40.50
KT-26	1.96	-5.50	24.18	36.42	63.58	37.26

Şekil 4: b) Pizoyid taneleri arasmdagelişen zayıf karakterli kalsit çimentonun fotomikrografi (Tek nikol).

Figure 4: b) Photomicrograph of weak sparicalcite cement binding pissoid grains (plane light).

Ayrıca pizoyidler de zonlanmalar belirlenmiştir (Şekil 4a - c). Muhtemelen bu zonlanmaya EDS ve AAS çalışmalarında tespit edilen Si, Fe ve Mn gibi eser elementler neden olmaktadır (Tablo 1). Burada ki Fe değerleri amorf demir, Si değerleri otijenik kuvars ve Mn değerleri ise Mn - indirgeyici bakterilere bağımlı nodüllerin oluşumlarıyla açıklanabilir. Bu tür dokusal tanımlamalar Chafetz ve Butler (1980), Chafetz vd. (1998), Jones vd. (1997 ve 1998) ve Renaut vd. (1998) tarafından da sunulmuştur. Diğer yandan ışınal karakterli zonları oluşturan düşük Mg'lu kalsit kristalleri arasında Cyanobacteria ve Pedomicrobium sp., türü delici-ogulayıcı tomurcuk bakterileri tespit edilmiştir (Şekil 4d, e). Bunlara ilaveten, bodur yapılar ve stramatolitlerde yürütülen SEM çalışmalarında da alg/bakteri etkisini gösterir patternler saptanmıştır. Bodur yapılı traverten kabuğunun merkezinde gözenekli yapı, etrafında ise "sütunsu" (column shape) tarzında gelişen kalsit dizilimleri gözlenmiştir (Şekil 4f).

Muhtemelen bodur yapıyı kapsayan her bir bakteri kümesi bir kalsit kristalinin merkezinde yer almaktadır. Tek bir bodur gövde üzerindeki dallar arası alan ise genellikle sparit ile doldurulmuş veya boş kalmıştır. Ayrıca bu oluşumların sığ su koşullarında da gelişebildiği düşünülmektedir. Folk ve Chafetz (1983) ve Chafetz ve Folk (1984), bodur yapıların büyümesini ve yukarıya doğru dallanmasını fototropik bir etki altındaki sülfür oksitleyici bakterilere bağlamaktadırlar. Diğer taraftan, Şekil



Şekil 4: c) Pizoyid tanesini oluşturan zarların ve bu zarlar üzerinde gelişen olası bakteri/algisi kökenli delgilerin SEM fotomikrografi

Figure 4: c) SEM photomicrograph of envelopes forming pissoids and borings of bacteria / algal origin on those envelopes

4g, h' de ise stromatolitlerdeki üzüm salkımını andıran ve yer yer de sferoidal karakterli loblu kürecikler görülmektedir. Loblu demetler arasındaki müsülaj bağlayıcı (Şekil 4g) ve loblu küreciğin dış yüzeyindeki "sivilceli yapı" (bumpy structure) yapısı (Şekil 4h) tipiktir. Bu yapılar bir çok çalışmacı tarafından alg veya bakteri faaliyetlerinin ürünü olarak yorumlanmıştır (Golubic, 1969; Walter, 1976; Chafetz ve Folk, 1984; Love ve Chafetz, 1986; Folk, 1993; Guo ve Riding, 1992, 1994 ve 1998; Jones vd. 1997, 1997b ve 1998; Chafetz vd. 1998 ve Renaut vd. 1998).



Şekil 4: e) Pizoyid /arlarını oluşturan mikrokristalen mikritler içerisindeki olası Cocco-spore türü delici-oygulayıcı tomurcuk bakterilerinin SEM fotomikrografi.

Figure 4: e) SEM photomicrograph of boring-budding bacteria of Cocco-spore type in micrites forming the pissoid envelopes.

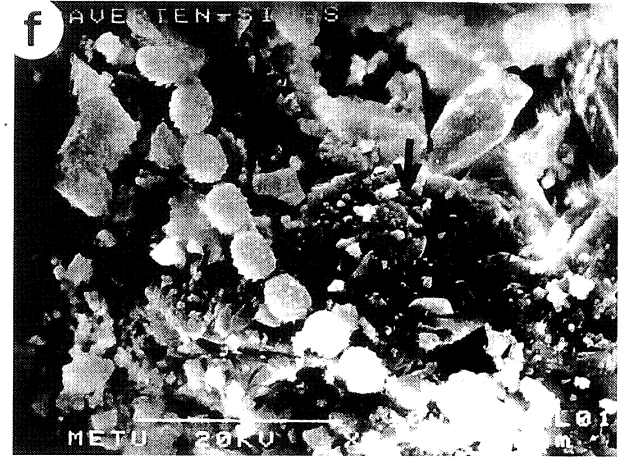


Şekil 4: d) Pizoyid zarlarını oluşturan mikrokristalen mikritler içerisindeki olası bakteri form yapıları ve alg filamentlerinin SEM fotomikrografi.

Figure 4: d) SEM photomicrograph of bacteriform bodies and algal filaments in micrites forming the pissoid envelopes.

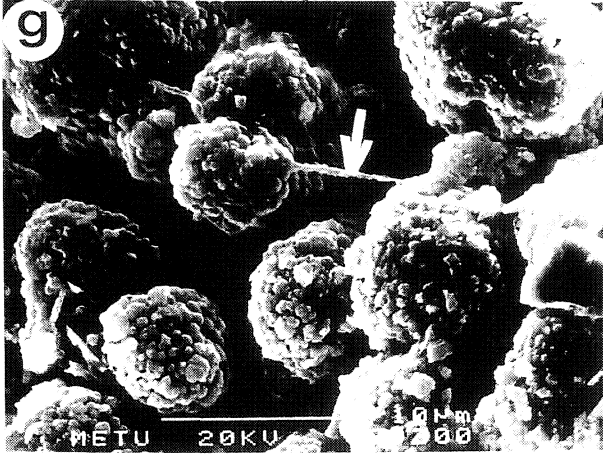
^{813}C ve ^{518}O DURAYLI İZOTOP ÇALIŞMALARI

Çalışmaya temel teşkil eden "özel tip karbonat oluşumlarında" yapılan duraylı izotop çalışmaları Tablo 1' de verilmiştir. Elde edilen ^{513}C ve ^{518}O sonuçları; jeotermal rezervuarı karbonatlı kayalarından oluşan karbonatça doymun sıcak suların meteorik kökenli ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak zaman zaman yağış (kar / yağmur) sularının da bu sisteme karışarak sedimantasyonda (çökeltme hızı ve



Şekil 4: f) Bodur yapılı travertenlerin iç yapısını oluşturan "column shape" tarzındaki mikrokristalen mikrit kümelerinin (ok ile işaretli) ve zincir şeklinde dizilmiş Cocco-spore türü uygulayıcı-bağlayıcı tomurcuk bakterilerinin SEM fotomikrografi.

Figure 4: f) SEM photomicrograph of column-shaped microcrystalline micrite g) ming the inner structure of travertine shrubs (arrow) and binding-budding bacteria of Cocco-spore type in micrites forming the pissoid envelopes.



Şekil 4: g) Stromatolitlerdeki sferoidal karakterli loblu kürecik demetleri ve bunlar arasındaki mütülaj maddenin SEM fotomikrografi.

Figure 4:g) SEM photomicrograph of lobous spheroidal bundles of spheroidal character in stromatolithes and binding mucus matter.

miktarı gibi) etkili olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar Kaçaroğlu vd (1994) tarafından bölgedeki sıcak su kaynaklarında yapılan izotop (^{18}O ve ^2D) çalışmalarıyla benzerlikler sunmaktadır. Özel tip karbonat oluşumlarındaki ^{18}O değerlerinin sıcak su değerlerine göre bir miktar yüksek olarak belirlenmesi olasılıkla sıcak-soğuk su (yağış suyu) karışımından kaynaklanmaktadır.

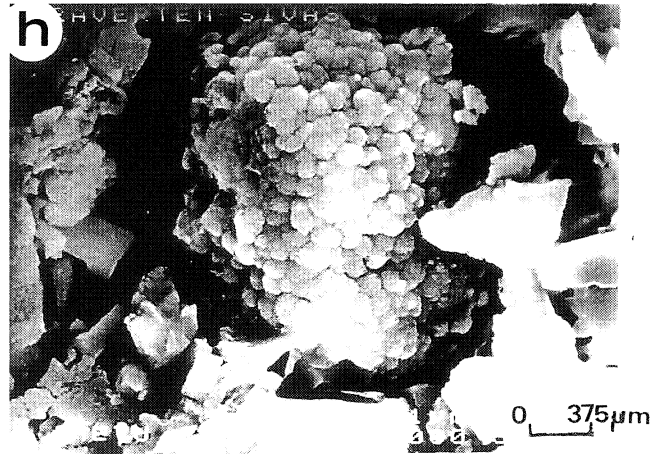
SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

1- İnceleme alanında organik ve inorganik süreçlerin denetiminde oluşan güncel karbonat çökelleri tanımlanmıştır. Bunlar; fissur-çatlak sırtı birikimleri, mikro şelale-çağlayan çökelleri, mikro taraça-teras kümeleri ve minyatür göl yelpazesi tortularıdır.

2- Belirlenen dört tip morfolojik yapılar içerisinde özel tip karbonat çökelleri (demirli pizoidler, manganlı - demirli bodur yapılar ve silisli - demirli-manganlı stromatolitler) tanımlanmıştır.

3- Bu özel tip karbonat çökellerinin petrografik - mikrodokusal çalışmaları sonucu kalsit kristallerinin kademeli büyüme şeklinde geliştikleri belirlenmiştir. Ayrıca bu çökeller içerisinde bakteriyal aktivitenin işaretçisi olan bazı özel yapılar (yumrular, kürecikler, elipsoidler, çubuklar, filamentler ve bal peteği /



Şekil 4: Bir loblu küreciğin dış yüzeyindeki "bumpy" yapısının SEM fotomikrografi.

Figure 4:h) SEM photomicrograph of a bumpy structure on the outer surface of a lobous spheroids.

üzüm salkımı demetleri gibi) saptanmıştır. Bunlara ilaveten, ikincil erime boşlukları ve CO_2 gaz çıkışı delikleri de aynı örneklerde gözlenmiştir.

4- Ana - iz element analizleri ve duraylı izotop çalışmaları güncel traverten çökellerine neden olan suyun jeotermal rezervuarı karstik karbonatlı kayalardan oluştuğunu ve meteorik kökenli olduğunu göstermektedir. Sıcak su ve güncel çökellerde tespit edilen oksijen izotop değerlerindeki farklılık ise soğuk suyun (yağış) çeşitli oranlarda sisteme karışımı olarak yorumlanmıştır.

5- Sivas - Sıcakçermik jeotermal alanında, travertenlerin oluşturduğu Dünya' da ender görülen yapıların ve çukurlukların bir çöp deposu olarak kullanımı engellenmelidir. Bu alan bir doğa parkı olarak korunmaya alınmalı ve tanıtılmalıdır.

EXTENDED SUMMARY

Recent travertine deposits are observed in the Sıcakçermik hot springs area located northwest of Sivas, Central Anatolia. Although Pamukkale is very popular for health and sight viewing, no special attention has been paid to the modern travertine deposits in the Sıcakçermik geothermal field (Figure la - b). Previous studies on the Sıcakçermik geothermal field have dealt mostly with the hydrogeology (Erişen et al., 1996) and the industrial use of old travertines (Ayaz, 1998). For a long time, the area has been exploited for the thermal tourism. The thermal water of the study area has been utilized in ther-

mal resorts. The modern deposits of travertines have been continuously destroyed. This paper deals with the origin, morphology, and the petrographic properties of the Sıcakçermik modern travertines.

Travertines display a wide variety of fascinating textures and structures that are obvious even to a casual observer. They are usually preservation areas strictly protected by governmental regulations in some parts of the world. Sıcakçermik geothermal field too manifests a marvelous landscape feature continuously interrupted by human activities. The modern travertine deposits in the Sıcakçermik area yield four distinct types of morphologies developed by both organic and inorganic processes. The details of these unique features are described in the following subsections (Figure 2a - g).

i- Fissure-ridge travertines: This type of travertine deposits develop in the Sıcakçermik geothermal field in the form of ridge accumulations along the fissures and joints brought by hot water emerging from discontinuities. They include banded and stratified structures. The banded levels are thought to have been produced by the existence of SiO_2 in hydro thermal solutions.

ii- Waterfall or Cascade Deposits: These are the deposits on the paleotravertine crusts adjacent to the vents giving way to the CO_2 -rich hot hydrothermal waters. These locations are typical places of stromatolitic structure developments (Figure 2b) as a consequence of organic processes dependent upon the rapid flow of hot water.

iii- Terrace-mound: Bargar (1978) first used this term to describe the deposits found on sloping ground or areas where the slope angle flattens out. As for their dimensions, they show a variety of sizes from a few cm to several meters. They are found in the form of the colonies of micro-pools with somewhat laminated and undulated morphology, developed on the lobous shaped main terrace (Figure 2e).

iv- Shallow lake-fans: The deposits of this type are found in small ponds on old main terraces where the slope angle is significantly reduced and flattens out.

The four distinct morphologies of travertine deposits are also found on the old (inactive) travertines (Figure 2h). Approximately 10 m in thickness, this old travertine series was contaminated and destroyed.

There are several types of organic deposits in the geothermal field of Sıcakçermik. These organic deposits are: a) ferrous pisoids, b) manganous-ferrous travertine shrubs, c) siliceous-ferrous-manganous stromatolites (Figure 3 a-d).

Although it is common to see a detritic mineral (calcite or quartz) at the core of the pisoid formations, some pisoids lack this nucleus. (Figure 4a). The pisoids are formed by regular envelopes in a concentric manner from the nucleus to outward. Regular zonation is also observed in pisoids (Figure 4a-c). Examinations of pisoids also revealed the existence of Cyanobacteria and *Pedomicrobium* sp. type of boring-budding bacteria forming the radial zones between the low-Mg calcite crystals (Figure 4 d-e). Travertine crust with the shrub fabrics has a porous structure at its center surrounded by rows of calcite developed in "column shape" manner (Figure 4f). It is very likely that a bacteria colony having a shrub fabric forms the nucleus of each calcite crystal. The area between the branches of a single shrub is usually filled with sparite. These features may develop in shallow water conditions as well. Chafetz and Folk (1984) attribute the growth and upward branching of shrubs to sulfate reducing bacteria under the influence of phototrophic conditions. Figure 4g shows the lobous spheroidal structures in stromatoliths resembling grape bundles. The mucus matrix between lobous bundles (Figure 4g) and the bumpy structure on the outer face of the lobous sphere (Figure 4h) are typical features of stromatoliths. These structures were interpreted to be the products of algal or bacterial activity by some researchers (e.g. Golubic, 1969; Love and Chafetz, 1988; Folk, 1993; Guo and Riding, 1994; Jones et al., 1997, 1997a, 1997b, and 1998; Chafetz et al., 1998; Renaut et al., 1998, Guo and Riding, 1998).

The data collected through all the utilized techniques suggest that the microbiological activities are dominantly effective in the formation the travertines of Sıcakçermik hot springs area, and travertines were produced by sulfate-reducing, boring-budding bacteria such as Coccoids, *Pedomicrobium*, *Beggiatoa* sp., *Thiobacillus* sp., as well as blue-green algae (Cyanobacteria).

In addition, it was obtained from stable isotope analyses data of the different type travertine that $\delta^{13}\text{C}$ values are between 6.95 and 8.09 ‰, and $\delta^{18}\text{O}$ between -15.73 and -16.76 ‰. These data indicated that carbonaceous spring water is of meteoric origin and seasonal precipitation.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmayı 98-05-01-02 kod no'lu araştırma projesi olarak destekleyen Ankara Üniversitesi Araştırma Fon Müdürlüğüne ve izotop çalışmalarındaki katkılarından dolayı Prof. Dr. M. Satır (Tubiengen Univ. - Almanya)¹ a teşekkür ederler. Ayrıca bilimsel katkıları ve makalenin şekillenmesinde ki eleştirilerinden dolayı Prof. Dr. Şakir Şimşek (H.Ü) ve Prof. Dr. Hüseyin Yalçın (C.Ü)¹ a teşekkürü borç bilirler.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altunel, E. ve Hancock, P.L., 1993, Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale; *Türk. Jeol. Bült.*, 28, 335-346 (in Turkish).
- Atalay, Z., 1993, Sivas'ın batısı ve güneybatısında ki karasal Neojen çökellerinin stratigrafisi ve çökel ortamları. C.Ü. Fen Bilimleri Enst. Jeol. Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E., 1998, Sıcakçermik (Yıldızeli-Sivas) yöresindeki traverten sahalarının jeolojisi ve travertenlerin endüstriyel özellikleri, Cumhuriyet Univ. (Doktora tezi), 157 s., (yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E. ve Karacan, E., 2000, Sivas batısındaki traverten oluşumlarının yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi. *Jeol. Müh. Derg.*, 24/1,87-99.
- Bargar, K.E., 1978, Geology and thermal history of Mammoth Hot Springs, Yellowstone National Park, Wyoming. *Bull, US Geol. Surv.*, 1444.
- Bingöl, E., 1989. 1/200000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. M.T.A. Genel Müd. Yayını, 263 s.
- Buccino, S.G., D'argenio, V. ve Ferri, V., 1978, I travertini della Bassa Velle del Tanagro (Campania) studio geomorphologico, sedimentologico e geochimico (with English abstract): *Boll. Coc. It.*, 97, 617-646.
- Chafetz, H.S. ve Butler, J.C., 1980, Petrology of recent caliche pisoliths, spherulites (after *Microcodium*), and speleothem deposits: *Sedimentology*, 27, 497-518.
- Chafetz, H.S. ve Meredith. J.C., 1983, Recent travertine Pisoliths (Pisoids) from Southeastern Idaho, U.S.A. In: *Coated Grains* (Ed. By T.M.Peryt), 450-455. Springer -Verlag, Berlin.
- Chafetz, H.S. ve Folk, R.L., 1984, Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *J. Sedim. Petrol.*, 54, 289-316.
- Chafetz, H.S., Akdim, B., Julia, R. ve Reid, A., 1998, Mn- and Fe- rich black travertine Shrubs: Bacterially (and Nannobacterially) induced precipitates. *J. Sedim. Research*, 68, 404-412.
- Ehrlich, H.L., 1996, Geomicrobiology of manganese, Chapter 15 in Ehrlich, H.L., *Geomicrobiology*, 3rd Edition: New York. Marcel Dekker, 389-489.
- Erişen, B., Akkuş, I., Uygur, N. ve Koçak, A., 1996. Türkiye Jeotermal Envanteri. M.T.A. Genel Müd. Yayını. 168 s.
- Folk, R.L. ve Chafetz, H.S., 1983, Pisoliths (pisoids) in Quaternary travertines of Tivoli, Italy, in Peryt, T.M., ed., *Coated Grains*: New York, Springer-Verlag, 474-487.
- Folk, R.L., 1993, SEM imaging of bacteria and nanobacteria in carbonate sediments and rocks. *J. Sedim. Petrol.*, 63, 990-1000.
- Ford, T.D. ve Pedley, M.H., 1992, Tufa deposits of the world: *J. Speleol. Soc. Japan*, 17, 46-63.
- Ghiorse, W.C., 1984, Biology of iron-and manganese depositing bacteria: *Annual Review of Microbiology*, 38, 515-550.
- Golubic, S., 1969, Cyclic and noncyclic mechanisms in the formation of travertine: *Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol*, 7, 956-961.
- Guo, L. ve Riding, R., 1992, Aragonite laminae in hot water travertine crusts, Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 39, 1067-1079.
- Guo, L. ve Riding, R., 1994, Origin and diagenesis of Quaternary travertine shrub fabrics, Rapolano Terme, Central Italy. *Sedimentology*, 41,499-520.
- Guo, L. ve Riding, R., 1998, Hot-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene,

- Rapolano Terme, Italy. *Sedimentology*, 45, 163-180.
- Heimann, A. ve Sass, E., 1989, Travertines in the northern Hulla Valley, Israel. *Sedimentology*, 36, 95-108.
- Herlinger, D.L., 1981, Petrology of the Fall Creek travertine: Bonneville County, Idaho (unpub. Master's thesis): Univ. Houston, 172 p.
- Irion, G. ve Müller, G., 1968, Mineralogy, Petrology and Chemical composition of some calcareous tufa from the Schmabische Alb. Germany, in Müller, G., and Friedman, G.M., eds., *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*: New York, Springer Verlag, 157-171.
- Jones, B., Renaut, R.W. ve Rosen, M.R., 1997, Vertical zonation of biota in microstromatolites associated with Hot Springs, North Island, New Zealand. *Palaios*, 12, 220-236.
- Jones, B., Renaut, R.W. ve Rosen, M.R., 1997a, Biogenicity of silica precipitation around geysers and hot-spring vents, North Island, New Zealand. *J. Sedim. Research*, 67, 88-104.
- Jones, B., Renaut, R.W. ve Rosen, M.R., 1997b, Vertical zonation of biota in microstromatolites associated with hot springs. North Island, New Zealand. *Palaios*, 12, 220-236.
- Jones, B., Renault, R.W. ve Rosen, M.R., 1998, Microbial biofacies in hot-spring sinters: A model based on Ohaaki Pool, North Island, New Zealand. *J. Sedim. Research*, 68, 413-434.
- Julia, R., 1983, Travertines. In: *Carbonate depositional environments* (Ed. by P.A. Scholle, D.G. Bebout and C.H. Moore), Tulsa, Oklahoma, Am. Ass. Petrol. Geol., 33, 64-72.
- Kaçaroğlu, F., Nacitarhan, V., Değirmenci, M., Hizmetli, S., Elden, H. ve Göker, İ., 1994, Sivas-Sıcakçermik termal suyunun hidrojeolojisi ve Gonartrozlu olgularda Terapotik olarak fizik tedavi yöntemleri ile karşılaştırılması. *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, Pamukkale Uni.-Denizli*, 281-295.
- Love, K.M. ve Chafetz, H.S., 1988, Diagenesis of laminated travertine crusts, Arbuckle Mountains, Oklahoma. *J. Sedim. Petrol.* 58, 441-445.
- Meredith, J.C., 1980, Diagenesis of Holocene-Pleistocene (?) travertine deposits: Fritz Creak, Clark County and Fall Creek, Bonneville County, Idaho (unpub. Master's thesis): Univ. Houston, 263 p.
- Nealson, K.H., Rosson, R.A. ve Myers, C.R., 1989, Mechanisms of oxidation and reduction of manganese, Chapter 13 in Beveridge, T.J., and Doyle, R.J., eds., *Metal Ions and Bacteria*: New York, Wiley, 383-411.
- Ozgul, N. (1984) Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurides. In: Tekeli, O. and Goncuoglu, C. eds., *Geology of the Taurus Belt*, 77 - 90.
- Pedley, H.M., 1990, Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sedim. Geol.*, 68, 143-154.
- Pentecost, A., 1993, British travertines: a review. *Proceedings of the Geologists Association*, 104, 23-39.
- Renaut, R.W., Jones, B. ve Tiercerelin, J.J., 1998, Rapid in situ silicification of microbes at Loburu hot springs, Lake Bogoria, Kenya Rift Valley. *Sedimentology*, 45, 1083-1103.
- Risacher, F. ve Eugster, H.P., 1979, Holocene Pisoliths and encrustations associated with spring-fed surface pools, Pastos Gradnes, Bolivia. *Sedimentology*, 26, 253-270.
- Scholl, D.W. , 1960, Pleistocene algal pinnacles at Searles Lake, California. *J. Sedim. Petrol.*, 30, 414-431.
- Schreiber , B.C., Smith, D. ve Schreiber, E., 1981, Spring peas from New York State: Nucleation and growth of fresh water hollow soliths and pisoliths. *J. Sedim. Petrol*, 51, 1341-1346.
- Skinner, H.C.W. ve Fitzpatrick, R.W., 1992, Iron and manganese biomineralization. In: Skinner, H.C.W., and Fitzpatrick, R.W., eds., *Biomineralization Processes, Iron, Manganese: Cremlingen, Germany*, Catena Verlag, Catena Supplement, 21, 1-6.

SICAK ÇERMİK JEOTERMAL ALANI GÜNCEL TRAVERTEN ÇÖKELLERİ

Şimşek, Ş., 1991, Termal suların oluşturduğu doğal anıtlar ve çevre korunmasının hidrojeolojik ve balneolojik açıdan önemi. II. Ulusal Balneoloji ve Tıbbi Biyometeoroloji Kongresi. Bildiri Özetleri, 11.

Tekin, E., Kayabah, K., Ayyıldız, T. ve İleri, Ö., 2000, Evidence of microbiologic activity in modern travertines: Sıcakçermik geothermal field, central Turkey. Carbonates & Evaporites, 15/1, 19-27.

Walter, M.R., 1976, Geysers of Yellowstone National Park: an example of abiogenic "stromatolites" In: Stromatolites (Ed. by M.R. Walter), 87-112. Elsevier, Amsterdam.

Makalenin geliş tarihi: 11.12.1999

Makalenin yayma kabul edildiği tarih: 24.11.2000

Received December 11, 1999

Accepted November 24, 2000

