



SALDA GÖLÜ'NDE BİOMİNERALİZASYON VE STROMATOLİT OLUŞUMU

Biomineralization and Stromatolite Creation in Lake Salda



Ekim 2020
Yıl: 3 Sayı: 5
Sayfalar: 24-36

Dr. Erol KESİCİ*

SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi
Emekli Öğretim Üyesi Eğirdir,
Isparta

erolkesici@sdu.edu.tr

Dr. Kutsal KESİCİ

kutsalkesici@gmail.com

Cevdan KESİCİ

kesici.erol@gmail.com

*Sorumlu Yazar

Anahtar kelimeler

Salda Gölü, Cyanobacteria,
hidromanyezit, biyomineralizasyon,
stromatolit oluşumu,
Alchichica Gölü

Keywords

Lake Salda, Cyanobacteria hydro-
magnesit, biomineralization, stro-
matolite creation, Alchichica Lake

Yazıların tüm teknik ve hukuki sorumluluğu yazarlarına aittir. İleri sürülen fikir ve iddialar Doğa ve Sürdürülebilirlik Derneğinin görüşünü yansıtmayabilir.

Yeryüzündeki ekosistemlerde canlı ve cansız öğeler, enerji akımı, kimyasal döngüler ve popülasyon denetimleri gibi üç temel işlevle birbirine bağlanmakta ve bu üç işlev ekosistemlerin niceliksel olarak çalışabilmesi için gerekli temeli oluşturmaktadır.

Mineralizasyon olayı, doğada kendiliğinden meydana gelen biyolojik ve kimyasal olaylardır. biyomineralizasyon olayı ise mineralleşme olarak belirtilmekte ve özellikle Prokaryot (bakteriler, mavi-yeşil algler) canlılar tarafından gerçekleştirilmektedir. Biyomineralizasyon gerçekleştiği su ekosisteminin özelliklerine göre farklı oluşumlara neden olmaktadır. Buna göre Salda Gölü'nün jeolojik oluşumu, jeolojik fosil kayaç dokusu, kretase kireçtaşları, çevresi, biyolojik çeşitliliği, iklimi, gölün ve göle ulaşan suların kalitesi, özellikle göl suyunun alkalinitesi (pH 9.2-9.4) gibi ekolojik yapı reaksiyonların oluşmasında biyomineralizasyon önem arz etmektedir. Salda Gölü'ndeki biyomineralizasyonu gerçekleştiren; yeryüzünün en eski ve ilkel canlıları olup, enerji kaynağı olarak güneşi kullanan fotosentez yoluyla kendi besinini ve ortamın oksijenini üretebilen *Chroococcus* sp. Cyanobacteria (mavi-yeşil algler) grubuna ait türlerdir. Salda Gölü'nde mavi-yeşil alglerin yüzeye yapışarak kümelenmesi sonucunda oluşan biyofilmlerinin tortu tanelerinin bir araya gelip birikmesi ve donması ile sığ sularda oluşan, genişleme eğilimli katmanlı yapılar olan manyezitli stromatolitlerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada daha önceki araştırmalar doğrultusunda, literatür çalışmalarının da katkısıyla Salda Gölü'ndeki sulu manyezit oluşumunun dünyadaki benzer özelliklerini taşıdığı bildirilen Kanada'daki Alchichica Gölü'ndeki biyomineralizasyon sonucu oluşan stromatolit oluşumlarının gerçekleştiği çökellerle karşılaştırılması da amaçlanmıştır.

ABSTRACT

In the ecosystems on earth, living and inanimate elements are linked by three basic functions such as energy flow, chemical cycles and population controls, and these three functions form the basis for the ecosystems to work quantitatively. The mineralization event is biological and chemical events that occur spontaneously in nature.

The biomineralization event is specified as mineralization and is carried out especially by Prokaryota (bacteria, blue-green algae) living things. Depending on the characteristics of the ecosystem, biomineralization water causes different formations. Accordingly, the geological formation of the Salda Lake - geological fossil rock texture - Cretaceous limestones - its environment, biological diversity, climate, the lake - the quality of the waters reaching the lake, especially the alkalinity of the lake water (pH 9.2 - 9.4), etc. ecological structure is important in the formation of reactions. Performing bio-mineralization in Salda Lake; They are the oldest-primitive creatures on earth and are *Chroococcus* species Cyanobacteria, which can produce their own food and the oxygen of the environment through photosynthesis, which uses the sun as an energy source.

In Lake Salda; The oldest and primitive creatures of the world, blue-green algae - Cyanobacteria-biofilms (a cluster of microorganisms to which they stick to the surface) enable the formation of magnesite stromatolites, which are layered structures that tend to expand, form in shallow waters and tend to expand.

In this study, in line with our previous researches, it is aimed to compare with the sediments in which bioma- mineralization formed as a result of bio-mineralization in Alchichica Lake (Canada), which is reported to have similar properties in the world, with the contribution of the literature studies.



DOĞANIN SESİ



Salda Gölü genel görünüm

GİRİŞ

Salda Gölü, Güneybatı Anadolu'nun, göller bölgesi diye adlandırılan Ege Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi arasında kalan kesiminde, Burdur'un Yeşilova ilçesinde, ilçe merkezine 4 km uzaklıkta ormanla kaplı tepeler, kayalık araziler ve küçük alüvyal ovalarla karstik, dışa akışı olmayan kapalı havzalı yapıda yer alan doğal bir göldür. Gölün deniz seviyesinden yüksekliği 1140 m'dir. Göl, yaklaşık 6.8 km eninde, 9.186 km uzunluğunda tektonik bir çukurun üzerine yerleşmiş kapalı bir çöküntü havzasında oluşmuş, yüz ölçümü yaklaşık 44 km²'dir. Göl 184 m.'ye varan derinliği ile Türkiye'nin 2'inci en derin doğal gölüdür. Suyunun temizliği ve turkuaz rengiyle oluşan güzel manzaranın yanı sıra, güneybatı ve güneydoğu kıyılarında yer alan küçük kumsallar alanın rekreasyon amaçlı kullanımına olanak sağlamaktadır.

Salda Gölü ve çevresinde en altta Geç Jura yaşlı Dutdere kireçtaşları bunun üzerine tektonik dokunaklı olarak Jura-Kretase yaşlı Kızılcadağ melanjı, Orhaniye formasyonu ve Marmaris peridotiti gelmektedir. İki milyon yıl önce Neojen sonunda oluşan göl, iki önemli alandan meydana gelmiştir. Bu alanlardan biri antiklinal sahasında kıvrım eksenlerinin alçaldığı bir bölüme çevre sularının toplanmasıyla oluşan batık alanlardır. Diğer kısımda ise tektonik hareketlere maruz kalması sonucu göl çevresinde, gitgide alçalın kıyılar ve basamaklar halinde dik kıyılar meydana gelmiştir. Salda Gölü, hafif tuzlu, suyun yapısında magnezyum, soda ve kil bulunması nedeniyle de sert su ve çok yüksek alkalin özelliğine sahip bir göldür. Göl trofik durum indeksine göre besin maddesine fakir, oligotrofik özelliktedir. Fazlaca düşük azot ve fosfat bileşenleri ve bunun sonucunda çok düşük klorofil a yoğunluğuna sahip olması bunun göstergesidir.

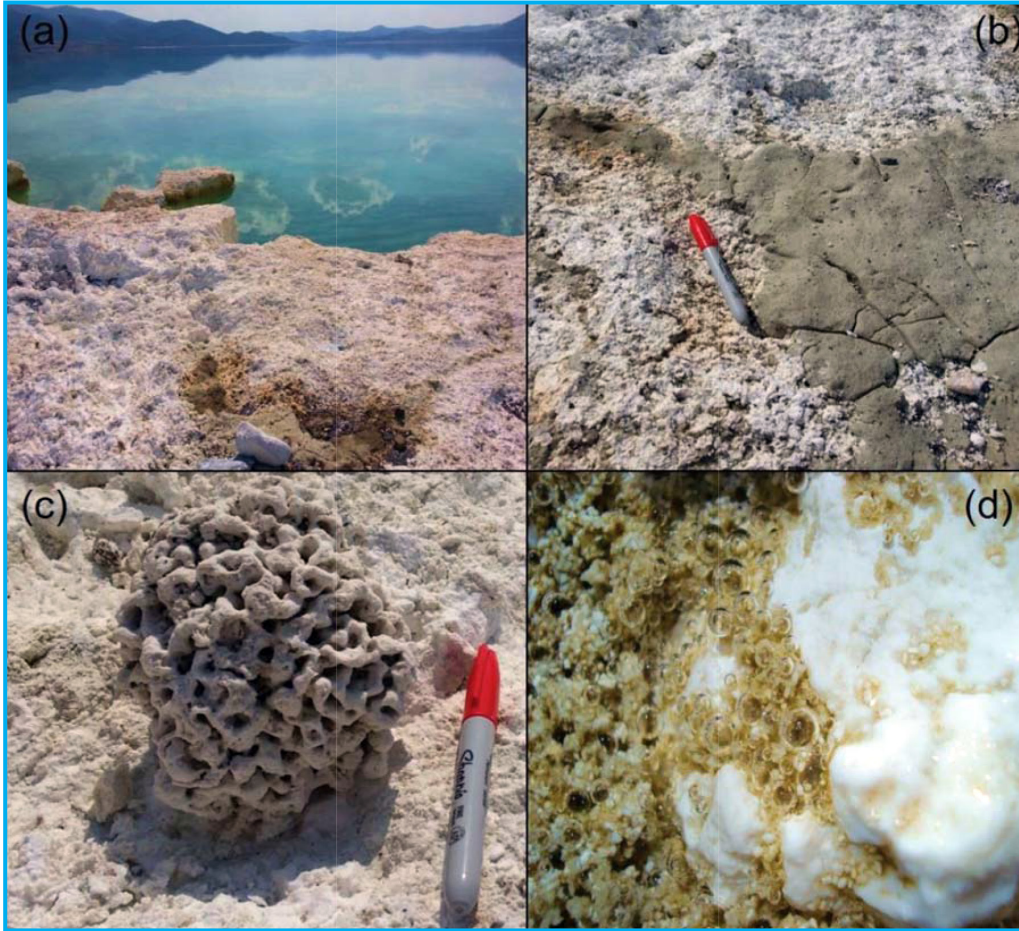


DOĞANIN SESİ

SALDA GÖLÜ'NDEKİ BİYOMİNERALİZASYON

Biyomineralizasyon, yaygın olarak toprak, su ve deniz çöktülerinde görülen canlı organizmaların oluşturduğu tüm ya da kısmi mineralleşme demektir. Canlılar tarafından minerallerin oluşumu olan biyomineralizasyon hemen hemen yeryüzünde yaşayan tüm canlılarda gerçekleşen doğal bir olay olmakla birlikte, her organizma mineral sentezinde farklı mekanizma gerçekleştirir. İlk olarak 3,5 ila 3,8 milyar yıl önce oluştukları tahmin edilen manyezitler, özellikle daha çok mavi-yeşil algler olarak bilinen Cyanobacteria gibi mikroorganizmaların biyofilmleri- su ile temas eden, canlı veya cansız bir yüzeylere yapışarak akıcılığı az, cansız bir sıvı ortamı içerisinde gömülü halde yaşayan organizmaların oluşturduğu toplulukta tortu tanelerinin bir araya gelip yapışması, birikmesi ve donması ile sığ sularda oluşan genişleme eğilimli çökellerdir. Bu reaksiyonların gerçekleşmesinde Salda Gölü'nün, derin deniz çökellerinde okyanusal kabuğun kalıntılarını içeren ve istif (ofiyolitik) kayalar üzerinde gelişme gösteren çökellerin, gölün suyunu dışarıya veremeyen kapalı bir sistem özelliğinde olması çökellerin göl içerisinde kalmasını ve suda çözünen kayalardan dolayı gölün yüksek baz özelliklerine sahip olması da, göle özgü, sulu manyezitlerin oluşumunda belirleyici olmaktadır.

Salda Gölü'nde biyomineralizasyon reaksiyonlarıyla hidromanyezitlerin oluşumu; tektonik dönemlerde oluşan çökellerle, günümüzde gölde yeniden çökeltme ile oluşan depolama ürünleri olarak devam ettiği bildirilmektedir (Şekil 1. a.b.c.d. Balcı vd.).

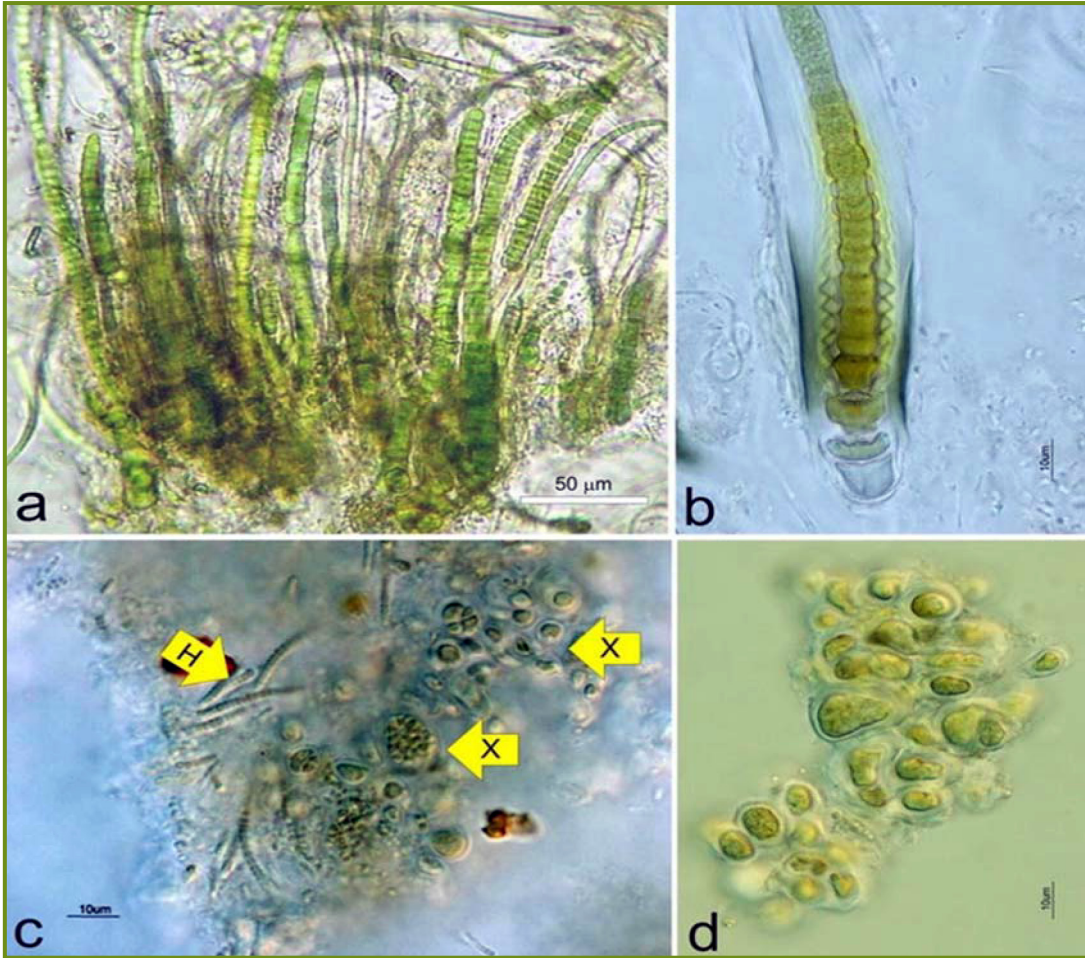


Şekil 1. a) Salda Gölü teras çökelleri ve su yüzeyine çıkmış tabakalı kaynaşık yapılar (stromatolit) b) Hidromanyezit çamuru ve ara katkısı c)Fosil Salda stromatoliti d) Güncel çökellerde gaz çıkışı



DOĞANIN SESİ

Biyomineralizasyonda klorofil içeren bir dizi mavi-yeşil alg türünün önemli olduğu bilinmektedir. Salda Gölünde de fotosentetik mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen olay, Cyanobacterial fotosentez olarak da tanımlanır. Salda Gölü'ndeki biyomineralizasyonda yer alan Cyanobacteria üyeleri; yeryüzündeki en eski ve ilkel canlıları olup, enerji kaynağı olarak güneşi kullanan, fotosentez yoluyla kendi besinini ve ortamın oksijenini üretebilen canlılardır. Su içinde yaşayan ilkel su yosunlarının ipliğimsi yapılarının üstüne jel halindeki magnezyum karbonat /kalsiyum karbonatların çökmesiyle oluşan hidromanyezit oluşumudur. (Şekil 2. Kaźmierczak, J.vd.). Mikroorganizmalar, dünyada gerçekleşen tüm biyokimyasal döngülerde çok önemli rollere sahiptirler. Yaşamsal süreçlerinde çok çeşitli mineralizasyon olaylarında aktif oldukları gibi, minerallerin depolanmasına ve biyofilim oluşumuna da katılırlar.



Şekil 2. Cyanobacteria Fotosentezi ve Hidromanyezit Oluşumu a-b-c- Cyanobacteria türleri fotosentez reaksiyonları d-algler üzerine jel halindeki sulumanyezitlerin çökmesi (Kaźmierczak,J.,vd.)

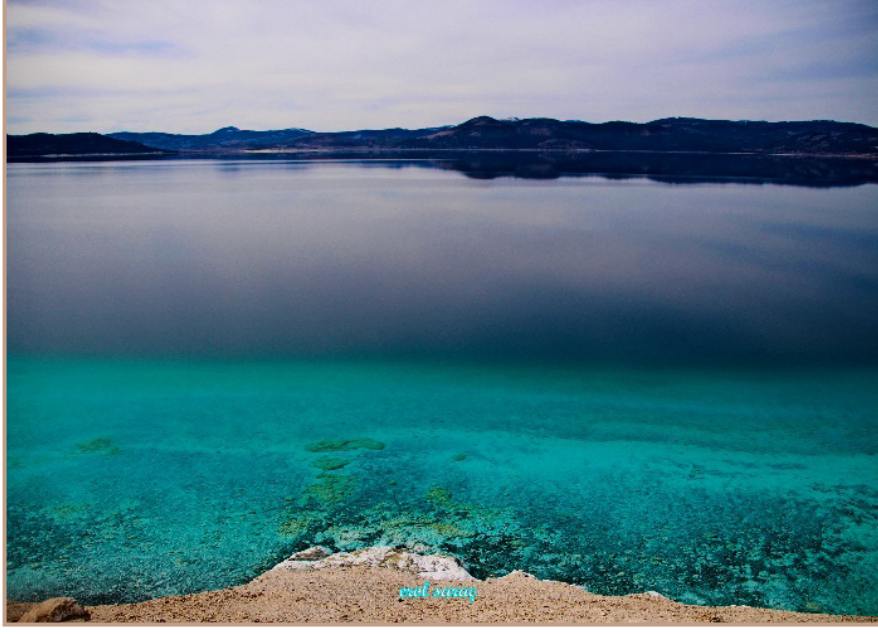
SALDA GÖLÜ'NDE HİDROMANYEZİT (SULU MANYEZİT) OLUŞUMU

Hidromanyezit, $Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$ kimyasal formülüyle gösterilen ve genel olarak sulu manyezit diye adlandırılan bir mineraldir. Hidromanyezitler, magmanın yükselerek yer kabuğunun içerisine girip veya yeryüzüne ulaşarak soğuyarak katılaşması sonucu oluşan magmatik ve her hangi bir çökel havzasında, kimyasal veya kendinden daha eski kayaçların parçalarından oluşmuş tortul kayaçların parçalanmış



DOĞANIN SESİ

mineral ve kırıntılı yapılardan (klastik oluşum) oluşan malzemenin tortulaşması ile oluşan daha çok demir ve mangan yatakları için önem arz eden çökeltme veya tortullanma, doğal oluşumlu materyallerin kötü havadan dolayı aşınma ve erozyon sürecinde bozulan, daha sonra bu tortulanma hava hareketi, su veya buz ya da parçacıklar üzerinde hareket eden yer çekimi ile taşınan tortulların oluşturduğu (sedimanter) maden yataklarıdır (**Şekil 3**).



Şekil 3. Salda Gölü © E. Saraç

Dünden bu güne Salda Göl'ündeki hidromanyezitlerin oluşumu belirli bir dengedeki kimyasal, biyolojik, fiziksel ve iklimsel koşulların ortak bir ürünü olarak gelişmektedir. Kimyasal reaksiyonlarda magnezyum bikarbonatı, karbonata dönüşme reaksiyonuyla, alglerle oluşan biomineralizasyon ve gölün su seviyesinin alçalıp yükselmesiyle- sudan uzaklaşan bikarbonatların havayla teması ve havanın nemine (iklime) bağlı olarak, sulu manyezitlerin artışı hız göstermektedir. Göl suyu karbonat tipli olup, iyonik baskınlık katyonlarda Mg, anyonlarda HCO_3 şeklindedir. Göl suyundaki yüksek pH, çok yüksek Mg/Ca oranı (109,4/1) ve çok yüksek Bikarbonat (997,3 mg/l) ve karbonat (450 mg/l) içeriği nedeniyle, dünya göllerinde ender olarak görülen, hidromanyezit-stromatolit oluşumları meydana gelmiştir (**Şekil 4**). Kalsiyum karbonat çökeltmesi, genel olarak dört ana faktör tarafından yönetilen kimyasal bir işlem olup oldukça basittir. Bunlar; 1-kalsiyum 5 konsantrasyonu, 2-çözünmüş inorganik karbon konsantrasyonu, 3-pH ve 4-çekirdeklenme alanlarının durumu şeklindedir (Hammes ve Verstraete 2002). Siyanobakterler tarafından gerçekleştirilen fotosentez sırasında, bikarbonat ve hidroksil iyonları arasında değişimler gerçekleşmekte, bikarbonat iyonları karbondioksit ve hidroksil iyonlarına ayrışarak ortamın pH'ını artırmaktadır. Ortamda kalsiyum iyonları varlığında oluşan bikarbonat iyonları bileşik oluşturarak kalsiyum karbonat kristalleri halinde çökeltmektedirler (**Şekil 5**).



DOĞANIN SESİ



Şekil 4. Salda Gölü Stramatolitleri © E. Saraç

Magnezyum elementinin doğada asıl bulunma şekli; kalsiyum ve magnezyumlu karbonat birleşiminde, bir mineral olan dolomit [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$] ve beyaz renkli magnezyum filizi olan manyezit (MgCO_3) formundadır. Manyezit; teorik olarak bileşiminde; %52,3 CO_2 , %47 MgO ve çok az miktarda Fe_2O_3 bulunan, sertliği 3,4–4,5 arasında, özgül ağırlığı 2,9-3,1 olan bir mineraldir.

Magnezyum karbonat formlarından olan manyezit (MgCO_3); “susuz tuz” olarak da bilinmektedir. Magnezyum bikarbonat, sadece sulu bir çözelti içinde bulunmaktadır. Magnezyum bikarbonat veya magnezyum hidrojen karbonat $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; seyrettik çözeltilerin bir dizi reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır.

Magnezyum hidroksit süspansiyonu, basıncın etkisiyle, karbon dioksit, magnezyum bikarbonat çözeltisi (bikarbonat) haline dönüşür.



Magnezyum bikarbonat elde edilen çözelti; kuruma yöntemiyle ayrıştırılınca, magnezyum karbonat, karbon dioksit ve su oluşmaktadır.



DOĞANIN SESİ



Bikarbonatlarda, ortamın nemine ve buharlaşma derecesine bağlı olarak; karbonik asit tuzları olan karbonata $\{\text{CO}_3^{2-}\}$ dönüşürler. En yaygın magnezyum karbonat mineral formları; Manyezit (MgCO_3) adı verilen susuz tuz ve barringtonit ($\text{MgCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Hidromanyezit ($4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ($\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ve ansfordi olarak bilinen pentahidratlar ($\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), artinit ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ve dypingit ($4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)'den oluşur. Günümüzde magnezyum karbonat formları, herhangi bir çözünür magnezyum tuzu ve sodyum bikarbonat reaksiyonlarıyla laboratuvar ortamında da elde edilebilmektedir.

Bikarbonat, pH tampon sisteminde hayati derecede önemli biyokimyasal işlevlere sahiptir. Karbondioksitin su ile reaksiyona girmesi sonucu; kristalleşmiş ince ve orta boyutlu karbonik asit oluşur. Karbonatlaşma sonucunda mavi-yeşil alglerle biyomineralizasyon başlar. Salda Gölü manyezitleri; magnezyum ve demir bakımından zengin kayaç ve silikat mineralleri ve ultra bazik kayaç parçacıklarının farklı şekillerde oluşturduğu, boşluklu yapılar şeklindedir. Manyezitlerin mikroskobik yapıları, kristalleşmiş ince ve orta boyutlu olup, su içerisinde akma özelliğindedir.



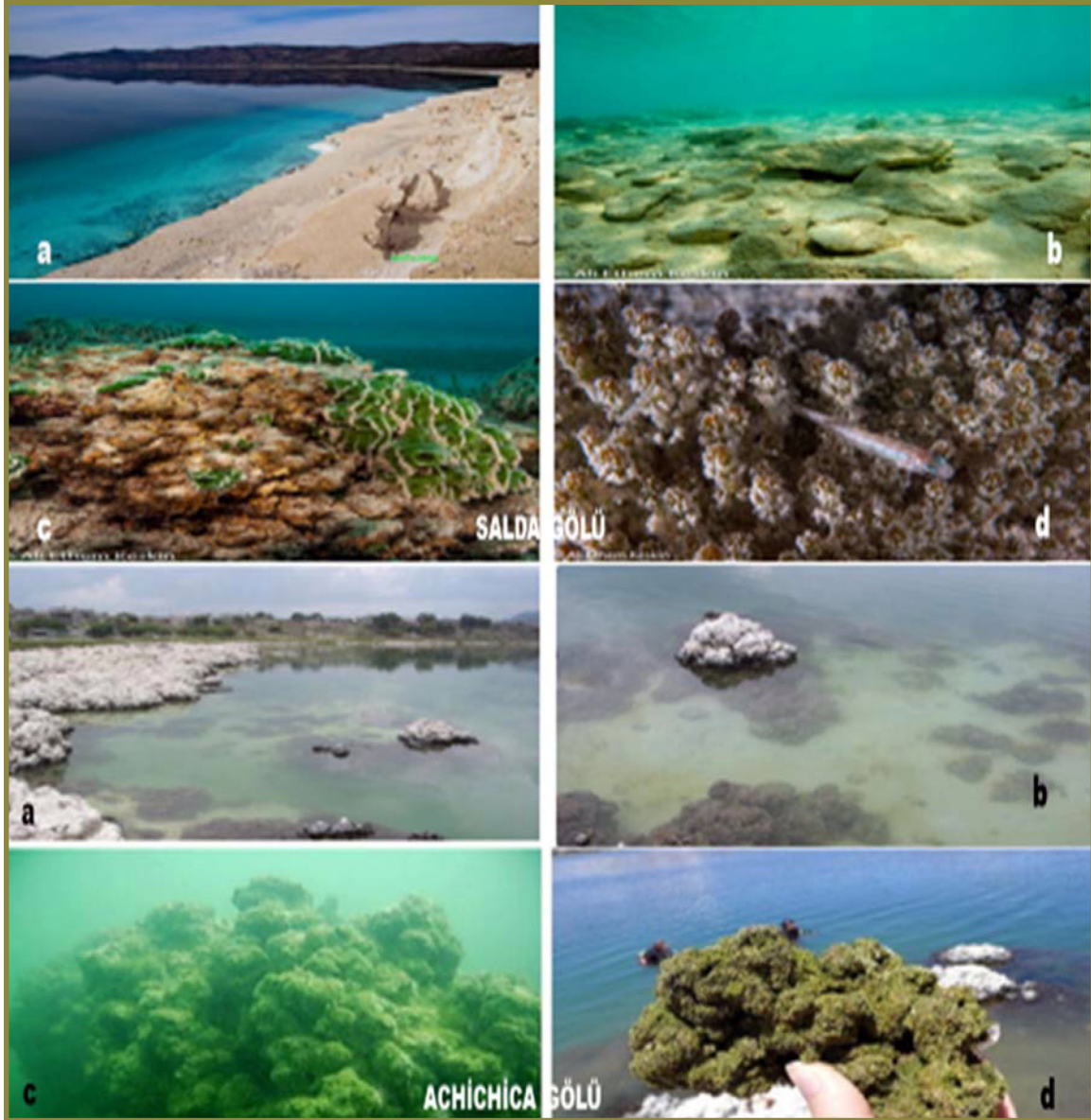
Şekil 5. Salda Gölü Hidromanyezit ve Manyezitleri (Stramatolitleri)

SALDA ve ALCHICHICA GÖLLERİNDEKİ BENZERLİKLER

Taverave Komarek (1996) tarafından, Puebla (Meksika)'da konumlanan ve alkali özellikteki krater gölü olan Alchichica Gölü'nde; günümüzde de tam bir fosilleşme sürecini sonuçlandırmak için optimal olmayan, fosilleşme süreci tamamlanmamış olan biyolojik (subfosil) siyanobakterilerin, gölün zeminindeki çatlaklardan çıkan kalsiyum karbonatlarla oluşturduğu mikrobiyalitleriyle ilişkili siyanobakteriyelerle ilgili moleküler analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda; Cyanophyceae türlerinden olan; (*Rivularia* sp *Heteroleibleinia profunda* türleriyle ilgili çalışmada) Chroococcales, Pleurocapsales, Nostocales, Oscillatoriales, Prochlorales üyelerinin "Cyanobacteria Fotosentezi" yaptıklarını ve oluşumlarının mineralojisi ve birikim süreçleri belirlenmiştir. Meksika'daki Alchichica Gölü'ndeki çalışmalarda saptanan siyanobakterinin bazı türleri, Salda Gölü'nde de belirlenmiştir (**Şekil 6**).



DOĞANIN SESİ



Şekil 6. Salda Gölü(a-b-c-d) ; göl çevresinde Stromatolit özellikli çökeller ve göl içerisinde – oluşan hidromanyezitler, Achichica Gölü (a-b-c-d)'nde benzer Stromatolit ve hidromanyazit oluşumları (Cyanobacteria Fotosentezi) Fotoğraflar: E. Saraç, A.E. Keskin, F. Fernandez

SALDA GÖLÜ'NDEKİ BİYOMİNERALİZASYONDA ETKİLİ OLAN ALG TÜRLERİ ve ÖZELLİKLERİ

Salda Gölü'nde biyomineralizasyonla, hidromanyezitlerin oluşmasına neden olan yeryüzündeki ilkel hücre yapısına sahip ve en yaşlı canlıları olmalarının yanı sıra oksijen üreten, fotosentez yoluyla kendi besinini üretebilen alglerin, hücreleri; küre veya elips şeklinde, tek veya basit koloniler halinde olup, kolonilerinin etrafı musilajlı kalın bir zarla çevrilidir. Bu türler, hücrelerinin içinde gaz vakuölü olması nedeniyle; Chroococcus olarak adlandırılırlar.

Chroococcus'lar genellikle tatlı sularda bulunmalarına rağmen, tuz oranı yüksek sularda, denizlerde de dağılım gösterirler. Chroococcus'lar sıcaklığa tolerans gösterebilmeleri nedeniyle, yeryüzünün bütün bölgelerine yayılmışlardır. Bazı türleri planktonik özellikte, diğer türleri bentik olup; akarsu, göl, gölcük sularının ve bataklıkların zeminlerinde yaşarlar. Chroococcus'ların fotosentez için gerekli elektron ve



DOĞANIN SESİ

hidrojen ihtiyacını karşılamak için, suyu kullanan Cyanobacteria (mavi-yeşil algler) türleri, yaşamın anahtarını taşıyan büyük bir ekolojik öneme sahip canlı çeşitliliğini oluştururlar (**Şekil 7**). Bu türlerin hücrelerinin suyla temas ettiklerinde, su alarak şişerek, bitkisel kaynaklı yapılarının matriks içerisinde yer almaları biyomineralizasyonda etkili olmaktadır.



Şekil 7. Cyanobacteria, Bacillariophyta, Chlorophyta, Euglenophyta ve Dinoflagellata'lara örnek türler; Anabena-flos-aquatica; Anebena sp., Aphanizomenon-flos-aquatica, g) Navicula sp., h) Cryptomonas sp. (cryptophyta), i-k) Euglenophyta: i- Euglena acus, j- Phacus longicauda, k-Trachelomonas hispida, l - Hlorophyta: l- Lagerheimia (Chodatella) citriformis, m- Franceia ovalis, n -Elakatothrix gelatinosa, Microcystis agre, Cocu, Merismopedia... Microcystis sp. Oscillatoria sp -Microcystis sp., Oscillatoria sp., Spirulina . o-Oocystis lacustris, p-Staurastrum mandfeldtii; q- Tetraedron minimum, r-Tetraedron sp. Fotoğraf: Wikipedia



DOĞANIN SESİ

Salda Gölü'ndeki de alglerin genel özellikleri; Salda Gölü su kalitesi özellikleri (ph 9.4 yüksek alkalın) nedeniyle diğer göllere nazaran fitoplankton (hareketleri suyun akımına bağlı olan bitkisel plankton) düzeyi çok düşük yoğunluklu olup, neredeyse her ortamda yoğun olarak rastlanan yeşil algler (Chlorophyceae) en baskın gruptur. Salda Gölü'nde kış aylarında bitkisel planktonların yoğunluğu azalır. Salda Gölü'ndeki biyomineralizasyon sonucu oluşan manyezit ve stromatolit oluşumuna en yakın benzerlik; göllerin oluşum, su kalitesi ve biyolojik çeşitliliği bakımından da benzer özelliklerinin, her ikisinde de reaksiyonların oluşumunda belirleyici olan ortamın pH'sı Alchichica (pH 8.9-9) Salda (pH 9.2-9.3) dur. Bunun yanı sıra Salda Gölü'nde kalsiyum karbonatın en yaygın doğal olarak oluşan kristal formlarından biri olan gölün su kalitesi özelliğine bağlı olarak tatlı su ortamlarından yağış da dahil olmak üzere biyolojik ve fiziksel süreçlerden oluşan karbonatlı mineral olan Aragonit (CaCO₃) oluşumu Alchichica Gölü'nde daha fazladır.

Siyanobakterler tarafından gerçekleştirilen fotosentez sırasında, bikarbonat ve hidroksil iyonları arasında değişimler gerçekleşmekte, bikarbonat iyonları karbondioksit ve hidroksil iyonlarına ayrışarak ortamın pH'ını artırmaktadır. ortamda kalsiyum iyonları varlığında oluşan bikarbonat iyonları bileşik oluşturarak kalsiyumkarbonat kristalleri halinde çökelmektedirler. Salda Gölü fitoplanktonu içerisinde; Cyanobacteria, Bacillariophyta; Diyatoma, Chlorophyta, Euglenophyta ve Dinoflagellata toplam 36 takson belirlenmiştir. Taşlar üzerinde yaşayan (Epilitik) alglerden *Cladophora cf. glomerata*, zemin birikintileri ya da dip çamurlar üzerinde serbest olarak yaşayan bentik alglerden (*Diatoma sp.*) ve su şamdanlarının, planktonik alglerden ise *Botryococcus braunii* ve *Peridinium cinctum* türleri gölde en baskın türlerdir. Bu sınıflarda yer alan türler;

Cyanobacteria'lardan, *Anabaena sp*, *A. flos-aquae- Aphanizomenon floş-aquae*, *Chroococcus turgides*, *Gleocapsa aeruginasa*, *Oscillatoria limosa*, *Oscillatoria sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Microcystis aeruginosa*, *Merismopedia sp.* *Planktothrix agardhii*, *Spirulina sp.*,

Euglenophyta'lardan, *Euglena acus*, *Euglena sp.*, *Trachelomanas sp*,

Dinoflagellata'lardan, *Peridinium cinctum*

Chlorophyta'lardan, *Botryococcus braunii*, *Cladophora cf. glomerata*, *Chara sp.* *Cosmarium sp.* *Hormidium sp*, *Micrasterias rotata*, *Oocystis borgei*, *Pediastrum boryanum*, *Spirogyra sp.*

Bacillariophy'talardan, *Amphiprora sp.* *Campylodiscus*, *Cocconeis placentula*, *Coscicnodiscus sp.*, *Cyclotella ocellata*, *Cyclotella sp.*, *Cymbella affinis*, *Cymbella cymbiformis*, *Cymbella lanceolate*, *Cymbella sp.*, *Diatoma moniliformis*, *Diatoma tenuis*, *Diatoma vulgaris*, *Encyonema minutum*, *Encyonema silesiacum*, *Gomphonema parvulum*, *Melosira sp.*, *Navicula capitata*, *Navicula radiosa*, *Navicula sp.*, *Rhoicosphenia abbreviata* *Rhopalodia gibba*, *Stephanodiscus astrea*, *Nitzschia sp.*, *Surirella sp.* ve *Synedra sp.*

SONUÇ VE ÖNERİLER

Cyanobacteria'lar adeta dünyada canlılığın yöneticisi olmuş ve bir yerde yaşamın olacağıının, şekilleneceğinin ve biyolojik çeşitliliğin artacağıının göstergesi haline gelmişlerdir. Fosil kayıtlarına göre biyolojik karbon sabitleme yapabilen ilk canlılar bundan 3,8 milyar yıl önce ortaya çıkmıştır. Cyanobacteria benzeri ilk canlılar ise 3,5 milyar yıl önce oluşmuştur. Ancak Cyanobacteria'ların dünyadaki hakimiyeti 2,7 milyar yıl önceye rastlar. Oksijen üreten fotosentez gerçekleştirilmesi yeteneği olan mavi-yeşil algler olarak bilinen Cyanobacteria'lar, mikrobiyal magnezyum karbonat mineralleri olan manyezitlerin biyomineralizasyonunu düzenledikleri bilinmektedir.



DOĞANIN SESİ

Tektonik geçmişe ait olan Karstik oluşumlu Salda Gölü'ndeki; manyezit çökellerinin oluşması ve stramatolit kayalara dönüşmesi evreleri; su kalitesi, minerallerin etkileşimi, çözünme-iyon değişimi fotosentetik

bakterilerle, biyofilm (bir yüzeye yapışarak kendi ürettikleri polimerik yapıda jelsi bir tabaka içinde yaşayan mikroorganizmaların oluşturduğu topluluk) oluşturmaları çok hassas koşullarda olmaktadır. Bu nedenle gölün doğal haliyle korunması gerekmektedir. Geçtiğimiz yıllarda göl havzası bu hassas dengeleri olumsuz etkileyen kullanım ve yapılması önerilen; Millet Bahçesi'nin oluşturacağı yapı gibi yoğun ziyaretçi, gölün plaj olarak kullanılması gölde çok özel koşullarda oluşan bir dizi biyolojik- kimyasal olaylarla gerçekleşen biyomineralizasyon reaksiyonlarını etkileyerek, Salda Gölü'nün fosil kayıtlarını içeren bembeyaz görümlü çökellerinin oluşmamasına neden olabilecektir. Salda Gölü'ndeki çökelleri oluşturan gözümüzün görmediği mikroskobik canlıların, tür sayıları diğer su ortamlarıyla karşılaştırdığında oldukça azdır. Göl havzasındaki milyonlarca yıl öncesinden günümüze gelen doğal ekolojik koşulların baskı altında kalması bu tür "yaşam yöneticisi" mikroorganizmaların yok olmasına neden olabilecektir.

Bu hassas denge ile ilgili gerek göllerde gerekse laboratuvarlarda yapılan araştırma sonuçlarında, gölün karbonat – magnezyum iyonlarının konsantrasyonu Salda Gölü'nün pH'sı ve çözünmüş inorganik karbon konsantrasyonu ile ilişkili hassas dengeleri içerdiği belirlenmiştir. Bu dengenin Salda Gölü'nde ortamın pH (9.3) nın mutlak koşulla korunmasıdır. Son beş yıl içerisinde göl ve havzanın yoğun kullanımı sonucunda su kalitesinde değişimler belirlenmiştir. Salda Gölü'nün kapalı havzada olması suyunu dışarıya vermemesi; göle ulaşan her türlü kirlenici, gölün hidrolojik sevesindeki değişim (plaj olarak kullanım sonucu atık-basınç müsilajlaşma, sıcaklık-tarımsal vb. dış kaynaklı atıklar) gölün su kalitesini olumsuz etkileyeceğinden göldeki pH değerinin de farklılaşması, ortamda biyofilm oluşmasını etki ederek, mineralleri çökeltme veya tortullaşmasına engel olacaktır. Ayrıca göldeki; fosil kaynaklı ve günümüzde de süren doğal oluşumlu materyallerin olumsuz iklim değişiminden dolayı biyolojik ve kimyasal reaksiyonları gerçekleştirememesi stramatolitlerin aşınma ve erozyon sürecine girmesine de neden olacaktır. Kısacası beyaz adacıklar- sahiller zamanla kararacağı ve yok olacağı unutulmamalıdır. Salda Gölü Havzası doğal haliyle korunmalıdır.

Kötü bir olay olarak gölün kıyı alanında çıkarılan çökeller başka yere taşınmış, tepkiler karşısında geri getirilmiş, dağılan toz haline dönüşen kayalar yerlerine "tırmık- kürekle" serilmiştir. Biyomineralizasyon oluşumunun bilinen evrelerince bu girişimlere "jeolojik restorasyon" denilmesi de mümkün değildir. Gölün doğal çökelleri stratomalit yapısındadır. Oluşumları bütünlük halinde biyofilmlerin kümeleşmesi sonucu mikrobialitler oluşmaktadır ve adeta karnabaharın çoğalması şeklindedir, ana yapıdan koparılan her parça bünyede boşluklar ve yaralar açar ve kırılabilir yapıya sahip olan çökeller fiziki müdahale sonucunda karşısında ufalanır mikron seviyesinde toz haline de gelebilirler. Toz halindeki çökellerinde insanların ve çevrenin sağlığında olumsuzluklar oluşturacağı da bildirilmektedir.

Salda Gölü'nün çökellerinin korunmasında onların ne olduklarını nasıl oluştuklarını çok iyi bilmekle gerçekleşir. Sulu Manyezit olarak adlandırılan Salda çökelleri ($Mg_5\{CO_3\} \cdot (OH)_2 \cdot 4H_2O$) bileşimine sahiptir; manyezitin genetik yapısı bile belirlenmişken; diğer magnezyum filizleriyle karıştırılmaması gerekir. Örneğin, fiziksel özellikleri suda gözenekli durumda bulunan Manyezit kadar duyarlı olmayan beyaz ve limon beyazı renkte floresans özellikli, iğnemsiz, saydam, ipeksi, toprağımsı, kırılabilir yapıya gibi fiziksel özellikleriyle manyezite benzeyen kimyasal özellikleri bakımında yapısında "Si, Fe, Sr, Ba, Ti, B, Al ve Mn" yer alabilmesi nedeniyle de kimyasal yapısı manyezitten farklı olan ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4(H_2O)$) Huntit (1943-Faust. İlk belirleyen) ile de karıştırılmaktadır. Manyezit doğal sulara ender oluşan yapılardır. Huntit ise farklı bir oluşumdur ve ülkemizde de farklı ortamlarda çokça bulunmaktadır.



DOĞANIN SESİ

Russell ve ark. (1999) tarafından yapılan çalışmada; yeni yaşam gezegenin olabileceği belirtilen en Mars'ın yüzey özelliğini taşıyan iki yerin Salda ve Meksika'nın Puebla Eyaleti'ndeki volkanik Alchichica Gölü'nün magnezyum yüklü beyaz kayalıklarının olduğunu bildirmektedir. Mars toprağı ve Mars'ta eskiden yaşananlarını incelemek için Marsa gitmek yerine bu göllerin çok önemli bir doğa laboratuvarı-müzesi olarak korunması geleceğe ışık tutacaktır. Józef Kazmierczak ve ark. (2011) Meksika'da Alchichia Gölü'nde gölün suyu, yosunları ve hidromanyezit çökmesi üzerinde araştırmalar sonuçları, 2012 yılında Salda Gölü'nde yapmış olduğumuz araştırmalar Balcı N., (2018) yılında Salda Gölü'nde yapmış olduğu araştırmalarla uygunluk göstermektedir. Her iki göldeki cyanobacteri, iklim- su kalitesi, alkanite pH değerlerinde çok yakın benzerliklerin olması ve hidromanyezit oluşumu reaksiyonları sonucu oluşan çökellerin suların çekilmesi dalga hareketleri vb. nedenlerle havayla temas ettiklerinde CO₂ eksisiyle sahil boyunca beyaz ada ve kıyıdaki hidromanyezit kuşağının oluşması birbirlerine çok benzerlik göstermektedir.

Salda Gölü ve çevresi, 14.06.1989'da 1.derece Doğal Sit Alanı olarak tescil edilmiş ve koruma altına alınmış, daha sonra Antalya Kültür ve Tabiat Varlıkları Kurulunun 28.07.1992 tarih ve 1501 sayılı kararıyla, Salda Gölü kıyısındaki bazı mahaller, 2.derece Doğal Sit Alanı olarak tescil edilmiştir. 2012 yılında mesire yeri olarak kullanılan göl çevresindeki 12 ha alan Salda Gölü Tabiat Parkı 14.03.2019 tarih ve 824 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak tespit ve ilan edilmiştir.

Salda Gölü ve Havzası yok olması durumunda bulunduğu bölgeye ait bilgi ve jeolojik bir belgenin kaybolacağı, nadir bulunan, yok olma tehdidi altındaki jeolojik mirasımızdır. Ülkemizde tek ve dünyada ender özelliklere sahip iki yerden biri olan gölün, ekosisteminde nadir türler ve tabii olayların getirdiği seçkin örneklerle, el değmemesi gereken biyomineralizasyon sonucu oluşan bembeyaz hidromanyezitleriyle-“kayalıklarıyla” tarihi süreci aydınlatmaktadır. Salda Gölü; sadece gezi- bilim ve eğitim amaçlarıyla kullanılmak üzere ayrılmış tabiat alanları olarak koruma altına alınmalıdır. Doğada ender bulunan, çoğu kez görsel güzelliği olan Salda Gölü'nün doğal özelliklerinin bozulması-yok olması, aslında yerkürenin geçmişine ait belgelerin- fosil kayıtlarının- yok olması demektir.

TEŞEKKÜR

Çalışmamızda fotoğraflarıyla katkı sunan Sayın Ali Ethem KESKİN ve Sayın Erol SARAÇ'a teşekkür ederiz.



DOĞANIN SESİ

KAYNAKLAR

- Arp, G., Reimer, A., and Reitner, J. (1999). "Calcification in cyanobacterial biofilms of alkaline salt lakes". *European Journal of Phycology*, 34, (393-403).
- Awramik, S.M., and Grey, K. (2005). "Stromatolites: biogenicity, biosignatures, and bioconfusion". *Proceedings of SPIE*, 5906, 5906P-1- 5906P-9.
- Balcı, N., Menekşe, M., Karagüler, N.G., Sönmez, M.Ş., and Meister, P. (2016). "Reproducing authigenic carbonate precipitation in the hypersaline Lake Acıgöl (Turkey) with microbial cultures". *Geomicrobiology Journal*, 33 (9), (758-773).
- Balcı, N.- Demirel, C., Kurt, M.A. (2018). "Geomicrobiology of Lake Salda and Microbial Influences on Present-Day Stromatolite Formation". *Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University* 39 , 1, (19–40)
- Gérard, E., Pearce, C.R. and Oelkers, E.H. (2013). "Using Mg Isotopes to Trace Cyanobacterially Mediated Magnesium Carbonate Precipitation in Alkaline Lakes". *Aquatic Geochemistry Vol.19, Nr.1, (1-24) ISBN 1 573-1 421*
- Gülle, İ. (2011). "Burdur, Salda ve Acı Göl'ün fitoplanktonik ve trofik özelliklerinin incelenmesi". Mehmet Akif Ersoy Üni. Bilimsel Araştırma Prj.0010-NAP-07.
- Hammes.,F. Verstraete (2002). "Key roles of pH and calcium metabolism in microbial carbonate precipitation *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*" . Volume 1, pages 3–7
- Kamennaya, N. A., Ajo-Franklin, C. M., Northen, T. Ve Jansson, C. (2012) "Cyanobacteria as biocatalysts for carbonate mineralization". *Minerals*, 2(4), 338-36
- Kazancı, N., Girgin, S., and Dügel, M. (2004). "On the limnology of Salda Lake, a large and deep soda lake in southwestern Turkey: future management proposals, aquatic conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*". 14, 151–162.
- Kaźmierczak,J., Kempe,S., Kremer,B., Garcia, L., Moreira, D. (2011). "Hydrochemistry and microbialites of the alkaline crater lake Alchichica". Mexico. Springer Link volume 57, (543–57)
- Kesici, E., Kesici, K., Kesici, C. (2018); Salda Gölü korunan alanın sürdürülebilirliği. (Sustainability of Salda Lake Protected Area). *Doğanın Sesi* yıl 1, sayı 1-14 *Sudaki Yaşam* (3-11).
- Kesici, E. (2010). "Burdur Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün Burdur Gölü Yönetim Planı (2008-2012) kitabı ile ilgili rapor", SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Eğirdir
- Komarek,J. (1996). "Meksika, Puebla Eyaleti, Alchichica volkanik gölündeki siyanoprokaryotlar". 117, com; 511-538.
- OSİB (2013). "Salda Gölü Sulak Alan Alt Havzası Biyolojik Çeşitlilik Araştırması", s.179
- OSİB (2017). "Göller ve Sulakalanlar Eylem Planı 2017-2023
- Tavera, R. / Russel, M.J., Ingham, J.K., Zedef, V., Maktav, D., Sunar, F., Hall, A.J., and Fallick, A.E. (1999). "Search for signs of ancient life on Mars: expectations from hydromagnesite microbialites, Salda Lake, Turkey". *Journal of the Geological Society*, 156 (869-888)
- Wikipedia ; Kalsiyum Karbonat -Chlorophyta- Chroococcus (18.06.2020)
- Wetzel, R. G. (2001). "Limnology: Lake and River Ecosystems", Third Edition, Academic Press 1006pp.