

---

**Deniz ve Kıyı Jeolojisi**  
*Marine and Coastal Geology*

**Denizel Ortamlarda Jeolojik Tehlikeler**  
*Geohazards in Marine Environments*

Oturum Yürütücüleri / Conveners:  
Namık Çağatay & Naci Görür

---

## **Pleistosen'den Beri Marmara Denizi'nin Kuzey Kenarından Kaynaklanan Jeolojik Tehlikeler: Güncel Araştırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Naci Görür ve M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
34469 Maslak, İstanbul (E-posta: naci@stokist.com)*

---

Marmara Denizi Avrasya ile Anadolu levhaları arasındaki Kuzey Anadolu Transform Fayı üzerinde yer alır. Hızlı deformasyon (25 mm/y yatay ve 5–6 mm/y düşey), yüksek sismik aktivite ve dik havza yamaçlarıyla (10°–29°) karakterize edilir. Bu nedenlerden dolayı da deprem, denizaltı heyelanları ve tsunami gibi jeolojik tehlikelere karşı açıktır. Ayrıca, Akdeniz ve Karadeniz arasındaki özel oşinografik konumu nedeniyle taban suları sık sık oksijen kaybına uğrar. Bu makalede Marmara Denizinin jeolojik ve oşinografik evrimi içerisinde geçmişte olmuş ve gelecekte de olabilecek bu tür jeolojik tehlikeler tartışılmaktadır.

Marmara Denizinin kuzey kenarının morfolojisi ve yapısı genellikle eski Hersiniyen yapıları tarafından kontrol edilir. Bu kenar oldukça eğimli bir yamaca sahiptir ve bu nedenle de sık sık denizaltı kütle hareketleri oluşturur. Bu hareketler genellikle deniz seviyesinin düşük olduğu dönemlerde olmuştur. Dünyanın en aktif faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fayı Marmara Denizini doğu-batı doğrultusunda keser ve burada önemli bir sismik boşluk meydana getirir. Bu sismik boşluğun önümüzdeki otuz sene içerisinde büyüklüğü yediden fazla bir veya iki deprem üreteceği tahmin edilmektedir. Dip sularının oksijence fakirleşmesi çoğunlukla Marmara Denizinin Akdeniz'le birleşmesi sonucu su seviyesinin yükseldiği zamanlarda görülmüştür. Bütün bu jeolojik tehlikeler dün olduğu gibi bugün de gerçekleşebilir, dolayısıyla Marmara Bölgesindeki nüfus, yerleşim alanları ve her türlü kıyı ve denizaltı yapıları tehdit altındadır.

**Anahtar Sözcükler:** jeolojik tehlikeler, Marmara Denizi, denizaltı heyelanı, tsunami

## Geohazards Rooted from the Northern Margin of the Sea of Marmara Since the Late Pleistocene: A Review of Recent Results

Naci Görür & M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak,  
TR– 34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: naci@stokist.com)*

---

The Sea of Marmara (SoM) is located on the Northern Anatolian Fault (NAF), a major transform fault boundary between the Eurasian and the Anatolian plates. It is characterized by fast deformation rates (25 mm/a Horizontal and 5–6 mm/a vertical), high seismic activity and steep slopes (10°–29°). As a consequence it is prone to high geohazard risks, including earthquakes, submarine landslides and associated tsunamis. Its oceanographic setting between the Mediterranean and the Black Sea has caused also bottom-water hypoxia. In this paper, we discuss the past and future geohazards related to the geological and oceanographic evolution of the SoM.

The morphology and structure of the northern margin of the SoM is controlled mainly by the reactivated Hercynian structures. The slope of this margin is particularly steep and prone to submarine landslides. The most active northern branch of the NAF crosses the SoM in the east-west direction and constitutes a seismic gap that is expected to create one or more large ( $M \geq 7$ ) earthquakes in the next 30 years. Submarine mass movements were especially common during low sea-level periods. Anoxic-suboxic events occurred during marine transgressions, following marine connection with the Mediterranean Sea. All these geohazards affected the Marmara region in the past and may also affect it in the future, thus threaten populated areas, offshore infrastructures and onshore facilities.

**Key Words:** geohazard, Sea of Marmara, earthquake, submarine landslide, tsunami

## ESONET Mükemmeliyet Ağı ve EMSO Bilim Altyapısı Projeleri ve Marmara Denizi Doğal Afet İzleme Çalışmaları İçin Önemi

M. Namık Çağatay<sup>1</sup>, Günay Çifçi<sup>2</sup> ve Cemil Gürbüz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, EMCOL (Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi), Maden Fakültesi, 34469 Maslak, İstanbul (E-posta: cagatay@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 İnciraltı, İzmir*

<sup>3</sup> *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 34684 Çengelköy, İstanbul*

ESONET NoE (Avrupa Denizleri Gözlem Evi Mükemmeliyet Ağı) ve EMSO (Avrupa Deniz Tabanı Gözlem Evi) Avrupa Komisyonu'nun 6. ve 7. Çerçeve Programları ile desteklediği projelerdir. Projelerin ana amacı Avrupa ölçeğinde Kuzey Buz Denizi'nden Karadeniz'e uzanan denizlerde çok disiplinli gözlemler yapacak bir gözlem ağı oluşturmaktır. Bunlardan ESONET NoE projesi bilimsel ve teknik konularda bilim camiası içerisinde *mükemmeliyet ağı* oluşturmayı; EMSO projesi ise Avrupa'da deniz tabanı gözlemleri konusunda hukuk, yönetim ve finans sistemiyle donanımlı gerekli bir *bilim altyapısı* kurmayı amaçlamaktadır. Uzun süreli deniz gözlemlerinin bilimsel amacı Avrupa denizlerinde katı yerküre, biyosfer ve hidrosfer arasındaki etkileşim süreçlerini araştırmaktır. Denizlerde bu tür gözlemlerin yapılması doğal afetler (örneğin; deprem, denizaltı heyelanları ve bunlarla ilişkili tsunami), iklim değişimi, ekosistem dinamiği ve biyo-çeşitlilik, kıyılarda deniz süreçleri ile okyanus kabuğunda yaşam ve akışkanlar gibi konularında çığır açacak bilim ve toplum açısından hayati öneme sahiptir. ESONET ve EMSO projeleri ile yürütülen çabalar GMES (Global Monitoring for Environment and Security: Küresel Çevre ve Güvenliğin İzlenmesi, <http://www.gmes.info/>) tarafından belirtilen 'yerinde' ve 'uydu' izleme sisteminin deniz ayağını oluşturarak, GMES'e önemli bir katkıda bulunma amacı gütmektedir. Türkiye EMSO projesinde İTÜ-EMCOL (Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology) ve ESONET projesinde, İTÜ-EMCOL, BÜ-Kandilli Rasathanesi ve DEÜ-Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü tarafından temsil edilmektedir.

Gerek tektonik konumu ve deprem başta olmak üzere doğal afet riski ve gerekse Akdeniz ve Karadeniz arasındaki ilgiç oşinografik konumu nedeniyle Marmara Denizi her iki proje tarafından da önemli bir çalışma alanı olarak seçilmiştir. *ESONET Marmara Uygulama Projesi* kapsamında başlatılan çalışmalar halihazırda fay boyunca çıkan akışkanlar ile sismisite ilişkisi, tektonik hızlar, uzun süreli deprem kayıtları ve derin bentik yaşam konusundaki bilgilerimize çok önemli katkılarda bulunmuştur. Bu çalışmaların en önemli amacı; Marmara Denizi'nde deprenselliği (fay etkinliğini) uzun süreli izlemek amacı ile ileride oluşturulacak sürekli deniz tabanı gözlem istasyonları için en etkin parametrelerin ve gözlem yerlerinin saptanmasıdır.

**Anahtar Sözcükler:** ESONET, EMSO, Marmara Denizi, doğal afet, denizaltı gözlem istasyonu

## ESONET NoE and EMSO Infrastructure Projects and Their Importance for Geohazard Monitoring in the Sea of Marmara

M. Namık Çağatay<sup>1</sup>, Günay Çifçi<sup>2</sup> & Cemil Gürbüz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, EMCOL (Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi), Maden Fakültesi, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: cagatay@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, İnciraltı, TR–35340 İzmir, Türkiye*

<sup>3</sup> *Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Çengelköy, TR–34684 İstanbul, Türkiye*

---

ESONET NoE (European Seas Observatory Network of Excellence) and EMSO (European Seafloor Observatory) Infrastructure Projects are funded by European Commission's 6th and 7th Framework Programmes, respectively, with the principal objective of establishing European-scale network of multidisciplinary seafloor observatories from the Arctic to the Black Sea. ESONET NoE project is concerned with scientific and technical aspects, networking and integrating the European scientific community, whereas EMSO has the objective of constituting an European science infrastructure with legal, management and financial structures. The scientific objective of long-term real-time monitoring of processes related to interactions between geosphere, biosphere and hydrosphere. These observations are of critical scientific and societal importance for marine geohazards (e.g., earthquakes, submarine landslides and associated tsunamis), climate change, ecosystem dynamics and biodiversity, coastal ocean processes, deep sea biology and crustal fluids. These efforts are complimentary to GMES (Global Monitoring for Environment and Security, <http://www.gmes.info/>) in developing a marine segment integrated in the *in situ* and satellite global monitoring system. Turkey is being represented in the EMSO project by ITU-EMCOL (İstanbul Technical University-Eastern Mediterranean Centre for Oceanography and Limnology) and in the ESONET NoE by ITU-EMCOL, Boğaziçi University-Kandilli Observatory and Dokuz Eylül University-Institute of Marine Sciences and Technology.

Both the ESONET and EMSO projects have selected the Sea of Marmara as an important node because of the geohazard risks as well as its interesting oceanographic setting between the Mediterranean and the Black seas. The studies carried out under the ESONET Marmara Demonstration Mission project have already contributed immensely to our knowledge about the relations between fluids and seismic activity, tectonic rates, long-term earthquake records, and deep benthic life. One of the most important aims of these studies is to determine optimum parameters and the locations for permanent seafloor observatories for earthquake monitoring in the Sea of Marmara.

**Key Words:** ESONET, EMSO, Sea of Marmara, geohazard, seafloor observatory

## Marmara Denizi'nde Kuzey Anadolu Fayı Boyunca Holosen Yaşlı Deprem Kırıkları: Yaşı, Mekansal Boyutu ve Sedimanter Süreçleri

Cecilia M.G. McHugh<sup>1</sup>, Leonardo Seeber<sup>2</sup>, Marie-Helene Cormier<sup>3</sup> ve M. Namık Çağatay<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA  
(E-posta: cmchugh@qc.cuny.edu)*

<sup>2</sup> *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,  
227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA*

<sup>3</sup> *University of Missouri, Department of Geological Sciences, 101 Geology Building, Columbia,  
MO 65211-1380, USA*

<sup>4</sup> *İstanbul Technical University, Department of Geological Engineering, 34469 Maslak, İstanbul*

Marmara Denizi'nin tabanında Kuzey Anadolu Fayının (KAF) yüksek çözünürlüklü multibeam batimetri, deniz tabanı profili ve sediment karotlarıyla çalışılmıştır. Bu çalışmanın ana amacı karadaki paleosismik çalışmalara benzer ölçekte olan stratigrafik kayıtlardan fayın tektonik geçişini ve sismik etkinliğini öğrenmek ve genellikle fay kontrollü havzalara uygulanabilen sualtı deprem jeolojisi için yöntemler geliştirmektir. Marmara Denizi'nden elde edilen ilk sonuçlar: (1) Bölgesel deprem kırıkları sediment kayıtlarından ve yüksek çözünürlüklü jeofizikten, fayın izi boyunca görülen küçük fay havzalarında belgelenebilir. (2) Homojenitler havza tabanında ('depocenters') en derin kısımların sedimantasyonuna hakimdir. Marmara Denizi'ndeki homojenitler mm'den cm'ye kadar değişen ölçekteki birçok kum ve silt laminasyonlarını takiben keskin taban dokanağı ile başlamaktadır. Tüm laminalar normal derecelenmiş ve 50 cm kalınlıklı, yukarı doğru tane boyu inceliği dışında homojen çökellerdir. Tane boyu analizleri her bir lamina içinde ve tüm homojenit içerisinde olmak üzere normal derecelenmenin iki seviyesini göstermektedir. Çökeltme merkezinde havzaların yüksek ortalama sedimantasyon hızları (1–3.5 mm/yıl) kenar havzalardan taşınması muhtemel olan homojenit çökellerinin sonucudur. (3) Büyük tarihsel depremlerle ( $M \geq 7$ ) kısa ömürlü radio-izotop ve radyokarbon tarihlendirmesi yapılan homojenitlerin korelasyonu, homojenitlerin büyük depremlerle oluştuğunu desteklemektedir. Çökelt karotlarında 181AD, 740AD, 1063AD, 1343AD, 1509AD, 1766AD, 1894AD ve 1912AD'de meydana gelen tarihsel olaylarla, mekansal ve geçici olarak karşılaştırılan depremlerin kaydı ile bazen çok az sayıda bilinen depremlerle ilişkilendirilmeyen gravite akışı ve kütle kaybı olaylarının izlerini bulduk. Bu kayıtlar tarihsel kırıklara yakın olan havzalardandır. Böylece, aktif tektonik havzalardaki önemli gravite ve kütle akışlarının kırığın hemen yakınında meydana geldiği görülmektedir. KAF boyunca meydana gelen sık depremlerin çökelleri dar bir kararlılık aralığında, yakınsak depremlerde eşğin altında, fakat ıraksak deprem ve ani kırılmalar için eşğin üstünde tuttuğunu öneriyoruz. Deprem etkileri kırıktan uzaklaştıkça azalan zemin sarsıntısını içeren yamaç çöküntülerini ve kırığın hemen yakınında yaygın olarak meydana gelen sıvı/yada gaz çıkışı ve devrilme gibi deniz tabanı deformasyonunu tetikleyebilir. (4) Güney sınır fay yakınındaki İmralı Fayı boyunca düşey tektonik deformasyon paleoşinografiden yararlanarak ölçülmüştür. Marmara Denizi'ndeki görsel ortamdan denizel ortama geçiş, yaşı ve paleo-yüksekliği bilinen paleo-yatay bir seviye olarak bu düzlemi kesen faylarda düşey hareket bileşenini hesaplamak için mükemmel bir fırsat sağlamaktadır. Bulgularımız İmralı Fayının yaklaşık son 12.000 yılda ~15 metrelik bir atımla yılda ~1mm/yıl ortalama düşey kayma hızını göstermektedir. Denizaltı deprem jeolojisi hala başlangıç aşamasında olmasına rağmen, büyük depremlerin mekansal ve geçici yayılımının çözülmesi için umut vermektedir. Çünkü deprem çökelleri havza çökelt merkezlerinde egemendir. Bundan başka, çökeltimi etkileyen süreçleri anlamamız kara paleosismolojisinden daha uzun zaman ölçeğindeki depremin sıklığı ve oluşunu yeniden yapılandırmamıza izin verecektir. Örneğin, Marmara Denizi'ndeki havzalarda bu yeniden yapılandırmalar havzaların evrimi konusunda 100 yıldan 100,000 yıla ve hatta daha uzun sürelere kadar değişen zaman dilimlerinde bilgiler sağlayabilir.

**Anahtar Sözcükler:** denizaltı deprem jeolojisi, homojenitler, Kuzey Anadolu Fayı, Marmara Denizi, tarihsel depremler, sedimanter süreçler, havza çökelt merkezleri

## Holocene Earthquake Ruptures Along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea: Age, Spatial Extent and Sedimentary Processes

Cecilia M.G. McHugh<sup>1</sup>, Leonardo Seeber<sup>2</sup>, Marie-Helene Cormier<sup>3</sup> & M. Namık Çağatay<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA*

*(E-mail: cmchugh@qc.cuny.edu)*

<sup>2</sup> *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA*

<sup>3</sup> *University of Missouri, Department of Geological Sciences, 101 Geology Building, Columbia, MO 65211-1380, USA*

<sup>4</sup> *İstanbul Technical University, Department of Geological Engineering, Maslak, TR–34469 İstanbul, Turkey*

The submerged portions of the North Anatolia Fault system beneath the Marmara Sea were studied with high-resolution multibeam bathymetry, subbottom profiling and sediment cores. The major objectives were to learn about the seismic and tectonic history of the fault from the stratigraphic record at a scale similar to paleoseismic studies on land, and to develop tools for submarine earthquake geology that can be applied to fault-controlled basins in general. Initial results from the Marmara Sea show that: (1) Local earthquake ruptures can be documented in small fault basins located along the trace of the fault from both high-resolution geophysics and sediment sampling. (2) Homogenites dominate the sedimentation of the deepest parts of the basin floors ('depocenters') where the sedimentary record is most likely complete. Homogenites in Marmara Sea begin with a sharp basal contact followed by numerous mm- to cm- scale sand and silt laminations. All laminae are normally graded and are contained within a 50 cm thick fining upward and otherwise homogeneous deposit. Grain size analyses confirm two levels of normal grading, in the homogenite as a whole and within individual laminae. The high average sedimentation rates (1 to 3.5 mm/year) of the basins depocenters are the results of homogenite deposits that are likely reworked from the basin margins. (3) Correlation of homogenites to the historical record by radiocarbon and short-lived radioisotope dating suggests that these homogenites are related to large earthquakes ( $M \geq 7$ ). We found evidence of earthquakes that were spatially and temporally correlated with historic events in 181AD, 740AD, 1063AD, 1343AD, 1509AD, 1766AD, 1894AD, and 1912AD, and very few, if any, gravity flow and mass wasting events that could not be associated with known earthquakes. This evidence is primarily from those basins adjacent to the corresponding historical ruptures. Thus significant gravity flows and mass wasting in these tectonically active basins seems to occur predominantly in the immediate proximity of a rupture. We propose that frequent earthquakes along the NAF and their associated failures generally keep sediment in a narrow stability range, below the threshold for failure from a proximal earthquake, but well above the threshold for distal earthquakes and spontaneous failures. Earthquake effects that could trigger slope failure include ground shaking, which decays with distance from the rupture, and seafloor deformation such as tilting, and fluid and/or gas escape, which commonly occur within the immediate vicinity of the rupture. (4) Vertical tectonic deformation along the İmralı Fault near the Southern Boundary Fault was quantified from paleoceanography. In the Marmara Sea the transition from lacustrine to marine environment offers an ideal paleo-horizontal marker of known age and paleo-elevation, and provides an excellent opportunity to evaluate the vertical component of motion on faults that intersect that horizon. Our results show that the İmralı Fault has been vertically offset by ~15 m in the past 12.0 cal ky BP implying an average slip rate of ~1mm/year. Although submarine earthquake geology is still at the pioneering stage, it holds promise for successfully unraveling the spatial and temporal distribution of large earthquakes. Because earthquake deposits dominate the basins depocenters, furthering our understanding of the processes that lead to their deposition will permit to reconstruct earthquake occurrence and frequency over much longer time scales than is typical of land paleoseismology. For example in the Marmara basins, these reconstructions can provide information ranging from 100's to 100,000's of years and even longer timescales that cover their entire evolution of the basins.

**Key Words:** submarine earthquake geology, homogenites, North Anatolia Fault, Marmara Sea, historical earthquakes, sedimentary processes, basin depocenters

## **Kuzey Anadolu Transform Fayı Boyunca Havza Büyümesi: Marmara Denizi'nde Yüksek Çözünürlü Çok-Kanallı TAMAM08 Etüdü**

Leonardo Seeber<sup>1</sup>, Chris Sorlien<sup>2</sup>, Donna Shillington<sup>1</sup>, Derman Dondurur<sup>3</sup>, Savaş Gürçay<sup>3</sup>,  
John Diebold<sup>1</sup>, Camer İmren<sup>4</sup>, Hülya Kurt<sup>4</sup>, Michael Steckler<sup>1</sup>, Günay Çifçi<sup>3</sup>,  
Emin Demirbağ<sup>4</sup> ve Scientific Party of TAMAM08 Cruise

<sup>1</sup> *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and  
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,  
NY 10964-8000, USA (E-posta: nano@ldeo.columbia.edu)*

<sup>2</sup> *Institute of Crustal Studies, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA*

<sup>3</sup> *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 İnciraltı, İzmir*

<sup>4</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul*

TAMAM (Türk-Amerikan MArmara Multichannel) bir çok ABD ve Türk kurumlarının yer aldığı işbirliği yatığı bir projedir. Temmuz 2008'de bu proje kapsamında Piri Reis gemisi ile ~2700 km uzunluğunda çok kanallı sismik hatlar (MSC) elde edilmiştir. TAMAM, daha önce Marmara Denizi'nde Kuzey Anadolu Transform Fayı (KAF) boyunca elde edilen sismik etüdlere bir devamıdır. Önceki etüdlere daha derin yapıyı veya çok sığ yüksek çözünürlü (HR) kayıtları elde etmiştir. TAMAM ise bunları tamamlayıcı nitelikte yüksek çözünürlü olması yanında orta derecede penetrasyonla havza gelişimi ile aynı yaştaki tabaka yapılarının daha ayrıntılı görüntülenmesine olanak sağlamış ve önceki iki tip etüd arasındaki boşluğu doldurmuştur. Bu etüd ilk aşamada şu konulara odaklanmıştır:

*Kararlı-hal tektoniği.* Bazı çalışmacılar geç Kuvaternde havzada gerilmeli bir tektonik rejimden levha hareketine paralel yanıl-atımlı bir rejime geçiş olduğunu savunmuştur. Bu değişimin yapısal büyümeyi tümüyle değişime uğratması, ancak çok yakın zamanda olması durumunda yeni yapının büyümesinin tanınmasında zorluklar olacağı beklenmektedir. Çınarcık havzasında TAMAM hatları açık bir şekilde Holosen içinde havza büyümesini göstermektedir. Bu büyümenin alt kısımlara doğru değişmeden devam ettiği de görülmüştür. KAF havzanın sınır fayıdır. Sintektonik tabakalarda görülen havza büyümesindeki tekdüzelik fayın kinematik konumunda havza büyümesi sırasında günümüze değin bir değişimin olmadığına işaret etmektedir.

*Derin Sekans Sınırları ve Düşük Su Düzeyi Paleo-Deltalar.* Deniz düzeyi değişimleri Marmara çukurluklarına olan türbidit akıllarını denetlemektedir. Çökel girdisindeki ani değişimler ve hızlı tektonik eğilimlere Marmara havzaları için tipik olup, 'Derin Sekans Sınırları' adını verdiğimiz açıl uyumsuzlukları oluşturmuştur. Sismik veriler aynı zamanda İmralı Fayının düşen bloğu üzerinde düşük su-düzeyi dönemlerinde oluşmuş dört ayrı delta karmaşığının varlığını göstermiştir. Bu deltaların 100 bin yıllık düşük su düzeyi dönemlerini temsil ettiği varsayımı doğru ise, deltalar arasındaki 130 m'lik atımlar yıllık 1.33 mm çökme hızı vermektedir. Bu hız da İmralı fayı üzerindeki düşey atım bileşenine benzerlik göstermektedir.

*Gravitasyonel Çökme.* TAMAM sismik hatları Marmara Derin çukurlularında hızlı havza çökmesi ve eğilimlenmesinin bazen derin kökenli gravitasyonel hareketlerin nedeni olduğunu göstermiştir. Örneğin KAF boyunca Tekirdağ havzasında kademeli kıvrımlar haritalanmıştır. Sismik profiller havzanın sarp güney yamacı boyunca bir çökme yapısı göstermektedir. Bu çökme yamacın başlangıcında bir gerilme ve yamacın tabanında KAF boyunca sıkışmalı bir kıvrımlanma ile ilişkilidir. Bu sıkışma havza tabanından ½ saniye derinliğe ulaşmaktadır. Daha da derinde fay, gerilmeli bir havza sınır fayından bekleneceği üzere, normal bir bileşene sahiptir. Gravitasyonel çökmelerin tabanındaki sıkışmalı yapılar yanlışlıkla tektonik daralma olarak yorumlanabilir.

**Anahtar Sözcükler:** Marmara Denizi, Kuzey Anadolu Fayı, tektonik, çok-kanallı sismik, düşey kayma



## **Basin Growth Along the North Anatolian Continental Transform: The TAMAM08 High-Resolution Multichannel Survey in the Marmara Sea**

Leonardo Seeber<sup>1</sup>, Chris Sorlien<sup>2</sup>, Donna Shillington<sup>1</sup>, Derman Dondurur<sup>3</sup>, Savaş Gürçay<sup>3</sup>,  
John Diebold<sup>1</sup>, Camer İmren<sup>4</sup>, Hülya Kurt<sup>4</sup>, Michael Steckler<sup>1</sup>, Günay Çifçi<sup>3</sup>,  
Emin Demirbağ<sup>4</sup> & Scientific Party of TAMAM08 Cruise

<sup>1</sup> *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA (E-mail: nano@ldeo.columbia.edu)*

<sup>2</sup> *Institute of Crustal Studies, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA*

<sup>2</sup> *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Inciraltı, TR–35340 İzmir, Türkiye*

<sup>4</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

---

The TAMAM (Turkish-American MArmara Multichannel) Project is a collaboration between several US and Turkish research institutes. During July 2008, TAMAM collected ~2700 km of multichannel profiles (MSC) in the Marmara Sea using the R/V K. Piri Reis. TAMAM follows a series of excellent seismic surveys of the North Anatolian transform (NAF) in the Marmara Sea. These surveys tended to strive, either for deep penetration MCS imaging of the large-scale structure of the basin, or for very high-resolution (HR) imaging of near-surface faulting and other features. TAMAM fills a gap by achieving HR with intermediate penetration and thus imaging critical details of the structure in the strata contemporaneous with basin growth. Preliminary analysis has focused on the following:

*Steady-State Tectonics.* Some authors favor a major late Quaternary shift from transtensional basin growth to a new purely transcurrent phase on a new plate-motion parallel strand of the fault. Such a major tectonic transition is likely to alter structural growth pervasively, but the growth of new structure might be subtle if the change is very recent. In the Çınarcık basin, TAMAM profiles clearly resolve basin growth in the upper 0.05 s TWTT (two-way travel time) of the sequence, which is thought to represent only the Holocene. This Holocene growth appears to extend in deeper parts of the section ( $\approx 1.5$  sec TWTT). The NAF is the border fault of the basin. The uniformity of basin growth through the syntectonic strata strongly suggests that the position or the kinematics of this fault has been also uniform during the growth of the basin up to the present.

*Bathyal Sequence Boundaries and Low-Stand Paleo-Deltas.* Sealevel changes modulate turbidite flux to the Marmara basins. Drastic changes in sediment flux combined with rapid tectonic tilting create angular unconformities, which are typical of the Marmara basins and we name ‘bathyal sequence boundaries’. The seismic data also reveal a stack of at least four low-stand delta complexes, which are preserved by subsidence on the downthrown side of the Imrali fault. If these deltas mark the ~100 ky interval between low stands, their 130-m spacing implies subsidence rates of 1.3 mm/yr and thus a similar dip-slip component rate on the Imrali fault.

*Gravity Collapse.* TAMAM profiles show that rapid subsidence and tilting in the Marmara Trough are responsible for widespread gravitational collapse, which is deeply rooted in some cases. For example, an echelon folding has been mapped along the NAF in Tekirdağ basin. The profiles reveal a major collapse structure on the steep south flank of the basin. This collapse is associated with extension at the head of the slope and with contractional folding at the bottom of the slope along the NAF. This contraction reaches to about 1/2 second below the basin floor. Deeper still, the fault displays a normal component, as expected from its role as the transtensional border fault of the basin. Contractional structures at the toes of gravitational collapses can be misinterpreted as tectonic shortening.

**Key Words:** Marmara Sea, North Anatolian Fault, tectonics, multi-channel seismics, vertical slip

## Marmara Denizi'nde Kuzey Anadolu Fayının Orta ve Kuzey Kolları Boyunca Ötelenmiş Sedimanter Özellikler: Kayma Hızları, Deformasyon Şekilleri ve Havza Oluşumu İlişkileri

Alina Polonia<sup>1</sup>, Giovanni Bortoluzzi<sup>1</sup>, M. Namık Çağatay<sup>2</sup>,  
Valentina Ferrante<sup>1</sup> ve Luca Gasperini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Marine Science (ISMAR-CNR), via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy  
(E-posta: alina.polonia@ismar.cnr.it)*

<sup>2</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul*

Kuzey Anadolu Fay Sisteminin önemli noktalarında elde edilen yüksek çözünürlüklü jeofiziksel ve jeolojik verilerin (deniz tabanının yüksek çözünürlüklü morfobatimetrik görüntüleri, 3-D ve pseudo-3D yüksek çözünürlüklü sismik yansıma görüntüsü ve ayrıntılı sedimanter ve stratigrafik kayıtlar) birlikte yorumu: (1) aktif ve aktif olmayan faylar ayırt ederek haritalamak; (2) fayın yapısını ve geometrisini belirlemek; (3) tek fay kolları boyunca jeolojik zamanda kayma hızlarını tahmin etmek; (4) sedimanter istif içerisindeki geçmiş depremleri tarihlendirmek ve tanımlamak; (5) 1999 kırığının denizaltı uzanımını teşhis etmek için uygulanmıştır.

Marmara Deniz havzasının doğu ve batı tarafındaki güvenilir sonuçlar Kuzey Anadolu Fay sisteminin farklı fay kollarında jeolojik zaman boyunca ( $\sim 10^4$  yıl) kayma hızının doğru tahmin edilmesine olanak sağlamıştır. Aktif olmayan ve kalın Holosen sedimanter örtüyle dolu olan Saros Körfezi ve İzmit Körfezi'nde ötelenmiş sedimanter elemanlar (denizaltı kanyonları ve akarsu kanalı) keşfedilmiştir. Son buzul döneminden sonra bu sedimanter elemanların etkinliğini yitirerek terkedilmesini tarihlendirebildiğimiz için Marmara Havzasının her iki yanındaki Kuzey Anadolu Fay sisteminin kuzey kolu boyunca kayma hızının doğru tahminlerini gerçekleştirebilmekteyiz. Elde ettiğimiz hızlar kabul edilen levha tektoniği modelleri ve jeodetik ölçümlerin yarısını temsil eden 10 mm/yr dolayındadır. Marmara Denizinin güney şelfi üzerinde yeralan Gemlik Körfezi'nin morfobatimetrik haritaları deformasyonun karmaşık geometrisi ve deniz tabanı aktif fay ötelenmesinin varlığını göstermektedir. Son buzul döneminde oluşan gölsel delta Kuzey Anadolu Fay sisteminin orta kolu boyunca doğrultu atımlı fay tarafından ötelenmiş görünmektedir. Jeofizik ve sediment karot verileri beraber değerlendirildiğinde bu fay kolu üzerindeki kayma hızının toplam sağ yanal hareketin en az 5mm/yıl kadarını sağlayabileceği görülmektedir. Bu veriler Marmara bölgesindeki sismik tehlike ve fay arayüzeylerini anlamamız ve Kuzey Anadolu Fay sisteminin deniz altındaki kısmının neotektonik yerleşimini anlamamız açısından önemlidir.

Havza evrimi, stratigrafi, paleoşinografi ve bölgesel tektonik gibi çok disiplinli çalışmaların fay kolu dinamiklerinin ince ölçekte açıklığa kavuşturulmasındaki yaklaşımın önemini vurgulamak istiyoruz. Bu çok ölçekli ve çok disiplinli yaklaşım geçmişte büyük depremlerle ( $M > 7$ ) kırılmış ve muhtemelen gelecekte de kırılacak bir fay kolu etkinliğinin izlenmesi için stratejilerin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. uhtemel yerlerinin tesbitinde ve geçmişteki büyük depremlerin kırılmış fay kolu için gözleme stratejilerinin tasarlanmasında dizayn edilmesine öncülük edebilir. Bu çalışmalara dayanarak İstanbulu gelecekte etkilemesi beklenen deprem esnasında kırılacak olan fay dilimi üzerinde, Marmara Denizindeki sıvı akış emisyonlarının sismisite ile birlikte 6 ay izlenmesini planlamaktayız.

**Anahtar Sözcükler:** doğrultu atımlı fay, keskin noktalar, kayma hızı, Kuzey Anadolu Fayı

## Displaced Sedimentary Features Along Middle and Northern Strands of the North Anatolian Fault in the Marmara Sea: Implications for Slip Rates, Styles of Deformation and Basin Development

Alina Polonia<sup>1</sup>, Giovanni Bortoluzzi<sup>1</sup>, M. Namık Çağatay<sup>2</sup>,  
Valentina Ferrante<sup>1</sup> & Luca Gasperini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Marine Science (ISMAR-CNR), via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy  
(E-mail: alina.polonia@ismar.cnr.it)*

<sup>2</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

---

An integrated interpretation of the high resolution geophysical and geological data (high-resolution morphobathymetric images of the seafloor, 3-D and pseudo-3D high resolution seismic reflection imaging and detailed stratigraphic reconstruction of the sedimentary record) acquired in key-areas of the NAF fault system has been carried out in order to: (1) map the fault pattern discriminating between active and inactive faults; (2) address their nature and geometry; (3) estimate slip-rates over geological time along single fault strands; (4) describe and date the past earthquakes in the sedimentary sequence; (5) recognize the submarine extent of the 1999 (last) rupture.

Findings of reliable piercing points on both sides of the Sea of Marmara basin enabled us to obtain an accurate estimate of the slip-rate over a geological time ( $\sim 10^4$  years) on different fault strands of the NAF system. We discovered displaced sedimentary features (submarine canyons and a river channel) in the Gulf of İzmit and Gulf of Saros that are presently inactive and locally filled by a thick Holocene sedimentary cover. Since we can date the abandoning of these sedimentary features after the Last Glacial Maximum, we might perform accurate estimates of the slip-rate along the northern strand of the NAF system on both sides of the Marmara basin. The rates we obtained are in the order of 10 mm/yr that represents about one half of what expected from geodetic measurements and accepted plate-tectonic models. Morphobathymetric maps of the Gemlik bay (southern shelf of the Marmara Sea) show the presence of active fault offsetting the seafloor and producing a complex pattern of deformation. A lacustrine delta, which developed during the Last Glacial Maximum (LGM) appears to be displaced by a strike-slip fault along the middle strand of the NAF system, and the slip rate we estimated through the integrated analysis of sediment cores and geophysical data suggests that this fault branch may accommodate a minimum of 5 mm/yr of right lateral motion. This has important implications both for reconstructing the neotectonic setting of the submerged portion of the NAF system and to our understanding of fault interactions and seismic hazard in the Marmara region.

We stress the importance of a multidisciplinary approach that involves the fine scale reconstruction of single fault strand dynamics with the study of regional tectonics, palaeoceanography, stratigraphy and ultimately basin evolution. This multi-scale, multidisciplinary approach might led to design monitoring strategies for any given fault strand that ruptured during past large ( $M > 7$ ) earthquakes and are possibly places where future ruptures will nucleate. Based on these studies we are planning a 6-month monitoring of seismicity a fluid flow emission in the Marmara Sea over the fault segment that will possibly rupture during the next earthquake that will affect the İstanbul area.

**Key Words:** strike-slip fault, piercing points, slip rate, North Anatolian Fault

## Paleoşinografik ve Paleoklimatolojik Açından Marmara Denizi'nin Dünya Okyanusu ile Son Bağlantısı

Cecilia M.G. McHugh<sup>1</sup>, Damayanti Gurung<sup>1</sup>, Liviu Giosan<sup>2</sup>,  
William B.F. Ryan<sup>3</sup> ve Namık Şağatay<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA  
(E-posta: cmchugh@qc.cuny.edu)

<sup>2</sup> Woods Hole Oceanographic Institution, 66 Woods Hole Road, Woods Hole, MA 02543, USA

<sup>3</sup> Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,  
227 Seismology, 61 Route 9W, PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA

<sup>4</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul

Son buzul döneminde (2. Deniz İzotop Dönemi), Marmara Deniz'i küresel deniz seviyesi Çanakkale Boğazı eşik derinliğinin altına düştüğü için acı-su gölüne dönüşmüştür. Dünya okyanus sisteminden ayrıldığı zaman, nehir girdisi ile Karadeniz'den gelen akış Marmara 'Gölüne' gelen ana su kaynaklarıydı. Küresel okyanusla havzanın yeniden bağlantısının tarihi, bin yıllık çözünürlükte paleoklimatik ve paleoşinografik olayları yeniden yapılandırma ve gölden denize geçişin yüksek çözünürlüklü kayıtları havzanın sedimentleri içerisinde muhafaza edilmiştir. Bu amaç için İmralı, Prenses Adaları, Çekmece'deki kuzey, doğu ve güney şelfleri boyunca 10 adet sediment karotu, yüksek çözünürlüklü yarıtaban profili (chirp) ve multibeam batimetre verileri kullanılarak Marmara Deniz'inin eski kıyı çizgilerini haritalanmıştır. Detaylı sedimantolojik, biyostratigrafik (foraminifer, molusk, diatom), XRF (X-ışınları floresan) jeokimyasal tarama, oksijen ve karbon izotop analizlerinin radyokarbon ve kalibre edilmiş kronolojiyle korelasyonu yapılmış ve akustik görüntülerde yorumlanmıştır.

En eski sedimentler (Günümüzden önce (G.Ö.) >15.5 cal ka; G.Ö. >13.5 <sup>14</sup>C ka) kurak ve soğuk koşulların ipuçlarını vermektedir. Göl sedimentleri laminalanmış, oksijenli koşulları ve sedimantasyon döngülerini göstermektedir. Nehirler yakınsal olan karasal sedimentleri ve muhtemel yangımlarla birlikte kurak koşulların bol kömürünü getirmiştir. Gölün eski kıyı çizgisi –95 metre ya da daha derindi. Göl suyu ve sedimentleri çok az acı-su, tatlı-su türlerinden *Theodoxus fluviatilis* ve *Dreissena* sp. ve tatlı-su diatomları içermekteydi. G.Ö. 15.5–15.0 cal ka BP (G.Ö. 13.1–13.0 <sup>14</sup>C ka) tarihlerinde Marmara Gölüne Kara Deniz'den (bu zamanda göldü) çok miktarda tatlı-su geldiğinin verileridir. Bu dönemde *Dreissena rostriformis* ve *T. fluviatilis* yoğun ve bu moluskların <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr bileşimi Kara Deniz sularının bileşimine sahipti. Dünya okyanus sisteminin bağımsız olan Gölün eski kıyı çizgisi -85 metrede Ege Deniz'ine akan Çanakkale Boğazı seviyesinde yer almaktaydı.

Bolling-Allerod Marmara Gölüne muhtemelen evaporative ve sıcak koşulları getirmiştir. Bu durum oksijen izotop kayıtları ile desteklenmektedir. Bu çalışmada kanıtlanan –95 metre taraçası Çekmece havzaları, Prenses Adaları ve İmralı boyunca devam eden erozyonel yüzeyi işaret etmektedir. Bu muhtemelen Akdeniz suları Marmara Deniz'ine akmadan önce göl seviyesinin düştüğünü ya da göldeki dalga hareketinin göl yüzeyinin 10 metre altında erozyonla –95 m taraçasını oluşturduğunu göstermektedir.

Bulgular yaklaşık 12.000 yıl önce (G.Ö. 10.7 <sup>14</sup>C ka) hızlı deniz istilasının olduğunu ve Younger Dryas soğuk interstadial'in 11.5–10.5 cal ka BP (10.5–9.7 <sup>14</sup>C ka BP)'da sedimentleri yeniden işlediğine işaret etmektedir. Güçlü tabakalanma ve besleyici (nutrient) girdisinin gelişiminin yaklaşık 9200 BP'de (8.6 <sup>14</sup>C ka BP) başladığı bentik ve planktik foraminifer toplulukları tarafından belgelenmiştir. Bu olayların zamanı ve çevresel koşullar daha önceki çalışmalarda tespit edilen, Kara Deniz, Marmara Deniz'i ve Akdeniz'in yeniden bağlantısıyla uyumludur. Marmara Deniz'inde sabit çevresel koşullar, deniz seviyesinin günümüz seviyesine yaklaşması ile yaklaşık 6.000 yıl (G.Ö. 5.5 <sup>14</sup>C ka) oluşmuş ve havza tabanları çökellerle dolmuştur

**Anahtar Sözcükler:** Marmara Denizi, paleoşinografi, paleokıyı, genç Dryas, Kara Deniz, seniz izotop Kat 2

## The Last Reconnection of the Marmara Sea (Turkey) to the World Ocean: A Paleoceanographic and Paleoclimatic Perspective

Cecilia M.G. McHugh<sup>1</sup>, Damayanti Gurung<sup>1</sup>, Liviu Giosan<sup>2</sup>,  
William B.F. Ryan<sup>3</sup> & M. Namık Çağatay<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA  
(E-mail: cmchugh@qc.cuny.edu)

<sup>2</sup> Woods Hole Oceanographic Institution, 66 Woods Hole Road, Woods Hole, MA 02543, USA

<sup>3</sup> Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and Tectonophysics,  
227 Seismology, 61 Route 9W, PO Box 1000, Palisades, NY 10964-8000, USA

<sup>4</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye

During the late glacial, marine isotope Stage 2, the Marmara Sea transformed into a brackish lake as global sea level fell below the sill in the Dardanelles Strait. When isolated from the global ocean, river discharge and outflow from the Black Sea were the main sources of water to Marmara “lake”. A history of the basin’s reconnection to the global ocean was preserved in its sediments permitting to develop a high-resolution record of the lacustrine to marine transition, and to reconstruct paleoceanographic and paleoclimatic events at a millennial scale. For this purpose, we mapped the paleoshorelines of Marmara Sea along the northern, eastern, and southern shelves at Çekmece, Prince Islands and Imrali, using data from multibeam bathymetry, high-resolution subbottom profiling (chirp) and ten sediment cores. Detailed sedimentologic, biostratigraphic (foraminifers, mollusk, diatoms), X-ray fluorescence geochemical scanning and oxygen and carbon stable isotope analyses were correlated to a radiocarbon, and calibrated chronology and interpreted within the context of the acoustic images.

The oldest sediments recovered (>15.5 cal ka BP; >13.5 <sup>14</sup>C ka BP) provided evidence for cold and dry conditions. The Lake sediments were laminated, indicative of cyclic sedimentation and oxic conditions. Rivers were proximal bringing terrigenous sediment and abundant charcoal suggestive of dry conditions with possible fires. The Lake paloshoreline was at –95 m or deeper. Its waters and sediments were nearly barren of fauna containing few *Dreissena* sp. and *Theodoxus fluviatilis* of brackish and freshwater affinity, and rare brackish and fresh water diatom flora. From 15.5–15.0 cal ka BP (13.1–13.0 <sup>14</sup>C ka BP) there is evidence for an abundant supply of fresh water from the Black Sea (a lake at this time) into Marmara Lake. *Dreissena rostriformis* and *T. fluviatilis* were abundant and the <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr compositions of these mollusks have a Black Sea signature. The Lake paleoshorelines lay at the level of its Dardanelles spillway to the Aegean Sea at -85 m, but isolated from the world’s oceans.

The Bolling-Allerod brought warm and possibly evaporative conditions to Marmara Lake as evidenced by the oxygen isotope record. The –95 m terrace documented in this study marks an erosional surface that can be traced nearly continuously along the Imrali, Prince Islands and Çekmece margins. This raises the possibility that the levels of the lake dropped momentarily before the Mediterranean waters spilled into Marmara, or that wave action in the lake beveled the lake floor to form a terrace 10 m below the lake surface.

Evidence points to a rapid marine incursion at 12 cal ka BP (10.7 <sup>14</sup>C ka BP) and a still stand and sediment reworking during the Younger Dryas cold interstadial at 11.5–10.5 cal ka BP (10.5–9.7 <sup>14</sup>C ka BP). The development of a strong stratification and influx of nutrients is documented by the benthic and planktonic foraminiferal assemblages at 9.2 cal ka BP (8.6 <sup>14</sup>C ka BP). The timing of these events and environmental conditions are consistent with the reconnection of the Mediterranean, Marmara and Black Seas as documented by previous studies. Stable environmental conditions developed in Marmara Sea after 6.0 cal ka BP (5.5 <sup>14</sup>C ka BP) as sea-level reached close to its present shoreline and the basin floors filled with sediments achieving their present configuration.

**Key Words:** Marmara Sea, paleoceanography, paleoshoreline, younger dryas, Black Sea, marine isotope stage 2

## Marmara Denizi'nde Geç Buzul-Holosen Dönemi Deniz Seviyesi Değişimleri: Sığ-sismik ve Karot Çalışmalarından İpuçları

Kürşad Kadir Eriş ve M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),  
34469 Avcılar, İstanbul (E-posta: keris@itu.edu.tr)*

Marmara Denizi kuzey şelfinde Geç Buzul-Holosen yaşlı çökel istifli detaylı sığ-sismik ve karot stratigrafisi analizleri ile tespit edilmiştir. Sismik profiller, şelf boyunca devamlı Q1 ila Q3 uyumsuzluk yüzeyleri ile ayrılan ve litostratigrafik L4-L1 birimlerinin karşılığı olan S4-S1 dört sismik stratigrafik birimin varlığını ortaya koymaktadır. Marmara Denizi'nin İstanbul Boğazı girişinde yer alan sismik profillerde yapılan çalışmalarda, Holosen yaşlı Birim-L1 yedi alt stratigrafik birime ayrılabilmiştir. Global deniz seviyesinin üçüncü deniz izotopu (MIS-3) başında Çanakkale eşik derinliği (–83 m) altına düşmesiyle Marmara Denizi gölsel bir ortama dönüşmüştür. MIS-3 ve MIS-2'nin büyük bir kısmında Marmara Denizi'nin Akdeniz ile su geçişinin kesilmesi ve devam eden regresyon ilerlemeli çökel geometrisi sunan (Birim S4 and S3) birimlerin şelf kenarında kalınlaşarak oluşumuna yol açmıştır. Marmara gölünün en düşük su seviyesi dönemi nehirlerin 105 m su derinliğine kadar kazınması ile temsil olunur ve bu derinliğin üzerindeki şelfde devamlı aşınma yüzeyi oluşmuştur. Son Buzul Maksimum dönemindeki (LGM) Akdeniz ile bağlantı kesikliğinin aksine, Karadeniz'in seviyesinin İstanbul Boğazı eşiği üzerine çıkması ile Marmara Denizi'nde G.Ö. 15–13.5 bin yılları arasında Karadeniz'den bir akış meydana gelmiştir. Bu akış ile Marmara Denizi'nde başlayan tatlı su transgresyonu su seviyesini –85 m'ye yükseltmiştir.

Marmara Denizi'nin Akdeniz ile G.Ö. 12 bin yılında bağlantının sağlanmasının ardından soğuk Genç Buzul Dönemi (YD) G.Ö. 11.5 bin yıl önce Karadeniz'in Marmara akışı ile temsil olunur ve bu boğazın eski kanalı içersinde kanal bank kenarı çökellerinin oluşmasını sağlamıştır. Genç Buzul Dönemi (YD) süresince deniz seviyesi yükselimi –76 m ve –71 m'lerde oluşan durağan su seviyeleri ile kesikliğe uğramıştır. Marmara Denizi İstanbul Boğazı girişindeki sismik profillerde yansıma yüzeyi boyunca algli biyoherm gelişimleri, G.Ö. 8.8 bin yılında Marmara Denizi'nde yeniden yüksek tuzluluğa dönüşü işaret etmektedir. Orta Holosen dönemi, karadan sediman gelim oranının çökelme alanından daha fazla olması sonucunda Kurbağalı Dere önünde G.Ö. 6.2 bin yılında prodelta gelişimi ile temsil olunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Marmara Denizi, deniz seviyesi, sismik stratigrafi, geç buzul, Holosen

## Late Glacial to Holocene Sealevel changes in the Sea of Marmara: Evidence from High-resolution Seismic and Core studies

Kürşad Kadir Eriş & M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi), Avcılar,  
TR-34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: keris@itu.edu.tr)*

---

Late Glacial to Holocene sedimentary record of the northern shelf of the Sea of Marmara (SoM) is documented by detailed stratigraphic analysis of sub-bottom (Chirp) profiles and sediment cores. The reflection profiles reveal the presence of four seismic stratigraphic units S4-S1 that are equivalent to lithostratigraphic units L4-L1, separated from each other by shelf-crossing unconformities of Q1 to Q3. The seismic profiles from the SoM entrance to the Strait of İstanbul (SoI) allow us to divide the Holocene sediments of Unit S1 into seven sub-units, therefore, we can estimate high-frequency sea-level fluctuations. The SoM was converted into freshwater lake in the beginning of the marine isotope stage 3 (MIS-3) due to global sealevel fall below the Dardanelles outlet –83 m). During the MIS-3 and main part of the MIS-2, disconnection with the Mediterranean Sea and the forced regression in the SoM gave rise to deposition of progradational units (seismic units S4 and S3) as sediment wedges thickening towards the shelf edge. The maximum lowstand of the ‘Marmara lake’ is associated with river incisions below to 105 m water depth, above which a prominent erosional surface formed on the shelf. In contrast to the LGM disconnection with the Mediterranean Sea, the SoM experienced a period of Black Sea outflow between 15–13.5 <sup>14</sup>C ka BP, when the Black Sea level rised above the sill depth (–35 m) of the SoI. This gave rise to freshwater transgression in the lake leading to a rise in the water level at –85 m by 13 ka BP.

Following the reconnection with the Mediterranean Sea at 12 ka BP, the Younger Dryas (YD) cold period in the SoM was associated by a Black Sea outflow at 11.5 ka BP leading to formation of a levee within the axis of the palaeo-Bosphorus shelf valley. During the YD, the sealevel increase was interrupted by still stands at –76 m and –71 m. In the seismic profiles from the SoM entrance to the SoI, the colonization of algal-serpulid bioherms across the reflector surface signal a return to higher salinity in the SoM at ~8.8 ka BP. The mid-Holocene time is represented by a formation of a subaqueous prodelta sourced from the Kurbağalidere River at 6.2 ka BP, when the amount of the sediment supply was greater than the accommodation space.

**Key Words:** Sea of Marmara, sea level, seismic stratigraphy, late glacial, Holocene

## Karadeniz Şelf Kenarında Depolanmış Buzul ve Buzularası Sedimentlerinin Jeokimyasal Özellikleri

Oya Algan<sup>1</sup>, Elmas Kırcı-Elmas<sup>1</sup>, Ian Boomer<sup>2</sup>, Sevinç Kapan-Yeşilyurt<sup>3</sup>, Gilles Lericolais<sup>4</sup>, Demet Ogan ve Erol Sarı<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,  
34470 Vefa, İstanbul (E-posta: [algan@istanbul.edu.tr](mailto:algan@istanbul.edu.tr))

<sup>2</sup> University of Birmingham, Stable Isotope and Luminescence Laboratory (SILLA),  
School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Edgbaston, B15 2TT, UK

<sup>3</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampusü, 17020 Çanakkale

<sup>4</sup> IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,  
F-29280 Plouzane cedex, France

---

Bu çalışmada Sakarya Nehrinin döküldüğü şelf kenarından alınan 27 m uzunluktaki bir sediment piston karot; MD04-2761 incelenmiştir. Karot boyu sedimentlerin litolojik, jeokimyasal ve paleontolojik özelliklerine göre 6 farklı birim ayırt edilmiştir. Bu birimler değişen deniz seviyesi, iklim ve depolanma koşullarını yansıtmaktadır. Manyetik süseptibilite, toplam organik karbon, toplam karbonat, element/Al oranları, jeokimyasal bir stratigrafi oluşturacak şekilde belirgin dağılım özellikleri sergilemektedirler. Bu stratigrafiye göre, yukarıdan aşağıya, Birim 1, 2a, 2b, 2c ve 3 Son Buzul (Valdai) devrinde, Birim 4, 5 ve 6 ise önceki Buzul arası (Mikulina–Karangat) devirde depolanmışlardır. Birim 4 Buzul arası devrin bitimini, Birim 5 ve 6 soğuk dönemleri yansıtmaktadır.

Birim 2 ve 3 yüksek terijen-düşük karbonat girdisinin hızlı sedimantasyon koşulları altında depolandığını göstermektedir. Birim 4 ise yüksek karbonat içeriği ile ılık bir iklimi ve kimyasal aşınımın artığı koşullar altında çökelmiştir. Sismik profillerde görülen Birim 3 ve 4 arasındaki erozyonel yüzey alçalan deniz seviyesini göstermekte ve jeokimyasal parametreleri doğrulamaktadır.

Paleontolojik veriler, en belirgin ortam değişiminin Birim 4'ün çöklediği zamanda gerçekleştiğini ve Karadeniz'in Hazar Denizi ile bağlantılı olduğunu, ancak Akdeniz ile bağlantının şüpheli olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Karadeniz şelfi, jeokimya, buzul, buzularası, sediment, paleoşinografi



## Geochemical Properties of Glacial and Interglacial Sediments from the Southern Shelf Edge of the Black Sea

Oya Algan<sup>1</sup>, Elmas Kircı-Elmas<sup>1</sup>, Ian Boomer<sup>2</sup>, Sevinç Kapan-Yeşilyurt<sup>3</sup>,  
Gilles Lericolais<sup>4</sup>, Demet Ongan & Erol Sarı<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management, Vefa,  
TR–34470 İstanbul, Turkey (E-mail: algan@istanbul.edu.tr)*

<sup>2</sup> *University of Birmingham, Stable Isotope and Luminescence Laboratory (SILLA),  
School of Geography, Earth and Environmental Sciences, Edgbaston, B15 2TT, UK*

<sup>3</sup> *Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Geology Engineering, Terzioğlu Kampusü, 17020 Çanakkale, Turkey*

<sup>4</sup> *IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,  
F-29280 Plouzane cedex, France*

---

Piston sediment core MD04-2761 with a length of 27 m was collected from the Black Sea shelf off the Sakarya River. Lithological, geochemical and palaeontological analyses indicated 6 different sedimentary units, reflecting changing sea-level, climate and depositional conditions. Magnetic susceptibility, C<sub>org</sub>, total carbonate, element/Al ratios and certain proxy element ratios, displaying distinct distribution patterns allowed to construct a geochemical stratigraphy. Based on this stratigraphy, from top to bottom along the core, Unit 1, 2a, 2b, 2c, and 3 were deposited during the last glaciations (Würm-Valdai), whereas the others reflects the last interglacial period (Mikulina-Karangat). Unit 4 was deposited towards the termination of last interglacial. Units 5 and 6 were deposited at the cold periods of the same interglacial. The sedimentary layers of Units 2 and 3 were characteristics of fast sedimentation and high terrigenous, low carbonate input, whereas high carbonate content of Unit 4 reflects warm climate and chemical weathering. Seismic profile indicating an erosional surface between Units 3 and 4 is in accordance with the lowering of the sea level.

Palaeontological data suggests that the most significant environmental change occurring during the deposition of Unit 4 and indicates that the Black Sea was connected to Caspian Sea, but not with the Mediterranean Sea.

**Key Words:** Black Sea shelf, geochemistry, glacial, interglacial, sediment, palaeoceanography

## **Bayrampaşa (Lykos) Deresi Havzası ve Ağzındaki Yenikapı (Theodosius) Limanı Kıyı Alanındaki (Marmara Denizi) Değişim Süreçleri**

Levent Erel, Kadir Eriş, Sena Akçer, Demet Biltekin ve M. Namık Çağatay

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),  
34469 Avcılar, İstanbul (E-posta: akcer@itu.edu.tr)*

İstanbul Boğazı çevresinde bilinen ve uzun süre araştırılan eski yerleşim birimleri batıda Yarımburgaz Mağarası ile Asya bölümünde Fikirtepe tarih öncesi iskan üniteleridir. İstanbul Arkeoloji Müzeleri tarafından Yenikapı'daki 'Metro kazısı' alanında sur içindeki en eski yerleşme olan Neolitik yaştaki mağara sığınağı ortaya çıkarılmıştır. Osmanlı Yenikapısı olarak bilinen aynı alanda, yani Bizans Çağın'daki Vlanga veya Langa'da, Bizans Çağı'nın İstanbul'un Marmara kıyısındaki en büyük limanı olan Theodosius limanı da yer almaktadır. Bu liman, sur içindeki yegane akarsu olan Bayrampaşa (Lykos) Deresi ağzında kurulmuştur. Dere sur dışında Maltepe yüksek alanındaki küçük derelerin, sel sularının birleşmesiyle oluşur. 'Sulukule Kapısı'ndan sur içine girer, küçük kollar ayrılır. Önce doğu-batı yönünde akar, sonra dirsekle güneye yönelerek Yenikapı'dan Marmara Denizi'ne boşalır. Derenin ana vadi uzunluğu sadece 3,5 km'dir. Oysa akaçlama havzası sur içi yani eski yerleşim çekirdeğinin 1/3'nü kapsar. Vadi, 'eski' İstanbul'un başlıca meydanlarının ve sosyal yapılarının yakınından geçer. Vadi doğal olaylarla, insanların müdahalesi ile giderek değişmiş, nihayet 1960'lı yıllarda İstanbul'da göçlerle ortaya çıkan yoğun kentleşme ile tamamen silinmiştir. Vadinin ağzındaki Theodosius liman alanı Neolitik Çağda bir bataklık ortamı iken, deniz seviyesinin yükelenmesi ile birlikte günümüzden 6.000–5000 yıl önce su altında kalmış ve arkeolojik bulgulara göre M.S. 300–400 yıllarından itibaren bir liman olarak kullanılmaya başlanmıştır. Liman dere ve deniz tarafından getirilen doğal çökeller ve yerleşimin artması ile kuzey yerleşim alanından gelen antropojenik atıklarla M.S. 1200 yıllarında tümüyle dolmuştur.

**Anahtar Sözcükler:** Bayrampaşa (Lykos) deresi, Yenikapı (Theodosius) limanı, Marmara Denizi, İstanbul Marmaray kazısı

## Course of Changes in the Drainage Basin of Bayrampaşa (Lykos) Stream and the Yenikapı (Theodosius) Port's Coastal Area at its Outlet (Sea of Marmara)

Kürşad Kadir Eriş<sup>1</sup>, Christian Beck<sup>2</sup> & M. Namık Çağatay<sup>1</sup>

*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),  
Avcılar, TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: akcer@itu.edu.tr)*

---

Well-known pre-historical settlements around the İstanbul Strait (Bosphorus) area include the Yarımburgaz Cave in the west and the Fikirtepe on the Asian side of İstanbul. In the Yenikapı Metro excavation area a new Neolithic cave settlement has been recently discovered by the İstanbul Archeological Museums. In the same excavated area, which is known as the Yenikapı since the Ottoman period (Vlanga or Langa of the Byzantium period), the largest port of the Byzantium period 'Theodosius' is also located. This port is placed at the mouth of the Bayrampaşa (Lykos) Stream, which is the only channel draining the old 'fortified İstanbul' (Constantinople) area. The stream originates in the high Maltepe Hills area, being fed by the waters of small tributaries. It enters into the 'fortified İstanbul' area through the 'Sulukule Gate', flows in an east west direction, and then makes a sharp turn to the south, emptying into the Sea of Marmara at Yenikapı. The width of the main Bayrampasa valley is 3.5 km, with its drainage area constituting about 1/3 of the "fortified İstanbul" area that forms the main old settlement. The Valley passes near the main squares and social structures of the 'old' İstanbul. Its morphology has been continuously changed by natural and antropogenic developments, being terminally erased from the land surface by 1960s, as result of a rapid increase in population and urbanization in İstanbul. The Theodosius port area at the mouth of the Bayrampasa Stream was a coastal marsh during the Neolithic period. It was inundated by sea around 6,000–5,000 a BP with the increase in the global sea level, and used as a Port starting around 300–400 A.D., according to the archeological records. The port was completely filled in by about 1.200 A.D., with sediments sourced from the Bayrampaşa Stream and the sea, as well as with anthropogenic wastes from the settlement to the north.

**Key Words:** Bayrampaşa (Lykos) stream, Yenikapı (Theodosius) port, Marmara Sea, İstanbul Marmaray excavation

## Holosen'de Değişken Bir Kıyı Ortamının Antik Theodosius Limanındaki (Yenikapı-İstanbul) İzleri

Oya Algan<sup>1</sup>, M. Namık Yalçın<sup>2</sup>, İsak Yılmaz<sup>2</sup>, Elmas Kırıcı-Elmas<sup>1</sup>, Erol Sarı<sup>1</sup>, Demet Ongan<sup>1</sup>, Özlem Bulkan-Yeşiladali<sup>2</sup>, Mehmet Özdoğan<sup>3</sup>, Yücel Yılmaz<sup>4</sup> ve Doğan Perinçek<sup>5</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, 34470 Vefa, İstanbul  
(E-posta: [algan@istanbul.edu.tr](mailto:algan@istanbul.edu.tr))

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar, İstanbul

<sup>3</sup> İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, 34452 Beyazıt, İstanbul

<sup>4</sup> Kadir Has Üniversitesi, Cibali Kampüsü, Haliç, 34083 Cibali, İstanbul

<sup>5</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, 17020 Çanakkale

İstanbul Arkeoloji Müzeleri tarafından Yenikapı'da yürütülen Antik Theodosius Liman kazısında ortaya çıkan çökel istifi yaklaşık olarak 8000 yıl içinde çökelmiş olup, bu dönemde Marmara Denizi ve İstanbul Metropolü'nde meydana gelmiş ortam değişimlerini ve kültürel tarihenin kayıtlarını içermektedir. Kazı alanında moloz dolgunun altında sırasıyla akarsu (flüvyal) ve denizel olmak üzere başlıca iki tip çökel istifi bulunmaktadır. Moloz dolgu Bizans döneminden kalıntılar, Osmanlı dönemi bostan toprağı ve çok yakın geçmişin kalıntılarını içermektedir. Moloz dolgunun altında yer alan flüvyal birim yaklaşık 1 m kalınlıkta olup, 1950'lerin başına kadar bugünkü Vatan Caddesi boyunca akan Lycos Deresi'nin (Bayrampaşa Deresi) getirdiği malzemelerin çökmesi ile oluşmuştur. Flüvyal birim altındaki açık sarı homojen kumlar ile başlayan denizel birimin üzerinde hafif açılı olarak yer alır. Denizel birim yaklaşık 4.5 m kalınlıkta olup, Miyosen yaşlı birimlerden ve çok yerel muhtemelen Erken-Holosen yaşlı bataklık çökellerinden oluşan taban üzerine çökelmiştir. Denizel birimin tabanında büyük çakıl ve bloklar üzerine çökelmiş kavkı kırıkları, kaba kum, küçük çakıllar ve yerel yayımlı kavkı bankı bulunmaktadır. İstifin özellikleri bir plaj ile başlayan kıyı ve sığ bir deniz ortamını temsil etmektedirler.

İstifin tabanında yer alan bloklu seviyedeki arkeolojik buluntular G.Ö. 8000-/6000 yıllarında bölgede varlığı bilinen Neolitik dönem Fikirtepe kültürüne aittir. Bu dönem yerleşmesinin izlerinin bulunduğu kot, günümüzdeki deniz seviyesinden yaklaşık 6 m daha düşüktür. Kıyı ve sığ denizel bir fasiyesi temsil eden birimler bölgenin liman olarak kullanıldığı MS 4–7. yüzyıllara kadar çökelmeye devam etmiştir. Liman 6. yüzyılda ani ve güçlü bir kısa süreli olaydan etkilenmiş (tsunami veya fırtına dalgası) ve giderek sığlaşmıştır. 11. yüzyıldan sonra ise Lycos Deresi'nin taşıdığı alüvyonlar ile tamamen dolmaya başlamış ve kıyı çizgisi tekrar deniz yönünde ilerlemiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Marmara Denizi, deniz seviyesi, Yenikapı, jeoarkeoloji, kıyı çökelleri

## Evidences of Changing Coastal Environment in Antique Theodosius Harbour (Yenikapı-İstanbul) During Holocene

Oya Algan<sup>1</sup>, M. Namık Yalçın<sup>2</sup>, İsak Yılmaz<sup>2</sup>, Elmas Kırıcı-Elmas<sup>1</sup>, Erol Sarı<sup>1</sup>, Demet Ongan<sup>1</sup>, Özlem Bulkan-Yeşiladalı<sup>2</sup>, Mehmet Özdoğan<sup>3</sup>, Yücel Yılmaz<sup>4</sup> & Doğan Perinçek<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Vefa, TR–34470 İstanbul, Türkiye (E-mail: algan@istanbul.edu.tr)*

<sup>2</sup> *İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, TR–34850 İstanbul, Türkiye*

<sup>3</sup> *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji Bölümü, Beyazıt, TR–34452 İstanbul, Türkiye*

<sup>4</sup> *Kadir Has Üniversitesi, Cibali Kampüsü, Haliç, Cibali, TR–34083 İstanbul, Türkiye*

<sup>5</sup> *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü, TR–17020 Çanakkale, Türkiye*

---

The sedimentary sequence deposited approximately during the last 8000 y BP was discovered in the Yenikapı excavation studies conducted by the İstanbul Archaeology Museum. It contains the records of environmental changes occurred in Marmara Sea and İstanbul Metropolis as well as cultural history of the region. There are mainly two types of sedimentary sequences below the artificial fillings in the excavation site; fluvial and marine. Artificial fillings include debris from Byzantium period to recent and also organic soil of Ottoman period. A fluvial sedimentary sequence below the artificial fillings has a thickness of about 1 m and deposited from the detritus of the Lykos Stream (Bayrampaşa Stream), flowing across the Vatan Street until the early 1950's. This fluvial sequence inclines to light colored sands of marine sequence. Marine sequence has a thickness of about 4.5 m, and is underlain by Miocene aged formations and possibly early Holocene local marsh deposits. At the base of marine sequence, a shell hash layer with a local shell bank is found above the boulders and cobbles. Marine sequence represents the characteristics of coastal to shallow water environment.

The cobbles at the base of the sequence include archaeological remnants belonging to Neolithic Fikirtepe culture that settled in the area at 8000–6000 y BP and are located at 6 m below the present sea level. The sediments representing shallow water and coastal environments indicate that the area was used as a harbour A.D. 4 to 7<sup>th</sup> century. The harbour might have witnessed to a short but probably catastrophic event at about 600 A.D. (such as tsunami or storm) and shoaled afterwards. The coast line progressed to seaward after 11<sup>th</sup> century, as a consequence of filling the harbour by the sediments derived from Lykos Stream.

**Key Words:** Marmara Sea, sea level, Yenikapı, geoarchaeology, coastal sediments

## Akdeniz Sahillerindeki Yalıtışlarının Holosen Deniz Düzeyi Oynamaları ve Tektonizma Açısından Önemi

Attila Çiner<sup>1,2</sup>, Stéphane Desruelles<sup>3</sup>, Eric Fouache<sup>4</sup>,  
Erdal Koşun<sup>5</sup> ve Rémi Dalongeville<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara  
(E-posta: aciner@hacettepe.edu.tr)

<sup>2</sup> Vrije Universiteit, Department of Tectonics/Structural Geology, Amsterdam, Netherlands

<sup>3</sup> J.E. 2532 Dynamiques des systèmes anthropisés, U. de Picardie, Jules Verne, Amiens, France

<sup>4</sup> Université Paris 12 - Val de Marne, EA 435 Géomat, F 94010 Créteil Cedex, France

<sup>5</sup> Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07058 Kampüs, Antalya

<sup>6</sup> CNRS-Maison de l'Orient et de la Méditerranée, UMR 5133 Archéorient, Lyon, France

Türkiye'nin Akdeniz kıyısındaki Finike ile Suriye sınırı arasında uzanan kıyı şeridi, kum ve çakıl boyutlu pekişmemiş sedimanların gelgit arası bölgede bulunan karbonat çimento sayesinde çok hızlı bir şekilde taşlaşması sonucu oluşan ve kalınlığı m'yi, yayılımı ise km'leri bulabilen yalıtışlarının (*beachrock*) gözlemlendiği bir bölgedir. Bu çalışma kapsamında çeşitli derinliklerde bulunan yalıtışlarından <sup>14</sup>C yaş tayinleri elde edilmiş ve gözlenen diğer jeomorfik, jeolojik ve arkeolojik veriler aracılığı ile Akdeniz kıyısının son 5000 senelik deniz seviyesi değişimleri zaman ve mekan boyutunda ortaya konulmuştur.

Çalışma alanı aynı yaş gurubuna ait benzer seviyedeki yalıtışlarının ve dalga aşındırma düzlüklerinin gruplanması temeline dayanan ve birbirinden en azından son birkaç bin yıldır tektonik olarak farklılıklar gösteren 5 bölgeye (I-V) ayrılmıştır: (I) En batıda bulunan Finike Körfezi'ndeki yalıtış seviyesi ile Andriake ve Batıkşehir harabelerinin bulunduğu bölüm Roma dönemi sonrası meydana gelen depremler sonucu bugün -1.5 m ile -4 m kadar deniz altında bulunmaktadır. (II) Finike-Antalya-Çimtur arasında -0.8 m ile -2.2 m deniz altında bulunan ve 3 ayrı nesile ait yalıtış seviyelerinden en üstte olanı M.S. 4-7 yy arasında bugünkü konumuna ulaşmıştır. (III) İncekum ile Adana'nın güneyindeki Karataş-Osmaniye Fay Zonu arasında kalan III. Bölge ise yalıtışlarının genelde bugünkü deniz seviyesi ve biraz üstünde bulunduğu bir alan olarak diğer bölgelerden ayrılır. Ayrıca dalga aşındırma düzlüklerinin İncekum'da M.S. 2. yy ile günümüzden 1815-1545 yıl kadar önce +0.5 m ile +1.2 m arasında yükseldikleri bilinmektedir. (IV) İskenderun Körfezi'nin güney ve kuzeyi ile sınırlı bu bölgede iki değişik nesile ait yalıtışları (+0.3 m ile -0.8 m arası ve -0.7 m ile -1.7 m arası) bulunmaktadır. Bunlardan üstte bulunanları M.S. 4-7 yy arasındaki bir deniz seviyesi sabitlenmesine tanıklık etmektedir. (V) Suriye sınırına kadar olan sahil şeridinde yalıtışları gözlenmemekte ancak 2 ayrı deniz seviyesine ait dalga oyukları güncel deniz seviyesinin +2.8 m ve +0.8 m kadar üzerinde bulunmaktadır. Bunlardan en üstte olanı günümüzden 2500 ± 100 yıl, daha aşağıda olanı ise M.S. 5-6 yy'da bugünkü konumlarına yükselmişlerdir. Mekansal anlamda 5 Bölge'ye ayrılan çalışma alanına zaman boyutunda bakıldığında ise toplam 4 değişik deniz seviyesi sabitlenmesi görülmektedir: (1) En eski deniz seviyesi (?Orta Holosen) -3 m'de (±0.5 m) bulunan yalıtışları ile temsil edilir. (2) M.Ö. 5-7 yy arasında oluşan yalıtışları da bugün denizin -2 m (±0.5 m) kadar altında bulunmaktadır. V. Bölge'de +2 m ile +3 m kadar deniz yüzeyinin üstünde bulunan dalga oygu izleri de yine bu zaman aralığına aittirler. (3) Üçüncü deniz seviyesi sabitlenmesi ve bunun sonucu olarak bugün II. Bölge'deki Kemer'de olduğu gibi -0.4 m (±0.5 m) derinlikte bulunan yalıtışlarının oluşumu M.S. 4-6. yy'lar arasında gerçekleşmiştir. IV. Bölge'deki Gözcüler'de aynı seviyede bulunan yalıtışları yine aynı zaman aralığına aittir. Bugün deniz altında kalmış kimi Roma dönemi sonrası yapıları (I. Bölge) ile II. Bölge'de +0.5 ile +1.2 m ve V. Bölge'de +0.8 m deniz üstünde bulunan dalga aşındırma düzlüklerinin de M.S. 4-6 yy'lar arasında bugünkü konumlarına geldikleri bilinmektedir. (4) Gözlemlerimiz Türkiye'nin Akdeniz kıyılarındaki deniz seviyesinin bugünkü konumuna en geç Selçuklu (M.S. 12 yy) ve hatta olasılıkla Erken Bizans döneminden sonra (M.S. 4-7 yy) ulaştığını göstermektedir. Çalışma alanında son 5000 senede deniz seviyesinde meydana gelen değişimlerin nedenleri iklimsel ve/veya glasyo-östatik olmayıp olasılıkla tektonik kaynaklıdır.

**Anahtar Sözcükler:** yalıtış, 14C yaş tayini, deniz seviyesi değişimi, tektonik, Holosen, Akdeniz

## Beachrock Formations on the Mediterranean Coast of Turkey: Implications for Holocene Sea Level Changes and Tectonics

Attila Çiner<sup>1,2</sup>, Stéphane Desruelles<sup>3</sup>, Eric Fouache<sup>4</sup>,  
Erdal Koşun<sup>5</sup> & Rémi Dalongeville<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe, TR–06532 Ankara, Türkiye  
(E-mail: aciner@hacettepe.edu.tr)

<sup>2</sup> Vrije Universiteit, Department of Tectonics/Structural Geology, Amsterdam, Netherlands

<sup>3</sup> J.E. 2532 Dynamiques des systèmes anthropisés, U. de Picardie, Jules Verne, Amiens, France

<sup>4</sup> Université Paris 12 - Val de Marne, EA 435 Géomat, F 94010 Créteil Cedex, France

<sup>5</sup> Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kampüs, TR–07058 Antalya, Türkiye

<sup>6</sup> CNRS-Maison de l'Orient et de la Méditerranée, UMR 5133 Archéorient, Lyon, France

Beachrocks are early carbonate cemented seashore sedimentary bodies that can be up to 1 m thick and several km long. Because the lithification occurs at the intertidal zone and that their formation requires vertical stabilization of the shoreline they can be used in Holocene sea level change and neotectonic studies. Up to 3 different generations of beachrocks at different depths between Finike and Syrian border are 14C dated and a mid-Holocene to recent sea level change history is tentatively proposed.

According to their positions beachrocks and raised shorelines characterized by surf benches and notches of similar ages are geographically subdivided into five areas: (I) The westernmost beachrock in Finike Bay and Roman ruins of Andriake and Batıkşehir are found submerged below –1.5 m to –4 m after post-Roman earthquakes. (II) 3 different layers of beachrocks are found between Finike–Antalya and Çimtur. The uppermost beachrock indicates sea level stabilization at c. AD 400–700. (III) The third area stretches from İncekum to Karataş-Osmaniye Fault Zone. It is the only area where the central axes of the reconstructed intertidal zones are emerged. Besides in İncekum surf benches between +0.5 m and +1.2 m have been already dated as c. AD 200 and 1815 BP – 1545 BP. (IV) The southern and northern part of İskenderun Bay limits this area. Two generations of beachrocks, corresponding to two fossil intertidal zones are distinguished: the first one between +0.3 m and -0.8 m (c. AD 400–700) and the second one between –0.7 m and –1.7 m. (V) Although no beachrocks are present along the Levant coast of Turkey down to the Syrian border, two emerged shorelines with erosional notches are previously dated as 2500 ± 100 BP (+2.8 m) and c. AD 500–600 (+0.8 m). As many as 4 relative sea level positions are recognized in the study area: (1) The earliest sea level (?mid-Holocene) is represented by beachrocks at –3 m (±0.5 m). (2) The second stabilization of the sea level occurred c. AD 500–700 and is represented by beachrocks at –2 m (±0.5 m). The raised shoreline represented by an erosional notch at +2 m and +3 m near Samandağ (Area V) also belongs to this period. (3) The third stabilization of sea level and the formation of beachrocks at -0.4 m (±0.5 m) as in Kemer (Area II) dates back to c. AD 400–600. The beachrocks developed at similar elevations in Gözcüler (Area IV) are also contemporaneous. Several Roman ruins (Area I) and surf benches at +0.5 m and +1.2 m (Area II) and at +0.8 m (Area V) are all known to be raised to their actual positions between c. AD 400–600. (4) The sea level reached its present position latest after Selcukid era (c. AD 1200) and probably after the Early Byzantine period (c. AD 400–700). Since then a significant sea level change is not observed. Our data indicate that the major causes of sea level changes observed along the Turkish Mediterranean coast during the last 5000 years can be attributed to local tectonics rather than to climate and/or glacio-eustasy.

**Key Words:** beachrock, 14C dating, sea level changes, tectonics, Holocene, Mediterranean

## Bozcaada'da Yeni Bir Pleistosen Bulgusu: Bozcaada Eoliniti

Ahmet Evren Erginal<sup>1</sup> ve Nafiye Güneç Kıyak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,  
17000 Çanakkale (E-posta: aerginal@comu.edu.tr)

<sup>2</sup> Işık Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kumbaba Mevkii, 34980 Şile, İstanbul

---

Biga Yarımadası'nın 4 km batısında yer alan Bozcaada'nın güney kıyısında, Zunguma Burnu'nu oluşturan eolinit (taşlaşmış kumul), Bozcaada jeolojisi ve jeomorfolojisi açısından yeni bir Pleistosen bulgusu olarak bu yazıda sunulmaktadır. Önceki çalışmalarda Miosen formasyonları içinde gösterilen eolinit 32120 m<sup>2</sup> lik alanda yüzeyler ve Miyosen kumtaşı ve kireçtaşlarını örterek denize doğru 220 metrelik bir burun oluşturur. İnce kesit analizlerine göre kayaç litik arenittir ve egemen minerallerini kuvars, plajiolaz, ortoklaz ve daha az oranlarda mikroklin, epidot, klorit ve lökoksene oluşturur. Kayaçın %40'ı mineral kırıntılarından, geri kalan kısmı ise şist, gnays ve kireçtaşı parçalarından oluşur ve tüm tane ve kayaç kırıntıları sparitik kalsit ve menisküs çimento ile birbirine bağlanmıştır. Kuzeydoğu ve güneybatıya eğimli iki çapraz tabaka serisinden oluşan eolinitin yaşı ışık uyarımlı luminesan (Optically Stimulated Luminescence-OSL) verilerine göre 24.21±1.53 bin yıl ile 16.18±1.70 bin yıl arasında değişmektedir. Yaş verilerine göre üzerinde çalışılan eolinit alçak deniz seviyesi koşullarında oluşan eolinitlere tipik bir örnek oluşturmaktadır. En genç katmandaki yoğun rizolit kalıntıları, kumul kumlarının çimentolanması esnasında bitki köklerinin boşluklarına kurak koşullar altında kalsit birikimini işaret etmektedir. Eolinitin birikim ortamı ve istif özellikleri ile içerdiği rizolitler Bozcaada'nın geç Pleistosen paleoiklim koşullarının yorumlanmasında öneme sahiptir.

**Anahtar Sözcükler:** eolinit, rizolit, ışık uyarımlı luminesan, Pleistosen, Zunguma burnu, Bozcaada



## A New Finding of Pleistocene in Bozcaada: Bozcaada Eolianite

Ahmet Evren Erginal<sup>1</sup> & Nafiye Güneç Kıyak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,  
TR–17000 Çanakkale, Türkiye (E-mail: aerginal@comu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Işık Üniversitesi, Fizik Bölümü, Kumbaba Mevkii, Şile, TR–34980 İstanbul, Türkiye*

---

In this study, we present data on the Bozcaada eolianite (cemented coastal dune rock) that constitutes an important new finding for the Pleistocene geology and geomorphology of the island and that forms the Cape Zunguma on the south coast of the Bozcaada Island, located 4 km west of the Biga Peninsula. The eolianite, which was previously included within Miocene formations, crops out in an area of 32120 m<sup>2</sup>, protrudes 220 m seaward, and overlies Miocene sandstone and limestone. Thin section analysis shows that the rock is a lithic arenite in composition with 60% rock fragments and 40% mineral grains, cemented by sparitic and meniscus carbonate cements. The rock fragments include schist, gneiss and limestone. The mineral grains are composed of a high percentage of quartz, plagioclase, orthoclase, and a low amount of microcline, epidote, chloride and leucosene. Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating on the eolianite samples from cross-beds dipping northeast and southwest yield ages ranging between 24.21±1.53 ka and 16.18±1.70 ka before present. Based on the obtained data, the studied rock constitutes a typical example to eolianites that formed during low sea-level periods. The abundant remnants of rhizoliths observed within the youngest eolianite beds reveal that the precipitation of calcite within the void spaces of roots during the cementation of the coastal dunes took place under arid conditions. The depositional environment and sequence characteristics of the eolianite and its abundant content of rhizolith are significant for the interpretation of late Pleistocene palaeoclimatic conditions in the Bozcaada Island.

**Key Words:** eolianite, rhizolith, optically stimulated luminescence, Pleistocene, cape Zunguma, Bozcaada island

## **Sakarya Deltası (GB Karadeniz) Denizel Plajların Sedimentolojik ve Jeokimyasal Özellikleri**

Mustafa Ergin, Zehra Karakaş, Koray Sözeri ve AGDEJAM Öğrenci Grubu

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, F Blok,  
06100 Tandoğan, Ankara (E-posta: ergin@eng.ankara.edu.tr)*

Ankara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (20070745007 HPD nolu proje) ve TÜBİTAK tarafından (108Y333 nolu proje) desteklenen bu çalışmanın esas amacı, Kefken-Ereğli arasındaki plajlı kıyılarda sediment birikim ve taşınım süreçleri ile bunları etkileyen faktörleri, plajlarda olası ağır mineral plaserleri ve kıyıardı maden-mineral yataklarını tesbit etmektir. Bu çerçevede 2007 ve 2008 yıllarında Kefken-Akçakoca arasındaki kıyı plajlarında çok sayıda yüzeysel sediment örnekleri toplanmış ve jeomorfolojik arazi gözlemleri yapılmıştır. Sediment örnekleri güncel kıyı çizgisi-önplaj ve arka plaj ortamlarını temsil etmektedir. Alınan sediment örnekleri üzerinde tane boyu, ağır mineral, multielement ve mineral tayin analizleri yapılmaktadır. Bu çalışma sunumunda 23 sediment örneklerinin tane boyu ve multielement dağılımlarına ait bazı sonuçlar tartışılmaktadır. Tane boyu analizleri bilinen standart petrografik yöntemlere göre yapılmış olup, jeokimyasal analizler XRF kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Orta kum tane boyu sedimentlerde tesbit edilen en baskın malzeme türüdür (% 25–86) ve bunu takiben kaba kum (çoğunlukla % 10–53) gelmektedir. İnce kum % 1–24 arasında bulunurken, çok ince kum oranları % 1–15 civarındadır. Çok kaba kum sadece birkaç örnekte ve % 18–70 oranlarındadır. Tane boyu yüzdelerindeki farklılıklar çoğunlukla bölgesel morfolojik ve hidrodinamik değişkenlere bağlı olup, diğer faktörlerin de etkisini göstermektedir. Yerkabuğu ortalaması ile karşılaştırıldığında, bu çalışmaya ait Sakarya plaj sedimentlerinin Si, Co, Sn, Ba ve Hf miktarları genelde benzer seviyededir. K (%1,0–1,8), Mg (%0,9–1,7), Fe (%1,6–3,2), Ti (%0,17–0,43), P (%0,03–0,05), Al (%3,8–5,5), Ni (23–85 ppm), Th (2,9–5,4 ppm), V (34–131 ppm), Zr (87–177 ppm) ve Mn (443–833 ppm) miktarları nisbeten az iken, Cr (46–747 ppm), U (6,4–17,9 ppm) ve W (53–143 ppm) miktarları biraz yüksektir. Akçakoca'ya yakın tek bir örnekte, birçok element miktarı oldukça yüksektir. Bazı elementlerin miktarları kıyı boyunca azalmakta veya artmakta, bazılarının oranları pek önemli değişmemekte ve bazılarının miktarları ise önemli salınımlar göstermektedir. Sediment tane boyu, ağır mineral ve çokluelement analizleri arkaplay örneklerinde de devam etmekte olup, sonuçlar çok boyutlu tartışılmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** GB Karadeniz, Sakarya Deltası, plaj, sediment, tane boyu, çoklu element

## Sedimentological and Geochemical Characteristics of Marine Beaches from the Sakarya Delta (SW Black Sea)

Mustafa Ergin, Zehra Karakaş, Koray Sözeri & AGDEJAM Öğrenci Grubu

*Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, F Blok,  
Tandoğan, TR–06100 Ankara, Türkiye (E-mail: ergin@eng.ankara.edu.tr)*

---

The main purpose of this study is to investigate the sediment transportation and erosional processes along the coastal beaches between Kefken and Ereğli and the influencing factors as well as to determine possible heavy mineral placers and related coastal hinterland mineral-ore deposits. This study was financially supported by the Scientific Research Projects Foundation of Ankara University (Project 20070745007 HPD) and by the Turkish Scientific and Technical Research Council-TÜBİTAK (Project 108Y333). In this context, in the years 2007 and 2008 large number of surficial sediment samples were collected on coastal beaches between Kefken and Akçakoca and geomorphological field observations were carried out. Sediment samples represented modern shoreline-foreshore and backshore environments. Sediment samples collected were subjected to grain size, heavy mineral and multielement analysis and mineral determinations. In this presentation, some results of grain size and multielement distribution obtained from 23 foreshore sediment samples will be discussed. Grain size analysis were performed by using known petrographic methods and geochemical analysis were carried out on a XRF equipment.

Medium sand is the dominant grain size determined in sediments (25–86 %) followed by coarse sand (mostly between 10–53 %). Fine sand is abundant at 1–24 %, and very fine sand is contained 1–15 %. Very coarse sand is found only in a few samples ranging from 18 to 70 %. Variations in grain size percentages can be related to mostly changing regional conditions in hydrodynamics and morphology but other factors can also be considered. Compared to average composition of Earth's rocks, Sakarya beach sediments of this study contained generally similar amounts of Si, Co, Sn, Ba and Hf. Concentrations of K (1.0–1.8%), Mg (0.9–1.7%), Fe (1.6–3.2%), Ti (0.17–0.43%), P (0.03–0.05%), Al (3.8–5.5%), Ni (23–85 ppm), Th (2.9–5.4 ppm), V (34–131 ppm), Zr (87–177 ppm) and Mn (443–833 ppm) are relatively lower while Cr (46–747 ppm), U (6.4–17.9 ppm) and W (53–143 ppm) contents were higher than those of the average rocks. Exceptionally, in a sample close to Akçakoca, concentrations of some elements were relatively higher. Concentrations of some elements either with increasing or decreasing tendencies along the coast and some others with often fluctuations while some others remain nearly homogenous. Sediment grain size, heavy mineral and multielement analysis are going on also on backshore samples and results obtained will be discussed by considering all the parameters.

**Key Words:** SW Black Sea, Sakarya Delta, beach, sediment, grain size, çoklu element

## Doğu Akdeniz’de Sedimentasyon ve Depremler: Özellikleri ve Çökme Süreçleri

Adina Hakimian<sup>1</sup>, Cecilia M.G. McHugh<sup>1</sup> ve Leonardo Seeber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA*  
(E-posta: mrshakimian@yahoo.com)

<sup>2</sup> *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and  
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,  
NY 10964-8000, USA*

Devam eden bu çalışmanın kapsamlı amacı herhangi bir ortamda deprem sonucu meydana gelen sedimentasyon olaylarının ortak özelliklerini belirlemektir. Böylece, Marmara Denizi’nde yapılan çalışmalarla karşılaştırmak için Kalabriya dış yayönü sırttan alınan sedimentleri üzerinde çalışmalar yaptık. Kalabriya sırtı Afrika Avrupa levha sınırının bir parçası olan Kalabriya yayı ile ilişkili aktif yığışım prizmasının dış kısmıdır. Hernekadar prizmanın altındaki dalma-batma kırıklarıyla ilişkili olmasa da Kalabriya çok büyük ve tahrip edici depremleri yaşamıştır. Kalabriya sırtı düz sırtlarla ayrılmış, yüzlerce metre derinliğinde ve birkaç kilometre genişliğinde olan çukurluklarla karakterize edilen engebeli bir topoğrafyaya sahiptir. Çalışılan karotlarda 3500 metreden 3660 metreye kadar değişen derinliklerdeki iki çukurluk ve her iki sırt örneklenmiştir. Cita v.d. (1996), daha önce kalın homojenit çökellerini günümüzden 3500 yıl önce meydana gelen Santorini volkan patlamasıyla ilişkilendirmiştir. Kastens (1981) Kalabriyan sırtının düz olan sırtlarında ve çukurlukların karşısındaki eş zamanlı oluşan türbiditleri tanımlamış ve bunları depremle ilişkilendirmiştir. Bu çalışmada depremle oluşan çökelleri ve homojenitin özelliklerini belirlemek için yeniden inceledik. Üç adet piston karotu 1 cm aralıklarla örnekledik. Kurutulmuş örneklerde X-ışınları floresans ve ince fraksiyonda (< 63 µm) tane boyu analizleri yapıldı.

Elde ettiğimiz ilk sonuçlar, Kalabriya sırtının sedimentasyonunda Marmara Denizi’nde olduğu gibi homojenitlerin eğemen olduğunu göstermektedir. Kasten ve Cita’nın (1981) homojenit olarak tanımladığı türbiditleri yeniden sınıflandırdık ve Cita ve diğ.’nin (1996) daha önce tanımladığı 10 metre kalınlığındaki homojeniti belirledik. Bu çökeller tabanda keskin dokanak üzerine gelen mm’den cm’ye kadar değişen kalınlıktaki kum ve silt laminasyonlarını içermektedir. Tüm laminalar normal derecelenmiş ve yukarı doğru tane boyunda incelme dışında homojen çökellerdir. Tane boyu analizleri hem tüm istifte, hem de her bir lamina içinde, iki düzeyde normal derecelenmeyi göstermektedir. Element analizleri ve tane boyu özellikleri ile belirlenen çökel kalınlıkları 20 cm’den 70 cm’ye kadar değişmektedir. Bu çalışma hala sürmektedir. Ancak ilk edilen sonuçlar Kalabriya sırtı ile Marmara Deniz’i arasında çökelme şekilleri konusunda kayda değer benzerlikler olduğunu göstermektedir. Tektonik konumlarının birbirinden oldukça farklı olmasına karşın, tetikleyen mekanizmalar ve çökelme süreçlerinin bağlantılı olduğu gözükmektedir. Homojenitlerin çökeli mi konusunda birçok model düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** denizaltı deprem jeolojisi, Doğu Akdeniz, Kalabriya Sırtı, homojenitler, sedimentasyon süreçleri

## **Sedimentation and Earthquakes in the Eastern Mediterranean Sea: Characteristics and Depositional Processes**

Adina Hakimian<sup>1</sup>, Cecilia M.G. McHugh<sup>1</sup> & Leonardo Seeber<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Queens College, City University of New York, 65–30 Kissena Blvd, NY 11367, USA  
(E-mail: mrshakimian@yahoo.com)*

<sup>2</sup> *Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Seismology Geology and  
Tectonophysics, 227 Seismology, 61 Route 9W - PO Box 1000, Palisades,  
NY 10964-8000, USA*

---

The overarching goal of this ongoing study is to identify common features of earthquake triggered sedimentation events in any setting. Thus we studied sediments recovered from the Calabrian outer forearc ridge for comparison with those studied in the continental transform basins along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea. The Calabrian Ridge is the outer portion of the active accretionary wedge associated with the Calabrian arc, a segment of the African Europe plate boundary. Calabria has experienced many large and destructive earthquakes, although none have been unequivocally associated with subduction ruptures below the wedge. The Calabrian Ridge has a rugged ‘cobblestone’ topography characterized by troughs that are one to several kilometers wide and tens to hundred meters deep and are separated by flat-topped ridges. The studied cores sampled both the ridges and two troughs at water depths ranging from 3500 m to 3660 m. Cita *et al.* (1996), had previously studied these cores and identified a thick ‘homogenite’ deposit linked to the catastrophic Santorini volcanic event of 3,500 years BP. Kastens (1984) studied the same cores and identified synchronous turbidites across the troughs and flat ridges of the Calabrian Ridge and linked them to earthquakes. We re-examined a subset of the cores from the Calabrian Ridge to identify the characteristics of the ‘homogenite’ and earthquake triggered deposits. Three piston cores were sampled at 1 cm intervals, X-ray fluorescence analyses were conducted on the dried portion of the sediments, and grain size analyses of the fine fractions (< 63 µm).

Our initial results show that the sedimentation of the Calabria Ridge as in the Marmara Sea is dominated by ‘homogenites’. We identified the 10-m-thick ‘homogenite’ of Cita *et al.* (1996) and have reclassified Kastens and Cita’s (1981) turbidites as ‘homogenites’. These deposits begin with a sharp basal contact followed by numerous mm- to cm-scale sand and silt laminations. All laminae are normally graded and are contained within a fining upward and otherwise homogeneous deposit. Grain size analyses confirm two levels of normal grading, within individual laminae and of the whole sequence. The thickness of these deposits, determined from the elemental analyses and grain size characteristics, ranges from 20 to 70 cm. This work is still in progress but the initial results show remarkable similarities in depositional styles between the Marmara Sea and Calabrian Ridge deposits. The tectonic settings are quite different but the triggering mechanisms and depositional processes seem related. Several models are being considered for the deposition of the ‘homogenites’.

**Key Words:** submarine earthquake geology, Eastern Mediterranean, Calabrian Ridge, homogenites, sedimentation processes

## Marmara Denizi’nde Geç Kuvaterner Sismik-Türbiditlerin Tayini: Yüksek Çözünürlü Karot ve Sismik Çalışmalarından İpuçları

Kürşad Kadir Eriş<sup>1</sup>, Christian Beck<sup>2</sup> ve M. Namık Çağatay<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),  
34469 Avcılar, İstanbul (E-posta: keris@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Savoie Üniversitesi LGCA, BP 234, 73374 Le Bourget du Lac, Chambéry, cedex Fransa*

Marmara Denizi sismik olarak aktif bir havza olup, Kuzey Anadolu Fay sistemindeki K–G gerilmeye bağlı olarak doğudan batıya dizilmiş derin doğrultu atımlı havzalardan oluşmaktadır. En doğuda yeralan Çınarcık Çukurluğu’ndan 2001 yılında Marione Dufresne gemisi ile alınan 31 m uzunluğundaki MD01-2425 piston karotunda ayrıntılı sedimentolojik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı çoklu parametre yöntemleri kullanılarak Marmara Denizi’nde çökelmiş sismik-türbidit seviyelerin varlığını ortaya koymak ve bunların iklimsel türbiditler ile farklılıklarını tespit edebilmektir.

MD01-2425 karotunda yapılan litostratigrafik çalışmalar ve tane boyu analizleri sayesinde karot boyunca kalınlıkları 10–85 cm arasında değişen bir çok türbidit seviyesi tespit edilmiştir. Karot çökellerinde yapılan ayrıntılı sedimentolojik çalışmalarda, sismik-türbiditlerin aşınmalı keskin bir taban üzerinde kumlu ve siltli iri taneli alt bölüm ile başlayıp üste doğru yine keskin bir sınırla ‘homogenite’ olarak adlandırılan homojen kile geçtiği gözlenmiştir. Bu homojen kil seviyesi sismik profillerde şeffaf yansıma özelliği sunarken, havza içerisinde yanal yönde devamlılığı kilometrelerce izlenebilmektedir. Bu çalışmada hassas sismik ve karot eşleştirilmesi sonucunda Marmara Denizi’nde çökelen sismik-türbidit seviyelerinden bazılarının lokal sismik hareketlerden ziyade bölgesel ölçekte depremleri yansıttığı ortaya çıkarılmıştır. MD01-2425 karotunda C<sup>14</sup> tarihlendirme analizleri ve karot-sismik eşleştirilmesi sayesinde Marmara Deniz’inde bölgesel ölçekte depremler sonucunda çökelmiş beş farklı sismik-türbidit seviyesi tespit edilmiştir. Bunlardan en genci Marmara Denizi’nde Genç Buzul Dönemi (YD) sonunda (G.Ö. ~10.5 bin yılı) çökelirken, karotda daha alt seviyelerde yeralan iki türbidit istifi Holosen başlarında (G.Ö. ~12 bin yılında) oluşmuştur. Holosen öncesinde oluşmuş diğer iki sismik-türbidit biriminin yaşları ise G.Ö. 12.8 ve 13.2 bin yıllarını vermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Marmara Denizi, Kuvaterner, sismik-türbidit, sedimentoloji, sismik stratigrafi

## Characterization Late Quaternary Seismo-Turbidites in the Sea of Marmara; Evidence from High-resolution Core and Seismic studies

Kürşad Kadir Eriş<sup>1</sup>, Christian Beck<sup>2</sup> & M. Namık Çağatay<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
(Doğu Akdeniz Oşinografi ve Limnoloji Araştırmaları Merkezi),  
Avcılar, TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: keris@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Savoie Üniversitesi LGCA, BP 234, 73374 Le Bourget du Lac, Chambéry, cedex Fransa*

---

The Sea of Marmara is a seismically active basin and has a several strike-slip basins aligned from east to west that were created by N–S strain of the North Anatolian Fault. Detailed sedimentological study has been performed on 31-m-long piston core MD01-2425 recovered during the R/V Marione Dufresne cruise in 2001 from the Çınarcık Basin. In this study, our aim is to find out the presence of seismo-turbidites in the Sea of Marmara by multi-proxy and try to differentiate them from the climatic turbidites.

On the basis of detailed lithostratigraphic study and grain size analysis, several seismic-turbidite layers have been defined with a changing thickness between 10 and 85 cm. According to detailed sedimentological study, a seismic-turbidite sequence usually begins with a sandy and silty coarse layer over a sharp erosional base and it follows by a homogenous clay that has been previously termed as a ‘homogenite’. This homogenous layer is associated with transparent reflection characteristics in the seismic profiles, which shows a wide lateral extent for several kilometers along the basin. As a result of precise core- to -seismic correlation in this study, some turbidite layers can be attributed to regional earthquakes rather than local events in the Sea of Marmara. On the basis of C<sup>14</sup> dates from Core MD01-2425 together with seismic-to-core correlation, we defined five main seismo-turbidite layers that deposited by regional seismic events. The youngest one was deposited at the termination of Younger Dryas (YD), whereas two other turbidite sequences in the lower section were accumulated in the beginning of the Holocene. The two other seismic-turbidites that deposited prior to Holocene, are dated at 12.8 and 13.2 ka BP.

**Key Words:** Sea of Marmara, Quaternary, seismo-turbidite, sedimentology, seismic stratigraphy

## Kumbaba (Şile) Plajı'nda Kıyının Evrimi

Çağdaş Coşkun

*İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 34452 Vezneciler, İstanbul  
(E-posta: cagdasco@gmail.com)*

---

Kumbaba Plajı, Şile (İstanbul) liman bölgesinin batı kısmında yer almakta ve şehir merkezine yakın olması sebebiyle kıyı turizmi açısından önem arz etmektedir. Bu amaçla plajın jeolojik evrimi kıyı mühendisliği prensipleri açısından incelemiştir. Plajın evriminde en büyük etken olan dalga etkisi, Şile Meteoroloji İstasyonu'nda 1986–2006 yılları arasında toplanmış olan rüzgâr verileri ve NATO Tu-Waves Projesi kapsamında Şile bölgesi dalga atlası kullanılarak rüzgâr/dalga istatistiği yapılmış ve dalga özellikleri belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, İngiliz Donanması'nın uzun zamanlar boyunca Karadeniz'de toplamış olduğu deniz meteorolojisi verilerinden elde edilen analizin diğer iki çözümlenmenin değerlendirmesini destekleyerek kıyı boyu katı madde taşınımı tespit edilmiştir. Jeolojik ve jeomorfolojik temel üzerine kurulan plaj evrimi, meteorolojik verilerin analizlerinin Kıyı Mühendisliği içerisindeki akıntı-dalga mekaniği ve katı madde taşınımı ile sentezlenmesi ve farklı zaman dilimleri içerisinde çekilmiş uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları gibi uzaktan algılama öğelerinin katkısıyla inceleme nihayetine ermiştir. İnceleme CERC (SPM) yöntemi ile yapılmıştır. Yapılan net kıyı boyu katı madde miktarları; dalga atlasına göre doğu–batı yönünde 14,946.249 m<sup>3</sup>/yıl, meteorolojik verilerle yapılan feç analizi sonucunda ise batı–doğu yönünde 1,205.722 m<sup>3</sup>/yıl olarak belirlenmiştir. Bu farkın oluşmasında kullanılan analiz yöntemi, rüzgâr verilerinin toplandığı istasyonun ve dalga atlasının konumu önemli etkenlerdir.

**Anahtar Sözcükler:** Şile, evrim, jeoloji, jeomorfoloji, kıyı, sediment, taşınım



## Coastal Evolution of Kumbaba Beach (Şile, Black Sea)

Çağdaş Coşkun

*İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Vezneciler, TR–34452 İstanbul, Türkiye  
(E-mail: cagdasco@gmail.com)*

---

Geological evolution of the coastal beaches in the Kumbaba Beach, located west of Şile (Istanbul) waterfront, has been reviewed in terms of coastal engineering principles. The biggest factor in the evolution of the beach is wave effect. Wind/wave statistics were made and wave characteristics determined by using some wave and wind data to estimate the wave effect. Wind data collected by the Şile Weather Station and the data in the Wave Atlas of the Şile region acquired by the NATO Tu-Waves Project were used. An analysis from the long-term Black Sea meteorological data of the British Navy was used to support the other two solutions to assess the long shore sediment transport. Geological and geomorphological basis of the beach evolution was concluded using the analysis of meteorological data for the Coastal Engineering in terms of the stream-wave mechanics and sediment transport and remote sensing images (satellite images and air photos) for different time periods. Review was done using CERC (SPM) method. According to wave atlas, the amount of long shore sediment transport is 14,946.24 cubic meters per year in the east to west direction, whereas according to the wind data the amount from west to east is 1,205.722 cubic meters per year. The main factors contributing to the difference are use of the different analytical methods and the position of the meteorological stations used for the collection of wave atlas and the wind data.

**Key Words:** Şile, evolution, geology, geomorphology, coastal, sediment, transport

## Örgülü Deltalara Antalya Körfezi Batısından Güncel Bir Örnek

Korhan Ayrancı ve Erdal Koşun

*Akdeniz Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 07058 Antalya  
(E-posta: korhanayranci@akdeniz.edu.tr)*

Deltalar genellikle baskın tane boyuna göre sınıflandırılır. İnce taneli deltalar; akarsu, gel-git ve dalga baskın olarak sınıflandırılırken, kaba taneli deltalar ise yelpaze deltaları ve örgülü deltalar olarak sınıflandırılır. Oluşumunu devam ettiren güncel Göynük deltası, Antalya Körfezinin batı kısmından Akdeniz'e giriş yapan birçok delta sisteminden bir tanesidir ve örgülü akarsu sistemlerince baskındır. Antalya napları üzerinde gelişen bu deltaik sistem, batıdan doğuya doğru 6 km uzunluğundadır ve 500-600 m genişlik sunar. Bu çalışmadaki esas amaçlardan bir tanesi, bu deltaik sistemin hangi delta türüne dahil olduğunu belirlemektir. Bunu belirlemek için yer radarı (GPR) çalışması, yerin 60 m altını analiz edilecek şekilde uygulanmıştır. Tabakaların yer altındaki konumları ve olası alın seti taraması bu jeofizik uygulaması sayesinde incelenmiştir. Sonuç olarak tabakalanmanın, bir yelpaze deltası karakteristiği olan alın setindeki çapraz tabakalı ilerleyiş yerine, tabakaların örgülü delta sistemlerindeki gibi yüzeye paralel veya çok küçük bir açıyla ilerlediği gözlenmiştir. Uygulanan fasiyes analizi sayesinde bölgenin jeolojik evrimi ile zaman-mekan ilişkisi de incelenmiştir. Göynük örgülü delta sistemi içinde on ayrı fasiyes türü belirlenmiştir. 3 metre kalınlığa ulaşabilen ve Göynük deltasında en baskın bulunan kabaca tabakalanmış tane destekli çakıl (F1), F1 fasiyesi ile ardalanma gösteren iyi tabakalanmış, açık çatıtışı çakılı (F2), kabaca tabakalanmış, matriks destekli çakıl (F3), 1-3cm çakılıktan oluşan düzlemsel tabakalı çakıl (F4), ince-kaba taneli, çakıl saçınımlı kum (F5), ince-orta taneli, laminalı kum (F6), orta-kaba taneli, düzlemsel çapraz tabakalı kum (F7), ince-kaba taneli ripple marklı kum (F8), masif silt-çamur (F9), ince laminalı silt-çamur (F10), Göynük bölgesinde belirlenen fasiyeslerdir.

Yelpaze deltaları ve örgülü deltalar birbirlerinden su üstü çökelleri ile ayrılırlar. Yelpaze deltalarında bir alüviyal yelpaze bir su kütlesine ilerlerken, örgülü deltalarda ise çukur geometri sunan bir örgülü nehir sistemi su kütlesine ilerleme gösterir. Yapılan fasiyes analizinin yorumu sonrasında bölgeye alüviyal yelpaze yerine uzunlamasına bar çökellerinin baskın olduğu bir örgülü nehir sisteminin hakim olduğu gözlenmiştir.

Göynük deltasında olası cevherleşmeleri belirlemek amacıyla ağır mineral analizi de uygulanmıştır. Bu analiz için deltanın belli bölgelerinden toplam 18 ince kum örneği toplanmıştır. Ağır mineraller, toplanan bu kum örneklerinden, Sodyum metatungstat çözeltisi (Yoğunluk= 2.89 g/cm<sup>3</sup>) kullanılarak ayrılmıştır. Opak olmayan mineraller, mikroskop altında ince kesitlerde kantitatif olarak analiz edilmiştir. Opak mineraller ise parlak kesitleri yapılarak analiz edilmiştir. Titanit, epidot, hipersten, ojit, serpantin grubu mineraller, diyopsit, pijonit, zoisit, biyotit, hornblend, apatit, rutil, turmalin ve az miktarda da zirkon, Göynük bölgesinde karşılaşılan opak olmayan minerallerdir.

Sedimentolojik ve jeofizik incelemeler sonucu elde edilen veriler, Göynük deltasının bir yelpaze deltası yerine bir örgülü deltanın bölgeye hakim olduğunu göstermiştir. Yapılan ağır mineral analizi ise bölgenin ofiyolitik kökenli olduğunu ve önemli bir titanyum minerali olan titanitin bölgede baskın olarak bulunduğunu göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Antalya körfezi, örgülü delta, yer radarı, ağır mineral

## A Modern Example of Braid-Delta from Western Gulf of Antalya

Korhan Ayrancı & Erdal Koşun

*Akdeniz University, Department of Geological Engineering, TR–07058 Antalya, Türkiye  
(E-mail: korhanayranci@akdeniz.edu.tr)*

---

Deltas are generally classified according to their grain size. While fine grained deltas are classified as fluvial, tide and wave dominated, coarse grained deltas are classified as fan delta and braid-delta. The recent Göynük delta in the west of Antalya Gulf is one of the deltaic systems prograding into the Mediterranean Sea in which braided fluvial systems are dominated. This deltaic system that develops on Antalya Nappes progresses from west to east with a 6 km long and 500-600 m wide channel that reaches the recent coastline. One of the aims of the study is to determine whether the Göynük deltaic system is a braid-delta or a fan delta. To that end a GPR (Ground Penetrating Radar) survey was conducted up to 60 m depth. The distribution of the stratigraphic layers and a possible presence of foresets were investigated. The layers were seen to progress either parallel to the surface or with a small angle as in braid-delta systems; i.e. the foresets showing a cross bedding which is characteristics of fan deltas were not met. Process oriented facies analysis shows the time and space relationships of the deltaic system and its geological evolution. Ten facies were defined within Göynük braid-delta system. Crudely bedded, normal graded clast-supported gravel facies (F1) up to 3 m thick is dominant in the overall deltaic system. Beside this, well stratified open framework, clast supported gravel facies (F2), crudely bedded matrix supported gravel facies (F3), clast-supported gravel facies consisting of 1-3 cm pebbles (F4), fine to coarse grained, pebble scattered sand facies (F5), fine to medium grained, laminated sand facies (F6), medium to coarse grained, planar-cross bedded sand facies(F7), fine to coarse grained, ripped sand facies (F8), massive silt-mud facies (F9), fine laminated silt-mud facies (F10) were recognized.

Fan delta and braid-delta are distinguished from each other with subaerial deposits. While an alluvial fan system is prograding into a standing body of water in fan deltas, braid river system with concave geometry is prograding into a standing body of water in braid-delta systems. It was determined from the interpretation of facies analysis that the facies reflected a fluvial system having longitudinal bars, rather than an alluvial fan.

Heavy mineral analysis was also carried out in order to predict possible ore formations. Sand samples were collected from 18 different locations of Göynük braid-delta for heavy mineral analysis. The heavy minerals were separated from the samples using Sodium metatungstate solution (density 2.89 gr/cm<sup>3</sup>). Non-opaque minerals were examined in thin sections and the opaque minerals were examined in polished sections. Sphene, epidote, hyperstene, augite, serpentine group minerals, diopside, pigeonite, zoisite, biotite, hornblende, apatite, rutile, tourmaline and zircon (in small amount) are the non opaque heavy minerals encountered in Göynük region.

The sedimentological and geophysical data indicate that the depositional system in Göynük represents a braid-delta system rather than a fan delta. It was determined from the heavy mineral analysis that the provenance is of ophiolitic origin.

**Key Words:** Gulf of Antalya, braid-delta, ground penetrating radar, heavy mineral

## Karadeniz Şelfi'nin İstanbul Boğazı Çıkışında Sediment Karotlarındaki Bentik Foraminifer Dağılımı

Elmas Kırıcı-Elmas<sup>1</sup>, Oya Algan<sup>1</sup> ve Gilles Lericolais<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü,  
34470 Vefa, İstanbul (E-posta: kircie@istanbul.edu.tr)

<sup>4</sup> IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70,  
F-29280 Plouzane cedex, France

Karadeniz Şelfi'nin İstanbul Boğazı çıkışında alınmış olan bir adet gravite karot ve iki adet Ronanberg karotun içermiş olduğu bentik foraminifer toplulukları incelenerek, karotlar boyunca foraminifer tür ve bolluk değişimleri belirlenmiştir.

Dünyanın en büyük anoksik havzası olma özelliğine sahip olan Karadeniz, Türk Boğazlar Sistemi ile Akdeniz'e bağlı yarı kapalı bir havzadır. Yüzeysel suyunun düşük tuzluluğuna karşın (% 18–22), derinlerde Çanakkale Boğazı-Marmara Denizi-İstanbul Boğazı üzerinden giren % 38.5 tuzluluklu Akdeniz suyu yer alır. Farklı yoğunluklu bu iki su kütlesi ~150 m derinlikte su kolonu tabakalanmasına neden olur.

Yaklaşık 63 m su derinliğinden alınmış olan 2.20 m uzunluktaki gravite karot, son Akdeniz – Karadeniz bağlantısının kurulması ve alana Akdeniz göçmeni faunanın yerleşiminin kanıtlarını içerir. Karotun yer yer ince kum bantlı gri-yeşil çamur içeren alt 80 cm'lik kısmında (220–130 cm), *Dreissena* ve Akdeniz göçmeni türlerden oluşan karma bir mollusk faunası yer alır. Akdeniz göçmeni faunanın bolluğu yukarılara doğru artar iken *Dreissena* kavkuları azalır. Bu karma fauna tatlı sudan tuzlu suya bir geçiş zonunu işaret eder. Bentik foraminifer topluluk nispeten yüksek tür çeşitliliğine karşın düşük fert sayısına sahiptir ve başlıca *Ammonia tepida*, *A. parasovica*, *Bulimina aculeata*, *Lobatula lobatula*, *Elphidium pauciloculum*, *Elphidium* spp. ve *Haynesina anglica* türlerinden oluşur. Bol kavkı ve kavkı kırıklı gri-yeşil çamurların gözlendiği 130–60 cm'ler arasında, toplam bentik foraminifer (TBF) içeriğinde belirgin bir artış gözlenir. Fauna temel olarak *Ammonia* türlerinin % 90'a ulaşan baskınlığı ile karakterize olur. Düşük bollukta *Elphidium*, *Quinqueloculina*, *Haynesina*, *Brizalina* ve *Porosonion* türleri içerir. Karotun alt seviyelerinde hiç gözlenmeyen ya da nadir sayıda yer alan *Ammonia compacta*'nın bu seviyede artışı ve baskın tür haline gelişi, muhtemelen ortamdaki nispi bir tuzluluk artışına işaret eder. Keskin bir dokanakla siyahımsı-gri laminalı çamurlara geçilen üst 60 cm'lik kısım, en düşük TBF ve en düşük tür çeşitliliği gösterir. *Ammonia parasovica*, *A. tepida*, *A. compacta*, *Porosonion subgranosum*, *Eggerella scabra* ve *Elphidium* spp. başlıca bolluk gösteren türlerdir. Litolojide keskin değişim ve foraminifer faunasında keskin azalışın gözlendiği bu sınır, Karadeniz'de muhtemelen günümüz oşinografik koşullarına benzer şartların başlangıcını gösterir. Daha derinden (–85 ve –93 m) alınmış olan kısa (0.9 m) karotlarda gözlenen bentik foraminifer topluluğu, tür çeşitliliği ve bolluk açısından nispi değişimler göstermesine karşın, gravite karotun üst kesimlerini bütünüyle tanımlayan özelliktedir.

**Anahtar Sözcükler:** bentik foraminifer, İstanbul boğazı, Karadeniz, şelf sedimentleri

## Benthic Foraminiferal Distribution in Sediment Cores from the Black Sea Shelf near the Exit of the İstanbul Strait

Elmas Kırıcı-Elmas<sup>1</sup>, Oya Algan<sup>1</sup> & Gilles Lericolais<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Vefa, TR-34470 İstanbul, Türkiye (E-mail: kircie@istanbul.edu.tr)

<sup>4</sup> IFREMER – Centre de Brest Geosciences Marines, BP 70, F-29280 Plouzane cedex, France

Benthic foraminiferal assemblages and their downcore distribution were examined in a gravity core and two Ronanberg cores collected from the Black Sea Shelf near the exit of the İstanbul Strait.

The Black Sea, being the largest anoxic basin of the world, is a semi-enclosed basin connected to the Mediterranean through the Turkish Strait System. Surface waters of the Black Sea have low salinity (18–22 ‰); whereas Mediterranean waters with 38.5‰ salinity inflow through the Çanakkale Strait-Marmara Sea-İstanbul Strait. These two water bodies cause water stratification at a depth of about 150 m.

Gravity core having a length of 2.20 m recovered from the 63 m water depth includes the evidences of the last connection between the Black and Mediterranean seas and the settlement of the Mediterranean immigrant fauna. The lowest 80 cm of the core (220–130 cm interval) consists of grey-green mud with fine-grained sand bands and has a mixed mollusk fauna, including *Dreissena* and Mediterranean immigrant fauna. The abundance of Mediterranean immigrant fauna increases upwards with rare *Dreissena* shells. The mixed fauna suggests a transition zone from fresh water conditions to saline conditions. Benthic foraminiferal assemblages have a relatively high diversity consisting of mainly *Ammonia tepida*, *A. parasovica*, *Bulimina aculeata*, *Lobatula lobatula*, *Elphidium pauciloculum*, *Elphidium* spp. and *Haynesina anglica*; but low abundance of specimens. The interval between 130 and 60 cm is represented by grey-green mud, including abundant shell and shell fragment. Total benthic foraminifera (TBF) displays a considerable increase at this interval. The fauna is predominated by *Ammonia* species, reaching to 90% and to a lesser amount of *Elphidium*, *Quinqueloculina*, *Haynesina*, *Brizalina* and *Porosonion* species. Significant increase and dominance of *A. compacta* in this interval, compared to basal section of the core, probably indicates a relative increase in the salinity of the environment. A sharp lithologic variation is observed at 60 cm from gray-green mud to laminated blackish-gray muds, corresponding to the lowest TBF and poor diversity. *Ammonia parasovica*, *A. tepida*, *A. compacta*, *Porosonion subgranosum*, *Eggerella scabra* and *Elphidium* spp. are observed in this interval. The boundary characterized by sharp variation at lithology and sharp decrease in foraminiferal fauna denotes the beginning of present-day oceanographical conditions. Benthic foraminiferal assemblages observed in two short cores with 0.9 m lengths from the deeper (–85 and –93 m) water depth complements the upper parts of the gravity core, in spite of some variations in diversity and abundance.

**Key Words:** benthic foraminifera, İstanbul strait, Black Sea, shelf sediments

## AGDEJAM ile Ankara Üniversitesi'nde Kıyı ve Deniz Jeolojisi Araştırmaları

Mustafa Ergin

*Ankara Üniversitesi, Akarsu Göl ve Denizlerde Jeolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi (AGDEJAM), Fen-Mühendislik Fakülteleri Kampüsü, F Blok, 06100 Tandoğan, Ankara (E-posta: ergin@eng.ankara.edu.tr)*

Kuruluşu 23 Ağustos 1997 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ve Ankara Üniversitesi'nde faaliyete geçen Akarsu, Göl ve Denizlerde Jeolojik Araştırma ve Uygulama Merkezi Türkiye'yi çevreleyen kıyı ve denizlerde jeolojik, jeofiziksel ve çevre araştırmaları yapmakta ve sonuçlarını ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşlarda duyurmakta ve yayınlamaktadır. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Binası'nda bulunan Merkez Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün eğitim-öğretim ve araştırma süreçleri içinde yer almakta ve bu bölümün akademik ve idari personelinden destek almakta ve dersane ve laboratuvar gibi fiziki alt yapılarını kullanmaktadır.

Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü, Hacettepe Üniversitesi, İstanbul Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi, Niğde Üniversitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Adana Çukurova Üniversitesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İzmir Dokuz Eylül Üniversitesi, Dz.K.K. Seyir Hidrografi Oşinografi Dairesi gibi kurum veya kuruluşlardan bilimsel ve teknik destek olarak ortaklaşa çalışan Merkez, gelecekte daha fazla kuruluşlarla ve hatta uluslararası projelerde birlikte çalışmayı planlamaktadır.

Merkez bugüne kadar açık deniz araştırmalarında MTA-Sismik 1, ODTÜ-Bilim, İstanbul Üniversitesi-Arar, Dokuz Eylül Üniversitesi-Piri Reis Araştırma Gemileri ile güvertede mevcut karot ve keççeleri ve sismik sitemleri kullanmıştır. Kıyı ve kıyıya yakın çalışmalarında ise kiralanılan yöresel tekne ve motorlardan faydalanılmıştır. Çalışmalarda en büyük destek doğrudan TÜBİTAK ve Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'nden sağlanmış olup, dolaylı olarak da DPT ve diğer üniversite-BAP imkanlarından da faydalanılmıştır. Merkez sınırlı da olsa, uluslararası IGCP 495, 511 ve 521 nolu projelerle de üye araştırmacı olarak ilgilenmektedir.

Merkez çalışmaları kıyı ve açık deniz olmak üzere genelde iki alanda toplanmaktadır. Açık deniz araştırmaları Güneybatı Karadeniz şelfinde, Marmara Denizi'nin nerede ise şelf, yamaç ve derin düzlük gibi tüm bölgelerinde (Çanakkale Boğazı dahil), Ege Denizi'nde Çanakkale Boğazı-Gökçeada-Bozcaada arasında, Büyük Menderes Delta ilerisinde, Antalya Körfezi'nde gerçekleştirilmiştir. Açık deniz araştırmalarının amacı; genelde sediment tür ve dağılımı ile etkileyen karasal, denizel ve iklimsel faktörleri tesbit etmek, tektonik veya deprensnel süreçlere bağlı deniz tabanındaki sediment akımlarını ve türbidit oluşumları ile jeoteknik değişkenleri incelemek, son buzul ve buzul arası deniz seviyesi değişimlerinin izlerini araştırmak ve inorganik-ağır metal deniz kirliliğini tesbit etmektir. Kıyı araştırmaları ise, Türkiye kıyılarının büyük bir kısmında gerçekleştirilmiş olup, halen de devam etmekte ve gelecekte de hazırlıklar yapılmaktadır. Kıyı çalışmalarının konuları genelde, kıyılarda sedimentler ilerleme veya gerileme, kıyılarda tektonik alçalma veya yükselme, plajlarda olası ağır mineral plaser birikimleri ve ekonomik değerlendirmeler ve plajların tanıtımı ve jeoturizme kazandırılması olarak tanımlanabilir. Plajlı kıyıların tıbbi jeolojiye açılımı da merkezin hedefleri arasındadır.

Merkezin tüm bilimsel faaliyetleri ulusal ve uluslararası hakemli dergilerde yayınlanmakta, kongre ve sempozyumlarda sunulmakta ve hazırlanmakta olan web sayfasına da taşınmaktadır. Merkez ulusal ve uluslararası bir kuruluş olmayı arzu etmekte ve bu nedenle de görüş ve tavsiyelere ve ilgi duyan herkese açık bulunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Ankara Üniversitesi, araştırma merkezi, kıyı ve deniz jeolojisi

## Coastal and Marine Geology Research with AGDEJAM of the Ankara University

Mustafa Ergin

*Ankara University, Geological Research Center for Fluvial Lacustrine and Marine Environments (AGDEJAM), Science and Engineering Faculties Campus, F Blok, Tandoğan, TR–06100 Ankara, Turkey (E-mail: ergin@eng.ankara.edu.tr)*

---

Fluvial, Lacustrine and Marine Geology Research Center of the Ankara University has been established in 1997 to promote geological, geophysical and environmental investigations in coastal and offshore regions surrounding Turkey. The results are being presented at national and international meetings and conferences. AGDEJAM is located in the Geological Engineering Building and is intensely participated at lecturing and research activities of Department of Geological Engineering. AGDEJAM also receives administrative and scientific support from this department, including use of lecture rooms and laboratories.

AGDEJAM Works together with other Institutions such as General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Ankara Hacettepe University, İstanbul University, Middle East Technical University, İstanbul Yıldız Technical University, Niğde University, Eskişehir Osmangazi University, Sivas Cumhuriyet University, Adana Çukurova University, İstanbul Technical University, İzmir Dokuz Eylül University and İstanbul Turkish Navy Dept. Navigation Hydrography and Oceanography. AGDEJAM intends to keep this scientific and technical cooperation also in future with more other institutions even with international projects.

For offshore studies, AGDEJAM used Research Vessels ‘MTA-Sismik 1’, ‘ODTÜ-Bilim’, ‘İstanbul University-Arar’ and ‘Dokuz Eylül University-Piri Reis’ together with onboard core and grab sampling equipments and seismic systems. For shore and nearshore studies, motor boats and small vessels were rented. Most of the financial support to do coastal and near-coastal studies came from Turkish Scientific and Technical Research Council of Turkey-TÜBİTAK and Ankara University Scientific Research Projects Unit but also supports from Research Foundations of other universities and Turkish State Planning Office were available. Even at limited numbers and extend, AGDEJAM also participated as associate members within international IGCP projects 495, 511 and 521.

AGDEJAM Research activities can be grouped as coastal and offshore studies. Offshore marine research was conducted on SW Black Sea shelf, on almost entire shelf, slope and deep-basins of the Marmara Sea (incl. Çanakkale Strait-Dardanelles), Çanakkale Strait-Gökçeada Island-Bozcaada Island triangle at the NE Aegean Sea, off the Büyük Menderes River pro-delta and Antalya Gulf. Main purpose of the offshore studies is to determine; types and modes of sediment distribution and influencing marine, terrestrial and climatic factors; geotechnical parameter changes, sediment mass movements and turbidite formations as related to tectonism and earthquakes, traces of last glacial and interglacial sealevel changes and to investigate heavy metal marine pollution. Coastal studies are carried out in many regions and are still going on and will continue in future. Subjects of coastal studies ranged widely, including sedimentary progradation and retrogradation, tectonic uplift and sinking, probable heavy mineral placers and their economic potential, geotourism of beaches. Medical geology of beaches is another subject within the areas of interest of AGDEJAM.

Scientific activities of AGDEJAM are published in national and international journals and presented during meetings and congresses worldwide and also prepared to bring to the web site of the AGDEJAM. AGDEJAM would like to be international and wishes to cooperate at both national and international level and all suggestions and are welcome.

**Key Words:** Ankara University, research center, coastal and marine geology

## Gemlik Körfezi Yüzey Çökellerinde Petrol Aromatik Hidrokarbonların Dağılımı ve Kaynaklarının Tanımı

Selma Ünlü ve Bedri Alpar

<sup>1</sup> *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Biyolojisi BD, 34116 Vefa, İstanbul (E-posta: su@istanbul.edu.tr)*

<sup>2</sup> *İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü, Deniz Jeolojisi ve Jeofiziği ABD, 34116 Vefa, İstanbul*

Petrol aromatik hidrokarbon (PAH) bileşikleri başlıca doğal yollarla ve organik maddelerin tamamlanmamış yanmaları sonucu oluşan antropogenik süreçler ile denizel ortama katılırlar. Fosil yakıtların sızıntısı, evsel-endüstriyel atıkların deşarjı, atmosferik partiküllerin çökmesi, egzoz gazlarının yoğunlaşması veya yüzey suları akışı gibi yollarla deniz ortamına giren PAH bileşiklerinin hafif molekül ağırlıklı olanlarının suda emisyon oluşturma özellikleri azdır ve bunların ağır molekül hidrokarbon bileşiklerine göre buharlaşma yetenekleri daha fazladır, diğer anlamda kolaylıkla biyolojik bozunuma uğrarlar. PAH bileşikleri bazen yerinde oluşan biyogenik bozuşum nedeniyle diyagenetik yollarla, bazen de petrogenik olarak oluşurlar. Biyo-jeokimyasal çalışmalarda PAH bileşiklerinin dağılımı yanında, olası kaynaklarının araştırılması ve bunların değişik ortam şartlarından nasıl etkilendiklerinin belirlenmesi de gerekmektedir.

Marmara Denizinin en kirli alanlarından biri olan Gemlik Körfezinden toplanan 62 adet yüzey çökel örneğindeki gaz kromatografisi-kütle spektrometresi ile ölçülen 13 adet PAH bileşiklerinin konsantrasyon artışları geniş bir spektrumda dağılım göstermektedir. Bu bileşiklerinin miktar tayinleri kirletici kaynak ayrımı için yeterli olmayıp, bu amaçla çeşitli oran, indis ve istatistiksel analizler kullanılır. Bu çalışmada Gemlik Körfezi güncel çökellerinde gözlenen PAH'ların temel kaynaklarını belirlemek ve doğal kaynakların insan kaynaklı kaynaklarla olan ayrımını yapabilmek için Varimax rotasyonu ile ana bileşenler analizi (PCA) uygulanmıştır. Aralarında yüksek ilişim bulunan çok değişkenli verileri aralarında ilişim olmayan yeni bir koordinat sistemine dönüştüren bu yöntem, kaynak türlerini önceden bilmeden sadece çok değişkenli giriş verilerini kullanarak regresyon analizi yapabilmektedir. Analiz sonucu elde edilen faktör skoru mutlak değerlerinin, ortalaması çıkarılıp standart sapmasına bölünmüş toplam PAH değerlerine yapılan çoklu doğrusal regresyon analizi ile kirletici ana kaynakların yüzde dağılımları belirlenmiştir.

Gemlik Körfezinde toplam PAH konsantrasyonları silt/kil yapısı ve organik karbon içeriği ile önemli korelasyonlar göstermez ( $r^2= 0.30$  ve  $0.18$ ). Özellikle doğu ve güneydeki yakın-kıyı alanlarında yayılım gösteren yüksek değer dağılımlarının temel kaynakları, nehir girdileri, gemcilik ve liman faaliyetleri, yerel ve endüstriyel fabrika atığı deşarjları, hızlı ekoturizm ve atmosferik girdilerdir. Körfezin orta ve kuzey kesimlerindeki PAH bileşenlerinin karakteristik dağılımları daha farklı bulunmuştur. Körfez ortası kesimlerde fluoranthene ve pyrene baskın iken kuzey sahile yakın sahalarda perylene, Benzo[ghi]perylene ve indeno[1,2,3-cd]pyrene daha baskındır. Farklı PAH bileşiklerinin kaynaklarının neler olabileceği ve bunların birbirleriyle olan ilişkisini açıklayabilmek için bazı özel bileşen oranları değerlendirilmiştir. Perylenin penta-aromatik izomerler içindeki yüksek oranlarının özellikle kuzeyde ve körfezin derin kesimlerinde dağılması, kirletici kaynağın bu kesimde kısmen diagenetik bir orijine sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler Gemlik Körfezi ve çevresindeki su havzasının çevre etki değerlendirilmesine katkıda bulunmakta, ayrıca PAH bileşiklerinin yarı kapalı denizel ortamlarda nasıl davrandığını anlamamıza olanak tanımaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** PAH, Gemlik Körfezi, sediment, istatistiksel analiz, kirlilik, kirletici kaynak



## Distribution and Source Apportionment of Sediment PAHs in Gulf of Gemlik, Sea of Marmara, Turkey

Selma Ünlü & Bedri Alpar

<sup>1</sup> *Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management,  
Department of Marine Biology, Vefa, TR–34116 İstanbul, Turkey (E-mail: su@istanbul.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Istanbul University, Institute of Marine Sciences and Management,  
Department of Marine Geology and Geophysics, Vefa, TR–34116 İstanbul, Turkey*

---

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are a family of chemical compounds that are known to contain harmful substances, some of which may be carcinogenic. PAHs in marine sediments originate from three main sources. Diagenic and petrogenic PAHs were produced by biogenic precursors and by diagenic processes at low temperatures over geologic time scales, respectively. Pyrogenic PAHs result from incomplete combustion of organic substances including fossil fuels and biomass. Volcanic activity and forest fires, which do not significantly contribute to overall PAH emission, are natural sources of pyrogenic PAHs, while pyrogenic anthropogenic sources, which are mostly resulted from combustion of materials for energy supply and waste minimalization, contributes much to overall PAH emission in the environment. In closed and semi-closed environments, such as the Gulf of Gemlik in the Sea of Marmara, Turkey, the latest industrial and agricultural developments and rapid urbanization cause significant increase of PAH concentrations especially in sea bottom sediment. Elementary PAH inputs may be from stationary sources (e.g., industry, residential heating, power and heat generation) or from mobile sources (e.g., all kind of gasoline and diesel engines, incineration of municipal and industrial wastes and agricultural burning). Most of them can be transported over long distances before they are deposited in sediment.

Quantitative analyses showed that elevated concentrations of sediment PAHs in the Gulf of Gemlik demonstrate uneven distribution patterns throughout the gulf. But they show weak correlations with sediment texture and total organic carbon content, implying that there are direct pollution inputs affecting the sediment quality. In addition, the lighter PAH compounds are less hydrophobic and less persistent than the heavier ones. Therefore characteristic distribution of PAH species show some spatial discrepancies throughout the gulf; such that fluoranthene and pyrene are dominant in the central part while perylene, Benzo[ghi]perylene and indeno[1,2,3-cd]pyrene are dominant along the northern coastal areas. In order to identify the main sources of the sediment PAHs and to distinguish natural contamination from those arising from human activities, principal component analysis with Varimax rotation was employed. It is a useful tool for extracting regularities directly from the input data without referring to classes known in advance. The input data includes 13 parent PAHs of 62 bottom sediment samples from coastal and central parts of the gulf. Through Kriging analysis widespread contamination were identified along the eastern and southern shores possibly due to ports and harbors, fuel storage terminals and anchoring areas. Multiple linear regression analysis of the absolute factor scores against the standard normalized deviate of the sum of PAHs were used to quantify such kind of major source contributions. In one of the groups separated from others, total toxic B[a]P equivalency ( $TEQ_{\text{carc}}$ ) values were found elevated which poses considerable hazard to benthic organisms.

**Key Words:** PAH, Gulf of Gemlik, sediment, statistical analysis, pollution, pollution source

## Gülbahçe Körfezi Jeotermal Potansiyelinin Jeofizik ve Paleontolojik Çalışmalarla Belirlenmesi

Bade Pekçetinöz<sup>1</sup>, Mine Sezgül Kayseri<sup>2</sup>, Mustafa Eftelioğlu<sup>1</sup>,  
Cem Günay<sup>1</sup> ve Erdeniz Özel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü,  
35340 İnciraltı, İzmir (E-posta: bade.pekctinoz@ogr.deu.edu.tr)

<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü,  
35160 Buca, İzmir

Ülkemiz jeotermal kaynaklar açısından zengin ve buna elverişli jeoloji ortamlarına sahiptir. Batı Anadolu graben sisteminin bir parçası olan İzmir ve çevresi tektonik açıdan oldukça aktif olup, jeotermal potansiyeli yüksek olan bir bölgedir. İzmir Körfezini çevreleyen kara parçası ve özellikle Karaburun Yarımadası üzerindeki birçok yerde sıcak su çıkışları bulunmaktadır. İzmir Körfezinin Batı kesiminde yer alan Gülbahçe Körfezi ve çevresi de mevcut konumuyla potansiyel bir sıcak su kaynak alanıdır.

Bu çalışma, Gediz grabeni' nin bir parçası olan Gülbahçe Körfezindeki jeotermal kapasitesinin varlığını araştırmaya yönelik olup aynı zamanda da körfez civarında karada yapılan çalışmaların devamı niteliğindedir. Bölgedeki aktif tektonizma ve güncel yapıları araştırma amacıyla yapılan yüksek ayrımlı 3,5 kHz sığ sismik ve yanal taramalı sonar çalışmaları ile, konik yayılım gösteren yükseklikleri birkaç metre, boyutları 1 metre ile 20 metre arasında değişen 'Morfolojik Yükselteler' tespit edilmiştir. Morfolojik yükseltelerin saptandığı alanlarda gravite örnekleyicisi (gravity core) yardımıyla deniz tabanından alınan numunelerde karakteristik bir mercan türünün varlığı tespit edilmiştir. Laboratuarda yapılan görsel incelemelerde bu mercan türünün '*Cladocora caespitosa*' olduğu belirlenmiştir. Körfez dışındaki diğer örnekleme alanlarında bu mercan türünün aynı yoğunlukta varlığı gözlenmemiş olmasından dolayı, bu türün varlığı bölgedeki termal akvitenin bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, sıcak su çıkışlarının olduğu potansiyel morfolojik yükselti alanlarından derlenen çamur örnekleri mikrofossil yönünden çalışılmıştır. Gülbahçe bölgesine ait fosil topluluğunda, özellikle tuzluluğun yüksek olduğu bölgelerde bolluk ve çeşitlilik gösteren foraminiferal test, silisli alg ve denizel dinoflagellat türlerin yüksek yüzdeli olduğu ve bu fosillere spor ve polenlerin (örn. Pinus, Quercus, Castaneae) eşlik ettiği gözlenmiştir. Çalışmalara göre, foraminiferal test formunun çeşitli ve yüksek yüzdeli gözlenmesinin, sıcak su çıkışının olduğu alanlarda deniz suyunun mineralce zenginleşmesi sonucu gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Çalışma alanının kıyı kesiminde yer alan doğal kaynaklardaki sıcaklık değerleri yaklaşık olarak 30–35°C olarak ölçülmüştür. Kara verileri derindeki rezervuar sularının 100 °C ve üzerinde olduğunu göstermektedir. Gülbahçe Körfezi ve çevresinden elde edilen karasal ve denizel veriler, bu bölgenin jeotermal açıdan aktif olduğunu ve gelecekte potansiyel alternatif enerji üretim merkezi olabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** İzmir körfezi, Gülbahçe körfezi, sığ sismik çalışma, jeotermal aktivite, palinoloji, *Cladocora caespitosa*

## The Investigation of the Geothermal Potential of the Gülbahçe Bay Using Marine Geophysical and Palaeontologic Methods

Bade Pekçetinöz<sup>1</sup>, Mine Sezgül Kayseri<sup>2</sup>, Mustafa Eftelioğlu<sup>1</sup>,  
Cem Günay<sup>1</sup> & Erdeniz Özel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü,  
İnciraltı, TR–35340 İzmir, Türkiye (E-mail: bade.pekcetinoz@ogr.deu.edu.tr)  
<sup>2</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, Tınaztepe Kampüsü,  
TR–35160 İzmir, Türkiye

It is known that our country has suitable geological environment for extremely rich geothermal resources. İzmir and its surroundings are parts of the West Anatolian Graben system that is tectonically active with very high geothermal potential. There are some hot water venting on the onshore areas of the İzmir Bay, especially at several locations in the Karaburun Peninsula. Gülbahçe Bay is placed in the western part of the İzmir Bay, where there is a high potential hot water resources.

The main goal of this study is to explore the available geothermal capacity in the onshore and offshore of the Gülbahçe Bay. ‘Conical Morphologic Elevations’ with a few meters of height and 1 m to 20 m of dimension were observed on the 3.5 kHz high resolution, shallow seismic and side scan sonar lines used for the investigation of the active tectonics of the region and current structures. The existence of a coral species is found out from the sediment samples recovered by gravity corer around the conical morphologic elevation of the seafloor. This coral species were not observe with the same intensity at the other sampling areas outside of the Gülbahçe Bay. Laboratory visual inspection of corals indicates that belong to the coral species ‘*Cladocora Caespitosa*’. It is evaluated that the existence of this species indicate the thermal activities of the region due to not happen of the observation of this coral species with the same intenseness at the other sampling areas outside the Gülbahçe Bay. Due to scarcity of this coral species at the other sampling areas outside of the Gülbahçe Bay, the existence of this species is believed to be an indicator of the thermal activities in the region. Additionally, micropalaeontological analysis was performed on the mud samples from the morphologically elevated areas having hot water venting. At the micro-fossil community of the Gülbahçe Bay, especially, the areas with high salty values have plenty and various foraminifera tests, silicic alg and marine dinoflagellates with their spor and pollens (e.g., Pinus, Quercus, Castaneae). According to the polynonologic studies, the sea water becomes suitable in composition as a result of the hot water venting causing enrichment in foraminiferal populations.

The waters in the coastal offshore areas have the temperature values changing between 30–35 °C. The data obtained from the geothermal springs on nearby land areas has deep reservoir temperatures more than 100 °C. The offshore marine and onshore data which were obtained from Gulbahce Bay and its surroundings suggest that this region is geothermally active and has the potential to produce energy in the future.

**Key Words:** İzmir Bay, Gülbahçe bay, shallow seismic study, geothermal activity, palynology, *Cladocora caespitosa*