

---

**Geleceğin Kentleri için Mühendislik Jeolojisi ve Jeoteknik**  
***Engineering Geology for Tomorrow's Cities and***  
***Geotechnics***

**Mühendislik Jeolojisi Oturumu**  
***Engineering Geology Session***

Oturum Yürütücüleri / Conveners: Vedat Doyuran &  
Reşat Ulusay

---

## Yeni Nesil Nükleer Enerji Santrali Projeleri İçin Gerçekleştirilen Jeolojik-Jeoteknik Araştırmalar

Jeffrey Bachhuber, William Lettis ve Özgür Kozacı

*William Lettis & Associates, Inc. Walnut Creek, CA 94596, USA*

*(E-posta: bachhuber@lettis.com)*

Günümüzde çevreye duyarlı enerji kaynaklarına duyulan ilgi, yüksek petrol fiyatları, ve ileri güvenlik özelliklerine sahip ekonomik santrallerin geliştirilmiş olmasından dolayı nükleer enerjiye olan ilgi dünya çapında artmaktadır. Çağdaş nükleer santral tasarımındaki temel değişikliklerden biri, standart santral tasarımı anlayışıdır. Standart santral tasarımı daha sonra da ‘Tasarım Kontrol Belgesi’ne (TKB) entegre edilen bir seri yerel çevresel özelliklere bağlı yapılan kabullenmeler üzerine geliştirilir. TKB; çalışma alanı homojenlik derecesi, maksimum kabul edilebilir toplam ve farklı oturma miktarları ile taşıma gücü gibi değerleri belirleyerek yerel jeolojik-jeoteknik durumun kabul edilebilir sınırlarını belirler. Söz konusu TKB parametreleri, daha sonra son derece kapsamlı bir inceleme programı vasıtası ile gerçek yerel özelliklerle karşılaştırılır. Çağdaş standart nükleer santral tasarımları nihai santral yüzey noktasından itibaren 15–20 m kalınlığa ulaşan masif betonarme temel üzerine kurulu merkezi bir güvenliğe dayalı reaktör çekirdeğini ve kontrol binasını içerir. Yerel özelliklerin ve dinamik sismik tepkime değerlendirmesini, temeli ve yerel tepkime etki zonunu kapsayan, tipik olarak santral temel betonundan sonra 100 ile 150 m derinliğe ulaşan sondajların yapılmasını gerektirir. Genellikle santral temeli altındaki jeolojik yapıların belirlenmesi için hem düşey, hem de eğimli sondajlar gereklidir.

Sekiz kilometre çapındaki bir alan için yerel özellikler ayrıntılı jeolojik ve jeomorfolojik haritalama, araştırma sondajları, ve test çukurları, sondajlı ve yüzeyden jeofizik ölçümler ile arazi ve laboratuvar deneylerini içeren yerüstü ve yeraltı araştırma programı aracılığıyla tanımlanır. Çalışma alanı incelemeleri üç temel konuya odaklıdır: (1) ciddi jeolojik/jeoteknik tehlikelerin (yüzey faylanması, karstlaşma, sıvılaşma vb.) yokluğunun belgelenmesi, (2) yer hareketlerine tepkime oranlarının ve zemin-yapı etkileşimi analizleri için çalışma alanı dinamik özelliklerinin (kesme dalga hızları, malzeme kesme modülü, ve ani yükleme, vb.) tanımlanması, (3) jeoteknik temel özelliklerinin değerlendirilmesi.

Sağlam ve savunulabilir yerel özelliklerin belirlenmesi için son derece ayrıntılı sondaj görüntüleme ve jeofizik test yöntemlerini de içeren bir seri yeni teknik geliştirilmiştir. Güvenlik analizleri ve santral tasarımı için gerekli olan anahtar parametreler çok sayıda, birbirinden bağımsız yöntem yardımıyla karşılaştırma ve onaylama amaçlanarak yapılır. Önemli bir yere sahip olan derleme işlemi, çalışma alanı için toplanmış olan jeolojik/stratigrafik birimlerin üç boyutlu jeolojik model ve çalışma alanındaki özelliklerin düşey ve yanal değişimlerinin korelasyonu ile sağlanır.

Çalışma alanının özellikleri TKB girdi parametreleri ile karşılaştırılarak standart santralin tüm yerel özelliklere uygunluğu belgelenir. Bazı yerel parametrelerin standart santral koşulları kapsamı içerisine düşmemesi durumunda ise, çalışma alanına özgü ‘Zemin-Yapı Etkileşimi’ (ZYE) analizleri ve muhtemelen yerel düzenlemeler gerekebilir.

Bu çalışmada; pekçok yeni nükleer santral çalışmasından statik ve dinamik özelliklerin arazide belirlenmesi, ve düşey ve yanal jeolojik/jeoteknik değişim modellerinin tanımlanması ve yönetimi için geliştirilmiş son teknoloji ürünü teknikler, örnek olarak sunulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** nükleer enerji santralleri, jeolojik tehlikeler, lisanslama

## Site Geologic-Geotechnical Characterization for New Generation Nuclear Plant Projects

Jeffrey Bachhuber, William Lettis & Özgür Kozacı

*William Lettis & Associates, Inc. Walnut Creek, CA 94596, USA  
(E-mail: bachhuber@lettis.com)*

---

Currently, there is high global interest for development of new nuclear power plants driven by a desire for green energy, high oil prices, and improved economics and safety of modern plant designs. A fundamental change in the design of modern nuclear plants is the concept of a standard plant design. The standard plant design is based on assumptions regarding a range of site conditions that are then incorporated into the design of the plant through a 'Design Control Document' (DCD). The DCD defines the bounding assumptions pertaining to the site geologic-geotechnical conditions, including degree of site uniformity, maximum allowable total and differential settlement, minimum bearing capacity, etc. These DCD site parameters are then compared against actual site characteristics defined by a comprehensive investigation program. Modern standard nuclear plant designs incorporate a centralized 'safety-related' reactor core and control building that are supported on massive concrete mat foundations that extend 15 to 25 m below final plant surface grade. Evaluation of site characteristics and seismic dynamic response require borings to extend through the foundation and site response influence zone, typically 100 to 150 m below the elevation of the plant foundation mat. Both vertical and inclined borings are often necessary to evaluate possible geologic structures under the plant footprint zone.

Site characteristics within an 8 km radius of the site are defined by a detailed surface and subsurface exploration program incorporating detailed geologic and geomorphic mapping, exploratory borings and test pits, borehole and surface geophysical testing, and field and laboratory testing. The site investigation program focuses on three elements: (1) documentation of a lack of significant geologic/geotechnical hazards (e.g., surface faulting, karst, liquefaction), (2) definition of site dynamic properties (e.g., shear wave velocity, material shear modulus and damping) for ground motion site response and soil-structure interaction analyses; and, (3) evaluation of geotechnical foundation properties.

A range of new methods and techniques are available to provide robust and defensible characterization of site properties, including sophisticated borehole imaging and geophysical test methods. Key parameters for safety analyses and plant design are obtained by multiple independent methods to provide cross-checking and verification. An important consolidation process for collected site data is correlation with site geologic/stratigraphic units to develop a 3-D geologic model, and identification of vertical and lateral variability of properties across the site.

Site characteristics are compared against the design DCD input parameters to document that the standard plant envelopes all site conditions. If certain site parameters do not fall within the envelope of standard plant conditions, then a site-specific soil-structure interaction (SSI) analyses, and possible site-specific modifications, may be required.

Case study examples from several recent new nuclear plant site studies are presented. These examples focus on integration of multiple state-of-art techniques to define static and dynamic properties in the field, and definition and treatment of vertical and lateral variability in the site geologic/geotechnical model.

**Key Words:** nuclear power plants, geohazards, licensing

## Yeni Nesil Nükleer Enerji Santrali Projeleri İçin Gerçekleştirilen Sismik Araştırmalar

Jeffrey Bachhuber, William Lettis ve Özgür Kozacı

*William Lettis & Associates, Inc. Walnut Creek, CA 94596, USA*  
(E-posta: [bachhuber@lettis.com](mailto:bachhuber@lettis.com))

Günümüzde çevreye duyarlı enerji kaynaklarına duyulan ilgi, yüksek petrol fiyatları, ve ileri güvenlik özelliklerine sahip ekonomik santrallerin geliştirilmiş olmasından dolayı nükleer enerjiye olan ilgi dünya çapında artmaktadır. Nükleer enerji santrallerinde meydana gelebilecek bir hasar son derece vahim sonuçlar doğurabileceğinden santral yeri belirleme, lisanslama, ve tasarım aşamalarında, sismik tehlike değerlendirme çalışmalarına azami hassasiyet gösterilmekte ve uygulamalar denetlenmektedir.

Nükleer santral projeleri için gerçekleştirilen sismik yer hareketi değerlendirmeleri son yirmi yılda evrimleşerek deterministik yaklaşımdan daha karmaşık ve detaylı performansa dayalı değerlendirme yaklaşımına dönüşmüştür. Kaya hareketi 'Olasılıksal Sismik Tehlike Değerlendirmesi' (OSTD) yerel ve bölgesel faylar ile deprem kuşaklarını temel alarak, olası depremlerde meydana gelebilecek kuvvetli yer sarsıntılarını değerlendirmeye temel oluşturur. Nükleer enerji santralleri için genel kabul görmüş olasılık seviyeleri 10.000 ile 100.000 yıllık tekrarlanma aralıkları düzeyindedir.

Bölgesel faylar ve deprem kaynakları sismik kaynak modellemeleri kullanılarak genel olarak santral yerini merkez alan 320 km çaplı dairesel bir alan içerisinde tanımlanır. Konum, aktivite, ve maksimum deprem büyüklüğü ile ilgili hata payları açık bir şekilde tanımlanarak OSTD'ye entegre edilir. Santral yerine yakın mesafedeki (örneğin 40 km) diri faylar ya da deformasyon kuşakları, olası yüzey deformasyonu tehlikeleri göz önüne alınarak paleosismik hendek kazıları ve jeolojik yaşlandırma yöntemleri kullanılarak incelenir.

Yerel tepki analizleri, çalışma alanına özgü sismik dalga yayılım özellikleri belirlenerek yapılır. Söz konusu yerel tepki analizleri, sismik dalgaların anakaya ortamından ayrılmış kayaya ve hatta taşlaşmamış çökel ortamında ilerleme etkilerini modelleyerek çalışma alanına özgü dinamik özellikleri (makaslama dalgası hızları, makaslama modülü, ve yükleme vb.) içerir. Yerel tepki analizlerinin önemli özellikleri arasında potansiyel havza etkileri ve özelliklerin yanal değişimleri (değişken anakaya derinliği, alüvyal çökel yanal geçişleri vb.) bulunur. Yerel özelliklerde gözlenen değişimler, bir tür rastlantısallık işlemi uygulanarak kaya hareketi OSTD için belirlenmiş olasılıkların tutarlılıkları açısından dikkate alınarak hesaplamalara katılır.

Çalışma alanına özgü yer hareketi analiz sonuçları çağdaş standart santral tasarımı için kullanılan 'Onaylanmış Sismik Tasarım Etkime Değerleri' (OSTED) ile karşılaştırılarak tüm değer aralıklarındaki sismik yer hareketlerinin kapsanması sağlanır. OSTED'de bir aşılma söz konusu olduğu takdirde ise, çalışma alanına özgü 'Zemin-Yapı Etkileşimi' (ZYE) analizleri ve muhtemelen yerel düzenlemeler gerekebilir.

Bu bildiriye, pekçok yeni nükleer santral yeri çalışmalardan örnekler sunulmuştur. Söz konusu örnekler; güvenilir sismik kaynak modellerinin geliştirilmesi, OSTD ve yerel tepki analizlerindeki hata paylarının değerlendirilmesi ve denetim mekanizmalarının odak noktaları üzerinde yoğunlaşmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** nükleer enerji santralleri, sismik kaynak tanımlaması, sismik tehlike değerlendirilmesi

## Seismic Characterization for New Generation Nuclear Plant Projects

Jeffrey Bachhuber, William Lettis & Özgür Kozacı

*William Lettis & Associates, Inc. Walnut Creek, CA 94596, USA  
(E-mail: bachhuber@lettis.com)*

---

Currently, there is high global interest for development of new nuclear power plants driven by a desire for green energy, high oil prices, and improved economics and safety of modern plant designs. Because the consequences of a nuclear plant failure are potentially great, a high level of concern and regulatory oversight are focused on seismic hazard assessment during plant siting, licensing, and design phases.

Seismic ground motion assessment for nuclear plant projects has evolved over the past two decades from a deterministic-based approach, to a sophisticated performance-based approach. A rock motion Probabilistic Seismic Hazard Assessment (PSHA), fully accounting for local and regional faults and earthquake source zones, forms the basis for evaluating potential earthquake ground motions. Typical probability levels considered for nuclear power plant studies are on the order of 10,000 to 100,000 year recurrence interval.

Regional faults and earthquake sources are defined in a seismic source model that typically incorporates a circular region extending 320 km in radius from the plant site. Uncertainties regarding the location, activity, and maximum magnitude earthquake are explicitly defined and incorporated into the PSHA. Active faults or deformation zones within close proximity to the site (e.g., 40 km) are evaluated with regard to potential surface deformation hazard at the site by detailed geologic studies, incorporating paleoseismic trenching and geochronology studies.

Site response analyses are performed to account for site-specific seismic wave transmission properties. These site response analyses model the effects of seismic wave propagation from hard bedrock up through weathered rock and/or soil, and incorporate the specific site dynamic properties (e.g., shear wave velocity, shear modulus and damping). Important aspects of the site response analyses include evaluation of potential basin effects, and lateral variability of properties (e.g., variable depth to rock, interfingering alluvial strata). Variability of site characteristics is treated by incorporating a randomization process, with care to maintain consistent treatment of probability determined for the PSHA rock motions.

The resulting site-specific ground motions are compared against the Certified Seismic Design Response Spectra (CSDRS) used for design of the modern standardized plant to ensure that the seismic ground motions throughout the entire spectral range of interest are enveloped. If an exceedence of the CSDRS is identified, then a site-specific soil-structure interaction (SSI) analyses, and possible site-specific modifications, may be required.

In this study, case study examples from several recent new nuclear plant site studies are presented. The case study examples focus on development of a robust seismic source model, treatment of uncertainty for the PSHA and site response analyses, and regulatory review focus issues.

**Key Words:** nuclear power plants, seismic source characterization, seismic hazard assessment

## Zemin Sıvılaşmasına Karşı Taş Kolon Uygulama Yönteminin Sonlu Elemanlar Analiziyle Modellenmesi

Levent Selçuk ve Kamil Kayabalı

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

Deprem sırasında meydana gelen kayıpların önemli bir kısmı zemin sıvılaşmasından kaynaklanmaktadır. Mühendislik yapılarının tasarımında ve inşasında gelecekte karşılaşılabilecek sıvılaşma kökenli hasarların en aza indirilebilmesi için yaygın uygulama, sıvılaşabilir zeminler başta olmak üzere sorunlu zeminlerden kaçınmaktır. Ancak, hâlihazırda sıvılaşabilir zeminler üzerine kurulmuş yerleşim birimlerinin başka yerlere nakledilmesindeki ekonomik, sosyolojik ve benzeri güçlüklerden dolayı, zemin iyileştirme çalışmalarının yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu iyileştirme yöntemlerin esas hedefi, deprem sırasında gelişen aşırı boşluk suyu basıncını önlemektir. Bu amaçla, doğal durumuna oranla zeminin sıklığı arttırılmakta ve/veya drenaj kapasitesi geliştirilmektedir.

Vibro sistemlerle zemine uygulanan taş kolon çalışmalarında zeminin hem drenaj kapasitesi hem de rölatif sıklığı arttırılmaktadır. Önceki çalışmalarda dren sistemleri dikkate alınarak, deprem sırasında gelişen ve yayılan boşluk suyu basıncının zemin içersindeki dağılımı araştırılmıştır. Vibro sistemlerle yapılan taş kolon çalışmalarında, zeminin vibro teknikler etkisiyle yatay yönde sıkılaştırılması söz konusudur. Bu sıkılaştırılma miktarı, oluşturulan kolonlara yakın mesafelerde etkili olmakla birlikte, delginin (titreştiricinin) etki mesafesi boyunca azalmaktadır. Zeminin yatay yöndeki bu yoğunluk farklılıkları, şüphesiz deprem sırasında gelişen ve yayılan boşluk suyu basıncını etkilemektedir. Vibro sistemlerle, sıvılaşma kaynaklı hasarların azaltılması amacıyla yapılan ilk çalışmalar 1970'li yıllara dayanmasına rağmen, bu sistemlerin gerek drenaj özelliğini gerekse sıkılaştırma özelliğini birlikte ele alan bir tasarım yöntemi bulunmamaktadır. 17 Ağustos 1999 Gölcük depreminden sonra ayakta kalabilmiş fakat kumlu zemin üzerine inşa edilmiş yapıların temelinde ve yakın civarında yaygın olarak taş kolonlar inşa edilmiştir. Ancak, bunların inşasında bilinen herhangi bir tasarım ölçütü uygulanmamış, mühendislerin önceki tecrübelerine dayandırılmıştır.

Bu çalışmada taş kolonların sıkılaştırma ve drenaj özellikleri dikkate alınarak, zeminde gelişen ve yayılan boşluk suyu basıncının dağılımını analiz edebilecek bir bilgisayar programının geliştirilmesi amaçlanmıştır. C#.Net yazım dilinde hazırlanan program görsel özelliğe sahiptir. Oluşturulan program taş kolon sistemlerinin gerek drenaj gerekse sıkılaştırma etkisini ortaya koyan, literatürde tanımlı sayısal ve teorik yaklaşımların ışığında hazırlanmıştır. Hazırlanan programda, sıvılaşmaya yatkın kumlu zeminlerde depremle gelişen boşluk suyu basıncı dağılımını güvenli bir seviyeye indirmek için gerekli olan kolonlar arası mesafe ve çap değerleri, deprem ve zemin özellikleri dikkate alınarak, sonlu elemanlar yöntemiyle belirlenmektedir. Program drenajsız ve drenajlı koşullar ile vibro-taş kolon tasarımlarını içermektedir.

Buna göre, halihazırda sıvılaşabilir zemin üzerine inşa edilmiş ve gelecekte şehirleşmeye açılacak olan yerleşim alanlarında, optimum taş kolon tasarımlarıyla güvenli bir bölgede kalınacak ve gereksiz proje maliyetlerin önüne geçilmiş olunacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** zemin iyileştirme, taş kolon, aşırı boşluk suyu basıncı, sonlu elemanlar yöntemi, boşluk suyu basınç oranı

## Modeling of the Stone Column Application Against Soil Liquefaction Using the Finite Elements Method

Levent Selçuk & Kamil Kayabalı

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

A great part of building damages during Earthquakes results from soil liquefaction. The common practice against such losses is to avoid construction buildings on liquefiable soils, if possible, or to remediate the soil conditions before desinging any construction on them. Because the buildings already constructed on liquefiable soils cannot be moved to somewhere else owing to the economical and sociological difficulties, the soil underneath the present settlements requires to be improved. Such remediation measures basiely aim to prevent the excess pore water pressure generation during an earthquake. For this, soil improvement in the form of densification and/or increase in drainage capacity become inevitable.

Improvement of drainage capacity and densification of soils are accomplished usually by vibro-stone column techniques. Some previous research work on the subject was observed to focus on development and distribution of excess pore water pressure in soils during earthquakes by utilizing drainage systems. Vibro techniques help soils densify in horizontal direction through artificial tremors. This densification effect, which is expected to reduce the development of excess pore water pressure during natural tremors, is the highest adjacent to the column and decreases with the distance away from the column. Although the first investigations on the use of vibro systems agaist soil liquefaction were made in 1970's, there is not any known design method including the improvement of drianage and densification properties of soils. After the Gölcük earthquake of 17 August 1999, some stone column applications were done under the foundations of buildings which did not suffer any damage during this earthquake. Nevertheless, those applications were not engineered well and it is not known how they will behave during an earthquake.

The scope of this investigation is to develop a computer model against soil liquefaction by using stone columns. The program is written using the finite element methods and evaluates the excess pore water pressure developed in liquefiable soils during an earthquake. The model considers the drainage improvement within the stone column itself as well as the densification, which gradually decreases away from the stone column. The key point with the program, which was written in Visual C.Net software, is to examine the ratio of pore pressure ratio ( $r_u$ ) developed at any stage of the earthquake and to provide a suitable spacing and diameter for the stone columns to keep this ratio below a threshold value. The preparation of the model included some theoretical and numerical approaches compiled through a literature rewiew. The model developed is able to handle different hydrological cases such the drained and undrained conditions as well as the inclusion of stone columns.

The final product of the study will be a visual computer model providing the diameter and spacing of stone columns for given soil conditions. The ultimate goal is to contribute the efforts aimed at reducing building damages associated with earthquakes.

**Key Words:** soil improvement, stone column, excess pore water pressure, finite element method, pore water pressure ratio

## Zemin Koşullarının Türk Tasarım Koduna ve Uluslararası Tasarım Sistemlerine Bağlı Olarak Karşılaştırılması: Ankara İçin Örnek Bir Çalışma

Mustafa K. Koçkar<sup>1</sup>, Haluk Akgün<sup>2</sup> ve Ellen M. Rathje<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Gazi Üniversitesi, Milas Sokak,  
06500 Teknikokullar, Ankara (E-posta: mkoçkar@gazi.edu.tr)

<sup>2</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı,  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, 06531 Ankara

<sup>3</sup> Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering,  
Geotechnical Engineering Division, University of Texas at Austin, Austin, Texas, USA

Sismik tehlike değerlendirmelerinin yapılması için gerekli olan zemin koşulları jeolojik, sismik ve jeoteknik kaynaklı pek çok parametre ile belirlenebilir. Bu çalışmada, Ankara havzası için elde edilen yerel zemin koşulları; arazi sismik ölçümlerinden elde edilen dinamik zemin özellikleri, jeolojik bilgiler ve bir kısım jeoteknik sondaj çalışmalarının uyumlu bir şekilde karşılaştırılması ile elde edilmiştir. Çalışma alanındaki Pliyo–Kuvaterner çökellerin sınıflandırılması ve karakterize edilmesi için detaylı yüzey sismik ölçümleri yapılmıştır. Yüzeğe yakın jeolojik birimlerin kayma dalgası hız profilleri kullanarak zemin sınıfları Uluslararası Tasarım Sistemlerine ve Türk Tasarım Koduna göre karakterize edilmiş, ve yüzeyden itibaren 30 m'lik derinlikler için hesaplanan ortalama kayma dalgası hızlarıyla bölgesel bir model hazırlanmıştır. Zemin sınıfları için oluşturulan sonuç haritaları, Ankara havzasının önemli bir kısmının Türk Tasarım Kodu sonuçlarına göre elde edilen sınıflandırma sistemlerinden Z4 sınıfı zayıf zeminlerden oluştuğunu göstermektedir. Uluslararası tasarım kodlarına göre yapılan zemin sınıflandırma sistemi sonuçlarında ise, Ankara havzasının önemli bir kısmı D sınıfı sert zeminler olarak sınıflandırılmıştır. Bu farklılıkların sebebi, Türk Tasarım Kodunu göre yapılan karakterizasyon çalışmalarında sadece yüzey tabakalarına göre zemin sınıflandırmaları yapılırken, Uluslararası tasarım kodlarına göre yapılan çalışmalarda ise yüzeyden itibaren 30 m'lik zemin karakterleri kullanılarak sınıflandırmalar yapılmaktadır. Sonuç olarak, proje alanında değişik tasarım kodlarıyla yapılan çalışmalardan elde edilen farklı sonuçların nedenleri araştırılmış ve bu sonuçlara göre yapılan sismik tehlike değerlendirmeleri için gerekli öneriler yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** sismik ve jeoteknik zemin karakterizasyonu, Pliyo–Kuvaterner çökeller, Türk tasarım kodu, sismik tehlike değerlendirmeleri, Ankara



## Comparison of Site Conditions Based on the Turkish Code and International Code Systems: A Case Study for Ankara

Mustafa K. Koçkar<sup>1</sup>, Haluk Akgün<sup>2</sup> & Ellen M. Rathje<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Gazi Üniversitesi, Milas Sokak, Teknikokullar, TR–06500 Ankara, Türkiye (E-mail: mkoçkar@gazi.edu.tr)

<sup>2</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, TR–06531 Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Department of Civil, Architectural and Environmental Engineering, Geotechnical Engineering Division, University of Texas at Austin, Austin, Texas, USA

---

Site conditions relevant for seismic hazard studies can be derived from various geologic, seismologic, and geotechnical sources. In this study, site conditions are derived for the Ankara Basin in Turkey by merging in-situ seismic measurements of dynamic properties along with geologic and some geotechnical boring information. Detailed field surface seismic surveys were performed in the project area to classify and characterize Plio–Quaternary deposits. The shear wave velocity profiles of the near-surface geologic units were used to characterize site classes according to the International Code Systems and the Turkish Code, and to develop a regional model for the average shear wave velocity in the upper 30 m. The resulting maps for the site classes indicate that the classification system for the Turkish Code results in a significant portion of the Ankara Basin being classified as Z4, which happens to be the softest site class. The International Codes site classification systems suggest that most of the Ankara Basin being is classified as D-Site, which is stiff soil. These differences are caused by the Turkish Seismic Code incorporating information from only the surface layer, while the International Building Codes incorporate information from the top 30 m. Finally, the causes of different results obtained by studies carried out with different design codes for the project area have been investigated and regarding the consequences of these results, necessary recommendations are presented.

**Key Words:** seismic and geotechnical site characterization, Plio–Quaternary sediments, Turkish seismic code, seismic hazard assessments, Ankara

## Kuvaterner Yaşlı Kaliçi Taraça Birimlerinin Deprem Hasar Dağılımına Etkisi: 1998 Adana-Ceyhan Depremi

İsmail Dinçer<sup>1</sup>, Altay Acar<sup>2</sup>, İbrahim Çobanoğlu<sup>3</sup> ve Argun Kocaoğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Adıyaman Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, 02040 Adıyaman  
(E-posta: idincer@adiyaman.edu.tr)

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
01330 Balcalı, Adana

<sup>3</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20020 Kınıklı, Denizli

<sup>4</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
34460 Maslak, İstanbul

27 Haziran 1998 tarihinde, öğleden sonra Adana ilinin yaklaşık 35 km güneydoğusunda 6.3 (Ms) büyüklüğünde orta şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. 150 kişinin hayatını kaybettiği Adana-Ceyhan depreminde 1500 kişi yaralanmıştır. Deprem, Ceyhan ilçesi ve kaliçi ve taraça birimlerinin yaygın olarak gözlemlendiği birçok alanda etkili olmuştur. Ceyhan ilçe merkezinde oluşan hasarın büyük bir bölümü orta-yüksek katlı yapıların yer aldığı alüvyon zeminler üzerinde meydana gelmiştir. Kaliçi ve taraça birimlerinin gözlemlendiği alanlarda ise, az katlı (1–2 kat) yapılarda yapısal hasarlar gözlemlenmiştir. Ancak bu durumun tüm kaliçi ve taraça birimleri üzerinde yer alan yapılar için genellenmesi mümkün olamamıştır. Çünkü birbirine çok yakın lokasyonlardaki benzer kalite ve özelliklere sahip yapılarda farklı hasar oranları ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, söz konusu depremle ilgili olarak, kaliçiler ve taraçalar üzerinde meydana gelen farklı yapısal hasarların nedenleri araştırılmıştır. Bilindiği üzere, zeminlerin dinamik özellikleri ile meydana gelen hasar dağılımı arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Bundan dolayı öncelikle kaliçi ve taraça birimlerinin yaygın olarak gözlemlendiği ve farklı yapı özelliklerini (katlı, betonarme, yığma) temsil edecek şekilde 37 farklı yerleşim alanına (mahalle, belde ve köy) ait 1998 Adana-Ceyhan depremi hasar bilgileri değerlendirilmiştir. Buna göre, hasar oranları çok katlı yapılarda % 0.21–3.35, orta katlı yapılarda % 3.51–70.89 ve az katlı yapılarda % 0.64–92.89 aralıklarında değişmektedir. Burada en yüksek oran ve geniş değişim aralığı az katlı yapılarda gözlenmektedir. Ortaya çıkan bu geniş değişim aralığı sadece yapısal faktörlerle açıklanamaz. Bu durumun ortaya çıkmasında zeminin rolü bulunmaktadır. Yapılarda en yüksek hasar rezonans durumunda ortaya çıkmaktadır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü normlarına göre, genel olarak betonarme yapılarda her kat 0.1 sn titreşim periyoduna (0.1 x kat sayısı) sahiptir. Buna göre 5 ve daha çok katlı yapılar için yapı periyodu  $\geq 0.5$  sn ( $\leq 2$ Hz), 3–5 katlı yapılar için 0.3–0.5 sn (3.3–2 Hz), 1–2 katlı yapılar için 0.1–0.2 sn (10–5 Hz)'dir. Kaliçi ve taraça birimleri üzerinde az katlı yapıların yüksek oranda hasar görmesi, kaliçi ve taraça birimlerinin yüksek frekanslı (düşük periyot) zeminler olduğu göstermektedir. Bununla birlikte, aynı yapısal özelliklere sahip bazı az katlı yapılar kaliçi ve taraça birimleri üzerinde yer almasına rağmen, herhangi bir hasar görmemiştir. Bu durumu açıklamak için farklı yöntemler (mikrotremor ölçümleri ve tek boyutlu doğrusal ampirik saha tepki analizi yapan EERA paket programı) kullanılarak yer tepki analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, kaliçi ve taraça birimlerinin sahip oldukları kalınlık ve kayma dalgası hızına bağlı olarak 1-2 katlı yapılar için rezonans frekansında etkili olduğunu göstermiştir. Bu durum özellikle kaliçilerin yumuşak seviyelerinin kalınlığı arttıkça belirgin olarak gözlenmiştir. Rezonans koşullarının oluşmasında kaliçi profillerinin yumuşak seviyeleri daha etkin olurken, üstte yer alan sert seviyenin etkisi ise önemsenmeyecek düzeydedir.

**Anahtar Sözcükler:** Adana-Ceyhan depremi, kaliçi, taraça, rezonans, mikrotremor, hasar oranı, yapı periyodu

## The Effects of Quaternary Caliche and Terrace Deposits on Earthquake Damage Distributions: 1998 Adana-Ceyhan Earthquake

İsmail Dinçer<sup>1</sup>, Altay Acar<sup>2</sup>, İbrahim Çobanoğlu<sup>3</sup> & Argun Kocaoğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Adıyaman Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, TR–02040 Adıyaman, Türkiye  
(E-mail: idincer@adiyaman.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı,  
TR–01330 Adana, Türkiye*

<sup>3</sup> *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı,  
TR–20020 Denizli, Türkiye*

<sup>4</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Maslak,  
TR–34460, İstanbul, Turkey*

In the afternoon of 27 June 1998, 6.3 (Ms) magnitude and moderate intensity an earthquake occurred and its epicenter was located approximately 35 km southeast of Adana city. 150 people lost their life and 1500 people were injured. The earthquake was impressed on Ceyhan and regions which are covered by caliche and terrace deposits. A big amount of damage which was observed centre of Ceyhan Town, occurred on medium-high rise buildings founded on alluvium deposits. Low rise buildings (1–2 storeys) exposed high damage in regions of caliche and terrace deposits. But this assumption can not be generalized for all buildings founded on caliche and terrace deposits. Because, different damage ratios were observed in neighborhood buildings which are have same structural quality and characteristics.

In this study, reasons of different structural damages which were occurred on caliche and terrace deposits, were investigated. There are strong relationships between dynamic properties of soils and distribution of damage. Therefore, structural damage distribution, caused by 1998 Adana-Ceyhan earthquake, was evaluated. For these purpose 37 settlement areas (district, village and small town) were selected. These areas covered by caliche and terrace deposits and represented different buildings type (storey, concrete, masonry etc). Damage ratio is changed between % 0.21 and %3.35 (high rise buildings), % 3.51–70.89 (medium rise buildings) and % 0.64–92.89 (low rise buildings). Highest and wide variation gap of damage ratio, clearly observed for low rise buildings. This can not be attributed only structural factors. Especially, low rise buildings are very similar each other in the study area where the design and construction are performed by few engineer and architects and builders. Caliche and terrace deposits seem to be responsible in appearing of this situation. Maximum structural damage appeared on resonance conditions. In general, every floor has 0.1 sec resonance period in reinforced concrete buildings. According to this, resonance frequency of buildings, located in this study area, is  $\leq 2$  Hz (for high rise buildings), 3.3–2 Hz (for medium rise buildings), and 10–5 Hz (for low rise buildings). The low rise buildings, founded on caliche and terrace deposits, exposed to heavy damage. It is show that, during the earthquake, high frequency vibration was occurred on caliche and terrace deposits. But some buildings, which have same structural properties, did not expose to heavy damage, although founded on caliche deposits. Site response analysis was performed using the different methods (microtremor survey in the field and one-dimensional linear empirical site response analysis with EERA software) for clearing this diversity. The results obtained, depending on the shear wave velocity and thickness, caliche and terrace deposits are effective on the resonance frequency. This is especially the case as thick soft levels of caliches have been observed as significant. Softpan of caliche deposits are more effective occurring the resonance conditions. Influence of upper part level (hardpan) is insignificant level.

**Key Words:** Adana-Ceyhan earthquake, caliche, terrace, resonance, microtremor, damage ratio, structure period

## Ege Horst-Graben Sistemi Üzerindeki Zemin Büyütmelerinin İncelenmesi

Nihal Akyol, T. Özgür Kurtulmuş ve Murat Çamyıldız

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
Tınaztepe Kampüsü, 35160 Buca, İzmir (E-posta: nihal.akyol@deu.edu.tr)*

Ege açılma rejimi içerisinde yer alan Batı Anadolu, deprem aktivitesi yüksek kıtasal kabuk bölgelerinin başında gelmektedir. Birçok uygarlığın üzerinde geliştiği Batı Anadolu, tarihsel dönemlerde pek çok yıkıcı deprem etkisinde kalmıştır. Tektonik ve jeolojik açıdan eşsiz olan Batı Anadolu Bölgesinde, farklı tektonik modeller ile tanımlanmaya çalışılan, K–G gerilme rejimi sonucunda B–D doğrultulu büyük horst-graben yapıları meydana gelmiştir. K–G doğrultulu yaşlı çöküntülerle, güncel tektonizmanın geliştirdiği B–D doğrultulu çöküntülerin kesiştiği alanlarda, bol kırıklılık, yüksek gözeneklik ve yüksek ısı akısı gözlenmektedir.

TÜBİTAK-NSF uluslararası işbirliği olan bir proje kapsamında, Gediz Grabeninden başlayıp, Büyük Menderes Grabenine ulaşan, istasyon uzaklıkları ~3–4 km olan, ~100 km'lik ve ~K–G uzanımlı bir lineer ağ dizilimi gerçekleştirilmiştir. Bu lineer ağ dizilimi ile bölgedeki ana horst-graben yapıları üzerinde ve ayrıca kurulan bir dağınık ağ ile bölgedeki 9 farklı lokasyonda, ~11 aylık bir süre ile deprem verisi toplanmıştır. Söz konusu veri analiz edilerek, istasyonların üzerinde bulunduğu yerel jeolojik koşullara ait, zemin büyümesi ve rezonans frekansı değerleri, Yatay/Düşey Spektral Oran ve Standard Spektral Oran yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. Birbirlerine göre çeşitli avantaj ve dezavantajları olan pek çok yöntem, zemin etkisinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, iki farklı spektral oran yöntemi sonuçlarının karşılaştırılması yanı sıra, radyal ve transvers S-dalga fazları kullanılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, elde edilen zemin büyütmelerinin, uzaklık, magnitüd ve yön bağımlılıkları incelenmiştir.

Yatay/Düşey Spektral Oran Yöntemi kullanılarak elde edilen zemin büyütmeleri; yön bağımlılık etkisinin, uzaklık ve magnitüd bağımlılığından daha belirgin olduğunu göstermektedir. Bu olgu; yöntemin tam olarak kaynak yayılım etkisini elimine edemediğini vurgulamaktadır. S-dalga fazı radyal ve transvers bileşenleri için ayrı ayrı hesaplanan büyüme fonksiyonlarını karşılaştırdığımızda, genel olarak tüm istasyonlar için iyi bir uyumun olduğunu, ancak özellikle horst yamaçları üzerinde bulunan istasyonlar için yön bağımlılık etkisinden kaynaklanan sistematik farklılıkların bulunduğunu görmekteyiz. İki farklı spektral oran yöntemi ile elde edilen sonuçları karşılaştırdığımızda ise; ortam heterojenitesinden kaynaklanan uyumsuzluklar yer almaktadır.

Sonuç olarak; lineer ağ dizilimi sayesinde, bölgedeki ana horst-graben yapıları üzerindeki zemin etkisinin değişimi gözlenmiştir. Sağlam zemin olarak düşünülebilecek horst yapıları üzerinde bile, farklı frekanslarda, belirgin zemin büyümesi değerleri elde edilmiştir. Bozdağ horstu üzerinde yer alan istasyon verilerine uygulanan Yatay/Düşey Spektral Oran Yöntemi ile elde edilen sonuçlar; bu istasyon için 2.7, 4.3 ve 7.0 Hz'deki zemin büyütmelerinin, sırasıyla, 2.6, 3.4 ve 4.3 değerlerinde olduğunu göstermektedir. Bu sonuç; sağlam zemin olarak düşünülebilecek, horst yapıları üzerinde bile, yüzeyle yakın ayrılmış zonların varlığının, zemin büyümesi ve deprem tehlikesi açısından irdelenmesi gerektiğini göstermektedir. Yatay/Düşey Spektral Oran Yöntemi ile elde edilen sonuçlara göre; Küçük Menderes Grabeni üzerinde yer alan La20 istasyonu için 1.5 Hz'deki zemin büyümesi 6.3 değerine ve KULA ovasında bulunan KUL istasyonu için 3.6 Hz'deki zemin büyümesi 6.7 değerine ulaşmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** zemin büyümesi, zemin rezonans frekansı, yatay/düşey spektral oran yöntemi, standart spektral oran yöntemi, zemin etkisi hesabındaki belirsizlikler, batı Anadolu

## Investigation of Site Amplifications on the Aegean Horst-Graben System

Nihal Akyol, T. Özgür Kurtulmuş & Murat Çamyıldız

*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
Tınaztepe Kampüsü, Buca, TR–35160 İzmir, Türkiye (E-mail: nihal.akyol@deu.edu.tr)*

Western Anatolia which is a part of the Aegean extensional province is one of the most seismically active continental regions in the world. The region, in which lots of civilizations have been developed, had been exposed to many destructive historical earthquakes. In this tectonically and geologically unique region, approximately E–W-trending large horst-graben structures were formed by a result of N–S extension explained by different tectonic models. The high degree of fracturing, permeability and heat flow are observed in the areas at the intersections between N–S-trending older grabens and E–W-trending younger ones.

In the framework of a TÜBİTAK-NSF collaboration project, a temporary seismic stations, distributed partly as a dense; 100-km-long, N–S linear array extending from Gediz Graben to Büyük Menderes Graben with an inter-station distance that varied between 3–4 km and partly as a regional network; with 9 stations on different locations throughout the Menderes Massif of western Turkey were operated during about 11 months. Utilizing the data collected by these arrays, site amplifications and resonance frequencies of near-surface geological materials of the station sites were obtained by using Horizontal/Vertical Spectral Ratio and Standard Spectral Ratio methods. Many methods having advantages and disadvantages compared to each other have been used for site effect estimation. In this study, not only the results by two different spectral ratio estimates but also the results by radial and transverse phases of S-wave were compared. Additionally, distance, magnitude and azimuthal dependencies of the obtained site effects were evaluated.

The site effects obtained by Horizontal/Vertical Spectral Ratio Method have showed that azimuthal dependency of the results more significant than distance and magnitude dependencies. This result manifest that the method could not eliminate source radiation effects exactly. When we compare the site effects by radial and transverse phases of S-wave, in general there are well correlations for many sites. However there are systematical differences in site amplifications for the sites on the slopes of the horsts due to azimuthal dependency. When we compare two different spectral ratio estimates, the discrepancies between the results could be attributed to heterogeneity of the region.

As a result, site effect variations on the main horst-graben structures in the region were observed by utilizing linear array data. The significant amplifications at different frequencies were obtained even for the sites on the horsts which might be considered as reference sites. Horizontal/Vertical Spectral Ratio estimates for the site on Bozdağ Horst show that site amplification values at 2.7, 4.3 and 7.0 Hz are 2.6, 3.4 and 4.3, respectively. This result manifest that even for the sites on the horsts, presence of near surface sedimentary deposits should be taken into account for the site amplification and seismic hazard evaluations. Horizontal/Vertical Spectral Ratio estimates show that site amplification value are 6.3 at 1.5 Hz for La20 station site on Küçük Menderes Graben and 6.7 at 3.6 Hz for KUL station site on KULA basin.

**Key Words:** site amplification, site resonance frequency, horizontal/vertical spectral ratio, standard spectral ratio, uncertainties on the site effect determination, western Anatolia

## Zeminlerin Kompaksiyon Parametrelerinin Regresyon Analizleri ile Tahmin Edilmesi

Mustafa Fener<sup>1</sup>, Burak Yıldırım<sup>2</sup>, Osman Günaydın<sup>1</sup> ve Ali Özvan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51200 Niğde (E-posta: ogunaydin@nigde.edu.tr)

<sup>2</sup> Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51200 Niğde

<sup>3</sup> Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana

Bu çalışmada zemin sınıflandırma deney sonuçları kullanılarak basit ve çoklu regresyon analizleri ile kompaksiyon parametreleri (maksimum kuru birim hacim ağırlık ve optimum su içeriği) tahmin edilmiştir. Kompaksiyon parametreleri laboratuarda sadece Proktor deneyleri ile belirlenebilir. Sıkıştırılmış zeminler; yol dolgularında, katı atık depolama alanlarında, toprak dolgu barajların çekirdeklerinde, istinat yapılarında ve buna benzer önemli mühendislik projelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu zeminler jeoteknikin uygulama alanlarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, kompaksiyon parametreleri ile temel zemin özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek amacı ile Türkiye'nin farklı bölgelerinde yapılan yol çalışmalarından toplanılan veri kullanılarak regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunun için, kompaksiyon parametreleri üzerinde etkisi olduğu düşünülen altı farklı zemin özellikleri, çakıl oranı (Ç), kum oranı (K), silt-kil oranı (SK), plastik limit (PL), likit limit ( $W_L$ ), plastisite indisi (PI), bağımsız değişkenler olarak kabul edilirken maksimum kuru birim hacim ağırlığı (MKB) ve tane birim ağırlık (TBA) bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmayla zemin sınıflandırma deneyleri ile kompaksiyon parametreleri arasında güçlü korelasyonlar elde edilmiştir. Projelerin etüt aşamasında kompaksiyon parametrelerinin indeks deneyleri ile önceden tahmin edilmesi hem zaman açısından hemde ekonomik olarak avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** kompaksiyon parametreleri, zemin özellikleri, basit regresyon, çoklu regresyon, korelasyon

## Estimation of Compaction Parameters Using Regression Analyses

Mustafa Fener<sup>1</sup>, Burak Yıldırım<sup>2</sup>, Osman Günaydın<sup>1</sup> & Ali Özvan<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–51200 Niğde, Türkiye  
(E-mail: ogunaydin@nigde.edu.tr)

<sup>2</sup> Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, TR–51200 Niğde, Türkiye

<sup>3</sup> Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye

---

In this study, it is attempted to estimate compaction parameters (maximum dry unit weight and optimum moisture content) Simple and Multilinear Regression employing based on classification properties of the soils. The compaction parameters can only be defined experimentally by Proctor tests. Compacted soils are used for many geotechnical applications such as engineered barriers for municipal solid waste, dams, embankment and roads; therefore they are highly important materials for geotechnical applications. In order to investigate the relationship between the basic soil properties and compaction parameters, regression analyses were carried out using road construction data set collected from the different locations of Turkey. Subsequently, six different parameters which are considered to be effective on compaction parameters that include fine-grained ratio (FG), sand ratio (S), gravel ratio (G), liquid limit (WL), plastic limit (PL), were used as input for the regression analyses as independent variables while maximum dry density (MDD) and optimum moisture content (OMC) were used as dependent variables. As a result of this study, regression analyses indicated strong correlations between the compaction parameters and soil classification properties. At the etude project phase, estimation of compaction parameters using index tests can get advatages not only at saving time but also financial possibility.

**Key Words:** compaction parameters, soil properties, simple regression, multilinear regression, correlation

## Kayalar İçin Yeni Bir Dayanım Belirleme Yöntemi: Çivi Penetrasyon Deneyi

Levent Selçuk ve Kamil Kayabalı

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
06100 Tandoğan, Ankara (E-posta: Levent.Selcuk@eng.ankara.edu.tr)

Tek eksenli sıkışma dayanımı (UCS) kaya mühendisliği alanında yararlanılan en popüler parametrelerden birisidir. Çok kolay ve basit olmakla birlikte, örneklerin hazırlanmasında özen gerektiren ve zaman alıcı bir yöntemdir. Bununla birlikte, zayıf ve çok zayıf kayalardan karot alınması genellikle güç bir işlemdir. Bu nedenle, tek eksenli sıkışma dayanımının belirlenmesinde genellikle nokta yükleme dayanım indeksi deneyi ve Schmidt geri sıçrama deneyi gibi dolaylı yöntemler kullanılmaktadır.

Nokta yükleme deneyi ile nokta yükü dayanım indeksi değeri ( $I_{s(50)}$ ) belirlenir. Tek eksenli sıkışma dayanımı genellikle bu indeks değerinin 24 değeriyle çarpılmasıyla elde edilir. Önceki çalışmalar bu dönüşüm faktörünün 6 ile 105 arasında değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle, nokta yükleme deneyi tek eksenli sıkışma dayanımını sadece kabaca verebilmektedir. Diğer yandan, Schmidt sertlik çekicinin sağladığı avantajlar kadar dezavantajları da vardır. Schmidt sertlik çekici, düşük dayanımlı kayalarda ( $UCS < 10$  MPa) ve bozunmuş yüzeylerde kullanımı sağlıklı olmayan bir yöntem olarak değerlendirilmektedir.

Tek eksenli sıkışma dayanımının dolaylı yöntemlerle belirlenmesinde ortaya çıkan zorlukların giderilmesi için özellikle zayıf ve çok zayıf kayalara uygulanmak üzere yeni bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntemin ana bileşeni, farklı uzunluklara sahip çiviler üzerinde 130 J kuvvet uygulayan bir beton çivi çakıcısıdır. Bu çalışmada çivi penetrasyon derinliği ile tek eksenli sıkışma dayanımı arasındaki ilişki araştırılmış; çalışmanın bütünlüğü açısından nokta yükleme deneyi ve Schmidt sertlik çekicinden elde edilen dayanım deneyleri de kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan kayalar jips, tuf, ignimbirit, andezit ve mermerden oluşmaktadır. Ankara civarı ve Orta Anadolu'dan toplanan 65 kaya bloğu üzerinde dört çeşit deney yapılmıştır. Tek eksenli sıkışma deneyi 2–3 silindirik örnek üzerinde yapılmıştır. L ve N tipi Schmidt sertlik çekiçlerinin her ikisi de çalışmada kullanılmıştır. Schmidt çekiçlerinin her birisiyle her blokta 10 adet geri sıçrama değeri kaydedilmiş ve öncelikle bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu ortalama değerden 7 ve daha fazla sayıda sapma gösteren geri sıçrama değerleri çıkartılarak kalan değerler içersinde tekrar ortalama alınmıştır. Diğer yandan, nokta yükleme deneyi silindirik karot ve blok örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tek bir kayaç için 10 adet örnek bu amaçla hazırlanmıştır. Yine her bir kayaç için beton çivi çakıcısıyla 5 adet atış yapılmıştır. Elde edilen penetrasyon derinlikleri, bu değerlerin ortalamasının alınmasıyla belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar tek eksenli sıkışma dayanımı ile çivi penetrasyon derinliği arasında çok iyi bir ilişkinin ( $R^2 = 0,91$ ) olduğunu göstermiştir. Karşılaştırmalar aynı zamanda tek eksenli sıkışma dayanımına karşı Schmidt sertliği ve nokta yükü dayanım indeksi değerleri arasında da yapılmıştır. Bu karşılaştırmalardan, tek eksenli sıkışma dayanımının (schmidt sertlik değeri ve nokta yükü indeks değerleriyle karşılaştırmasına göre) çivi penetrasyon derinliği ile daha iyi bir korelasyon sağladığı görülmüştür.

Sağlam, kolay, taşınabilir ve düşük maliyet gerektiren bu deney yöntemi kırksız kayaların tek eksenli sıkışma dayanımının belirlenmesi için önerilmektedir. Önerilen tekniğin özellikle zayıf kayaçlar için daha yararlı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** tek eksenli sıkışma dayanımı, çivi penetrasyon deneyi, nokta yükleme deneyi, Schmidt sertlik çekici, kaya malzemesi



## A New Strength Determination Method for Rocks: Nail Penetration Test

Levent Selçuk & Kamil Kayabali

*Ankara University, School of Engineering, Geological Engineering Department, Tandoğan,  
TR–06100 Ankara, Türkiye (E-mail: Levent.Selcuk@eng.ankara.edu.tr)*

Uniaxial compression Strength (UCS) is one of the most popular parameter utilized in the field of rock engineering. While it is easy and simple to perform, it requires carefully prepared specimens and timewise it is lengthy. In addition, it involves difficulties with coring weak- to very-weak rocks. Therefore, the determination of UCS is usually carried out by using the indirect tests such as the point load test (PLT) and the Schmidt rebound hammer (SRH).

PLT provides the point load index ( $I_{s(50)}$ ) and the UCS is obtained by multiplying the  $I_{s(50)}$  by usually 24. The literature review revealed that this conversion factor ranges from 6 to 105. Thus, the PLT provides only a crude approach for UCS. On the other hand, the advantages offered by SRH are compensated with its own disadvantages. SRH is not considered suitable for low-strength rocks ( $UCS < 10$  MPa) and weathered surfaces.

In order to overcome the difficulties in determining the UCS indirectly for particularly weak rocks a new tool is proposed. It is a concrete nailer exerting 130 J power on nails of different lengths. A relationship between the nail penetration depth and the uniaxial compression strength is sought. In addition, the strengths obtained from PLT and SRH are utilized for the completeness of the study.

The material used in the study covers rocks of gypsum, tuff, ignimbrite, andesite and marble. Four types tests were carried out on 65 rock blocks collected from the vicinity of Ankara and Central Anatolia. For the uniaxial compression test, 2 to 3 cores were used. Both the L- and N- type SRH were utilized. Ten impacts were applied on each intact rock block by each type of SRH. The rebound values were averaged first, and those departing from the average more than 7 were discarded and the remaining rebound values were reaveraged. PLT tests were carried out on both diametric and block samples. Up to ten specimen were utilized for one type of rock. For the nail penetration test, five shots were made on each rock block by concrete nailer. The average penetration depths were determined.

The evaluation of results shows that there is very good relationship between the nail penetration depth and the UCS with a correlation coefficient of  $r^2=0,91$ . Correlations were also established between the UCS and SRH as well as between the UCS and PLT. It was found that the UCS correlates better with the strength determined from the nail penetration tests than it does with those of SRH and PLT.

A robust, easy, portable and low cost testing method is proposed for the evaluation of UCS of intact rocks indirectly. The proposed technique is expected to serve better for particularly weak rocks.

**Key Words:** uniaxial compression strength, nail penetration test, point load test, Schmidt rebound hammer, intact rock

## Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Çevrim Sayısının Tane Şekli Üzerindeki Etkisinin Fraktal Boyut Yaklaşımı Kullanılarak Araştırılması

Saffet Yağız<sup>1</sup> ve Kıvanç Zorlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20020 Kınıklı, Denizli  
(E-posta: syagiz@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33342 Çiftlikköy, Mersin

Bozunma, yeryüzüne yakın yerlerde kayaçlardaki fiziksel ve kimyasal süreçlerle gelişen bir değişim olup, kaya kütlesi ve kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde pek çok olumsuz etkiye sahiptir. Kireçtaşı ve traverten gibi ekonomik değere sahip kayaçlarda bozunmaya karşı duyarlılık ve bozunma hızı yapı malzemesi olarak kullanılabilirlikleri açısından oldukça büyük bir önem taşımaktadır. Laboratuvar koşullarında, kayaçların bozunabilirliğe göstermiş oldukları direnç, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile belirlenmektedir. Literatürde, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksinin tanımlanmasında, geleneksel iki çevrimin yanı sıra, çoklu çevrim uygulamalarına da rastlanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi çevrim sayısının kayaç agregalarının şekli üzerindeki etkisinin fraktal boyut yaklaşımı kullanılarak araştırılmasını içermektedir. Amaca uygun olarak, Denizli ve Antalya illeri çevresinde işletilen taş ocaklarından çökeltme ortamları, yapısal ve dokusal özellikleri birbirinden farklı dört tip traverten ve üç tip kireçtaşı toplanmıştır. Daha sonra, her bir kayaç tipi için on adet suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi yapılarak, deneylere on çevrim sonuna kadar devam edilmiştir. Bu çalışma da, 1., 2., 4., 6. ve 10. çevrimler sonunda tane şekillerinde meydana gelen değişim, fraktal boyut yaklaşımı ile ortaya konmuş ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile arasındaki ilişki yorumlanmıştır. Tanelerin fraktal boyutları hesaplanırken, düzlem üzerinden sapmaların gözlemlendiği bütün yüzeylerde fraktal boyut belirlenmiş ve daha sonra tek bir tane için hesaplanan değerlerin ortalaması kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, dikkate alınan her bir çevrim sonunda, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi azalırken, tanelerin ortalama fraktal boyutunda artış gözlenmiştir. Fraktal boyutlarındaki bu artış, 1., 2., ve 4. çevrimler sonunda daha belirgin gözlenirken, 6. ve 10. çevrimler sonunda dikkate değer bir değişim sergilememekte, hatta bazı örneklerde yaklaşık aynı değerleri sunmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** fraktal boyut, kireçtaşı, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, traverten

## Using Fractal Dimension Approach to Investigate Affect of Slake Durability Index Cycle Integer on Aggregate Shape

Saffet Yağız<sup>1</sup> & Kıvanç Zorlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı,  
TR–20020 Denizli, Türkiye (E-mail: syagiz@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy,  
TR–33342 Mersin, Türkiye

---

Weathering that is degradability of rock near the surface of the earth due to physical and chemical progress has significant affect on the physical and mechanical properties of both rock mass and materials. Both durability against weathering and weathering speed are very important from the scope of usability of those rocks as building material for limestone and travertine type rocks that have economical worth. Durability resistance of rock against weathering could be measured using slake durability index test in laboratory condition. In the literature, besides common method that obtaining slake durability index after two cycles, some researchers conducted slake durability index test more than two cycles (i.e. four to ten cycles).

Purpose of the study is to investigate the affect of slake durability index cycle on aggregate shape using fractal dimension approach. To obtain the aim, rock samples including four type travertine and three type limestone all which has various depositional condition, texture and structural features were collected from the quarries operated in the cities of Denizli and Antalya surroundings. After that, for each rock type, ten slake durability index test were carried out within ten cycles. Variation of aggregate shape were explored utilizing slake durability indices of 1, 2, 4, 6 and 10 cycles by performing fractal dimension approach and further, the relationship between fractal dimension and slake durability index cycles were investigated in this research. As computing fractal dimension of the aggregate, all surfaces that deviations were observed are identified after then, average fractal dimension value of one aggregate were used for the aim.

As result of findings, while decreasing the slake durability index after each cycle, average fractal dimension of aggregates are increased. While increment on the fractal dimension of the aggregate were so obvious at the end of 1, 2 and 4 cycle, after 6 and 10 cycle that increment are insignificant or about the same with previous cycles.

**Key Words:** fractal dimension, limestone, slake durability indices, travertine

## Kayaçlarda Kırılma İndeksi Hesaplaması İçin Uç Batırma Deneyinin Kullanılması

Saffet Yağız

*Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 20020 Kınıklı, Denizli  
(E-posta: syagiz@pau.edu.tr)*

Kayaçların kırılma değeri, kaya kütlelerinde yapılan yeraltı kazılarında önemlidir. Günümüzde kaya kırılma değerinin doğrudan ölçülmesi standart laboratuvar koşullarında kolay değildir. Bu nedenle, kırılma değeri, kayaçların tek eksenli sıkışma ve Brezilyan çekme dayanımlarının ampirik fonksiyonu olarak elde edilir.

Uç batırma deneyi; kayaçların sertlik, tokluk, delinebilirlik ve kırılma özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bilgisayar sistemine bağlı 300 ton kapasiteli bir MTS pres kullanılarak deney yapılır. Bu deneyde, en az 1:1 oranında çap ve yükseklik oranına sahip, NX çaplı karot (54 mm) kayaç örneği, kullanılır. Kayaçın alt ve üst yüzeyi düzgün kesilmiş ve pürüzlerden arındırılmıştır. Kayaç örneği, yaklaşık 115 mm çaplı bir çelik halkanın ortasına yerleştirilir ve etrafı alçı ile doldurularak yanal basınç oluşturulur. Sivri çelik uç örnek yüzeyine 0.0254 mm/sn bir yükleme hızı ile dik olarak batırılır. Daha sonra, çelik ucun kayaç yüzeyinden derine doğru ilerleme miktarı ve bunun için gerekli batırma kuvveti deney sonuna kadar bilgisayar ortamında veri olarak depolanır. Elde edilen uç ilerleme miktarı ve uç batırma kuvveti verileri kullanılarak kuvvet- uç ilerleme miktarı grafiği oluşturulur. Bu grafikteki kuvvet ve ilgili ilerleme miktarı ilişkisi, farklı yöntemler kullanılarak kayaçların sertlik, delinebilirlik veya kırılma özellikleri belirlenir.

Bu çalışmada, uç batırma deneyi ile kayaçların söz konusu özelliklerini hesaplama yöntemleri irdelenmiştir. Ayrıca, kayaç kırılma değeri uç batırma deneyi kullanılarak hesaplanmıştır. Sert kayaçlarda açılan 48 farklı tünelden elde edilen veritabanı (tek eksenli sıkışma dayanımı, dolaylı çekme dayanımı, yoğunluk, uç batırma deneyinden elde edilen kırılma değeri) kullanılarak, yeraltı kazıları için kayaç kırılma indeksi ve sınıflaması önerilmiştir. Sonuç olarak, kayaçların kırılma indeksi doğrudan uç batırma deneyi ile ölçülebilir ve kırılma arttıkça kayaçlarda kazılabilirlik artmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** kırılma, uç batırma deneyi

## The Use of Indentation Test to Compute Rock Brittleness Index

Saffet Yağız

*Pamukkale Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı,  
TR–20020 Denizli, Türkiye (E-mail: syagiz@pau.edu.tr)*

---

Measuring rock brittleness value is very crucial for underground excavations in rock masses. It is not easy to measure rock brittleness with standard laboratory condition in present. Therefore, the brittleness value is obtained as an empirical function of uniaxial compressive strength and Brazilian tensile strength.

Indentation test is a method to investigate hardness, toughness, drillability and brittleness properties of rocks. Computer system connected to MTS machine within 300 ton capacity are used for performing the test. NX core size (54 mm) rock samples with a height to diameter ratio at least one, are used for the test. Top and bottom of the specimen are saw-cut; so it is smooth and free of irregularities. The test specimen is confined with gypsum cement (plaster) within steel cylinder frame approximately 115 mm in diameter. Later, the indenter penetrates sample perpendicularly with 0.0254 mm/sec loading speed. Afterward, the force is applied onto the surface of rock sample and the indenter penetrates the rock till the test stopped and the applied force and relevant penetration are recorded in computer base. Force-penetration chart could be obtained by using datasets of force and penetration. In this chart, relations between force and relevant penetration could be evaluated and hardness, brittleness or drillability of rock would be computed.

In this study, the methods to compute relevant rock properties by performing indentation test were examined. In addition, rock brittleness is computed via indentation test. As a result of research, by using database (i.e., uniaxial compressive strength, Brazilian tensile strength, rock density and brittleness values from indentation test) obtained from 48 hard rock tunnel projects; rock brittleness index and a classification are suggested for underground excavations. It is concluded that the indentation test could be used directly for computing rock brittleness and it increases with excavability of rock.

**Key Words:** brittleness, indentation test

## Kayaçalarda Tek Eksenli Sıkışma Dayanımının Dolaylı Olarak Belirlenmesine Yönelik Yeni Bir Deney Yöntemi: Karot Boğma Deneyi (CST)

Işık Yılmaz

Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas  
(E-posta: iyilmaz@cumhuriyet.edu.tr)

Bu çalışmada, özellikle gerekli karot boyunun elde edilemediği durumlarda kaya malzemelerinde tek eksenli sıkışma dayanımının (UCS) dolaylı olarak belirlenebilmesi için geliştirilen yeni bir deney yönteminin sonuçları sunulmaktadır. Bilindiği gibi, kaya malzemelerinin tek eksenli sıkışma dayanımlarının dolaylı olarak belirlenmesinde kullanılan; nokta yükleme deneyi ( $I_S$ ), Schmidt çekici deneyi, sonik hız deneyi, disk makaslama dayanım indeksi deneyi gibi bazı yöntemler kullanılmaktadır. Özellikle nokta yükleme deneyi UCS' nin tahmin edilmesinde yaygın olarak kullanılmasına karşın, güncel literatürde bu yöntemle ilgili sorunlara ilişkin bir çok çalışma bulunmaktadır. Söz konusu sınırlamaları gidermek amacıyla bu çalışma kapsamında geliştirilen yeni yöntemle yapılan ilk çalışmalar sonunda 'Karot Boğma Deneyi (CST)' olarak adlandırılmış olan bu yöntemin bahsedilen hataların, sorunların ve sınırlamaların büyük bir bölümünü ortadan kaldırdığı görülmüştür. Geliştirilen yeni deney yöntemin temel ilkesi bir karotu eksenine dik bir çember boyunca 'boğma' şeklinde yüklemeye dayanmaktadır.

Çalışmaların ilk aşamasında, farklı lokasyonlardan toplanmış olan zayıftan sağlama kadar değişik türdeki blok kayalardan karot örnekleri hazırlanmış ve hazırlanan örnek setleri üzerinde, tek eksenli sıkışma, nokta yükleme ve karot boğma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadan elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi ile UCS ile CST ve  $I_{S(50)}$  arasındaki ilişkiler ampirik olarak belirlenmiş, birbirleri ile karşılaştırılmış ve önerilen yöntemin kullanılabilirliği tartışılmıştır.

CST deney yönteminde 'çizgi' boyunca yükleme yapılması nedeni ile heterojenlik ve anizotropinin etkisi önemli ölçüde azaltılmıştır. CST ile UCS' nin belirlenmesinde, farklı kaya türleri için hemen hemen aynı ampirik eşitlikler elde edilmiş olup, deneylerden elde edilen ilişkiler UCS' nin CST ile nokta yükleme dayanım indeksinden daha güvenilir bir şekilde elde edilebileceğini göstermiştir. Değişik karot boyları için gerçekleştirilen CST deneylerinin bir sonucu olarak, geliştirilen deney yönteminin tekrarlanabilir olduğu ve karot boyunun sınırlayıcı olmadığını ortaya konulmuştur. Güvenilir  $I_{S(50)}$  değerinin elde edilebilmesi için deneyin 10–20 kez tekrarlanmasının gerekliliğine karşın, CST deneyinin sadece bir kez yapılmasının yeterli olduğu görülmüştür. CST deneyleri portatif bir deney aleti ile laboratuvarında uygulanabildiği gibi, taşınabilir karot alma makinelerinin bulunduğu durumda arazide de gerçekleştirilebilir. Önerilen yeni deney yönteminin diğer mevcut deneylerdeki sınırlayıcı etkilerini büyük ölçüde ortadan kaldırdığı, tek eksenli sıkışma dayanımı değerlerinin gerçeğe daha yakın şekilde tahmin edildiği ve daha az sayıda deney örneği ile hem zaman, hem de ekonomik açıdan katkı sağlayacağı görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** tek eksenli sıkışma dayanımı, nokta yükleme dayanım indeksi, kaya malzemesi, karot boğma deneyi

## New Testing Method for Indirect Determination of the Uniaxial Compressive Strength of the Rocks: Core Strangle Test (CST)

Işık Yılmaz

*Cumhuriyet Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–58140 Sivas, Türkiye  
(E-mail: iyilmaz@cumhuriyet.edu.tr)*

In this study a new testing method for indirect determination of Uniaxial Compressive Strength (UCS) of the rock core samples, especially when a sufficient core height can not be obtained, is presented. As known, there are some methods for indirect estimation of UCS of rock materials such as; point load ( $I_s$ ), Schmidt hammer, sonic velocity, block punch index test etc. However point load testing method is widely used to estimate the UCS, there are many problems and limitations related to this method as reported in the recent literature. It was obtained that CST proposed in this paper namely ‘*Core Strangle Test (CST)*’ had minimized some of the deficiencies, limitations etc. The principle of this test depends on the ‘*strangle*’ type of loading a core along a circle perpendicular to the core axis.

In the first stage of the studies, blocks of different type of rocks having the strength in a range from weak to strong were collected and cored for UCS, Point Load and CST tests. These tests were then conducted on the prepared sample sets and relationships between UCS with  $I_{S(50)}$  and CST were empirically determined and discussed in a point of the view of the usefulness of the method developed.

In CST, the effect of the heterogeneity or anisotropy was considerably minimized by loading rock samples through a line instead of a point. It was found that almost the same empirical equations can be used for different types of rocks. It was also experimentally obtained that in the estimation of UCS, CST will be more preferable than point load index test. Because, CST tests led to considerably lower errors in determining the strength when compared with the results obtained from point load tests. Test results conducted on different core length showed that the CST can be repeated on the same rock samples. It was found that the length of the core is not a limitation in CST. In order to obtain an accurate value of  $I_{S(50)}$  point load test should be conducted 10–20 times, but an accurate value can be obtained from only one test of CST. CST can be performed with portable equipment in the laboratory. If the portable facility for rock coring is available, CST can also be conducted in the field. It was found that main common shortcomings, limitations and problems related to conventional tests were overcome and more accurate UCS values were obtained. CST will also profit an economical advantage and gaining of time with its a few core sample requirement.

**Key Words:** uniaxial compressive strength, point load test, rock material, core strangle test

## Mersin Çevresi Heyelanları İçin Yağış Şiddet-Süre İlişkileri

Tolga Çan<sup>1</sup>, Tolga Mazman<sup>1</sup>, Engin Çil<sup>1</sup> ve Tamer Y. Duman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana  
(E-posta: [tolgacan@cukurova.edu.tr](mailto:tolgacan@cukurova.edu.tr))

<sup>2</sup> Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 06520 Ankara

Heyelanlar genel olarak aşırı yağış, deprem ve kar erimesi gibi tetikleyici faktörlerin etkisi altında oluşmaktadır. Bu tetikleyici faktörler arasında en yaygın olanı aşırı yağışlardır. Ülkemizde başta Karadeniz bölgesi olmak üzere, diğer bölgelerimizde de olağandışı meteorolojik olaylara bağlı olarak heyelanların geliştiği bilinmektedir.

Mersin ve çevresinde, 1968–69 ve 2001 yıllarında, aşırı yağışların tetiklemesi sonucu bölgesel ölçekte çok sayıda heyelan meydana gelmiştir. Bu çalışmada, Mersin ve Erdemli Meteoroloji istasyonlarından alınan uzun yıllar günlük yağış değerleri incelenerek heyelanlar için yağış eşik değeri ile bu yağış değerlerinin farklı sürelerdeki tekrarlanma periyotları incelenmiştir. Mersin ve Erdemli meteoroloji istasyonlarındaki kayıtlar sırasıyla 1930–2007 ve 1963–2007 yıllarını kapsamaktadır. Buna göre bölgede yıllık ortalama yağış değerinin 600 mm civarında olduğu belirlenmiştir. Yıl içerisinde, yağışların aylık dağılımına bakıldığında ise en fazla yağış, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında kaydedilmiştir. Bu aylara ilişkin ortalama yağış değerleri 79–112 mm arasında değişmekte olup, en yağışlı ay Aralık olarak gözlenmektedir. Yıllık toplam yağış değerlerinin yıl içerisindeki dağılımlarına bakıldığında ise, bu aylara ilişkin toplam yağış değerlerinin yıllık ortalama yağış değerinin yaklaşık % 70’ni oluşturduğu belirlenmiştir.

Günlük yağış değerleri kullanılarak kümülatif en fazla yağış miktarları, değişik yağış süreleri (3–10, 20 ve 30 gün) için belirlenmiş ve bunların tekrarlanma periyotları 5, 10, 25, 50 ve 100 yıl için hesaplanmıştır. Heyelanların kümülatif yağış değerlerinin 300 mm’nin üzerinde olduğu durumda meydana geldiği belirlenmiştir. 1968 ve 2001 Aralık aylarında bu yağış değerine toplam 3 ile 6 günlük yağış süresince ulaşılmış olup, bu değerler uzun yıllar yıllık ortalama yağış değerlerinin %50’sinden fazlasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada kullanılan veriler ışığında Mersin bölgesinde meydana gelen heyelan olayları için yağış şiddet-süre eşik değeri  $I = 174D^{-0.87}$  olarak bulunmuştur. Burada I (mm/saat) yağış şiddeti, D (saat) ise yağış süresidir. Heyelanları tetikleyen 3 ve 6 günlük toplam yağış değerlerinin, Gumbel dağılımına göre, 25 yıldan daha fazla tekrarlanma periyoduna sahip olduğu sonucu elde edilmiştir. Farklı bölgelerde gelişen değişik heyelan tipleri için hesaplanacak yağış eşik değerleri, bölgesel anlamda heyelan risk azaltma çalışmalarının belirli bir aşamasını oluşturacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** heyelan, yağış şiddet-süre ilişkisi, Gumbel dağılımı, yağış eşik değeri, Mersin



## Rainfall İntensity-Duration Relationships For Landslides Around Mersin

Tolga Çan<sup>1</sup>, Tolga Mazman<sup>1</sup>, Engin Çil<sup>1</sup> & Tamer Y. Duman<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye  
(E-mail: [tolgacan@cukurova.edu.tr](mailto:tolgacan@cukurova.edu.tr))

<sup>2</sup> Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, TR–06520, Ankara, Türkiye

The main landslide triggering factors are intense rainfall, earthquakes and rapid snow melting. The most common landslide triggering factor is excessive rainfalls. It is known that extreme meteorological events cause landslides most commonly in the Black Sea region as well as in other geographic regions of Turkey.

Many landslides were triggered by intense rainfall in 1968–69 and 2001 around Mersin city. In this study, daily rainfall data obtained from Mersin and Erdemli meteorological stations were evaluated in order to determine the rainfall thresholds for landslides and their return periods. The meteorological data from Mersin and Erdemli stations comprises the periods between 1930–2007 and 1963–2007, respectively. Hence, the mean annual rainfall was found as 600 mm. The highest values were recorded in November, December, January and February considering the monthly rainfall distribution throughout the year. The mean monthly rainfall for formerly mentioned months range between 79 and 112 mm, and the highest amounts were recorded in December. It is seen that 70% of the annual rainfalls were recorded between November and February.

Using daily rainfall data, the maximum cumulative rainfall amounts were determined for various rainfall durations (3–10, 20 and 30 days) and return periods for 5, 10, 25, 50 and 100 years were assigned to the rainfall durations. The landslides were triggered by the cumulative rainfall at above 300 mm. These rainfall amounts were recorded in successive 3 and 6 days periods which represent more than 50% of mean annual rainfall. According to the available data, the rainfall intensity – duration relationship for landslide generation were found as follow;  $I=171D^{-0.87}$ ; where I (mm/hour) is intensity and D (hour) is duration. The results show that 3 and 6 day cumulative rainfall, that triggered the landslides, exceeded the 25-year return period according to the Gumbel distribution. Rainfall thresholds determinations considering specific landslide types for different regions could provide important stage in regional landslide risk management studies.

**Key Words:** landslide, rainfall intensity-duration relationships, Gumbel distribution, rainfall threshold, Mersin

## Çanakkale Kenti Güney-Batısındaki (Güzelyalı) Kütle Hareketinin Değerlendirilmesi

M. Celal Tunusluoğlu, Öznur Karaca ve Alper Baba

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,  
17020 Çanakkale (E-posta: ctonoz@gmail.com)*

Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Çanakkale, son yıllarda hızlı bir gelişim süreci içine girmiş kentlerimizden biridir. Bu durum, beraberinde birçok inşaat projesinin hayata geçirilmesine neden olmuştur. Söz konusu inşaat projeleri; yol, çok katlı binalar, az katlı villalar, alt yapı tesisleri, çarpık yapılaşmanın olduğu kesimlerde gecekondular vb. olmak üzere çok çeşitlidir. Bu hızlı gelişim süreci içerisinde kentsel planlamanın yapılmadığı tehlike arz eden araziler önlem alınmaksızın çoğu kez kullanıma açılarak doğal ortamın dengesi bozulmuştur.

Çanakkale kentinin güneybatısında yer alan ve kentin yazlık mekanlarından biri olan Güzelyalı köyünde Kasım 2001 yılında başlayan ve Ocak 2004 yılında hızlanarak devam eden bir kütle hareketi meydana gelmiştir. 2005 yılı baharında ve 2008 yılı sonbaharında yapılan incelemeler sonucu kütle hareketlerinin yağış dönemleriyle paralellik gösterdiği görülmüştür. İncelemelerde kütle hareketinin kayma bölgesinde bulunan binaların duvarlarında çatlamlar, bahçe duvarlarında 15 cm'ye yakın açılmalar görülürken hareketin topuk kesimindeki birkaç binada ise 6°'ye yakın geriye doğru yatma ve bu nedenden dolayı da bina temellerinde yer değiştirme olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca heyelan sonucu binaların bahçeleri yol seviyesinden 60–80 cm arasında düşey yönde yer değiştirdiği görülmüştür. Aynı sistem içinde yer alan bir tatil kampında yapılan incelemelerde de 2006 yılı baharında başlayan ve halen devam eden kütle hareketi sonucu 60 m yüksekliğinde ve yaklaşık 65° eğime sahip olan şevin üst kesiminde heyelan sonucu gerilme çatlakları ve oturmalar, topuk kesiminde ise zemin deformasyonları tespit edilmiştir.

Bu çalışmalar kapsamında, kütle hareketlerinin nedenlerinin anlaşılması amacıyla heyelanlı bölgenin ayrıntılı jeolojik, mühendislik jeolojisi, hidrojeolojik, jeoteknik ve jeofizik çalışmaları ile inceleme alanına ait jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritaları yapılmıştır. Ayrıca bölgede toplam uzunluğu 307.5 m olan 14 adet karotlu sondaj ile 17 noktada düşey elektrik sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Açılan sondajlar sonucu elde edilen zemin örneklerinin laboratuvarında değerlendirilmesi sonucu inceleme alanının killi çakıllı (GC), inorganik siltli (ML,  $c= 36.5 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi= 16^\circ$ ), kumlu-siltli inorganik killer (CL,  $c= 72.50 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi= 8^\circ$ ) ile yüksek plastisiteli inorganik killerden (CH,  $c= 80.82 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi= 7^\circ$ ) oluştuğu görülmüştür. Heyelanlı bölgede yeraltı suyu seviyesi 3–15.50 m arasında değişmektedir. Arazi gözlemleri, sondaj verileri ve şev duraylılığı analizleri sonucu yüksek plastisiteli inorganik killer içinde dairesel kaymanın meydana geldiği düşünülmektedir. Elde edilen veriler sonucunda dairesel kayma özellikleri taşıyan kütle hareketinin yaşandığı bölgenin ve çevresinin fosil heyelan bölgesi olmasına rağmen, gerekli mühendislik önlemleri alınmadan yanlış yapılaşmanın olması, altyapı yetersizliği, binalarda halen fosseptiklerin kullanılması, gelişmiş kanalizasyon ve drenaj sistemlerinin olmaması nedeniyle bölgede bu tür bir kütle hareketinin meydana geldiği saptanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Güzelyalı (Çanakkale), heyelan, fosil heyelan, şev duraylılığı, oturma, elektrik rezistivite

## Evaluation of Mass Movement at South-West of Çanakkale City (Güzelyalı)

M. Celal Tunusluoğlu, Öznur Karaca & Alper Baba

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Terzioğlu Kampüsü,  
TR–17020 Çanakkale, Türkiye (E-mail: ctonoz@gmail.com)*

Çanakkale, which is one of our swiftly developing cities in the last years, is located in the northwest of Turkey. Therefore, it caused to start of the many of the construction projects such as roads, buildings, light buildings, infrastructure, squatter's houses and etc. During the swiftly developing period, unsuitable areas are often tolerated to use, so nature of the balance was made unstable.

Güzelyalı village locating in the southwest of Çanakkale, is one of the holiday resorts of the city. In this region, a mass movement occurred in November 2001 and attested an increase in slope instability during January 2004. According to the investigation in spring 2005 and autumn 2008, the mass movement is directly related to intense autumn and winter rainstorms that were registered in those years. As a result of the mass movement, shear diagonal cracks on the walls of light buildings and their garden walls (15 cm) located on the landslide area were constituted. Nonetheless, several light buildings where located on the toe of the rotational slide, were tilted about 6° and vertical downward displacement at the base of foundations (15–20 cm) and between road level and light buildings garden (60–80 cm) were observed due to mass movement. In autumn 2008, during the site investigation at a holiday camp located near the unstable area, the slope instability, which occurred in spring 2006, was recognized. The slope height and angle are 60 m and 65°, respectively. Due to the mass movement, several tension cracks and settlement behind the crest of the slope and ground deformation on the toe of the slope were identified.

In this study, detailed geological, engineering geological, hydrogeological, geotechnical and geophysical investigations were carried out in order to understand the reasons causing this mass movement in the landslide area. Also, geological and engineering geological maps of the landslide area were prepared. Fourteen geotechnical boreholes with total depths of 307.5 m were drilled and geophysical investigations (electrical resistivity) at 17 locations were performed. According to the Unified Soil Classification System, the samples taken from the boreholes are GC, ML ( $c= 36.5 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi= 16^\circ$ ), CL ( $c= 72.50 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi= 8^\circ$ ) and CH ( $c= 80.82 \text{ kN/m}^2$ ,  $\phi= 7^\circ$ ), and defined as clayey gravels, inorganic silts, inorganic clays and inorganic clays of high plasticity, respectively. In this region, depth of the groundwater level from the surface is between 3 and 15.50 m. Site investigations, borehole data and the slope stability analyses suggested that the mass movement occurs in the inorganic clays of high plasticity zone in the landslide area. Based on the data, it is concluded that although it is known that the area is a paleolandslide area and under the threat of a circular failure, due to construction of a number of buildings without any engineering measures, insufficient substructure, the use of poorly developed sewage systems and poor drainage conditions, this mass movement has occurred.

**Key Words:** Güzelyalı (Çanakkale), landslide, paleolandslide, slope stability, settlement, electrical resistivity

**(Quasi) 3B Sistemde Heyelan Blok Sınırlarının Belirlenmesi**Mustafa Acar<sup>1,2</sup>, Michaela Haberler-Weber<sup>2</sup>, M. Tevfik Ozlüdemir<sup>1</sup> ve Tevfik Ayan<sup>1</sup><sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi Anabilim Dalı, 34469 Maslak, İstanbul  
(E-posta: acarmusta@itu.edu.tr)*<sup>2</sup> *Vienna University of Technology, Institute of Geodesy and Geophysics, A-1040 Vienna, Avusturya*

Heyelan hareketlerini izleme çalışmaları jeodezik çalışmalar içinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu tür çalışmalarda, heyelanlı bölgeler farklı hızlarla farklı yönlerde hareket eden farklı duraysız bloklara ayrılabilirler. Heyelanı önleme ve etkilerinin azaltılması çalışmalarında heyelan bloklarının belirlenmesi, o bölgedeki heyelanın duraylı hale getirilmesi çalışmaları ve heyelan hareketinin geleceği hakkında önemli bilgileri sağlarlar. Bu çalışmada, heyelan bloklarının belirlenmesi konusu ele alınmıştır. Heyelan bloklarının belirlenmesinde yöntem olarak (Quasi) 3-boyutlu bir sistemde 2B (yatay) + 1B (düşey) konum bileşenlerinin birleşimi yaklaşımı izlenmiştir. Blok sınırlarının belirlenmesi amacıyla; kontrol noktalarının yer değiştirme vektörleri, afın koordinat dönüşümü ile irdelenir. Farklı bloklardaki kontrol noktalarının belirlenmesi yinelemeli bir çözümle yapılır ve çözüm algoritmasının bazı adımları Bulanık Çıkarım Sistemleri (BÇS) ile gerçekleştirilir. Kontrol ağlarında farklı zamanlardaki ölçme periyotları arasında gerçekleştirilen afın dönüşümünden elde edilen karesel ortalama hata ( $s_0$ ), birim deformasyon parametresi bileşenleri ( $e_1, e_2$ ), interquartile range değeri, yer değiştirme vektörlerinin yönü ve büyüklüğü ile kontrol noktalarına ait düşey konum değişimi gibi veriler BÇS’nde girdi değişkenleri olarak kullanılır. Bu çalışmada, Marmara Denizi kıyısındaki Büyükçekmece-Gürpınar (İstanbul) heyelan bölgesinde İTÜ Jeodezi Anabilim Dalı tarafından gerçekleştirilen ‘Zemin Hareketlerinin Jeodezik Yöntemlerle Saptanması’ projesi kapsamında Temmuz 1996 ve Mart 1997’de gerçekleştirilen GPS ölçümlerinin verileri kullanılarak bölgedeki heyelan blokları BÇS ile belirlenmiştir. Değerlendirme sonucunda bölgede hareket etmeyen bir blok, orta ve büyük yer değiştirme değerlerine sahip olan iki blok olmak üzere üç farklı heyelan bloğu belirlenmiştir. İzlenen yaklaşım ve elde edilen sonuçlar bu çalışma kapsamında sunulmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** heyelan, bulanık çıkarım sistemi, afın dönüşümü,, heyelan blokları, birim deformasyon

## Determination of Landslide Block Boundaries in Quasi 3D System

Mustafa Acar<sup>1,2</sup>, Michaela Haberler-Weber<sup>2</sup>, M. Tevfik Ozlüdemir<sup>1</sup> & Tevfik Ayan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Istanbul Technical University, Geodesy Division, Maslak, TR–34469 İstanbul, Turkey  
(E-mail: acarmusta@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Vienna University of Technology, Institute of Geodesy and Geophysics, A-1040 Vienna, Austria*

---

Landslide monitoring studies are one of the important geodetic applications. In such studies, landslide areas can be divided into different blocks moving different directions with different velocities. In landslide prevention and mitigation, determination of landslide blocks provides valuable information about the character of the landslides and their future. In this study, determination of landslide blocks is discussed. As the landslide block determination strategy of this study, combination of 2D (horizontal) and 1D (vertical) positional components in a (Quasi) 3D system was used. For the purpose of block boundary determination, displacement vectors of control points were analyzed using affine coordinate transformation. Determination of control points on different blocks were carried out by an iterative solution. Some steps of solution algorithm were accomplished by fuzzy inference systems (FIS). Such outputs from the affine transformation between different measurement campaigns as root mean square error ( $s_0$ ), strain parameter components, ( $e_1$ ,  $e_2$ ), interquartile range value, direction and size of the displacement vectors and vertical changes in the position of control points can be employed as input variables in FIS. In this study, GPS observations collected in a landslide area on Marmara shore near Büyükçekmece-Gürpınar (Istanbul) were analyzed. July 1996 and March 1997 data of the project, namely 'Project for Determination of Ground Movements by Geodetic Measurements', was employed for the determination of landslide blocks by FIS approach. As a result of the study, three different landslide blocks, one stable, one with middle size displacements and the other with large displacements were detected. In this paper, the applied strategy and obtained results are presented.

**Key Words:** landslide, fuzzy inference system, affine transformation, landslide blocks, strain

## Zigana Dağında 25 Ocak 2009 Günü Meydana Gelen Çığ Olayından Çıkarılacak Dersler

Ömer Murat Yavaş

*Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Çığ Araştırma-Geliştirme, Etüd ve Önlem Şube Müdürlüğü,  
Eskişehir Yolu 10. km, 06800 Lodumlu, Ankara (E-posta: murat.yavas@afet.gov.tr)*

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin Trabzon ili ile Gümüşhane ili arasında kalan Zigana Dağları, Karadeniz Bölgesinde kış sporları için düzenlenmiş olan alanlardan biridir. Sadece kayak sporu değil, aynı zamanda snow-board ve dağcılık gibi sporların yapıldığı alanlardan da biri özelliğindedir. Bu dağlık alan, Karadeniz Bölgesinin sahip olduğu tipik coğrafik yapısı itibariyle son derece eğimli alanlara sahiptir. 1700 m ile 2650 m arasında değişen yükseklikler arasında yayılım gösteren bu alanda, kış ayları boyunca sürekli değişen miktarlarda kar bulunmaktadır.

Alandaki kar miktarını ve bu miktarın tepe, sırt, vadi ve yamaçlardaki değişimini belirlemek ise herhangi bir ölçüm olmadığı için zordur. Ancak bu alanda özellikle kuzeye ve kuzeybatıya bakan yamaçlar son derece fazla kar birikimlerine sahiptir. Yamaç eğimlerinin fazla olduğu bu alanlarda, şiddetli rüzgarlar, ani sıcaklık artışları, çok soğuk hava sonrası kar yağışları gibi durumlarda çığ oluşabilmektedir.

Bu çığlardan biri de, 25 Ocak 2009 günü meydana gelmiş olup, 10 kişinin ölümüne neden olmuştur. Bu olayda, dağ yürüyüşüne çıkmış olan dağcıların izlediği rota, o zamandaki kar koşulları, olay öncesindeki ve olay anındaki meteorolojik şartlar, bir dağ yürüyüşünde ekip olarak hareket tarzına uyup uymama, vb kriterler bir araya getirilip, değerlendirildiğinde çıkarılacak birçok ders olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada, yaşanan bu elim afetten çıkarılması gereken dersler detaylı bir şekilde verilmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Zigana Dağları, kar, kar birikimleri, yüksek eğim, çığ, dağcılık, kayak, hareket tarzı

## Lessons from Avalanche Accident Occurred in January 25, 2009 in Zigana Mountain

Ömer Murat Yavaş

*Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Çığ Araştırma-Geliştirme, Etüd ve Önlem Şube Müdürlüğü,  
Eskişehir Yolu 10. km, Lodumlu, TR–06800 Ankara, Türkiye (E-mail: murat.yavas@afet.gov.tr)*

---

Zigana Mountains which is located between Trabzon and Gümüşhane provinces in Eastern Black Sea Region. These mountains are one of important areas for winter sports. Skiing, mountaineering, snowboarding are possible in this area. This mountain region has typical Black Sea Region topographical conditions with step slopes. Area extends between 1700 m and 2650 m elevation and has continuous snow cover along winter season.

Determination of snow amount changes in hillside, slope side and valley side is very difficult, because there is no observation. North and northwest facing slopes have a lot of snow accumulation. Avalanches may occur from these slopes because of heavy winds, sudden temperature increaments, snowfall after cold air.

An avalanche accident occurred on January 25, 2009 because of these reasons and ten people died there. Accident showed us many lessons when looking the route which was selected by group, snow conditions, meteorological conditions before and during accident, behaviours of group members.

This study includes these lectures detailly.

**Key Words:** Zigana Mountains, snow, snow accumulation, step slope, avalanche, mountaineering, skiing, behaviours in the field

## **Türkiye’de ve Slovenya’da Uygulanan Çığ Haritalama ve Önlem Tekniklerinin Karşılaştırılması Proje Çalışması Sonuçları**

Ömer Murat Yavaş<sup>1</sup>, Zafer Yazıcı<sup>1</sup>, Gökhan Arslan<sup>1</sup>, Nehir Varol<sup>2</sup> ve Mete Erengil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Çığ Araştırma-Geliştirme, Etüd ve Önlem Şube Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 10. km, 06800 Lodumlu, Ankara (E-posta: omer.yavas@bayindirlik.gov.tr)

<sup>2</sup> Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Avrupa Doğal Afetler Eğitim Merkezi, Eskişehir Yolu 10. km, 06800 Lodumlu, Ankara

Alp Dağlarının doğu ucu (Julian Alpleri) ile Karadeniz Soğanlı Dağlarının (Ovit Dağı Geçidi) orta kısmının pilot proje alanları olarak belirlendiği proje çalışması, TÜBİTAK desteği ile gerçekleştirilmiş olup, 2006 yılının Ocak ayında başlamış ve 2008 yılının son günü sona ermiştir. Bu çalışmada amaç, Slovenya ve Türkiye’de çığ haritalaması tekniklerinin karşılaştırılması ile uygulanan önlem metotlarının karşılaştırılarak, proje alanlarında belirlenen önlem önerilerinin yapılabilirliğinin irdelenmesidir.

Çalışmada öncelikle proje alanlarında yapılmış olan haritalama çalışmaları değerlendirmeye alınmış, ardından her ülke kendi tekniğini kullanarak diğer ülkenin proje alanının çığ haritasını çıkarmıştır. Aradaki en büyük fark, Slovenya’da sadece düşen çığların haritalanması iken, ülkemizde hem düşen hem de düşme tehlikesi bulunan çığ patika ve akma hatlarının haritalanmasıdır. Harita ölçekleri, Slovenya’da başlangıçta 1/50.000 ölçeğinde olarak gerçekleşmiş, daha sonra 1/25.000 ölçeğe dönülmüştür. Ülkemizde çığ haritalaması baştan beri 1/25.000 ölçeğinde yapılmaktadır.

Önlem konusunda durum büyük fark göstermektedir. Slovenya’da çığ önlemleri konusundan anlayan herhangi bir uzman bulunmamaktadır. Mevcut uygulamalar ise, komşu ülkelerin hayata geçirdiği uygulamalardır. Ülkemizde ise, durum farklı olup, ülkemiz çığ uzmanları tarafından alınması gereken önlemler belirlenebilmekte ve hayata geçirilen projeler değerlendirilebilmektedir. Kamu ve özel teşebbüsler arasında bu projeler, ülkemizde hayata geçirilebilmektedir.

Ülkemiz tarafından, her iki proje alanında alınması gerekli önlemler belirlenmiş olup, Slovenya’daki proje alanı ile ilgili olanlar ilgili kesimlerin görüşlerine sunulmuştur.

Bu çalışma, yukarıda kısaca bahsedilen ikili uluslar arası proje çalışmasının sonuçları hakkında detaylı bilgiler içermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Julian Alpleri, Ovit dağı geçidi, çığ haritalaması, çığ önlemleri, ikili uluslar arası proje, çığ patikası



## Results of Comparison of Turkish and Slovenian Avalanche Mapping and Preventing Techniques Project

Ömer Murat Yavaş<sup>1</sup>, Zafer Yazıcı<sup>1</sup>, Gökhan Arslan<sup>1</sup>, Nehir Varol<sup>2</sup> & Mete Erengil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Çığ Araştırma-Geliştirme, Etüd ve Önlem Şube Müdürlüğü, Eskişehir Yolu 10. km, Lodumlu, TR–06800 Ankara, Türkiye (E-mail: omer.yavas@bayindirlik.gov.tr)

<sup>2</sup> Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Avrupa Doğal Afetler Eğitim Merkezi, Eskişehir Yolu 10. km, Lodumlu, TR–06800 Ankara, Türkiye

Project study on eastern part of Alps called Julian Alps and Black Sea Soğanlı Mountains (Ovit Mountain Pass) realized with financed by TÜBİTAK. Project studies started o January 20096 and finished at the end of 2008. The aim of this study was comparison of avalanche mapping techniques and prevention measures between Slovenia and Turkey and discussion of applicabilities of these preventions.

In the project, first of all, evaluate mapping studies for two pilot areas and then, each country prepared avalanche danger map for pilot project areas for other country project area. Biggest difference between two country techniques is, while Slovenian prepare avalanche danger map just for definite avalanche, Turkish experts prepare this maps for definite and possible avalanche paths. At the beginning Slovenians prepared these maps on 1/50.000 scale, then they changed the sclae to 1/25.000. In Turkey, these maps prepare on 1/25.000 since the first day.

There is big difference on prevention subject. There is no expert who is educated on avalanche prevention subject in Slovenia. Applications realized by neighbourhood countries. In Turkey, our experts can select the type of necessary prevention structures and evaluate the designs. State organizations and priveta companies can build these structures.

Turkish avalanche experts determined avalanche prevention structures for both Project areas, and presented related state organizations in Slovenia.

This study include detaled informations about this bi-lateral international corporation.

**Key Words:** Julian Alps, Ovit mountain pass, avalanche mapping, avalanche prevention, international bi-lateral corporation, avalanche path

## Yeni Bir Kent Gelişirken Zeminin Tam Olarak Anlaşılmasının Önemi

A. Brian Hawkins

*University of Bristol; Editor, IAEG Bulletin, Charlotte House, 22 Charlotte Street,  
Bristol BS1 5PZ, UK (E-posta: brian\_hawkins@btconnect.com)*

Geçmişte kentler, ulaşımın (nehir veya liman) kolay ya da ticaret, endüstri, dini ilişkiler veya doğal harikalar gibi bazı özelliklerin olduğu yerlerde gelişmiştir. Ayrıca, tarım egemen yaşamdan sanayiye geçiş döneminde, gelişen kentleşme daha büyük kentlere büyüyebilecek küçük pazar kasabalarının kurulmasına yol açmıştır. Artan nüfusla birlikte, günümüzde yeni bir kentin gelişmesi politik bir karar olabilir. Ayrıca, deprem gibi doğal bir afetten sonra bir kasabanın veya kentin daha güvenli bir alanda yeniden konuşlandırılması da gerekli olabilir.

Mühendislik jeologları; yer seçimi, topoğrafya, önceki kullanımlar, depremsellik, yüzeydeki çökellerin kalınlığı, taşıyıcı zeminin özelliği, zeminin kimyasal özelliği ile yapılar ve destek olanaklarını içeren yeni kentlerin gelişimiyle ilgili pek çok çalışmada görev almaktadırlar.

Bu hususların pek çoğu mühendislik jeologlarınca çok iyi bilindiği gibi, bu sunum; Atterberg limitleri, büzülme/şişme, şev duraylılığı ve zeminde sülfat gelişimi gibi zeminin kimyasal özelliklerindeki değişimlerle ilgili dört konu üzerinde yoğunlaşacaktır.

Pek çok mühendis Atterberg limitlerinin indeks deneyler olduğunu kabul eder, ancak zeminin kimyasal bileşimindeki bir değişim likit ve plastik limitleri, dolayısıyla plastisite indeksini önemli düzeyde değiştirebilir. Bozunma sırasında illitin smektit grubu kil minerallerine dönüşümü, temel zeminlerinin büzülmesi ve şişmesi ile şevlerin duraylılığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir.

Şev duraylılığı genellikle jeolojinin anlaşılmasına ve jeoteknik deneylere dayalı olarak değerlendirilir. Bununla birlikte, laboratuvarında belirlenen makaslama dayanımı parametreleri jeoteknik deneylerde kullanılan sıvının kimyasına bağlı olarak değişecektir. Doğada kalsitin yenilme yüzeylerinde birikmesi, geçici bir kilitlenmeye ve böylece yağmur nedeniyle tuzların çözünmesi halinde azalabilen zahiri bir duraylılığın gelişmesine neden olabilir.

Denizel çamurtaşları sakin su ortamlarında oluştukları zaman, değişken şekilde lamine olurlar ve hem kalsiyum karbonat hem de demir süfitleri içerirler. Demir süfitlerin oksidasyonu ve ayrışması, betonun ömrü açısından zararlı olmasının yanı sıra aynı zamanda zeminde kabarmaya da neden olan kalsiyum süfatların oluşumuna yol açar.

Bir kaç yıl önce Atinada'ki bir toplantı sırasında Peter Vaughan, genel olarak jeomekanik dalı gayet gelişmiş bir duruma gelmekle birlikte, zemin kimyasının etkisinin mühendisler tarafından hem iyi bilinmediğini hem de buna değer verilmediğini belirtmiştir. Bu sunumda, yukarıda belirtilen zemin kimyasıyla ilgili hususlar ve bunların yeni kentlerin gelişmesi üzerindeki etkileri tartışılacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** zemin sūfatları, taşıyıcı zemin, Atterberg limitleri, yer seçimi

## Importance of a Full Understanding of the Ground When Developing a New City

A. Brian Hawkins

*University of Bristol; Editor, IAEG Bulletin, Charlotte House, 22 Charlotte Street,  
Bristol BS1 5PZ, UK (E-mail: brian\_hawkins@btconnect.com)*

---

In the past, cities developed either where there was an ease of communication (river or port) or related to some particular nucleus, such as a trade or industry, religious connection or natural phenomenon. In addition, with the movement from a dominantly agricultural to a mainly industrial workforce, progressive urbanization resulted in small market towns growing into larger conurbations. Nowadays, with an increasing population, the development of a new city may be a political decision. Further, following a natural disaster (such as an earthquake), it may necessary to re-locate a town/city to a safer area.

Engineering geologists are involved with many aspects of the development of new cities, including site selection (location), topography, previous uses, seismicity, thickness of superficial deposits, nature of ground-bearing strata, ground chemistry, infrastructure and support facilities.

As many of these aspects will be well known to engineering geologists, the lecture will concentrate on four issues associated with changes in ground chemistry: Atterberg limits and shrink/swell, slope stability and the development of ground sulphates.

Many engineers assume that the Atterberg limits are index tests, but a change in the soil chemistry can significantly modify the liquid and plastic limit and hence the plasticity index. The modification of illite to illite: smectite clay minerals during weathering can have a significant effect on the shrink/swell potential of foundation soils and the stability of slopes.

Slope stability is generally assessed based on an understanding of the geology and geotechnical testing. However, the shear strength parameters obtained in the laboratory will vary depending on the chemistry of the fluid used in the geotechnical testing. In nature, the precipitation of calcite on failure surfaces can cause temporary locking, thus creating an apparent stability which may be reduced when rainfall results in dissolution of the salts.

Where marine mudrocks have developed in a quiet water environment, they are invariably laminated and contain both calcium carbonate and iron sulphides. The oxidation and degradation of the iron sulphides results in the production of calcium sulphates which are not only very deleterious to the longevity of concrete but are also likely result in ground heave.

Some ten years ago, at a meeting in Athens, Peter Vaughan commented that in general the mechanics of the ground were becoming well established but the influence of ground chemistry was neither well known nor appreciated by most engineers. The lecture will discuss some of the aspects of ground chemistry mentioned above and their implications for the development of new cities.

**Key Words:** ground sulphates, ground-bearing strata, Atterberg limits, site selection

## Trabzon İli Katı Atıkları İçin Düzenli Depolama Yeri Seçimi ve Önerilen Düzenli Depolama Alanının Mühendislik Jeolojisi Açısından İncelenmesi

Hakan Ersoy ve Fikri Bulut

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon  
(E-posta: blavetirra@hotmail.com)*

Bu çalışmada Trabzon ilindeki mevcut katı atık yönetim sistemi ve aksaklıkları incelenmiş, analitik hiyerarşi yöntemi ve konumsal analiz teknikleri kullanılarak katı atık düzenli depolama uygunluk haritası üretilmiştir. Uygunluk haritasından, Düzyurt Mevkii'nde bulunan eski bir açık işletme sahasının Trabzon ili için en uygun düzenli depolama alanı olacağı belirlenmiş ve bu alan jeoteknik açıdan incelenmiştir.

Önerilen düzenli depolama alanındaki jeoteknik birimleri tanımlamak, yanal ve düşey devamlılıklarını belirlemek amacıyla yüzey (hat etüdü ve sismik kırılma) ve yeraltı çalışmaları (sondaj) gerçekleştirilmiş ve bu alanının 1/2000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası hazırlanmıştır. Kaya ortamının geçirimsizliğini belirlemek amacıyla basınçlı su deneyleri uygulanmıştır.

Jeoteknik birimlerdeki kaya malzemesinin fiziksel ve dayanım özelliklerini belirlemek için araziden alınan bloklar ve sondaj karotları üzerinde laboratuvar deneyleri uygulanmıştır. Süreksizliklerin özelliklerini belirlemek amacıyla hat etüdü çalışmaları yapılmış, farklı süreksizlik takımları için süreksizlik ara uzaklığı, açıklığı, pürüzlülüğü, bozunma derecesi, devamlılığı gibi parametreler belirlenmiştir.

Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri RMR sistemi ile belirlenmiş, depolama alanındaki şevlerin duraylılığı kinematik analizler SMR sistemi kullanılarak araştırılmıştır.

Düzenli depolama alanının projelendirilmesi sırasında kazı ortamının tanımlanması ve kazı makinelerinin seçiminin yapılabilmesi amacıyla, kayaçların kazılabilirlik dereceleri sismik kırılma yöntemiyle ve jeomekanik parametrelerle belirlenmiştir.

Sonuç olarak, düzenli depolama alanı olarak önerilen Düzyurt eski açık işletme sahasının jeoteknik açıdan uygun olduğu belirlenmiş ve düzenli depolama için projelendirilme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** düzenli depolama, jeoteknik, katı atık, Trabzon, yer seçimi

## Landfill Site Selection for Solid Wastes in Trabzon and Engineering Geological Assessment of Proposed Landfill Site

Hakan Ersoy & Fikri Bulut

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–61080 Trabzon, Türkiye  
(E-mail: blavetirra@hotmail.com)*

---

In this study, solid waste management strategy and its faults were investigated in Trabzon city, landfill suitability map were prepared by using AHP and spatial analysis techniques. It is concluded that, Düzyurt area was suggested as the most suitable landfill site for Trabzon and geotechnical investigations were performed in this site.

Subsurface and surface studies were conducted for description of vertical and horizontal homogeneity of geotechnical units in the site, and 1/2000 scaled engineering geological map was prepared. Lugeon tests were applied for determination of bedrock permeability.

In the laboratory studies, physical and strength properties were determined on the samples collected from the boreholes and rock blocks.

In the field, scan-line surveys on natural rock exposures were performed and the quantitative description of discontinuities was conducted.

Engineering properties of rock masses were performed with the RMR system and stability of slopes was investigated using SMR system

During the landfill project, to describe the area to be excavated and to select suitable excavating equipments, excavability properties of the rock masses were determined using the seismic methods and geomechanic parameters.

It is determined that proposed landfill site, an old open pit area, is geotechnically suitable. Besides, project studies to the landfill site for Trabzon city were performed.

**Key Words:** sanitary landfilling, geotechnic, solid waste, Trabzon, site selection

## Türkiye’de Kent Planlaması ve Jeoteknik Çalışmaların Gelişimi

Ayhan Koçbay ve Hüseyin Alan

*TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Bayındır Sokak, No: 7/7, 06440 Yenışehir, Ankara  
(E-posta: ayhankocbay@gmail.com)*

Kentsel planlama; bölgenin sosyal ve ekonomik refahı ile fiziksel gelişmesinin, çevre duyarlı sürdürülebilir bir ortamda sağlanmasının ilkelerini, koşullarını ve kolaylıklarını ortaya koymak için yapılan bir çalışmadır. Planlamanın temel amaçlarından biri, nüfus artışına ve nüfus hareketliliğinden kaynaklanan konutlandırma sorununa yeterli sosyal ve fiziksel alt yapı sağlayarak toplumun sağlıklı çevrede yaşamasına zemin hazırlamaktır. Buna bağlı olarak da düzenli bir kentleşme, ana hatları ile imar planlarının ve imar planına uygun yapıların yapılması süreçlerinden geçmelidir. Bir kent planlaması içerisinde yer alabilecek bina, yol, köprü, sanayi tesisleri, su depoları, park yerleri, yeşil alanlar, atık depolama alanları vb. değişik nitelikteki yapılar için yapılacak yer seçiminde, bölgenin jeolojik ve jeoteknik koşullarının önemi büyüktür. Dolayısıyla çağdaş bir kent planlaması, ancak bölgenin jeolojik ve jeoteknik koşulları ile doğal çevre koşullarının birlikte değerlendirilmesi ve bağdaştırılması ile mümkün olabilir.

Türkiye’de kent planlama düşüncesi ilk olarak 1840’ lı yıllarda ortaya çıkmış ve yaklaşık 100 yıllık bir süreç sonunda 1940’lardan sonra hızlı bir gelişim izlemiştir. 1848 yılında ‘Ebniye Nizamnamesi’nin çıkarılması, 1857’ de Türkiye de Galata-Beyoğlu’nda ilk belediyenin kurulması, 1928 yılında Ankara İmar Müdürlüğünün kurulması, 1930’lu yılların başında ‘Belediyeler Yapı ve Yollar Kanunu’nun çıkartılması, 1944 yılında 4623 sayılı ‘Yer Sarsıntularından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun’ nun yürürlüğe girmesi, 1945 yılında Türkiye’nin ilk ‘Deprem Bölgeleri Haritası’nın oluşturulması, 1956 yılında 6785 sayılı ‘İmar Kanunu’, 1975 yılında ‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik’in yürürlüğe girmesi, 1985 yılında 3194 sayılı ‘İmar Kanunu’nu, 1996 yılında Türkiye Deprem Bölgeleri haritası yeniden düzenlenerek, ‘Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik’in 1998 yılından itibaren uygulamaya geçilmesi en önemli aşamalardır. 17 Ağustos 1999 depreminden sonra ise, afet risklerinin azaltılmasının geleneksel planlama yöntemleri ile yapılmasının yerine ‘afet duyarlı planlama’ kavramları tartışılmaya başlanmıştır. Bundan sonraki süreç, planlamada kullanılan yerbilimsel etüt raporları, çeşitli aşamalardan geçerek afet tehlike ve risklerinin birlikte değerlendirildiği ‘mikrobölgeleme haritaları’ nın elde edilmesi olarak gelişmiş ve sonuçta çalışmaların bir tür sentezi niteliğinde olan ‘Yerleşime Uygunluk Değerlendirmesi’ yolu ile plan kararlarını yönlendirmiştir.

Ayrıca tünel, metro, galeri gibi yeraltı açıklıkları ve yol, kanal, isale hattı gibi çizgisel yapılar ile ilgili olarak çeşitli kanun ve yönetmelikler çıkartılarak jeolojik-jeoteknik etüt çalışmalarının yapılması zorunlu hale getirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** plantama, imar, afet, mikrobölgeleme, jeoteknik

## Urban Planning in Turkey and Development of Geotechnical Studies

Ayhan Koçbay & Hüseyin Alan

*TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Bayındır Sokak, No: 7/7, Yenışehir,  
TR–06440 Ankara, Türkiye (E-mail: ayhankocbay@gmail.com)*

Urban planning is a study performed to put forth the principles, conditions and facilities of providing the social and economic welfare and physical development of the region in a sustainable medium sensitive to environment. One of the basic aims of planning is to provide a basis for the society to live in a healthy environment by supplying sufficient social and physical infrastructure to population growth and housing problem arising from population movements. Correspondingly, an orderly urbanization should pass through processes of making outlined development plans and construction of buildings complying with the development plans. Geological and geotechnical conditions of the region have great importance in site selection for the buildings, roads, industrial plants, water tanks, parks, green areas, waste depositing areas, etc. buildings of different nature that may be included in a Urban planning. Therefore, a contemporary Urban plan may be possible only by co-evaluation and correlation of geological and geotechnical conditions and natural environmental conditions of the region.

The idea of Urban planning in Turkey first appeared in 1840s and had a rapid progress after 1940s at the end of a process of about 100 years. The most important stages are introduction of ‘Building Regulation’ in 1848, establishment of the first municipality in Turkey in Galata-Beyoğlu in 1857, making of ‘Municipalities Building and Road Act’ in early 1930s after the establishment of Ankara Development Office in 1928, ‘Law on Measures Before and After Earthquakes’ of No.4623 going into effect in 1944, forming the first earthquake map of Turkey in 1945, ‘Zoning Law’ of No.6785 going into effect in 1956, ‘Regulation on Buildings Constructed in Disaster Areas’ in 1975, re-arrangement of ‘Zoning Law’ of No.3194 and Turkish Earthquake Regions Map in 1996, and implementation of ‘Regulation on Buildings Constructed in Disaster Areas’ from 1998. After the earthquake of August 17, 1999, discussion of ‘disaster sensitive planning’ concept instead of reducing the disaster risks by traditional planning methods started. The next process is developed as obtaining ‘micro-zoning areas’ where geological study reports used in planning have gone through many stages and disaster hazards and risks are jointly evaluated; and as a result, they have oriented the plan decisions by way of ‘Evaluation of Land Use Suitability’ which is a kind of synthesis of the studies.

Besides, miscellaneous laws and regulations are made concerning underground clearances such as tunnel, subway, gallery, and linear structures such as highway, channel, water pipeline, and geological-geotechnical studies are made mandatory.

**Key Words:** planning, zoning, disaster, micro-zoning, geotechnical

## **Tünel Çevresindeki Deformasyon Alanının 3-Boyutlu Sayısal Model İle Değerlendirilmesi: Kızılay-Çayyolu Metro Hattı, Necatibey İstasyonu Üzerine Bir Çalışma**

Özgür Aktürk ve Vedat Doyuran

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İnönü Bulvarı,  
06531 Ankara (E-posta: akturk@metu.edu.tr)*

Kentsel alanların yüksek maliyeti ulaşım tünellerine olan gereksinimi önemli ölçüde arttırmıştır. Yoğun yerleşim alanlarında tünel inşaatından kaynaklanan deformasyonlar çevredeki yapılarda hasarlara yol açabilir. Bu nedenle, tünel inşaatından kaynaklanacak deformasyonların boyutunun belirlenmesi gerekmektedir. Dairesel bir açıklığın etrafındaki zeminde yenilme ve deformasyon durumunu etkileyen ana parametreler; düşey ve yanal yerinde gerilmelerin seviyesi, zemin özellikleri, açıklığın çapı ve destek basıncıdır. Kızılay-Çayyolu metro hattı, Necatibey İstasyonu kazıları sırasında heterojen ve suya doygun zemin koşullarınının yol açtığı önemli sorunlarla karşılaşmıştır. Yüzey ve yeraltı yapılarında beklenen olası hasarlar sonlu farklar yöntemi (FDM) ile hesaplanabilir.

Bu çalışmada, tünel inşaatından kaynaklanan deformasyonları değerlendirmek, peron ve bağlantı tünelleri boyunca oluşan gerilme dağılımlarını belirlemek amacıyla üç boyutlu (3D) sonlu farklar yöntemine dayalı analizler yapılmıştır. Birbirini izleyen kazı aşamaları sırasında kullanılan geçici ve kalıcı püskürtme beton kaplama da ayrıca modellenmiştir. Zemin davranışının Mohr-Coulomb yenilme kriterini temel alan elastik-mükemmel plastik koşullara uyduğu kabul edilmiştir. Tüneller etrafındaki hesaplanan deformasyonlar ve gerilme dağılımları yerinde ölçümler ile karşılaştırılmıştır. 3-boyutlu elasto-plastik analiz sonuçlarının yerinde ölçümler ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu çalışmada ayrıca, peron tünelleri kazılarının birbirlerine ve bağlantı tünelleri kazılarının da peron tünelleri üzerindeki kısa ve uzun dönemdeki etkileri belirlenmiştir. Bu etkileşimler dikkate alınarak gerekli iyileştirme yöntemleri önerilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Kızılay-Çayyolu metro hattı, Necatibey istasyonu, dairese açıklık, 3-D sayısal model, sonlu farklar yöntemi, elastik-mükemmel plastik koşul



## Assessment of Tunnel Induced Deformation Field Through 3-D Numerical Model, A Case Study: Necatibey Station, Kızılay-Çayyolu Subway Line

Özgür Aktürk & Vedat Doyuran

*Middle East Technical University, Department of Geological Engineering, İnönü Blvd.,  
TR–06531 Ankara, Turkey (E-mail: akturk@metu.edu.tr)*

The high cost of urban space has significantly increased the demand for transportation tunnels in the urban centers. In heavily settled areas, deformations induced by the tunnel excavation may cause serious damage to nearby structures. Therefore, it is necessary to study effective means of controlling tunnel induced deformations. The main parameters affecting the failure and deformation state of the soil around a circular underground opening are the levels of vertical and horizontal in situ stresses, the characteristics of the soil, the diameter of the opening, and the support pressure. During the construction stage of Necatibey Station of Kızılay-Çayyolu metro line, challenging ground conditions involving highly heterogeneous and water saturated foundation soils have been encountered. Possibility of damage at the surface and/or on the underground structures can be estimated using finite difference method (FDM) of analysis.

In this study, 3-Dimensional (3D) FDM analyses were conducted to assess tunneling induced deformations, stress redistribution, along with movements around shallow soft ground main tunnels and connection tunnels. During sequential excavations, temporary and permanent shotcrete lining was also simulated. The soil behavior is assumed to be governed by an elastic-perfectly plastic constitutive relation based on the Mohr–Coulomb criterion. The computed deformations and the stress distribution around these openings have been compared with the in-situ measurements. The results of the study revealed that the 3-D elasto-plastic analyses yield comparably good correlation with the in-situ measurements. Also, in this study, the affects of main tunnels excavations on eachother and the affects of connection tunnels excavations on main tunnels were identified within short and long term. Considering these interactions, remedial measures were suggested.

**Key Words:** Kızılay-Çayyolu metro line, Necatibey station, circular opening, 3-D numerical modeling, finite difference method, elastic-perfectly plastic constitutive relation

## Necatibey Metro İstasyonu Çevresinde Zemin Profilini Belirlemek İçin Yapılan Çok Elektrotlu (2D) Rezistivite Araştırmaları

Özgür Aktürk ve Vedat Doyuran

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İnönü Bulvarı,  
06531 Ankara (E-posta: akturk@metu.edu.tr)*

Son yirmi yıllık deneyimler düşey elektrik sondajı yönteminin önde gelen kısıtlamasının yakın yüzey rezistivite değerlerindeki yanal değişimleri hesaba katmayışı olduğunu göstermiştir. Yeraltının çok daha hassas değerlendirilmesi, araştırma kesiti boyunca düşey yöndeki rezistivite değerleri değişimlerinin yanı sıra, yanal yöndeki değişimlerin de hesaba katıldığı 2-boyutlu (2D) modeller ile yapılabilir. Bu durumda, rezistivite değerlerinin araştırma kesitine dik yönde değişmediği varsayılır. Bu husus, genellikle yanal devamlılığı olan litolojik birimler için kabul edilebilir bir varsayımdır. Kuramsal olarak, 3-boyutlu rezistivite araştırmaları ve buna bağlı yorum modelleri daha hassas olmalıdır. Ancak günümüzde, daha ekonomik ve pratik olan 2-boyutlu rezistivite uygulamaları ile de hassas sonuçlar elde etmek mümkündür. 2-boyutlu görüntüleme araştırmaları 100 ila 1000 ölçüm içerirken, tipik 1-boyutlu düşey elektrik sondajı genellikle 10 ila 20 ölçüm içerir. Buna karşın, 3-boyutlu araştırmalar birkaç bin ölçüm içerebilir.

Örnek bir çalışma olarak, Kızılay-Çayyolu metro hattı Necatibey Metro İstasyonu çevresindeki zemin profilini belirlemek için çok elektrotlu rezistivite yöntemi uygulanmıştır. Her ölçüm kesiti için Schlumberger N6-Dipol Dipol N4, Dipol Dipol N6, Schlumberger N6 ve Wenner Alpha elektrot dizilimleri kullanılmıştır. Ölçülen değerler Res2DINV programı ile yorumlanmış ve sondaj logları ile deneştirilmiştir. Rezistivite kesitlerinde Necatibey İstasyonu mevkiinde, Dikmen deresi kanal dolgusuna ait siltli kil ve çakıllı kum seviyeleri yanısıra bunların üzerindeki dolgu malzemesi ve altındaki Ankara kiline ait killi seviyeler ayırdedilmiştir. Sondaj logları ve rezistivite değerleri birlikte yorumlanarak araştırma sahasının 3-boyutlu yakın yüzey modeli oluşturulmuştur. Üretilen blok diyagramlar, inşaat aşamalarının planlanması, kısa ve uzun dönemde yeraltısuyu-yapı etkileşimleri ve olası iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesi aşamasında mühendislere pratik yaklaşım olarak hizmet verebilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** çok elektrotlu rezistivite profili, 2-boyutlu rezistivite modeli, 3-boyutlu yakın yüzey modeli, Necatibey metro istasyonu

## **Multi-Electrode (2D) Resistivity Surveys to Identify Soil Profile Around Necatibey Subway Station**

Özgür Aktürk & Vedat Doyuran

*Middle East Technical University, Department of Geological Engineering, İnönü Blvd.,  
TR–06531 Ankara, Turkey (E-mail: akturk@metu.edu.tr)*

The last two decades' experiences have shown that the greatest limitation of the resistivity sounding method is that it does not take horizontal changes in the subsurface resistivity into account. A more accurate assessment of the subsurface may be achieved through a two-dimensional (2-D) model, where the resistivity changes in the vertical as well as in the horizontal directions along the survey line are taken into account. In this case, it is assumed that the resistivity does not change in the direction perpendicular to the survey line. In many situations, particularly for surveys over elongated geological bodies, this is a reasonable assumption. In theory, a 3-dimensional (3D) resistivity survey and interpretation model should be even more accurate. However, at the present time, 2-D surveys are the most practical economic compromise between obtaining very accurate results and cutting the survey costs down. Typical 1-D resistivity sounding surveys usually involve about 10 to 20 readings, while 2-D imaging surveys involve about 100 to 1000 measurements. In comparison, a 3-D survey might involve several thousand measurements.

As a case study, multi electrode resistivity method was applied in order to identify soil profile around Necatibey Subway Station of Kızılay-Çayyolu metro line. For every measurement section, Schlumberger N6-Dipole Dipole N4, Dipole Dipole N6, Schlumberger N6 and Wenner Alpha arrays were used. Measured data were interpreted by using Res2DINV software and correlated with borehole logs. According to resistivity sections taken from the location of Necatibey Station, silty clay and gravelly sand units which belong to Dikmen stream channel deposits, as well as fill material overlying and clayey levels which belong to Ankara clay underlying these units were identified. Based on borehole logs and resistivity data 3-dimensional lithological subsurface model of the survey area is constructed. The resultant 3-dimensional diagrams may serve engineers as a practical tool while considering construction stages, groundwater-structure interactions within short and long term, and probable remedial measures.

**Key Words:** multi-electrode resistivity profile, two-dimensional resistivity survey, 3-dimensional subsurface model, Necatibey subway station

## **Tünellerde Nümerik ve Ampirik Yöntemlerle Belirlenen Destek Elemanlarının Karşılaştırılması: Konakönü Tüneli Örneği, Trabzon**

Ayberk Kaya ve Fikri Bulut

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon  
(E-posta: ayberkkaya@hotmail.com)*

Tünelcilikte kazı aşamasından önce yapılacak doğru destek tasarımı hem maliyet hem de zaman açısından oldukça önemlidir. Yeraltı kazılarının tasarımında yaygın olarak kullanılan Q ve RMR kaya kütle sınıflamaları tüm kaya kütleleri için her zaman tatmin edici sonuçlar verememektedir. Bu nedenle ampirik analizlerle belirlenen tahkimat tasarımının nümerik analizlerle de desteklenmesi projenin uygulanabilirliğine katkıda bulunacaktır.

Bu çalışmada, Karadeniz Sahil Yolu Projesi kapsamında Trabzon İli Araklı ilçesinde çift tüp olarak volkanik kayaların içinde açılan Konakönü Tüneli'nin sol tüp giriş portalı, pilot bölge olarak seçilerek nümerik ve ampirik yöntemlerle belirlenen destek elemanları karşılaştırılmıştır. Ayrışmış bazaltik ve andezitik tüflerden, aglomeradan ve bazalttan oluşan kaya kütleleri Q ve RMR sistemleri ile sınıflandırılarak destek elemanları belirlenmiştir. Belirlenen destek elemanları “Phase<sup>2</sup>” sonlu elemanlar paket programı ile kontrol edilmiş ve ampirik yöntemlerle belirlenen destek elemanlarının deplasmanları tam olarak azaltmadığı saptanmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Konakönü (Trabzon), tünel, tahkimat tasarımı, nümerik yöntem, ampirik yöntem

## Comparison of the Support Elements Determined by Numerical and Empirical Methods in Tunnels: An Example of Konakönü Tunnel, Trabzon

Ayberk Kaya & Fikri Bulut

*Karadeniz Technical University, Department of Geological Engineering,  
TR–61080 Trabzon, Turkey (E-mail: ayberkkaya@hotmail.com)*

---

In tunnelling determination of the right support elements before excavation is too important in terms of both cost and time. Q and RMR systems, are using for underground excavation design widely, dont give a satisfactory results for all rock masses and using these methods as a unique solution way make problems insoluble too. Therefore, improve the support design, determined by empirical method, with numerical method help the project to applicable.

In this study, support elements determined by numerical and empirical methods of the left tube's entrance portal of the Konakönü (Araklı-Trabzon) Tunnel was chosen as a pilot area, excavated in volcanic rocks for Blacksea Coast Highway Project, were compared. Rock masses consisting of weathered andesitic and basaltic tuff, agglomerate and basalt were classified by using Q and RMR systems and support elements were determined. Supports elements were controlled by "Phase<sup>2</sup>" finite element program and it was determined that supports element which were determined by empirical methods didnt decrease the displacements exactly.

**Key Words:** Konakönü (Trabzon), tunnel, support design, numerical method, empirical method

## Trabzon Limanı Ana Dalgakıranında Kullanılan Anroşmanların Kalite ve Performanslarının Değerlendirilmesi

Özgür Acır<sup>1</sup> ve Recep Kılıç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 06100 Tandoğan, Ankara

(E-posta: ozguracir@tr.net)

<sup>2</sup> Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara

Yapımına 1948 yılında başlanan ve 1953 yılında resmi olarak hizmete giren Trabzon Limanı'nın ana mendireği 1.135 m, tali mendireği ise 380 m. uzunluğundadır. Limanın koruduğu su alanı 580.000 m<sup>2</sup> dir. Ana mendirek ilk önce yerinde imal edilmiş 1.75 x 1.75 x 1.75 m boyutlarındaki beton bloklardan yapılmıştır. 2001 yılındaki ana mendireğin uzatılması çalışmalarında da yine aynı boy ve kesitteki beton küpler kullanılmıştır. Bunlara takviye amaçlı olarak, dalgakıranın orta kısmında kullanılan, toplam 1.100.000 ton anroşman 1980–1985 yılları arasında sürdürülen yenileme ve geliştirme projesi kapsamında Maçka Çayının denize döküldüğü yerden 10 km içeride, güneyde yer alan 'Dolaylı' ve 'Bulak' taş ocaklarından temin edilen bazaltlardan oluşmaktadır. Her iki ocaktan alınan blok örnekler üzerinde yapılan çalışmalarda taşların fiziksel özellikleri laboratuvar ortamında incelenmiştir. Buna göre Dolaylı ve Bulak anroşmanlarının sırasıyla yoğunlukları sırasıyla 2.55 t/m<sup>3</sup> ve 2.49 t/m<sup>3</sup>, kütlece su emme % 0.98 ve %1.16, tek eksenli basınç dayanımı 179.19 MPa ve 159.17 MPa, P dalga hızı 4.89 km/s ve 4.84 km/s, nokta yük dayanım indeksi 6.01 MPa ve 5.55 MPa, Los Angeles aşınma kaybı %23.3 ve %24.7, ıslanma-kuruma kaybı %0.42 ve %0.45, tuz aşınması %14.8 ve %14.2 ve suya dayanıklılık indeksi %98.02 ve %99.73 dür. Bu sonuçlar dikkate alındığında anroşmanların kalitesi CIRIA/CUR (1991)'a ve Lienahart (1998)'e göre 'Orta-İyi' sınıfına girmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Trabzon limanı, anroşman, fiziksel ve mekanik özellikler, sınıflama

## Quality and Performance Assessment of Armourstones Used in the Main Breakwater at Trabzon Port

Özgür Acır<sup>1</sup> & Recep Kılıç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ankara University Institute of Natural Sciences, Tandoğan,  
TR–06100 Ankara, Türkiye (E-mail: ozguracir@tr.net)*

<sup>2</sup> *Ankara University, Department of Geological Engineering, TR–06100 Ankara, Türkiye*

---

Construction of the Trabzon Port started at 1948 and finished at 1953. Length of the main breakwater is 1.135 m and secondary breakwater is 380 m covering 580.000 m<sup>2</sup> water area. Initially, main breakwater was built by concrete blocks with 1.75 x 1.75 x 1.75 m dimensions. During the rehabilitation and development projects between 1980–1985, 1.100.000 tons of basaltic armourstones were used to support the middle part of the structure. Those basalts were supplied to the project from stone quarries of ‘Dolaylı’ and ‘Bulak’, where they are located 10 km South of the hinterland of the coastline along the Maçka river. In this study, physical properties of those basalts were investigated in laboratory for Dolaylı and Bulak armourstones as follows: 2.55 t/m<sup>3</sup> and 2.49 t/m<sup>3</sup> for density, % 0.98 and %1.16 for water absorption by weight, 179.19 MPa and 159.17 MPa for UCS, 4.89 km/s and 4.84 km/s for P Wave velocity, 6.01 MPa and 5.55 MPa for point load index, %23.3 and %24.7 loss for Los Angeles abrasion, %0.42 and %0.45 loss for dry-wet abrasion, %14.8 and %14.2 loss for salt abrasion, %98.02 and 99.73 for Slake durability index. Based on the CIRIA/CUR (1991) and Lienahart (1998) classification systems, quality and performance of both armourstones were evaluated as ‘Fair-Good’.

**Key Words:** Trabzon port, armourstone, physical and mechanical properties, classification

## Karbonatlı Kayaçlar Kullanılarak Oluşturulmuş Antik Kent Yapıtaşlarındaki Mikro ve Makro Ölçekte Gözlenen Bozunma Davranışı: Olba Antik Kenti

Kıvanç Zorlu

*Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 33342 Çiftlikköy, Mersin  
(E-posta: kivancgeo@mersin.edu.tr)*

Akdeniz Bölgesi, insanlığın başlangıcından bu yana uygarlığın beşiği olarak kabul edilen en önemli bölgelerden biridir. Bölgede pek çok tarihi kent bulunmaktadır ve bu kentlerin neredeyse tümü, bölgenin yapıtaşı olarak kullanılmaya en uygun birimi olan kireçtaşlarından inşa edilmiştir. Mersin ilinin kuzeybatısında yer alan Olba antik kenti, yapıtaşlarında kireçtaşı kullanılarak inşa edilmiş en tipik örneklerden biridir. Doğal anıtlardaki restorasyon çalışmalarında, yapıtaşlarının kökeni ve bozunma durumu büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, Olba antik kentinde kullanılan yapıtaşlarının kökeninin incelenmesi ve bozunma durumlarının ortaya konması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, karbonatlı kayaçlarda bozunma durumunun belirlenmesi oldukça güçtür. Çünkü karbonatlı kayaçlarda erime türü bozunmalar tipik olup, bozunma ürünleri ortamdaki uzaklaşarak yapıtaşlarında boşluklar oluşturmakta ve dayanım azalmaktadır. Bu şekilde oluşmuş boşlukları Olba antik kentindeki yapıtaşlarında da makro ve mikro ölçekte gözlemek mümkündür. Ancak, antik kentlerin koruma altında olması nedeniyle, yapıtaşlarının mekanik özelliklerinin belirlenebilmesi amacıyla blok örnekler alınmamakta ve laboratuvar deneyleri yapılamamaktadır. Bu nedenle, gözlemsel değerlendirmeler ve çok küçük örneklerin kullanıldığı analizlerin yapılması önem kazanmaktadır. Bu çalışmada, karbonatlı kayaçlardaki bozunma dikkate alınarak tamamen gözleme dayalı basit bir sınıflama geliştirilmiştir. Bu sınıflamanın geçerliliği; petrografik analizler, X-ışınları kırınım analizleri ve SEM analizleri ile kontrol edilmiştir. Sınıflama sistemi; blokların şekli, erime boşluklarının büyüklüğü ve üzerinde gelişmiş bozunma kabuğunun varlığı/yokluğu dikkate alınarak üç sınıf içerecek biçimde geliştirilmiştir. Bu gözlemsel sınıflama yardımıyla arazide toplam 114 blok sınıflandırılmıştır. Ayrıca, analizler, çalışmalarında alınan 8 adet küçük örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir. X-ışınları kırınım analizleri sonucunda bir örnekte killeşme tespit edilmiş, diğer örneklerin ise tamamen kalsiyum karbonattan oluştuğu görülmüştür. Petrografik ve SEM analizlerinde ise bozunma dereceleri, kalsit minerallerinde erimeye bağlı olarak şekil bozulması ve boşlukların büyümesi net biçimde tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bloklarda makro ölçekte gözlenen erime türü bozunma göstergeleri mikro ölçekte de gözlenmiştir. Bu durum, Olba antik kentindeki yapı taşları için geliştirilen gözlemsel temelli bozunma sınıflamasının restorasyon amaçlı çalışmalarda etkin biçimde kullanılabileceğini göstermiştir.

**Anahtar Sözcükler:** bozunma, kireçtaşı, Olba, SEM, yapıtaşı, XRD



## Micro- and Macro-Scaled Weathering Behaviour of the Building Stones Used as Carbonate Rocks: Olba Ancient City

Kıvanç Zorlu

*Mersin Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çiftlikköy, TR–33342 Mersin, Türkiye  
(E-mail: kivançgeo@mersin.edu.tr)*

The Mediterranean coast is accepted as one of the cradles of ancient civilisations since the beginning of human history. In fact, there are many ancient cities in the region and almost all ancient cities in the region have been constructed using limestones because of the suitability of the limestones as building stones for the region. The Olba ancient city northeastern of Mersin city is one of the typical examples of the cities constructed by limestones. When applying a restoration work on a historical heritage, the origin and the weathering state of the utilized building stones have significant importance. For this reason, the purposes of the present study are to describe the weathering states of the used building stones in the Olba ancient city by using a non-destructive approach and to investigate the origin of these building stones. However, to work on the weathering state of carbonate rocks is rather difficult because carbonates are particularly susceptible to solution weathering which can lead to almost complete removal of the weathering products in solution leaving a building stone and on a mass scale contains significant voids and also strength of the material is decreased. It is possible to observe such voids in the building stones used in the Olba ancient city in micro and macro scales. Since the ancient cities is under conservation and the necessary blocks for laboratory tests are not collected, and mechanical tests requiring large samples cannot be applied. For this reason, visual assessment and analyses using small size sample have great significance. In this study simple weathering classification based on visual assessment is introduced. To check the validity of this classification, petrographical analyses, X-ray diffraction analyses and SEM analyses are performed. This classification is produced considering to block shape, size of solution voids and weathering shell existence and it includes three groups. A total of 114 building blocks are classified according to the visual classification. Additionally, analyses are performed on 8 small specimens obtained during the field studies. According to results of the X-ray diffraction analyses, except one specimen, no clay mineral is encountered. All specimens are formed by calcium carbonate. SEM and petrographic analyses indicate that changing the shape of the calcite minerals via solution and enlargement of solution voids depend on weathering degree. As a result, solution type of weathering indicators effecting the building stone is observed in macro scale and also observed in micro scale. This result show that the visual classification which produced for building stone in Olba ancient city can be efficiently applied for restoration works.

**Key Words:** building stone, limestone, Olba, SEM, XRD, weathering

## Bahçeli Antik Roma Havuzunun Mühendislik Özellikleri

Mustafa Korkanç<sup>1</sup> ve Sevil Tokgöz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 51290 Niğde  
(E-posta: mkorkanc@nigde.edu.tr)

<sup>2</sup> Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51290 Niğde

Niğde yöresinde geçmiş dönemlerde değişik medeniyetler tarafından inşa edilmiş çeşitli özellikte kültürel yapılar bulunmaktadır. Bunların bir kısmı oldukça büyük ve önemli yapılar olup, sanatsal, kültürel ve estetik özellikleri de oldukça ilginçtir. Roma Havuzu da bunlardan biri olup, Niğde'nin 17 km güneyinde Adana-Kayseri yolunun 1 km kuzeyindeki Bahçeli kasabasında bulunmaktadır. Yapı, Roma dönemi mermer sanatının 23x66x2,5 m boyutundaki ender bir örneğidir. Tamamen toprak altında bulunan havuz, 1960 yılında tesadüfen ortaya çıkarılmıştır. Gezgin Roma İmparatorlarının önemli bir mesire yeri olan antik havuzun yapımında iri bloklu mermerler yapı taşı olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada antik havuzunun bulunduğu bölgenin jeolojik özellikleri ile burada kullanılan taşların jeomekanik özelliklerine yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle petrografik incelemeler ve XRD analizleri yapılmıştır. Taşların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak kuru ve doymun birim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif porozite ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi, P-dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri ile antik havuzun duvarlarında kullanılan mermerler üzerinde yerinde Schmidt çekici sertlik ölçümleri alınmıştır. Roma havuzunun bulunduğu alanda temel zeminini yeşil-beyazımsı marn ve kireçtaşı ile ardalanımlı, laminalı gri-kahverenkli çamurtaşı ara katkılarında oluşan Gökbez formasyonuna ait birimler oluşturmaktadır. Yapının bulunduğu alanda temel zemininin taşıma gücüne yönelik herhangi bir olumsuzluk gözlenmemiştir. Kullanılan mermerler içerisinde iri kristalli olanlarda yersel erimeler söz konusu olup, bunda atmosferik etkiler yanında kayacın oluşumundan kaynaklanan jeolojik sorunların etkili olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Niğde, jeoarkeoloji, roma havuzu, jeomekanik özellikler, mermer, ayırışma

## Engineering Properties of the Bahçeli Ancient Roman Pool

Mustafa Korkanç<sup>1</sup> & Sevil Tokgöz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Niğde Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–51290 Niğde, Türkiye  
(E-mail: mkorkanc@nigde.edu.tr)

<sup>2</sup> Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, TR–51290 Niğde, Türkiye

---

In Niğde region, various cultural assets were built by different civilizations. A part of these are fairly huge buildings and their cultural, aesthetic and artistic properties are quite interesting. Roman Pool is situated 17 km south of the Niğde and 1 km north of the Adana-Kayseri road in Bahçeli district. It is a rare example of the marble art in Rome period that has a dimension of 23x66x2,5 m. The Pool that is wholly buried under soil was exposed coincidentally in 1960. Big block marbles were used as a building stone in the construction of Ancient Pool that is an important recreation spot for the voyager Roman Emperors. In this study, geological properties of the region where the antique pool is situated and geomechanical properties of the stones used for the pool were evaluated. For this purpose, petrographic investigations and XRD analysis were carried out. To determine the geochemical properties of the rocks; dry and saturated unit weight, water absorption, effective porosity and slake durability index, P-wave velocity and uniaxial compressive strength experiments and in-situ Schmidt hammer hardness measurements on marbles used for the walls of the antique pool were carried out. Ground is composed of greenish-whitish marl and limestone with alternation of laminated grey-brown colored mudstone units belonging to Gökbez formation. There is no problem observed for the bearing capacity of the basement that the building settled. Local meltings in coarse grained marbles were determined and besides the atmospheric effects, geological problems originated from the formation of the rocks were responsible for these meltings.

**Key Words:** Niğde, geoarchaeology, roma pool, geomechanical properties, marble, weathering

## Üst Kretase Yaşlı Bazaltlarda (Trabzon/Türkiye) Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özellikler ile Bozunma Derecesi Arasındaki İlişkiler

Selçuk Alemdağ<sup>1</sup> ve Zülfü Gürocak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 29000 Gümüşhane  
(E-posta: selcukalemdag@gmail.com)*

<sup>2</sup> *Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ*

---

Bu çalışmada farklı bozunma derecesine sahip bazaltlarda, bozunmanın fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bazaltlardan ISRM tarafından önerilen bozunma sınıflamasına uygun olarak farklı bozunma derecesine sahip örnekler derlenmiş ve bu örneklerin fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Bazaltlarda birim hacim ağırlık, su emme, porozite, tek eksenli sıkışma dayanımı, Schmidt geri sıçrama değeri, P dalga hızı, RQD, eklem sıklığı ve kimyasal ayrışma indeksleri ile bozunma derecesi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmelere göre, bazaltlarda bozunma derecesi ile tek eksenli sıkışma dayanımı, P dalga hızı ve Ruxton Oranı (R) arasında kuvvetli negatif bir ilişki, Vogt Oranı (V) arasında ise kuvvetli pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Bu ilişkiler, ISRM tarafından önerilen bozunma derecesine göre tanımlanan bazaltların tek eksenli sıkışma dayanımı, P dalga hızı ve ana oksit oranları değer aralıklarının tahmin edilebilmesi açısından yarar sağlayacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** bazalt, bozunma derecesi, fiziksel özellik, mekanik özellik, kimyasal özellik

## The Relationships Between Mechanical, Chemical Properties and Weathering Degree in the Upper Cretaceous Basalts (Trabzon/Turkey)

Selçuk Alemdağ<sup>1</sup> & Zülfü Gürocak<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–29000 Gümüşhane, Türkiye  
(E-mail: selcukalemdag@gmail.com)*

<sup>2</sup> *Fırat Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–23119 Elazığ, Türkiye*

---

In this study, effects of weathering degree on the physical, mechanical and chemical properties of basalts having different weathering degree were examined. Basalts having different weathering degree were collected in accordance with the weathering classification of ISRM and physical, mechanical and chemical properties of these samples were determined. The relationships between unit weight, water absorption, porosity, uniaxial compressive strength, Schmidt rebound value, compressive wave velocity, RQD, joint frequency, chemical alteration index and weathering degree were evaluated in basalts. According to statistical evaluations, strong negative relationships were found between the weathering degree and uniaxial compressive strength, compressive wave velocity, Ruxton ratio. The relationship between weathering degree and Vogt ratio was strong positive. These relationships will be useful for predicting ranges of uniaxial compressive strength, compressive wave velocity and main oxide percentage for the basalts which are described accordance with the weathering classification of ISRM.

**Key Words:** basalt, weathering degree, physical property, mechanical property, chemical property

## **Doğanbey (İzmir) Beldesindeki Alüvyal Zemininin Jeoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Yerleşim Açısından Değerlendirilmesi**

Bülent Akıl, Candan Üçkardeşler, Arzu Karaçam ve Melek Saraç Saygı

*İller Bankası Genel Müdürlüğü, Makina ve Sondaj Dairesi Başkanlığı, 06110 Ankara  
(E-posta: bakil@hacettepe.edu.tr)*

Doğanbey (İzmir) beldesi yerleşim alanı, Tuzla Fay'ının kenarında yer almaktadır. Yoğun yerleşme ve Tuzla Fay'ı nedeniyle, deprem riski altında olan beldenin, zemin özelliklerinin yapılaşmaya uygunluk açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, Doğanbey (İzmir) beldesi sınırları içinde yerleşim açısından sakıncalı olarak görülen alanlarda yapılan jeolojik-jeofizik etütler ve jeoteknik çalışmaların sonuçlarını kapsamaktadır. Çalışma alanında siltli kum, kil, siltli kil ve kumlu malzemelerden oluşmuş alüvyon çökeller gözlenmektedir. Bu alanda, arazi çalışmaları kapsamında litolojik sınırların çizilmesi; tektonik hatların belirlenmesi ve jeolojik birimlerin stratigrafik ilişkilerinin ortaya konulması amacıyla 1/2000 ölçekli jeolojik haritalama yapılmıştır. Zeminlerin mühendislik özelliklerini belirlemek amacıyla, her birinin derinliği 15,45 m olmak üzere, 26 adet jeoteknik sondaj yapılmıştır. Sondajlar sırasında standart penetrasyon deneyleri her 1,5 m de yapılarak zeminlerin penetrasyon direnci belirlenmiş ve örselenmiş örnekler alınmıştır. Bunların yanı sıra, çalışma alanında zeminlerin enine (S) ve boyuna (P) dalga hızları ve zemin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 18 noktada sismik kırılma ve elektrik özdirenç çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen jeoteknik parametreler taşıma gücü, şişme, sıvılaşma ve oturma analizlerinde kullanılarak sonuçta çalışma alanı yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmiş ve iki önlemlili alana ayrılmıştır. Doğanbey beldesinde ÖA1 ile gösterilen alanların planlama aşamasında, yerleşim açısından ÖA2'ye göre daha öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. ÖA2 ile gösterilen alanlarda ise, yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması ve bunun yanında bu alanlarda kumlu, kumlu-çakıllı malzemenin gözlenmesi orta ve yüksek dereceli bir sıvılaşma riski oluşturmaktadır. Bu alanlarda sıvılaşmaya karşı dayanıklı yapı inşası planlanmalı veya zemin iyileştirilmesi yapılmalıdır.

**Anahtar Sözcükler:** Tuzla fayı, jeoteknik özellikler, alüvyon, sıvılaşma, şişme

## Geotechnical Properties of Alluvial Soil at Doğanbey (İzmir) Municipality Area and Evaluation of Suitability for Settlement

Bülent Akıl, Candan Üçkardeşler, Arzu Karaçam & Melek Saraç Saygı

*İller Bankası Genel Müdürlüğü, Makina ve Sondaj Dairesi Başkanlığı,  
TR-06110 Ankara, Türkiye (E-mail: bakil@hacettepe.edu.tr)*

The settlement area of Doğanbey (İzmir) is located near Tuzla Fault. Due to its high population and high earthquake risk that will be caused by Tuzla Fault, soil properties of Doğanbey town have to be evaluated for its suitability for the construction. This study includes the results of the geological-geophysical investigations and geotechnical studies in Doğanbey (İzmir) municipality area which is inconvenient as a settlement area. Lithologic units in the investigated area mainly consist of alluvial sediments which formed silty sand, clay, silty clay and sandy clay materials. The aim of field investigation was to determine the lithologic borders and tectonic lines to bring up the stratigraphic relations of geological units. Thus, a 1/2000 scaled map was drawn. In order to determine engineering characteristics of the lithologic units, a total of 26 geotechnical boreholes with a depth of 15.45 m were drilled. Standard penetration tests were carried out at each 1.5 m and penetration resistance of the ground was determined, and disturbed samples were taken from the boreholes. In addition, seismic refraction and electricity resistivity measurements at 18 points were examined to determine the velocity of P and S waves and soil parameters in the investigated area. Based on the geotechnical parameters obtained from the study area have been used to assess bearing capacity, swelling, liquefaction and settlement for the suitability of the study area for urban settlement., and Doğanbey settlement area were divided into two different measured areas. During the urban planning of the Doğanbey town, the area indicated as ÖA1 is proposed to be more suitable area according to the ÖA2. On the other hand the area indicated as ÖA2 has high groundwater table with sandy, sandy-gravel materials cause to the risk of medium-high level of liquefaction. In these areas construction of liquefaction-resistant buildings should be planned and ground improvement against liquefaction should be carried out.

**Key Words:** Tuzla fault, geotechnical properties, alluvium, liquefaction, swelling

## **Malıhıdırlı Köyü (İmamoğlu, Adana) Yerleşim Alanının Şev Duraylılığı Açısından Değerlendirilmesi**

Hakan Güneyli<sup>1</sup>, Hüseyin Gökpinar<sup>2</sup> ve Özkan Gedik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, 01330 Adana  
(E-posta: hgüneyli@cukurova.edu.tr)

<sup>2</sup> Alfa Yapı ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı, 01000 Seyhan, Adana

Bu çalışmanın amacı, Malıhıdırlı köyü (İmamoğlu, Adana) yerleşim biriminin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve kritik hatlar üzerinde şev duraylılık analizlerinin yapılmasıdır. Hedef doğrultusunda, kütle hareketi potansiyeline sahip bu yerleşim alanının şev duraylılık özellikleri belirlenmiştir. Ardından çalışma alanındaki jeolojik birimlerin mühendislik parametreleri kullanılarak şev duraylılık analizleri yapılmıştır. Malıhıdırlı köyü yerleşim birimi, karbonat çimentolu çakıltaşından oluşan yatay bir alüvyal taraça üzerinde bulunmaktadır. Bu çakıltaşı, Pliyosen yaşlı yatay konumlu yüksek plastisiteli inorganik kil üzerindedir.

İnceleme alanının batı kesiminde üç paleo-heyelan (dairesel) ve alüvyal taraça üzerinde bazı gerilme çatlakları bulunmaktadır. Paleo-heyelan bölgesi yaklaşık 400 m uzunluğunda ve 50 m genişliğindedir. Paleo-kayma yüzeylerinin derinliği yaklaşık 30 m'dir.

Sekiz kritik hat boyunca, yamaçlardaki birimlerin üç eksenli basınç deneyi ile belirlenen kohezyon ve içsel sürtünme açısı gibi mühendislik parametre değerleri kullanılarak durağan ve dinamik (sismik) koşullar altında şev duraylılık analizleri yapılmıştır. Bu sekiz hat boyunca, durağan koşullar altında 1.28 ile 2.79 arasında ve dinamik koşullar altında 0.1 ile 2.20 arasında güvenlik katsayıları hesaplanmıştır. Sonuçlar inceleme alanında yalnızca sismik (dinamik) ve suya doymuş koşullar altında kütle hareketlerinin olabileceğini göstermektedir. İnceleme alanındaki paleo-heyelanlar, yoğun yağış ve büyük olasılıkla dinamik (sismik) koşullar altında gerçekleşmiş olmalıdır.

**Anahtar Sözcükler:** jeoteknik, şev duraylılığı, güvenlik katsayısı, paleo-heyelan, Adana



## Assessment in Respect of Slope stability analyses of Malıhıdırlı Village (İmamoğlu, Adana) Settlement Area

Hakan Güneyli<sup>1</sup>, Hüseyin Gökpınar<sup>2</sup> & Özkan Gedik<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye  
(E-mail: hgüneyli@cukurova.edu.tr)

<sup>2</sup> Alfa Yapı ve Zemin Mekaniği Laboratuvarı, Seyhan, TR–01000 Adana, Türkiye

---

Purposes of this study are to determine geotechnical properties of Malıhıdırlı village (İmamoğlu, Adana) settlement area and to carry out slope stability analyses on critical lines. For this purpose, slope stability of the settlement area, which have potential of mass movements, were determined. Then slope stability analyses were carried out using the engineering parameters of geological units on the study area. The settlement area of Malıhıdırlı village is on a laterally alluvial terrace which include conglomerate with carbonate cement. This conglomerate overlies Pliocene aged high plasticity inorganic clay.

There are three palaeo-slides (circular) on the western part of the investigation area and some tension cracks on the alluvial terrace. The palaeo-sliding zone has about 400 m length and 50 m width. Depths of the palaeo-slip surfaces are about 30 m.

Slope stability analyses along eight critical cross-sections were performed in terms of static and dynamic (seismic) conditions using the values of engineering parameters such as cohesion and internal friction angel of the units, which were determined by triaxial compression tests, on the slopes. Safety factors along these eight cross-sections were calculated between 1.28 and 2.79 under static conditions and 0.1 and 2.20 under dynamic conditions. Results indicate that mass movements could be only under seismic and saturated conditions on the study area. The palaeo-slidings in the area must have been done under saturated and most probably dynamic (seismic) conditions.

**Key Words:** geotechnics, slope stability, safety factor, palaeo-sliding, Adana

## **General Geshevo Heyelanıyla İlgili Arazi Çalışmaları, Doğu Rodop Dağları, Bulgaristan**

Miroslav Krastanov ve Nikolai Dobrev

*Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, BG-1113 Sofia, Bulgaria  
(E-posta: miro\_k@geology.bas.bg)*

Rodop Dağları'nın doğu kesimi, derin bir nehir tarafından oyulmuş ve çok az belirgin tabakalanma gösteren volkanik çökellerden oluşmaktadır. Bu durum, bu sahada derinden geçen heyelanların gelişimine neden olmuştur. Buna bağlı olarak, 21 Ocak 2001'de Ustern ve General Geshevo köyleri arasında bir heyelan tetiklenmiştir. Bu heyelan nedeniyle Djebel-Zlatograd yolunun 1 km uzunluğundaki kesimi tahrip olmuştur. Kaymadan sonra paralel faylardan oluşan bir sistem görülmüştür. Bu durum, heyelan olayı ile Rodop Dağı bölgesindeki yavaş tektonik hareketler arasında bir ilişkinin olabileceği sorusunu gündeme getirmiştir. Ekstansometrelerin yerleştirilmesi, geodetik ağı kurulması, heyelan hareketlerinin izlenmesi için ölçüm istasyonlarının oluşturulması, hidrojeolojik örnekleme ve jeofizik profillerinin oluşturulması gibi aşamaları içeren bir incelemeye 2003 yılında başlanmıştır. Elde edilen sonuçlar; heyalan sınırlarında şev hareketinin azaldığını, heyelan kütlesi içinde sürekli bir hareketin varlığını ve Ustern Köyü yakınlarındaki fayda bir aktivitenin gözlemlendiğini göstermiştir. Su örnekleme ve jeofizik ölçümler, inceleme alanında ve yakın çevresindeki aktif faylarla heyelanların ilişkili olabileceğini teyit etmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** derinden geçen heyelanlar, Doğu Rodop, izleme, aktif fay

## Field studies of General Geshevo Landslide, East Rhodope Mts., Bulgaria

Miroslav Krastanov & Nikolai Dobrev

*Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, BG-1113 Sofia, Bulgaria  
(E-mail: miro\_k@geology.bas.bg)*

---

The eastern part of Rhodope Mountains is built by slightly lithified volcanic sediments cut by a deeply grooved river set. This condition leads to occurrence of the deep-seated landslides in this area. Such landslide triggered on January 21, 2001 between Ustren and General Geshevo Villages. A section about 1 km long of the Djebel-Zlatograd road was disrupted. A system of parallel faults revealed after this sliding. That puts the question for the relationship between landslide phenomena and the slow tectonic movements in the Rhodope Mountain area. A complex investigation including arrangements of extensometer points, geodetic network, benchmark sites for monitoring of the landslide movements, hydrogeological sampling and geophysical profiling started in 2003. The results show decreasing of slope movements at the landslide borders, continuous activity inside the landslide body and activity of the observed fault near Ustren Village. The water samples and geophysical profiles confirmed the relationships with the active faults in the studied and adjacent areas.

**Key Words:** deep-seated landslides, East Rhodope, monitoring, active faults

## Çan-Etili (Çanakkale) Bölgesindeki Riyolitik Tüflerin (Çan Taşı) Jeolojik ve Petrografik Özellikleri: Yapı ve Kaplama Taşı Yönünden İrdelenmesi

Oya Türkdönmez ve Mustafa Bozcu

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
17020 Çanakkale (E-posta: o\_turkdonmez@comu.edu.tr)*

Bu çalışmada, Çan-Etili civarında yaygın yüzlekleri bulunan Geç Oligosen–Erken Miyosen yaşlı ve Çan volkanizmasının piroklastik ürünlerinden tüflerin jeolojik, petrografik, kimyasal ve fiziko-mekanik özellikleri araştırılarak, bunların kaplama ve yapıtaşı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Yörede ‘Çan taşı’ olarak adlandırılan tüfler uzun yıllardır kaplama ve yapıtaşı olarak kullanılmaktadır. Bu tüfler açık sarımsı, krem, hidrotermal alterasyon ile mangan ve demirli oksitleşme sonucu gelişmiş kırmızımsı, kahverenkli değişik motifler sunarlar. Bu birimler; kompakt yapılı, riyolitik bileşimli, litik tüflerden yer yer de kristalin tüflerden oluşurlar ve başlıca volkanik cam parçacıkları ile kuvars, plajiyoklas ve biyotit fenokristallerini içerirler. Tüf örnekleri üzerinde yapılan petrografik ve kimyasal analizlerin yanı sıra, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek için Halılağa, Hoppa Tepe, Dereoba ve Uzunalan Mevkii’leri olmak üzere 4 farklı bölgeden 12 adet örnek üzerinde standart kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Doğal yapı ve kaplama taşı olarak kullanılan, Hoppa Tepe Mevkii’ndeki kırmızımsı kahverenkli ve demiroksitçe zengin tüfler, bölgede tek eksenli sıkışma dayanım ve birim hacim ağırlıkları en yüksek olan tüflerdir. Ancak bunlar, daha ince taneli ve demiroksitli alterasyonun fazla olması nedeniyle diğerlerinden, ağırlıkça su emme ve eğilme dayanımı olarak daha zayıftır. Uzunalan Mevkii tüfleri ise açık renkli ve homojen olup, bölgede yüksek gözeneklilik, en düşük birim hacim ağırlık ve tek eksenli sıkışma dayanımlarına sahip kayaları oluşturmaktadır. Halılağa ve Dereoba bölgesindeki tüfler, mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından benzer değerlere sahiptirler. Elde edilen veriler, bölgedeki riyolitik bileşimli tüflerin petrografik ve kimyasal özellikleri ile fiziko-mekanik özellikleri arasında dolaylı bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Özellikle petrografik incelemelerde taneleri bağlayan matriksin (volkanik cam) içerdiği boşluklar ve ince taneli kaya parçası miktarına bağlı olarak yoğunluklarının ve sıkışma dayanımlarının daha yüksek değerler gösterdikleri belirlenmiştir. Kimyasal analizlerde ise özellikle SiO<sub>2</sub> içeriği düşük örneklerin sıkışma dayanımlarının da düşük olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, TS 1910 ve TS 2513 standartları ile karşılaştırıldığında, Çan-Etili bölgesindeki riyolitik tüflerin fiziko-mekanik özelliklerinin yapı ve kaplama taşı olarak kullanımında uygun değerlerin altında kaldıkları saptanmıştır. Ancak bu tüfler dekoratif kaplama amaçlı kullanılabilir.

**Anahtar Sözcükler:** Çanakkale, Çan taşı, tüf, yapı taşı, kaplama taşı

## The Geological and Petrographical Properties of Rhyolitic Tuffs (Çan Stone) in Çan-Etili Area (Çanakkale): An Evaluation in Terms of Covering and Building Stones

Oya Türkdönmez & Mustafa Bozcu

*Çanakkale Onsekiz Mart University, Department of Geological Engineering,  
TR–17020 Çanakkale, Turkey (E-mail: o\_turkdonmez@comu.edu.tr)*

In this study, geological, petrographical, geochemical and physico-mechanical properties of tuffs exposed around Çan-Etili, pyroclastic products of Late Oligocene–Early Miocene Çan Volcanism, have been investigated and evaluated as covering and building stones. In the region, tuffs called as ‘Çan taşı’ have been used as covering and building stones for a long time. These tuffs have different patterns which light yellowish, cream, reddish and brown colors developed by manganese and iron oxidation of hydrothermal alteration. These units have compact structure with rhyolitic composition, and are composed of lithic tuffs and locally crystalline tuffs. The mineral assemblage of tuffs is mainly made up of quartz, plagioclase and biotite phenocrystals with particles of volcanic glass. Not only petrographical and geochemical analyses on tuffs but also standard rock mechanic experiments on tuff samples collected from four different quarries (Halilaga, Hoppa Hill, Dereoba, Uzunalan) have been carried out in order to determine their physical and mechanical properties. Reddish-brown, iron oxide-rich tuffs around the Hoppa Hill used for covering stone and natural building stone have the highest uniaxial compressive strength and unit weight. On the other hand, these tuffs have lower bending strength and water absorptions due to more fine-grained and more iron oxide-alteration. Tuffs around Uzunalan are not only light-coloured and homogeny but also formed the lowest rocks in terms of their high porosity and the lowest unit weight and uniaxial compressive strength. Tuffs around Halilaga and Dereoba have similar values in terms of physical and mechanical features. All available data show indirectly relationship between petrographical, geochemical properties and physico-mechanical properties of tuffs in rhyolitic composition. Especially, matrix (volcanic glass) has high unit weight and compressive strength in terms of the amount of spaces and fine-grained rock fragments based on petrographical studies. However, samples having low SiO<sub>2</sub> content are low compressive strength with respect to chemical analyses. In conclusion, physical and mechanical properties of rhyolitic tuffs in Çan-Etili area have been determined that it has unsuitable values as building and covering stones, when compared with TS 1910 and TS 2513, but tuffs may be used for decorative cladding purposes.

**Key Words:** Çanakkale, Çan stone, tuff, building stone, covering stone

## Denizli İli Traverten Bilgi Sisteminin Oluşturulması: İlk Aşama Çalışmaları

İbrahim Çobanoğlu<sup>1</sup>, Sefer Beran Çelik<sup>1</sup>,  
Levent Atatanır<sup>2</sup> ve Mustafa Kaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
20017 Kınıklı, Denizli (E-posta: icobanoglu@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, 09100 Aydın

Ülkemiz mermer bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Bu miktar, dünya rezervinin yaklaşık % 43'ünü teşkil etmektedir. Denizli ilinde gerçekleştirilen mermerciliğin büyük bölümünü traverten mermerciliği oluşturmaktadır. Denizli travertenleri tarihsel dönemlerde de yaygın bir şekilde yapı taşı olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise, traverten büyük oranda dış pazara ihraç edilerek ülke ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Tüm doğal yapı taşları fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak kullanılabilir nitelik taşımaktadır. Kayaçların delinebilirlikleri, kesilebilirlikleri, ve parlatılabilirlikleri de kayacın genel özellikleri ile ilgilidir. Bu çalışma, Denizli bölgesinde araştırılan tüm traverten ocaklarına ait taşın fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin incelenmesini de kapsamaktadır. Bu çalışmada, bu özellikleri de veri tabanı içinde bulunduran bir traverten bilgi sisteminin oluşturulmasını amaçlanmıştır. TÜBİTAK tarafından da desteklenen bu çalışma kapsamında ilk 10 aylık dönem içinde 46 traverten ocağı incelenerek örneklemeler yapılmış ve deney aşamasına geçilmiştir. Denizli ili traverten bilgi sisteminin oluşturulmasının amaçlandığı çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Uzaktan Algılama tekniklerinden faydalanılmaktadır. Bu amaçla, inceleme alanını içerisine alan bir coğrafi altlık oluşturulmuş ve incelenen ocak yerleri koordinatları ile bu sisteme işlenmiştir.

Bu çalışma ile Kaklık, Kocabaş, Aşağıdağdere, Honaz ve Akköy travertenleri incelenmiştir. Kaklık bölgesi ocak sayısı çokluğu, kaya türü çeşitliliği ve yüksek rezervi ile ön plana çıkan bir bölgedir. Honaz bölgesi travertenlerinde kayacın daha düşük dayanımlı ve bol gözenekli bir yapıda olduğu görülmüştür. Akköy bölgesi travertenleri ise tipik sarı renkleri ile diğer grup travertenlerden ayrılmaktadır. Bu bölgede rezervin daha düşük olduğu görülmektedir. Yapılan çalışma ile travertenlerdeki bu yapısal çeşitliliğin kayacın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkileri de araştırılmaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** traverten, coğrafi bilgi sistemi, uzaktan algılama, Denizli, traverten ocağı

## Establishment of the Travertine Information System for the Province of Denizli, Turkey: First Stage Studies

İbrahim Çobanoğlu<sup>1</sup>, Sefer Beran Çelik<sup>1</sup>,  
Levent Atatanır<sup>2</sup> & Mustafa Kaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Kınıklı, TR–20017 Denizli, Türkiye (E-mail: icobanoglu@pau.edu.tr)

<sup>2</sup> Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, TR–09100 Aydın, Türkiye

Turkey has large quantities of marble reserves. These reserves amount to forms the 43% percent of the worlds's total marble reserves. The marble mining activities in the province of Denizli (Turkey) predominantly consist of travertine mining. The travertines of Denizli have been used extensively as natural building stone throughout history. Nowadays, however, these travertines are predominantly exported abroad and hence make a contribution to the Turkish economy. All natural building stones have useful qualities by virtue of their physical, mechanical and chemical properties. The drillability, sawability and polishability of rocks are also of relevance in this context. This study provides an examination of the physical, mechanical and chemical properties of travertines in all the marble quarries investigated. It aims to establish a travertine information system containing including the physical, mechanical and chemical properties of these travertines. A total of forty-six travertine quarries have been investigated during first ten-month period. This has been followed by the laboratory experiments. The geographical information system (GSI) and remote sensing have been utilized to establish the Travertine Information System for the province of Denizli. For this purpose, a geographical base has been formed and the coordinates of the investigated marble quarries have been entered into this system.

In this study, Kaklık, Kocabaş, Aşağıdere, Honaz and Akköy travertines are investigated. Kaklık is very important travertine deposition area of Denizli region, in this area rock type varieties in many travertine quarries are seen and higher travertine reserv is also important for this area. In Honaz area travertines have comparatively lower strength and higher porosities. Akköy area travertines are characteristic with their yellowish colour it is seen in the field observations that this area has lower travertine deposition. With this study effects of the structural varieties of travertines on physical and mechanical properties are being investigated.

**Key Words:** travertine, geographical information system, remote sensing, Denizli, travertine mine





---

**Anadolu Kenet Kuşaklarının Tektonik Ortamı ve  
Gelişimindeki Problemler ve Olası Çözümleri**  
*The Tectonic Setting and Development of the Anatolian  
Suture Zones: Problems and Possible Solutions*

Oturum Yürütücüleri /Conveners: Alastair Robertson,  
Aral I. Okay, Osman Parlak & Timur Ustaömer

---

## Anadolu Platosu'nun Alıcı Fonksiyon Analizi

A. Arda Özacar<sup>1</sup>, George Zandt<sup>2</sup>, Hersh Gilbert<sup>3</sup> ve Susan L. Beck<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara  
(E-posta: ozacar@metu.edu.tr)

<sup>2</sup> University of Arizona, Department of Geosciences, 85721 Tucson, AZ, USA

<sup>3</sup> Purdue University, Department of Earth and Atmospheric Sciences, 47907 W. Lafayette, IN, USA

---

Telesismik P alıcı fonksiyonları Doğu Anadolu Sismik Deneyi tarafından kaydedilen sismik verilerden hesaplandı ve aktif kıtasal kenet kuşağının kabuk ve manto yapısını belirlemek için kullanıldı. Bölgenin kabuk kalınlığı, P ve S dalga hızlarının oranı ( $V_p/V_s$ ) kabuksal yansımalar kullanılarak haritalandı. Sonuçlar bölgede kabuk ve litosfer kalınlığının ince, en üst manto hızının düşük olduğunu göstermekte ve platonun sıcak astenosfer tarafından desteklendiği tezini doğrulamaktadır.  $V_p/V_s$  değişimleri, Kuzey Anadolu Fayı boyunca ve genç volkaniklerin çevresinde yer alan bir yüksek  $V_p/V_s$  koridoru olduğunu göstermekte ve kısmi eriyik varlığını desteklemektedir. İlave olarak, üst manto süreksizlikleri (410 ve 660) negatif topografik korelasyon ve kopmuş levha ve litosfer parçalarına ilişkin genliği düşük belirgin alanlar göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Doğu Anadolu Platosu, alıcı fonksiyon, kabuk, litosfer, kısmi eriyik, üst manto süreksizlikleri

## Receiver Function Analysis of East Anatolian Plateau

A. Arda Özacar<sup>1</sup>, George Zandt<sup>2</sup>, Hersh Gilbert<sup>3</sup> & Susan L. Beck<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
TR-06531 Ankara, Türkiye (E-mail: ozacar@metu.edu.tr)*

<sup>2</sup>*University of Arizona, Department of Geosciences, 85721 Tucson, AZ, USA*

<sup>3</sup>*Purdue University, Department of Earth and Atmospheric Sciences, 47907 W. Lafayette, IN, USA*

---

Teleseismic P receiver functions are computed using seismic data recorded by the Eastern Turkey Seismic Experiment to determine the crustal and mantle structure across an active continent-continent collision zone. Crustal thickness and Vp/Vs variations in the region are mapped by incorporating crustal multiples. Our results reveal a relatively thin crust and lithosphere and low uppermost mantle velocities consistent with the plateau supported by hot asthenosphere. Vp/Vs variations show a high Vp/Vs corridor along the North Anatolian Fault and near the young volcanic units and support the presence of partial melt. Furthermore, the upper mantle discontinuities (410 and 660) reveal anticorrelated topography and distinct zones of diminished amplitude associated with a detached slab and delaminated fragments of lithospheric mantle.

**Key Words:** East Anatolian Plateau, receiver function, crust, lithosphere, partial melt, upper mantle discontinuities

## Doğu Anadolu Platosu'nun Kabuk Yapısının Doğası

Ali Yılmaz<sup>1</sup>, Hüseyin Yılmaz<sup>2</sup>, Cemal Kaya<sup>2</sup> ve Durmuş Boztuğ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
58140 Sivas (E-posta: ayilmaz@cumhuriyet.edu.tr)

<sup>2</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
58140 Sivas

<sup>3</sup> Tunceli Üniversitesi, Atatürk Mahallesi, Muhsin Akarsu Caddesi, 62000 Tunceli

Türkiye'nin Doğu Anadolu Platosu (DAP) yaklaşık 1700–2000 m yüksekliğinde bir bölgeyi temsil etmekte ve kuzeydeki Doğu Pontid yayı ile güneydeki Arap platformu arasında yer almaktadır. Bu bölgede, alt kabuğu temsil eden Maastrichtiyen öncesi paleotektonik birimler sadece birkaç yerde yüzeylemektedir. Çünkü Maastrichtiyen–Kuvaterner yaşlı birimler, paleotektonik birimleri hemen hemen tüm bölgede örtmektedir. Dolayısıyla, paleotektonik birimlerin yapısını ve ilişkisini incelemek güçtür.

Ancak, yapılan çalışmada DAP'unda paleotektonik birimlerinin iki düzeyden oluştuğu anlaşılmaktadır. (1) *Alt düzey* kıtasal kabuğu temsil eden platform türü karbonatlar ve bu platformun metamorfik eşleniklerinden oluşmaktadır. Bu birimler Toros Platformu ve bu platformun metamorfik eşlenikleri olarak kabul edilebilir. (2) *Üst düzey*, ağırlıklı olarak okyanus kabuğu ürünü olan ofiyolitli melanj prizmasından yapıldır. Bu prizma, ofiyolitlerin, ofiyolitli karışık ve yay önu çökellerin ardışımı ile temsil edilmektedir. Yakınsayan levha kenarlarındaki bir diziyi temsil eden bu düzeyin bir bölümü kuzeydeki Kuzey Anadolu Kenedi'nden, bir bölümü de güneydeki Güney Anadolu Kenedi'nden türemiş olabilir.

DAP'nun alt düzeyinin, ofiyolitli melanj prizmalarının üzerine bindirdiği kıtasal bir kabukla temsil edildiği, ve kıtasal kabuğun aşınmadan dolayı sınırlı olarak yer yer tektonik pencere biçiminde yüzeylendiği ileri sürülebilir.

DAP'unun Maastrichtiyen öncesi paleotektonik birimleri, Maastrichtiyen–Kuvaterner yaşlı vokano-tortul birimler tarafından örtülmektedir. Ardışıklı transgresif ve regresif evrelerde oluşan bu sedimenter litofasiyeler paleotektonik birimlerin üzerinde uyumsuzlukla yer almaktadır. Eosen yaşlı çökellerde yaygın olarak yer alan olistostromal düzeyler, ofiyolit ve ofiyolitli karışığın yeniden aktarılmış gereçlerinden türemiştir. Maastrichtiyen–Kuvaterner yaşlı örtü ise genel olarak çarpışma ve çarpışma sonrası oluşmuş birimlerden yapıldır.

Günümüzde DAP yaklaşık olarak K–G doğrultulu bir sıkışmanın güdümünde ise de böyle bir sıkışma, bölgede egemen olan doğrultu atımlı tektonik rejim nedeniyle yoğun bir şekilde kabuk kalınlaşmasına yol açmamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Doğu Anadolu Platosu, kıtasal kabuk, ofiyolit, melanj prizması

## Crustal Nature of the Eastern Anatolian Plateau, Turkey

Ali Yılmaz<sup>1</sup>, Hüseyin Yılmaz<sup>2</sup>, Cemal Kaya<sup>2</sup> & Durmuş Boztuğ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
TR–58140 Sivas, Türkiye (E-mail: ayilmaz@cumhuriyet.edu.tr)

<sup>2</sup> Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü,  
TR–58140 Sivas, Türkiye

<sup>3</sup> Tunceli Üniversitesi, Atatürk Mahallesi, Muhlis Akarsu Caddesi, TR–62000 Tunceli, Türkiye

The Eastern Anatolian Plateau (EAP) of Turkey, with an elevation ranging from 1700 to 2000 m, is located between the Eastern Pontide Arc to the north and the Arabian Platform to the south. In this region, the pre-Maastrichtian palaeotectonic units, representing the crust, crop out only in a number of localities. However, Maastrichtian–Quaternary rock units cover the palaeotectonic units across almost the whole length of the region. Because of this, it is difficult to study the nature and relationships of the palaeotectonic units.

Hardly, in the presented study it is understood that the palaeotectonic units of the crust in EAP are made up of two different levels: (1) *The lower level* is made up of platform-type carbonates and their metamorphic equivalents and represents continental crust. These units may be representatives of the Taurus Platform and its metamorphic equivalents. (2) *The upper level* consists of ophiolitic mélange prism which is a product of mainly oceanic crust. The prism is mainly represented by an alternating of ophiolites, ophiolitic mélange, and fore-arc deposits. This upper level, representing a sequence of the convergent plate boundary, may partly be originated from the North Anatolian Suture to the north, and partly from the Southeastern Anatolian Suture to the south of the Eastern Anatolian region.

It may be suggested that the lower level of EAP is represented by a common continental crust which was overthrust by ophiolitic mélange prism, and the continental crust scarcely crop out in the region; in areas of deep erosion, it exposes in tectonic windows beneath the ophiolitic thrust sheets.

The pre-Maastrichtian palaeotectonic units of the EAP are blanketed by Maastrichtian to Quaternary volcanic and sedimentary rock units. These sedimentary lithofacies, which occur in successive transgressive and regressive intervals, overlie palaeotectonic units unconformably. Olistostromal levels, which are common occurrences in the sedimentary units of Eocene age, have been derived as reworked materials of the ophiolites and ophiolitic mélange. The Maastrichtian–Quaternary cover is made up of collisional and post-collisional deposits in the whole region.

Although EAP is under the considerable N–S directional compression in Recent, such a compression has not led to intensive crustal thickening, because of the strike-slip tectonic regime which is currently dominant in the region.

**Key Words:** Eastern Anatolian Plateau, continental crust, ophiolite, mélange prism

## Anadolu Kenet Kuşaklarının Tektonik Ortamı ve Gelişimine İlişkin Problemler ve Olası Çözümleri

Alastair H.F. Robertson<sup>1</sup>, Aral Okay<sup>2</sup>, Osman Parlak<sup>3,4</sup> ve Timur Ustaömer<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW, UK (E-posta: Alastair.Robertson@ed.ac.uk)*

<sup>2</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 80626 Ayazağa, İstanbul*

<sup>3</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, 01330 Balcalı, Adana*

<sup>4</sup> *Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, 02040 Adıyaman*

<sup>5</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, 34850 Avcılar, İstanbul*

Bu bildiriye, Anadolu kenetleri üzerine son yıllarda önerilen modellerin ışığında bazı kritik problemler ve olası çözümleri kısaca irdelenecektir. Anadolu’da 4 potansiyel kenet kuşağı bulunmaktadır. Bunlar: (1) İzmir-Ankara-Erzincan; (2) G Neotetis; (3) İç-Torid; (4) İç-Pontid kenet kuşaklarıdır.

(1) numaralı kenedi (İzmir-Ankara-Erzincan), Geç Paleozoyikden orta Eosene kadar ana Tetis kenet kuşağı olarak yorumluyor ve Paleotetisin, Avrasya altına doğru yitimi ile Torid-Anatolid kıtasının riftleşerek yeni okyanusal kabuk oluşturması süreçleri sonucunda (arada herhangi bir kıtasal çarpışma olmaksızın) Neotetise evrildiğini düşünüyoruz. Mesozoyik okyanusunun 1) de yayılması olasılıkla Orta-Triyas döneminde başlamıştır. (2) numaralı kenedi (G Neotetis) Torid-Anatolid kıtasının güneyinde yer alan ve Geç Triyas (Karniyen-Noriyen) döneminde açılmaya başlayan bir okyanusal havza olarak görüyoruz. 2) deki (G Neotetis) ofiyolitik kayaçların 1) den (İzmir-Ankara-Erzincan) yerleşmesi çok zayıf bir olasılıktır. G Neotetis ofiyolitlerinin (2) bu günkü konumlarına, Torid-Anatolid kıtasının doğu ucu çevresinde dalan okyanusal levhanın eğim açısının artması sonucunda yerleştiğine ilişkin önerilen yeni bir model, GD Anadolu ve K Suriye’den elde edilen yapısal veriler ile uyumlu değildir. GD Anadolu’da ofiyolitler kuzeye doğru, Malatya-Keban (Torid) karbonat platformunun altına eklenmiştir; aynı zamanda ofiyolit ve melanjlara güneye doğru Arap platformu üzerine yerleşmiştir (batıya doğru bir göçe ilişkin veri olmaksızın). (3)’ü (İç-Torid), büyük Torid-Anatolid mikrokıtası ve daha küçük Niğde-Kırşehir mikrokıtası arasında yer alan ve orta-Geç Triyas sırasında açılmış, Geç Kretasede kapanmış küçük bir okyanusal havza olarak yorumluyoruz. Çoğu yerde Paleojen sedimentleri ile örtülü olsa da, İç-Torid kenedi doğu alanlarda yüzeylemektedir (Binboğa ofiyolitik melanji). (4) (İç-Pontid) en az sınırlanan kenet kuşağıdır. Seçenekler ofiyolitler ve ilişkili birimlerin riftleşmiş küçük bir okyanusal havzayı yansıttığı veya 1) (İzmir-Ankara-Erzincan)’in parçası olduğu ve Mesozoyik Sakarya kıtası kuzeyine, olasılıkla geç Mesozoyik/Paleojen doğrultu atımı/transpresyonu sonucunda yerleştiğidir. Bizim ulaştığımız sonuçlar, 4) (İç-Pontid) içinde Geç Triyas sırasında açılan ve olasılıkla Kretasede kapanmış küçük bir okyanusal havza olarak yorumladığımız rift/okyanusal kayaçların düşük açılı bindirmeler ile yerleştiğini göstermektedir. İç-Pontid kenedi, Reik kenedinin doğu uzantısı olan daha eski bir geçmişe de sahip olabilir. Bu konuşmanın ortaya çıkan problemler ve olası çözümlerine ilişkin yeni yorum ve tartışmaları teşvik edeceğimizi umuyoruz.

**Anahtar Sözcükler:** kenetler, Anadolu, Türkiye, okyanuslar, Tetis, tektonik, rekonstrüksiyon

## Problems and Possible Solutions Related to the Tectonic Setting and Development of the Anatolian Suture Zones

Alastair H.F. Robertson<sup>1</sup>, Aral Okay<sup>2</sup>, Osman Parlak<sup>3,4</sup> & Timur Ustaömer<sup>5</sup>

<sup>1</sup> School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh, EH9 3JW, UK (E-mail: Alastair.Robertson@ed.ac.uk)

<sup>2</sup> Eurasia Institute of Earth Sciences and Department of Geological Engineering, Istanbul Technical University, Ayazağa, TR–80626 İstanbul, Turkey

<sup>3</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çukurova Üniversitesi, Balcalı, TR–01330 Adana, Türkiye

<sup>4</sup> Mesleki ve Teknik Eğitim Fakültesi, Adıyaman Üniversitesi, TR–02040 Adıyaman, Türkiye

<sup>5</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar, 34850 İstanbul, Türkiye

In view of the wide range of recent interpretations of the Anatolian sutures, we present here a short discussion of some key problems and possible solutions. There are 4 potential suture zones: (1) İzmir-Ankara-Erzincan; (2) S Neotethyan; (3) İntra- (or Inner-) Tauride; (4) Intra-Pontide.

We interpret (1) (İzmir-Ankara-Erzincan) as the master Tethyan suture zone at least from Late Palaeozoic to mid-Eocene, and we infer that Palaeotethys evolved to Neotethys by processes that include subduction beneath Eurasia and rifting of the Tauride-Anatolide continent to form new oceanic crust (i.e. without intervening continental collision). Spreading of Mesozoic ocean in 1) probably began in Mid–Late Triassic. We interpret (2) (S Neotethyan) as an oceanic basin to the south of the Tauride-Anatolian continent that began to open in Late Triassic (Carnian–Norian). Ophiolitic rocks in 2) (S Neotethyan) are very *unlikely* to have been emplaced from the 1) (Ankara–İzmir-Erzincan). A recent suggestion that the S Neotethyan ophiolites (2) reached their present position by subduction roll-back around the eastern end of the Tauride-Anatolide continent is not supported by structural data from SE Turkey or N Syria. In SE Turkey the ophiolites were emplaced northwards beneath the over-riding Malatya-Keban (Tauride) carbonate platform; also, ophiolite and mélangé were emplaced southwards over the Arabian platform (without evidence of westward transport). We interpret (3) (Intra-Tauride) as a small ocean basin between a large Tauride-Anatolide microcontinent and a smaller Niğde-Kırşehir microcontinent that opened during mid-Late Triassic and closed during late Cretaceous. Although widely covered by Palaeogene sediments, the Intra-Tauride suture is exposed further east (e.g. Binboğa ophiolitic melange). (4) (Intra-Pontide) is the least constrained. Options are that ophiolites and related units record a rifted small ocean basin, or part of 1) (İzmir-Ankara-Erzincan) that was emplaced to the north of the Mesozoic Sakarya microcontinent, possibly in response to late Mesozoic/Palaeogene strike-slip/transpression. Our results indicate mainly low-angle thrust-emplacment of rift/oceanic rocks within 4) (Intra-Pontide), which we interpret as a small ocean basin that was opening in the Late Triassic and closing probably during Cretaceous. The Intra-Pontide suture may also have had an earlier history as the eastward extension of the Rheic suture. Hopefully, the talk will stimulate comment and discussion of outstanding problems and possible solutions.

**Key Words:** sutures, Anatolia, Turkey, oceans, Tethys, tectonics, reconstructions

## Trakya Havzası Güneyinde Ofiyolitli Melanjların ve Pontid-İçi Kenedinin Konumu ve Trakya Havzasının Oluşumu

Aral I. Okay<sup>1</sup>, Gültekin Topuz<sup>1</sup>, Ercan Özcan<sup>2</sup>, William Cavazza<sup>3</sup>,  
Nilgün Okay<sup>2</sup> ve György Less<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul (E-posta: okay@itu.edu.tr)*

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

<sup>3</sup> *Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna, Piazza di Porta San Donato, 40127 Bologna, Italy*

<sup>4</sup> *University of Miskolc, Department of Geology and Mineral Resources, H-3515, Miskolc-Egyetemváros, Hungary*

İstanbul ile Sakarya zonları arasındaki sınırı oluşturan Pontid-İçi kenedi batıya doğru Trakya havzasının Eosen-Oligosen çökel kayaları tarafından örtülür. Marmara bölgesinin batı kesiminde Pontid-İçi kenedinin konumu ve buna bağlı olarak Trakya havzasının temel kayalarının niteliği tartışmalıdır. Yaptığımız çalışmalar Trakya havzasının güneyinde Üst Eosen ile başlayan sedimenter istifin iki farklı temel üzerinde yer aldığını teyit etmiştir: (1) Saros Körfezi'nin kuzeyinde Mecidiye bölgesinde Üst Eosen konglomera ve kireçtaşları, sleyt, rekristalize kireçtaşı ve fillitten oluşan metamorfik bir temel üzerinde bulunur. Düşük dereceli bu metamorfik kayalar, Yunanistan'daki Rodop Çevresi Kuşağı'nın doğuya doğru olan devamını teşkil eder. (2) Ganos Fayı güneyinde Şarköy çevresinde ise serpantin, metadiyabaz ve mavşışitlerden oluşan, tektonik olarak yükselmiş bir temel dilimi üzerinde uyumsuzlukla Üst Eosen kireçtaşları yer alır. Bu tektonik dilim içerisinde yer alan okyanusal kökenli mavşışitlerden ~86 Ma'lık Ar-Ar ve Rb-Sr yaşları elde edilmiştir. Ganos Fayı güneyinde açılmış olan petrol kuyuları da Eosen çökelleri altında ofiyolitik bir temel kesmiştir. Kuzey Anadolu Fayı'nın Trakya'daki segmentini teşkil eden Ganos Fayı bu iki farklı temel arasında bir sınır oluşturur. Geç Paleosen–Erken Eosen'de ofiyolitli melanj kuzeye Rodop Çevresi Kuşağı'nın düşük dereceli metamorfik kayaları üzerine itilmiştir. Ofiyolitli melanj üzerinde Geç Eosen'de kireçtaşları ve içinde olistostromlar bulunduran bir fliš istifi gelişmiştir. Fliš istifi içindeki çakıl, blok ve olistolitler Eosen sığ denizel kireçtaşı, Kretase ve Paleosen pelajik kireçtaşı, serpantin, bazalt, gabro, grovak, kuvars-diyorit ve yeşilşistten yapılmıştır. Bazı birleşik olistolitler, alta pelajik kireçtaşı veya bazalt ve onu uyumsuzlukla örten Üst Eosen kireçtaşlarından oluşur. Geç Eosen yaşındaki kütle akıntıları genişlemeli bir tektonik ortamda, güneye bakan büyük normal fayların yamaçlarından kaynaklanmıştır; Güney Trakya havzasının oluşumu da Geç Eosen'deki bu normal faylanma ile başlar. Trakya havzasının Ganos Fayı güneyinde kalan kesiminin temelinin ofiyolitli melanjdan oluşmasına rağmen, bölgesel tektonostratigrafi Pontid-İçi kenedinin daha güneyden Biga Yarımadasından geçtiğini göstermektedir zira Sakarya Zonu'na ait istifler Biga Yarımadası orta kesimlerinde sonlanmakta ve Çetmi ofiyolitli melanjının batısında Rodop tipi istifler başlamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** Pontid-İçi kenedi, Trakya havzası, Rodop çevresi kuşağı, olistostrom, kütle akıntısı, ofiyolitik melanj



## The Tectonic Setting of the Ophiolitic Mélange and the Intra-Pontide Suture in the Southern Thrace and the Initiation of the Thrace Basin

Aral I. Okay<sup>1</sup>, Gültekin Topuz<sup>1</sup>, Ercan Özcan<sup>2</sup>, William Cavazza<sup>3</sup>,  
Nilgün Okay<sup>2</sup> & György Less<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Istanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak,  
TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: okay@itu.edu.tr)*

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

<sup>3</sup> *Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna,  
Piazza di Porta San Donato, 40127 Bologna, Italy*

<sup>4</sup> *University of Miskolc, Department of Geology and Mineral Resources, H–3515,  
Miskolc-Egyetemváros, Hungary*

The Intra-Pontide suture, which separates the İstanbul and Sakarya zones in the west, is covered by the Eocene-Oligocene sediments of the Thrace Basin in the western part of the Marmara region. Therefore, the position of the Intra-Pontide suture and its relation to the Thrace basin is poorly constrained. Our studies in the southern part of the Thrace basin, have shown that the Upper Eocene basinal sediments rest unconformably over two types of basement: (1) Slate, dark limestone and phyllite crop out in small inliers under the Upper Eocene (?) conglomerates and Upper Priabonian limestones in the Mecidiye region north of Saros Bay. These low-grade metamorphic rocks form the eastern extension of the Circum-Rhodope Belt of Greece. (2) In the Şarköy region south of the Ganos Fault a tectonically uplifted basement consisting of serpentinite, metadiabase and Upper Cretaceous blueschists is unconformably overlain by Upper Eocene (Lower Priabonian) limestones. The blueschist metamorphism, which has effected oceanic lithologies, has been dated by Ar-Ar and Rb-Sr methods as ~86 Ma. Hydrocarbon wells south of the Ganos Fault have also encountered a basement of ophiolitic mélange under the Eocene siliciclastic rocks or limestones. The Ganos Fault, the segment of the North Anatolian Fault in Thrace, forms the boundary between the two basement types. During the Late Palaeocene–Early Eocene the ophiolitic mélange was tectonically emplaced northward over the low-grade metamorphic rocks of the Circum-Rhodope belt. The ophiolitic mélange is overlain by Upper Eocene limestones and flysch sequence including debris flows and olistostromes. The clasts in the flysch sequence include Eocene shallow-marine limestone, Cretaceous and Palaeocene pelagic limestone, serpentinite, basalt, gabbro, greywacke, quartz-diorite and greenschist. They range in size from sand grains to olistoliths up to one kilometre wide. Some of the olistoliths are composite and include pelagic limestone or basalt unconformably overlain by Upper Eocene (Priabonian) limestone. The Upper Eocene mass flows were formed in an extensional setting and were derived from the south from the flanks of large normal faults related to the opening of the southern Thrace basin. The main transgression leading to the development of the southern Thrace basin occurred in the Late Eocene. Although the basement of the southern margin of the Thrace basin consists of an ophiolitic mélange, regional tectonostratigraphy indicates that the Intra-Pontide suture passes through the Biga peninsula. The Sakarya Zone terminates in the centre of the Biga peninsula and sequences to the west of the Cetmi ophiolitic mélange belong to the Rhodopes.

**Key Words:** Intra-Pontide suture, thrace basin, Circum-Rhodope belt, olistostrome, mass flows, ophiolitic mélange

## Yunanistan'daki Trakya Tersiyer Havzasının Batı Bölümü ile Türkiye'deki Doğu Bölümü Arasındaki Jeolojik Korelasyonlar

Dimitrios J. Papanikolaou<sup>1</sup> ve Maria V. Triantaphyllou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Tectonic, Dynamic, Applied Geology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece  
(E-posta: dpapan@geol.uoa.gr)*

<sup>2</sup> *University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece*

Yunanistan'daki Trakya Havzası'nın en batı kısmının Tersiyer tektonostratigrafisi üzerine yapılan yeni gözlemler Orta Eosen ve Geç Oligosen arasındaki dönem için pekçok tektonostratigrafik oluşumların ayrımını mümkün kılmıştır. İlk önemli sonuç, Güneyde Soufli Fay Zonu ve kuzeyde Ardas Fay Zonu olmak üzere iki ayrı KD–GB uzanımlı sağ yönlü doğrultu atımlı faylarla Trakya Havzası'nın batı kesiminin üç ayrı alt havzaya parçalanmasıdır ki bu havzalar güneyde Alexandroupolis alt havzası, ortada Orestias alt havzası ve kuzeyde Petrota alt havzasıdır.

Alexandroupolis alt havzası açısız uyumsuzluk ile birbirlerinden ayrılmış olan iki stratigrafik istifden oluşmuştur. Alt istifi içeren ve kumtaşı, seyl ve kırmızımsı konglomeralardan meydana gelen Kirki Formasyonu 30 m kalınlıktaki kumtaşı üyesi ve kumtaşı-pelites araldanmasından meydana gelmiş olan Chorafaki formasyonu tarafından örtülmüştür. Yaşı Orta–Eosen olarak bulunmuştur (nano-fossil biyozon NP17, 39.8–36.8 Ma). Üst istifi meydana getiren ve neritik kireçtaşlarından meydana gelen Avas formasyonu, marl, kumtaşı ve ara ara kireçtaşı tabakalarından oluşan Pylaea formasyonu tarafından takip edilir. Birimin yaşı Geç Eosene–Erken Oligosen olarak belirlenmiştir (NP19/20–NP23, 36.2–30 Ma). Feres çevresindeki alanda, Pylaea formasyonu kalın volkanik kayalar ve proklastikler ihtiva etmektedir.

Orestias alt havzası, sırasıyla Alexandroupolis alt havzasına ait Avas ve Pylaea formasyonlarının eşdeğeri olan Metaxades ve Pythion formasyonlarından oluşmuş olan yalnızca üst seri ile vasıflandırılmıştır. Karakteristik stratigrafik üye, Erken Eosen dönemi *Congerina* içeren kireçtaşlarıdır. Pratikte Orestias alt havzasında volkanik kayalar bulunmamaktadır.

Geç Eosene dönemine ait kumtaşı ve konglomeradan meydana gelen kırıntılı taban oluşumuna sahip Petrota alt havzası, Oligosen yaşlı marl tarafından örtülmüştür.

Batı Trakya'nın üç alt havzasında, Tersiyer öncesi temel farklıdır. Geç Kretase diyabaz ve fılışinden oluşan Melia birimi orta alt havzanın tabanında görülürken, düşük metamorfizmaya uğramış olan Makri birimi (Circum Rhodope Biriminin bir parçası) Alexandroupolis alt havzasının batı sınırının tabanında görülür. Buna karşın, orta-yüksek dereceli matamorfik kayalar, Orestias alt havzasının güney sınırının tabanında ve Petrota alt havzasının batı sınırının tabanında görülmüştür.

Yukarıda verilen tektonostratigrafi, Türkiye'de Doğu Trakya'nın güney bölümüne ait Tekirdağ-Keşan – Kallipolis dolaylarına ait tektonostratigrafi ile korele edilebilir. Böylece, Kirki formasyonu, Fıçitepe formasyonuna; Chorafaki Formasyonu Keşan Formasyonuna; Avas Formasyonu, Soğucak Formasyonuna; Pylaea Formasyonu, Ceylan and Mezardere formasyonlarına eşdeğerdir. *Congerina* içeren sedimanlar, Yunanistan'ın batısında (örneğin Didimoticho, Pythion Formasyonu) ve Türkiye'nin doğusunda (örneğin Pınarhisar) bulunan Trakya havzasının kuzey sınırını tanımlamaktadır.

**Anahtar Sözcükler:** tektonostratigrafik oluşumlar, uyumsuzluklar, havza evrimi, doğrultu atımlı fay zonu

## Geological Correlations Between the Western Part of the Tertiary Thrace Basin in Greece and the Eastern Part in Turkey

Dimitrios J. Papanikolaou<sup>1</sup> & Maria V. Triantaphyllou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Tectonic, Dynamic, Applied Geology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece (E-mail: dpapan@geol.uoa.gr)

<sup>2</sup> University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Historical Geology-Paleontology, Panepistimiopolis 15784, Athens, Greece

New observations on the Tertiary tectonostratigraphy of the western part of the Thrace Basin in Greece enabled the distinction of several tectonostratigraphic formations ranging between Middle Eocene and Late Oligocene. The first major conclusion was that two NE–SW-trending dextral strike-slip fault zones – the Soufli FZ in the south and the Ardas FZ in the north- dissect the western part of Thrace Basin into three sub-basins: the Alexandroupolis SB in the south, the Orestias SB in the middle and the Petrota SB in the north.

The Alexandroupolis SB consists of two stratigraphic sequences separated by an angular unconformity. The lower sequence comprises the Kirki Fm, made of sandstones, shales and conglomerates of reddish colour, overlain by a 30m thick sandstone member and by the Chorafaki Fm made of alternations of sandstones and pelites. The age has been determined as Middle Eocene (nannofossil biozone NP17, 39.8–36.8 Ma). The upper sequence comprises the Avas Fm, made of neritic limestones followed by the Pylaea Fm made of marls, sandstones and some limestone interbeds. The age has been determined as Late Eocene–Early Oligocene (NP19/20–NP23, 36.2–30 Ma). At the area around Ferres the Pylaea Fm contains thick volcanic rocks and pyroclastics.

The Orestias SB is featured only by the upper sequence, comprising the Metaxades Fm –which is equivalent to the Avas Fm of Alexandroupolis SB- and the Pythion Fm, which is equivalent to the Pylaea Fm of Alexandroupolis SB. A characteristic stratigraphic member is the *Congerina* bearing limestones of Early Oligocene age. Volcanic rocks are practically absent from Orestias SB.

The Petrota SB has a basal clastic formation of sandstones and conglomerates of Late Eocene age, overlain by marls of Oligocene age.

The pre-Tertiary basement is different in the three sub-basins of western Thrace. The low metamorphic grade Makri unit (part of the Circum Rhodope Unit) is observed below the western margin of Alexandroupolis SB, whereas the Melia Late Cretaceous diabases and flysch are observed below the central part of the sub-basin. On the contrary, medium-high grade metamorphic rocks are observed below the southern margin of Orestias SB and also below the western margin of Petrota SB.

The above tectonostratigraphy can be correlated to that of the southern part of Eastern Thrace in Turkey, around Tekirdağ-Keşan - Kallipolis. Thus, Kirki Fm is equivalent to Fıçitepe Fm, Chorafaki Fm is equivalent to Keşan Fm, Avas Fm is equivalent to Soğucak Fm, Pylaea Fm is equivalent to Ceylan and Mezardere formations. The *Congerina* bearing sediments are indicating the northern margin of the Thrace basin both in the western part of Greece (e.g., Didimoticho, Pythion Fm) and the eastern part of Turkey (e.g., Pınarhisar).

**Key Words:** tectonostratigraphic formations, unconformities, basin evolution, strike-slip fault zones

## Litosfer Ölçeğinde Pangea Oluşumunun İlk Sonuçları

Gabriel Gutiérrez-Alonso<sup>1</sup>, J. Brendan Murphy<sup>2</sup>, Javier Fernández-Suárez<sup>3</sup>,  
Arlo B. Weil<sup>4</sup> ve Stephen T. Johnston<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Salamanca 37008, Spain  
(E-posta: gabi@usal.es)*

<sup>2</sup> *Department of Earth Sciences, St. Francis Xavier University, Antigonish,  
Nova Scotia, B2G 2W5 Canada*

<sup>3</sup> *Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense, Madrid 28040, Spain*

<sup>4</sup> *Department of Geology, Bryn Mawr College, Bryn Mawr, PA 19010, USA*

<sup>5</sup> *School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, P.O. Box 3055 STN CSC,  
Victoria, British Columbia, V8W 3P6 Canada*

Dünyanın jeolojik tarihindeki etkileyici ve ender olaylardan birisi pek çok kıtasal litosferin tek bir süper-kıta oluşturacak şekilde birleşmesidir. En son oluşan süper-kıta, Pangea günümüzden yaklaşık olarak 320 milyon ile 200 milyon yıl öncesindeki zaman aralığında var olmuştur. Burada, Pangea'nın oluşumuna sebep olan kıtasal çarpışmadan sonra, plakaların yakınlaşmasının geniş kama şekilli okyanusal bölgede devam ettiğini öngörmekteyiz. Süper-kıta çevresindeki yamulmanın, küresel Pangea kıtasının bir diğer tarafında yine kendi kıtasal kenarı altına dalan okyanusla beraber yitim oluşturmuş olmasından kaynaklandığı görüşündeyiz. Bu senaryo, Pangea kıtası içinde gelişen bir basınç rejimi olduğu sonucuna götürmektedir. Bu rejim, Paleotetis Okyanusu'nun kenar (apex) noktalarının yakınında, Batı Avrupa'nın temel kayalarında halen gözlenen, geniş bir oroclinal kıvrım yapısı olan İber-Armonika yayı, yaygın alt kabuk ısınması ve kıta çekirdeğinde üst üste gelişmiş mağmatizma, buna ilaveten plakaların pek çok kenar bölgelerinde ışınal dizilim gösteren kıtasal rifillerin gelişimini açıklamaktadır.

Litosferic mantonun bu geniş ölçekli senaryodaki rolü halen tam olarak açıklanamamıştır. Çarpışma orojenezinin merkezinde kıtasal litosferin bölümlenmesi (delaminasyonu) kanıtlanmış bir işlem olmakla birlikte, buna neden olan mekanizma halen tam olarak anlaşılmış değildir. İber-Armonika yayının (Pangea çekirdeğindeki oroclinal) ortaya çıkışı ile Pangea oluşumunun (amalgamation) son evreleri eş zamanlıdır ve İberya'da 285 My öncesi ve sonrasında gelişen manto kökenli mafik kayalarda birbirine zıt Sm-Nd izotopik verileri tanımlanabilir. Sm-Nd izotopik verilerinde bu yöndeki değişim İberya altındaki kıta-altı litosferik mantonun (sub-continental lithospheric mantle - KALM) erken Permian'de değişikliğe uğradığını işaret etmektedir. Tarafımızca geliştirilen görüşe göre, oroklinin çekirdeğinde bulunan kalınlaşmış kıta kabuğunun bölümlenmesi (delaminasyon) varolan KALM'nun değişikliğe uğramasını ve astenosferdeki yükselmeyi tetikledi. Bu da yaklaşık olarak 285 milyon yıl önceki ve sonraki mafik kayaların Sm-Nd izotopik değerlerindeki tezatlık için bir açıklayıcı mekanizma oluşturdu. Mantodaki bu değişiklik, Pangeanın kendi altına yitiminin neden olduğu oroclinal oluşumu ile tetiklenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Pangea, oroklin, İber-Armonika yayı, litosferik bölümlenme, manto değişikliği, Sm-Nd izotopları

## Immediate Consequences of Pangea Amalgamation at Lithospheric Scale

Gabriel Gutiérrez-Alonso<sup>1</sup>, J. Brendan Murphy<sup>2</sup>, Javier Fernández-Suárez<sup>3</sup>,  
Arlo B. Weil<sup>4</sup> & Stephen T. Johnston<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Geología, Universidad de Salamanca, Salamanca 37008, Spain  
(E-mail: gabi@usal.es)*

<sup>2</sup> *Department of Earth Sciences, St. Francis Xavier University, Antigonish,  
Nova Scotia, B2G 2W5 Canada*

<sup>3</sup> *Departamento de Petrología y Geoquímica, Universidad Complutense, Madrid 28040, Spain*

<sup>4</sup> *Department of Geology, Bryn Mawr College, Bryn Mawr, PA 19010, USA*

<sup>5</sup> *School of Earth and Ocean Sciences, University of Victoria, P.O. Box 3055 STN CSC,  
Victoria, British Columbia, V8W 3P6 Canada*

One of the most dramatic and rare occurrences in Earth history is the amalgamation of most of the continental lithosphere into one super-continent. The most recent super-continent, Pangaea, lasted from *ca.* 320 to 200 million years ago. Here we hypothesize that after the continental collisions that led to the amalgamation of Pangaea, plate convergence continued in a large, wedge shaped oceanic tract. We suggest that plate strain at the periphery of the super-continent would eventually result in self-subduction of the Pangean global plate, with the ocean margin of the continent subducting beneath the continental edge at the other end of the same plate. This scenario would result in a stress regime within Pangaea that explains the development of a large oroclinal fold structure, the Iberian-Armorican Arc still visible in the crustal rocks of Western Europe, near the apex of the Palaeotethys Ocean, the extensive lower crustal heating and voluminous magmatism at the core of the continent as well as the development of radially arranged continental rifts in more peripheral regions of the plate.

In this large scale scenario the role of the mantle lithosphere still remains almost unexplored. Although delamination of continental lithosphere in the core of collisional orogens is a well established process, the mechanisms responsible for it are still poorly understood. Contemporaneous with the waning stages of Pangea amalgamation and the generation of the Iberian-Armorican Arc (the orocline in the core of Pangea), in Iberia a contrasting Sm-Nd isotopic signature between pre- and post- *ca.* 285 Ma mantle-derived mafic rocks can be recognized. This change in the Sm-Nd isotopic signature suggests that the sub-continental lithospheric mantle (SCLM) under Iberia was replaced in Early Permian times. We propose that the delamination of thickened continental lithosphere in the core of the orocline triggered asthenospheric upwelling and replacement of the ancient SCLM, providing a mechanism and explanation for the contrasting Sm-Nd isotopic characteristics of pre- and post- *ca.* 285 Ma mafic rocks. This replacement was triggered by the orocline formation that in turn resulted from the effects of the self-subduction of Pangea.

**Key Words:** Pangea, orocline, Iberian-Armorican arc, lithospheric delamination, mantle replacement, Sm-Nd isotopes

## Biga Yarımadası’nda Bazı Temel Jeolojik Sorunlar: Çetmi Melanjı

Erdiñç Yiğitbaş, İsmail Onur Tunç ve Fırat Şengün

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17020 Çanakkale (E-posta: eyigitbas@comu.edu.tr)*

Kuzeybatı Anadolu’da birbirinden çok farklı tektonik birliklerin bir araya geldiği bilinmektedir. Bu nedenle Biga Yarımadası’nın jeolojisi, Türkiye jeolojisinin anlaşılması açısından oldukça kritik bir öneme sahiptir. Biga Yarımadası yerli ve yabancı yerbilimciler tarafından Türkiye’nin en çok çalışılan bölgelerinden biri olmasının yanı sıra çok sayıda jeolojik sorunu da içinde barındırmaktadır. Bunlardan biri Intra-Pontid okyanusunun dalma-batma melanjı olarak geliştiği düşünülen ve Erken Kretase ile Eosen aralığında geniş bir yaş aralığı verilen birimin niteliğidir. Çetmi melanjı, Ballıkaya formasyonu, Balıkkaya formasyonu, Şarköy karmaşığı, Karagöl karmaşığı, vb isimlerle adlandırılan bu birim Biga Yarımadası’nın Çetmi, Karabiga, Biga ve Şarköy bölgelerinde değişik isimler altında adlandırılmakla birlikte aynı jeotektonik anlamda değerlendirilmektedir. Alt Kretase–Paleosen yaşlı bu birimin topluca bir eklenir prizma özelliği gösterdiği belirtilmektedir.

Bu bloklu – karmaşık toplulukların mostra verdiği alanlarda yapılan saha çalışmaları bunların her bir alanda birbirinden farklı istif ve stratigrafik nitelikler gösterdiğini, dolayısıyla her bir mostrada yer alan birimlerin birbirlerinin devamı olarak değerlendirilmemesi gerektiğini işaret etmektedir. Nitekim, Gönen’de metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak Jurasik yaşlı kırıntılılar gelmekte ve Mesozoyik yaşlı karbonat platformuna geçen istif üste doğru bloklu bir karmaşık halini almaktadır. Çetmi melanjı olarak tanımlanan bu bloklu karmaşık Geç Kretase yaşlıdır. Biga dolaylarında ise Erken Kretase–Paleosen yaşında tabanı görülmeyen bloklu birim de Çetmi melanjı eşdeğeri olarak adlandırılmaktadır. Adlandırıldığı tip lokalitesi olan Çetmi dolaylarında ise çökel bir matriks (kumtaşı-şeyl) içerisinde kireçtaşı, çört, kumtaşı bloklarından oluşan Erken Kretase yaşlı bloklu birim doğrudan Kazdağ Masifi üzerinde tektonik olarak yer almaktadır. Aynı birim Karabiga dolaylarında ise uyumsuz olarak metamorfik temel üzerine stratigrafik dokanakla oturmaktadır. Şarköy dolaylarında ise tabanı görülmemekle birlikte Paleosen–Eosen yaşlı kırıntılıların (kumtaşı-marn-çakıltası) içinde serpantin ve mavişist bloklarının yer aldığı görülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** melanj, Mesozoyik, Tersiyer, Biga Yarımadası

## Some Major Geological Problems in the Biga Peninsula: The Çetmi Mélange

Erdoğan Yiğitbaş, İsmail Onur Tunç & Fırat Şengün

*Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–17020 Çanakkale, Türkiye (E-mail: eyigitbas@comu.edu.tr)*

Biga Peninsula in northwestern Anatolia is known as region where different tectonic units meet. Therefore, the geology of the Biga Peninsula plays an important role on the better understanding of the geology of Turkey. The Biga Peninsula is not only one of the most studied regions of Turkey by both native and foreigner geologists; but there are still many important basic geological questions. One of the contentious issues includes the character of a Lower Cretaceous to Eocene unit, which is previously considered as a subduction zone mélangé of Intra-Pontide ocean. Although this unit is referred with different names in Çetmi, Karabiga, Biga and Şarköy regions of the Peninsula (as Çetmi mélangé, Ballıkaya formation, Balıkkaya formation, Şarköy complex, and the Karagöl complex), the unit is considered to imply the same tectonic meaning. It is suggested that this Lower Cretaceous–Paleocene unit represents a typical accretionary prism character.

Recent field campaign on this blocky-mélangé unit in different parts of the Peninsula demonstrates that the unit is represented by different sequences with diverse stratigraphy and that they cannot be considered as the continuation of the same unit. Indeed, Jurassic clastics rest unconformably on the metamorphic basement in Gönen; the sequence passes into Mesozoic carbonates, which then changes upward into a blocky chaotic complex, considered as equivalent of Çetmi mélangé of Late Cretaceous age. Similarly, an upper Cretaceous–Paleocene blocky unit exposed around Biga is evaluated as the Çetmi mélangé. In its type locality around Çetmi village, the Çetmi mélangé is represented by a lower Cretaceous blocky unit, consisting of limestone, chert, and sandstone blocks within a sedimentary matrix (sandstone-shale) and directly tectonically overlies the Kazdağ Massif. On the other hand, around Karabiga the same unit unconformably overlies the metamorphic basement. In the Şarköy outcrops, serpentinite and blueschist blocks are occurred in a Paleocene–Eocene sedimentary matrix composed mainly of sandstone, marl, and conglomerate.

**Key Words:** mélangé, Mesozoic, Tertiary, Biga Peninsula

## Biga Yarımadası Kuzeyinde (KB Türkiye) Geç Kretase Yaşlı Yüksek Basınç Metamorfizması ve Bunun İç-Pontid Okyanusu'nun Evrimi Açısından Önemi

Mesut Aygül<sup>1</sup>, Gültekin Topuz<sup>1</sup> ve Muharrem Satır<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, 80626 Ayazağa, İstanbul  
(E-posta: aygulm@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56,  
D-72074 Tübingen, Germany*

Biga Yarımadası'nın kuzeybatısı Rodop-Istranca ile Sakarya zonları arasındaki kenet zonuna karşılık gelmektedir. Kenet zonu, yüksek basınç metamorfizmaları, ofiyolitik yığışım karmaşıkları ve ofiyolitler tarafından işaretlenmekte ve İç-Pontid Okyanusu'nun izini tanımlamaktadır. Kemer yöresi (Biga, Çanakkale) yüksek-basınç kayaları ve ofiyolitik yığışım karmaşığının yan yana görüldüğü önemli bir alandır. Bu tebliğin amacı, Kemer Metamorfizmaları'nın arazi ilişkilerini, başkalaşım koşullarını ve yaşını tanımlamak ve elde edilen veriler ışığında İç-Pontid Okyanusu'nun jeolojik evrimini tartışmaktır.

Kemer Metamorfizmaları baskın olarak mikaşist, kalkışist, mermer ile az oranda metabazit ve metaserpantinitle oluşmaktadır. Mikaşistler granat, fengit (3,30–3,44 c.p.f.u.), paragonit, albit, epidot, klorit ve titanit minerallerini içermektedir. Metabazitler ise granat, barrosit, epidot, albit, klorit ve titanit minerallerini kapsamaktadır. Başkalaşım koşulları, 550 ± 50 °C sıcaklık ve 8–14 kbar basınç olarak sınırlandırılmıştır.

Kemer Metamorfizmaları güney sınırında bir okyanusal yığışım karmaşasıyla tektonik dokanaktır. Bu okyanusal yığışım karmaşası, makaslanmış kayrak nitelikli bir matrikse sahip olup, serpantin, kireçtaşı, kumtaşı, radyolarit, bazalt, metabazalt ve mermer blokları içermektedir. Bazı metabazit bloklarında, mavişist fasiyesi koşullarına maruz kaldığını gösteren Na-amfiboller gözlenmektedir.

Yüksek basınç başkalaşımının yaşını sınırlandırmak için, dört granat-mikaşist örneğinden seçilen fengitler üzerinde Rb-Sr yaş tayini yapılmıştır. Bu yaş tayinleri, 64 ile 84 My arasında saçılmakta ve Kemer yöresinde yüksek basınç başkalaşımının Geç Kretase'de gerçekleşmiş olduğunu göstermektedir.

Biga Yarımadası'ndaki ve Güney Trakya'daki Geç Kretase yaşlı yüksek basınç metamorfizmaları, Üst Kretase döneminde İç-Pontid okyanusunun açık olduğunu ve kuzeydeki Rodop-Istranca kıtasal alanının eklenme ile yanal olarak büyümüş olduğunu belgelemektedir. Yüksek-basınç metamorfizmaları ve yığışım karmaşasının Eosen yaşlı volkanitler ve volkano-klastitler tarafından örtülmesi ve Eosen (~52 My) graniti tarafından kesilmesi de mevcut okyanusal alanın kapanmasını, Geç Kretase ile Erken Eosen arası olarak sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte, son çalışmalar İç-Pontid Okyanusu'nun daha doğuda (>150 km) İstanbul ile Sakarya zonlarını ayıran kesimi Erken Kretase'de kapanmış olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, Geç Kretase döneminde İç-Pontid Okyanusu doğuya doğru daralan bir körfez oluşturmaktaydı.

**Anahtar Sözcükler:** İç-Pontid okyanusu, jeodinamik, yüksek-basınç metamorfizması, yığışım karmaşığı, jeokronoloji



## Late Cretaceous High-Pressure Metamorphism in Northern Biga Peninsula (NW Turkey): Implications for the Evolution of the Intra-Pontide Ocean

Mesut Aygül<sup>1</sup>, Gültekin Topuz<sup>1</sup> & Muharrem Satır<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa, TR-80626 İstanbul, Turkey (E-mail: aygulm@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Universität Tübingen, Institut für Geowissenschaften, Wilhelmstrasse 56, D-72074 Tübingen, Germany*

---

Northwestern part of the Biga Peninsula corresponds to the suture zone between the the Rhodope-Strandja and Sakarya zones, and represents the traces of the so-called Intra-Pontide ocean. This suture zone is marked by the presence of high-pressure metamorphic rocks, oceanic accretionary complexes and ophiolites. The Kemer region is one of the main areas where high-pressure rocks and an oceanic accretionary complex are widely exposed. The main objective of this contribution is to outline the field relations, metamorphic conditions and the age of the high-pressure metamorphism. All these data will be discussed in terms of the evolution of the Intra-Pontide ocean.

The Kemer metamorphic rocks comprise predominantly micaschists, calcschists, marble and subordinately metabasites and metaserpentinites. The micaschists contain garnet, phengite (3.30–3.44 c.p.f.u.), paragonite, albite, epidote, chlorite and titanite. The metabasites consist of garnet, barroisite, epidote, albite, chlorite and titanite. Metamorphic conditions are constrained as  $550 \pm 50$  °C temperature and 8–14 kbar pressure.

To the south, the Kemer metamorphics are in tectonic contact with an oceanic accretionary complex. This oceanic accretionary complex has a sheared slaty matrix, and includes blocks of serpentinite, limestone, sandstone, radiolarite, basalt, metabasalt and marble. Some of the metabasalt blocks contain Na-amphibole, testifying that some blocks underwent blueschist-facies metamorphism.

To constrain the timing of high-pressure metamorphism, Rb-Sr phengite-whole rock dating were performed on four garnet-micaschist samples. The ages scatter between 64 and 84 Ma and suggest that the high-pressure metamorphism in the Kemer region occurred during late Cretaceous.

Late Cretaceous high-pressure metamorphism in southern Thrace and northwestern Biga Peninsula documents that the Intra-Pontide Ocean was still open during the Late Cretaceous time, and the continental domain of the Rhodope-Strandja grew laterally due to accretion. The fact that both the high-pressure metamorphics and accretionary complex are unconf ormably overlain by Eocene volcanics and volcano-clastics and crosscut by Early Eocene granite (~52 Ma) constrains the closure of the Intra-Pontide Ocean between late Cretaceous and early Eocene. On the other hand, the Intra-Pontide Ocean closed during Early Cretaceous in the east (>150 km), in part separating the Istanbul and Sakarya zones, as revealed by the recent studies. This suggests that the Intra-Pontide ocean formed an easterly narrowing embayment.

**Key Words:** Intra-Pontide ocean, geodynamic, high-pressure metamorphism, accretionary complex, geochronology

**İstanbul ve Sakarya Zonlarının Batı Kesiminin Geç Kretase–Eosen'deki Evrimi**Zahide Özgürüş<sup>1</sup>, Aral I. Okay<sup>1</sup> ve Ercan Özcan<sup>2</sup><sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü,  
34469 Maslak, İstanbul (E-posta: ozgorusz@itu.edu.tr)*<sup>2</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Maslak 34469, İstanbul*

Pontid-İçi okyanusu ile ayrıldığı farz edilen İstanbul ve Sakarya zonlarının ne zaman ve nasıl biraraya geldikleri konusunda jeolojik veri kısıtlıdır. Bu konuyu aydınlığa kavuşturmak amacı ile Karadeniz sahil şeridi (Şile-Kaynarca) ile Bursa arasında yer alan bölgede çok sayıda Üst Kretase–Eosen stratigrafik kesitleri ölçülmüştür. Kocaeli Yarımadası'nda Paleozoyik ve Triyas yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelen Üst Kretase istifi, yarımada'nın kuzey ve güney kesimlerinde farklılıklar göstermektedir. Kuzey kesimde Üst Kretase istifi, Santoniyen–Kampaniyen yaşlı volkanik ağırlıklı bir istif olan Yemişliçay Formasyonu ile başlamakta ve Kampaniyen–Tanesiye'n yaşlı pelajik kireçtaşlarından oluşan Akveren Formasyonu ile devam etmektedir. Güney kesimde ise Yemişliçay Formasyonu görülmemekte ve Üst Kretase sadece Akveren Formasyonu ile temsil edilmektedir. Kocaeli Yarımadası'nda Paleosen yaşlı birimler üzerine türbiditik çökellerden oluşan Erken Kuiziyen yaşlı Çaycuma Formasyonu uyumlu olarak gelmektedir.

Armutlu Yarımadasında Üst Kretase–Eosen istifi altta Erken Kampaniyen yaşlı konglomera, silttaşı ve marnlardan ve bunları üzerleyen Orta Kampaniyen–Tanesiye'n yaşlı Akveren Formasyonu'nun pelajik kireçtaşlarından oluşmaktadır. Armutlu Yarımadası'nın güneyine doğru Akveren Formasyonu'nun pelajik kireçtaşları kalsitürbiditlere geçiş göstermektedir. Üst Kretase–Paleosen istifleri üzerinde Armutlu yarımadasında volkanik arakatlı türbiditlerden oluşan Çaycuma Formasyonu yer almaktadır.

İznik gölü ile Bursa arasında kalan kesimde Üst Kretase istifi, Triyas yaşlı temel üzerine uyumsuz olarak gelen Orta Turoniyen–Santoniyen yaşlı pelajik kireçtaşlarından oluşan Vezirhan Formasyonu ile başlamakta ve tipik bir fliş istifinden oluşan Santoniyen–Maastrichtiyen yaşlı Gölpazarı grubu ile devam etmektedir. Vezirhan Formasyonu içerisinde bol miktarda yer alan Bilecik kireçtaşı olistolitleri çökme sırasında bölgenin tektonik açıdan aktif olduğunu göstermektedir. İznik gölü ile Bursa arasında kalan kesimde Kampaniyen–Maastrichtiyen yaşlı fliş istifi üzerine Erken Kuiziyen yaşlı akarsu çökelleri uyumsuz olarak gelmektedir. Bu bölgede Erken Kuiziyen'de transgresyonun başlaması ile birlikte yeni bir çökme dönemi başlamış ve Erken Kuiziyen–Erken Lütseyen yaşlı volkanik katlı yer yer karasal sığ denizel bir istif çökelmiştir.

Karadeniz sahil şeridi (Şile-Kaynarca) ile Bursa arasında yer alan bölgede Üst Kretase–Eosen istiflerinin beraberce incelendiğinde Geç Kretase'de kuzeyde pelajik karbonat çökliminden güneye doğru kalsitürbiditlere ve silisiklastik flişe bir yanal geçiş olduğu ortaya çıkmaktadır. Eosen'de ise bölgede genelde fliş çökeliği gözlenmektedir. Üst Kretase–Eosen istiflerinin yanal olarak deneştirilebilmesi İstanbul ve Sakarya zonlarının Kampaniyen öncesi biraraya geldiğine işaret etmektedir. Armutlu Yarımadası'ndan elde edilen son jeokronolojik veriler de (Kenan Akbayram sözlü görüşme) bu iki tektonik zonun Erken Kretase'de biraraya geldiğini göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Üst Kretase, Paleosen, Eosen, İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, Pontid-İçi kenedi

## Late Cretaceous–Eocene Evolution of the Western Margins of the İstanbul and Sakarya Zones

Zahide Özgörüş<sup>1</sup>, Aral I. Okay<sup>1</sup> & Ercan Özcan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak,  
TR–34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: ozgorusz@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Maslak,  
TR–34469 İstanbul, Türkiye*

The İstanbul and Sakarya zones of the Pontides are believed to be separated by the Intra-Pontide suture. However, data on the age of opening and closure of the Intra-Pontide ocean are very scarce. To constrain this problem several Upper Cretaceous–Eocene stratigraphic sections have been measured in an area stretching from the Black Sea (Şile-Kaynarca) to Bursa encompassing both the İstanbul and Sakarya zones.

In the Kocaeli Peninsula the Upper Cretaceous series, which lie unconformably over the Palaeozoic and Triassic rocks, show lateral changes. In the north the Cretaceous sequence starts with volcanic dominated Yemişliçay Formation of Santonian–Campanian age and passes up into Campanian–Thanetian pelagic limestones of the Yemişliçay Formation. The Yemişliçay Formation is absent in the southern parts of the Kocaeli Peninsula, and the Upper Cretaceous is only represented by the Akveren Formation. The Akveren Formation is overlain conformably by the siliciclastic turbidites of the Çaycuma Formation of Early Cuisian age.

In the Armutlu Peninsula the Upper Cretaceous–Eocene sequence starts at the base by Lower Campanian conglomerate, siltstone, marn, which are overlain by the Middle Campanian–Thanetian pelagic limestones of the Akveren Formation. In the southern part of the Armutlu Peninsula the pelagic limestones of the Akveren Formation pass into calciturbidites. The Upper Cretaceous–Paleocene rocks of the Armutlu Peninsula are overlain by the turbidites and volcanic rocks of the Eocene Çaycuma Foation.

In the region between the İznik Lake and Bursa the Upper Cretaceous sequence starts with pelagic limestones of Middle Turonian–Santonian age (Vezirhan Formation), which lie unconformably over the Triassic basement. The Vezirhan Formation includes voluminous olistoliths of Jurassic limestone and passes up into a siliciclastic flysch of Santonian–Maastrichtian age (Gölpazarı Group). Lower Cuisian fluvial deposits lie unconformably over the Gölpazarı Group. In this region the Early Cuisian marks the base of a new transgression and the sequence develops into a Lower Cuisian–Lower Lutetian continental to shallow marine clastic series.

When the Upper Cretaceous–Eocene sequences between the Black Sea and Bursa are considered together, it is seen that in the Late Cretaceous pelagic limestone deposition in the north gives way southward into calciturbidites and to siliciclastic flysch deposition. The observation that these sequences can be laterally correlated indicate that the İstanbul and Sakarya zones were joined before the Campanian. The latest geochronological results from the Armutlu peninsula (Kenan Akbayram oral communication) indicate that these two zones were joined during the Early Cretaceous.

**Key Words:** Upper Cretaceous, Paleocene, Eocene, İstanbul Zone, Sakarya Zone, Intra-Pontide suture

## **Almacık Mafik-ultramafik Kompleksi: İstanbul Bloğu'nun Tabanındaki Çele Meta-ofiyolitinin Bir Parçası veya Buna Komşu Sakarya Kabuk Altı Mantosu, KB Türkiye**

John A. Winchester<sup>1</sup>, Erdin Bozkurt<sup>2</sup>, Erdinç Yiğitbaş<sup>3</sup>, Muharrem Satır<sup>4</sup>,  
Quentin G. Crowley<sup>5</sup> ve Christopher J. Ottley<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Earth Science & Geography, School of Physical and Geographical Sciences,  
Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK*

*Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–06531 Ankara  
(E-posta: erdinbozkurt@metu.edu.tr)*

<sup>3</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, TR–17000 Çanakkale*

<sup>4</sup> *Department of Earth Sciences, University of Tübingen, D-72074 Germany*

<sup>5</sup> *NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, UK*

<sup>6</sup> *Department of Geological Sciences, South Road, Durham DH1 3LE, UK*

Almacık dağının güney yamaçlarında açılmış olan yeni yol yarmalarında, düşük dereceli metamorfik bimodal volkanitlerle faylı dokanak ilişkisi sunan, ultramafik (harzburjitik ve websteritik) ve mafik kaya türlerinden oluşan amfibolit fasiyesinde metamorfik bir kompleksin mostraları görülür. Bu kompleksin doğu kesimini oluşturan ada yayı meta-toleyitleri ile geçiş tipinden kalk-alkalene değişen türdeki metabazitler kimyasal olarak Proterozoyik yaşlı Çele meta-ofiyolitine çok benzer niteliktedir. Bu nedenle Almacık kompleksi, önceki çalışmalarda, Çele meta-ofiyolitinin Kuzey Anadolu Fayı boyunca parçalanarak birbirinden ayrılmış bir parçası olarak değerlendirilmiştir. Almacık yol kesitinin önemli bir kesiminde, yapısal olarak daha alt ve kimyasal olarak farklı mafik ve ultramafik kayalar mostra verir. Bu nedenle Almacık kompleksi, ters fay dilimleriyle parçalanmış bir dalma-batma üstü ofiyoliti olarak değerlendirilir.

Çele meta-ofiyolitini kesen granitik kayalardan alınmış olan geç Proterozoik yaşlar plajiyogranitlerden alınabilmiş değildir. Plajiyogranitlerden elde edilen yaşlar, bu kayaların geç Permian'de oluştuğunu ve Paleotetis'in kapanması esnasında yüksek amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğradığını işaret etmektedir. Bundan da öte, bu kayalardan elde edilen ve İstanbul bloğundakilere benzemeyen bazı kalıntı yaşlar, Avalonian temelden ziyade Armorikan tip bir temelle (böylece Sakarya zonu ile) alakalı olduğunu işaret etmektedir.

Yol yarması boyunca mafik ve ultramafik kayaların aralanması ve ultramafik kayaların her bir mostrasının batısındaki münferit yüksek yamulma zonlarının varlığı, yapısal bir tekrarlanmayı işaret eder. Yüksek dereceli metamorfizmanın varlığı ve bunun yanısıra ekstrüzyon lavlar ya da levha dayklarının bulunmaması, Almacık kompleksinin bir kesiminin ofiyolit olmayabileceğini, bunun yerine İstanbul bloğu ile çarpışıp onun altına itilmesiyle metamorfizmaya uğrayan Sakarya bloğunun kıta altı temeli olarak Permian'de oluşmuş olabileceğini işaret eder. Sıkışmanın son döneminde, Jura'da, bu kayaları içeren bir horst bloğu İstanbul bloğunun güney kenarına karşı yükselmiş olmalıdır. İstanbul bloğu içinde yüksek dereceli Jura metamorfizmasının olmaması ayrıca İstanbul bloğunun Sakarya üzerine bindirmiş olduğunu da işaret eder.

**Anahtar Sözcükler:** ultramafik, metaofiyolit, İstanbul Bloğu, Sakarya Bloğu, Kuzeybatı Türkiye

## The Almacık Mafic-ultramafic Complex: Either a Detached Portion of the İstanbul Block Basement Çele Meta-ophiolite or Sakarya Subcrustal Mantle Adjacent to the İstanbul Block, NW Turkey

John A. Winchester<sup>1</sup>, Erdin Bozkurt<sup>2</sup>, Erdiñ Yiğitbaş<sup>3</sup>, Muharrem Satır<sup>4</sup>,  
Quentin G. Crowley<sup>5</sup> & Christopher J. Ottley<sup>6</sup>

<sup>1</sup> *Earth Science & Geography, School of Physical and Geographical Sciences,  
Keele University, Staffordshire ST5 5BG, UK*

<sup>2</sup> *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–06531 Ankara, Türkiye  
(E-mail: erdinbozkurt@metu.edu.tr)*

<sup>3</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, TR–17000 Çanakkale, Türkiye*

<sup>4</sup> *Department of Earth Sciences, University of Tübingen, D-72074 Germany*

<sup>5</sup> *NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, UK*

<sup>6</sup> *Department of Geological Sciences, South Road, Durham DH1 3LE, UK*

New road cuttings south of the Almacık Mountains expose an amphibolite facies complex consisting of alternating ultramafic (harzburgitic and websteritic) and mafic rock types in faulted contact with low grade bimodal volcanics. The eastern part of this complex contains island arc meta-tholeiites and transitional to calc-alkaline metabasites chemically quite similar to those of the Proterozoic Çele meta-ophiolite. This led early studies to suggest equivalence, with the Almacık Complex interpreted as a part of the Proterozoic Çele meta-ophiolite, detached by recent movements along splays of the North Anatolian Fault. Much of the Almacık section exposes structurally deeper and chemically different mafic and ultramafic rocks, with no exposed equivalent in the Çele meta-ophiolite, and this led to an interpretation of the Almacık Complex as a supra-subductional ophiolite, structurally telescoped to form a series of superimposed thrust sheets.

However, isotopic dating of plagiogranites has not yielded late Proterozoic dates equivalent to those of granitic rocks which cut the Çele meta-ophiolite. Dates obtained so far instead suggest that these rocks formed during the late Permian and underwent high amphibolite facies metamorphism at the time of Palaeotethys closure during the Jurassic. Furthermore, the sparse inherited ages of these rocks, unlike those from İstanbul Block granitoids, suggest a link with Armorican-type (and hence Sakarya), rather than Avalonian basement.

Alternating mafic and ultramafic rocks along the road section suggest structural repetition, supported by the exposure of discrete high-strain zones west of each outcrop of ultramafic rocks. The high grade of metamorphism, coupled with the lack of evidence for either extrusive lavas or sheeted dyke rocks suggest the possibility that a part of the Almacık complex was not an ophiolite, but formed instead in the Permian as subcontinental basement to the Sakarya Block, which was metamorphosed on collision with, and underthrusting beneath the İstanbul Block. A horst containing these rocks was then uplifted during a late stage of the compression against the southern margin of the İstanbul Block in the Jurassic. Lack of high grade Jurassic metamorphism in the adjacent İstanbul Block also suggests that it was overthrust over the Sakarya margin.

**Key Words:** ultramafic, metaophiolite, İstanbul Block, Sakarya Block, Northwest Turkey

## Armutlu Yarımadası ve Almacıkdağ Amfibolitik Kayaçları İçin İzotopik ve Jeokimyasal Sınırlamalar

Ömer Faruk Çelik<sup>1</sup>, Ömer Feyzi Gürer<sup>1</sup>, Ercan Aldanmaz<sup>1</sup>,  
Terry Spell<sup>2</sup> ve İlknur Öz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
41380 Kocaeli (E-posta: fcelik@kocaeli.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Department of Geoscience, University of Nevada, 4505 Las Vegas, USA*

Kuzeybatı Türkiye’de Armutlu yarımadası, Kuzey Anadolu Fayı’nın (KAF) iki ana kolu arasında sınırlanır. Armutlu Yarımadası, litolojik özellikleri ve yaşları birbirlerinden farklı kayaç topluluklarıyla temsil edilirler. Kayaç toplulukları arasındaki kontak ilişkileri genellikle tektoniktir.

Armutlu Yarımadası güneyinde (Geyve Boğazı – Pamukova) ve daha doğuda Almacıkdağ’ı civarında yeralan metamorfik kayaçlar genel olarak masif, ince taneli, kaba taneli ve bantlı amfibolitik/gnaysik kayaçlar şeklinde tanımlanmıştır. Amfibolitik kayaçlar genel olarak amfibol + plajiyoklaz ± piroksen ± granat ± epidot ± biyotit ± klorit ± ilmenit ± kuvars minerallerinden oluşmakta olup granoblastik, granonematoblastik ve porfiroblastik dokularla temsil edilirler.

Tüm kaya ana, iz ve nadir toprak elementleri analizlerine göre amfibolitik kayaçların ada yayı toleyitleri (IAT), okyanus ortası sırtı bazaltları (MORB) ve okyanus adası bazaltları (OIB) benzeri jeokimyasal özelliklere sahip oldukları belirlenmiştir. <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr ve <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd izotop oranları metamorfik kayaçların protolitlerinin bir bölümünün ya kıtasal kabuktan ya da yitim zonuna katılan sedimanlardan etkilendikleri fikrini vermiştir.

Amfibolitik kayaçlardan yapılan mineral kimyası çalışmalarına göre, amfibol mineralleri genel olarak kalsik amfibol özelliğinde olup başlıca magnezyumlu-hornblend, çermakit, aktinolit-hornblend ve aktinolitlerle temsil edilirler. Aynı kayaçlardan plajiyoklaslar albit ve bitovnit arası bileşimlere sahiptir.

Pamukova, Geyve Boğazı ve Almacıkdağ amfibolitik kayaçlarının mineral bileşimlerine dayalı jeotermobarometre çalışmaları, metamorfizma esnasındaki sıcaklığın 600–720 °C ve basınç değerlerinin yaklaşık 5–6 kb civarında olduğunu göstermiştir.

Amfibolitik kayaçların amfibollerinden <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar ölçümleri ile kabaca 160 ve 220 Myl yaş verileri elde edilmiştir. Belirlenen bu yaşlar metamorfik kayaçların soğuma yaşları olarak değerlendirilmiştir. Bu yaş verilerine göre bölgedeki metamorfik kayaçların köken kayaçları iki ayrı metamorfizmadan metamorfize olmuş olmalıdır.

**Anahtar Sözcükler:** Geyve, Pamukova, Karakaya, metamorfizma, jeokimya, izotop, jeokronoloji

## Isotopic and Geochemical Constraints for the Amphibolitic Rocks of Armutlu Peninsula and Almacıkdağ

Ömer Faruk Çelik<sup>1</sup>, Ömer Feyzi Gürer<sup>1</sup>, Ercan Aldanmaz<sup>1</sup>,  
Terry Spell<sup>2</sup> & İlknur Öz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
TR-41380 Kocaeli, Turkey (E-mail: fcelik@kocaeli.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Department of Geoscience, University of Nevada, 4505 Las Vegas, USA*

The Armutlu peninsula in NW Turkey is located between two main branches of the Northern Anatolian Fault. The Armutlu Peninsula is represented by the rock units of which their lithological properties and age relations are different from each other. The contact relationships between the rock units are generally tectonic.

The metamorphic rocks located in the southern part of the Armutlu Peninsula (Geyve Gorge – Pamukova) and the further east around Almacıkdağ were commonly defined as the massive, fine grained, coarse grained and banded amphibolitic/gneissic rocks. The amphibolitic rocks consist mainly of amphibole + plagioclase ± garnet ± epidote ± biotite ± chlorite ± ilmenite ± quartz minerals. They are represented by granoblastic, granonematoblastic, porphyroblastic textures.

Whole rock major, trace and REE analyses indicate that the amphibolitic rocks have the island arc tholeiites (IAT), mid-ocean ridge basalts (MORB) and the ocean island basalts (OIB)-like geochemistry. <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr and <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd isotope ratios from protoliths of one part of the metamorphic rocks suggest that they were affected by either crustal contamination or contribution of sediments into the subduction zone.

All amphiboles from the amphibolitic rocks have calcic amphibole compositions based on mineral chemistry studies. They are mainly represented by magnesio-hornblende, tschermakite, actinolite-hornblende and actinolite. Plagioclase compositions from the same rocks range from albite to bytownite.

Geothermobarometric studies based on chemical compositions of minerals in the amphibolitic rocks from Pamukova, Geyve Gorge and Almacıkdağ indicate that the metamorphic temperature during the metamorphism was between 600–720 °C and the pressure was around 5–6 kbar.

<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar measurements for amphiboles from the amphibolitic rocks yielded roughly 160 and 220 My. These ages were interpreted as the cooling ages of the metamorphic rocks. According to these age data, protoliths of the metamorphic rocks in the region should be metamorphosed from the two different metamorphism.

**Key Words:** Geyve, Pamukova, Karakaya, metamorphism, geochemistry, isotope, geochronology

## Armutlu Yarımadası'ndaki Pontid-İçi Kenet Zonu'ndan Yeni U-Pb Ve Rb-Sr Yaşları; Erken Kretase'de Kıta-Kıta Çarpışması

Kenan Akbayram<sup>1,2</sup>, Aral I. Okay<sup>1</sup>, Muharrem Satır<sup>2</sup> ve Gültekin Topuz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul  
(E-posta: akbayram@itu.edu.tr)

<sup>2</sup> Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, D-72074 Tübingen, Germany

Pontid-İçi kenedi ile ayrılan İstanbul ve Sakarya zonları farklı stratigrafilere, dolayısıyla farklı jeolojik geçmişlere sahiptir. İstanbul Zonu Geç Prekambriyen yaşta (570 My) bir kristalen temel ve bu temel üzerinde yer alan pasif kıta kenarı özelliği gösteren bir Paleozoyik istiftten oluşur. Sakarya Zonu is Karbonifer'de (330–310 My) yüksek sıcaklık metamorfizması geçirmiş bir temel içerir, ayrıca Sakarya Zonu'nda, Paleozoyik'te granitik plutonizma görülmektedir. Çalışmamız kapsamında, Armutlu Yarımadası'ndan Pontid-İçi kenet kuşağında yapılan arazi, petrolojik ve jeokronolojik çalışmalar Sakarya ve İstanbul zonlarının Erken Kretase'de çarpıştıklarına işaret etmektedir.

Armutlu Yarımadası doğu kesiminde Sapanca Gölü güneyinde, kuzeybatıya eğimli bindirme düzlemleriyle birbirinden ayrılan üç ana tektonostratigrafik birim bulunmaktadır. Bindirme yığınının en üstünde amfibolit, metaperidodit, metapiroksenit ve gnaysdan oluşan, amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş, Proterozoyik yaşlı bir metaofiyolit yer alır. Bu metaofiyolit İstanbul Zonu'nun temelinin bir parçasını temsil etmektedir. Metaofiyolit birimi metabazit, metaçört, sleyt ve serpantinitten oluşan Kretase yaşlı bir eklenir prizmanın üzerine bindirmiştir. Bindirme yığınının en alt tektonik birimi ise; yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metakumtaşı, sleyt, fillit ve mermerden oluşmaktadır.

Yeni U/Pb yaşları metaofiyolit içerisindeki gnayslardan ve çökeltme ve metamorfizma yaşı bilinmeyen metasedimanter birimden elde edilmiştir. Metakumtaşlarından elde edilen U/Pb klastik zirkon yaşları 500–317 My aralığındadır. Bu verilere göre metasedimanter birimin çökeltmesi; Karbonifer'den sonra (316±2,4 My) gerçekleşmiştir.

Metasedimanter birimin ve ofiyolitik temelin Rb-Sr muskovit ve biyotit yaşları Erken Kretase (138-111 My) vermektedir. Metakumtaşlarından elde edilen Rb-Sr muskovit yaşları (138±1,5 My) bu birimin metamorfizma yaşını temsil eder. Proterozoyik temelin gnayslarından alınan biyotitlerin Rb-Sr Kretase soğuma yaşları ise (111,3±1,1 My), temelin bu dönemde yeniden ısınmasına neden olan bir tektonizma yaşadığını göstermektedir. Farklı birimlerden elde edilen Erken Kretase yaşları, İstanbul ve Sakarya zonlarının çarpışmasına bağlı olarak gelişen bir metamorfizmanın yaşı olarak yorumluyoruz.

**Anahtar Sözcükler:** Pontid-İçi kenedi, İstanbul Zonu, Sakarya Zonu, U-Pb zirkon yaşı, Rb-Sr mika yaşı



## New U-Pb and Rb-Sr Ages from Northwest Turkey: Early Cretaceous Continental Collision in the Western Pontides

Kenan Akbayram<sup>1,2</sup>, Aral I. Okay<sup>1</sup>, Muharrem Satır<sup>2</sup> & Gültekin Topuz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak,*

*TR-34469 İstanbul, Türkiye (E-mail: akbayram@itu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Institut für Geowissenschaften, Universität Tübingen, D-72074 Tübingen, Germany*

We provide new isotopic data from the Intra-Pontide Suture Zone, which indicate Early Cretaceous collision between the Sakarya and İstanbul terranes following the consumption of the Intra-Pontide Ocean. The study area is located south of Sapanca Lake between the İstanbul and Sakarya terranes in northwest Turkey. These two terranes show different geological histories, as reflected in their stratigraphic record, and are juxtaposed along the Intra-Pontide suture. The new U/Pb zircon and Rb/Sr mica ages come from south of the Sapanca Lake, south of the North Anatolian Fault in northwest Turkey. The İstanbul terrane has a late Proterozoic basement overlain by a sedimentary sequence of Ordovician to Carboniferous age. The Sakarya terrane is characterized by Carboniferous (330–310 Ma) high temperature metamorphism, Palaeozoic granitic plutonism and by the presence of Palaeo-Tethyan subduction-accretion units.

South of the Sapanca Lake, three main tectonostratigraphic units have been differentiated forming a northeastward dipping thrust stack. At the top of the thrust stack is an amphibolite-facies metamorphic unit consisting of an intercalation of amphibolite, metaperidotite, metapyroxenite and gneiss representing a Proterozoic metaophiolite in the basement of the İstanbul Zone. This old metaophiolite is underlain by a Cretaceous accretionary complex of metabasite, metachert, slate and serpentinite. The lowermost tectonic unit in the thrust stack is a metasandstone, slate, phyllite and marble unit metamorphosed in greenschist facies.

Our U/Pb geochronological data comes from the basement gneisses and the metasedimentary unit. The age of deposition and metamorphism of this metasedimentary unit were not constrained. The U/Pb ages of the clastic zircons from metasandstones are between 500–317 Ma. These new clastic zircon ages from the metasedimentary unit show that deposition of the sandstones must be later than Carboniferous (316±2.4 Ma).

The Rb-Sr muscovite and biotite ages from metasedimentary unit and the basement gneisses give Early Cretaceous (138–111 Ma) ages. The muscovite ages of metasandstones are 138±1.5 Ma represents the metamorphic age of metasedimentary unit and the biotite Cretaceous cooling age of 111.3±1.1 Ma from the reheating of the Proterozoic basement. The new Rb/Sr ages indicate that the collision between the İstanbul and Sakarya terranes occurred during the Early Cretaceous.

**Key Words:** Intra-Pontide suture, İstanbul Zone, Sakarya Zone, U-Pb zircon ages, Rb-Sr mica ages

## Doğu Pontidlerin (Artvin Çevresi) Geç Paleozoyik–Erken Senozoyik Tektonik Gelişimi: Avrasya Güney Kenarı Boyunca Tetis’in Kapanma Aşamaları

Timur Ustaömer<sup>1</sup> ve Alastair H.F. Robertson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, 34850 Avcılar, İstanbul  
(E-posta: timur@istanbul.edu.tr)*

<sup>2</sup> *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh,  
EH9 3JW UK*

Artvin çevresinde yüzeyleyen Erken KarboniferEosen yaşlı birimler, güney Avrasya aktif kıta kenarının gelişimini belgeler. Bu alandaki en yaşlı kayalar, bölgesel olarak şist ve gnayslara sıcak dokanaklar ile sokulan Erken Karbonifer yaşlı granitlerdir. Kıta kenarı, Erken–Orta Jura döneminde tüm Pontid kuşağı boyunca riftleşmiştir (D–B yönünde > 1000 km). Artvin bölgesinde rift havzasının çökmesi sonucu, havza içine terijen moloz akıntıları, türbiditler ve derin denizel radyolaryalı çamurlar çökelmiş, yerel olarak, kimyasal olarak zenginleşmiş bazaltlar püskürerek istife katılmıştır. Rift içinde, yitim bileşeni içeren, bazik, ortaç ve yerel olarak asidik bileşimli dayk kümeleri yüksek dereceli metamorfik temel içine yerleşmiştir. Rift içindeki bir temel yükselimi (horst) kondanse, ammonit içeren pelajik fasiyes ile örtülmüştür. Büyük hacimli, yitim bileşenli bazaltlar, gerilmeli havza gelişiminin ileri aşamasında (Orta Jura) püskürmüş, volkaniklastik sedimentasyon volkanizmaya eşlik etmiştir. Havza, geç Orta Jura yaşlı ‘Neo-Kimmeriyen’ deformasyonları sonucunda stratigrafik olarak terslenmiştir. Bunun sonucunda havza dolgusu kısmen aşınmış ve daha sonra yerel olarak, zenginleşmiş (yitim zonundan etkilenmemiş) bazaltların da eşlik ettiği Üst Jura yaşlı karasal ve sığ denizel çökeller ile örtülmüştür.

Kıta kenarı Geç Jura–Erken Kretase döneminde çökmüş ve pelajik karbonatlar ile terijen, biyojenik ve volkaniklastik gravite akıntısı çökelleri havza içine çökelmeye başlamıştır. Geç Kretase sırasında meydana gelen yitim, doğu Pontid magmatik yayının ve güney alanlarda, kalın bir yay önü volkaniklastik çökel prizmasınının oluşumunu sağlamıştır. Geç Kretase sırasında güneydeki Neotetis içinde yitim zonu üstü türü ofiyolitler ve yığışım melanjı oluşmuş ve en geç Kretasede kuzeye doğru Pontid aktif kıta kenarı üzerine yerleşmiştir. Orta Eosen dönemindeki kıtasal çarpışma, aktif kenarın distal bölümlerinin kuzeye doğru, doğu Pontid kıtasal temeli üzerine yerleşmesine neden olmuştur. Artvin bölgesinin jeolojik evrimi daha batı Pontidler ve doğudaki güney ve kuzey Transkafkasların evrimi ile deneştirilebilir. Tercih ettiğimiz tektonik model, Tetis’in uzun süreli, aşamalı, kuzeye yitimini öngörmektedir. Ayrıca, D Pontidlerde Paleotetis ofiyolitlerinin varlığına ilişkin herhangi bir bulguya rastlanılmamıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Artvin, Doğu Pontitler, Tetis, tektonostratigrafi, magmatik jeokimya, sediment

## Late Palaeozoic–Early Cenozoic Tectonic Development of the Eastern Pontides, (Artvin Area): Stages of Closure of Tethys Along the Southern Margin of Eurasia

Timur Ustaömer<sup>1</sup> & Alastair H.F. Robertson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Üniversitesi, Avcılar,  
TR-34850 İstanbul, Türkiye (E-mail: timur@istanbul.edu.tr)*

<sup>2</sup> *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh,  
EH9 3JW, UK*

Early Carboniferous–Eocene units exposed in the Artvin area document the development of the southerly, active continental margin of Eurasia. The oldest rocks exposed in the area are Early Carboniferous granites that regionally intrude schists and gneisses. The continental terrane rifted along the entire length of the Pontides (>1000 km E–W) during Early–Middle Jurassic. Subsidence of the rift basin in the Artvin area was accompanied by terrigenous debris flows, turbidites and deep-sea radiolarian muds, and was associated with local extrusion of chemically ‘enriched’ basalts. Swarms of subduction-influenced basic, intermediate, to locally silicic dykes, intruded high-grade metamorphic basement within the rift. A basement horst within the rift was covered by condensed pink ammonite-bearing pelagic facies. Large volumes of subduction-influenced basalts erupted during the later stages of extensional basin development (Mid-Jurassic), associated with volcanoclastic sedimentation. The Artvin Basin is interpreted as a supra-subduction rift associated with incipient arc magmatism. The basin was stratigraphically inverted in response to Late Middle Jurassic ‘Neo-Cimmerian’ deformation. It was then partially eroded and covered by Upper Jurassic continental, to shallow-marine sediments, together with localised eruption of ‘enriched’ (non-subduction-influenced) basalts.

The margin collapsed during Late Jurassic–Early Cretaceous, initiating deposition of pelagic carbonates and mixed terrigenous, biogenic and volcanoclastic gravity flows. Subduction during the Late Cretaceous then constructed the east Pontide magmatic arc and a thick volcanoclastic fore-arc apron to the south. Supra-subduction-type ophiolites and accretionary melange formed within Neotethys to the south during the Late Cretaceous and were emplaced regionally northwards onto the leading edge of the Pontide active continental margin during the latest Cretaceous. Continental collision during the Mid-Eocene telescoped the distal part of the active margin which was and emplaced northwards onto the east Pontide continental basement. The geological evolution of Artvin area correlates with the Pontides further west and with the southern and northern Transcaucasus to the east. Our favoured tectonic model involves long-lived, episodic, northward subduction of Tethys. Finally, there is no evidence of ‘Palaeotethyan’ ophiolites in the eastern Pontide region.

**Key Words:** Artvin, E Pontides, Tethys, tectono-stratigraphy, igneous geochemistry, sediments

## Detritik Zirkon (U-Pb-LA-ICP-MS) Jeokronoloji Verileriyle İstanbul Bloku'nda Tektonik Konum, Paleocoğrafya ve Kaynak Analizi Çalışmaları

Ulf Linnemann<sup>1</sup>, Kerstin Drost<sup>2</sup>, Erdin Bozkurt<sup>3</sup>, Erdinç Yiğitbaş<sup>4</sup> ve Aral I. Okay<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany*

*(E-posta: ulf.linnemann@snsd.smwk.sachsen.de; ulf.linnemann@senckenberg.de)*

<sup>2</sup> *AEON EarthLAB, Department of Geological Sciences, University of Cape Town, Rondebosch 7701, South Africa*

<sup>3</sup> *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara*

<sup>4</sup> *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 17000 Çanakkale*

<sup>5</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 34469 Maslak, İstanbul*

---

İstanbul Bloğu, Gondwana çevresinden türemiş olan Avalonian afiniteli bir ekzotik kuşak olarak tanımlanır. Türkiye'nin diğer jeolojik kuşaklarının tersine, bilinen herhangi bir Variskan metamorfik kayıt içermez. Ediacaran kalkalkalen metavolkanikleri içine sokulmuş olan Ediacaran plutonik kayaları 565–576 My yaşındadır. Kalkalkalen metavolkanikler amfibolit fasiyesinde metamorfizmaya uğramış mafik ve ultramafik kayalar üzerinde yer alır. Paleozoyik yaşlı birimler (İstanbul Paleozoyiği) Kambro-Ordovisiyen – Karbonifer aralığında gelişmiş kumtaşı, şeyl ve karbonat kayalarından oluşan pasif kıta kenarı çökelleri ile temsil edilir. Bu çalışmada, Kambro-Ordovisiyen, Siluriyen ve Devoniyen istifinin silisiklastik çökelleri içindeki detritik zirkonlardan LA-ICP-MS tekniği ile U ve Pb analizleri yapılmıştır. Detritik zirkon tanelerinde yapılan U-Pb yaşları; (1) Avalonian temel (2) Baltica ve (3) muhtemel Gondwana potansiyel kaynak alanlarını işaret etmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** İstanbul Bloğu, Avalonia, Baltica, Laurasia, Gondwana çevresi, zirkon, LA-ICP-MS, U-Pb jeokronolojisi

## The İstanbul Block – Provenance, Geotectonic Setting and Palaeogeography Constrained by U-Pb-LA-ICP-MS Geochronology of Detrital Zircon

Ulf Linnemann<sup>1</sup>, Kerstin Drost<sup>2</sup>, Erdin Bozkurt<sup>3</sup>, Erdinç Yiğitbaş<sup>4</sup> & Aral I. Okay<sup>5</sup>

<sup>1</sup> *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie,  
Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany*

*(E-mail: ulf.linnemann@snsd.smwk.sachsen.de; ulf.linnemann@senckenberg.de)*

<sup>2</sup> *AEON EarthLAB, Department of Geological Sciences, University of Cape Town,  
Rondebosch 7701, South Africa*

<sup>3</sup> *Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–06531 Ankara, Türkiye*

<sup>4</sup> *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR–17000 Çanakkale, Türkiye*

<sup>5</sup> *İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak, TR–34469 İstanbul, Türkiye*

---

The İstanbul Block is interpreted to be an exotic terrane of Avalonian affinity that was derived from the periphery of Gondwana. Unlike to the other Turkish terranes, a Variscan metamorphic event is not known. Ediacaran plutonic rocks are about 565–576 Ma old, which intrude Ediacaran calc-alkaline metavolcanics. The latter ones overlay amphibolite-facies mafic and subordinate ultramafic rocks. The geological record of Palaeozoic rocks (*‘İstanbul Palaeozoic’*) represents a passive margin sequence of conglomerates, sandstones, shales and carbonates in the range from the Cambro-Ordovician to the Lower Carboniferous. We have analysed detrital zircon grains from siliciclastic sediments of Cambro-Ordovician, Silurian, and Devonian strata using U and Pb isotopes by LA-ICP-MS (Laser Ablation combined with Inductive Coupled Mass Spectrometry). U-Pb ages of detrital zircon grains indicate potential source areas such as (1) the Avalonian Basement, (2) Baltica, and (3) probably Gondwana.

**Key Words:** İstanbul Block, Avalonia, Baltica, Laurasia, peri-Gondwana, zircon, LA-ICP-MS, U-Pb geochronology

**Pangea'nın Kumları – Orta Avrupa Triyasik, Jurasik ve Kretase Birimlerinde Yapılan Bir Örnek Çalışmada Detritik Zirkon (U-Pb-LA-ICP-MS) Jeokronolojisiyle Kumların Kaynağı ve Tektonik Anlamı Üzerine Veriler**

Mandy Hofmann<sup>1</sup>, Ulf Linnemann<sup>1</sup>, Thomas Voigt<sup>2</sup> ve Axel Gerdes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany  
(E-posta: mandy.hofmann@senckenberg.de)*

<sup>2</sup> *Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Burgweg 11, Jena, D-07749, Germany*

<sup>3</sup> *Institut für Geowissenschaften, Mineralogie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/M., Senckenberganlage 28, D-60054 Frankfurt/M., Germany*

Triyas dönemi süperkita Pangea'nın parçalanmaya başlaması ve sonrasındaki dönemi kapsar. Bu dönem; kaynağı tam olarak belirlenemeyen kumların kıta içlerinde olağanüstü miktarlarda biriktiği bir dönemdir. Bu çalışmada kullanılan örnekler Orta Avrupa'nın Triyas yaşlı karasal fasiyesteki ('Germanya tipi Triyas') kumtaşlarıdır. Buntsandstein (Alt Triyas) ve Keuper (Üst Triyas) birimlerinden elde edilen zirkon tanelerindeki U ve Pb izotopları LA-ICP-MS tekniği ile analiz edilmiştir. Buna göre detritik zirkon tanelerindeki U-Pb yaşları şu potansiyel kaynak alanları işaret etmektedir: (1) yerel Kadmien-Avaloniyen ve Variskan temel (2) Baltica ve (3) Gondwana. Permien dönemindeki gerilme ve ayrışma ile Triyas dönemindeki kuvvetli subsidans (çökme) Germanya tipi Triyas çökelleri içindeki yüzlerce metre kalın ve yaygın kumtaşlarının oluşmasına neden olmuştur. Pangea'nın parçalara ayrılması Orta Jura'da başlamıştır. Geç Jura'da Orta Atlantik okyanusu Afrika ve Kuzey Amerika'yı ayıran dar bir okyanus halindeydi. Kretase'de Kuzey Amerika hala Avrupa'ya bağlı iken Güney Atlantik okyanusu açılmıştır. Orta Avrupa; Avrupa kıtasal levhasının bir parçasıydı. Okyanus ortası sırtın yüksek yayılma hızı ve okyanus içi plato volkanizmasına bağlı olarak epikontinental şelfte geniş alanlar su altında kaldı. Triyas örneklerinin yanı sıra Avrupa'nın çeşitli lokasyonlarındaki Orta Jurasik ve Kretase birimlerindeki detritik zirkon taneleri de LA-ICP-MS U-Pb yaşları bakımından analiz edildi. Avrupa'nın Jurasik ve Kretase kumlarındaki bu detritik zirkon taneleri şu kayıtları işaret etmiştir; (1) Avrupa'nın Variskan temelinin yenilenmesini (2) Laurasia'dan detritik malzeme gelimini ve (3) Pangea'nın parçalanmasına bağlı olarak gelişen magmatik aktiviteyi yansıtan yaşları.

**Anahtar Sözcükler:** Pangea, Triyas, Jura, Kretase, zirkon, LA-ICP-MS, U-Pb jeokronolojisi, Orta Avrupa

## The Sands of Pangea – Provenance and Geotectonic Setting Constrained by U-Pb-LA-ICP-MS Geochronology of Detrital Zircon in a Case Study from the Triassic, Jurassic and Cretaceous of Central Europe

Mandy Hofmann<sup>1</sup>, Ulf Linnemann<sup>1</sup>, Thomas Voigt<sup>2</sup> & Axel Gerdes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Senckenberg Naturhistorische Sammlungen Dresden, Museum für Mineralogie und Geologie, Königsbrücker Landstraße 159, Dresden, D-01109, Germany*

*(E-mail: mandy.hofmann@senckenberg.de)*

<sup>2</sup> *Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Burgweg 11, Jena, D-07749, Germany*

<sup>3</sup> *Institut für Geowissenschaften, Mineralogie, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt/M., Senckenberganlage 28, D-60054 Frankfurt/M., Germany*

---

The Triassic period represents the time during and after the initial break-up of supercontinent Pangea. During that time extreme amounts of sand were accumulated in the continent interior, where the source areas are not identified completely. Examples are the sandstones in the continental facies of the Triassic in Central Europe ('German Triassic'). We have analysed detrital zircon grains from the Buntsandstein (Lower Triassic) and the Keuper (Upper Triassic) using U and Pb isotopes by LA-ICP-MS (Laser Ablation combined with Inductive Coupled Mass Spectrometry). U-Pb ages of detrital zircon grains indicate potential source areas such as (1) the local Cadomian-Avalonian and Variscan Basement, (2) Baltica, and (3) Gondwana. Tension and weathering during the Permian and strong subsidence during the Triassic are responsible for the formation of several hundred of metres thick and widespread distributed sandstone packages in the German Triassic. The dispersal of Pangea started in the Middle Jurassic. In the Late Jurassic the Central Atlantic Ocean was a narrow ocean separating Africa from eastern North America. During Cretaceous time the South Atlantic Ocean opened while North America was still connected to Europe. Central Europe was a part of the European continental plate. Due to high spreading rates of mid-ocean ridges and intra-oceanic plateau volcanism large areas of the epicontinental shelf were flooded. In addition to the Triassic samples we analysed detrital zircon grains from the Middle Jurassic and the Cretaceous of several localities in Europe concerning their LA-ICP-MS U-Pb ages. These detrital zircon grains from Jurassic and Cretaceous sands of Europe record (1) the recycling of the Variscan basement of Europe, (2) detrital material from Laurussia, and (3) ages reflecting magmatic activities due to the dispersal of Pangea.

**Key Words:** Pangea, Triassic, Jurassic, Cretaceous, zircon, LA-ICP-MS, U-Pb geochronology, Central Europe

## D Yunanistan ve B Türkiye’de Paleotetisin Karbonifer Yitimi ile İlişkili Yığışım Proseslerinin Kanıtı

Alastair H.F. Robertson<sup>1</sup> ve Timur Ustaömer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK (E-posta: Alastair.Robertson@ed.ac.uk)*

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

Geç Paleozoyik sırasında, gelecekteki Avrasya ve Afrika (Gondwana) kıtaları Paleotetis olarak bilinen geniş bir okyanus ile birbirlerinden ayrılıyorlardı. Bu okyanus batıda Avrupa’da Hersiniyen orojenezi sırasında kapanırken daha doğuda, Asya’da açık kalmış ve Mesozoyik Tetis okyanusuna evrilmiştir. Bunu, Afrika ve Avrasya kıtalarının Alpin (Geç Kretase–Erken Senozoyik) nihai çarpışması izlemiş ve Tetis okyanusu kapanmıştır. Paleotetis’in yitimi yer yer gözlenen yığışım karmaşıkları ve yaygın yay magmatik kayaçları dışında çok az kayıt bırakmıştır.

Üç adet Üst Paleozoyik yaşlı litoloji topluluğu; Tekedere birimi (Likya Napları, GB Türkiye), Karaburun melanjı (batı Ege Türkiye) ve Kos melanjı (komşu Yunanistan adası-Sakız adası), Paleotetis okyanusunun kapanması ile ilişkili sedimanter ve tektonik prosesler hakkında önemli ipuçları sağlar. Güneydoğudaki Tekedere birimi, seamount (levha içi) tipi volkanik dilimler ile ayrılmış hendek tipi kumtaşı topluluğu ve üzerleyen Üst Karbonifer yaşlı sığ denizel ve yamaç tipi karbonatlardan oluşur. Daha batıdaki Karaburun ve Kos birimleri, Silüriyen–Üst Karbonifer yaşlı platform karbonat (yamaç ve sığ denizel fasiyesler) ve (yaşı bilinmeyen) volkanik kaya blokları içeren terijen türbiditlerden oluşur. Kumtaşlarının petrografisi, farklı kaynak alanlardan, olasılıkla daha batıdaki Balkan bölgesindeki Hersiniyen kenet kuşağının farklı kesimlerinden malzeme gelimine işaret eder. Daha fazla tamamlayıcı bilgi, daha doğudaki Konya Melanjından gelir (bknz. Robertson ve Ustaömer, 2009, Tectonophysics).

Her üç birim de esasen, bileşenlerinin birbirinden makaslama zonları ile ayrıldığı tektonik dilim kompleksleridir. Silüriyen–Alt Karbonifer yaşlı siyah çörtler (lidit) ve yamaç karbonatları, türbiditik kumtaşlarının çökeldiği bir yitim zonuna eklenmiştir. Ancak bazı blokların sedimanter dokanak sergilemesi, gravitasyonel proseslerin de melanj oluşumunda rol oynadığını göstermektedir. Özellikle Üst Paleozoyik yaşlı, sığ denizel karbonat blokları (örn. Kos adasında) çoğunlukla, su etkisiyle aşınmış siyah çört blokları içeren konglomeralar ile sarmalanırlar. Karbonat blokları, bir veya daha fazla karbonat platformunun aktif kenarla çarpıştığını ve parçalanarak bloklandığını, bu bloklarında daha sonra yitim zonuna aktarıldığını düşündürmektedir. Bloklar daha sonra bir yitim kompleksine (yığışım prizmasına) eklenmiş, bunun sonucunda makaslama, tabakaya paralel uzama ve tektonik dilimlenme meydana gelmiştir. Yitim, Erken–Geç Karbonifer yaşlı litolojilerin yığışım prizmasında bulunması nedeniyle en azından Karbonifer boyunca sürmüş olmalıdır.

Paleotetisin kapanma zamanının farklı olduğu ve yitimin kuzeye, Avrasya altına veya güneye Gondwana altına veya her iki yöne doğru olduğu alternatif sedimanter-tektonik modeller göz önüne alınabilir. Kos ve Karaburun’dan elde edilen yapısal veriler, Neojen Ege yayının buklümü geri alındığında, yitimin güneye doğru olmuş olabileceğini düşündürmektedir. Yerel jeolojinin en basit yorumu, Gondwana altına yitim ile her üç birimin (~400 km doğudaki Konya Kompleksi de dahil) yığışmasıdır. Bu birimlerin kuzeye, Avrasya altına doğru yitim/yığışım alternatifleri, bölgesel ölçekli blok göçünü gerektirir, çünkü Tetis okyanusunun Erken Senozoyik döneminde nihai kapanmasına kadar Avrasya kıta kenarının bu bölgeye yakın olduğu ilişki herhangi bir veri bulunmamaktadır. Ancak, Paleotetisin güneye, Gondwana altına yitimi, kuzey kenar boyunca bağımsız olarak kuzeye, Avrasya altına yitemeyeceği anlamına gelmez; zaten kuzeye yitim Sakarya zonu ve Pontidler için önerilmiştir (hem K hem de G yönünde yitim meydana gelmiş olabilir).

**Anahtar Sözcükler:** Paleotetis, Karbonifer, bindirme, melanj, Sakız Adası, Karaburun, Tekedere



## Evidence for Accretionary Processes Related to Carboniferous Subduction of Palaeotethys in E Greece and W Turkey

Alastair H.F. Robertson<sup>1</sup> & Timur Ustaömer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *School of GeoSciences, University of Edinburgh, W. Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK (E-mail: Alastair.Robertson@ed.ac.uk)*

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

During the Late Palaeozoic the future Eurasian and African continents (Gondwana) were separated by a wide ocean known as Palaeotethys. This ocean closed in Europe to the west during the Hercynian orogeny, whereas in Asia further east it remained open and evolved into the Mesozoic Tethys. This was followed by final closure during Alpine (L. Cretaceous–Early Cenozoic) collision of Africa and Eurasia. Palaeotethys has been subducted leaving little record other than occasional accretionary units and widespread arc magmatic rocks.

Three Upper Palaeozoic lithological assemblages, the Tekedere unit (Lycian Nappes, SW Turkey), the Karaburun melange (westernmost Aegean Turkey) and the Chios melange (on the adjacent Greek island) provide insights concerning sedimentary and tectonic processes related to closure of Palaeotethys. The Tekedere unit in the southeast is an assemblage of trench-type sandstones, intersliced with seamount (within-plate)-type volcanics and overlying Upper Carboniferous shallow-water to slope-type carbonates. The Karaburun and Chios units further west are mainly terrigenous turbidites with blocks of Silurian–Upper Carboniferous platform carbonates (slope to shallow-water facies) and (undated) volcanics. Sandstone petrography implies derivation from diverse sources, probably different parts of a Hercynian suture zone further west in the Balkan region. Additional complementary information comes from the Konya Melange further east (see Robertson & Ustaömer, 2009, Tectonophysics).

All three units are mainly tectonic slice complexes in which component units are separated by shear zones. The Silurian–Lower Carboniferous black cherts (lydites), and slope carbonates were accreted in a subduction trench where sandstone turbidites accumulated. However, some blocks exhibit sedimentary contacts, showing that gravitational processes also contributed to formation of the melange. Specifically, detached blocks of Upper Palaeozoic shallow-water carbonates (e.g. on Chios) are commonly mantled by conglomerates, which include water-worn clasts of black chert. As an explanation, the carbonate blocks can be restored as one, or several, carbonate platforms that collided with an active margin and fragmented into blocks, which then slid into a subduction trench. The blocks were later accreted into a subduction complex (accretionary prism), resulting in shearing, layer-parallel extension and tectonic slicing. Subduction persisted at least throughout the Carboniferous as lithologies of at least Early–Late Carboniferous age are involved.

Alternative sedimentary-tectonic models can be considered in which the timing and extent of closure of Palaeotethys differed, and in which subduction was either northwards beneath Eurasia, or southwards beneath Gondwana, or both. Structural data from Chios and Karaburun suggest that subduction could have been southwards, after restoration of the curvature of the Neogene Aegean arc. The simplest interpretation of the local geology is accretion of all three units (and also the Konya Complex ~400 km further east) related to subduction beneath Gondwana. Alternative northward subduction/accretion of these units beneath Eurasia would require regional-scale terrane migration because there is little or no evidence of proximity of the Eurasian continental margin in this region until Early Cenozoic final closure of Tethys. However, southward subduction of Palaeotethys beneath Gondwana does not preclude independent northward subduction of Palaeotethys beneath Eurasia, as inferred from the Sakarya zone and the Pontides (i.e. double subduction N & S could have occurred).

**Key Words:** Palaeotethys, Carboniferous, subduction, melange, Chios, Karaburun, Tekedere

## Karadeniz ve Civarının Paleozoyik Sonrası Evrimi

Nuretdin Kaymakcı<sup>1,2</sup>, Jean-Claude Hippolyte<sup>3</sup>, İlkay Kuşcu<sup>4</sup>, Yakup Özçelik<sup>5</sup>,  
Ali Demirer<sup>5</sup> ve Maud J.M. Meijers<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi,  
İnönü Bulvarı, 06531 Ankara (E-posta: kaymakci@metu.edu.tr)

<sup>2</sup> Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk, Department of Earth Sciences, Utrecht University,  
Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands

<sup>3</sup> UMR-6635 CNRS-Universite Aix-Marseille III, BP 80, Europole Mediterranee de l'Arbois,  
13545 Aix en Provence Cedex 4, France

<sup>4</sup> Muğla Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kötekli Kampüsü, 48000 Muğla

<sup>5</sup> Türkiye Perolleri A.O., Mustafa Kemal Mahallesi, 2. Cadde, No: 86, 06100 Söğütözü, Ankara

Karadeniz Bölgesinin Paleozoyik sonrası evrimi (1) Paleotetisin varlığı ve pozisyonu, (2) Neotetise bağlı olaylar ile (3) Karadeniz'in kaç havzadan oluştuğu ve bu havzaların açılma zamanları gibi üç temel sorunu içermektedir. Bu sorunlar kıtasal blokların ve okyanusal alanların sayısına ve buna bağlı olarak rift zonları, yitim zonları ve kenet kuşaklarının pozisyonlarına ve bunların zaman içindeki polarite değişimlerine bağlıdır. Bu amaca dönük olarak, Triyastan–Neojen'e kadar süren tek bir yitim sistemi öneren senaryolardan, çoklu açılma ve kapanma senaryolarına değişen bir çok evrim modeli ileri sürülmüştür.

En son veriler, daha önceden Paleotetise ait olduğu düşünülen bir çok ofiyolitik karmaşığın Neotetise ait olduğunu göstermektedir. Ayrıca Sakarya Mikrokitasının Triyasta Gondwanadan kopup Triyas sonunda Lavrasyaya kenetlendiğine dair güçlü kanıtlar mevcuttur. Neredeyse kesintisiz olan ve hem Pontidleri hem de Sakarya kuşağını örten Jurasik örtü birimleri bölgede Jura dönemine ait her hangi bir orojenezin olmadığını göstermektedir. Bunların yanında, Batı Kara Deniz Havzasının iki farklı riftleşmeye bağlı olarak geliştiğine dair yeni güçlü veriler mevcuttur. Bu kurultay vesilesiyle amacımız, yeni veriler ışığında, bölgenin evrimine dönük oluşturduğumuz yeni senaryoları tartışmaya açmaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Paleotetis, Neotetis, tektonik evrim, riftleşme, Karadeniz

## Post-Palaeozoic Evolution of Black Sea Region

Nuretdin Kaymakcı<sup>1,2</sup>, Jean-Claude Hippolyte<sup>3</sup>, İlay Kuşcu<sup>4</sup>, Yakup Özçelik<sup>5</sup>,  
Ali Demirer<sup>5</sup> & Maud J.M. Meijers<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Department of Geological Engineering, Faculty of Engineering, Middle East Technical University,  
İnönü Bulvarı, TR–06531 Ankara, Turkey (E-mail: kaymakci@metu.edu.tr)*

<sup>2</sup> *Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk, Dept. of Earth Sciences, Utrecht University,  
Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands*

<sup>3</sup> *UMR-6635 CNRS-Universite Aix-Marseille III, BP 80, Europole Mediterranee de l'Arbois,  
13545 Aix en Provence Cedex 4, France*

<sup>4</sup> *Muğla Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kötekli Kampüsü, 48000 Muğla, Turkey*

<sup>5</sup> *Turkish Petroleum International Co., Mustafa Kemal Mahallesi, 2. Cadde, No: 86, Söğütözü,  
TR–06100 Ankara, Turkey*

---

Post-Palaeozoic evolution of Black Sea region comprises three main problems: (1) presence and position of Palaeotethys ocean, (2) events related to the neotethys, (3) number of Black Sea basins and their timing of opening. These problems are related to the number of continental blocks and oceanic domains which in turn is related to the timing and position of rifting, subduction and suture zones and their polarities in time. In order to unravel these problems a number of scenarios ranging from single subduction system that took place from Triassic to Neogene to multiple opening and closing evolutionary scenarios have been proposed.

Recently accumulated information about the region have indicated that some of the ophiolitic units which supposed to related to the Palaeotethys are turn out to be related to the Neotethys. There is very strong new evidence that the so-called Sakarya Continent rifted off from the northern margin of the Gondwana and sutured to the Laurasia at the end of the Triassic. Near complete Jurassic units which covers both the Pontide and Sakarya Belt indicate that there is no major Jurassic event in the region. Additionally, there are new strong evidences for the two-stage rifting of the Western Black Sea Basin. In this Kurultai, we would like discuss our evolutionary scenarios based on new data.

**Key Words:** Palaeotethys, Neotethys, tectonic evolution, rifting, Black Sea

## Neotetis Okyanus-İçi Mikrolevha Rotasyonu ve Yayılma Eksenini Yönelimindeki Değişimler: Hatay Ofiyoliti'nden Paleomanyetik Veriler (Güney Türkiye)

Antony Morris<sup>1</sup>, Jennifer Inwood<sup>1</sup>, Mark W. Anderson<sup>1</sup> ve Alastair H.F. Robertson<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *School of Earth, Ocean and Environmental Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, Plymouth PL4 8AA, UK (E-posta: amorris@plymouth.ac.uk)*

<sup>2</sup> *School of Geosciences, University of Edinburgh, West Mains Road, Edinburgh EH9 3JW, UK*

Eski okyanus basenlerinde işlemiş olan tektonik süreçlerin derinlemesine anlaşılması çarpışma-dağ oluşumları sırasında ofiyolit olarak korunmuş olan okyanusal litosfer kalıntılarının analizleri ile mümkün olmaktadır. Bu çalışmada bir Neotetis okyanus baseninin okyanus içi mikrolevha rotasyonu ve sırt eksenindeki değişimler için delil sağlayan Türkiye'deki geç Kretase yaşlı Hatay (Kızıl Dağ) ofiyolitinin paleomanyetik analizleri sunulmaktadır. 46 mevkinden alınmış manyetizasyonlar kökensel anlamda deformasyon öncesi olarak gösterilmiş ve ilgili referans yönünden itibaren rotasyona uğratılmıştır. Veri analizlerine bir net tektonik rotasyon yaklaşımı izin verilebilir net rotasyon kutbu ve açıları üzerinde bilgi sağlamakta ve ele alınacak girdi vektörlerindeki belirsizliklerinin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Sonuçlar, ofiyolitinin tüm seviyelerinin yaklaşık dik eğimli bir eksen etrafında saat yönünün tersi yönünde 90°'yi aşan açısız rotasyona uğradığını göstermektedir. Hatay ofiyoliti Geç Kretase–Erken Eosen döneminde kendisi ile aynı dalma-batma zonu üstü yayılım sisteminde oluşmuş olan ve okyanus içi bir ortamında 90° saat yönünün tersi yönünde rotasyona uğradığı bilinen Troodos ofiyoliti (Kıbrıs) ile aynı yayılım sistemi içerisinde oluşmuştur. Sonuçlarımız, zamanlaması bilinen Troodos rotasyonu bağlamında düşünülürse, Hatay ofiyolitinde, geniş alan kaplayan 'Troodos mikrolevha'sının bir parçası olarak, 50–60°'lik rotasyonun meydana geldiği çıkarılabilir. Bu rotasyon fazı, Arabistan kıtasal kenarının Neotetis dalma-batma hendeği ile ilksel çarpışması sonucu tetiklenmiş olup güncel karmaşık yaklaşan levha sınırlarındaki okyanusal mikrolaka rotasyonu modelleri ile uyumludur. Hatay ofiyoliti daha sonra aktif olarak rotasyona uğrayan mikrolakadan ayrılmış ve Maastrihtiyen'deki bindirmeler esnasında öncekine ek olarak 30–40° saat yönünün tersi yönünde rotasyona uğrayarak Arabistan kenarı üzerine yerleşmiştir. Rotasyonların geri-düzeltilmesi (back-stripping) Hatay levha dayklarının ilksel yönelimine getirilmesine olanak sağlamaktadır. Restore edilmiş 020°'lik dayk gidişleri daha önce Troodos yaprak dayklarından farklılık göstermekte olup Neotetis yayılım ekseninin yöneliminde ilkel bir değişim göstermektedir. Böylesi bir değişkenlik kenar basenlerinin güncel yayılım eksen sistemlerinde yaygın olarak gözlenmiş ve bu durum bir çok ofiyolit için çıkarılmış olan supra-subdüksiyon zonu için benzer bir davranış sergilemektedir.

**Anahtar Sözcükler:** ofiyolit, paleomanyetizma, rotasyon, tektonik, Neotetis, Türkiye