



## ÇAMELİ BÖLGESİ' NİN 3-BOYUTLU GRAVİTE VE MANYETİK YAPISI VE DEPREMSELLİKLE İLİŞKİSİ

**Fahriye AKAR (0000-0002-8445-0353)<sup>1\*</sup>**

**Oğuz ÖZEL (0000-0001-6500-3366)<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Erzinan Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Teknolojileri Bölümü, Erzinan,

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul,

**Geliş / Received:** 20.11.2018

**Kabul / Accepted:** 24.12.2018

### ÖZ

Çameli (Denizli) Bölgesi Güneybatı Anadolu'da bulunan aktif tektonik bölgelerden biridir. Bu çalışmada Çameli Bölgesi'ndeki aktif deprem zonu, gravite ve manyetik yöntem kullanılarak 2- ve 3-boyutlu olarak modellenmiştir. Çalışma kapsamında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğünden alınan gravite ve manyetik verilerine jeofizik analiz yöntemleri uygulanmıştır. Son olarak, elde edilen gravite ve manyetik sonuçlarının birlikte yorumu ile bölgeye ait tektonik izler ortaya konmuş ve deprem oluşumu ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada her ne kadar bölgedeki akışkan varlığının deprem oluşumunda önemli bir etken olduğu ortaya çıkarılsa da genel olarak çalışma alanının tektonik geçmişi, kabuktaki ve üst mantodaki malzemelerin litolojisi, akışkan içeriği, madde heterojenitesi gibi tüm fiziksel ve mekanik özelliklerin bir arada deprem oluşumunu tetiklediği sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler** Deprem fiziği, gravite, manyetik yöntem, depremsellik, Çameli Bölgesi

## 3-DIMENSIONAL GRAVITY AND MAGNETIC STRUCTURE OF CAMELI REGION AND ITS RELATION TO SEISMICITY

### ABSTRACT

Çameli (Denizli) region is one of the active tectonic regions located in Southwest Anatolia. In this study, the active earthquake zone in Çameli Region was modelled two- and three-dimensionally using gravity and magnetic method. Within the scope of this study, geophysical analysis methods were applied on the gravity and magnetic data obtained from the General Directorate of Mineral Research and Exploration. Lastly, tectonic traces pertaining to the region were revealed through interpretation of gravity and magnetic results obtained in this study and associated with the formation of earthquakes in the region. As a result of this study it was concluded that although the presence of fluids in the region is an important factor in formation of earthquakes, all physical and mechanical characteristics such as the tectonic past of the study area, the lithology of the materials in the crust and upper mantle, fluid content and material heterogeneity trigger the formation of earthquakes together.

**Keywords:** Earthquake physics, gravity, magnetic method, seismicity, Çameli region

\* Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: 0 446 226 66 00; e-mail: fhrykcmzb@gmail.com

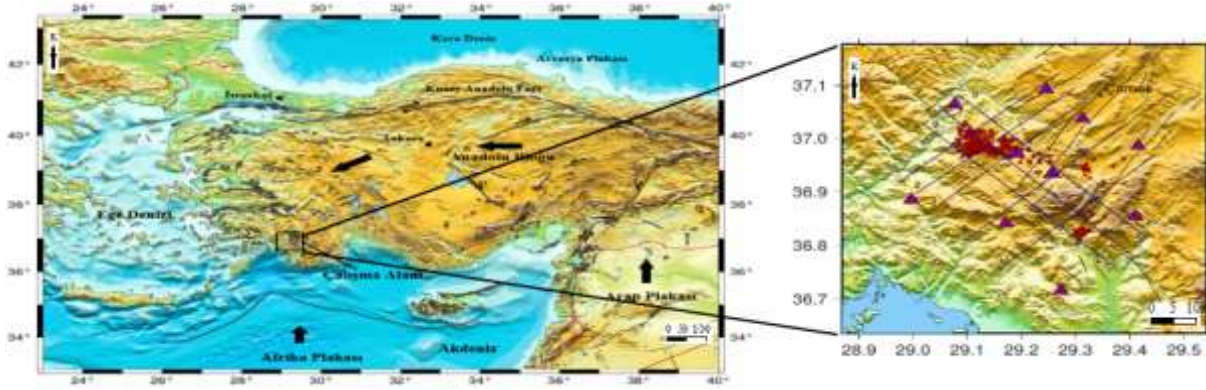
F. AKAR, O. ÖZEL

## 1. GİRİŞ

Çalışma alanı; ofiyolit, mermer ve Likya napları olarak bilinen birimlerin yaygın olarak görüldüğü, doğuda Dirmil Fayı, batıda ise Bozdağ Fayı denetiminde KD-GB uzanımında bir graben olarak açılmaya başlayan Çameli Havzası' nın [1, 2, 3] güneybatısında, KD-GB doğrultulu Burdur-Fethiye Makaslama Zonu (BFMZ)'nun bir parçası [4] olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1).

Bu çalışmanın amacı, deprem aktivitesinin yoğun olduğu Çameli Bölgesi' nden yola çıkarak depremleri tetikleyen etkenleri, fiziksel ortamı ve tektonizmayı araştırmaktır. Eğer depremlerin oluş nedenleri bilinirse, yapılaşma buna göre olur ve böylece can ve mal kaybı önlenmeye çalışılabilir. Bölgedeki deprem oluşumunu tetikleyen unsurların tespit edilmesi amacıyla detaylı bir şekilde modelleme yapılan bu çalışma, bu nedenle bölgenin depremselliği ve tektonizmasının aydınlatılması açısından oldukça önemlidir.

Çameli Bölgesi' nde depremselliğin ve tektonizmanın araştırıldığı jeolojik çalışmalar [1, 2, 3, 4, 5, 6] yapılmıştır. Bu çalışmada, 29 Ekim 2007 (ML=5) tarihinde Çameli' de meydana gelen deprem ve sonrasında devam eden bir aylık deprem aktivitesinin (Deprem verisi TÜBİTAK Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü'nden alınmıştır.) meydana geldiği alan (Şekil 2) jeofizik yöntemler (gravite ve manyetik) kullanılarak incelenmiştir. Bu jeofizik yöntemlerle, günlük değişimleri ve mağmatik intrüzyonlar tespit edilerek faylanma ve depremsellik ilişkisi ve genç jeolojik birimlerle örtülü olan yerlerdeki fayların ve tektonik uzanımların süreklilikleri araştırılabilir [7, 8]. Bu çalışmada gravite ve manyetik yöntem kullanılarak, sismotektonik açıdan kritik bir öneme sahip olan Çameli Bölgesi' ndeki depremlerin olduğu fiziksel ortam incelenmiştir.



Şekil 1. Türkiye tektonik haritası üzerindeki çalışma alanının konumu ([9 ve 10]'dan değiştirilerek alınmıştır)

Şekil 2. Çameli Bölgesi' nde TÜBİTAK tarafından kurulan istasyonlar (üçgenler) ve kaydedilen depremlerin (daireler) dağılımı ve gravite yöntemi için oluşturulan profillerin (bölgedeki faylara dik ve paralel çizgiler) gösterimi, GMT Yazılımı (Wessel ve Smith, 2006) kullanılarak çizilmiştir

## 2. MATERYAL ve METOT

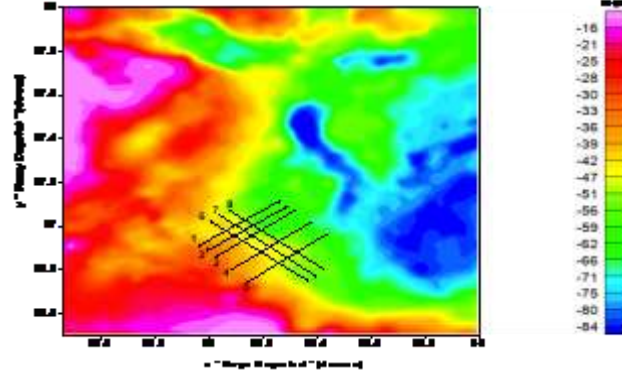
Gravite yönteminin amacı, kısaca; değişik yoğunlukta oluşan yeraltı katmanlarının meydana getirdiği yerçekimi ivmesi 'g' nin küçük değişimlerini ölçmektir. Gravite yöntemi uygulanacak sahada ortam yoğunluğu belirlenir. Çalışmanın amacına uygun olan ölçü aralıkları seçilir. Bu ölçü istasyonlarından yapılan gravite ölçümlerine; günlük değişim, gel-git düzeltmesi, enlem düzeltmesi, kot ve Bouguer düzeltmesi ve topoğrafik düzeltmeler, hassas bir şekilde bilgisayar ortamında yapıldıktan sonra, "Bouguer Anomali Haritası" elde edilir. Bulunan Bouguer Anomali değerini ve Bouguer Anomali değerinden elde edilen çeşitli değerleri bir harita üzerine konturlayarak; yeraltında aranan cisim veya jeolojik yapılar hakkında yorumlar üretilir.

Manyetik yöntemin temel ilkesi, yerin manyetik alanındaki değişimlerin incelenmesidir. Manyetik yöntemle, yer manyetik alanın düşey, yatay ve toplam bileşenleri saptanır. Ayrıca bu yöntemle yer manyetik alan şiddetindeki farklılıklar ölçülür. Bu farklılıklarla; mıknatıslanma özelliğine sahip cisimlerle, mıknatıslanma özelliğine sahip olmayan cisimler birbirinden ayrılır. Böylelikle manyetik yöntemle, yöntemin bazı özelliklerinden yararlanılarak, mıknatıslanma duyarlılığı yüksek olan kayaçlar belirlenebilir.

## ÇAMELİ BÖLGESİ' NİN 3-BOYUTLU GRAVİTE VE MANYETİK YAPISI VE DEPREMSELLİKLE İLİŞKİSİ

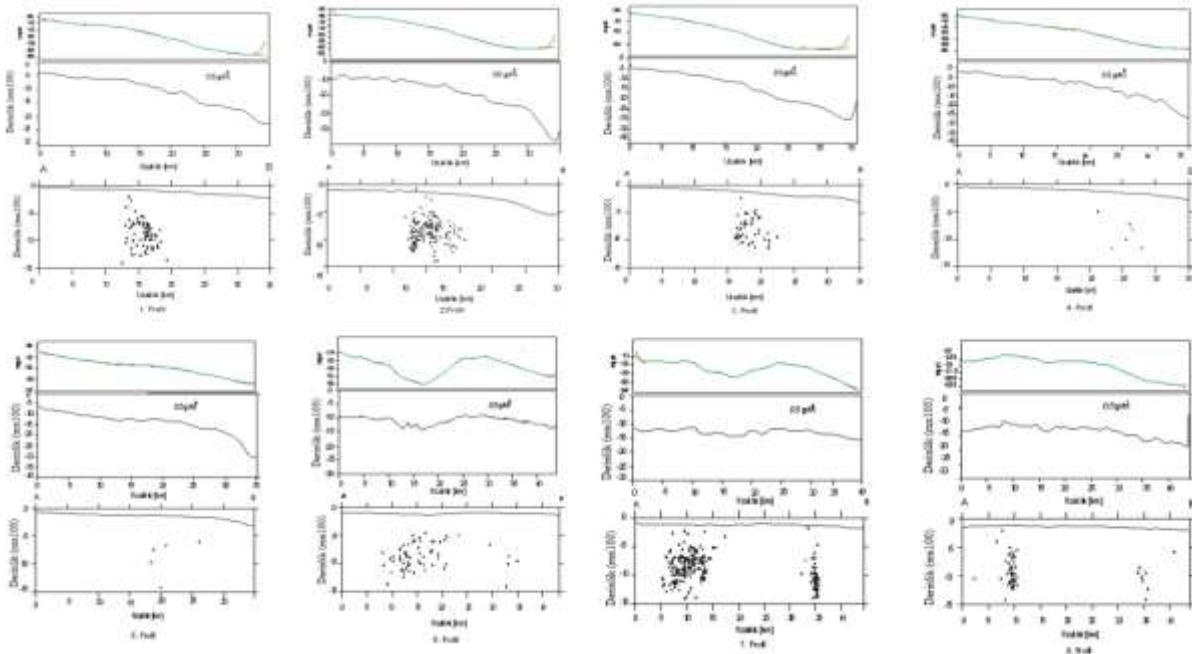
## 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Gravite verileri, 1 km grid aralıklı olarak Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Çalışma alanına ait gravite anomali haritası Şekil 3'de verilmiştir. Çalışma alanının sığ yapısının belirlenmesine yönelik 8 adet profil alınmıştır. 2-B modellerin oluşturulması için kullanılan kesit yerleri gravite anomali haritası üzerine işaretlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Çameli Bölgesi'ne ait gravite anomali haritası. 1-8 arası profiller, 2-B model oluşturmak için alınan kesit hatlarını göstermektedir.

2-B modeller belirlenen 8 profil doğrultusunda oluşturulmuştur ve bu profillerin doğrultuları daha önce bu bölgede yapılan tomografi kesitleriyle [7] aynıdır. Gravite anomali haritasından alınan bu profiller WinGLink adlı bilgisayar programında değerlendirilmiştir. Bu program interaktif bir program olup daha önceden tespit edilen yoğunluk değerine bağlı olarak uygun yapının elde edilmesine dayanır. Ayrıca gözlemsel anomali değeri ile oluşturulan modele ait hesaplanan eğrinin karşılaştırılması amaçlanır. Buradaki yoğunluk bilgisi, Çameli Bölgesinin 3-B tomografi yöntemiyle elde edilen VP hızları [7] kullanılarak ve daha önceki bölgeye ait daha önceki araştırmalardan [11] elde edilmiştir. 2-B modelleme için yoğunluk farkı (-0.5) gr/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. 8 profil için elde edilen 2-B gravite modelleri Şekil 4'de verilmiştir.



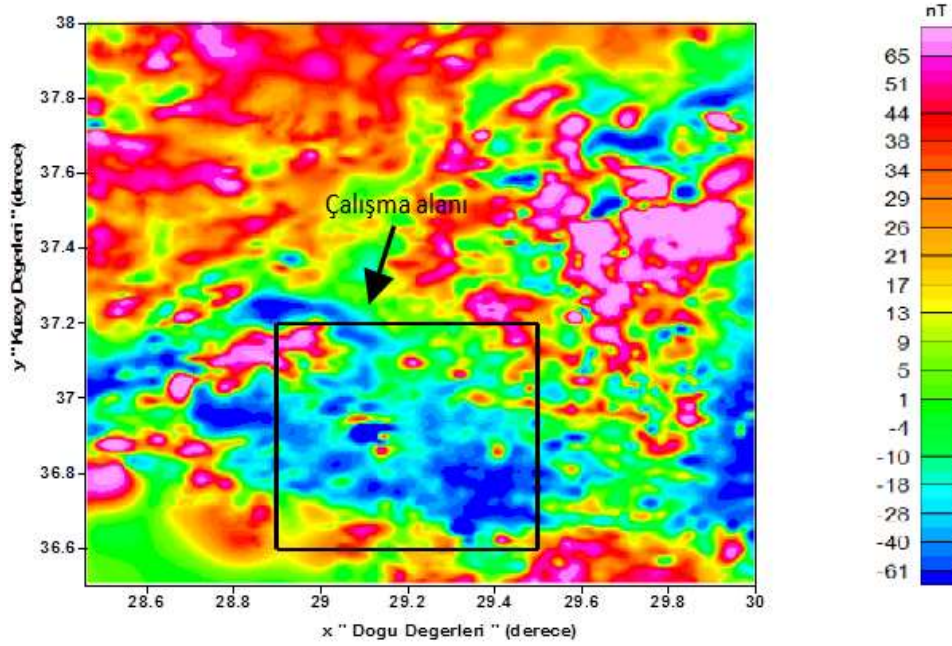
Şekil 4. 8 profil için 2-B gravite modelleri. Her bir profil için 3 kesit yerine ayrı ayrı grafikler sunulmuştur. Üstte, gravite anomalisi (mgal) ile derinlik (m) arasındaki ilişki gösterilir. Orta, büyütmüş halini temsil etmektedir. 2. ve 3. kesit, 1. kesitteki gravite anomalisine karşılık gelen yeraltı modelidir. 3. kesitler içindeki siyah noktalar depremlerdir.



F. AKAR, O. ÖZEL

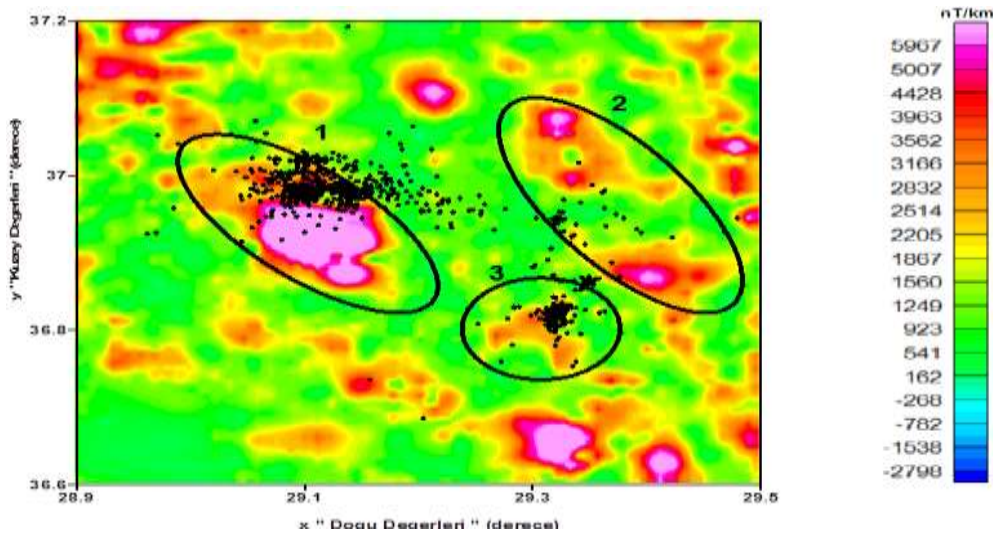
Faylarla paralel olan profillerde (1, 2, 3, 4 ve 5 nolu profiller) depremler sedimanın inceden başlayıp kalına doğru geçtiği bölgelerde gözlenmektedir. Bu durum fay yapısının aksine derinde fayların profillere dik geliştiğini düşündürmektedir ve depremler yoğunluğu fazla olan bölgeden az olan bölgeye geçiş sınırında meydana gelmektedir. Faylara dik olan profillerin (6, 7 ve 8 nolu profiller) 2-B modellemesinde ise gravite haritasından da görüleceği üzere profiller boyunca gravite değerleri havza yapısını yansıtmaktadır.

Havadan manyetik verileri MTA Genel Müdürlüğü Jeofizik Etüdlere Dairesi'nden temin edilmiştir. Elde edilen veriler üzerinde, günlük değişim ve yön hatası düzeltmeleri yapılmıştır. Çalışma alanının havadan manyetik verisine "Uluslararası Jeomanyetik Referans Alanı (IGRF)" düzeltilmesi uygulandıktan sonra elde edilen rezidüel havadan manyetik anomali haritası Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Çameli bölgesine ait rezidüel havadan manyetik anomali haritası.

Mıknatıslanma yönü ile ilgili bilgi gerekmediğinden Analitik Sinyal yöntemi anomalilere neden olan yapıların kenarlarının bulunmasında çok faydalı bir yöntemdir. Analitik Sinyal manyetik anomalinin yatay ve düşey gradyanlarından oluşur. Şekil 6 incelendiğinde yuvarlak içine alınmış üç anomali göze çarpmaktadır. Ayrıca bu anomalilerin depremlerin meydana geldiği yerde bulunduğu ve böylece birbirleriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 6. Çalışma alanına ait Analitik Sinyal haritası. Siyah noktalar çalışma alanında meydana gelen depremleri

*ÇAMELİ BÖLGESİ' NİN 3-BOYUTLU GRAVİTE VE MANYETİK YAPISI VE DEPREMSELLİKLE İLİŞKİSİ***4. SONUÇLAR**

Gravite yöntemi ile jeolojik birimler arasındaki yoğunluk farkı özelliklerini kullanarak Çameli Bölgesi' nin taban topografyası ortaya çıkarılmıştır. Manyetik yöntem ile çalışma alanındaki manyetik etki oluşturan kütlelerin yayılım ve uzanımlarını, temel kaya yapısı tespit edilip, sedimanter ve temel kaya lokasyonları tayin edilmiştir. Daha sonra tüm bu bulgular faylanma ve depremsellik ile ilişkilendirilmiş ve bölgedeki sismojenik davranışın nedeni araştırılmıştır.

Bu çalışmada faylara paralel olan gravite profillerinde depremler, sedimanın inceden başlayıp kalına doğru geçtiği bölgelerde gözlenmektedir. Depremler yoğunluğu fazla olan bölgeden az olan bölgeye geçiş sınırında meydana gelmektedir. Gravite anomali haritasındaki gravite değerleri havza yapısını yansıtmaktadır. Ancak 2-B gravite modellerinden de ilk 5 profil incelendiğinde yüzeydeki faylanma yapısı ile yeraltındaki fay yapısı uyumlu değildir.

Analitik sinyal haritası incelendiğinde yuvarlak içine alınmış yüksek genlikli iki anomali göze çarpmaktadır. Analitik sinyal haritaları sığ yapılardan uzaklaşıp derin manyetik sınırları verdiğinden bu yüksek genlikli anomaliler daha derinde bulunan manyetik özelliği yüksek cisimleri temsil etmektedir [8]. Diğer bölgeler ise mıknatıslanma özelliği taşımayan sedimanter birimlerin varlığını temsil etmektedir. Bu nedenle Çameli Bölgesi' nde çalışma alanındaki sedimanter yapının arasında yer alan büyük kütleli bazik, ultra bazik kayaların [12] yüksek manyetik duyarlılığa sahip yüksek manyetik anomali kaynağı olduğu düşünülebilir. Zira bu manyetik kütleler, 2B gravite modellerindeki ilk 5 profildeki gravite anomalisinin arttığı kısımlara denk gelmektedir. Analitik sinyal haritasındaki 1, 2 ve 3 nolu manyetik anomali sınırlarının depremlerin meydana geldiği yerde bulunduğu ve böylece birbirleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Bölgedeki sismojenik davranış ile hem gravite hem de manyetik anomali uyumludur. Yüksek manyetik ve gravite anomalisine aynı kaynağın neden olduğu tespit edilmiştir. Bu kaynaklar ise muhtemelen kabuktaki yüksek yoğunluk ve yüksek manyetizasyondur. Bu büyük manyetik sınırların, çalışma alanındaki sismojenik davranışı tetikleyen fay kırılmaları için muhtemel zayıf yerler oldukları öngörülmektedir. Sismojenik davranışı tetikleyen sedimanter ve metalik mineral içeren temel kaya arasındaki geçişin olduğu ve daha önceki kırılmalar nedeniyle metalik mineralce zenginleşen akışkan sirkülasyonunun da etkisiyle deformasyon enerjisinin biriktiği yerlerde depremlerin meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada her ne kadar bölgedeki yoğunluk değişiminin ve akışkan varlığının deprem oluşumunda önemli bir etken olduğu ortaya çıkarılsa da genel olarak çalışma alanının tektonik geçmişi, kabuktaki ve üst mantodaki malzemelerin litolojisi, akışkan içeriği, madde heterojenitesi gibi tüm fiziksel ve mekanik özelliklerin bir arada deprem oluşumunu tetiklediği sonucuna ulaşılmıştır.

**TEŞEKKÜR**

Yazarlardan Fahriye Akar'ın doktora tezinin [7] bir bölümünü içeren bu çalışma M-567 Numaralı ve “Çok Disiplinli Yaklaşımla Deprem Fiziğinin İncelenmesi” başlıklı Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri (CÜBAP) ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Prof. Dr. Ali Pınar ve Doç. Dr. Özcan Bektaş' a çok teşekkür ederiz.

**KAYNAKLAR**

- [1] ALÇİÇEK, M.C., KAZANCI, N., ÖZKUL, M. ve ŞEN, Ş., “Çameli (Denizli) Neojen havzasının tortul dolgusu ve jeolojik evrimi”, Maden Tetkik ve Arama Dergisi 128, 99-123, 2004.
- [2] ALÇİÇEK, M.C., VEEN, J.H.T. ve ÖZKUL, M., “Neotectonic development of the Çameli Basin, southwestern Anatolia, Turkey. In: Robertson, A.H.F. and Mountrakis, D. (eds), Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region”. Geological Society, London, Special Publications, 260, 591-611, 2006
- [3] ÖVER, S., PINAR, A., ÖZDEN, S., YILMAZ, H., ÜNLUGENÇ, U. C. ve KAMACI, Z., “Late cenozoic stress field in the Cameli Basin, SW Turkey”. Tectonophysics, 1-492, 2010.
- [4] ELİTEZ, İ. ve YALTIRAK, C., “Çameli Havzası'nın Miyosen-Kuvaterner Jeodinamiği, Burdur-Fethiye Makaslama Zonu (GB Türkiye)”, Geological Bulletin of Turkey, Vol. 57, Is. 3, 2014.
- [5] ÖZSAYIN E., “Relative tectonic activity assessment of the Çameli Basin, Western Anatolia, using geomorphic indices”. Geodinamica Acta, 241-253, 2016.
- [6] ELİTEZ, İ., YALTIRAK, C. ve AKKÖK, R., Morphotectonic Evolution of the Middle of Burdur-Fethiye Fault Zone: Acıpayam, Gölhisar and Çameli Area, SW Turkey. International Symposium on Historical Earthquakes and Conservation of Monuments and Sites in the Eastern Mediterranean Region 500th

F. AKAR, O. ÖZEL

- Anniversary Year of the 1509 September 10 Marmara Earthquake, 10-12 Eylül 2009, İstanbul, Proceedings, 296-297, 2009.
- [7] AKAR, F., Çok Disiplinli Yaklaşımla Deprem Fizığının İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [8] ATEŞ A., BÜYÜKSARAÇ, A., BİLİM F., BEKTAS Ö., SENDUR Ç. and KOMANOVALI G., “Spatial Correlation of the Aeromagnetic Anomalies and Seismogenic Faults in the Marmara Region, NW Turkey”, Tectonophysics, doi:10.1016, 09.25, 2008b.
- [9] BARKA, A.A., “The North Anatolian Fault Zone”, Annales Tectonicae Sp. Publ., 6, 164-195, 1992.
- [10] ŞENGÖR, A.M.C., “The North Anatolian Transform Fault: Its Age, Offset and Tectonic Significance”, Journal of Geological Society 13, 268-282, 1992.
- [11] SARI, C. ve ŞALK, M., “Analysis of Gravity Anomalies With Hyperbolic Density Contrast: An Application to the Gravity Data of Western Anatolia”, Journal of Balkan Geophysical Society, 5, 87-96, 2004.
- [12] ALTINLI, İ. E., “The Geology of Southern Denizli”, Rev. Fac. Sci. Univ. İstanb., Ser. B: Sci. Nat., 20, 1-47, 1955.