



## **WGM2012 Bouguer gravite verileriyle Marmara Bölgesi'nde sığ kabuk yapısı araştırması**

### **Shallow crustal structure research in Marmara Region with WGM2012 Bouguer gravity data**

**Ali Elmas** 

Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Trabzon, TÜRKİYE  
Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: [elmas@ktu.edu.tr](mailto:elmas@ktu.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received: 04.05.2021

Kabul Tarihi / Accepted: 23.09.2021

Atıf şekli/How to cite: ELMAS, A.(2022). WGM2012 Bouguer gravite verileriyle Marmara Bölgesi'nde sığ kabuk yapısı araştırması. DEUFMD, 24(70), 1-6.

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI:10.21205/deufmd.2022247001

#### **Öz**

Marmara Bölgesi'ndeki sığ kabuk yapısını araştırmak için, bu çalışmada kullanılan küresel Bouguer gravite verileri Dünya Gravite Haritası'ndan (WGM2012) elde edilmiştir. Öncelikle, çalışma alanının yumuşak-sert sediment, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer topoğrafyalarının ortalama derinlikleri, küresel Bouguer gravite verilerinin genlik spektrumu alınarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama ile yumuşak-sert sediment, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer ara yüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 1,9 km, 7,8 km, 8,5 km, 23,3 km ve 55,4 km olarak bulunmuştur. Temel kaya seviyelerindeki süreksizlikleri görüntüleyebilmek için, küresel Bouguer gravite verilerinden, bant geçişli süzgeç kullanılarak elde edilmiş gravite verilerinin düşey türev değerlerine toplam yatay türev yöntemi uygulanmıştır. Bu süreksizlik sınırlarını ortaya çıkarırken, toplam yatay türevin maksimum genlik değerlerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmadaki sonuçlarla daha önceden yapılmış olan çalışmaların sonuçları arasında benzerlik olmasının yanı sıra, yeni süreksizlik sınırları tespit edilmiştir. Ayrıca ters çözüm ile bölgenin temel kaya topoğrafyası hesaplanarak haritalanmıştır. Ters çözüm sonucunda, temel kaya ara yüzey derinliğinin yaklaşık olarak 7 - 9 km arasında değiştiği bulunmuştur. Bulunan sonuçların daha sonradan yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Gravite, Toplam yatay türev, Marmara Bölgesi, Birinci Düşey Türev, Yapısal Süreksizlik

#### **Abstract**

In order to investigate the shallow crust structure in the Marmara Region, global Bouguer gravity data used in this study were obtained from the World Gravity Map (WGM2012). First of all, the average depths of the soft-hard sediment, basement, Moho and lithosphere-asthenosphere topographies of the study area were calculated by taking the amplitude spectrum of spherical Bouguer gravity data. With this calculation, the average depths of soft-hard sediment, basement, Moho and lithosphere-asthenosphere interfaces were found to be 1.9 km, 7.8 km, 8.5 km, 23.3 km and 55.4 km, respectively. Total horizontal derivative method was applied to vertical derivative values of gravity data obtained from spherical Bouguer gravity data using bandpass filter in order to visualize discontinuities in basement levels. While revealing these discontinuity limits, the

maximum amplitude values of the total horizontal derivative are used. In addition to the similarity between the results of this study and the results of previous studies, new discontinuity limits were determined. In addition, with the inverse solution, the basement topography of the region was calculated and mapped. As a result of the inverse solution, the basement interface depth was found to vary between 7 and 9 km. It is thought that the results found will contribute to future studies.

**Keywords:** Gravity, Total horizontal derivative, Marmara Region, First Vertical Derivative, Structural Discontinuity.

## 1. Giriş

Yeraltındaki kütlelerin süreksizlik sınırlarının bulunması işlemleri genellikle, toplam yatay türev (TYT) tekniğinin doğrudan gravite verilerine uygulanmasıyla yapılır [1], [2], [3]. Bu çalışmada mevcut teknik, bölgeye ait küresel Bouguer gravite verisinden bant geçişli süzgeçle elde edilen gravitenin düşey türev verileriyle yapılmıştır. Öncelikle bant geçişli süzgeç kullanılarak, süzgeçlenmiş veri bulunmuştur. Sonra, bu veriden düşey türev değerleri hesaplanmıştır. Hem bu işlem için hem de çizgisellikleri belirlemek için, TYT sınır analiz yöntemini de bulunduran POTENSOF yazılımı kullanılmıştır [4]. Demirbağ vd. [5], Marmara Denizi tabanında bulunan ve yaklaşık olarak doğu-batı yönlü uzanan Ana Marmara Fayı'nı ve civarını sismik yöntemle araştırmışlardır. Ateş vd. [6], manyetik, gravite ve sismik veri setleri kullanarak Marmara Bölgesi'nin tektonik yapısını araştırmışlardır. Adatepe [7], Marmara Denizi'ne ait manyetik ve gravite verilerini Fourier analiz yöntemiyle değerlendirerek, bu bölgenin kabuk yapısını aydınlatmaya çalışmıştır. Gholamrezaie [8], Marmara Denizi ve çevresine ait jeolojik, sismik ve gravite veri setlerini kullanarak bölgenin kabuk ve tektonik yapısını araştırmışlardır. Bunun yanında, Marmara Bölgesi'nin jeolojik ve tektonik birimlerini ortaya çıkarmak için daha bir çok çalışma yapılmıştır [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16]. Ayrıca, Eken [17], telesismik deprem kayıtlarını kullanarak, marmara bölgesi temel kaya derinliğini yaklaşık olarak 8-10 km arasında hesaplamıştır.

Bu çalışmada ise Marmara Bölgesi'ne ait küresel Bouguer gravite verileri Dünya Gravite Haritası'ndan (WGM2012) elde edilmiştir [18]. Elde edilen bu veriler Tam Küresel Bouguer gravite anomali verileridir. Bölgedeki yumuşak-sert sediment, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer ara yüzey topoğrafyalarının ortalama derinlikleri, küresel Bouguer gravite verilerinin

genlik spektrumu ile hesaplanmıştır. Temel kaya seviyelerinden kaynaklanan gravite değerleri, küresel Bouguer gravite değerlerine bant geçişli süzgeç uygulayarak hesaplanmıştır. Hesaplanan süzgeçlenmiş gravitenin düşey türev değerlerine TYT tekniği uygulanarak, temel kaya seviyelerindeki yoğunluk farkı sunan yapı sınırları görüntülenmeye çalışılmıştır. Ayrıca ters çözüm hesaplamalarıyla bölgenin temel kaya topoğrafyasındaki dalgalanmalar Parker-Oldenburg algoritması ile hesaplanmıştır [19], [20]. Gomez-Ortiz ve Agarwal [21], bu algoritmayı Matlab programlama diliyle yazarak yayımlamışlardır.

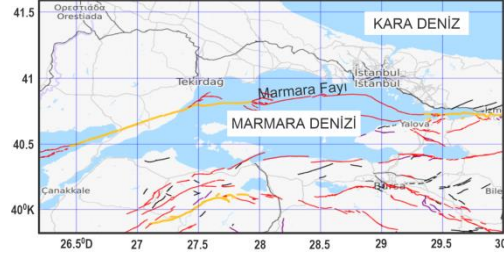
## 2. Marmara Bölgesi'nin Jeolojisi

Marmara Bölgesi, Türkiye'nin diğer bölgelerine göre yapısı en çok çalışılan ve bilinen bölgesi niteliğindedir. Özellikle, denizin kuzeyini kaplayan Trakya Havzası'nda son 50 yıldan beri yapılan petrol ve gaz aramalarına yönelik çalışmalar, bölgenin jeomorfolojisi ve jeolojisine ait ayrıntılı bilgiler sağlamıştır [7]. Bu havza, kuzey ve kuzeydoğuda Istranca dağları, batıda Rodop Masifi ve güneyde Biga, Kapıdağı, Marmara Adaları ve Samanlıdağ masifleriyle çevrilmiştir. Marmara Denizi'ni de kısmen içerisine alan büyük ve derin bir çökelme çanağı olarak tanımlanmıştır [22]. Marmara Havzası, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) sağ yönlü yanal atımlı hareketi ile Ege'deki kuzey-güney açılma ve doğu-batı graben gelişmesi arasında anahtar görevi üstlenmiştir. Bölgenin kırık ve lineasyon hatlarının genelde birbirini kesen birkaç sistemden oluştuğu belirlenmiştir [23], [24], [25]. Bu nedenle, özellikle eğim atımlı normal fayların büyük ölçüde ve çok sayıda geliştiği bölgelerde, aynı doğrultuda faylanmaların yer aldığı dar ve uzun grabenler oluşmuştur. Bunların en önemlileri İzmit ve Gemlik Körfezi'nde görmek mümkündür. Ayrıca, Marmara Denizi'nde büyük olasılıkla

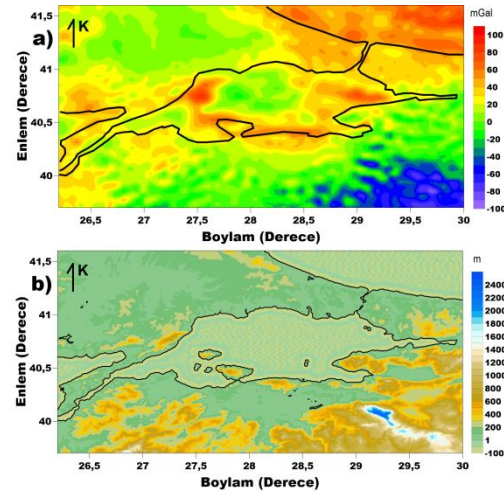
faylarla gelişmiş üç çukurdan söz edilmelidir [7].

Marmara Bölgesi, Miyosen döneminin sonları ve Neotektonik dönemin başlarında Anadolu ve Arap Levhalarının arasında yer alan Neotetis Okyanusu'nun güney kolunun Bitlis – Zagros Sütür Kuşağı boyunca kapanmasıyla oluşmuştur [13]. 1500 km uzunluğundaki KAF, Marmara Denizi'nin doğusunda 3 kola ayrılmaktadır (Şekil 1). Bu 3 kol, Marmara içerisinde değişim sismik ve kinematik özellikler sergilerler. Marmara Denizi derin basenindeki en belirgin yapı D-B yönelimli çukurlar ve bunların arasında uzanan farklı yönelimli sırtlardır. Bunlar batı Marmara, Orta Marmara ve Çınarcık Çukuru olarak adlandırılır [14]. Marmara'nın oluşumu üzerine ilk modeller 1930'lara dayanarak birlikte, deniz tabanı topoğrafyası ve sismik kesitlere dayanarak yapılan ilk modern model, Barka ve Kadinsky-Cade [9]'nin çek-ayır havza modelidir. Daha sonra, bu çek ayır havza modeli Marmara denizindeki 3 derin baseni açıklamak üzere, sıkışma ve açılma bloklarını da içerecek şekilde geliştirilmiştir [10]. Aynı dönemde, sıg sismik verilere dayanarak [16], Güney Marmara'da belirlediği D-B yönelimli normal faylardan, güney Marmara'nın bir yarı-graben olduğunu öne sürmüştür. 1997 yılında MTA tarafından toplanılan sismik veriler üzerinde 3 farklı grup çalışmış ve farklı sonuçlara ulaşmıştır. Okay vd. [13]'e göre, ana fay batı Marmara baseninin doğusunda KD-GB yönlü bir ters faydır. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) sismotektonik-sismolojik özellikleri oldukça detaylı bilinen dünyadaki en iyi bilinen doğrultu atımlı faylardan birisidir. Bu fay, yakınlarında birçok fay parçasını bulundurduğundan dolayı da zon özelliği taşımaktadır ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) olarak bilinir [11]. Parker vd. [15], KAF'ın Marmara bölgesindeki etkinliğinin yok olduğunu ve Marmara denizinin D-B yönelimli normal faylar tarafından açıldığını öne sürmüştür. Son olarak Le Pichon vd. [12], tüm Marmara Denizi'ni kat eden gömülü bir ana fayın var olduğunu iddia etmiştir. Bu araştırmacılar, bu faya Büyük Marmara Fayı adını vermişlerdir. Bölgenin aktif fay haritası Şekil 1'de görülmektedir [26]. Şekil 2a'da, bölgeye ait küresel Bouguer gravite haritası [18] görülmektedir. Kullanılan gravite verilerinin grid aralığı yaklaşık olarak 3,6

km'dir. Şekil 2b'de ise, bölgenin topoğrafya haritası görülmektedir [27].



Şekil 1. Marmara Bölgesi'nin aktif fay haritası ([26]'den alınmıştır).

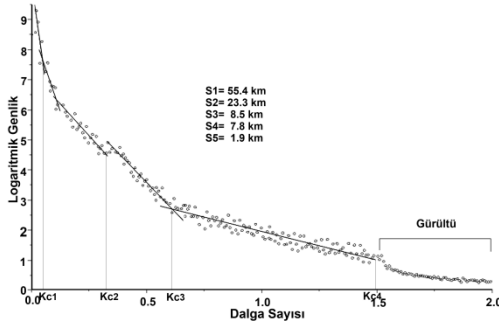


Şekil 2. Marmara Bölgesi'nin; a) Küresel Bouguer gravite anomali haritası ve b) topoğrafya haritası.

Bu çalışmada, bölgeye ait küresel Bouguer gravite verilerinin genlik spektrumu alınarak çalışma alanının yumuşak-sert sediment, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer topoğrafyalarının ortalama derinlikleri hesaplanmıştır. Ayrıca, bölgeye ait küresel Bouguer gravitesinden bant geçişli süzgeç ile hesaplanan gravitenin düşey türevi kullanılarak, bölgenin tektonik yapı sınırları daha ayrıntılı belirlenmeye çalışılmıştır. Son olarak, ters çözüm hesaplamalarıyla bölgenin temel kaya topoğrafyası haritalanmıştır. Tüm bu çalışmalardan sonra bölge'nin güncel tektonik yapısı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

### 3. Materyal ve Metot

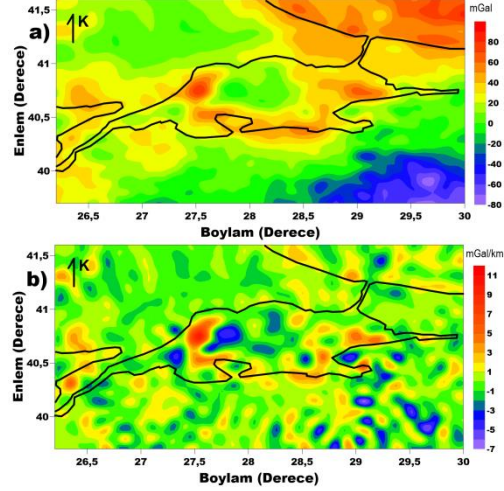
Bölgedeki ara tabaka yüzeylerinin ortalama derinlik değerleri, Bhattacharyya [28]'nin geliştirdiği radyal ortalamalı genlik spektrum tekniğinden faydalanılarak bulunmuştur. İşlemler sonunda beş adet derinlik hesaplanmıştır (Şekil 3). Genlik spektrumu hesabı sonucu yumuşak-sert sediment, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer ara yüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla 1,9 km, 7,8 km, 8,5 km, 23,3 km ve 55,4 km olarak bulunmuştur. Şekil 3'de,  $K_{c2}$  değeri hizasındaki doğrunun önceki doğru ile kesişmemesi, bu seviyelerde sokulum yapmış ve belli dalga boyu anomali üreten birimlerin varlığından kaynaklandığı düşünülebilir. Gravite verilerinin grit aralığının 3,6 km olması sebebiyle, sediment için hesaplanmış 1,9 km değerinin hatalı olduğu açıktır. Ancak, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer ara yüzeyleri için hesaplanmış derinliklerin doğru olduğu düşünülebilir.



**Şekil 3.** Çalışma alanının küresel Bouguer gravitesinin genlik spektrumu ile ara tabakaların derinlikleri.

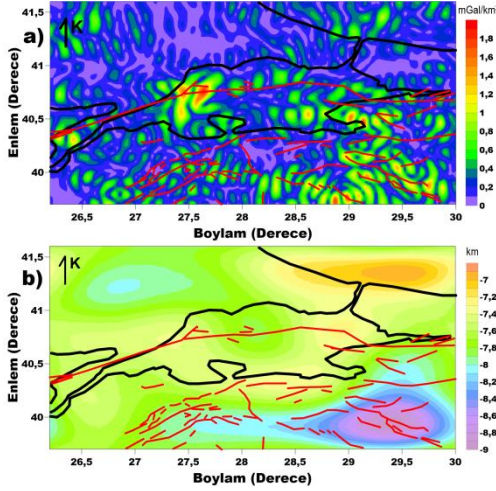
Bu çalışmada kullanılan TYT tekniği ilk olarak Cordell ve Grauch [2] tarafından yoğunluk değişim limitlerini belirlemek için önerilmiştir. Daha sonra bu teknik Oruç [29] tarafından geliştirilmiş ve verdiği bağıntıda (Formül 1) gravite değeri yerine türev değerini kullanmıştır. Bu teknik ile yapılan hesaplamalarda, yüksek genlikler kütle sınırlarında bir bant şeklinde toplanırlar [29].

$$TYT = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 g}{\partial x \partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 g}{\partial y \partial z}\right)^2} \quad (1)$$



**Şekil 4.** a) Süzgeçlenmiş gravite ve b) süzgeçlenmiş gravitenin düşey türev anomali haritaları.

Kütlelerin sınırlarını belirlemek için yapılan hesaplamalarda, doğrudan gravite verileri yerine gravitenin birinci düşey türevi kullanılarak yapılan hesaplamalar daha doğru sonuç verir [30]. Bölgeye ait süzgeçlenmiş gravite ve süzgeçlenmiş gravitenin düşey türev değerleri Şekil 4a ve 4b'de verilmiştir. Belli kesme dalga sayılarıyla bant geçişli süzgeç kullanılarak bölgenin temel kaya seviyelerinden kaynaklanan gravitesi hesaplanmıştır (Şekil 4a). Sonra, süzgeçlenmiş gravite verilerinin birinci düşey türev değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4b). Süzgeçlenmiş gravitenin düşey türevinden bulunan TYT haritasının maksimum değerleri bölgedeki yapısal süreksizlikleri ve çizgisellikleri belirtir [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16].



**Şekil 5 a)** Süzgeçlenmiş gravitenin birinci düşey türevin TYT haritası ve b) temel kaya topoğrafyası. Bölgenin aktif fayları kırmızı renk ile verilmiştir.

Bölgenin tektonik yapısı da göz önünde bulundurularak Şekil 5a'ya bakılacak olursa, yeni süreksizlik sınırlarının genellikle bölgenin güney kısımlarında ve ana Marmara Fayı boyunca toplandıkları görülür. Ancak bunun yanı sıra, bu süreksizlik sınırlarının, bölgenin çeşitli yerlerinde farklı doğrultularda uzandıkları görülebilir. Ayrıca bu süreksizlikler bazı kısımlarda eski ve diri fayları kesmektedir. Çalışmada kullanılan gravite verilerinin grit aralığına bağlı olarak yüzeye yakın faylar belirlenemezken, nispeten daha derindeki faylar belirlenebilmiştir. Çalışma alanına ait temel kaya topoğrafyası Parker-Oldenburg algoritması ile hesaplanmıştır [19], [20] (Şekil 5b). Buna göre, temel kaya ara yüzey derinliğinin yaklaşık olarak 7 - 9 km arasında değiştiği görülmektedir. Ayrıca bu şekilden, temel kaya ara yüzeyinin dalgalanmaları ve süreksizliklerin görsel olarak ilişkisi görülebilir. Temel kaya ara yüzey derinliği için bulunan bu değerler, Eken [17]'in bulunduğu 8-10 km derinlik değerleriyle uyumludur.

#### 4. Sonuç

Çizgisellikleri ortaya çıkarmak için daha önce yapılmış çalışmalar çoğunlukla direkt gravite verisiyle hesaplanmıştır [1], [2], [3]. Burada

yapılan hesaplamalar ise bölgenin düşey türev verileriyle ilk kez yapılmıştır. Çalışma alanındaki ana tektonik birimlerin sınırları daha önceki çalışmalarla [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16] ortaya konulmuştu. Bu çalışmada ise, bölgedeki daha alt birimlere ait çizgisellikler de belirlenmiştir. Bölgenin küresel Bouguer gravite verilerinin genlik spektrumu alınarak, yumuşak-sert sediment, temel kaya, Moho ve litosfer-astenosfer ara yüzeylerine ait ortalama derinlikler sırasıyla, 1,9 km, 7,8 km, 8,5 km, 23,3 km ve 55,4 km olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, temel kaya topoğrafya derinliklerinin de yaklaşık olarak 7 - 9 km arasında değiştiği bulunmuştur. Bölgedeki mevcut birimlerin yan birimlerle dokunaklarını faylardan ayırmak için daha farklı çalışmalara ihtiyaç vardır.

#### Kaynakça

- [1] Altınoğlu, F.F., Sarı, M., Aydın, A., 2015, Detection of Lineaments in Denizli Basin of Western Anatolia Region Using Bouguer Gravity Data. *Pure and Applied Geophysics* 172, 415-425.
- [2] Cordell, L., ve Grauch, V.J.S., 1985, Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico, (Ed. Hinze, W.J.) The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps, Society of Exploration Geophysicists, 181-197.
- [3] Nabighian, M. N., 1972, The Analytic Signal of two dimensional magnetic bodies with polygonal cross section: Its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics*, 37, 507-517.
- [4] Arısoy, M. Ö., Dikmen, Ü., 2011, Potensoft: MATLAB-based Software for potential field data processing, modelling and mapping. *Computer & Geosciences*, 37, 935-942.
- [5] Demirbağ, E., Rangin, C., Pichon, X.L., Şengör, A.M.C., 2003, Investigation of the tectonics of the Main Marmara Fault by means of deep-towed seismic data, *Tectonophysics*, 361, 1-19.
- [6] Ateş, A., Bilim, F., Büyüksaraç, A., Bektaş, Ö., 2008, Tectonic interpretation of the Marmara Sea, NW Turkey from geophysical data, *Earth Planets Space*, 60, 169-177.
- [7] Adatepe, F.M., 1991, Marmara Denizi gravite ve manyetik verilerinin fourier analizleriyle değerlendirilmesi, *Jeofizik*, 5, 127-133.
- [8] Gholamrezaie, E., Scheck-Wenderoth, M., Sippel, J., Heidbach, O., and Strecker, M.R., 2018, Crustal Density Model of the Sea of Marmara: Geophysical Data Integration and 3D Gravity Modelling, *Solid Earth Discuss*, <https://doi.org/10.5194/se-2018-113>.
- [9] Barka, A. ve Kadinsky-Cade, K., 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.



- [10] Ergün, M. ve Özel, E., 1995, Structural relationship between the sea of Marmara basin and the North Anatolian Fault. *Terra Nova*, 7, 278-288.
- [11] Ketin, İ., 1968, Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler. *M.T.A. Derg.*, no. 71, Ankara.
- [12] Le Pichon, X., Taymaz, T. ve Şengör, A.M.C., 1999, The Marmara Fault and the future İstanbul Earthquake. *Proceedings ITUIAHS International Conference on the Kocaeli Earthquake, İstanbul*, 41-54.
- [13] Okay, A.I., Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N. ve Kuşçu, İ., 1999, An active, deep marine strike slip basin along the North Anatolian fault in Turkey. *Tectonics*, 18, 129 - 147.
- [14] Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E. ve Kuşçu, İ., 2000, Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: A multichannel seismic reflection study, *Tectonophysics*, 321, 189-218.
- [15] Parke, J.R., Minshull, T.A., Anderson, G., White, R.S., McKenzie, D.P., Kuşçu, İ., Bull, J.M., Gorur, N., Sengor, C., 1999, Active faults in the Sea of Marmara, western Turkey, imaged by seismic reflection profiles, *Terra Nova*, 11, 223-227.
- [16] Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F., Yüce, H., Alpar, B., Başaran, H., Jackson, J.A., Kara, S., Simsek, M., 1995, High resolution seismic reflection profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes. *Geological Society America Bulletin*, 107, 923-936.
- [17] Eken, T., 2018, Marmara Bölgesi İçin Kapsamlı SKS Polarizasyon Analizleri ve Üst Manto Deformasyonu Hakkında Düşündükleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18, 664-675.
- [18] Bonvalot, S., Balmino, G., Briais, A., M. Kuhn, Peyrefitte, A., Vales N., Biancale, R., Gabalda, G., Reinquin, F., Sarrailh, M., 2012, *World Gravity Map. Commission for the Geological Map of the World. Eds. BGI-CGMW-CNES-IRD, Paris*
- [19] Oldenburg, D.W., 1974, The inversion and interpretation of gravity anomalies. *Geophysics*, 39, 526-536.
- [20] Parker, R. L., 1973, The rapid calculation of potential anomalies. *Geophysical Journal International*, 31, 447-455.
- [21] Gomez-Ortiz, D., Agarwal, B.N.P., 2005, 3DINVER.M: A MATLAB program to invert the gravity anomaly over a 3-D horizontal density interface by Parker-Oldenburg's algorithm. *Computer Geosciences*, 31, 513-520.
- [22] Ketin, İ., 1983, Türkiye Jeolojisine genel bir bakış. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, İstanbul.
- [23] Barka, 1987, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batısının tektoniği ve deprem etkinliği, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi Seminer Notları, İstanbul.
- [24] Gündoğdu, O., 1984, Türkiye depremlerinin kaynak parametreleri ve aralarındaki ilişkiler. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- [25] Kiyak, Ü., 1986, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun batı uzantılarının incelenmesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- [26] Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013, Açıklamalı 1/1.250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30. Ankara-Türkiye.
- [27] U.S. Geological Survey, Digital Elevation Models GTOPO30, Virginia, 1998, [http://webmap.ornl.gov/wcsdown/wcsdown.jsp?dg\\_id=10003\\_1](http://webmap.ornl.gov/wcsdown/wcsdown.jsp?dg_id=10003_1), (Ziyaret tarihi: 11 Şubat 2020).
- [28] Bhattacharyya, B.K., 1967, Some general properties of potential fields in space and frequency domain: a review. *Geoexploration* 5 (3), 127-143.
- [29] Oruç, B., 2010, Edge detection and depth estimation using a tilt angle map from gravity gradient data of the Kozaklı-Central Anatolia Region, Turkey. *Pure and Applied Geophysics*, DOI: 10.1007/s00024-010-0211-0.
- [30] Elmas, A., 2018, Kıbrıs Adasındaki Yapısal Süreksizliklerin EGM08 Gravite Verileri Kullanılarak Belirlenmesi, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42, 17-32 (DOI: 10.24232/jmd.434135)