

## İZMİT KÖRFEZİ-SAPANCA GÖLÜ DOĞUSU ARASININ SIĞ VE DERİN JEOFİZİKSEL YÖNTEMLERLE KABUK DEFORMASYONUNUN ANALİZİ

**Metin AŞCI (0000-0001-6218-6195)<sup>1\*</sup>**  
**Bülent DOĞAN (0000-0002-6684-2046)<sup>2</sup>**  
**Selin YAVUZYILMAZ (0000-0003-4960-6866)<sup>1</sup>**  
**Ertan PEKŞEN (0000-0002-3515-1509)<sup>1</sup>**  
**Ahmet KARAKAŞ (0000-0002-6684-2046)<sup>2</sup>**  
**Fadime SERTÇELİK (0000-0002-4549-7941)<sup>1</sup>**  
**İbrahim SERTÇELİK (0000-0002-7131-9380)<sup>1</sup>**  
**Cengiz KURTULUŞ (0000-0002-6322-3522)<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 41040, İzmit/Kocaeli.

<sup>2</sup> Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41040, İzmit/Kocaeli

**Geliş / Received:** 19.11.2018

**Kabul / Accepted:** 24.12.2018

### ÖZ

Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Marmara bölgesindeki kuzey kolu ve güneyindeki faylar üzerinde yapılan toplam 19 çok elektrotlu öz direnç (ERT) ve 16 manyetik profil ile, aynı ölçü lokasyonlarında elde edilmiş gravite verileri modellenerek kıtasal kabuğun sıg ve derin kesimindeki fayların çoğunluğunun kuzeye eğimli oldukları belirlenmiştir. Bu profiller, yüzeyde morfolotektonik ve tektonostratigrafik fayların var olduğu lokasyonlarda bu faylara dik doğrultuda ve farklı uzunluklarda elde edilmiş olup toplam 7300 m manyetik, 6270 m öz direnç ölçümlerinden oluşmaktadır. Manyetik dayk yöntemi ile kıtasal kabuğun daha derin kesimindeki fayların yüksek açılı ve kuzeye eğimli oldukları belirlenmiş olup Plio-Quaternary çökeller içinde tek etkin ana fay türünün sağ yanal doğrultu atımlı olduğu anlaşılmaktadır. Güneyde izlenen fay düzlemi eğim açıları İzmit körfezi-Sapanca gölü arasında farklı derinliklerde 45° ile 60° arasında değişmektedir. Bu faylar doğu batı doğrultusunda sürekli olmayıp segment şeklindedir. Pliyosen-Holosen dönemde (Geç Neotektonik dönem) gelişen ve çöküntü alanlarında biriken çökellerin sedimantasyonuna eşlik eden tek ana yapısal eleman, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin kuzey koludur. Bölgedeki kıtasal kabuğun 1300 m derinliğine kadar rezistivite ve manyetik ile belirlenen fay düzlemleri (jeofiziksel fay), yüzeydeki fay izleri (jeolojik fay) ile birlikte değerlendirildiğinde, çöküntü alanlarını oluşturan güneydeki fayların çalışma alanının güneyinden kuzeyine doğru bir zonlanma gösterdikleri belirlenmiştir. Kuzey Anadolu fay sisteminin birincil kolu dışında güneyde yer alan fay düzlemleri, çöküntü alanlarına doğru eğim kazanmış faylanma tipleri bölgede ana kaynak konumundaki Kuzey Anadolu fay sistemine kabuğun derininde bağlanabilecek nitelikte olup bölgedeki deformasyon şeklinin negatif çiçek yapısı şeklinde olduğunu desteklemektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kuzey Anadolu Fay Sistemi, öz direnç, manyetik, doğrultu atımlı gerilme, negatif çiçek yapısı

## CRUSTAL DEFORMATION ANALYSIS BY SHALLOW AND DEEP GEOPHYSICAL METHODS IN THE AREA BETWEEN İZMİT BAY AND EAST OF LAKE SAPANCA

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.:+905333154888; e-mail :metin\_asci@hotmail.com

M. AŞCI, B. DOĞAN, S. YAVUZYLMAZ, E. PEKŞEN, A. KARAKAŞ, F. SERTÇELİK, İ. SERÇELİK, C. KURTULUŞ

## ABSTRACT

It has been determined that the majority of the faults located in the shallow and deep depths of the continental crust are dipped to the north by modeling the gravity data obtained from the same measurement locations with a total of 19 multi-electrode resistivity (ERT) and 16 magnetic profiles on the northern branch and faults in the south of the northern branch of the North Anatolian Fault System (NAFS) in the Marmara Region. These profiles are vertically obtained in the locations where morphotectonic and tectonostratigraphic faults exist on the surface in different lengths and consist of 7300 m magnetic and 6270 m resistivity measurements in total. The magnetic dyke method revealed that the deeper faults of the continental crust are northward dipped with high-angle and, and that the right lateral strike-slip fault, only main fault type, is prevalent in the Plio-Quaternary deposits. The dip angles of the fault planes observed in the south vary from 45° to 60° at different depths between the Izmit bay and the Sapanca lake. These faults are not continuous in the east and west directions but are segmented. NAFS northern branch is the only major structural element that accompanies to the sedimentation of deposits in the Pliocene-Holocene (Upper Neotectonic period) deposits. When the fault planes (geophysical fault) determined by resistivity and magnetic methods up to 1300 m depth of the continental crust in the region were evaluated together with the fault traces (geological fault) on the surface, it was determined that the faults in the south forming the depression areas showed a zonation from the south to the north in the study area. Fault planes located in the south of the primary branch of the North Anatolian fault system support that the faults that have dipped towards the depression areas can be connected to the main tectonic source, North Anatolian fault system in the deeper parts of the crust, and that the deformation in the region is in the form of a negative flower structure.

**Keywords:** North Anatolian Fault System, resistivity, magnetic, transtensional stress, negative flower structure

## 1. GİRİŞ

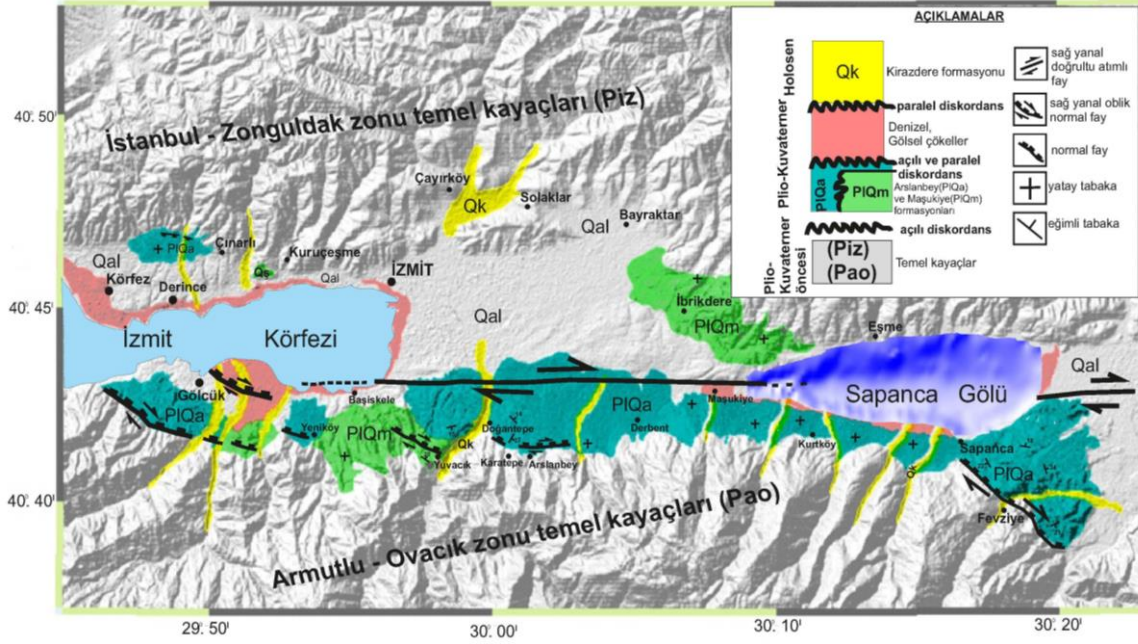
Günümüzde aktif fayların yüzeye yakın kısımlarında henüz konsolide olmamış bu birimlerin tespiti önemlidir. Kuvaterner genç çökeller üzerinde gravite, ERT ve GPR ve sismik yöntemlerini kullanarak fay geometrisini ortaya çıkarmıştır. [1] yine ERT yöntemini kullanarak fay görüntülemesi yapmışlardır. [2] MT datalarından faydalanarak San Andreas Fay zonundaki düşük özdirenç değerlerinin düşük P hızlarına karşılık geldiğini belirlemiştir. [3] Kuzey Batı Anadolu’da manyetik MT profilleri atarak Batı Anadolu’nun graben (horst) yapısını ortaya çıkarmıştır. [4] Marmara bölgesine ait havadan manyetik, gravite ve sismik dataları kullanarak karşılaştırmalı fay yeri belirlemeleri yapmışlardır. [5] Japonya’da dört aktif fay üzerinde CSAMT yöntem uygulayarak tortul ana kaya sınırlarını ve çok elektrot özdirenç (ERT) yöntemiyle sığ sıkışmamış jeolojik birimlerdeki fayları ortaya koymuştur. [6] İzmit körfezi ve baseninde mikrotremor ve gravite ölçümleri yaparak basen geometrisini ortaya koymuşlardır [7]. Bu çalışmada ise yüzeyde gözlenen tali faylar ile Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun İzmit’ten geçen kolu üzerinde ERT, manyetik ölçümleri alınarak basen geometrisi ve deformasyon bölgeleri ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL ve METOT

### 2.1 Stratigrafi ve Yapısal Jeoloji

Buna göre alüvyal yelpaze çökelleri ve bu birimin altındaki fosilli ve yoğun su ortamını belirten çökel birim 1/25.000 ölçekli haritalarda İzmit Körfezi-Sapanca gölü güney yükseliminin kenarında işaretlenmiş faylar kadar hem yüzey hem de kabuğun belirli derinliğinde yapılan rezisitivite ve manyetik çalışmalarda izlenmektedir (Şekil 1).

## İZMİT KÖRFEZİ-SAPANCA GÖLÜ DOĞUSU ARASININ SİĞ VE DERİN JEOFİZİKSEL YÖNTEMLERLE KABUK DEFORMASYONUNUN ANALİZİ



**Şekil 1.** Çalışma alanındaki temel kayaların üzerine gelen İzmit Körfezi-Sapanca Gölü havzasını oluşturan havza-içi çökellerinin ve bölgedeki aktif fayların haritası.

Bölgede yapılan ve aktif deformasyonunun türü ve dağılımının belirlenmesine dönük bu çalışmada özellikle İzmit-Sapanca Gölü arası çöküntü alanının ana fay dışında özellikle güney kesimde bulunan ve havza dolgusu birimler yer yer sınırlayan segment şeklindeki faylardan oluştuğu belirlenmiştir. Yukarıda belirtilen Pliosen-Holosen dönem havza stratigrafisine göre bölgede alüvyal yelpaze çökelinin dışında, güney temel kayaları oluşturan volkanik andezitler içinde, fay dokanıklı, kollüviyal seviyelerin varlığı ve yukarıda belirtilen bol fosilli sedimenter nitelikli birimleri varlığı Pliyo-Kuvaterner stratigrafisinin bölgedeki yayılımının ve kalınlığının ne kadar fazla olduğunu gösterir. Bu anlamda bu kalınlığa ve bu yayılıma aktif faylanmanın sadece Kuzey Anadolu Fayı ana kolu değil, bununla birlikte havza güneyindeki diğer fayların katıldığı belirlenmiştir.

## 2.2 Metodlar

Bu çalışmada jeofizik doğru akım öz direnç uygulamalarında çok sık kullanılan üç farklı elektrot diziliminden yararlanılmıştır. Schlumberger dizilimi daha çok düşey öz direnç değişimlerine duyarlı bir elektrot dizilimi iken Wenner elektrot dizilimi daha çok yanal öz direnç değişimlerinde duyarlıdır. Dipol-Dipol elektrot dizilimi ise daha çok yüze yakın öz direnç değişimlerinden etkilenir. Sonuç olarak bu üç farklı dizilimin farklı duyarlılığı bize yeraltının öz direnç dağılımı hakkında daha sağlıklı bilgi verecektir. Bu nedenlerden dolayı arazide bu elektrot dizilimleri tercih edilmiştir. Arazide alınan veriler görünür öz direnç değerleridir. Yorumlama işlemine geçilmeden önce bu ham verilerin bazı veri işlem yöntemleriyle işlenmesi ve yoruma hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Doğru akım öz direnç yöntemlerinden elde edilen verilerin görsel olarak yorumlanması genellikle büyük yanlışlıklara neden olmaktadır. Bu nedenle elde edilen gözlemsel verilerin bazı matematiksel yöntemlerle yorumlanması gerekmektedir. Öz direnç verilerinin modellenmesi ve yorumlanmasında kullanılan en yaygın yöntem ters çözüm yöntemidir. Ham veriler ilk önce READ2IMAGE programıyla işlenerek Res2DINV [9] programına giriş verisi şeklinde hazırlanmıştır.

Manyetik Yöntem ise doğrultu atımlı faylar jeolojik olarak bazen iki ayrı birimin arakesitinde bazen de bir birimin üzerinde meydana gelebilmektedir. İlk durumda iki farklı jeolojik birimin yan yana olmasından dolayı jeofizik yöntemler başarılı bir şekilde süreksizlik ayırımı yapabileceklerdir. Doğrultu atımlı fayların havza oluşturmaları, zonal yapıyı ortaya çıkaracağından bu durumda fay, çizgisel veya zonal bir yapı şeklinde olabilecektir. Bu duruma yaklaşım yapabilmek için, day ve ince levha bağıntıları kullanılarak, inceleme alanında ki her bir fay kalın day, ince levha modelleri ile modellenecek ve her bir model incelenecektir. [10] tarafından verilmiştir. Bağıntılardan hesaplanacak türevler sonucu oluşturulacak türev matrisine, [11] tarafından geliştirilen

M. AŞCI, B. DOĞAN, S. YAVUZYLMAZ, E. PEKŞEN, A. KARAKAŞ, F. SERTÇELİK, İ. SERÇELİK, C. KURTULUŞ

algoritma uygulanarak üç modele ait çözümler geliştirilebilir. Böylece, manyetik anomalinin kaynağı olarak görülen parametrelere ulaşılabilir.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

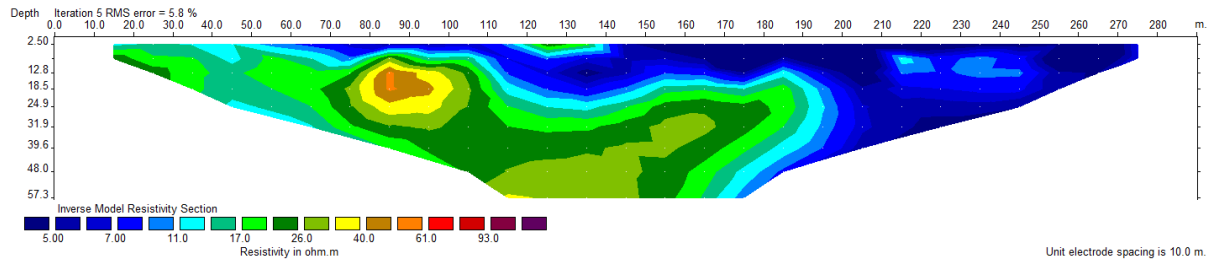
Tablo 1’de İzmit içinden geçen Kuzey Anadolu Fayının ana zonu ile ona bağlı gelişen tali faylar üzerinde yapılmış manyetik çalışmaların sonuçları görülmektedir.

**Tablo 1.** Manyetik ölçümlerin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar.

	$\delta$ (°)	d (m)	h (m)	m	c	e
ML101a	122.4421	215.1856	132.212	1.331306	46598.29	1.899714
ML101b1	120.7037	157.8155	126.2925	4.012152	46378.72	1.997094
ML102a	148.9059	153.6524	79.19649	6.238789	46871.64	3.459262
ML103a	138.8976	81.0603	46.25156	7.932909	47247.64	3.946908
ML104a2	63.3164	24.79681	11.11184	-11.5727	48418.77	2.101118
ML104b1	58.6957	23.00385	11.29605	-10.1641	48415.42	3.273937
ML105a	140.3115	533.1918	171.4987	-0.2737	47687.82	0.988561
ML106a	160.6965	153.6671	181.2813	19.12954	46920.67	4.796857
ML10a	144.0035	309.772	288.3875	5.472129	46280.22	1.891837
ML110b	137.9934	76.60745	50.38693	13.67733	46758.74	6.118474
ML113a	120.2689	126.276	48.65937	-2.20301	47247.97	7.108088
ML114a	100.6355	413.6932	244.3883	-6.04661	47168.84	1.204869
ML115b1	107.970	128.8899	366.7176	44.1811	36833.38	2.227627

Burada temel sayılacak birimin,  $\delta$  saat yönünde eğim açısını, d, fayın geometrik merkezi, h, birimin derinliği, m ve c rejyonel sabitler, e ise karesel hatayı göstermektedir.

Özdirenç çalışmalarında ise 300 ve 600 m serim boyu kullanılmış Tablo 1’deki manyetik lokasyonlarında alınan ölçümlerle yüzeyden itibaren 50-150 m derinliğe kadar fayın konumu ortaya çıkarılmıştır. Şekil 2 İzmit-Yeniköy’de tali bir fay üzerinde yapılmış 300 m lik bir serimin ERT sonucu görülmektedir.



**Şekil 2.** Aslanbey formasyonun kum matrisli çakıl, kum, kil ve siltli seviyeleri izlenmektedir (koyu yeşilden koyu mavi). Kahverengi alanlar ise rekristalize kireçtaşlarının bloklarıdır.

Yine bölgede, 2007 yılında TÜBİTAK tarafından İzmit Büyükşehir Belediyesine yapılan gravite çalışması verileri kullanılarak elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

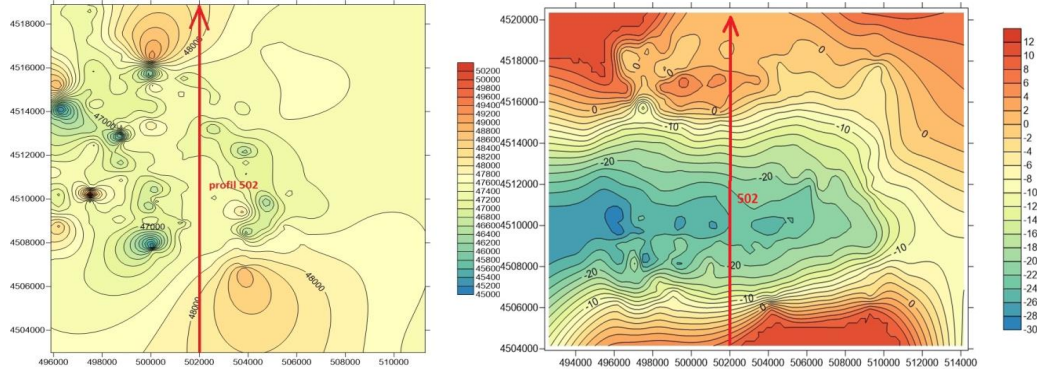
**İZMİT KÖRFEZİ-SAPANCA GÖLÜ DOĞUSU ARASININ SİĞ VE DERİN JEOFİZİKSEL YÖNTEMLERLE KABUK DEFORMASYONUNUN ANALİZİ**

**Tablo 2.** Kuzey-Güney doğrultulu gravite profillerinin modelleme sonuçları.

	h	b	d	$\alpha$	e
profil 1	1440.114	8168.033	6331.28	23.638107	0.118751
profil 2	1571.197	8790.351	5551.414	26.988967	0.090133
profil 3	1312.06	7934.917	5550.364	24.970356	0.143939
profil 4	1023.307	10395.32	4032.871	25.404246	0.19581
profil 5	930.7252	9070.685	3117.712	43.265022	0.166074
profil 6	1824.784	8606.721	3533.339	53.978215	0.103093
profil 7	2184.629	8922.024	4750.946	-68.6868	0.106483

Burada h, temel kayaların derinliğini, b dayk olarak yüzey genişliğini, d, geometrik fay merkezini,  $\alpha$ , saat yönünün tersi eğim açısını, e ise karesel hatayı göstermektedir.

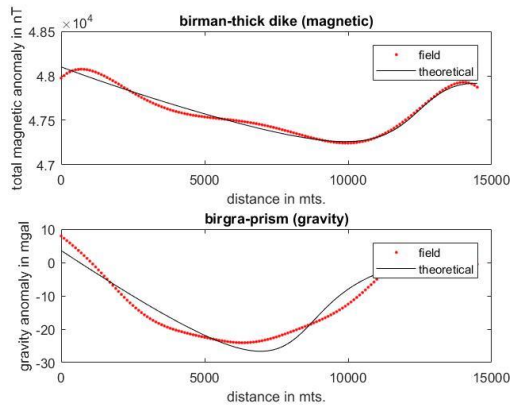
Manyetik ve gravite haritalarından (Şekil 3) aynı lokasyondan alınan kesitler ile modelleme sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.



**Şekil 3.** İzmit körfezi ve baseninin manyetik ve gravite haritaları.

**4. SONUÇLAR**

Kuzey Anadolu fay sisteminin birincil kolu dışında güneyde yer alan fay düzlemleri, depression alanlarına doğru eğim kazanmış faylanma tipleri bölgede ana kaynak konumundaki Kuzey Anadolu fay sistemine kabuğun derininde bağlanabilecek nitelikte olup bölgedeki deformasyon şeklinin negatif çiçek yapısı (negative structure flower) şeklinde olduğunu desteklemektedir. İzmit baseninin derinliği ise 1300-1400 m dolayındadır. Sapanca gölü ve sonrasında taban kaya derinliği artmaktadır.



**Şekil 4.** Aynı lokasyona ait manyetik ve gravite kesitleri ve bulunan sonuçlar.

502	initial	calculated
$\delta$ (°)	110	146.5482
Mag-d (m)	6113	3951.234
Gra-d (m)	6345	6555.890
h (m)	1043	1430.298
Mag-b (m)	4907	8648.301
Gra-b (m)	8680	8723.326
Mag-m	0.06	-0.1178
Gra-m	-0.003	-0.0061
Mag-c	47526	49771.1378
Gra-c	53.48	-2.8165
e		1.63192

*M. AŞCI, B. DOĞAN, S. YAVUZYLMAZ, E. PEKŞEN, A. KARAKAŞ, F. SERTÇELİK, İ. SERÇELİK, C. KURTULUŞ*

Burada;  $\delta$  saatin yönünde açı; Mag-d ve Gra-d başlangıç noktasından merkeze olan uzaklık; h üst derinlik; Mag-b ve Gra b genişlik;, Mag-m, Gra-m,, Mag-c ve Gra-c rejyonal sabitler; e ise karesel hatadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri (KOU-BAP) Biriminin 2016 / 064 numaralı projesi kapsamında desteklenmiş olup, Çalışmacılar, Kocaeli Üniversitesi Rektörlüğüne ve İzmit Büyükşehir Belediyesi'ne başta Gravite dataları olmak üzere veri paylaşımından teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- [1] WISE, D.J., CASSIDY, J., LOCKE, C.A., “Geophysical imaging of the Quaternary Wairoa North Fault, New Zealand: A case study”, *Journal of Applied Geophysics*, 53, 1–16, 2003.
- [2] NGUYEN, F., GARAMBOIS, S., JONGMANS, D., PIRARD, E., LOKE, M.H., “Image Processing of 2D Resistivity Data For Imaging Faults”, *Journal of Applied Geophysics*, 57, 260–277, 2005.
- [3] BEDROSIAN, P.A., UNSWORTH, M.J., EGBERT, G., “Magnetotelluric Imaging of the Creeping Segment of the San Andreas Fault Near Hollister”, *Geophysical Research Letters*, 29, 1–4, 2002.
- [4] ÇAĞLAR, İ., “Electrical Resistivity Structure of the Northwestern Anatolia and Its Tectonic Implications for the Sakarya and Bornova Zones”, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 125, 95–110, 2001.
- [5] ATEŞ, A., KAYIRAN, T., SİNCER, I., “Structural Interpretation of the Marmara Region, NW Turkey, From Aeromagnetic, Seismic and Gravity data”, 367, 41–99, 2003.
- [6] SUZUKI, K., TODA, S., KUSUNOKI, K., FUJIMUTSU, Y., MOGI, T., JOMORI, A., “Case Studies of Electrical and Electromagnetic Methods Applied to Mapping Active Faults Beneath the Thick Quaternary”, 56, 29–45, 2000.
- [7] ÖZALAYBEY, S., ZOR, E., ERGİNTAV, S., TAPIRDAMAZ, M.C., “Investigation of 3-D Basin Structures in the İzmit Bay Area (Turkey) by Single-Station Microtremor and Gravimetric Methods”, 186, 883–894,2011.
- [8] LOKE, D.M., “Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys”, *Lecture notes*, 1996.
- [9] RAJU, D.C.V., “A Computer Program For Least-Squares Inversion of Magnetic Anomalies Over Long Tabular Bodies”, *Computers & Geosciences*, 29, 91–98, 2003.
- [10] MARQUARDT, D. W., “An Algorithm for Least Squares Estimation of Non Linear Parameters”, *Journal of the Society of Industrial and Applied Mathematics*, 11, 431–441, 1963.
- [11] TELFORD, W. M., GELDART, L. P., SHERIFF, R. E., *Applied Geophysics*( 2nd ed.), Cambridge University Press, New York, USA, 1976.