

SİSMİK RİSKİ YÜKSEK OLAN İZMİR-KARABURUN'UN GÜNEYİNDE YAPILMIŞ MİKROGRAVİTE VE GPS ÇALIŞMALARI

Microgravity and GPS Studies in the south of Izmir-Karaburun, a Highly Seismic-Risky Area

Oya PAMUKÇU¹, Tolga GÖNENÇ¹, Ayça YURDAKUL¹, Muzaffer KAHVECİ²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Tınaztepe Kampüsü Buca-İZMİR

¹oya.pamukcu@deu.edu.tr

²Türksat A.Ş. Jeodezi ve GNSS Danışmanı Konya Yolu 40.km Gölbaşı-Ankara

ÖZET

Batı Anadolu Bölgesi'nin güncel açılma tektoniği özelliğini taşıyan ve Türkiye'nin önemli büyük şehirlerinden biri olan İzmir'in yüksek sismik aktivitesi son yıllarda oldukça dikkat çekmektedir. Özellikle şehirdeki bu yüksek sismik aktiviteye sahip bölgelerden biri Karaburun ilçesinin güneyidir. Bu bölge önemli fay zonlarıyla sınırlıdır. Bu çalışma kapsamında, önemli sismik aktiviteye sahip bu havzada TÜBİTAK 108Y285 nolu projesi kapsamında ilk defa yapılan mikrogravite profil ölçümleri ve GPS çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Yapılan uygulamalar sonucunda Karaburun'nun güneyindeki mikrogravite profil ölçümlerinden elde edilen Bouguer anomalisinin değişimleri saptanmış, GPS çalışmaları ile hız değişimleri ve yatay hareket izlenebilmiştir.

Çalışmanın sonucunda inceleme alanına ait Bouguer anomali değerleri ve GPS çalışmalarından elde edilen hızlara ait bulgular irdelenmiştir. Ayrıca bu sonuçlar deprem odak dağılımları ile birlikte değerlendirilmiş ve bu havzanın kendine özgü bir kinematik mekanizmasının olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Karaburun, İzmir, mikrogravite, GPS, kinematik

ABSTRACT

Izmir, which is one of the biggest cities of Turkey and possesses the extensive tectonic feature of Western Anatolia region, is outstanding in recent years due to its high seismic activity. Particularly, the south of Karaburun is one of the regions which has high seismic activity in the city and is constrained by major fault zones. In this context, under the scope of The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK-108Y285) project, the microgravity profile measurements and GPS studies were achieved for the first time in this basin, which has an important seismic activity.

As a result of the applications, the Bouguer anomaly changes, which were obtained from microgravity profile measurements in the south of Karaburun, were detected and velocity changes and horizontal movements were monitored by GPS studies.

As a result of the study, the Bouguer anomaly values regarding the area were investigated associated with the velocity findings that were obtained from GPS studies. Moreover, these results were evaluated together with the earthquake focal distributions and thus, it was determined that this mentioned basin comprises a distinct kinematic mechanism.

Key Words: Karaburun, İzmir, microgravity, GPS, kinematic

GİRİŞ

Çalışma alanı, Karaburun Yarımadası'nın güneyinde Urla Havzasını da içine alan bir bölgedir (Şekil 1a). Bölgenin doğu kenarında Yelki-Seferihisar hattı boyunca uzanan Seferihisar Fay Zonu bulunmaktadır. Sözbilir vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada zon içindeki fayların bir kısmı eski alüvyon ile Bornova fliş zonu arasında olduğu, diğerlerinin ise eski alüvyonu kestiği ve yeni alüvyon ile dokanak yaptığı belirtilmektedir. Urla Havzası'nın batı kenarında, 11 km uzunluğunda ve 2 km genişliğindeki K-G doğrultulu Yağcılar Demircili Fay Zonu bulunmaktadır (Sözbilir vd 2009). Sözbilir vd (2009) tarafından yapılan çalışmada Seferihisar Fay Zonu ile Yağcılar-Demircili Fay Zonu çalışma alanının güneyine doğru Sığacık Körfezi içinde K-G uzanımı Gülbahçe Fay Zonu ile KB-GD uzanımı sol yönlü doğrultu atımlı faylarla birleştiği belirtilmektedir.

Çalışma alanı ve çevresini kapsayan ve 2005 Sığacık depremlerinde oluşan yüzey şekilleriyle ilgili gözlemler Sözbilir vd (2009) tarafından ayrıntılı olarak yapılmıştır. Bu çalışmada haritalanan faylar ile kuzeyden güneye doğru daralan 'V' şekilli bir yapının varlığı savunulmuştur. Yapılan çalışmada belirtilen V şeklinin yaklaşık dik eksenini üzerinde bulunan çalışma alanının 2 milyon yıldan beri oluşmaya devam eden genç bir havza olduğuna değinilmiştir.

Aktuğ ve Kılıçoğlu (2005; 2006) tarafından Batı Anadolu genelinde yapılan çalışmada İzmir Körfezi ve çevresindeki neotektonik rejiminin, Urla Bloğunun güneyindeki hareket ve İzmir Körfezinin kuzey kısmı ile Karaburun Yarımadası arasındaki D-B kısalma ile denetlendiği ve açılma rejiminin batıya doğru arttığı belirtilmiştir.

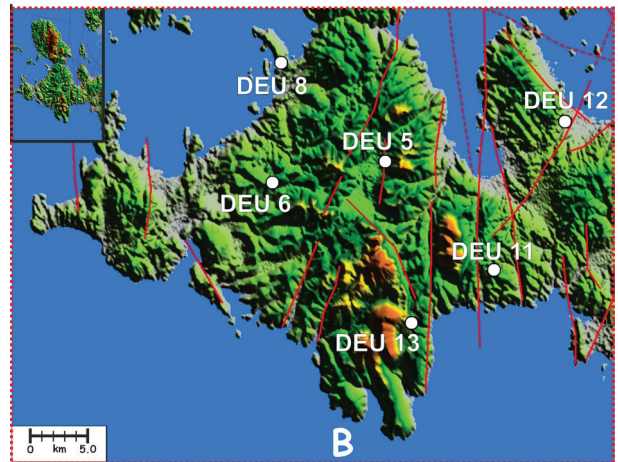
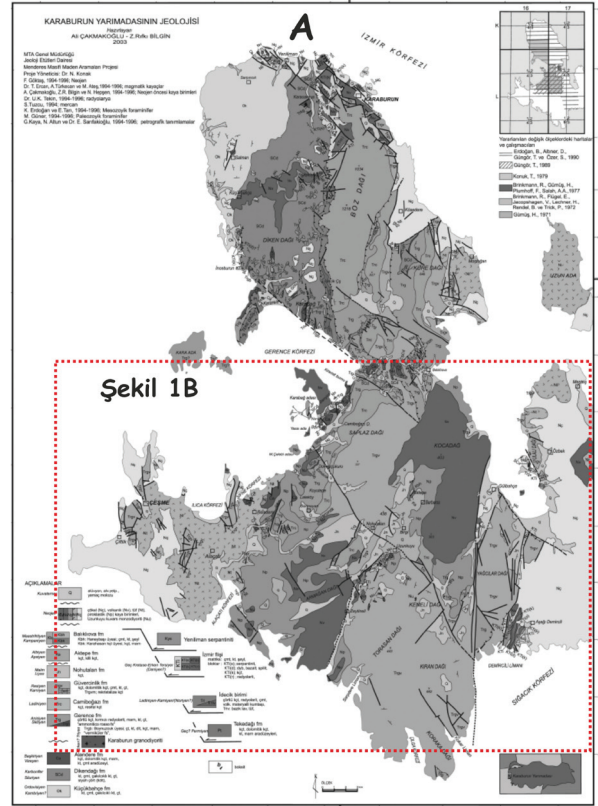
Son yıllarda İzmir ve çevresinde yapılan çalışmalarda (Akıncı vd 2000; Polat vd 2009; Gök vd 2010a, 2010b) bölgenin sismik risk taşıdığı belirtilmektedir. Yapılan çalışmalarda özellikle çalışma alanı ve çevresinde deprem aktivitesinin yüksek olduğu sunulmuştur.

Bu çalışma kapsamında son derece karmaşık bir bölgenin tektonik yapısını, kinematik hareketini ve sistemini detaylı bir şekilde incelemek amacıyla (Şekil 1a) bölgeye ait mikrogravite verileri ile GPS çalışmasına ait sonuçlar birlikte irdelenmiştir.

Uygulama kapsamında önce TÜBİTAK 108Y285 nolu proje kapsamında Karaburun'un güneyinde mikrogravite ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen gravite değerlerinden Bouguer gravite anomali haritası oluşturulmuştur.

İkinci olarak 2009-2010-2011 yıllarında İzmir ve çevresindedüzenlenenGPSkampanyasısonuçlarından (Pamukçu vd 2012) elde edilen çalışma bölgesine ait hız vektörleri haritalanmıştır.

Sonuç olarak mikrogravite ve GPS ölçümlerine ait sonuçların değerlendirilmesi sunulmuştur.

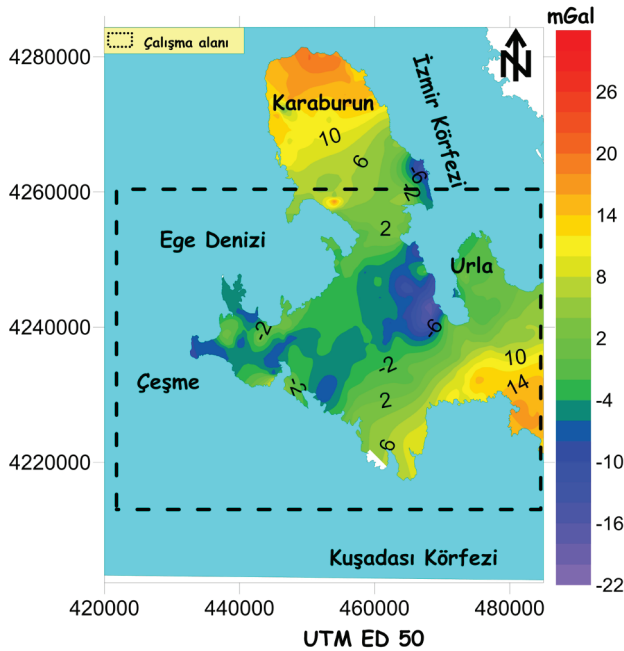


Şekil 1. a) İzmir'in batısına ait ana jeolojik yapı (Çakmakçoğlu ve Bilgin 2006) **b)** Çalışma alanı topoğrafyası, GPS istasyonlarının konumu ve literatürdeki olası faylar (Dewey ve Şengör 1979; Jackson ve McKenzie 1984; Şengör vd 1985; Eyidoğan ve Jackson 1985; Şengör 1987; Ambraseys 1988; Seyitoğlu ve Scott 1991; Taymaz vd 1991; Reilinger vd 1997; Ambraseys ve Jackson 1998; Bozkurt 2001; Sözbilir 2001; MTA 2011)

UYGULAMALAR

Çalışmanın bu aşamasında Şekil 1b deki alanda mikrogravite ölçümleri yapılmıştır. Seçilen mikrogravite profillerinin bölgeye hakim olan jeolojik blokları kesmesine özen gösterilmiştir. Ölçüm aralıkları topoğrafyanın uygun olduğu koşullara göre belirlenmekle birlikte 100m-250m arasında değişmektedir. Topoğrafik eğimin arttığı ya da azaldığı yerlerde ölçümler sıklaştırılmıştır. Mikrogravite ölçümleri Scintrex CG-5 Autograv Gravimetre ile yapılmıştır. Her noktada veri kalitesine bağlı olarak en az beşer dakikalık ölçümler alınmıştır. Ölçüm esnasında arazide alınan ölçülerin trafik, rüzgâr ve yağmur gibi etkenlerden en az seviyede etkilenmesine dikkat edilmiştir. Leica 1200+ GPS cihazı kullanılarak da mikrogravite noktalarının koordinatları ve elipsoidal yükseklik değerleri elde edilmiştir.

Bölgede yapılan mikrogravite ölçüm değerlerine, öncelikle mutlak gravite değeri bilinen Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Kampüsünde bulunan baz noktası değeri kullanılarak, baz düzeltmesi yapılmıştır. Daha sonra enlem, serbest hava ve bouguer, terrain düzeltmeleri uygulanmıştır. Yapılan düzeltmeler sonucunda da çalışma alanına ait Bouguer gravite anomalileri elde edilmiş ve haritalanmıştır. Daha sonra bu değerlere 1. trend yöntemi uygulanmış, alandaki gravite değişimi incelenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. İzmir güney alanına ait 1. Trend sonrası yerel değişimi gösteren Bouguer gravite anomali haritası

Uygulamanın ikinci aşamasında TÜBİTAK 108Y285 Projesi kapsamında 2009-2010-2011 yıllarında İzmir ve çevresinde düzenlenen GPS kampanyası verilerinden (Pamukçu vd 2010) yararlanılmıştır. Ölçümlerde Trimble cihaz setleri kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında önce Şekil 1b deki topoğrafyaya sahip GPS gözlem istasyonlarına ait arazi ön çalışmaları yapılmış, istasyonlar oluşturulmuş ve jeolojik bilgileri toplanmıştır. Tüm proje noktalarının konumlanmasında özellikle Tuzla-Orhanlı fayı ve çevresi, Seferihisar fayı ve çevresi, İzmir fayı ve çevresi, Gülbahçe fayı ve çevresi, Karaburun ve Çeşme civarındaki aktif lokal fayların denetlediği ana kayalar seçilmiştir (Şekil 3). GPS ölçümlerinde oluşturulan istasyonların seçiminde, cihaz taşınabilirliği ve hassasiyetinin sağlanabilmesi, verilerde ikincil etki yaratabilecek ortamlardan (verici, trafo, gölet) yeterince uzak olması, sinyallerinin en sağlıklı biçimde alınabilmesi gibi konular göz önünde bulundurulmuş önemli kriterlerdir.

Bu çalışma kapsamında değerlendirilen ölçüm (istasyon) noktalarının (Şekil 1b) jeolojik özellikleri aşağıda verilmiştir.

DEU5 istasyonu: DEU5 lokasyonu Erken Miyosen yaşlı Kocadağ volkanitleri (Helvacı vd 2009) üzerinde kurulmuştur. Lokasyon Barbaros Köyü doğrusunda andezitik lav-breşleri üzerindedir. DEU5 lokasyonu Gülbahçe Fayı'nın batı bloğu üzerindedir

DEU6 istasyonu: DEU6 lokasyonu Erken Miyosen taşlı Armağandağı volkanitleri (Helvacı vd 2009) üzerinde kurulmuştur. Lokasyon Germeyan Köyü güneydoğusundaki bazaltik andezit-volkanik breş üzerindedir (Şekil 3).



Şekil 3. DEU6 noktasına ait görüntü

DEU8 istasyonu: DEU8 lokasyonu Erken Miyosen yaşlı Armağandağı volkanitleri üzerinde kurulmuştur. Lokasyon Ildırı Köyü kuzeyindeki andezitik bazalt lavları üzerindedir

DEU11 istasyonu: DEU11 lokasyonu Miyosen yaşlı Urla Kireçtaşı (Kaya 1979; 1981; Sözbilir vd 2009) üzerinde kurulmuştur. Lokasyon Gülbahçe Fayı'nın doğu bloğu üzerindeki yataya yakın kalın katmanlı gösel kireçtaşları üzerindedir .

DEU12 istasyonu: DEU12 lokasyonu Orta Miyosen yaşlı Urla volkanitleri (Helvacı vd 2009) üzerinde kurulmuştur. Lokasyon Urla-Şehitler Anıtı yolu üzerindeki trakitik andezitler üzerindedir. Lokasyon KB ve KD uzanımlı faylarla sınırlı bir bölgededir .

DEU13 istasyonu: DEU13 lokasyonu Mesozoyik yaşlı karstik boşluklu ve çatlaklı kireçtaşları (Erdoğan 1990a; 1990b) üzerinde kurulmuştur. Lokasyon Karaburun Yarımadasının güney ucundaki Kırandağı doğrusundadır ve Gülbahçe Fayı'nın doğru bloğu üzerindedir.

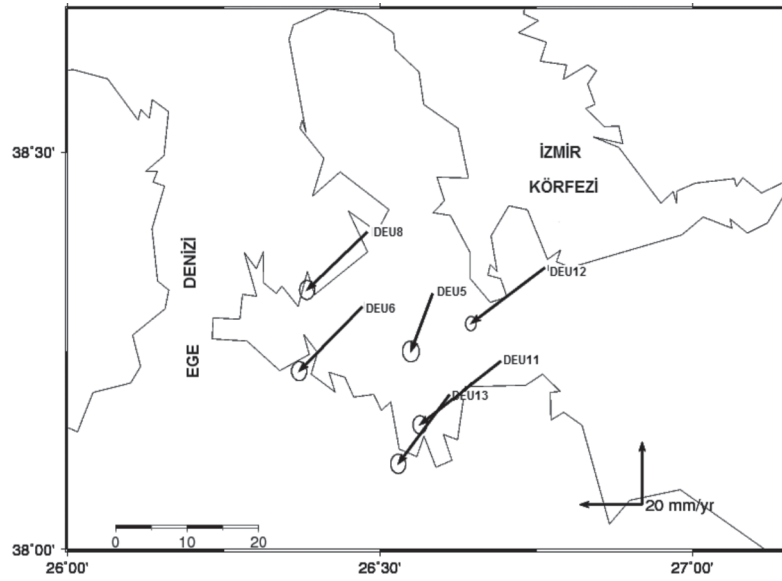
Çalışma alanı ve çevresinde seçilen GPS gözlem noktalarına ait lokasyon ve ölçüm tarihlerinin ayrıntısı Tablo 1'de verilmektedir. Ölçüm istasyonlarda oluşturulan gözlem noktalarında 2009-2010-2011 yıllarında aynı tarihlerde, her bir oturum 10 saat olacak şekilde, en az üçer günlük oturumlar gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanına ait GPS gözlem noktaları bilgileri

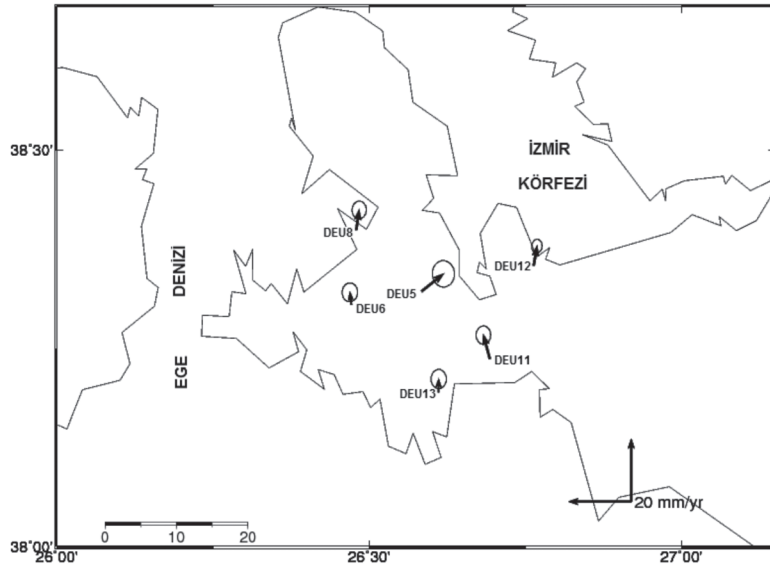
Nokta No	Lokasyon	Ölçü Başlangıç Tarihi		
DEU5	BARBAROS	02.07.2009	03.07.2010	02.07.2011
DEU6	GERMEYAN	02.07.2009	03.07.2010	02.07.2011
DEU8	ILDIR	06.07.2009	06.07.2010	08.07.2011
DEU11	DEMİRCİLİ	02.07.2009	06.07.2010	08.07.2011
DEU12	URLA	02.07.2009	03.07.2010	02.07.2011
DEU13	ZEYTİNLER	02.07.2009	06.07.2010	05.07.2011

Yapılan üç yıllık izleme sonucunda GPS verilerinin değerlendirilmesi için uluslararası GNSS ağından (IGS: International GNSS Service) yararlanılmıştır. Hız vektörlerinin hesabında çalışma alanını çevreleyen uygun geometride olan 12 sabit istasyon kullanılmıştır. Bunlar ANKR, ISTA, TUBİ (Türkiye), ZECK (Rusya), NSSP (Ermenistan), NICO (Kıbrıs), MIKL (Ukrayna), GLSV (Ukrayna), BUCU (Romanya), PENC (Macaristan), WTZR (Almanya), MATE (İtalya)'dir. Ayrıca aynı kampanyalar dahilinde İzmir genelinde ölçüm yapılan diğer DEU istasyonları (Pamukçu vd 2010) değerlendirmelere dahil edilmiştir.

GAMIT-GLOBK (Herring, 1997) programı yardımıyla değerlendirilen GPS verilerinden elde edilen, çalışma alanı ve çevresindeki hız vektörleri, Şekil 4 ve Şekil 5'de sunulmaktadır.



Şekil 4. Çalışma alanındaki DEU istasyonlarının 2009, 2010 ve 2011 yıllarına ait üç yıllık kampanya istasyonlarının Avrasya levhası sabit sistemdeki hızları.



Şekil 5. DEU istasyonlarının 2009, 2010 ve 2011 yıllarına ait üç yıllık kampanya istasyonlarının Ege Bloğu sabit sistemdeki hızları.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda genel olarak Karaburun'un güneyindeki havzaya ait (Şekil 1) Bouguer anomalisinin değişimleri (Şekil 2) ve kinematik yapının incelenmesi amacıyla da GPS verilerinin değerlendirilmesi ile yatay hız değişimleri (Şekil 4, Şekil 5) saptanmıştır. Ayrıca, GPS ölçüm noktalarına ait ayrıntılı jeolojik gözlemler yapılmıştır (Şekil 3).

Çalışma alanı genelinde Şekil 2'deki Bouguer gravite anomali haritası incelendiğinde Urla'nın doğusunda 2 mgal' in üzerindeki genlik değerleri batıda yaklaşık -22 mgal'e kadar azalmaktadır. Bu Bouguer anomalisinin azaldığı bölgede anomaliyi doğrulayacak yer yer topoğrafya yükselimi vardır (Şekil 1b). Ancak topoğrafyanın yüksek olmadığı kısımlarda bile bu düşük genlikli yapının devamlılığının izlenmesi bölgenin olası jeotermal havza etkisi taşıdığını düşündürmektedir.

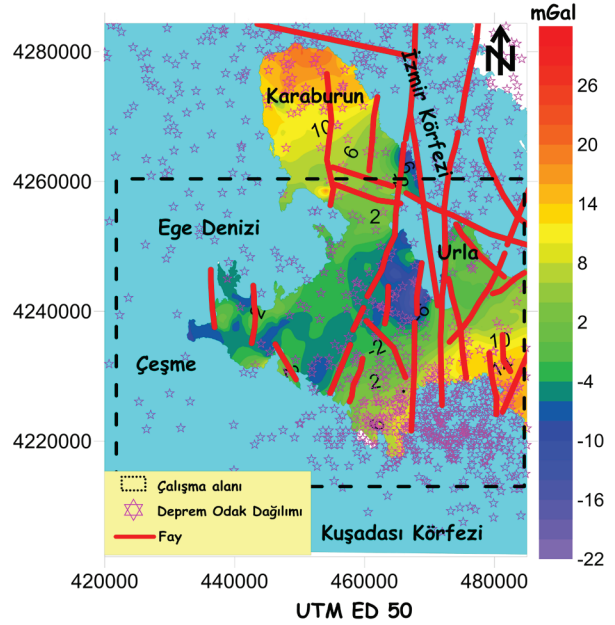
Pamukçu vd. (2012) tarafından DEU5 noktası (Şekil 1b, Şekil 4, Şekil 5) ve yakın çevresinde yapılan ayrıntılı jeofizik çalışmalar sonucunda, DEU 5 noktasının batısında yüzeyde soğuk su tutan havza, doğusundaki diğer fay bloğunda ise jeotermal doğal sıcak su çıkışlarının olduğu ve bunların jeofizik verilerdeki etkisi saptanmıştır. Bu sonuçlar ile bu çalışmadan elde edilen bulgular birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanında jeotermal alan potansiyelinin varlığı düşünülebilir. Bunun yanı sıra düşük genlikli Bouguer gravite anomalisi (Şekil 2) ve GPS çözümlerinden elde edilen farklı kinematik özellikli kısımlar (Şekil 4, Şekil 5) için yer altı suyu etkisi ya da sismik aktivite nedeniyle yeraltında oluşan kütle kaybından ortaya çıkan yük dağılımındaki izostatik dengesizlik olarak düşünülebilir (Watts 2001).

Düşük genlikli Bouguer anomalisi sunan bölge Gülbahçe fayının (Şekil 1) batı bloğunda yer almakta olup (Şekil 1), üç ayrı fay bloğunun etkisi altındadır (Gönenç vd. 2010, Pamukçu vd. 2011).

Şekil 4’deki Avrasya sabit çözümler ile elde edilen çalışma alanındaki tüm hız vektörleri güneybatı yönlü 2 cm/yıl olan İzmir ve çevresindeki genel sonuca uygundur. Ege bloğu sabit hız vektörleri ise (Şekil 5) ortalama kuzey yönlü 0.6 cm/yıl civarındadır. Şekil 4’de az da olsa Avrasya sabit ve Şekil 5’de Ege bloğu sabit çözümlerde DEU 5 noktasındaki hız vektörünün yönü bölgenin genelinden farklıdır. Böylece bu noktanın bulunduğu Urla’nın batısı ve çevresinde özellikle Barbaros mevkiinde farklı bir kinematik mekanizmanın olduğu sonucuna varılabilir. Bu sonuç çalışma alanı ve çevresinde yapılmış paleomanyetik çalışmalarda (Kissel vd. 1987, Zanchi vd. 1993, Westaway 1990) Urla’nın batısından doğusuna geçerken saptanan paleomanyetik değişim sınırı ile uyumludur. Hatta yapılan bu paleomanyetik çalışmalarda bu değişimin kuzeyde Edremit’e kadar uzandığı belirtilmektedir (Westaway 1990). Bu sonuç, çalışma alanının İzmir-Balıkesir transfer zonuunun bir kenarını üzerinde olabileceği görüşünü desteklemektedir.

Bölgedeki deprem aktivitesi ile elde edilen bulguları birlikte irdelemek amacıyla 1970–2012 tarihleri arasında USGS’den (U.S. Geological Survey) elde edilen büyüklüğü 2 ve 6.9 arasında, odak derinliği ise 2 ile 40 km arasında değişen depremlerin dağılımları Şekil 6’da verilmiştir. Şekil 6’da görüldüğü üzere yüksek deprem aktivitesi sunan kısım, negatif-pozitif Bouguer gravite anomalisi ayrımı olan bölge sınır olmak üzere batıya doğru

yönlenebilir. Yine bu sınır, GPS çalışmasından elde edilen Şekil 4’deki Avrasya bloğu sabit çözümlerinde daha az belirgin olmasına karşın, Şekil 5’deki Ege bloğu sabit çözümlerinde daha belirgindir ve GPS vektörlerindeki farklı yönelmenin olduğu alana karşılık gelmektedir. Bu sonuçlarda yine çalışma alanında farklı kinematik özelliğe sahip yapıların olduğunu görüşünü desteklemektedir.



Şekil 6. Çalışma alanına ait Bouguer gravite değişiminin, GPS ölçüm istasyonları dağılımının ve deprem aktivitesinin birlikte görünümü

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın TÜBİTAK 108Y285 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda cihaz desteği veren DEUDAUM’a, 2009-2010 için Boğaziçi Üniversitesi’nden Prof.Dr. Haluk Özener’e, 2009 için TÜBİTAK MAM’a, GAMIT değerlendirmelerimizde yardımcı olan Massachusetts Institute of Technology (MIT)’den Prof.Thomas Herring’e, çalışmalara destek veren Lisans ve Yüksek Lisans öğrencilerine, Yüksek Mühendis Mehmet Çetiner’e, Danışmanımız Prof. Dr Hasan Sözbilir’e, yayın değerlendirme aşamasında görüşlerini bildiren hakemimize ve Editör Doç.Dr Ali Aydın’a teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Akıncı, A., Eyidoğan, H., Göktürkler, G., Akyol, N. ve Ankaya, O. 2000, İzmir ili çevresinin depremselliği ve deprem tehlikesinin incelenmesi. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, 231-238, İzmir.
- Aktuğ, B. ve Kılıçoğlu, A. 2005, Establishing regional reference frames for determining active deformation areas in Anatolia. In: IAG-IABO-IAPSO Joint Assembly, Cairns, Australia, 22–26 September.
- Aktuğ, B. ve Kılıçoğlu A. 2006, Recent Crustal Deformation of İzmir, Western Anatolia and surrounding regions as deduced from repeated GPS measurements and strain field, *J.Geody.*,41, 471-484.
- Ambraseys, N.N. 1988, Engineering seismology. *Earthquake Engineering Structural Dynamics* 17, 1–105.
- Ambraseys, N.N. ve Jackson, J.A. 1998, Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophy. J. Int.* 133, 390–406.
- Bozkurt, E. 2001, Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodin. Acta* 14, 3–30.
- Çakmaköglü, A. ve Bilgin, Z.R. 2006, Pre-Neogene stratigraphy of the Karaburun Peninsula (W of İzmir Turkey). *Mineral Res. Exp., Bull.*, 132, 33-61.
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. 1979, Aegean and surrounding regions complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone: *Geol. Soc. Am. Bui.*, 90, 84-92.
- Erdoğan, B. 1990a, İzmir-Ankara zonu ile Karaburun kuşağının tektonik ilişkisi, *MTA Dergisi* 110, 1-15.
- Erdoğan, B. 1990b, İzmir-Ankara Zonu'nun, İzmir ile Seferihisar arasındaki bölgede stratigrafik özellikleri ve tektonik evrimi, *Turkish Association of Petroleum Geologists (TPJD) Bulletin* 2, 1–20.
- Eyidoğan, H. ve Jackson, J.A. 1985, Seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquakes of 1969-70 in western Turkey: implication for the nature and geometry of deformation in the continental crust. *Geophys. Journal of Royal Astronomical Society* 81, 569-607.
- Gök, E., Polat, O., Ceken, U., Yalcinkaya, E., Kececioğlu, M. ve Akcig, Z. 2010a, Site Amplification at strong-ground motion stations in Metropolitan İzmir, Turkey, European Seismological Commission 32nd General Assembly (ESC-2010) on 6-10 September 2010, Montpellier-France, p243.
- Gök E, Polat O, Pamukçu O, Kececioğlu M, Sözbilir H, Çifçi G ve Akçığ Z. 2010b, Microseismicity Monitoring in İzmir (Western Turkey) and Surrounding Areas, European Seismological Commission 32nd General Assembly (ESC-2010) on 6-10 September 2010, Montpellier-France, p243.
- Gönenç, T., Pamukçu, O., Uyanık, O., Çakmak, O., Sındırgı, P. ve Kaftan, İ. 2010, İzmir'in güneyindeki yeni mikrogravite profil çalışmaları, Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi CD, 173 pp., Ankara, Türkiye, Kasım.
- Helvacı, C., Ersoy, E., Sözbilir, H., Erkül, E. Sümer, Ö. ve Uzel, B. 2009, Geochemistry and 40Ar/39Ar geochronology of Miocene volcanic rocks from The Karaburun Peninsula: implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, *Western Anatolia, J. of Volcan. and Geot. Res.* 185, 181–202.
- Herring, T.A. 1997, GAMIT/GLOBK Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program; Version 4.1. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Jackson, J. ve McKenzie, D. 1984, Active tectonics of the Alpine- Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal - Royal Astronomical Society*, vol. 77, no. 1, 185–264.
- Kaya, O. 1979, Ortadoğu Ege Çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği *Türkiye Jeol., Bül.*, 22, 35–58.
- Kaya, O. 1981, Miocene reference section for the coastal parts of West Anatolia, *News. on Stratig.* 10, 164–191.
- Kissel, C., Laj, C., Şengör, A.M.C. ve Poisson A. 1987, Paleomagnetic evidence for rotation in opposite senses of adjacent blocks in northeastern Aegea and Western Anatolia, *Geophy. Res. Let.*, 9, 907–910.
- MTA, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü 1/250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Urla paftası, Ankara 2011
- Pamukçu, O., Kahveci, M., Ersay, E. Y., Yurdakul, A., Şalk, M. ve Sözbilir, H. 2010, Determination of The Kinematic Structure of İzmir and Surrounding Using Repeated GPS/GNSS Observations: Preliminary Results, 15th General Assembly of WEGENER on 14-17 September 2010, İstanbul-Turkey, p7.
- Pamukçu, O., Sözbilir, H., Ersay, E. ve Yurdakul, A. 2011, The use of microgravity modelling for understanding of the tectonic activity in İzmir, Western Anatolian region, Turkey, European Geosciences Union (EGU 2011) General Assembly Abstracts CD, 7471 pp., Vienna, Austria, April.

Pamukçu, O., Şalk, M., Akdemir, Ö., Sındırgı, P., Gönenç, T., Kaftan, İ. ve Uyanık, O. İzmir güneyindeki aktif fayların mikrogravite ve GPS yöntemleriyle araştırılması TÜBİTAK 108Y285 nolu proje sonuç raporu, Danışmanlar; Hasan Sözbilir, Muzaffer Kahveci, TÜBİTAK ÇAYDAG,143 sayfa, (2012).

Polat O, Çeken U, Uran T, Gok E, Yılmaz, N, Beyhan M., Koç N, Arslan, B, Yılmaz D ve Utku, M. 2009, İzmirnet: a strong-motion network in metropolitan İzmir, Western Anatolia, Turkey, Seis. Res. Lett., 80 (5), 831-838.

Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, W. ve Toksöz, M.N. 1997, Global positioning, system measurements of present-day crustal movements in the Arabian-Africa-Eurasia plate collision zone. J. of Geoph. Res.102, 9983–9999.

Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. 1991, Late Cenozoic crustal extension basin formation in west Turkey, Geol. Mag., 128, 155-166.

Sözbilir, H. 2001, Extensional tectonics and geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, Western Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences 10, 51–67.

Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy, Y., Erkül, F., İnci, U., Helvacı, C. ve Özkaymak, Ç. 2009, 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) depremlerinin sismik jeomorfolojisi ve bölgedeki gerilme alanları ile ilişkisi, Batı Anadolu, Türkiye Jeol. Bül., 52, 2, 217-238.

Şengör, A., Gorur, N. ve Şaroglu, F. 1985, Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation In Zones of Tectonic Escape: Turkey as case study, in Bittle, K.T. and Christe-Blick, N. (eds.), strike slip formation and sedimation, Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publucation, 37, 227-265.

Şengör, A.M.C. 1987, Cross-faults and differential streching of hanging wals in reglons of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, in Coward, M.P., Dewey, J.F. & Hancock, P.L.,(eds.) Continental Extensional Tectonics, Geological Society Special Publication, No:28, 575-589.

Taymaz, T., Jackson, J., A., McKenzie, D. 1991, Active tectonics of the north and Central Aegean Sea, Geophysical Journal of Interiour, 106, 433-490.

Watts, A.B. 2001, Isostasy and flexure of the lithosphere, England. Cambridge University Press, 87–283.

Westaway, R. 1990, Block rotation in Western Turkey: 1. Observational Evidence. J. of Geoph. Res., 95, 19857–19884.

Zanchi, A. ve Angelier, J. 1993, Seismotectonics of western Anatolia: Regional stress orientation from geophysical and geological data: Tectonophysics, v. 222, p. 259-274.