

GÜNEYBATI ANADOLU’NUN GÜNCEL YAMULMA ALANLARININ BELİRLENMESİ

H. İ. SOLAK¹, İ. TİRYAKİOĞLU², E. GÜLAL³, S. ERDOĞAN², Ç. ÖZKAYMAK⁴, B. AKPINAR³, M. UYSAL², M. YILMAZ², N. O. AYKUT³, T. BAYBURA², İ. YILMAZ², A. A. DİNDAR⁵, M. ACAR⁶, M.A. DERELİ², M. YALÇIN², N. POLAT², A.S. TOPRAK², A.G. ÇAPADIŞ²

¹ Atatürk Üniversitesi, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü,
Jeodezi Anabilim Dalı, Afyon, ibrahimsolak@atauni.edu.tr

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul

⁴ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

⁵ İstanbul Kültür Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul

⁶ Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray

Özet

Güneybatı Anadolu birçok tektonik oluşumu barındıran karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı nedeniyle yerli ve yabancı birçok yerbilimcinin jeodezik, jeolojik ve jeofiziksel çalışmalarına konu olmuştur. Ayrıca son yüzyılda bölgede birçok can ve mal kaybına sebep olan depremlerin meydana gelmesi bölgenin tektonik aktivitesinin bir göstergesi olmuştur. Bu projede daha önceki projelerle kurulan (104Y035 ve 108Y298) Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağının (GATGA) hız alanı geliştirmek ve yamulma alanı değişimini incelemek için bir kampanya GNSS ölçüsü yapılmıştır. GATGA daha önceki projeler ve bu proje çerçevesinde tesis edilmiş olan noktalar ile proje bölgesinde faaliyet gösteren TUSAGA AKTİF (CORS-TR) sabit istasyonlarından oluşmaktadır. GATGA ağının kampanya tipi ölçü noktalarında daha önce 2009-2011 yılları arasında her yıl Eylül-Ekim aylarında 3 periyot GNSS ölçüsü yapılmıştır. Bu proje ile GATGA ağının kampanya tipi ölçü noktalarında 2013 yılı Ağustos ayında GNSS ölçüsü yapılmıştır. GNSS ölçüleri GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilerek bölgenin güncel hız alanı elde edilmiştir. Ayrıca GRID_STRAIN yazılımları kullanılarak proje bölgesine yamulma ve yamulma alanları elde edilmiştir. Bölgede meydana gelen depremlerde genel olarak yüzey kırığı meydana gelmemektedir. Bu durum özellikle faylanma yapıları ilgili yorum yapmayı oldukça güçleştirmektedir. Odak mekanizma çözümleri ile yamulma alanları arasındaki uyum elde edilen yamulma alanlarından, deprem çözümü olmayan bölgelere ilişkin yapılacak yorumların doğruluğunun da oldukça yüksek olacağının bir göstergesidir.

Anahtar kelimeler: Kabuk deformasyonu, GNSS, yamulma ve yamulma analizi.

DETERMINATION OF CONTEMPORARY STRAIN AREA IN SOUTHWEST ANATOLIA

Abstract

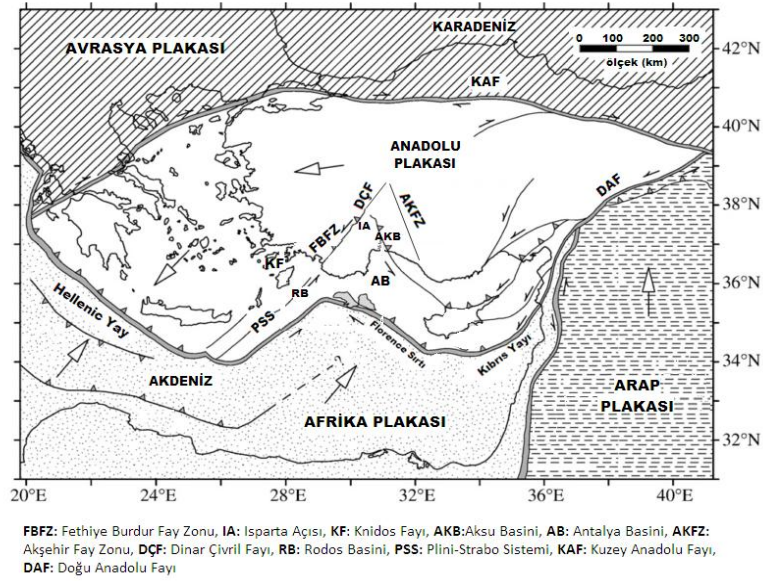
Southwestern Anatolia has a complex structure hosts many tectonic formation. Due to this complex structure, it has been subject to geodetic, geological and geophysical studies of many domestic and foreign geologists. Also in the last century, occurrence of earthquakes causing loss of many lives and property in the region was an indicator of tectonic activities. In this project, for improving the velocity field and examine the strain field changes of the Southwestern Anatolian Tectonic GNSS Network which established by previous projects (104Y035 and 108Y298), a GNSS measurement campaign was performed. GATGA consists of points which have been established within the framework of previous projects and this project and TUSAGA AKTİF (CORS-TR) fixed stations, operating in the project area. At the campaign type measurement points of the GATGA network, between the years 2009-2011, every year in the September-October months 3 periods GNSS measurements were made. With this project, at the campaign type measurement points of the GATGA network, the GNSS measurement was carried out in August of 2013. The current velocity field of the region was obtained by processing the GNSS measurements with GAMIT/GLOBK software. Also using GRID_STRAIN softwares, strain and strain fields in the project area have been acquired. The surface breaks don't occur in this region generally by earthquakes. This situation makes fairly difficult to make interpretation related to the faulting structures. The harmony between focal mechanism solutions and the strain fields is an also indication of will be very high accuracy of the next reviews regarding the regions without earthquake solution.

Keywords: Crustal deformation, GNSS, strain analysis.

1. Giriş

Güneybatı Anadolu bulunduğu coğrafya üzerinde son yüzyılda en fazla deprem olan fay zonlarına sahiptir. Bölgedeki depremler tektonik kökenli olup, Ege Denizi ve Kıbrıs sismik yay kuşaklarıyla ilgilidir. Güneybatı Türkiye'de deprenselliği en yüksek olan iki alan mevcuttur. Birincisi; Rodos - Fethiye - Burdur boyunca, ikincisi ise Simav - Emet - Gediz - Altıntaş - Afyon boyunca uzanır. Son yıllardaki sismik aktivite bu iki kuşak üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu kuşaklardan ilki kuzeydoğuya doğru Burdur - Acı Göl grabenleriyle, ikincisi ise güneydoğuya doğru olan Afyon – Akşehir grabenleriyle birleşir. Akşehir - Afyon - Gediz -Simav çöküntü alanı ve bu alanın güneybatı kenarını sınırlayan Akşehir fayı sismotektonik bakımından diridir (Ketin 1969). Burdur'u etkileyen 3 Ekim 1914 (Mw 7.0), 12 Mayıs 1971 (Mw 6.2), Dinar ve çevresini etkileyen 7 Ağustos 1925 (Mw 6.0), 1 Ekim 1995 (Mw 6.1) depremleri ile 15 Aralık 2000 Akşehir (Mw 5.9), 3 Şubat 2002 Çay (Mw 6.0) ve Fethiye'yi etkileyen 25 Nisan 1957 (Mw 7.1) depremleri bu bölgedeki sismik aktivitenin son yüzyıldaki önemli belirtilerindendir (Yağmurlu, 2000). 1957–1992 yılları arasındaki 40 yıllık sürede oluşan Karpathas, Rodos, Fethiye, Tefenni ve Burdur depremleri güneyden kuzeye doğru bir kırık ilerlemesini göstermesi bakımından önemlidir. Bu ilerleme Fethiye-Burdur fay zonundaki fay segmentlerinin birbirini tetiklediğini ve gerilim

aktardığını göstermektedir. 6.2 Mw'lik Burdur depreminden sonra fay zonunda önemli bir sismik aktivite gözlenmemiştir. Bununla beraber 1995 yılındaki 6.1 Mw'li Dinar depreminin zon üzerinde gerilimi artıran bir etki oluşturduğu düşünülmektedir (Yağmurlu 2000). Güneybatı Anadolu birçok tektonik oluşumu barındıran kompleks bir yapıya sahiptir (Şekil 1). Bu nedenle günümüzde de birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir (Reillinger vd., 2006; Aktuğ vd., 2009; McClusky vd., 2000; Över vd., 2010). Batı Anadolu'daki yaklaşık K-G yönlü genişleme tektoniğine bağlı olarak oluşan grabenler, Güneybatı Anadolu'da yerini normal ve ters atımlı faylara bırakmaktadır (Hall vd., 2009). Helenik yayın doğu kanadını oluşturan Plini-Strabo sisteminin KD'sunun Güneybatı Anadolu'dan geçmesi bölgenin tektonik önemini daha da arttırmaktadır. Bölgenin en önemli tektonik yapıları; Fethiye-Burdur Fay Zonu, Dinar ve Çivril Fayı, Gökova Grabeni, Knidos Fayı, Isparta Açısı (Büklümü), Antalya Fay Zonu (Kemer Çizgiselliği), Aksu Bindirmesi, Akşehir Fayıdır.



Şekil 1. Güneybatı Anadolu ve Çevresindeki Önemli Tektonik Yapılar (Hall vd. 2009 değiştirilerek yapılmıştır.)

2. Yöntem

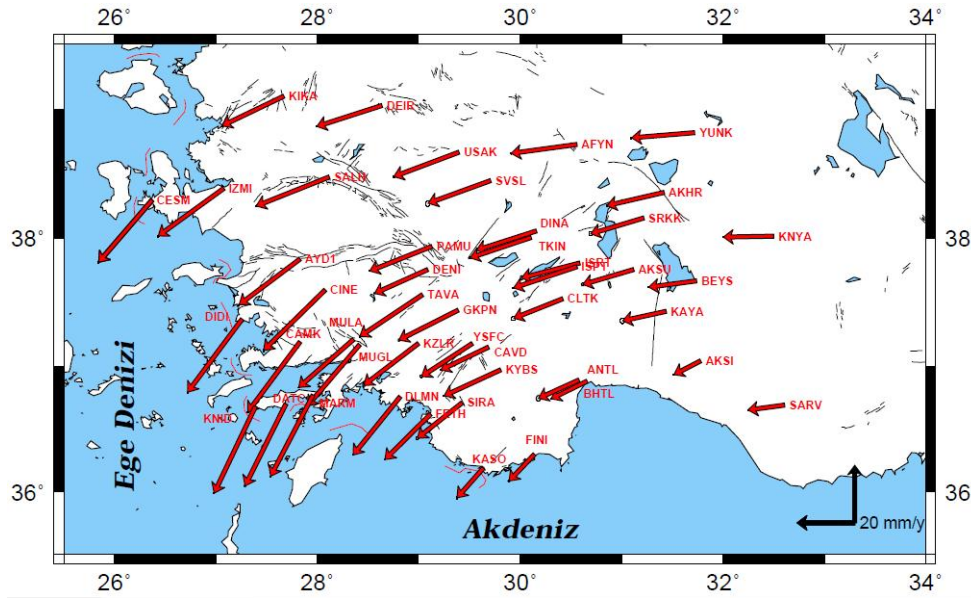
Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı (GATGA) 30 kampanya tipi ölçü noktası, çalışma bölgesinde bulunan TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağına ait 27, Harita Genel Komutanlığına ait TUSAGA-Pasif ağından 7 adet sürekli gözlem yapan referans istasyonları ile toplam 64 noktaya sahiptir.(Gülal vd. 2012).

Güneybatı Anadolu'da daha önceki yıllarda farklı gruplar tarafından da GNSS ölçüsü yapılmıştır. İlk ölçüler 1992 ve 2002 yılları arasında MIT (Massachusetts Institute of Technology) tarafından Doğu

Akdeniz Bölgesi GNSS Ölçüleri projesi kapsamında 6 kampanya olarak yapılmıştır. Daha sonra 2003-2006 yılları arasında 104Y035 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında 5 kampanya daha GNSS ölçüsü yapılmıştır. Afyon Kocatepe Üniversitesi ile MIT tarafından imzalanan protokol ile geçmiş yıllarda yapılan GNSS verileri alınarak proje çalışmasında kullanılmıştır. 2009-2010-2011 yıllarında 108Y298 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında 3 kampanya daha GNSS ölçüsü yapılmıştır.(Gülal vd. 2012).

2013 yılı 24-29 ağustos tarihleri arasında yapılmıştır. 9 arazi ekibi ile 27 adet noktada GNSS ölçüleri gerçekleştirilmiştir. Her ekip her noktayı 2 günlük tekrarlı olarak ölçmüştür. Eş zamanlı olarak 8 saatlik veriler toplanmıştır. Araştırma bölgesinde bulunan 27 TUSAGA-Aktif istasyonu ile 7 adet TUSAGA-Pasif istasyonlarının verileri temin edilerek bu istasyonlar sabit istasyon olarak kullanılmıştır. GNSS ölçüleri Afyon Kocatepe Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesinin donanımlarının beraber kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.

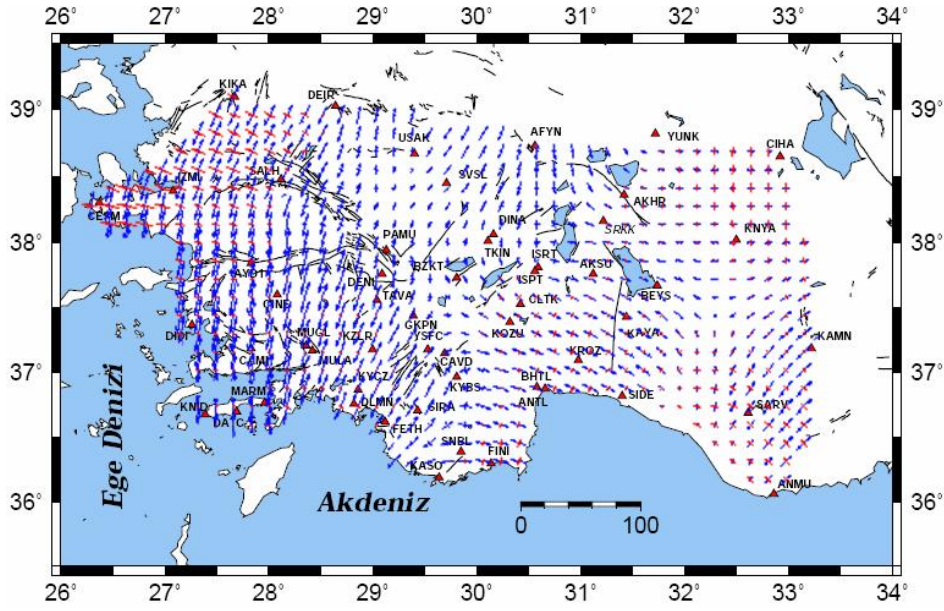
GNSS verilerinin değerlendirilmesi, MIT tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılım takımı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmada 1997-2013 yılları arasında 12 kampanya GNSS ölçüsü değerlendirilmiş ve Avrasya plakası sabit olarak elde edilen hızlar Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Avrasya Plakası Sabit Alınarak Elde Edilen Hızlar.

Bu proje kapsamında güncel yamulma analizi, bölgenin güncel hız alanı kullanılarak grid_strain yazılımı ile yapılmıştır (Şekil 3, Pesci ve Teza, 2007).

Güneybatı Anadolu'nun Güncel Yamulma Alanlarının Belirlenmesi



Şekil 3. Güneybatı Anadolu Yamulma Alanı

3. Sonuç ve Öneriler

Çalışma bölgesi kuzeyden güneye incelenerek aşağıdaki yorumlar yapılmıştır. CEM IZMI KIK noktalarında KKD-GGB yönlü genişleme ve BKB-DGD yönlü sıkışma yamulma alanları gözlenmektedir. Elde edilen veriler bu bölgede son yıllarda yapılan jeolojik çalışmalarda haritalanan KD-GB uzanımlı İzmir Balıkesir transfer zonunun (İBTZ) kinematik analiz çalışmaları ile uyum göstermektedir (Sözbilir vd. 2009, Özkaymak vd. 2013; Uzel vd. 2013). Şekil 3' de SALH, DEIR, USAK bölgelerinde elde edilen veriler günümüzde Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin K-G den KKD-GGB yönlü genişlemeli tektonik rejim kontrolünde geliştiğini göstermektedir. Şekil 3 incelendiğinde K-G açılma D-B yönünde sıkışmalar ile bölgede doğrultu atımlı fayların olduğunu görmek mümkündür. Yine Şekil 3'de PAMU DENI ve TAVA bölgesinde K-D, G-B açılmaları olması ve daha kuzey bölgelerde bu açılmanın görülmemesi bölgenin Anadolu bloğundan ayrıldığını göstermektedir. Marmaris, Datça bölgesi incelendiğinde K-G yönlü açılmaları ege açılma bloğunu destekler niteliktedir. Burdur ve Antalya bölgesinde KB-GD yönlü açılmaları yerini Antalya civarında D-B yönlü olarak göstermektedir. Şekil 3'de Burdur civarında bulunan YSLV, CLTK, TKIN noktalarında görülen açılmalar küçük miktarda da olsa KB-GD yönündedir. Tarihte birçok yıkıcı depreme neden olan Burdur fayında yamulmaların (CAVD, YSLV, BZKT civarı) çok küçük olması dikkat çekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 113Y004 no'lu proje ile desteklenmiştir. Projeye verdiği destekten dolayı ve projenin yürütülmesinde sağladığı işlevsel kolaylıklar nedeniyle Türkiye Bilimsel Araştırma Kurumu'na teşekkürlerimizi sunarız.

4. Kaynakça

- Aktuğ, B., Kaypak, B. ve Çelik, R. N., Source Parameters for the Mw = 6.6, 03 February 2002, Çay Earthquake (Turkey) and Aftershocks from GPS, Southwestern Turkey, *Journal of Seismology*, 14(3):445-456. (2009).
- Gülal, E., Tiryakioğlu, I., Erdoğan, S., Baybura, T., Erdoğan H., Soycan, M., Yılmaz, İ., Kalyoncuoğlu, Ü.Y., Dolmaz, M.N., Elitok, Ö., Taktak, F., Telli, A.K., Öcalan, T., Gümüş, K., Güneybatı Anadolu Bölgesi'ndeki Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının GNSS Ölçümleri ile Belirlenmesi, Proje No: 108Y298. TÜBİTAK Projesi Sonuç Raporu, (2012)
- Hall, J., Aksu, A. E., Yaltrak, C. ve Insoor, J. D. "Structural Architecture Of The Rhodes Basin: A Deep Depocentre That Evolved Since The Pliocene At the Junction of Hellenic And Cyprus Arcs, Eastern Mediterranean", *Marine Geology*, 258(1-4):1-23. (2009)
- Ketin, İ., Relations between general tectonic features and the main earthquakes regions of Turkey. *Bull. Min. Res. and explo. Inst.* 66, (1968).
- Mcclusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. ve Veis, G., "Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucass", *Journal of Geophysical Research*, 105:5695, (2000).
- Över, S., Pinar, A., Ozden, S., Yılmaz, H., Can, U. ve Kamaci, Z., Late Cenozoic Stress Field in The Cameli Basin, SW Turkey". *Tectonophysics*, 492(1-4):60-72. (2010).
- Reilinger, R., Mcclusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G., GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Tectonics*, 111:1-26, (2006).
- Sözbilir, H., Sümer, Ö., Uzel, B., Ersoy Y., Erkül F., İnci U., Helvacı C. ve Özkaymak, Ç., 17-20 Ekim 2005-Sığacık Körfezi (İzmir) Depremlerinin Sismik Jeomorfolojisi Ve Bölgedeki Gerilme Alanları ile İlişkisi, Batı Anadolu (The Seismic geomorphology of the Sığacık Gulf (İzmir) earthquakes of October 17 to 20, 2005 and their relationships with the stress field of their Western Anatolian region) *Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 52, Sayı 2, p 217-238.* (2009)
- Taymaz, T. ve Price, S , The 1971, Burdur Earthquake Sequence, SW Turkey: A Synthesis of Seismological and Geological Observations", *Geophys. J. Int.* 108: 589–603. ., (1992).
- Yağmurlu, F., (2000). "Burdur Fayının Sismotektonik Özellikler", Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, Mayıs 2000, İzmir.