

AKÜ FEMÜBİD 19 (2019) 035505 (762-768)

AKU J. Sci. Eng. 19 (2019) 035505 (762-768)

DOI: 10.35414/akufemubid.605885

Araştırma Makalesi / Research Article

Jeodezik Yöntemlerle Deprem Tekrarlama Periyotlarının Belirlenmesi: Alaşehir Bölgesi Örneği

İbrahim TIRYAKIOĞLU^{1*}, Ali İhsan UMUTLU², Fatih POYRAZ³¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.² Çivril Belediyesi, Çivril/Denizli.³ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas*Sorumlu Yazar e-posta: itiryakioglu@aku.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4954-7109>umutlu.ali@gmail.com ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8541-6624>fpoyraz@gmail.com ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9471-7261>

Geliş Tarihi: 21.08.2019;

Kabul Tarihi: 23.10.2019

Öz

Gediz Grabeni Manisa'dan Pamukkale'ye kadar uzanan yaklaşık 200 km uzunluğunda bir tektonik yapıdır. Manisa ili Sarıgöl ve Alaşehir ilçe merkezleri ve çevresi deprem riski olan bölgelerden birisidir. Graben içinde oluşan son büyük depremlerden bir tanesi 28 Mart 1969 tarihinde M=6.9 büyüklüğündeki Alaşehir depremidir. Çalışma bölgesindeki tektonik hareketlerin incelenmesi için 2017 ve 2018 yıllarında GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu gözlemlere ek olarak daha önce bu bölgede ve aynı noktalarda (2013-2015 yılları arasında) gerçekleştirilen GNSS gözlemleri de değerlendirme aşamasında kullanılmıştır. GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi aşamasında GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılmıştır. GNSS sonuçlarından elde edilen yatay hız bileşenleri 18 mm/yıl ile 29 mm/yıl arasında, düşey hızlar ise -15 mm/yıl ile -108 mm/yıl arasında hesaplanmıştır. GNSS verilerinin değerlendirilmesi sonucu grabenin iç kesiminde çökmeler, graben dışında ise yükselme değerleri elde edilmiştir. GNSS sonuçları bölge tektoniğinin karakteristiğini ortaya koymuştur. Yapılan gerinim analizinde bölgede G-K rejiminin baskın olduğu görülmüştür. Gerinim analiz sonuçlarından elde edilen Jeodezik Deprem Tekrarlama Haritaları incelendiğinde bölge için 6 veya 7 büyüklüğü civarında depremlerin tekrarlama periyodu 400-500 yıl arasında hesaplanmıştır.

Anahtar kelimeler

Deprem; Küresel Navigasyon Uydular Sistemi (GNSS); Alaşehir Fayı; GAMIT/GLOBK

Determination of Earthquake Repetition Periods by Geodetic Methods: Alaşehir Region Case

Abstract

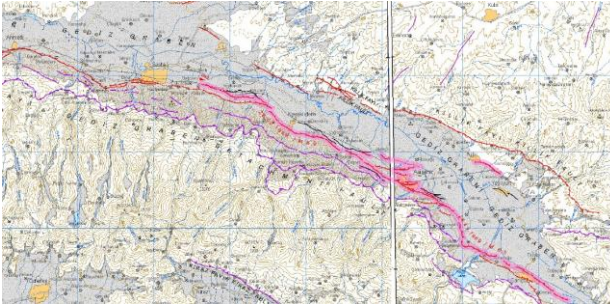
Gediz Grabeni is a 200 km tectonic structure extending from Manisa to Pamukkale. Manisa province Sarıgöl and Alaşehir district centers and the surrounding area is one of the regions with earthquake risk. In the last century formed in Graben, Alaşehir earthquake of magnitude M = 6.9 occurred on 28 March 1969. The region under the effect of deformation as a result of tectonic movements in the study area was followed by using the GNSS data of previous years and two years (in 2017 and 2018). GAMIT/GLOBK software was used to evaluate GNSS measurements (2013-2015). The horizontal velocity components obtained from the GNSS results were calculated between 18 mm/yr and 29 mm/yr, and the vertical velocities components were calculated between -15 mm/year and -108 mm/year. As a result of the evaluation of GNSS data, suitable results were obtained for the region tectonics. Strain analysis showed that G-K regime was dominant in the region. When the Geodetic Earthquake Repetition Maps obtained from the strain analysis results were examined, the repetition period of earthquakes greater than 7 was calculated between 400-500 years.

Keywords

Earthquake; GNSS; Alaşehir Fault; GAMIT/GLOBK

1. Giriş

Batı Anadolu'da depremler tarih boyunca özellikle Büyük Menderes, Gediz ve Denizli/Pamukkale grabeni çevresinde yoğunlaşmıştır. Bunun temel sebebi bölgede birçok aktif fayların bulunmasıdır. Alaşehir Grabeni batı Anadolu'nun en önemli yapılarından birisi olup yaklaşık 140 km uzunluğundadır. Grabenin Batı tarafı D-B gidişli, Doğu tarafı ise KB-GB yönelimlidir. "Gediz Grabeni" olarak bilinir (Şekil 1, Emre vd. 2011).

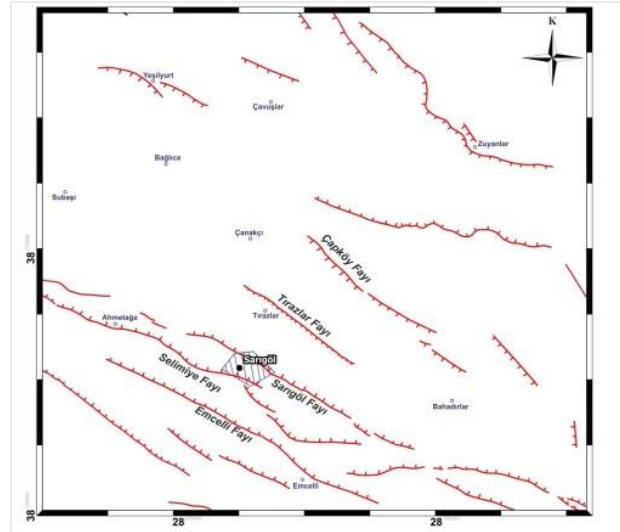


Şekil 1. Gediz Grabeni Alaşehir ilçesi etrafındaki fay hatları (Emre vd.2011).

Çalışma alanı olarak Tırazlar, Emceli, Selimiye Çapakçay ve Sarıgöl faylarını içine alan ve Alaşehir ve Sarıgöl ile merkezlerini kapsayan bölge seçilmiştir. Sarıgöl ve çevresi Batı Anadolu'nun genişleme alanı içinde bulunmaktadır. Bu nedenle oluşan tektonik hatlar bu genişleme doğrultusuna dik olacak şekilde oluşmuştur. Özellikle Sarıgöl ilçe merkezi ve çevre ilçeleri sınırlayan eğim atımlı normal faylar gözlemlenmektedir (Gül 2016). Bu faylar güneyde Emceli, Selimiye ve Sarıgöl faylarıdır. Bölgenin kuzeyinde ise faylar güneydoğuya eğimli Tırazlar ve Çapakçay faylarıdır (Şekil 2, Gül 2016).

Çalışma alanının merkezinde olan Sarıgöl fayı normal fay olarak tanımlanmıştır (Emre 1996, Gören 2016, Hakyemez et al. 2013, Koçyiğit et al. 1999). Bu fayın Sarıgöl yerleşim yeri içerisinde izleri net olarak görülmektedir. Fay özellikle belli doğrultuda yüzey kırığı oluşturacak şekilde gelişmiştir. Alaşehir depremi 28 Mart 1969 tarihinde M=6.5 büyüklüğünde bu fay üzerinde yüzey kırığı oluşturmuştur (Koca vd. 2011, Poyraz vd. 2015; Poyraz et al. 2019). Son 20 yıldır bu fay üzerinde

güncel yüzey deformasyonları meydana gelmektedir (Koca vd. 2010, Doğan vd. 2018) .



Şekil 2. Çalışma alanının tektonik haritası (Gül 2016).

Bugüne kadar, Gediz Grabeni'nin doğu kesiminde birçok jeolojik çalışma gerçekleştirilmiştir (Emre 1996, Gören 2016, Hakyemez et al. 2013, Koçyiğit et al. 1999). Jeodezik çalışmalar incelendiğinde Batı Anadolu'nun tamamını kapsayan birçok çalışma bulunmaktadır (McClusky et al. 2000, Reilinger et al. 2006, Aktuğ et al. 2009, Tiryakioğlu et al. 2013). Ancak sadece Alaşehir ve Sarıgöl bölgesi içinde yoğunlaşan 2 çalışma dikkat çekmektedir (Poyraz vd. 2019, Doğan vd. 2018). Poyraz vd. 2019 yaptıkları çalışmada bölge 10 noktalı bir ağ kurup bu ağ üzerinde 3 kampanya GNSS ölçüsü (2013, 2014 ve 2015 yıllarında) gerçekleştirmiştir. Doğan vd. 2018 ise Sarıgöl ilçe merkezinde meydana gelen yüzey deformasyonlarını hassas nivelman tekniği kullanarak incelemiştir.

Bu çalışma Gediz Grabeni'nin doğu kesiminde yer alan Alaşehir bölgesinde kabuk deformasyonları araştırmak üzere yapılmıştır. Çalışma alanındaki hız ve gerinim alanını belirlemek için Poyraz et al. 2019'da verilen noktalara ilaveten Gediz Grabeni'nin batısına doğru 6 yeni nokta eklenmiştir. 2017 -2018 yıllarında AKÜ-BAPK (17.FENBIL.34) desteği ile 16 noktada GNSS ölçüleri yapılmış ve GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla Avrasya plakasına göre hızları hesaplanmıştır. Elde edilen GNSS hızları ile gerinim alanları Geodisuit yazılımında

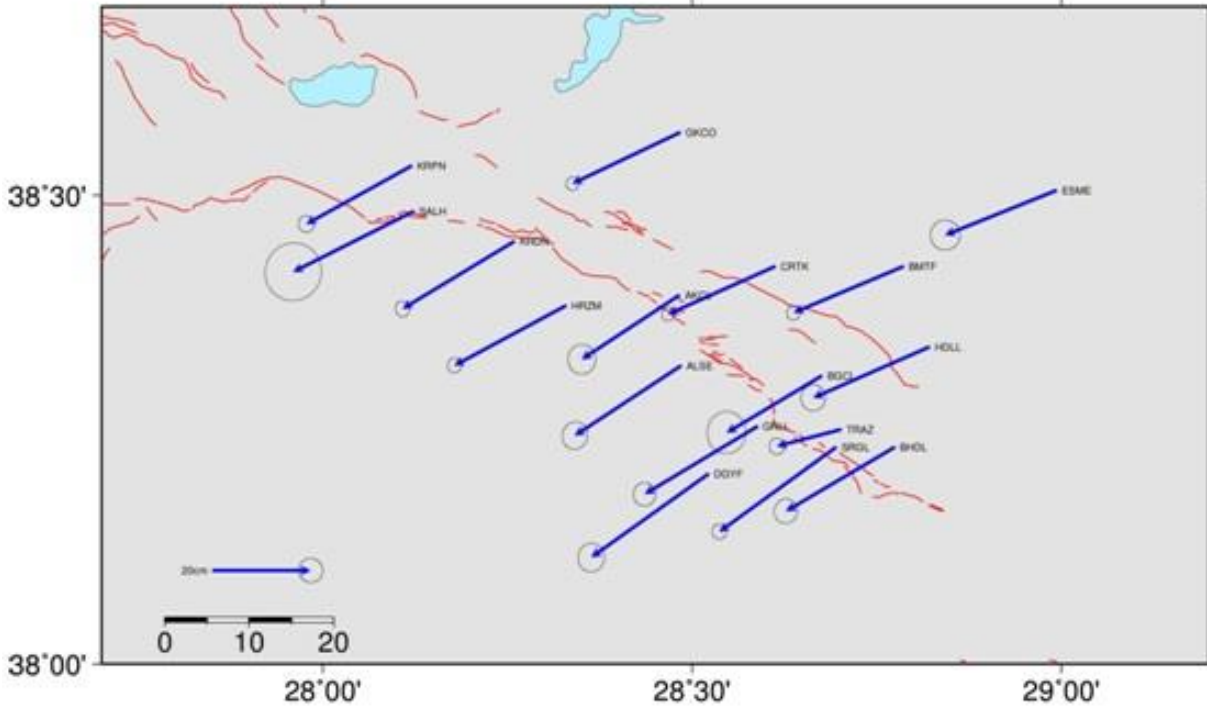
hesaplanan moment hızı kullanılarak deprem tekrarlıkları aşağıdaki şekilde hesaplanabilmektedir:

$$T(\geq M) = \frac{b}{(1.5+b)} \frac{10^{(1.5+b)M_w+9.1}}{2\mu H_{sismo} j_{enik} \epsilon_{max}(10^b M_{max} - 10^b M_w)} \quad (3)$$

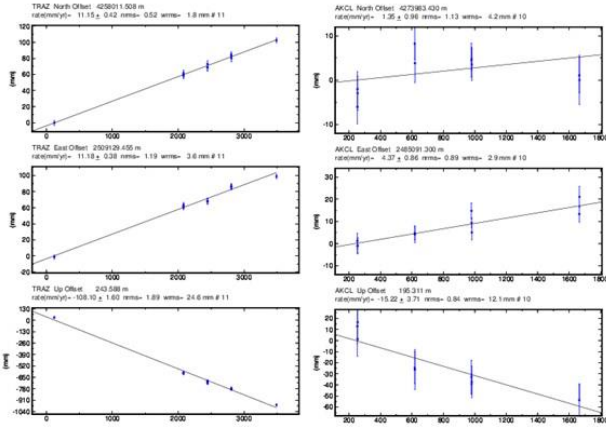
3. Bulgular

GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada GNSS verileri için GAMIT modülü kullanılmıştır. İkinci aşamada GNSS hızlarının elde edilmesi için GLOBK modülünden faydalanılmıştır. Bu değerlendirme esnasında 26 tane IGS istasyonu Global stabilizasyon işlemi için kullanılmıştır. GLOBK stabilizasyon sonrası hesaplanan hız değerlerinin post RMS değerleri Avrasya plakası için 0.50 mm/yıl olarak elde edilmiştir. Avrasya plakası sabit alınarak elde edilen hız değerlerinin vektörel gösterimi Şekil 5'de

verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde TRAZ noktasının bölge ile uyumlu hareket etmediği görülmüştür. TRAZ noktası Alaşehir Grabeni içinde kalıp, (Poyraz et al. 2019) da belirtildiği gibi bölgede meydana gelen yüzey deformasyonlarının içinde kalmaktadır. TRAZ ve AKCL noktalarında sırayla 108-15 mm/yıl civarında düşey yer değiştirme meydana gelmektedir. Özellikle TRAZ noktasındaki hareketlerin lokal veya asismik etkilerinin olup olmadığı ayrıca araştırılması gereken bir konudur. Bu noktalar çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde kullanılmayacaktır (Umutlu, 2019).

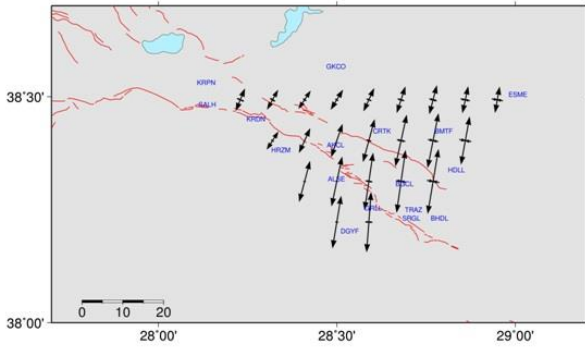


Şekil 5. Avrasya sabit hız alanı



Şekil 6. TRAZ ve AKCL zaman serileri

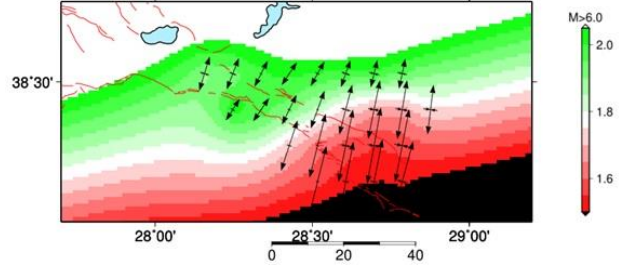
Geodisuit yazılımı kullanılarak gerinim parametreleri ve gerinim alanları hesaplanmıştır. Gerinim alanlarının hesaplanabilmesi için, Geodisuit programına GNSS noktalarını hızları ile bu hızların standart sapmaları girdi olarak verilmiştir. Çalışma bölgesi 0.1 x 0.1 derecelik gridlere ayrılmış ve gerinim değerleri hesaplanmıştır. Çalışma bölgesi için asal gerinim değerleri Şekil 7’de gösterilmiştir.



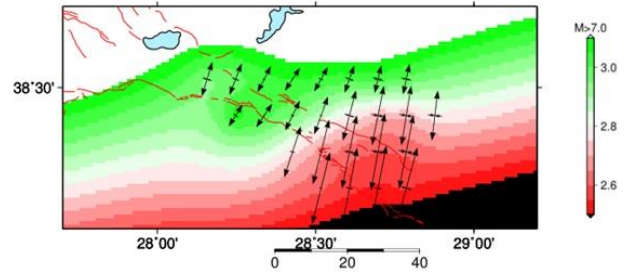
Şekil 7. Gerinim Alanı

Şekil 7 incelendiğinde genel anlamda çalışma alanında bir açılma rejiminin hâkim olduğu görülmektedir. Gediz Grabeninde kuzey sınırı olan Killik fayında açılma değerlerinin daha küçük olduğu görülmüştür. Bu faydan güneye doğru ilerledikçe bu açılma değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum (Poyraz vd. 2019) da da belirtilmiştir. Poyraz vd. (2019) bulunan bazı gerinim değerleri ile bu çalışmada bulunanlar arasında farklılık olduğu görülmektedir. Bu farklılığın sebebi jeodezik ağı genişletilmesi ve düşey yönde deformasyonu çok fazla olan (TRAZ gibi) noktaların gerinim analizinde kullanılmamasıdır.

Jeodezik deprem tekrarlama haritaları elde edilen gerinim alanları yardımıyla üretilmiştir. Hesaplama için sismojenik zon derinliği bu çalışma için yaklaşık 15 km alınmıştır. Çalışma bölgesi için elde edilen deprem tekrarlama haritaları (Mw=6-7) Şekil 8-9’da verilmiştir.



Şekil 8. Jeodezik deprem tekrarlama haritaları (M>6).



Şekil 9. Jeodezik deprem tekrarlama haritaları (M>7).

Şekil 8 ve 9 da lejantta belirtilen sayılar logaritmik değerlerdir. Deprem tekrarlama yıl aralığını belirlemek için ters logaritmik işlem yapılır. Örneğin Şekil 8’de lejantta bulunan sayılar 1.6 ile 2.0 arasındadır. Bu ifadeler logaritmik olarak 10 tabanında bakılırsa 6 dan büyük depremlerin tekrarlama periyodu 39-100 yıl arasında değişmektedir. Yine Şekil 9 incelendiğinde 7 den büyük depremlerin tekrarlama periyodunun 398-1000 yıl arasında olduğu görülmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Yapılan GNSS ölçülerinin değerlendirilmesiyle çalışma bölgesinde Avrasya referans sistemine göre yatayda 18–29 mm/yıl’lık hızlar hesaplanmıştır. Bu sonuçlar bölgede yapılan diğer çalışmalarla uyum içinde olduğunu göstermektedir (Poyraz et al. 2019). Bununla birlikte bölgede son 20 yıldır asismik yüzey deformasyonlarının meydana geldiği görülmektedir (Koca et al. 2011). Bölgede yapılan jeodezik çalışmalarında bu açıkça görülmektedir

(Poyraz et al. 2019, Doğan vd. 2018). Şekil 6 incelendiğinde TRAZ ve AKCL 108-15 mm/yıl bir düşey deformasyon hesaplanmıştır. TRAZ noktasındaki deformasyonun noktanın ilk tesis edildiği 2008 yılından beri devam ettiği net şekilde görülmektedir (Şekil 6.)

Şekil 7 incelendiğinde bölgede açılma hareketinin baskın olduğu görülmektedir. Emre vd. 2011 de de bölgenin normal faylar etkisinde olduğu gösterilmiştir. Çalışma bölgesi için 6 ve 7 büyüklüğünde meydana gelebilecek depremlerin tekrarlamaya periyotları hesaplanmış ve Şekil 8-9 de verilmiştir. Şekil 9 incelendiğinde 7 den büyük depremlerin tekrarlamaya periyotları 400-1000 yıl arasında değiştiği gözlenmiştir. Graben içinde Sarıgöl ve Alaşehir bölgeleri civarında hesaplan değer 2.7 civarında olduğu görülmektedir. Bu değer yaklaşık olarak 500 yıla tekabül etmektedir. En son bölgede meydana gelen yıkıcı deprem Alaşehir depreminin 1969 tarihinde M=6.9 büyüklüğünde olduğu düşünülürse benzer bir büyüklükte depremin bu fayda tekrar olma olasılığı 400-500 civarındadır.

Teşekkür

Bu çalışma AKU BAPK (Proje No: 17.FEN.BİL.34), AFAD (UDAP-Ç-13-07) ve TÜBİTAK (113Y526) tarafından desteklenmiştir.

5. Kaynaklar

Aktuğ, B., Nocquet, J.-M., Cingo, A., Parsons, B., Erkan, Y. & England, P., 2009. Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: limits to block-like behavior. *Journal of Geophysical Research*, **114**: 1–22.

Aktuğ, B., 2017. Jeodezik Deprem Tehlike Haritası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 03.05.2017 - 06.05.2017, Beytepe Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara.

Brunner, F.K., (1979). On the analysis of geodetic networks for the determination of the incremental strain tensor. *Survey Review*, **192**, 56–67.

Deniz, R., 1990. Jeodezik ölçmelerden yer kabuğundaki lokal gerilmelerin belirlenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, **48**, 4-14.

Doğan, U., (2002). 17 Ağustos 1999 İZMİT Depreminden Kaynaklanan Deformasyonların Kinematik Modellerle Araştırılması, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 136.

Doğan, A., Tiryakioğlu, İ., Turgut, B., Umutlu, A.İ., Özkaymak, Ç., Poyraz, F., Sözbilir, H., Jeodezik Yöntemlerle Güncel Yüzey Deformasyonlarının Belirlenmesi; Sarıgöl Örneği, Gediz Grabeni, 22. Aktif Tektonik Araştırma Gurubu Toplantıları (ATAG 22), 1-3 Kasım 2018, 18 Mart Üniversitesi, Çanakkale

Emre, T., 1996. Gediz grabenin jeolojisi ve tektoniği. *Turkish Journal of Earth Sciences*. **5**, 171-186.

Emre, Ö., Özalp, S. ve Duman, T.Y., 2011. 1:250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası serisi, Uşak (NJ35-8) Paftası, Seri No: 11. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.

Gören, R., 2016. Alaşehir ve Çevresinde Gediz Grabeni Güney Kenar Faylarının Holosen Aktivitesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Eskişehir, 95.

Gül, D., 2016. Sarıgöl (Manisa) Bölgesi Tektonik Hareketlerinin Gps İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 95.

Hakyemez, H.Y., Göktaş, F., Erkal. T., 2013. Gediz Grabeninin Kuvaterner Jeolojisi ve Evrimi (Quaternary Geology and Evolution of the Gediz Graben). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **56**, 1-26.

Hanks, T. C., and Kanamori H., 1979. A moment magnitude scale. *Journal of Geophysical Research*, **84**, 5, 2348 – 235.

- Kakkuri, J. ve Chen, R., 1992. On Horizontal Crustal Strain in Finland. *Bulletin Géodésique*, **66**, 12–20.
- Koca, M.Y., Sözbilir, H., Uzel, B., 2011. Sarıgöl fay zonu boyunca meydana gelen deformasyonların nedenleri üzerine bir araştırma. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, **35**, 151-174.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H., Bozkurt, E., 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in Western Turkey. *Journal of the Geological Society*, **156**, 605-616.
- 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., 2000. Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, **105**, 5695-5719.
- Poyraz F., Tatar O., Hastaoğlu K.Ö., Tiryakioğlu İ., Gürsoy Ö., Koçbulut F., Türk T., Demirel M., Duman H., Ciğer A.F., Gül D., 2015. Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, **7**, 17-28.
- Poyraz, F., Hastaoğlu, K.O., Koçbulut, F., Tiryakioğlu, İ., Tatar, O., Demirel, M., Duman, H., Aydın, C., Ciğer, A.F., Gürsoy, O., Turk, T., Sıgırcı, R., 2019. Determination Of The Block Movements In The Eastern Section Of The Gediz Graben (Turkey) From Gns Measurements, (2019). *Journal of Geodynamics*, **123 (2019)**, 38–48.
- Poyraz, F. 2015. Determining the strain upon the eastern section of the North Anatolian fault zone (NAFZ). *Arabian Journal of Geosciences*, **8(3)**, 1787-1799.
- 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., 2006. 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.
- Tiryakioğlu, I., Floyd, M., Erdoğan, S., Güllal, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R. (2013). GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. *Geophysical Journal International*, **195**, 1455–1463.
- Umutlu A.İ., 2019. Alaşehir (Manisa) Bölgesindeki Gerinim Alanların Jeodezik Verilerden Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Afyon, 57.
- Ward, S. N., 1998. On the consistency of earthquake rates, geological fault data, and space geodetic strain: The United States. *Geophys. Jour. Int.*, **134**, 172-186.