

AKÜ FEMÜBİD 22 (2022) 035504 (637-644)

AKU J. Sci. Eng. 22 (2022) 035504 (637-644)

DOI: 10.35414/akufemubid.1068011

Araştırma Makalesi / Research Article

Deprem Sonrası Kadastral Noktaların Koordinatlarının Güncellenmesi: 20.07.2017 Bodrum Kos Depremi Örneği

Fuat ÇINAR^{1,2}, İbrahim TIRYAKIOĞLU^{2,3*}¹ Milas Kadastro Müdürlüğü Milas Muğla.² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.³ Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar.Sorumlu yazar e-posta: itiryakioglu@aku.edu.tr
cinarf48@gmail.comORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4954-7109>ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1660-7099>

Geliş Tarihi: 09.02.2022

Kabul Tarihi: 09.05.2022

Öz

Anahtar kelimeler

Bodrum; Deprem;
GNSS; GAMIT/GLOBK

Bu araştırmada, 20.07.2017 (Mw:6.6) Bodrum-Kos depremi sonrası bölgede bulunan nirengi ve poligonlardaki koordinat değişimleri hesaplanmıştır. Beş sürekli GNSS istasyonu ile sekiz nirengi noktasında deprem sonrası GNSS oturumları yapılmıştır. Elde edilen koordinatlar ile deprem öncesi koordinatlar karşılaştırılarak jeodezik altyapıda meydana gelen deformasyon belirlenerek deformasyon haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen deformasyon haritalarını kontrol etmek için 44 nirengi ve poligon noktasında 300 epok CORS-TR ağına bağlı olarak ölçü yapılmıştır. Bu ölçüler sonucunda hesaplanan deformasyonlarla Bodrum yarımadasının batı bölümünde, üretilen deformasyon haritaları ile uyum içinde olduğu görülmüştür. Yarımadanın doğusunda meydana gelen deformasyonun üretilen haritalarla uyum içinde olmadığı ve bu bölgelerde jeodezik altyapı yenileme çalışmalarının yapılabileceği değerlendirilmiştir.

Updating the Coordinates of the Cadastral Sites After the Earthquake: Example of the 20.07.2017 Bodrum-Kos Earthquake

Abstract

Keywords

Bodrum; Earthquake;
GNSS; GAMIT/GLOBK

In this study, the coordinate changes of the benchmarks and survey marks after the 20.07.2017 (MW:6.6) Bodrum-Kos earthquake were calculated. Post-earthquake GNSS measurements were collected on five continuously operating reference stations and eight benchmarks in the region. By comparing the obtained coordinates with the ones before the earthquake, the deformation occurred in the geodetic infrastructure was determined and the deformation maps were created. To control the resulting deformation maps, the real-time GNSS measurements were made at the total of 44 benchmarks and survey marks with 300-epoch using CORS-TR network. These measurements showed that the deformations calculated in the western part of the Bodrum peninsula are consistent with the deformation maps produced. The deformation in the eastern part of Bodrum peninsula is not in line with the maps produced, and therefore geodetic infrastructure renovation works can be carried out in these areas.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Büyük depremler sonucu yer kabuğunda önemli deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonlar 1990 yılların başlarında GNSS teknolojisinin kullanımıyla hassas bir şekilde tespit edilebilmektedir. Bu deformasyonlar sürekli gözlem yapan GNSS istasyonları ile belirlendiği gibi belli periyotlarda yapılan GNSS ölçüleri ile de belirlene bilmektedir. Yine bu yöntemle yer hareketinin olduğu bölge ve civarında tektonik hareketlilik sonrası jeodezik ve kadastral altyapıda meydana

gelen deformasyonlarda tespit edilebilmektedir (Tiryakioğlu 2015, Eyübagil vd. 2021, Yalvaç 2020, Yavaşoğlu vd. 2021).

Kadastral çalışmalarda son yıllarda poligon ve nirengi gibi yer kontrol noktalarından bağımsız uydu tabanlı ölçüler yapılırsa da; yol, hızlı tren ve baraj inşaat çalışmalarında bu noktalar üretilmekte ve kullanılmaktadır. Dolayısıyla büyük tektonik hareketlerden sonra bölgedeki kadastral noktalarda

güncelleme yapılması zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuyla ilgili ülkemizde birçok çalışma yapılmakla beraber özellikle 17 Ağustos 1999 Gölcük depremi sonrası, bölgedeki TUTGA noktaları ve diğer yer kontrol noktalarındaki yer değiştirmelerin büyüklüğü kadastral altyapının da yenilenmesi gerektiğini bir kez daha ortaya koymuştur. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Gölcük Depremi sonrası GNSS ile tektonik hareketlerin takip çalışması Marmara bölgesinde yoğunlaşmıştır (McClusky vd. 2000, Özkan vd. 2010, Doğan 2007)

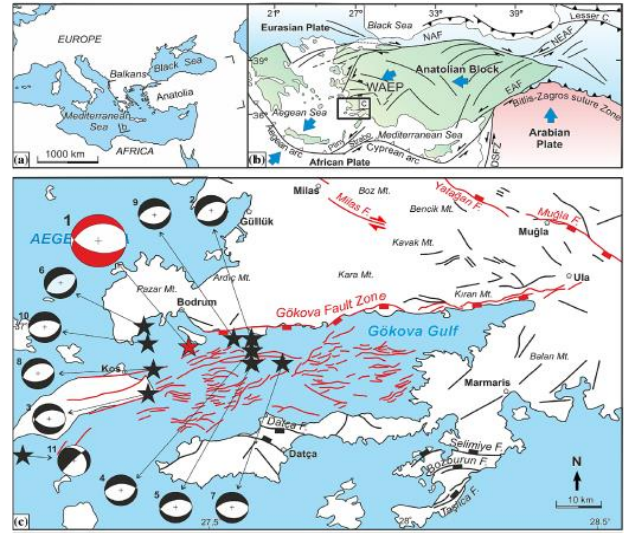
Temel kurulum amacı tektonik hareketlerin izlenmesi olmasa da 2008 yılında aktif hale gelen sabit GNSS istasyonları (TUSAGA-Aktif) bu kapsamda yapılan birçok çalışmaya altlık olmuştur. (Uzel vd. 2013, Tiryakioğlu 2015, Tiryakioğlu vd. 2017a, b, Tiryakioğlu vd. 2018a-b, Eyübagil vd. 2021, Yavaşoğlu vd. 2021, Gezgin vd. 2022). Farklı tipteki tektonik deformasyonların hesaplanmasında sabit GNSS istasyonlarının zaman serileri incelenerek önemli sonuçlar elde edilmiştir (Gülal vd. 2013, Tiryakioğlu vd. 2018c, Oktar vd. 2022). Ancak sabit istasyon kurulumu takibi işletmesi oldukça maliyetli bir iştir. Bu nedenle sürekli veri toplayan sabit GNSS istasyonları yerine belirlenen noktalarda periyodik olarak ölçü yapılması ve bu ölçülerden elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle de tektonik hareketleri inceleyen bir çok güncel çalışma vardır (Özener vd. 2010, Tatar vd. 2012, Poyraz vd. 2019, Yıldız vd. 2020, Aktuğ vd. 2021, Doğan vd. 2021, Yavaşoğlu vd. 2021, Gezgin vd. 2022).

Bu çalışmada ülkemizin önemli turizm lokasyonlarından olan, bu özelliğiyle dışarıdan göç alma durumu yüksek seviyede, nüfus sayısı her geçen gün artan Bodrum yarımadasında meydana gelen 20 Temmuz 2017 Bodrum - Kos Depremi (Mw=6,6) sonrası bölgede sekiz adet kadastral nokta ve beş adet sürekli gözlem yapan GNSS noktasının koordinatları yeniden hesaplanmış ve koordinat değişimi irdelenmiştir (Çınar 2021).

2. Çalışma Bölgesinin Depremselliği ve 20.07.2018 (Mw:6.6) Bodrum-Kos Depremi

Önemli deprem kuşaklarının birisinde olan ülkemiz 3 ana tektonik plakanın çarpışma noktasında bulunmaktadır. Bu nedenle Anadolu tarihsel ve aletsel dönemde birçok yıkıcı depremlere şahitlik etmiştir (Şengör, 1980, Şengör vd. 1985). Çalışmaya konu olan Gökova fay zonu Mw=7 den büyük deprem üretme potansiyeline sahip olduğu birçok çalışmada belirtilmektedir (Tiryakioğlu vd. 2018a, Dikbaş vd. 2022). Gökova fay zonu üzerinde son yüzyılda M=5'den büyük depremlerin dağılımı incelendiğinde depremlerin batıya doğru ilerlediği görülmektedir (İnt.Kyn.1 Çizelge 1).

Bölgede son olarak 20.07.2017 (yerel 21.07.2017-01:31 saatinde) tarihinde gerçekleşen Bodrum ve Kos açıklarında 6.6 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 1). Deprem, büyüklüğüne göre küçük miktarda hasara neden olmuş ve can kaybı meydana gelmeyen bir deprem olarak kayıtlara geçmiştir. Ancak depremin özellikle bölgede önemli yer değiştirmelere neden olduğu birçok çalışmada belirlenmiştir (Tiryakioğlu vd. 2018, Konca vd. 2019).



Şekil 1. 21 Temmuz 2017 Mw:6,6 Bodrum Depremi (Tiryakioğlu vd. 2018a).

Çizelge 1. Aletsel Dönemde Bodrum Yarımadası civarında gerçekleşen depremler (Int.Kyn.2).

| SIRA | TARİHİ | DERİNLİK | MD | YER |
|------|------------|----------|-----|------------------------------|
| 1 | 20.07.2017 | 7.1 | 6.6 | Gokova Kfz. (Akdeniz) |
| 2 | 07.10.2004 | 107 | 5.7 | Akdeniz |
| 3 | 04.08.2004 | 18 | 5.5 | Bodrum (Mugla) |
| 4 | 05.12.1968 | 31 | 6.1 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 5 | 31.10.1968 | 2 | 5.6 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 6 | 23.05.1961 | 70 | 6.3 | Dalyan Açıkları-Muğla |
| 7 | 28.08.1955 | 20 | 5.5 | Yenihisar Açıkları- Aydın |
| 8 | 02.01.1954 | 140 | 5.5 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 9 | 05.01.1944 | 70 | 5.7 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 10 | 20.11.1943 | 35 | 5.6 | Akdeniz |
| 11 | 16.10.1943 | 120 | 5.8 | Akdeniz |
| 12 | 11.01.1943 | 26 | 5.5 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 13 | 13.12.1941 | 30 | 6.5 | Dağpınar- (Mugla) |
| 14 | 23.05.1941 | 40 | 5.5 | Gulağzı- (Mugla) |
| 15 | 23.05.1941 | 40 | 6 | Kıran- (Mugla) |
| 16 | 23.04.1933 | 30 | 6.4 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 17 | 26.06.1926 | 15 | 5.5 | Akdeniz |
| 18 | 26.06.1926 | 100 | 7.7 | Oniki Adalar (Akdeniz) |
| 19 | 08.02.1926 | 30 | 5.5 | Kos Adası (Akdeniz) |
| 20 | 02.04.1920 | 10 | 5.6 | Akdeniz |

3. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliklerine göre Jeodezik Nokta Tesisleri

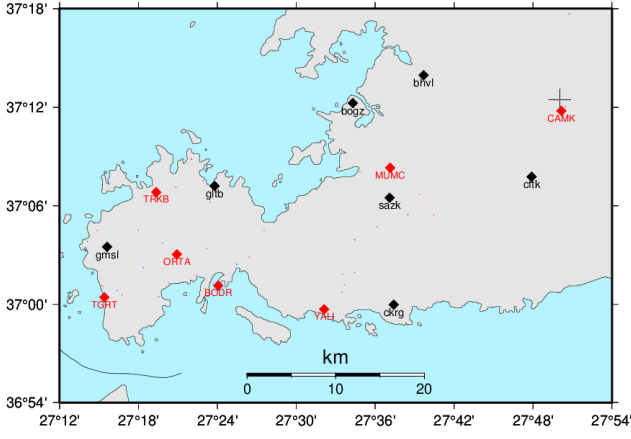
Can ve mal kaybı ile birlikte altyapıda da büyük tahribata yol açan tektonik hareketlerin izlenmesi önceden tahmini ve yol açtığı tahribatın tespiti büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde jeodezik kadastral altyapının nasıl kurulacağı Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliklerinde belirtilmiştir (Int.Kyn-3). İlk olarak 1988 senesinde Büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliğinin yayınlanmasından sonra güncel hali 26.06.2018 tarihinde yürürlüğe konulmuştur.

Bu yönetmelikle birlikte her türlü jeodezik çalışmalarda kullanılacak olan uzay ve uydu teknikleri ile oluşturulan yer kontrol noktalarında

yapılacak ölçülere ait kriterler belirlenmiştir. Yönetmelikle C1 Dereceli Ağ ve Noktalar olarak isimlendirilen noktalarda kayıt aralığı en fazla 15 saniye, minimum 120 dakika ölçü yapılması ve baz uzunluklarının en fazla 30 km olması gerektiği belirtilmiştir. Benzer şekilde C2 dereceli noktalarda da en az 60 dakika, C3 dereceli noktalarda ise baz uzunluğuna göre kayıt aralığı 15saniye ve daha az olmakla birlikte en az 30 dakika ölçü yapılması gerektiği ön belirlenmiştir. GNSS cihazlarıyla poligon ölçmelerinde ise üst dereceli noktaların sıklaştırılması sonucu oluşan C1, C2 ve C3 dereceli noktalara dayalı ve baz uzunluğu en fazla 5 km olan noktalarda 10 saniye ve daha aza veri toplama aralığı ile en az 10 dakika ölçü yapılması gerektiği öngörülmüştür (Int.Kyn-3). Ayrıca 2008 yılında hizmete giren TUSAGA-Aktif istasyonları ile C1, C2, C3 ve C4 dereceli noktaların baz uzunluklarına bağlı kalmadan üretme imkanı doğmuştur. Poligon koordinatlarının belirlenmesinde ise 1 saat ara ile iki farklı oturum halinde ve TUSAGA-Aktif istasyonlarına bağlı olarak ölçü yapılması öngörülmektedir. GNSS ile üretilen poligon noktalarının koordinatlarının idare tarafından kontrolü ise ilgili yönetmeliğin 85. Maddesine dayanılarak yapılmaktadır. Kontrol aşamasında zemine tesis edilen ve koordinatlandırılan poligon noktası tekrar ölçülmektedir. Ölçü sonucu elde edilen koordinatlar ile mevcut koordinatlar arasındaki farkların 10 cm'yi geçmemesi gerekmektedir. Ayrıca X ve Y koordinat farklarının karelerinin toplamının karekökünün de 7 cm'yi geçmemelidir şeklinde ifade edilmektedir (Int.Kyn-3).

4. Uygulama

Çalışmada Tiryakioğlu vd. 2018a'de belirtilen ve takibi yapılan 15 adet GNSS noktası kullanılmıştır. Bölgede bulunan 5 sabit GNSS istasyonu (MUMC, YALI, ORTA, TRGT ve TRBK) ve pilye tipi tesisli TUTGA ve C dereceli diğer 8 adet nokta çalışmaya dahil edilmiştir (Şekil 2). Bu noktalarda deprem sonrası 2 gün tekrarlı 8 saat GNSS ölçüleri yapılmıştır.



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan GNSS Ağı. Kırmızı semboller sabit GNSS ve TUTGA noktalarını, Siyah semboller C derece noktaları göstermektedir.

4.1 GNSS Ölçüleri ve Değerlendirilmesi

GNSS ağı Bodrum yarımadasını ve civarını kapsayacak şekilde, bölgenin tektonik yapısını izlemek için kurulmuştur. 21.07.2017 tarihinde, yerel saat ile 01:31'de Bodrum açıklarında Karaada ile Kos adası arasında kalan bölgede büyüklüğü Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından ML=6.2 (Mw=6.6) olarak bildirilen bir deprem meydana gelmiştir. Deprem sonrası bu noktalarda 23-26 Temmuz tarihleri arasında GNSS ölçüleri gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte bölgedeki 5 adet sabit GNSS istasyonu (YALI, ORTA, TGRT, TRKB ve MUMC) verileri de alınmıştır (Şekil 2) (Tiryakioğlu vd. 2018a). Veriler ölçü epoğunda ITRF14 datumunda GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiştir (Herring vd. 2015). GAMIT yazılımı ile, gözlem yapılan GNSS ağını global bir ağı ile ilişkilendirmek, yörünge ve dünya dönme parametrelerinin daha hassas hesaplanmasını sağlamak amacıyla 21 adet IGS istasyonunun koordinatlarından yararlanılmıştır. Çözümlerde Yer Dönme Parametresi USNO_bull_b, Troposfer Model ise Sastamoinen öncül standart modele dayalı olarak 2 saat verilerden kestirilen değerler kullanılmıştır.

4.2 Datum, Koordinat Dönüşümleri ve Epok Taşıma

Ülkemizde kadastral çalışmalarda genel olarak Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi (TUREF) olan

ITRF-96 datum ve 2005.0 epoğundaki koordinatlar kullanılır. Veriler ölçü epoğunda ve ITRF-2014'e dayalı olarak değerlendirilmiştir. ITRF-2014 ile ITRF-96 arasında 14 parametrelili dönüşüm yapılarak TUREF'e dönüştürülmüştür. Dönüşüm işlemi için Avrupa Referans Sabit GNSS istasyonları Ağı web adresinde bulunan datum dönüşüm programı ile yapılmıştır (İnt.Kyn.4). Datum dönüşümü sonrası, epok taşıma işlemi içinde aynı program kullanılmıştır. Epok taşıma işlemi için her bir ölçü noktasının kartezyen hızları gerekmektedir. Noktaların geçmişe yönelik ölçüleri olmadığı için anlamlı Kartezyen hızlar elde edilememiştir. Bu nedenle bölgede bulunan TUTGA ve TUSAGA istasyonlarının kartezyen hızları kullanılarak her bir ölçü noktasının hızı enterpolasyon yapılarak hesaplanmıştır. Enterpolasyon yöntemi olarak mesafelerle ters orantılı enterpolasyon yöntemi seçilmiştir. Enterpolasyon için BDRM, CAMK, MLAS SELM TUTGA noktaları ile DIDI DATC MUG1 TUSAGA-Aktif noktalarının deprem etkileri giderilmiş kartezyen hızları HGM'den temin edilerek kullanılmıştır. Elde edilen noktasal hızlar ile ölçü epoğundaki koordinatlar referans epogu olan ITRF96 2005.00 epoğuna taşınmıştır. Elde edilen tüm kartezyen koordinatlar, UTM/Gauss Kruger koordinatlarına dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Koordinatların dönüşüm işlemi için ise J-trans programı kullanılmıştır. Dönüşüm sonrası elde edilen koordinatlar ile aynı noktaların Kadastro Müdürlüğüne tescillenen ITRF96 2005.00 epoğuna ait UTM koordinatlarının farkları alınmıştır. 21 temmuzda meydana gelen deprem, bölgede yatay deformasyonlara neden olduğu için yükseklik bileşeni dikkate alınmamıştır. Elde edilen yukarı ve sağa değer farklarından SURFER yazılımı ile yüzeyler geçirilmiştir (Şekil 3).

Daha önceden kadastro tarafından koordinatları tescillenmiş olan C1-C2 noktalarında 600 epok, poligon noktasın da 300 epok CORS-TR ağına bağlı olarak ölçü toplanmıştır (Şekil 4,5). Her bir noktada 300 epok ölçünün ortalaması alınmıştır. Daha sonra bu noktaların deprem öncesi koordinatlarından olan farkları hesaplanmıştır (Çınar 2021).

Güvercinlik, Mumcular, Pınarlıbelen ve Çiftlik civarında elde edilen farkların dikkate alınan bu kriterden büyük olduğu görülmüştür. Nirengilerde bulunan koordinat farklarının poligonlarda da olduğu gözlemlenmektedir. 2012 yılında yapılan kadastro yenileme çalışması esnasında poligon noktalarının koordinatları daha önceki yıllarda üretilen C1 ve C2 dereceli noktalar baz alınarak ve C1-C2 dereceli noktalara dayalı olarak üretilmiştir. Bu durum farkların sebebinin depremden ziyade C dereceli noktaların koordinatlarının üretilmesi esnasında hata yapılmış olabileceğini düşündürmektedir.

Diğer taraftan poligon noktalarındaki deformasyonların model ile uymadığı görülmüştür. Bu uyumsuzluğun poligon koordinatlarının üretilmesi işleminde yapılan ölçü yönteminin hassasiyeti, ölçü hataları, lokal deformasyonlar olacağı düşünülmektedir. Bununla birlikte poligon tesislerinin zeminlerinin (asfalt, kaldırım vb.) farklı davranış göstermesi şeklinde yorumlanmıştır. Bu çalışma ile oluşturulan deformasyon yüzey modellerinin Bodrum yarımadasının batısında kalan bölgelerde ölçü düzeltme modeli olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmanı deprem sonrası ölçüleri AKU BAPK (Proje No: 17.FENBİL.35) nolu proje tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Aktuğ, B., Tiryakioğlu, I., Sözbilir, H., Özener, H., Özkaymak, Ç., Yiğit, C.O., Solak, H.İ., Eyübagil, E.E., Gelin, B., Tatar, O., Softa, M. 2021. GPS Derived Finite Source Mechanism of the 30 October 2020 Samos Earthquake, Mw=6.9 in Aegean extensional region. *Turkish Journal of Earth Science*, **30**, 718-737.

Çınar, F. 2021. 21.07.2017 Bodrum-Kos depremi sonrası bölgedeki GNSS nokta koordinatlarının güncellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, 51.

Dikbaş, A., Akyüz, H. S., Basmenji, M., & Kırkan, E. 2022. Earthquake history of the Gökova fault zone by paleoseismologic trenching, SW Turkey. *Natural Hazards*, 1-22.

Doğan, U., 2007. Accuracy Analysis of Relative Positions of Permanent GPS Stations in the Marmara Region, Turkey, *Survey Review*, **39**(304), 156-165.

Doğan, O., Solak, H.İ., E.E. Eyübagil, Özkaymak, Ç. Tiryakioğlu, İ., 2021. Bozkurt (Denizli) Depremi Sonrası (Mw=6.0, 08.08.2019) GNSS Ölçüleri ile Kosismik Deformasyonların Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **21**(2), 362-373.

Eyübagil, E.E., Solak, H.İ. Kavak, U.S., Tiryakioğlu, İ., Sözbilir, H., Aktuğ, B., Özkaymak, Ç., 2021. Present-Day Strike-Slip Deformation Within The Southern Part Of İzmir Balıkesir Transfer Zone Based On GNSS Data And Implications For Seismic Hazard Assessment, Western Anatolia. *Turkish Journal of Earth Science*, **30**(2), 143-160.

Gezgin, C., Ekercin, S., Tiryakioğlu, İ., Aktuğ, B., Erdoğan, H., Gürbüz, E., Orhan, O., Bilgilioglu, S.S., Torun, A.T., Gündüz, H.İ., Oktar, O., Türkmen, C., Kaya, E. 2022. Determination Of Recent Tectonic Deformations Along The Tuz Gölü Fault Zone In Central Anatolia (Turkey) With Gns Observations. *Turkish Journal of Earth Science*, **31**(1), 20-33.

Gülal, E., Erdoğan, H., Tiryakioğlu, I. 2013. Research on the Stability Analysis of GNSS Reference Stations Network by Time Series Analysis. *Digital Signal Processing*, **23**(6), 1945–1957.

Herring, T. A., King, R. W., Floyd, M. A., & McClusky, S. C. 2015. GAMIT/GLOBK reference manual. Release 10.6 Cambridge, MA.

Karasözen, E., Nissen, E., Büyükakpınar, P., Cambaz, M. D., Kahraman, M., Kalkan Ertan, E., ... & Özacar, A. A. 2018. The 2017 July 20 M w 6.6 Bodrum–Kos earthquake illuminates active faulting in the Gulf of Gökova, SW Turkey. *Geophysical Journal International*, **214**(1), 185-199.

Konca, A. O., Guvercin, S. E., Ozarpaci, S., Ozdemir, A., Funning, G. J., Dogan, U., ... & Reilinger, R. (2019). Slip distribution of the 2017 M w6. 6 Bodrum–Kos earthquake: resolving the ambiguity of fault geometry. *Geophysical Journal International*, **219**(2), 911-923.

McClusky S, Balassanian S, Barka A, Demir C, Ergintav S, Georgiev I, et al. 2000. Global Positioning System Constraints on Plate Kinematics And Dynamics In the Eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, **105**(B3), 5695-5719.

Oktar, O., Erdoğan, H., Poyraz, F., Tiryakioğlu, I. 2022. Investigation of deformations with the GNSS and

- PSInSAR methods. *Arabian Journal of Geoscience*, **15**, 8 (2022).
- Özener, H., Arpat, E., Ergintav, S., Dogru, A., Cakmak, R., Turgut, B., & Dogan, U. 2010. Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone. *Journal of Geodynamics*, **49**(3-4), 141-150.
- Özkan A, Tari E, Çakmak R, Ergintav S, 2010. MAGNET (Marmara Sürekli GPS Ağı) İstasyonlarının Dönemsel Etkiler Açısından Kampanya GPS Ölçmelerine Katkıları. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, **10**, 101.
- Poyraz, F., Hastaoğlu, K.O., Koçbulut, F., Tiryakioğlu, İ., Tatar, O., Demirel, M., Duman, H., Aydın, C., Çiğner, A.F., Gursoy, O., Turk, T., Sıgırcı, R., 2019. Determination Of The Block Movements In The Eastern Section Of The Gediz Graben (Turkey) From Gns Measurements. *Journal of Geodynamics*, **123**, 38–48.
- Şengör, A. M. C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, *Türkiye Jeoloji Kurumu yayını*, 40.
- Şengör, A. M. C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, **37**, 227-264.
- Tatar, O., Poyraz, F., Gürsoy, H., Cakir, Z., Ergintav, S., Akpınar, Z., Yavaşoğlu, H. et al., 2012. Crustal deformation and kinematics of the Eastern Part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements. *Tectonophysics*, **518**, 55-62.
- Tiryakioğlu, I., 2013. Geodetic Aspects of the 19 May 2011 Simav Earthquake in Turkey, Geomatics. *Natural Hazards and Risk*, **6**(1), 76–89.
- Tiryakioğlu, I., Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H., Turgut, B., 2017a. Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series. *Earth Science Research Journal*, **21**(3), 147-156.
- Tiryakioğlu, I., Yiğit, C.O., Yavaşoğlu, H., Saka, M.H., Alkan, R.M., 2017b. The Determination Of İnterseismic, Coseismic And Postseismic Deformations Caused By The Gökçeada-Samothraki Earthquake (2014, Mw: 6.9) Based On GNSS Data. *Journal of African Earth Sciences*, **133**, 86-94.
- Tiryakioğlu, I., Aktuğ, B., Yiğit, C.Ö., Yavaşoğlu, H.H., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Poyraz, F., Taneli, E., Bulut, F., Doğru, A., Özener, H. 2018a. Slip distribution and source parameters of the 20 July 2017 Bodrum-Kos earthquake (Mw6.6) from GPS observations, *Geodinamica Acta*, **30**(1), 1-14.
- Tiryakioğlu, İ., Özkaymak, Ç., Baybura, T., Sözbilir, H., Uysal, M., 2018b. Comparison of Palaeostress Analysis, Geodetic Strain Rates and Seismic Data in the Western Part of The Sultandağı Fault in Turkey. *Annals of Geophysics*, **61**(3), GD335.
- Tiryakioğlu, I., Uğur M.A., Özkaymak, Ç. 2018c. Determination of Surface Deformations with Global Navigation Satellite System Time Series, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Geological and Environmental Engineering*, **12**(11), 719-722.
- Uzel, T., Eren, K., Gülal, E., Tiryakioğlu, I., Dindar, A.A., Yılmaz, H. 2013. Monitoring The Tectonic Plate Movements In Turkey Based On The National Continuous GNSS Network. *Arabian Journal of Geoscience*, **6**, 3573–3580.
- Yalvaç, S., 2020. Determining the Effects of the 2020 Elazığ-Sivrice Turkey Mw 6.7 Earthquake from the Surrounding CORS-TR GNSS Stations. *Turkish Journal of Geosciences*, **1**(1), 15–21.
- Yıldız, S.S. Özkan, A., Yavaşoğlu, H.H. Masson, F., Tiryakioğlu, İ., Alkan, M.N. Bilgi, S. 2020. Determination of recent tectonic deformations in the vicinity of Adana-Osmaniye-Hatay-Gaziantep triple junction region by half-space modeling. *Comptes Rendus Geoscience*, **352**(3), 225-234
- Yavasoglu, H.H., Tiryakioğlu, I., Karabulut, M.F., Eyübagil, E.E., Ozkan, A., Masson, F., Klein, E., Gulal, V.E., Alkan, R.M., Alkan, M.N., Isiler, M., Arslan, A.E. 2021. New Geodetic Constraints to Reveal Seismic Potential of Central Marmara Region, Turkey. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, **62**(3), (513-526).

İnternet Kaynakları

1. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/tarihsel-depremler/>, 07.04.2020
2. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>, 07.04.2020
3. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/3.5.2018.11962.pdf>, 31.03.2021
4. <https://www.epncb.oma.be/>, 17.08.2020