Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **20** (2020) 035502 (456-464) AKU J. Sci. Eng. **20** (2020) 035502 (456-464)

DOI: 10.35414/akufemubid.690886

Araştırma Makalesi / Research Article

Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) Güney Kesimine ait Tektonik Hareketlerin GNSS Gözlemleri ile İzlenmesi

Cemil GEZGİN[1*], İbrahim TİRYAKİOĞLU[2], Semih EKERCİN[3], Esra GÜRBÜZ[4]

[1,4] Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray.

[2] Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

[3] Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya.

Sorumlu yazar e-posta: cemilgezgin@aksaray.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-5951-0107*

itiryakioglu@aku.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4954-7109

semih.ekercin@erbakan.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9458-2261

egurbuz@aksaray.edu.tr ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-6105-2291

Geliş Tarihi: 18.02.2020 Kabul Tarihi: 04.06.2020

Anahtar kelimeler
GNSS; Tuz Gölü Fay Zonu; GAMIT/GLOBK; Kayma hızı

Öz

Günümüzde aktif fayların yakın alanlarına kurulan deformasyon ağlarının GNSS tekniği ile izlenmesi sonucunda depreme ait zamanı belirlemek mümkün olmasa da faylar üzerinde biriken gerilmeler yardımıyla muhtemel deprem konumları tahmin edilebilmektedir. Orta Anadolu Neotektonik Bölgesini, Konya-Eskişehir ve Kayseri-Sivas Neotektonik Bölgeleri olmak üzere iki alt neotektonik bölgeye ayıran bir geçiş zonu olan yaklaşık 220 km uzunluğundaki Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ)'nun kırılması durumunda büyüklüğü (M) yaklaşık 6-7 olan bir depreme sebep olabileceği bilinmektedir. Fay zonunun bu potansiyeli dikkate alınarak, bulunduğu alanda meydana gelen deformasyonların hesaplanması amacıyla Tuz Gölü Fay Zonu'nun Güney Kesiminde doğu-batı yönlü profil şeklinde 24 adet nirengi tesisi kurulmuştur. Oluşturulan ağda 2018-2019 yıllarında 3 periyot GNSS ölçüsü yapılmış ve elde edilen sonuçlar GAMIT/GLOBK yazılım takımı ile değerlendirilerek bölgenin güncel hız haritası elde edilmiştir. Yapılan çalışmada, Tuz Gölü Fay Zonu Güney kesiminde Avrasya referans sistemi sabit olmak üzere yıllık 10 ile 35 mm arasında batı ve kuzey batı yönünde bir hareket belirlenmiştir. Noktalara ait standart sapma değerleri 2-6 mm arasında değişmektedir. İlerleyen yıllarda yapılan yeni kampanya ölçüleri ile birlikte standart sapma değerlerinin azalacağı düşünülmektedir.

Monitoring of Tectonic Movements of Southern Part of the Tuz Gölü Fault Zone (TGFZ) with GNSS Observations

Keywords
GNSS; Tuz Gölü Fault Zone; GAMIT/GLOBK; Slip rate

Abstract

Although the time of the earthquake could not be clearly determined but possible earthquake locations and the stresses on the faults can predicted through monitoring the deformation networks with GNSS technique established around the earthquake producing faults. Tuz Gölü Fault Zone (TGFZ) is approximately 220 km long, which is a transition zone separating the Central Anatolian Neotectonic Zone, Kayseri-Sivas and Konya-Eskişehir Neotectonic Regions as two sub-neotectonic zones, it is known that the TGFZ, may cause an earthquake with a magnitude (M) of approximately 6-7 in case of breaking. Considering this potential of the fault zone, in order to calculate the deformations occurring in the area 24 reference points were constructed in the form of an east-west profile of the southeastern part of the TGFZ. In this network established, 3 periods of GNSS observations between 2018-2019 were measured. GAMIT/GLOBK software was used to process the collected GNSS observations and determine recent velocity fields of the region. In the study, between 10 and 35 mm annually movement was determined in the west and north west direction relative to the Eurasia reference system in the southern part of the TGFZ. The standard deviation of the points varies between 2-6 mm. It is thought that standard deviation values will decrease with the new campaign measurements made in the following years.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Geçmişten bugüne tektonik hareketler tüm insanlık tarihi boyunca hep karmaşık bulunmuştur. Yeryüzünü ölçme bilgisi, levhaların incelenmesi üzerinde önemli bir görev üstlenmektedir. Buna göre, levhaların ve fayların hareketleri yüzünden litosfer parçalarında deformasyon meydana gelmektedir. Bu deformasyon sonucunda ise fayların her iki tarafında bulunan bloklar birbirine göre hareket etmektedir. Yıllardır süren akademik araştırmalar sonucunda bir nokta üzerindeki deformasyonun elde edilmesi, bu bölgede gerinim bulunduğunun ve bölgenin tektonik açıdan aktif olduğunu göstermektedir (Erdoğan vd. 2008, Herring 1999).

Kabuk deformasyonunun en önemli sonuçlardan biri olan depremler yerkabuğu içindeki kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsması olarak adlandırılmaktadır (Poyraz 2009). Yerkabuğunu oluşturan levha sınırları depremlerin yoğun şekilde meydana geldiği yerler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Türkiye, sahip olduğu jeolojik konum nedeniyle, depremsellik açısından Alp-Himalaya kuşağının en aktif deformasyon alanlarının başında gelmektedir. Türkiye ve komşu alanların neotektonik gelişimi, Avrasya ve Arap levhaları arasındaki kıtasal yakınlaşmaya bağlı olarak gelişen kıtasal çarpışma ve bunun devamındaki jeolojik süreçler ile yakından ilişkilidir (Şengör vd. 1985, Kürçer ve Gökten 2014).

Sismik olarak oldukça aktif bir ülke olan Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesi göreli olarak sakin bir bölge olarak değerlendirilse de gerek batıdan çekme rejiminin gerekse de doğudan sıkışan Anadolu Levhası'nın kaçma rejiminin etkileri nedeniyle değişik doğrultularda farklı nitelikli aktif faylar içermektedir. Bölgedeki aktif yapılardan biri olan Tuz Gölü Fay Zonu üzerinde yakın zamanda yapılan çalışmalar, zonun Aksaray'a yakın segmentlerinin (Aksaray segmenti, Akhisar-Kılıç segmenti ve Altunhisar segmenti) büyüklüğü 6,8'e varabilecek depremler üretme potansiyeline sahip olduklarını göstermektedir (Kürçer 2012). Bu durum, Aksaray il merkezi başta olmak üzere, büyük ölçüde alüvyon zemin üzerine kurulmuş ilin tamamına yakınında yıkıcı hasarların ve can kayıplarının ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir.

Bu çalışmada Tuz Gölü Fay Zonu'nun Güney Kesimine kurulan GNSS ağı ve 2018-2019 yıllarında yapılan GNSS ölçülerinden elde edilen bulgular anlatılmaktadır. Gerçekleştirilen 3 kampanya GNSS ölçüsü GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilerek bölgenin güncel hız değerleri elde edilmiştir.

2. Tektonik Hareketlerin Belirlenmesinde GNSS Kullanımı

Bilindiği üzere yeryüzü birbirine göre sürekli hareket halinde olan levhalardan meydana gelmektedir ve Dünya üzerindeki bu tektonik levhalar milyonlarca yıldır sürekli olarak hareket etmektedirler. Tektonik hareketlerin jeodezik yöntemlerle belirlenmesinde günümüze kadar açı ölçerler, elektromanyetik uzaklık ölçerler veya hassas nivelman gibi klasik yersel ölçme teknikleri ile gerçekleştirilen çalışmalar, teknolojinin gelişimi ile GNSS, SLR,VLBI gibi ölçme teknikleri ile gelişme ve genişleme imkanına erişmiştir. Kullanıcı dostu oluşuna ek olarak her türlü hava şartında 24 saat konum belirleme imkanı ve maliyetlerdeki düşüş ile beraber 1980'li yıllardan itibaren GNSS'in kullanımı klasik ölçme tekniklerine göre avantajları sayesinde tektonik hareketlerin belirlenmesinde son derece yaygınlaşmıştır (Erdoğan ve Şahin 2006, Yavaşoğlu 2014).

GNSS teknolojisinin gelişmesi ile tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik birçok çalışma mevcuttur (Feigl et al. 1990, McClusky et al. 2000, Burgmann et al. 2002; Ergintav vd., 2002, Reilinger et al. 2006, Aktuğ vd. 2009, Özener vd 2010, Yavaşoğlu vd. 2011, Tiryakioğlu vd. 2013, 2017, Poyraz vd. 2019). Fay zonunun geometrik yapısı göz önünde bulundurularak kurulan jeodezik izleme ağlarında belirli periyotlarla tekrarlanan GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi sonucunda fay

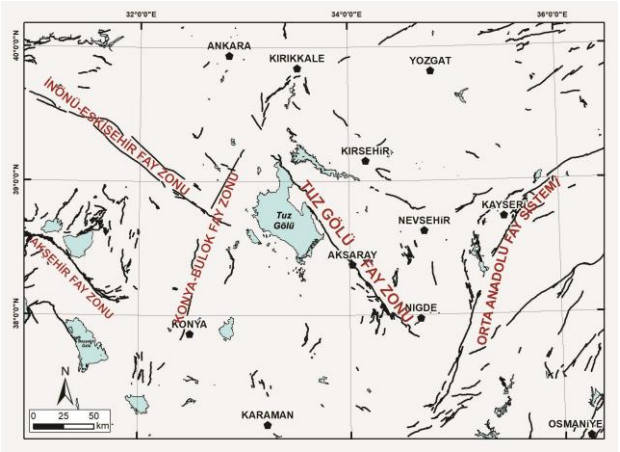
zonuna ilişkin (kayma hızı, gerinim, birikim vb.) güncel bilgileri elde etmek mümkün olmaktadır. GNSS gözlemleri sonucunda elde edilen çıktıların faya ait İnter-Sismik, Pre-Sismik, Ko-Sismik ve Post-Sismik dönemlerde kullanımıyla ilgili birçok çalışma mevcuttur (Doğru vd. 2019, Oktar ve Erdoğan 2018, Poyraz vd. 2019).

Uygulamada plakaların tümüne homojen dağılmış GNSS noktalarından kurulmuş olan ağlarla yerel hareketlerin belirlenmesi tercih edilmektedir. Bu sebeple öncelikle yeryüzüne homojen dağılmış olan ve konumları uzun süreli gözlemler sonucu yüksek doğrulukla elde edilmiş noktalardan faydalanılmaktadır. Lokal ölçekli çalışmalarda, fay zonunun çevresindeki alana yeteri kadar nirengi noktası kurularak gözlemlere başlanmaktadır. Belli periyotlarla tekrarlanan GNSS verilerinin değerlendirilmesi sonucunda, noktaların ilk kuruldukları andan son ölçmelerin yapıldığı tarihe kadar olan konum değişimleri belirlenir. Belirlenen yer değiştirme veya hız değerleri, yönleri yardımıyla bölgede oluşmuş gerinimle ilgili değişkenlerin hesap edilerek muhtemel bir deprem tehlikesi konusunda bilgi sağlanmaktadır (Yavaşoğlu 2003).

3. Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ)

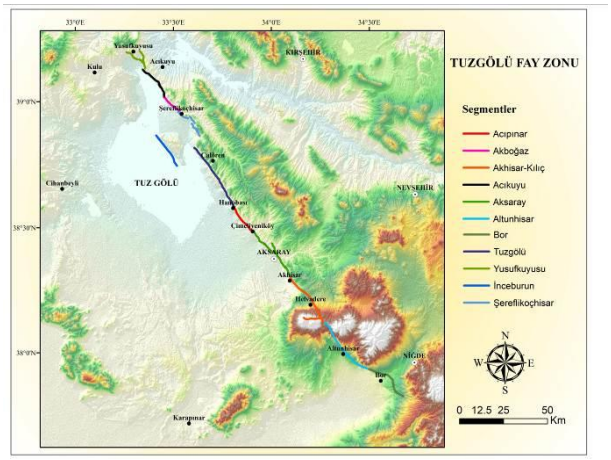
TGFZ Orta Anadolu'daki en önemli aktif yapısal unsurların başında gelmektedir (Şekil 1). KB-GD yönünde uzanıma sahip fay ilk olarak Beekman (1966) tarafından tanımlanmış ve 'Tuz Gölü Fay Zonu' olarak adlandırılmıştır. Daha sonraki bazı çalışmalarda ise aynı yapı 'Koçhisar-Aksaray Fayı', 'Tuzgölü Fayı', ve 'Koçhisar-Aksaray Fay Zonu' olarak isimlendirilmiştir (Şengör 1980, Uygun 1981, Şaroğlu vd. 1987, Derman vd. 2003).

Fayın karakteri ile ilgili farklı görüşler olsa da (bindirme bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı fay; Şaroğlu vd. 1987,normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı fay; Beekman 1966; Koçyiğit ve Beyhan 1998; Toprak 2003; Koçyiğit 2003) bölgede yürütülen son çalışmalarda elde edilen morfolojik ve kinematik özelliklere göre sağ yanal doğrultu atım bileşenli normal fay (Leventoğlu 1994, Çemen vd. 1999, Gürbüz 2012, Özsayın vd. 2013, Kürçer ve Gökten 2014) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı çevresindeki faylar (Dirik ve Erol 2003, Dirik 2001, Dirik ve Göncüoğlu 1996, Göncüoğlu vd. 1996, Koçyiğit ve Özacar 2003, Özsayın ve Dirik 2007, Emre vd. 2013'ten değiştirilerek alınmıştır).

Yakın dönemde yapılan araştırmalarda çalışmaya konu olan fay zonu, uzunlukları 9-30 km arasında değişen birbirine paralel ya da yarı paralel 11 geometrik segmente ayrılmıştır (Kürçer 2012). Yine aynı çalışmalarda zonun Aksaray'a yakın segmentlerinin (Aksaray segmenti, Akhisar-Kılıç segmenti, Altunhisar segmenti) uzunlukları dikkate alındığında Wells ve Coppersmith (1994)'in sunduğu ampirik ilişkiye göre büyüklükleri M=6,3–6,8 olabilecek depremler üretme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir (Kürçer 2012, Kürçer ve Gökten 2014, Çizelge 1, Şekil 2).



Şekil 2. TGFZ Segmentleri (Kürçer 2012'den sayısallaştırılarak oluşturulmuştur).

Çizelge 1. Tuz Gölü Fay Zonu'nun segmentleri ve genel özellikleri (Kürçer ve Gökten, 2014).

Segment No	Segment Adı	Segment Uzunluğu (km)
S1	Yusufkuyusu	9
S2	Acıkuyu	10
S3	Akboğaz	13
S4	Şereflikoçhisar	14
S5	İnceburun	23
S6	Tuz Gölü	30
S7	Acıpınar	26
S8	Aksaray	13
S9	Akhisar-Kılıç	27
S10	Altunhisar	30
S11	Bor	17

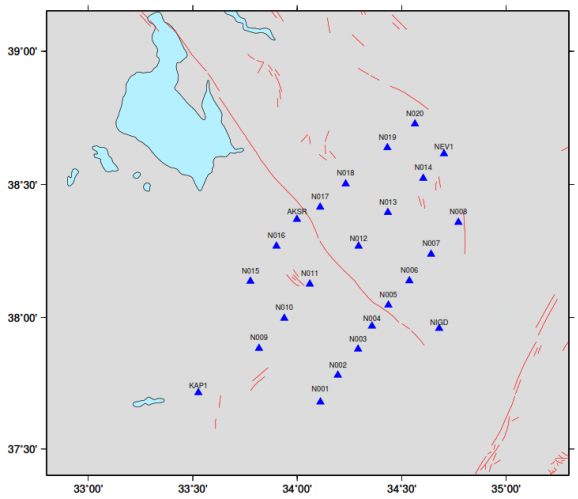
1986'da il olduğundan beri artan nüfusu ve yoğun sanayi potansiyeli ile Türkiye'nin hızla büyüyen şehirlerinden biri olan Aksaray ili, TGFZ'nin Aksaray segmenti önünde fayın sınırlandırdığı alüvyon üzerine kurulmuştur. TGFZ, Tuz Gölü'nün kuzeydoğu sınırını oluşturmaktadır. Hem morfotektonik özellikleri hem bölgede 5 büyüklüğüne ulaşan depremlerin dağılımı TGFZ'nin günümüzde hala aktif olduğunu göstermektedir (Koçyiğit 2003, Kürçer vd. 2012). Ancak bu aktivitenin sebep olabileceği deformasyon konusundaki bilgiler oldukça kısıtlıdır.

Orta Anadolu'nun bu önemli tektonik yapısı üzerine yapılmış olan çalışmalar (örn., Kürçer ve Gökten 2014, Yıldırım 2014, Öztürk vd. 2018) genel olarak jeolojik ve jeomorfolojik nitelikte mevcut olup detaylı bir jeodezik veri mevcut değildir. Mevcut tek çalışma da Aktuğ vd. (2013) çalışma alanının tüm Orta Anadolu bölgesini kapsaması ve kullanılan nokta yoğunluğunun bölge deformasyonun belirlenmesi için yetersiz kalması sebebiyle (30-50 km) Tuz Gölü Fay Zonu ve ilişkili segmentler ile ilgili sağlıklı hız verileri bulunmamaktadır. Diğer çalışmalarda ise Fernandez-Blanco vd. (2013), Simao vd. (2016), Aktuğ vd. (2013)'nin elde ettiği hız vektörleri kullanmış, ilgili bölgeye dair herhangi bir yeni ölçüm sonucu sunulmamıştır.

Bu durum Tuz Gölü Fay Zonu segmentlerine ait deformasyonun yüksek hassasiyetli olarak belirlenmesi için daha fazla nokta sayısına sahip jeodezik bir ağ oluşturulması ve bu ağın sürekli izlenmesi gerekliliğini doğurmuştur.

3.1 Tuz Gölü Tektonik GNSS Ağı (TUZGA) ve Yapılan Ölçüler

Tuz Gölü Tektonik GNSS Ağı (TUZGA) 2018 yılında tesisine başlanan 24 kampanya tipi ölçü noktasından oluşmaktadır. Bu noktalar TGFZ'ye dik olarak şekilde 3 profil olarak tesis edilmiştir. Çalışma bölgesinin çevresinde konumlanan TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağında 7, Harita Genel Komutanlığı bünyesinde bulunan TUSAGA-Pasif ağında 1 adet sürekli gözlem yapan referans istasyonu ve 16 adet TUTGA noktası ile ağ toplam 48 noktaya sahiptir (Şekil 3). GNSS ağı 2018 yılından başlanarak 3 ölçü kampanyasıyla 2019 yılına kadar ölçülmüştür. Son kampanya ölçüsü 2019 yılı Ekim ayında gerçekleştirilmiştir. Ölçmeleri gerçekleştirilen jeodezik ağ Şekil 3'de verilmiştir. Çalışmada jeodezik ağın çevresinde bulunan 4 TUSAGA-Aktif noktasının 2015 yılından itibaren GNSS ölçüleri elde edilmiş ve analizlerde kullanılmıştır. Çizelge 2'de ölçme noktaları ve ölçme yılları verilmiştir.



Şekil 3. Tuz Gölü Tektonik GNSS Ağı (TUZGA) ve kullanılan TUSAGA-Aktif noktaları.

Tesis edilen ağda yapılan kampanya ölçmelerinde, 1, 2, 9, 11, 18 no'lu nirengiler kampanya noktası olarak düşünülerek 2 gün minimum 8 saat eş zamanlı ölçü yapılmıştır. Kalan nirengilerde yapılan ölçüler ile ortak zamanlı olarak 20 saatlik ölçmeler yapılmıştır. Çalışma bölgesinde bulunan 4 TUSAGA-Aktif istasyonunun (AKSR, NEV1, NIGD, KAP1) verileri temin edilerek bu istasyonlar çözüme katılmıştır. GNSS ölçüleri Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ) ve Aksaray Üniversitesinin (ASÜ) donanımlarının ortak kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Ölçülerde kullanılan donanımların bilgileri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 2. TUZGA ölçü yılları.

Nokta Adı	2018	2019-1	2019-2
N.1	•	•	•
N.2	•	•	•
N.3	•	•	•
N.4	•	•	•
N.5	•	•	•
N.6	•	•	•
N.7	•	•	•
N.8	•	•	•
N.9	•	•	•
N.10	•	•	•
N.11	•	•	•
N.12	•	•	•
N.13		•	•
N.14		•	•
N.15	•	•	•
N.16	•	•	•
N.17	•	•	•
N.18	•	•	•
N.19	•	•	•
N.20	•	•	•
N.21			
N.23		•	•
N.24		•	•
N.25		•	•

Çizelge 3. Projede kullanılan GNSS donanımları.

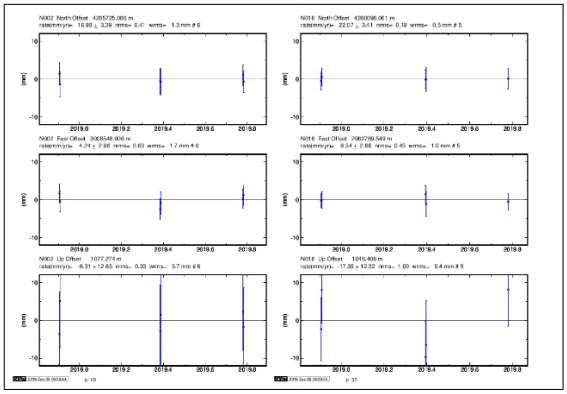
Alıcı Tipi	Anten Bilgileri	Adet	Kurum
TOPCON	TPSGR3	4	ASÜ
LEICA	LEIGS15	5	ASÜ
ASHTECH	ATGD4A -ASH701975.01	3	AKÜ
THALES	THAZMX-THA_ZMAX+RCVR	6	AKÜ

4. Bulgular

GNSS verilerinin değerlendirilmesinde, MIT tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis Massachussets Institute of Technology)/GLOBK (GLOBal Kalman) yazılım takımı kullanılmıştır. Veri toplama aralığı olarak 15 saniye, Uydu yükseklik açısı içinde 10 derece kabul edilmiştir.

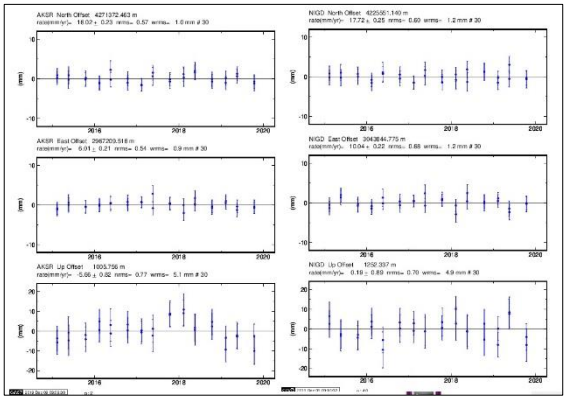
GAMIT modülünün fonksiyonu, atmosferden kaynaklanan etkileri ve saat hatalarını da hesaba katarak taşıyıcı fazlardaki tamsayı devir belirsizliği ile gözlenmiş olan ve teorik olarak elde edilen ölçümlerin farklarına dayanan uydu yörüngelerini ve nokta konumlarını lineer kestirimle dengelemektir. GLOBK yazılımının temel amacı ise yersel gözlemler veya uydu bazlı jeodezi ile elde edilen birincil verilerin işlenmesiyle ortaya çıkan sonuçları kalman filtreleme tekniği kullanarak birleştirmektir (Çakmak 2001, Herring 1998).

Nokta konum değişikliklerine bağlı zaman serilerinin üretilmesi ve levha hareketlerinin modellenmesinde GLOBK modülü kullanılmıştır. GLOBK programında tektonik hareketlerin takip edilmesinde gerekli bir çıktı olan uzun dönem zaman serilerine (Yıllık tekrarlılık) ihtiyaç duyulmaktadır. Kurulan jeodezik ağda bulunan noktaların yıllık tekrarlılıklarına ait grafikler GLOBK modülünde üretildikten sonra noktalar tektonik açıdan değerlendirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. TUZGA 'ya ait N.2 ve N.16 noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri.

TUSAGA-Aktif istasyonları verileri 2015-2019 yılları arasında yılda 3 gün olmak üzere değerlendirilmiştir (Şekil 5). Bu istasyonlar günlük değerlendirilirken diğer 6 kampanyada kullanılmış olan IGS istasyonları ile aynı yöntemlerle değerlendirilmişlerdir. Elde edilen zaman serilerine ait wrms değerleri incelenerek bu noktaların uzun dönem hareketleri hakkında veriler sağlanmıştır.



Şekil 5. AKSR ve NIGD (TUSAGA-Aktif) noktaları 5 yıllık tekrarlılık grafikleri.

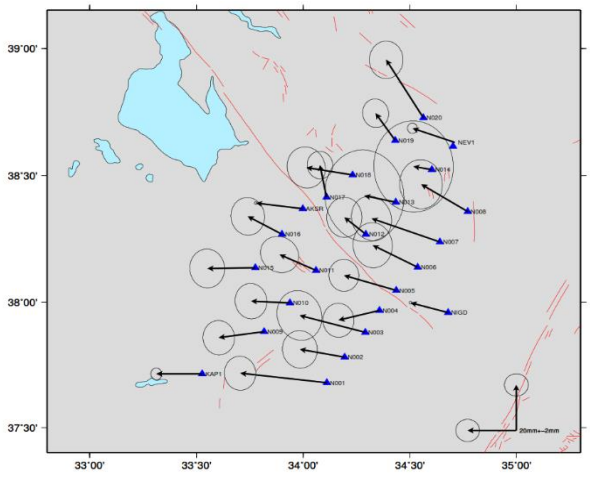
Levha hareketlerinin anlamlı bir şekilde değerlendirilebilmesi amacıyla GLOBK modülünde stabilizasyon adımının yapılması gerekmektedir.

Belirlenen bir levha hareketsiz kabul edilerek diğer plakaların hareketleri buna göre belirlenmelidir. Stabilizasyon adımı GLOBK için en önemli aşamalardan biridir. Global stabilizasyonda değerlendirmenin GAMIT aşamasında değerlendirmeye alınan IGS istasyonlarından kullanılabilir olan istasyonlar stabilizasyon işlemi için seçilmelidir. Yapılan çalışmada Anadolu plakası merkez alınarak ortalama 1000 km çevredeki 25 IGS istasyonundan zaman serileri uygun olan (yatay konum için wrms değeri 1-2 mm, nrms değeri 1 mm) 22 istasyon stabilizasyon için seçilmiştir (Çizelge 5). Bu çalışmada stabilizasyon adımı GLOBK programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5. Stabilizasyonda seçilen IGS istasyonları.

Nokta Adı	Ülke	Nokta Adı Adı	Ülke
ADIS	Etiyopya	**TELA**	İsrail
ANKR	Türkiye	**ISTA**	Türkiye
BOR1	Polonya	**MATE**	İtalya
BUCU	Romanya	**NICO**	Kıbrıs
CRAO	Ukrayna	**NOT1**	İtalya
DRAG	İsrail	**ONSA**	İsveç
GLSV	Ukrayna	**POTS**	Almanya
GRAS	Fransa	**SOFI**	Bulgaristan
GRAZ	Avusturya	**VILL**	İspanya
POLV	Ukrayna	**ZECK**	Rusya
RAMO	İsrail	**TUBI**	Türkiye

GLOBK stabilizasyon işlemi sonrasında hesaplanmış olan hız değerlerinin post Root Mean Square (RMS) değerleri Avrasya levhası için 1.3 mm/yıl olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar ışığında Avrasya levhası sabit alınarak hesaplanan hız haritası ve hızlara ait güven elipsleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Avrasya sabit elde edilen hızlar.

Tüm ağın hız değerlerinin bulunduğu Şekil 6 incelendiğinde Avrasya plakası sabit alınarak çalışma bölgesinde yıllık 10–35 mm'lik batı ve kuzey batı yönünde bir hareket belirlenmiştir. Noktalara ait standart sapma değerleri incelendiğinde değerlerin 2-6 mm arasında değişmekte olduğu görülmektedir.

TUZGA'nın doğusunda sıralı şekilde bulunan N.13 ve N.14 no'lu noktaların ilk ölçü kampanyası sırasında tahrip olması sebebiyle sadece 2 kampanya ölçüleri bulunmaktadır. Bu sebeple bu noktalara ait hata elipslerinin diğer noktalara göre daha yüksek (6-7 mm) olduğu, bulundukları bölgeyle ilgili sağlıklı olmayan hız ve yamulma değerleri ürettikleri görülmüştür. İlerleyen yıllarda yapılacak ek ölçü kampanyalarıyla bu noktalara ait hataların azalacağı düşünülmektedir. N4, N17, N20 no'lu noktaların lokal deformasyona uğradıkları düşünülerek diğer noktalardan ve bölgeden farklı davranış gösterdikleri tespit edilmiştir.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Orta Anadolu'daki hız ve gerilme alanını belirlemek amacıyla 2018 yılında kurulmuş olan toplam 24 noktaya sahip Tuz Gölü Tektonik GNSS Ağında (TUZGA) GNSS ölçmeleri yapılmıştır. Bölge içerisinde 2008 yılı içerisinde kurulmuş olan 4 adet TUSAGA-Aktif istasyonuna ait verilerde bu ağa dâhil edilmiştir. 3 kampanya GNSS ölçüsü GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmeler ile;

- Tuz Gölü Fay Zonu Güney kesiminin güncel hız haritası ve alanına ulaşılmıştır.
- Elde edilen hız haritası (Şekil 6) incelendiğinde çalışma bölgesinde Avrasya referans sistemi sabit alınarak yıllık 10–35 mm'lik batı ve kuzey batı yönünde bir hareket sergilendiği görülmüştür. Noktaların standart sapmaları 2-6 mm arasında değişmektedir. Hata değerlerinin yüksek olmasının nedeni olarak, ilk ölçüleri 2018 yılında yapılan ağda ölçü süresinin kısa (12 ay) olması düşünülmektedir. Yeni kampanya ölçüleri yapıldıkça noktalara ait standart sapma değerlerinin azalacağı düşünülmektedir.

- Yine Şekil 6 incelendiğinde TGFZ'nin Kuzeyinde kalan noktalarla güneyinde bulunan noktalar arasında hız farkları olduğu görülmektedir. Bu durum TGFZ'ye ait bloklarının birbirinden farklı hareket ettiğini göstermektedir. Bu hareketin büyüklüğü yeni GNSS ölçülerinin yapılması ile belirlenecektir.
- Aynı zaman da her 3 profilin de birbirinden farklı hızlarda hareket ettiği görülmektedir. Bunun TGFZ'nin segmentlerinin farklı hızlara sahip olmasının neden olduğu düşünülmektedir.
- Çalışma bölgesine ait üretilen hız alanı bölgede yapılan bir diğer çalışma olan Aktuğ vd., (2013) ile karşılaştırıldığında, çalışma bölgesinin kapsadığı noktalara (ALTI, ALHK, AKTS, KRKV, KOLU, SLKY, SLSR) ait hız değerleri genel anlamda uyumlu olmakla birlikte söz konusu çalışmada uzun yıllara dayanan ölçmeler olması sebebiyle standart sapma değerlerinin yapılan çalışmaya göre düşük olması, anlamlı bir karşılaştırmanın TUZGA'da ileriki yıllarda gerçekleştirilecek olan GNSS ölçmeleriyle birlikte mümkün olacağı düşünülmektedir.
- Bölge içerisinde kurulmuş olan TUZGA'da tesisi yeni yapılmış noktalara ait sonuçların iyileştirilmesi amacıyla GNSS ölçmeleri sürdürülmelidir.
- Bölgede sürekli gözlem yapan GNSS istasyon sayısının arttırılması ile çevrimiçi izleme ağları, kampanya ağları ile desteklenmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma 118Y068 no'lu proje ile Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve UDAP-Ç-18-01 no'lu proje ile Ulusal Deprem Araştırma Programı tarafından desteklenmiştir.

6. Kaynaklar

Aktug, B., Nocquet, J.M., Cingoz, A., Parsons, B., Ercan, Y., England, P.C., Lenk, O.,Gurdal, M.A., Kilicoglu, A., Akdeniz, H. and Tekgul, A., 2009. Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: limits to block-like behaviour. *Journal of Geophysical Research*, **114**, 1-22.

Aktuğ, B., Parmaksız, E., Kurt, M., Lenk, O., Kılıçoğulu, A., Gürdal, M.A. and Özdemir, S. 2013. Deformation of Central Anatolia: GPS implications. *Journal of Geodynamics,* **67**, 78-96.

Beekman, P.H., 1966. The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasan Dağ-Melendiz Dağ region. *MTA Bulletin*, **66**, 90-105.

Burgmann, R., Ayhan, M.E., Fielding, E.J., Wright, T. J., McClusky, S., Aktuğ, B., Demir, C., Lenk, O. and Türkezer, A., 2002. Deformation during the 12 November 1999 Duzce, Turkey Earthquake, from GPS and InSAR Data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **92, 1**, 161-171.

Çakmak, R., 2001. Marmara Bölgesi'nde Kabuk deformasyonlarının GPS yardımıyla izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 89.

Çemen, İ., Göncüoğlu, M.C. and Dirik, K. 1999. Structural evolution of the Tuzgölü basin in Central Anatolia, Turkey. *Journal of Geologys*, **107**, 693-706.

Derman, A.S., Rojay, B., Güney, H. ve Yıldız, M., 2003. Koçhisar-Aksaray fay zonu'nun evrimi hakkında yeni veriler, Türkiye Petrol Jeologları Derneği (Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma-2001).

Doğru, A., Aktuğ, B., Bulut, F. and Özener, H., 2019. GPS-derived source parameters of the 2014 North Aegean earthquake (Mw 6.9). *Turkish Journal of Earth Sciences*, **28**, 661-670.

Dirik, K. and Göncüoğlu, M.C., 1996. Neotectonic characteristics of Central Anatolia, *International Geology Review*, **38**, 807-817.

Dirik, K., 2001. Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian fault zone, Central Anatolia, Turkey. *Geodinamica Acta*, **14**, 147-158.

Dirik, K. ve Erol, O., 2003. Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi, Orta Anadolu-Türkiye. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği, Özel Sayı*, **5**, 27-46.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Ölçek 1:1.250.000. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi,* **30**, Ankara. ISBN: 978-605-5310-56-1

Erdoğan, S. ve Şahin, M., 2011. Burdur Fethiye fay zonu tektonik hareketlerinin GPS ile belirlenmesi. *İTÜDERGİSİ/d*, ***5,*** **3**, 135-141.

Erdoğan, S., Şahin, M., Yavaşoğlu, H., Tiryakioğlu, İ., Erden, T., Karaman, H., Tarı, E., Bilgi, S., Tüysüz, O., Baybura, T., Taktak, F., Telli, K.A., Güllü, M., Yılmaz, i., Gökalp, E. and Boz, Y., 2008. Monitoring of deformations along Burdur Fethiye Fault zone with GPS. *Journal of Earthquake Engineering*, ***12***, **2**, 109-118.

Ergintav, S., Bürgmann, R., McClusky, S., Çakmak, R. , Reilinger, R.E., Barka, A., Lenk, O. and Gürkan, O., 2002. Postseismic Deformation Near The Izmit Earthquake (08/17/1999, M =7.5) Rupture Zone. *Bulletin of the Seismological Society of America*, **92**, **1**, 194-207.

Feigl, K. L., King, R. W. and Jordan, T. H., 1990. Geodetic Measurement of Tectonic Deformation in the Santa Maria Fold and Thrust Belt, California. *Journal of Geophysical Research*, **95**, 2679-2699.

Fernandez-Blanco, D., Bertotti, G. and Çiner, A., 2013. Cenozoic tectonics of the Tuz Gölü Basin (Central Anatolia Plateau, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences*, **22**, **5**, 715-738.

Göncüoğlu, M.C., Dirik, K., Erler, A., Yalınız, K., Özgül, L. ve Çemen, İ, 1996. Tuzgölü Havzası Batı Kısmının Temel Jeolojik Sorunları (Basic Geologic Problems of Western Part of Tuzgölü Basin) *Turkish Petroleum Corporation (TPAO) Report*, 3753.

Gürbüz, A., 2012. Tuz Gölü Havzası'nın Pliyo-Kuvaterner'deki Tektono-Sedimanter Evrimi, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Türkiye, 130.

Herring, T. A., 1999. Geodetic Applications of GPS, IEEE, **87**, **1**, 92-110.

Herring, T. A., 1998. Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program Version 4.1 Internal Memorandum, Massachusetts Institute of Technology, ABD.

Koçyiğit, A. and Beyhan, A. 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, **284**, 317-336.

Koçyiğit, A., 2003. Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği*, Özel Sayı, **5**, 1-26.

Koçyiğit, A. and Özacar, A.A. 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta angle, SW Turkey: new field and seismic data. Turkish Journal of Earth Sciences, **12**, **1**, 67-90.

Kürçer, A. and Gökten, Y. E., 2014. Neotectonic-Period Characteristics, Seismicity, Geometry And Segmentation Of The Tuz Gölü Fault Zone. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, **149**, 19-68.

Kürçer, A. ve Gökten, Y.E., 2014. Paleosismolojik Üç Boyutlu Sanal Fotoğraflama Yöntemi, Örnek Çalışma: Duru-2011 Hendeği, Tuz Gölü Fay Zonu, Orta Anadolu, Türkiye. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, **57**, **1**, 45-71.

Kürçer, A., 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye. Doktora Tezi, Tez no: 318203, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 318.

Kürçer, A., Gökten, Y.E. ve Yeleser, L., 2012. Tuzgölü Fay Zonu'nun Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye. 65.Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2-6 Nisan/April 2012, 65th Geological Congress of Turkey.

Leventoğlu, H., 1994. Neotectonic characteristics of the central part of the Tuzgölü fault zone around Mezgit (Aksaray), METÜ, Yüksek Lisans Tezi, 86.

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, K., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, M., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. and Veis, G., 2000. Global Positioning System Constrains on Plate Kinematics and Dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth.* **105**, **3**, 5695–5719.

Oktar, O. and Erdoğan, H. (2018). Research of behaviors of continuous GNSS station by signal analysis methods. *Earth Sciences, Research Journal*, **22**, **1**, 19-27.

Özener, H., Arpat, E., Ergintav, S., Doğru, A., Cakmak, R., Turgut, B. and Doğan, U., 2010. Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone. *Journal of geodynamics,* **49**, 141–150.

Özsayın, E. and Dirik, K. 2007. Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba Fault Zones: İnönü-

Eskişehir Fault System, central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **16**, 471-492.

Özsayın, E., Ciner, T.A., Rojay, F.B., Dirik, R.K., Melnick, D. and Fernandez-Blanco, D., 2013. Plio-Quaternary extensional tectonics of the Central Anatolian Plateau: a case study from the Tuz Gölü Basin, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, **22**, **5**, 691-714.

Öztürk, M.Z., Şener, M.F., Şener, M. and Şahiner, E., 2018. Tuzgölü Fay Zonu Bor Segmenti'nin Kuvaterner Atım Miktarı. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, **7**, **3**, 1049-1053.

Poyraz, F., 2009. Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Poyraz, F., Hastaoğlu, K.O., Koçbulut, F., Tiryakioğlu, I., Tatar, O., Demirel, M., Duman, H., Aydın, C., Ciğer, A.F., Gursoy, O., Turk T. and Sıgırcı, R., 2019. Determination of the block movements in the eastern section of the GedizGraben (Turkey) from GNSS measurements. *Journal of Geodynamics*, **123**, 38-48.

Simão, N.M., Nalbant, S.S., Sunbul, F. and Mutlu, A.K., 2016. Central and eastern Anatolian crustal deformation rate and velocity fields derived from GPS and earthquake data. *Earth and Planetary Science Letters*, **433**, 89-98.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. Ve Boray, A., 1987. Türkiye'nin diri fayları ve depremselliği. MTA Rapor No: 8174.

Şengör, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. Türkiye Jeoloji Kurumu yayını, 40.

Şengör, A.M.C., Görür, N. and 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.

Tiryakioğlu, I., Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H. and Turgut, B. 2017. 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, İ., Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S. and Reilinger, R., 2013. GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. *Geophysical Journal International,* **195, 3**, 1455–1463.

Toprak, V. 2003. Tuzgölü Fay Kuşağı Hasandağ Kesiminin Özellikleri. Haymana Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma 9-11 Ekim, 2000, *Türkiye Petrol Jeologları Derneği*, Özel sayı, **5**, 71-84.

Uygun, A. 1981. Tuzgölü havzasının jeolojisi, evaporit oluşumları ve hidrokarbon olanakları. TJK İç Anadolu'nun Jeolojisi Sempozyumu, Ankara, 66-71.

Yavaşoğlu, H., Alkan, M.N., Ozulu, İ.M., İlçi, V., Tombuş, F.E., Aladoğan, K. ve Şahin, M., 2014. Kuzey Anadolu Fayı Bolu-Çorum segmenti boyunca oluşan yerkabuğu hareketlerinin GPS yöntemiyle izlenmesi. Harita Ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri Stb Komisyonu 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 15-17 Ekim 2014, Hitit Üniversitesi, Çorum.

Yavaşoğlu, H., Tarı, E., Tüysüz, O., Çakır, Z. and Ergintav, S. 2011. Determining and modeling tectonic movements along the central part of the North Anatolian Fault (Turkey) using geodetic measurements. *Journal of Geodynamics*, **51**, **5**, 339-343.

Yıldırım, C., 2014. Relative tectonic activity assessment of the Tuz Gölü fault zone; Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics*, **630**, 183-192.