

SÜREKLİ GÖZLEM YAPAN GPS İSTASYON VERİLERİYLE MARMARA BÖLGESİ GERİLİM ALANININ BELİRLENMESİ

E. GÜLAL¹, M. F. KARABULUT², İ. TİRYAKİOĞLU³

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, egulal@yildiz.edu.tr

² Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, mfahri@yildiz.edu.tr

³ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar itiryakioglu@aku.edu.tr

Özet

Faylar, deprem tehlikesinin doğru olarak değerlendirilmesinde baz alınan ana veri kaynağıdır. Bu kapsamda aktif fayların türü, geometrisi, derinliği, yaşı, atım miktarı, yönü, fay üzerindeki yıllık kayma hızı gibi bilgilerin bilinmesi gerekir. Yıllık hız miktarının belirlenmesi için birkaç farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bir tanesi de Küresel Konumlama Sistemi'dir (GPS). Hassas tarım uygulamalarında, araç takip sistemlerinde, hava tahminlerinde gibi geniş bir alanda kullanılmasının yanında, GPS, doğruluğu yüksek ve güvenilir veri kaynağı olmasından dolayı da hız kestirimlerinde de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. İlk zamanlar hız belirlenmesi için kampanya tipi ölçümler yapılması zorunluymışken, son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde bir noktada sürekli olarak kolaylıkla veri toplanabilmekte ve bunlara rahatlıkla ulaşılabilmektedir.

Marmara bölgesinde bulunan, özellikle Kuzey Anadolu Fay hattını çevreleyen, farklı kurum ve kuruluşlar tarafından sabit olarak kurulmuş olan sürekli gözlem istasyonlarının verileri MIT tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılım paketi ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmada yapılan değerlendirme sonucunda istasyonlara ait hız vektörleri elde edilmiş olup bu hız vektörlerine bağlı olarak da Marmara Bölgesi'nin gerilim alanları ve değerleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Deprem, GPS, Marmara Bölgesi, Hız vektörleri

DETERMINING STRAIN ZONES of MARMARA REGION USING DATA of CONTINUOUS MONITORING GPS STATIONS

Abstract

Faults are primary data sets for the assessment of the earthquake hazard. In this context, type, geometry, depth, age, direction, shifting gauge and velocity per year of the active faults are known. There are several methods for calculating the velocity of stations. One of them is the Global Positioning System (GPS). Beside precision agriculture application, vehicle tracking system, weather forecast etc., GPS are used successfully for calculating velocity that is high accurate and reliable data. At first time of applications of GPS, while performing GPS measurements, you have to do campaign measurements, but recent years with the development of technology, it may at some point be easily collected and their data can be easily reached.

Data of, especially surrounding the North Anatolian Fault line, continuous monitoring stations established as fixed by different institutions and organizations in the Marmara Region was evaluated with the

developed by MIT GAMIT/GLOBK software package. In this study, the results of the evaluation, velocity vectors of the stations were obtained and as a result of these velocities strain zones and value of the Marmara Region were calculated.

Keywords : Earthquake, GPS, Marmara Region, Velocity vectors

1. Giriş

Yıkıcı etkiye sahip olabilen doğal olaylar tarih boyunca insanoğlunun başına hep bela olmuştur. Yapılaşmanın ve altyapının olmadığı geçmiş tarihlerde sadece sel, volkanik patlama, kuraklık, don, fırtına gibi doğal afetlerin sonuçları ağır olmuştur. Fakat bunlara nazaran deprem afetinin, yapılaşma ve altyapı olmadığı için günümüzdeki gibi yıkıcı sonuçları ortaya çıkmamıştır. Günümüzde ise geçmişten çok farklı olarak, deprem afeti gerçekleştiğinde yüzey deformasyonu ve maddi hasar haricinde, şiddetine göre yüzlerce ve hatta binlerce insanın ölümüne ve yaralanmasına neden olmaktadır. İnsanların ölümünden başka altyapının bozulmasından dolayı çeşitli salgın hastalıkların ortaya çıkması da söz konusu olabilmektedir.

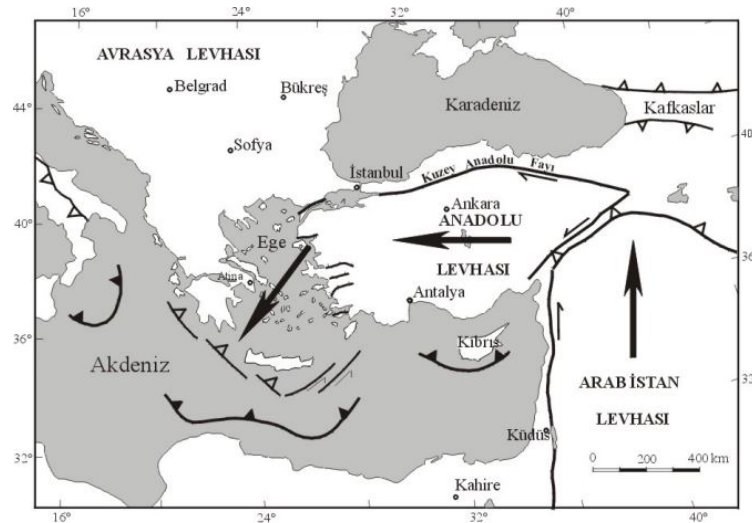
İnsanlığa etkisi oldukça fazla olan deprem gibi tektonik olaylar çeşitli teorilerle açıklanmaya çalışılmıştır. Sayıları oldukça kabarık olan jeotektonik bu hipotezlerin veya teorilerin başlıcaları “Kontarksiyon Teorisi”, “Ekspansiyon Teorisi”, “Mağmatik Yükselme -Kabarma Teorisi”, “Konveksiyon Akımları Teorisi”, “Kıtaların Kayma Teorisi” ve nihayet “Levha Tektoniği Teorisi” dir (Ketin, 1983). Kıtaların kayma teorisi, alman jeofizikçi Alfred Wegener tarafından 1912’de ortaya konmuş ve E. Argand (1922), DuToit (1921) gibi dönemin ünlü jeologları ile Beniof (1954) Runcorn (1962), Sykes (1968) ve Bullard (1969) gibi yeni zamanların tanınmış jeofizikçileri tarafından benimsenmiş ve desteklenmiştir (Şengör, 2016).

Alfred Wegener’in 'Kıtaların ve Okyanusların Kökeni' adlı eserinde; milyonlarca yıl öncesinde tüm kıtaların Pangea adında tek bir kıta olduğunu, sonradan parçalanıp dağılarak zamanla günümüzdeki yerlerine ulaştığını ileri sürmüştür. Litosferin astenosfer üzerinde hareket eden rijit levhalara ayrıldığı tanımı levha tektoniği kuramının temelini oluşturur. Bu teoriye göre yerin en dış ve en ince tabakası olan litosfer 7 büyük parçaya ayrılmış olup, bu 7 parça kabuk kısmında birbirleri ile ilişkili 14 parçaya ayrılmaktadır (Yalçınkaya v.d., 2006). Birbirlerine göre hareketli olan bu levhalar birbirleri ile etkileşimde olduklarından potansiyel enerji biriktirirler. Zamanla biriken bu enerji belli bir eşik değere ulaştıktan sonra kinetik enerjiye dönüşerek yeryüzünde kırılmalar meydana getirir. Bu kırılmalar sonucunda açığa çıkan enerji dalgalar halinde ilerleyerek geçtiği yerleri sarsarlar. Bu olaya deprem, oluşan kırıklara da fay denmektedir.

Depremleri izlemek ve yaptığı döngüyü incelemek adına birçok çalışmalar yapılmaktadır. Bilim insanları yapılan bu çalışmalar sonucunda gelecekte olacak olan depremlerin tahmini konusunda çeşitli çalışmalar

yürütmektedir. Faylar deprem tehlikesinin doğru olarak belirlenmesinde ve deprem tehlikesinin değerlendirilmesinde kullanılan ana parametrelerdir. Bu nedenle aktif fayın türü, geometrisi, kinematik fonksiyonu, derinliği, boyutu, yaşı, atım miktarı ve yönü tarihsel ve tarih öncesi dönemlerde deprem üretip üretmediği, eğer üretmişse ürettiği depremin büyüklüğü, depremlerin yinelenme aralığı ve nihayet fay üzerindeki yıllık kayma hızının doğru olarak saptanması gerekir (Dirik, 2016).

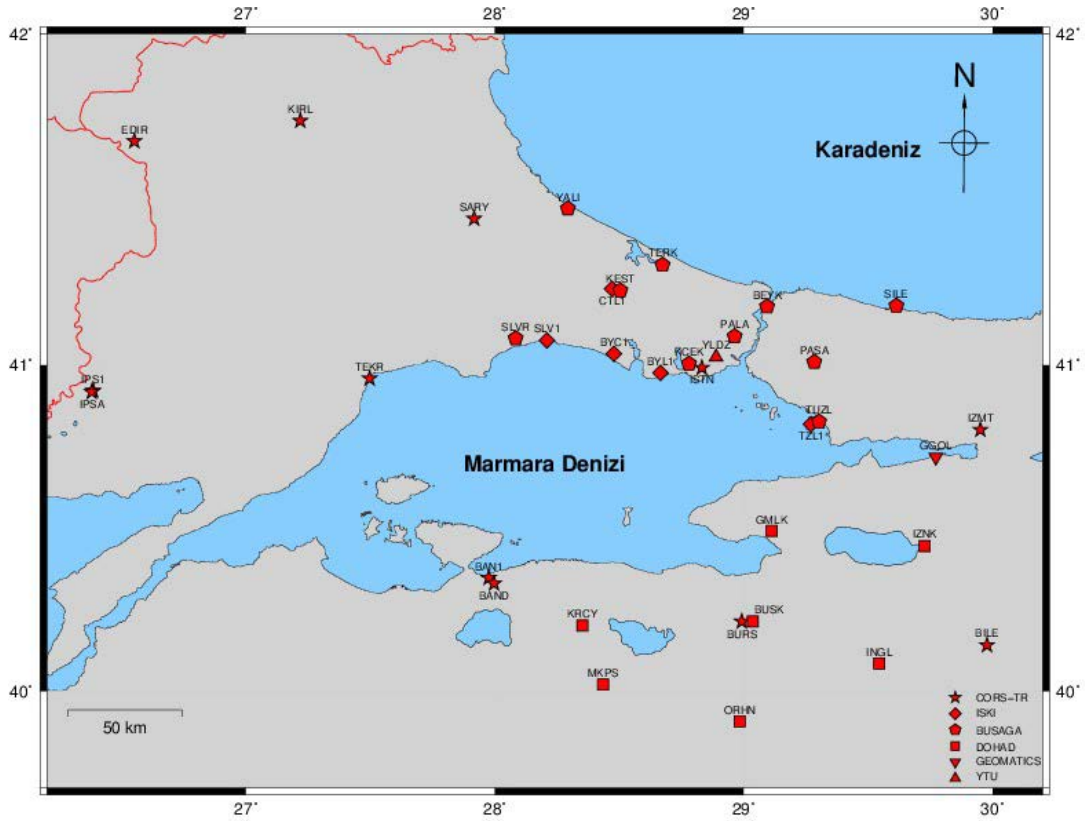
Bu çalışmada incelenen Marmara Bölgesi'nde çeşitli aktif faylar mevcuttur. Bunlardan en önemlisi olan ve büyük depremlerin olduğu Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Karadeniz Levhası ile Anadolu Levhasını birbirinden ayıran doğrultu atımlı sağ yönlü transform fay olup, Karadeniz'e paralel olarak Anadolu'yu doğu-batı yönünde boydan boya kesen bu fayın batıda Sakarya Nehri ile doğuda Van Gölü arasında kalan ve yeryüzünde kesintisiz olarak gözlenebilen uzunluğu yaklaşık 1100 kilometredir (Yalçınkaya v.d., 2006) (Şekil 1). Marmara Bölgesi'nde bulunan farklı kurum ve kuruluşlara ait sürekli gözlem yapan GPS istasyon verilerinin değerlendirilmesiyle, deprem olayının kestirilmesinde önemli rol oynayan istasyonlara ait yıllık hızlar ve bu hızlarla Marmara Bölgesi'nin gerilim değerleri bulunmuştur.



Şekil 1. Türkiye'yi Çevreleyen Levhalar ve Kuzey Anadolu Fay Hattı (Şahin, 2009)

2. Yöntem

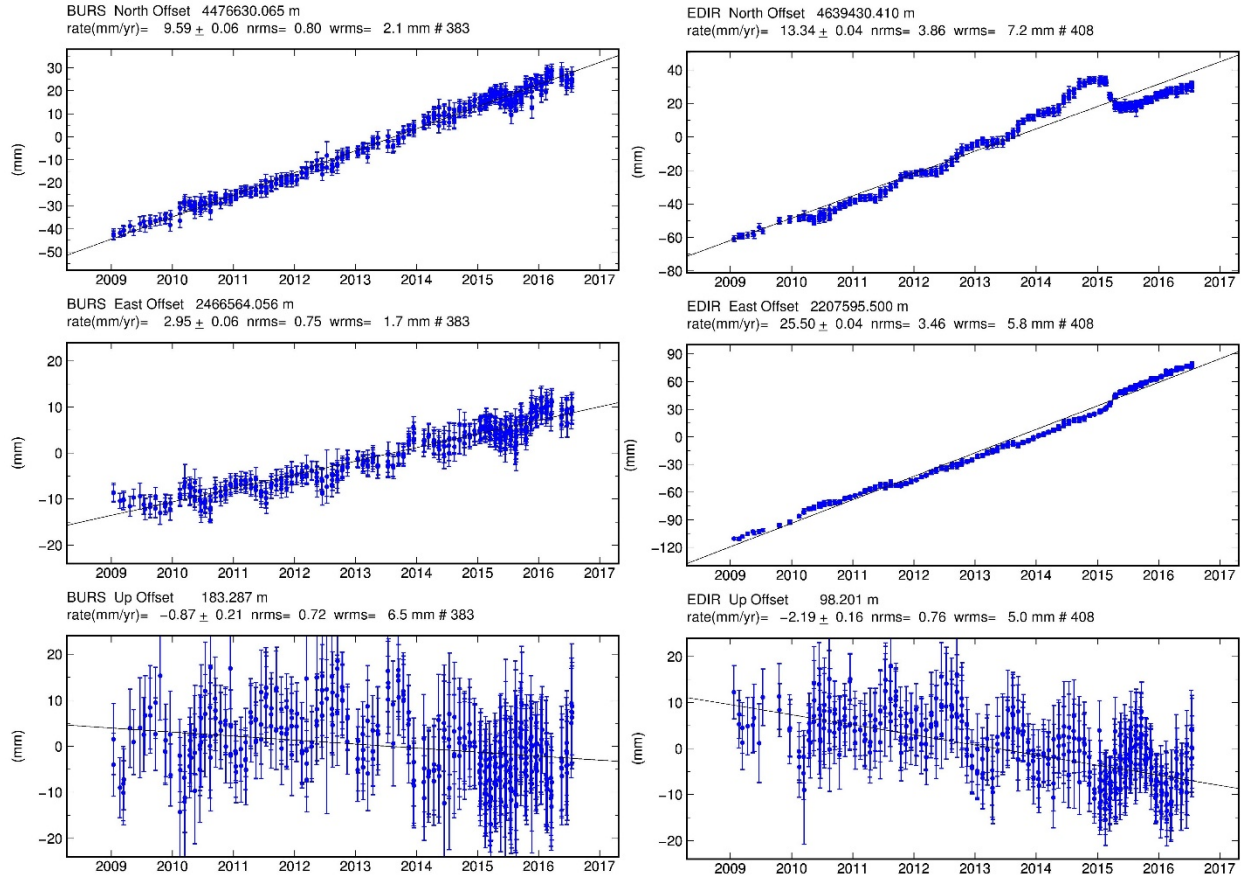
Çalışma alanında bulunan, Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif)'e ait 10, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ)'nin işlettiği Ulusal Konum Belirleme Sistemi (UKBS)'ye ait 10, Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ)'nin işlettiği Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi Sabit GNSS Ağı (BUSAGA)'na ait 7, Doğa Hareketleri Araştırma Derneği (DOHAD)'ne ait 5, Geomatics Group'a ait 1 ve Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ)'ne ait 1 istasyon olmak üzere toplamda 34 adet sürekli gözlem yapan, GPS istasyonlarına ait, veri toplamaya başladığı andan itibaren 2016 yılının Ağustos ayına kadar olan veriler kullanılmıştır (Şekil 2).



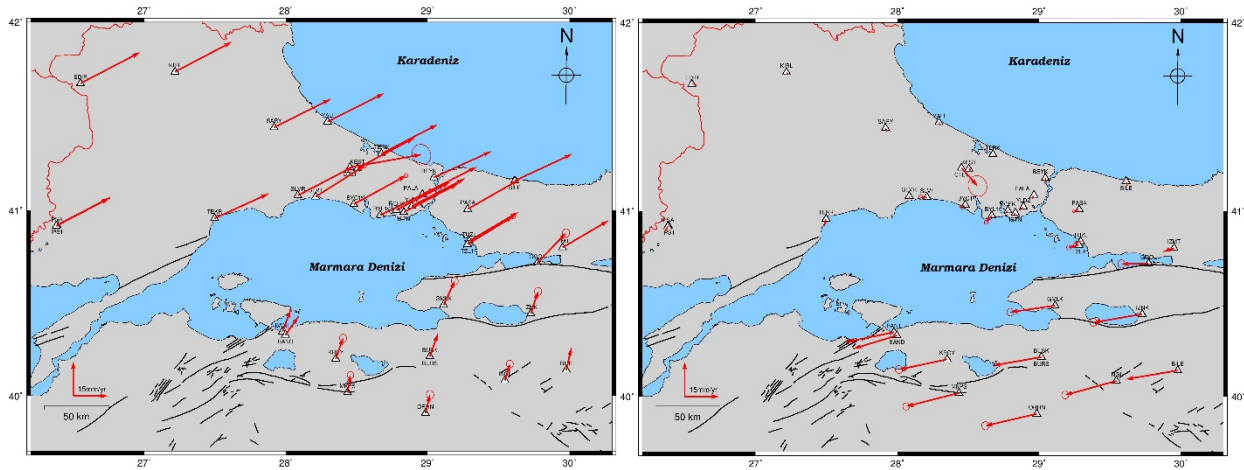
Şekil 2. İstasyonların Dağılımı

Toplanan bu verilerin bir kısmı günlük 30 sn'lik RINEX veriler olmasının yanında, bir kısmı saatlik ve 1sn'lik verilerdir. Çalışmada kullanılan günlük 30sn'lik RINEX veri haline getirebilmek için MATLAB yazılımı kullanılmıştır. Günlük 30 sn'lik RINEX formatları elde edilen, her ayın 13. ile 22. günleri arasındaki veriler MIT'nin geliştirdiği GAMIT/GLOBK yazılım paketi yardımıyla değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda istasyonlara ait günlük ve yıllık tekrarlılıklar üretilmiştir (Şekil 3). Kaba hatalı olan günlerin verileri çıkarılarak zaman serileri elde edilmiştir. Daha sonrasında yermerkezi ve avrasya sabit alınarak hız değerleri hesaplatılmıştır (Şekil 4).

Sürekli Gözlem Yapan Gps İstasyon Verileriyle Marmara Bölgesi Gerilim Alanının Belirlenmesi



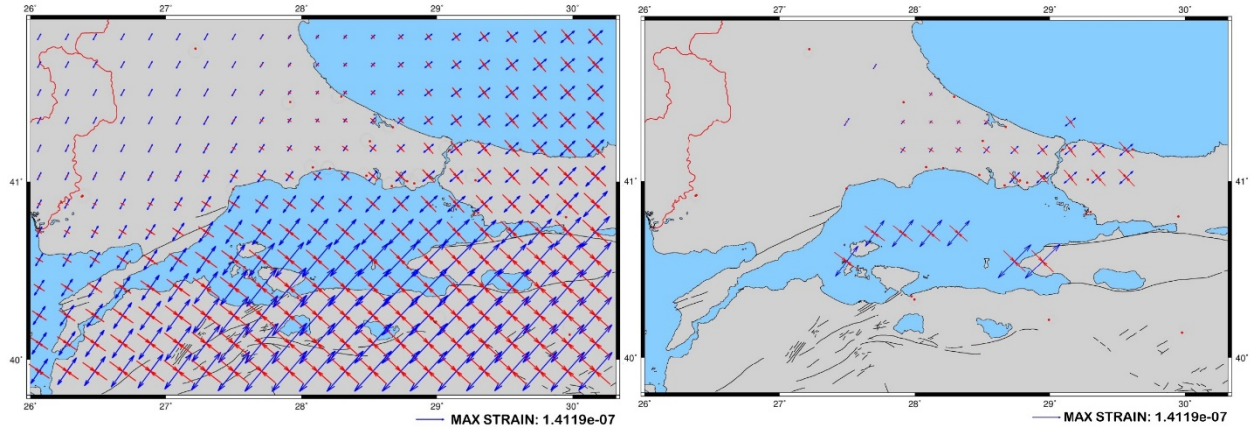
Şekil 3. BURS ve EDIR İstasyonlarının Yıllık Tekrarlılıkları



Şekil 4. Yer Merkezi ve Avrasya Sabit Hız Vektörleri

Elde edilen yer merkezli hız değerleriyle, İtalya’da bulunan Padova Üniversitesi ve Nazionale Enstitüsü yerbilimcileri tarafından geliştirilen Grid Strain yazılım paketi kullanılarak gerilim analizi yapılmıştır. Yapılan gerilim analizi sonucunda Marmara Bölgesi’nin yüzey gerilimleri bulunmuştur (Şekil 5). Gerilim analizi yapılmadan önce bir yıldan az bir süre ile veri toplayan 9 istasyon, lokal deformasyona sahip EDİR

istasyonu ve IGS istasyonlarından bir tanesiyle isminin çakışmasından dolayı yanlış sonuç elde edilen PALA istasyonuna ait hızlar çıkarılmıştır.



Şekil 5. Marmara Bölgesi Yüzey Gerilim Haritası ve Yüksek Anlamlılığa Sahip Noktaların Gerilim Haritası (Mavi renk genişlemeyi, kırmızı renk sıkışmayı göstermektedir.)

3. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada istasyonların her aya ait 12. ile 22. gün aralığındaki veriler değerlendirilmiştir. TUSAGA-Aktif istasyonlarından olan EDİR istasyonunun zaman serisine bakıldığında kuzey yönünde bir atım söz konusu olduğunu görebiliriz. Buna benzer bir atım bölgedeki diğer istasyonlarda görülmemiştir. O istasyonda bir lokal deformasyon olduğunun kanısına varıldı.

Gülal v.d. (2016)'leri tarafından yapılan çalışmada dört aylık verilerle hızları belirlenen MKPS ve KRCY istasyonları için “MKPS ve KRCY istasyonlara ait hız vektörleri birbirinden farklı yönlerde hareket ettiği gözlenmiştir, istasyonların aynı plakada olmasına rağmen böyle bir hareketin olması orada ya bir fayın olduğunu işaretidir ya da ölçme doğruluğu düşük olduğundan böyle yanıltıcı bir sonuç vermiştir.” yorumu getirilmiştir. Yönlerinin farklılığının, bu çalışmada aynı istasyonların 11 aylık verilerinin değerlendirilmesiyle veri süresinin azlığından kaynaklandığı görülmektedir. Veri süresi arttıkça o bölgenin karakteristiğini yansıtmaya başlamışlardır.

Çakmak R.'ye ait doktora tezine ve Yılmaz H.'ye ait yüksek lisans tezine bakıldığında bulunan hız değerleri örtüşmektedir. Yapılan gerilim analizinden daha sağlıklı sonuçlar alınabilmesi için BUSAGA'ya ait 7 ve GGOL istasyonlarının verilerinin sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. Bu istasyonların dahil edilmesi için ise en az 1 yıl gibi bir süreye ihtiyaç duyulmaktadır (Blewitt v.d. 2002).

Kaynaklar

Atabey, E., (2000). Deprem. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları*, Eğitim Serisi No:34.

Blewitt, G., ve Lavallée, D., (2002). Effect of Annual Signals on Geodetic Velocity, *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 107, No. B7, 2145, 10.1029/2001jb000570.

Çakmak, R., (2010). Jeodezik Çalışmalarla Marmara Bölgesinde Deprem Döngüsünün Belirlenmesi Ve Modellerle Açıklanması, *Doktora Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 22.

Gülal, E., Karabulut, M. F., ve Tiryakioğlu İ., (2016). Deprem Afetinin Önceden Kestirimine Yönelik Olarak Marmara Bölgesi Gerilim Alanının Belirlenmesi, *The 4th International Geography Symposium*, Antalya.

Uzel, T., Eren, K., Gülal, E., Dindar, A. A., Tiryakioğlu, İ. ve Yılmaz H. (2011). TUSAGA-Aktif (CORS-Tr) Verileri ile Tektonik Plaka Hareketlerinin İzlenmesi, *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Yalçinkaya, M. ve Teke, K., (2006). San Andreas Fayında Yapılan Jeodezik ve Yer Dinamiği Çalışmaları, *TUJK 2006 Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 2*.

Yılmaz, H., (2011). Cors-Tr Verileriyle Belirlenen Türkiye Tektonik Plaka Hareketlerinin Görselleştirilmesi, *Doktora Tezi*, İKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 34-35.

Cengizhan C., (2003). Temel İstatistik Kavramları Ders Notu.

Dirik K., (2016). Fiziksel Jeoloji Ders Notları. http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/JEO153_1_giris.pdf, 41-48.

Dirik K., (2016). Yapısal Jeoloji Ders Notları. http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/JEO263_1-5.pdf.

Şahin S.Y., (2009). Türkiye'nin Levha Tektoniği Açısından Değerlendirilmesi ve Tektonik birlikler. <https://iujfk.files.wordpress.com/2011/06/tektonik-birlikler.pdf>

Şengör C.,(2016).Levha Tektoniği Kuramı. http://www.yerdurumu.org/makaleler/documents/levha_tektonigi_kurami.asp.

<http://www.icisleriafad.gov.tr/dogal-afet-nedir-ve-afetlerin-zellikleri>

<http://www.icisleriafad.gov.tr/dprem-nedir>