



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**30 EKİM 2020 EGE DENİZİ DEPREMİ'NİN KABUK DEFORMASYONUNA
ETKİSİNİN TUSAGA-AKTİF VERİLERİ İLE İNCELENMESİ**

İbrahim Çağdaş BAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İbrahim Çağdaş BAŞ tarafından hazırlanan “30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi’nin Kabuk Deformasyonuna Etkisinin TUSAGA-Aktif Verileri İle İncelenmesi” adlı tez çalışması 10/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT

.....

Danışman

Prof. Dr. Ramazan Alpay ABBAK

.....

Üye

Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mevlüt UYAN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

İbrahim Çağdaş BAŞ

Tarih: 01.05.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

30 EKİM 2020 EGE DENİZİ DEPREMİ'NİN KABUK DEFORMASYONUNA ETKİSİNİN TUSAGA-AKTİF VERİLERİ İLE İNCELENMESİ

İbrahim Çağdaş BAŞ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ramazan Alpay ABBAK

2024
46 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Ramazan Alpay ABBAK
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı) sistemi, 181 adet sabit GNSS (Küresel Konum Belirleme Sistemleri) istasyonu ile, ticari ve akademik çalışmalar için kullanıma sunulmuştur. Sistemden yüksek doğrulukta veri elde edilebilmesi, yer kabuğu hareketleri nedeniyle meydana gelen deformasyonların izlenmesini kolaylaştırmıştır. 30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi'nde (Sisam Adası açıklarında) yerel saat ile 14.51'de aletsel büyüklüğü $M_l=6.6$ ($M_w=6.9$) olan bir deprem meydana gelmiştir. Çalışmanın amacı deprem etki alanında seçilen TUSAGA-Aktif istasyonlarında, bu deprem kaynaklı herhangi bir kabuk deformasyonu olup olmadığının incelenmesidir. Bu kapsamda AYD1, CESM, DIDI, IZMI, KİKA ve SALH istasyonlarının deformasyon yönleri ve büyüklükleri belirlenmiştir. Deprem tarihinden 15 gün önce ve 11 gün sonrasına ait RINEX (Receiver Independent Exchange) gözlem verileri internet tabanlı GNSS servislerinden CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning Service) ve OPUS'ta (Online Positioning User Service) değerlendirilmiş, sonuçlar analiz edilmiştir. CSRS-PPP servisi sonuçlarına göre, kuzey yönde 57.39 mm anlamlı deformasyon miktarı ile depremden en çok CESM istasyonu etkilendiği görülmüştür. OPUS analiz servisi verilerinden de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem, İzmir, Kabuk Deformasyonu, PPP, Sisam, TUSAGA-Aktif

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF 30 OCTOBER 2020 AEGEAN SEA EARTHQUAKE ON CRUST DEFORMATION WITH TUSAGA-ACTIVE DATA

İbrahim Çağdaş BAŞ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Ramazan Alpay ABBAK

2024, 46 Pages

Jury

**Prof. Dr. Ramazan Alpay ABBAK
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU**

The TUSAGA-Active (Turkish National Continuous Operating Reference System) is available for commercial and academic studies with 181 fixed GNSS (Global Navigational Satellite Systems) stations. Its capability to provide high-accuracy data facilitate to monitor deformations resulting from crustal movements. On October 30, 2020, an earthquake with a magnitude of $ML = 6.6$ ($MW = 6.9$) struck the Aegean Sea at 14.51 local time. The aim of the study is that TUSAGA-Active stations located within the earthquake-affected area are thoroughly examined to detect any crustal deformations caused by this seismic event. As part of this analysis, deformation directions and magnitudes were determined for stations AYD1, CESM, DIDI, IZMI, KIKA, and SALH. RINEX data from 15 days before the earthquake date and 11 days after were processed using CSRS-PPP (Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning Service) and OPUS (Online Positioning User Service), which are internet-based GNSS services. The results of this analysis revealed that the CESM station experienced the most significant displacement, averaging 57.39 mm in the north direction according to the CSRS-PPP service. Similar results were obtained from the OPUS service data.

Keywords: Earthquake, Izmir, Crust deformation, PPP, Samos, TUSAGA – Active

ÖNSÖZ

Çalışma süresince bilgi, birikim ve tecrübelerinden yararlandığım, her aşamada desteklerini esirgemeyen, çalışmama emek katan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Ramazan Alpay ABBAK'a, farklı aşamalarda fikir ve birikimlerinden faydalandığım Prof. Dr. Aydın ÜSTÜN ve Doç. Dr. Berkay BAHADUR'a, deprem jeolojisi ve levha tektoniği alanında bilgi ve birikimlerinden yararlandığım Doç. Dr. Rahmi AKSOY'a, RİNEX verilerinin elde edilmesinde yardımcı olan Dr. Fatih UYSAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Hem çalışma sürecinde hem de hayat boyu destek ve emek veren annem Yüksel BAŞ ve babam Mustafa BAŞ' a da teşekkürü borç bilirim.

İbrahim Çağdaş BAŞ
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. İnternet Tabanlı Konum Belirleme Servislerinin İncelenmesi.....	3
2.2. Servislerin Deformasyon Çalışmalarında Kullanılması.....	4
3. TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ	6
3.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ).....	7
3.2. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ).....	9
3.3. Ölü Deniz Fay Zonu.....	11
3.4. Ege Yayı (Helen-Kıbrıs Yayı)	12
3.5. Deprem Bölgesinin Tektonik Yapısı	13
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
4.1. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı	18
4.2. OPUS.....	20
4.3. CSRS-PPP.....	20
4.4. Çalışma Sahası	20
5. UYGULAMA	23
5.1. Analiz	23
6. TARTIŞMA.....	27
6.1. Nokta Konum Hesaplamaları	27
6.2. CSRS-PPP Servisi ile Yapılan Uygulama	28
6.3. OPUS Servisi ile Yapılan Uygulama	34
6.4. TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Güncellenen Koordinatlarının İncelemesi	39
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
7.1. Sonuçlar	42
7.2. Öneriler.....	42
KAYNAKLAR	44

1.GİRİŞ

Yeryuvarının oluşumundan bugüne, yer kabuğu çeşitli yön ve büyüklüklerde sürekli olarak hareket etmektedir. Bu hareket doğrusal tektonik etkiler eşliğinde olabileceği gibi, depremler sebebiyle ani kırılmalar şeklinde de gerçekleşebilmektedir. Depremler sonuçları itibari ile doğada yaşayan birçok canlıyı ve özellikle insanlığı etkilemesi nedeniyle çeşitli bilim dallarının araştırma konusudur. Bu bakımdan gerek mühendislik yapılarının güvenliği gerekse depremlerin önceden tahmin edilebileceği fikri bugün olduğu gibi bu amaca ulaşılıncaya kadar gelecekte de bilim dünyasının çalışma konusu olacaktır.

Depremler, evrimi henüz devam etmekte olan genç Anadolu plakasında da oldukça yoğun bir şekilde sürmektedir. Bu nedenle ülkemizde konumlanan birçok diri fay sistemi bulunmaktadır. Bu yönüyle ele alındığında ülkemiz deprem kuşağında yer almaktadır. Anadolu plakası üzerinde etkin fay sistemlerinden biri olan Ege Graben Sistemi de yüksek büyüklüklerde depremler üretmektedir. Bu sistem içerisinde nüfus yoğunluğu en fazla olan yerleşim yeri İzmir “Batı Anadolu genişleme bölgesi” olarak isimlendirilen kuzey güney doğrultusunda genişleyerek şekil değiştiren bir bölgede yer alır (Şengör vd., 1985).

Günümüzde, gelişen teknoloji ile uydu ve uzay teknikleri, derin fayların davranışı hakkında bilgi veren ve deformasyon ölçümlerine imkân sağlayan bir yöntemdir (Konakoğlu & Akar, 2021). Türkiye’de de 2009 yılından itibaren kullanıma sunulan TUSAGA-Aktif istasyonları, yüksek doğrulukta konum belirleme özelliği ve 7 gün 24 saat veri toplamaları sayesinde yüksek doğruluk sunarak deprem olaylarının hassasiyetle izlenmesine imkân vermektedir. Bu ağların sürekli gözlem yapması, deprem deformasyonlarının belirlenmesinde, fay hattı çevresinde kurulan yerel GNSS ağı çalışmalarına göre daha etkin ve hızlı sonuçlar vermektedir.

30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi’nde yerel saat ile 14.51’de aletsel büyüklüğü $M_l=6.6$ ($M_w=6.9$) olan yüksek şiddette bir deprem meydana gelmiştir. İzmir ve çevre iller dahil geniş bir alanda hissedilmiştir (BDTİM, 2020). Söz konusu depremin yer kabuğunda kayda değer kalıcı etkiler ürettiği bilinmektedir. Ancak, söz konusu depremin oluşturduğu yer değiştirmeleri izlemek amacıyla Türkçe literatürde GNSS’ye dayalı henüz bir değerlendirme yapılmamıştır. Ayrıca bu çalışmada internet tabanlı GNSS servislerinin deformasyon çalışmalarında tekrarlanan deprem öncesi ve sonrası ölçü sayısının artırılarak, sonuçların bölgenin bilinen tektonik davranışlarıyla

uyumluluğu test edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada söz konusu Ege Denizi Depremi'nin bölgedeki kabuk deformasyonlarına etkisi, TUSAGA-Aktif istasyonları verileri kullanarak internet tabanlı GNSS servisleri yardımıyla belirlenmiştir. Araştırmada 7 gün 24 saat sürekli gözlem yapan istasyonlar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan istasyonların verileri TUSAGA-Aktif internet sitesinden (TUSAGA, 2023) indirilmiş, konum bilgileri CSRS-PPP ve OPUS internet tabanlı GNSS servislerinden elde edilmiştir. Sonuçta, bazı istasyonlarda yatay yönlü anlamlı deformasyonlar belirlenmiş ve Batı Anadolu Açılma Rejimiyle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. İkinci bölüm, İnternet Tabanlı Konum Belirleme Servislerinin karşılaştırılması, incelenmesi ve servislerin deformasyon çalışmalarında kullanılması ile ilgili literatür taramasından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde, Türkiye'nin tektonik yapısı ile birlikte Batı Anadolu'nun depremselliği hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, deformasyon analizinde kullanılacak yersel veriler, verilerin değerlendirilmesinde esas alınacak GNSS servisleri ve çalışma alanı hakkındaki temel bilgiler ile başlamaktadır. Beşinci bölümde, kullanılan matematiksel yaklaşım hakkında genel bilgiler verilmektedir. Daha sonra sayısal uygulama kısmının işlem adımlarının anlatıldığı altıncı bölüm ile devam etmektedir. Sayısal sonuçların tartışıldığı ve elde edilen bulguların paylaşıldığı, önerilerin yer aldığı yedinci bölümle sonuçlanmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. İnternet Tabanlı Konum Belirleme Servislerinin İncelenmesi

Maraş (2010) internet tabanlı hassas ölçü sonrası değerlendirme (post processing) sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem Selçuk Üniversitesine en yakın IGS (International GNSS Service) istasyonlarından faydalanılarak çalışmaktadır. 3 referans noktasına bağlanan bir adet 24 saatlik RINEX verisinin çözüm süresi yaklaşık 165 saniye olmaktadır. Çalışma geliştirilerek resmi ve özel kurum kuruluşların sistemine bağlanabilir.

Subaşı ve Alkan (2011) internet tabanlı GNSS servislerinin performans analizlerini izlemeye dönük bir çalışma yapmıştır. Çalışmada İSKİ konum belirleme ağına ait noktalardaki ölçüler OPUS, AUSPOS ve SCOUT sistemlerinde değerlendirilmiş, daha önce Bernese akademik yazılımı ile belirlenmiş kesin kabul edilen koordinatlarla karşılaştırılmış ve servislerin hesaplarının güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Bahadır ve Üstün (2014) GNSS ile ilgili temel düzey dışında bilgi sahibi olmayan kullanıcılardan kaynaklanan değerlendirme hatalarının ortadan kaldırılmasına, zaman ve maliyet açısından ekonomik olacağı sonucuna varılmıştır. 1 saatten 24 saate kadar yaptıkları gözlemlerde 10 saat ve sonrasının 24 saatlik gözlemlere yakın sonuçlar verdiğini ve 10 saatlik gözlemlerin çoğunlukla yeterli olduğu sonucuna varmıştır. En önemli eleştiri, profesyonel kullanıcıların IGS istasyon seçimine müdahale edememesi olmuştur.

Alkan ve ark. (2017) internet tabanlı servislerin ölçme uygulamalarında kullanılabilirliği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Hem PPP (Precise Point Positioning) tekniğini kullanan hem de rölatif yöntemle konum belirleyen servislere veriler gönderilmiştir. PPP tekniğinde daha uzun süreli (2 saat ve üzeri) ölçümlerin cm mertebesinde sonuçlar verdiğini, rölatif yöntemde ise daha doğru sonuçları 2 saatlik ölçümlerin yeterliliğinde almıştır. İnternet tabanlı ve klasik servislerin üstün ve zayıf yanları da karşılaştırılmıştır.

Bahadır (2017), Hassas Nokta Konumlama (PPP) tekniğinin yalnızca bir alıcı kullanılarak santimetre seviyesinde doğruluk elde edilebileceğini fakat bu tekniğin en büyük kısıtının hala uzun yakınsama süresi olduğunu söylemiştir. Çoklu GNSS kombinasyonunun PPP üzerindeki etkisini araştırmayı amaçlamıştır. Bu etkiyi

araştırmak için PPPH adında bir yazılım geliştirilmiştir. PPPH ve diğer online PPP servisleri karşılaştırılmış, PPPH'nın diğerleri ile benzer yakınsama süresine ulaştığı görülmüştür. GPS/GLONAS PPP ve Çoklu GNSS PPP, GPS PPP ile elde edilen yakınsama süresini sırasıyla %28,1 ve %33,2 azalttığı sonucuna varılmıştır.

2.2. Servislerin Deformasyon Çalışmalarında Kullanılması

Bilgen ve ark. (2016) hangi büyüklükteki yer değiştirmelerin deformasyon olarak kabul edilebileceği üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada mikro jeodezik bir ağ kurmuşlar ve bu ağ üzerinde obje noktalarında sanal deformasyon yaratacak bir düzenek geliştirmişlerdir. GNSS statik ölçü tekniği ile ölçüler değerlendirilmiş ve sonuçları paylaşmışlardır. Sonuçta, en az 2 saatlik GNSS statik ölçü tekniği ile yapılan değerlendirmede, mikro jeodezik bir ağda her durumda 5 mm ve üzerindeki değişikliklerin %95 ihtimalle deformasyon olarak tespit edilebileceğini göstermişlerdir.

Pamukçu ve ark. (2013) ülkenin önemli büyükşehirlerinden olan İzmir'in sismik aktivitesi üzerine yapılan çalışmalar ile hız değişimleri ve yatay hareketleri izlemiştir. Karaburun yarım adasının güneyinde Kuşadası körfezi Seferihisar açıklarını kapsayan alanda yüksek sismik aktivite gözlenmiştir.

Şanlıoğlu ve ark. (2019) Elazığ Karakoçan Depremi sonrasında, deprem bölgesine yakın TUSAGA-Aktif istasyonlarının konumlarında olan yer değişimlerini, depremden önce 5 gün ve depremden sonraki 5 gün için RINEX verileri ile internet tabanlı GNSS servisleri aracılığıyla değerlendirilmişlerdir. BİNGÖL (BING) istasyonunda kuzey yönünde -8.8 mm, doğu yönünde +9.5 mm, düşey yönde -19.6 mm hareket tespit edilmiştir.

Şimşek vd. (2019) yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesinde internet tabanlı GNSS servislerinin performans analizini gerçekleştirmiş, CSRS-PPP servisinin güvenilir sonuçlar verdiğini belirlemiştir.

Konakoğlu ve Akar (2020) 24 Ocak 2020 Sivrice Elazığ Depremi'nin bölgedeki hareket etmesi tahmin edilen TUSAGA-Aktif istasyonlarına etkisi üzerine yapılan çalışmada OPUS ve AUSPOS servislerine gönderilen veriler arasında önemli bir fark bulunmadığı, ELAZ, ERGN, MALY ve SIV1 istasyonlarında deformasyon belirlendiği sonucuna ulaşmışlardır.

Yalvaç (2020a), HNK (Hassas Nokta Konumlama) yönteminin kabuk deformasyonu belirleme çalışmalarında kullanılabilirliğini, rölatif yöntemle analiz

yapan GNSS yazılımı ile karşılaştırmıştır. Bu amaçla, Kuzey Anadolu Fay (KAF) hattının kuzeyinde yer alan GIRS, SINP ve ZONG istasyonları ile bu hattın güneyinde yer alan RHIY, ANKR ve BILE TUSAGA-Aktif istasyonlarının 2011-2018 yılları arasındaki veriler ile analiz edilmiştir. Analizler, HNK yöntemi için CSRS PPP (Canadian Spatial Reference System Precise Point Positioning) GNSS servisiyle, rölatif yöntem için ise GAMIT/GLOBK V10.7 akademik GNSS analiz yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. HNK yönteminin, ağ geometrisindeki değişikliklerden ve ölçü planı gibi dış etkenlerden etkilenmemesi, datum dönüşümü için referans istasyona ihtiyaç duymaması, analiz sürecinin zaman ve kullanılabilirlik açısından ekonomik olması avantaj sağlamaktadır. Bütün bunlar kabuk deformasyonu belirleme çalışmalarında, rölatif GNSS analiz yöntemi yerine HNK yönteminin tercih edilebileceğini göstermiştir.

Yalvaç (2020b) 24 Ocak 2020 Elazığ Sivrice Depremi'nden kaynaklanan yer değiştirmeleri izlemiştir. 1- 30 Ocak tarihleri arasında 11 adet TUSAGA-Aktif istasyonunun verileri analiz edilmiştir. Sonuçta analiz edilen hiçbir istasyonda düşey yönde hareket tespit edilememiş, yatayda ise 20-60 mm'lik hareket görülmüştür.

3. TÜRKİYE’NİN DEPREMSELLİĞİ

Anadolu Alp-Himalaya dağ kuşağında yer almaktadır. Afrika-Arabistan ve Hindistan Levhalarının kuzeye doğru itirmesiyle, Avrasya Levhası ile çarpışmaktadır. Bu levhasal çarpışma oldukça geniş bir bölgede deformasyon alanı oluşturmaktadır. Bu deformasyon türü son yılların en çok ilgi gören çalışma konularından biri haline gelmiştir. Jeolojik sürecin Doğu Akdeniz bölümünde Anadolu-Ege bloğu saat yönünün tersi bir hareketle Girit’i merkeze alan Helen yayına doğru yanal kaçış hareketi yapmaktadır. Hareketin kuzey sınırını Kuzey Anadolu fayı, güney sınırını ise doğuda Doğu Anadolu Fayı, Güney Anadolu’da ise Kıbrıs ve Helen yayları oluşturmaktadır (Özel vd., 2005). Kuzey-güney genişlemeli hareketlerin baskın olduğu Ege bölgesinde, Arap ve Avrasya levhalarının Güneydoğu Anadolu bölgesinde Bitlis-Zagros boyunca çarpışması ile tetiklenen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarının gelişmesi ve Anadolu levhasının batıya kaçışı ile gelişen Batı Anadolu’da doğu-batı doğrultulu grabenler, kuzey-güney genişlemeli tektonik rejim ile sonuçlanan bir süreci tanımlar (Dewey & Şengör, 1979; Şengör, 1982; Şengör vd., 1985).

Türkiye, günümüzde Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde Avrasya, Afrika ve Arabistan’ın kesişme noktasına yakın bir bölgede bulunur. Türkiye’nin jeolojik yapısı birden fazla litosferik parçadan oluşmuştur. Bu parçalar, süper kıta kenarlarından koparak ayrılmışlar ve Alpin orojenezi sırasında Geç Kretase-Tersiyer sürecinde Arap levhası ile Anadolu levhasının çarpışması ile bir araya gelmişlerdir. Riftler açıldıkça Tetis okyanusları gelişmiştir. Daha sonra büyük kıtaların çarpışması sonucu bu okyanuslar kapanmıştır. Neotektonik dönemde, Arap Yarımadası Ölü Deniz fayı boyunca kuzeye doğru hareket ederek Doğu Anadolu’da sıkışmalı tektonik rejim geliştirmiştir. Bu rejim Doğu Anadolu’da kabuk kalınlaşmasına bölgenin yükselmesine sebep olmuştur (Aksoy, 2023).

Alp-Himalaya dağ kuşağının güneyinde yer alan Arap levhası ile kuzeyinde yer alan Avrasya levhası arasındaki sınır, Helenik-Kıbrıs yayını oluşturur. Helenik-Kıbrıs dalma-batma zonu boyunca Afrika levhası, Avrasya levhasının altına doğru yılda ortalama 2.5 cm hızla dalmaktadır. Bu iki levha arasındaki yaklaşma doğuda daha hızlı gerçekleşmiştir. 11 milyon yıl önce Güneydoğuda Arap yarımadası kuzeye hareket ederek Bitlis-Zagros kuşağı boyunca Anadolu ile çarpışmıştır. Bu hareket Türkiye ve yakın çevresinde yeni bir tektonik dönemi oluşturmuştur. İlk zamanlar Anadolu levhası kuzey- güney doğrultudaki bu sıkışmayı kısıp kalınlaşarak karşılamış, daha sonra

kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Zonu ve doğuda Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca kırılarak batıya doğru hareket etmeye başlamıştır. Bu fay zonlarında çok sayıda yüksek şiddette depremler meydana gelmiştir (Aksoy, 2023).

Bu nedenle Anadolu’da dört neotektonik bölge gelişmiştir: Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Kuzey Anadolu Bölgesi, Orta Anadolu Ovalar Bölgesi, Batı Anadolu Genişleme Bölgesi. Bu bölgeler ise Kuzey Anadolu Fayı, Doğu Anadolu Fayı, Ölü Deniz Fayı, Helenik-Kıbrıs Yayı ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 3.1. Türkiye’de neotektonik bölgeler ve bunları sınırlayan faylar (Bozkurt, 2001)

3.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)

Doğuda Karlıova’dan başlayarak batıda Ege denizine kadar uzanan 1200 km uzunluğunda dünyanın en aktif fay zonlarından biridir. Genişliği ise değişiklik göstermekle birlikte 10 ile 100 km arasındadır. Sağ yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Anadolu ile Avrasya levhaları arasındaki sınırı oluşturur. Kuzey Anadolu Fay Zonu Marmara bölgesinde iki kola ayrılır, kuzey kolu daha aktiftir. Kuzey Anadolu fayı sismik aktivitesi çok yüksek olup yılda ortalama 25 mm hareket etmektedir.

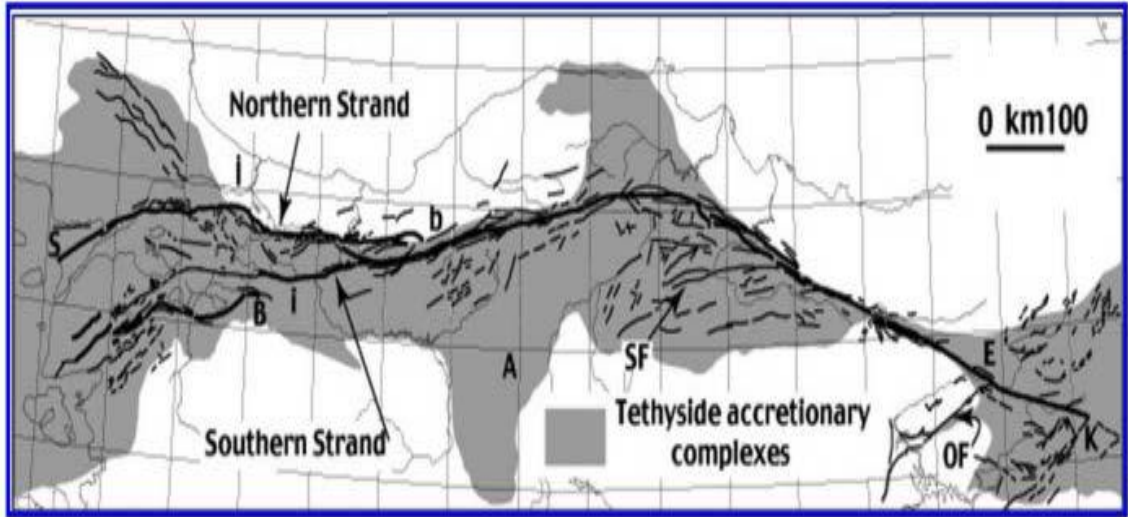
Kuzey Anadolu Fay Zonu doğuda yaklaşık 13 ila 11 milyon yıl önce oluşmuş ve batıya doğru yayılmıştır. Fay zonu çok belirgin bir morfolojik özelliğe sahiptir ve sismik açıdan aktiftir. On yedinci yüzyıldan bu yana, doğuda başlayan ve batıya doğru

ilerleyen yüzyıllık periyotlarla döngüsel sismik davranış göstermiştir. Daha eski zamanlar için kayıtlar net olmamakla birlikte canlı bir sismisiteye işaret etmektedir. Yirminci yüzyıl kayıtları, Coulomb yenilme modeli açısından başarılı bir şekilde yorumlanmıştır; bu modelde her deprem, büyük depremlerin batıya doğru göçüne yol açan kırık parçaların batı uçlarındaki kesme gerilimini yoğunlaştırır. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden bu yana haritalanan fayın Marmara segmentini yüklemiş olup, önümüzdeki yarım yüzyılda bu segmentte yaklaşık %50 olasılıkla $M \leq 7.6$ büyüklüğünde büyük bir deprem beklenmektedir (Şengör vd., 2005).

Kuzey Anadolu Fay Zonu 1939 Erzincan Depremi ile batıya doğru göç eden büyüklüğü $M > 7.0$ olan 8 büyük deprem tarafından kırılmıştır.

Çizelge 3.1. Kuzey Anadolu Fay Zonu 7 ve üzeri büyüklükteki depremler

Tarih	Yer	Büyüklük
26 Aralık 1939	Erzincan	7.9
20 Aralık 1942	Erbaa-Niksar	7.1
26 Ekim 1943	Tosya	7.6
1 Şubat 1944	Bolu-Gerede	7.3
26 Mayıs 1957	Abant	7.0
22 Temmuz 1967	Mudurnu	7.1
17 Ağustos 1999	Kocaeli	7.4
12 Kasım 1999	Düzce	7.2

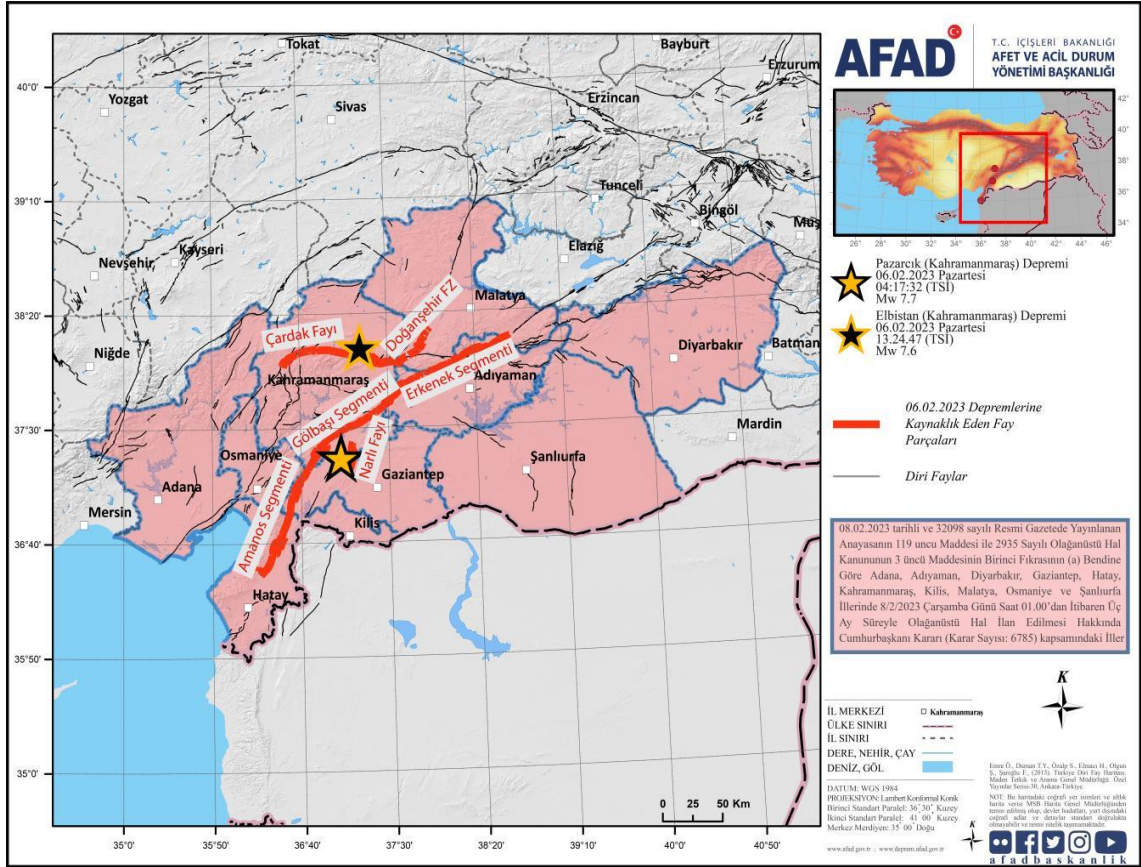


Şekil 3.2. Kuzey Anadolu Fay Zonu uzanımı (Şengör vd., 2005)

3.2. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)

Doğu Anadolu Fay Zonu, 580 km uzunluğunda ve ortalama 30 km genişlikte KD-GB sol yönlü doğrultu atımlı bir faydır. Anadolu Levhası ile Arap Levhası arasındaki sınırı oluşturur. Yıllık hareket etme miktarı yaklaşık 10 mm'dir.

Doğu Anadolu Fay Zonu, kuzeydoğuda Karlıova üçlü birleşim bölgesinden başlayarak Çelikhan'ın batısına kadar tek bir zon halinde uzanır. Burada iki kola ayrılan fayın güney kolu Gölbaşı Havzası ve Pazarcık kuzeyinden güneybatıda Türkoğlu kavşağına kadar devam eder. Türkoğlu'ndan güneye yönelir, Amik ovasını batıdan sınırlayarak devam eder ve Kırıkhan'ın güneyinde sonlanır. Doğu Anadolu Fay Zonu bu bölgesinde Sağlık ve Narlı ovalarını içine alan çöküntü bölgesini doğudan Ölü Deniz Fay Zonu'nun Sakçagöz ve Narlı parçaları sınırlamaktadır. Narlı fayı ise 30-40 km boyunca Pazarcık'ın kuzeyinden Doğu Anadolu Fay'ına uzanmaktadır. Çelikhan'ın batısında ayrılan kuzey kol ise Şekil 3.3' te görülmektedir (AFAD, 2023).



Şekil 3.3. Doğu Anadolu Fayına ait fay parçalarını gösterir harita (AFAD,2023)

Çizelge 3.2. Doğu Anadolu Fay Zonu 1900-2023 tarihleri arasındaki yıkıcı depremler

Tarih	Yer	Büyükölük (M)
17 Şubat 1908	Kozan-Adana	6.0
20 Mart 1945	Ceyhan-Adana	6.0
14 Haziran 1964	Sincik-Adıyaman	6.0
27 Haziran 1998	Sarıçam-Adana	6.3
24 Ocak 2020	Sivrice-Elazığ	6.7
6 Şubat 2023	Pazarcık-Kahramanmaraş	7.7
6 Şubat 2023	Elbistan-Kahramanmaraş	7.6

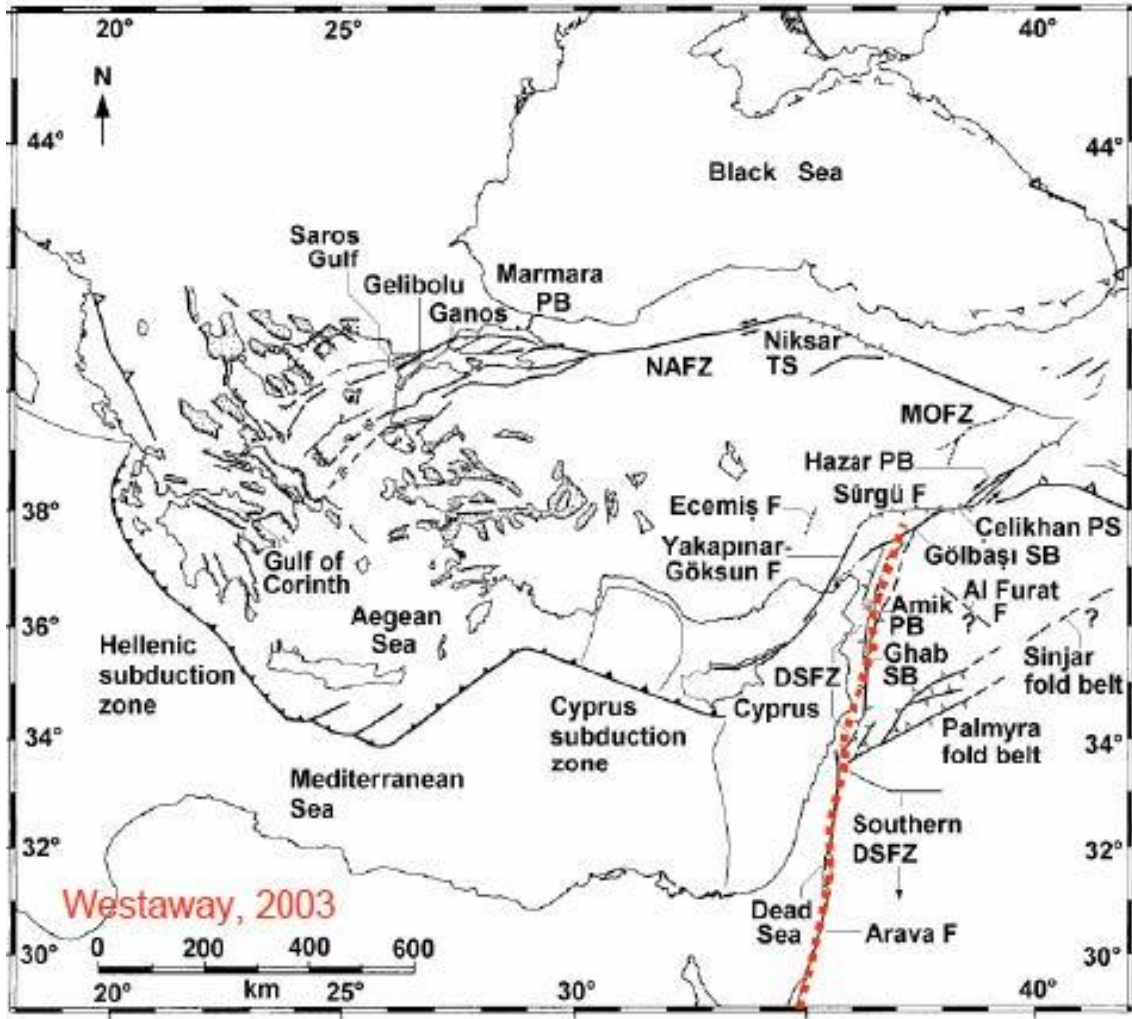
Doğu Anadolu Fay Zonu, 24 Ocak 2020 de Elazığ-Sivrice’de meydana gelen 6.7 büyüklüğündeki yıkıcı bir depremle uzun yıllardır süregelen sessizliğini bozmuştur. Bu depremin ardından yer bilimciler, fay zonu boyunca batıya doğru stres biriktirdiğini ve kırılmaların başlayacağı konusunda uyarılarda bulunmuşlardır. 6 Şubat 2023 günü saat

04.17 de AFAD'a göre merkez üssü Kahramanmaraş'ın Pazarcık ilçesi olan 7.7 büyüklüğünde oldukça şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Ardından aynı gün saat 13.24'te Kahramanmaraş Elbistan ilçesinde 7.6 büyüklüğünde bir deprem daha meydana gelmiştir. Bu iki depremde Doğu Anadolu Fay Zonu'nun büyük bir kısmı kırılmıştır.

3.3. Ölü Deniz Fay Zonu

Afrika levhası ile Arabistan levhası arasındaki sınırı oluşturur.1000 km uzunlukta sol yönlü bir transform faydır. Ölü Deniz Transform Fayı, Ölü Deniz Çöküntüsü veya Ölü Deniz Fay Zonu isimleriyle de bilinir. Maraş üçlü kavşağından Kızıldeniz Çöküntüsü 'ne kadar uzanır. Arap levhası ile Afrika levhası arasındaki sınırı oluşturur.

Ölü Deniz Fayı üzerinde, 20 Şubat 2023 saat 20.04'te merkez üssü Hatay'ın Samandağ ilçesi olan 6.4 büyüklüğünde şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Daha önce 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinde hasar alan binaların yıkılmasına neden olmuştur.



Şekil 3.4. Ölü Deniz Fayı uzanımı (Westaway, 2003)

3.4. Ege Yayı (Helen-Kıbrıs Yayı)

Kuzey-güney genişlemeli tektoniğin hâkim olduğu Ege bölgesinde, Arap ve Avrasya levhalarının Orta Miyosen 'de Güneydoğu Anadolu'da Bitlis-Zagros kenedi boyunca çarpışması ile tetiklenen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarının gelişmesi ve Anadolu levhasının batıya kaçışı ile gelişen ve Geç Miyosen 'de Batı Anadolu'da doğu-batı grabenler ile kendini gösteren kuzey-güney genişlemeli bir tektonik rejim ile sonuçlanan süreci tanımlamaktadır (Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1982; Şengör vd., 1985).

Helenik-Kıbrıs dalma-batma zonu boyunca Afrika levhası Avrasya levhası altına doğru yılda ortalama 2.5-2.7cm hızla dalmaktadır. Dalan Afrika levhasının geriye doğru (roll-back) hareket etmesi Ege bölgesinde gerilemeli tektonik rejimin gelişmesine neden

olmaktadır. Bu dalma-batma zonunda derin odaklı depremler ve volkanik etkinlikler meydana gelmektedir. Egedeki yay önü sistemi Girit (Crete), Rodos (Rhodes) ve Kerpe (Karpathos) adalarını içerir. Güney Ege güncel volkanik yayı Santorini ve Milos volkanlarını ve genişlemeli yay ardı ise Kiklad (Cyclades) ve Batı Anadolu'yu içerir. Genişleme Oligo-Miyosen'den beri devam etmektedir. Ege dalma-batma zonu ise levha geri hareketine bağlı olarak güneybatıya doğru göç etmektedir (Aksoy,2023).



Şekil 3.5. Helenik-Kıbrıs dalma-batma zonu (Wikipedia, 2024)

3.5. Deprem Bölgesinin Tektonik Yapısı

30 Ekim 2020 tarihinde Ege Denizi'nde Sisam adasının kuzeyinde (37.9020 Kuzey, 26.7942 Doğu), saat 14.51'de aletsel büyüklüğü $M_l=6,6$ ($M_w=6,9$) olan şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. 12 km derinlikte sığ odaklı bir depremdir. Sığ odaklı depremler daha dar bir alanda, daha şiddetli olarak hissedilmektedir ve yıkıcılığı artmaktadır. Deprem İzmir ve çevresi de dahil Marmara Bölgesine kadar büyük bir alanda hissedilmiştir (BDTİM, 2020).

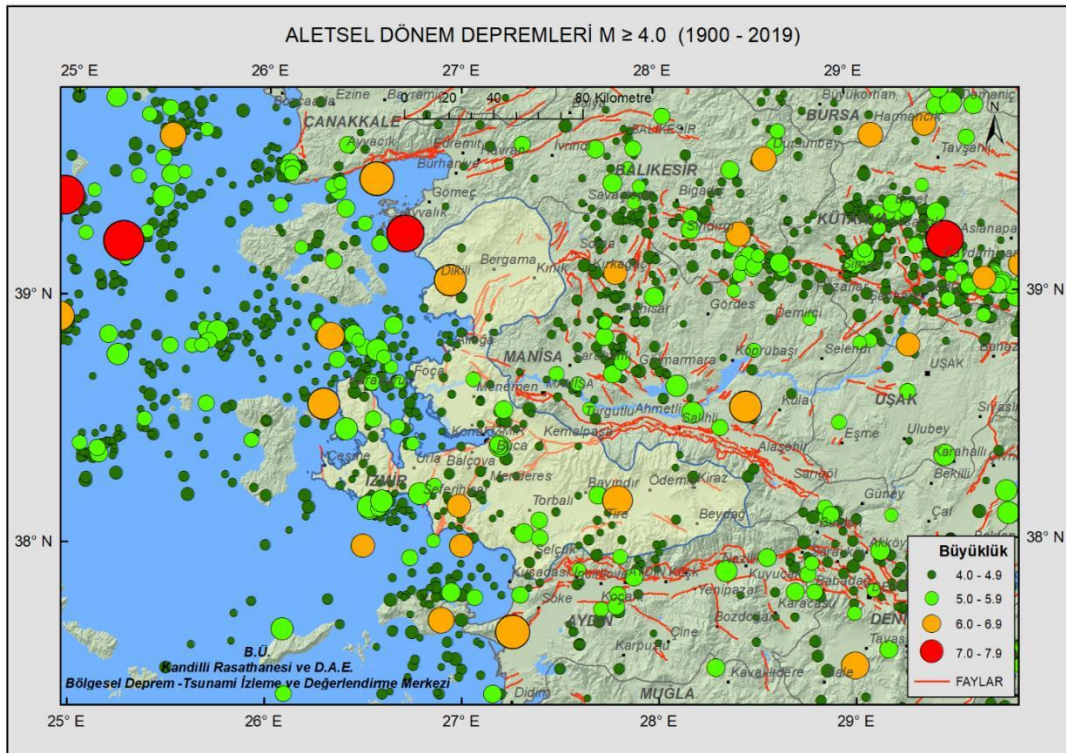
Bu depreme Sisam (Samos) Adası'nın kuzeyinden geçen Kuzey Sisam Fayı kaynaklık etmiştir. Bölgedeki deformasyonun nedeni Ege ve Anadolu üst kabuğunun kuzey-güney yönlü gerilmesidir. Doğu Akdeniz okyanusal litosferi (Afrika levhası) kuzeye doğru Avrasya (Ege ve Batı Anadolu) levhası altına dalıp batmaktadır. Anadolu mikro levhası Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca batıya doğru hareketi Batı Anadolu'da

güneybatıya doğru dönmekte, bu durum dalan Afrika levhasının güneybatıya doğru geriye çekilmesine (roll- back) neden olmaktadır (Aksoy, 2023).

İzmir ili Batı Anadolu Açılma Rejiminin etkisi altında Gediz graben sisteminin batı ucunda yer almaktadır. MTA'nın hazırladığı Türkiye Diri Fay Haritasında da görüleceği üzere Gediz grabeni dışında bölgenin depremselliğine kaynak oluşturabilecek aktif faylar Tuzla, Seferihisar, Gülbahçe, Mordağan, Gümüldür, İzmir, Menemen, Güzelhisar, Yeni Foça ve Kiraz faylarıdır (BDTİM, 2020).

Aletsel dönemde il sınırları içerisinde meydana gelen önemli depremlerin büyüklükleri $M=7.0-7.9$ arasındadır. Depremlerin fay düzlemi çözümü bölgenin kuzey-güney açılma rejiminin etkisi altında Batı Anadolu'nun güncel tektonik evrimini sürdürdüğünü ortaya koymaktadır (BDTİM, 2020). İzmir iline en yakın yıkıcı deprem, 1992 yılında merkeze 32 km uzaklıktaki, 5.5 büyüklüğünde meydana gelen 1992 Orhanlı-Seferihisar (İzmir) Depremi'dir (BDTİM, 2020).

30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi derin tektonik işlevlerle üst kabuksal deformasyon ve jeolojik tehlikeler arasındaki uzun süredir var olan sessizliği bozmuştur. Bu deprem aynı zamanda gelecekte de büyük depremlerin ve volkanik patlamaların habercisidir (Aksoy, 2023).



Şekil 3.6. Ege Bölgesi Aletsel Dönem Depremleri (BDTİM, 2020)

Aletsel Dönemde (M.S. 1900-2019; büyüklüğü $M > 4.0$ KRDAE Deprem Katalogu) il sınırları içerisinde meydana gelen önemli depremlerin büyüklükleri $M = 7.0 - 7.9$ arasındadır. İl merkezine en yakın deprem İzmir'e 32 km uzaklıkta olan 1992 Orhanlı-Seferihisar (İzmir) Depremi'dir (BDTİM, 2020).

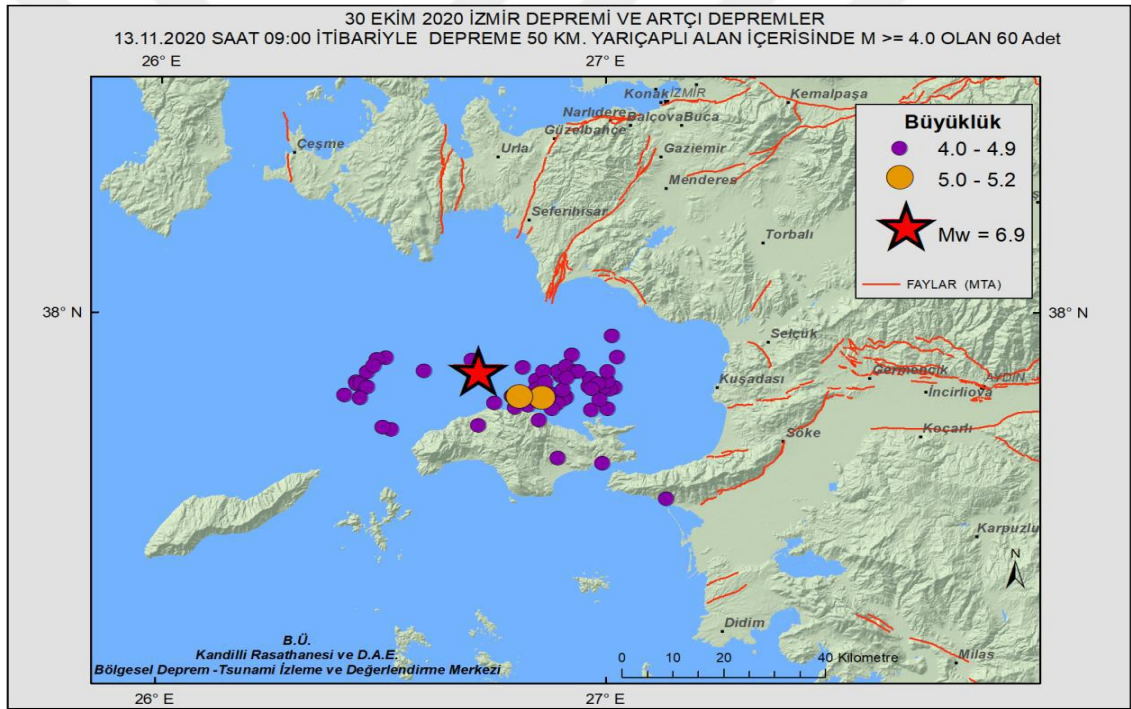
Çizelge 3.3. Bölgede 1900-2019 tarihleri arasında 6.5'ten büyük depremler (BDTİM, 2020)

1900-2019 TARİHLERİ ARASINDA BÜYÜKLÜĞÜ ≥ 6.5 OLAN DEPREMLER								
	TARİH	SAAT (UTM)	ENLEM	BOYLAM	DERİNLİK (Km.)	İZMİR'E UZAKLIK (Km.)	BÜYÜKLÜK	YER
1	09.08.1912	01:29:00.00	40.60	27.20	16	242	7.3	ERIKLICE-SARKOY (TEKİRDAĞ)
2	18.11.1919	21:54:50.30	39.26	26.71	10	100	7.0	KUCUKKOY-AYVALIK (BALIKESİR)
3	26.06.1926	19:46:38.80	36.54	27.33	100	209	7.7	ONİKİ ADALAR (AKDENİZ)
4	31.03.1928	00:29:48.90	38.18	27.80	10	64	6.5	DEREBASI-TİRE (İZMİR)
5	22.09.1939	00:36:36.60	39.07	26.94	10	74	6.6	KIZILCIKUR-DIKILI (İZMİR)
6	13.12.1941	06:16:05.30	37.13	28.06	30	165	6.5	DAGPINAR- (MUĞLA)
7	06.10.1944	02:34:48.70	39.48	26.56	40	128	6.8	EDREMİT KÖRFEZİ (EGE DENİZİ)
8	23.07.1949	15:03:33.20	38.57	26.29	10	76	6.6	KÜÇÜKBAHÇE AÇIKLARI-İZMİR (EGE DENİZİ)
9	18.03.1953	19:06:16.10	39.99	27.36	10	175	7.2	SOGUCAK-YENİCE (ÇANAKKALE)
10	16.07.1955	07:07:17.00	37.65	27.26	40	86	6.8	YUVACA-SOKE (AYDIN)
11	09.07.1956	03:11:42.60	36.69	25.92	10	220	7.4	AKDENİZ
12	09.07.1956	03:24:09.10	36.59	25.86	40	233	6.5	AKDENİZ
13	06.10.1964	14:31:23.00	40.30	28.23	34	229	7.0	OKCULAR-KARACABEY (BURSA)
14	04.03.1967	17:58:09.00	39.25	24.60	60	239	6.5	EGE DENİZİ
15	19.02.1968	22:45:42.40	39.40	24.94	7	220	7.1	EGE DENİZİ
16	28.03.1969	01:48:29.50	38.55	28.46	4	116	6.6	SOGANLI-ALASEHIR (MANİSA)
17	28.03.1970	21:02:23.50	39.21	29.51	18	224	7.0	KIZIK-CAVDARHISAR (KÜTAHYA)
18	27.03.1975	05:15:07.90	40.45	26.12	15	242	6.7	SAROS KÖRFEZİ (EGE DENİZİ)
19	19.12.1981	14:10:51.10	39.22	25.25	10	187	7.2	EGE DENİZİ
20	27.12.1981	17:39:13.30	38.91	24.92	10	201	6.5	EGE DENİZİ
21	20.07.2017	22:31:09.66	36.97	27.41	7.1	163	6.6	GOKOVA KORFEZİ (AKDENİZ)

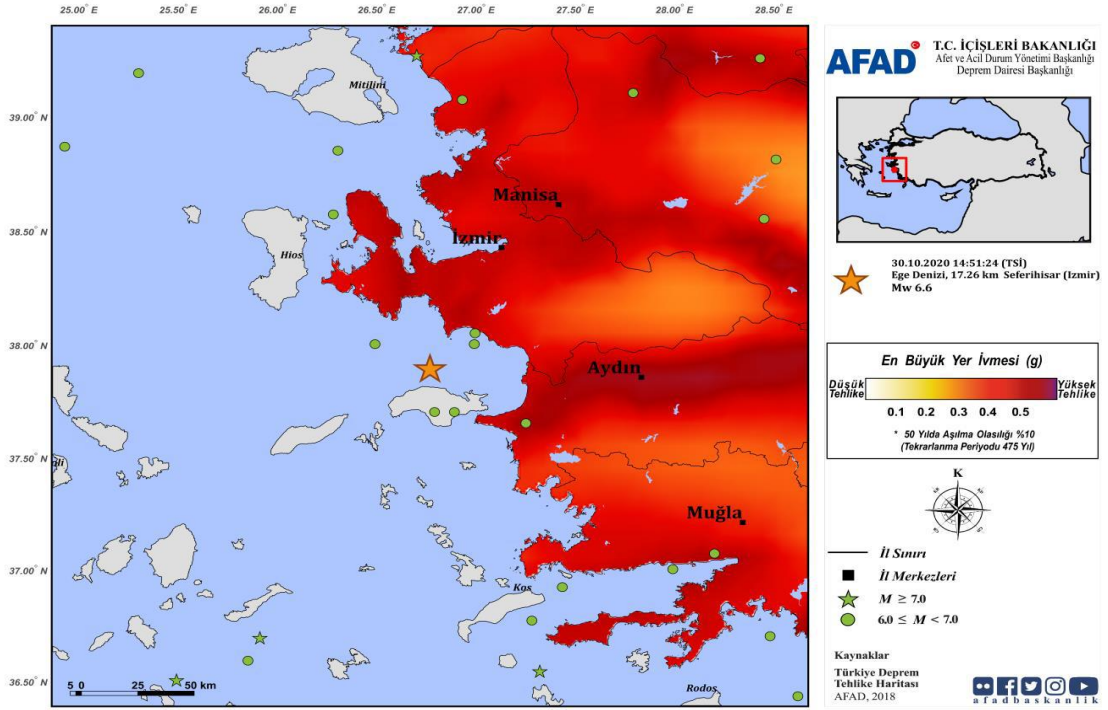
Fay düzlemi çözümü (Şekil 3.7.) bölgenin kuzey-güney açılma rejiminin etkisi altında Batı Anadolu'nun güncel tektonik evrimini sürdürdüğünü ortaya koymaktadır (BDTİM, 2020).



Şekil 3.7. Depremin Fay Düzlemi Çözümü (BDTİM, 2020)



Şekil 3.8. Depremin Merkez Üssü ve $M \geq 4$ Artçı Depremler (BDTİM, 2020)



Şekil 3.9. Bölgenin Deprem Tehlike Haritası (AFAD, 2020)

Türkiye Deprem Tehlike Haritasına göre bölgenin tehlikesi Şekil 3.9’ da gösterilmiştir. En büyük ivmenin ölçüldüğü Aydın ivmeölçer istasyonunun bulunduğu noktanın PGA 475 değeri 0.436 g’dir (AFAD, 2020).

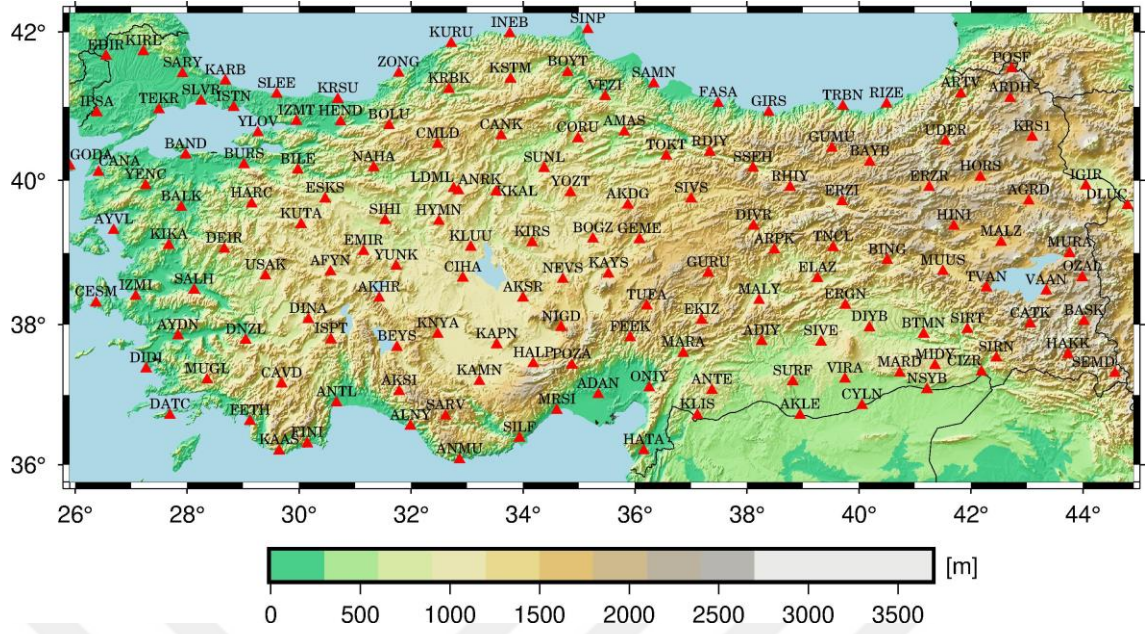
4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Ege Graben Sistemi üzerinde 30 Ekim 2020 tarihinde meydana gelen Ege Denizi Depremi verileri analiz edilmiştir. Ege bölgesindeki TUSAGA- Aktif İstasyonlarının 30 saniyelik verileri kullanılmış olup, OPUS ve CSRS-PPP internet tabanlı GNSS servisleri yardımıyla nokta koordinatları ağ çözümleriyle elde edilmiştir. Web tabanlı GNSS yazılımları seçilirken bir mutlak (CSRS-PPP) bir bağıl (OPUS) değerlendirme yapan ve literatürde deformasyon çalışmalarında kullanılabilirliği kanıtlanmış servisler seçilmiştir (Şimşek vd., 2019; Yalvaç, 2020a).

4.1. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı

TUSAGA-Aktif istasyonları Türkiye ve KKTC de dahil olmak üzere 181 adettir. 2009 yılından itibaren kesintisiz hizmet vermektedir. İstasyonlar, yaklaşık homojenlikte ülke geneline dağılım göstermektedir.

TUSAGA-Aktif projesi, İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) müşterek müşteri olmak üzere, 8 Mayıs 2006 tarihinde proje çalışmaları başlamış, 2008 itibarıyla tam kapasiteyle faaliyete geçmiştir. TUSAGA-Aktif sisteminin işletilmesi ve düzeltme parametrelerinin hesaplanması kontrol ve analiz merkezlerinde yapılmaktadır. Tüm istasyonlardan toplanan veriler ADSL ile veri merkezlerine aktarılmakta ve burada düzeltme parametreleri hesaplanarak tüm kullanıcılara sunulmaktadır (Yıldırım vd., 2011).



Şekil 4.1. TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Türkiye ve KKTC dağılımı



Şekil 4.2. Viranşehir TUSAGA – Aktif istasyonu (Yıldırım ve ark., 2011)

TKGM – Harita Dairesi Başkanlığı sürekli gözlem yapan GNSS istasyonlarının verilerini RINEX formatında depolayarak TUSAGA-Aktif internet sitesinden kullanıcılara sunmaktadır (Başkan, 2018). Siteye ulaşım abonelik gerektirmektedir.

4.2. OPUS

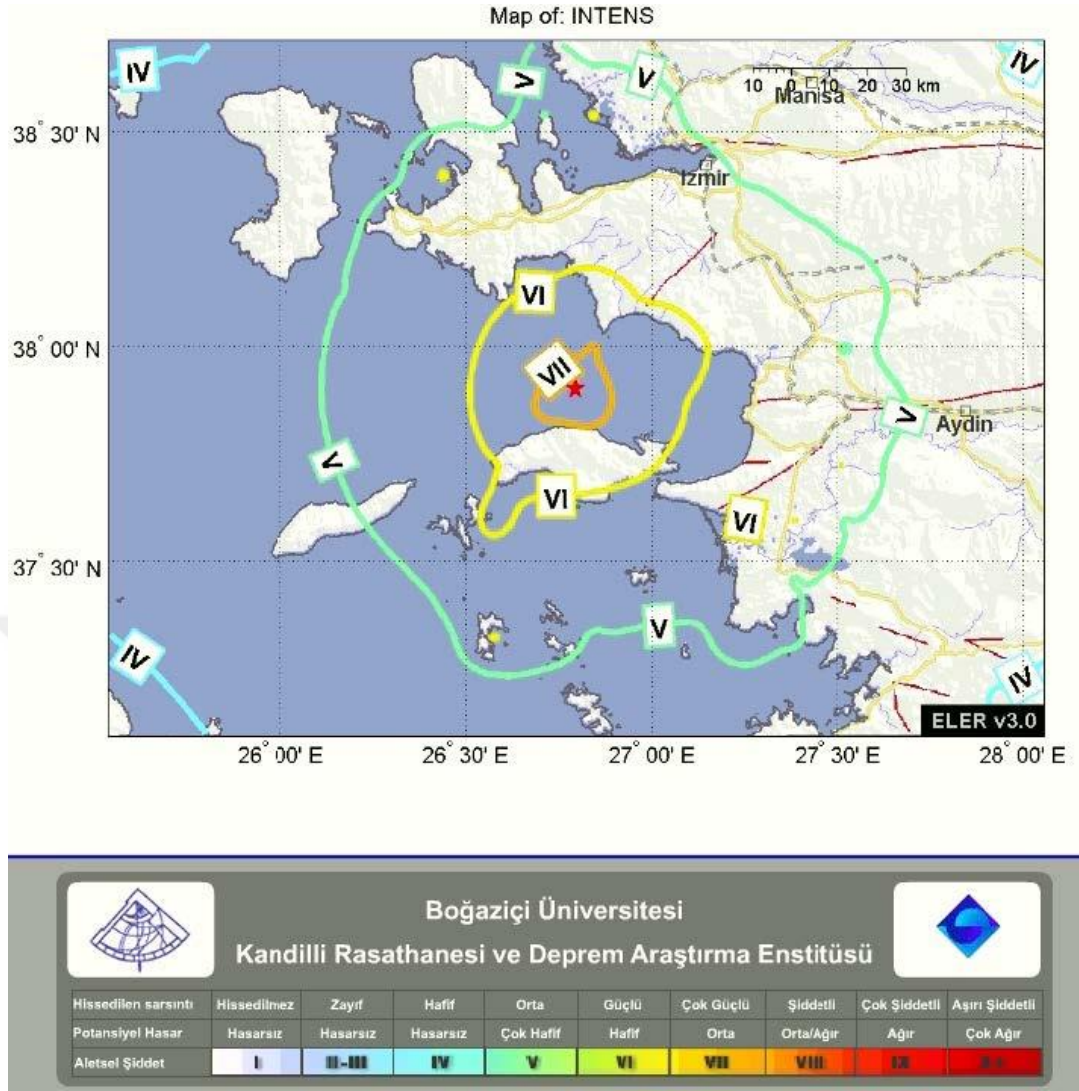
OPUS, Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA) tarafından kurulmuş ücretsiz bir GNSS verisi işleme servisi. OPUS, arka planda veri işlemede PAGES yazılımını kullanmaktadır. Öncelikle yüklenen verilerden başlangıç koordinat grubu hesaplayarak işe başlar. Yakın bölgeden en iyi 5 istasyonu seçerek devam eder. Sonrasında kontrol testlerini arşivlenmiş verilerden yapmaktadır. Bu kontrol testlerinde; veri durumu, ortak zaman aralıkları, mesafe, geometrik durum ve multipath etkisi gibi durumlar göz önüne alınarak en iyi 3 istasyon seçilir. Bu 3 istasyon sayesinde bağımsız baz vektörlerinden yararlanarak ortalama konum hesaplanır (Şimşek, 2019). Servisin web adresine ücretsiz bir şekilde üye olup RINEX verileri yüklenerek değerlendirme sonuçları e-posta adresinden alınabilmektedir (Şimşek vd., 2019).

4.3. CSRS-PPP

2003 yılında kurulan servisten üye olmak şartı ile ücretsiz olarak yararlanılmaktadır. CSRS, çevrimiçi bir GNSS servisi olarak, veri işlemede NRCan-PPP yazılımını kullanmaktadır. Verinin toplandığı güne ait en uygun hassas uydu yörünge efemeris (Ultra-rapid, Rapid veya Final) ve saat bilgisini kullanmaktadır. Servis kullanılırken statik ya da kinematik modda NAD83 ve ITRF datumlarından biri tercih edilebilmektedir (Arıkan & Abbak, 2019). En fazla 300 MB (.zip, .gz, .Z, .tar, .??O), bir adet sıkıştırılmış dosya ile birden fazla RINEX gözlem dosyası gönderilebilmektedir.

4.4. Çalışma Sahası

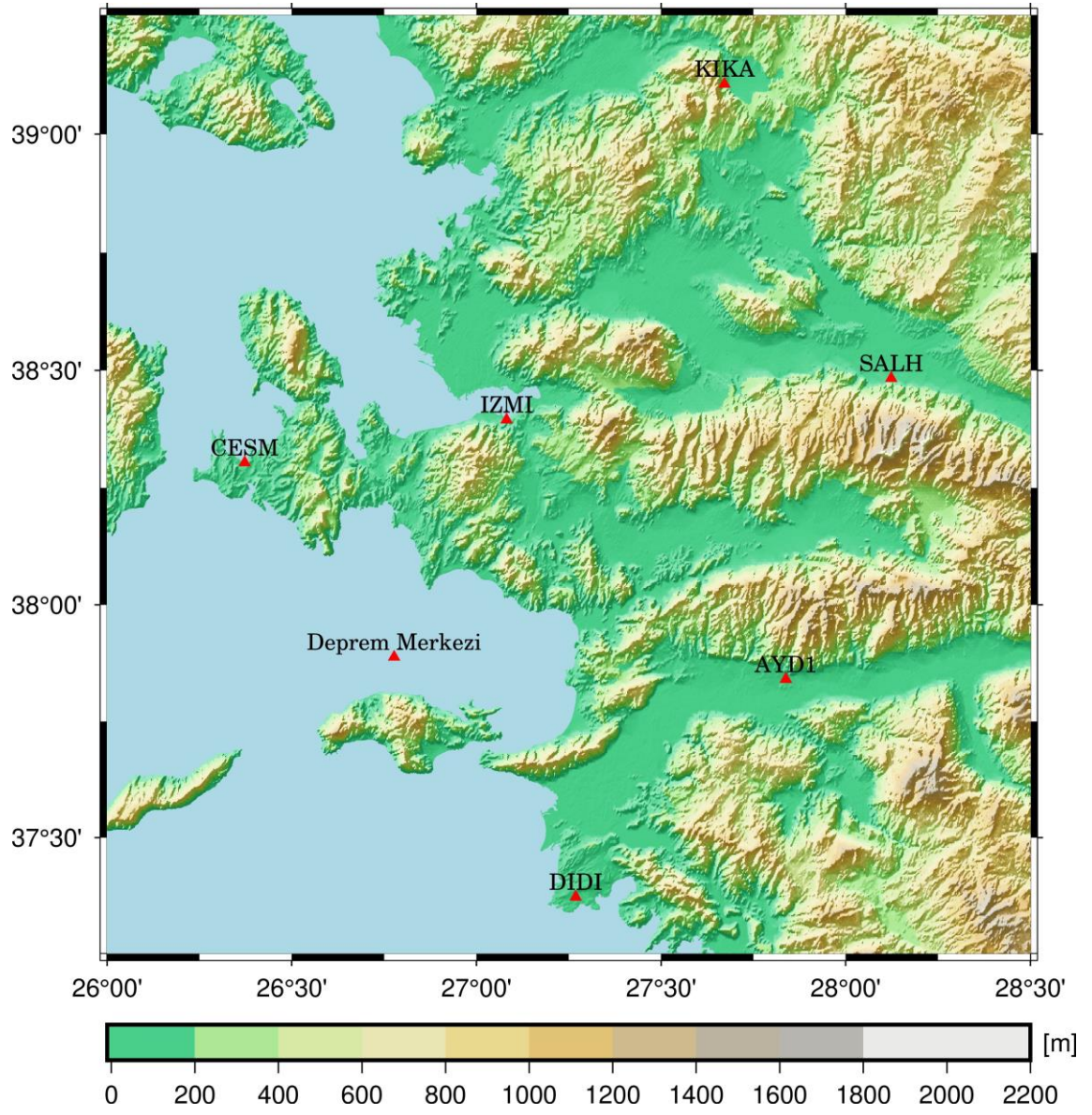
Depremi merkez üssüne yakın istasyonların konumları incelenmiştir. B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE. Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi tarafından yayımlanan; tahmini şiddet haritasında (Şekil 4.3) depremin aletsel büyüklüğü IV ile VII arası yayılım gösteren bölgedeki AYD1, CESM, DIDI, IZMI, KİKA ve SALH adlı TUSAGA Aktif istasyonları seçilmiştir.



Şekil 4.3. Deprem sonrası tahmini şiddet haritası (BDTİM, 2020)

Çizelge 4.1 TUSAGA aktif istasyonlarının depremin merkez üssüne yaklaşık uzaklıkları (kuş uçuşu uzaklık)

İSTASYON ADI	YAKLAŞIK UZAKLIK (km)
IZMI	65
CESM	59
DIDI	71
AYD1	95
SALH	138
KIKA	159



Şekil 4.4. Çalışmada kullanılan TUSAGA Aktif istasyonları ve bölgenin topoğrafyası

5. UYGULAMA

Bu çalışmada Ege Graben sistemi üzerinde 30 Ekim 2020 tarihinde meydana gelen İzmir Depremi analiz edilmiştir. Ege bölgesindeki TUSAGA-Aktif İstasyonlarının verileri kullanılmış olup, OPUS ve CSRS-PPP internet tabanlı GNSS servisleri ile dengeleme yapılmıştır.

5.1. Analiz

OPUS servisi internet sayfasında RINEX verileri tek tek yüklenebilmektedir. Veriler için anten yüksekliği ve anten tipi istenmektedir. Herhangi bir istasyon için RINEX dosyalarının içine girildiğinde anten tipi ve yüksekliği bulunabilmektedir. Sonuçların gönderilmesi için kullanıcı eposta adresini de girmelidir. Sonuçlar e-posta adresine gönderilmektedir. Baz alınan IGS istasyonlarının isimleri ve ölçümlerin yapıldığı istasyona uzaklıkları da verilmektedir. Sonuçlar her istasyon dosyası için 24'er saatlik ayrı ayrı gönderilmektedir (Şekil 5.1.).

SOFTWARE: page5 2008.25 [master57.pl](#) 160321 START: 2020/11/03 00:00:00
 EPHEMERIS: igs21302.eph [precise] STOP: 2020/11/03 23:59:00
 NAV FILE: brdc3080.20n OBS USED: 57781 / 59264 : 97%
 ANT NAME: TRM55971.00 NONE # FIXED AMB: 192 / 213 : 90%
 ARP HEIGHT: 0.087 OVERALL RMS: 0.017(m)

REF FRAME: ITRF2014 (EPOCH:2020.8401)

X: 4459716.782(m) 0.068(m)
 Y: 2355111.701(m) 0.130(m)
 Z: 3891560.433(m) 0.017(m)

LAT: 37 50 26.61562 0.028(m)
 E LON: 27 50 16.38226 0.147(m)
 W LON: 332 9 43.61774 0.147(m)
 EL HGT: 101.819(m) 0.010(m)

UTM COORDINATES

UTM (Zone 35)

Northing (Y) [meters] 4188474.250
 Easting (X) [meters] 573723.449
 Convergence [degrees] 0.51403889
 Point Scale 0.99966694
 Combined Factor 0.99965097

BASE STATIONS USED

PID	DESIGNATION	LATITUDE	LONGITUDE	DISTANCE(m)
	TUBI	355360.8		
	ISTA	376285.3		
	NICO	580864.2		

Şekil 5.1. OPUS Servisi AYD1 İstasyonu Sonuçları

CSRS-PPP servisi internet sayfasında statik ya da kinematik ölçü seçeneği sunulmaktadır. Herhangi bir anten bilgisi istenmemekte servis bu bilgileri dosyalardan kendisi alabilmektedir. Sayfaya erişebilmek için üye olup oturum açılması yeterlidir. OPUS' ta olduğu gibi RINEX dosyaları tek tek gönderilebilmektedir. Sonuçlar e-posta adresine sıkıştırılmış dosya olarak birkaç saat içinde gelmektedir. Dosya içeriğinde csv ve pdf formatında sonuçlar bulunmaktadır. Pdf içeriğinde UTM koordinatları, coğrafi koordinatlar, verilerin saatlik dalgalanma grafikleri de dâhil, ayrıntılı bilgiler mevcuttur. Veriler 48 saat sonra silinmektedir. Bu nedenle süre dolmadan indirilmedi. Sonuçlar her istasyon dosyası için 24'er saatlik ayrı ayrı gönderilmektedir (Şekil 5.2).



CSRS-PPP 3.45.0 (2020-07-08)



AYD12990.200
AYD1

Data Start	Data End	Duration of Observations
2020-10-25 00:00:00.00	2020-10-25 23:59:30.00	23:59:30
Processing Time		Product Type
18:49:22 UTC 2020/12/02		NRCanVIGS Final
Observations	Frequency	Mode
Phase and Code	Double	Static
Elevation Cut-Off	Rejected Epochs	Fixed Ambiguities
7.5 degrees	0.00 %	97.11 %
		Estimation Steps
		30.00 sec
Antenna Model	APC to ARP	ARP to Marker
TRM55971.00 NONE	L1 = 0.057 m L2 = 0.058 m	H:0.087m / E:0.000m / N:0.000m

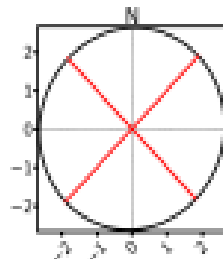
(APC = antenna phase center, ARP = antenna reference point)

Estimated Position for AYD12990.200

	Latitude (+n)	Longitude (+e)	Ell. Height
ITRF14 (2020.8)	37° 50' 26.61501"	27° 50' 16.38570"	101.819 m
Sigmas(95%)	0.002 m	0.002 m	0.008 m
A priori*	37° 50' 26.61515"	27° 50' 16.38338"	101.831 m
Estimated – A priori	-0.004 m	0.057 m	-0.011 m

95% Error Ellipse (mm)

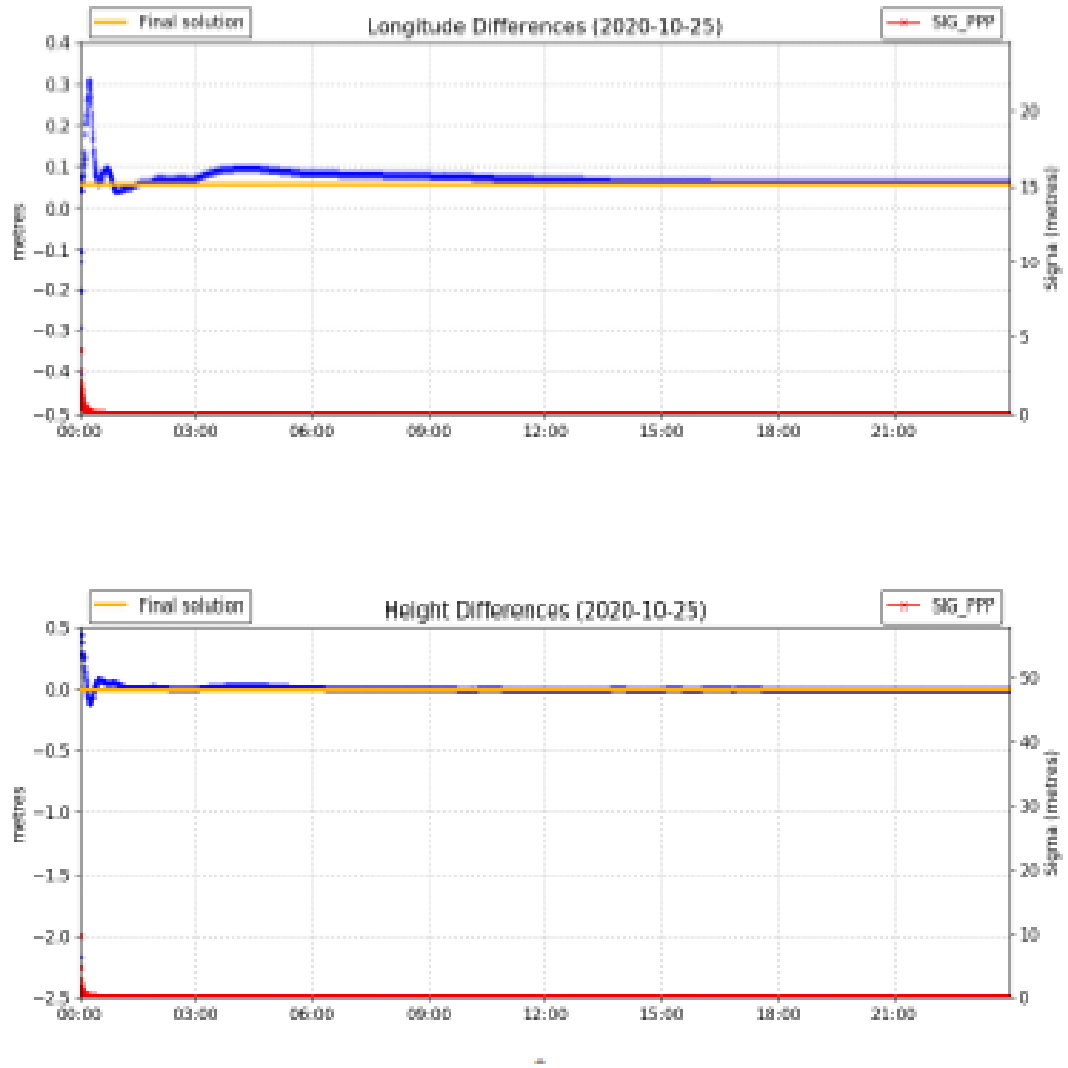
semi-major: 3 mm
semi-minor: 3 mm
semi-major azimuth: 45° 0' 0.0°



UTM (North)
Zone 35

4188474.232 m (N)
573723.533 m (E)
Scale Factors
0.99966694 (point)
0.99965097 (combined)

Şekil 5.2. CSRS-PPP Servisi AYD1 istasyonu sonuçları



Şekil 5.3. CSRS-PPP Servisi AYD1 istasyonu sonuç grafikleri örneği

6. TARTIŞMA

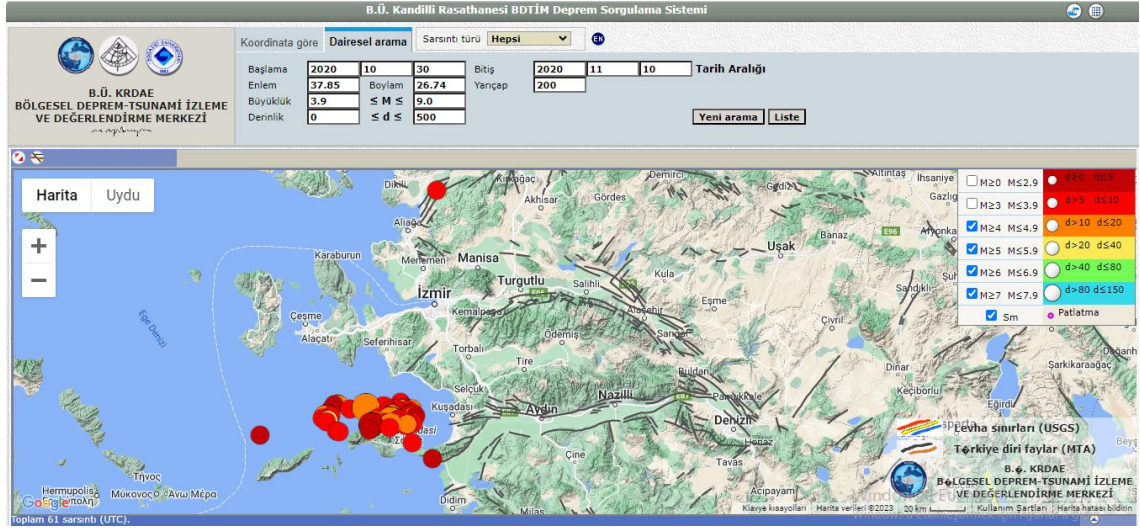
Bu bölümde TUSAGA-aktif istasyonlarının tekrarlı konum hesaplamaları ve deformasyon belirleme çalışmalarının işlem adımları anlatılacaktır. Sayısal sonuçlara göre elde edilen şekil ve grafikler yardımıyla deformasyon büyüklüklerinin anlamlılık testleri gerçekleştirilecektir.

6.1. Nokta Konum Hesaplamaları

30 Ekim 2020 tarihinde Sisam Adası açıklarında meydana gelen Ege Denizi Depremi merkez üssüne yakın 6 adet TUSAGA - Aktif istasyonun (AYD1, CSM, DIDI, IZMI, KIKA ve SALH) verileri kullanılmıştır. Deprem gününün 15 gün öncesinden başlayıp, 11 gün sonrasına kadar olan veriler ele alınmıştır. Bu tarihler yılın 289. ve 315. günleri arasına denk gelmektedir.

Deprem günü olan 30 Ekim 2020 verileri teqc yazılımı yardımıyla iki gruba bölünmüştür (304A ve 304B). Bölme işlemi yapılırken deprem saati olan 14.51 referans alınmış olup, öncesi 0.00 ile 14.30 (304A), sonrası 15.30 ile 23.59 (304B) zaman aralığı seçilmiştir. 304B zaman aralığı seçilirken 14.51 den itibaren denemeler yapılmış, anlamlı sonuçlar görülene kadar gidilerek 15.30 ve sonrası kullanılmıştır. 15.30'a kadar olan zaman aralığında görülen istenmeyen sonuçlara istasyon antenlerinde oluşan salınım hareketinin belli bir süre devam etmesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Deprem sonrası deformasyonları için incelemeye alınan gün sayısı seçilirken (Şekil 6.1.), Kandilli Rasathanesi Deprem Sorgulama Sistemi (KRDAE,2023) üzerinden merkez üssüne 200 km yarıçapında bölge ile 4.0-9.0 büyüklüğü filtrelenmiştir. Genellikle 4.0 ve altında büyüklüklerde depremler zayıf zeminlerde dahil deformasyona neden olmamaktadır (Burada deformasyonlar zemin yapısına göre değişiklik göstermektedir).



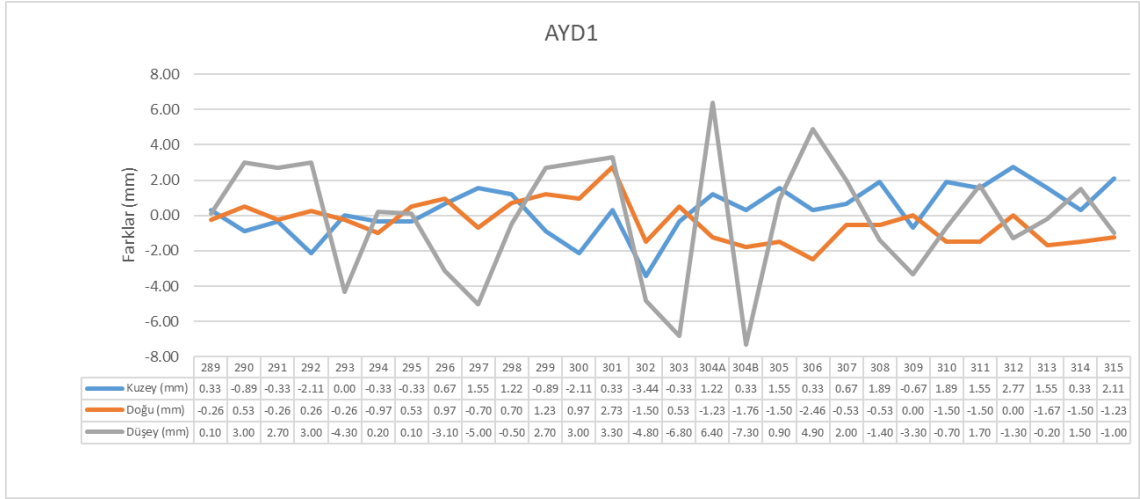
Şekil 6.1. B.Ü. Kandilli Rasathanesi BDTİM Deprem Sorgulama Sistemi filtrelemesi (KRDAE, 2023)

6.2. CSRS-PPP Servisi ile Yapılan Uygulama

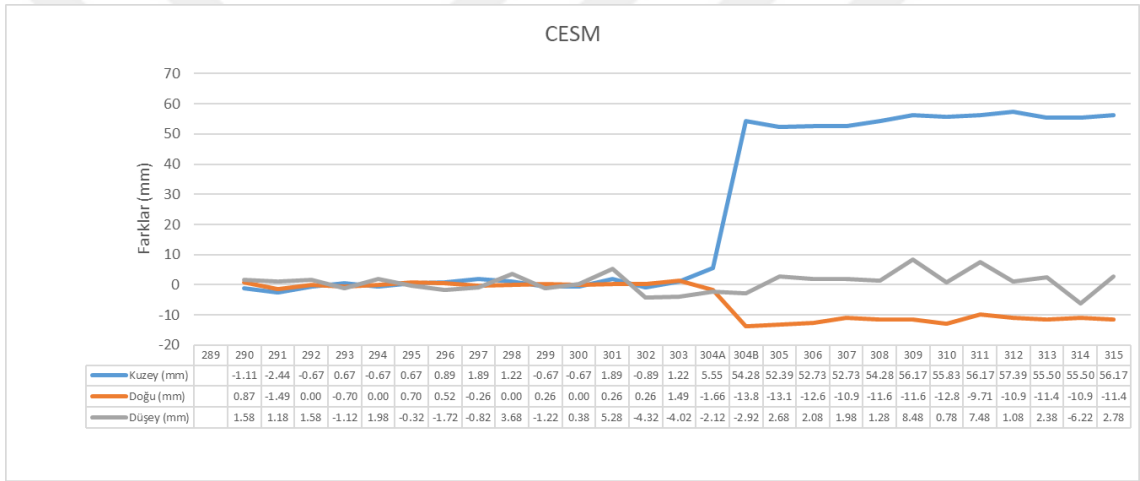
TUSAGA Aktif internet sitesinden indirilen istasyonlara ait RINEX verileri öncelikle CSRS-PPP internet adresine (CSRS-PPP, 2023) yüklenmiş, sonuçlar e-posta olarak alınmıştır. Sonuçlar, noktaların coğrafi koordinatlarını ve doğruluklarını içerir.

CSRS-PPP servisinden alınan coğrafi koordinatlar, C programlama dilinde geliştirilen bir yazılım yardımıyla toposentrik koordinatlara dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm yapılırken deprem saati öncesi veriler referans kabul edilmiştir.

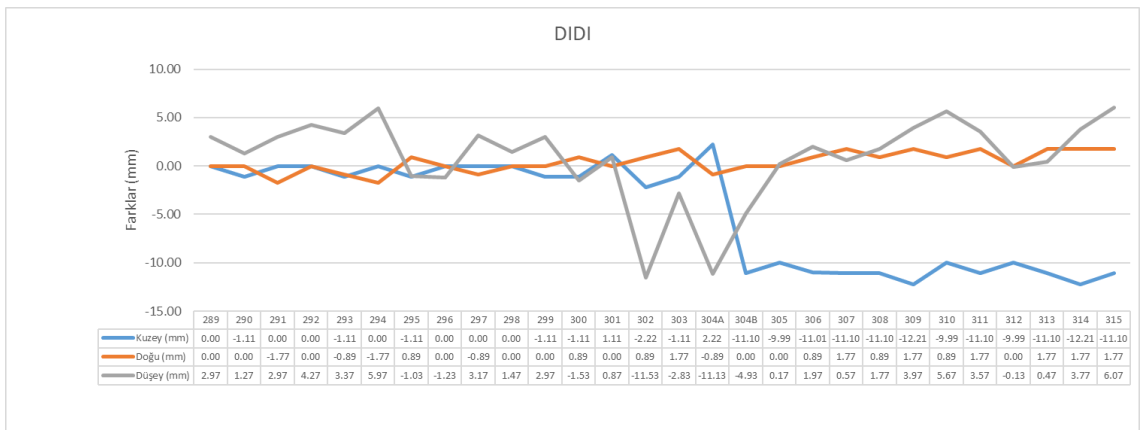
Grafiklerdeki (Şekil 6.2-6.7) ilk satır yılın 289-315. günlerini, 304A ve 304B ise deprem günü olan 30 Ekim 2020'yi göstermektedir. 2. 3. ve 4. satırlar sırasıyla kuzey, doğu ve düşey yöndeki yer değiştirmeleri göstermektedir. Diğer yandan, birçok denemeye rağmen CESM istasyonunda 289. gün için sonuçlar alınamamıştır. Deprem öncesi toposentrik koordinatların standart sapmaları eşitlik (6.1) ile hesaplanmış ve 'n' gün sayısı '16' alınmıştır.



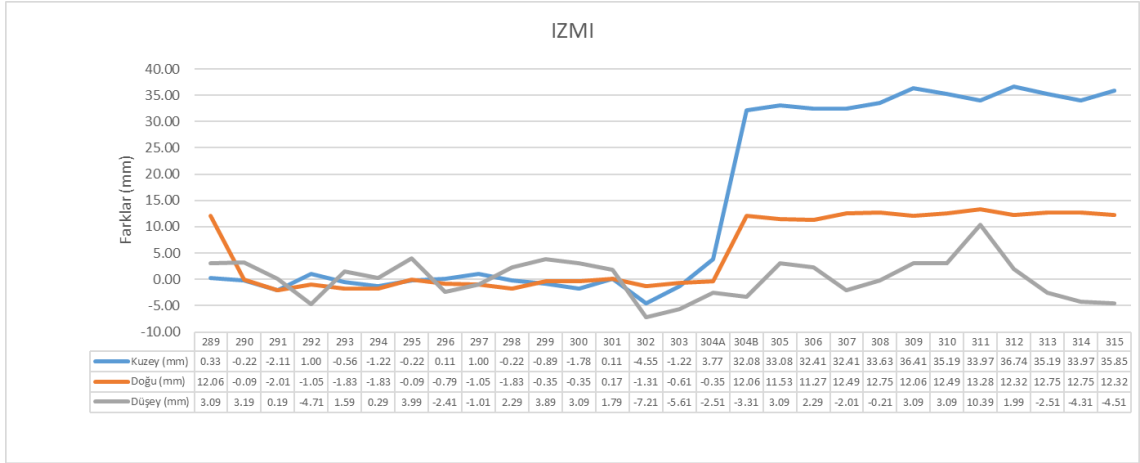
Şekil 6.2. Aydın istasyonu yer değiştirme grafiği



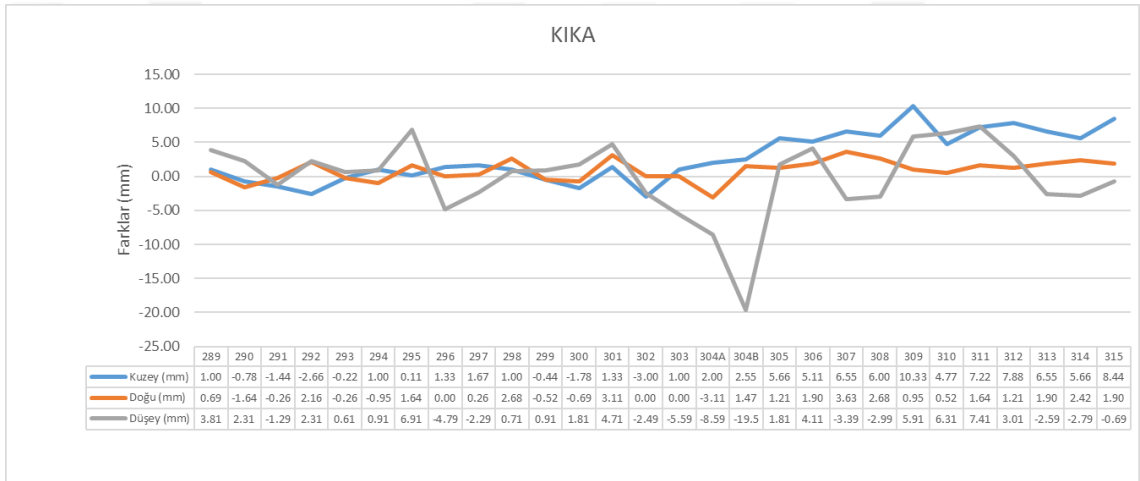
Şekil 6.3. Çeşme istasyonu yer değiştirme grafiği



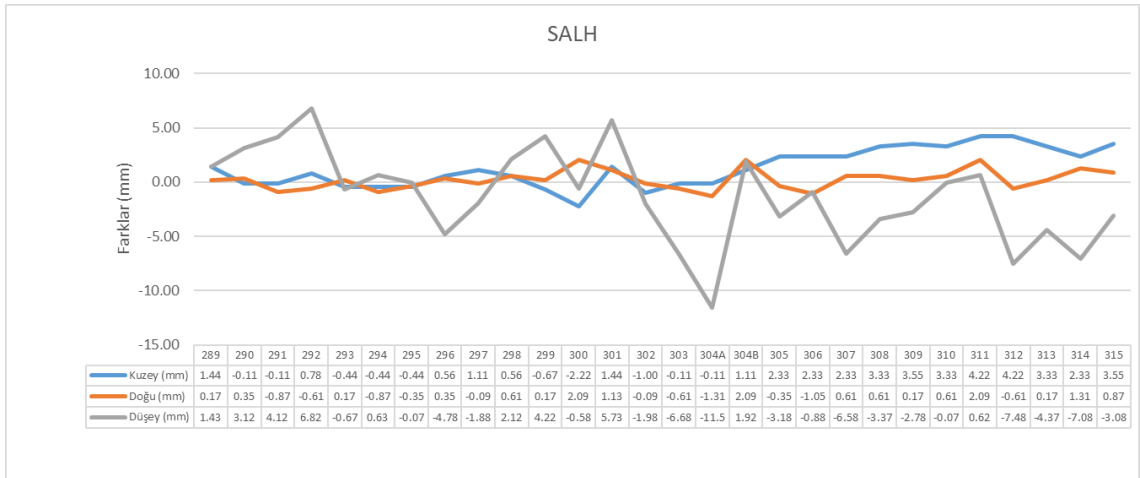
Şekil 6.4. Didim istasyonu yer değiştirme grafiği



Şekil 6.5. İzmir istasyonu yer değiştirme grafiği



Şekil 6.6. Kırkağaç istasyonu yer değiştirme grafiği



Şekil 6.7. Salihli istasyonu yer değiştirme grafiği

Deprem öncesi toposentrik koordinatların standart sapmaları,

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{n}} \quad (6.1)$$

ile hesaplanmıştır (Abbak, 2020, s. 33).

Deformasyonları belirlemek için güven aralığı kavramını kullanmak gerekir. Buna göre, μ değeri istasyonların her bir gün için hesaplanan kuzey, doğu ve düşey yöndeki beklenen değerleri olmak üzere,

$$P(\mu - 3\sigma < X < \mu + 3\sigma) = \%99 \quad (6.2)$$

eşitliği kabul edilebilir en büyük hatayı ifade eder (Abbak, 2020). Bu kapsamda kesin değerler güven aralığının dışına çıkarsa şüpheli ölçü kabul edilir. Böylece istasyon noktasının hareket ettiği yani deformasyona uğradığı anlamına gelir (Şanlıoğlu vd., 2019).

Çizelge 6.1’de istasyonların her biri için standart sapma değerlerinin 3 katı alınıp, yer değiştirme miktarlarından mutlak değerce en büyük olanları seçilip, maksimum fark olarak gösterilmiştir. Maksimum farkları, standart sapmasının 3 katından büyük olan istasyonlar: CESM, DIDI, IZMI, KIKA, SALH istasyonları olarak tespit edilmiş ve koyu renk ile gösterilmiştir. Buna göre CESM istasyonu kuzey, doğu ve düşey yönde, DIDI istasyonu kuzey yönde, IZMI istasyonu kuzey, doğu ve düşey yönde, KIKA istasyonu kuzey ve düşey yönde, SALH istasyonu kuzey yönde deformasyona uğramıştır.

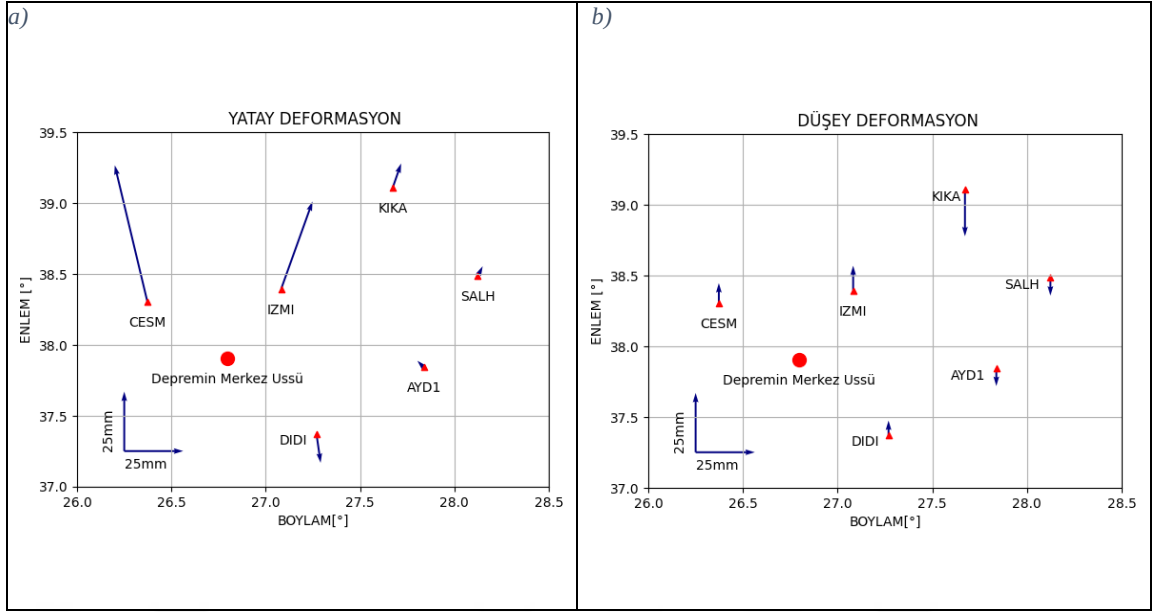
Çizelge 6.1. TUSAGA-Aktif istasyonlarının deprem öncesi yer değiştirmelerinin standart sapmaları ile deprem sonrası yer değiştirmelerinin maksimum farklarının karşılaştırılması [mm]

İstasyon kodu	3*Standart sapma σ			Maksimum farklar			Uzaklıklar (km)
	Kuzey	Doğu	Düşey	Kuzey	Doğu	Düşey	
AYD1	4.03	3.15	11.03	2.77	2.73	7.3	95
CESM	5.61	2.38	7.65	57.39	13.82	8.48	59
DIDI	3.22	2.82	14.54	12.21	1.77	6.07	71
IZMI	5.24	9.63	10.34	36.74	13.28	10.39	65
KIKA	4.53	4.68	11.67	10.33	3.63	19.59	159
SALH	2.77	2.43	13.84	4.22	2.09	7.48	138

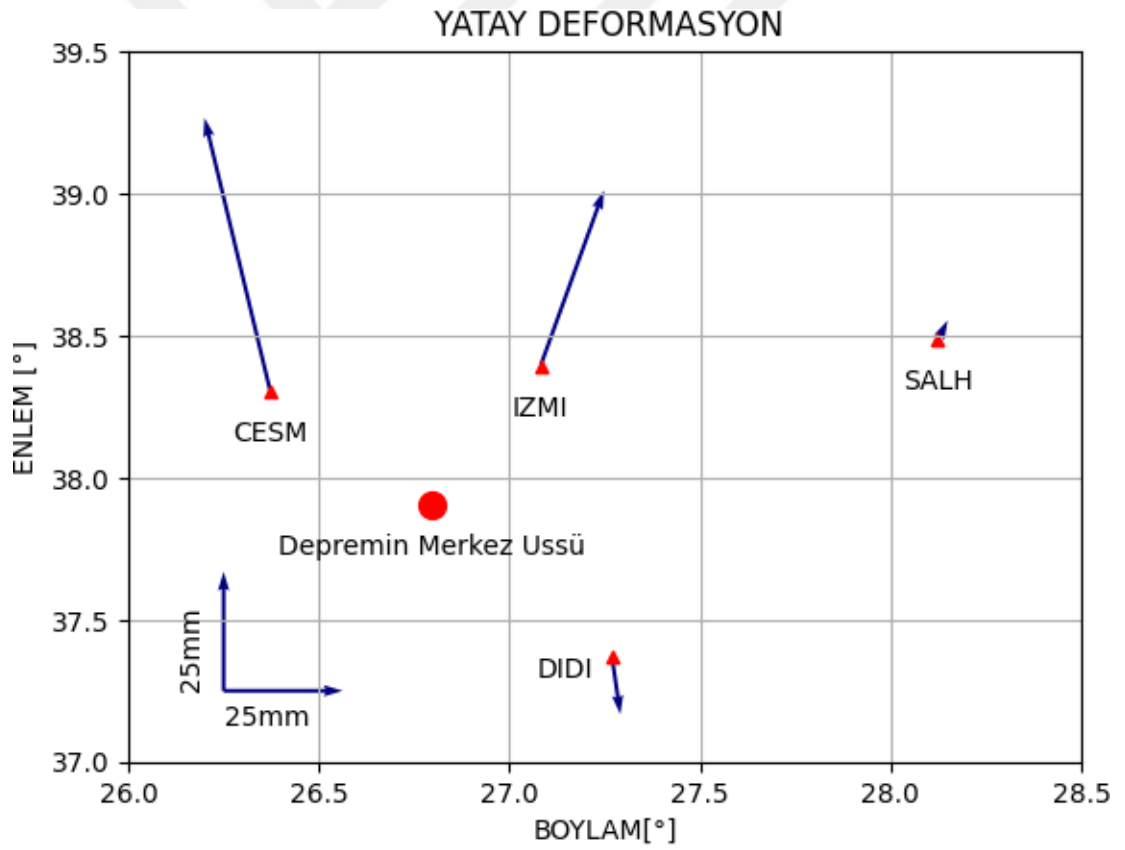
İstasyonlardaki hareketin anlamlı kabul edilebilmesi için, her bir istasyon özelinde deprem sonrası için belli bir yönde; işaretlerinin aynı, büyüklüklerinin yakın değerlerde olması gerekir (Şanlıoğlu vd. 2019). Buna göre CESM istasyonun kuzey ve doğu yönde sırasıyla yer değiştirmeleri 57.39 mm ve -13.82 mm olarak anlamlıdır. DIDI istasyonu kuzey yönde -12.21 mm deformasyon miktarı anlamlıdır. IZMI istasyonunda kuzey yönde 36.74 mm ve doğu yönde 13.28 mm deformasyon miktarı anlamlıdır. KIKA istasyonunda kuzey yöndeki deformasyon miktarları işaretçe aynı yönlü olsa da kendi içerisinde büyüklük olarak tutarlı olmadığından, düşey yönde ise hem işaret hem de büyüklük bakımından tutarlı olmadığından anlamlı kabul edilmemiştir. SALH istasyonu kuzey yöndeki 4.22 mm deformasyon miktarı anlamlıdır (Çizelge 6.2). Anlamlı yatay deformasyon vektörleri Şekil 6.9’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. TUSAGA- Aktif istasyonlarının anlamlı deformasyon miktarları (CSRS-PPP servisi) [mm]

İstasyon kodu	Kuzey	Doğu	Düşey
AYD1	2.77	-2.73	-7.3
CESM	57.39	-13.82	8.48
DIDI	-12.21	1.77	6.07
IZMI	36.74	13.28	10.39
KIKA	10.33	3.63	-19.59
SALH	4.22	2.09	-7.48



Şekil 6.8. TUSAGA Aktif istasyonlarının (a) yatay ve (b) düşey yönde deformasyon vektörleri



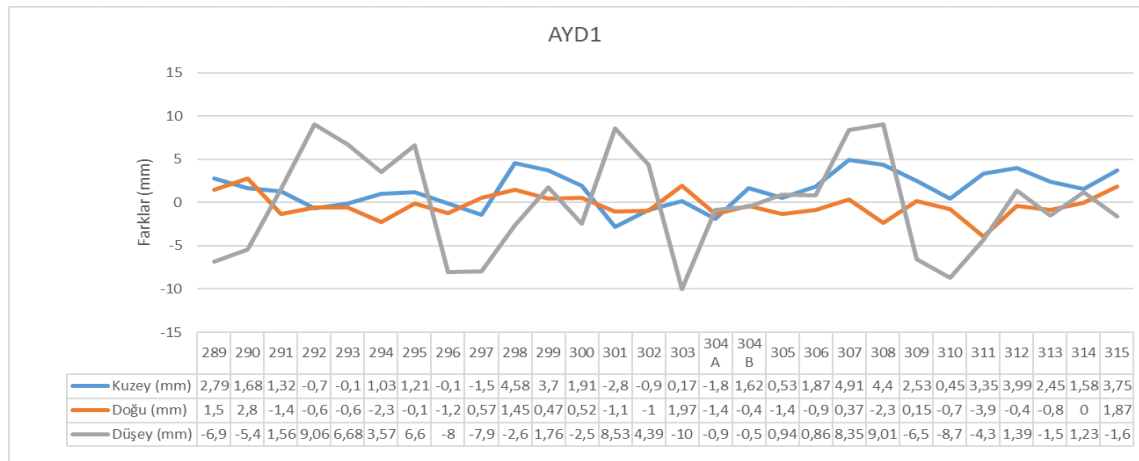
Şekil 6.9. TUSAGA Aktif istasyonlarının yatay yönde anlamlı deformasyon vektörleri

6.3. OPUS Servisi ile Yapılan Uygulama

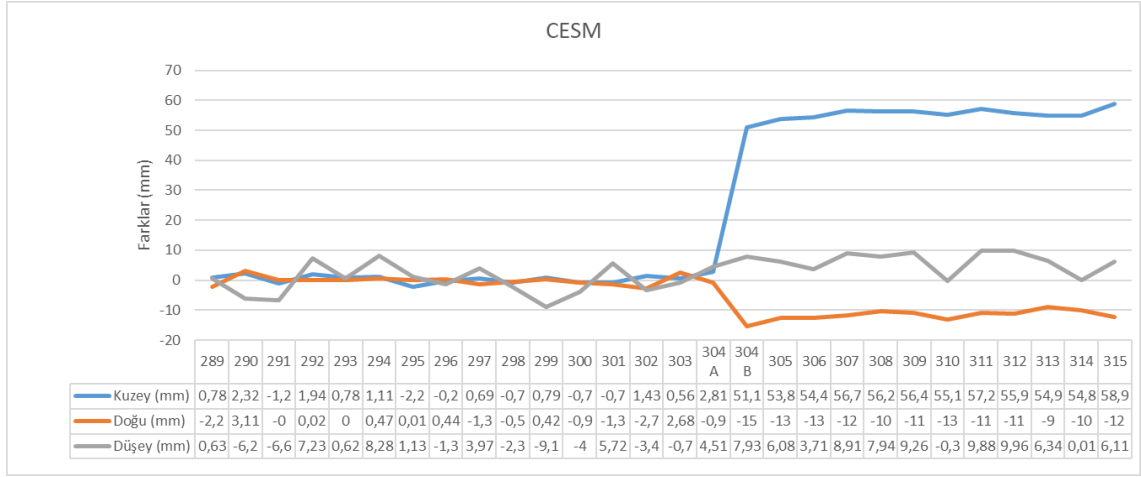
TUSAGA Aktif internet sitesinden indirilen istasyonlara ait RINEX verileri OPUS internet adresine (OPUS, 2023) yüklenmiş, sonuçlar e-posta olarak alınmıştır. OPUS servisi, koordinatlarını sabit olarak değerlendirdiği Türkiye ve çevresindeki; ISTA, TUBI, ANKR, SOFI, NICO, ORID olmak üzere 6 adet IGS istasyonunun verilerini kullanmıştır. Sonuçlar, noktaların kartezyen koordinatlarını ve doğruluklarını içerir.

OPUS servisinden alınan kartezyen koordinatlar yazarlar tarafından C dilinde geliştirilen bir başka yazılım yardımıyla toposentrik koordinatlara dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm yapılırken deprem saati öncesi veriler referans kabul edilmiştir. Buna göre hesaplanan tüm istasyonların konumlarının zaman serileri Şekil 6.10-6.15’ de gösterilmiştir.

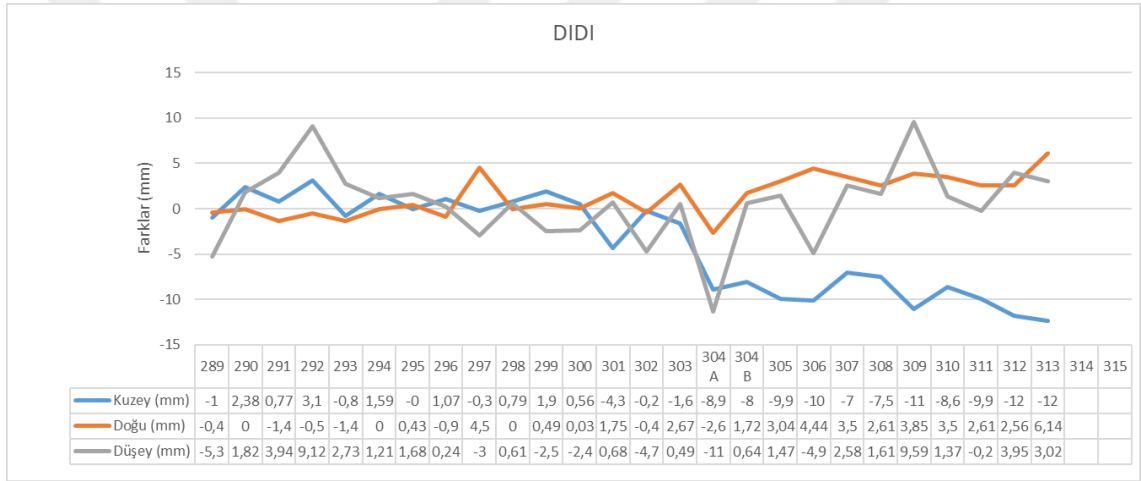
Diğer yandan, çeşitli denemelere rağmen DIDI istasyonunda 314. ve 315. günlerde OPUS servisinden sonuçlar alınamamıştır. Deprem öncesi toposentrik koordinatların standart sapmaları eşitlik (6.1) ile hesaplanmış ve ‘n’ gün sayısı ‘16’ alınmıştır.



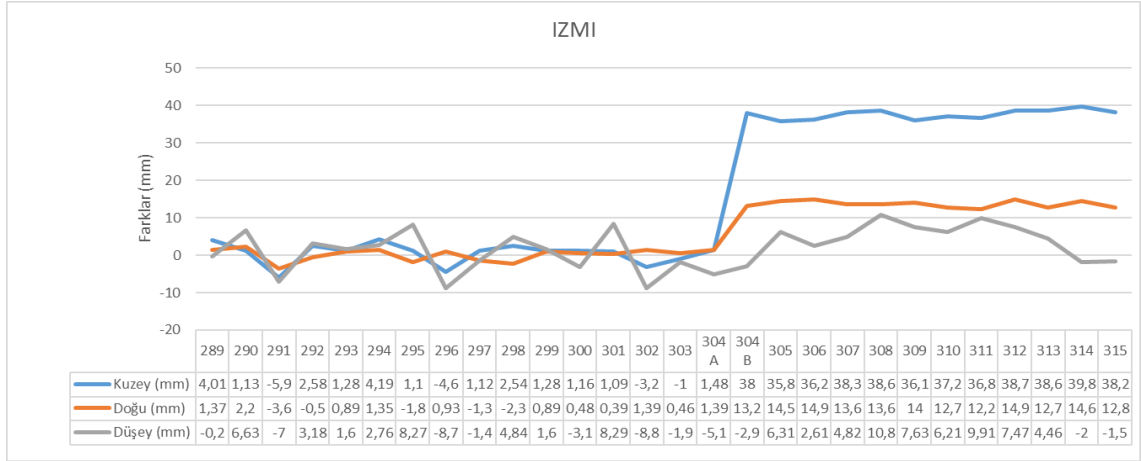
Şekil 6.10. Aydın istasyonu yer değiştirme grafiği



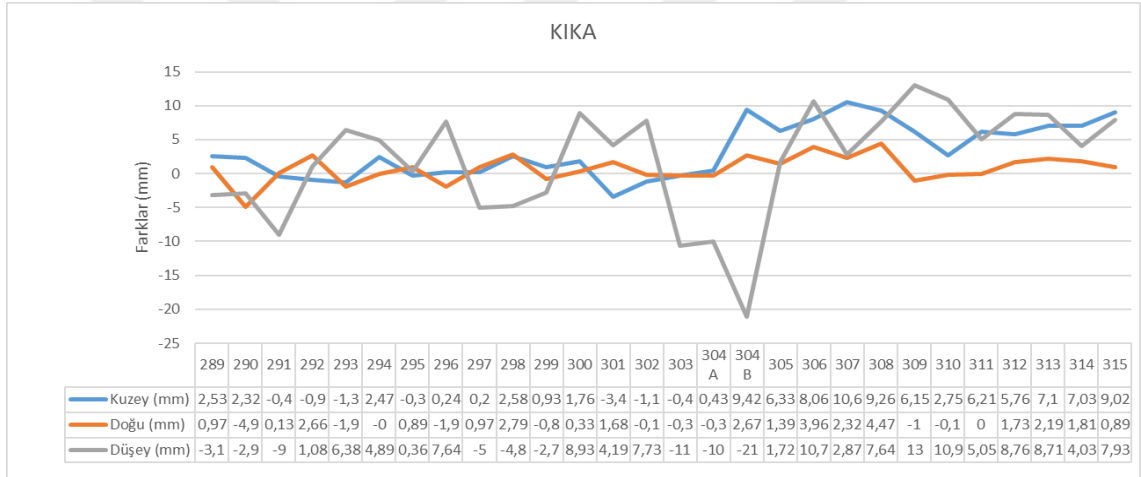
Şekil 6.11. Çeşme istasyonu yer değiştirme grafiği



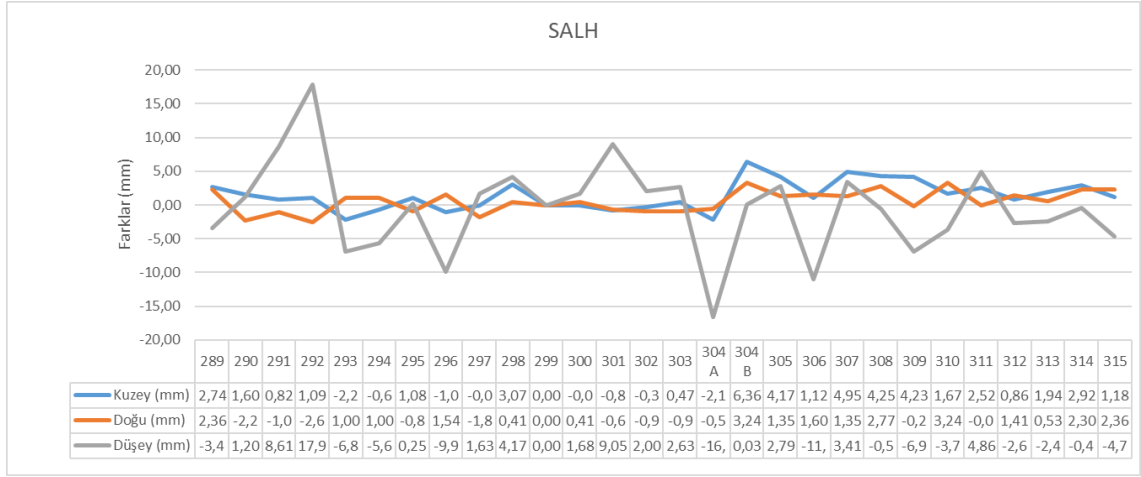
Şekil 6.12. Didim istasyonu yer değiştirme grafiği



Şekil 6.13. İzmir istasyonu yer değiştirme grafiği



Şekil 6.14. Kırkağaç istasyonu yer değiştirme grafiği



Şekil 6.15. Salihli istasyonu yer değiştirme grafiği

Çizelge 6.3. TUSAGA-Aktif istasyonlarının deprem öncesi yer değiştirmelerinin standart sapmaları ile deprem sonrası yer değiştirmelerinin maksimum farklarının karşılaştırılması [mm]

İstasyon kodu	(Standart sapma σ)*3			Maksimum farklar			Uzaklıklar (km)
	Kuzey	Doğu	Düşey	Kuzey	Doğu	Düşey	
AYD1	6.19	4.11	18.34	4.91	2.33	9.01	95
CESM	4.15	4.44	14.82	58.89	15.29	9.96	59
DIDI	8.44	4.92	13.30	12.38	6.14	9.59	71
IZMI	8.41	4.66	16.29	39.82	14.94	10.81	65
KIKA	5.01	5.41	19.12	10.55	4.47	21.10	159
SALH	4.41	4.09	23.44	6.36	3.24	11.05	138

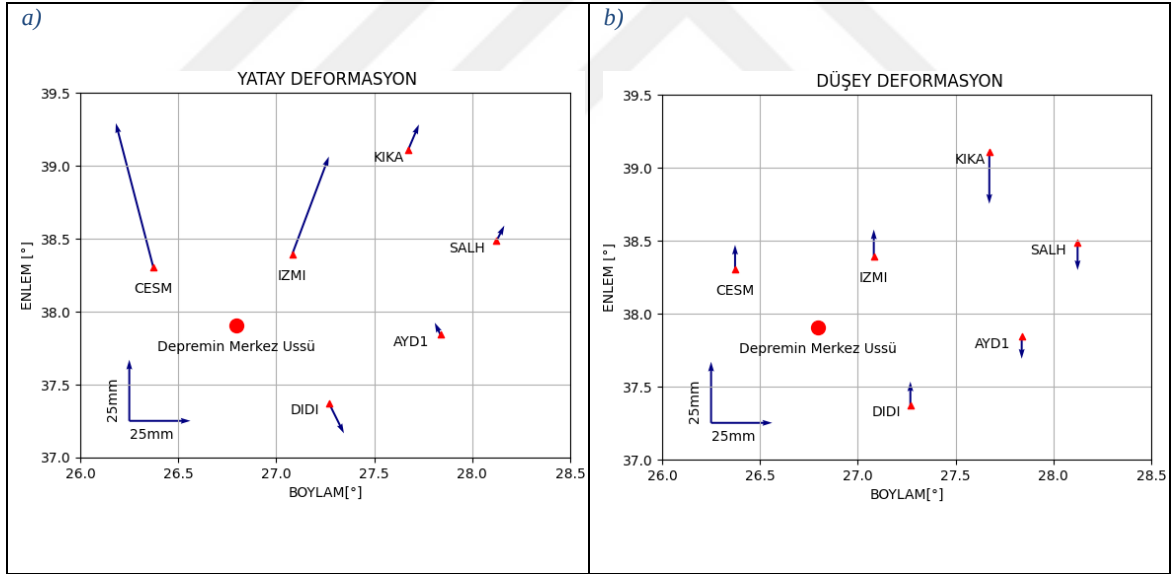
Çizelge 6.3'te istasyonların her biri için standart sapma değerlerinin 3 katı alınıp, yer değiştirme miktarlarından mutlak değerce en büyük olanları seçilip, maksimum fark olarak gösterilmiştir. Maksimum farkları, standart sapmasının 3 katından büyük olan istasyonlar: CESM, DIDI, IZMI, KIKA, SALH olarak tespit edilmiştir. Buna göre CESM istasyonu kuzey ve doğu yönde, DIDI istasyonu kuzey ve doğu yönde, IZMI istasyonu kuzey ve doğu yönde, KIKA istasyonu kuzey ve düşey yönde, SALH istasyonu kuzey yönde deformasyona uğramıştır.

İstasyonlardaki hareketin anlamlı kabul edilebilmesi için, yine önceden belirtilen kurala uygun olarak, her bir istasyonda deprem sonrası için belli bir yönde; işaretlerinin aynı, büyüklüklerinin yakın değerlerde olması gerekir (Şanlıoğlu vd. 2019). Buna göre CESM istasyonunun deformasyon miktarı kuzey yönde 58.89 mm, doğu yönde -15.29 mm olarak anlamlıdır. DIDI istasyonunda kuzey yönde -12.38 mm, doğu yönde 6.14 mm deformasyon miktarı anlamlıdır. IZMI istasyonunda kuzey yönde 39.82 mm, doğu

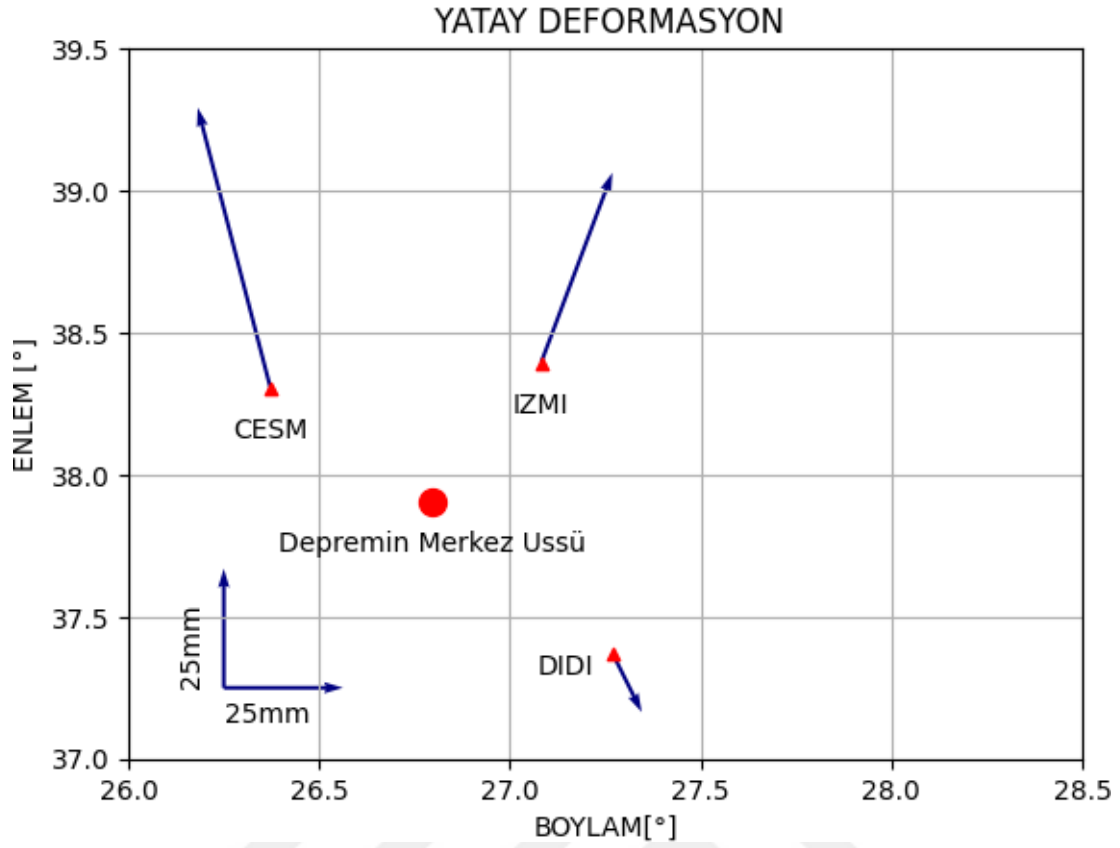
yönde 14.94 mm deformasyon miktarı anlamlıdır. KİKA istasyonunda kuzeyde büyüklükler yakın değerde olmadığından ve doğu yönde işaretler aynı olmadığından deformasyon anlamlı değildir. SALH istasyonu kuzey yönündeki deformasyon miktarı kendi içerisinde işaretleri aynı fakat büyüklükleri yakın olmadığından anlamlı kabul edilmemiştir (Çizelge 6.4). Anlamlı yatay deformasyon vektörleri Şekil 6.17’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. TUSAGA- Aktif istasyonlarının anlamlı deformasyon miktarları (OPUS servisi) [mm]

İstasyon kodu	Kuzey	Doğu	Düşey
AYD1	4.91	-2.33	-9.01
CESM	58.89	-15.29	9.96
DIDI	-12.38	6.14	9.59
IZMI	39.82	14.94	10.81
KİKA	10.55	4.47	-21.10
SALH	6.36	3.24	-11.05



Şekil 6.16. TUSAGA Aktif istasyonlarının (a) yatay ve (b) düşey yönde yer değiştirme vektörleri



Şekil 6.17. TUSAGA Aktif istasyonlarının yatay yönde anlamlı deformasyon vektörleri

6.4. TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Güncellenen Koordinatlarının İncelemesi

TUSAGA-Aktif internet sayfasında yayımlanan istasyon koordinatları verileri depremler, yer değişiklikleri gibi sebeplerle güncellenmektedir. Güncellemenin neden yapıldığı ile birlikte, deprem güncellemesi için, bir önceki koordinatlar da kullanıcılara sunulmaktadır. (Açıklama YD :Yer Değişikliği DPR :Deprem Güncelleme GNC : HGM Güncelleme)

Çizelge 6.5. Çeşme istasyonunun yayımlanan koordinat güncelleme örneği

44	CAVD	37 09 22.929375	29 41 24.588417	1130,4841	4422142,1279	2521339,2418	3831920,9944	-0,00200	0,00810	0,00030	
	CAV1	37 09 33.328868	29 41 18.770768	1109,9943	4422030,8001	2521110,5019	3832164,1695	-0,00400	0,00728	0,00275	YD 06.12.2012
	CAV2	37 09 25.523965	29 41 21.285805	1128,4628	4422139,1217	2521243,7058	3831983,5325	-0,00438	0,00666	-0,00024	YD 15.01.2021
45	CESM	38 18 13.735766	26 22 21.253449	52,4536	4490049,3498	2226201,2517	3931995,6507	0,00216	0,00667	-0,00955	
		38 18 13.737236	26 22 21.252954	52,4472	4490049,3254	2226201,2262	3931995,6823	0,00216	0,00667	-0,00955	DPR 30.10.2020
	CES1	38 19 27.516978	26 18 44.878796	78,2635	4491136,0510	2220873,6833	3933796,6674	0,00198	0,00640	-0,01020	GNC 02.10.2021

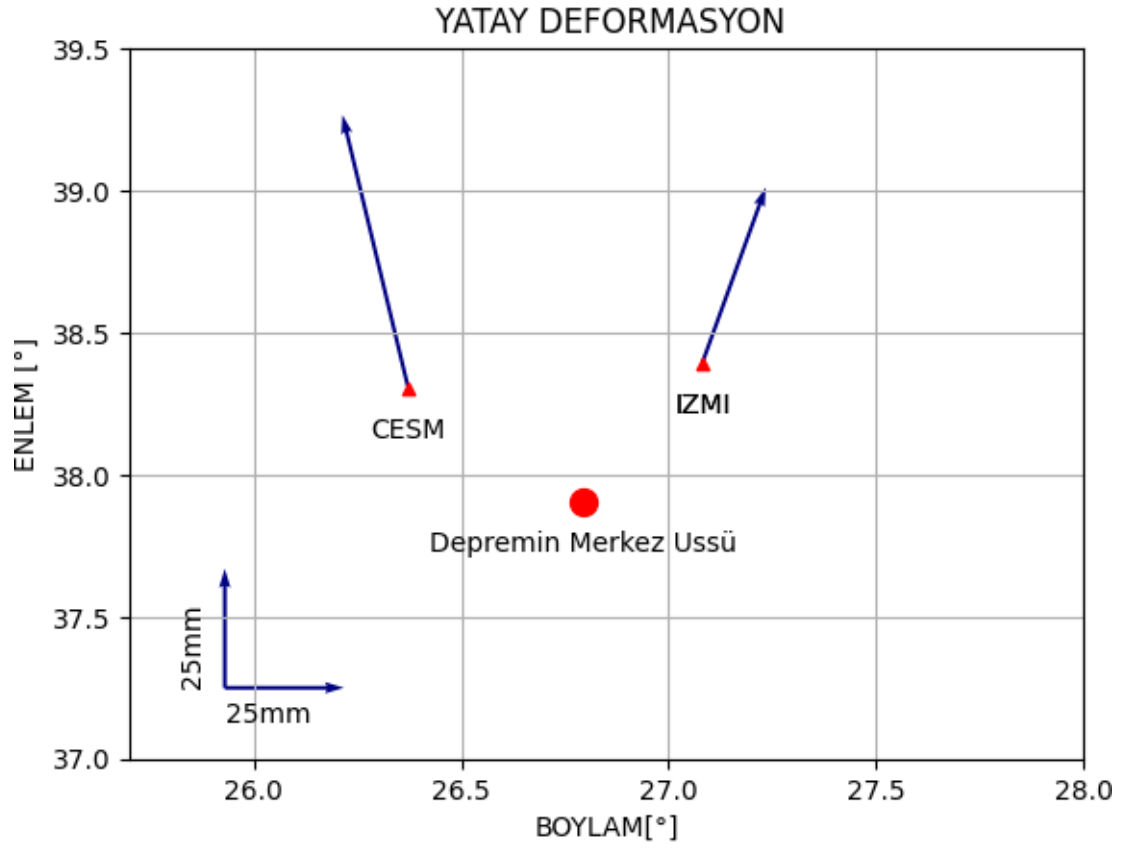
Çizelge 6.6. İzmir istasyonunun yayımlanan koordinat güncelleme örneği

93	ISPT	37 47 06.321726	30 34 01.119968	1032,1306	4346416,1949	2567083,3378	3887251,7391	-0,00656	0,00244	0,00158	
	ISP1	37 46 14.365847	30 34 03.172979	1070,0367	4347261,5123	2567640,9634	3886008,6532	-0,00656	0,00244	0,00158	YD 15.08.2021
94	ISTN	40 59 27.462292	28 49 53.882694	77,0522	4223661,0362	2325014,9789	4161716,1639	-0,01852	0,01663	0,00687	
95	IZMI	38 23 41.307468	27 04 54.559292	74,9336	4456584,3103	2278765,5250	3939930,8489	0,00094	0,00317	-0,00511	
		38 23 41.308458	27 04 54.559969	74,9350	4456584,2869	2278765,5315	3939930,8737	0,00094	0,00317	-0,00511	DPR 30.10.2020

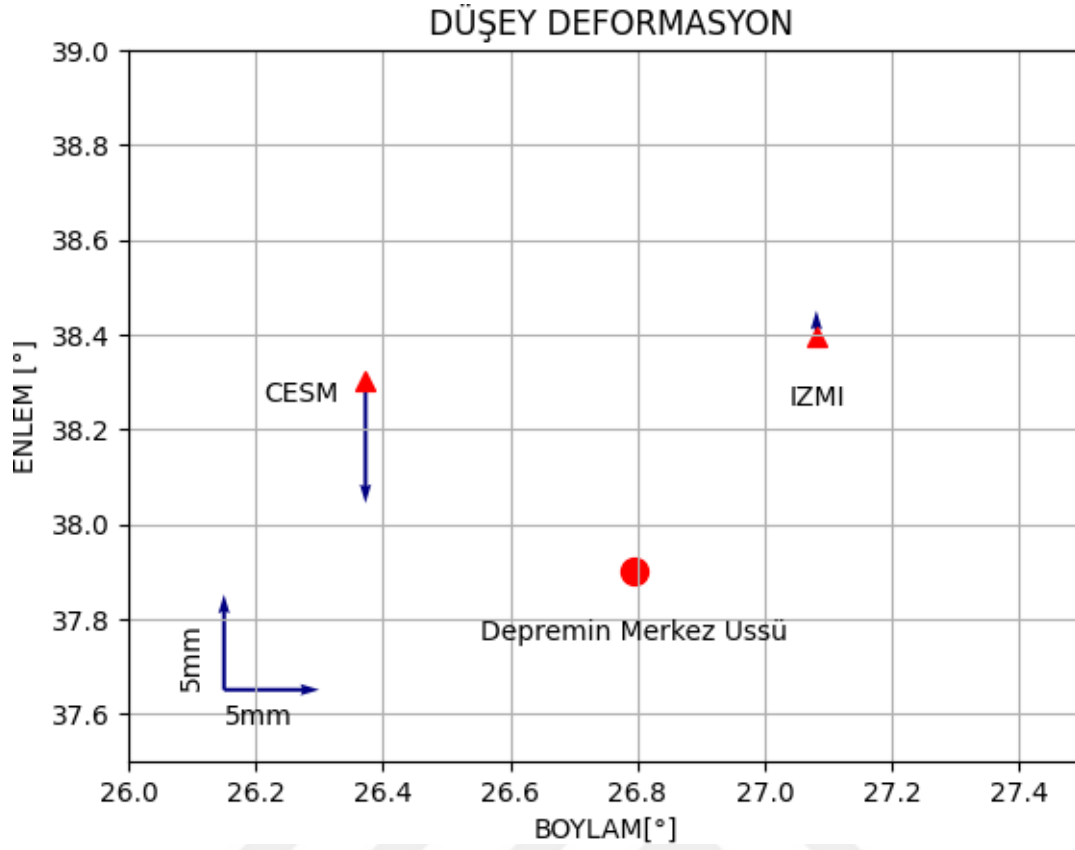
30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi nedeniyle koordinatlarında değişiklik yapılan CESM ve IZMI istasyonlarının kartezyen koordinatları deprem öncesi referans alınarak, aralarındaki farklar her iki istasyon için toposentrik koordinatlara (Kuzey, Doğu, Düşey) dönüştürülmüştür.

Çizelge 6.7. TUSAGA - Aktif istasyonlarının güncellenen koordinatlarının konum farkları [mm]

İstasyon Kodu	Kuzey	Doğu	Düşey
CESM	45.37	-12.01	-6.46
IZMI	30.54	16.44	1.39



Şekil 6.18 TUSAGA Aktif istasyonlarının güncellenen koordinatlarının yatay yönde deformasyon vektörü



Şekil 6.19. TUSAGA Aktif istasyonlarının güncellenen koordinatlarının düşey yönde deformasyon vektörü

Buna göre CSRS-PPP servisi yatay deformasyon vektörleri ile yatay yönlerde uyumlu, düşey yönde ise özellikle CESM istasyonunda uyumsuz bir görünüm sağlamıştır. OPUS servisi de CESM istasyonunda düşey yönde uyumsuz, yatay yönde her iki istasyon için de uyumludur.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

İnternet tabanlı GNSS servisleri jeodezik çalışmalar ve birçok disiplinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Kısa sürede, güvenilir, hassasiyeti yüksek sonuçlar vermeleri yer kabuğu hareketleri sonucu ortaya çıkan deformasyonların belirlenmesinde de oldukça kullanışlıdır.

30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi'nin, bölgede bulunan deprem merkez üssüne yakın TUSAGA Aktif istasyonlarına etkisi incelenmiştir. İstasyonların deprem öncesi 15 gün, deprem günü (ikiye ayrılmış), deprem sonrası 11 gün olmak üzere RINEX verileri CSRS-PPP ve OPUS servislerinde değerlendirilmiştir.

CSRS-PPP servisi sonuçlarına göre, kuzey yönde 57.39 mm anlamlı deformasyon miktarı ile depremden en çok CESM istasyonu etkilenmiştir. OPUS servisi sonuçlarına göre, kuzey yönde ortalama 58.89 mm anlamlı deformasyon miktarı ile depremden yine en çok CESM istasyonu etkilenmiştir. Dengeleme sonuçları kullanılan iki serviste de görüldüğü üzere depremin merkez üssüne en yakın konumda bulunan CESM istasyonu en çok etkilenen istasyon olmuştur. Benzer sonuçlar diğer bir çalışma kapsamında da elde edilmiştir (Bulut vd., 2021). TUSAGA-Aktif istasyonlarının güncellenen koordinat verilerinden elde edilen vektörlerde CESM ve IZMI istasyonları yatay yönde, hem CSRS-PPP hem de OPUS anlamlı deformasyon vektörleri ile uyumlu bir görünüm sağlamıştır.

30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi'ne, Sisam (Samos) Adası'nın kuzeyinden geçen Kuzey Sisam Fayı kaynaklık etmiştir. Bölgedeki deformasyonun nedeni Ege ve Anadolu üst kabuğunun kuzey-güney yönlü gerilmesidir (Dewey & Şengör, 1979; Şengör, 1982; Şengör vd., 1985). Çalışmada üretilen deformasyon vektörleri de incelendiğinde, Batı Anadolu Açılma Rejimi ile deformasyonların uyumlu olduğu görülmektedir.

7.2. Öneriler

Uydularla konum belirleme yöntemiyle deformasyon çalışmaları harita mühendisleri ve bu alanda çalışan akademik personel tarafından yapılmaktadır. Kaynak araştırmalarında görüldüğü üzere sadece servisler birbirleriyle ve benzer işlevdeki

akademik yazılımlarla karşılaştırılarak istatistiksel sağlama yapılmaktadır. Sonuçların bölgenin tektonik hareket yapısıyla uyumlu olup olmadığına dair bir sağlama çoğunlukla eksik kalmaktadır.

Sonuçların doğruluğu ve güvenilirliği farklı mühendislik dallarında eğitim alarak ya da ortak çalışma yapılarak değerlendirilmelidir.

GNSS servisleriyle deformasyon çalışmaları gerek koordinat dönüşümleri gerek grafik ve vektör çizimleri gibi dikkat gerektiren, oldukça kaba hata ihtimali barındıran bir süreçtir. Bu ihtimalleri ortadan kaldırmak ve Anadolu gibi sismik hareketliliğin yüksek olduğu bir bölgede kısa sürede yer kabuğu hareketlerinin sonuçlarının elde edilmesini sağlamak için servislerin istasyon sonuç dosyalarından okuyup, bir diğer dosyaya grafik, vektör ve tabloları yazan, bir yazılım geliştirilmesi gerekliliği doğmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbak, R. A. 2020, Hata Kuramı ve Parametre Kestirimi, Atlas Akademi Yayıncılık, Genişletilmiş 2. Baskı, Konya.
- AFAD, 2020. 30 Ekim 2020 Ege Denizi, Seferihisar (İzmir) Açıkları (17,26 Km) Mw 6.6 Depremine İlişkin Ön Değerlendirme Raporu, *T.C. İÇİŞLERİ BAKANLIĞI Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı*, Ankara.
- AFAD, 2023. 06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan (Kahramanmaraş) Mw: 7.7 – Mw: 7.6 Depremleri Raporu. 140 s.
- Aksoy, R. (2023). Levha tektoniği ders notları. Konya Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Alkan, M. Ozulu, M. İ., İlçi, V., 2017, Klasik GNSS Veri Değerlendirme Yazılımlarına Alternatif Olarak Web-tabanlı Online Değerlendirme Servisleri, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 17 (2017) 025502, Afyon, 603-619.
- Arıkan, D. ve Abbak, R. A., 2019, Elipsoidal yükseklik değişiminin hassas nokta konumlamaya etkisi. *Afyon 432 Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2019(1), 140-151.
- Bahadır, B. ve Üstün, A., 2014, İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri, *Harita Dergisi Temmuz 2014 Sayı 152*, Ankara, 40-50.
- Başkan, G., 2018, Karakoçan ve Halepçe Depremlerinin Tusaga-Aktif İstasyonlarına Etkilerinin Web Tabanlı GNSS Servisiyle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- BDTİM, 2020, 30 Ekim 2020 Ege Denizi Depremi, *B. Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE. Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi*, İstanbul.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a Synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Bulut, F., Doğru, A., Yaltırak, C., Yalvaç, S., & Elge, M. (2021). Anatomy of October 30, 2020, Samos (Sisam)-Kuşadası 438 earthquake (MW 6.92) and its influence on Aegean earthquake hazard, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 30(4), 439 425-435.
- CSRS-PPP-Canadian Spatial Reference System-Precise Point Positioning Service. <https://webapp.geod.nrcan.gc.ca/geod/tools-outils/ppp.php> [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2023].
- Dewey, J. F., ve Şengör, A.M.C. (1979). Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics 445 in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90(1), 84-92.

- Konakoğlu, B. ve Akar A., Ağustos 2020, Sivrice-Elazığ Depreminin TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Konumlarına Olan Etkisinin Web Tabanlı GPS Yazılımları İle İrdelenmesi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2020, 13(2), Erzincan, 693-718.
- KRDAE-Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/> [Ziyaret Tarihi: 20 Ocak 2023].
- Maraş, S. S., 2010, Web Tabanlı Otomatik GPS Veri İşleme Sistemi Tasarımı, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- OPUS-Online Positioning User Service. <https://www.ngs.noaa.gov/OPUS/index.jsp> [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2023].
- Özel, E., Çifçi, G., Uluğ, A., Duman, M., Sözbilir, H., İlhan, T., Pekçetinöz, B., Kaşer, N., 2005, İzmir Körfezi' nin Aktif Faylarının Araştırılması Amacıyla Derin (48 Kanal – Sayısal) Ve Yüksek Ayrımlılıklı Sismik Çalışmalar Ve Çok Kanallı Derinlik Ölçümleri (Multibeam) Ve Değerlendirilmesi, *Türkiye Ulusal Jeodezi Ve Jeofizik Birliği (TUJJB) TUJJB-UDP-02-06*, İzmir.
- Pamukçu, O., Gönenç, T., Yurdakul, A., Kahveci, M., 2013, Sismik Riski Yüksek Olan İzmir-Karaburun'un Güneyinde Yapılmış Mikrogravite Ve GPS Çalışmaları, *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Jeofizik*, 2013, 18, İzmir, 59-66.
- Şanlıoğlu, İ., Başkan, G., Zeybek, M., 2019, Elazığ-Karakoçan Depreminin TUSAGA-Aktif İstasyonlarına Etkisi, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 18(2), Konya, 45-67.
- Şengör, A. M. C., (1982). Ege'nin neotektonik evrimini yöneten etkenler. Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli, *Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 59-71.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., & Şaroğlu, F., (1985). Strikeslip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Special Publication, 227- 264.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., Imren, C., Sakinç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., & Rangin, C. (2005). The North Anatolian Fault: A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 33, 37-112. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.32.101802.120415>
- Şimşek, M. (2019a). *Yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde internet tabanlı GPS servislerinin doğruluk analizi* [Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Şimşek, M., Özarpacı, S., & Doğan, U. (2019b). Yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesinde web tabanlı çevrimiçi GNSS servislerinin performans analizi. *Geomatik Dergisi*, 4(2), 147-159.

Subaşı, H. K. ve Alkan, M., 2011, İnternet Tabanlı GPS Değerlendirme Servislerinin Doğruluk Analizi: İstanbul Örneği, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 1822 Nisan 2011*, Ankara.

TUSAGA-Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı. <https://www.tusaga-aktif.gov.tr> [Ziyaret Tarihi: 4 Şubat 2023].

WESTAWAY, ROB (2003) "Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated," *Turkish Journal of Earth Sciences*: Vol. 12: No. 1, Article 2. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/earth/vol12/iss1/2>

Wikipedia.https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:Anatolian_and_Arabic_Plate.jpg#fileli_nks [Ziyaret Tarihi: 15 Nisan 2024].

Yalvaç, S. (2020a). Hassas nokta konumlama yönteminin kabuk deformasyonu belirleme çalışmalarında kullanılabilirliğinin araştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(3), 695-701.

Yalvaç, S. (2020b). 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.

Yıldırım, Ö., Mekik, Ç., Bakıcı, S., 2011, TUSAGA-AKTİF(CORS-TR) Sisteminin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 2011/2 Özel Sayı*, 134-139.