



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**6 ŞUBAT 2023 TARİHLİ KAHRAMANMARAŞ
DEPREMLERİNİN NEDEN OLDUĞU
GERİNİMLERİN TUSAGA AKTİF
İSTASYONLARI İLE BELİRLENMESİ**

Eda ÖZER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Eda ÖZER tarafından hazırlanan “6 Şubat 2023 Tarihli Kahramanmaraş Depremlerinin Neden Olduğu Gerinimlerin TUSAGA Aktif İstasyonları İle Belirlenmesi” adlı tez çalışması 19/06/2025 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. Ayhan CEYLAN
(Üniversitesi)

.....

Danışman

Prof. Dr. Cevat İNAL
(Konya Teknik Üniversitesi)

.....

Üye

Doç. Dr. Fuat Başçiftçi
(Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi)

.....

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

Eda ÖZER

Tarih: 19/06/2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

6 ŞUBAT 2023 TARİHLİ KAHRAMANMARAŞ DEPREMLERİNİN NEDEN OLDUĞU GERİNİMLERİN TUSAGA AKTİF İSTASYONLARI İLE BELİRLENMESİ

Eda ÖZER
Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cevat İNAL

2025, 81 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Cevat İNAL
Doç. Dr. Fuat BAŞÇİFTÇİ

Türkiye sismik olarak aktif bir bölgedir. Bu durum ülkemiz üzerinde sıklıkla depremlerin olmasına neden olmaktadır. Ülkemizin sismik olarak aktif olması ve depremlerin sıklığı birçok bilim insanının dikkatini çekmektedir. Jeodezik ölçme yöntemlerinden biri olan GNSS (Global Navigation Satellite Systems) sayesinde meydana gelen depremlere bağlı değişimler hesaplanabilmekte ve gerinim analizi yapılabilmektedir.

Bu çalışmada 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinin sebep olduğu gerinimlerin TUSAGA-AKTİF istasyonları kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 21 adet TUSAGA-AKTİF istasyonuna ait deprem öncesi ve sonrası olmak üzere toplam 30 günlük 24 saatlik RINEX verileri kullanılmıştır. Bu veriler GAMIT/GLOBK, AUSPOS ve Trimble RTX yazılımları ile değerlendirilmiş ve elde edilen koordinat verileri üzerinden iki boyutlu gerinim analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesi 28 adet üçgenlere ayrılmış ve her bir üçgen için gerinim analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında en çok gerinimin EKZ1-MAR1-ANTE ve EKZ1-ANTE-MLY1 üçgenlerinde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni EKZ1, MAR1, ANTE ve MLY1 istasyonlarının depremlerin merkez üssüne oldukça yakın olmasıdır. Yine nokta koordinatlarındaki değişim dikkate alındığında en büyük değişimin sırasıyla EKZ1, MLY1, MAR1, ANTE ve TUF1 istasyonlarında olduğu görülmüştür. Bu durum dikkate alınarak her bir istasyon referans noktası olarak seçilmiş ve bu noktaya bağlı doğrultular dikkate alınarak ilgili nokta için gerinim parametreleri hesaplanmıştır. Farklı yazılımlarla hesaplanan parametreler üçgenlere ayırma yönteminde olduğu gibi birbirleriyle uyum içindedir. Ayrıca GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen deprem öncesi ve deprem sonrası istasyon noktalarının jeodezik koordinatlarından yer değiştirmeler hesaplanmıştır. En büyük yer değiştirmelerin EKZ1, MLY1, MAR1, ANTE ve TUF1 istasyonlarında olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: AUSPOS, Gerinim Analizi, GAMIT/GLOBK, Trimble RTX, TUSAGA-AKTİF

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF STRAINS CAUSED BY THE KAHRAMANMARAŞ EARTHQUAKES OF 6 FEBRUARY 2023 WITH CORS-TR

Eda ÖZER

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering

Advisor: Prof. Dr. Cevat İNAL

2025, 81 Pages

Jury
Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Cevat İNAL
Doç. Dr. Fuat BAŞÇİFTÇİ

Turkey is a seismically active region. This situation causes earthquakes to occur frequently in our country. The seismic activity of our country and the frequency of earthquakes attract the attention of many scientists. Thanks to GNSS (Global Navigation Satellite Systems), one of the geodetic surveying methods, changes due to earthquakes can be calculated and strain analysis can be performed.

In this study, it is aimed to determine the strains caused by the Kahramanmaraş earthquakes that occurred on February 6, 2023 using TUSAGA-AKTİF stations. For this purpose, a total of 21 TUSAGA-AKTİF stations' pre and post-earthquake 24 hour RINEX data for a total of 30 days were used. These data were evaluated with GAMIT/GLOBK, AUSPOS and Trimble RTX software and two-dimensional strain analysis was performed on the coordinate data obtained. The study area was divided into 28 triangles and strain analysis was performed for each triangle. The results of the analysis show that the highest strain is observed in the EKZ1-MAR1-ANTE and EKZ1-ANTE-MLY1 triangles. This is because EKZ1, MAR1, ANTE and MLY1 stations are very close to the epicenter of the earthquakes. Again, when the change in point coordinates is taken into consideration, it is seen that the biggest changes are observed at EKZ1, MLY1, MAR1, ANTE and TUF1 stations, respectively. Considering this situation, each station was selected as a reference point and the directions connected to this point were taken into account. The parameters calculated with different software are consistent with each other, as in the triangulation method. In addition, displacements were calculated from the geodetic coordinates of pre-earthquake and post-earthquake station points obtained with the GAMIT/GLOBK software. The largest displacements were observed at the EKZ1, MLY1, MAR1, ANTE, and TUF1 stations.

Keywords: AUSPOS, Strain Analysis, GAMIT/GLOBK, Trimble RTX, CORS-TR

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca anlayışlı davranan, bilgilerini esirgemeyen, her konuda yardımcı olan, kendisiyle çalışmaktan mutluluk duyduğum saygıdeğer hocam sayın Prof. Dr. Cevat İNAL' a teşekkür ederim.

Seminer çalışmam boyunca her türlü sorularıyla ilgilenen, pozitif enerjisi ve güler yüzüyle karşılaştığım problemlerin çözümünde yardımcı olan Doç. Dr. Sercan BÜLBÜL' e teşekkür ederim.

Her yardıma ihtiyaç duyduğumda yardımcı olmaya çalışan arkadaşım Nevriye GÜL'e teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde büyük emeği olan annem Emine ÖZER ve babam Ekrem ÖZER' e, beni her zaman anlayan ve bana karşı sabırlı davranan kardeşim Tahir ÖZER' e sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak hayatıma girdiği günden beri her zaman ve her konuda en büyük destekçim olan nişanlım Olcay SALİHOĞLU' na ayrıca teşekkür ederim.

Eda ÖZER
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

| | |
|---|-------------|
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT | v |
| ÖNSÖZ | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | viii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. Kaynak Araştırması | 3 |
| 1.2. Tezin Bölümleri..... | 14 |
| 2. TÜRKİYE’NİN TEKTONİK YAPISI | 16 |
| 2.1. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) | 18 |
| 3. JEODEZİK VERİLERDEN GERİNİM ANALİZİ | 20 |
| 3.1. Gerilim | 21 |
| 3.2. Gerinim | 22 |
| 3.3. Gerinim Analizi | 23 |
| 4. AUSPOS, TRIMBLE RTX VE GAMIT GLOBK GNSS DEĞERLENDİRME YAZILIMLARI | 29 |
| 4.1. AUSPOS (Australian Online GPS Processing Service) | 30 |
| 4.2. TRIMBLE RTX..... | 33 |
| 4.3. GAMIT/GLOBK | 37 |
| 5. UYGULAMA | 39 |
| 6. SONUÇLAR | 73 |
| 6.1 Sonuçlar | 73 |
| 6.2 Öneriler | 75 |
| 7. KAYNAKLAR | 77 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| e_i | : Gerilme Tensör Elemanları |
| E | : Elastisite Modülü |
| ε_i | : Birim Uzunluktaki Değişim |
| φ | : Maksimum Asal Gerinim Yönü |
| Δ | : Dilatasyon |
| γ_1 | : Saf Kesme Gerilmesi |
| γ_2 | : Mühendislik Kesme Gerilmesi |
| γ | : Toplam Kesme Gerilmesi |
| ε_{\max} | : Maksimum Asal Gerilme |
| ε_{\min} | : Minimum Asal Gerilme |
| S' | : Değişen Kenar Uzunluğu |
| S | : Orijinal Kenar Uzunluğu |
| Δt | : Zaman Aralığı |
| α | : Semt Açısı |

Kısaltmalar

| | |
|-------------|--|
| AUSPOS | : Australian Online GPS Processing Service |
| CMONOC | : Crusta Movement Observation Network Of China |
| CORS-TR | : Continuously Operating Reference Stations-Turkey |
| CSRS-PPP | : Canadian Spatial Reference System- Precise Point Positioning Service |
| DORIS | : Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite |
| EHS | : Eastern Himalayan Syntaxis |
| ESA | : European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı) |
| GAMIT/GLOBK | : GNSS at MIT/Global Kalman Filter |
| GATGA | : Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı |
| GIPS/OASIS | : GNSS-Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software Package |
| GLONASS | : Russian Global Navigation Satellite System |
| GNSS | : Global Navigation Satellite Systems (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) |
| GPS | : Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi) |
| IGS | : International GNSS Service (Uluslararası GNSS Servisi) |
| ITRF | : International Terrestrial Reference Frame (Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi) |

| | |
|--------------|--|
| KAF | : Kuzey Anadolu Fayı |
| KAFZ | : Kuzey Anadolu Fay Zonu |
| KF | : Karasu Fayı |
| KOF | : Karataş-Osmaniye Fayı |
| MAGNET | : Marmara Sürekli GPS Ağı |
| NGII | : National Geographic Information Institute (Kore) |
| OPUS | : Online Positioning User Service |
| ÖDFZ | : Ölü Deniz Fay Zonu |
| RINEX | : Receiver Independent Exchange (Alıcıdan Bağımsız Veri Değişim Formatı) |
| SEY | : Sonlu Elemanlar Yöntemi |
| TRIMBLE RTX | : CentrePoint RTX Post-Processing |
| TUSAGA-AKTİF | : Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı |
| VİDA | : Veri İndirme ve Değerlendirme Algoritması |



1. GİRİŞ

Yeryüzündeki gerilmelerin, depremlere yol açan yeryüzü hareketlerinin boyutları, yönü, konumu ve deformasyon araştırmaları hakkındaki bilgilerin edinilmesinde jeodezik ölçme yöntemleri yaygın olarak kullanılıp güvenilir sonuçlar sağlama özelliğine sahiptir. Jeodezik ölçme yöntemleri arasında yer alan GNSS (Global Navigation Satellite Systems) diğer yöntemlere göre daha ekonomik, hızlı ve yüksek doğrulukta verilerin elde edilmesini sağlamaktadır. Aktif fayların çevresinde bulunan GNSS istasyonlarının izlenmesi ile elde edilen veriler deformasyon ve gerinim araştırmalarının yapılmasında önemli olmaktadır (Selendi, 2011) .

Gerinim analizi, deformasyon ölçmelerinde, jeodezik verilerin incelenmesinde kullanılan önemli bir yöntemdir. Deforme olmuş alanlardaki gerinim hesapları sayesinde gerinim miktarı ve gerinim boşanım süresinin belirlenmesiyle, gerinimlerin oluşturduğu deformasyonun nasıl ve ne şekilde meydana geldiği belirlenebileceği gibi olası doğal afetlerin önceden tahmin edilip tedbir alınmasında da yardımcı olur. Bu tür gerinim analizleri sayesinde, deprem ve heyelan gibi doğal afetlere neden olan gerinim miktarlarının belirlenmesi ve önceden tahmin edilmesi ile bu afetler sonucunda yaşanabilecek yaşam ve mal kayıplarının önüne geçilmesi sağlanmaktadır (Kıranlıoğlu, 2006).

Deformasyon araştırmaları kapsamında yeryüzündeki gerilmelere ve sarsıntılara yol açan küçük değişiklikler yeryüzü hareketlerinin konumu, boyutu ve büyüklüğü belirlenmektedir. Bu amaçla uygulanan jeodezik yöntemlerde, arazideki fay kırıkları ve önemli hareketleri gösteren noktalara ölçüm istasyonları yerleştirilmektedir. Bu istasyonlar arasında jeodezik ölçümler kullanılarak bir kontrol ağı oluşturulmaktadır. Yıllık olarak gerçekleştirilen ölçümlerin ardından elde edilen verilerin analizi ile noktaların ve bu noktaların temsil ettiği kütlelerin hareketinin belirlenmesi sağlanır. Bu şekilde, jeodezik olarak belirlenen yeryüzü deformasyonları, jeofizik verilerle birlikte değerlendirilerek daha ayrıntılı olarak yorumlanabilir. Bu analiz yeryüzündeki hareketlerin nedenlerini ve gelişmelerini daha iyi anlamaya olanak sağlar (Çolak, 2010).

Güçlü ve dayanıklı görünen dış yüzeyler, uzun bir zaman diliminde yer kabuğundaki kuvvetlerin etkisi ile şekil değiştirirler. Bu süreç, yer kabuğunun dinamik yapısının bir sonucu olarak çeşitli kuvvetlere yol açabilir. Bu kuvvetler; bir nesneyi sıkıştırarak uzunluğunun kısalmasına yol açan sıkışma kuvvetleri, bir nesneyi çekerek

uzunluğunu arttıran ve kopma riskini artıran çekme kuvvetleri ve nesneyi birbirine zıt yönlerden sıkıştıran kesme kuvvetleri olarak tanımlanabilir.

Bir kuvvetin etkisiyle bir cismin şekli veya boyutundaki değişime gerinim denir. Kuvvetin etkisi nedeniyle cisim deforme olur ve uygulanan kuvveti dengelemek amacıyla şeklinde değişiklikler meydana gelir. Cisim, uygulanan kuvvet doğrultusunda daralırken, buna dik olan yönde genişler. Daralmanın gözlemlendiği bölgede sıkışma meydana gelirken, buna dik olan doğrultuda genişleme meydana gelir. Asal gerinim parametreleri deformasyonun türüne bağlı olarak pozitif veya negatif değerlere sahip olabilirler. Pozitif asal gerinim genişlemeyi, negatif asal gerinim ise sıkışmayı ifade eder (Baysal ve ark., 2010).

Yeryüzünde oluşan gerinimler, sismik ve jeodezik olmak üzere iki ayrı yöntemle belirlenmektedir. Sismik yöntemler, deprem dalgalarından elde edilen verileri analiz ederken, jeodezik yöntemler ise yeryüzündeki konum değişimlerini ölçerek gerinim analizini gerçekleştirir. Japon sismologlar 1929 yılında, jeodezik veriler kullanılarak gerinimlerin tespitine dair ilk raporu yayınlamışlardır. Bu çalışma, yer kabuğundaki gerinimlerin jeodezik yöntemlerle incelenmesi konusunda önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu gelişmeden sonra, doğrudan ölçümlerden ya da dengelenmiş jeodezik ağ koordinatlarından gerinim tensörü veya bazı bileşenlerinin hesaplanması için çeşitli yöntemler oluşturulmuştur. Genel olarak bu yöntemler, yeryüzündeki deformasyonların daha hassas ve güvenilir bir şekilde analiz edilmesini sağlamıştır. Bu yöntemler; Sonlu elemanlar yöntemi (SEY) ve Jeodezik nokta çevresinde oluşan gerinimlerin sonsuz küçük olduğu varsayımına dayanan yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. SEY, karmaşık yapıdaki deformasyonların modellenmesinde etkili olurken, sonsuz küçük gerinim varsayımına dayanan yöntemler daha basit ve lokal analizlerde kullanılmaktadır (Poyraz, 2009).

Bu çalışmada, TUSAGA-Aktif istasyonlarının verilerini kullanarak 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremleri sonrası bölgedeki yüzey gerinimlerinin belirlenmesi araştırılmıştır. Araştırma kapsamında 6 Şubat Kahramanmaraş depremlerinin olduğu bölgeyi temsil edecek şekilde seçilen 21 adet TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonuna (ADN2, AKLE, ANTE, APK1, ARST, DIV2, EKZ1, ELAZ, FEEK, GEM1, GURU, KAY1, KLS1, MAR1, MLY1, ONIY, SIV1, SURF, TNC1, TUF1, VIR2) ait toplam 30 günlük (depremden önce 15 gün, depremden sonra 15 gün) 24 saatlik RINEX verileri AUSPOS, TRIMBLE RTX ve GAMIT/GLOBK akademik yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilen koordinatlar kullanılarak gerinim tensörü,

maksimum ve minimum asal gerinim, dilatasyon, saf kesme gerinimi, mühendislik kesme gerinimi, toplam kesme gerinimi ve maksimum asal gerinimin yönü gibi parametreler hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

1.1. Kaynak Araştırması

Gerinim analizi ile ilgili pek çok bilimsel çalışma mevcuttur. Çalışmaların ana hedefi depremlerin oluşturduğu deformasyonların belirlenmesi, aktif fayların izlenmesi, yerkabuğu hareketlerinin izlenmesi ve araştırılmasıdır.

Bu çalışmalardan bazıları;

Betinelli ve arkadaşları (2006), hazırladıkları makalede, GPS ve DORIS verilerini kullanarak Hindistan'ın plaka hareketini ve Nepal Himalayası'ndaki intersismik gerinimi incelemiştir. SIMR ile IISC istasyonları arasındaki önemli farklılıklara dayanarak, Hindistan'ın içindeki deformasyonun çok az olduğu ve deformasyon hızlarının yılda 1.8 mm'den daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Kıranlıoğlu (2006), yüksek lisans çalışmasında, deformasyonların tespitinde GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) verilerinin kullanılabilirliğini incelemiştir. Çalışma Altaş Ambarlı liman bölgesindeki olası heyelan alanında gerçekleştirilen GPS ölçümleri incelenmiş ve inklinometre ile piezometre verileriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda bu alandaki ortalama maksimum asal gerinim miktarı 28.23×10^{-6} gerinim/6ay, minimum asal gerinim miktarı -30.06×10^{-6} gerinim/6ay olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, bölgede anlamlı düzeyde bir gerinim birikiminin bulunduğunu ve alanın potansiyel bir heyelan karmaşığı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, GPS ve inklinometre verilerinden elde edilen bulguların birbirleriyle tutarlı olduğu ve bölgedeki heyelan riskinin jeodezik yöntemlerle güvenilir biçimde izlenebileceği ortaya konulmuştur.

Arslan (2007), hazırlamış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, sabit GPS istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak aktif fay zonlarında meydana gelen gerinim birikiminin nicel olarak belirlenmesi konusunu araştırmıştır. Çalışma kapsamında, Marmara Bölgesi'nde yer alan Marmara Sürekli GPS Ağı'na (MAGNET) ait yedi adet sürekli GPS istasyonundan elde edilen veriler değerlendirilmiştir. İlgili istasyonlardan elde edilen konum bilgileri GIPSY/OASIS yazılımı aracılığıyla analiz edilerek istasyonların yatay ve düşey hız bileşenleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Marmara Bölgesi'ndeki kuzey koluna

yakın konumda bulunan istasyonların, güney kol üzerinde bulunan istasyonlara kıyasla daha büyük yer değiştirme hızlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Başçıftçi ve İnal (2008), hazırladıkları makalede, iki boyutlu koordinat dönüşümleri arasında yer alan Helmert, Afin ve Projektif dönüşümleri ile üç boyutlu koordinat dönüşümleri arasında yer alan Bursa-Wolf modelini kapsamlı bir şekilde teorik olarak incelemiştirlerdir. Ayrıca bu çalışmanın bir parçası olarak DELPHI proglamlama dilinde geliştirdikleri programın tanıtımını gerçekleştirmişlerdir. Bu program sayesinde nokta konum duyarlıklı ve duyarlıksız koordinat dönüşümleri yapılabilmektedir.

Poyraz (2009), doktora çalışmasında Tokat ile Erzincan arasındaki Kelkit Vadisi boyunca meydana gelen yatay yer kabuğu hareketlerini ve gerilme birikimini araştırmıştır. 2006 yılında kurulan 36 noktalı GPS ağı ile 2006–2008 yılları arasında periyodik GPS ölçümleri gerçekleştirilmiş, elde edilen veriler GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, Avrasya ve Anadolu plakalarında hızlar kuzeyden güneye ve doğudan batıya doğru artış göstermektedir. Anadolu plakası üzerinde doğu kesimindeki hızlar 13 ± 0.5 mm/yıl, batı kesimindeki hızlar ise 22 ± 0.3 mm/yıl olarak ölçülmüştür. Avrasya plakasında ise kuzeydeki hız 4 ± 0.3 mm/yıl iken, güneyde bu değer 22 ± 0.3 mm/yıla kadar çıkmaktadır. Gerilme analizi sonucunda bölgede istatistiksel olarak anlamlı bir gerilme birikiminin bulunduğu, özellikle Tokat-Erzincan arasındaki doğu KAFZ kesiminde dikkate değer bir tektonik hareketliliğin olduğunu göstermektedir.

Baysal ve arkadaşları (2010), tarafından gerçekleştirilen çalışmada, zamana bağlı olarak GPS koordinatlarında meydana gelen değişimler İzmir bölgesi için incelenmiştir. Bu amaçla, İzmir bölgesinde bir çalışma alanı oluşturulmuş ve 1992–2004 yılları arasında gerçekleştirilen toplam 14 GPS ölçü kampanyasına ait veriler değerlendirmeye alınmıştır. Söz konusu ölçümler, 24 farklı noktada toplanan veriler kullanılarak analiz edilmiş ve her bir nokta için hız vektörleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Karaburun Yarımadası'nın saat yönünde döndüğünü, Doğanbey Fayı'nın sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip aktif bir fay niteliği taşıdığını ve İzmir Körfezi'nin genişleme rejimi etkisiyle açılmakta olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, 2003 yılında gerçekleşen Seferihisar depremine ilişkin analizlerde, depremin etkisinin merkez üssüne 15 km' den daha yakın konumda yer alan noktalarda maksimum 1.5 cm' lik yer değiştirmelerle sınırlı kaldığı belirlenmiştir.

Çolak (2010), yüksek lisans tezinde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğu kısmındaki yatay yüzey hareketlerini ve bu hareketlerin yol açtığı gerilim birikimini

araştırmıştır. Bu çalışmada, Marmara Sürekli GPS Ağı (MAGNET) ve Marmara Bölgesi'ndeki GPS kampanya noktalarından toplamda 37 nokta kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun (KAFZ) kuzeyindeki Avrasya levhasındaki noktalar, batıdan doğuya doğru yılda $2-5\pm 0.6$ mm hızla hareket ederken, güneyindeki Anadolu levhasındaki noktalar ise saat yönünün tersine doğudan batıya doğru yılda $15-23\pm 0.6$ mm hızla hareket etmektedir. Gerinim birikimi sonuçlarına göre, KAFZ' in alt kısmında ölçülen asal gerinim parametreleri şu şekilde belirlenmiştir: maksimum asal gerinim $\epsilon_{\max} = 0.197$ μstrain , minimum asal gerinim $\epsilon_{\min} = -0.208$ μstrain , $\phi = 50.78^\circ$; kayma gerinim parametreleri $\gamma_1 = 0.082$ μstrain , $\gamma_2 = 0.302$ μstrain , $\psi = 95.78^\circ$, $\Delta = 0.082$ μstrain ve dönme parametresi $w = 0.119$ μrad . KAFZ' in üst kısmında ise, $\epsilon_{\max} = 0.200$ μstrain , $\epsilon_{\min} = -0.271$ μstrain , $\phi = 55.19^\circ$, $\gamma_1 = 0.091$ μstrain , $\gamma_2 = 0.285$ μstrain , $\psi = 100.19^\circ$, $\Delta = -0.117$ μstrain ve $w = 0.129$ μrad değerleri elde edilmiştir. Bu bulgular, Marmara Bölgesi'nde anlamlı bir gerinim birikimi olduğunu ve bölgenin dinamik tektonik hareketlerinin, özellikle KAFZ' in çevresinde aktif olduğunu açıkça ortaya koymaktadır.

Ponraj ve arkadaşları (2010), Himalaya' nın Kumaun bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmada, GPS ölçümleri kullanarak gerinim dağılımını tahmin etmişlerdir. Çalışmanın sonuçları, tahmini dilatasyonel şekil değiştirmenin, Ana Merkezi Bindirme yakınındaki kuzey kesiminin, güney kesime göre daha fazla sıkışmaya maruz kaldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, maksimum kayma gerilmesi de çoğunlukla kuzey kesiminde yoğunlaşmaktadır. Maksimum kesme ve genişleme gerinim oranları sırasıyla yaklaşık 1.0 ve 0.5 $\mu\text{strain/yıl}$ olarak belirlenmiştir. Yüksek kayma şekil değiştirmesi dağılımının, mekansal olarak deprensellik ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. MCT boyunca kuzeybatı-güneydoğu yönünde etki eden kuvvetlerden kaynaklanan maksimum uzama ve sıkıştırma gerinimlerinin sırasıyla 0.4 ve 0.1 $\mu\text{strain/yıl}$ olduğu bulunmuştur.

Selendi (2011), yüksek lisans tezinde, 2006-2010 yılları arasında Marmara Bölgesi' nde yapılan gravite ve GPS ölçümleri ile yerkabuğu deformasyonları ve gerinim birikimini incelemiştir. Çalışmada, 12 MAGNET ve 47 GPS kampanya noktasında ölçümler gerçekleştirilmiş ve veriler Bernese 5.0 yazılımı ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, KAFZ kuzeyindeki Avrasya levhasındaki noktalar $2-3\pm 0.1$ mm/yıl yatay ve -1 ± 0.3 mm/yıl düşey hareket ederken, güneyindeki Anadolu levhasındaki noktalar 15 ± 0.1 mm/yıl yatay ve 1 ± 0.3 mm/yıl düşey hareket etmektedir. Gerinim parametreleri ise Avrasya levhası için $\epsilon_{\max} = 0.251$ μstrain , $\epsilon_{\min} = -0.382$ μstrain , Anadolu levhası için ise $\epsilon_{\max} = 0.223$ μstrain , $\epsilon_{\min} = -0.285$ μstrain olarak belirlenmiştir. Bu

sonuçlar, KAFZ' ın sağ yanal atılımlı fay özelliğini ve bölgedeki sıkışma ve genişleme süreçlerini yansıtılmaktadır.

Havzalı (2012), tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezinde, İzmir-Tuzla Fayı boyunca gerinim birikimi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu alışmada, Tuzla Fayı' nda yer alan mikrojeodezik ağda yapılan GPS lmeleri kullanılarak fay üzerindeki gerinim birikimi hesaplanmıştır. Elde edilen GPS verilerinin analizi, bölgedeki hızların 28.54 mm/yıl \pm 1.90 mm/yıl arasında değiştiğini ortaya koymuştur. Bu hız değerleri, bölgenin mevcut tektonik yapısı ile uyumlu olup, faydaki hareketlerin sürekliğini ve dinamizmini göstermektedir. Ayrıca, hesaplanan asal gerinim elemanlarının 140 nanostrain/yıl civarında olduğu bulunmuştur. Bu gerinim değerleri, bölgedeki sismik aktivitelerle örtüşmekte ve bölgenin tipik yapısını yansıtan kuzeydoğu - güneybatı doğrultusunda bir açılma gerilmesi ile ilişkilendirilmektedir. Bu sonuçlar, Tuzla Fayı zerindeki gerinim birikiminin bölgedeki deprem potansiyeli ile doğrudan bir bağlantısı olduğunu ve bu fayın aktif bir sismik bölge olduğunu göstermektedir.

Yıldırım ve arkadaşları (2013), uluslararası bir makale hazırlayarak, 23 ekim 2011 tarihinde meydana gelen Van depremi (M=7.2) sonrasında bölgedeki CORS-TR istasyonlarındaki değişimleri incelemişlerdir. İstasyonlardan elde edilen veriler, Bernese 5.0 yazılımı aracılığıyla değerlendirilmiştir. yapılan değerlendirme sonucunda en büyük değişimin depremin merkezine en yakın olan Muradiye istasyonunda gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu noktada, düşey yönde 42.7 mm, kuzey yönde 60.3 mm ve doğu yönde 18.7 mm'lik değişim gözlemlenmiştir.

Chousianitis ve arkadaşları (2015), hazırladıkları makalede Yunanistan anakarasının gerilme ve dönme hızı modellerini incelemiş ve ayrıca sismik ile jeodezik moment salınımı arasındaki karşılaştırmayı araştırmışlardır. Bu alışma, Yunanistan' ın tektonik yapısını ve bu yapıya bağlı olarak meydana gelen gerinim ve dönme hızlarını daha iyi anlamayı amaçlamıştır. Sonuç olarak, bu alışma Yunanistan'daki gerinim ve dönme hızları ile sismik etkinlik arasındaki ilişkiyi ortaya koyarak, bölgedeki tektonik hareketlerin ve depremselliğin daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamıştır.

Demir (2015), doktora tezi kapsamında Van depremi nedeniyle meydana gelen kabuk deformasyonlarını jeodezik teknikler kullanarak incelemiştir. Deprem sonrasında elde edilen GPS verileri ile her bir üçgen elemanı için fay doğrultusunda paralel ve dik olarak gerçekleşen kayma bileşenleri ters modelleme yöntemiyle hesaplanmıştır. Gözlemler, yüzeydeki deprem sonrası deformasyonların kaynağının sığ artçı kayma olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, ana mekanizma içerisinde ters faylanmanın yanı

sıra sol yanal bir bileşeninde var olduğu belirlenmiştir. Bu deformasyonlar, derinlerde, yüzeyde meydana gelmeden önce sönmülenen atım miktarlarının bulunduğu alanları içermektedir. Deprem sonrası oluşan bu asismik kaymanın yalnızca ana fay üzerinde değil, ana fayı terk ederek şehir merkezinden geçen farklı bir fay kolunda da meydana geldiği görülmüştür.

Gupta ve arkadaşları (2015), hazırladıkları makalede, Kuzeydoğu Hindistan' daki yeni GPS kampanyalarından elde edilen verilerle, Doğu Himalaya Syntaxis' inin (EHS) kinematığını ve gerilim oranlarını incelemişlerdir. Çalışmada, EHS' nin Avrasya sabit çerçevesinde Sichuan-Yunnan bölgesine doğru kinematik bir saat yönünde dönüş gerçekleşen sert bir blok gibi davrandığı belirlenmiştir.

Solak (2015), yüksek lisans tezinde, GNSS hızları kullanarak Güneybatı Anadolu' daki gerinim alanlarının zamansal değişimini araştırmıştır. Çalışma, 2013 yılında kurulan Güneybatı Anadolu Tektonik GNSS Ağı' na (GATGA) ait toplam 30 noktada yapılan GNSS ölçümleriyle gerçekleştirilmiştir. GNSS verileri, GAMIT/GLOBK yazılımında değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, çalışma bölgesinin Avrasya referans sistemine göre yıllık 10-35 mm' lik hızlarla güneybatı yönünde hareket ettiği ve bu hızların Güneybatı' ya doğru arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek hız, KNID noktasında 35 mm/yıl olarak tespit edilmiştir. Elde edilen hızlar kullanılarak gerinim alanları belirlenmiş ve bu alanlar, bölgede meydana gelen depremlerin odak mekanizma çözümleriyle karşılaştırılmıştır. İki farklı zaman aralığında yapılan analizlerde gerinim alanlarının büyük bir benzerlik gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Ansari ve arkadaşları (2017), yaptıkları çalışmada, 2009-2017 yılları arasındaki sürekli GNSS ölçümleri ile Türkiye' deki kabuk geriniminin sayısal simülasyonunu araştırmışlardır. Çalışmada kullanılan GNSS verileri, TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı) ve IGS istasyonlarından elde edilmiştir. Sonuçlar, Anadolu levhasının Avrasya' ya göre Türkiye' nin orta kesiminde batı yönünde hareket ettiğini ve batı kesiminde güney-batı yönünde hareket etmeye başladığını göstermektedir. Anadolu' nun batıya doğru hareketi, Orta Anadolu' da 20 mm/ yıl' dan Türkiye' nin güneybatısında 30 mm/ yıl' a kadar kademeli olarak artmaktadır. Orta Anadolu' daki GNSS hızlarının 18 ile 23 mm/ yıl arasında olduğu ve batıya doğru bir hareket sergilediği belirlenmiştir.

Jade ve arkadaşları (2017), hazırladıkları makalede, 1996' dan 2015' e kadar sürekli GPS ölçümlerinden Hindistan plakası açısız hızı ve çağdaş deformasyon oranlarını araştırmışlardır. Çalışmada elde edilen yeni tahmin edilen hızlar, Hindistan' ın sismik olarak aktif kuzey ve doğu sınırları boyunca aktif deformasyon hakkında önemli

bilgiler sunmaktadır. Bu bilgiler, Hindistan plakasındaki hareketlerin bölgesel deformasyonları nasıl etkilediğini ve plakalar arasındaki sınırdaki oluşan deformasyonları anlamada yardımcı olmaktadır.

Karabulut (2017), yüksek lisans tezinde, Marmara Bölgesi'ndeki yer kabuğu deformasyonlarını GNSS verileriyle incelemiştir. Sürekli GNSS istasyonlarından elde edilen hızlar GAMIT/GLOBK ile hesaplanmış, gerinim analizleri Grid Strain yazılımı ile yapılmıştır. 25 noktayla yapılan analizde maksimum gerinim 210 nanostrain/yıl, gözlem süresi kısa noktalar çıkarıldığında 16 noktayla yapılan analizde ise 171 nanostrain/yıl olarak bulunmuştur. Yalova-Gölcük hattında sıkışma (120 nanostrain/yıl) ve genişleme (180 nanostrain/yıl), İznik-Bilecik-İnegöl, Karacabey-Mustafakemalpaşa ve Gemlik-Yalova bölgelerinde ise sırasıyla 160, 130 ve 90 nanostrain/yıl genişleme tespit edilmiştir. Çınarcık ve Kumburgaz segmentlerinde ise genişleme ve sıkışma değerleri sırasıyla 120 ve 100 nanostrain/yıl'dır. Genel olarak bölgede genişlemenin daha baskın olduğu gözlenmiştir.

Wang ve arkadaşları (2017), Tibet Platosu'ndaki GPS ölçümleri kullanarak, günümüz hız alanı ve blok kinematiki üzerine bir araştırma yapmışlardır. Yapılan çalışmanın önemli bulgularından biri, blok modelinden tahmin edilen fay kayma oranlarının, Tibet'teki önceki jeolojik ve jeodezik gözlemlerle tutarlı olmasıdır. Bu sonuçlar, Tibet Platosu'ndaki tektonik hareketlerin jeolojik ve jeodezik yöntemlerle yapılan gözlemlerle uyumlu bir şekilde ilerlediğini ve bölgenin blok kinematiki ile doğru bir şekilde modellenebileceğini göstermektedir.

Küreç (2018), doktora tezinde, sürekli bir gerinim izleme ve kalite değerlendirme stratejisini GPS/GNSS ağları için detaylı şekilde incelemiştir. Bu amaç doğrultusunda, İZDOGAP GPS Ağı'na yönelik gerinim izleme ve kalite sorgulama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, IGS (Uluslararası GNSS Servisi) ve TUSAGA (Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı) kullanılarak, İZDOGAP GPS Ağı'nın hem küresel hem de yerel ölçekte tutarlı bir hız alanına sahip olup olmadığı araştırılmıştır. Lokal tutarlılığı test etmek amacıyla, çalışma alanını temsil eden IGS-TUSAGA kontrol ağı için 3 yıllık RINEX verileri GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiş ve ITRF2008 referans sisteminde düzgün koordinat ve hız bilgileri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, farklı ITRF sistemlerinde hesaplanan hızların benzer dağılıma sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, İZDOGAP ağına yönelik yapılan sağlamlık analizlerinde tüm istasyonların sağlam olduğu ve algılayabilirlik değerlerinin güvenilir olduğu belirlenmiştir. Uygulanan özel gerinim testleri sonucunda ise İZDOGAP ağı içerisindeki

blokların yarı afinlik özelliği gösterdiği görülmüştür. Bu sonuçlar, ağın hem izleme hem de deformasyon analizi açısından yüksek kalitede veri sağladığını ortaya koymaktadır.

Bougrine ve arkadaşları (2019), hazırladıkları makalede Cezayir' deki aktif deformasyonu incelemişlerdir. Çalışmada, sürekli GPS ölçümleri kullanılarak bölgedeki deformasyon süreçleri araştırılmıştır. Ayrıca, blok modelleriyle birlikte yapılan değerlendirmelerde, GPS hızları ve Cezayir Havzası' ndaki okyanus litosferinin alt bindirmesini gösteren jeolojik veriler arasındaki tutarlılık ortaya konulmuştur. Çalışma, açık denizdeki ters fay sisteminde elastik birim deformasyon birikimini doğrulamaktadır. Bu, bölgedeki deformasyon süreçlerinin birikimi ve faylanma mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, Doğu Cezayir' de deformasyonun daha geniş bir alanayıldığı tespit edilmiştir.

Dumka ve arkadaşları (2019), Batı Hindistan' ın Kachchh bölgesinde meydana gelen 2001 depremi sonrası, GPS verilerinden elde edilen kabuk deformasyon analizini incelemişlerdir. Çalışmada, GAMIT/GLOBK/GLORG yazılımları kullanılarak GPS verileri işlenmiş ve analiz edilmiştir. Sonuçlar, Hint plakasının bu bölümünde çok düşük miktarda plaka içi deformasyon bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, bölgedeki tektonik süreçlerin ve plaka içi deformasyon bulunduğunu ortaya koymuştur. Bu bulgu, bölgedeki tektonik süreçlerin ve plaka içi deformasyonların düşük seviyelerde olduğunu, dolayısıyla depremin gerçekleştiği alandaki gerilme birikiminin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Gürbüz (2019), hazırladığı doktora tezinde, Türkiye' deki sürekli GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi ve analizini araştırmıştır. Bu çalışma kapsamında, VİDA sistemi tanıtılmıştır. VİDA sistemi, ulusal ve/veya bölgesel GNSS ağlarındaki istasyonlara ait gözlem dosyalarının ve uydu yörünge bilgilerinin indirilmesi, kalite kontrolünün yapılması, değerlendirilmesi, sonuç ürünlerinin görselleştirilmesi ve kullanıcıya sunulmasını sağlamaktadır. VİDA sistemi, günlük kümülatif yer değiştirme miktarı, normal gerinim değerleri, makaslama gerinimleri, alansal bozulmalar ve hacimsel değişim miktarları gibi verileri üretebilmektedir.

Şimşek (2019), yüksek lisans tezinde, yer kabuğunun hareketlerini belirlemede internet tabanlı GPS hizmetlerinin doğruluğunu incelemiştir. Bu kapsamda, 23 Ekim 2011 Van depremi örneği ele alınarak, deprem anı ve sonrasına ait deformasyonlar değerlendirilmiş ve bu deformasyonlardan yola çıkılarak iki boyutlu gerinim parametreleri hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, deprem anı ve sonrasında belirlenen deformasyon parametrelerinde web tabanlı çevrimiçi GNSS değerlendirme

servisleri ile GAMIT/GLOBK yazılımı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Sonuçlar, internet tabanlı çevrimiçi değerlendirme servisleri aracılığıyla elde edilen sürekli istasyon koordinat çözümlerinin, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesine yönelik uygulamalarda yeterli doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir.

Şimşek ve arkadaşları (2019), gerçekleştirdikleri çalışmada, yer kabuğu hareketlerini tespit etmek amacıyla web tabanlı çevrimiçi GNSS servislerinin performansını incelemişlerdir. Araştırma kapsamında, 23 Ekim 2011 Van depremine ait deprem anı yatay deformasyonlarını belirlemek amacıyla, deprem bölgesinde yer alan TUSAGA-AKTİF ağına ait 12 GNSS istasyonunun gözlem verileri AUSPOS, OPUS ve CSRS-PPP gibi çevrimiçi değerlendirme servisleriyle analiz edilmiştir. Bu analizlerin doğruluğunu test etmek amacıyla aynı veriler, GAMIT/GLOBK yazılımıyla da işlenmiş ve her iki yöntemle elde edilen deprem anı yatay deformasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Yapılan iki boyutlu gerinim analizi sonucunda, her iki yöntemle elde edilen asal gerinim parametrelerinin genel olarak uyumlu olduğu, aralarındaki farkların ise 0.04 μ strain' in altında kaldığı belirlenmiştir.

Ansari ve Bae (2020), yaptıkları çalışmada, Güney Kore' deki uzun süreli (2000-2018) GNSS ölçümlerine dayalı deformasyon ve gerinim analizini incelemişlerdir. 50 istasyonun RINEX formatındaki GNSS verileri, Ulusal Coğrafi Bilgi Enstitüsü (NGII, Güney Kore) web sitesinden temin edilmiştir. GNSS verileri, Bernese V5.2 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, 2011 Tohoku-Okı (TO) depreminden sonra kuzey bloklarının açılma hızının daha düşük olduğunu, güney bloğunun hızının ise daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur.

Eyübagil (2020), yüksek lisans tezinde, İzmir Körfezi' nde yer alan Gülbahçe Fayı üzerindeki tektonik hareketlerin modellenmesini GNSS ölçümleri aracılığıyla araştırmıştır. Bu amaçla, fayın çevresine 17 noktadan oluşan bir GNSS ağı kurulmuş ve bu ağda 2019 yılında bir kampanya ölçüsü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, uygun IGS istasyonları referans alınarak GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Toplamda üç kampanya ölçüsünden elde edilen veriler ile bölgenin güncel hız ve gerinim alanları hesaplanmıştır. Gerinim analizleri sonucunda, Gülbahçe Fayı üzerinde ve kuzey ucunun yer aldığı Gülbahçe Körfezi içerisinde, kuzey kuzeydoğu-güney güneybatı yönlü açılma ve kuzey kuzeybatı-güney güneydoğu yönlü sıkışma bileşenlerinin baskın olduğu tespit edilmiştir. Gerinim alanlarının fay düzlemiyle birlikte değerlendirilmesi sonucunda, fayın genel mekanizmasının sol yönlü doğrultu atımlı bir karaktere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Mohamed ve arkadaşları (2020), yaptıkları çalışmada, Mısır'daki Aswan Bölgesi'nde sismik ve jeodezik veriler kullanarak kabuk deformasyonu ve sismik aktiviteyi incelemişlerdir. Bu amaçla, aktif faylar etrafında birkaç yerel ve alt bölgesel jeodezik ağ sistemi kurulmuş ve 1982-2015 yılları arasındaki Aswan Sismik Ağı'ndan elde edilen sismik veriler kullanılmıştır. Sonuçlar, Kalabsha bölgesindeki deprenselliğin, Nasır Gölü'nün kuzeyi ve çevresinde, aktif fay bölümleri veya kırıklar üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Ayrıca, Gebel Marawa'nın doğusunda, gölün altında ve göl kenarı boyunca uzanan iki fay segmenti üzerinde de sismik aktivite gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Aswan bölgesindeki sismik aktivitenin ve kabuk deformasyonunun bölgesel fay sistemleri ile güçlü bir ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Kaftan ve Tatarinov (2021), deprem riskli bölgelerde GNSS gerinim izleme ağlarının olanaklarını analiz ettikleri çalışmalarında, büyük hacimli ölçülen verilere dayalı deneysel bir değerlendirme yapmışlardır. Çalışmada, ölçüm ayarlamasının yasalarına aykırı bir şekilde, uzun taban çizgilerinin dışarıda bırakıldığı ve iki kat daha az yedekli ölçüme sahip bir varyantın, mekansal yer değiştirmelerin belirlenmesinde daha yüksek doğruluk sağladığı gözlemlenmiştir. Bu doğruluk, yaklaşık olarak bir buçuk kat daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, GNSS gerinim izleme ağlarının etkinliğini artırmak ve daha doğru yer değiştirme ölçümleri yapmak adına veri yönetimi ve ölçüm stratejilerinin ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Özkan (2021), doktora tezinde, GPS gözlemleri ve elastik yarı uzaysal yer değiştirme modeli kullanarak Kuzeydoğu Akdeniz Bölgesi'ndeki aktif fayların kinematığının nasıl belirleneceğini araştırmıştır. Çalışmada, Karasu ve Karataş-Osmaniye Faylarının farklı kinematik özelliklere sahip olmaları nedeniyle, bu fayların Doğu Anadolu Fayı'nın devamı oldukları görüşünün gerçekçi olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, Doğu Anadolu Fayı'nın, Kahramanmaraş-Türkoğlu üçlü kavşak noktasından itibaren güneybatıya doğru at kuyruğu yapısı (horsetail structure) oluşturacak şekilde sonlandığı belirlenmiştir. Bu bulgular, bölgedeki fayların yapısal ve kinematik özelliklerinin daha doğru bir şekilde anlaşılmasına katkı sağlamaktadır.

Rashidi ve Derakhshani (2022), hazırladıkları makalede, Kuzey İran'daki GPS ve sismolojik verilerden elde edilen gerinim ve moment oranlarını, gerilme eğrilerini ve olasılıksal fay kırılma tehlikesini değerlendirmeyi araştırmışlardır. Çalışma, Kuzey Alborz, Royan, Mosha ve Eivanaki faylarının batı ve doğu kesimleri boyunca sismik tehlikenin önemli olduğunu göstermektedir. Bu fayların, bölgedeki sismik aktivite ve gerilme birikimi açısından kritik bir rol oynadığı belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu

fayların aktif olduğu ve gelecekteki sismik tehlikelerin yüksek olasılıkla bu bölgelerde meydana gelebileceğini vurgulamaktadır.

Serpolloni ve arkadaşları (2022), hazırladıkları makalede, Avrupa-Akdeniz Bölgesi için sürekli GNSS istasyonlarının analizinden elde edilen yeni jeodezik hız ve gerinim oranı alanlarını araştırmışlardır. Çalışma, aktif volkanik alanlar hariç, en yüksek deformasyon oranlarının Korint Körfezi' nde ve Kuzey Anadolu Fayı boyunca hesaplandığını göstermektedir. Ayrıca, hız ve şekil değiştirme oranı profillerine bakıldığında, Orta ve Doğu Akdeniz' deki genişleme kuşaklarının, pozitif düşey yer hareketi oranlarıyla karakterize olduğu tespit edilmiştir.

Zhu (2022), Çin' in Ordos Bloğu' ndaki GPS ölçümleri kullanarak gerinim oranlarını araştırmıştır. Çalışma için Çin Kabuk Hareketi Gözlem Ağı (CMONOC)' ndan alınan GPS verileri kullanılmıştır. Zhu ve arkadaşları, geliştirdikleri bir yöntemle gerinim oranlarını hesaplamışlardır. Sonuçlar incelendiğinde, Ordos Bloğu' nun iç kısmındaki toplam gerinim oranlarının oldukça düşük olduğu, ancak yüksek değerlerin esas olarak Ordos Bloğu' nun çevre bölgelerinde ve Haiyuan Fayı gibi büyük ölçekli aktif faylar boyunca yoğunlaştığı görülmüştür.

Bülbül ve arkadaşları (2023), hazırladıkları makalede Pazarcık ve Ekinözü depremleri sonucu meydana gelen deformasyonları GNSS verileri kullanarak incelemişlerdir. Bu amaçla depremlere yakın bölgede bulunan 22 CORS-TR istasyonunun GNSS verileri kullanılmıştır. GNSS verileri GAMIT/GLOBK yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş ve değerlendirme sürecinde IGS istasyonları referans istasyonu olarak kullanılmıştır. Değerlendirmeler sonucunda istasyonların zaman serisi grafikleri çizilmiş, en büyük değişimin Ekinözü (EKZ1) istasyonunda meydana geldiği görülmüştür. Kullanılan CORS-TR istasyonlarının her biri için deprem öncesi ve sonrası koordinat farkları 0.37 cm ile 394.71 cm arasında koh değerleri ± 0.05 cm ile ± 0.054 cm arasında ve tablo değerleri 1.70 ile 1.94 arasında değişmektedir. CORS-TR istasyonları arasında yataydaki en büyük değişim Ekinözü (EKZ1) istasyonunda, düşeydeki en büyük değişim ise Malatya (MLY1) istasyonunda gözlemlenmiştir. CORS-TR istasyonları kullanılarak oluşturulan üçgenlerin alanları arasında 1 km^2 birim alanda -57.88 m^2 ile 26.26 m^2 arasında değişim gözlemlenmiştir. Pozitif yöndeki en büyük alan değişimi ANTE-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgende, negatif yöndeki en büyük değişim ise MAR1-EKZ1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgende meydana geldiği belirlenmiştir.

Eyübagil ve arkadaşları (2023), yapmış oldukları çalışmada Kahramanmaraş depremlerinin GNSS gözlemlerine dayalı öncül sonuçları araştırmışlardır. GNSS verilerini TUSAGA-AKTİF istasyonlarından elde etmişlerdir. Yer değiştirmeleri belirlemek için GAMIT/GLOBK yazılımını kullanmışlardır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda en çok yer değiştirmenin EKZ1 istasyonunda olduğu görülmüştür.

Gündoğan (2023), yapmış olduğu yüksek lisans tezinde Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'nın Galileo sisteminin nokta konumlamaya olan etkisini ölçü süresine bağlı olarak 30 Ekim 2020 İzmir-Seferihisar depreminde araştırmıştır. Bu amaçla 7 TUSAGA-AKTİF istasyonu ve 14 IGS istasyonlarından alınan RINEX verileri 2, 4 ve 12 saatlik dilimlerle GAMIT/GLOBK yazılımında GPS, GLONASS ve Galileo uydu verileri olarak ayrı ayrı ve hepsi birlikte değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler 30 Ekim 2020 İzmir-Seferihisar depreminin olduğu saat merkez seçilerek GPS uydu sisteminin ürettiği koordinatlara yaklaşımı incelenmiştir. Mix çözümün daha iyi sonuç verdiği, bunu Galileo uydu sisteminin takip ettiği görülmüştür. 2 saatlik ölçülerde farkların daha büyük olduğu ölçü süresi arttıkça farkların azaldığı görülmüştür. 30 Ekim 2020 İzmir-Seferihisar depreminin TUSAGA-Aktif istasyonlarına olan etkisini araştırmak için elde edilen çözümler deprem öncesi ve sonrası olarak iki bölümde incelenmiş ve değişimin en çok MNTS istasyonunda olduğu görülmüş, deprem üssünden uzaklaştıkça değişimin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır.

Uysal (2023), hazırlamış olduğu doktora tezinde Datça Grabeni güncel hız alanının GNSS verileriyle belirlenmesini araştırmıştır. Bu kapsamda 5 periyot GNSS kampanyası ile yer değiştirmeleri belirlemiştir. GNSS verileri GAMIT/GLOBK yazılımıyla değerlendirilmiştir. Tüm istasyonların hızlarının güney batı yönünde olduğu görülmüştür. Tüm istasyonlar için batı yönünde 14.86 ± 0.77 mm/ yıl, güney yönünde 31.75 ± 0.81 mm/ yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Özkan ve arkadaşları (2023), hazırladıkları makalede, birim şekil değiştirme birikimleri ve fay hareketlerini Hatay Üçlü Kavşağı'nda araştırmışlardır. Yapılan çalışmada, yeni hız alanı ve geliştirilmiş blok modelleme yöntemleri kullanılarak, fay kayma oranları ve kilitleme derinlikleri Hatay Üçlü Kavşağı civarında belirlenmiştir. Blok modelleme sonuçlarına göre, Doğu Anadolu Fayı (DAF) ve Karataş-Osmaniye Fayı (KOF) sırasıyla 15 km ve 7 km derinliğe kadar tamamen kilitlemiş durumdadır. Ayrıca, Karasu Fayı (KF), DAF' a benzer bir kayma dağılımına sahip olup, 7 km derinliğe kadar tamamen kilitli bir sismojenik zona sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, bölgede

derinlik artışı ile birlikte fayların daha fazla kayma potansiyeline sahip olduğunu ve bu fayların belirli derinliklere kadar hareket etmeden birikim sağladığını göstermektedir.

Kocaaslan (2024), hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde, Kahramanmaraş ve Hatay depremlerinin TUSAGA-AKTİF istasyonlarına olan etkisini araştırmıştır. Çalışmanın ilk etabında etkilenen TUSAGA-AKTİF istasyonlarını bulmak için istasyonların tamamına ait 4 yıllık GNSS verilerini GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilmiş zaman serileri ile incelemiş ve depremden etkilenen istasyonları tespit etmiştir. Çalışmanın ikinci etabında istasyonların depremlerde oluşan yer değiştirmelerini hesaplamıştır. Çalışma sonucunda 4 yıllık GNSS verilerinden oluşturulan zaman serilerinden 104 TUSAGA-AKTİF istasyonunun etkilendiği görülmüştür. Depremlerden ise 94 TUSAGA-AKTİF istasyonunun etkilendiği görülmüştür.

1.2. Tezin Bölümleri

Hazırlanan bu tez çalışması yedi bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, çalışmanın genel amacı ortaya konulmuş, gerinim analizi kavramı ve bu alandaki temel yaklaşımlar hakkında literatüre dayalı bilgiler sunulmuş, konuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar incelenerek kaynak araştırması gerçekleştirilmiştir.

İkinci bölümde, Türkiye' nin tektonik özellikleri genel hatlarıyla ele alınmış; 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinin gerçekleştiği Doğu Anadolu Fay Zonu tanıtılmış ve hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Jeodezik verilerden gerinim analizi hakkında bilgiler verilmiş, gerinim analizinin teorik temelleri ile birlikte, analiz sürecinde uygulanan matematiksel modeller ve bu modellerde kullanılan temel formüller sunulmuştur. Söz konusu formüller, özellikle iki boyutlu doğrusal gerinim tensörünün elemanlarının hesaplanması ve asal gerinim bileşenlerinin belirlenmesi için kullanılmaktadır.

Dördüncü bölümde, AUSPOS, Trimble RTX ve GAMIT/GLOBK yazılımlarının temel özellikleri, kullanım amaçları ve sundukları avantajlar ayrıntılı olarak tanıtılmış, yazılımlara nasıl erişilebileceği açıklanmış, kullanıcıların bu sistemleri kullanmaya başlamadan önce yapmaları gereken işlemler ve sistem gereksinimleri belirtilmiş, GNSS verilerinin değerlendirme süreci ile analizlerin nasıl gerçekleştirildiği açıklanmış ve elde edilen sonuç dosyalarının içeriği ile nasıl temin edileceği hakkında bilgilere yer verilmiştir.

Beşinci bölümde, gerçekleştirilen gerinim analizleri ve sayısal uygulama sonucunda elde edilen veriler, tablolar ve grafikler aracılığıyla sunulmuş ve yorumlanmıştır.

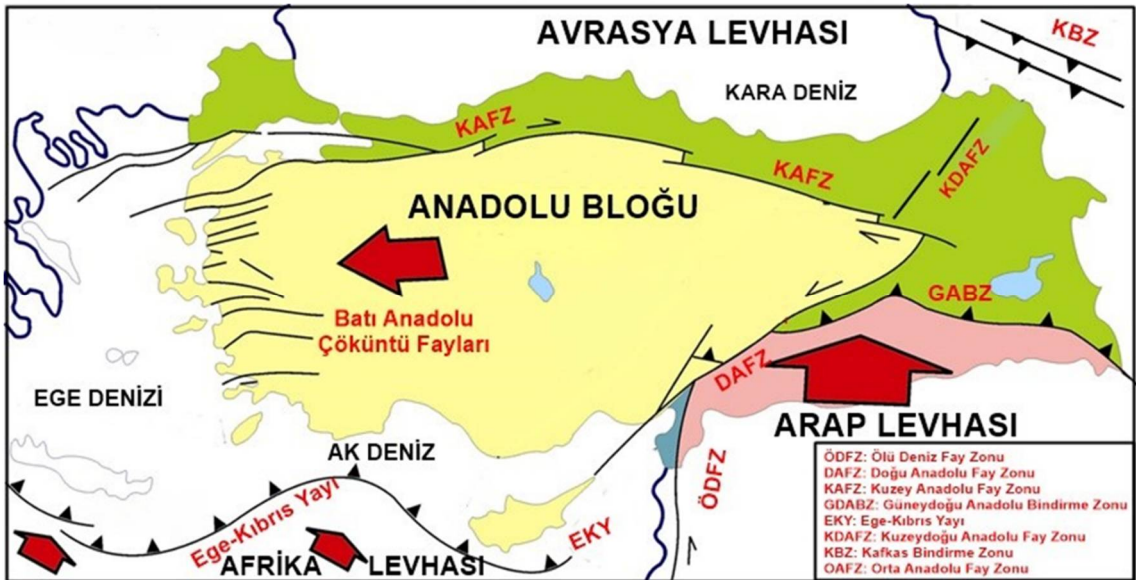
Altıncı bölümde, yapılan çalışmanın sonuçları sunulmuş ve çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Yedinci bölümde, hazırlanan tez çalışması sürecinde başvurulan tüm kaynaklar verilmiştir.



2. TÜRKİYE’İN TEKTONİK YAPISI

Türkiye, Alp Himalaya Sıradağlar Kuşağının bir parçasıdır ve bu kuşağın temel özelliklerine ek olarak kendine ait pek çok jeolojik ve jeomorfolojik özellik taşımaktadır. Bu özellikler, Türkiye’ nin karmaşık tektonik yapısı ve aktif fay hatlarıyla doğrudan ilişkilidir. Kuzeyde Avrasya, güneyde ise Arabistan ve Afrika Plakaları arasında yer alan Türkiye, bu eski plakaların sürekli hareketleri ve bu plakalar arasında yer almış olan eski Tetis Denizi’nin jeotektonik değişimine bağlı olarak şekillenmiştir (Şekil 2.1). Türkiye Ana Karası, Arabistan plakası ile Avrasya plakasının çarpışması sonucunda meydana gelmiştir (Çolak, 2010).



Şekil 2.1. Türkiye’ nin tektonik yapısı ve çevresinde bulunan plakalar (URL, 2)

Arabistan, Afrika Plakaları arasında yer alan Anadolu Karası, bu plakalar arasındaki sıkışmanın etkisiyle batıya doğru hareket etmektedir. Arabistan ve Afrika Plakaları arasında bulunan Anadolu Karasının doğusunda plakaların birbirine yaklaşmasıyla sıkışma meydana gelirken, batısında plakaların uzaklaşmasıyla açılma gözlemlenmektedir. Bu tektonik hareketler, Türkiye’ nin jeolojik yapısını ve yer kabuğundaki deformasyonları şekillendiren önemli faktörlerdendir.

Alp orojenezi sonrasında meydana gelen sıkışmanın devam etmesi, Anadolu Yarımadası’ nda bloklar halinde yükselme ve alçalmalara yol açmıştır. Bu süreç, aynı

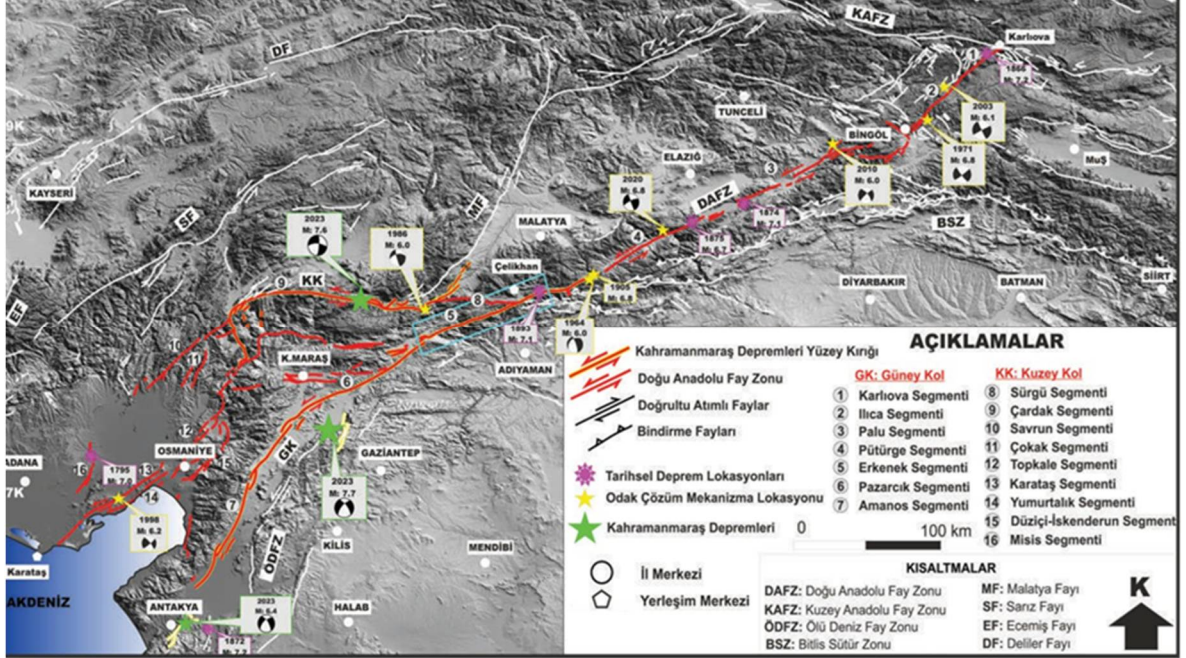


Şekil 2.3. Türkiye’ de bulunan fay zonları (Kocaaslan, 2024)

2.1. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)

Doğu Anadolu Fay Zonu, batıya doğru hareket eden Anadolu bloğu ile kuzeye doğru hareket eden Arabistan Plakası arasında yer almaktadır. Doğu Anadolu Fay Zonu yaklaşık 30 km genişliğinde ve 580 km uzunluğunda kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu sol yanal doğrultu atımlı bir transform fay sınırı şeklindedir. Türkiye’deki Arabistan Plakası ve Anadolu Bloğu arasındaki en aktif ve etkili fay sisteminden biri olan DAFZ, KAFZ ile birlikte Anadolu Bloğu’ nun batıya olan hareketini karşılamaktadır. Mevcut GNSS verileri, günümüzde DAFZ boyunca meydana gelen kayma hızını 11 ± 2 mm/yıl aralığında vermektedir. DAFZ, kuzeydoğudaki KAFZ’ la birleşim noktası olan Karlıova’ dan (Kargapazarı) başlar ve tek bir bölge olarak Çelikhan’ ın batısına kadar devam eder. Burada iki kola ayrılan DAFZ’ ın güney kısmı Gölbaşı Havası ve Pazarcık’ ın kuzeyinden geçerek güneybatıda Türkoğlu kavşağına kadar uzanmaktadır. Türkoğlu’ nun güneyinden sağa doğru hareket ederek Sağlık, Kocagöl ve Amik Ovalarını batıdan çevreleyerek ilerler ve Kırıkhan’ ın güneyinde dağılır sona ermektedir. Fay zonunun bu bölümünde Sağlık ve Narlı Ovalarını kapsayan çöküntü havzasının doğu kısmı Ölü Deniz Fay Zonu’ nun Sakçagöz ve Narlı parçaları tarafından sınırlanmaktadır. Narlı kısmı DAFZ’ a kadar Pazarcık’ ın kuzeyinden yaklaşık 30-40 km boyunca kuzey-kuzeydoğu yönünde devam etmektedir. Çelikhan’ ın batısında bulunan DAFZ’ ın kuzey kısmı ise, Güneydoğu Toros

Dağ Kuşağı' nın şekline uyum sağlayarak kuzeye doğru dışbükey bir büküm oluşturmaktadır. Bu kol Sürgü Fayı, Çardak Fayı ile Göksun' dan güneybatıya dönerek Savrun, Çokak ve Toprakkale faylarından meydana gelmektedir (Şekil 2.4).(Afad, 2023)



Şekil 2.4. Doğu Anadolu Fay Zonu (Akgün ve ark, 2025)

3. JEODEZİK VERİLERDEN GERİNİM ANALİZİ

Yeryüzündeki deformasyonların izlenmesinde; sadece, noktaların hareketleri ve yeryüzünde meydana gelen uzun vadeli değişimleri değil aynı zamanda çalışma alanı içerisindeki gerinimlerin belirlenmesi de kritik bir öneme sahiptir (Demir, 2015). Yeryüzü, farklı, çok sayıda büyük ve küçük tektonik plakadan oluşur ve bu tektonik plakalar zaman içinde birbirlerine göre hareket halindedir. Tektonik plakaların nasıl ve ne hızla hareket ettiğini belirlemek, günümüzde jeodinamik araştırmaların en önemli ve güncel konuları arasında yer almaktadır (Deniz, 1997). Yeryüzünde meydana gelen gerinimler, sismik/jeolojik veriler ve jeodezik veriler kullanılarak iki farklı yöntemle tespit edilebilir. Her iki yöntemle elde edilen bulgular arasındaki uyum, yer kabuğundaki gerinimlerin doğru bir şekilde modellenmesini sağlar (Denli, 1998).

Bir cismin veya yapının şekil ve boyutlarındaki değişimlerin belirlenmesinde gerinim analizi yaygın olarak tercih edilen bir yöntemdir. Deformasyonların izlenmesi ve gerinim birikiminin belirlenmesi jeodezik yöntemler aracılığıyla gerçekleştirilebilir. Gerinim analizinde temel jeodezik teknikler, ölçü veya dengeli ölçü farklılıkları, uzunluk, açı ve azimut ile koordinat farkları gibi unsurları içermektedir. Bu yöntemler, bir dengeleme modelinde gerinim parametrelerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yöntemlerin her birinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Hangi yöntemin kullanılacağına karar verirken, gerinim parametrelerinin doğru bir şekilde tanımlanması ve bu parametrelerin tahmin edilen büyüklüğü ile doğruluğu büyük bir öneme sahiptir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Tekrarlanan jeodezik gözlemlerle tanımlanan gerinim parametreleri

| Parametreler | Uzunluk | Azimut | Açı | GNSS |
|--|---------|--------|-----|------|
| Alan Deformasyonu (Δ) | + | - | - | + |
| Kesme Gerinimi (γ) | + | + | + | + |
| Asal Gerinimler ($\epsilon_{max}, \epsilon_{min}$) | + | - | - | + |
| Asal Gerinim Yönü (ϕ) | + | + | + | + |
| Dönme Parametreleri (ω) | - | + | - | + |

Çizelge 3.1' de, farklı ölçüm türlerinin (Uzunluk, Azimut, Açık ve GNSS) çeşitli gerilim ve deformasyon parametrelerinin belirlenmesine olan katkıları gösterilmektedir. Bu parametreler; alan deformasyonu (Δ), kesme gerinimi (γ), asal gerinimler (ϵ_{max} , ϵ_{min}), asal gerilim yönü (ϕ) ve dönme parametreleri (ω) şeklinde sıralanmıştır.

Alan deformasyonu (Δ), sadece uzunluk ve GNSS ölçümleri ile belirlenebilirken; azimut ve açı ölçümleri bu parametrenin hesaplanmasında yetersiz kalmaktadır. Kesme gerinimi (γ) ise tüm ölçüm türleriyle tanımlanabilir.

Asal gerinimler (ϵ_{max} , ϵ_{min}), yalnızca uzunluk ve GNSS ölçümleriyle hesaplanabilirken, azimut ve açı ölçümleri bu parametrelerin belirlenmesinde kullanılmamaktadır. Ancak asal gerilim yönü (ϕ) için tüm ölçüm türleri yeterlidir.

Dönme parametreleri (ω) yalnızca azimut ve GNSS verileriyle elde edilebilmektedir.

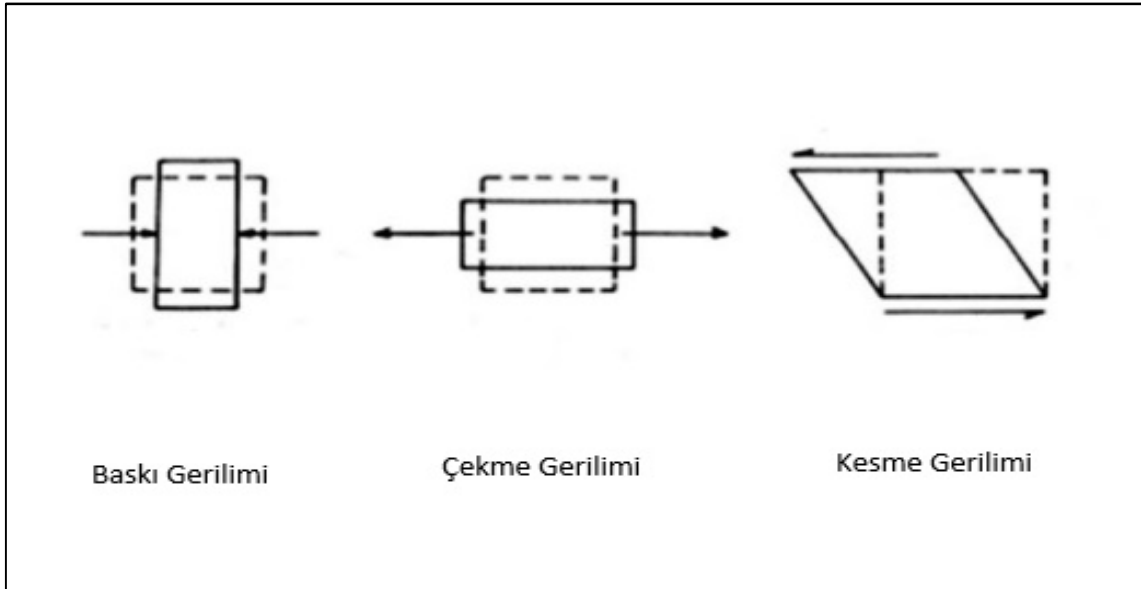
GNSS ölçümleri tüm parametrelerin belirlenmesinde kullanılabilirken, diğer ölçüm türlerinin katkısı parametreye göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, yapılacak analizlerin türüne göre uygun ölçüm tekniğinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır (Arslan, 2007).

3.1. Gerilim

Nesneler, dış çevrelerinden ve kendi iç yapı özelliklerinden kaynaklanan iç kuvvetler ve dış kuvvetler olmak üzere iki farklı türde kuvvetin etkisi altındadır. Dış kuvvetler, genellikle iki nesnenin karşılıklı etkileşimi sonucunda ortaya çıkar ve bu etkileşim çoğunlukla nesnelerin birbirlerine uyguladıkları kuvvetlerle gerçekleşir. İç kuvvetler ise, nesnenin kendi yapısal bütünlüğü ve içsel etkileşimleri sonucu meydana gelir. Yer çekimi, merkezkaç kuvveti gibi etkenler iç kuvvetlere örnek olarak verilebilir. Katı maddelerin kırılmaya karşı gösterdiği direnç ve dayanıklılıklarını hesaplamaya yönelik yapılan çalışmalar sonucunda gerilim kavramı ortaya çıkmıştır. Dış kuvvetlerin etkisiyle bir nesnenin üzerinde meydana gelen deformasyonları dengelemek ve malzemenin bütünlüğünü korumak amacıyla gelişen iç kuvvetler, gerilme (stress) olarak tanımlanır.

En basit tanımıyla birim yüzeye düşen kuvvete gerilme denir. Gerilme belirli bir kuvvetin etkisi altında kalan bir parçanın iç yapısında meydana gelen zorlanma miktarını ifade eder. Gerilim, çekme, baskı ve kesme gerilmeleri olarak üç temel türe ayrılır. Nesne, dış kuvvetler tarafından germe veya çekme etkisinde kalıyorsa, bu durumda nesne

üzerinde meydana gelen gerilme çekme gerilmesi olarak adlandırılır. Dış kuvvet, nesnenin üzerine sıkıştırıcı bir etki yapıyorsa, bu durumda cisim üzerinde baskı gerilmesi meydana gelir. Kesme gerilmesi ise, kuvvetlerin nesnenin yüzeyine paralel olarak etki etmesi sonucu oluşur. Bu kuvvetler, nesnenin bir katmanının diğer bir katmanının üzerinde kaymasına sebep olur (Solak, 2015) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Baskı, çekme, kesme gerilmeleri (Karabulut, 2017)

3.2. Gerinim

Gerinim, bir nesnenin üzerine uygulanan dış kuvvetlerin etkisiyle, nesnenin iç yapısındaki komşu noktalar arasında oluşan, ancak fiziksel ve mekanik bağların kopmadığı, yer değiştirmeler olarak tanımlanabilir. Bir başka değışle, gerilim sonucu meydana gelen kopma, uzunluk ve hacim değışimleri olarak tanımlanabilmektedir (Solak, 2015).

Gerinim, yer değıştirme ile doğrudan ilişkilidir çünkü gerinim, nesnenin komşu noktaları arasındaki yer değıştirmelerin bir ölçüsüdür. Gerinimi koordinatlarda meydana gelen değışim bağlamında ele aldığımızda, bir nesnenin şekil değıştirmesi sonucunda, belirli noktaların koordinatlarında meydana gelen değışikliklerin, başlangıçtaki koordinatlarla oranı olarak tanımlanabilir. Günümüzde, GPS teknolojisi, yüksek doğrulukta koordinat verileri sağlayarak, yer yüzeyindeki hareketleri ve deformasyonları izleme açısından önemli bir araç haline gelmiştir. GPS ile elde edilen hızlar, genellikle

yer yüzeyindeki değişimlerin dinamik analizini yapabilmek için kullanılır ve bu veriler, lineer transformasyon yöntemleri ile gerinimlerin hesaplanmasında yaygın olarak kullanılır. Özellikle, fay hatları boyunca meydana gelen hareketleri incelemek, tektonik gerinimlerin belirlenmesinde önemli bir adımdır. Deprem potansiyeli bulunan bölgelerde, tektonik gerinim oranları, fayların hareketlerini ve bölgedeki gerilme birikimini anlamak için GPS ölçümleri kullanılmaktadır (Çolak, 2010).

3.3. Gerinim Analizi

Gerinim analizi ve deformasyon çalışmaları sırasında yalnızca nokta hareketleri değil, aynı zamanda noktasal yer değiştirmeler arasındaki gerinim de çok önemlidir. Gerinim, yeryuvarının tektonik hareketleri ve deformasyonları sonucu meydana gelen, bölgesel ölçekte farklı doğrultularda gözlemlenen şekil değişikliklerini nedeniyle meydana gelen jeodezik bir problem olup, bu hareketlerin jeodezik gözlemlerle doğrudan ilişkilidir (Selendi, 2011).

Gerinim, bir nesnenin veya yapının belirli bir noktasının, çevresindeki komşu noktalara göre meydana gelen yer değiştirme miktarının, başlangıçtaki konumuna ve referans noktası arasındaki mesafeye oranı olarak tanımlanabilir. Gerinim tensörünü belirlemek için uygulanan yöntemler, iki ana grupta incelenebilir. Birincisi, jeodezik nokta çevresindeki gerinimlerin sonsuz küçük olduğu varsayımına dayanan metotlar, ikincisi ise sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen metotlardır. Her iki metot, farklı türdeki analizler ve farklı ölçekteki deformasyonlar için uygundur. Sonsuz küçük varsayımdan dayanan metotlar küçük ve basit deformasyonları hızlı bir şekilde analiz ederken, sonlu elemanlar yöntemi büyük, karmaşık ve non-lineer deformasyonları hesaplamak için kullanılır. GPS yöntemi kullanılan uygulamalarda, genellikle yer yüzeyindeki hareketlerin izlenmesi ve analiz edilmesi için iki boyutlu yatay gerinim tensörü elemanları belirlenmektedir. Gerinim analizinin genellikle iki boyutlu olarak gerçekleştirilmesinin temel nedeni, GNSS ölçümleri ile elde edilen koordinatların, yükseklik bileşeninde henüz istenilen hassasiyete ulaşamamış olmasıdır (Kıranlıoğlu, 2006).

Gerinim tensör parametreleri yardımıyla maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri (ϵ_{\max} , ϵ_{\min}) ile maksimum gerinim yönü (ϕ) hesaplanabilir.

$$E = \begin{bmatrix} e_{xx} & e_{xy} \\ e_{yx} & e_{yy} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

e_{xx} = x eksenini doğrultusunda birim uzunluktaki değişim,

e_{yy} = y eksenini doğrultusunda birim uzunluktaki değişim,

e_{xy} = Kesme gerilmesi olarak ifade edilir.

$$\varepsilon = \frac{S' - S}{S \Delta t} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

S' = Depremden sonraki kenar uzunluğunu,

S = Depremden önceki kenar uzunluğunu,

Δt = Zaman aralığını göstermektedir.

$$\varepsilon = e_{xx} \cos^2 \alpha + e_{xy} \sin 2\alpha + e_{yy} \sin^2 \alpha \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

α = Semt açısını göstermektedir.

Jeodezik ölçü ağı kapsamında, herhangi bir P noktasının yerel deformasyon bileşenleri olan e_{xx} , e_{xy} ve e_{yy} gerinim değerlerinin doğru bir şekilde hesaplanabilmesi için, bu nokta ile çevresindeki diğer noktalar arasında farklı yönlerde sahip en az üç ayrı doğrultuda uzunluk ölçümünün yapılması gerekmektedir. Dengelemeli bir çözüme ulaşmak için, ölçü ağı içinde en az üçten fazla uzunluk ölçüsü gereklidir. Ölçümlerden asal gerinim bileşenlerini hesaplamak için kullanacağımız düzeltme denklemleri

$$V = B e^T - \varepsilon^T \quad (3.4)$$

eşitliği ile gösterilebilir.

Eşitlikte;

$$e^T = [e_{xx} \quad e_{xy} \quad e_{yy}] \quad (3.5)$$

$$\varepsilon^T = [\varepsilon_1 \quad \varepsilon_2 \quad \dots \quad \varepsilon_n] \quad (3.6)$$

$$B = \begin{bmatrix} \cos^2 \alpha_{12} & \sin 2\alpha_{12} & \sin^2 \alpha_{12} \\ \cos^2 \alpha_{13} & \sin 2\alpha_{13} & \sin^2 \alpha_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos^2 \alpha_{ij} & \sin 2\alpha_{ij} & \sin^2 \alpha_{ij} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

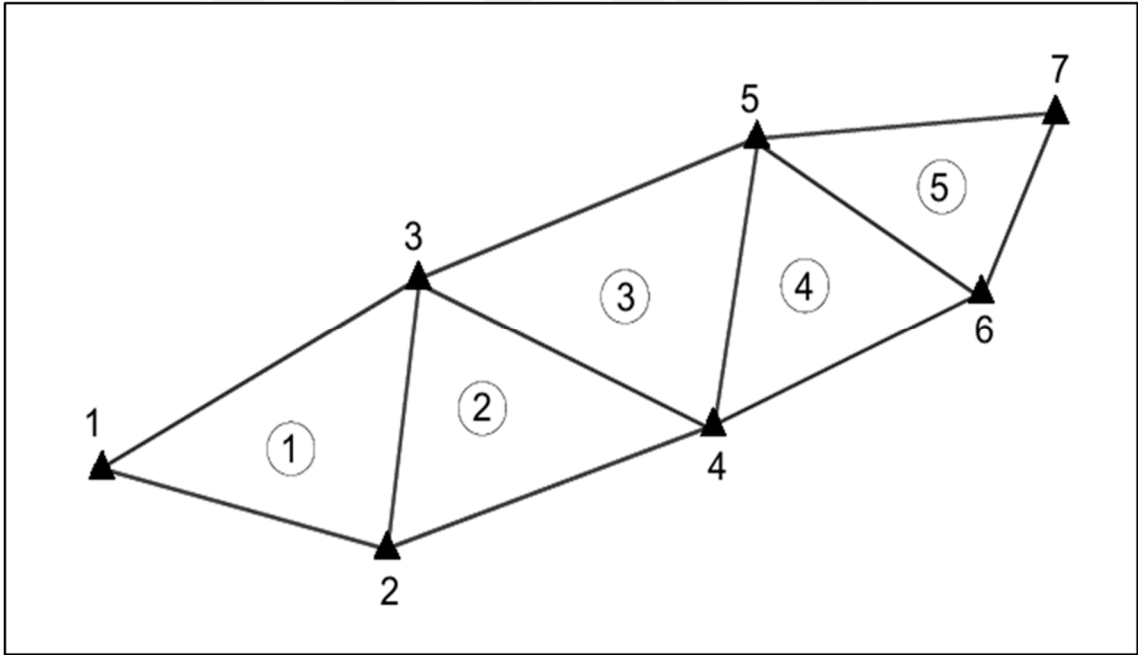
şeklinde yazılabilir.

Eşitlik matris gösterimi ile;

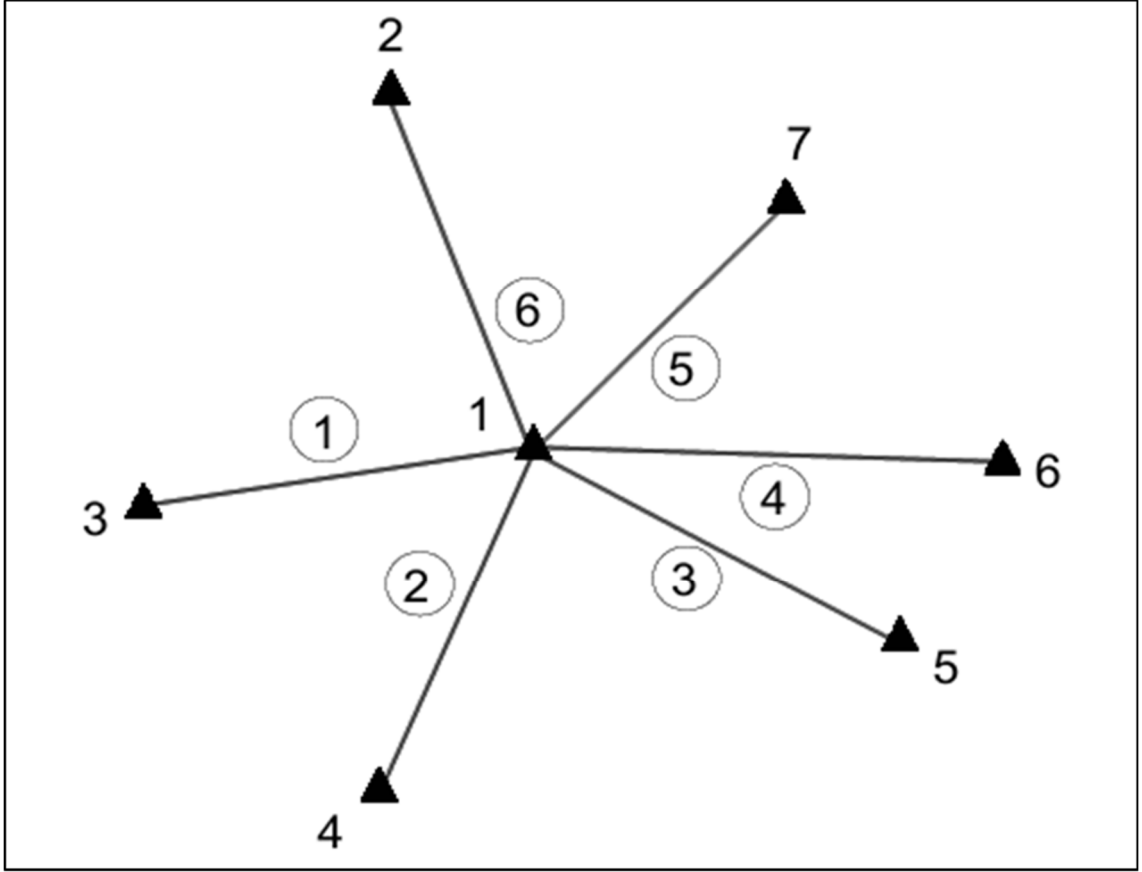
$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos^2 \alpha_{12} & \sin 2\alpha_{12} & \sin^2 \alpha_{12} \\ \cos^2 \alpha_{13} & \sin 2\alpha_{13} & \sin^2 \alpha_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \cos^2 \alpha_{ij} & \sin 2\alpha_{ij} & \sin^2 \alpha_{ij} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_{xx} \\ e_{xy} \\ e_{yy} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

şeklinde gösterilebilir.

Denklem 3.3' ten faydalanarak gerinim tensör parametreleri hesaplanabilir. Gerinim tensör parametrelerini hesaplamak için iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden ilki jeodezik ağı üçgenlere ayırarak her bir üçgen alanı için gerinim tensör parametrelerinin hesaplanmasıdır (Şekil 3.2). Bu amaçla, her üçgenin üç kenarı dikkate alınarak üç adet 3.3 numaralı denklem kurulmakta ve bu eşitlikler yardımıyla gerinim tensörünün temel bileşenleri olan e_{xx} , e_{xy} ve e_{yy} değerleri elde edilmektedir. Bu şekilde hesaplanan gerinim tensör parametreleri, ilgili üçgenin geometrik merkezi için geçerli olup, söz konusu bölgedeki deformasyon durumunu temsil etmektedir. Gerinim tensör parametrelerini belirlemenin ikinci yöntemi ise, belirli bir referans noktasından yapılan ölçümlerle bağlantılı olan diğer noktalara ilişkin her bir doğrultu için 3.3 numaralı denklemin ayrı ayrı yazılması esasına dayanmaktadır (Şekil 3.3). Bu yöntemde, referans noktaya bağlı üçten fazla doğrultu mevcutsa, her bir doğrultu için oluşturulan eşitlikler kullanılarak doğrusal denklem sistemi oluşturulur. Elde edilen bu denklem sistemi, en küçük kareler yöntemiyle dengelenerek, gerinim tensörünün temel bileşenleri olan e_{xx} , e_{xy} ve e_{yy} hesaplanmaktadır (Poyraz ve Aydın, 2009).



Şekil 3.2. Bir bölgeye ait üçgenleme örneği



Şekil 3.3. Referans noktasına bağlı doğrultuların kullanılması

Gerinim tensör parametreleri kullanılarak maksimum ve minimum asal gerinim değerleri (ϵ_{\max} , ϵ_{\min}) ile maksimum gerinim yönü (ϕ) belirlenebilir.

Saf kesme gerilimi:

$$\gamma_1 = e_{xx} - e_{yy} \quad (3.9)$$

Mühendislik kesme gerilimi:

$$\gamma_2 = 2e_{xy} \quad (3.10)$$

Toplam kesme gerilimi:

$$\gamma = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2} \quad (3.11)$$

Dilatasyon:

$$\Delta = e_{xx} + e_{yy} \quad (3.12)$$

Maksimum asal gerinim (ϵ_{\max}):

$$[\epsilon_{\max}] = \frac{(e_{xx} + e_{yy}) + \sqrt{(e_{xx} - e_{yy})^2 + 4e_{xy}^2}}{2} \quad (3.13)$$

Minimum asal gerinim (ϵ_{\min}):

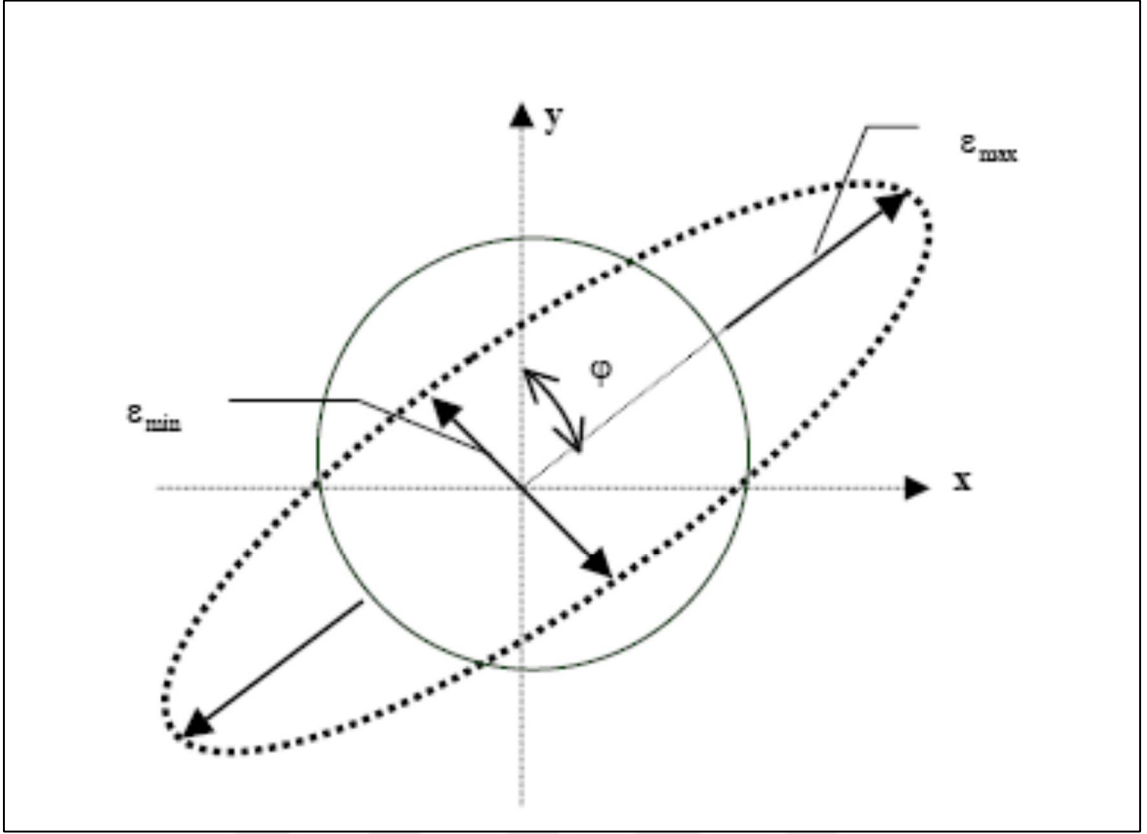
$$[\epsilon_{\min}] = \frac{(e_{xx} + e_{yy}) - \sqrt{(e_{xx} - e_{yy})^2 + 4e_{xy}^2}}{2} \quad (3.14)$$

Maksimum asal gerinim yönü:

$$\varphi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2e_{xy}}{e_{xx} - e_{yy}} \right) \text{ ya da } \varphi = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\gamma_2}{\gamma_1} \right) \quad (3.15)$$

olarak belirlenir (Şimşek, 2019).

Gerinimler, jeodezik ağ üzerindeki her bir nokta için hesaplanan asal gerilme değerleri ile ifade edilebilir ve bu değerler genellikle grafiksel olarak da gösterilebilir. İlgili noktada, gerinim analizleri ve gerinim hesaplamaları yapıldıktan sonra, maksimum gerinim doğrultusu çizilir. Bu doğrultuda, önce maksimum gerinim ve buna dik doğrultuda minimum gerinim çizilerek, gerinim elipsinin eksenleri oluşturulur (Şekil 3.4). Asal gerinim parametrelerine göre deformasyonun şekli değişiklik göstermektedir. Her iki asal gerinim değeri pozitif olduğunda her iki yönde de genişleme gerçekleşir, bu tür bir gerinim, gerçek elips şeklinde temsil edilir ve şekil dışı doğru genişleyen bir yapı göstermektedir. Biri pozitif, diğeri negatif olduğunda bir yönde genişleme, diğeri yönde sıkışma olduğunu gösterir. Bu durum da gerinim elipsi geometrik olarak iki kollu bir hiperbol olarak tanımlanır. Her iki değer de negatifse ortaya çıkan şekil sanal elips olarak adlandırılır, çünkü gerçek fiziksel elips yerine teorik olarak sıkışan bir şekli temsil etmektedir. (Poyraz, 2009).



Şekil 3.4. Gerinim elipsi ve parametreleri (Poyraz, 2009)

Asal gerinim parametreleri, minimum ve maksimum asal gerinimler olarak ifade edilir ve bu değerler pozitif veya negatif olabilir. Pozitif gerinim, çekme ve genişleme durumunu ifade ederken, negatif gerinim sıkışma ve daralmayı belirtir (Çolak, 2010).

4. AUSPOS, TRIMBLE RTX VE GAMIT GLOBK GNSS DEĞERLENDİRME YAZILIMLARI

GNSS ölçülerinin analizinde ticari ve bilimsel yazılımlar kullanılmaktadır. Ticari yazılımlar genellikle kolay kullanım ve müşteri desteği sağlarken, bilimsel yazılımlar yüksek doğruluk, esneklik ve detaylı analiz imkanı sunar. Son zamanlarda, GNSS veri analizindeki gelişmeler sayesinde konum belirleme tekniklerinde önemli yenilikler ve ilerlemeler olmuştur. Çeşitli kurumlar, üniversiteler ve araştırma merkezleri tarafından internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri geliştirilmiştir. Bu internet tabanlı GNSS veri değerlendirme servislerinin ücretsiz, kolay erişilebilir ve kullanıcı dostu olması, internet bağlantısı ve web tarayıcısının yeterli olması, kullanıcıdan minimum seviyede veri ve bilgi alacak şekilde tasarlanmış olması, kullanıcılarına yüksek doğruluk ve hızlı işlem imkanı sunması kullanımlarını yaygınlaştırmaktadır (Şimşek, 2019).

Bilimsel yazılımlar, ulusal jeodezik ağlarının tesis edilmesi, datum parametrelerinin hesaplanması, deformasyon ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi gibi bilimsel amaçlarla yapılan projelerde kullanılmaktadır. Son dönemlerde bu yazılımların kullanımını daha basit hale getirilerek ticari projelerde, akademik araştırmalarda ve eğitim faaliyetleri gibi çeşitli amaçlarda daha kolay bir şekilde hizmet edebilmesi sağlanmıştır. Bilimsel yazılımlara örnek olarak MIT (Massachusetts Institute of Technology) tarafından geliştirilen Gamit-Globk, Bern Üniversitesi'nin geliştirdiği Bernese, NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) tarafından geliştirilen GİBSY-OASIS ve Wuhan Üniversitesi tarafından geliştirilen Panda yazılımları gösterilebilir (Bilgen, 2017).

Bilimsel yazılımların kullanımı oldukça karmaşıktır ve bu yazılımları etkili bir şekilde kullanabilmek için kapsamlı bir eğitim, ileri düzey bilgi birikimi ve deneyim gerekmektedir. Değerlendirme aşamasında yapılan küçük bir parametre değişikliği, sonuçlarda önemli farklılıklara yol açacaktır. Bu sebeplerden dolayı, parametrelerin doğru bir şekilde seçilmesi ve test edilmesi, bilimsel yazılımlarda elde edilecek sonuçların güvenilirliğini ve doğruluğunu sağlamak için kritik öneme sahiptir. Bu yüzden, yazılımların kullanımı sırasında her bir parametrenin etkisi dikkatle incelenmeli ve gerektiğinde optimize edilmelidir.

Ticari yazılımların sunduğu pratik çözümler kullanıcıların karmaşık işlemleri basit ve verimli bir şekilde gerçekleştirmesini sağlamaktadır. Bu tür yazılımlar genellikle satın alınan ürünlerle birlikte alıcı üreticisi firmalar tarafından temin edilmektedir. Ticari

yazılımlarda, yazılımın kullanım kılavuzunda belirtilen işlem aşamalarına uyulduğu ve önerilen standartlara uyulduğu sürece sonuçlarda dikkate değer bir sorunla karşılaşılmamaktadır. Ticari yazılımlar, kullanıcılar için pratik çözümler ve hızlı sonuçlar sunsa da, iç yapılarının gizli ve kapalı olması, yazılımların şeffaflığını ve kontrolünü sınırlı kılar. Kullanıcılar, yazılımın nasıl çalıştığını tam olarak bilemedikleri için, sonuçların doğruluğu, güvenilirliği ve yazılımın belirli koşullarda nasıl performans göstereceği konusunda bazı belirsizlikler yaşayabilmektedirler. TRIMBLE TOTAL CONTROL PINNACLE, ASHTECH OFFICE SUITE, LEICA GEO OFFICE, ve THALES GNSS gibi ticari GNSS işleme yazılımları yaygın olarak kullanılan örneklerdir (İnal ve Salgın, 2008).

İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servisleri, sınırsız erişim imkanı sunmakta ve çoğunlukla abonelik sistemi aracılığıyla ücretsiz kullanım olanağı tanımaktadır. Veriler tam olarak yüklendikten sonra, sistem otomatik olarak değerlendirme başlayarak, diğer kullanıcılar tarafından iletilen veri yoğunluğuna, internet bağlantı hızına, sunucu kapasitesine ve işleme algoritmalarının hızına bağlı olarak sonuçları kullanıcılara iletmektedirler. Bu servisler, personel ve donanım maliyetleri açısından önemli avantajlar sunmakla birlikte, aynı zamanda deneyim gerektirmemesi nedeniyle kullanıcılar için de büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bütün hizmetler, sunulan verilerin kalitesine ve kullanıcı tarafından sağlanan veri süresinin uzunluğuna bağlıdır. İnternet tabanlı GNSS değerlendirme servislerinin en büyük dezavantajlarından biri, veri işlemenin tamamen otomatik yapılması ve kullanıcıların bu sürece direkt müdahale edememesidir. Veri iletimindeki sorunlar, internet hızındaki düşüklük ve kesintiler, bakım hizmetleri gibi nedenlerden servislerin devre dışı kalmaları, bu tür servislerin büyük eksiklikleri arasında yer almaktadır (Gelişkan, 2019).

4.1. AUSPOS (Australian Online GPS Processing Service)

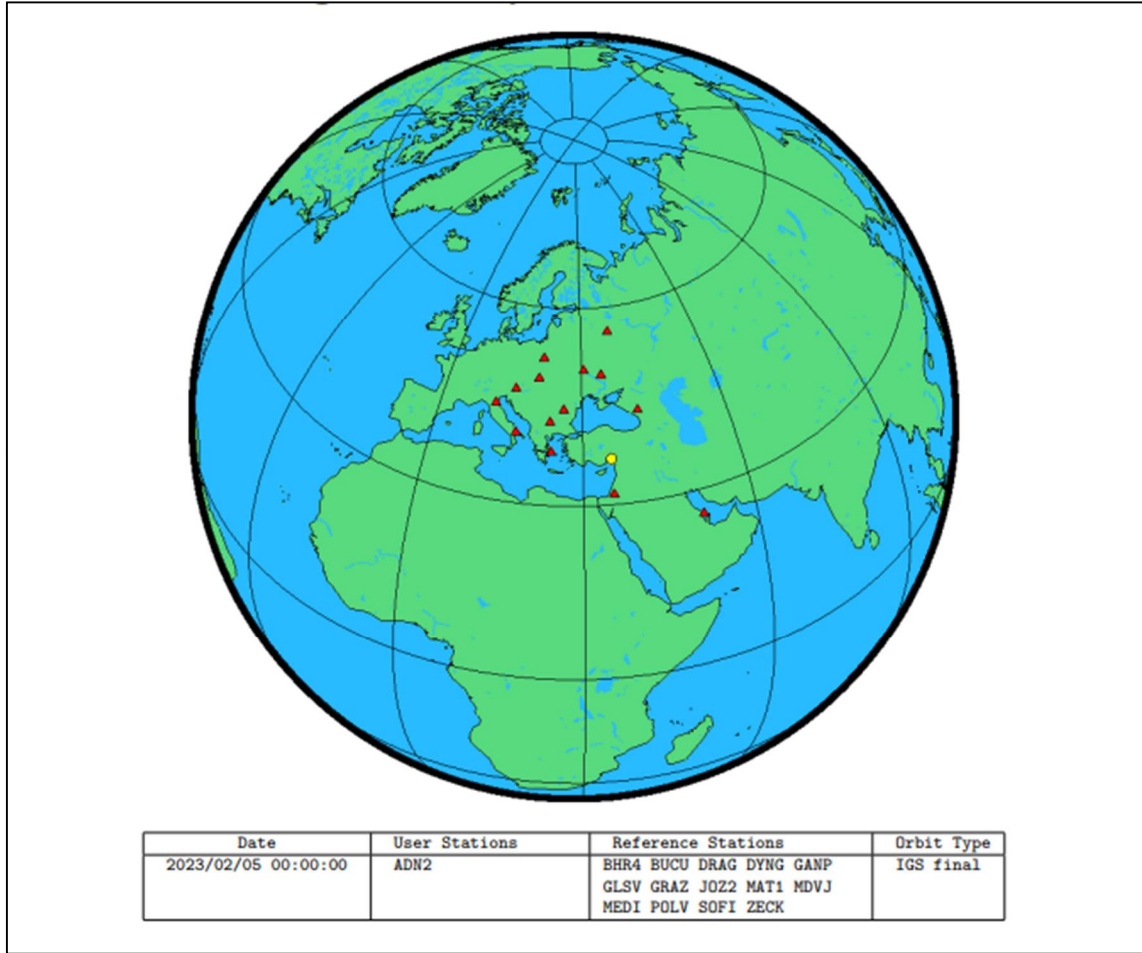
AUSPOS (Australian Online GPS Processing Service), GeoScience Australia tarafından işletilen, internet tabanlı bir çevrimiçi GNSS değerlendirme ve konum belirleme servsidir. AUSPOS servisi kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır. AUSPOS servisi üyelik işlemi gerektirmeden kullanılabilir. AUSPOS servisiyle <https://gnss.ga.gov.au/auspos> (URL, 1) internet sayfasında detaylı bilgiye ulaşarak, GNSS değerlendirme işlemleri gerçekleştirilmektedir. AUSPOS servisi, kullanıcıların toplamış olduğu GNSS verilerini RINEX formatına çevirerek sisteme aktarılması esasına

dayalı olarak hizmet vermektedir. RINEX formatına çevrilmiş verilerin AUSPOS servisine iletilmesi işlemi, doğrudan web sayfası üzerinden yükleme şeklinde yapılabildiği gibi, alternatif olarak ftp (file transfer protocol) hizmeti ile de yapılabilmektedir. Sisteme yüklenen verilerin değerlendirilebilmesi için, IGS standartlarına uygun çift frekanslı GNSS alıcıları ile, 30 saniye aralıklarla ölçü alma prensibine göre ve statik yöntem kullanılarak toplanmış olması gerekmektedir. Toplanan veriler yalnızca GPS uydu sistemi tarafından sağlanan veriler ise dikkate alınmaktadır. Diğer GNSS sistemlerinden (GLONASS, Galileo, BeiDou vb.) gelen veriler işleme dahil edilmemektedir. AUSPOS servisi, kullanıcılarına veri girişi için 20 farklı GPS dosyası yükleme imkanı sunmaktadır. Yükleme işlemi sırasında girilen eposta adresine, sonuç raporu 10 dakika gibi kısa bir sürede PDF formatında gönderilmektedir. Fakat 20 farklı dosya yüklendiği zaman geri dönüş süresi değişmektedir. Anten tipi ve yüksekliği yüklenen RINEX verileri için kullanıcılar tarafından manuel olarak girilebileceği gibi 'scan' butonuyla otomatik olarak da girilebilmektedir. Anten yüksekliği, düşey yükseklik olarak belirtmeli ve anten tipi IGS sistemindeki antenlerden biriyle uyumlu olmalıdır. AUSPOS servisi, RINEX formatına alternatif olarak Gzip, Bzip, Zip ve Hatanaka gibi sıkıştırılmış formatları da desteklemektedir. Programın kullanıcı arayüzü Şekil 4.1' de gösterilmiştir.

Şekil 4.1. AUSPOS kullanıcı arayüzü

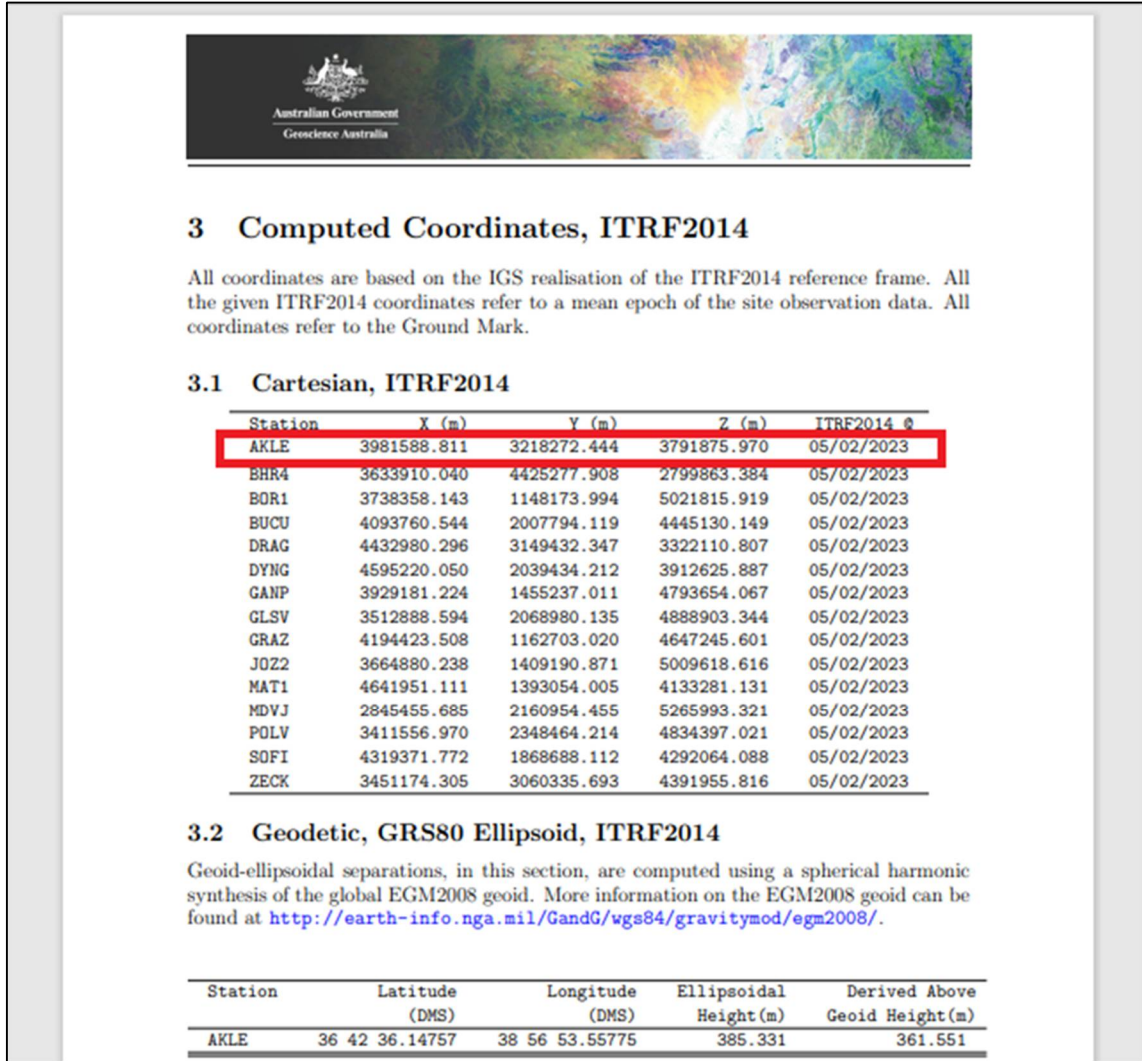
Servise yüklenen RINEX dosyaları minimum 1 saatlik kesintisiz GNSS gözlemi içermelidir. Ayrıca yüklenen dosyanın ismi boşluk karakteri içermemelidir. AUSPOS sadece statik modda çalışmakta olup, kinematik modda analiz yapmamaktadır. Veri değerlendirme işlemleri için bilimsel bir GNSS yazılımı olan Bernese' ı kullanmaktadır. Ölçüm yapılan nokta için, uygun mesafedeki IGS ve Asia-Pacific Reference Frame (APREF) istasyonlarından referans alınarak 15 sabit nokta kullanılır. Değerlendirme

aşamasında, duyarlı yörünge ve saat bilgileri IGS' ten temin edilerek koordinatlar hesaplanmaktadır (Şimşek, 2019) (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. AUSPOS sonuç koordinatları için kullanılan IGS noktaları

AUSPOS servisi, ikili farklar gözlem modeli aracılığıyla çözüme ulaşmaktadır. Sonuç raporunda, referans istasyonlarına ait ITRF2014 datumundaki kartezyen ve jeodezik koordinatlar ile hata büyüklükleri hakkında bilgiler yer almaktadır (Şekil 4.3). Ayrıca Geocentric Datum of Australia (GDA) datumundaki Kartezyen ve jeodezik koordinatlar da yer almaktadır. (Bahadur ve Üstün, 2014).



Şekil 4.3. AUSPOS sonuç raporu koordinatları

4.2. TRIMBLE RTX

Trimble RTX (Real-Time Extended), Trimble firması tarafından geliştirilen, küresel kapsama sahip, GNSS tabanlı yüksek hassasiyetli bir konumlandırma teknolojisidir. Bu servis aracılığıyla, internet bağlantısı ile erişim sağlanarak, kullanıcılara herhangi bir ücret talep edilmeksizin veri değerlendirme imkanı sunulması hedeflenmiştir. Servise erişim sağlamak için, kullanıcıların internet adresi olan <https://www.trimblertx.com/Register.aspx> (URL, 3) üzerinden kayıt işlemlerini tamamlamaları gerekmektedir (Şekil 4.4). Trimble RTX servisi, GPS, GLONASS, QZSS, Beidou ve Galileo gibi farklı GNSS sistemlerinden gelen verileri analiz edebilme özelliğine sahiptir. Trimble firması, RTX teknolojisini desteklemek amacıyla dünya genelinde 100' den fazla sabit GNSS referans noktasından oluşan küresel bir ağ

kurmuştur. Bu referans ağı, uyduların hassas yörünge ve saat bilgilerini sağlayarak, konumlandırma ve veri analizi işlemlerinin yüksek doğrulukla gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır (Pırtı ve Yazıcı, 2022).

REGISTRATION

Fields marked with * are mandatory.

First name: * EDA

Last name: * OZER

Company: *

E-mail address: * edaozerr1618@gmail.com

Address line 1: sermayecik köyü

Address line 2: 24

City/Town: ALTINOVA

State/Province/Region: YALOVA

ZIP/Postal Code:

Country: * Turkey

Contact Phone:

Type of organization: * -- Select type of organization --

Main Application: -- Select main application --

Size of the organization: -- Select size of organization --

I would like to receive product updates and promotional materials from Trimble.

Submit

Şekil 4.4. Trimble RTX kayıt ekranı

Trimble servisi, kullanıcıların GNSS gözlem verilerini CenterPoint RTX adı verilen post-processing hizmetine yüklemeyi ve bu veriler üzerinden hassas konumlandırma hesaplamalarının gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Serviste konum hesaplamaları, verinin tarihine göre farklı jeodezik referans sistemleri kullanılarak yapılmaktadır. 23 Mart 2017 öncesi veriler ITRF2008, bu tarihten sonraki veriler ise ITRF2014 datumuna göre işlenmektedir. 14 Mayıs 2011 tarihinden sonra, servis sadece statik ölçüm yöntemleriyle yapılan GNSS gözlemleri üzerinde değerlendirme yapabilmektedir (İnyurt ve Ulukavak, 2020). Servise ait arayüz Şekil 4.5' de gösterilmektedir.

WELCOME TO TRIMBLE CENTERPOINT® RTX POST-PROCESSING SERVICE

Trimble RTX® is a global GNSS technology that provides centimeter-level positioning, worldwide, at any time.

This application allows you to upload GNSS observation data to the CenterPoint RTX post-processing service and receive positioning calculations. The positioning calculations are performed in the observation epoch (current epoch) of ITRF2008 for data sets that were collected prior to March 23rd 2017, and ITRF2014 for data sets that were collected on or after March 23rd 2017. Transformation can be performed by selecting a different coordinate system and tectonic plate. Complete the form below to receive your calculations via email.

1. Select a coordinate system and tectonic plate:

Coordinate System:

Tectonic Plate:

2. Select a file to upload:

adn20230.23d

New Enhancements

The CenterPoint RTX post-processing service now supports all dual frequency GNSS receivers.

Antennas must be on the Supported Antennas list. The post-processing service will not process unsupported antennas. See also: [Supported Antennas](#)

Observation files must meet the following requirements:

- Data formats accepted include Trimble proprietary data formats (e.g. DAT, T01, T02, T04, Quark) and the standard RINEX 2 and RINEX 3 data formats
- For optimal processing results, it is recommended to provide at least 60 minutes of observations.
- Data files cannot exceed 24 hours in length
- Data files must be static only
- Data files must contain dual frequency pseudorange and carrier phase observations (L1 and L2)
- Data must have been collected after 14 May 2011
- BeiDou data is included since 04 Jun 2014
- Galileo data is included since 01 Jan 2017
- If your observation data consists of several files, please compress them to a ZIP archive and upload the zipped file. All files in the ZIP archive must belong to the same station.

3. Provide your email address:

Email:

I accept the terms of use listed in the Disclaimer section below.


Process The Report will be sent to the email address provided above.

Şekil 4.5. Trimble RTX kullanıcı arayüzü

Bu servis, kullanıcılara farklı koordinat sistemleri ve tektonik plaka seçenekleri sunarak, çeşitli coğrafi ve jeolojik parametrelere dayalı daha doğru ve esnek analizlerin yapılmasını sağlamaktadır. Servis, farklı veri formatlarına uyum sağlayarak, kullanıcıların çeşitli gözlem dosyalarını yüklemelerine imkan tanımaktadır. Bu formatlar arasında RINEX 2.x ve RINEX 3.x, Quark, Trimble T01, T02 ve DAT formatları yer almaktadır. Yüklenen gözlem dosyalarının minimum süresi 60 dakika, maksimum süresi 24 saatlik olmalıdır. Veri dosyalarının yalnızca statik gözlemlerden oluşması gerekmektedir. Veri dosyaları çift frekanslı pseudorange ve taşıyıcı faz gözlemlerini (L1 ve L2) içermelidir. Yüklenen gözlem dosyaları sisteme başarıyla yüklendikten sonra, hesaplama işlemleri tamamlanarak sonuçlar genellikle 2 dakikadan daha kısa bir sürede kullanıcının belirttiği e-posta adresine gönderilmektedir (Pırtı ve Yazıcı, 2022).

Servis, kullanıcının yüklediği gözlem verilerindeki yaklaşık konuma dayanarak, ait olduğu tektonik plakayı otomatik olarak belirlemektedir. Sonuç raporunda,

değerlendirme sürecinde kullanılan ön bilgiler, yani gözlem süresi, uydu konfigürasyonu, kullanılan uydu sistemleri ve referans ağı gibi veriler ayrıntılı bir şekilde sunulmakta; bunun ardından ise dengeleme işlemi sonucunda elde edilen kesin koordinat bilgileri raporun devamında sunulmaktadır (Bülbül, 2023). Şekil 4.6' da sonuç raporu gösterilmektedir.



Post-Processing Service Based on RTX Technology

TrimbleRTX.com

Contributor: edaozerr1618@gmail.com
Reference Name: adn20320.23o
Upload Date: 10/30/2024 14:52:42 UTC

Report Time Frame:
Start Time: 02/01/2023 00:00:00 UTC
End Time: 02/01/2023 23:59:30 UTC

Observation File Type(s): RINEX
Observation File(s): adn20320.23o

Antenna:
Name: TRM55971.00 NONE
Height: 0.087 m
Reference: Bottom of antenna mount

Receiver Name: TRIMBLE NETR5
Coordinate Systems: ITRF2014
Tectonic Plate: Eurasia (Auto-detected)
Tectonic Plate Model: MORVEL56
Processing Interval: 30 s

Statistics

| # Total Obs | # Usable Obs | # Used Obs | Percent |
|-------------|--------------|------------|---------|
| 2869 | 2869 | 2869 | 100 |

Used Satellites

| | |
|---------------------|---|
| # Total Satellites: | 50 |
| GPS: | G02 G03 G04 G05 G06 G07 G08 G09 G10 G11 G12 G13 G14 G15 G16 G17 G18 G19 G20 G21 G23 G24 G25 G26 G27 G29 G30 G31 G32 |
| GLONASS: | R01 R02 R03 R04 R05 R07 R08 R09 R11 R12 R13 R14 R15 R16 R17 R18 R19 R20 R21 R22 R24 |

Processing Results

| ITRF2014 at Epoch 2010.0 | | |
|--------------------------|---------------------|----------|
| Coordinate | Value | σ |
| X | 4162045.827 m | 0.005 m |
| Y | 2949431.270 m | 0.004 m |
| Z | 3815967.550 m | 0.004 m |
| Latitude | 36° 59' 0.40790" N | 0.002 m |
| Longitude | 35° 19' 23.77370" E | 0.003 m |
| El. Height | 69.290 m | 0.006 m |

| ITRF2014 at Epoch 2023.08 | | |
|---------------------------|---------------------|----------|
| Coordinate | Value | σ |
| X | 4162045.591 m | 0.005 m |
| Y | 2949431.466 m | 0.004 m |
| Z | 3815967.656 m | 0.004 m |
| Latitude | 36° 59' 0.41218" N | 0.002 m |
| Longitude | 35° 19' 23.78567" E | 0.003 m |
| El. Height | 69.290 m | 0.006 m |

Report Information

Trimble RTX Solution ID: 31345987
Solution Type: Static
Software Version: 8.5.1.20196
Creation Date: 10/30/2024 14:54:08 UTC

Disclaimer
Trimble Navigation Limited does not guarantee availability, reliability, and performance of the current RTX Post-Processing service and accepts no legal liability arising from, or connected to, the use of information on this document or use of this service.

Şekil 4.6. Trimble RTX sonuç raporu

4.3. GAMIT/GLOBK

GAMIT/GLOBK, Massachusetts Institute of Technology (MIT) tarafından geliştirilen ve GNSS verilerinin yüksek doğrulukla işlenmesini sağlayan, iki bileşenli bir yazılım paketidir.

GNSS verilerinin işlenmesinde ilk aşama olarak, ham gözlem verilerinden günlük istasyon koordinatlarının ve troposfer parametrelerinin elde edilmesini sağlamak amacıyla GAMIT yazılımı kullanılmaktadır (Uysal, 2023). GAMIT yazılımı, Linux tabanlı işletim sistemlerinde çalışacak şekilde geliştirilmiştir (Özdemir, 2024). GAMIT, farklı GNSS alıcılarından toplanan veriler üzerinde günlük bazda koordinat kestirimi yapabilme ve faz ile pseudorange ölçmelerini modelleme yeteneğine sahip bir yazılımdır. GAMIT yazılımının ilk çıktısı, GNSS istasyonlarının konumları ve hızları, uyduların yörünge parametreleri ile Dünya'nın dönme hareketine ilişkin parametrelerin tahmin edilmesini içermektedir. Bu çıktı, aynı zamanda farklı veri kümelerinin birleştirilmesini sağlamak amacıyla GLOBK yazılımına aktarılacak şekilde düzenlenmektedir. Bu çözüm dosyası, parametre tahminlerini ve ilişkili kovaryans bilgilerini içeren, serbest bir şekilde kısıtlanmış bir formatta hazırlanmakta ve daha ileri analizler için bir temel oluşturmaktadır (Uysal, 2023). GAMIT modülü, yer yüzeyine yerleştirilmiş GNSS istasyonlarına ait yaklaşık üç boyutlu koordinatların belirlenmesinde, uyduların yörüngelerinin hesaplanmasında, atmosferdeki zenit gecikmelerin modellenmesinde ve dünyanın yönelimini ifade eden parametrelerin tahmin edilmesinde kullanılan, faz ölçü verilerini değerlendiren çeşitli programlardan oluşan kapsamlı bir yazılım paketidir (Kocaaslan, 2024). GAMIT yazılımı, taşıyıcı faz gözlemlerinde karşılaşılan tamsayı belirsizliğini, atmosferik gecikmeler, iyonosfer ve troposfer kaynaklı etkiler, ile uydu ve alıcı saatlerindeki sapmaları dikkate alarak işlem yapar. En uygun faz belirsizliklerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi amacıyla, tek bir gözlem oturumu esas alınarak, aynı oturum içinde elde edilen bağımsız faz ölçümlerine ait ikili farklar üzerinden çeşitli dengeleme işlemleri gerçekleştirilmektedir (Uysal, 2023). GLOBK modülü GPS, VLBI ve SLR gibi farklı jeodezik tekniklerle elde edilen ölçümleri bir araya getiren ve Kalman filtresi algoritması kullanan bir yazılım modülüdür (Kocaaslan, 2024). Yazılımın temel amacı, yersel ve uzaysal jeodezik gözlemlerden elde edilen verilerin işlenmesiyle ortaya çıkan çözümleri birleştirerek bütüncül bir analiz elde etmektir (Uysal, 2023). Bu çözümleri ortak bir referans sistemine indirgerken aynı zamanda standart sapma

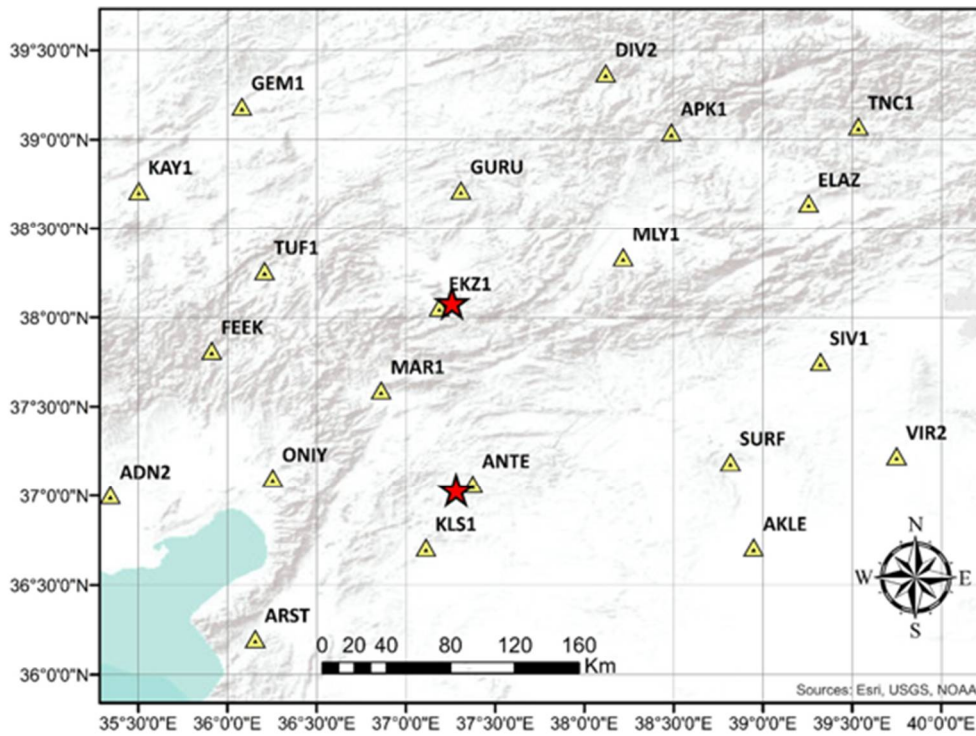
değerlerini de dikkate alarak yüksek hassasiyetli konum ve hız bilgilerini hesaplamaktadır (Özdemir, 2024).

Herhangi özel şirketin hizmetine yönelik olarak geliştirilmeyen GAMIT yazılımı, GNSS ham verilerinin işlenmesi sürecinde farklı alıcı markaları arasında uyumluluk sağlayan uluslararası bir veri formatı olan RINEX formatını kullanmaktadır. Veri analizi yapılmadan önce, hangi istasyonların kullanılacağı ve analiz süresinin hangi tarihler aralığını kapsayacağı belirlenmelidir. GAMIT yazılımı, aynı anda analiz yapabileceği nokta veya istasyon sayısını sınırlayarak, en fazla 99 farklı nokta ya da istasyon verisini aynı anda işleyebilmektedir. Bu limit, programın veri işleme kapasitesini belirleyen bir faktör olup, çok sayıda nokta ile yapılacak analizlerde dikkat edilmesi gereken bir husustur. Nokta sayısı arttıkça işlem süresi belirgin şekilde uzayacağından, verimli bir analiz için genellikle 50 istasyon ile sınırlandırmak daha uygun olacaktır. Bu sayede işlem süresi kontrol altında tutulabilir. Fazla istasyonlar, işlem süresini optimize etmek için gruplandırılabilir ve her grup üzerinde paralel işlem yapılabilir. Paralel işlem yapılırken, gruplar arasında ortak istasyonların bulunması, gruplar arasında bağlantıyı sağlamaya yardımcı olur ve verilerin birbirleriyle uyumlu bir şekilde işlenmesini sağlar (Kocaaslan, 2024).

GLOBK yazılımı, uydu jeodezi verilerinin kullanıldığı bir çözüm sürecine dayanmaktadır. Temelde, çeşitli kaynaklardan toplanmış ölçmelerin değerlendirilmesiyle elde edilen çözümleri birleştirerek, bu çözümler üzerinde Kalman Filtresi uygulamaktadır. Kalman Filtresi, parametrelerin ardışık tahminini sağlayan bir yöntem olup, genellikle iki tür dengeleme yapmaktadır. Bunlar, ölçümlerin ağırlıklı ortalamalarını, hız gibi model parametrelerini tahmin eden ileri çözüm ve ileri çözüme dayalı olarak ölçme düzeltmelerini belirleyen geri çözüm yöntemidir. Bu hesaplama olanaklarının etkin bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla, GAMIT yazılımında tüm nokta koordinatlarına ve uydu durum vektörlerine düşük ağırlıklı apriori kısıtlamalar uygulanmaktadır. GAMIT yazılımı tarafından elde edilen nokta koordinatları ve uydu vektörü çözümleri, genellikle yüksek varyans ve korelasyon içeren kovaryans matrisleri üretse de, güçlü şekilde kısıtlanmış çözümlerin normal geometrik ilişkilerini koruyarak sürdürmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntem, eş zamanlı koordinat belirlenmesi için farklı oturumlardan elde edilen dengeleme verilerini birleştirme özelliğine sahiptir (Uysal, 2023).

5. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında 6 Şubat Kahramanmaraş depremlerinin sebep olduğu gerinimleri incelemek amacıyla, bölgesel dağılımları ve fay zonlarına yakınlıkları dikkate alınarak 21 adet TUSAGA-Aktif ADN2, AKLE, ANTE, APK1, ARST, DIV2, EKZ1, ELAZ, FEEK, GEM1, GURU, KAY1, KLS1, MAR1, MLY1, ONIY, SIV1, SURF, TNC1, TUF1, VIR2 istasyonları seçilmiştir. Şekil 5.1’ de seçilen TUSAGA-Aktif istasyonları gösterilmektedir.

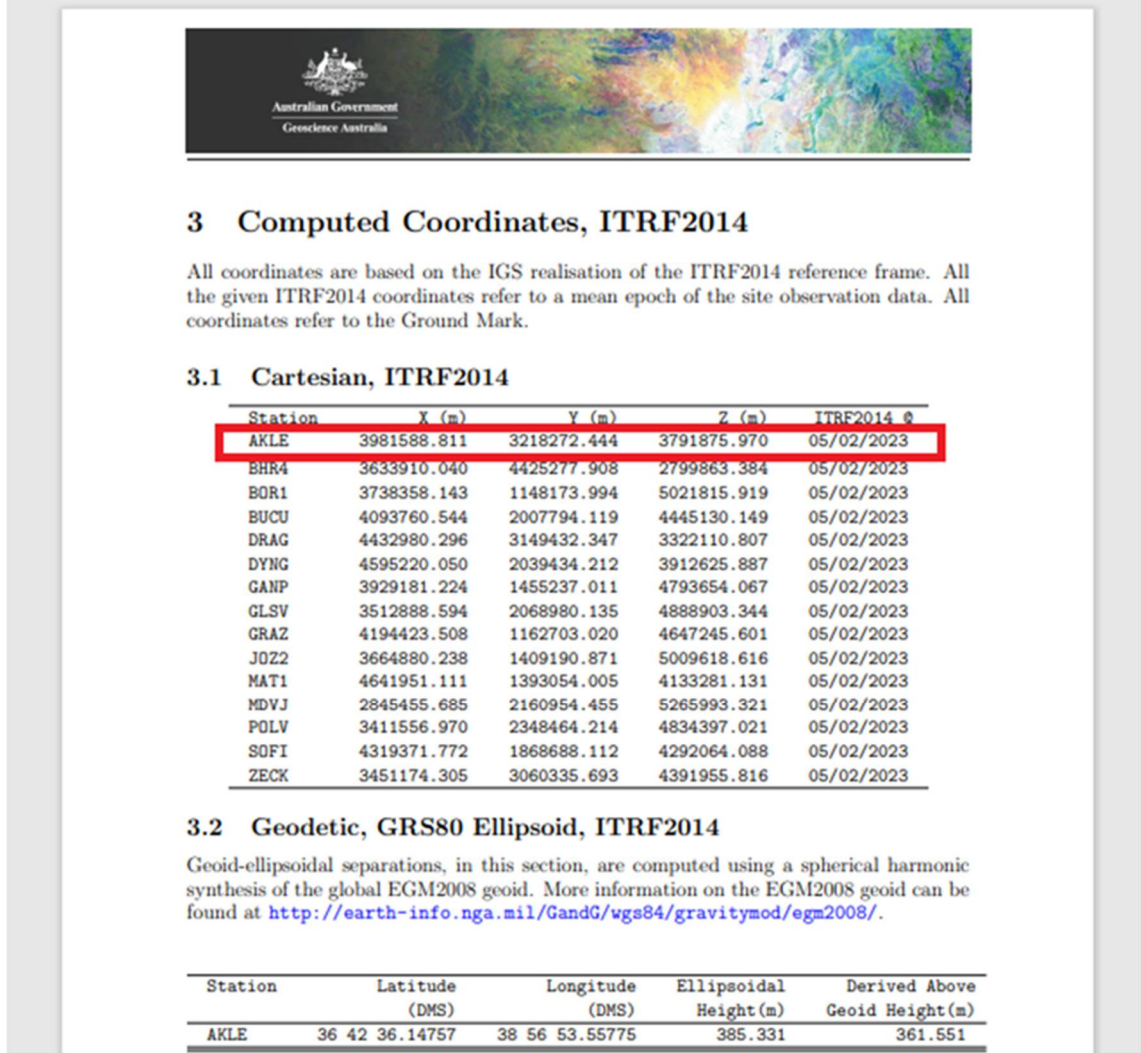


Şekil 5.1. Seçilen TUSAGA-Aktif istasyonları

Seçilen TUSAGA-Aktif istasyonlara ait 30 günlük (22.01.2023-21.02.2023) 24 saatlik RINEX verileri <https://www.tusaga-aktif.gov.tr> (URL, 4) adresinden temin edilmiştir. Bu tarih aralığı, depremlerden önceki 15 günü ve depremlerden sonraki 15 günü kapsayacak şekilde belirlenmiş olup, oluşan gerinimleri izlemeyi amaçlamaktadır. TUSAGA-AKTİF istasyonlarından temin edilen RINEX verileri AUSPOS, Trimble RTX ve GAMIT/GLOBK programları ile değerlendirilmiştir.

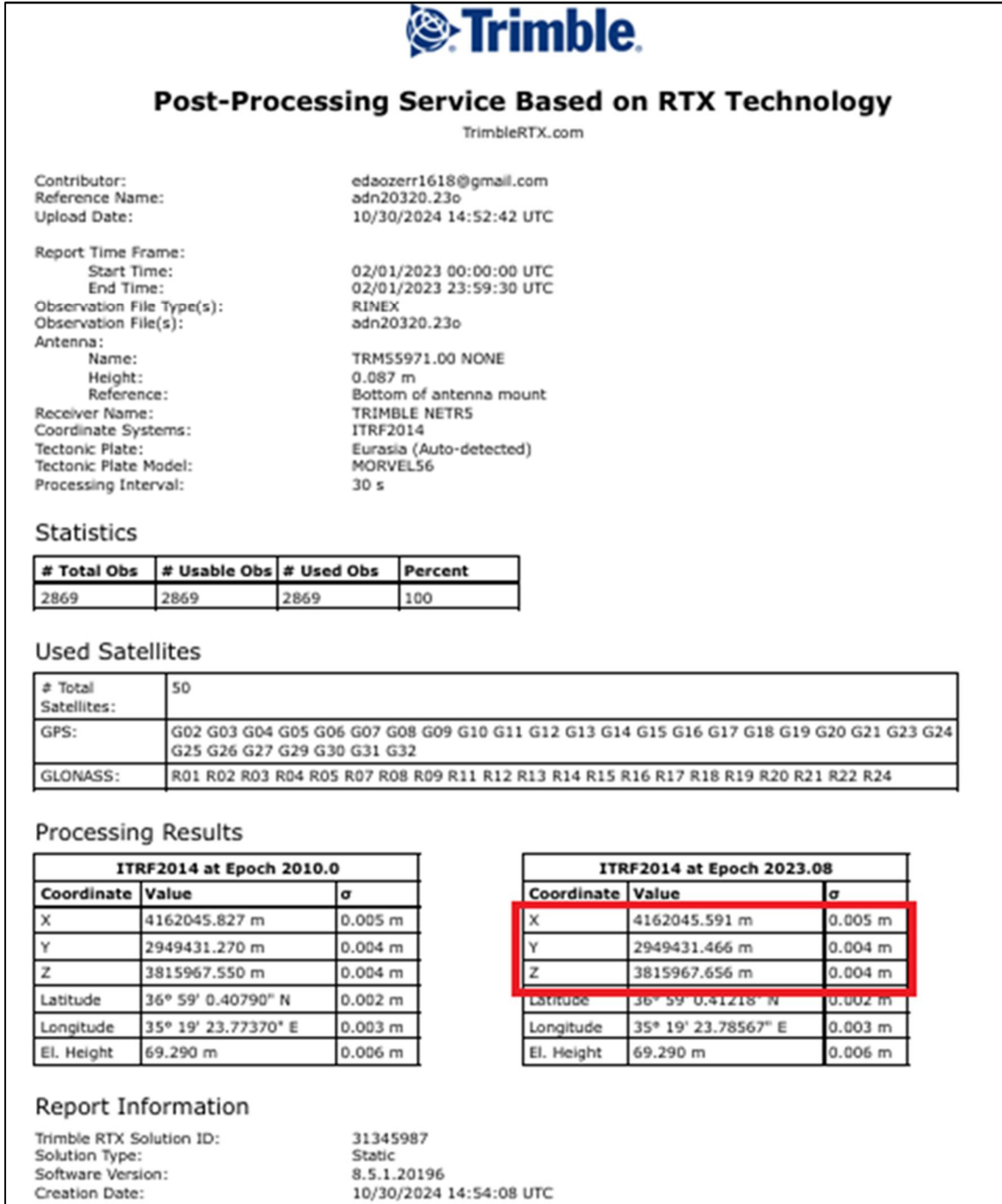
AUSPOS yazılımına RINEX verileri gönderilirken ilk olarak <https://gnss.ga.gov.au/auspos> (URL, 1) adresine girilmiştir. Yazılım üyelik

gerektirmediği için RINEX verileri seçilip eposta adresi girilerek veriler değerlendirilmeye gönderilmiştir. Sonuç raporu eposta olarak girilen eposta adresine gönderilmiştir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. AUSPOS sonuç koordinatları

Trimble RTX yazılımına RINEX verileri gönderilirken <https://www.trimblertx.com/Register.aspx> (URL, 3) adresine girilmiştir. Sisteme üye olduktan sonra açılan sayfada veriler seçilerek, eposta adresi girilmiş ve 'process' komutuyla değerlendirmeye gönderilmiştir. Sonuç dosyası girilen eposta adresine pdf şeklinde gönderilmiştir (Şekil 5.3).

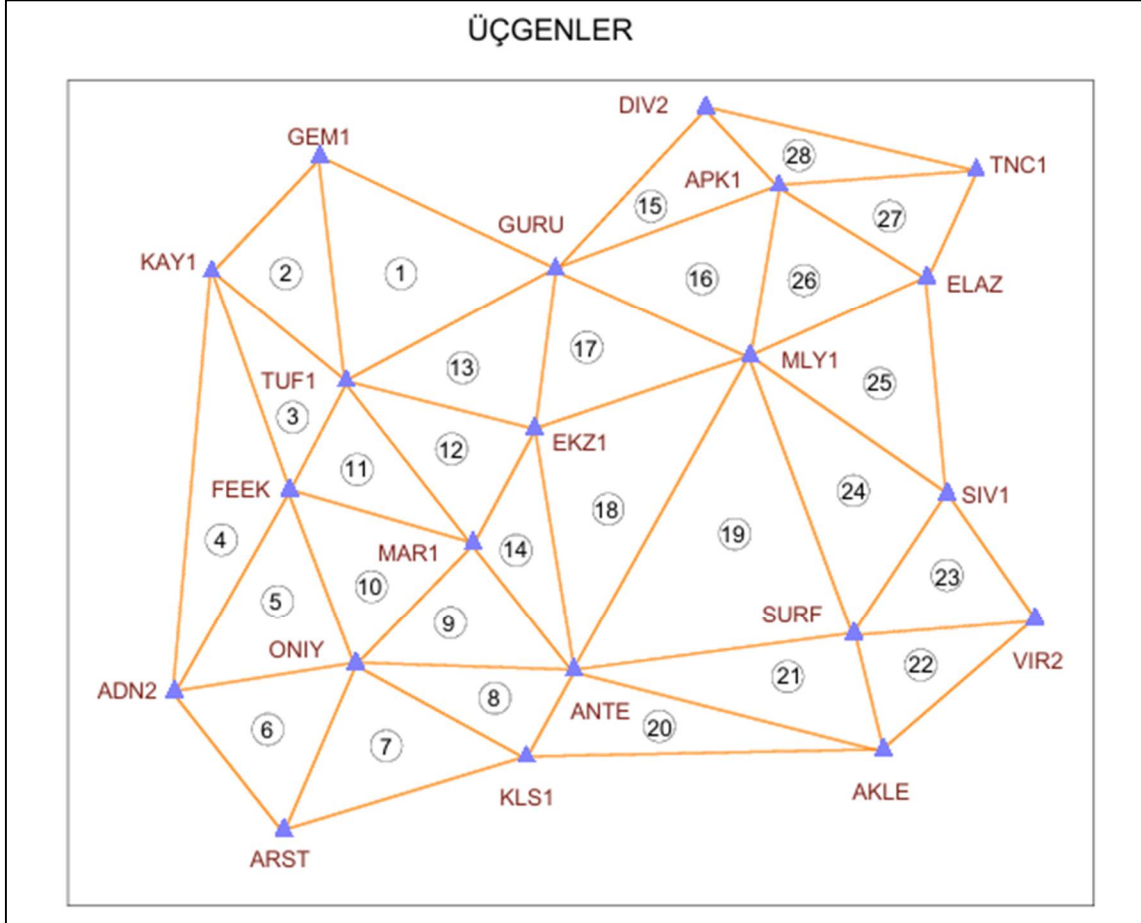


Şekil 5.3. Trimble RTX sonuç koordinatları

GAMIT/GLOBK yazılımı ile yapılan değerlendirmeler Bülbül ve arkadaşları (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmadan elde edilmiştir.

AUSPOS, Trimble RTX ve GAMIT/GLOBK yazılımları ile değerlendirilen koordinatlara iki boyutlu gerinim analizi yapılmıştır. İki boyutlu gerinim analizi için

değerlendirilen koordinatlar Gauss-Krüger Projeksiyonu koordinatlara dönüştürülmüştür. Gerinim analizi için çalışma bölgesinde Delaunay üçgenleme yöntemi kullanılarak düzgün bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Çalışma bölgesi için yapılan üçgenleme Şekil 5.4'te gösterilmektedir. Çalışma bölgesinde toplam 28 adet üçgen bulunmaktadır. Gerinim analizi kenarlardaki değişim için yapılmış gerinim parametreleri hesaplanmıştır.



Şekil 5.4. Uygulama bölgesinde oluşturulan üçgenler

Hesaplamalar yapılırken kolaylık oluşturması için 30 günlük (22.01.2023-21.02.2023) süreç 7 gruba (22.01.2023-26.01.2023, 27.01.2023-31.01.2023, 01.02.2023-05.02.2023, 06.02.2023, 07.11.2023-11.02.2023, 12.02.2023-16.02.2023, 17.02.2023-21.02.2023) ayrılmıştır.

Çalışma bölgesi, toplamda 28 üçgene ayrılarak, AUSPOS, Trimble RTX ve GAMIT/GLOBK yazılımları aracılığıyla elde edilen koordinat verileri ile gerinim analizleri yapılmıştır. Gerinim parametreleri Denklem 3.2, 3.3 yardımıyla maksimum ve

minimum asal gerinim, dilatasyon, toplam kesme gerinimi, maksimum asal gerinim yönü Denklem 3.9-3.15 yardımıyla hesaplanmıştır.

GAMIT/GLOBK yazılımı ile gerçekleştirilen gerinim parametresi hesaplamalarına ilişkin sonuçlar, Çizelge 5.1’ de verilmiştir. Bu çizelgede, bölgedeki gerinimler parametreler için hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1. GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre hesaplanan gerinim parametreleri

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| GEM1-TUF1-GURU | 24-29.01.2023 | 0.00218 | -0.00120 | 0.00098 | -0.00307 | 136.46415 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00031 | -0.00584 | -0.00554 | 0.00393 | 77.94791 |
| | 03-06.02.2023 | 0.18298 | -0.45882 | -0.27584 | 0.25183 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.01669 | -0.02239 | -0.03908 | 0.00406 | 25.20360 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00246 | -0.00580 | -0.00825 | -0.00306 | 136.89133 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00068 | -0.00462 | -0.00394 | -0.00307 | 119.67637 |
| GEM1-KAY1-TUF1 | 24-29.01.2023 | 0.00052 | -0.00119 | -0.00067 | -0.00157 | 162.68408 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00318 | -0.00862 | -0.00544 | 0.01140 | 58.35165 |
| | 03-06.02.2023 | 0.09037 | -1.07490 | -0.98453 | 1.11379 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01073 | -0.03406 | -0.02333 | 0.04472 | 51.80386 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00215 | -0.01346 | -0.01131 | 0.01443 | 37.54318 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00363 | -0.00552 | -0.00189 | 0.00837 | 63.27403 |
| KAY1-FEEK-TUF1 | 24-29.01.2023 | 0.00511 | -0.00402 | 0.00109 | -0.00145 | 194.94423 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00265 | -0.00980 | -0.00714 | 0.00698 | 18.94689 |
| | 03-06.02.2023 | 0.31275 | -1.99935 | -1.68660 | 0.00421 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.23880 | -0.03869 | 0.20011 | 0.27657 | 52.58587 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00076 | -0.02258 | -0.02334 | -0.00100 | 198.53834 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00832 | -0.01775 | -0.00942 | -0.00516 | 193.65621 |
| KAY1-ADN2-FEEK | 24-29.01.2023 | 0.01496 | -0.00026 | 0.01470 | -0.00735 | 116.04904 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00012 | -0.00250 | -0.00263 | 0.00228 | 41.06687 |
| | 03-06.02.2023 | 0.28355 | 0.04188 | 0.32544 | 0.06485 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01829 | -0.33896 | -0.32067 | -0.09901 | 191.06110 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00978 | -0.00304 | 0.00674 | 0.00587 | 84.86299 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00800 | -0.00053 | 0.00747 | -0.00846 | 154.08814 |
| FEEK-ADN2-ONİY | 24-29.01.2023 | 0.00260 | -0.00642 | -0.00382 | 0.00832 | 62.56959 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00171 | -0.00146 | 0.00026 | -0.00209 | 177.12211 |
| | 03-06.02.2023 | 0.78544 | -0.68377 | 0.10167 | -0.60470 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.08636 | -0.11587 | -0.02951 | -0.18131 | 135.39466 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00796 | 0.00001 | 0.00798 | -0.00563 | 174.96263 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00298 | -0.00328 | -0.00030 | -0.00223 | 188.37725 |

Çizelge 5.1'in devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ONİY-ADN2-ARST | 24-29.01.2023 | 0.00316 | 0.00095 | 0.00410 | 0.00010 | 1.50253 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00117 | -0.00239 | -0.00356 | 0.00105 | 66.91140 |
| | 03-06.02.2023 | -0.61535 | -0.68484 | -1.30019 | -0.05421 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00682 | 0.00011 | 0.00692 | -0.00164 | 192.14204 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00430 | -0.00545 | -0.00114 | -0.00845 | 133.35511 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00352 | -0.00328 | 0.00025 | -0.00236 | 188.72027 |
| ONİY-ARST-KLS1 | 24-29.01.2023 | 0.00299 | 0.00014 | 0.00314 | 0.00099 | 37.54318 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00071 | -0.00555 | -0.00484 | 0.00533 | 67.56481 |
| | 03-06.02.2023 | 1.37349 | -1.63352 | -0.26003 | 1.17080 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.02976 | 0.02976 | 0.02065 | 0.01810 | 84.58589 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01353 | -0.01196 | 0.00157 | 0.00648 | 91.81093 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01235 | -0.00221 | 0.01014 | 0.00342 | 92.45385 |
| ONİY-KLS1-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00101 | 0.00511 | 0.00061 | -0.00096 | 176.17949 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00037 | 0.00265 | -0.00857 | 0.00413 | 85.36860 |
| | 03-06.02.2023 | 2.00140 | 0.31275 | 0.95113 | 2.19379 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.04003 | 0.23880 | 0.01578 | 0.02744 | 85.95761 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01772 | -0.00076 | 0.00083 | 0.01084 | 89.85367 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02752 | 0.00832 | 0.00789 | 0.01002 | 93.18511 |
| MAR1-ONİY-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00313 | -0.00070 | 0.00243 | -0.00244 | 177.99853 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00025 | -0.00066 | -0.00091 | -0.00014 | 111.45175 |
| | 03-06.02.2023 | 1.65110 | -0.40923 | 1.24187 | 1.07713 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.15050 | -2.27232 | -1.12182 | -3.27946 | 140.75487 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01646 | -0.00646 | 0.01000 | -0.00093 | 101.29794 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01046 | -0.01273 | -0.00227 | 0.00380 | 94.75928 |
| FEEK-ONİY-MAR1 | 24-29.01.2023 | 0.00054 | -0.00983 | -0.00930 | 0.00924 | 34.97113 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00176 | -0.00142 | 0.00034 | -0.00148 | 184.63186 |
| | 03-06.02.2023 | 1.38530 | -0.08534 | 1.29996 | 0.94916 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01264 | -2.66428 | -2.65164 | -1.82059 | 176.19351 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00842 | 0.00141 | 0.00983 | -0.00148 | 193.23180 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00377 | 0.00042 | 0.00419 | -0.00319 | 139.86853 |
| TUF1-FEEK-MAR1 | 24-29.01.2023 | 0.00472 | -0.00968 | -0.00496 | 0.00232 | 5.15592 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00712 | -0.00348 | 0.00364 | -0.00534 | 183.21526 |
| | 03-06.02.2023 | 1.07620 | -0.93711 | 0.13909 | -1.52529 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.45503 | -1.71300 | -1.25797 | 0.59377 | 8.83049 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01591 | -0.01371 | 0.00220 | -0.02635 | 165.12144 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01741 | -0.00846 | 0.00895 | -0.02062 | 170.62017 |

Çizelge 5.1' devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| TUF1-MAR1-EKZ1 | 24-29.01.2023 | -0.00099 | -0.00274 | -0.00373 | -0.00032 | 105.78636 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00566 | 0.00048 | 0.00614 | -0.00515 | 146.45328 |
| | 03-06.02.2023 | 4.49472 | -23.99634 | -19.50162 | -16.35232 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 2.53542 | -0.73647 | 1.79895 | 3.26821 | 48.49030 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01742 | -0.00732 | 0.01010 | -0.02345 | 139.73012 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01710 | -0.00816 | 0.00895 | -0.02511 | 146.60812 |
| GURU-TUF1-EKZ1 | 24-29.01.2023 | 0.00238 | -0.00124 | 0.00440 | 0.00362 | 0.30532 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00448 | -0.00008 | 0.00440 | 0.00456 | 153.44147 |
| | 03-06.02.2023 | 5.23155 | -18.95601 | -13.72446 | 25.18632 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.07704 | -0.02953 | 0.04751 | 0.10657 | 148.10648 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01758 | -0.01086 | 0.00672 | 0.02845 | 138.62507 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01811 | -0.00334 | 0.01477 | 0.02145 | 152.82283 |
| EKZ1-MAR1-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00396 | -0.00248 | 0.00147 | 0.00644 | 128.70057 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00188 | -0.00068 | 0.00120 | 0.00256 | 77.66409 |
| | 03-06.02.2023 | 3.32662 | -23.09737 | -19.77075 | 16.77227 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 5.31490 | -0.05471 | 5.26018 | 5.36961 | 85.39831 |
| | 09-14.02.2023 | 0.11684 | -0.10860 | 0.00824 | 0.22544 | 84.72054 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00411 | -0.01069 | -0.00657 | 0.01480 | 97.24162 |
| DIV2-GURU-APK1 | 24-29.01.2023 | -0.00023 | -0.00484 | -0.00507 | 0.00461 | 29.12228 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00408 | -0.00965 | -0.00558 | 0.01373 | 92.10887 |
| | 03-06.02.2023 | 0.27362 | 0.07937 | 0.35298 | 0.13032 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01150 | -0.02911 | -0.01761 | 0.04060 | 69.27928 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00300 | -0.00031 | 0.00269 | 0.00331 | 78.88402 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00307 | -0.01029 | -0.00722 | 0.01337 | 51.28947 |
| APK1-GURU-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00283 | -0.00257 | 0.00026 | 0.00540 | 182.87412 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00382 | -0.00453 | -0.00071 | 0.00835 | 91.22086 |
| | 03-06.02.2023 | 2.27580 | -0.18794 | 2.08786 | 0.30371 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.10263 | -0.09864 | 0.00399 | 0.20126 | 32.06281 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00694 | 0.00064 | 0.00758 | 0.00630 | 137.45057 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01852 | -0.00062 | 0.01790 | 0.01915 | 195.87963 |
| GURU-EKZ1-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00213 | -0.00039 | 0.00174 | 0.00252 | 11.24195 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00196 | -0.00133 | 0.00063 | 0.00329 | 97.43023 |
| | 03-06.02.2023 | 12.75357 | -6.68010 | 6.07347 | 17.79344 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.03547 | -0.18024 | -0.14477 | 0.21571 | 186.61871 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00942 | -0.01263 | -0.00321 | 0.02205 | 151.20401 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01271 | -0.00971 | 0.00300 | 0.02243 | 171.50510 |

Çizelge 5.1'in devamı

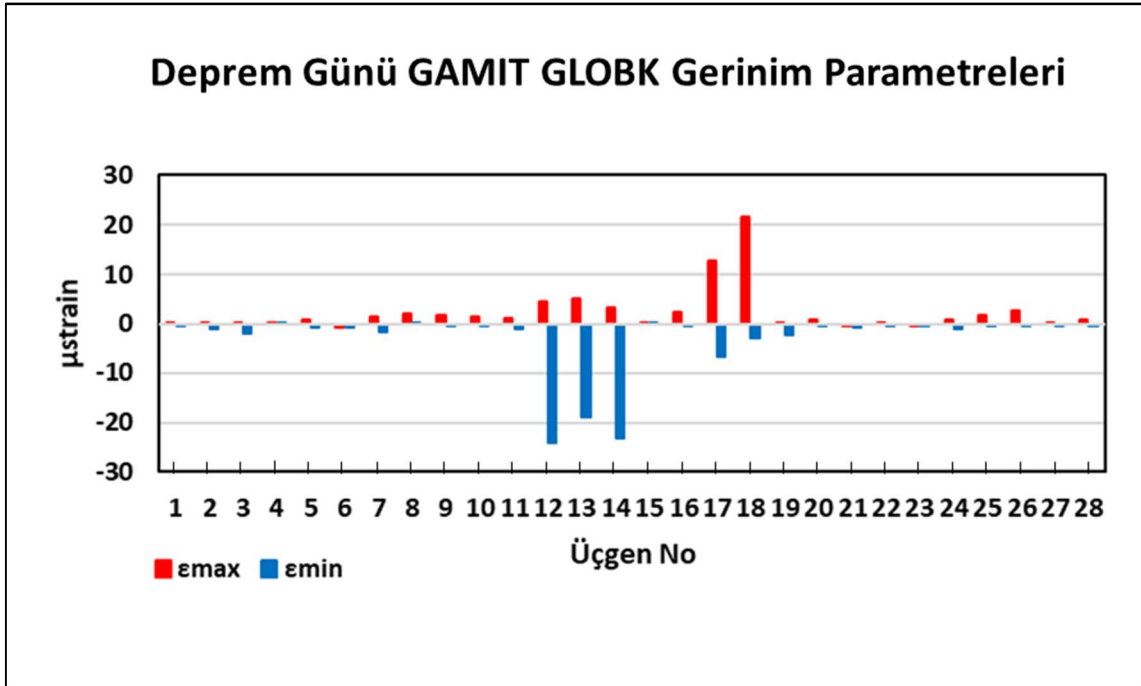
| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| EKZ1-ANTE-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00027 | -0.00040 | -0.00013 | 0.00066 | 111.61299 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00181 | -0.00062 | 0.00119 | 0.00243 | 90.90659 |
| | 03-06.02.2023 | 21.46491 | -2.88004 | 18.58487 | 18.55228 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.02401 | -0.17895 | -0.20296 | 0.15494 | 178.79413 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00692 | -0.01890 | -0.01198 | 0.02582 | 136.41835 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00086 | -0.01734 | -0.01648 | 0.01821 | 134.59970 |
| MLY1-ANTE-SURF | 24-29.01.2023 | 0.00094 | -0.00427 | -0.00334 | 0.00521 | 67.17273 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00612 | 0.00023 | 0.00634 | 0.00589 | 125.19485 |
| | 03-06.02.2023 | 0.20286 | -2.20796 | -2.00510 | 2.15958 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.06438 | -0.11767 | -0.05328 | 0.18205 | 141.45476 |
| | 09-14.02.2023 | 0.18376 | -0.04847 | 0.13530 | 0.23223 | 111.38144 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00102 | -0.01742 | -0.01640 | 0.01843 | 130.55726 |
| ANTE-KLS1-AKLE | 24-29.01.2023 | 0.00139 | 0.00014 | 0.00153 | 0.00126 | 172.31088 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00113 | -0.00712 | -0.00600 | 0.00825 | 100.03861 |
| | 03-06.02.2023 | 0.85144 | -0.31911 | 0.53233 | 0.99767 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00449 | -0.01152 | -0.00703 | 0.01601 | 36.61728 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00184 | -0.00583 | -0.00767 | 0.00399 | 77.11508 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00457 | -0.00415 | 0.00042 | 0.00872 | 174.78503 |
| SURF-ANTE-AKLE | 24-29.01.2023 | 0.01164 | -0.00009 | 0.01155 | 0.01173 | 1.47248 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.01142 | -0.00814 | 0.00328 | 0.01956 | 65.20345 |
| | 03-06.02.2023 | -0.09931 | -0.62408 | -0.72339 | 0.56080 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.00408 | -0.03203 | -0.03611 | 0.02795 | 148.95196 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00255 | -0.00601 | -0.00347 | 0.00856 | 56.30185 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00279 | -0.00743 | -0.00464 | 0.01021 | 157.79026 |
| SURF-AKLE-VIR2 | 24-29.01.2023 | 0.01155 | -0.00210 | 0.00945 | 0.01365 | 173.64680 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00210 | -0.01181 | 0.00210 | 0.01391 | 41.31876 |
| | 03-06.02.2023 | 0.02226 | -0.39889 | -0.37663 | 0.42886 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.00086 | -0.01281 | -0.01367 | 0.01195 | 80.86053 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00142 | -0.01340 | -0.01198 | 0.01482 | 28.85963 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00354 | -0.00026 | 0.00328 | 0.00380 | 122.79025 |
| SIV1-SURF-VIR2 | 24-29.01.2023 | 0.00227 | -0.00627 | -0.00400 | 0.00853 | 134.35165 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00027 | -0.00617 | -0.00027 | 0.00590 | 5.03652 |
| | 03-06.02.2023 | -0.00629 | -0.26785 | -0.27414 | 0.09348 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00652 | -0.01312 | -0.00660 | 0.01964 | 52.44786 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00048 | -0.01051 | -0.01099 | 0.01003 | 182.08316 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00376 | -0.00308 | 0.00067 | 0.00684 | 74.55369 |

Çizelge 5.1' in devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} (μ strain) | ϵ_{min} (μ strain) | Δ (μ strain) | γ (μ strain) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| MLY1-SURF-SIV1 | 24-29.01.2023 | 0.00017 | -0.00674 | -0.00657 | 0.00690 | 121.65084 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00281 | -0.00397 | 0.00281 | 0.00678 | 177.41339 |
| | 03-06.02.2023 | 1.02235 | -1.05471 | -0.03236 | 0.66523 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.16080 | -0.03385 | 0.12695 | 0.19465 | 109.71367 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00992 | 0.00992 | 0.00120 | 0.01864 | 117.84358 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00294 | 0.00294 | -0.00605 | 0.01192 | 58.70099 |
| ELAZ-MLY1-SIV1 | 24-29.01.2023 | 0.00068 | -0.00071 | -0.00003 | 0.00139 | 69.95862 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00080 | -0.00109 | -0.00029 | 0.00190 | 139.45994 |
| | 03-06.02.2023 | 1.81193 | -0.43725 | 1.37469 | 2.06950 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.21670 | -0.01294 | 0.20376 | 0.22963 | 95.27029 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00990 | -0.00512 | -0.00029 | 0.00190 | 139.45994 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01591 | -0.00964 | 0.00627 | 0.02556 | 56.77599 |
| APK1-MLY1-ELAZ | 24-29.01.2023 | 0.00473 | 0.00012 | 0.00485 | 0.00461 | 152.95177 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00050 | -0.00571 | -0.00621 | 0.00521 | 68.94959 |
| | 03-06.02.2023 | 2.62607 | -0.08394 | 2.54213 | 2.81300 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.20278 | -0.02782 | 0.17495 | 0.23060 | 63.51597 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00569 | -0.00484 | 0.00085 | 0.01053 | 55.91891 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01886 | 0.00458 | 0.02344 | 0.01428 | 34.76497 |
| APK1-TNC1-ELAZ | 24-29.01.2023 | 0.00626 | 0.00379 | 0.01006 | 0.00247 | 2.53605 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00006 | -0.00540 | -0.00546 | 0.00534 | 11.01415 |
| | 03-06.02.2023 | 0.26714 | -0.16941 | 0.09773 | 0.42310 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01573 | 0.00531 | 0.02104 | 0.01043 | 197.83415 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00749 | -0.00546 | 0.00203 | 0.01295 | 59.40190 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00541 | 0.00250 | 0.00791 | 0.00291 | 102.17961 |
| DIV2-APK1-TNC1 | 24-29.01.2023 | 0.00703 | -0.00430 | 0.00273 | 0.01132 | 61.51057 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00469 | -0.00767 | -0.01236 | 0.00297 | 123.05659 |
| | 03-06.02.2023 | 0.85129 | -0.01092 | 0.84036 | 0.74067 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.04179 | -0.02812 | 0.01367 | 0.06991 | 45.90458 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01666 | -0.00182 | 0.01484 | 0.01848 | 33.05719 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01226 | -0.01046 | 0.00180 | 0.02272 | 60.24092 |

Çizelge 5.1 incelendiğinde GAMIT/GLOBK yazılımı için en büyük maksimum asal gerininin EKZ1-ANTE-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgende 21.46491 μ strain olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bölgedeki en yüksek düzeyde gerilmenin bu üçgende gerçekleştiğini göstermektedir. En küçük maksimum asal gerininin ONIY-ADN2-ARST

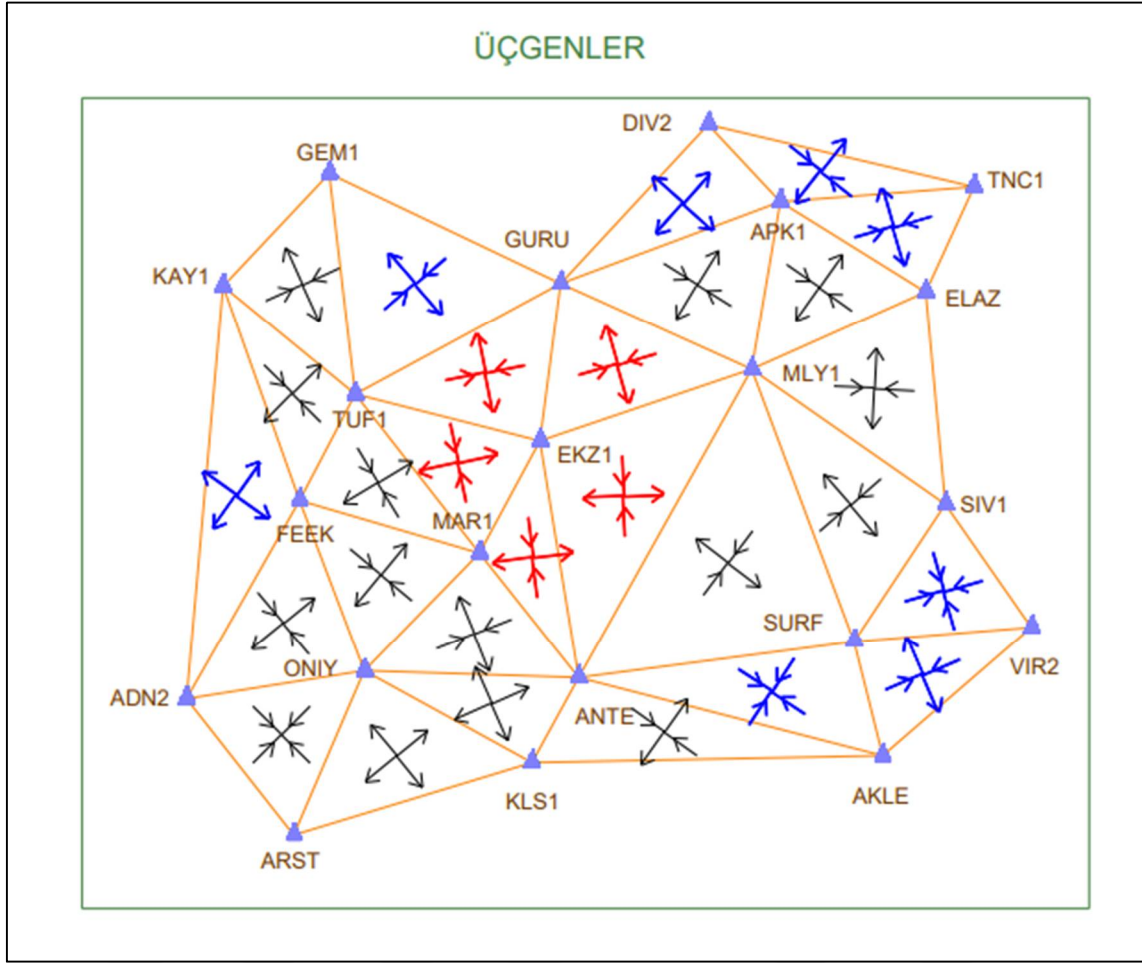
üçgeninde -0.61535 μ strain olduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu üçgende maksimum asal gerinin oldukça düşük seviyede olduğunu ifade etmektedir. En büyük minimum asal gerinin ONIY-KLS1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgende 0.31275 μ strain, en küçük minimum asal gerinin TUF1-MAR1-EKZ1 istasyonlarından oluşan üçgende -23.99634 μ strain olduğu görülmektedir.



Şekil 5.5. Deprem günü GAMIT/GLOBK maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri

Şekil 5.5' te GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri gösterilmektedir. TUF1-MAR1-EKZ1, GURU-TUF1-EKZ1 ve EKZ1-MAR1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgenlerde negatif yöndeki yüksek minimum asal gerinim değerleri bu alanlarda sıkışma yaşandığını göstermektedir. EKZ1-ANTE-MLY1 ve GURU-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde pozitif yöndeki yüksek maksimum asal gerinim değeri bu alanlarda gerilme yaşandığını göstermektedir.

GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen maksimum ve minimum asal gerinim sonuçlarına göre deprem günü oluşan sıkışma ve genişlemeler Şekil 5.6' da gösterilmektedir.



Şekil 5.6. GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre deprem günü üçgenlerde oluşan gerinimler

Şekil 5.6' da GAMIT/GLOBK maksimum asal gerininim ve minimum asal gerininim sonuçlarına göre ONIY-ADN2-ARST, SURF-ANTE-AKLE ve SIV1-SURF-VIR2 istasyonlarından oluşan üçgenlerde sıkışma görülürken, KAY1-ADN2-FEEK, ONIY-ARST-KLS1, ONIY-KLS1-ANTE ve DIV2-GURU-APK1 oluşan üçgenlerde genişleme görülmektedir. Diğer üçgenlerde hem sıkışma hem genişleme görülmektedir. EKZ1 istasyonuna bağlı üçgenlerde en yüksek gerinim değerleri görülmüş ve Şekil 5.6' da kırmızı renk ile gösterilmiştir. Siyah renkle ise daha az sıkışma ve genişlemenin olduğu gerinim değerleri gösterilmiştir. En az sıkışma ve genişlemenin olduğu gerinim değerleri mavi renk ile gösterilmiştir.

AUSPOS yazılımı ile gerçekleştirilen gerinim parametresi hesaplamalarına ilişkin sonuçlar, Çizelge 5.2' de verilmiştir.

Çizelge 5.2. AUSPOS sonuçlarına göre hesaplanan gerinim parametreleri

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| GEM1-TUF1-GURU | 24-29.01.2023 | 0.00248 | -0.00192 | 0.00056 | -0.00438 | 152.56642 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00065 | -0.00635 | -0.00570 | 0.00434 | 78.67317 |
| | 03-06.02.2023 | 0.20989 | -0.43184 | -0.22195 | 0.23421 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.03248 | -0.05729 | -0.08977 | 0.02150 | 33.38619 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00263 | -0.00726 | -0.00988 | -0.00408 | 134.39137 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00049 | -0.00235 | -0.00186 | -0.00021 | 102.39590 |
| GEM1-KAY1-TUF1 | 24-29.01.2023 | 0.00136 | 0.00094 | 0.00230 | 0.00025 | 79.36500 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00159 | -0.00985 | -0.00826 | 0.01138 | 53.28033 |
| | 03-06.02.2023 | 0.05582 | -0.97636 | -0.92054 | 0.98784 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.04322 | -0.13254 | -0.08932 | 0.16936 | 41.38709 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00250 | -0.01216 | -0.00966 | 0.01453 | 45.64130 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00381 | -0.00458 | -0.00076 | 0.00816 | 57.52363 |
| KAY1-FEEK-TUF1 | 24-29.01.2023 | 0.00557 | -0.00262 | 0.00295 | -0.00078 | 196.94655 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00315 | -0.01194 | -0.00879 | 0.00806 | 17.93433 |
| | 03-06.02.2023 | 0.45257 | -1.51537 | -1.06280 | 0.52346 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01932 | -0.44686 | -0.42754 | -0.24538 | 182.35572 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00216 | -0.01776 | -0.01992 | 0.00136 | 2.78610 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00973 | -0.02311 | -0.01337 | -0.01126 | 188.86053 |
| KAY1-ADN2-FEEK | 24-29.01.2023 | 0.01716 | -0.00023 | 0.01693 | -0.00776 | 114.72354 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00037 | -0.00513 | -0.00550 | 0.00254 | 17.94366 |
| | 03-06.02.2023 | 0.05341 | -0.27584 | -0.22243 | -0.08532 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.22326 | 0.00725 | 0.23051 | 0.05270 | 92.15462 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00639 | -0.00440 | 0.00200 | 0.00770 | 74.70831 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01279 | -0.00049 | 0.01229 | -0.01281 | 141.50686 |
| FEEK-ADN2-ONİY | 24-29.01.2023 | 0.00328 | -0.00743 | -0.00415 | 0.00992 | 62.30399 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00210 | -0.00230 | -0.00020 | -0.00309 | 175.27798 |
| | 03-06.02.2023 | 0.70088 | -0.68804 | 0.01284 | -0.82941 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.10278 | -0.04122 | 0.06156 | 0.04403 | 9.89288 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01028 | -0.00161 | 0.00867 | -0.00908 | 172.37037 |
| | 14-19.02.2023 | -0.00024 | -0.00448 | -0.00471 | 0.00332 | 28.66622 |
| ONİY-ADN2-ARST | 24-29.01.2023 | 0.00233 | 0.00117 | 0.00351 | 0.00058 | 16.57684 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00141 | -0.00212 | -0.00071 | -0.00025 | 197.71929 |
| | 03-06.02.2023 | -0.60682 | -0.66646 | -1.27329 | -0.05861 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00554 | -0.02975 | -0.02421 | 0.00605 | 5.48743 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00560 | -0.00576 | -0.00016 | -0.01114 | 143.63300 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00861 | -0.00320 | 0.00541 | -0.00154 | 195.83745 |

Çizelge 5.2' nin devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ONİY-ARST-KLS1 | 24-29.01.2023 | 0.00254 | -0.00416 | -0.00162 | 0.00287 | 45.64130 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00275 | -0.00281 | -0.00006 | 0.00480 | 66.73881 |
| | 03-06.02.2023 | 1.34956 | -1.64169 | -0.29213 | 1.19208 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.05961 | 0.05961 | 0.05141 | -0.00113 | 100.52899 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01559 | -0.01057 | 0.00502 | 0.00401 | 95.10168 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00714 | 0.00180 | 0.00895 | 0.00530 | 54.15653 |
| ONİY-KLS1-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00549 | 0.00557 | 0.00138 | 0.00953 | 46.07905 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00361 | 0.00315 | -0.00620 | 0.00393 | 90.53855 |
| | 03-06.02.2023 | 1.97638 | 0.45257 | 0.94967 | -1.08234 | 124.66150 |
| | 06-09.02.2023 | 0.07513 | 0.01932 | 0.00740 | -0.00553 | 101.23193 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01920 | -0.00216 | 0.00424 | 0.00781 | 92.66175 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02422 | 0.00973 | 0.00933 | 0.01083 | 91.06370 |
| MAR1-ONİY-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00078 | -0.00029 | 0.00049 | 0.00061 | 119.47484 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00516 | -0.00100 | 0.00416 | -0.00588 | 240.47989 |
| | 03-06.02.2023 | 1.53026 | -0.51186 | 1.01840 | 0.81766 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.11537 | -2.01592 | -0.90054 | -3.01244 | 241.20223 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01846 | -0.00542 | 0.01304 | -0.00174 | 102.31879 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00529 | -0.01557 | -0.01028 | 0.00617 | 90.44526 |
| FEEK-ONİY-MAR1 | 24-29.01.2023 | 0.00072 | -0.00982 | -0.00910 | 0.01015 | 41.39899 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00224 | -0.00238 | -0.00014 | -0.00173 | 187.73508 |
| | 03-06.02.2023 | 1.15136 | -0.05472 | 1.09664 | 0.66967 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.07310 | -2.51927 | -2.44616 | -1.53774 | 179.78726 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01041 | 0.00310 | 0.01351 | -0.00294 | 186.80942 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00006 | -0.00340 | -0.00334 | -0.00118 | 111.08201 |
| TUF1-FEEK-MAR1 | 24-29.01.2023 | 0.00577 | -0.00906 | -0.00329 | 0.00230 | 4.96131 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00702 | -0.00387 | 0.00315 | -0.00449 | 186.45950 |
| | 03-06.02.2023 | 0.93298 | -0.48635 | 0.44663 | -0.80705 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.33398 | -1.90261 | -1.56863 | -0.12630 | 198.20156 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01481 | -0.01043 | 0.00438 | -0.02361 | 161.53728 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01664 | -0.01322 | 0.00341 | -0.02327 | 171.55145 |
| TUF1-MAR1-EKZ1 | 24-29.01.2023 | -0.00073 | -0.00471 | -0.00544 | -0.00379 | 140.42444 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00707 | 0.00173 | 0.00880 | -0.00229 | 114.11752 |
| | 03-06.02.2023 | 4.42137 | -23.92658 | -19.50520 | -15.88165 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 2.29814 | -0.49829 | 1.79985 | 2.79642 | 149.91909 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01682 | -0.00873 | 0.00809 | -0.02408 | 139.12374 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01669 | -0.00587 | 0.01082 | -0.02172 | 141.28041 |

Çizelge 5.2' nin devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} (μ strain) | ϵ_{min} (μ strain) | Δ (μ strain) | γ (μ strain) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| GURU-TUF1-EKZ1 | 24-29.01.2023 | 0.00380 | -0.00228 | -0.01509 | 0.00609 | 189.46430 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00057 | -0.01566 | -0.01509 | 0.01622 | 63.59506 |
| | 03-06.02.2023 | 5.34019 | -19.15481 | -13.81462 | 25.48420 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.27094 | -0.13344 | 0.13750 | 0.40438 | 136.46282 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01755 | -0.01148 | 0.00607 | 0.02903 | 140.03505 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01790 | -0.00236 | 0.01553 | 0.02026 | 147.53397 |
| EKZ1-MAR1-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00079 | -0.00463 | -0.00384 | 0.00542 | 133.09353 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.01131 | -0.00011 | 0.01120 | 0.01142 | 102.46703 |
| | 03-06.02.2023 | 3.26252 | -22.59764 | -19.33512 | 16.39358 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 4.80893 | 0.00547 | 4.81440 | 4.80346 | 86.04477 |
| | 09-14.02.2023 | 0.56971 | -0.59118 | -0.02147 | 1.16088 | 81.47094 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00084 | -0.01203 | -0.01119 | 0.01287 | 80.39523 |
| DIV2-GURU-APK1 | 24-29.01.2023 | 0.00028 | -0.00918 | -0.00890 | 0.00946 | 50.79436 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00575 | -0.00664 | -0.00089 | 0.01239 | 101.21614 |
| | 03-06.02.2023 | 0.23492 | 0.10195 | 0.33688 | 0.01218 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.06808 | -0.07841 | -0.01034 | 0.14649 | 50.18628 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00276 | 0.00008 | 0.00284 | 0.00269 | 70.22895 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00343 | -0.00858 | -0.00514 | 0.01201 | 41.10162 |
| APK1-GURU-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00299 | -0.00166 | 0.00134 | 0.00465 | 190.96631 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00517 | -0.00239 | 0.00278 | 0.00756 | 100.75936 |
| | 03-06.02.2023 | 1.21889 | 0.00231 | 1.22119 | 0.02516 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.16050 | -0.27273 | 0.88777 | 1.43323 | 10.28250 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00333 | -0.00880 | -0.00547 | 0.01213 | 93.84950 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01883 | -0.00128 | 0.01755 | 0.02011 | 192.74359 |
| GURU-EKZ1-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00298 | -0.00042 | 0.00256 | 0.00340 | 12.11624 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00390 | -0.00213 | 0.00177 | 0.00603 | 119.98315 |
| | 03-06.02.2023 | 13.56676 | -7.02914 | 6.53762 | 18.85785 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.37864 | -0.98226 | -0.60363 | 1.36090 | 171.92727 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00253 | -0.01077 | -0.00824 | 0.01330 | 157.65622 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01273 | -0.01080 | 0.00192 | 0.02353 | 169.08037 |
| EKZ1-ANTE-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00039 | -0.00279 | -0.00240 | 0.00317 | 71.89452 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00344 | -0.00079 | 0.00265 | 0.00423 | 122.04505 |
| | 03-06.02.2023 | 21.65447 | -2.44952 | 19.20495 | 17.52227 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.18875 | -1.00959 | -0.82084 | 1.19834 | 167.34262 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00209 | -0.01645 | -0.01436 | 0.01854 | 137.63072 |
| | 14-19.02.2023 | -0.00281 | -0.01662 | -0.01943 | 0.01381 | 132.35754 |

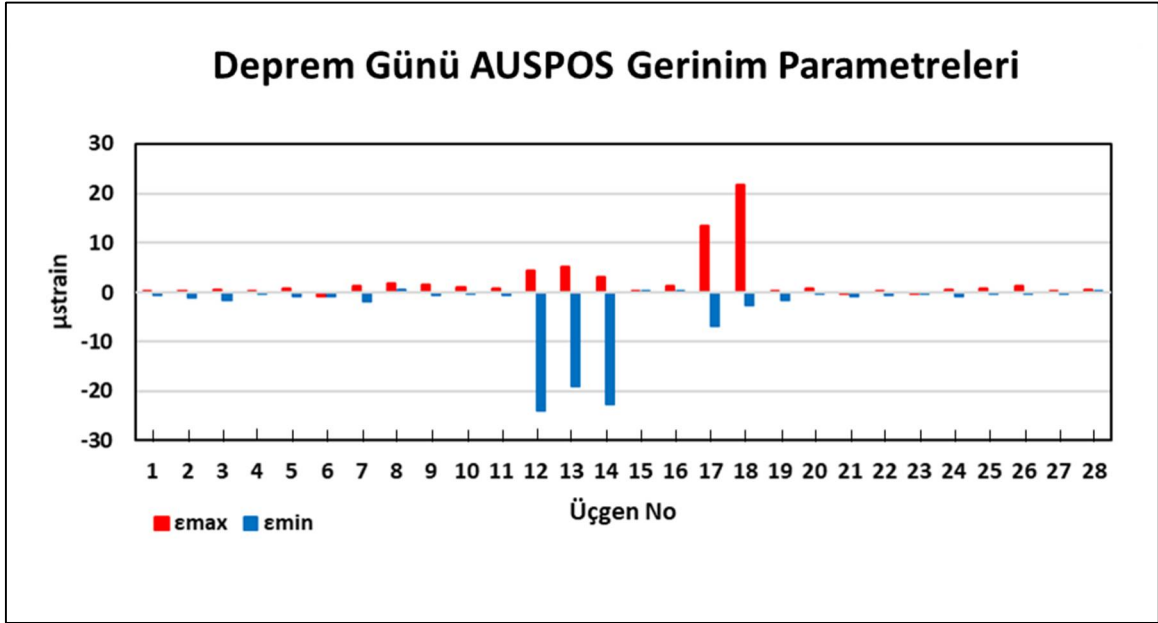
Çizelge 5.2' nin devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| MLY1-ANTE-SURF | 24-29.01.2023 | 0.00445 | -0.00180 | 0.00265 | 0.00626 | 105.48726 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00523 | -0.00158 | 0.00364 | 0.00681 | 110.16141 |
| | 03-06.02.2023 | 0.12225 | -1.59106 | -1.46881 | 1.69247 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.14564 | -0.75208 | -0.60644 | 0.89772 | 122.48740 |
| | 09-14.02.2023 | 1.07694 | -0.13046 | 0.94648 | 1.20740 | 114.73032 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00739 | -0.01722 | -0.00983 | 0.02460 | 124.49917 |
| ANTE-KLS1-AKLE | 24-29.01.2023 | 0.00611 | -0.00122 | 0.00489 | 0.00733 | 50.88249 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00079 | -0.00715 | -0.00635 | 0.00794 | 99.21161 |
| | 03-06.02.2023 | 0.89017 | -0.31184 | 0.57833 | 0.97413 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00239 | -0.06205 | -0.05965 | 0.06444 | 91.13908 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00322 | -0.00630 | -0.00951 | 0.00308 | 61.96092 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00755 | 0.00033 | 0.00788 | 0.00721 | 174.17145 |
| SURF-ANTE-AKLE | 24-29.01.2023 | 0.01070 | -0.00065 | 0.01006 | 0.01135 | 39.20063 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.01868 | -0.00317 | 0.01551 | 0.02184 | 43.65547 |
| | 03-06.02.2023 | -0.09123 | -0.62570 | -0.71694 | 0.56721 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.00157 | -0.05513 | -0.05670 | 0.05356 | 141.21332 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00525 | -0.01368 | -0.00843 | 0.01893 | 65.18829 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00324 | -0.00479 | -0.00155 | 0.00803 | 118.84725 |
| SURF-AKLE-VIR2 | 24-29.01.2023 | 0.00620 | -0.00801 | -0.00181 | 0.01421 | 8.65579 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00920 | -0.00948 | 0.00920 | 0.01867 | 17.08727 |
| | 03-06.02.2023 | 0.03608 | -0.36025 | -0.32417 | 0.41662 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.02385 | -0.02655 | -0.05041 | 0.00270 | 157.21796 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00039 | -0.02253 | -0.02214 | 0.02292 | 38.07491 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00126 | -0.00431 | -0.00305 | 0.00557 | 52.72729 |
| SIV1-SURF-VIR2 | 24-29.01.2023 | -0.00351 | -0.00832 | -0.01183 | 0.00482 | 170.38268 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00199 | -0.00848 | 0.00199 | 0.01047 | 179.00075 |
| | 03-06.02.2023 | -0.01361 | -0.22743 | -0.24104 | 0.10604 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01160 | -0.02955 | -0.01795 | 0.04115 | 16.89138 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00003 | -0.01454 | -0.01451 | 0.01457 | 187.36042 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02718 | -0.00916 | 0.01801 | 0.03634 | 165.53765 |
| MLY1-SURF-SIV1 | 24-29.01.2023 | 0.00198 | -0.00729 | -0.00532 | 0.00927 | 142.33890 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00002 | -0.00652 | -0.00002 | 0.00651 | 172.38066 |
| | 03-06.02.2023 | 0.59154 | -0.63193 | -0.04040 | 0.39153 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.58991 | -0.44802 | 0.14190 | 1.03793 | 93.44527 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01404 | 0.01404 | 0.00613 | 0.02195 | 133.97935 |
| | 14-19.02.2023 | -0.00180 | -0.00180 | -0.01847 | 0.01487 | 18.12678 |

Çizelge 5.2'nin devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ELAZ-MLY1-SIV1 | 24-29.01.2023 | 0.00240 | -0.00097 | 0.00142 | 0.00337 | 117.62991 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00142 | -0.00154 | -0.00296 | 0.00013 | 84.29759 |
| | 03-06.02.2023 | 0.88168 | -0.23364 | 0.64804 | 1.01856 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.12009 | -0.18898 | 0.93110 | 1.30907 | 72.75271 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01554 | -0.00826 | -0.00296 | 0.00013 | 84.29759 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01563 | -0.02009 | -0.00446 | 0.03571 | 65.78265 |
| APK1-MLY1-ELAZ | 24-29.01.2023 | 0.00724 | 0.00016 | 0.00740 | 0.00708 | 151.42970 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00078 | -0.00513 | -0.00591 | 0.00435 | 50.30771 |
| | 03-06.02.2023 | 1.36016 | -0.11469 | 1.24547 | 1.49943 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.45501 | 0.03476 | 1.48977 | 1.42025 | 42.94531 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00447 | -0.01170 | -0.00723 | 0.01617 | 79.88608 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01930 | 0.00418 | 0.02348 | 0.01512 | 38.73339 |
| APK1-TNC1-ELAZ | 24-29.01.2023 | 0.00796 | 0.00436 | 0.01232 | 0.00360 | 173.88237 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00045 | -0.00564 | -0.00518 | 0.00609 | 15.63143 |
| | 03-06.02.2023 | 0.19493 | -0.16949 | 0.02544 | 0.37464 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.08849 | 0.01158 | 0.10007 | 0.07691 | 83.63226 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00936 | -0.00598 | 0.00338 | 0.01534 | 148.67168 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00589 | -0.00309 | 0.00279 | 0.00898 | 108.74046 |
| DIV2-APK1-TNC1 | 24-29.01.2023 | 0.00698 | -0.01094 | -0.00396 | 0.01792 | 74.74382 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00103 | -0.00730 | -0.00833 | 0.00627 | 157.40545 |
| | 03-06.02.2023 | 0.66272 | 0.01077 | 0.67350 | 0.44997 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.25719 | -0.08244 | 0.17475 | 0.33963 | 46.85331 |
| | 09-14.02.2023 | 0.02077 | -0.00344 | 0.01733 | 0.02421 | 28.80798 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01406 | -0.00807 | 0.00599 | 0.02213 | 54.87220 |

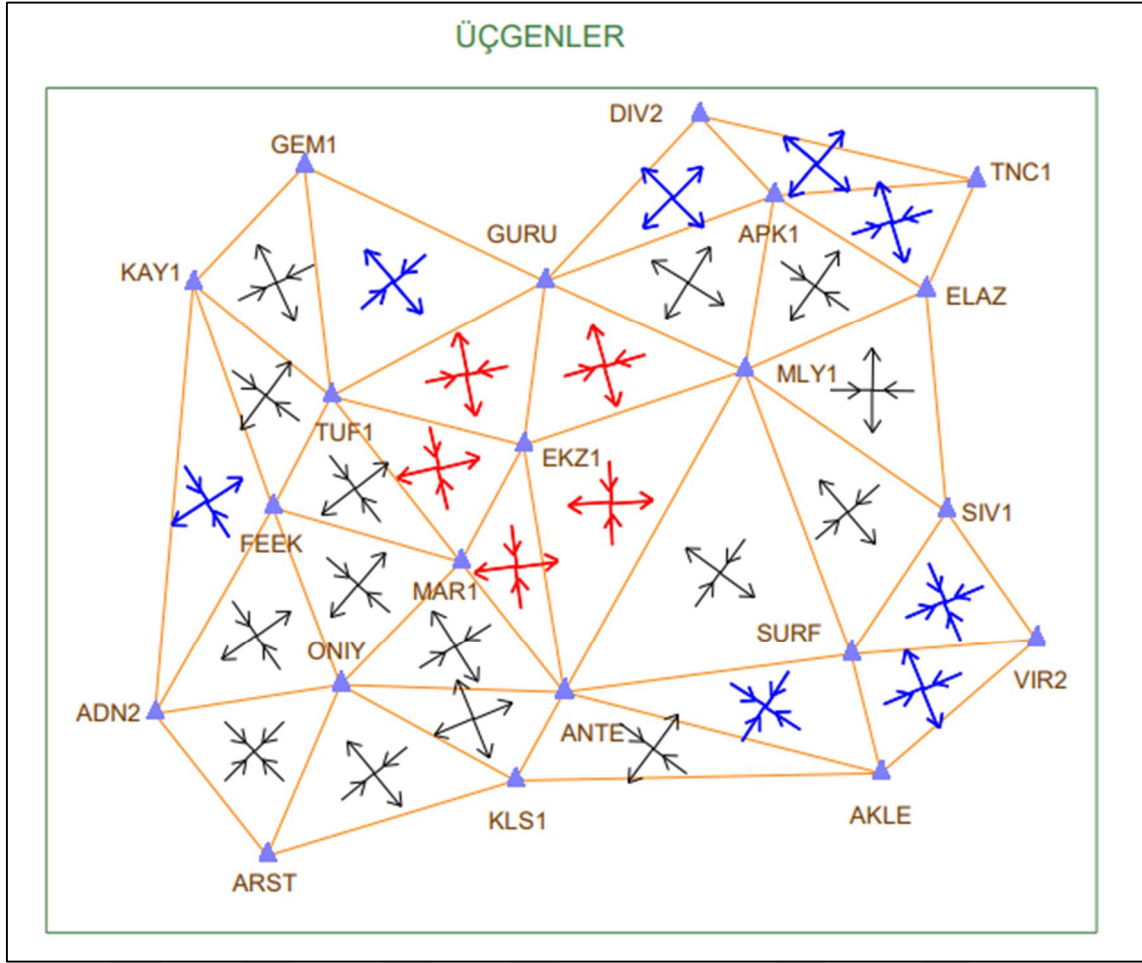
Çizelge 5.1 incelendiğinde AUSPOS yazılımı için en büyük maksimum asal gerininin EKZ1-ANTE-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgende 21.65447 $\mu strain$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bölgedeki en yüksek düzeyde gerilmenin bu üçgende gerçekleştiğini göstermektedir. En küçük maksimum asal gerininin ONIY-ADN2-ARST üçgeninde -0.60682 $\mu strain$ olduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu üçgende maksimum asal gerininin oldukça düşük seviyede olduğunu ifade etmektedir. En büyük minimum asal gerininin ONIY-KLS1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgende 0.45257 $\mu strain$, en küçük minimum asal gerininin TUF1-MAR1-EKZ1 istasyonlarından oluşan üçgende -23.92658 $\mu strain$ olduğu görülmektedir.



Şekil 5.7. Deprem günü AUSPOS maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri

Şekil 5.7’ de AUSPOS yazılımı ile elde edilen maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri gösterilmektedir. TUF1-MAR1-EKZ1, GURU-TUF1-EKZ1 ve EKZ1-MAR1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgenlerde negatif yöndeki yüksek minimum asal gerinim değerleri bu alanlarda sıkışma yaşandığını göstermektedir. EKZ1-ANTE-MLY1 ve GURU-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde pozitif yöndeki yüksek maksimum asal gerinim değeri bu alanlarda gerilme yaşandığını göstermektedir.

AUSPOS yazılımı ile elde edilen maksimum ve minimum asal gerilim sonuçlarına göre deprem günü oluşan sıkışma ve genişlemeler Şekil 5.8’ da gösterilmektedir.



Şekil 5.8. AUSPOS sonuçlarına göre deprem günü üçgenlerde oluşan gerinimler

Şekil 5.8’ de AUSPOS maksimum asal gerinim ve minimum asal gerinim sonuçlarına göre ONIY-ADN2-ARST, SURF-ANTE-AKLE ve SIV1-SURF-VIR2 istasyonlarından oluşan üçgenlerde sıkışma görülürken, ONIY-KLS1-ANTE, APK1-GURU-MLY1, DIV2-GURU-APK1 ve DIV2-APK1-TNC1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde genişleme görülmektedir. diğer üçgenlerde hem sıkışma hem genişleme görülmektedir. EKZ1 istasyonuna bağlı üçgenlerde en yüksek gerinim değerleri görülmüş ve Şekil 5.8’ de kırmızı renk ile gösterilmiştir. Siyah renkle ise daha az sıkışma ve genişlemenin olduğu gerinim değerleri gösterilmiştir. En az sıkışma ve genişlemenin olduğu gerinim değerleri mavi renk ile gösterilmiştir.

Trimble RTX yazılımı ile gerçekleştirilen gerinim parametresi hesaplamalarına ilişkin sonuçlar, Çizelge 5.3’ te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Trimble RTX sonuçlarına göre hesaplanan gerinim parametreleri

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} (μ strain) | ϵ_{min} (μ strain) | Δ (μ strain) | γ (μ strain) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| GEM1-TUF1-GURU | 24-29.01.2023 | 0.00205 | -0.00139 | 0.00066 | -0.00154 | 114.69590 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00098 | -0.00546 | -0.00448 | 0.00400 | 78.67055 |
| | 03-06.02.2023 | 0.00719 | -0.31009 | -0.30291 | 0.11593 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.15537 | -0.16497 | -0.00960 | 0.13839 | 85.78048 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00052 | -0.00912 | -0.00964 | -0.00856 | 153.04442 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00281 | -0.00477 | -0.00196 | 0.00219 | 90.66045 |
| GEM1-KAY1-TUF1 | 24-29.01.2023 | -0.00046 | -0.00683 | -0.00730 | 0.00220 | 11.23087 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00199 | -0.01065 | -0.00866 | 0.01258 | 46.77430 |
| | 03-06.02.2023 | 0.05860 | -0.74737 | -0.68878 | 0.76453 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.03822 | -0.35834 | -0.32012 | 0.38642 | 42.78820 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00177 | -0.01529 | -0.01352 | 0.01374 | 29.81442 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01018 | -0.00910 | 0.00108 | 0.01812 | 61.12266 |
| KAY1-FEEK-TUF1 | 24-29.01.2023 | 0.00138 | -0.00857 | -0.00719 | 0.00153 | 4.92685 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00293 | -0.01394 | -0.01101 | 0.00741 | 14.47606 |
| | 03-06.02.2023 | 0.38939 | -1.24589 | -0.85650 | 0.32415 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.02936 | -0.65765 | -0.62829 | -0.04702 | 197.81991 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00160 | -0.02001 | -0.02161 | 0.00392 | 6.82523 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00439 | -0.02385 | -0.01947 | -0.00947 | 189.11319 |
| KAY1-ADN2-FEEK | 24-29.01.2023 | 0.00504 | -0.00108 | 0.00396 | -0.00039 | 102.02639 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00026 | -0.00325 | -0.00351 | 0.00257 | 32.80087 |
| | 03-06.02.2023 | 0.09161 | -0.15105 | -0.05944 | -0.17133 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.11112 | -0.04116 | 0.06995 | 0.13806 | 63.86507 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00636 | -0.00507 | 0.00129 | 0.00692 | 79.29077 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01044 | 0.00228 | 0.01273 | -0.00109 | 104.26290 |
| FEEK-ADN2-ONİY | 24-29.01.2023 | 0.00054 | -0.00576 | -0.00522 | 0.00626 | 46.58872 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00205 | -0.00407 | -0.00202 | -0.00172 | 190.91922 |
| | 03-06.02.2023 | 0.65220 | -0.69020 | -0.03800 | -0.75214 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.12715 | -0.00941 | 0.11774 | -0.03372 | 192.05917 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00602 | -0.00446 | 0.00156 | -0.00440 | 186.22807 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00537 | 0.00079 | 0.00617 | -0.00091 | 193.65559 |
| ONİY-ADN2-ARST | 24-29.01.2023 | 0.00318 | -0.00271 | 0.00047 | 0.00236 | 13.10653 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00154 | -0.00650 | -0.00804 | -0.00475 | 140.69049 |
| | 03-06.02.2023 | -0.60408 | -0.67421 | -1.27829 | -0.06304 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00222 | -0.01091 | -0.00869 | 0.00522 | 13.01353 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00230 | -0.00645 | -0.00416 | -0.00847 | 158.09148 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00675 | 0.00068 | 0.00742 | -0.00009 | 199.51910 |

Çizelge 5.3' ün devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ONİY-ARST-KLS1 | 24-29.01.2023 | 0.00306 | -0.00206 | 0.00100 | 0.00251 | 29.81442 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00086 | -0.00634 | -0.00549 | -0.00390 | 118.23167 |
| | 03-06.02.2023 | 1.33298 | -1.64552 | -0.31254 | 1.20779 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.07445 | 0.07445 | 0.06599 | -0.00822 | 103.16230 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01605 | -0.00907 | 0.00698 | 0.00193 | 97.54902 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01053 | -0.00310 | 0.00742 | 0.01190 | 66.19865 |
| ONİY-KLS1-ANTE | 24-29.01.2023 | -0.00022 | 0.00138 | -0.00207 | 0.00161 | 46.71914 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00291 | 0.00293 | -0.00101 | 0.00176 | 91.71591 |
| | 03-06.02.2023 | 1.93763 | 0.38939 | 0.88318 | 2.18990 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.11136 | 0.02936 | 0.06038 | 0.03376 | 93.33102 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01859 | -0.00160 | 0.00945 | 0.00613 | 92.90360 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02519 | 0.00439 | 0.00918 | 0.01248 | 90.20378 |
| MAR1-ONİY-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00414 | -0.00120 | 0.00294 | -0.00044 | 197.40040 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00378 | -0.00099 | 0.00279 | -0.00413 | 233.23900 |
| | 03-06.02.2023 | 1.73104 | -0.59193 | 1.13911 | 1.53960 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.42683 | -2.44566 | -1.01884 | -3.74343 | 241.75921 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01817 | -0.01030 | 0.00787 | 0.00236 | 97.35659 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00645 | -0.01283 | -0.00638 | 0.00597 | 89.97922 |
| FEEK-ONİY-MAR1 | 24-29.01.2023 | 0.00170 | -0.00777 | -0.00608 | 0.00862 | 36.37850 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00272 | -0.00444 | -0.00172 | 0.00015 | 0.68695 |
| | 03-06.02.2023 | 1.38003 | 0.19836 | 1.57839 | 1.04459 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.12500 | -3.05488 | -2.92989 | -1.91742 | 179.39778 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00655 | 0.00229 | 0.00884 | 0.00060 | 4.50438 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00556 | -0.00055 | 0.00502 | -0.00591 | 158.16803 |
| TUF1-FEEK-MAR1 | 24-29.01.2023 | 0.00169 | -0.00763 | -0.00594 | 0.00037 | 1.25184 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00811 | -0.00733 | 0.00078 | -0.00621 | 186.82950 |
| | 03-06.02.2023 | 0.82716 | -0.18831 | 0.63885 | -0.80960 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.51346 | -2.27365 | -1.76019 | -0.12021 | 198.62666 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01515 | -0.01157 | 0.00357 | -0.02329 | 166.30343 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01925 | -0.01527 | 0.00399 | -0.03061 | 165.28688 |
| TUF1-MAR1-EKZ1 | 24-29.01.2023 | 0.00053 | -0.00528 | -0.00476 | -0.00203 | 111.37983 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00510 | 0.00105 | 0.00614 | -0.00401 | 154.29379 |
| | 03-06.02.2023 | 4.38699 | -24.38194 | -19.99495 | -16.41499 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 2.81402 | -0.52312 | 2.29090 | 3.33422 | 51.33274 |
| | 09-14.02.2023 | 0.01931 | -0.00935 | 0.00996 | -0.02383 | 131.25058 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01886 | -0.00872 | 0.01014 | -0.02740 | 153.67424 |

Çizelge 5.3' ün devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| GURU-TUF1-EKZ1 | 24-29.01.2023 | 0.00133 | 0.00039 | -0.01671 | 0.00093 | 194.01613 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00188 | -0.01859 | -0.01671 | 0.02047 | 53.90837 |
| | 03-06.02.2023 | 5.25862 | -19.27601 | -14.01739 | 25.44173 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.41873 | -0.07781 | 0.34091 | 0.49654 | 123.41709 |
| | 09-14.02.2023 | 0.02429 | -0.01456 | 0.00973 | 0.03885 | 142.93615 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01238 | 0.00013 | 0.01252 | 0.01225 | 143.50380 |
| EKZ1-MAR1-ANTE | 24-29.01.2023 | 0.00282 | -0.00486 | -0.00204 | 0.00768 | 140.36941 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00761 | -0.00002 | 0.00759 | 0.00762 | 101.75799 |
| | 03-06.02.2023 | 3.23984 | -23.72760 | -20.48776 | 16.79688 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 5.96916 | 0.00973 | 5.97889 | 5.95942 | 86.81379 |
| | 09-14.02.2023 | 0.60598 | -0.63922 | -0.03324 | 1.24519 | 81.22824 |
| | 14-19.02.2023 | -0.00509 | -0.00818 | -0.01327 | 0.00309 | 56.37634 |
| DIV2-GURU-APK1 | 24-29.01.2023 | 0.00008 | -0.00244 | -0.00236 | 0.00252 | 74.37559 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00298 | -0.00413 | -0.00115 | 0.00711 | 97.30186 |
| | 03-06.02.2023 | 0.27747 | 0.11252 | 0.38999 | 0.17949 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00376 | -0.07715 | -0.07340 | 0.08091 | 199.92913 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00747 | 0.00221 | 0.00968 | 0.00525 | 27.50211 |
| | 14-19.02.2023 | -0.00021 | -0.01075 | -0.01096 | 0.01055 | 59.28691 |
| APK1-GURU-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00373 | -0.00136 | 0.00237 | 0.00509 | 14.83938 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00777 | -0.00172 | 0.00605 | 0.00948 | 133.35705 |
| | 03-06.02.2023 | 1.15058 | 0.14889 | 1.29947 | 0.08613 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.22274 | -0.43355 | 0.78920 | 1.65629 | 10.46155 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00826 | -0.00556 | 0.00271 | 0.01382 | 113.36289 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02123 | -0.00276 | 0.01848 | 0.02399 | 195.65153 |
| GURU-EKZ1-MLY1 | 24-29.01.2023 | 0.00165 | -0.00119 | 0.00046 | 0.00283 | 18.75303 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00872 | -0.00082 | 0.00790 | 0.00954 | 107.98298 |
| | 03-06.02.2023 | 13.60404 | -6.95729 | 6.64675 | 18.73474 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.30891 | -1.03893 | -0.73001 | 1.34784 | 175.76403 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00977 | -0.01125 | -0.00148 | 0.02102 | 150.46506 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01060 | -0.00934 | 0.00126 | 0.01994 | 170.55515 |
| EKZ1-ANTE-MLY1 | 24-29.01.2023 | -0.00004 | -0.00174 | -0.00177 | 0.00170 | 54.95001 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.01000 | -0.00098 | 0.00901 | 0.01098 | 115.38100 |
| | 03-06.02.2023 | 21.65415 | -2.40018 | 19.25397 | 17.40453 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.21022 | -1.09399 | -0.88377 | 1.30422 | 166.91853 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00082 | -0.01771 | -0.01853 | 0.01689 | 121.44675 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00563 | -0.01827 | -0.01265 | 0.02390 | 137.86514 |

Çizelge 5.3' ün devamı

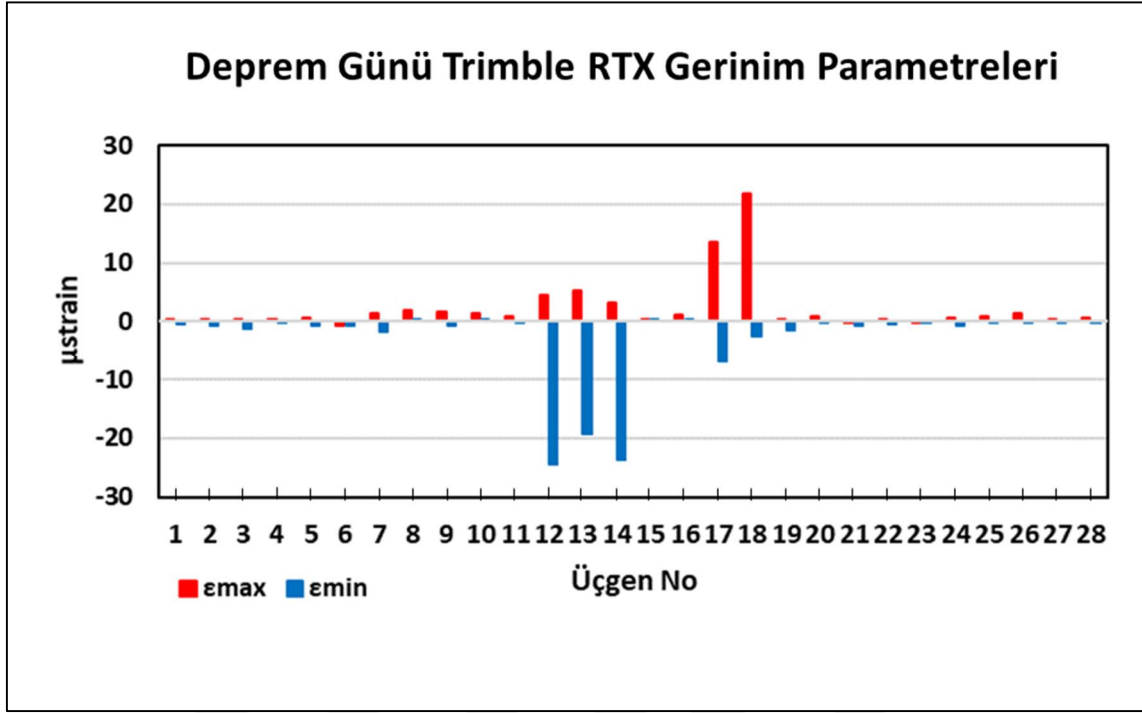
| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| MLY1-ANTE-SURF | 24-29.01.2023 | 0.00185 | -0.00176 | 0.00009 | 0.00362 | 89.03606 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00170 | -0.00278 | -0.00108 | 0.00448 | 77.03972 |
| | 03-06.02.2023 | 0.15625 | -1.52562 | -1.36936 | 1.66309 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.13334 | -0.81653 | -0.68319 | 0.94987 | 123.16022 |
| | 09-14.02.2023 | 1.15251 | -0.13649 | 1.01602 | 1.28901 | 114.92192 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00511 | -0.01945 | -0.01434 | 0.02456 | 120.20269 |
| ANTE-KLS1-AKLE | 24-29.01.2023 | 0.00174 | -0.00123 | 0.00051 | 0.00297 | 86.50941 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00094 | -0.00390 | -0.00485 | 0.00296 | 76.33213 |
| | 03-06.02.2023 | 0.84414 | -0.28415 | 0.56000 | 0.92403 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.01296 | -0.06504 | -0.05208 | 0.07800 | 59.89007 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00268 | -0.00396 | -0.00127 | 0.00664 | 192.41699 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00258 | -0.00076 | 0.00182 | 0.00334 | 160.06286 |
| SURF-ANTE-AKLE | 24-29.01.2023 | 0.00325 | 0.00084 | 0.00409 | 0.00241 | 37.99570 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00651 | -0.00847 | -0.00197 | 0.01498 | 57.98631 |
| | 03-06.02.2023 | -0.09571 | -0.58467 | -0.68038 | 0.52904 | 164.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.00741 | -0.06645 | -0.07386 | 0.05904 | 166.80657 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00022 | -0.00324 | -0.00302 | 0.00347 | 198.88414 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00594 | 0.00100 | 0.00694 | 0.00493 | 1.60980 |
| SURF-AKLE-VIR2 | 24-29.01.2023 | 0.00215 | -0.00189 | 0.00026 | 0.00404 | 173.61467 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00060 | -0.00847 | 0.00060 | 0.00908 | 48.06589 |
| | 03-06.02.2023 | 0.03244 | -0.39476 | -0.36231 | 0.44008 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | -0.01193 | -0.01414 | -0.02607 | 0.00221 | 31.73419 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00183 | -0.00512 | -0.00329 | 0.00695 | 19.84449 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00668 | -0.00342 | 0.00326 | 0.01010 | 7.08177 |
| SIV1-SURF-VIR2 | 24-29.01.2023 | 0.00026 | -0.00202 | -0.00175 | 0.00228 | 161.20430 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00174 | -0.00378 | -0.00174 | 0.00204 | 193.20108 |
| | 03-06.02.2023 | -0.00986 | -0.25544 | -0.26530 | 0.08694 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.00838 | -0.02053 | -0.01215 | 0.02890 | 29.64717 |
| | 09-14.02.2023 | -0.00085 | -0.00741 | -0.00826 | 0.00655 | 148.15825 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02327 | -0.01235 | 0.01093 | 0.03562 | 163.02743 |
| MLY1-SURF-SIV1 | 24-29.01.2023 | 0.00129 | -0.00251 | -0.00122 | 0.00380 | 110.18471 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00155 | -0.00709 | -0.00155 | 0.00554 | 10.23374 |
| | 03-06.02.2023 | 0.52824 | -0.58272 | -0.05448 | 0.33679 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.64952 | -0.48803 | 0.16149 | 1.13755 | 93.58954 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00927 | 0.00927 | 0.00030 | 0.01825 | 119.81738 |
| | 14-19.02.2023 | -0.00698 | -0.00698 | -0.02335 | 0.00940 | 21.67043 |

Çizelge 5.3' ün devamı

| Üçgen | Tarih Aralığı | ϵ_{max} ($\mu strain$) | ϵ_{min} ($\mu strain$) | Δ ($\mu strain$) | γ ($\mu strain$) | ϕ ($^{\circ}$) |
|----------------|------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| ELAZ-MLY1-SIV1 | 24-29.01.2023 | 0.00083 | -0.00130 | -0.00048 | 0.00213 | 114.28975 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00276 | -0.00747 | -0.01022 | 0.00471 | 1.81179 |
| | 03-06.02.2023 | 0.81927 | -0.21618 | 0.60309 | 0.94642 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.19371 | -0.19832 | 0.99539 | 1.39204 | 73.11143 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00782 | -0.00410 | -0.01022 | 0.00471 | 1.81179 |
| | 14-19.02.2023 | 0.01469 | -0.02116 | -0.00647 | 0.03584 | 66.66710 |
| APK1-MLY1-ELAZ | 24-29.01.2023 | 0.00401 | -0.00032 | 0.00368 | 0.00433 | 196.16694 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00085 | -0.00679 | -0.00594 | 0.00764 | 182.39754 |
| | 03-06.02.2023 | 1.26719 | -0.08930 | 1.17788 | 1.37108 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 1.55147 | 0.00377 | 1.55524 | 1.54770 | 43.32714 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00133 | -0.00853 | -0.00720 | 0.00985 | 75.72078 |
| | 14-19.02.2023 | 0.02141 | 0.00213 | 0.02355 | 0.01928 | 32.85480 |
| APK1-TNC1-ELAZ | 24-29.01.2023 | 0.00868 | 0.00015 | 0.00883 | 0.00853 | 13.96973 |
| | 29.01-03.02.2023 | 0.00296 | -0.00307 | -0.00010 | 0.00603 | 15.38505 |
| | 03-06.02.2023 | 0.18006 | -0.14549 | 0.03457 | 0.32500 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.09189 | -0.01104 | 0.08085 | 0.10292 | 72.45089 |
| | 09-14.02.2023 | 0.00912 | -0.00612 | 0.00300 | 0.01523 | 51.65639 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00442 | 0.00121 | 0.00562 | 0.00321 | 75.67096 |
| DIV2-APK1-TNC1 | 24-29.01.2023 | 0.00081 | -0.00321 | -0.00240 | 0.00402 | 87.84809 |
| | 29.01-03.02.2023 | -0.00135 | -0.00351 | -0.00486 | 0.00216 | 152.10705 |
| | 03-06.02.2023 | 0.63092 | -0.00990 | 0.62101 | 0.50382 | 64.75836 |
| | 06-09.02.2023 | 0.25357 | -0.04348 | 0.21010 | 0.29705 | 41.24863 |
| | 09-14.02.2023 | 0.02795 | -0.00299 | 0.02496 | 0.03094 | 25.07658 |
| | 14-19.02.2023 | 0.00954 | -0.01105 | -0.00152 | 0.02059 | 62.80167 |

Çizelge 5.3 incelendiğinde Trimble RTX yazılımı için en büyük maksimum asal gerininin EKZ1-ANTE-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgende 21.65415 $\mu strain$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer, bölgedeki en yüksek düzeyde gerilmenin bu üçgende gerçekleştiğini göstermektedir. En küçük maksimum asal gerininin ONIY-ADN2-ARST üçgeninde -0.60408 $\mu strain$ olduğu görülmektedir. Bu durum, söz konusu üçgende maksimum asal gerininin oldukça düşük seviyede olduğunu ifade etmektedir. En büyük minimum asal gerininin ONIY-KLS1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgende 0.38939

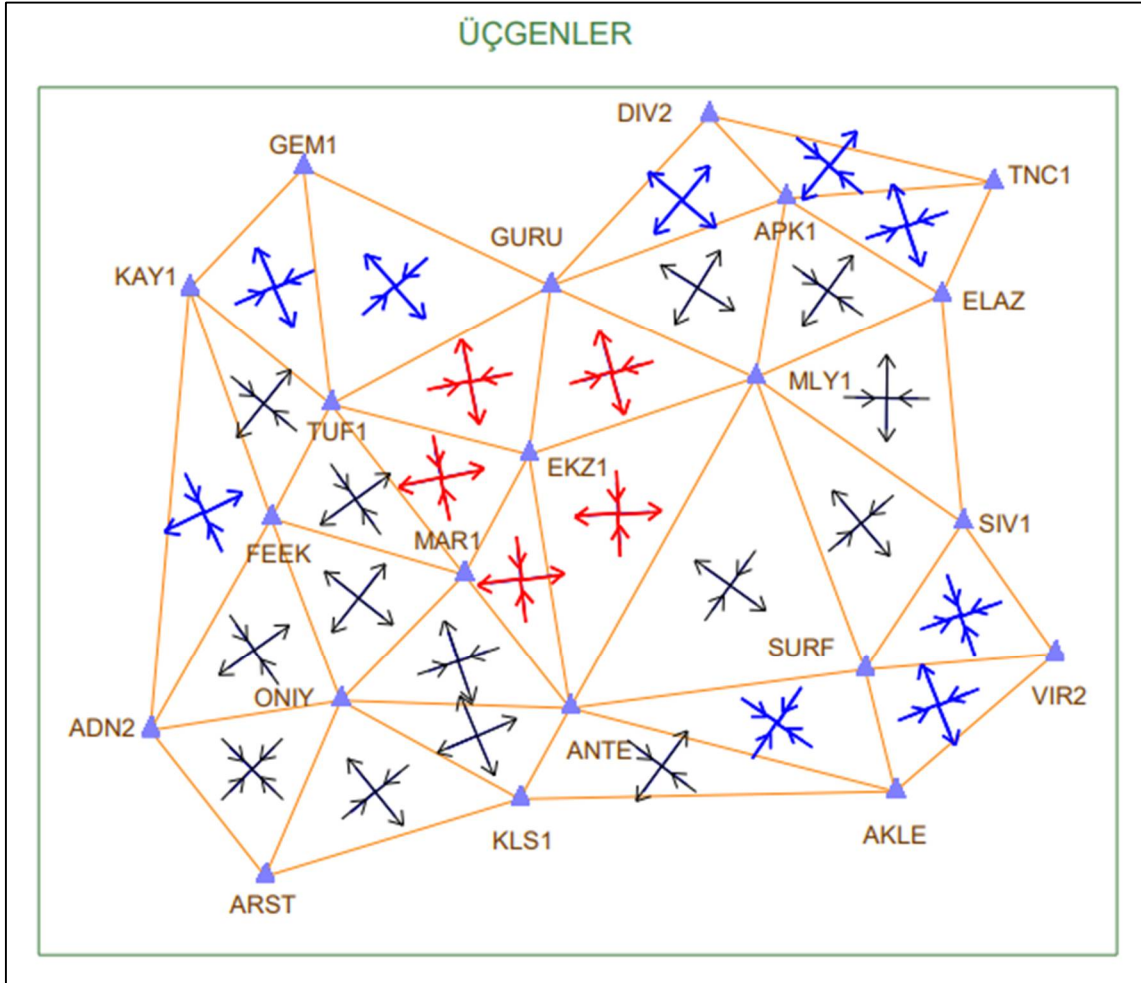
μ strain, en küçük minimum asal gerininin TUF1-MAR1-EKZ1 istasyonlarından oluşan üçgende -24.38194 μ strain olduğu görülmektedir.



Şekil 5.9. Deprem günü Trimble RTX maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri

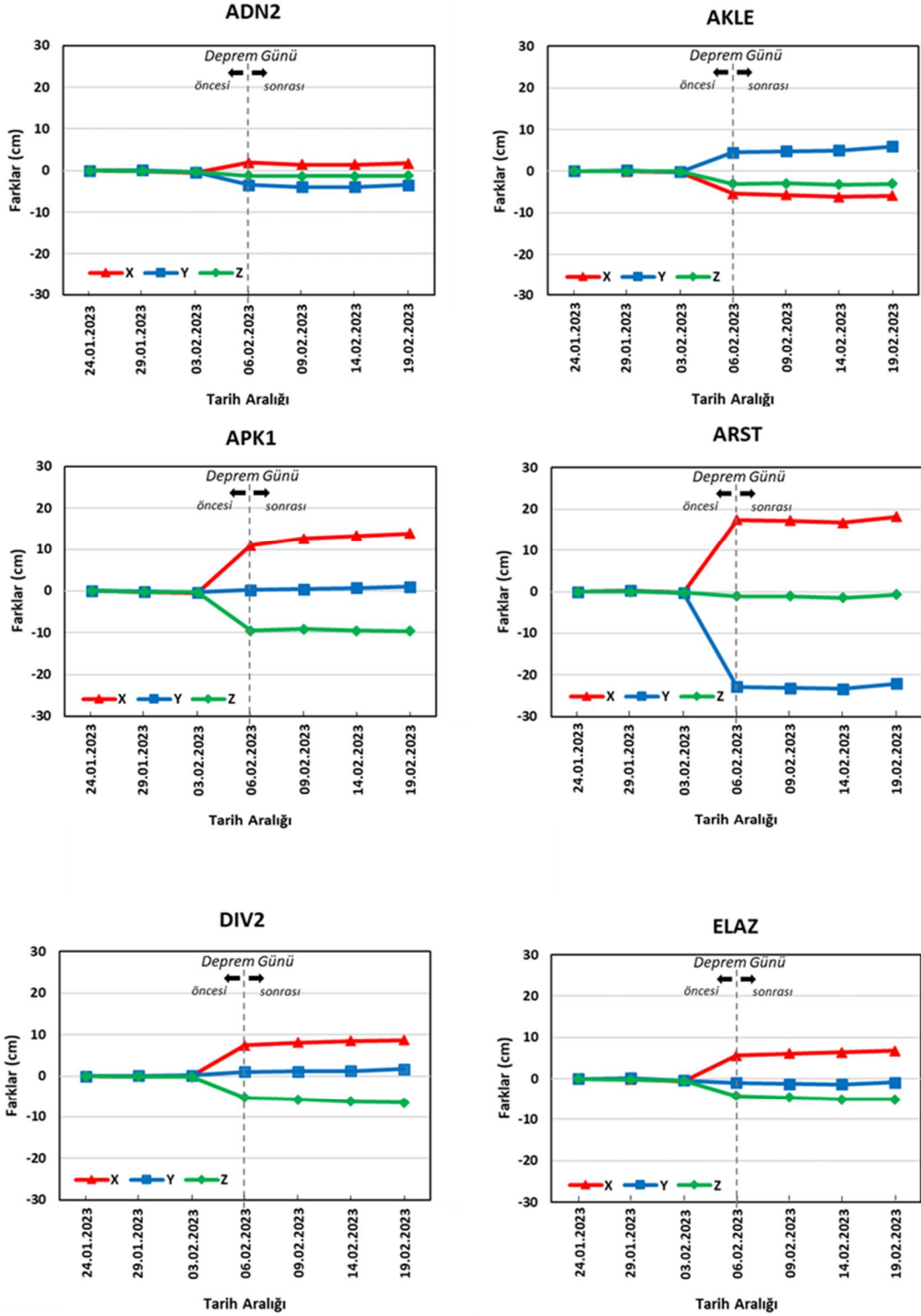
Şekil 5.9’ da Trimble RTX yazılımı ile elde edilen maksimum ve minimum asal gerinim parametreleri gösterilmektedir. TUF1-MAR1-EKZ1, GURU-TUF1-EKZ1 ve EKZ1-MAR1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgenlerde negatif yöndeki yüksek minimum asal gerinim değerleri bu alanlarda sıkışma yaşandığını göstermektedir. EKZ1-ANTE-MLY1 ve GURU-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde pozitif yöndeki yüksek maksimum asal gerinim değeri bu alanlarda gerilme yaşandığını göstermektedir.

Timble RTX yazılımı ile elde edilen maksimum ve minimum asal gerilim sonuçlarına göre deprem günü oluşan sıkışma ve genişlemeler Şekil 5.10’ da gösterilmektedir.

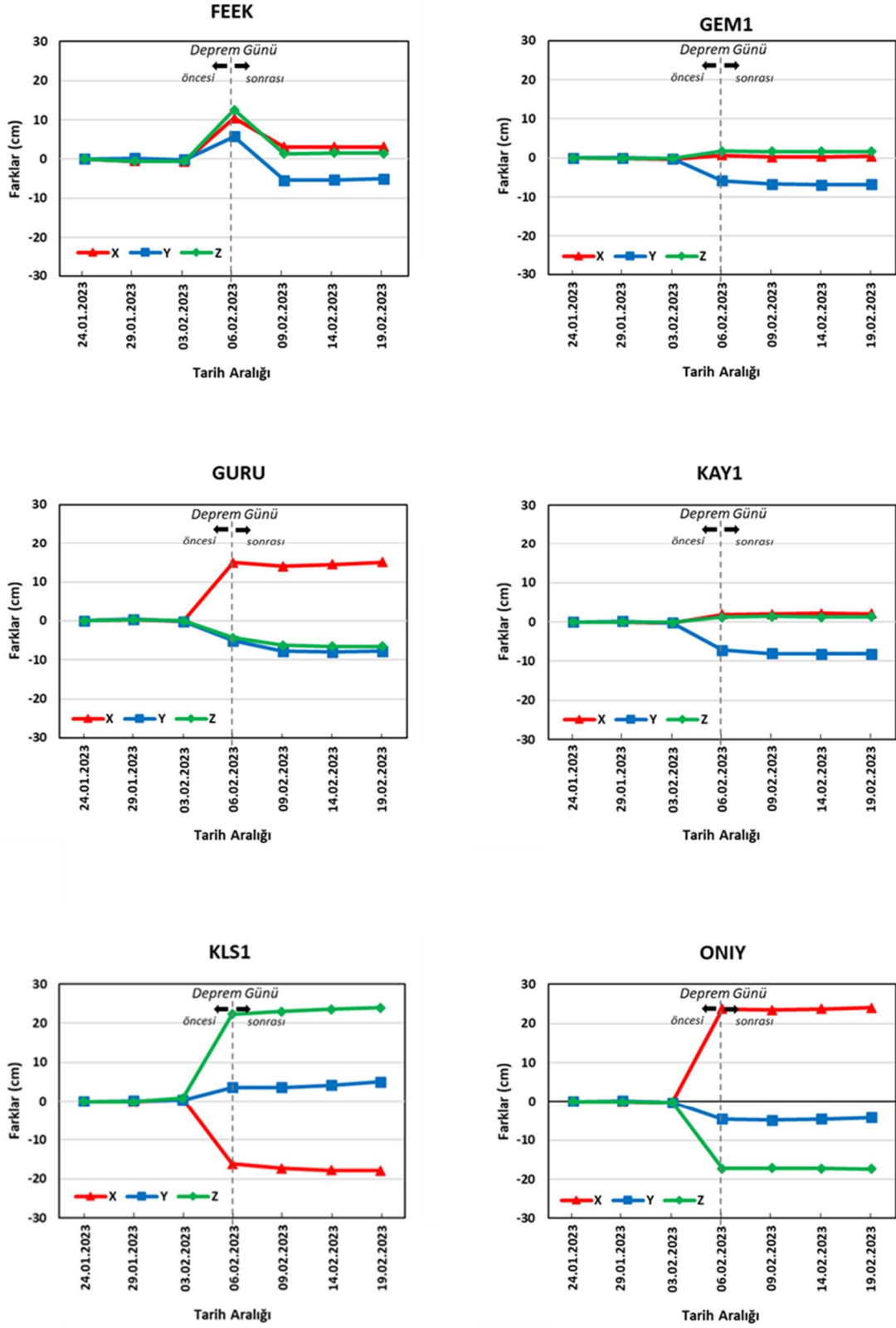


Şekil 5.10. Trimble RTX sonuçlarına göre deprem günü üçgenlerde oluşan gerinimler

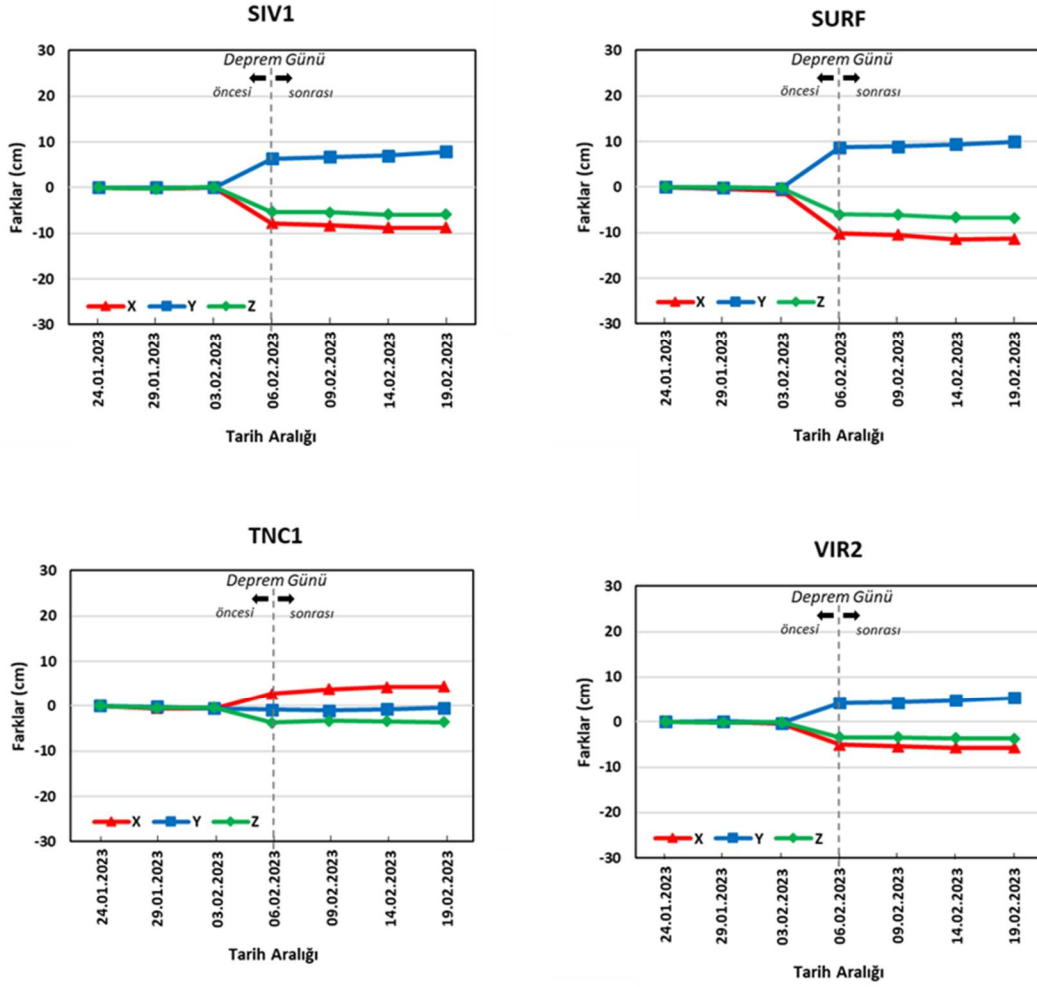
Şekil 5.10' da Trimble RTX maksimum asal gerinim ve minimum asal gerinim sonuçlarına göre ONIY-ADN2-ARST, SURF-ANTE-AKLE ve SIV1-SURF-VIR2 istasyonlarından oluşan üçgenlerde sıkışma görülürken, FEEK-ONIY-MAR1, ONIY-KLS1-ANTE, APK1-GURU-MLY1 ve DIV2-GURU-APK1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde genişleme görülmektedir. Diğer üçgenlerde hem sıkışma hem genişleme görülmektedir. EKZ1 istasyonuna bağlı üçgenlerde en yüksek gerinim değerleri görülmüş ve Şekil 5.10' da kırmızı renk ile gösterilmiştir. Siyah renkle ise daha az sıkışma ve genişlemenin olduğu gerinim değerleri gösterilmiştir. En az sıkışma ve genişlemenin olduğu gerinim değerleri mavi renk ile gösterilmiştir.



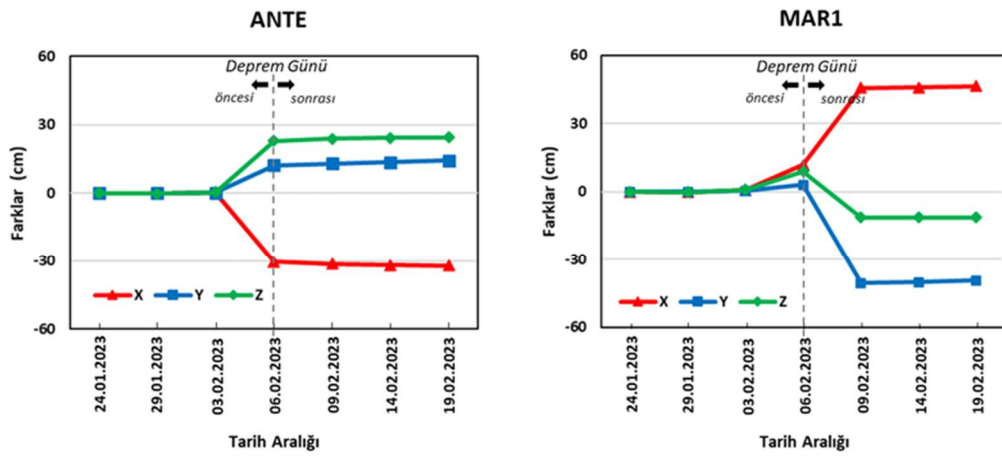
Şekil 5.11. ADN2, AKLE, APK1, ARST, DIV2 ve ELAZ istasyonlarına ait zaman serisi grafikleri



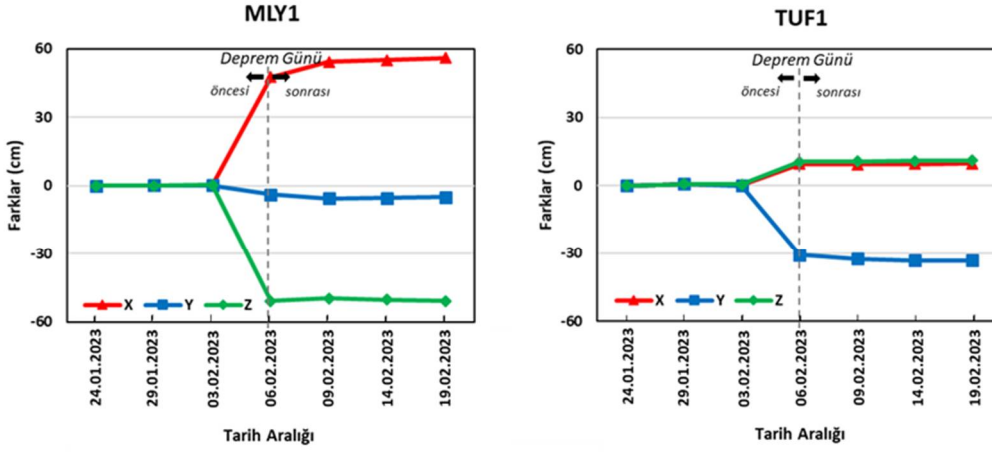
Şekil 5.12. FEEK, GEM1, GURU, KAY1, KLS1 ve ONIY istasyonlarına ait zaman serisi grafikleri



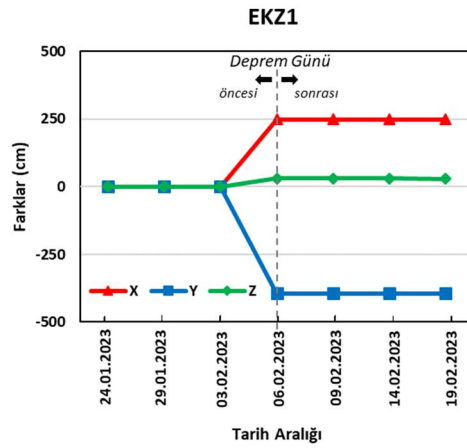
Şekil 5.13. SIV1, SURF TNC1 ve VIR2 istasyonlarına ait zaman serisi grafikleri



Şekil 5.14. ANTE ve MAR1 istasyonlarına ait zaman serisi grafikleri



Şekil 5.15. MLY1 ve TUF1 istasyonlarına ait zaman serisi grafikleri



Şekil 5.16. EKZ1 istasyonuna ait zaman serisi grafiği

Grafikler incelendiğinde ADN2, AKLE, APK1, ARST, DIV2, ELAZ, FEEK, GEM1, GURU, KAY1, KLS1, ONIY, SIV1, SURF, TNC1 ve VIR2 istasyonlarındaki değişimlerin ± 30 cm aralığında olduğu görülmektedir. Bu istasyonlarda; x ekseninde en fazla yer değiştirme 24.01 cm ile ONIY istasyonunda, y ekseninde en fazla yer değiştirme -23.38 cm ile ARST istasyonunda ve z ekseninde en fazla yer değiştirme 23.90 cm ile KLS1 istasyonunda olduğu görülmektedir. Bu istasyonlardaki değişimlerin küçük olması oluşan depremlerin merkez üssüne olan uzaklıkları ile açıklanabilir. Depremlerin yüzeye yakın ve yoğun deformasyona neden olan etkileri,

merkez üssüne yakın bölgelerde daha belirgin şekilde hissedilmekte olup, uzak bölgelerde bu etkiler azalmaktadır.

ANTE, MLY1, MAR1 ve TUF1 istasyonlarındaki değişimlerin ± 60 cm aralığında olduğu görülmektedir. Bu istasyonlarda; x eksen yönünde en fazla yer değiştirme 55.89 cm ile MLY1 istasyonunda, y eksen yönünde en fazla yer değiştirme -40.48 cm ile MAR1 istasyonunda ve z eksen yönünde en fazla yer değiştirme -50.90 cm ile MLY1 istasyonunda olduğu görülmektedir. EKZ1 istasyonundaki değişimin ise ± 500 cm aralığında olduğu görülmektedir. Bu istasyonda; x eksen yönünde en fazla yer değiştirme 248.92 cm, y eksen yönünde en fazla yer değiştirme -394.96 cm ve z eksen yönünde en fazla yer değiştirme 30.96 cm olduğu görülmektedir. Bu istasyonlardaki değişimlerin büyük olması depremlerin merkez üssüne yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

ANTE, MLY1, MAR1, TUF1 ve EKZ1 istasyonlarındaki değişim diğer istasyonlara göre daha fazla olduğu için bu istasyonlar için GAMIT/GLOBK, AUSPOS ve Trimble RTX yazılımları ile gerinim parametreleri, koordinat değişimleri ve konum değişimleri hesaplanmış ve Çizelge 5.4-5.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 5.4. GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre gerinim parametreleri, koordinat ve konum değişimleri

| İSTASYONLAR | GERİNİM PARAMETRELERİ | | | | | KOORDİNAT DEĞİŞİMİ | | KONUM DEĞİŞİMİ |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------|----------------|
| | ϵ_{max} (μ strain) | ϵ_{min} (μ strain) | Δ (μ strain) | γ (μ strain) | ϕ (μ strain) | dX (cm) | dY(cm) | ds(cm) |
| ANTE | 0.28597 | -0.41546 | -0.12949 | 0.70143 | 90.21858 | 28.87 | 29.55 | 41.31 |
| EKZ1 | 5.48590 | -6.37807 | -0.89216 | 11.86397 | 60.22605 | -465.25 | 43.11 | 467.24 |
| MAR1 | 0.14737 | -2.32407 | -2.17670 | 2.47144 | 136.86507 | -59.50 | -17.23 | 61.94 |
| MLY1 | 2.37451 | -0.96892 | 1.40560 | 3.34343 | 84.06848 | -38.53 | -63.14 | 73.97 |
| TUF1 | 1.24967 | -4.98598 | -3.73631 | 6.23565 | 172.18430 | -31.71 | 15.20 | 35.16 |

Çizelge 5.5. AUSPOS sonuçlarına göre gerinim parametreleri, koordinat ve konum değişimleri

| İSTASYONLAR | GERİNİM PARAMETRELERİ | | | | | KOORDİNAT DEĞİŞİMİ | | KONUM DEĞİŞİMİ |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------|----------------|
| | ϵ_{max} (μ strain) | ϵ_{min} (μ strain) | Δ (μ strain) | γ (μ strain) | ϕ (μ strain) | dX (cm) | dY(cm) | ds(cm) |
| ANTE | 0.28188 | -0.41737 | -0.13549 | 0.69925 | 90.44369 | 28.76 | 29.57 | 41.25 |
| EKZ1 | 5.48414 | -6.37740 | -0.89325 | 11.86154 | 60.22169 | -465.25 | 43.20 | 467.25 |
| MAR1 | 0.14645 | -2.32371 | -2.17726 | 2.47017 | 136.84740 | -59.42 | -17.16 | 61.85 |
| MLY1 | 2.37363 | -0.97042 | 1.40321 | 3.34405 | 84.06562 | -38.46 | -63.38 | 74.14 |
| TUF1 | 1.25000 | -4.98713 | -3.73713 | 6.23713 | 172.18620 | -31.67 | 15.22 | 35.14 |

Çizelge 5.6. Trimble RTX sonuçlarına göre gerinim parametreleri, koordinat ve konum değişimleri

| İSTASYONLAR | GERİNİM PARAMETRELERİ | | | | | KOORDİNAT DEĞİŞİMİ | | KONUM DEĞİŞİMİ |
|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------|--------|----------------|
| | ϵ_{max} (μ strain) | ϵ_{min} (μ strain) | Δ (μ strain) | γ (μ strain) | ϕ (μ strain) | dX (cm) | dY(cm) | ds(cm) |
| ANTE | 0.28576 | -0.41717 | -0.13141 | 0.70293 | 90.38377 | 28.90 | 29.47 | 41.28 |
| EKZ1 | 5.48197 | -6.37627 | -0.89430 | 11.85823 | 60.21593 | -465.20 | 43.09 | 467.19 |
| MAR1 | 0.14695 | -2.32397 | -2.17702 | 2.47092 | 136.87431 | -59.46 | -17.26 | 61.91 |
| MLY1 | 2.37251 | -0.96417 | 1.40834 | 3.33667 | 84.03928 | -38.89 | -63.17 | 74.18 |
| TUF1 | 1.25023 | -4.98706 | -3.73683 | 6.23729 | 172.18765 | -31.63 | 15.12 | 35.06 |

Çizelge 5.4, 5.5 ve 5.6 incelendiğinde en büyük maksimum asal gerinim EKZ1 istasyonunda GAMIT/GLOBK yazılımı ile 5.48590 μ strain olarak hesaplanmıştır. En küçük maksimum asal gerinim MAR1 istasyonunda AUSPOS yazılımı ile 0.14645 μ strain olarak hesaplanmıştır.

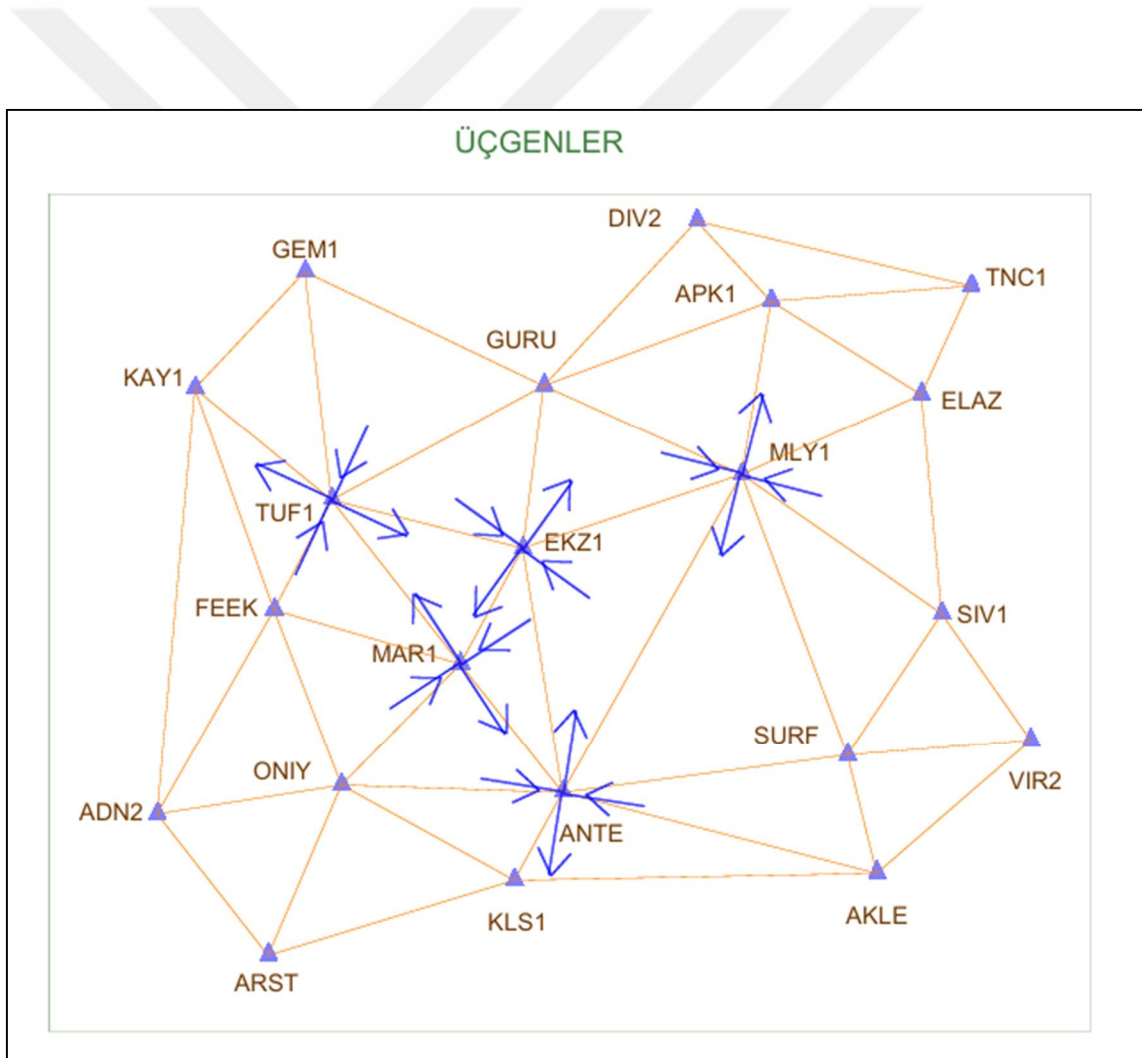
Minimum asal gerinim açısından ise en büyük değer ANTE istasyonunda GAMIT/GLOBK yazılımı ile -0.41546 μ strain, en küçük minimum asal gerinim ise EKZ1 istasyonunda -6.37807 μ strain olarak hesaplanmıştır.

Dilatasyon parametleri incelendiğinde, en büyük dilatasyon MLY1 istasyonunda Trimble RTX yazılımı ile 1.40834 μ strain, en küçük dilatasyon ise TUF1 istasyonunda AUSPOS yazılımı ile -3.73713 μ strain olarak hesaplanmıştır.

En büyük saf kesme gerilimi EKZ1 istasyonunda GAMIT/GLOBK yazılımı ile 11.86397 μ strain, en küçük saf kesme gerilimi ANTE istasyonunda 0.69925 μ strain olarak hesaplanmıştır.

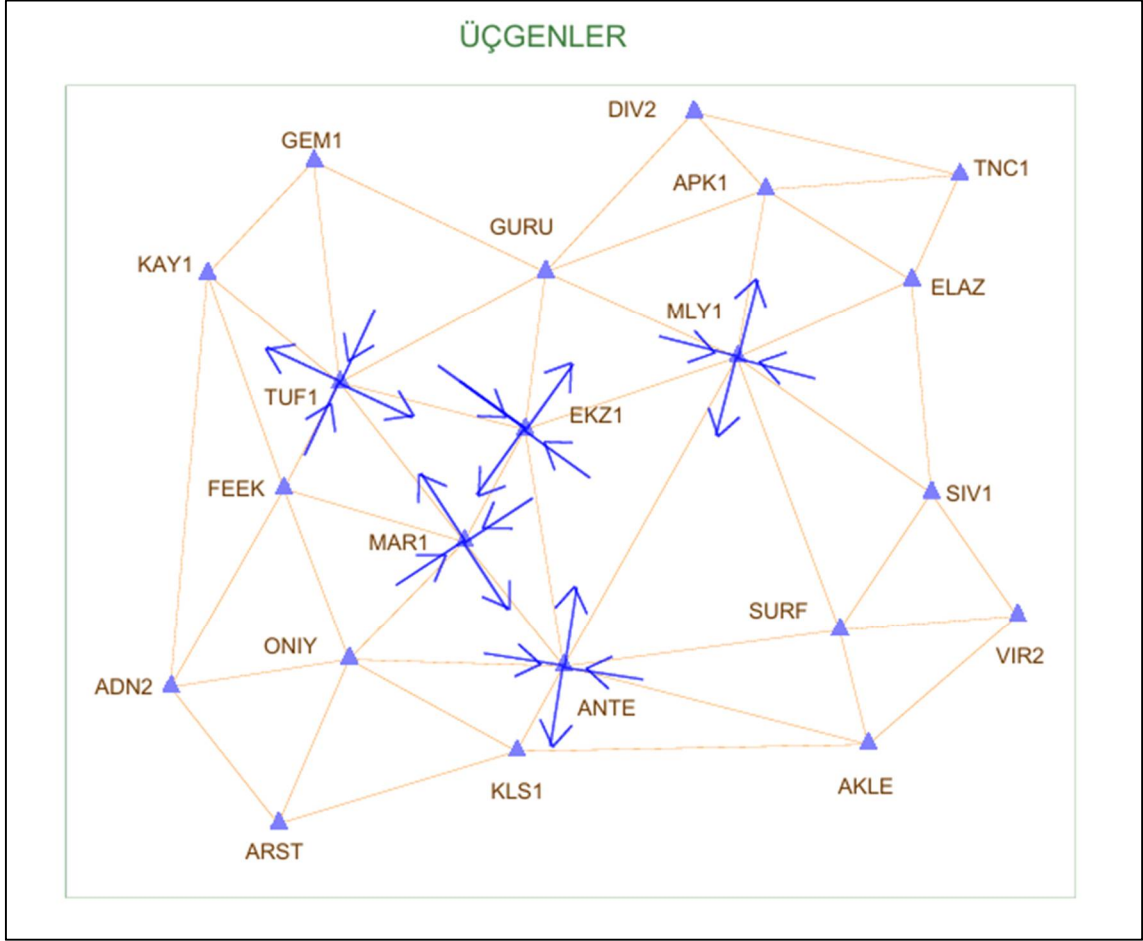
X ve Y yönünde en çok koordinat değişimi EKZ1 istasyonunda AUSPOS yazılımında olduğu görülmektedir. Konum değişimininde en çok EKZ1 istasyonunda AUSPOS yazılımında olduğu görülmektedir. Sonuçlar genel olarak incelendiğinde, depremden en çok etkilenen istasyonun EKZ1 olduğu görülmektedir.

ANTE, MLY1, MAR1, TUF1 ve EKZ1 istasyonlarında gözlenen değişim, diğer istasyonlara kıyasla daha fazla olduğu için, bu istasyonların bağlı olduğu çevre üçgenlerdeki istasyonlar dikkate alınarak, en küçük kareler yöntemiyle gerinim parametreleri hesaplanmıştır.



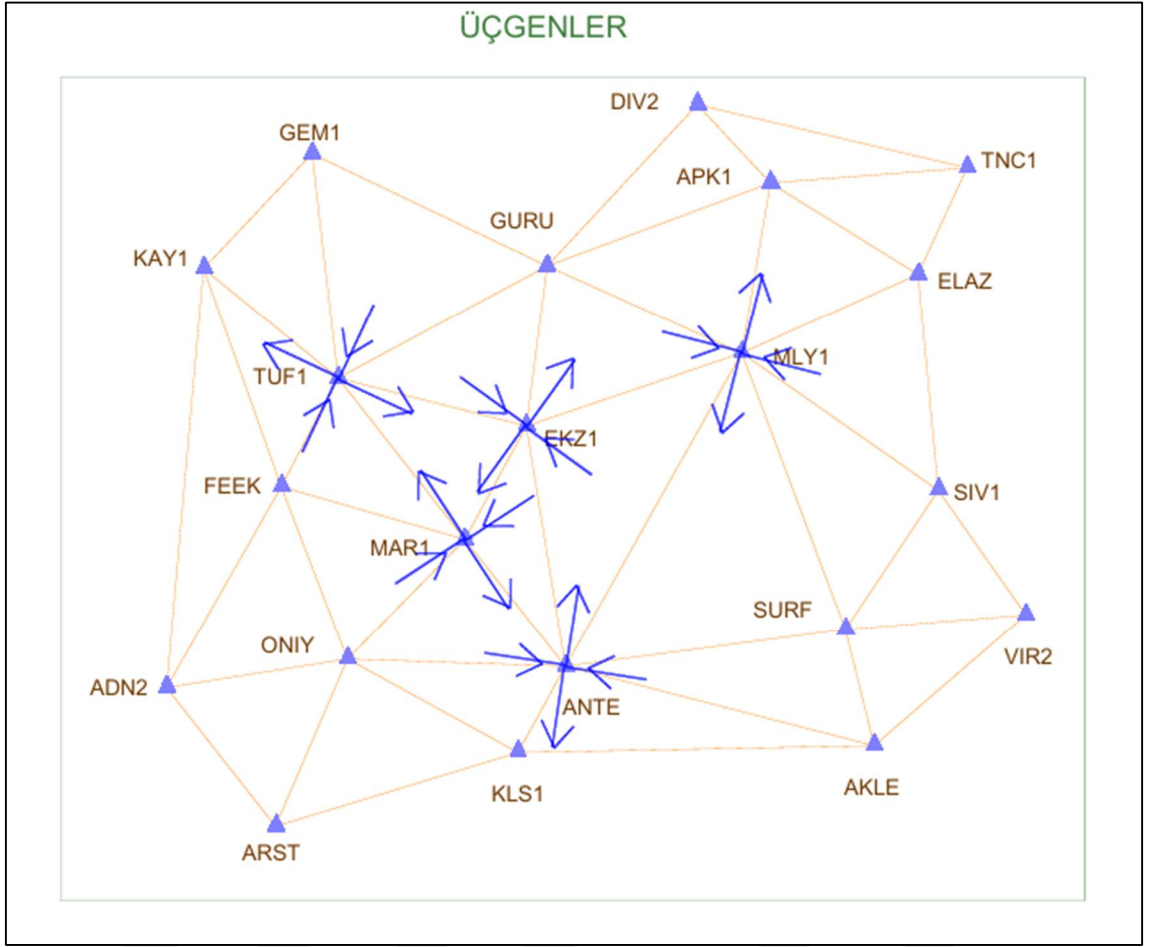
Şekil 5.17. GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre istasyonlarda oluşan gerinim parametreleri

Şekil 5.17' de GAMIT/GLOBK sonuçlarına göre ANTE, EKZ1, MAR1, MLY1 ve TUF1 istasyonlarında oluşan genişleme ve sıkışmalar gösterilmektedir.



Şekil 5.18. AUSPOS sonuçlarına göre istasyonlarda oluşan gerinim parametreleri

Şekil 5.18' de AUSPOS sonuçlarına göre ANTE, EKZ1, MAR1, MLY1 ve TUF1 istasyonlarında oluşan genişleme ve sıkışmalar gösterilmektedir.



Şekil 5.19. Trimble RTX sonuçlarına göre istasyonlarda oluşan gerinim parametreleri

Şekil 5.19' da Trimble RTX sonuçlarına göre ANTE, EKZ1, MAR1, MLY1 ve TUF1 istasyonlarında oluşan genişleme ve sıkışmalar gösterilmektedir.

6. SONUÇLAR

6.1 Sonuçlar

Deprem, ani meydana gelmesi ve büyük can ve mal kayıplarına yol açması nedeniyle insanları derinden etkileyen ve korkutan en yıkıcı doğal afetlerden biridir. Bu yıkıcı etkileri nedeniyle, tarih boyunca birçok bilim dalı depremleri farklı bakış açılarıyla incelemeye çalışmış ve bu olayları daha iyi anlayabilmek adına çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Özellikle son yıllarda teknolojinin ilerlemesiyle birlikte jeodezik yöntemler, deprem araştırmalarında önemli bir yer edinmiştir. Jeodezik ölçümler sayesinde, depremin ardından yeryüzünde meydana gelen yer değiştirmelerin büyüklüğü ve yönü hassas bir şekilde belirlenebilmekte; böylece fay hareketlerinin karakteristik özellikleri ortaya konulabilmektedir.

Jeodezik ölçme yöntemlerinden biri olan GNSS, deprem gibi doğal afetler sonucu meydana gelen yer değiştirmelerin tespit edilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. GNSS teknolojisi sayesinde, depremler sonucu oluşan yer değişiklikleri hassas bir şekilde ölçülüp analiz edilebilmekte, bu veriler doğrultusunda gerinim analizi yapılabilmektedir. Bu yöntem, yer hareketlerini ve deformasyonları izlemek için yüksek doğruluklu veriler sağlayarak, depremler sonrası oluşan gerinimlerin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Bu çalışmada 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremlerinin sebep olduğu yer değiştirmeler ve gerinimler araştırılmıştır. Araştırma kapsamında deprem bölgesindeki 21 istasyon noktasının kartezyen koordinatları RINEX verileri kullanılarak GAMIT/GLOBK yazılımı ile hesaplanmıştır. Şekil 5.4' te görüleceği gibi iki boyutlu gerinim analizi için bölge TUSAGA-Aktif istasyonları yardımıyla delaunay yöntemine göre üçgenlere ayrılmış, AUSPOS, Trimble RTX ve GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen kartezyen koordinatlar Gauss Krüger Projeksiyonuna dönüştürülmüştür. Gerinim analizi ile gerinim parametreleri hesaplanmış, AUSPOS, Trimble RTX ve GAMIT/GLOBK ile elde edilen gerinim parametreleri karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen koordinatlar kullanılarak asal gerinim parametreleri hesaplandığında en büyük asal gerinimlerin TUF1-MAR1-EKZ1, GURU-TUF1-EKZ1, EKZ1-MAR1-ANTE, EKZ1-ANTE-MLY1 ve GURU-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde olduğu görülmektedir. TUF1-MAR1-EKZ1

istasyonlarından oluşan üçgende en büyük asal gerinimin 4.49472 μ strain, en küçük asal gerinim -23.99634 μ strain olduğu görülmektedir. GURU-TUF1-EKZ1 istasyonlarından oluşan üçgende en büyük asal gerinimin 5.23155 μ strain, en küçük asal gerinimin -18.95601 μ strain olduğu görülmektedir. EKZ1-MAR1-ANTE istasyonlarından oluşan üçgende en büyük asal gerinimin 5.31490 μ strain, en küçük asal gerinimin -23.09737 μ strain olduğu görülmektedir. EKZ1-ANTE-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgende en büyük asal gerinimin 21.46491 μ strain, en küçük asal gerinimin -2.88004 μ strain olduğu görülmektedir. GURU-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgende en büyük asal gerinimin 12.75357 μ strain, en küçük asal gerinimin -6.68010 μ strain olduğu görülmektedir.

AUSPOS ve Trimble RTX yazılımları ile elde edilen koordinatlar kullanılarak asal gerinim parametreleri hesaplandığında en büyük asal gerinimlerin TUF1-MAR1-EKZ1, GURU-TUF1-EKZ1, EKZ1-MAR1-ANTE, EKZ1-ANTE-MLY1 ve GURU-EKZ1-MLY1 istasyonlarından oluşan üçgenlerde olduğu görülmektedir. Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3' te görüldüğü gibi asal gerinim parametrelerinin AUSPOS ve Trimble RTX yazılımları sonuçları hesaplanan koordinatlar kullanıldığında da GAMIT/GLOBK yazılımı ile benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Gerinim parametreleri üç yazılım içinde karşılaştırıldığında birbirine yakın sonuçlar içerisinde olduğu görülmektedir. Gerinim parametreleri üçgenler için karşılaştırıldığında ise üç yazılımda da benzer sonuçları vermektedir.

Yine nokta koordinatlarındaki değişim dikkate alındığında en büyük değişimin sırasıyla EKZ1, MLY1, MAR1, ANTE ve TUF1 istasyonlarında olduğu görülmüştür. Bu durum dikkate alınarak her bir istasyon referans noktası olarak seçilmiş ve bu noktaya bağlı doğrultular dikkate alınarak ilgili nokta için gerinim parametreleri hesaplanmıştır. GAMIT/GLOBK yazılımı sonucu elde edilen koordinatlar kullanılarak yapılan değerlendirmede EKZ1 istasyonunda maksimum asal gerinim ϵ_{\max} 5.48590 μ strain, minimum asal gerinim ϵ_{\min} -6.37807 μ strain, MLY1 istasyonunda maksimum asal gerinim ϵ_{\max} 2.37451 μ strain, minimum asal gerinim ϵ_{\min} -0.96892 μ strain, MAR1 istasyonunda maksimum asal gerinim ϵ_{\max} 0.14737 μ strain, minimum asal gerinim ϵ_{\min} -2.32407 μ strain, ANTE istasyonunda maksimum asal gerinim ϵ_{\max} 0.28597 μ strain, minimum asal gerinim ϵ_{\min} -0.41546 μ strain, TUF1 istasyonunda maksimum asal gerinim ϵ_{\max} 1.24967 μ strain, minimum asal gerinim ϵ_{\min} -4.98598 μ strain, parametreleri hesaplanmıştır. Çizelge 5.5 ve 5.6' da görüldüğü gibi AUSPOS ve Trimble RTX

yazılımları sonucu hesaplanan koordinatlar kullanıldığında da GAMIT/GLOBK sonuçlarına yakın değerler elde edilmiştir.

Farklı yazılımlarla hesaplanan parametreler üçgenlere ayırma yönteminde olduğu gibi birbirleriyle uyum içindedir.

GAMIT/GLOBK yazılımı ile elde edilen deprem öncesi ve deprem sonrası istasyon noktalarının jeodezik koordinatlarından yer değiştirmeler hesaplanmış ve grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 5.12-5.16' da görüldüğü gibi en büyük yer değiştirmelerin EKZ1, MLY1, MAR1, ANTE ve TUF1 istasyonlarında olduğu görülmüştür.

Tüm sonuçlar incelendiğinde GAMIT/GLOBK sonuçları ile AUSPOS ve Trimble RTX sonuçları birbiri ile uyumludur.

6.2 Öneriler

Gerinim analizi, yerkabuğunda meydana gelen deformasyonları, yani yer değiştirme, sıkışma ya da genişleme gibi fiziksel değişimleri sayısal olarak belirlemeye yarayan bir analiz yöntemidir. Bu analiz, özellikle depremler gibi tektonik olaylar sonrası oluşan yüzey hareketlerinin boyutunu, yönünü ve etkisini belirlemek amacıyla kullanılır.

Günümüzde gerinim analizleri, GNSS gibi yüksek doğruluklu konum belirleme yöntemleriyle desteklenmekte ve yeryüzündeki deformasyonların hassas bir şekilde izlenmesini mümkün kılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında 6 Şubat 2023 tarihli Kahramanmaraş depremlerinin sebep olduğu yüzey deformasyonları, farklı GNSS veri işleme yazılımları kullanılarak gerinim analizi ile değerlendirilmiştir.

Gerinim analizinin doğruluğunu artırmak amacıyla, analiz yapılacak bölgedeki GNSS istasyonlarının sayısı artırılmalı ve mümkün olduğunca homojen bir dağılımla konumlandırılmalıdır. Bu sayede bölgesel deformasyonlar daha hassas biçimde modellenebilir.

Yapılan çalışmada aynı RINEX verileri akademik yazılım olan GAMIT/GLOBK ve online yazılım olan AUSPOS ve Trimble RTX ile değerlendirildiğinde hesaplanan koordinatların gerinim parametrelerine fazlaca etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu durum dikkate alındığında gerinim parametrelerinin hesaplamasında online GNSS değerlendirme yazılımlarının da güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Uzun dönemli GNSS verilerinin değerlendirilmesiyle zaman serisi analizleri yapılabilir. Bu sayede, bölgedeki yavaş gerinim birikimi daha detaylı incelenebilir.

Gerinim analizleri, jeolojik ve sismolojik verilerle birlikte değerlendirilerek daha kapsamlı sonuçlara ulaşılabilir.



7. KAYNAKLAR

- AFAD, 2023, 06 Şubat 2023 Pazarcık-Elbistan Kahramanmaraş (Mw: 7.7 – Mw: 7.6) Depremleri Raporu, Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı, 02 Haziran 2023.
- Akgün, E., Softa, M., Gürgöze, S., Çolak E., S., Koçbulut, F., Aksoy, E., Sözbilir, H., & Tatar, O. (2025), 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık (Mw: 7,7) depremi ışığında Doğu Anadolu Fay Zonu Erkenek Segmentinin kinematik analizi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 68, 147–180.
- Ansari, K. ve Bae, T. S. 2020, Contemporary deformation and strain analysis in South Korea based on long-term (2000–2018) GNSS measurements. *International Journal of Earth Sciences*, 109(1), 391-405.
- Ansari, K., Corumluoglu, O., ve Sharma, S., K., 2017, Numerical simulation of crustal strain in Turkey from continuous GNSS measurements in the interval 2009–2017, *Journal of Geodetic Science*, 7(1), 113-129.
- Arslan, A., 2007, Analysis of Strain Accumulation of the Faulting Zones by the Help of Continuous GPS Stations, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi, KOERI, İstanbul*.
- Bahadır B., Üstün A., 2014, İnternet tabanlı GNSS veri değerlendirme servisleri, *Harita Dergisi*, 152, 40-50.
- Başçiftçi, F., İnal, C., 2008, Jeodezide Kullanılan Bazı Koordinat Dönüşümlerinin Programlanması, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23.cilt , sayı 1, s.27-40, Konya.
- Baysal, D., Aktuğ, B. ve Koçyiğit, A. 2010, GPS nokta koordinatlarındaki zamana bağlı değişimlerin analizi ve yorumu: İzmir bölgesinde uygulama, *Harita Dergisi*, 144, 29-39.
- Bettinelli, P., Avouac, J. P., Flouzat, M., Jouanne, F., Bollinger, L., Willis, P., Chitrakar, G. R. 2006, Plate Motion of India And İnterseismic Strain in the Nepal Himalaya From GPS and DORIS Measurements, *Journal of Geodesy*, 80, 567-589.
- Bilgen, B., 2017, GNSS Tekniği ile Yatay Yöndeki Deformasyonların Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Bougrine, A., Yelles-Chaouche, A., K., Calais, E., 2019, Active Deformation İn Algeria From Continuous GPS Measurements, *Geophysical Journal International*, 217(1), 572-588.
- Bulbul, S., Gundogan, T., Inal, C., Basciftci, F. ve Yildirim, O. 2023, Monitoring deformations caused by Pazarcık (Mw 7.7) and Ekinözü (Mw 7.6) earthquakes in Kahramanmaraş on 6 February 2023 with GNSS, *European Physical Journal Plus*, 138(1110).

- Bülbül, S., 2023, Bilimsel, Ticari ve Web Tabanlı GNSS Değerlendirme Yazılımları, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yayınlanmamış Ders Notları*, Konya.
- Chousianitis, K., Ganas, A., Evangelidis, C., P., 2015, Strain and Rotation Rate Patterns of Mainland Greece From Continuous GPS Data and Comparison Between Seismic and Geodetic Moment Release, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 120(5), 3909-3931.
- Çolak, B., 2010, Marmara bölgesinin doğu kesiminde yatay yer kabuğu hareketleri ve gerinim birikiminin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Demir, D. Ö., 2015, 23 Ekim 2011(Mw=7.2) Van Depreminden Kaynaklanan Kabuk Deformasyonlarının Jeodezik Yöntemlerle Araştırılması, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Deniz, R., 1997, "Jeodezik verilerden strain analizi" Jeodezi Anabilim Dalı Seminerleri, İstanbul (Basılmamış).
- Denli, H., 1998, GPS ile Marmara bölgesindeki Yer kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul.
- Dumka, R., K., Chopra, S., Prajapati, S., 2019, GPS Derived Crustal Deformation Analysis of Kachchh, Zone of 2001 (M7.7) Earthquake, Western India, *Quaternary International*, 507, 295-301.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. (2013), Active Fault Map of Turkey with an Explanatory Text, *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-30*, 30.
- Eyübagil, E. E. 2020, GNSS ölçüleri ile tektonik hareketlerin modellenmesi: Gülbahçe fayı örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar.
- Eyübagil, E.,E., Yaşar, Ş., Ş., Çakanşimşek, E., B., Duman, H., Solak, H., İ., Özkan, A., Gezgin, C., Yavaşoğlu, H., H., Tiryakioğlu, İ., Poyraz, F., Aktuğ, B., Yiğit, C., Ö., Özkaymak, Ç. ve Özener, H., 2023, 6 Şubat 2023 Sofalaca-Şehitkamil Gaziantep (Mw:7.7) ve Ekinözü Kahramanmaraş (Mw:7.6) Depremlerinin GNSS Gözlemlerine Bağlı Öncül Sonuçları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 160-176.
- Gelişkan, Ş., 2019, Hassas Nokta Konumlama ile Deformasyonların Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Gupta, T., D., Riguzzi, F., Dasgupta, S., Mukhopadhyay, B., Roy, S., Sharma, S., 2015, Kinematics and Strain Rates of the Eastern Himalayan Syntaxis From New GPS Campaigns in Northeast India, *Tectonophysics*, 655, 15-26.

- Gündoğan, T., 2023, Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisi, Yüksek lisans tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü* Konya.
- Gürbüz, G., 2019, Türkiye'deki Sürekli GNSS Gözlemlerinin Otomatik Değerlendirilmesi ve Analizi, Doktora Tezi, *Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Zonguldak.
- Havazlı, E., 2012, Determination of Strain Accumulation Along Tuzla Fault, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi, KOERI*, İstanbul.
- İnal, C., ve Salgın, Ö., 2008, Farklı GPS yazılımları ile değerlendirilen GPS baz uzunluklarının bilinen değerler ile karşılaştırılması. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Konya.
- İnyurt, S. ve Ulukavak, M., 2020, Web tabanlı GNSS Yazılımlarının (CSRS-PPP, Trimble RTX) Performansının Karşılaştırılması, *Geomatik Dergisi*, 5 (2), 120-126.
- Jade, S., Shrungheshwara, T., S., Kumar, K., Choudhury, P., Dumka, R., K., Bhu, H., 2017, India Plate Angular Velocity and Contemporary Deformation Rates From Continuous GPS Measurements From 1996 to 2015, *Scientific Reports*, 7(1), 11439.
- Kaftan, V., I., and Tatarinov, V., N., 2021, An Analysis of Possibilities of GNSS Local Strain Monitoring Networks in Earthquake-Prone Areas, *Journal of Volcanology and Seismology*, 15, 379-386.
- Karabulut, M, F., 2017, Yer kabuğu Deformasyonlarının GNSS Ölçüleri ile Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Kıranlıoğlu, Y., 2006, GPS Yöntemi ile Deformasyonların Tespitinde Gerinimlerin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze.
- Kocaaslan, Ö., 2024, Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Pazarcık, Elbistan (Kahramanmaraş) ve Defne (Hatay) depremlerinin TUSAGA-Aktif istasyonlarına etkisinin incelenmesi, Yüksek lisans tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya.
- Küreç N., P., 2018, GPS/GNSS ağları için sürekli bir gerinim izleme ve kalite değerlendirme stratejisi, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Mohamed, A-M, S., Radwan, M, A. and Omar, A, Kh., 2020, Current State Of Crustal Deformation and Seismic Activity from Seismic and Geodetic Data in Aswan Region, Egypt, *Geotectonics*, Vol.54, No. 5, 713-722.
- Özdemir, F, 2024, TUSAGA-AKTİF istasyon verileri ile İzmir ve çevresi için blok hareketlerinin belirlenmesi, Yüksek lisans tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya.

- Özkan, A., 2021, Kuzeydoğu Akdeniz Bölgesindeki Diri Fayların Kinematığının GPS Gözlemleri ve Elastik Yarı Uzaysal Yer Değiştirme Modeli ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.
- Özkan, A., Yavaşoğlu, H. H. and Masson, F., 2023, Present-day strain accumulations and fault kinematics at the Hatay Triple Junction using new geodetic constraints, *Tectonophysics*, 854, 229819.
- Pırtı, A., Yazıcı D., 2022, İnternet Tabanlı GNSS Yazılımlarının Doğruluk Açısından Değerlendirilmesi, *Geomatik Dergisi*, 7 (2), 88-105.
- Ponraj, M., Miura, S., Reddy, C., D., Prajapati, S., K., Amirtharaj, S. ve Mahajan, S., H., 2010, Estimation of strain distribution using GPS measurements in the Kumaun region of Lesser Himalaya, *Journal of Asian Earth Sciences*, 39(6), 658-667.
- Poyraz, F. ve Ö., Aydın, (2009), Jeodezik Verilerden Strain (Gerinim) Elemanlarının Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- Poyraz, F., 2009, Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yer kabuğu Hareketleri ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Rashidi, A., Derakhshani, R., 2022, Strain and Moment Rates From GPS And Seismological Data in Northern Iran: Implications for an Evaluation of Stress Trajectories and Probabilistic Fault Rupture Hazard, *Remote Sensing*, 14(9), 2219.
- Selendi, A., 2011, Marmara Bölgesi' ndeki yer kabuğu hareketlerinin GPS ve gravite ölçmeleri (2006-2010) ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Serpelloni, E., Cavaliere, A., Martelli, L., Pintori, F., Anderlini, L., Borghi, A., Cacciaguerra, S., 2022, Surface Velocities and Strain-Rates in the Euro-Mediterranean Region From Massive GPS Data Processing, *Frontiers in Earth Science*, 10, 907897.
- Solak, H., İ., 2015, GNSS Hızları İle Güneybatı Anadolu' daki Gerinim Alanlarının Zamansal Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar.
- Sönmez, M., E., ve Dölek, İ., (2020), Türkiye'nin jeolojik ve jeomorfolojik özellikleri. *Gaziantep Üniversitesi ve Muş Alparslan Üniversitesi*.
- Şimşek, M. 2019, Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde İnternet Tabanlı GPS Servislerinin Doğruluk Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Şimşek, M., Özarpacı, S., Doğan, U., 2019, Yer Kabuğu Hareketlerinin Belirlenmesinde Web Tabanlı Çevrimiçi GNSS Servislerinin Performans Analizi, *Geomatik Dergisi*, 4(2), 147-159.

URL 1, <https://gnss.ga.gov.au/auspos> Ziyaret Tarihi: 14.08.2024

URL 2, https://www.google.com/search?q=t%C3%BCrkiye+levha+hareketleri&udm=2&sa=X&ved=2ahUKEwigx5LU1JiMxXKUMMIHQj3AsIQtl8BegQIABBL#hid=iY_sBWqtjL7ENAM&vssid=mosaic Ziyaret Tarihi: 16.03.2025

URL 3, <https://www.trimblertx.com/Register.aspx> Ziyaret Tarihi: 05.04.2025

URL 4, <https://www.tusaga-aktif.gov.tr> Ziyaret Tarihi: 28.09.2023

Uysal, F., 2023, Datça grabeni ve çevresinin güncel hız alanının GNSS verileri ile belirlenmesi, Doktora tezi, *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya.

Wang, W., Qiao, X., Yang, S., Wang, D., 2017, Present-day Velocity Field and Block Kinematics of Tibetan Plateau From GPS Measurements, *Geophysical Journal International*, 208(2), 1088-1102.

Yıldırım, Ö., Yaprak, S., İnal, C., Determination of 2011 Van/Turkey Earthquake (M=7.2) Effects From Measurement of CORS-TR Network, *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, pp.1-13, 2013.

Zhu, S., 2022, Strain-Rates from GPS Measurements in the Ordos Block, China: Implications for Geodynamics and Seismic Hazards, *Remote Sensing*, 14(3), 779.