

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**17 KASIM 2021 DÜZCE DEPREMİ'NİN NOKTA KONUMLARINA ETKİSİ**

**GEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AHSEN OKUŞLUĞ**

**AĞUSTOS 2024**

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**17 KASIM 2021 DÜZCE DEPREMİ'NİN NOKTA KONUMLARINA ETKİSİ**

**GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ahsen OKUŞLUĞ**

**DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi İlke DENİZ**

**ZONGULDAK**

**Ağustos 2024**

**KABUL:**

Ahsen OKUŞLUĞ tarafından hazırlanan “17 Kasım 2021 Düzce Depremi'nin Nokta Konumlarına Etkisi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 19/08/2024

**Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi İlke DENİZ .....  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin KEMALDERE .....  
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Selma ZENGİN KAZANCI .....  
Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum. ..../..../2024

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Ahsen OKUŞLUĞ

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**17 KASIM 2021 DÜZCE DEPREMİ'NİN NOKTA KONUMLARINA ETKİSİ**

**Ahsen OKUŞLUĞ**

**Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi İlke DENİZ**

**Ağustos 2024, 67 sayfa**

17 Kasım 2021'de, Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde yer alan Düzce ilinde yerel saatle 15.40'ta bir deprem meydana gelmiştir. Deprem Düzce ve ilçeleri olmak üzere çevredeki illeri de etkilemiştir. Düzce depremi, sismik aktivitenin yoğun olduğu bir bölgede gerçekleşmekte olup deformasyon ölçümlerinin önemini ortaya koymuştur. Bu deformasyonların tespiti ve izlenmesi amacıyla GNSS (Global Navigation Satellite System) tekniği kullanılmıştır.

Türkiye'nin coğrafi konumundan dolayı deprem kuşağında olması kaçınılmazdır. Bu yüzden elde edilen bulguların gelecekteki deprem risklerini azaltmaya yönelik çalışmalara katkı sağlamaya ve afet yönetim stratejilerine katkı sağlamayı amaçlanmıştır.

Bu çalışma, Düzce ve çevresindeki illerde Hassas Konum Belirleme (Precise Point Positioning - PPP) yöntemi kullanarak GPS ve GLONASS uydu verileriyle depremin etkilerini araştırmayı hedeflemiştir. Uluslararası GNSS Servisi'ne (IGS) ait 6 istasyon (ANKR, ZECK, BUCU, MIKL, NICO, SOFI) ve Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) ağına ait 8 istasyon (BILE, BOL1, HEND, IZMT, KRSU, NAHA, SLEE,

## ÖZET (devam ediyor)

ZONG) belirlenmiştir. Belirlenen bu istasyonlara ait 20 günlük bir süre boyunca (7 Kasım 2021 - 27 Kasım 2021) ölçüm verileri toplanmıştır. TUSAGA-Aktif istasyonlarını çevreleyecek şekilde seçilen IGS istasyonlarıyla Açık kaynaklı yazılım olan Net\_Diff yazılımı aracılığıyla ağ çözümü yapılmıştır. Hassas Konum Belirleme (PPP) yöntemi ile GPS ve GLONASS uydu alıcılarından toplanan veriler, yüksek doğrulukta statik ve kinematik konum belirlemek amacıyla analiz edilmiştir. Her bir istasyona ait veriler grafiklere dönüştürülerek incelendiğinde deprem merkezine yakın HEND istasyona ait sinyal tespit edilmiştir. HEND istasyonuna 16 Kasım 2021, 17 Kasım 2021 (deprem anı), 18 Kasım 2021 günlerine ait veri setlerini lineer giderme trendi uygulanarak açı değerleri (enlem-boylam) uzunluğa çevrilmiştir. 17 Kasım tarihinde paralel daire doğrultusunda  $\pm 1,5$  cm, meridyen doğrultusunda  $\pm 2$  cm ve yükseklikte  $\pm 25$  cm'lik genliklerde bir hareket olduğu gözlemlenmiş olup 17 Kasım 2021 tarihinde saat 00.00'da ise yaklaşık 2 saat 30 dakika süren sinyal tespit edilmiştir. Deprem saatine ait sinyal tespit edilemediği için farklı bilimsel yazılımlar kullanılarak analiz edilmesi önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Deprem, Net\_Diff, hassas konum belirleme (PPP).

**Bilim Kodu:** 616.01.03.

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

**The Impact of the November 17, 2021 Düzce Earthquake on Point Positions**

**Ahsen OKUŞLUĞ**

**Zonguldak Bülent Ecevit University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geomatics Engineering**

**Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. İlke Deniz**

**August 2024, 67 pages**

On November 17, 2021, an earthquake occurred in Düzce province, located on the North Anatolian Fault Line, at 15:40 local time. The earthquake affected Düzce and its districts as well as surrounding provinces. The Düzce earthquake occurred in a region with intense seismic activity and revealed the importance of deformation measurements. The GNSS (Global Navigation Satellite System) technique was used to detect and monitor these deformations.

Turkey is inevitably located in an earthquake zone due to its geographical location. Therefore, the findings obtained are aimed to contribute to studies aimed at reducing future earthquake risks and to contribute to disaster management strategies.

This study aimed to investigate the effects of the earthquake with GPS and GLONASS satellite data using the Precise Point Positioning (PPP) method in Düzce and its surrounding provinces. Six stations (ANKR, ZECK, BUCU, MIKL, NICO, SOFI) belonging to the

## **ABSTRACT (continued)**

International GNSS Service (IGS) and eight stations (BILE, BOL1, HEND, IZMT, KRSU, NAHA, SLEE, ZONG) belonging to the Turkish National Permanent GNSS Network-Active (TUSAGA-Active) network were determined. Measurement data of these stations were collected for a period of 20 days (November 7, 2021 - November 27, 2021). A network solution was made with the IGS stations selected to surround the TUSAGA-Active stations via the open source software Net\_Diff. The data collected from GPS and GLONASS satellite receivers with the Precise Positioning (PPP) method were analyzed in order to determine high-accuracy static and kinematic location. When the data for each station was converted into graphics and examined, the signal belonging to the HEND station close to the earthquake epicenter was detected. Angle values (latitude-longitude) were converted to length by applying linear removal trend to the data sets of November 16, 2021, November 17, 2021 (earthquake moment), and November 18, 2021 at the HEND station. On November 17, it was observed that there was a movement of  $\pm 1.5$  cm in the parallel direction,  $\pm 2$  cm in the meridian direction, and  $\pm 25$  cm in height, and a signal lasting approximately 2 hours and 30 minutes was detected at 00:00 on November 17, 2021. Since the signal belonging to the earthquake time could not be detected, it is recommended to analyze it using different scientific software.

**Keywords:** Earthquake, Net\_Diff, precise point positioning (PPP).

**Science Code:** 616.01.03.

## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma sürecinde bana değerli katkılarda bulunan ve destek veren kişi, kurumlara en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kendisinin özverili rehberliği, bilimsel bilgi birikimi ve bu tezin her aşamasında yol göstericisi olan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İlke Deniz en derin teşekkürlerimi sunarım. Dr. Deniz'in bilgi ve deneyimlerini cömertçe paylaşması, sürecin verimli geçmesini sağlarken araştırmanın da kalitesini artırmıştır. Danışmanlık sürecinde sağladığı yapıcı eleştiriler ve teşvikler için kendisine minnettarlığımı ifade ederim.

Bu süreçte bana sürekli destek olan aileme de teşekkürlerimi sunarım. Özellikle değerli annem Safiye SAVAN ve babam Necati SAVAN'a, ablalarım Kamuran TUNCER, Aslıhan SAVAN KUŞ ve kardeşim Halim SAVAN'a yaşamım boyunca verdikleri kıymetli destek, sabır ve teşvikleri için içten teşekkürlerimi iletmek isterim. Onların sürekli anlayışı ve desteği, bu tezin hazırlanmasında benim için büyük bir motivasyon kaynağı olmuştur.

Ayrıca, bu çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanmasında en büyük destekçilerinden biri olan eşim Hasan OKUŞLUĞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin sürekli desteği, teşviği ve anlayışı, bu tezin hazırlanmasında önemli bir etken olmuştur.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 GNSS KÜRESEL KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİ.....	5
2.1 GNSS.....	5
2.1.1 GPS.....	7
2.1.2 GLONASS.....	8
2.1.3 GALILEO.....	9
2.1.4 BeiDou.....	9
2.1.5 QZSS.....	10
2.1.6 IRNSS (NavIC).....	11
2.2 GNSS' DE KULLANILAN REFERANS KOORDİNAT SİSTEMLERİ.....	12
2.3. KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ.....	13
2.3.1 Gerçek Zamanlı Kinematik.....	14
2.3.2 Post-Processed Kinematik.....	15
2.3.3 Diferansiyel GPS.....	16

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.3.4 Hassas Konum Belirleme.....	16
BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOT .....	21
3.1.Test Alanı .....	21
3.2. Net_Diff Yazılımı .....	22
BÖLÜM 4 UYGULAMA.....	31
BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER .....	37
KAYNAKLAR .....	39
EK AÇIKLAMALAR.....	43
ÖZGEÇMİŞ .....	67

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2. 1 Küresel navigasyon uydu sistemleri .....	5
Şekil 2.2 QZSS uydularının Asya Okyanusya bölgesindeki dağılımı .....	10
Şekil 2.3 Konum Belirleme Yöntemleri.....	14
Şekil 3.1 KRDAE verilerine göre 17 Kasım 2021 Yayakbaşı-Düzce (Ml=5.2) depreminin lokasyon haritası.....	21
Şekil 3.2 Net_Diff Ana Ekran Görüntüsü ve Bölümleri .....	23
Şekil 3.3 Net_Diff Arayüzü. ....	25
Şekil 3.4 Net_Diff Yazılımı Setting Paneli.....	26
Şekil 3.5 Net_Diff Yazılımı File Paneli. ....	26
Şekil 3.6 Net_Diff yazılımı Model Paneli.....	27
Şekil 3.7 Net_Diff Yazılımı Coordinate Paneli .....	29
Şekil 4.1 IGS İstasyonları.....	32
Şekil 4.2 TUSAGA-Aktif istasyonları. ....	33
Şekil 4.3 Net_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonun 17 Kasım 2021 tarihine ait elipsoidal enlem grafiği.....	35
Şekil 4.4 Net_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonun 17 Kasım 2021 tarihine ait elipsoidal boylam grafiği.....	35
Şekil 4.5 Net_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonun 17 Kasım 2021 tarihine ait elipsoidal yükseklik grafiği.....	36



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 GNSS sistemlerinin karşılaştırmalı gösterimi.....	7
Çizelge 2.2 Farklı GNSS Referans koordinat sistemlerinin parametrelerinin karşılaştırılması.....	13
Çizelge 2.3 PPP Hata kaynakları ve düzeltme modelleri .....	18
Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan IGS noktalarına ilişkin bilgiler. ....	32
Çizelge 4.2 PPP yönteminin uygulanırken kullanıldığı temel parametreler .....	34





## EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

Sayfa

EK A: Grafikler..... 45





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$\phi$ : Taşıyıcı faz ölçümü (santimetre cinsinden)

$N$ : Faz tam sayısı belirsizliği

$\rho$ : Geometrik mesafe

$\lambda$ : Sinyalin dalga boyu

$\Delta\rho$ : Düzeltme değeri

$\rho_r$ : Referans istasyonundan ölçülen pseudorange

$\rho_m$ : Mobil alıcıdan ölçülen pseudorange

$\rho$ : Gerçek geometrik mesafe.

$c$ : Işık hızı.

$dtr$ : Alıcı saat hatası.

$dts$ : Uydu saat hatası.

$dtrop$ : Troposferik gecikme.

$HDP_{r,IF}$ : Alıcıdaki ionosferden bağımsız kod gecikmesi.

$HDP_{s,IF}$ : Uydudaki ionosferden bağımsız kod gecikmesi.

$\epsilon_{p,IF}$ : Kod gözlemesindeki gürültü ve hatalar.

$\lambda_{IF}$ : İyonosferden bağımsız dalga boyu.

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

$N_{IF}^s$  : İyonosferden bağımsız faz belirsizliği.

$UHD_{IF,r}$  : Alıcıdaki ionosferden bağımsız faz gecikmesi.

$UHD_{IF,s}$  : Uydudaki ionosferden bağımsız faz gecikmesi.

$\epsilon_{\phi,IF}$  : Faz gözlemesindeki gürültü ve hatalar.

$x_s, y_s, z_s$  : Uydunun koordinatları

$x_r, y_r, z_r$  : Alıcının koordinatları

### KISALTMALAR

<b>BEIDOU</b>	: BeiDou Navigation Satellite System
<b>BKG</b>	: Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
<b>CODE</b>	: Center for Orbit Determination in Europe
<b>CGCS2000</b>	: China Geodetic Coordinate System 2000
<b>DGNSS</b>	: Diferansiyel GNSS
<b>DGPS</b>	: Diferansiyel GPS
<b>ECEF</b>	: Earth-centered, Earth-fixed (koordinatlar)
<b>EGSO</b>	: Jeosenkron yörünge
<b>GALİLEO</b>	: Europe's Global Navigation Satellite System
<b>GAMIT</b>	: GPS Analysis at MIT
<b>GEO</b>	: Jeostasyoner yörünge
<b>GLOBK</b>	: Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program
<b>GLONASS</b>	: Russian Global Navigation Satellite System (Rusya Küresel Konum Belirleme Sistemi)
<b>GNSS</b>	: Global Navigation Satellite Systems
<b>GPS</b>	: Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi)
<b>GTRF</b>	: Galileo Terrestrial Reference Frame
<b>HAS</b>	: High Accuracy Service
<b>IGS</b>	: International GNSS Service

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

<b>ISRO</b>	: Indian Space Research Organisation
<b>IRNSS</b>	: Indian Regional Navigational Satellite System
<b>ITRF</b>	: Uluslararası Yer Referans Çerçevesi
<b>ITRS</b>	: Uluslararası Yer Referans Sistemi
<b>MEO</b>	: Dünya yörüngesi
<b>NavIC</b>	: Navigation with Indian Constellation
<b>OS</b>	: Open Service
<b>PPK</b>	: Post-Processed Kinematic
<b>PPP</b>	: Precise Point Positioning ( Hassas Konum Belirleme)
<b>PPP-RTK</b>	: Precise Point Positioning- Real Time Kinematic
<b>PRS</b>	: Public Regulated Service
<b>PZ-90</b>	: GLONASS Koordinat Sistemi Datumu
<b>QZSS</b>	: Quasi-Zenith Satellite System
<b>RINEX</b>	: Receiver Independent Exchange Format
<b>RT-PPP</b>	: Real-Time Precise Point Positioning
<b>RTK</b>	: Real Time Kinematic
<b>SBAS</b>	: Satellite- Based Augmentation
<b>SoL</b>	: Safety of Life
<b>TUSAGA</b>	: Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyon Ağı
<b>TUSAGA-Aktif</b>	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif
<b>VMF</b>	: Vienna Mapping Function
<b>WGS-84</b>	: World Geodetic System 1984 (Dünya Jeodezik Sistemi 1984)



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Deprem, yer kabuğundaki kaya tabakalarının hızla salınan enerji ile tetiklenen ve sismik dalgaların meydana geldiği bir doğal bir olaydır (Kanamori & Brodsky, 2004). Bu sismik dalgaların sebep olduğu yer kabuğu sarsıntı genellikle insanlar tarafından algılanmaktadır. Bu sarsıntı yaşanan yerlerdeki kaya kütlelerin birbirine kayması ya da hareket etmesi sonucunda gerilme nedeniyle fay hatları oluşmaktadır (İşçi, 2008). Fay hatları, dünya yüzeyinde farklı kıtaların, denizlerin ve okyanusların altında yer alan tektonik plakaların sınırlarında bulunmaktadır. Türkiye'nin coğrafi konumu birçok fay hattının kesişim bölgesinde bulunmasından dolayı deprem kuşağında yer alması kaçınılmazdır. Jeolojik yapısı nedeniyle üç farklı fay hattı bulunmaktadır. Bunlar: Kuzey Anadolu Fay Hattı, Doğu Anadolu Fay Hattı ve Batı Anadolu Fay Hattıdır. Dünyanın en aktif deprem alanlarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Hattı Türkiye için oldukça önemlidir (Askan & Karimzadeh, 2019). Kuzey Anadolu Fay Hattı, Türkiye'nin kuzey kesiminde yer alan ve Batı Anadolu'dan Doğu Anadolu'ya kadar uzanan aktif bir tektonik faydır. Anadolu levhası ve Avrasya levhasının etkileşimi sonucu oluşmuştur (Askan & Karimzadeh, 2019). Çoğunlukla sağ yönlü yatay kayma hareketi gözlemlenmektedir. Marmara Bölgesi'nden Karadeniz Bölgesi'ne uzanan bu tektonik hareket, biriken gerilimin aralıklı olarak serbest bırakılmasıyla depremlere neden olmaktadır.

Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde meydana gelen deprem hareketleri belirli deformasyonlara neden olmaktadır. Bu deformasyonların belirlenmesi ve izlenmesi için geliştirilen tekniklerden biri de küresel konum belirleme sistemleri (Global Navigation Satellite System – GNSS) tekniğidir. GNSS, küresel konumlandırma için kullanılan bir sistemdir. GNSS tekniği, ölçümlerin konum bilgilerini mutlak veya bağıl yöntemlerini elde ederek sunmaktadır (Yiğit vd., 2016). Mutlak yöntemde tek bir noktadan gerçekleştirilen GNSS ölçmeleri yeterliyken, bağıl yöntemde noktalar arasında eş zamanlı ölçmeler gereklidir. Bağıl konum belirleme yöntemi uzun yıllardır yüksek hassasiyetle konum bilgileri üretmek için sıkça tercih edilmektedir (Yiğit vd., 2016).

GPS (Global Positioning System), dünya genelinde en yaygın kullanılan GNSS sistemidir. Bunun yanında GLONASS (GLOBAL Navigation Satellite System), Galileo (Europe's Global Navigation Satellite System), BeiDou (BeiDou Navigation Satellite System) gibi diğer sistemler de global ölçekte kullanılmaktadır (Öğütücü vd., 2023). GPS ve GLONASS, her ikisi de uydu tabanlı konumlandırma sistemleri olup benzer temel prensiplere dayanmaktadır. Triangülasyon ilkesini kullanarak üç boyutlu konumlandırma sağlamak ve zaman ile sinyal işleme yöntemlerini kullanmaktadır. Her iki sistemde de çoklu frekans desteği sunulmakta olup global kapsama sahiptir. Yüksek doğrulukta çalışmaktadır. Ancak, kullanılan frekans aralıkları farklılık göstermektedir (Koca & Ceylan, 2018). Bu ortak özellikler, GPS ve GLONASS'ın benzer uygulama alanlarında kullanılabilirliğini göstermekte ve birbirini tamamlayıcı nitelikte olduğunu göstermektedir. Böylece kullanıcılara daha güvenilir ve hassas konumlandırma sonuçları sunmaktadır. Galileo, Avrupa Birliği tarafından geliştirilen uydu sistemi olup hem sivil hem ticari yazılımlar için kullanılmıştır. BeiDou ise, Çin tarafından geliştirilen uydu sistemi bölgesel ve global kapsama sahiptir. Bu uydu sistemlerin tamamı, uydulardan yayılan radyo sinyallerini kullanmaktadır. Alıcı, bu sinyallerin geliş sürelerini ölçmekte ve trilaterasyon yöntemiyle konumu belirlemektedir. Uydu sistemlerinin doğruluk seviyesi, her bir sistemde farklılık göstermektedir. Genelde sivil uygulamalarda bir kaç metrelik hassasiyet sağlanırken askeri ve belirli özel uygulamalarda daha yüksek hassasiyet sağlamaktadır (Li vd., 2020).

Günümüzde, Hassas Konum Belirleme (PPP: Precise Point Positioning) tekniği oldukça yaygın bir şekilde kullanılan yöntem haline gelmiştir. Uydu yörünge sapmaları, zaman hataları, atmosferik gecikmeler ve diğer faktörlerden kaynaklanan hataları düzeltme amacıyla kullanılan bir GNSS mutlak konum belirleme yöntemi olan PPP tekniği, geniş çapta tercih edilmektedir (Şahin, 2019). Bir alıcının dünya üzerindeki konumu yüksek hassasiyetle belirlenir. Bu yöntem, milimetre seviyesinde hassasiyet sağlama, referans istasyonlarına bağımlılık ve dünya genelinde kullanılabilirdiği için avantajlı olmaktadır. İlk konum belirleme süreci zaman alabilmekte olup yüksek performanslı bir alıcı gerektirmektedir. Diğer konumlandırma yöntemlerine kıyasla pahalı olabilmektedir.

GNSS değerlendirme yazılımları, çeşitli amaçlarla kullanılan farklı kategorilere ayrılabilir: Ticari amaçlı yazılımlar (Trimble Business Cente, Leica Infinity, Topcon Magnet), bilimsel ve akademik yazılımlar (GAMIT/GLOBK, Bernese GNSS Software, GIPSY-OASIS), internet tabanlı yazılımlar (OPUS, CSRS-PPP, Trimble RTX), açık kaynaklı yazılımlar

(Net\_Diff, PRIDE, GAMP, goGPS) (Bahadur & Üstün, 2014). Çoğunlukla PPP tekniği kullanılan GNSS verilerini işlemek, analiz etmek ve doğruluğunu artırmak için kullanılan araçlardır. Bu yazılımlar, GNSS verilerini çeşitli formatlarda alabilmekte ve bu verilerden konum, hız yön ve diğer ilgili bilgileri elde edilebilmektedir. Örneğin Net\_Diff, GNSS verilerinin farklı formatlarda işlenmesini ve analiz edilmesini sağlayan açık kaynaklı yazılımlardan biridir. Net\_Diff, verilerinin doğruluğunu artırmak için diferansiyel düzeltmeler uygulamaktadır. Aynı zamanda Çoklu GNSS sistemleri (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) ile uyumludur (Karadeniz vd., 2021). Ayrıca Net\_Diff depremlerle ilgili çalışmalarda ve diğer GNSS verilerinin yüksek doğrulukta veri analizi yapmak için geliştirilmiştir. GNSS verilerinin diferansiyel olarak işlenmesini sağlayan bu yazılım, konum hatalarını minimize etmek için kullanılmaktadır.

Depremlerle ilgili yapılan çalışmalarda kullanılan PPP tekniği ve Net\_Diff yazılımı, yer hareketlerinin ve deformasyonlarının yüksek doğrulukla izlenmesinde önemli araçlardır. PPP, GNSS kullanılarak yüksek doğruluk ve düşük maliyet avantajları sunmaktadır. Özellikle geniş ölçekli deformasyonların izlenmesinde etkili olmaktadır. Büyük depremlerden sonra yer kabuğundaki ani değişimlerin ölçülmesinde PPP yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde ki çalışmalar incelendiğinde Tohoku depremi sonrasında Japonya'da yapılan çalışma, PPP'nin doğru ve hızlı veri sağlama kabiliyetini göstermiştir (Kouba, 2009). PPP yöntemi ile deprem öncesi ve sonrası yer deformasyonlarının analizi de erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesinde katkıda bulunduğu ortaya konulmuştur (Larson, 2009).

Xu ve arkadaşları (2019), 2018 Alaska depreminin etkilerini Net\_Diff yazılımı ile incelemiştir. Yapılan incelemede GNSS verilerinin diferansiyel işlenmesiyle depremin yer kabuğu üzerindeki etkilerini ayrıntılı bir şekilde ortaya koymuştur. Sonuç olarak Net\_Diff yazılımı hakkında deprem sonrası meydana gelen yer hareketlerini yüksek doğrulukla izlenmesinde etkili bir yazılım olduğunu ortaya koymuşlardır (Xu vd, 2019).

Zhang ve meslektaşları (2020), 2019 Ricgecrest, Kaliforniya depreminin yer deformasyon analizini PPP yöntemi kullanarak gerçekleştirmiş olup PPP'nin büyük ölçekli yer değiştirmeleri ve deformasyonları izlemek için etkili bir araç olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca yapılan çalışma sonucunda PPP'nin sağladığı yüksek doğruluk, depremlerin etkilerini detaylı bir şekilde değerlendirmede önemli bir yer aldığına karar vermişlerdir (Zhang vd, 2020).

Wang ve meslektaşları (2021), 2020 Ege Denizi depremi sonrası Türkiye ve Yunanistan'daki yer değişikliklerini Net\_Diff yazılımı kullanarak analiz etmişlerdir. GNSS verilerinin diferansiyel işlenmesi yoluyla depremin bölgesel etkilerinin detaylı bir şekilde araştırmasını sağlamıştır. Net\_Diff yazılımı için afet sonrası bölgesel yer deformasyonlarının izlenmesinde ve analiz edilmesinde önemli bir yazılım olduğuna dair bilgiler verilmiştir (Wang vd, 2021).

Karadeniz ve Bezciöđlu (2021), üç farklı IGS istasyonunun GPS ve Galileo gözlem verileriyle statik modda PPP ve PPP-AR teknikleri kullanılarak değerlendirmişlerdir. Çalışma da Galileo uydu sisteminin GPS gözlemleriyle entegre edilmesi, hem PPP hem de PPP-AR tekniklerinde konum doğruluğunu artırdığına dair bilgiler sunmuşlardır (Karadeniz & Bezciöđlu, 2021).

Uçarlı ve arkadaşları (2021), çalışmalarında farklı uydu sistemlerinin statik PPP doğruluğunu analiz edip, değişik ölçüm şartlarına sahip noktalardan elde edilen GNSS verileri, farklı senaryolar kullanılarak internet tabanlı GNSS PPP değerlendirme servisleri aracılığıyla değerlendirilmiştir ( Uçarlı vd, 2021).

Bu çalışmada, 17 Kasım Düzce Deprem merkezini baz alarak TUSAGA-Aktif istasyonlarının deprem öncesi ve sonrası Net\_Diff açık kaynaklı GNSS değerlendirme yazılımı ile değerlendirilip konumlarının belirlenmesi yapılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda değişim olup olmadığı konusunda araştırmalar yapılması hedeflenmiştir. Depremden etkilenme olasılığı yüksek olan sürekli gözlem yapan istasyonları kapsayan çalışma alanı 30°-33° doğu boylamları ile 40°-42° kuzey enlemleri arasında kalan bölge seçilmiştir. Konumdaki değişimi belirlemek için 6 IGS istasyonu (ANKR, ZECK, BUCU, MIKL, NICO, SOFI) ve 8 TUSAGA-Aktif istasyonu (BILE, BOL1, HEND, IZMT, KRSU, NAHA, SLEE, ZONG) değerlendirmeye alınmıştır. 20 güne ait (07.11.2021-27.11.2021) bir ağın dengelemesi yapılması için Net\_Diff yazılımı kullanılmıştır. GPS ve GLONASS uydu sistemi ölçüm verileri kullanılarak statik ölçüm modunda Net\_Diff yazılımı tarafından PPP yöntemine dayalı konum doğruluklarının, hassasiyetinin ve performanslarının tespiti yapılarak değerlendirilmiştir.

## BÖLÜM 2

### GNSS KÜRESEL KONUMLANDIRMA SİSTEMLERİ

#### 2.1 GNSS

GNSS, dünya çapında kullanılan uydu tabanlı navigasyon sistemlerini ifade etmektedir. Uydu sinyallerini kullanarak kullanıcıların kesin konumlarını belirlemelerine imkân tanımaktadır (Ren vd., 2016). GNSS sistemleri arasında GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou gibi çeşitli sistemler bulunmaktadır. QZSS ve IRNSS ise iki farklı bölgesel uydu navigasyon sistemidir (Şekil 2.1). Her iki sistem de GNSS gibi çalışmaktadır. Belirli bölgelerde yüksek doğruluk ve güvenilirlik sağlamak amacıyla geliştirilmiş uydu sistemleridir. GNSS sistemleri konum belirleme, navigasyon zaman senkronizasyonu ve coğrafi bilgi sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca askeri, sivil ve ticari alanlarda geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir.



Şekil 2. 1 Küresel navigasyon uydu sistemleri

Bir GNSS alıcısı, topladığı verilerle konum belirleyebilmektedir. Belirli hatalar düzeltilmemesi konusunda konum doğruluğu olumsuz yönde etkilenmektedir (Khomsin vd., 2019). Bu hatalar arasında sinyalin iyonosfer ve troposferden geçerken kırılması, uydu yörüngesi hataları, çoklu yol etkisi, döngü kayması, uydu saat hataları ve alıcı gürültüsü gibi faktörler yer almaktadır.

GNSS sistemleri, uydu sinyallerini alarak kullanıcıların dünya üzerindeki konumlarını belirlemektedir. Bunun için en az dört uyduya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sinyaller, zaman gecikmesi ve sinyal gücü gibi faktörlere dayalı olarak konum hesaplamasını sağlamaktadır (Cojocarü vd., 2009). GNSS sistemleri, seyahat navigasyonundan askeri operasyonlara, araç takibi ve coğrafi bilgi sistemleri gibi birden fazla uygulama alanında kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1'de, farklı GNSS sistemlerinin özellik ve kullanım alanlarını özetlemektedir. Bölgesel sistemler genellikle belirli bir bölgeye odaklanırken global sistemler ise, dünya çapında daha geniş kapsama alanı ve daha yüksek doğruluk sunmaktadır.

**Çizelge 2.1** GNSS sistemlerinin karşılaştırmalı gösterimi.

	<b>GPS</b>	<b>GLONASS</b>	<b>Galileo</b>	<b>BeiDou</b>	<b>QZSS</b>	<b>IRNSS</b>
Geliştirici	ABD	Rusya	Avrupa Birliği	Çin	Japonya	Hindistan
Kapsama Alanı	Global	Global	Global	Global	Japonya ve çevresi	Hindistan ve çevresi
Uydu Sayısı	24+	24+	30+	30+	4+(Sürekli artmaktadır)	7 (Planlanan 11 uydu)
Yörünge Tipi	Medium earth Orbit (MEO)	Medium earth Orbit (MEO)	Medium earth Orbit (MEO)	Geostationary ve MEO	Quasi-Zenith	Geostationary ve geosynchronous
Amaç	Genel konumlandırma ve navigasyon	Genel konumlandırma ve navigasyon	Yüksek ve doğruluk geniş hizmet	Genel konumlandırma ve navigasyon	GPS sinyallerini desteklemek ve sinyal kesintilerini azaltmak	Hindistan'da yüksek doğruluk sağlamak
Özellikler	Yaygın kullanım, yüksek doğruluk	Daha fazla uydu, yüksek doğruluk	Yüksek doğruluk, çeşitli hizmetler	Geniş kapsama, yüksek doğruluk	Yüksek bölgesel kapsama, sinyal kalitesi	Yüksek bölgesel doğruluk ve güvenilirlik

### 2.1.1 GPS

GPS, ABD tarafından geliştirilmiş ve işletilmekte olan dünya çapında kullanıcılara sunulan bir konumlandırma sistemidir. Bu konumlandırma sistemi eş zamanlılık, zaman sürekliliği, düşük işletme maliyetleri ve yüksek zaman çözünürlüğü gibi avantajlara sahiptir (Ren vd., 2016). Dünya üslerinin sürekli ve yüksek hassasiyetle izlenmesini sağlayan bu özellikler küresel alanda önemli konumlandırma ve izleme aracı olarak kullanılmaktadır.

Dünya üzerindeki herhangi bir noktanın konumunu belirlemek için GPS uyduları ve alıcıları, ECEF (Earth- Centered, Earth- Fixed) koordinat sistemi kullanmaktadır. Aynı zamanda uyduların konumları ve yörüngeleri de ECEF koordinat sistemi ile ifade edilmektedir.

GPS sistemi uydu segmenti, kontrol segmenti ve kullanıcı segmenti olmak üzere üç ana başlıkta incelenmektedir. Uydu segmenti dünya yörüngesinde bulunan en az 24 aktif uydu içermekte ve bu uydular, yaklaşık 20.200 kilometre yükseklikte, her biri 12 saatlik yörünge süresine sahip altı farklı yörünge düzleminde hareket etmektedir (Karaali & Yildirim, 1996). Uydular, sürekli olarak kendi zaman bilgilerini içeren ve konumlarını sinyallerle L1 ve L2 frekans bantlarında sinyalleri yayınlamaktadır.

Kontrol segmenti, GPS uydularını izleyen ve yönetiminden sorumlu ana kontrol istasyonu, yer kontrol istasyonları, yedek kontrol istasyonları, yer istasyonları gibi yer istasyonundan oluşmaktadır. Uydu yörüngelerini izleterek ve düzeltmeler yaparak uyduların doğru sinyaller göndermesini sağlamaktadır. Kullanıcı segmenti ise, tüm sivil ve askeri GPS alıcılarını içermektedir. Aynı zamanda GPS sinyallerini alan ve konum, hız ve zaman bilgilerini hesaplamaktadır (Karaali & Yildirim, 1996).

### **2.1.2 GLONASS**

GLONASS, Rusya Federasyonu tarafından geliştirilen ve işletilen GPS gibi uydu konumlandırma sistemidir (İçen, 2018). Dünya genelinde konum belirleme ve zaman senkronizasyonu gibi çeşitli uygulamalarda kullanılan bir sistemdir. 24 uyduyu kapsayan bir uydu ağına sahiptir. Yörünge düzeni, düşük yerçekimi etkisi nedeniyle GPS'ten farklılık gösteren bu sistem özellikle yüksek enlem derecelerinde çok iyi performans göstermektedir (Beutler & Rothacher, 1999).

Aynı GPS gibi çalışan GLONASS, uydu sinyallerinin alınması ve bu sinyallerin işlenmesi ile çalışmaktadır. GLONASS alıcısı, en az dört uydu sinyali almaktadır (Al-Tamar, 2016). Alıcı sinyallerin gönderilme zamanını ve alıcıya ulaşma zamanını hesaplayarak bu sinyallerin yayılması sırasında geçen süreyi belirlemektedir. Yayılma süresi ve ışık hızını kullanarak her bir uyduya olan mesafeyi hesaplamaktadır.

GLONASS, özellikle Rusya ve çevresinde bölgelerde yüksek doğrulukta konum belirleme sağlamaktadır. GPS gibi kullanıcıların daha güvenilir ve doğru konum bilgisi almayı sağlamak için diğer küresel navigasyon uydu sistemleriyle birlikte kullanılabilir.

### **2.1.3 Galileo**

Galileo, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından işletilen uydu konumlandırma sistemidir (İnal vd., 2023). Bu sistem sivil kullanıma odaklanarak diğer bölgesel ve küresel sistemlerden ayrılmaktadır. Galileo'nun önceliği, navigasyon ve konum belirleme alanında önemli bir rol üstlenmiştir (Bahadur & Nohutcu, 2019).

Galileo sistemi, 24 aktif ve 6 yedek uydu olmak üzere 30 uydudan oluşmaktadır. Galileo, çeşitli kullanıcı gruplarına yönelik Açık hizmet (OS: Open Service), Yüksek Doğruluk Hizmeti (HAS: High Accuracy Service), Kamu Düzenlenmiş Hizmet (PRS: Public Regulated Service), Can Güvenliği Hizmeti (SoL: Safety of Life) (Gündoğan, 2023) gibi hizmetler sunmaktadır. Herkese açık ve ücretsiz olan bu hizmetler, yüksek doğrulukta konumlandırma ve zamanlama bilgileri sağlamaktadır. GPS ile birlikte çalışarak konum belirlemede doğruluk ve güvenilirliği artırmaktadır. Tamamen sivil bir sistem olan Galileo, askeri müdahalelerden bağımsız ve Avrupa'nın stratejik bağımsızlığını desteklemektedir. Aynı zamanda çift frekanslı sinyal kullanımı, iyonosferik gecikmelerin düzeltilmesini sağlamaktadır.

### **2.1.4 BeiDou**

BeiDou, Çin tarafından geliştirilen küresel uydu navigasyon sistemidir. Daha çok askeri ve sivil kullanıma hitap eden bu sistem, dünya çapında yer belirleme, zaman senkronizasyonu ve haberleşme gibi hizmet sağlamaktadır (Li vd., 2015).

BeiDou, 27'si orta dünya yörüngesinde (MEO), 5'i jeostasyonel yörünge de (GEO) ve 3'ü eğimli jeosenkron yörüngede (IGSO) olmak üzere toplamda 35 uyduya sahiptir (Gündoğan, 2023). Bu çeşitlilik ise dünyanın her bölgesinde kesintisiz ve güvenilir sinyal alımını mümkün kılmaktadır.

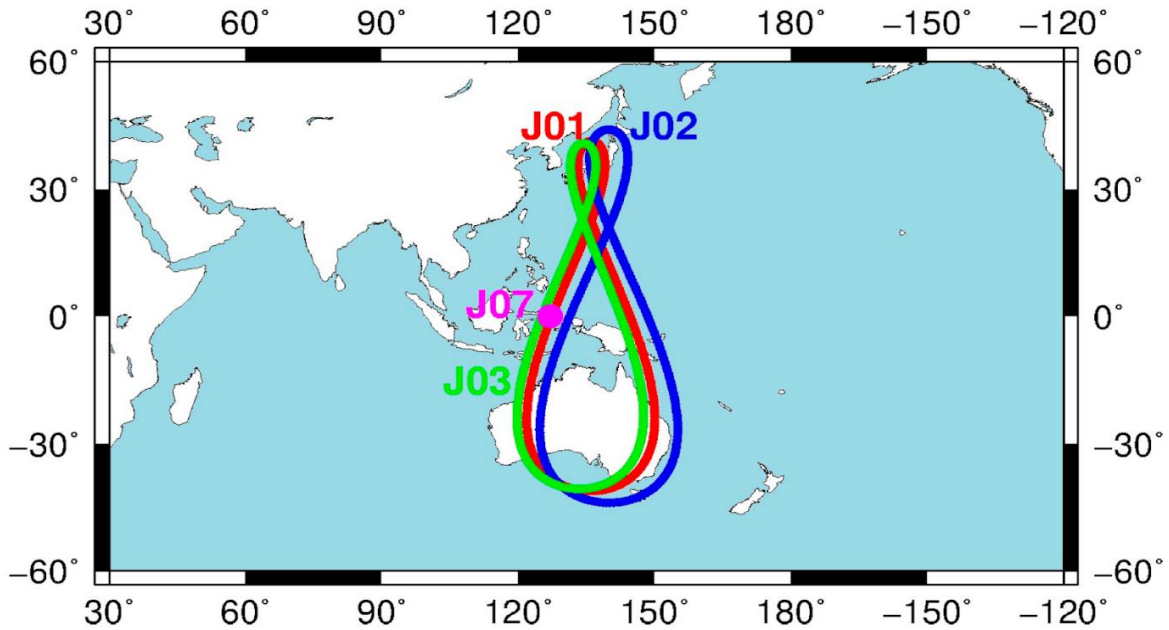
BeiDou stratejik ve ekonomik açıdan önemli bir bağımsızlık sağlamaktadır. Çin'in küresel navigasyon pazarında güçlü bir konuma sahip olmasına da katkıda bulunmaktadır.

BeiDou'nun küresel navigasyon sistemleri arasında rekabet gücünü artırmakta en önemli nedeni ise bu sistemin sürekli geliştirilmesi ve yeni teknolojilerin entegre edilmesidir. BeiDou'nun başarısı, Çin'in teknoloji alanındaki yetkinliğini ve bağımsızlık hedeflerini desteklemektedir.

### 2.1.5 QZSS

QZSS, Japonya tarafından geliştirilen bölgesel uydu konumlandırma sistemlerinden biridir (Al-Tamar, 2016). GPS uydu sistemine benzer şekilde çalışan QZSS uydu konumları ve yörüngeleri Japonya'nın yakınında bulunan ülkeleri de kapsayacak şekilde bölgesel olarak kullanılmaktadır. QZSS uydu sisteminin ilk uydusu olan Michibiki, merkezi Japonya ve Avustralya üzerindeki Ekvator'da sekiz şeklinde bir yörüngeye sahiptir. Bu yörünge yapısı sayesinde, uydu sinyalleri yalnızca Japonya'da değil, aynı zamanda Güney Kore, Avustralya ve güneydoğu Asya ülkelerinde de alınabilmektedir (Pırtı vd., 2022).

Bölgede sıkça yaşanan deprem ve tsunami gibi doğal afetlerine önlem amaçlı Quasi-Zenith uyduları aracılığıyla temin edilmesi hedeflenmiştir. Bölgedeki doğal tehlikeler hakkında zamanında bilgi sağlamak amacıyla üç uydu uzaya fırlatılacaktır (Pırtı vd., 2022). Bu ek uydular, Asya-Okyanusya bölgesindeki dağılımı Şekil-2.2'deki gibidir.



Şekil 2.2 QZSS uydularının Asya Okyanusya bölgesindeki dağılımı (Xie vd., 2019).

### **2.1.6 IRNSS (NavIC)**

Hindistan'ın kendi bölgesel navigasyon sistemi olan IRNSS, Hindistan ve çevresindeki bölgede yüksek doğrulukta konum belirleme ve zaman bilgisi sağlamak için tasarlanmıştır (Al-Tamar, 2016). 2016 yılında yedinci ve son uydu olan IRNSS-1G uydusunun fırlatılması ile sistemin adı NavIC (Navigation with Indian Constellation) olarak değiştirilmiştir (Pırtı vd., 2023).

NavIC (Navigation with Indian Constellation), Hindistan tarafından geliştirilen bölgesel bir uydu navigasyon sistemidir. Hindistan ve komşu bölgelerde bağımsız, yüksek doğruluklu konumlandırma ve zamanlama hizmetleri sağlamayı hedefleyen bu sistemi Hindistan Uzay Araştırma Organizasyonu (ISRO) tarafından işletmektedir.

Yörüngede bulunan yedi uydu ile kullanıcılara hizmet veren sistem Hindistan'ın havaalanları, limanlar, karayolları ve diğer altyapı projeleri gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

## **2.2 GNSS' DE KULLANILAN REFERANS KOORDİNAT SİSTEMLERİ**

GNSS, dünya genelinde konum, hız ve zaman bilgisi sağlamak amacıyla kullanılan uydu tabanlı sistemlerdir. Bu sistemlerin doğruluğunu ve tutarlılığını sağlamak için GNSS referans koordinat sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Dünya üzerindeki konumların belirlenmesi için kullanılan koordinat sistemleri GNSS referans koordinat sistemleridir (URL-6).

Referans koordinat sistemi, fiziksel ve matematiksel prensipleri belirleyen teorik bir çerçeve olarak tanımlanmaktadır. GNSS için yaygın olarak kullanılan referans sistemi, ITRS (Uluslararası Yer Referans Sistemi) olarak bilinmektedir. ITRS, Dünya'nın merkezine göre tanımlanan bir koordinat sistemini içermektedir. Dünya'nın dönüşü ile ilgili dönme eksenlerini ve referans noktalarını kapsamaktadır (Altamimi, Collilieux ve Métivier, 2011).

Referans koordinat sistemi, belirli bir referans sistemine dayalı olarak belirlenen ve gerçek dünya koordinatlarını içeren veri setidir. ITRF (Uluslararası Yer Referans Çerçevesi), zaman içinde Dünya üzerindeki noktaların hareketlerini de dikkate alarak bir yapı sergilemektedir (Rebischung vd., 2016).

ITRS, yeryüzündeki koordinatları belirlemek için matematiksel ve teorik bir çerçeve sağlamaktadır. Dünyanın merkezine göre sabit bir koordinat sistemi sunmakta fakat ITRF, ITRS'nin gerçek dünya verileriyle somutlaştırılmış uygulama versiyonudur. Sürekli olarak güncellenen ve uluslararası ölçüm ağları tarafından desteklenen bu çerçeve, yeryüzündeki noktaların yüksek doğrulukla belirlenmesini sağlamaktadır. ITRS teorik bir sistem sağlarken ITRF bu sistemin pratik ve uygulamalı bir referans çerçevesi olmaktadır.

Farklı GNSS sistemleri, kendi referans çerçevelerine sahiptir. Bu çerçeveler genellikle ITRF ile uyumlu olacak şekilde ayarlanmıştır. Örneğin, GPS için WGS84 (World Geodetic System 1984), GLONASS için PZ-90 (Parametry Zemli 1990), Galileo için GTRF (Galileo Terrestrial Reference Frame) ve BeiDou için CGCS2000 (China Geodetic Coordinate System 2000) kullanılmaktadır (URL-5).

GNSS referans koordinat sistemleri arasında uyumluluk ve dönüşümler sağlamak amacıyla çeşitli matematiksel modeller ve dönüşüm parametreleri kullanılmaktadır. WGS84 ile ITRF arasında küçük farklılıklar olabilmektedir. Bu farklılıklar sürekli olarak izlenmekte ve güncellenmektedir (Legrand ve Boucher, 1998).

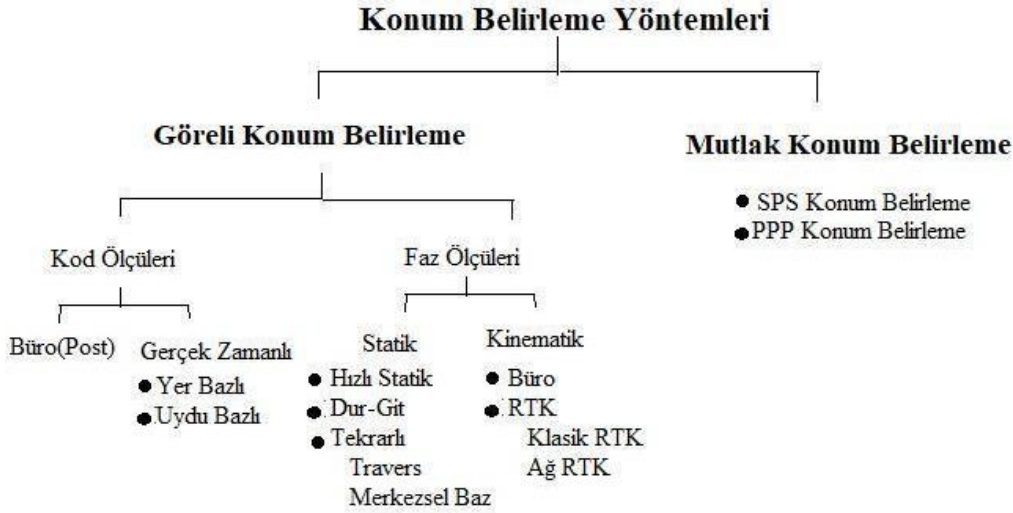
Bir çok alanda kullanılan bu sistemlerin doğruluğu, hassas konum belirleme, zaman senkronizasyonu ve yer hareketlerinin izlenmesi gibi kritik uygulamalarda büyük önem taşımaktadır (Dow, Neilan ve Rizos, 2009). GNSS referans koordinat sistemleri, küresel konum belirleme ve navigasyon sistemlerinin ana taşlarından biridir. Dünya üzerindeki konumların yüksek doğrulukta belirlenmesini sağlamaktadır (Rothacher, 2002). Çeşitli GNSS referans koordinat sistemlerinin parametrelerinin karşılaştırılması, bu sistemlerin doğruluk, kapsama ve kullanım özellikleri arasındaki farklılıkları analiz etmek için gereklidir (Çizelge 2.2).

**Çizelge 2.2** Farklı GNSS Referans koordinat sistemlerinin parametrelerinin karşılaştırılması (Subirana, 2011).

Elipsoid		GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou
Yarı ana eksen (m)	a	6378137,000	6378136,000	6378137,000	6378137,000
Yarı küçük eksen (m)	b	6356752,314	6356751,362	6356752,314	6356752,314
Düzleştirme faktörü	f	1/298.257223563	1/298.257839303	1/298.257222101	1/298.257222101
Dünyanın açısal hızı (rad/s)	$\omega_E$	$7292115 \cdot 10^{-11}$	$7292115 \cdot 10^{-11}$	$7292115 \cdot 10^{-11}$	$7292115 \cdot 10^{-11}$
Yerçekimi sabiti ( $m^3/s^2$ )	$\mu$	$3986004,418 \cdot 10^8$	$3986004,400 \cdot 10^8$	$3986004,418 \cdot 10^8$	$3986004,418 \cdot 10^8$
Işığın boşluktaki hızı (m/s)	c	$2,99792458 \cdot 10^8$	$2,99792458 \cdot 10^8$	$2,99792458 \cdot 10^8$	$2,99792458 \cdot 10^8$

### 2.3. KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

GNSS konum belirleme yöntemleri, görelî ve mutlak konum belirleme olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir (Şekil 2.3) (Ayso & Kahveci, 2022). Görelî konum belirleme, iki ya da daha fazla alıcı arasındaki konum farkını belirlemek için kullanılmaktadır. Yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir. Görelî konum belirleme yönteminde sabit ve kesin konumu bilinen referans istasyonu ile hareket eden veya belirli bir noktada bulunan gezici alıcı arasında veri alışverişi yapılmasını içermektedir. Referans istasyonundan elde edilen sinyaller, gezici alıcı tarafından alınan sinyallerle karşılaştırılıp hataların giderilmesini ve yüksek doğrulukta konum belirlenmesini sağlamaktadır.



Şekil 2.3 Konum Belirleme Yöntemleri (Ayso & Kahveci, 2022).

Mutlak konum belirleme ise, herhangi bir referans istasyonuna ihtiyaç duymadan bir alıcının dünya üzerindeki kesin konumunu belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Alıcı doğrudan uydulardan gelen sinyalleri kullanarak konumunu belirlemektedir. Genellikle standart GPS alıcılarıyla sağlanan bu yöntem de atmosferik gecikmeler, yörünge hataları ve uydu saat hataları gibi faktörler, mutlak konum belirleme hassasiyetini etkileyebilmektedir. Mutlak konum belirlemenin doğruluğunu artırmak için uydu tabanlı düzeltmeler sağlayan Satellite-Based Augmentation (SBAS) kullanılmaktadır. Bu sistemler atmosferik ve yörünge hatalarını düzelterek genellikle metrelik doğruluk sağlamaktadır.

Kısaca görelî konum belirleme, yüksek hassasiyetli uygulamalar için referans istasyonu ve gezici alıcı arasında veri alışverişi yapılmasını gerektirmektedir. Mutlak konum belirleme, tek bir alıcının dünya üzerindeki kesin konumunu belirlemekte ve SBAS ile PPP gibi yöntemlerle doğruluğunu artırmaktadır. Her iki yöntemde farklı uygulama ve gereksinimlere göre tercih edilmekte olup GNSS teknolojilerinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır.

### 2.3.1 Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK/ Real-Time Kinematic)

GNSS verilerinden yüksek doğrulukta konum bilgisi elde etmek için kullanılan tekniktir. Bir baz istasyonu ve bir veya birden fazla rover alıcıdan oluşan bir sistemi kullanmaktadır. RTK

genellikle klasik ve ağ bazlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Klasik RTK tekniğinde, kullanıcılar bazı kısıtlamalarla karşılaşmaktadır. Sabit ve hareketli alıcılar arasındaki mesafe arttıkça, klasik yaklaşımın doğruluğu önemli ölçüde azalmaktadır. Bu kısıtlamaları ortadan kaldırmak için ağ bazlı teknik geliştirilmiştir. Ağ bazlı RTK yönteminde GNSS sinyalleri ağa bağlı olan baz istasyonları tarafından işlenip düzenlenmektedir. Bu düzeltme verileri ağ üzerinden rover alıcılara iletilmekte ve rover alıcılar bu verileri kullanarak konumları hassas bir şekilde belirlenmektedir (Öğütçü, 2014). Büyük ölçekli arazi ölçümleri ve uzun mesafe uygulamaları için bu yöntem uygun olmaktadır.

### **Real-Time Kinematic (RTK) Eşitliği:**

RTK (Real-Time Kinematic) sistemi, taşıyıcı faz ölçümlerini kullanarak yüksek doğrulukta konum belirleme sağlamaktadır. Bu sistemin temel prensibi, taşıyıcı faz ölçümünün ( $\phi$ ) yanı sıra, faz tam sayısı belirsizliğini (N) ve sinyalin dalga boyunu ( $\lambda$ ) dikkate alarak geometrik mesafeyi ( $\rho$ ) belirlemektir.

$$\phi : N + \frac{\rho}{\lambda} \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1), faz ölçümlerinden yararlanarak yüksek doğruluk elde edilmesini imkan sağlamaktadır. RTK sistemi, referans istasyonu ile mobil alıcı arasındaki faz farkını anlık olarak hesaplamakta ve düzeltmeleri gerçekleştirmektedir. Sinyaldeki hata kaynakları minimize edilerek, konum belirleme doğruluğu artırılmaktadır (Hofmann-Wellenhof, Lichtenegger, & Wasle, 2008, s. 234).

### **2.3.2 Post-Processed Kinematic (PPK)**

GNSS verileri topladıktan sonra ofis ortamında işleyerek yüksek doğrulukta konum belirleme sağlayan tekniktir. GNSS verileri sahada toplanmakta ve daha sonra post-processing (sonradan işleme) adımıyla düzeltilmektedir. Düzeltilmiş veriler kullanılarak konum belirleme işlemi gerçekleştirilmektedir (Pırtı, 2021).

PPK yöntemi genellikle RTK gibi gerçek zamanlı konum belirleme yöntemlerine alternatif olarak kullanılmaktadır. RTK'dan farklı olarak, PPK'da veriler sahada işlenmez bunun yerine ofis ortamında daha detaylı işleme süreci gerçekleştirilmektedir. PPK genellikle yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir (Pırtı, 2021).

### 2.3.3 Diferansiyel GPS (DGPS)

GPS alıcılarının konum doğruluğunu artırmak için kullanılan yöntemlerden biridir. GPS alıcısının ölçümlerini düzeltmek için sabit referans istasyonundan gelen düzeltme verilerini kullanmaktadır. Bu işlem, GPS alıcısının konum belirleme doğruluğu önemli ölçüde artırmaktadır (Şengün, 2002). DGPS, denizcilik, havacılık ve arazi ölçümleri gibi yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Kısaca DGPS, referans istasyonlarından alınan düzeltme verilerini kullanarak konum doğruluğunu artırmaktadır.

$$\Delta\rho = \rho_r - \rho_m \quad (2.2)$$

DGPS sisteminde, düzeltme değeri ( $\Delta\rho$ ), referans istasyonundan ölçülen pseudorange ( $\rho_r$ ) ile mobil alıcıdan ölçülen pseudorange ( $\rho_m$ ) arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik (2.2), referans istasyonunun bilinen konumundan elde edilen mesafe ile mobil alıcının ölçtüğü mesafe arasındaki farkı hesaplamaktadır. Elde edilen bu fark, mobil alıcının konumunu düzeltmek için kullanılmaktadır. Mobil alıcının konum doğruluğunu belirgin şekilde artıran Referans istasyonunun hassas konum bilgisidir. (Parkinson & Spilker, 1996, s. 423).

### 2.3.4 Hassas Konum Belirleme (PPP: Precise Point Positioning)

Yüksek hassasiyetli konum belirleme tekniği olan PPP, GNSS sistemleri kullanarak alıcının mekansal konumunu belirlemek için kullanılmaktadır (Uçarlı vd., 2021). PPP, alıcıya gönderilen uydu sinyallerinin alınması ve bu sinyallerin işlenmesi yoluyla gerçekleşmektedir. İşleyiş adımları aşağıdaki gibidir (URL-6).

1. Uydu Sinyallerinin Alınması: PPP en az dört uydu sinyali almak zorundadır. Alıcı tarafından yakalanan bu sinyaller işlenmektedir.
2. Zaman ve Sinyal işleme: Uydu sinyalleri alıcının konumunu belirlemek için sinyal gecikmesi, zaman gibi faktörleri dikkate alarak işlenmektedir.
3. Atmosferik etkilerin düzeltilmesi: Atmosferdeki gazlar, PPP'nin doğruluğunu etkileyebilmektedir. Etkileri düzeltmek için ise modeller ve veri kullanılmaktadır.

4. Diferansiyel düzeltmeler: Referans istasyonlarından gelen bilgileri kullanarak konum belirleme doğruluğunu artırmaktadır. PPP, genellikle diferansiyel düzeltmelerle desteklenmektedir.
5. Konum Belirleme: Elde edilen veriler ve yapılan düzeltmelerle, alıcının hassas konumu çoğunlukla milimetre seviyesinde belirlenmektedir.

PPP'nin ana özellikleri ise yüksek hassasiyetli, tek alıcı kullanarak konum belirleme, uzun süreli gözlemler ve genellikle karmaşık matematiksel işlemler gerektirdiği için yüksek işlem gücüne ihtiyaç duymaktadır. Bu işlemler, atmosferik etkileri düzeltme, yörünge tahminleri ve diğer hataları gidermeyi içermektedir (Arikan & Abbak, 2019).

PPP tekniği, tek bir GNSS alıcısı kullanılarak mutlak konum doğruluğunu elde eden bir tekniktir (Erdoğan vd., 2019). Bu yöntemin matematiksel modeli, gözlemler ve gözlemlerin zaman, mekan ve diğer değişkenlere bağlı doğruluğunu modellemektedir. Atmosferik düzeltmeler, çok yol etkileri ve diğer hatalar hesaba katılarak yapılan düzeltmeler, matematiksel olarak çeşitli denklemlerle belirtilmektedir. Matematiksel optimizasyon yöntemleri, PPP'de belirsizlikleri minimize etmeye yönelik kullanılmakta ve genellikle lineer ve stokastik programlama, istatistiksel analiz gibi yöntemleri içermektedir. PPP'nin hata kaynakları arasında atmosferik etkiler, çok yol yansımaları ve saat eş zamanlılık hataları bulunmaktadır. Matematiksel model içinde bu hatalar modellenmektedir (Smith, vd., 2020). Çizelge 2.3'te belirtilen hatalar ve düzeltme modelleri, PPP yönteminin konum belirleme sürecinde dikkate alınan önemli faktörlerdendir. Geniş bir veri ve modelleme alt yapısı olarak yüksek doğruluk seviyelerine ulaşmayı amaçlamaktadır.

**Çizelge 2.3** PPP Hata kaynakları ve düzeltme modelleri (Rizos vd., 2012).

Hata Kaynağı	Açıklama ve Düzenleme Modeli
Atmosferik Etkiler	<ul style="list-style-type: none"><li>• İyonosferik düzeltmeler: GNSS sinyallerinin atmosferik iyonosfer tabakasından geçerken oluşturduğu gecikmeleri düzenlemektedir.</li><li>• Troposferik düzeltmeler: GNSS sinyallerinin troposfer tabakasından geçerken oluşturduğu gecikmeleri düzenlemektedir.</li></ul>
Çok Yol Yansımaları	<ul style="list-style-type: none"><li>• Çok yol etki modelleri: GNSS sinyallerinin çoklu yansımalarının neden olduğu hataları azaltmaktadır.</li></ul>
Saat ve Zaman Eş zamanlılık Hataları	<ul style="list-style-type: none"><li>• Saat eş zamanlılık düzeltmeleri: GNSS alıcısının kendisinden kaynaklanan hataları düzelten modeldir.</li><li>• Zaman eş zamanlılık düzeltmeleri: Gözlemlerin kaydedilme zamanındaki sapmaları düzeltmektedir.</li></ul>
Alıcı Kaynaklı Hatalar	<ul style="list-style-type: none"><li>• Alıcı donanımı hataları: GNSS alıcısının kendisinden kaynaklanan hataları düzelten modeldir.</li><li>• Çok yol yansımaları ve sinyal işleme hataları gibi alıcı kaynaklı düzeltmelerdir.</li></ul>
Jeofizik Modeller	<ul style="list-style-type: none"><li>• Yerçekimi etkileri: yerçekimi varyasyonlarından kaynaklanan konumsal değişiklikleri düzelten modeldir.</li><li>• Deniz seviyesi varyasyonları: Deniz seviyesindeki değişimlerin neden olduğu etkileri hesaplayan modeldir.</li></ul>

GNSS verilerini analiz etmek ve doğruluğunu artırmak için çeşitli yöntemler sunan bu teknikler uygulamanın gereksinimlerine bağlı olarak biri ya da birkaçı kullanılabilir.

Hassas konum belirleme sistemlerinin matematiksel ve stokastik modelleri, bu sistemlerin yüksek doğruluklu konum verilerini sağlamak için kullanılan temel yapıları ifade etmektedir. GNSS sinyallerinin geçiş yollarını ve sistemlerin konumlandırma hesaplamalarını matematiksel denklemlerle tanımlamaktadır.

Stokastik model ise, ölçüm verilerindeki belirsizlikleri ve rastgele hataları ele almaktadır. Ölçüm hatalarının ve rastgele hataların istatistiksel dağılımlarını belirleyen hata modelleri

genellikle normal dağılım gibi istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu matematiksel ve stokastik modeller, hassas konum belirleme sistemlerinin doğruluğunu artırmak ve sistem performansını optimize etmektedir (Misra & Enge, 2006).

Kouba ve Héroux'un geliştirdiği Precise Point Positioning (PPP) yöntemi, kod ve faz gözlemlerini iyonosferden bağımsız (ionosphere-free, IF) kombinasyonlarla ele almaktadır (Erbaş & Bali, 2023). Bu matematiksel model, konum belirlemede yüksek doğruluk sağlamak amacıyla IGS tarafından sağlanan hassas uydu yörünge ve saat bilgilerini kullanarak entegre edilmektedir. PPP'nin matematiksel modeli, kod ve faz gözlemlerini kullanarak yüksek doğrulukta konum belirlemeyi amaçlamaktadır. PPP'nin iyonosferden bağımsız kombinasyonlar kullanılarak oluşturulan temel matematiksel modeli, kod ve faz gözlemlerinin birleşimini kullanarak yüksek doğrulukta konum belirlemeyi amaçlamaktadır.

$$P_{IF,r}^s = \rho + c \cdot (dtr - dts) + dtrop + HDP_{r,IF} - HDP_{s,IF} + \epsilon_{p,IF} \quad (2.3)$$

$$\phi_{IF,r}^s = \rho + c \cdot (dtr - dts) + dtrop + \lambda_{IF} \cdot (N_{IF}^s + UHD_{IF,r} - UHD_{IF,s} + \epsilon_{\phi,IF}) \quad (2.4)$$

Kod gözlemi için PPP (2.3) ve (2.4) eşitliği, gerçek geometrik mesafe ( $\rho$ ), alıcı saat hatası ( $dtr$ ), uydu saat hatası ( $dts$ ), troposferik gecikme ( $dtrop$ ), alıcıdaki iyonosferden bağımsız kod gecikmesi ( $HDP_{r,IF}$ ), uydudaki iyonosferden bağımsız kod gecikmesi ( $HDP_{s,IF}$ ), ve kod gözlemindeki gürültü ve hataları ( $\epsilon_{p,IF}$ ) içermektedir. Faz gözlemi için PPP eşitliği ise, aynı temel parametreler ile birlikte iyonosferden bağımsız dalga boyu ( $\lambda_{IF}$ ), faz belirsizliği ( $N_{IF}^s$ ), alıcıdaki faz gecikmesi ( $UHD_{IF,r}$ ), uydudaki faz gecikmesi ( $UHD_{IF,s}$ ) ve faz gözlemindeki gürültü ve hatalar ( $\epsilon_{\phi,IF}$ ) gibi terimleri içermektedir.

Konum belirleme doğruluğunu artırmak için hem faz hem de kod gözlemleri bir arada kullanılmaktadır. İyonosferik etkilerin ortadan kaldırılması, modelin hassasiyetini ve güvenilirliğini artırmaktadır. Yüksek doğruluk gerektiren jeodezi çalışmaları, deprem izleme ve diğer bilimsel araştırmalar gibi alanlarda bu model yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Geometrik mesafe eşitliği, bir uydu ile bir alıcı arasındaki gerçek mesafeyi ölçmek için kullanılmaktadır.

$$\rho = \sqrt{(x_s - x_r)^2 + (y_s - y_r)^2 + (z_s - z_r)^2} \quad (2.5)$$

Eşitlik (2.5)'te,  $x_s, y_s$  ve  $z_s$  uydunun koordinatlarını,  $x_r, y_r$  ve  $z_r$  ise alıcının koordinatlarını ifade etmektedir. Bu denklem, uzayda iki nokta arasındaki doğrusal mesafeyi hesaplamak için kullanılmaktadır. GNSS alıcıları, farklı uydulardan alınan sinyalleri kullanarak kendi konumlarını üç boyutlu olarak belirlemektedir. GNSS sistemlerinin yüksek doğrulukta konum belirleme yeteneklerinin temelini oluşturmaktadır (Misra & Enge, 2010, s. 89).

Bu çalışmada, GPS ve GLONASS uydularının ölçümlerinden faydalanarak hassas konum belirleme çözümü yapılmaktadır. Uyduların sinyallerinden elde edilen verilerin entegrasyonunu ve işlenmesini içeren bu yöntem yüksek doğrulukta konum belirleme sağlamaktadır.

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Test Alanı

17 Kasım 2021 tarihinde yerel saati ile 15:40'ta, KRDAE (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) kayıtlarına göre Yayakbaşı-Düzce (40.8363 K- 31.0225 D) merkez üssünde, aletsel büyüklüğü 5.2 olan bir deprem gerçekleşmiştir (Şekil 3.1) (URL-2). Aynı gün yerel saatle 15:57'de 4.3, 21:35'te ise 3.9 büyüklüğünde olmak üzere iki artçı sarsıntı kayıtlara geçmiştir (Utkucu vd., 2021).



Şekil 3.1 KRDAE verilerine göre 17 Kasım 2021 Yayakbaşı-Düzce (Ml=5.2) depreminin lokasyon haritası (URL-2).

17 Kasım 2021 tarihinde meydana gelen deprem merkezi Yayakbaşı-Düzce'yi çevreleyecek şekilde TUSAGA-Aktif istasyonları seçilmiştir. TUSAGA-Aktif istasyonlarının koordinatlarını belirlemek için TUSAGA-Aktif ve IGS noktalarından oluşan jeodezik ağ

oluşturulmuştur. Bu ağa ait GPS/GLONASS gözlemleri, çoklu-istasyon (multi-station) PPP yöntemi kullanılarak açık kaynaklı yazılımlardan biri olan Net\_Diff yazılımı ile değerlendirilmiştir.

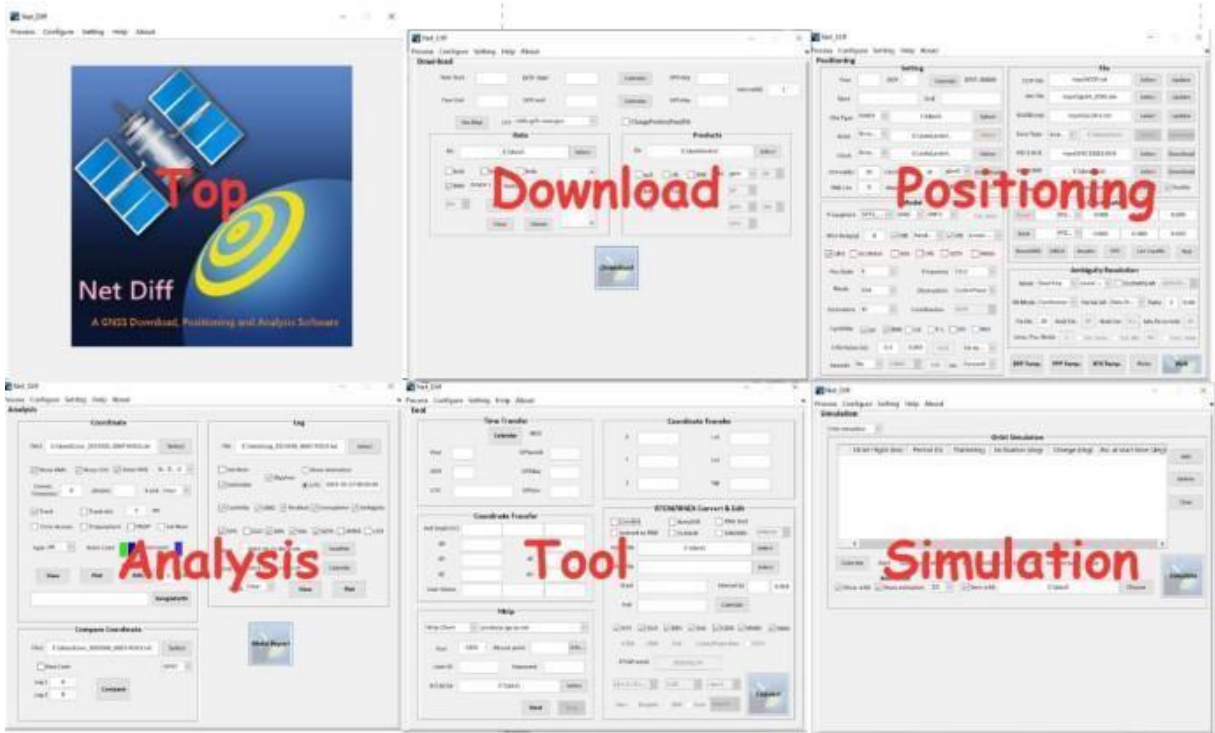
### 3.2. Net\_Diff Yazılımı

Net\_Diff, GNSS gözlem verilerinin işlenmesi ve analizi için tasarlanmış açık kaynaklı bir yazılımdır (Jurin vd., 2021). GNSS verilerini işleyerek kullanıcıların PPP, PPP-AR, RTK, PPP-RTK gibi çeşitli konum belirleme yöntemlerini kullanılabilmesine olanak sağlayan yazılım, Dr. Yize Zhang tarafından geliştirilmiştir (Karadeniz vd., 2021). Bu yazılım, genellikle coğrafi bilgi sistemleri, jeodezi, harita yapımı ve mühendislik gibi alanlarda çalışma yapan kullanıcılar tarafından tercih edilmektedir. Karmaşık GNSS verilerini verimli bir şekilde ele alabilmekte ve kullanıcıların bu verileri kullanarak kesin sonuçlar elde etmelerine olanak sağlamaktadır. Net\_Diff, veri işleme süreçlerinde güçlü matematiksel ve istatistiksel algoritmaları çalıştırmak için arka planda MATLAB yazılımı kullanmakta olup yazılımın işleme süreçlerinde güvenilirlik ve doğruluk sağlamaktadır. Modern ve anlaşılır bir kullanıcı ara yüzüne sahip olan Net\_Diff'in kullanımını kolaylaştırmaktadır. Kullanıcılar yazılımı hızla öğrenip etkili bir şekilde kullanabilmektedir. Hatanaka ve RINEX gibi yaygın GNSS veri formatlarını işleyebilmektedir. Kullanıcıların farklı kaynaklardan gelen verileri sorunsuz bir şekilde işlemesine olanak sağlamaktadır. Aynı zamanda büyük veri setlerini hızlı ve etkili bir şekilde işleyebilme yeteneği ile kullanıcılara zaman kazandırmaktadır.

Net\_Diff yazılımının yeni bir yazılım olması diğer yazılımlar arasında dezavantajlı duruma düşmesine sebebiyet vermektedir. Yeni bir yazılım olduğu için üzerinde yapılan çalışma sayısı azlığından kullanıcılar için yeterli destek ve kaynak sağlanamamaktadır. Bu da sorun giderme ve öğrenme süreçlerini zorlaştırabilmektedir.

Konum belirleme ve analiz süreçlerinde Net\_Diff yazılımı, çeşitli uydu sistemlerinden gelen verileri kullanarak çalışmaktadır. GPS, GLONASS, Galileo, BeuDoi global uydu konumlama sistemleri ve QZSS ve IRNSS gibi bölgesel uydu konumlama sistemlerinden sağlanan veriler, Net\_Diff tarafından işlenmekte ve analiz edilmektedir. Bu farklı uydu sistemlerinin entegrasyonu, konum doğruluğunu artırırken aynı zamanda sinyal kesintisi riskini azaltmakta ve genel güvenilirliği sağlamaktadır.

Global ve bölgesel uydu konumlandırma sistem verilerini kullanarak koordinat hesaplamaları yapan Net\_Diff yazılımı, hassas konum belirleme ve hareket analizi de yapmaktadır. Daha sağlam konum belirleme sağlamak için herhangi bir tek sistemde oluşabilecek hataları telafi ederek farklı sistemlerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu çoklu uydu sistemlerinin kullanımı, deprem gibi hassas olayların izlenmesinde ve olayın etkileri daha doğru, ayrıntılı bir şekilde analiz etmesini kolaylaştırmaktadır. Açık kaynaklı yazılımlardan biri olan Net\_Diff URL-4 adresinden indirilmiştir (Şekil 3.3).

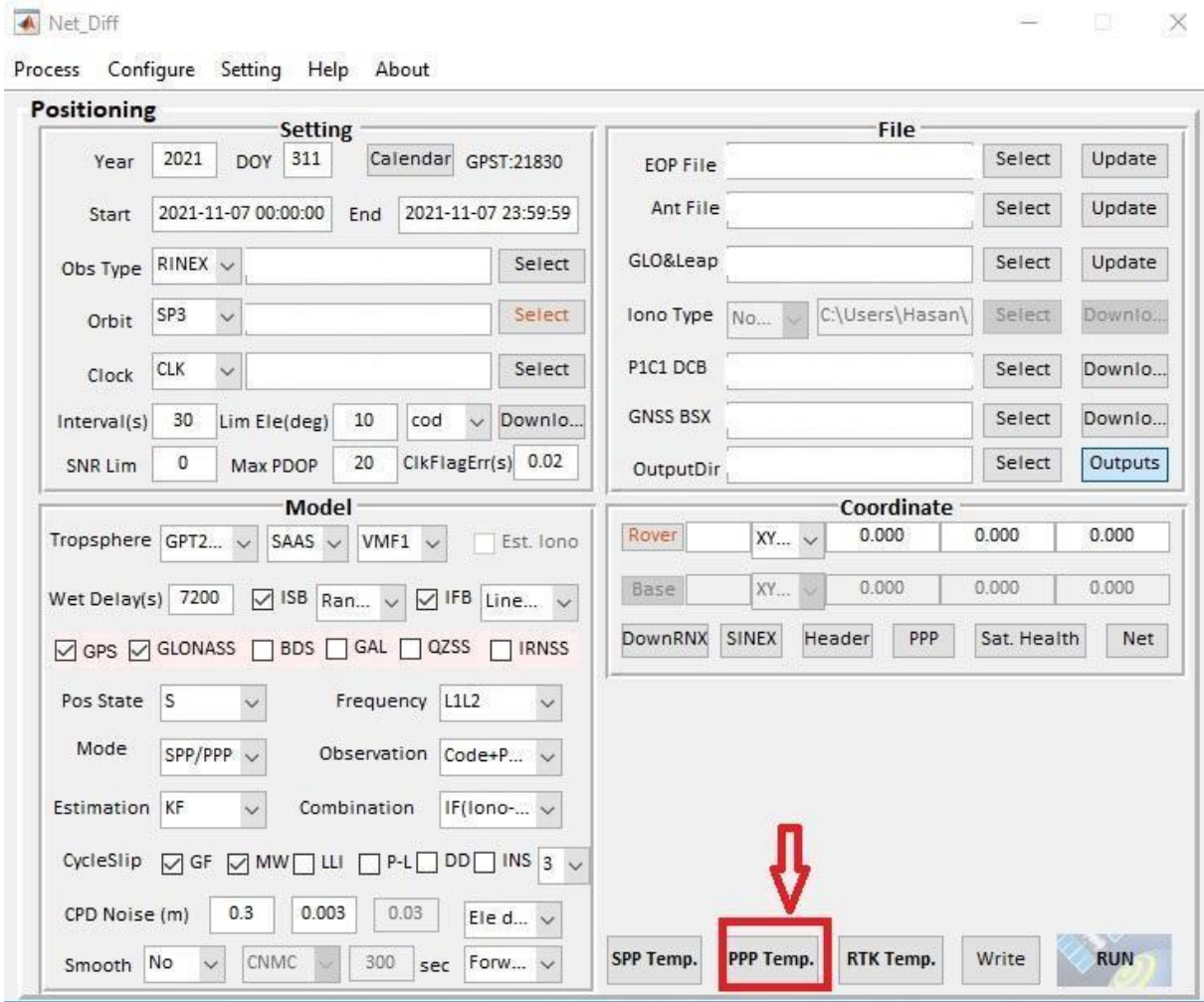


Şekil 3.2 Net\_Diff Ana Ekran Görüntüsü ve Bölümleri (Yize, 2022).

Net\_Diff yazılımında PPP Temp. şablonu, PPP bağlantıları sırasında oluşan geçici verilerin ve dosyaların yönetimini üstlenmektedir (Yize, 2022). Geçici dosya yönetimi, bağlantı izleme, hata tespiti ve yönetimi, veri analizi ve raporlama PPP Temp.'in işlevleri arasında bulunmaktadır. PPP bağlantıları sırasında oluşturulan geçici dosyaların izlenmesi, saklanması ve gerektiğinde temizlenmesini geçici dosya yönetimi içermektedir (Yize, 2022). PPP bağlantılarının gerçek zamanlı olarak izlenmesini ve performans değerlendirilmesi bağlantı izleme işlevi sunmaktadır. Bağlantı durumu veri iletim hızları ve bağlantı kalitesi gibi parametreleri sürekli olarak bu izleme işlemi değerlendirilmektedir. Hata tespiti ve yönetimi, bağlantılar sırasında oluşabilecek hataların hızlı bir şekilde tespit edilmesini ve çözüm önerilerinin

sunulmasını sağlamaktadır. PPP bağlantılarının performans verilerini inceleyerek iyileştirme önerilerini ise veri analizi geliştirmektedir. Raporlama işlevi, PPP bağlantıları ile ilgili performans ve geçici veri raporları oluşturarak ağ yöneticilerine sunarak bağlantıların genel durumu hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır (Yize, 2022).

Net\_Diff yazılımında Positioning bölümü ağdaki cihazların konumlarını belirleme ve izleme işlevlerini yerine getirmektedir (Yize, 2022). Aynı zamanda ağ yöneticilerine ayrıntılı bir görünüm sunarak ağın fiziksel ve mantıksal topolojisini görselleştirip cihazların yerlerini belirlemektedir. Kısaca Positioning, cihaz konumlandırma, ağdaki her cihazın fiziksel veya mantıksal konumu belirlemektedir (Yize, 2022). Ağ performansı izleme, cihazların performansını ve bağlantı durumlarını sürekli olarak izlemekte ve ağ haritasını çıkarmaktadır. Ağ topolojisinin görselleştirilmesi ve cihazların birbirleriyle olan bağlantılarını göstermesini ise harita işlevi sağlamaktadır (Yize, 2022). Dolayısıyla ağ yöneticileri ağ yapısını daha net bir şekilde göstermektedir. Net\_Diff yazılımının PPP Temp. şablonu genellikle yüksek hassasiyetli konumlandırma ve zamanlama gereksinimlerine yanıt vermek için kullanılmaktadır. Kısaca PPP Temp., yüksek hassasiyetli konum verilerini toplayan ve analiz eden, zamanlama ve senkronizasyon sağlayarak ağdaki tüm cihazların uyumlu çalışmasını mümkün kılmaktadır.



Şekil 3.3 Net\_Diff Arayüzü.

Setting paneli, işlenen verinin yıl ve gününü (DOY) göstermektedir. DOY biliniyorsa seçilerek otomatik olarak başlangıç ve bitiş zamanı gösterilmektedir. Eğer DOY bilinmiyorsa “Calendar” bölümünden açılan takvimden tarih seçilmektedir (Yize, 2022).

Varsayılan gözlem dosya türü olan RINEX verisi seçilmektedir. 30 sn’lik RINEX veri girişi yapılmaktadır (Şekil 4.4). Yörünge türü SP3, Yayın, Yayın+APC ve Yayın+CoM gibi bileşenleri içermektedir. SP3 türü, yörünge uydusunun SP3 formatında olduğunu belirtmektedir (Yize, 2022).

Saat türü için CLK türü, saatin \*.clk formatındaki bir dosyadan geldiğini ifade etmektedir. Bu çalışmada, hassas uydu yörünge ve saat düzeltmeleri için CODE (Center For Orbit Determination in Europe) ürünleri indirilmiştir (URL-1). Ayrıca okyanusa kıyısı olan

bölgelerdeki yer değişimlerden kaynaklanan hataların önlenmesi için FES2004 okyanus gelgit modelinden elde edilen parametreler çözümlerde dikkate alınmıştır (URL-8).

Year		DOY	Calendar
2021	311	GPST:21830	
Start	2021-11-07 00:00:00	End	2021-11-07 23:59:59
Obs Type	RINEX		Select
Orbit	SP3		Select
Clock	CLK		Select
Interval(s)	30	Lim Ele(deg)	10
		cod	Downlo...
SNR Lim	0	Max PDOP	20
		ClkFlagErr(s)	0.02

Şekil 3.4 Net\_Diff Yazılımı Setting Paneli.

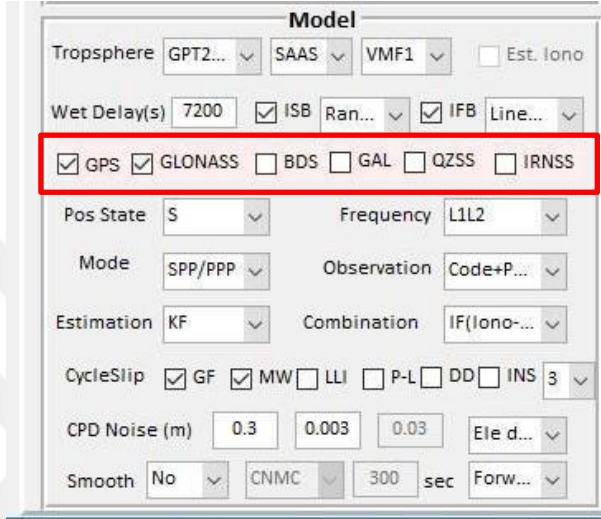
File paneli, PPP konumlandırma işlemleriyle ilgili veri dosyalarını yönetme ve işleme işlevi görmektedir. PPP Temp. işlemleri için gerekli olan GNSS veri dosyaları, kalibrasyon verileri veya önceki analiz sonuçlarının yazılma yüklenmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte bu verilerin dışarı aktarılmasına da olanak tanımaktadır. Farklı formatta kaydetmek isteyen kullanıcılar kolaylıkla kaydedebilmektedir.

Veri değerlendirmek için gerekli olan EOP File, Ant File gibi diğer parametreler IGS tarafından sağlanmaktadır (URL-7). Bernese yazılımından indirilen CODE verileri P1C1 DCB, BSX(.bia) ürünlerin girişi yapılmaktadır (Şekil 4.5). OutputDir seçeneğinde ise çıktı dosyaların kaydedileceği yeri göstermektedir.

File				
EOP File	C:\Program Files\Net_Diff\...	Select	Update	
Ant File	C:\Program Files\Net_Diff\...	Select	Update	
GLO&Leap	C:\Program Files\Net_Diff\...	Select	Update	
Iono Type	No...	C:\Users\Hasan\...	Select	Downlo...
P1C1 DCB	C:\Program Files\Net_Diff\...	Select	Downlo...	
GNSS BSX	C:\Users\Hasan\Desktop\...	Select	Downlo...	
OutputDir	C:\Users\Hasan\Desktop\...	Select	Outputs	

Şekil 3.5 Net\_Diff Yazılımı File Paneli.

Net\_Diff yazılımının PPP Temp. şablonundaki Model paneli, konumlandırma işlemlerinde kullanılan matematiksel ve istatistiksel modellerin seçimi, ayarlanması ve optimizasyonu ile ilgili görevleri yerine getirmektedir (Şekil 4.6). Bu bölümde konumlandırma için kullanılacak belirli model ve algoritmalar seçilmektedir. Bu modellerin çalışması için gerekli parametreler ayarlanmaktadır. Model, iyonosferik ve troposferik gecikmeler gibi çevresel faktörlerin etkilerini minimize etmek gerekli hata düzeltmelerini sağlamaktadır.



Şekil 3.6 Net\_Diff yazılımı Model Paneli

Model paneli, Net\_Diff yazılımının içindeki ayarların ana bileşeni olan işleme modunu ve diğer bazı modelleri yapılandırılmaktadır (Yize, 2022). Varsayılan troposfer modeli GPT2\_5w+SAAS+VMF1 olmakla birlikte; meteorolojik parametrelerin GPT2\_5w modelinden türetildiğini ve ZHD (Zenith Hidrostatik Gecikmesi), ZWD'nin (Zenith Islak Gecikmesi) Saastamonien modelinden hesaplandığı anlamına gelmektedir. Saastamoinen modellemesi, atmosferdeki hidrostatik (kuru) gecikmeyi hesaplamak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Bu model, barometrik basınç ve sıcaklık gibi meteorolojik verileri temel alarak ZHD (Zenith Hydrostatic Delay) hesaplamalarını gerçekleştirmektedir. Saastamoinen'in yöntemi, atmosferdeki kuru bileşenlerin etkilerini dikkate alarak GNSS sinyallerindeki gecikmeleri düzeltmek için yaygın biçimde uygulanmaktadır (Kahveci & Kirtil, 2022). VMF (Vienna Mapping Function) ise, GNSS sinyallerindeki atmosferik gecikmeleri modellemek için geliştirilmiş bir haritalama fonksiyonudur. VMF, özellikle Zenith Islak Gecikme (ZWD) hesaplamalarında kullanılmakta ve atmosferdeki su buharı içeriğinin etkilerini göz önünde bulundurmaktadır (Boehm vd., 2006).

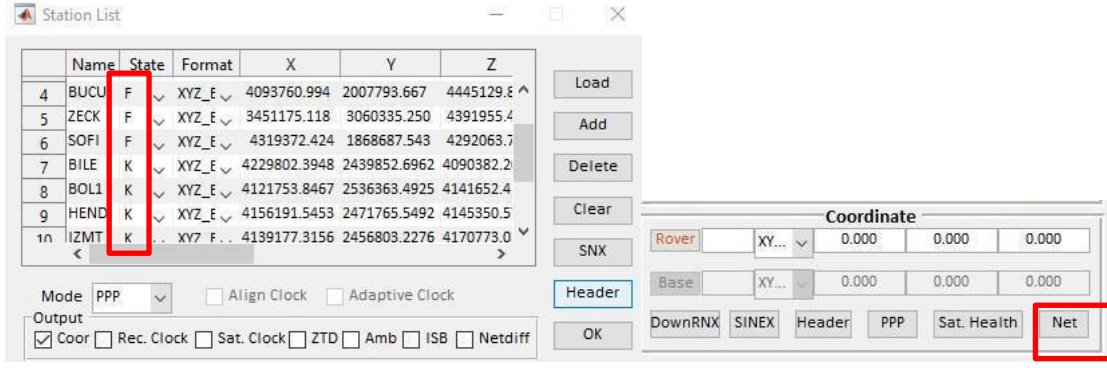
Varsayılan GNSS sistemi GPS sistemi olup, diğer sistemleri de birlikte seçip işleme alabilmekte ve Pos State seçeneği, gezici istasyonunun konumunu tanımlamaktadır (Yize, 2022). Araştırmada hedeflenen uydular GPS/GLONASS seçilerek birlikte değerlendirmeye alınmıştır (Şekil 4.6).

- F: istasyon koordinatının sabit olduğu ve tahmin edilemediği,
- S: koordinatların statik modda tahmin edildiği,
- K: koordinatın 100 m yürüme gürültüsüyle kinematik modda tahmin edildiği anlamlarına gelmektedir (Yize, 2022).

Konumlandırma seçeneğinde Hassas Konumlandırma tekniğini kullanıldığı için “Mode: PPP” seçilmiştir.

Coordinate paneli, konumlandırma işlemlerinde kullanılan koordinat verilerini yönetmekte ve işlemekte önemli rol oynamaktadır. Kullanıcıların bu bölümde konumlandırma işlemleri için gerekli koordinat bilgilerini girmelerini ve düzenlemelerini sağlamaktadır. Farklı koordinat sistemleri ve referans çerçeveleri arasında dönüşümler yaparak verilerin çeşitli GNSS sistemleri veya uluslararası standartlara uygun hale getirilmesini de kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda koordinat hesaplamaları, iyonosferik ve troposferik etkiler gibi çevresel faktörlerin düzeltilmesi için gerekli matematiksel işlemleri gerçekleştirmektedir. Kullanıcıların koordinatları harita üzerinde veya grafiksel olarak görüntülerini sağlayarak konum verilerinin daha iyi anlaşılmasını ve analiz edilmesini de kolaylaştırmaktadır. Koordinat analizi, ağı ve konumlandırma sisteminin performansını değerlendirmek için gerekli araçları sunmaktadır. Net\_Diff yazılımını PPP Temp. şablonunda konumlandırma verilerini bu işlevler, daha etkili biçimde yönetmelerine ve analiz etmelerine olanak sağlamaktadır.

Coordinate panelinden IGS ve TUSAGA-Aktif istasyonların bilgileri girilmiştir. IGS istasyonlarına ait koordinat bilgileri bilinen koordinat olarak seçilerek ‘F’ ifadesi, TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait etkilenen koordinat olarak seçilerek ‘K’ ifadesi verilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 3.7 Net\_Diff Yazılımı Coordinate Paneli.

RUN düğmesi, konumlandırma işlemlerini başlatmak ve yönetmek için kullanılmaktadır (Yize, 2022). Kullanıcıların PPP Temp. konumlandırma işlemlerini başlatmasını sağlamaktadır. Gerekli tüm parametrelerin ayarlanmasından sonra işlem başlatılmaktadır. İşlem sırasında GNSS verilerinin analiz edilmesi, düzeltmelerin uygulaması ve koordinat hesaplamalarının yapılması gibi veri işleme adımları gerçekleşmektedir (Yize, 2022). Run kısmı aynı zamanda işlemler sırasında oluşabilecek hataları tespit edip sorunların çözümü için kullanıcıya öneriler sunmaktadır. Bu sayede Net\_Diff yazılımının PPP Temp. şablonunda kullanıcıların konumlandırma işlemlerini etkin ve doğru bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır (Yize, 2022). Panellerdeki gerekli veri girişleri tamamlandıktan sonra PPP Temp. şablonu çalıştırılmaktadır.



## BÖLÜM 4

### UYGULAMA

Bu çalışmada, PPP yönteminin konum duyarlılıkları ve tekrar edilebilirliklerini test edebilmek için hem GPS hem de GLONASS gözlemleri yapabilen GNSS alıcılarının bulunduğu 6 IGS istasyonu (ANKR, ZECK, BUCU, MIKL, NICO, SOFI) ve 8 TUSAGA-Aktif istasyonu (BILE, BOL1, HEND, IZMT, KRSU, NAHA, SLEE, ZONG) seçilmiştir. Seçilen istasyonlara ait 20 günü kapsayan (7-27 Kasım 2021) veri seti indirilmiştir. PPP tekniğine göre açık kaynaklı yazılım olan Net\_Diff'de statik olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

TUSAGA-Aktif istasyonlarının koordinatlarını hesaplamak için IGS noktaları referans alınmıştır (Şekil 4.1, Çizelge 4.1). İndirilen veriler Hatanaka formatundan RINEX formatına dönüştürülmüştür. Değerlendirme için Net\_Diff yazılımında ağ çözümü yapılmıştır. Her istasyonun 20 günlük veri setlerinin grafikleri ayrı ayrı depreme ait bilgileri incelenmiştir. Deprem merkezine yakın istasyon seçilip bu istasyona ait 16 Kasım 2021, 17 Kasım 2021 (deprem günü) ve 18 Kasım 2021 tarihlerini kapsayan veri setleri incelenmiş ve sinyal tespit edilmiştir.

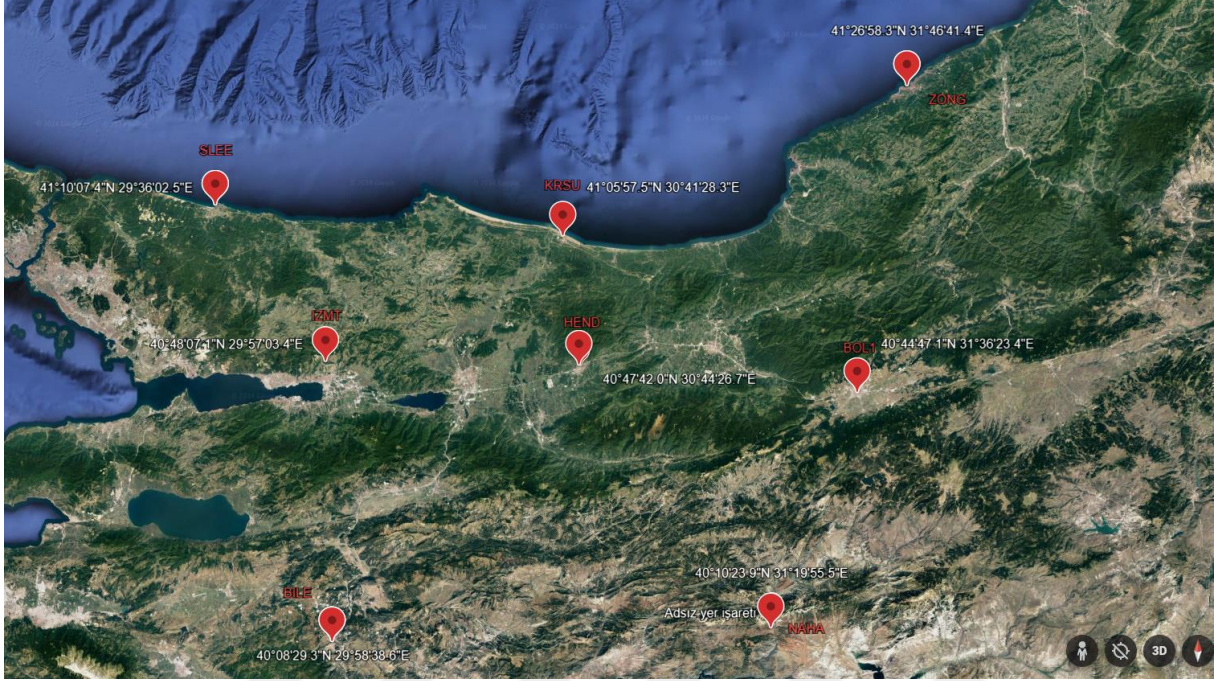


Şekil 4.1 IGS İstasyonları.

Çizelge 4.1 Uygulamada kullanılan IGS noktalarına ilişkin bilgiler.

IGS Noktaları	Bulunduğu Ülke	Uydu Sistemi	X	Y	Z
ANKR	Türkiye	GPS/GLONAS S	412934.360	265189.812	4069034.911
ZECK	Rusya	GPS/GLONAS S	3451175.118	3060335.250	4391955.482
BUCU	Romanya	GPS/GLONAS S	4093760.994	2007793.667	4445129.862
MIKL	Ukrayna	GPS/GLONAS S	3698554.628	2308675.267	4639770.434
NICO	Kıbrıs	GPS/GLONAS S	4359417.880	2874117.010	3640778.270
SOFI	Bulgaristan	GPS/GLONAS S	4319372.424	1868687.543	4292063.708

TUSAGA-Aktif internet sayfası üzerinden elde edilen verilere göre, Düzce ili çevresindeki 8 TUSAGA Aktif istasyonunun 20 günlük (17.11.2021-27.11.2021) gözlem verileri indirilmiştir (Şekil 4.2) (URL-3).



Şekil 4.2 TUSAGA-Aktif istasyonları.

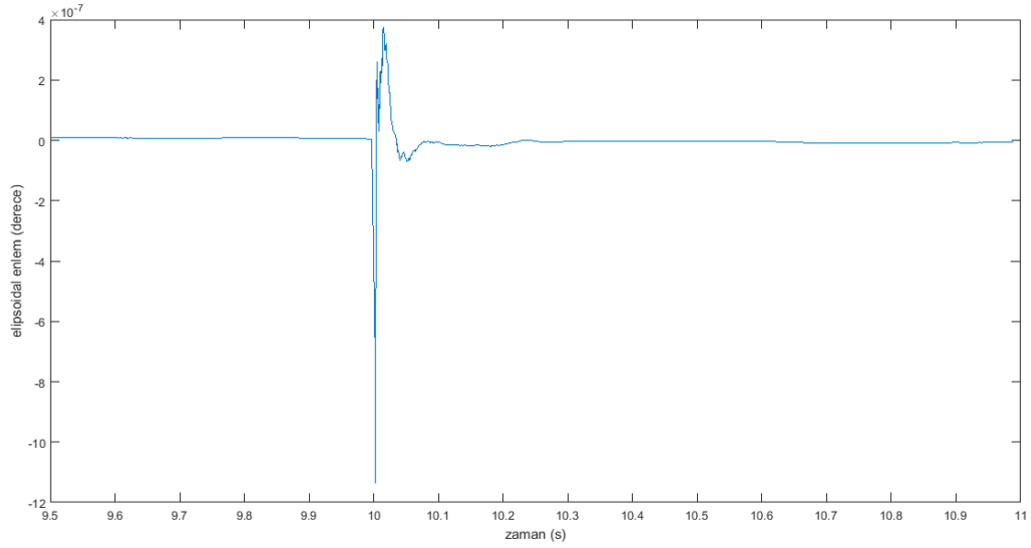
PPP yönteminin konum duyarlılıkları ve tekrar edilebilirliğini test etmek amacıyla, hem GPS hem de GLONASS gözlemlerini destekleyen GNSS alıcılarına sahip 6 IGS istasyonu (ANKR, ZECK, BUCU, MIKL, NICO, SOFI) ve 8 TUSAGA-Aktif istasyonu (BILE, BOL1, HEND, IZMT, KARSU, NAHA, SLEE,ZONG) seçilmiştir.

**Çizelge 4.2** PPP yönteminin uygulanırken kullanıldığı temel parametreler (Erbaş & Bali, 2023).

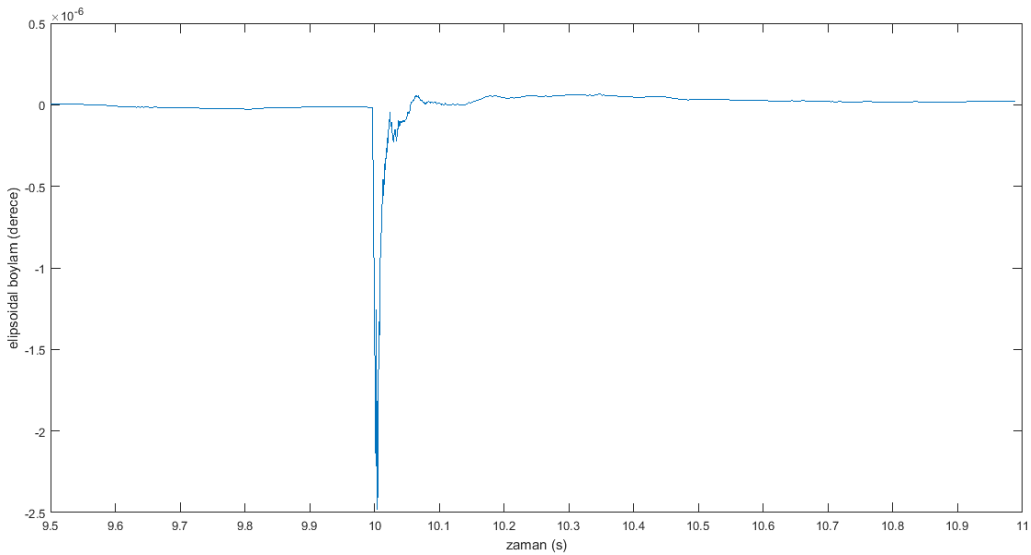
Parametreler	Net_Diff
Yükseklik Açısı	10°
Uydu Sistemi	GPS+GLO
Gözlemler	Code+ Phase
Gözlem Süresi	24 saat
Örnekleme Aralığı	30 saniye
Ölçüm Modu	Statik
Anten faz merkezi düzeltmesi	igs14.atx
Troposferik model	GPT2_5w+SAAS+VMF1
Gözlemlerin stokastik modeli	Ele depend
Yöntem	PPP
Process Modu	Statik
Faz sıçrama methodu	GF+MW
Parametre Dengeleme Yöntemi	Kalman Filter (KF)
Islak zenit gecikmesi	7200 saniye

Net\_Diff yazılımı üzerinden TUSAGA-Aktif istasyonlarını ve bu istasyonları çevreleyen IGS noktalarından oluşan ağın çözümü PPP yöntemi kullanılarak yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 30 saniye aralıklarla 20 güne ait koordinat verileri ile depremin gerçekleştiği bölgede sürekli gözlem yapan sekiz TUSAGA-Aktif istasyonun ortalama günlük X,Y,Z bileşenleri tespit edilmiştir. Böylece meydana gelen değişiklikler Microsoft Excel programı kullanılarak grafiğe dökülerek incelenmiştir. İncelenen grafiklerde konum değişikliğine ait bilgi göstermediği ve depremle ilgili bulgulara rastlanmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Deprem merkezine yakın istasyon olan HEND istasyonu seçilmiş olup 16 Kasım 2021, 17 Kasım 2021 (deprem günü) ve 18 Kasım 2021 tarihlerine ait veri setleri üzerinde lineer trendi giderme işlemi yapılarak verilerden ortalama değerleri çıkarılan açı değerleri (enlem,boylam) uzunluğa çevrilip grafiğe dönüştürülmüştür. HEND istasyonunun deprem öncesi verilerine dair bir sinyal tespit edilmiş olup paralel daire doğrultusunda  $\pm 1,5$  cm (Şekil 4.3), meridyen doğrultusunda  $\pm 2$  cm (Şekil 4.4) ve yükseklikte  $\pm 25$  cm'lik (Şekil 4.5)

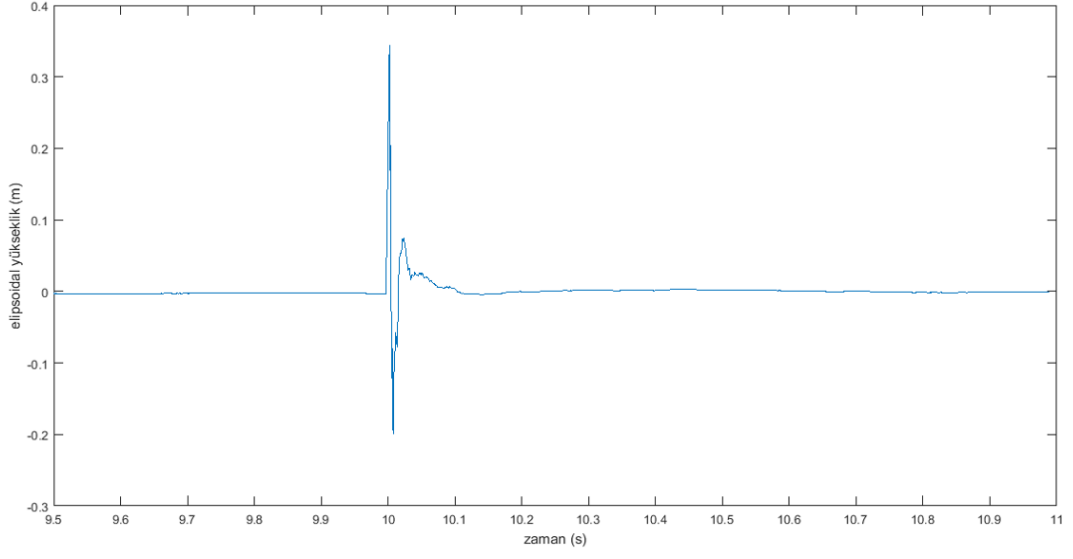
genliklerde bir hareket olduğu belirlenmiştir. HEND istasyonunda depremden sonra veri bulunmadığı ancak depremden önce 17 Kasım 2021 tarihinde saat 00:00'da 2 saat 30 dakika süren bir hareketin olduğu gözlenmiştir.



**Şekil 4.3** Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonunun 17 Kasım 2021 tarihine ait elipsoidal enlem grafiği.



**Şekil 4.4** Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonunun 17 Kasım 2021 tarihine ait elipsoidal boylam grafiği.



**Şekil 4.5** Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonunun 17 Kasım 2021 tarihine ait elipsoidal yükseklik grafiği.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma mevcut literatürün bulgularını genişleterek 17 Kasım 2021 Düzce Depreminde meydana gelen deformasyonları detaylı bir şekilde incelemeyi ve analiz etmeyi amaçlamıştır. Bu amaç doğrultusunda TUSAGA-Aktif istasyonlarını çevreleyecek şekilde IGS istasyonları seçilerek jeodezik ağ çözümlenmesine karar verilmiştir. Bu çözümleme için GPS ve GLONASS uydu sistemleri verileri kullanılmış olup açık kaynaklı yazılımlardan biri olan Net\_Diff yazılımı seçilmiştir. 7 Kasım 2021- 27 Kasım 2021 tarihlerini aralığında meydana gelen deformasyonların incelenmesi için PPP tekniği kullanılmıştır. Net\_Diff yazılımı aracılığıyla PPP tekniği ile TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait konum verileri hesaplanmış grafiğe çevrilmiştir. Ek-A bölümünde her istasyona ait kartezyen ve elipsoidal grafikleri verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde depreme ait bilgiler içermediğini herhangi bir bulguya rastlanmadığı görülmüştür. Oluşan veri noksanlıklarından dolayı 30 saniye aralıklarla incelenen grafikler 1'er saat aralığına düşürülerek tekrar incelendiğinde HEND istasyonuna ait bilgiye ulaşılmıştır. Deprem merkezine yakın olan aynı zamanda hareket gözlemlenen HEND istasyonu detaylı incelenerek lineer trendi giderme yapılmıştır. HEND istasyonuna ait 16 Kasım 2021, 17 Kasım (deprem günü) ve 18 Kasım 2021 olmak üzere 3 güne ait bilgiler incelendiğinde 17 Kasım 2021 tarihinde saat 00.00'da elipsoidal koordinat düzlemlerinde yaklaşık 2 saat 30 dakika süren bir sinyal tespit edilmiştir. Bu sinyallere ait bilgiler; paralel daire doğrultusunda  $\pm 1,5$  cm, meridyen doğrultusunda  $\pm 2$  cm ve yükseklikte  $\pm 25$  cm'lik genliklerde bir hareket olduğu şeklindedir.

Deprem saatine ait sinyal bulunmadığı ve PPP tekniğinin duyarlılığını, tekrar edilebilirliğini test edebilmek için farklı bilimsel yazılımlar (GAMIT/GLOBK, Bernese GNSS Software, RTKLIB, GIPSY-OASIS) kullanılarak detaylı bir şekilde incelenmesi önerilmektedir. GNSS verileri üzerindeki etkileri daha kesin bir şekilde belirlemek için verilerdeki kaba hatalar ve noksanlıklar etkili bir şekilde ele alınmalıdır. Böylelikle depreme ait konum değişiklikleri elde edilebilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Al-Tamar K A F** (2016) *Jeodezik Amaçlı GNSS Göreli Konum Belirleme Yöntemlerinde Doğruluk Araştırması, Yüksek Lisans Tezi*, Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Aksaray, 57
- Altamimi Z, Collilieux X and Métivier L** (2011) ITRF2008: An improved solution of the International Terrestrial Reference Frame. *Journal of Geodesy*, 85(8), 457-473.
- Askan A and Karimzadeh S** (2019) A Simulated Strong Ground Motion Database for Potential Earthquake Scenarios on North Anatolian Fault Zone. *Turkish Journal of Earthquake Research*, 1(1), 76-97.
- Arikan D and Abbak R A** (2019) Elipsoidal Yükseklik Değişiminin Hassas Nokta Konuklamaya Etkisi. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 19(1), 140-151.
- Ayso E and Kahveci M** (2022). GNSS Kod( Pseudorange) Ölçüleri ile Tek Nokta Konum Belirleme Yazılımı: KTUN\_SPP. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 10(3), 578-598.
- Bahadur B, Nohutcu M** (2019) Galileo Temelli Hassas Nokta Konuqlama Yönteminin Performans Deęerlendirmesi: Türkiye Örneęi. *Harita Dergisi*, 162, 1-11.
- Bahadur B ve Üstün A** (2014) İnternet Tabanlı GNSS Veri Değerlendirme Servisleri. *Harita Dergisi*, 152, 40-50.
- Beutler Prof Dr G and Rothacher Prof Dr M** (1999) *Geodetic Applications of the Global Navigation Satellite System (GLONASS) and of GLONASS/GPS Combinations*. Inauguraldissertation der Philosophisch-naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- Boehm J, Schneider M and Böhm S** (2006) The new Vienna Mapping Functions. *Journal of Geodesy*, 80(3), 903-916.
- Cojocar S, Birsan E, Batrinca G and Arseni P** (2009) GPS-GLONASS-GALILEO: A Dynamical Comparison. *Journal of Navigation*, 62(1), 135-150.
- Dow J M, Neilan R E and Rizos C** (2009) The International GNSS Service in a changing landscape of Global Navigation Satellite Systems. *Journal of Geodesy*, 83(3-4), 191-198.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Erbaş N F ve Bali H** (2023) Net\_Diff ile PRIDE Yazılımlarının Hassas Nokta Konumlama-Belirsizlik Çözümü (PPP-AR) Performanslarının Karşılaştırılması. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(3), 816-826.
- Erdoğan B, Kayacık O ve Doğan A H** (2019) Hassas mutlak nokta konumlamada GIPSY-OASIS II v6.4 yazılımı ile elde edilen varyans kovaryans matrisinin güvenilirliğinin araştırılması. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 6(2), 75-86.
- Gündoğan T** (2023) *Galileo Uydu Sisteminin Nokta Konumlamaya Etkisi*. T.C. Konya Teknik Üniversitesi Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 153
- Hofmann Wellenhof B, Lichtenegger H and Wasle E** (2008) *GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer.
- İçen E** (2018) Küresel ve Bölgesel Konumlama Sistemleri; Teknoloji ve Uygulamaları. Havacılık ve Uzay Teknolojileri Genel Müdürlüğü, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Ankara, 176
- İnal C, Gündoğan T ve Bülbül S** (2023) Galileo uydu sisteminin nokta konumlamaya etkisi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*.
- İşçi C** (2008) Deprem Nedir ve Nasıl Korunuruz? *Journal of Yaşar University*, 3(9), 959-983.
- Jurin M A, Fadly R and Rahmadi E** (2021) Kajian Pengaruh Panjang Baseline Terhadap Pengolahan Data GPS Metode Static Radial Menggunakan Perangkat Lunak Net Lunak Net DIFF. Datum *Journal of Geodesy and Geomatics*, 1(2).
- Kahveci M ve Kirtil S** (2022) GNSS ile Konum Belirlemede Farklı Troposferik Modellerin İncelenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* 24(71), 475-486.
- Kanamori H and Brodsky E E** (2004) The physics of earthquakes. Reports on Progress in Physics, 67(8), 1429-1496.
- Karaali C ve Yildirim Ö** (1996) Global Konum Belirleme Sistemi (GPS). *Journal of Engineering Sciences*. 2 (2), 103-108.
- Karadeniz B, Bezcioglu M, Bilgen Ö ve Yiğit C Ö** (2021) GPS/Galileo PPP-AR ve PPP Yöntemlerinin Doğruluklarının Gözlem Süresi ve Uydu Kombinasyonları Açısından İncelenmesi. *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 21(6), 1377-1392.
- Khomsin Mutiara Anjasmara I, Guruh Pratomo D and Ristanto W** (2019) Accuracy Analysis of GNSS (GPS, GLONASS and BEIDOU) Observation For Positioning. *E3S Web of Conferences*, 94, 01019.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

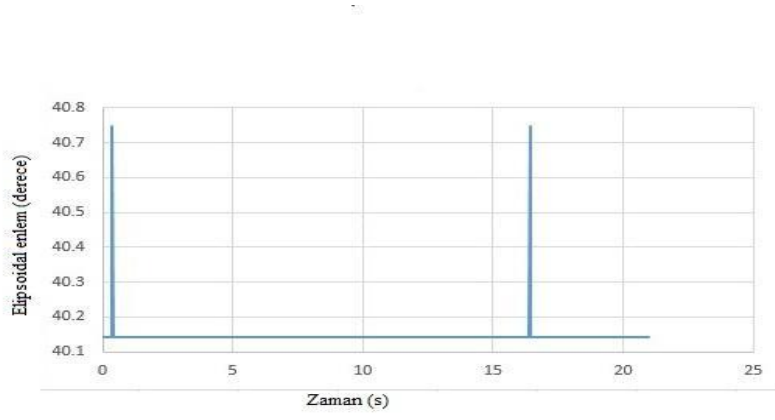
- Koca B ve Ceylan A** (2018) Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler. *Geomatik dergisi*, 3(1), 63-73.
- Kouba J** (2009) "A Guide to Using International GNSS Service (IGS) Products." International GNSS Service, Jan Kouba Geodetic Survey Division Natural Resources Canada 615 Booth Street, Ottawa, 1-34.
- Larson K M** (2009) GPS seismology. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 114(B3).
- Legrand J and Boucher C** (1998) ITRF coordinates and their application in various fields. *Journal of Geodesy*, 72(11), 724-733.
- Misra P and Enge P** (2006) *Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance*. Ganga-Jamuna Press.
- Misra P and Enge P** (2010) *Global Positioning System: Signals, Measurements and Performance*. Ganga-Jamuna Press.
- Öğütçü S, Özdemir B N, Alçay S ve Buğdaycı İ** (2023) GPS, GLONASS, Galileo ve BeiDou GNSS Sistemlerinin 1. Ve 2. Temel Frekanslarının Doluluk Analizi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1), 14-22.
- Parkinson B W and Spilker J J** (1996) *Global Positioning System: Theory and Applications Volume I*. American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Pırtı A** (2021). Evaluating the accuracy of post-processed kinematic (PPK) positioning technique. *Geodesy and Cartography*, 47(2), Article 2.
- Pırtı A, Örs Gündoğan Z ve Şimşek M** (2022). QZSS uyduları ve sinyal yapıları. *Geomatik*, 7(3), 243-252.
- Pırtı A, Özateş B ve Çakar Ş** (2023). IRNSS (NavIC) uyduları ve sinyal yapıları. *Geomatik*, 8(1), 1-8.
- Rebischung P, Griffiths J, Ray J, Schmid R, Collilieux X and Garayt B** (2016) IGS08: The IGS realization of ITRF2008. *GPS Solutions*, 20(2), 251-265.
- Rizos C, Janssen V, Roberts C and Grinter T** (2012) Precise point positioning: is the era of differential GNSS positioning drawing to an end? Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage Rome, Italy, 6-10 May
- Rothacher M** (2002) Estimation of station coordinates in GPS data analysis. *Journal of Geodesy*, 76(8), 421-431.
- Smith J, Heflin M B and Jefferson D C** (2020) "Optimization Techniques for Precision Point Positioning in Engineering Applications." *Journal of Optimization and Engineering*, 20(3), 531-549 (2020). "Optimization Techniques for Precision Point Positioning in Engineering Applications." *Journal of Optimization and Engineering*, 20(3), 531-549

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

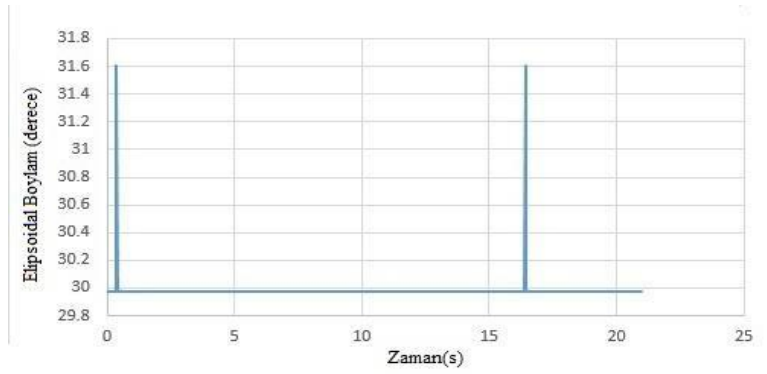
- Şengün Y S** (2002) *Tek alıcılı kullanıcılar için diferansiyel GPS düzeltmeleri* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek lisans tezi*, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 62
- Uçarlı A C, Demir F, Erol S ve Alkan R M** (2021) Farklı GNSS Uydu Sistemlerinin Hassas Nokta Konumlama (PPP) Tekniğinin Performansına Etkisinin İncelenmesi. *Geomatik*, 6(3), 247-258.
- URL-1** <[www.bernese.unibe.ch](http://www.bernese.unibe.ch) > Ziyaret Tarihi:17.10.2022
- URL-2** <<http://www.koeri.boun.edu.tr/>> Ziyaret Tarihi:24.04.2024
- URL-3** <<https://www.tusaga-aktif.gov.tr/>> Ziyaret Tarihi:18.04.2023
- URL-4** < [https://github.com/YizeZhang/Net\\_Diff](https://github.com/YizeZhang/Net_Diff)> Ziyaret Tarihi:21.10.2022
- URL-5** < <https://gssc.esa.int/navipedia>> Ziyaret Tarihi:05.02.2024
- URL-6** <<https://www.openai.com/chatgpt>> Ziyaret tarihi: 06.06.2024
- URL-7**<[http://202.127.29.4/shao\\_gnss\\_ac/Net\\_diff/Net\\_Diff-master/for\\_redistribution\\_files\\_only/Input/](http://202.127.29.4/shao_gnss_ac/Net_diff/Net_Diff-master/for_redistribution_files_only/Input/)> Ziyaret Tarihi:21.10.2022
- URL-8** <<http://holt.oso.chalmers.se/loading>> Ziyaret Tarihi:19.05.2024
- Utkucu M, Uzunca F ve Doğan E** (2021) *17 Kasım 2021 Yayakbaşı (Düzce) Depremi Ön Değerlendirme Raporu* (2021-1).
- Wang, Y., Chen, Q., & Bock, Y. (2021).** Post-seismic analysis of the 2020 Aegean Sea earthquake using Net\_Diff. Bulletin of the Seismological Society of America. Advance online publication. <https://doi.org/10.1785/0120210020>
- Xie W, Huang G, Cui B, Li P, Cao Y, Wang H, Chen Z and Shao B** (2019) Characteristics and Performance Evaluation of QZSS Onboard Satellite Clocks. *Sensors*, 19(23), 5147.
- Xu P, Liu J and Zhang H** (2019) "Regional Deformation Analysis of the 2018 Alaska Earthquake Using Net\_Diff Software." *Seismological Research Letters*.
- Yiğit C Ö, Kızıllarlan M ve Çalışkan E** (2016) GPS-PPP ve GPS/GLONASS-PPP Yöntemlerinin Konum Belirleme Performanslarının Ölçü Süresine Bağlı Olarak Değerlendirilmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(1), 22-39.
- Yize Z** (2022) A Guide To Use Net\_DIFF. *Tokyo University of Marine Science and Technology*, 3-39.
- Zhang H, Wang Z and Li X** (2020) Displacement analysis of the 2019 Ridgecrest earthquake using PPP. *Geophysical Journal International*, 222(1), 123-135.

## EK AÇIKLAMALAR

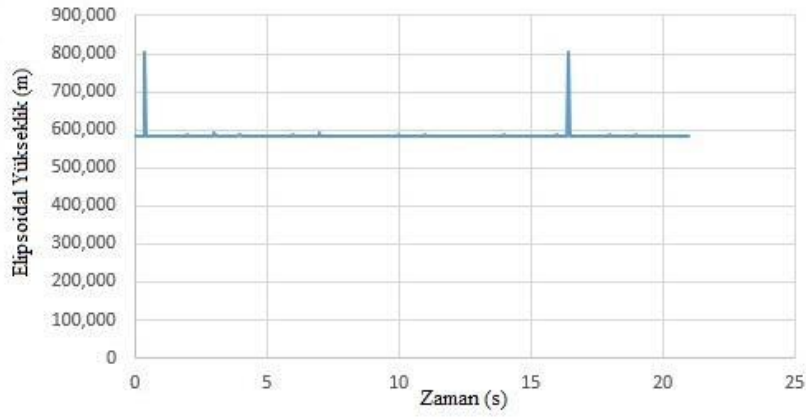
### EK A: Grafikler



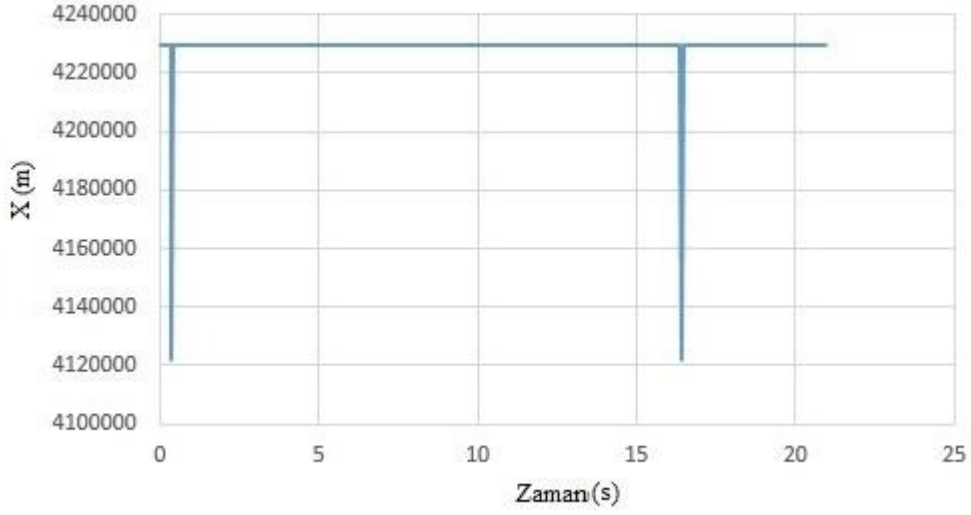
Şekil A.1 Net\_Diff yazılımı sonucu BILE istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



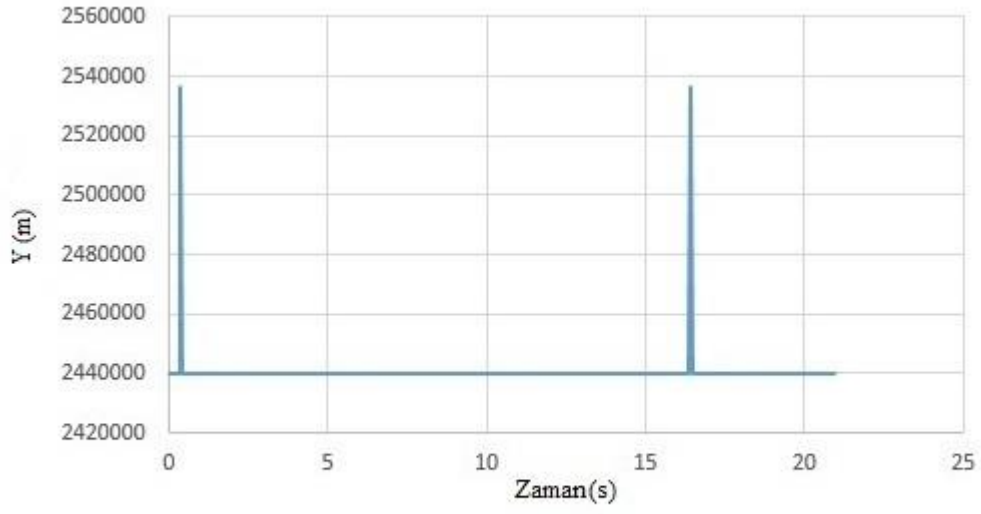
Şekil A.2 Net\_Diff yazılımı sonucu BILE istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



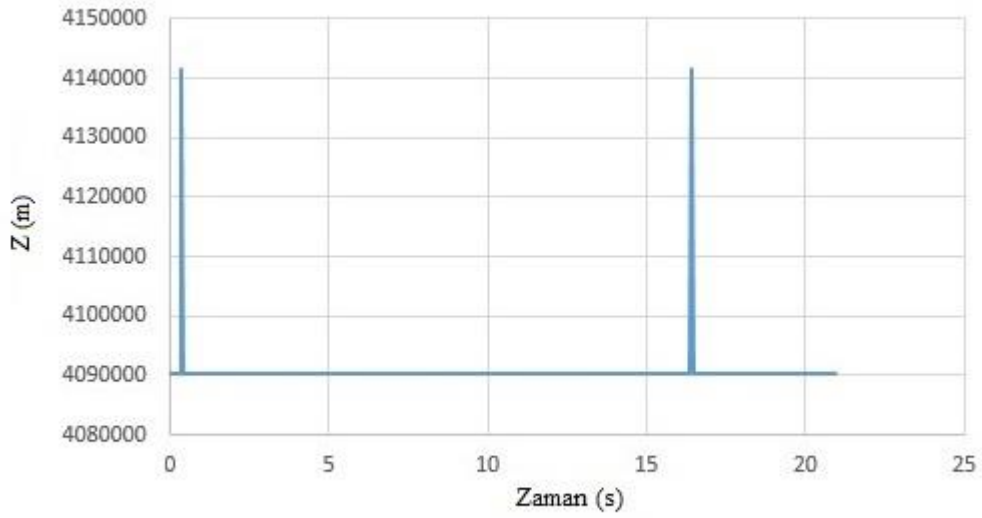
Şekil A.3 Net\_Diff yazılımı sonucu BILE istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



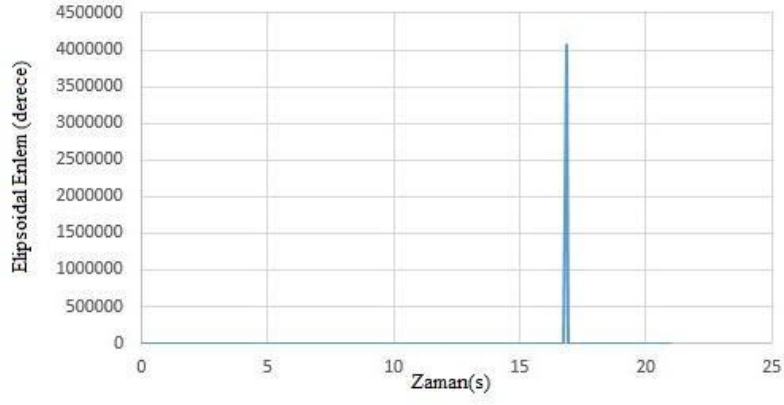
Şekil A.4 Net\_Diff yazılımı sonucu BILE istasyonuna ait X grafiği.



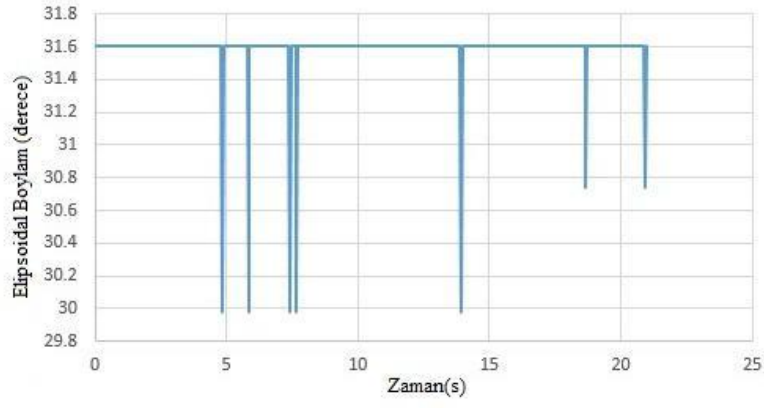
Şekil A.5 Net\_Diff yazılımı sonucu BILE istasyonuna ait Y grafiği.



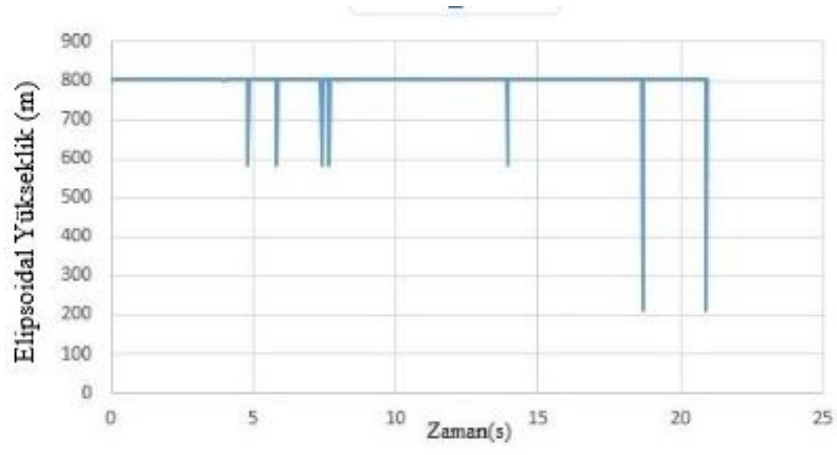
Şekil A.6 Net\_Diff yazılımı sonucu BILE istasyonuna ait Z grafiği.



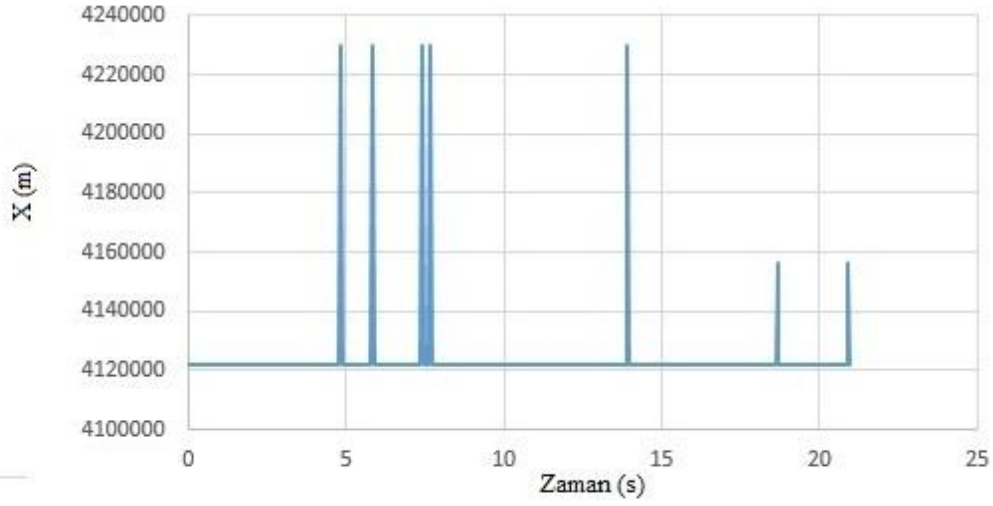
Şekil A.7 Net\_Diff yazılımı sonucu BOL1 istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



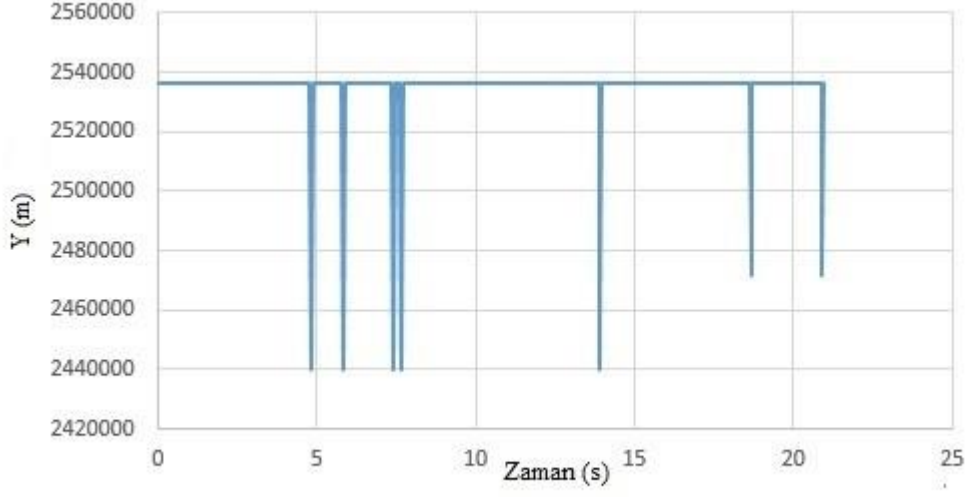
Şekil A.8 Net\_Diff yazılımı sonucu BOL1 istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



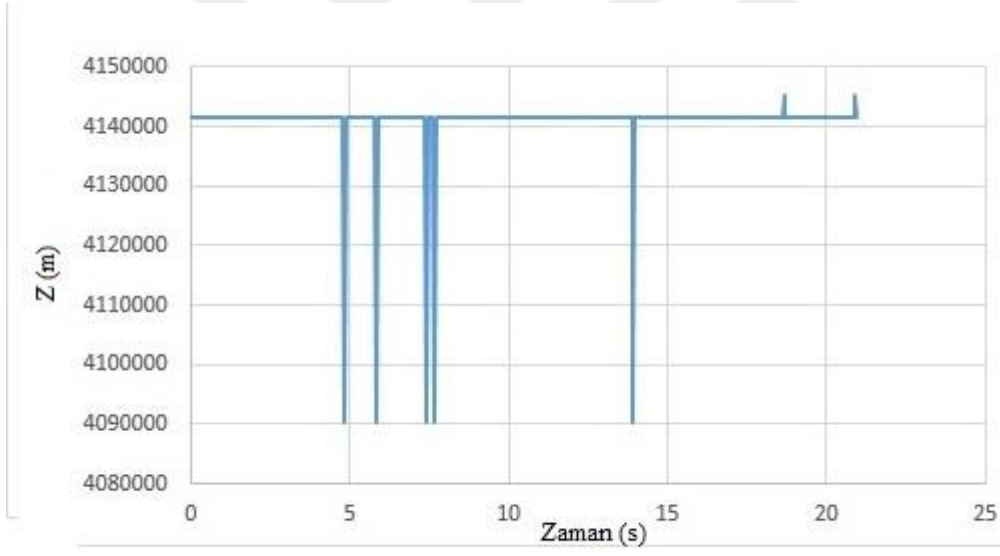
Şekil A.9 Net\_Diff yazılımı sonucu BOL1 istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



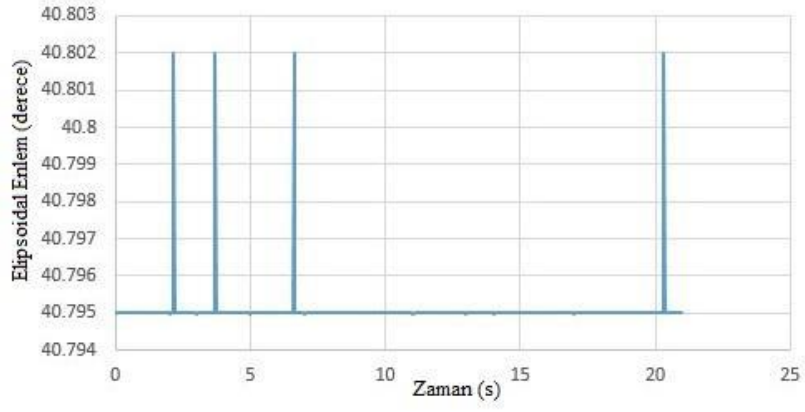
Şekil A.10 Net\_Diff yazılımı sonucu BOL1 istasyonuna ait X grafiği.



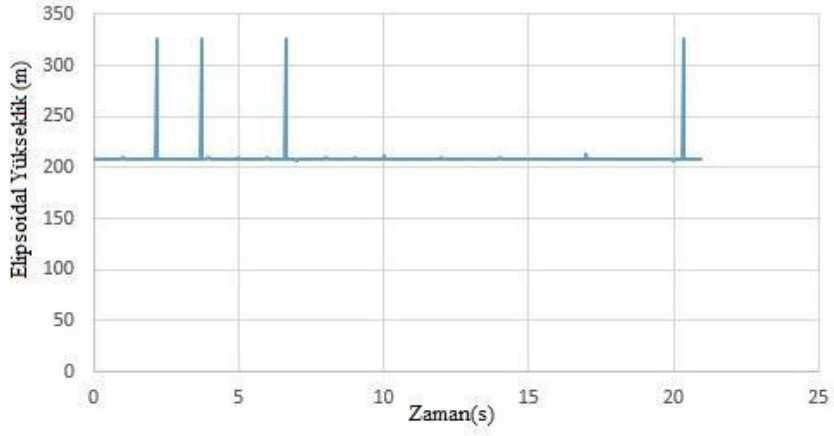
Şekil A.11 Net\_Diff yazılımı sonucu BOL1 istasyonuna ait Y grafiği.



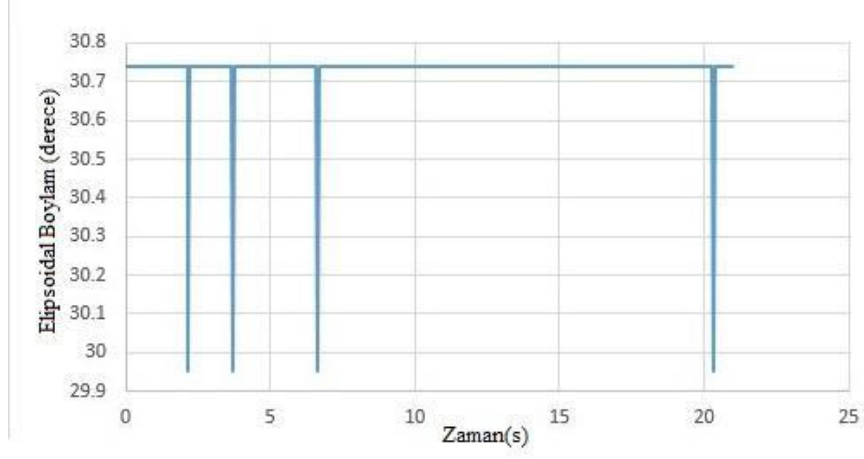
Şekil A.12 Net\_Diff yazılımı sonucu BOL1 istasyonuna ait Z grafiği.



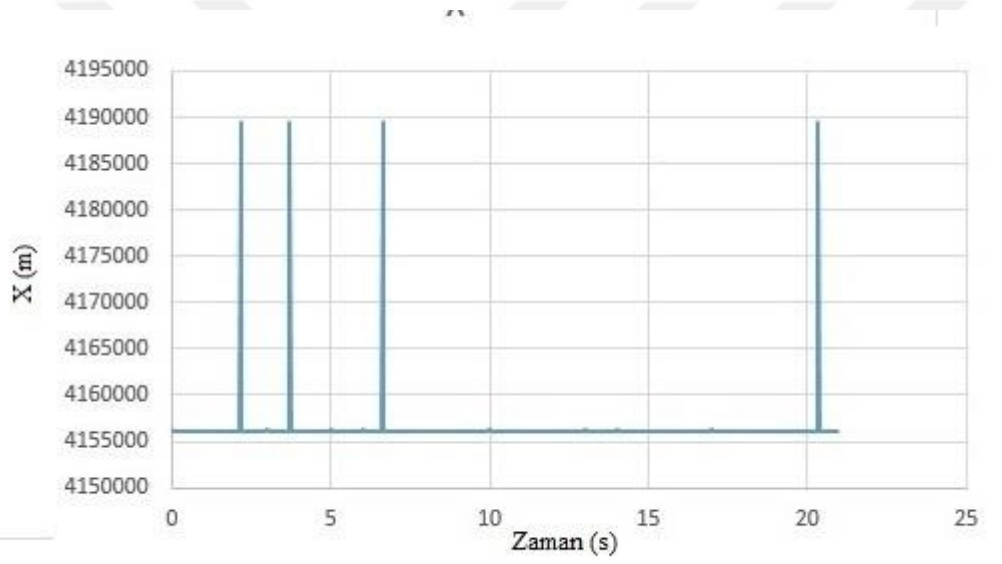
Şekil A.13 Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



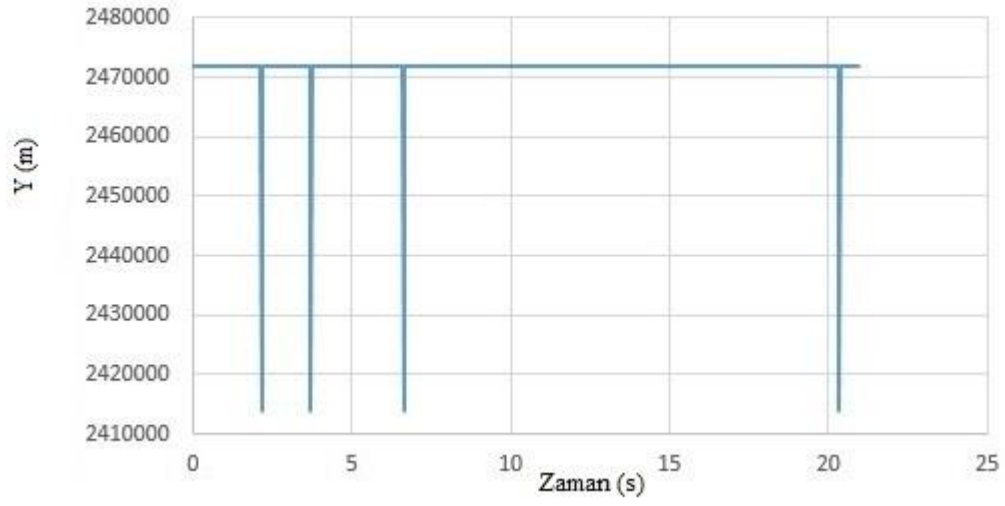
Şekil A.14 Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



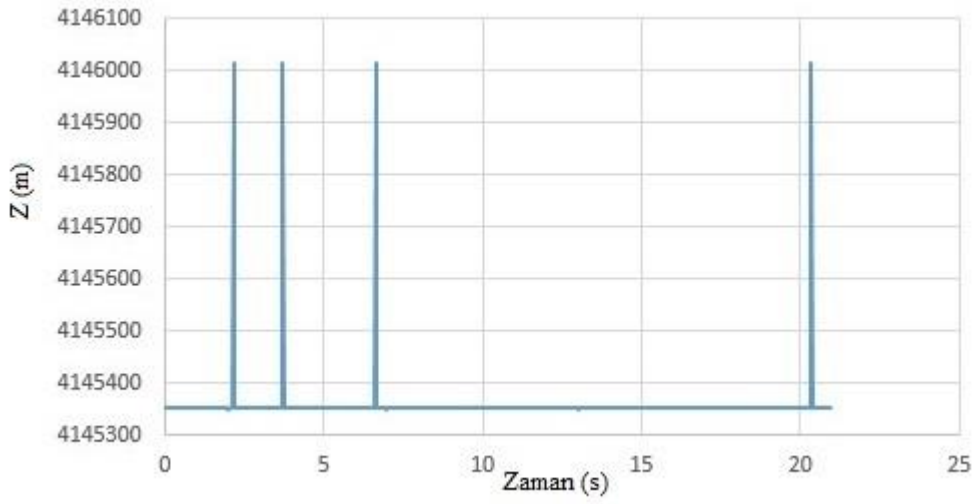
Şekil A.15 Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



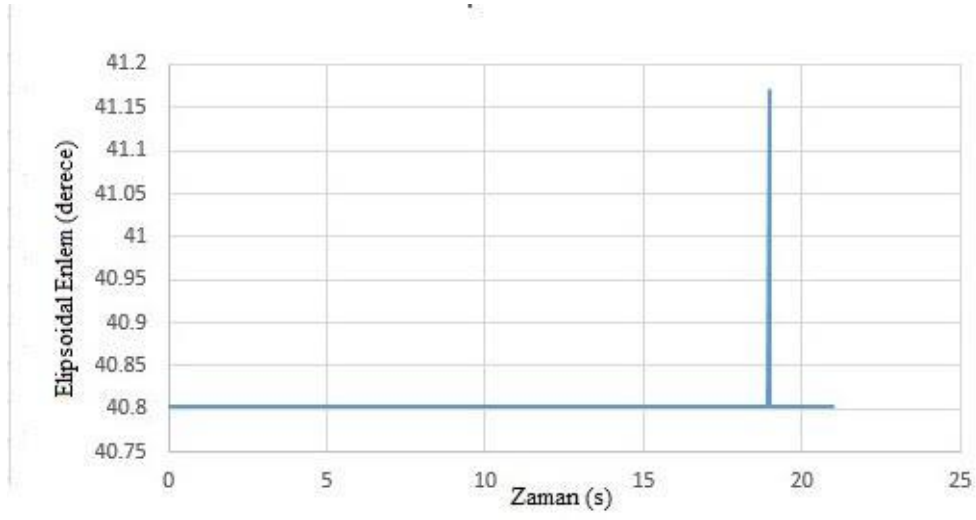
Şekil A.16 Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonuna ait X grafiği.



Şekil A.17 Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonuna ait Y grafiği.



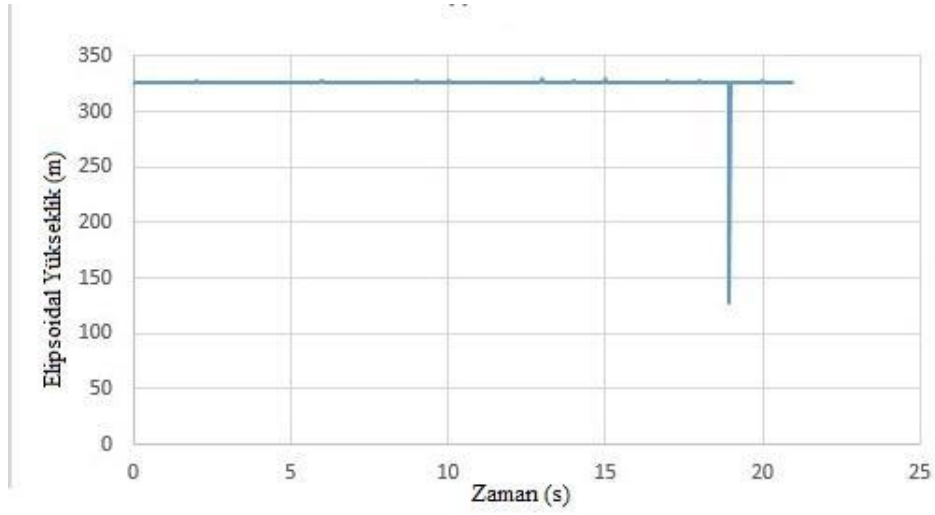
Şekil A.18 Net\_Diff yazılımı sonucu HEND istasyonuna ait Z grafiği.



Şekil A.19 Net\_Diff yazılımı sonucu IZMT istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



Şekil A.20 Net\_Diff yazılımı sonucu IZMT istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



Şekil A.21 Net\_Diff yazılımı sonucu IZMT istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



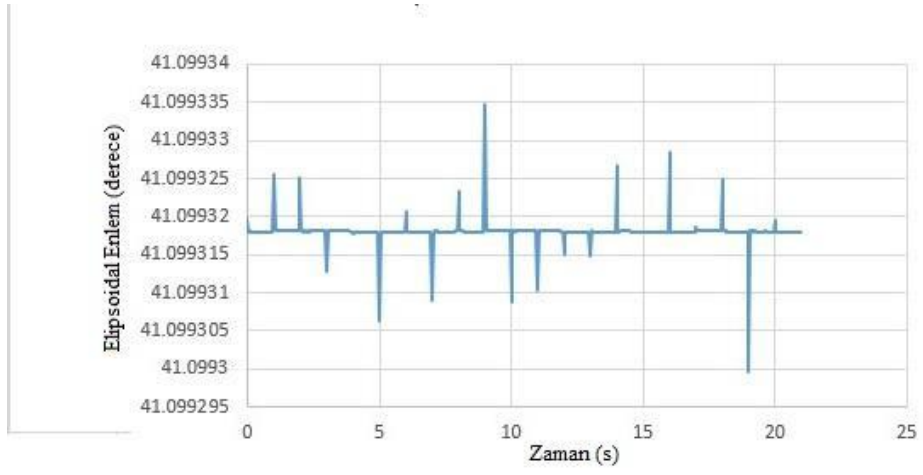
Şekil A.22 Net\_Diff yazılımı sonucu IZMT istasyonuna ait X grafiği.



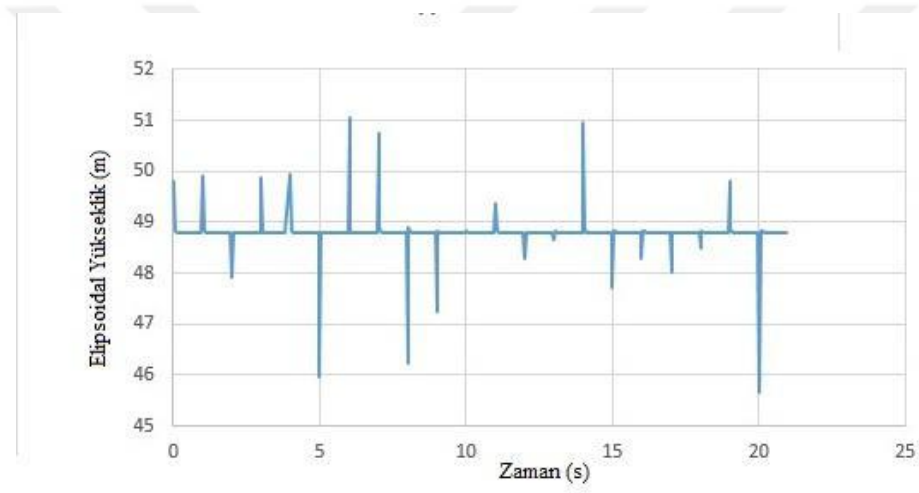
Şekil A.23 Net\_Diff yazılımı sonucu IZMT istasyonuna ait Y grafiği.



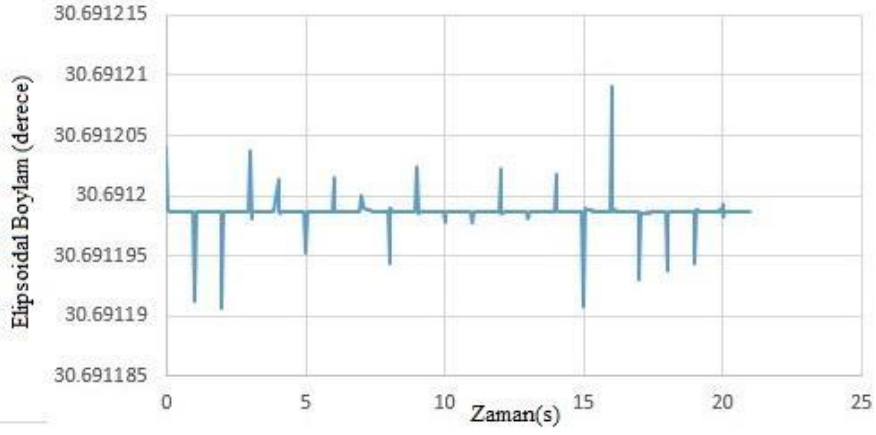
Şekil A.24 Net\_Diff yazılımı sonucu IZMT istasyonuna ait Z grafiği.



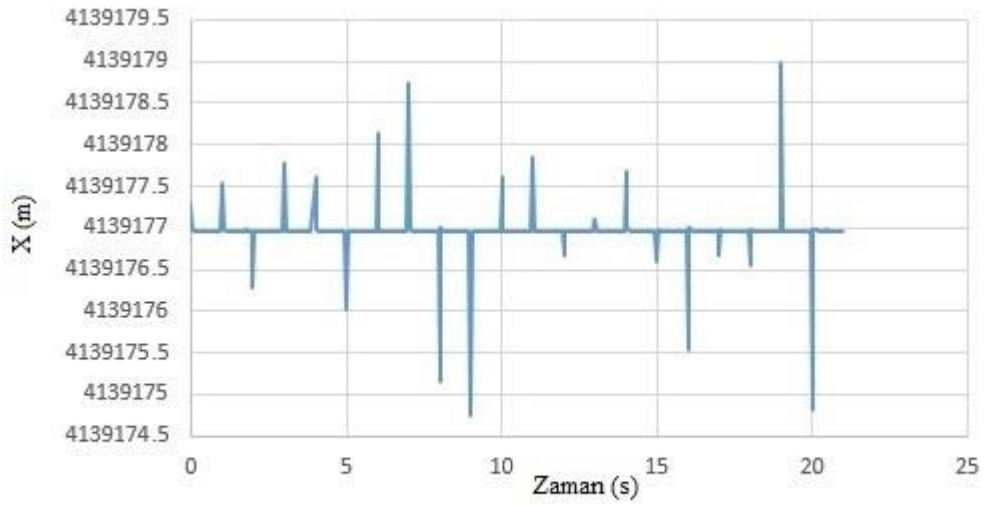
Şekil A.25 Net\_Diff yazılımı sonucu KRSU istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



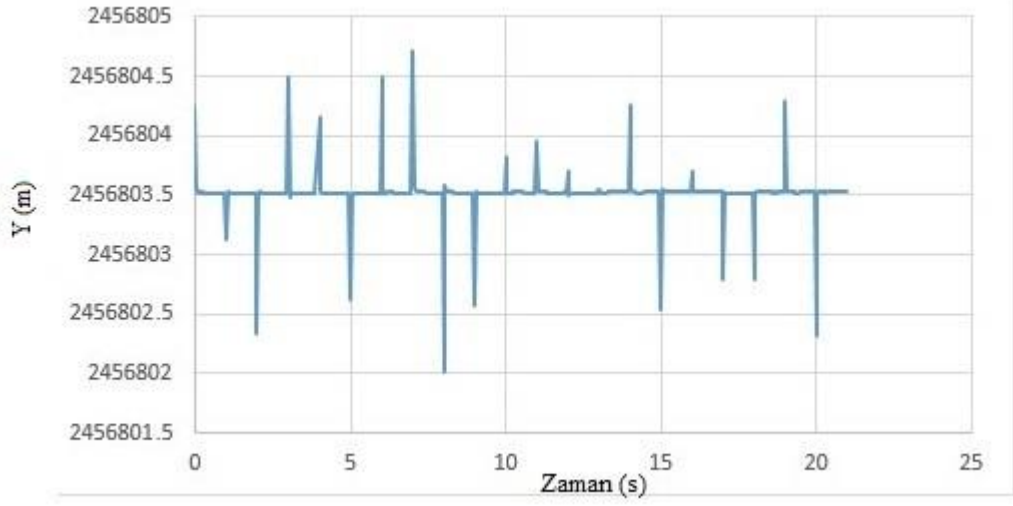
Şekil A.26 Net\_Diff yazılımı sonucu KRSU istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



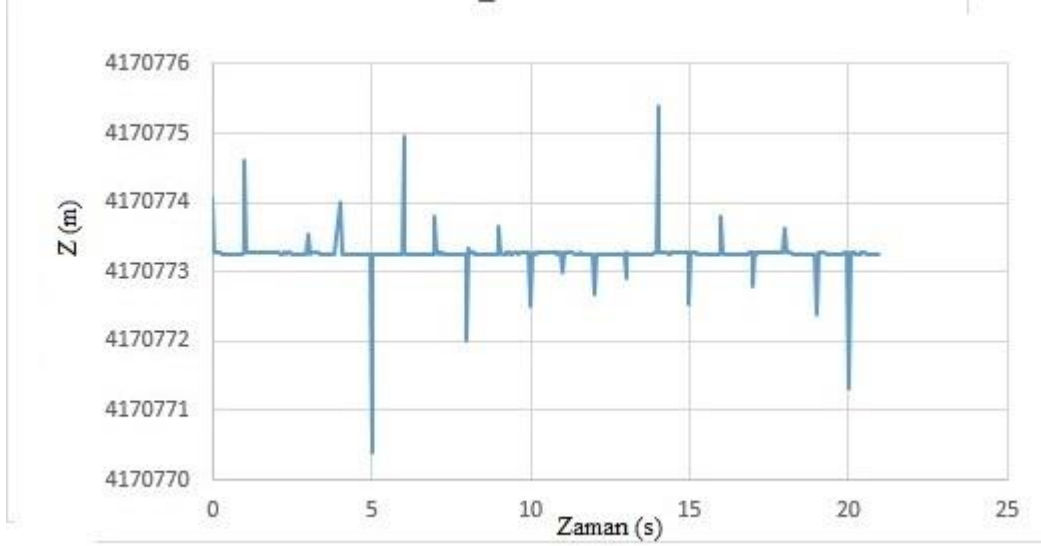
Şekil A.27 Net\_Diff yazılımı sonucu KRSU istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



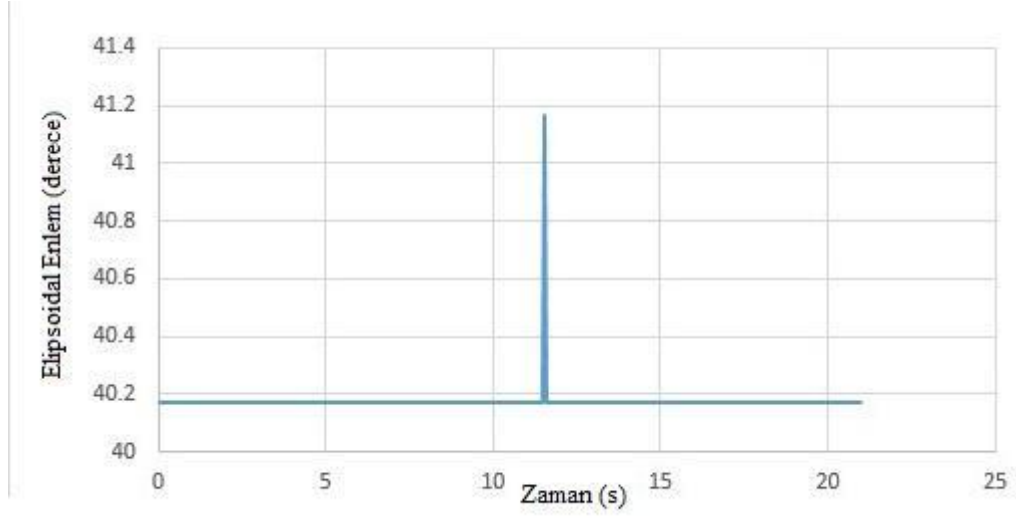
Şekil A.28 Net\_Diff yazılımı sonucu KRSU istasyonuna ait X grafiği.



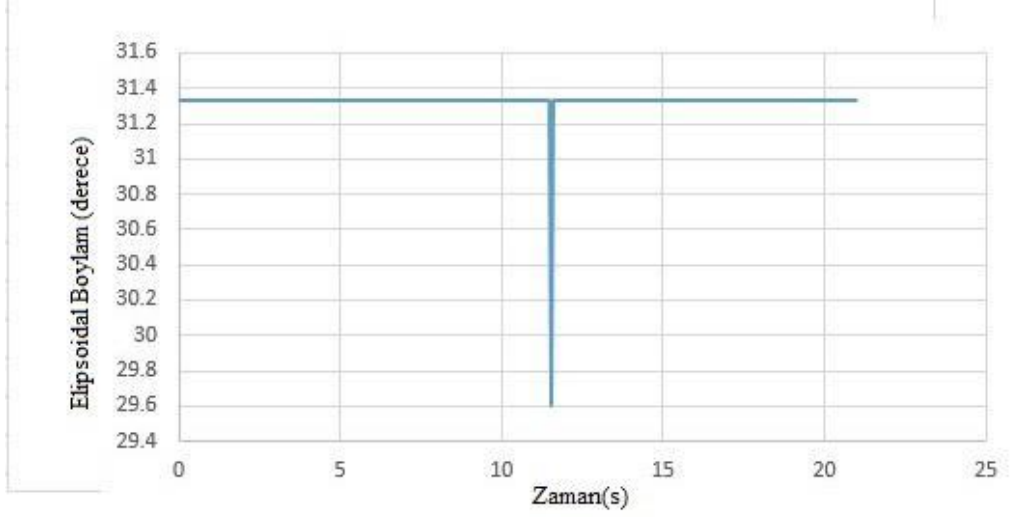
Şekil A.29 Net\_Diff yazılımı sonucu KRSU istasyonuna ait Y grafiği.



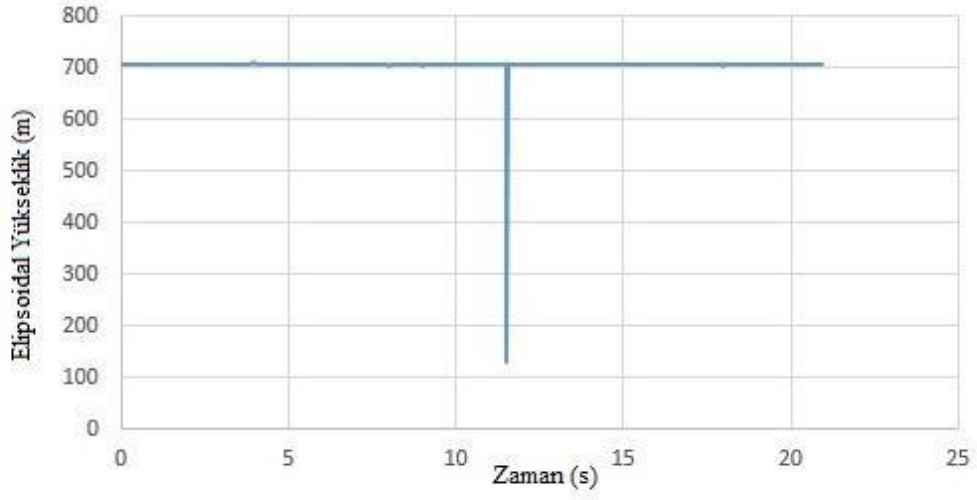
Şekil A.30 Net\_Diff yazılımı sonucu KRSU istasyonuna ait Z grafiği.



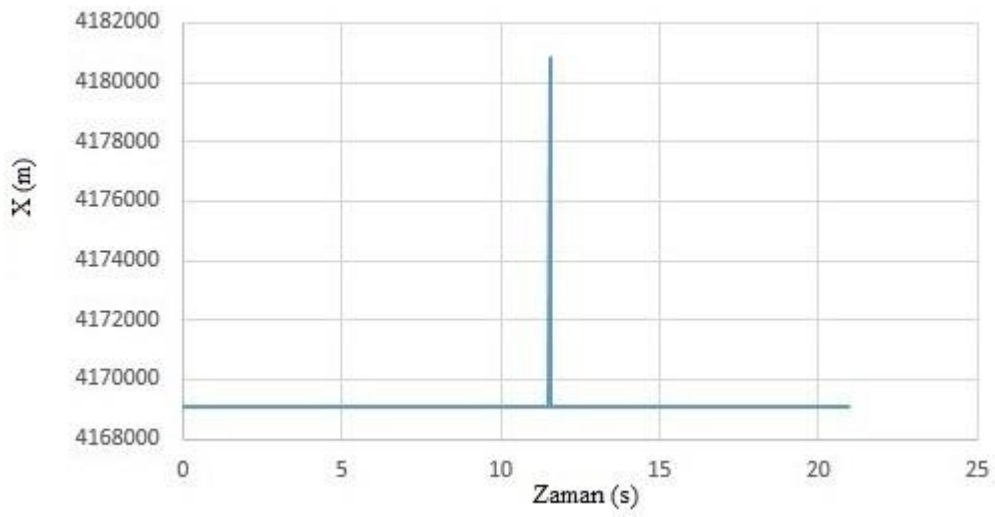
Şekil A.31 Net\_Diff yazılımı sonucu NAHA istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



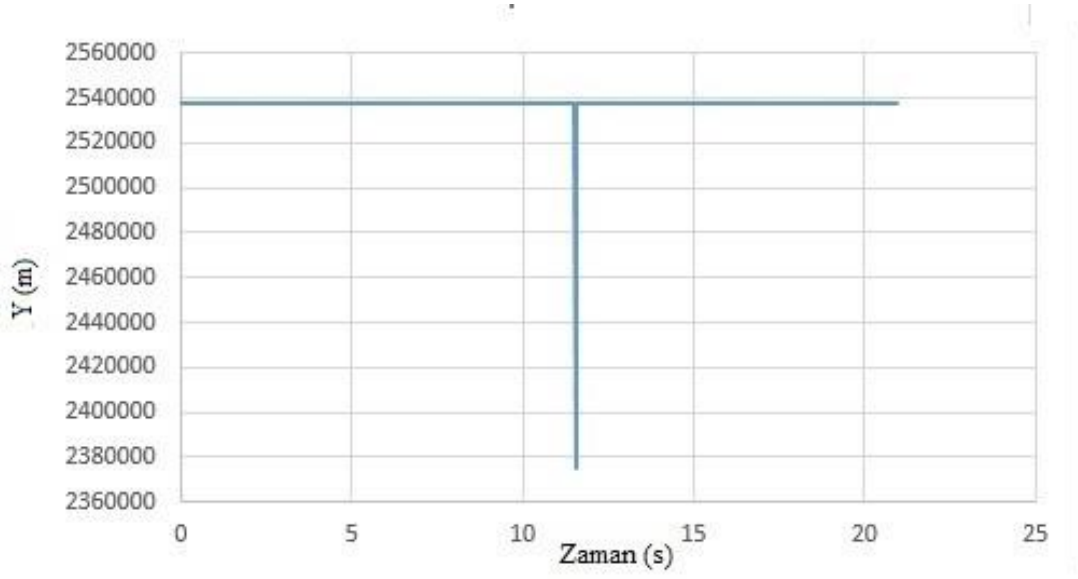
Şekil A.32 Net\_Diff yazılımı sonucu NAHA istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



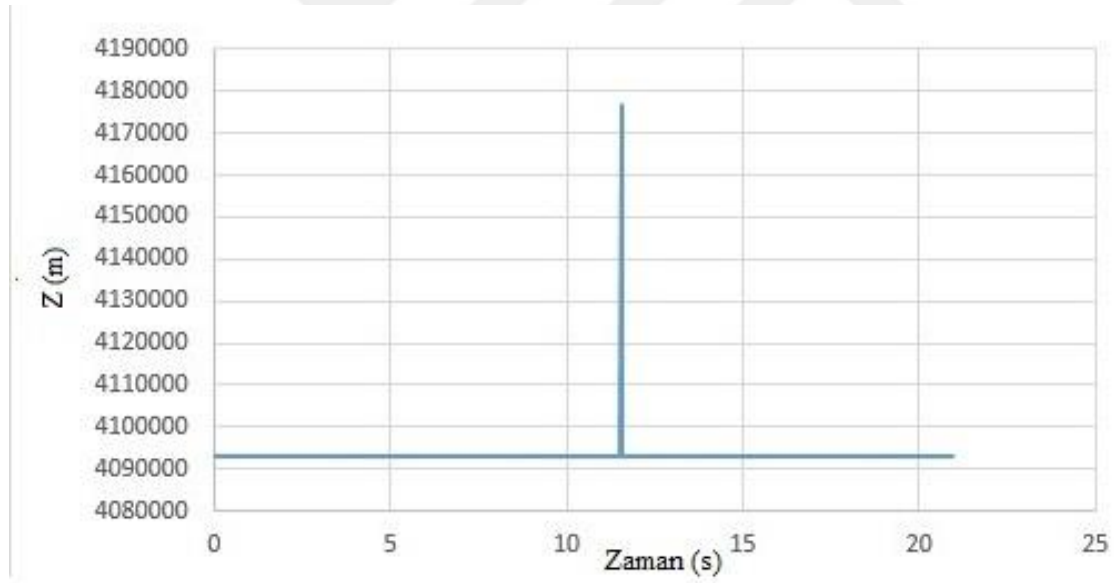
Şekil A.33 Net\_Diff yazılımı sonucu NAHA istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



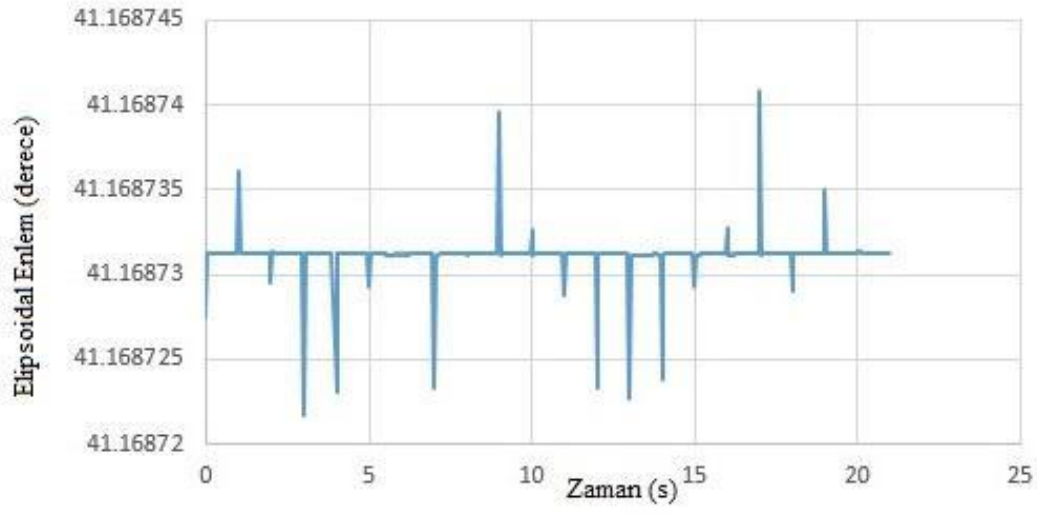
Şekil A.34 Net\_Diff yazılımı sonucu NAHA istasyonuna ait X grafiği.



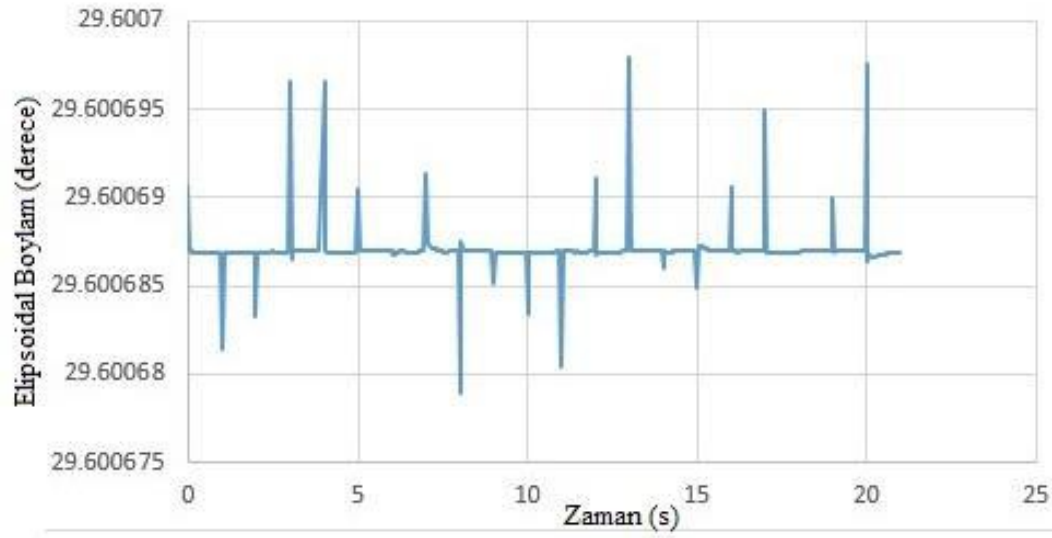
Şekil A.35 Net\_Diff yazılımı sonucu NAHA istasyonuna ait Y grafiği.



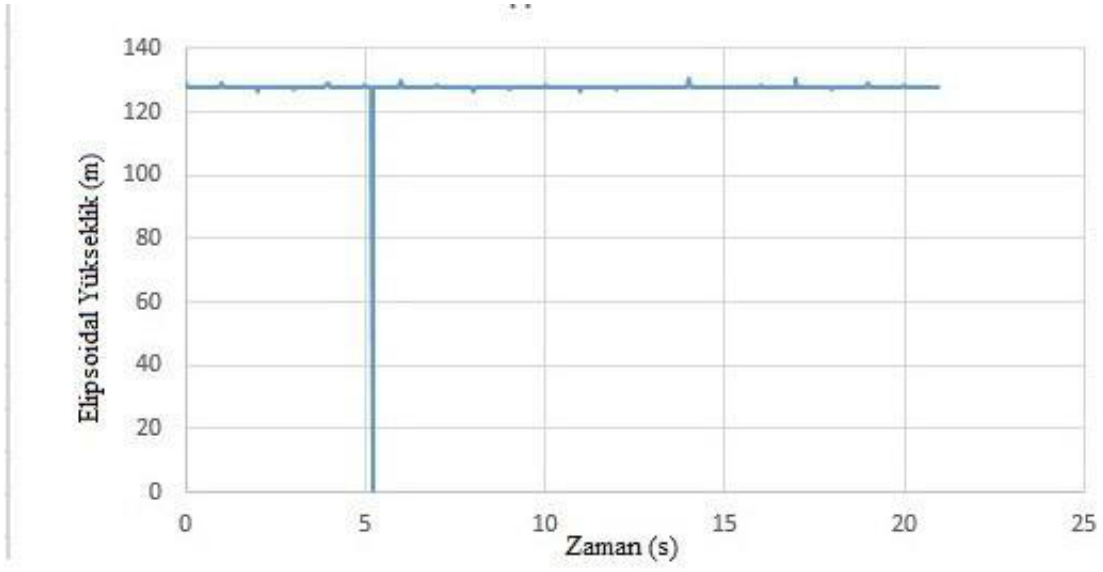
Şekil A.36 Net\_Diff yazılımı sonucu NAHA istasyonuna ait Z grafiği.



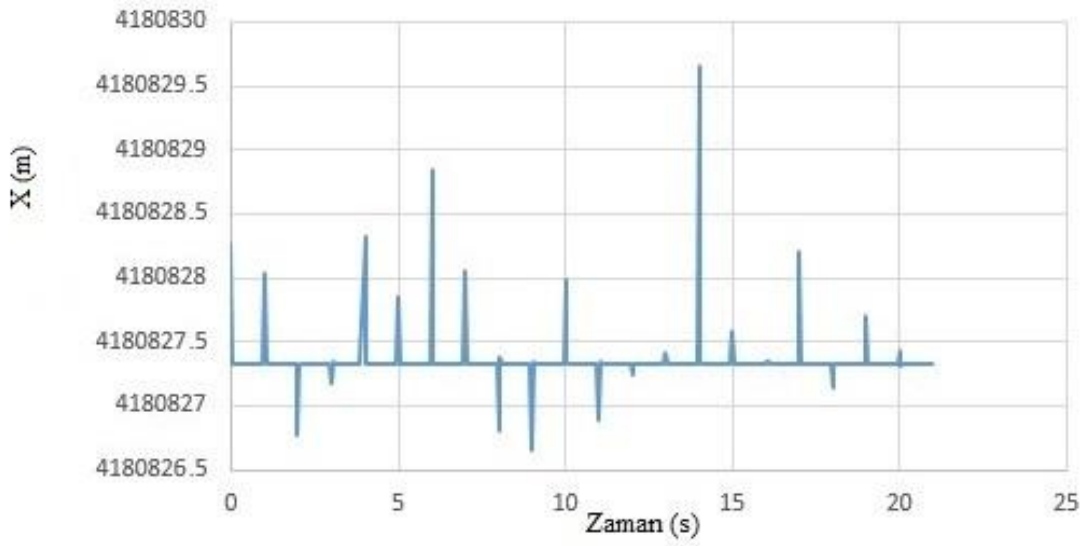
Şekil A.37 Net\_Diff yazılımı sonucu SLEE istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



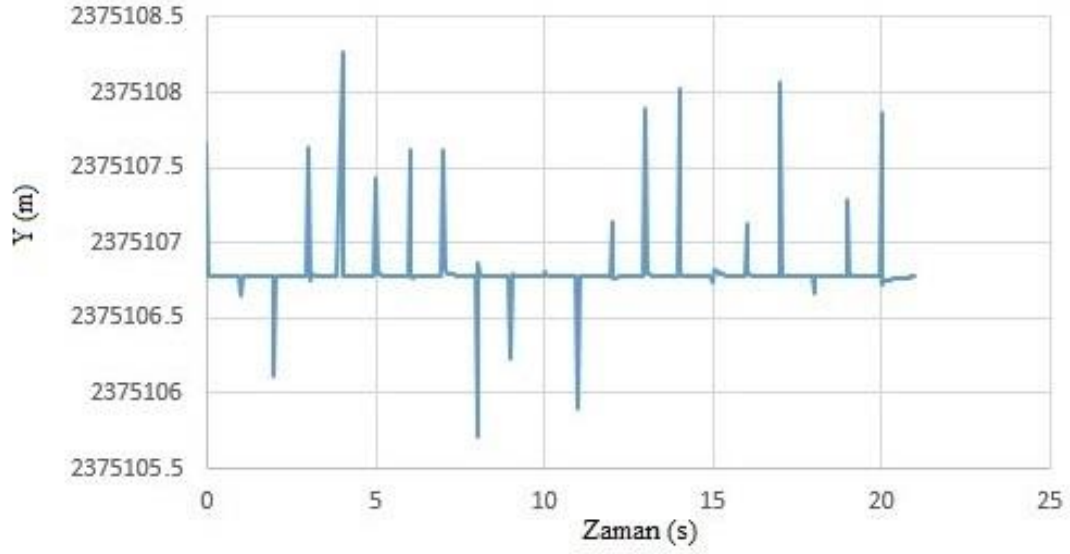
Şekil A.38 Net\_Diff yazılımı sonucu SLEE istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



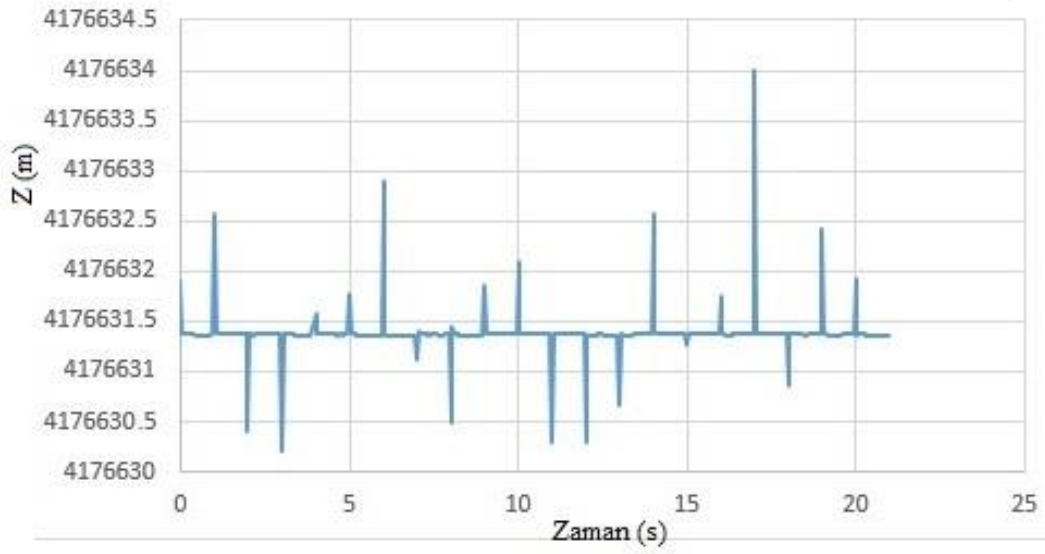
Şekil A.39 Net\_Diff yazılımı sonucu SLEE istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



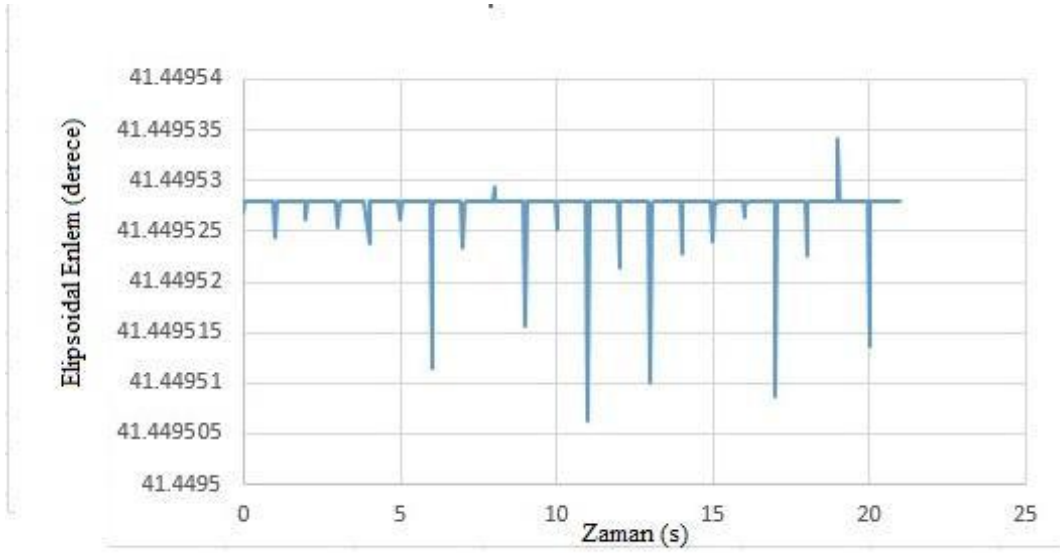
Şekil A.40 Net\_Diff yazılımı sonucu SLEE istasyonuna ait X grafiği.



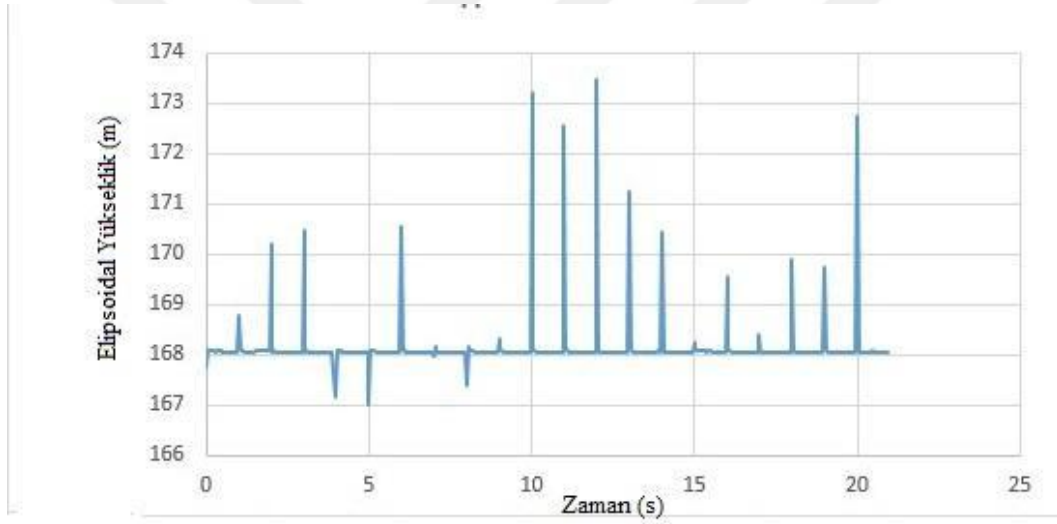
Şekil A.41 Net\_Diff yazılımı sonucu SLEE istasyonuna ait Y grafiği.



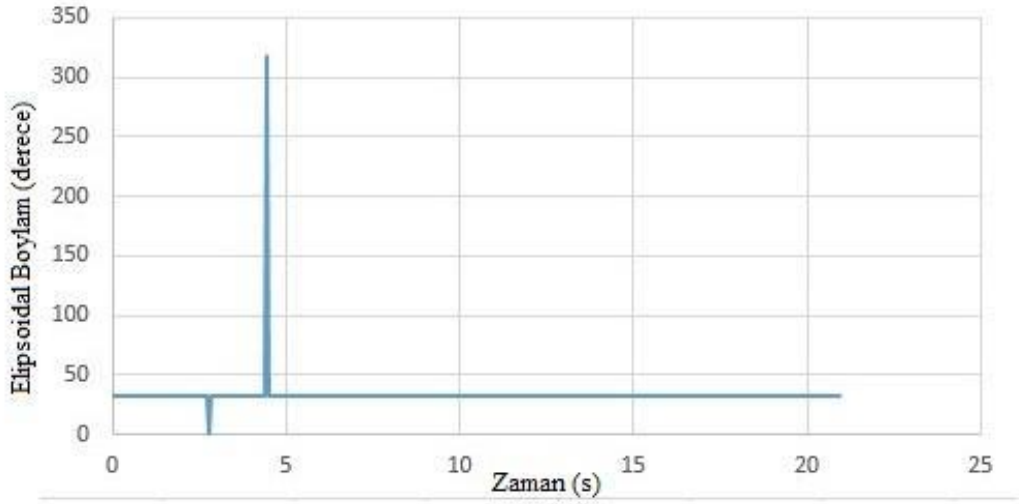
Şekil A.42 Net\_Diff yazılımı sonucu SLEE istasyonuna ait Z grafiği.



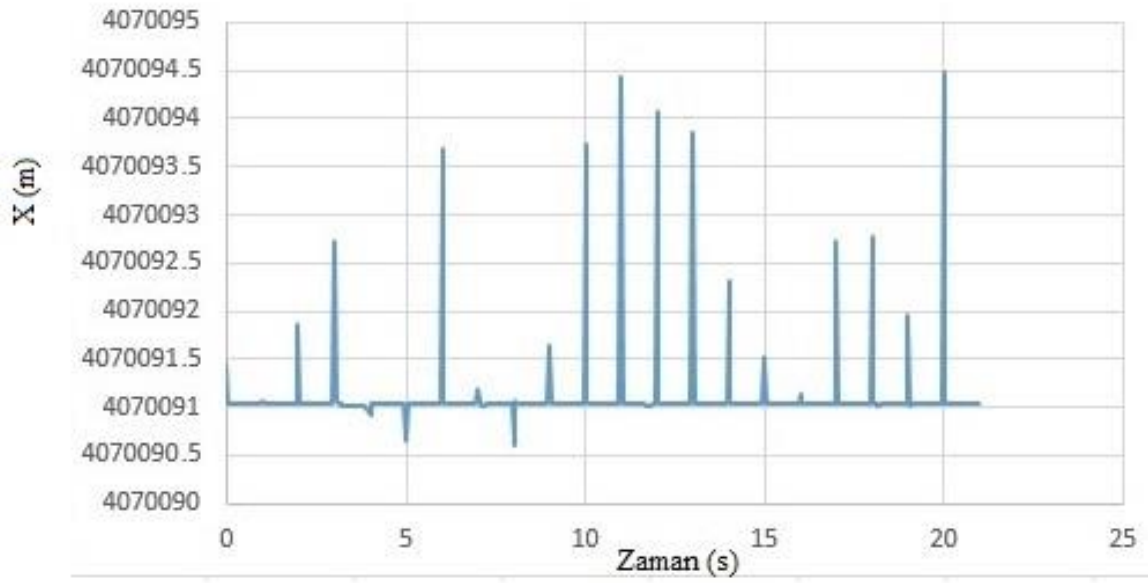
Şekil A.43 Net\_Diff yazılımı sonucu ZONG istasyonuna ait elipsoidal enlem grafiği.



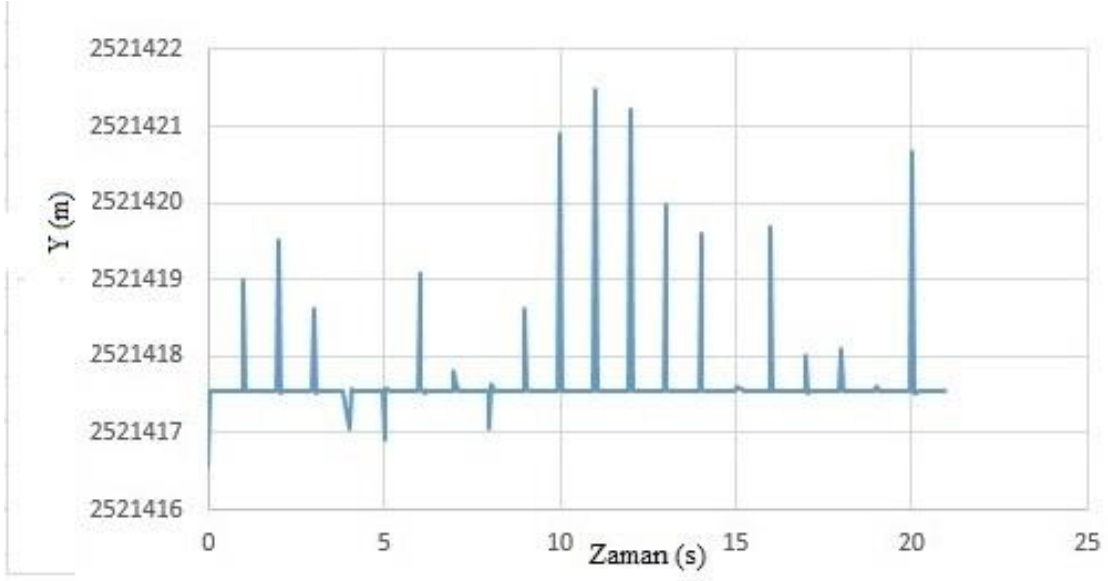
Şekil A.44 Net\_Diff yazılımı sonucu ZONG istasyonuna ait elipsoidal yükseklik grafiği.



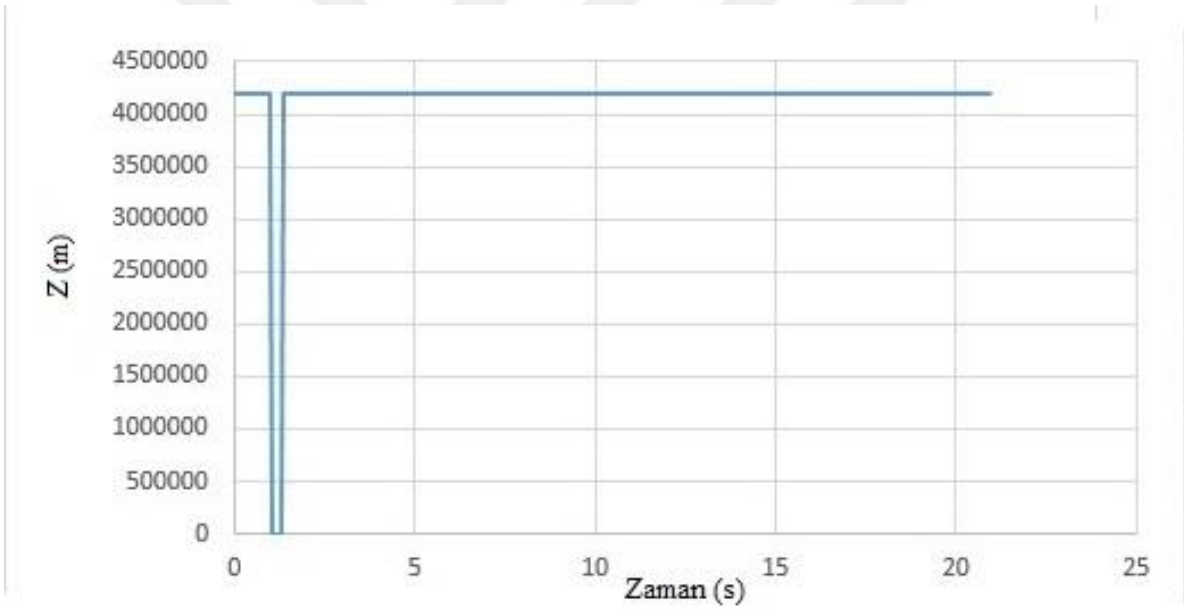
Şekil A.45 Net\_Diff yazılımı sonucu ZONG istasyonuna ait elipsoidal boylam grafiği.



Şekil A.46 Net\_Diff yazılımı sonucu ZONG istasyonuna ait X grafiği.



Şekil A.47 Net\_Diff yazılımı sonucu ZONG istasyonuna ait Y grafiği.



Şekil A.48 Net\_Diff yazılımı sonucu ZONG istasyonuna ait Z grafiği.

## ÖZGEÇMİŞ

Ahsen Okuşluğ, 1997 yılında Kayseri'de doğmuştur. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Kayseri'de tamamladı. 2016-2020 yılları arasında Erciyes Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümünde Lisans eğitimini tamamladı. 2021 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nde Geomatik Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans yapmaktadır.

