



KONUMA DAYALI HIZ VEKTÖRLERİNİN ZAMANSAL ANALİZİ

EMRE TÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Prof. Dr. Ömer YILDIRIM

Aralık - 2020
Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSNASÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONUMA DAYALI HIZ VEKTÖRLERİNİN ZAMANSAL ANALİZİ

EMRE TÜRK

TOKAT
Aralık - 2020

Her hakkı saklıdır

TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

EMRE TÜRK

29 Aralık 2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONUMA DAYALI HIZ VEKTÖRLERİNİN ZAMANSAL ANALİZİ

EMRE TÜRK

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM
ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÖMER YILDIRIM)

Dünya, kendi ve güneş eksenini etrafında döndüğü zaman içerisinde gezegen ve yıldızların etkisi altında kalır. Bu sebeple gerçekleşen tektonik hareketler nedeniyle, deformasyonlar ve plaka kaymaları meydana gelmektedir. Bu amaçla hareketlerin belirlenmesinde nokta konumlarının doğruluğu ve zaman çok önemlidir. Nokta konumlarının doğruluğuyla birlikte nokta hızlarına da yüksek hassasiyetle ulaşılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, İç Anadolu Bölgesinin güneyinde yer alan Karaman ilinde bulunan KAMN TUSAGA-Aktif istasyonu ile 8 tane IGS istasyonu değerlendirmeye alınmış ve değerlendirme aşamasında İsviçre'nin Bern üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese v5.2 bilimsel GNSS yazılımı kullanılmıştır. KAMN TUSAGA-Aktif istasyonunun 2016-2019 yılları arasında her yılın ocak ve haziran aylarının 01-18 günleri aralığı seçilmiştir. 1 Ocak 2016'dan başlanmış, birbirini takip eden 5'er günlük kombinasyonlara ayrılarak 14 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. KAMN istasyonunun 30 sn RINEX verileri kullanılarak 6, 12, 18, 24, 30, 36 ve 42 aylık 7 farklı dönemde ITRF96 2005.00 epochunda hız bileşenleri elde edilmiştir. Elde edilen hız bileşenleri, TKGM tarafından yayınlanan güncel hız bileşenleri ile karşılaştırılmıştır, istatistik test yapılarak anlamlı olup olmadığı irdelenmiştir.

Yapılan istatistik test sonucunda, V_x ve V_y Kartezyen koordinat hızları için sonuçların 30 ay(2.5yıl)'lık dönemden, V_x , V_y ve V_z için 36 ay(3yıl)'lık dönemden itibaren anlamlı olduğu görülmüştür. Zaman arttıkça elde edilecek olan hızların doğruluğu da artmaktadır. Bundan dolayı zaman kavramı çok önemli olup, jeodezik amaçlı çalışmalarda yorum yapabilmek için hız bileşenleri elde edilirken en az 36 ay(3 yıl)'lık bir veri uzunluğuna ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

2020, 79 Sayfa

ANAHTAR KELİMELER: GNSS, TUSAGA-Aktif, Deformasyon, Hız Vektörü, Bernese v5.2

ABSTRACT

MASTER THESIS

TIME SERIES ANALYSIS OF SPATIAL VELOCITY VECTORS

EMRE TÜRK

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY
INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES
GEOMATICS ENGINEERING**

(SUPERVISOR: PROF. DR. ÖMER YILDIRIM)

Earth is under the influence of the planets and stars while the it is rotating around itself and its axis. For this reason, deformations and plate slips occur due to tectonic movements. For this purpose, accuracy of point positions and time are very important in determining movements. In addition to the accuracy of the point positions, point velocities can also be achieved with high precision.

In this thesis study, KAMN CORS-TR station located in Karaman province in the south of Central Anatolia Region and 8 IGS stations were evaluated and Bernese v5.2 scientific GNSS software developed by Bern University of Switzerland was used in the evaluation phase. The interval of 01-18 days of January and June of each year has been selected between 2016-2019 for the KAMN CORS-TR Station. It started on January 1, 2016, and 14 different combinations were created by dividing them into consecutive 5-day combinations. By using 30 sec RINEX data of KAMN station, velocity components were obtained for ITRF96 2005.00 epoch in 7 different periods of 6, 12, 18, 24, 30, 36 and 42 months. Obtained velocity components were compared with the current velocity components published by TKGM, and their significance was examined by performing a statistical test.

As a result of the statistical test, it was seen that the results for Cartesian coordinate velocities V_x and V_y were significant starting from the 30-month (2.5-year) period, and the 36-month (3-year) period for V_x , V_y and V_z . As the time increases, the accuracy of the velocities obtained also increases. Therefore, time is very important and it has been concluded that a data length of at least 36 months (3 years) is needed while obtaining velocity components in order to make interpretations in geodetic studies.

2020, 79 Page

KEYWORDS: GNSS, CORS-TR, Deformation, Velocity Vector, Bernese v5.2

ÖN SÖZ

Öncelikle lisans eğitimimden başlayarak içinde bulunduğum sürece kadar her zaman yanımda olan, akademik eğitimin önemini anlatarak benim bu yolda başarılı bir şekilde ilerlememi sağlayan, böyle bir çalışmanın hazırlanmasında bilgi ve deneyimleriyle rehberlik edip katkıda bulunan, bir kişiye karşılıksız neler yapılabileceğini öğreten, değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Ömer YILDIRIM'a vermiş olduğu destekler için çok teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında yanımda olup karşılaştığım sorunların çözümünde bilgilerini hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Samed İNYURT'a teşekkür ederim. Çalışmamın uygulama ve analiz aşamalarında yol gösteren Dr. Öğr. Üyesi Sercan BÜLBÜL hocama, ayrıca bu mesleğe gelmemde büyük emeği olan ve bilgi birikimini her zaman paylaşan Dr. Öğr. Üyesi Servet YAPRAK'a, çalışmalarından büyük ölçüde faydalandığım Dr. Öğr. Üyesi Fuat BAŞÇİFTÇİ'ye, yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Rüştü ÇALLI'ya ve karşılaştığım sorunları aşmamda desteğine her zaman ihtiyaç duyduğum Ondokuz Mayıs Üniversitesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. Yasemin ŞİŞMAN hocama çok teşekkür ederim. Tez çalışmasında, Bernese v5.2 bilimsel GNSS yazılımının kullanılması konusunda destek veren Konya Teknik Üniversitesi(Selçuk Üniversitesi)'ne de ayrıca teşekkür ederim.

Akademiye geldiğim günden itibaren yardımlarını esirgemeyen oda arkadaşım Öğr. Görevlisi Hakan ERASLAN'a çok teşekkür ederim.

Desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, benim bu günlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan babam Ömer TÜRK, canım annem Rukkiye TÜRK'e ve sürekli yanımda olan kardeşlerim Büşra ile Emirhan'a da ayrıyeten teşekkür ederim.

Uzun süren bu yolculukta bütün yorgunluk ve çekilmez hallerime rağmen büyük bir sabır ve hoşgörüsüyle desteğini esirgemeyip bana olan inancını dile getiren yol arkadaşım, eşim Elif'e, bana güç veren tatlı ve enerjik kızım Ebrar' a ve eşimin ailesine çok teşekkür ederim.

EMRE TÜRK

1 Aralık 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖN SÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	7
2.1. GNSS Sistemleri.....	7
2.1.1. GPS	7
2.1.2. GLONASS	10
2.1.3. GALILEO	11
2.1.4. BeiDou	11
2.1.5. IRNSS	12
2.1.6. QZSS.....	12
2.2. GNSS Ağları.....	12
2.2.1. Uluslararası GNSS ağı (IGS)	13
2.2.2. TUSAGA-Aktif Sistemi.....	15
2.3. RINEX (Receiver Independent Exchange)	18
2.4. Hız Kavramı.....	21
3. BERNESE 5.2 VERSİYONU GNSS YAZILIMI	23
3.1 BERNESE v5.2 GNSS Yazılımı Kullanıcı Klasörleri	26
3.1.1 DATAPool klasörü	26
3.1.2 CAMPAIGN52 klasörü.....	29
3.1.3 SAVEDISK klasörü	33
3.1.4 GPSUSER52 klasörü	34
3.2 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımında Ölçülerin Otomatik Değerlendirilmesi.....	34
3.2.1 RNX2SNX.PCF	35
3.3. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımında Hız Kestirimi	39
3.3.1. ADDNEQ2 yöntemi ile hız kestirimi.....	39

4. UYGULAMA.....	42
4.1. Çalışma Alanının Seçimi.....	42
4.2. IGS ve TUSAGA-Aktif Noktalarının Seçimi	43
4.3. Verilerin Elde Edilmesi.....	44
4.4. Kullanıcı Tarafından Oluşturulan Dosyalar	47
4.5. Verilerin Analizi	51
4.6. Analizlerin Değerlendirilmesi.....	64
5. SONUÇLAR	73
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

V_x, V_y, V_z

$D_{V_x}, D_{V_y}, D_{V_z}$

$m_{V_x}, m_{V_y}, m_{V_z}$

$m_{D_{V_x}}, m_{D_{V_y}}, m_{D_{V_z}}$

$T_{V_x}, T_{V_y}, T_{V_z}$

Açıklama

Yıllık Hız Vektörleri

Hız Bileşenleri Farkları

Ortalama Hatalar

Farkların Karesel Ortalama hataları

“T” Test Büyüklüğü Değerleri

Kısaltmalar

AB

ABB

ABD

ASCII

AIUB

ATL

BÖHNBÜY

BPE

BLQ

CBS

CRD

CLU

DGPS

DMİ

Açıklama

Avrupa Birliği

İstasyon Noktalarının Kısa Adları

Amerika Birleşik Devletleri

American Standard Code for Information
Interchange

Astronomical Institute of the University of Bern

Atmosferik gelgit Dosyası

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim
Yönetmeliği

Bernese Processing Engine

Okyanus Yükleme Katsayıları

Coğrafi Bilgi Sistemi

İstasyonların Koordinatlarının Dosyası

Çözümlemede Kullanılan Kümeler

Diferansiyel GPS

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

ED50	European Datum 1950
EKKY	En Küçük Kareler Yöntemi
GLONASS	Global Navigation Satellite System (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema)
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HGK	Harita Genel Komutanlığı
IGS	International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
KKTC	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
NASA	National Aeronautics and Space Administration
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NEQ	Küçültülmüş Ölçü Eşitlikleri
PLD	İstasyonların Hangi Tektonik Plakada Olduğunu Gösteren Dosya
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RMS	Root Mean Square
RNX2SNX	The Process Control File of Double Difference Solution
SINEX	Solution (Software/technique) INdependent EXchange Format
STA	İstasyonların Bilgi Dosyası
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA-Aktif	Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GNSS ağı
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GNSS ağı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VEL	İstasyonların Hızlarının Dosyası

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. IGS ağı nokta dağılımı (Anonim5, 2020).....	15
Şekil 2.2. TUSAGA-Aktif Projesi yönetim şeması	16
Şekil 2.3. TUSAGA-Aktif İstasyonları.....	17
Şekil 2.4. RINEX 3.01 versiyonu gözlem dosyası başlık bölümü.....	20
Şekil 2.5. RINEX 3.01 versiyonu gözlem dosyası veri kayıt bölümü	21
Şekil 3.1. Bernese Veri Tabanına kayıtlı olan kurumların yerleri (Anonim6, 2020).....	24
Şekil 3.2. Bernese v5.2 yazılımı ilk ekran görüntüsü	25
Şekil 3.3. Bernese v5.2 GNSS yazılımı kullanıcı klasörleri	26
Şekil 3.4. Datapool klasörü alt klasörleri.....	27
Şekil 3.5. Bernese v5.2 GNSS yazılımı kampanya oluşturma ekranı.....	30
Şekil 3.6. Bernese v5.2 GNSS yazılımı kampanya alt klasörleri	30
Şekil 3.7. Klasörlerde bulunması gereken dosyalar ve indirileceği siteler (Başçiftçi, 2017).....	33
Şekil 3.8. Bernese v5.2 GNSS yazılımı Savedisk klasöre alt klasörleri	34
Şekil 3.9. RNX2SNX.PCF ön hazırlık aşaması.....	36
Şekil 3.10. RNX2SNX.PCF Kutup ve yörünge bilgilerinin hazırlanması aşaması	36
Şekil 3.11. RNX2SNX.PCF Gözlem dosyalarının senkronizasyonu ve dönüşümü aşaması	37
Şekil 3.12. RNX2SNX.PCF Bazların elde edilmesi ve ilk çözüm yapılması aşaması	37
Şekil 3.13. RNX2SNX.PCF Faz başlangıç belirsizliklerinin çözümlemesi aşaması.....	38
Şekil 3.14. RNX2SNX.PCF Final çözümünün gerçekleştirilmesi aşaması.....	38
Şekil 3.15. RNX2SNX.PCF BPE' nin sonlandırılması ve sonuçların kaydedilmesi aşaması.....	39
Şekil 3.16. ADDNEQ2 hız kestirimi ekranına geçiş	40
Şekil 3.17. ADDNEQ2 ana ekranı.....	40
Şekil 3.18. ADDNEQ2 epok ve hız onay kutusu seçim ekranı	41
Şekil 4.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Anonim7, 2020)	43
Şekil 4.2. Çalışma alanı ve kullanılan istasyonlar	44
Şekil 4.3. TUSAGA-Aktif sitesi ana sayfası	46
Şekil 4.4. TUSAGA-Aktif 30sn rinex verileri indirme ekranı	46
Şekil 4.5. ABB dosyası örneği.....	47
Şekil 4.6. CRD dosyası örneği.....	48
Şekil 4.7. VEL dosyası örneği	48
Şekil 4.8. Bernese v5.2 ATL dosyası oluşturmada izlenecek yol.....	49
Şekil 4.9. ATL dosyası örneği	49
Şekil 4.10. BLQ dosyası örneği.....	50
Şekil 4.11. CLU dosyası örneği.....	50
Şekil 4.12. PLD dosyası örneği	50
Şekil 4.13. STA dosyası örneği	51

Şekil 4.14. Bernese v5.2 GNSS yazılımı ölçü günü seçim ekranı.....	53
Şekil 4.15. Bernese v5.2 GNSS BPE çözümü ekramı	53
Şekil 4.16. KAMN istasyonu 6 aylık hızların grafiği	56
Şekil 4.17. KAMN istasyonu 12 aylık hızların grafiği	57
Şekil 4.18. KAMN istasyonu 18 aylık hızların grafiği	58
Şekil 4.19. KAMN istasyonu 24 aylık hızların grafiği	60
Şekil 4.20. KAMN istasyonu 30 aylık hızların grafiği	61
Şekil 4.21. KAMN istasyonu 36 aylık hızların grafiği	63
Şekil 4.22. KAMN istasyonu 42 aylık hızların grafiği	64



ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. GPS uydu türleri	10
Çizelge 4.1. IGS ve TUSAGA-Aktif noktalarının genel bilgileri	44
Çizelge 4.2. Çözümlemede kullanılacak verilerin elde edilmesi.....	45
Çizelge 4.3. Kullanıcı tarafından oluşturulan dosyalar.....	47
Çizelge 4.4. RNX2SNX.PCF genel işlem sırası.....	52
Çizelge 4.5. Hız hesabı için seçilen günlerin kombinasyonu	54
Çizelge 4.6. KAMN istasyonu 6 aylık hızlar ve ortalama hataları	55
Çizelge 4.7. KAMN istasyonu 12 aylık hızlar ve ortalama hataları	56
Çizelge 4.8. KAMN istasyonu 18 aylık hızlar ve ortalama hataları	58
Çizelge 4.9. KAMN istasyonu 24 aylık hızlar ve ortalama hataları	59
Çizelge 4.10. KAMN istasyonu 30 aylık hızlar ve ortalama hataları	60
Çizelge 4.11. KAMN istasyonu 36 aylık hızlar ve ortalama hataları	62
Çizelge 4.12. KAMN istasyonu 42 aylık hızlar ve ortalama hataları	63
Çizelge 4.13. KAMN istasyonu 6 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	66
Çizelge 4.14. KAMN istasyonu 12 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	67
Çizelge 4.15. KAMN istasyonu 18 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	68
Çizelge 4.16. KAMN istasyonu 24 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	69
Çizelge 4.17. KAMN istasyonu 30 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	70
Çizelge 4.18. KAMN istasyonu 36 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	71
Çizelge 4.19. KAMN istasyonu 42 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$).....	72

1. GİRİŞ

Yeryüzü üzerindeki nokta konumlarının anlık ve post process olarak belirlenmesinde etkili olan saat düzeltmeleri, okyanus düzeltmeleri, uydu yörünge bilgileri, iyonosfer vb. çeşitli bilgileri sağlayan çok sayıda ağ bulunmaktadır. Bu ağları oluşturan kurum ve kuruluşlar, ağları sürekli kontrol edip, geliştirip koruma altına alarak ağların sürekliliği sağlamalıdır. Oluşturulan ve kontrol altında bulunan bu ağlar, yeryüzü üzerindeki noktaların hassas ve doğru bir şekilde konumlarını bulmada da aktif olarak kullanılmaktadır (Tekiç Rahmanlar, 2019). İlk olarak 1978’de GPS(Global Positioning System) uydusunun yörüngeye yerleştirilmesi ile bu alanda yapılan çalışmalar hızlı bir şekilde devam etmiştir. Yapılan çalışmalar ile birlikte farklı ülkelere ait uydu sistemleri geliştirilerek yörüngeye yerleştirilmiştir. Bu sistemlere genel olarak dünya üzerinde Global Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS: Global Navigation Satellite System) adı verilmiştir (Kahveci, 2009).

İlk başlarda askeri amaç için planlanan sistem geliştirilerek ve yaygınlaşarak sivil kullanıcıların çalışmalarına da katkı sağlamıştır. GNSS sistemleri ile global ve bölgesel olarak mühendislik çalışmalarında uzay ve uydu bazlı sistemler aktif olarak kullanılır. Yer yuvarının izlenmesi, incelenmesi ve bilinmeyen yerlerin keşifleri aktif bir şekilde yapılmaktadır. Uzaktan algılama, ulaşım ve navigasyon uygulamaları, coğrafi bilgi sistemleri(CBS) için veri toplama, çevre çalışmaları, jeodezik ölçmeler, tarım ve hidroloji vb. gibi farklı uygulama alanlarında verilerin belirli şartlarda toplanması, değerlendirilmesi ve çok sayıda kullanıcıya ulaşması için global bir izleme sistemi halindedir (Pektaş, 2010).

Birçok ülkede sürekli gözlem yapan GNSS ağları bulunmaktadır. Ülkemizde ise bu ağlara TUSAGA-Aktif(Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı) örnek verilebilir. TUSAGA-Aktif istasyon noktalarının yerlerinin belirlenmesinde zemin yapısı ve etrafındaki tesisler (elektrik, güvenlik, internet vb.) çok önemli rol oynamaktadır. Yapılan keşifler doğrultusunda istasyonlar arasındaki optimum mesafenin 100 km’den küçük olması, istasyon zemininin sağlam yerlerde olması, kullanan kişi veya kurumların yoğun olduğu

il veya ilçe merkezlerinde kurulması, haberleşme ve enerjiye uygun yerler seçilmesi, lojistik olarak destek sağlaması ve tektonik hareketlerin izlenmesine fayda sağlayacak yerler dikkate alınmıştır (Eren, 2009). Bu koşullara göre güncel olarak 4 tane Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde (KKTC) ve 154 tane ülkemizde olmak üzere toplamda 158 tane sabit GNSS istasyonu ile HGM ve TKGM' de analiz ve kontrol merkezleri bulunmaktadır. Günümüzde yapılan GNSS gözlemleri ile deformasyon analizleri yapılabilmektedir (Anonim1, 2020).

Deformasyon ölçmeleri, mühendislik ölçme faaliyetleri arasında büyük öneme sahiptir. Tektonik hareketlerin izlenmesinde GNSS ağı aktif rol oynamaktadır. GNSS ağına farklı zamanlarda gözlemler yapılarak deformasyon miktarları belirlenebilir. Bu amaçla hareketlerin belirlenmesinde nokta konumlarının doğruluğu çok önemlidir. Nokta konumlarının doğruluğuyla birlikte nokta hızlarına da yüksek hassasiyetle ulaşılabilmektedir. Nokta hızlarını elde ederken nokta konum doğruluğu ve zaman çok önemlidir. Elde edilen nokta hızlarından gerinim ve gerinim kuvvetleri hesaplanacaktır. Bununla birlikte tektonik açıdan yorumlar yapılabilecektir. Tektonik hareketlerinin doğru yorumlanabilmesi için gerinim ve gerinim kuvvetlerinin de analizlerinin hassas bir şekilde yapılması gerekir. Bu sebeple nokta hız doğrulukları yüksek olmalıdır. Bunun için de hızların hesaplanacağı nokta konumlarının doğruluğu ve zaman periyodu çok önemlidir. Son dönemdeki GNSS sistemlerindeki gelişmeler ile birlikte nokta konumlarının doğruluğu da oldukça artmıştır. Artan bu doğruluk ve zaman aralığının uygun seçilmesiyle nokta hızları ve doğrulukları önem kazanmıştır (Şafak, 2019).

Bütün bilgiler ışığında hız kavramı oldukça önemli bir hale gelmiştir. Bu konuda ulusal ve uluslararası alanda yapılmış çok sayıda bilimsel çalışma vardır. Bu çalışmalar incelenerek bazılarının kısa özeti aşağıda verilmiştir.

Johnson ve Agnew (1995), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, istasyonların tesis şekillerinin hız belirsizliklerine olan etkisi araştırılmıştır. Yaptıkları bir çalışmadaki hızlara etki eden yapay gürültü miktarları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ise zamana bağlı olarak korelasyon yok sayılırsa bu gürültülerin hızlara etkisinin çok az olduğu tespit edilmiştir. Bu etkilerin ölçü süresine bağlı bir şekilde yok edilebileceği ifade edilmiştir.

King ve ark. (1995), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, 1991 ile 1994 yılları arasında verileri elde edilen CGNSS(Kuzey Kaliforniya Sürekli Gözlem Yapan GNSS Ağı)'i incelenmiştir. Hızları elde ettikten sonra hızlara etki eden gürültü miktarları tespit edilememiştir. Bunun sebebinin ise verilerin kısalığından kaynaklandığını uzun zamanlı serilere bakılması gerektiği ifade edilmiştir.

Blewitt ve Lavalley (2002), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, levha hareketleri ve referans çerçeveleri için yüksek doğruluktaki sahaların hızlarının tahmini önemli ölçülerde belirlenebilir olduğunu açıklanmıştır. Hızlar yıllık ve yarım yıllık harmoniklerle tahmin edilebilir. Hız kestiriminde hatalardan kurtulabilmek için veri uzunluğunun 4.5 yıldan fazla olması gerektiğini savunulmuştur. Ayrıca 2.5 yılın altında olan hız tahminlerinin kabul edilemez derecede olduğu ve hız tahminlerinin iyileştirilemeyeceği açıklanmıştır. Tektonik yorumlamalara yönelik hız tahminlerinin yapılabilmesi için 2.5 yıldan daha kısa süreli verilerin analiz edilmemesi önerilmiştir.

Herring (2003), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, tektonik hareketlerden bahsedilmiş ve tektonik hareketler sonucunda plaka hareketlerinin belirlenmesinin nasıl yapılacağına değinilmiştir. Ayrıca plaka hareketlerinin belirlenmesinde sürekli gözlem yapan GNSS istasyonlarından yararlanıldığından bahsedilmiştir.

Williams (2003a, b), tarafından hazırlanan uluslararası makalelerde, sabit GPS ağlarında hız alanlarının yaygın olarak kullanıldığını ifade edilmiştir. Hız alanlarının belirlenmesinde zaman serilerinin offset durumunda olması farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Birleşenlerin veri setlerinin analizinde her iki yılda bir offset oluşacak şekilde gerçekleşmiş ve offset değerinin dokuz yılda meydana geldiği açıklanmıştır. Ayrıca hızların elde edilmesinde yararlanılan eşitliklerden bahsederek daha önce yapılan jeodezik sonuçlarla eşitliklerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Simav ve ark. (2004), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, Avrupa Deniz Seviyesi Araştırma Altyapısı (ESEAS-RI) projesi kapsamında SGPS(Sabit Global Konumlandırma Servisi) istasyonları 5 yıllık zaman serileri ile analiz edilmiştir. Analiz işlemlerinde GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımı kullanılmıştır. SGPS istasyonlarının

hızlarının belirlenmesinde en uygun veri uzunluğunu belirlemek için çalışma yapılmıştır. Hızların değişimleri için 0.1mm, 0.05mm ve 0.03mm olacak şekilde 3 farklı kriter kullanılmış ve zaman serilerine 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42 ve 48 aylık sekiz farklı dönemde analiz gerçekleştirilmiş ve sonuçları incelenmiştir. Sonuç olarak 0.03mm'lik hız değişiminin kuzey ve doğu birleşeni için 24-30 ay, yükseklik birleşeni için yaklaşık 24-36 aydan sonra daha küçük değişimler gösterdiği açıklanmıştır.

Kontny ve ark. (2009), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, nokta hızları hakkında bilgi verilerek hız tahminleri için İsviçre'nin Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsünde (AIUB: Astronomical Institute of the University of Bern) geliştirilen Bernese programını kullanılmıştır. Hız tahmininde Bernese programı alt modülü olan ADDNEQ'yü açıklayıp hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışmasındaki bölge için koordinat ve hızları tespit edilip sonuçları paylaşılmıştır.

Kurt (2009), tarafından hazırlanan doktora tezinde, çalışma istasyonu olarak ülkemizde bulunan altı adet IGS istasyonu seçilmiştir. Seçilen bu noktadaki veriler zaman serileri ile araştırılıp ortaya konmuştur. Zaman serilerinden yararlanarak kampanya tipi GPS hızlarının iyileştirilmesini araştırılmıştır. Analizlerde GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımını kullanılmıştır.

Kurt ve Deniz (2009), tarafından hazırlanan ulusal makalede, kampanya tipi GPS gözlemlerinden bahsedilmiş ve daha gerçekçi hızlara nasıl ulaşılabileceğine dair bir yaklaşım önerilmiştir. 6 sabit GPS istasyonu kullanmış olup elde edilen verilerle zaman serileri analizine hazır hale getirilmiştir. İstasyonlarda 6 aylık ve senelik etkilerin etkin olduğu vurgulanmıştır. Hız alanının iyileştirilmesi için bu etkilerin TUTGA hızlarına ilave edilebileceği bir algoritma geliştirilmiştir.

Yıldız ve ark. (2009), tarafından hazırlanan ulusal bildiride, hız birleşenlerinin belirlenmesinde en uygun sürenin hangisi olduğuna dair bir çalışma yapılmıştır. KAF(Kuzey Anadolu Fay Hattı) üzerinde çalışma yapılarak yüksek hassasiyetli jeodezik çalışmalarda kullanılacak hızlar için en uygun süre belirlenmiştir. Yaptığı çalışmadaki kampanyalara ait hızlar belirlenmiş ve yorumlanmıştır.

Tiryakioğlu ve ark. (2010), tarafından hazırlanan ulusal makalede, 12 farklı TUSAGA-Aktif istasyonu ile 12 adet IGS istasyonu kullanılarak Güneybatı Anadolu Bölgesinde tektonik hareketlerin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Elde edilen veriler 2, 8, 12 ve 24 saatlik veri gruplarına ayrılarak GAMIT/GLOBK ile değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçların ölçü sürelerinin farklı olduğundan kaynaklandığı ortaya konulmuştur.

Bos ve ark. (2010), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, 4 adet sürekli gözlem yapan GNSS istasyonu için zaman serileri kullanılarak koordinat ve hızları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda mevsimsel etkilerin olduğu görülüp bu etkilerin nelerden kaynaklandığı açıklanmıştır. İstasyonlar için mevsimsel etki bulunan zaman serileri ile mevsimsel etki bulunmayan zaman serileri kullanılarak aralarındaki fark incelenmiştir. Ayrıca geliştirdikleri bir yöntem ile GPS sinyallerindeki mevsimsel etkilerin çıkarılabileceği görülmüştür.

Samtamaria- Gomez ve ark. (2011), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, hız tahmini için koordinat zaman serisinin zamanla olan ilişkisine yoğunlaşmıştır. 2.5 yıldan 13 yıla kadar zaman serilerinin çözümlemesi yapılmıştır. 275 adet istasyonun belirlenen periyotlarda hız değerlerini bulmak için analiz gerçekleştirilmiştir. Verileri çözümlerken korelasyonlu ve korelasyonsuz olarak değerlendirip hız tahmininde korelasyonsuz veriler dikkate alındığında dört beş kat daha büyük olduğu görülmüştür.

Aktuğ ve ark. (2011), tarafından yapılan ulusal bildiride, TUSAGA-Aktif projesinin tanıtımı yapılarak ağda bulunan istasyonların koordinat ve hızları hesaplayarak ve ilk analiz sonuçları bildirilmiştir.

Dmitrieva ve ark. (2015), tarafından hazırlanan uluslararası makalede, Amerika Birleşik Devleti'nde (ABD) hız belirsizlikleri incelenmiştir. ABD'nin bulunduğu konum itibarıyla iç kesimlerde fazla hareket olması ve sabit plakaların çok az olmasından dolayı hız belirsizliklerinin 10 yıllık veriler ile 0.7 mm/yıl olarak hesaplandığı açıklanmıştır.

Özdemir (2016), tarafından hazırlanan ulusal makalede, harita genel komutanlığı tarafından yayınlanan TUSAGA ve TUSAGA-Aktif istasyonlarının hassas koordinat ve hızları değerlendirilerek sonuçlar ortaya koyulmuştur. İstasyonlar için performans analizleri gerçekleştirilerek problemli olanlar tespit edilmiştir. Koordinat, hızlar ve belirsizlikler ITRF2008 sisteminde tanımlanmıştır. Daha sonra tanımlanan hızlar, güncel hızlarla uyumlu olması açısından ITRF1996 sisteminde ifade edilerek yayımlanmıştır.

Kurt (2017), tarafından hazırlanan ulusal bildiride, ülkemizde bulunan TUSAGA-Aktif istasyonlarının koordinat ve hızları zaman serileri ile hesaplanmıştır. Sonuçlar incelenerek istasyonlardaki gürültü çeşitlerinden bahsedilmiştir.

Bülbül (2018), tarafından hazırlanan doktora tezinde, çalışma bölgesi seçilerek bölgede bulunan TUSAGA-Aktif verilerinin analizinde Bernese Bilimsel GNSS yazılımı kullanılmış, ADDNEQ modülü ile ITRF96 2005.00 ölçü epochunda koordinat ve hız birleşenleri hesaplanmıştır. Nokta hızlarının belirlenmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar açıklanmıştır.

Kurt ve ark. (2020), tarafından hazırlanan ulusal makalede, TUTGA güncel koordinat ve hızlarının yeniden hesaplanması üzerine bir çalışma yapılmıştır. 1992 ile 2019 yılları arasında GNSS verileri dengelenerek 654 adet TUTGA noktasının koordinat ve hızlarının tekrar hesaplanması amaçlanmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde GAMIT/GLOBK bilimsel yazılımı kullanılmıştır. Çözümleri ITRF2014 referans sisteminde elde edilip 14 parametrelili Helmert dönüşümü uygulanarak ITRF96 2005.00 epochuna dönüştürülmüştür. Elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla karşılaştırılarak farklar yorumlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. GNSS Sistemleri

Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS), uzay ve zamanda konumlarını yayımlayan Dünya yörüngesindeki uydu takımlarını, yer kontrol istasyonlarının ağlarını ve trilaterasyon ile yer konumlarını hesaplayan alıcıları içermektedir. Bu sistem üç bölümden oluşur; uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümü. GNSS, uzay istasyonları, havacılık, deniz yolu, demir yolu, karayolu ve toplu taşıma gibi tüm ulaşım sistemlerinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte konumlandırma, navigasyon, telekomünikasyon, arazi etüdü, kanun yaptırımı, acil durum müdahalesi, hassas tarım, madencilik, finans, bilimsel araştırma ve benzeri alanlarda kritik bir rol oynar.

Günümüzde GNSS, Amerika Birleşik Devletleri'nin Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS), Rusya Federasyonu'nun Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GLONASS) ve Avrupa'nın Avrupa Uydu Navigasyon Sistemini (GALILEO) olmak üzere üç tam işlevsel küresel sistemi ve ayrıca gelişmekte olan küresel ve bölgesel sistemleri, yani Çin'in COMPASS / BeiDou, Hindistan'ın Bölgesel Navigasyon Uydu Sistemi (IRNSS) ve Japonya'nın Quasi-Zenith Uydu Sistemi (QZSS)' ni içermektedir.

Tüm bu küresel ve bölgesel sistemler tamamen işlevsel hale geldiğinde, kullanıcılar 100'den fazla uydudan konumlandırma, navigasyon ve zamanlama sinyallerine erişebilecektir (Birleşmiş Milletler, 2012).

2.1.1. GPS

GPS, ABD Hava Kuvvetleri tarafından geliştirilerek işletilmektedir. GPS uyduları sivil ve askeri kullanıcılara hizmet vermektedir. Sivil hizmet, dünya çapında sürekli olarak tüm kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır. Askerlik hizmeti, ABD ve müttefik silahlı kuvvetlerin yanı sıra onaylanan devlet kurumları tarafından kullanılabilir. GPS' in nominal takımları, ekvatora 55° eğimli altı eşit aralıklı yörünge düzleminde 24 uydudan oluşmaktadır. Her düzlem, yerden yaklaşık 20200 km yükseklikte ve yörünge periyodu 11 saat 58 dakika olan dairesel bir yörüngeye yerleştirilen dört uydu içermektedir. Bu

nominal takımlar, günün herhangi bir saatinde en az dört uydu ile küresel yakınsama sağlamaktadır.

Yapılan çalışmalar ve gelişmeler sonucunda çok sayıda GPS uydusu türü üretilmiştir. Bunlar Blok I, Blok II, Blok IIA, Blok IIR, Blok IIR-M, Blok IIF ve Blok III uydularıdır. 11 adet Blok I uydusu 1978 ile 1985 yılları arasında fırlatılmıştır. Bu uyduların ömürleri yaklaşık 4.5 yıl olup konumlandırma hizmetlerini, sadece 3 veya 4 gün boyunca kontrol bölümü ile herhangi bir temas olmaksızın sağlayabilirler. L1 frekansında C/A kodu olarak adlandırılan bir sivil kodu ve hem L1 hem de L2 frekanslarında P kodu olarak adlandırılan bir askeri kodu iletirler. L1 ve L2 frekansları sırasıyla 1575,42 MHz ve 1227,60 MHz' dir.

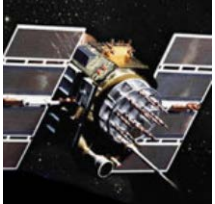
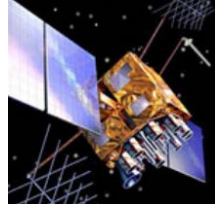
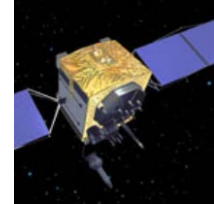
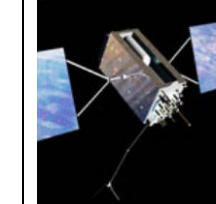
İlk Blok II uydusu 14 Şubat 1989'da fırlatılmıştır. Bu uyduların ömürleri yaklaşık 7.5 yıl olup kontrol bölümü ile herhangi bir temas olmaksızın 14 gün boyunca konumlandırma hizmetlerini sağlayabilirler. İlk Blok IIA uydusu 26 Kasım 1990' da fırlatıldı (A gelişmiş anlamına gelmektedir). Kontrol bölümü ile herhangi bir temas kurmadan 180 gün boyunca konumlandırma hizmeti verebilmektedirler. İlk Blok IIR uydusu 23 Temmuz 1997'de başarıyla fırlatılmıştır (R, değiştirmeyi ifade eder). Bu uyduların ömürleri yaklaşık 7.5 yıldır ve yörüngelerini otonom olarak belirleyebilme ve kendi navigasyon mesajlarını oluşturabilme özelliği sayesinde yörünge doğruluğunda herhangi bir bozulma olmadan ve kontrol bölümü ile herhangi bir temas kurmadan yaklaşık 6 ay boyunca konumlandırma hizmetlerini sağlayabilirler. Aralarındaki mesafeleri ölçebilir ve gözlemlerini diğer uydulara veya kontrol bölümüne iletebilirler.

İlk Blok IIR-M uydusu 25 Eylül 2005'te fırlatılmıştır (M, modernize edildiğini gösterir). Önceki uydu türleriyle karşılaştırıldığında Blok IIR-M uyduları, iyonosferik etkilerin azaltılmasına izin veren L2 frekansında L2C kodu olarak adlandırılan yeni bir sivil kod ve ayrıca gelişmiş doğruluk ve gelişmiş şifreleme için hem L1 hem de L2 frekanslarında M kodu olarak adlandırılan yeni bir askeri kod iletir. GPS modernizasyon süreci Blok IIR-M uydusu ile başlamıştır. İlk Blok IIF uydusu 28 Mayıs 2010'da fırlatılmıştır (F, devamı anlamına gelir). Önceki uydu türleriyle karşılaştırıldığında Blok IIF uyduları, yaşam güvenliği uygulamaları için 1176,45 MHz korumalı olan yeni bir L5 frekansında

L5C olarak bilinen yeni bir sivil kod iletir. Bu uyduların ömrü yaklaşık 12 yıldır. Blok III uyduları, GPS modernizasyonunun ilki 2018’de fırlatılan günümüzdeki son aşamasıdır. Blok-III uyduları, uluslararası GNSS ile birlikte çalışmak için L1’de L1C kodu olarak adlandırılan dördüncü bir sivil kodu iletmektedir. Ömrü de daha uzun olacaktır (Bayram, 2016).

GPS zamanı (GPST), ABD Deniz Gözlemevi tarafından geliştirilen 6 Ocak 1980 UTC (USNO) saatiyle 00.00.00 referans epoğundan başlayarak eş güdümlü evrensel zamanda (UTC) artış gösterir ve artık saniye düzeltmeleri olmaksızın sürekli bir atomik zaman ölçeğindedir. GPS, uydu anten faz merkezlerinin konumu için World Geodetic System-84 (WGS-84) referans sistemini kullanır (Hofmann-Wellenhof ve ark. 2001). 13 Kasım 2020 itibariyle, GPS uydu takımlarında, hizmet dışı bırakılmış olanlar hariç toplam 30 operasyonel uydu vardır (Çizelge 2.1) (Anonim2, 2020; Koca ve Ceylan, 2018).

Çizelge 2.1. GPS uydu türleri

Eski Teknoloji Uydular		Modernize Edilmiş Uydular		
				
Blok IIA	Blok IIR	Blok IIR-M	Blok IIF	GPS III/IIIF
0 Operasyonel	8 Operasyonel	7 Operasyonel	12 Operasyonel	3 Operasyonel
➤ Sivil kullanıcılar için L1 frekansında (C/A) kodu ➤ Askeri kullanıcılar için L1 ve L2 frekanslarında hassas P (Y) kodu ➤ 7,5 yıllık tasarım ömrü ➤ 1990-1997'de fırlatıldı. ➤ Sonuncusu 2019'da hizmet dışı bırakıldı.	➤ L1'de C/A kodu ➤ L1 ve L2'de P (Y) kodu ➤ Yerleşik saat gözleme ➤ 7,5 yıllık tasarım ömrü ➤ 1997-2004'te fırlatıldı.	➤ Tüm eski sinyaller ➤ L2'de 2. sivil sinyal (L2C) ➤ Yeni askeri M kodu sinyalleri ➤ Askeri sinyaller için esnek güç seviyeleri ➤ 7,5 yıllık tasarım ömrü ➤ 2005-2009'da fırlatıldı.	➤ Tüm Blok IIR-M sinyalleri ➤ L5 frekansında 3. sivil sinyal (L5) ➤ Gelişmiş atomik saatleri ➤ İyileştirilmiş doğruluk, sinyal gücü ve kalite ➤ 12 yıllık tasarım ömrü ➤ 2010-2016'da fırlatıldı.	➤ Tüm Blok IIF signals ➤ L1'de 4. sivil sinyal (L1C) ➤ Gelişmiş sinyal güvenilirliği, doğruluğu ve bütünlüğü ➤ Seçici Kullanılabilirlik Yok ➤ IIIF: lazer reflektörler ➤ 15 yıllık tasarım ömrü ➤ İlki 2018'de fırlatıldı.

2.1.2. GLONASS

Rusya, 1993 yılında uydu navigasyon sistemi olan GLONASS'ı faaliyete geçirdi. Rus Askeri Uzay Kuvvetleri tarafından işletilmekte ve geliştirilmektedir. Başlangıçta 12 uydudan oluşan takımlar kullanıldı ancak 1995'te bu, sürekli olarak yörüngede olan 24 uyduya yükseltildi. GLONASS' ın nominal takımları, ekvatora 64,8° eğimli üç eşit aralıklı yörünge düzleminde çalışan 24 uydudan oluşmaktadır. Her düzlem, yerden yaklaşık 19100 km yükseklikte ve yörünge periyodu 11 saat, 15 dakika ve 44 saniye olan dairesel bir yörüngeye fırlatılan sekiz uydu içerir.

GLONASS-M olarak adlandırılan ve M'nin modernize anlamına geldiği ikinci nesil GLONASS uyduları 2001 yılında yörüngeye fırlatılmıştır. Bu uyduların kullanım ömürleri yaklaşık 7.5 yıla çıkarılmıştır. Bu uydular, L2 frekans bandında yeni bir sivil kod iletir. GLONASS-K olarak bilinen ilk üçüncü nesil GLONASS uyduları, 26 Şubat 2011'de daha uzun bir ömürle kullanıma başlanmıştır. GLONASS-K uyduları, yeni L3 frekans bandında yeni bir sivil kod iletir. GLONASS-K sinyali, her bir uydunun GPS ve Galileo'ya benzer şekilde aynı frekansta farklı bir kod ilettiği Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) tekniğini izler. GLONASS uydu takımları, 8 Aralık 2011'de tam yörünge kapasitesine ulaşmıştır. GLONASS zamanı (GLONASS-T) sürekli bir atomik zaman ölçeğinde değildir. UTC ile eş zamanlı olarak artık saniye düzeltmelerini gerektirir (Anonim3, 2020).

2.1.3. GALILEO

Galileo, Avrupa Birliği'nin Küresel Uydu Navigasyon Sistemi'dir (GNSS). Galileo sivil kontrol altında otonom bir sistemdir ancak aynı zamanda mevcut uydu navigasyon sistemleriyle birlikte çalışabilir. 21 Ekim 2011'de Galileo için ilk iki operasyonel uydu fırlatılmıştır. Sistem tamamlandığında 30 uydudan oluşacaktır. Şu anda ise Galileo uydu takımları 26 uydudan oluşmaktadır. Ayrıca, Galileo benzersiz bir küresel arama ve kurtarma (SAR) işlevi sağlayacaktır (Anonim4, 2020).

2.1.4. BeiDou

Çin Halk Cumhuriyeti, deniz araçlarında navigasyonu sağlamak amacıyla 1983 yılında uydu sistemleri kurmaya başlamıştır. Çin Ulusal Uzay Dairesi tarafından yönetilen ve 1994 yılında temelleri atılan BeiDou uydu konumlandırma sisteminin ilk uydusu Ekim 2000 tarihinde fırlatılmıştır. Mevcut olarak bulunan BeiDou – 1 sistemi kısıtlı uygulama ve kapsama alanına sahip olup dört uydudan oluşmaktadır. Ancak son nesil olarak 2018'de başlatılan küresel bir etki alanına sahip olması hedeflenen BeiDou – 3 uyduları geliştirilmekte ve kendi bünyesinde 35 tam işlevsel uydu ile tamamlanması beklenmektedir (Kaynarca, 2008; Tekiç Rahmanlar, 2019).

2.1.5. IRNSS

Sistem, Hindistan Uzay Araştırma Organizasyonu tarafından oluşturulup yönetilmektedir. Uzay bölümü 7 adet operasyonel uydudan oluşmaktadır. 4 tanesi yaklaşık olarak 35786 km yüksekliğinde, eğik jeosenkronize yörüngede, 3 tanesi de yaklaşık olarak 24000 km yüksekliğinde yer merkezli yörüngede konumlandırılmıştır (Kaynarca, 2008).

2.1.6. QZSS

Sistem, Japonya Havacılık Araştırma Ajansı(JAXA) tarafından geliştirilip yönetilmektedir. Yörünge bölgesinde bulunan GPS sistemini geliştirmesi amacıyla 3 adet uydu bulunduracak şekilde planlanmıştır. Kasım 2018 tarihinden bu zamana 4 uydudan oluşmak üzere devam etmektedir (Kaynarca, 2008; Tekiç Rahmanlar, 2019).

2.2. GNSS Ağları

Yeryüzü üzerindeki nokta konumlarının anlık ve post process olarak belirlenmesinde etkili olan, saat düzeltmeleri, okyanus düzeltmeleri, uydu yörünge bilgileri, iyonosfer gibi çeşitli bilgileri sağlayan ağlar bulunmaktadır. Bu ağları oluşturan kurum ve kuruluşlar, ağları sürekli kontrol edip, geliştirip, koruma altına alarak sürekliliğini sağlamaktadır. Oluşturulan ve kontrol altında bulunan bu ağlar, yeryüzü üzerindeki noktaların hassas ve doğru bir şekilde konumlarını tespit etmede de aktif olarak kullanılmaktadır.

Yeryüzü üzerindeki noktaların konumlarının bulunmasında, söz konusu ağlardan faydalanılarak çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Mühendislik amaçlı ölçmeler, deprem ile ilgili çalışmalar, kadastro ölçmeleri, jeodezik ölçmeler vb. gibi uygulamalarda kullanılan ağlar pasif GNSS ağları (Örn. TUTGA – Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı) olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle bağımlı olmayan noktalardan oluşan ve istenildiğinde üzerine alet kurulup ölçüm yapılan noktalar olarak tanımlanır. Bu ağlara yapılan ölçmeler sonucu elde edilen veriler, büro ortamında çeşitli ticari ve bilimsel yazılımlar ile değerlendirilip konum ve hız bilgileri yüksek doğrulukta hesaplanır.

Günümüzde yapılan gerçek zamanlı uygulamalarda ise bu ağların aktif olması gerektiği görülmektedir. Aktif GNSS ağlarında verilerin hesaplanması ve arşivlenmesi gerekir. Bununla birlikte iyonosfer, saat düzeltmeleri uydu yörünge bilgileri vb. gibi konum düzeltme bilgileri farklı iletişim araçları ile kullanıcılara ulaştırılmaktadır. Bu şekilde olan ağlara genel olarak ‘Gerçek Zamanlı GNSS Ağı’ olarak tanımlanan aktif ağlar adı verilir (Kahveci, 2009).

Sorumlu olan kurum ve kuruluşlar tarafından oluşturulan bu ağlar başta haritacılık olmak üzere askeri ve sivil kullanıcılar tarafından aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Bu ağlardan faydalanarak günümüzde sürekli ve anlık gözlem yapan ülke jeodezik ağları olan sabit GNSS (CORS) ağları kullanılarak oluşturulmuştur. Bununla birlikte haritacılık dışında diğer alanlarda da sabit ağların kullanımı artmaktadır ve ülkeler farklı amaçlar için de kullanılmak üzere sabit GNSS ağlarını kurma yönünde çalışmalar yapmaya başlamıştır (Kahveci, 2009).

Yüksek doğrulukta ölçme, jeodezi, navigasyon, meteoroloji, jeodinamik vb. çok amaçlı alanlarda aktif ve anlık olarak kullanılan sabit GNSS ağları çok önemlidir. Bu ağlara örnek olarak uluslararası kullanılan IGS ve ülkemizde de bölgesel olarak kullanılan TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit Ana GNSS Ağı-Aktif) ağları verilebilir (Kahveci, 2009; Bülbül, 2018).

2.2.1. Uluslararası GNSS ağı (IGS)

1980’li yıllarda çeşitli araştırma ekiplerince geliştirilen alıcıların ticaretinin yapılabilmesi ve yaygınlaşması GPS istasyonlarının kurulmasında maliyeti düşürdüğünden dolayı GPS sistemine kolay erişimi sağlamıştır. Bununla birlikte 1980’li yılların sonlarından bu zamana ABD’ye ait GPS uyduları Dünya üzerinde global ve bölgesel olarak araştırmalarda büyük bir rol oynamaktadır. GPS sisteminin gelişmesi ve kullanımının artmasıyla birlikte dünya üzerinde farklı bilim adamları uluslararası standartlarda kullanılmak üzere GPS verilerinin ölçülmesi ve analizi için büyük uğraş vermişlerdir (Şanlıoğlu ve İnal, 2004; Tekiç Rahmanlar, 2019).

Bu uğraşların bir parçası olarak Uluslararası GPS Servisi (International GPS Service for Geodynamics, IGS) 1993 yılında Uluslararası Jeodezi Birliği (International Association of Geodesy IAG) tarafından resmen tanınmıştır ve 1 Ocak 1994'te jeodezik ve jeofizik araştırmalara destek verecek şekilde izleme verileri, GPS yörüngeleri ve diğer ürünleri sağlamak maksadıyla genel çalışmalara başlamıştır (Zumberge ve ark., 1994; Şanlıoğlu ve İnal, 2004).

IGS' in temeli 100'den fazla ülke ile 200'den fazla kendi kendini finanse eden kurum, üniversite ve araştırma ekiplerince araştırmalar ve çalışmalar yaparak GNSS ile ilgili ticari ve bilimsel uygulamaların ilerlemesine katkı sağlamaktır. Bilimsel alanlarda ilerleme ve kamu yararı için mevcut en yüksek hassasiyete sahip verilere ücretsiz ve açık bir şekilde erişim sağlar. Bu veriler, küresel ekonominin neredeyse tüm kuruluşlarında milyonlarca kullanıcıya dokunan çok çeşitli uygulamaları destekler (Zumberge ve ark. 1994).

IGS'nin sağladığı ürünler;

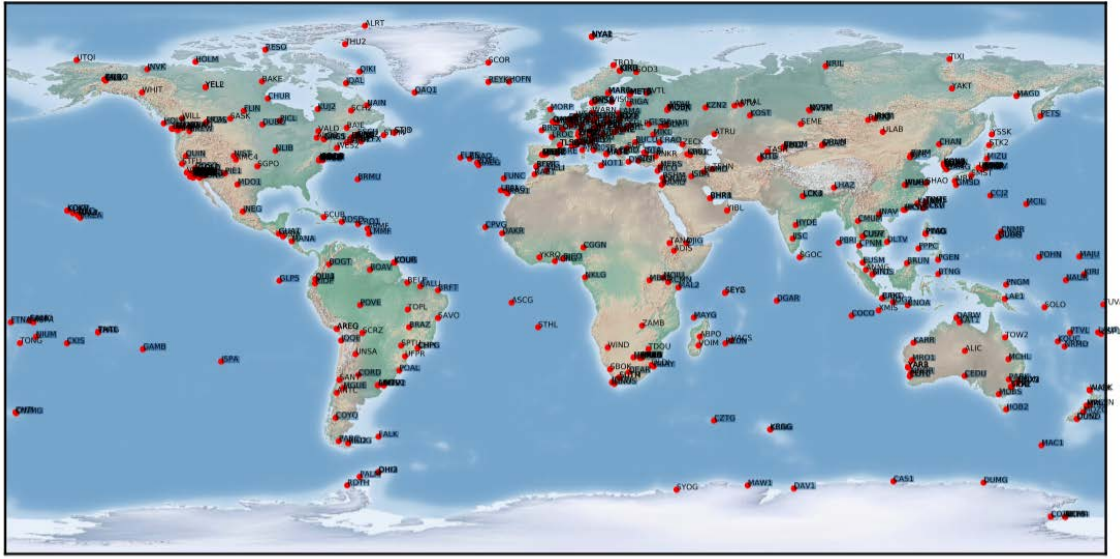
- GNSS uydu bilgileri
- Dünya dönüş parametreleri
- Küresel izleme istasyonlarının koordinat ve hızları
- Uydu ve izlenen istasyonların saat bilgisi
- Zenit troposferik yol gecikme tahminleri
- Küresel iyonosferik haritalar olarak sıralanabilir.

Bu ürünler aşağıda maddeler halinde verilen yer bilimi için yapılan bilimsel çalışmaları gerçekleştirmektedir.

- Uluslararası Yersel Referans Çerçevesi (ITRF: The International Terrestrial Reference Frame) ve Uluslararası Avrupa Referans Çerçevesi (IERS: International Earth Rotation and Reference Systems) gibi referans sistemlerinin iyileştirilmesi ve genişletilmesi
- Dünyanın deformasyonunun izlenmesi
- Dünyanın dönüşünün izlenmesi
- Troposfer ve iyonosferin izlenmesi

- Bilimsel ve diğer amaçlı gönderilen uyduların yörüngelerinin belirlenmesidir (Anonim5, 2020).

IGS istasyonları; tüm dünya üzerinde planlanmış şekilde dağılmış, konumları hassas bir şekilde bilinen, sürekli gözlem yapan ve ülkemizde de 6 adet bulunan 506 istasyondan oluşmaktadır (Şekil 2.1).

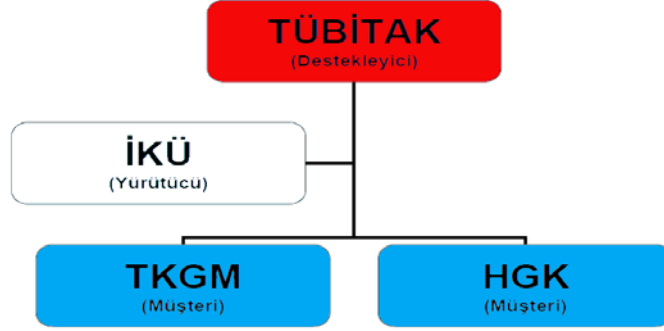


Şekil 2.1. IGS ağı nokta dağılımı (Anonim5, 2020)

2.2.2. TUSAGA-Aktif Sistemi

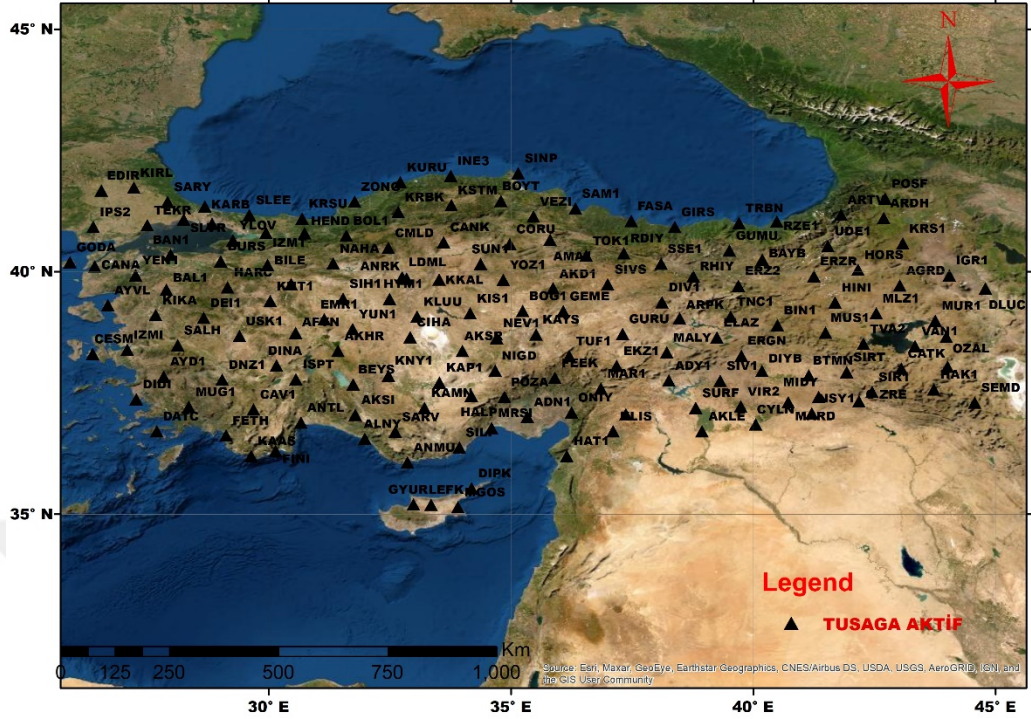
Sürekli Gözlem Yapan GPS istasyonları Ağı (TUSAGA-Aktif) sistemi; 10 Mart 2005’ te Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından başlatılan 1007 kodlu “Kamu Kurumları Araştırma ve Geliştirme Projelerini Destekleme Programı” kapsamında gelişmiştir. Bu destekleme programı doğrultusundaki hedeflerden yola çıkılarak Ağ-RTK prensibi ile çalışan sabit GPS istasyonlarının kurulması İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) tarafından önerilmiştir. Yürütücülüğünü İKÜ’ nün yaptığı Harita Genel Müdürlüğü (HGM) ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü(TKGM)’nün müşteri olarak katıldığı bu proje; jeodezik ve kadastral ölçmeler gibi haritacılık ile navigasyon, meteorolojik vb. gibi diğer alanlarda da kullanılmak üzere oluşturulan ve 24 saat gözlem yapılan sabit GNSS sistemidir. TÜBİTAK tarafından desteklenen iki yıl süreli bu proje 8

Mayıs 2006 yılında imzalanarak Aralık 2008 tarihiyle birlikte tamamlanıp faaliyete geçirilmiştir. Faaliyete geçen proje 2009 yılında TÜBİTAK'ın onayıyla HGM ve TKGM'ye devredilmiştir (Yıldırım ve ark., 2007; Aktuğ ve ark., 2011).



Şekil 2.2. TUSAGA-Aktif Projesi yönetim şeması

TUSAGA-Aktif istasyon noktalarının yerlerinin belirlenmesinde zemin yapısı ve etrafındaki tesisler (elektrik, güvenlik, internet vb.) çok önemlidir. Yapılan keşifler doğrultusunda istasyonlar arasındaki optimum mesafenin 100 km'den küçük olması, zemini sağlam yerlerde olması, kullanan kişi veya kurumların yoğun olduğu il veya ilçe merkezlerinde kurulması, haberleşme ve enerjiye uygun yerler seçilmesi, lojistik olarak destek sağlaması ve tektonik hareketlerin izlenmesine fayda sağlayacak niteliklere sahip yerler dikkate alınmıştır. Bu koşullara göre güncel olarak 4 tane Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde (KKTC) ve 154 tane ülkemizde olmak üzere toplamda 158 tane sabit GNSS istasyonu ile HGM ve TKGM' de analiz ve kontrol merkezleri bulunmaktadır. Sabit GNSS istasyonların dağılımı Şekil 2.3'de gösterilmiştir (Eren ve ark, 2009; Yıldırım ve ark.2011; Cankurt ve ark. 2019).



Şekil 2.3. TUSAGA-Aktif İstasyonları

TUSAGA-Aktif sabit GNSS istasyonları tesis edilecek bölgeye göre farklılık göstermektedir. Bütün etkenler göz önüne alındığında toprak zemin olan yerlerde beton yer pilyesi, teras ve çatı olan yerlerde büyük çaplı galvaniz kaplı çelik pilyeler olmak üzere iki türlü zemin tesisi yapılmasına karar verilmiştir. Bütün bunların neticesinde sabit istasyonlar Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tesislerinde, üniversiteler gibi eğitim-öğretim kurumlarında, belediyelerde, Kadastro-Tapu Sicil Müdürlüklerinde ve kamu kurum veya kuruluşlarında bulunan bina veya arazilere tesis edilmiştir (Eren ve ark., 2009; Bülbül, 2018; Cankurt ve ark., 2019).

TUSAGA-Aktif sistemi ile birlikte kullanıcılara statik ve gerçek zamanlı yöntemlerden (Real Time Kinematic (RTK) ve Differential GPS (DGPS)) yararlanılarak düzeltme verisi ile istasyonlara ilişkin 1 saniye ve 30 saniye aralıklı RINEX verileri verilmektedir. Bu verilerin elde edilmesi için www.tusaga-aktif.gov.tr internet adresinden web portalına kayıt olunmalıdır. Kayıt işlemi gerçekleştirildikten sonra istenilen ürünler belirli ücret karşılığında temin edilebilir. Sistem, GPS alıcıları ile yeni alıcıları etkin kullanma olanağı sunup duyarlı koordinat belirlemeye hızlı ve ekonomik şekilde imkân verecektir. Aynı

zamanda 7 gün 24 saat tekniğine dayalı olarak hizmet verecek ve hassas koordinatların elde edilmesi saniyeler içerisinde gerçekleşecektir (Yıldırım ve ark., 2007; Anonim1, 2020).

TUSAGA-Aktif sistemi ülkemizin tamamı ve KKTC’de olduğu için ulusal bir proje niteliğindedir. Yeni devir açacak olan bu sistem yüksek teknolojileri kullanacağı için haritacılık ve diğer alanlarda büyük fayda ve kolaylık sağlayacaktır. Navigasyon hizmetinde sağlıklı konum belirlenmesi, iyonosfer ve troposferin modellenmesi, elde edilecek noktaların koordinatlarını anlık ve hassas olarak elde edilmesi, hava tahminlerinin daha güvenilir gerçekleşmesi, deprem ve fay hareketlerinin sürekli ve hassas bir şekilde izlenmesi ve eski Avrupa datumu olan ED50’den ITRFxx datumuna dönüşüm yapılabilmesi için dm’ler mertebesinde parametrelerin belirlenmesi gibi temel amaçları vardır (Yıldırım ve ark., 2007).

2.3. RINEX (Receiver Independent Exchange)

GNSS ölçülerinde gözlem yapılan noktalardaki tüm veriler alıcı çeşidine ve markasına bağlı “binary format” şeklinde kayıt altına alınırlar. Kayıt altına alınan bu veriler bilgisayar ortamına aktararak kullanılmaktadır. Bu verilerin değerlendirilmesinde, alıcı üreten firmalar oluşturdukları özel veri tabanına bağlı olarak kendi yazılımlarının kullanılması gerektiğini savunmuşlardır. Gözlemler sonucu elde edilen ve binary formattaki veriler bilgi değişimi için Amerikan standart kodlama sistemi olan ASCII (American Standard Code for Information Interchange) formatında bilgisayarlara aktarılsa bile alıcı markasına göre farklılık göstermektedir. Bu sebeple başka yazılım kullanılarak doğrudan değerlendirilmesi mümkün değildir. Bütün bunlar ışığında GNSS ölçülerinin her yazılımda değerlendirilebilmesi için alıcıdan bağımsız formata ihtiyaç vardır. GNSS verileri farklı alıcılar ile toplansa bile aynı formata dönüştürülerek farklı yazılımlar ile değerlendirme imkânı sağlanacaktır (Kahveci ve Yıldız, 2018).

Bütün bu bilgiler göz önünde bulundurulduğunda ilk olarak “Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü” tarafından GNSS verilerinin kolay alışverişi yapılması amacıyla RINEX (Receiver Independent Exchange) kelimesi ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan

alıcıdan bağımsız veri değişim formatı 1989 yılında ABD'nin New Mexico eyaletine bağlı Las Cruces şehrinde gerçekleştirilen “Beşinci Uluslararası Uydularla Konum Belirleme Sempozyumu'nda” jeodeziciler için global bir standart veri değişim formatı olarak kabul görülmüştür. Bu sayede farklı GNSS alıcıları ile ölçülen veriler RINEX formatına girdi kabul eden tek bir yazılım ile değerlendirilebilmektedir (Başçiftçi, 2017; Kahveci ve Yıldız, 2018).

RINEX meteorolojik veri dosyası, GPS, GLONASS ve GALİLEO navigasyon mesaj dosyası, gözlem (Obsevation) veri dosyası gibi farklı ASCII dosyalardan oluşmaktadır. Bu dosya tiplerinin tamamı iki bölümden oluşur. Bunlar: başlık ve veri kaydı bölümüdür.

Başlık bölümü Şekil 2.4 'de RINEX 3.01 versiyonu gözlem dosyası için gösterilmiştir. Şekildeki başlık bölümünde nokta adı, nokta numarası, anten modeli, anten yüksekliği, gözlemci kurum, noktanın yaklaşık konumu vb. gibi bilgiler bulundurmaktadır. “END OF HEADER” ifadesi ile son bulur ve veri kayıt bölümü başlar (Kahveci ve Yıldız, 2018).

3.01	OBSERVATION DATA	M (MIXED)	RINEX VERSION / TYPE
BLANK OR G = GPS, R = GLONASS, E = GALILEO, M = MIXED			COMMENT
gLAB	gAGE	20100317 121400 UTC	PGM / RUN BY / DATE
EXAMPLE OF A MIXED RINEX FILE			COMMENT
MRKR			MARKER NAME
9080.1.34			MARKER NUMBER
GEODETI			MARKER TYPE
gAGE	UPC: Technical University of Catalonia		OBSERVER / AGENCY
THIS FILE IS PART OF THE gLAB TOOL SUITE			COMMENT
FILE PREPARED BY: ADRIA ROVIRA GARCIA			COMMENT
PLEASE EMAIL ANY COMMENT OR REQUEST TO: glab.gage @ upc.edu			COMMENT
IR2200716006	ASHTech UZ-12	CQ00	REC # / TYPE / VERS
482	AOAD/M_T	NONE	ANT # / TYPE
4789028.4701	176610.0133	4195017.0310	APPROX POSITION XYZ
0.9030	0.0000	0.0000	ANTENNA: DELTA H/E/N
0.0000	0.0000	0.0000	ANTENNA: DELTA X/Y/Z
G C1C	0.9030	0.0000	ANTENNA: PHASECENTER
0.0000	0.0000	0.0000	ANTENNA: B.SIGHT XYZ
0.0000	0.0000	0.0000	ANTENNA: ZERODIR AZI
0.0000	0.0000	0.0000	ANTENNA: ZERODIR XYZ
0.0000	0.0000	0.0000	CENTER OF MASS: XYZ
G 7 L1C L2P C1P C2P C1C S1P S2P			SYS / # / OBS TYPES
R 3 L1C C1C S1C			SYS / # / OBS TYPES
S 3 L1C C1C S1C			SYS / # / OBS TYPES
DBHZ			SIGNAL STRENGTH UNIT
30.000			INTERVAL
2010 3 5 0 0 0.0000000 GPS			TIME OF FIRST OBS
2010 3 5 23 59 30.0000000 GPS			TIME OF LAST OBS
1			RCV CLOCK OFFS APPL
G CC2NONCC	plc1bias.hist @ goby.nrl.navy.mil		SYS / DCBS APPLIED
G PAGES	igs05.atx @ igscb.jpl.nasa.gov		SYS / PCVS APPLIED
R 0001 12 L1C S1C L2P S2D C1P S1P C2P S2P C1C S1C D1C D2P			SYS / SCALE FACTOR
R 0001 4 L1C S1C C1C S1C			SYS / SCALE FACTOR
S 0001 4 L1C S1C C1C S1C			SYS / SCALE FACTOR
G L1C 0.00000 9 G07 G09 G12 G13 G15 G20 G21 G26 G31 G32			SYS / PHASE SHIFTS
G L2P 0.00000 9 G07 G09 G12 G13 G15 G20 G21 G26 G31 G32			SYS / PHASE SHIFTS
R L1C 0.00000 3 R11 R19 R23			SYS / PHASE SHIFTS
S L1C 0.00000 1 S24			SYS / PHASE SHIFTS
3 R11 -5R19 +3R23 -6			GLONASS SLOT / FRQ #
15 15 1573 64			LEAP SECONDS
14			# OF SATELLITES
G07 815 815 815 815 815 815 815 815 815			PRN / # OF OBS
815 815 815 815 815 815 815 815 815			PRN / # OF OBS
G09 246 246 246 246 246 246 246 246 246			PRN / # OF OBS
246 246 246 246 246 246 246 246 246			PRN / # OF OBS
G12 687 687 687 687 687 687 687 687 687			PRN / # OF OBS
687 687 687 687 687 687 687 687 687			PRN / # OF OBS
G13 762 762 762 762 762 762 762 762 762			PRN / # OF OBS
762 762 762 762 762 762 762 762 762			PRN / # OF OBS
G15 454 454 454 454 454 454 454 454 454			PRN / # OF OBS
454 454 454 454 454 454 454 454 454			PRN / # OF OBS
G20 599 599 599 599 599 599 599 599 599			PRN / # OF OBS
599 599 599 599 599 599 599 599 599			PRN / # OF OBS
G21 636 636 636 636 636 636 636 636 636			PRN / # OF OBS
636 636 636 636 636 636 636 636 636			PRN / # OF OBS
G26 210 210 210 210 210 210 210 210 210			PRN / # OF OBS
210 210 210 210 210 210 210 210 210			PRN / # OF OBS
G31 874 874 874 874 874 874 874 874 874			PRN / # OF OBS
874 874 874 874 874 874 874 874 874			PRN / # OF OBS
G32 457 457 457 457 457 457 457 457 457			PRN / # OF OBS
457 457 457 457 457 457 457 457 457			PRN / # OF OBS
R11 907 907 907 907			PRN / # OF OBS
R19 348 348 348 348			PRN / # OF OBS
R23 936 936 936 936			PRN / # OF OBS
S24 198 198 198 198			PRN / # OF OBS
			END OF HEADER

Şekil 2.4. RINEX 3.01 versiyonu gözlem dosyası başlık bölümü

Veri kayıt bölümü Şekil 2.5 'de RINEX 3.01 versiyonu gözlem dosyası için gösterilmiştir. Bu bölümde ilk satırda yıl, ay, gün, saat, dakika ve saniye gibi ölçü epogu gösterilmektedir. Aynı satırdaki bu ölçü epoklarından sonraki sıfır rakamı epok belirteçidir. Gözlemlerin herhangi bir sorun olmadan kayıt altına alındığını belirtir. Sıfır rakamının bir olması durumunda elektrik kesintisi gibi iki epok arasında sorun olduğunu belirtir. Farklı rakamlarda alabilir. Epok belirteçinden sonra epoktaki toplam uydu sayısı

noktalara ait veriler alt derecede bulunan ağların güvenilirliği açısından çok önemlidir. Bu sebeple IGS istasyonuna ait veriler güvenilir bilgiler elde etmede büyük bir öneme sahiptir (Mercan, 2006).

IGS istasyon verileri GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Değerlendirmede kullanılan veriler günlük olduğundan ve global olarak tüm dünya üzerinde kullanıldığından koordinat ve yörünge bilgilerinin doğru bir şekilde elde edilip her hangi bir hesap ve düzeltme gerektirmeden kullanılması gerekir. IGS ürünleri ile verileri, kullanıcılar tarafından ITRFxx ile referans sisteminin ilişkisini cm altında doğruluk sağlamak için kullanılmaktadır. Jeodezik referans koordinat sistemlerinden en yüksek doğrulukta olan ITRFxx ile farklı epoklarda oluşturulan ITRFxx referans sistemleri arasındaki geçişi sağlamak için 3 boyutlu hız vektörleri olan V_x , V_y , V_z 'nin dünya üzerindeki her bölge için tanımlı olması gerekir. Bu sayede IGS istasyonu koordinat ve hızlarının mevcut referans sisteminde elde edilmesi gerekir. Elde edilen IGS istasyonu koordinatları ve zamana bağlı olarak yer değiştirmeleri, yani hızları sayesinde plaka hareketleri ve depremler ile ilgili en sağlıklı bilgileri elde ederiz (Mercan, 2006). Ülkemizde de TUTGA'nın kurulması ile birlikte GNSS çalışmaları artmış ve 15 Temmuz 2005 tarihinde Resmi Gazete 'de yayımlanarak kullanılmaya başlanan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) ile birlikte nokta koordinat ile hızlarının hesaplanması ve kullanılması mevzuatımıza dâhil olmuştur.

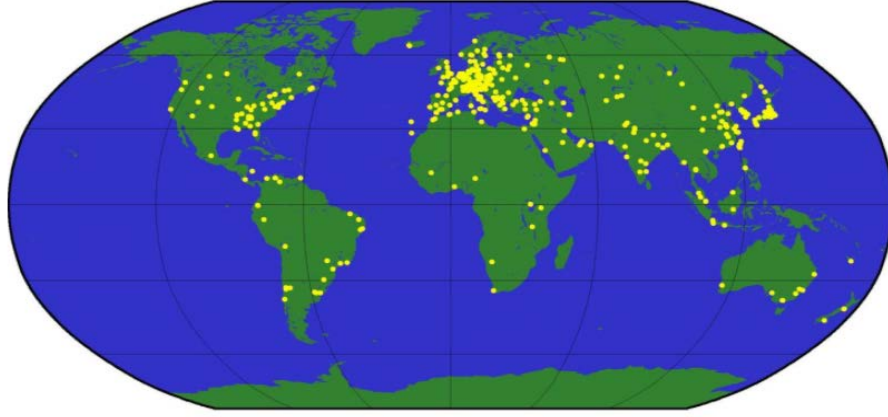
3. BERNESE 5.2 VERSİYONU GNSS YAZILIMI

GNSS ölçmelerinde RTK dışındaki yapılan ölçülerde, jeodezik çalışmalar için elde edilen ham veriler ile ilgili bir düzeltme ve değerlendirme yapılmadan, güvenilir, hassas sonuçlar elde etmek imkânsızdır. Bu nedenle GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi için yazılımlar geliştirilmiştir. Bu yazılımlar bilimsel ve ticari olmak üzere iki çeşittir.

Ticari yazılımlar büyük oranda GNSS alıcıları üreten firmalar tarafından ürünlerle birlikte sunulan yazılımlardır. Genelde klasik mühendislik çalışmalarında kullanılır. Ticari yazılımlara kullanıcılar çok müdahale edemediğinden ve baz uzunluklarının kısıtlı olmasından dolayı çeşitli dezavantajları vardır (Yıldırım ve ark., 2007; Gündüz, 2019).

Bilimsel yazılımlar, farklı model ve yaklaşımların kullanıldığı uzun bazların çözümüne katkı sağlayan yazılımlardır. Bu yazılımlar iyonosfer ve troposfer belirleme, datum parametrelerinin belirlenmesi, yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi, deformasyon ölçüleri ve ülke jeodezik ağlarının kurulması gibi bilimsel çalışmalarda kullanılır. Bu yazılımları bilimsel çalışma yapan üniversiteler ya da araştırma merkezleri geliştirmektedir. Örnek olarak, NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından geliştirilen GIPSY, Amerika Birleşik Devletleri Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) geliştirilen GAMIT-GLOBK ve İsviçre Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen BERNESE yazılımları verilebilir (İnal ve Salgın, 2008; Başçiftçi, 2017).

Bu tez kapsamında GNSS verilerinin değerlendirilmesi, Bernese v5.2 Bilimsel yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Yazılım, İsviçre'nin Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü'nde (AIUB: Astronomical Institute of the University of Bern) geliştirilmiş olup yüksek hassasiyetli çoklu GNSS verilerini işleyen bir bilimsel yazılımdır. ABD'nin GPS ve Rusya'nın GLONASS sistemlerini destekleyen yazılım tüm dünyada kullanılmaktadır. Şuan için dünyanın her yerinden 700'den fazla kurum Bernese GNSS yazılımının veri tabanına kayıtlıdır. Bu kurumların yerleri Şekil 3.1'de haritada gösterilmiştir (Anonim6, 2020).



Şekil 3.1. Bernese Veri Tabanına kayıtlı olan kurumların yerleri (Anonim6, 2020)

Bernese GNSS yazılımının veri tabanına kayıtlı olan kullanıcıları; araştırma ve eğitim için bilim insanları, sabit GNSS alıcılarını korumaktan sorumlu şirketler, yüksek doğrulukta GNSS verilerini değerlendiren ölçme şirketleri ve mühendislik uygulamalarında verimlilik, yüksek doğruluk ve güvenilirlik gerektiren ticari kullanıcılar örnek verilebilir.

Bu yazılımın önemli temel özelliklerinden bazıları;

- ✓ Son teknolojiye göre modelleme
- ✓ Unix/Linux, Mac ve Windows sistemlerinde kullanılması
- ✓ İlgili tüm işleme şıkları üzerinde detaylı kontrol
- ✓ Güncel ve uluslararası kabul görmüş standartlara bağlılık
- ✓ Farklı uygulamalar için BPE (Bernese Processing Engine)
- ✓ Hassas Nokta Konumlama (PPP: Precise Point Positioning)
- ✓ Alıcıdan Bağımsız Veri Değişim Formatı (RINEX)
- ✓ İstasyon Konumu ve Hız Çözümleri (SINEX)
- ✓ Saat belirleme
- ✓ GPS verilerine dayalı LEO hassas yörünge belirleme
- ✓ GNSS ve LEO yörüngelerinin SLR doğrulaması
- ✓ Koordinat zaman serilerinin otomatik gerçekleştirilmesi
- ✓ GLONASS ve GPS için belirsizliklerin çözülmesi
- ✓ Normal denklem seviyesinde esnek parametre işleme (NEQ)

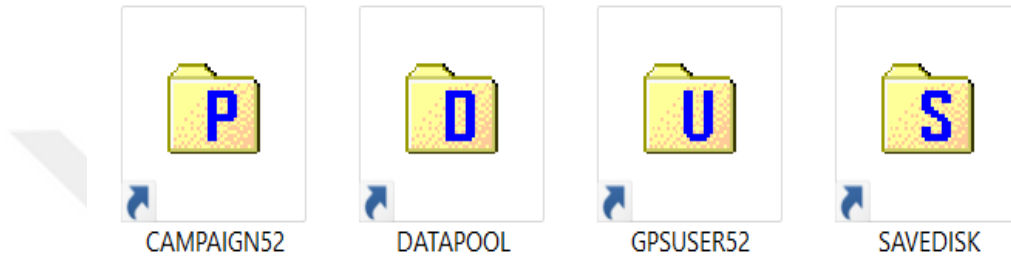
- ✓ Modern troposfer ve yüksek dereceli iyonosfer düzeltmeleri içeren iyonosfer modelleri yapmak
 - ✓ Farklı anten ve alıcı türlerine uyum sağlaması
 - ✓ IERS 2010 ve IGS sözleşmelerine uygun olması
 - ✓ GALILEO değerlendirmesine olanak sağlaması
- olarak sıralanabilir (Anonim6, 2020).

Yazılımın genel uygulamaları da; sabit ağların otomatik çözümü, yörünge belirleme, iyonosfer ve troposferin izlenmesi, küçük boyutlu tek ve çift frekanslı ölçmelerin hızlı çözümü, GPS ve GLONASS verilerinin birlikte çözümü, gerçek zamanlı uygulamaları process etmesi, çok sayıda alıcıdan toplanan verileri çözümü, SLR yörünge doğrulama, saat tahmini ve zaman dönüşümü olarak söylenebilir (Dach ve ark., 2007; Dach ve ark., 2015; Bülbül, 2018). Bernese v5.2 GNSS yazılımının Windows sistemli bir bilgisayara kurulduğunda karşımıza ilk çıkan ekran Şekil 3.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.2. Bernese v5.2 yazılımı ilk ekran görüntüsü

Bernese GNSS değerlendirme bilimsel yazılımı çözümlemede En Küçük Kareler Yöntemini (EKKY) kullanması da programın etkin bir özelliği durumundadır (Bülbül, 2018). Yazılımın 5.2 versiyonuna diğer versiyonlardan farklı olarak DATAPOOL ve SAVEDISK klasörleri eklenmiş olup kurulumu gerçekleştirildikten sonra karşımıza Şekil 3.3’ de gösterilen CAMPAIGN52, DATAPOOL, GPSUSER52 ve SAVEDISK olmak üzere dört adet klasör çıkmaktadır.



Şekil 3.3. Bernese v5.2 GNSS yazılımı kullanıcı klasörleri

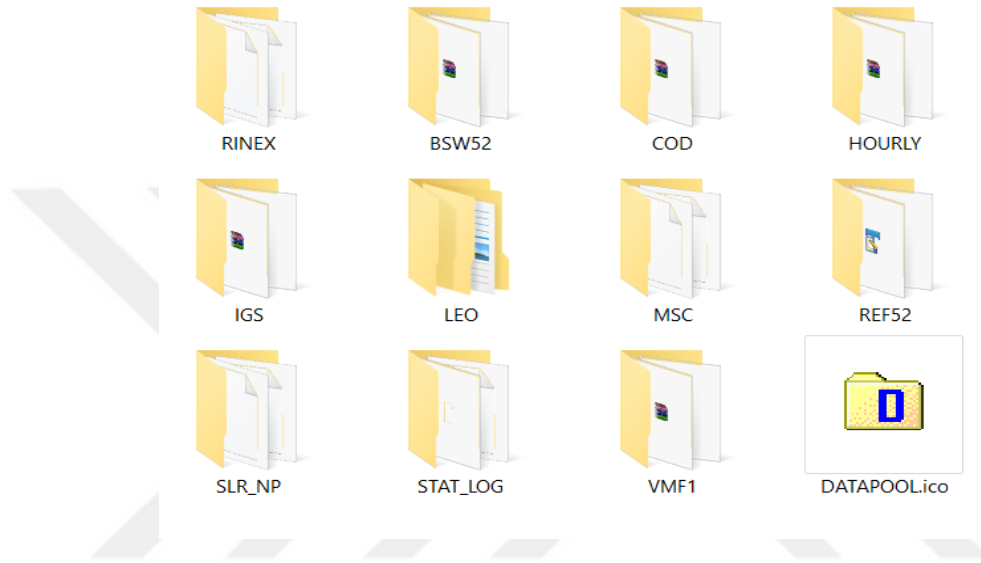
3.1 BERNESE v5.2 GNSS Yazılımı Kullanıcı Klasörleri

3.1.1 DATAPOOL klasörü

DATAPOOL alanı, tüm harici dosyaların indirildikten sonra depolanacağı bir arabirim olarak tasarlanmıştır. Bernese Program Dizini (BPE: Bernese Processing Engine) otomatik olarak çalıştırıldığında ve oluşturulan kampanyanın içerisinde doldurulmasında verilerin bulunduğu klasördür. İşlemi başlatırken her seferinde verilerin indirilmesine kıyasla birkaç avantajı vardır:

- Birkaç kampanya için kullanıldıkları takdirde dosyalar sadece bir kez indirilir.
- Veri indirme, indirilecek harici dosyaların beklenen kullanılabilirliği ile planlanan, Bernese GNSS yazılım ortamından bağımsız olarak çalışan bir dizi komut dosyası ile organize edilebilir.
- İşlem, harici veri kaynaklarının kullanılabilirliğinden bağımsız hale gelir.

DATAPOOL alanı, farklı potansiyel kaynak dosyaları ve biçimlerini dikkate alarak çeşitli alt klasörler içerir. Tez kapsamında RNX2SNX.PCF (RINEX2SINEX. The Process Control File) komutu kullanılarak otomatik çözümleme yapılacağından Şekil 3.4.'te gösterilen alt klasörlerde bulunması gereken dosyalar ve nereden indirilebileceğinden kısaca bahsedilecektir (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).



✓ RINEX

GNSS istasyonlarının verileri RINEX dosyalarından sağlanır. Bu klasör GPS, GLONASS dosyalarını ve Hatanaka formatındaki gözlem dosyasını içerir. RINEX dosyaları, işlem sırasında değişmeyen “kaynak” dosyalardır. RINEX dosyaları uluslararası veya ulusal veri merkezlerinden indirilebilir. Projeye özgü dosyalar bu alana kopyalanır. İstasyon listeleri farklı projelerde karıştırılırsa, RINEX dosya adlarındaki tüm istasyonların dört karakterli ID' lerinin benzersizliğine dikkat edilmelidir (Dach ve Walser, 2015).

✓ HOURLY

RINEX klasörü ile aynıdır, ancak yakın gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılan saatlik RINEX verilerine ayrılmıştır (Dach ve Walser, 2015).

✓ LEO

Bu klasör, Düşük Yeryüzü Yörüngesi (LEO) veri işleme için gerekli olan dosyaları barındırmak için tasarlanmıştır. RINEX dosyaları içerisinde bulunan RINEX (LEO directory) alt klasöründe saklanır. İlgili tüm dosyaları ATTIT alt klasörüne yerleştirilir (Dach ve Walser, 2015).

✓ SLR_NP (Satellite Laser Ranging)

SLR verileri, hızlı görünüm normal nokta biçiminde sağlanır. Dizin International Laser Ranging (ILRS) veri servisinden indirilen normal nokta dosyalarını içerir. Bu dosyalar, SLR gözlemleri (SURVIVAL.PC) kullanarak yörüngesini doğrulamak için BPE örneğini çalıştırmak için gereklidir (Dach ve Walser, 2015).

✓ STAT_LOG

Bu dizin istasyon bilgi dosyalarını içerir (ör. <ftp://igsb.igs.org/pub/station/general>). Bu bilgi dosyaları referans çerçevesi üzerindeki orijinal bilgilerle (örneğin, IGB08.snx veya IGS14.snx <ftp://igsb.igs.org/pub/station/coord>) tamamlanabilir. Aynı zamanda (seçilen IGS istasyonlarının koordinatları ve hızları dışında) referans çerçeve üretimi için varsayıldığı gibi kullanılan ekipmanın bilgisini de içerir. IGS Merkez Bürosu'nda (IGSC) site bilgi dosyalarından oluşturulan igs.snx dosyasıyla bir karşılaştırma, geçmiş kayıtlarının doğrulanması amacıyla faydalanılabilir (Dach ve Walser, 2015).

✓ COD

Yörüngeler, Yer Yönelme Parametreleri (EOP) ve uydu saati düzeltmeleri, bir GNSS analizi için temel harici bilgilerdir. Dosyalar <ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/yyyy> adresinden indirilerek elde edilebilir (Dach ve Walser, 2015).

✓ BSW52

Bu klasörde, Bernese'e özgü formatlarda harici giriş bilgisi içeren dosyalar bulunur. Dosyalar işlemde geçireceğiniz verilere göre bağımsızdır. Tipik örnekler iyonosfer dosyaları (ION) veya diferansiyel kod bozuklukları (DCB) dosyalarıdır. Bu dosyalar <http://www.aiub.unibe.ch/download/CODE/> veya <http://www.aiub.unibe.ch/download/BSWUSER52/> sitelerinden indirilebilir (Dach ve Walser, 2015).

✓ REF52

Bu klasörde birkaç kampanya için yararlı olan Bernese formatındaki dosyaları topluyoruz.(Örn. Referans çerçeve dosyaları: IGB08_R.CRD, IGB08_R.VEL veya IGS14_R.CRD, IGS14_R.VEL). Örnek olarak kullanıcının hazırladığı istasyon koordinatı, hız ve istasyon bilgi dosyaları (Örneğin, EXAMPLE.CRD, EXAMPLE.VEL, EXAMPLE.STA, EPN.CRD). Bir projenin tüm istasyonları bir dosyada bulunur ancak projenin verilerinin işlenmesi farklı kampanyalarda yapılabilir (Dach ve Walser, 2015).

✓ MSC

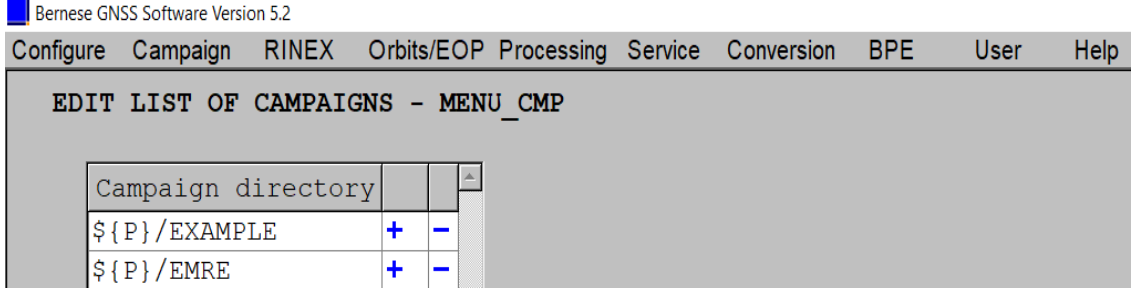
Bu klasör, BPE ile otomatik işlem yapmak için örnek dosyalar içerir (Dach ve Walser, 2015).

✓ VMF1

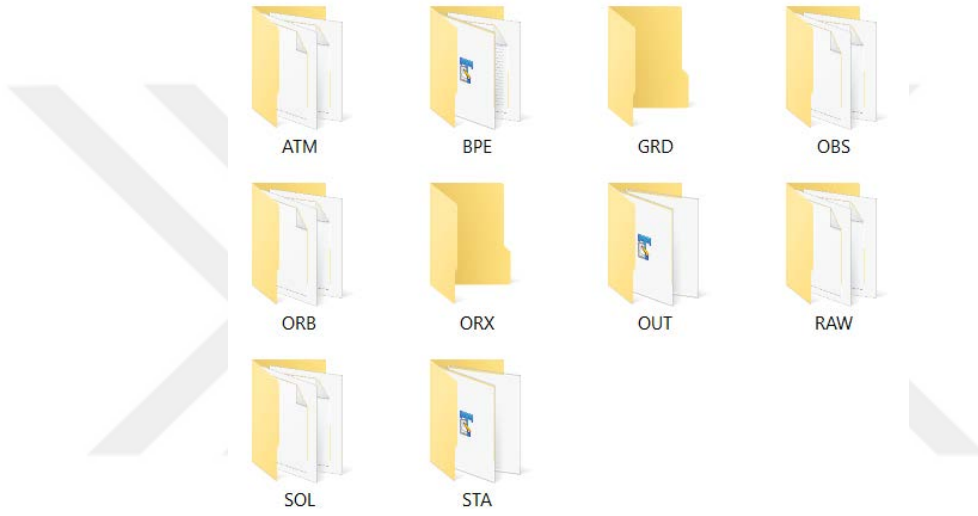
Vienna Haritalama Fonksiyonu (VMF1) için gridler ayrı bir klasörde yer almaktadır. Dosyalar <http://gostam.hg.tuwien.ac.at/DELAY/GRID/VMFG/> adresinden indirilebilir (Dach ve Walser, 2015).

3.1.2 CAMPAIGN52 klasörü

Bernese v5.2 GNSS değerlendirme yazılımında CAMPAIGN52 klasörü ile mevcut olan kampanyalar üzerinden çalışmalar yapılır. Diğer yazılımlarda ‘kampanya’ yerine ‘proje’ terimi kullanılmaktadır. Yazılımı önemli kılan özelliklerinden biri de kampanya (oturum) klasörünün bulunmasından dolayı çalışmaların daha düzenli ve ayrı kampanyalarda yapılmasıdır. Otomatik çözümlemeye geçilmeden önce yapılacak çalışma için kampanya oluşturulmalıdır. Kampanya oluşturulduktan sonra otomatik çözümleme için datapool klasörü doldurulmalıdır. Kampanya klasörü işlem yapılan PCF’ ye bağlı olarak program tarafından doldurulmaktadır. Kampanya oluşturma ekranı ve kampanya klasörü içerisindeki alt klasörler Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.’da gösterilmiştir (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).



Şekil 3.5. Bernese v5.2 GNSS yazılımı kampanya oluşturma ekranı



Şekil 3.6. Bernese v5.2 GNSS yazılımı kampanya alt klasörleri

Şekil 3.6. 'da gösterilen alt klasörlerin yapısından ve içerisinde bulunması gereken dosyalardan kısaca bahsedecek olursak:

✓ ATM (Atmosfer Dosyaları)

Bu klasördeki girdi dosyaları, CODE'de IGS işleminden elde edilen Bernese formatındaki global iyonosfer modelleridir. QIF stratejisi ile faz belirsizlik çözümünü desteklemek ve daha yüksek mertebeden iyonosferik (HOI) düzeltmeleri sağlamak için kullanılacaktır. Program tarafından otomatik olarak ATM klasörüne getirilecektir (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ GEN (Genel Dosyalar)

Genel parametrelerin bulunduğu klasördür. Kampanya veya kullanıcıya özgü olmayan bilgileri içerir. Tüm kullanıcılar tarafından erişilebilen dosyalardır. Klasör içerisinde alıcı türlerini içeren RECEIVER, yörüngedeki uydu bilgilerini içeren SATELLIT, uydulara ilişkin hataları içeren CRX uzantılı dosyalar ve anten faz merkezi kayıklıklarını içeren PHAS_IGS.REL dosyası vb. gibi dosyalar bulunmaktadır. Ayrıca, bu dosyaların AIUB'ın anonim <http://www.aiub.unibe.ch/download/BEER52/GEN> ftp sunucusundan indirilerek zaman zaman güncellenmesi gerekir ve GPS/GEN klasörüne kopyalanmalıdır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ GRD(Grid Dosyaları)

Bu klasörde *.GRD uzantılı grid dosyaları bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ ORB (Orbid Dosyaları)

Bu klasörde yörüngeye ait bilgiler bulunmaktadır. Dosyalardaki hassas yörüngeler *.PRE, genellikle birçok GNSS analizinden, GPS ve GLONASS yörüngelerini içeren CODE analiz merkezinden gelen son ürünlerdir. Alternatif olarak, ayrıca IGS' den birleştirilmiş nihai ürünler kullanılabilir. Program tarafından kopyalanmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ OUT (Saatlik RINEX dosyaları)

OUT klasöründe program çalışması bittikten sonraki özet dosyalar ile saatlik RINEX dosyaları bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ RAW (RINEX Dosyaları)

Ham veriler RINEX formatında bulunduran klasördür (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ ORX

Projede kullanılan istasyonların 30 sn'lik RINEX dosyaları bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülbül, 2018).

✓ SOL

Klasör içerisinde çözüm yapıldıktan sonra bu çözüm ile ilgili dosyalar bulunur (Dach ve Walser, 2015; Bülül, 2018).

✓ STA

STA klasörü içerisinde koordinat ve hız dosyaları gibi projeye ilişkin olan PLD, FIX, CRD, VEL, STA, BLQ uzantılı dosyalar ve çözüm sonrasında elde edilen F1 ve P1 uzantılı sonuç bulunmaktadır (Dach ve Walser, 2015; Bülül, 2018).

✓ BPE

Program çalıştırıldıktan sonra herhangi bir hata vermesi durumunda hatayı gösteren raporun ve komutların birbirleri arasındaki geçişini gösteren klasördür (Dach ve Walser, 2015; Bülül, 2018).

Datapool ve kampanya klasöründe verilen bilgiler doğrultusunda klasörlerde bulunması gereken dosyalar ve indirileceği siteler Şekil 3.7' de detaylı olarak verilmiştir.

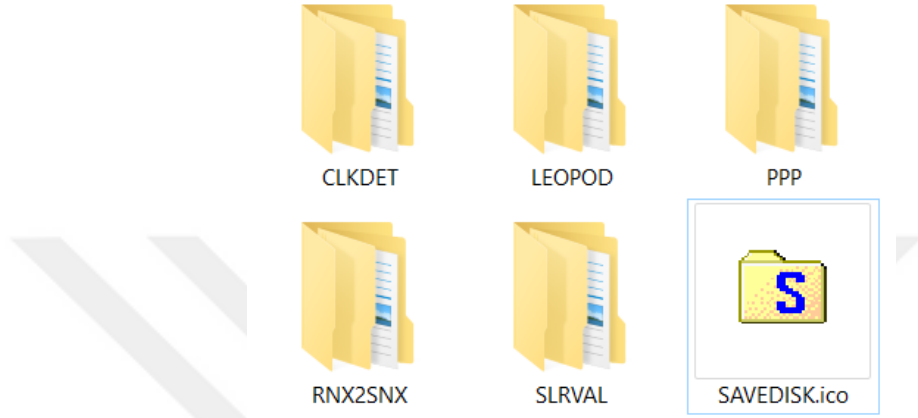
Dosya İsmi	İçeriği	Kopyalandığı Dizin	İndirme Adresi
CONST	Bernese GNSS Yazılımında kullanılan tüm sabitler	C:\BERN52\GPS\GEN	ftp://ftp.unibe.ch/aiub/BSWUSER52/GEN/
DATUM	Jeodezik datum tanımı		
GPSUTC	Artık saniye		
RECEIVER	Alıcı bilgisi		
SATELLIT.I08	Uydu bilgi dosyası		
PCV_COD.I08	Faz merkezi dış merkezlikleri ve çeşitleri		
SAT_yyyy.CRX	Uydu problemleri		
IAU2000R06.NUT	Nutasyon modeli katsayıları		
IERS2010XY.SUB	Alt günlük kutup modeli katsayıları		
OT_FES2004.TID	Okyanus gelgitler katsayıları		
TIDE200.TPO	Kan yer gelgitler katsayıları		
EGM2008_SMALL	Yer potansiyel katsayıları		
I08.ATX	Uydu anteni düzeltmeleri		
CODwwwd.ION.Z	İyonosfer dosyası	DATAPOOL/BSW52	ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/yyyy
CODwwwd.TRP.Z	Troposfer dosyası	KAMPANYA/ATM	
PIF2yyymm.DCB.Z	İyonosfer belirleme	DATAPOOL/BSW52	
PICI2yyymm.DCB.Z	Saat kestirimi	KAMPANYA/ORB	
CODwwwd.EPH.Z	Efemeris dosyası	DATAPOOL/COD	ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/yyyy
CODwwwd.CLK.Z	Saat düzeltmeleri		
CODwww7.ERP.Z	Yer dönüklük parametreleri		
CODwww7.SUM.Z	Özet dosyalar		
CODwww7.SNX.Z	Sinex dosyası		
igswwwn.clk.Z	GPS uydu saat düzeltmeleri	DATAPOOL/IGS	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/products/www
igswwwn.sp3.Z	GPS hassas yörünge ve uydu saat bilgileri		
igswww7.erp.Z	GPS yer dönüklük parametreleri		
igswww7.sum.Z	GPS özet dosyalar		ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/glonass/products/www
iglwwwn.sp3.Z	GLONASS hassas yörünge ve uydu saat bilgileri		
iglwww7.sum	GLONASS özet dosyalar	DATAPOOL/REF52 KAMPANYA/STA	ftp://ftp.unibe.ch/aiub/BSWUSER52/STA
IGS08.FIX	İstasyon liste dosyası		
IGS08_R.CRD	Koordinat dosyası		
IGS08_R.VEL	Hız dosyası		
IGB08.FIX	İstasyon liste dosyası		http://holt.oso.chalmers.se/loading/ http://geophy.uni.lu/ggfc-atmosphere/tide-loading-calculator.html
IGB08_R.CRD	Koordinat dosyası		
IGB08_R.VEL	Hız dosyası		
EXAMPLE.BLQ	Okyanus düzeltmeleri dosyası		
EXAMPLE.ATL	Atmosfer düzeltmeleri dosyası	DATAPOOL/VMF1 KAMPANYA/GRD	http://ggosatn.hg.tuwien.ac.at/DELAY/GRID/VMFG
VMFG_yyyymmdd.H00	Troposfer çözümünde kullanılan VMF dosyaları		
VMFG_yyyymmdd.H06			
VMFG_yyyymmdd.H12			
VMFG_yyyymmdd.H18			
Çözümde kullanılan IGS noktaları		DATAPOOL/RNEX KAMPANYA/ORX	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/yyyy/ddd/yyd
Çözümde kullanılan Tusaga-Aktif noktaları		DATAPOOL/RNEX KAMPANYA/ORX	https://www.tusaga-aktif.gov.tr/

Şekil 3.7. Klasörlerde bulunması gereken dosyalar ve indirileceği siteler (Başçıftçi, 2017)

3.1.3 SAVEDISK klasörü

SAVEDISK klasörü çözümleme yapıldıktan sonra kullanılacak olan dosyaların ve elde edilen verilerin yedeklendiği klasördür. Her örnek BPE bir proje olarak kabul edilir. Bu nedenle, SAVEDISK'ın üst düzeyini kurulumundan sonra Şekil 3.8. 'de gösterilen PPP, RNX2SNX, CLKDET, LEOPOD ve SLRVAL (farklı örnek BPE'lerle ilgili) klasörler bulunur. Bu dizinlerin her birinde _REF ile biten birkaç dosya bulunur. Bunlar, Bern

Üniversitesi Astronomi Enstitüsünde (AIUB) sistemdeki örnek BPE' leri çalıştırarak üretilir. Bu tutorial ve RNX2SNX örneği BPE' nin içeriği her iki durumda da bölgesel bir ağdan veri işlemek için yapılmış olsa bile, işleme stratejileri ve seçimlerdeki bazı farklılıklar olduğundan sonuçlar aynı olmayacaktır (Dach ve Walser, 2015).



Şekil 3.8. Bernese v5.2 GNSS yazılımı Savedisk klasöre alt klasörleri

3.1.4 GPSUSER52 klasörü

GPSUSER52 klasörü yeni güncellemeler ile birlikte belirli aralıklarla gelen güncellemelerin ve genel parametrelerin oluşturulduğu klasördür (Başçiftçi, 2017).

3.2 Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımında Ölçülerin Otomatik Değerlendirilmesi

Bernese v5.2 GNSS verileri bilimsel değerlendirme yazılımında kullanıcıların otomatik çözümleme yapabilmesi için hazır kullanımlı 7 adet komut vardır. Bu komutlar PPP_BAS.PCF, PPP_DEMO.PCF, RNX2SNX.PCF, BASTST.PCF, CLKDET.PCF, LEOPOD.PCF ve SLRVAL.PCF şeklinde söylenebilir(Dach ve ark., 2013; Başçiftçi, 2017). Bu komutlarda otomatik çözümlemelerin yapılabilmesi için Bölüm 3.1 'de anlatılan kullanıcı klasörlerinin çözümleme yapılacak veriler doğrultusunda indirilerek ve hazırlanarak ilgili klasörlere kopyalanması gerekmektedir. Tez kapsamında hızlar elde edilirken final koordinatları ve bu koordinatlara ait küçültülmüş normal eşitlik

denklemleri kullanılacağından RNX2SNX.PCF otomatik çözüm yapma komutu anlatılacaktır.

3.2.1 RNX2SNX.PCF

Genişletilmiş belirsizlik çözümü nedeniyle sadece GPS veya GPS/GLONASS kombini çözümüne dayalı olarak çift farklı ağ olarak tanımlanan otomatik değerlendirme komutudur. Çözüm sonucunda noktaların final koordinatları, bunlara ait varyans, kovaryans, matrisleri ve küçültülmüş normal eşitlik denklemleri elde edilir. Bu verileri elde ederken kullanılan RNX2SNX.PCF otomatik komutu yedi aşamalı işlem gerçekleştirip çözümleme yapmaktadır (Wang ve Soler, 2012; Dach ve ark., 2015).

RNX2SNX.PCF otomatik komutunun sırasıyla işlem adımları:

- ❖ Ön hazırlık aşaması
- ❖ Kutup ve yörünge bilgilerinin hazırlanması
- ❖ Gözlem dosyalarının senkronizasyonu ve dönüşümü
- ❖ Bazların elde edilmesi ve ilk çözüm yapılması
- ❖ Faz başlangıç belirsizliklerinin çözülmesi
- ❖ Final çözümünün gerçekleştirilmesi
- ❖ BPE' nin sonlandırılması ve sonuçların kaydedilmesi

Ön hazırlık aşaması: DATAPOOL klasörü uygun olarak doldurulduğunda çözüm penceresi olan BPE' nin başlaması için ön hazırlıkların yapıldığı aşamadır. Aynı zamanda DATAPOOL klasöründeki dosyaların CAMPAING52 klasörüne otomatik olarak kopyalama işlemi gerçekleştirilir (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 001 ile 099 sayıları arasında değişen numaralar alır (Şekil 3.9).

```

#
# Skip session (reprocessing)
# -----
000 SKIP_SES R2S_GEN ANY 1
#
# Copy required files
# -----
001 R2S_COP R2S_GEN ANY 1 000
002 ATX2PCV R2S_GEN ANY 1 001
003 CDOVEL R2S_GEN ANY 1 001
004 CDOVEL R2S_GEN ANY 1 001
005 CRDMERGE R2S_GEN ANY 1 003 004
011 RNX_COP R2S_GEN ANY 1 001
021 OBSMRGAP R2S_GEN ANY 1 011
022 OBSMRG_P R2S_GEN ANY 1 021
031 ION_MRG R2S_GEN ANY 1 011
099 DUMMY R2S_GEN ANY 1 002 005 022 031

```

Şekil 3.9. RNX2SNX.PCF ön hazırlık aşaması

Kutup ve yörünge bilgilerinin hazırlanması aşaması: İlgili kaynaklardan indirilen yer dönüklük ve dünya parametreleri Bernese formatına dönüştürülür. Karşımıza çıkan tutarsızlıklardan kaçınmak için yörünge ve kutup bilgileri birlikte kullanılmalıdır (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 101 ile 199 sayıları arasında değişen numaralar yer alır (Şekil 3.10).

```

#
#
# Prepare the pole and orbit information
# -----
101 POLUPDH R2S_GEN ANY 1 001
111 ORBMRGH R2S_GEN ANY 1 001
112 PRETAB R2S_GEN ANY 1 101 111
113 ORBGH R2S_GEN ANY 1 112
199 DUMMY NO_OPT ANY 1 113

```

Şekil 3.10. RNX2SNX.PCF Kutup ve yörünge bilgilerinin hazırlanması aşaması

Gözlem dosyalarının senkronizasyonu ve dönüşümü aşaması: Adından da anlaşılacağı üzere bu aşamada gözlem dosyaları senkronizasyonu ve dönüşümü sağlanır. RINEX dosyalarını Bernese biçimine dönüştürür. Mevcut verilerin kolay bir şekilde okunmasını gerçekleştirip GPS ile alıcı saatlerinin senkronizasyonunu sağlar (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 201 ile 299 sayıları arasında değişen numaralar yer alır (Şekil 3.11).

```
#
# Preprocess, convert, and synchronize observation data
# -----
201 RNXSMTAP R2S_GEN ANY 1 099
202 RNXSMT_H R2S_GEN ANY 1 201
211 RNXGRA R2S_GEN ANY 1 202
221 RXOBV3AP R2S_GEN ANY 1 211
222 RXOBV3_H R2S_GEN ANY 1 221
231 CODSPAP R2S_GEN ANY 1 099 199 222
232 CODSP_P R2S_GEN ANY 1 231
233 CODXTR R2S_GEN ANY 1 232
299 DUMMY NO_OPT ANY 1 233
```

Şekil 3.11. RNX2SNX.PCF Gözlem dosyalarının senkronizasyonu ve dönüşümü aşaması

Bazların elde edilmesi ve ilk çözüm yapılması aşaması: Gerçek çözümler için gerekli olan ilk çözümlemenin yapıldığı aşamadır. Çözümleme yapılırken tekli fark dosyaları oluşturulur ve programın önemli bölümlerinden birisidir. Tekli fark dosyaları oluşturulduktan sonra cycle slips'ler tespit edilir ve onarılarak uyumsuz ölçüler atılır. GNSS çözümlemesi için çok önemli olan aşamada, sonuçların anlamlı ve kaliteli olmasını sağlanır (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 301 ile 399 sayıları arasında değişen numaralar yer alır (Şekil 3.12).

```
#
# Form baselines and pre-process phase data (incl. residual screening)
# -----
301 INIT_BSL R2S_GEN ANY 1 299
302 SNGDIF R2S_GEN ANY 1 301
303 SNGDIF R2S_GE2 ANY 1 302
311 MAUPRPAP R2S_GEN ANY 1 302
312 MAUPRP_P R2S_GEN ANY 1 311
313 MPRXTR R2S_GEN ANY 1 312
321 GPSEDTPAP R2S_EDT ANY 1 313
322 GPSEDTP_P R2S_EDT ANY 1 321
323 GPSXTR R2S_EDT ANY 1 322
331 RES_SUM R2S_GEN ANY 1 322
341 ADDNEQ2 R2S_GEN ANY 1 331
342 GPSXTR R2S_GEN ANY 1 341
399 DUMMY NO_OPT ANY 1 303 323 342
```

Şekil 3.12. RNX2SNX.PCF Bazların elde edilmesi ve ilk çözüm yapılması aşaması

Faz başlangıç belirsizliklerinin çözülmesi aşaması: GLONASS ve GPS sistemlerine bağlı olarak faz başlangıç belirsizliklerinin çözüldüğü aşamadır (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 401 ile 499 sayıları arasında değişen numaralar yer alır (Şekil 3.13).

```
#
# Resolve phase ambiguities
# -----
401 SATMRK R2S_GEN ANY 1 399
411 GNSAMBAP R2S_AMB ANY 1 401
412 GNSAMB_P R2S_AMB ANY 1 411
421 GNSL53AP R2S_L53 ANY 1 412
422 GNSL53_P R2S_L53 ANY 1 421
431 GNSQIFAP R2S_QIF ANY 1 422
432 GNSQIF_P R2S_QIF ANY 1 431
441 GNSL12AP R2S_L12 ANY 1 432
442 GNSL12_P R2S_L12 ANY 1 441
443 AMBXTR R2S_AMB ANY 1 442
499 DUMMY NO_OPT ANY 1 443
```

Şekil 3.13. RNX2SNX.PCF Faz başlangıç belirsizliklerinin çözülmesi aşaması

Final çözümünün gerçekleştirilmesi aşaması: Son çözümlemenin yapıldığı aşamadır. Faz başlangıç belirsizlikleri çözüldükten sonra referans sistemi otomatik olarak gerçekleştirilerek final dosyaları elde edilir (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 501 ile 599 sayıları arasında değişen numaralar yer alır (Şekil 3.14).

```
#
# Compute ambiguity-fixed network solution, create final NEQ/SNX/TRO files
# -----
501 GPSCLUAP R2S_FIN ANY 1 499
502 GPSCLU_P R2S_FIN ANY 1 501
511 ADDNEQ2 R2S_FIN ANY 1 502
512 GPSXTR R2S_FIN ANY 1 511
513 COMPARF R2S_FIN ANY 1 511
514 HELMCHK R2S_FIN ANY 1 511
521 ADDNEQ2 R2S_RED ANY 1 514
522 GPSXTR R2S_RED ANY 1 521
599 DUMMY NO_OPT ANY 1 512 513 514 522
```

Şekil 3.14. RNX2SNX.PCF Final çözümünün gerçekleştirilmesi aşaması

BPE' nin sonlandırılması ve sonuçların kaydedilmesi aşaması: Özet dosyaların oluşturulup sonuçların kayıt işleminin gerçekleştirildiği BPE' nin son aşamasıdır. Bu aşama ile birlikte çözümleme bitmiş olup sonuçlar kayıt altına alınarak kullanıcıya sunulur (Bülbül, 2018). Çözümleme başlatıldığında karşımıza çıkan BPE çözümünde 901 ile 999 sayıları arasında değişen numaralar yer alır (Şekil 3.15).

```

#
# Create summary file and delete files
# -----
901 R2S_SUM R2S_GEN ANY 1 599
902 R2S_SAV R2S_GEN ANY 1 901
903 OBS_SAV R2S_GEN ANY 1 901
904 R2S_DEL R2S_GEN ANY 1 902 903
991 BPE_CLN R2S_GEN ANY 1 904
#
# End of BPE
# -----
999 DUMMY NO_OPT ANY 1 991

```

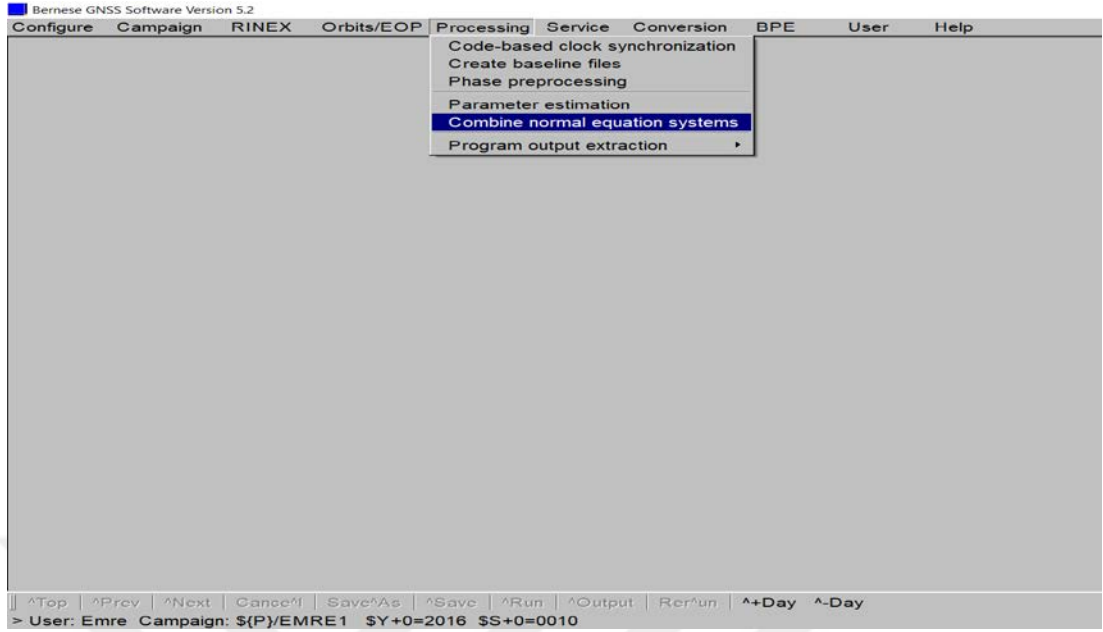
Şekil 3.15. RNX2SNX.PCF BPE' nin sonlandırılması ve sonuçların kaydedilmesi aşaması

3.3. Bernese v5.2 Bilimsel GNSS Yazılımında Hız Kestirimi

Bernese v5.2 bilimsel GNSS yazılımında hız tahminleri beş farklı teknikle gerçekleştirilmektedir. Bu teknikler GPSEST, FODIST, MAUPRP, CODSPP ve ADDNEQ2' dur. Her teknikte farklı yollar izlenerek sonuca ulaşılmaktadır. Bu tez kapsamında ADDNEQ2 tekniği kullanılacaktır ve kısaca anlatılacaktır. ADDNEQ2 yönteminin kullanılmasının sebebi, HELMR1 programı ile datum tanımlanması için uygulanacak istasyon koordinat çözümleri gerçekleştirilir ve datum tanımlı noktaların güncellenmesi için elde edilen normal eşitlik denklemlerinin tersi tekrar edilir (Dach ve ark., 2015; Bülbül, 2018).

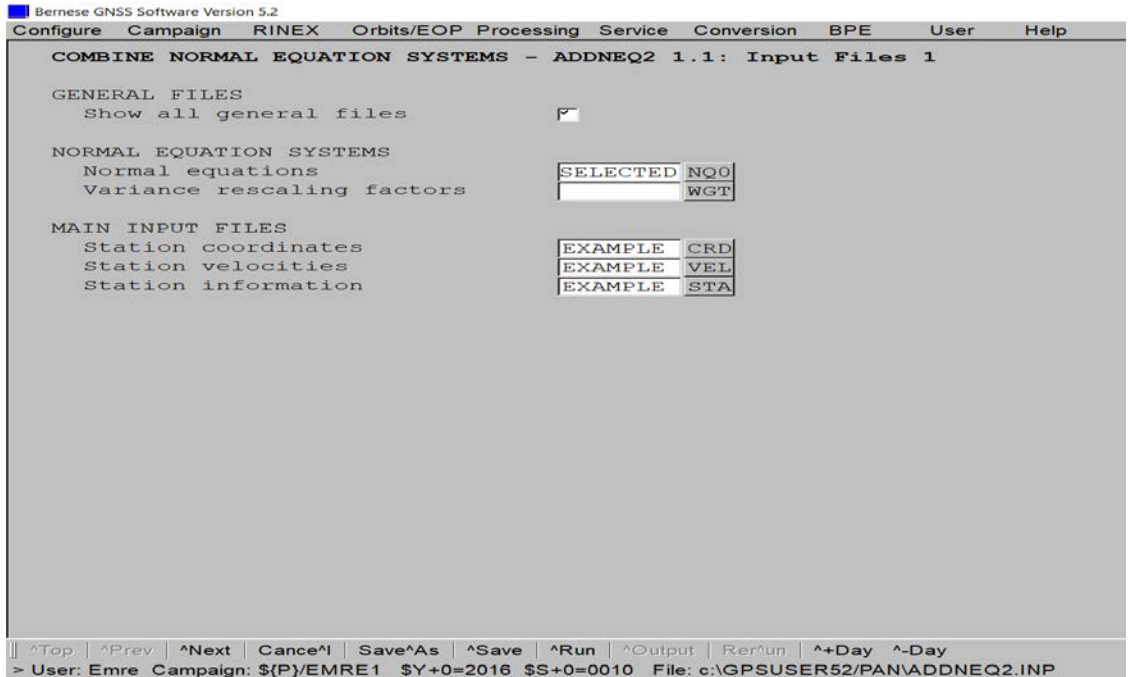
3.3.1. ADDNEQ2 yöntemi ile hız kestirimi

Bernese 5.2 versiyonu bilimsel GNSS yazılımında ADDNEQ2 yöntemi ile hız tahmininde bölüm 3.2.1'de anlatılan BPE çözümü ile elde edilen final koordinatların küçültülmüş normal eşitlik denklemlerinin birleştirilmesi ile hız tahmini kolay bir şekilde yapılmaktadır. Noktaların koordinatları ve hızları hangi epokta isteniyorsa elde edilir. Bernese v5.2 yazılımı açıldığında menü kısmında Şekil 3.16'da gösterildiği gibi Processing > Combine normal equations systems yolu izlenerek ADDNEQ2 ana ekranına geçilir (Dach ve Walser, 2015).



Şekil 3.16. ADDNEQ2 hız kestirimi ekranına geçiş

Yapılan işlemler ile birlikte hız tahmini için Şekil 3.17’de gösterilen ADDNEQ2 ana ekranına geçilir. Burada kullanıcı tarafından hazırlanan koordinat(CRD), hız(VEL) ve istasyon bilgi(STA) dosyaları tanımlanır. Elde edilen normal eşitlik denklemleri(NQ0) tanımlanarak next butonu ile diğer sekmelere geçilir.



Şekil 3.17. ADDNEQ2 ana ekranı

Ana ekrandan sonra her sekmede gerekli dosyalar eklenerek Şekil 3.18 'de gösterilen istasyon hızları onay kutusu işaretlenir ve hızlar hangi epokta isteniyorsa epok bilgileri girilir. Son basamağa kadar gelinir ve program çalıştırılır. NQ0'lar birleştirilerek nokta koordinat ve hızları istenilen epokta elde edilmiş olur. Sonuç dosyaları, çözümlemenin yapıldığı kampanya klasöründe yer alan alt klasörlerden STA içerisinde gösterilmektedir.

Bernese GNSS Software Version 5.2

Configure Campaign RINEX Orbits/EOP Processing Service Conversion BPE User Help

ADDNEQ2 3.1: Options 1

TITLE:

GENERAL OPTIONS

Maximum number of parameters in combined NEQ	1000	
A priori sigma of unit weight	0.0010	meters
Compute and compare individual solutions	HLM TRA	
Reference epoch for station coordinates	2005 01 01	(yyyy mm dd)
Stop program after NEQ saving	☐	

ADD PARAMETERS TO THE SYSTEM

Set up station velocities	☒
Set up Geocenter coordinates	☐

> User: Emre Campaign: \$(P)/EMRE1 \$Y+0=2016 \$S+0=0010 File: c:\GPSUSER52\PA\ADDNEQ2.INP

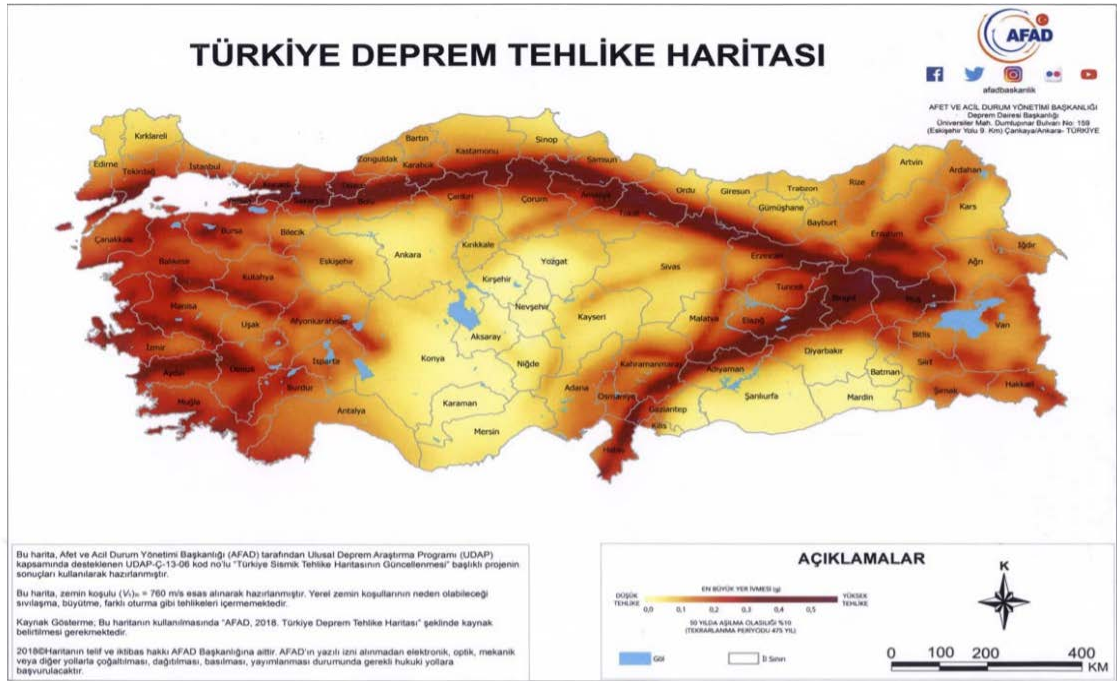
Şekil 3.18. ADDNEQ2 epok ve hız onay kutusu seçim ekranı

4. UYGULAMA

Bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer alan Karaman ilinde bulunan KAMN TUSAGA-Aktif istasyonunun 6, 12, 18, 24, 30, 36 ve 42 aylık 7 farklı dönemde ITRF96 2005.00 epoğunda hız kestirimleri yapılmıştır. 2016-2019 yılları arasında her yılın ocak ve haziran aylarının 01-18 günleri aralığı seçilmiştir. Seçilen günler 1 Ocak 2016'dan başlanmış, birbirini takip eden beşer günlük kombinasyonlara ayrılarak 14 farklı kombinasyon elde edilmiştir. Her dönem için GNSS verileri kullanılarak belirli periyotlarda hız bileşenlerinin elde edilmesinde Bernese v5.2 Bilimsel GNSS değerlendirme yazılımı kullanılmıştır. Belirlenen günlere ait veriler ilgili sitelerden temin edilerek ve kullanıcı tarafından hazırlanarak yazılımda gerekli klasörlere aktarılmıştır. Yazılım tarafından RNX2SNX.PCF otomatik çözümlemesi ile normal eşitlik denklemleri oluşturulmuş ve hız tahmini bu denklemler kullanılarak ADDNEQ2 komutu ile yapılmıştır. Elde edilen hızlar analiz edilerek hangi aylık dönemlerde anlamlı olduğu belirlenmiştir.

4.1. Çalışma Alanının Seçimi

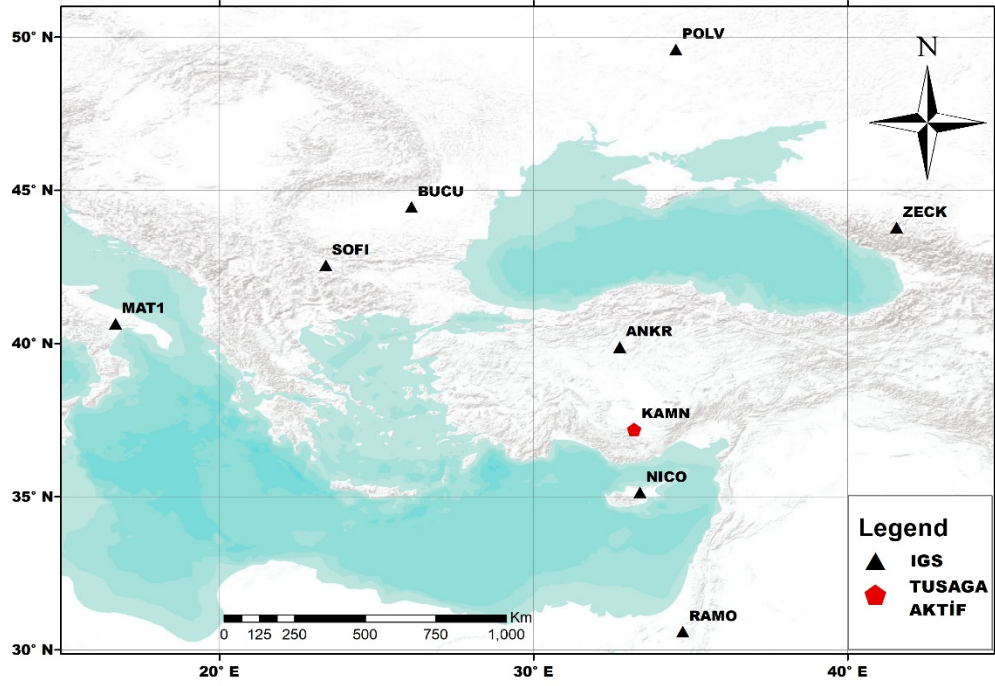
Dünya üzerinde çok sayıda GNSS ağı bulunmaktadır. Sürekli gözlem yapılan bu ağlar ülkelerin genelinde kurum ve kuruluşlar tarafından tesis edilmiştir. Ulusal ve uluslararası olarak sınıflandırılabilir. Ülkemizde de son yıllarda yapılan çalışmalar ile birlikte sürekli gözlem yapan ulusal ağlar mevcuttur. Bu ağlar ülkemizde fay hareketlerinin izlenmesinde ve depremlerin belirlenmesinde aktif olarak kullanılmaktadır. Ülkemiz fay hatları üzerinde ve deprem bölgesi olduğundan dolayı kendi içerisinde deprem riskine göre düşük tehlikeden yüksek tehlikeye göre sınıflara ayrılmıştır (Şekil 4.1). Çalışma alanı olarak deprem riskinin en düşük olduğu yerlerden olan İç Anadolu Bölgesi'nin güneyinde yer alan Karaman ili seçilmiştir.



Şekil 4.1. Türkiye Deprem Tehlike Haritası (Anonim7, 2020)

4.2. IGS ve TUSAGA-Aktif Noktalarının Seçimi

Seçilen test noktasının hızları üst derece ağlarda bulunan referans noktalarına dayalı olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, referans noktalarının doğruluğu bizim için çok önemlidir. Hızların belirlenmesinde plaka hareketlerinin de etkisi dikkate alınmalıdır. Bundan dolayı referans noktaları seçilirken aynı tektonik plaka üzerinde olmasına özen gösterilmiş ve TUSAGA-Aktif istasyonunu çevreleyecek şekilde belirlenmiştir. Çalışma kapsamında 8 adet IGS istasyonu referans olarak alınıp Karaman ilinde bulunan KAMN isimli TUSAGA-Aktif istasyonunun hızları belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan noktalar Şekil 4.2' de harita üzerinde gösterilmiş, noktalar hakkında genel bilgiler Çizelge 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.2. Çalışma alanı ve kullanılan istasyonlar

Çizelge 4.1. IGS ve TUSAGA-Aktif noktalarının genel bilgileri

No	Türü	Ülke	Şehir	Kısa Adı	Enlem (°)	Boylam (°)	Yükseklik (m)
1	IGS	Türkiye	Ankara	ANKR	39.8875	32.7586	974.80
2	IGS	Romanya	Bükreş	BUCU	44.4639	26.1257	143.20
3	IGS	İtalya	Matera	MAT1	40.6491	16.7045	534.50
4	IGS	Kıbrıs	Lefkoşa	NICO	35.1410	33.3964	191.70
5	IGS	Ukrayna	Poltava	POLV	49.6026	34.5429	178.10
6	IGS	İsrail	Mitzpe Ramon	RAMO	30.5978	34.7331	893.10
7	IGS	Bulgaristan	Sofya	SOFI	42.5561	23.3947	1119.60
8	IGS	Rusya	Zelenchukskaya	ZECK	43.7884	41.5651	1167.00
9	TUSAGA-Aktif	Türkiye	Karaman	KAMN	37.1932	33.2203	1057.01

4.3. Verilerin Elde Edilmesi

Çözümleme yapılabilmesi için kullanılacak olan istasyonların ve değerlendirme yazılımının verilerinin eksiksiz bir şekilde elde edilmesi gereklidir. Tez kapsamında kullanılan IGS noktalarına ait RINEX

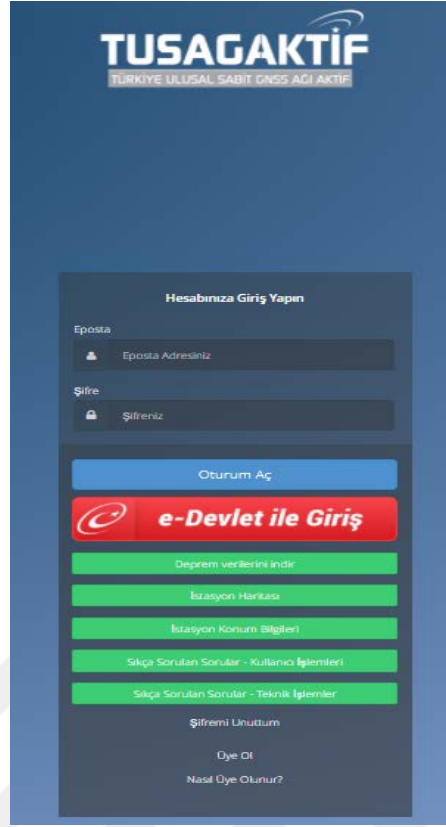
dosyaları <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/yyyy/ddd/yyd/> adresinden, TUSAGA-Aktif noktasına ait RINEX dosyaları <https://www.tusaga-aktif.gov.tr/> adresinden ve çözümleme yapılacak Bernese v5.2 Bilimsel yazılımında kullanılacak dosyalar <http://www.bernese.unibe.ch/> adresinden indirilmiştir.

IGS istasyonuna ait ham veriler hazırlanan bir matlab programı ile otomatik indirilmiş, TUSAGA-Aktif istasyonuna ait ham veriler ile değerlendirme yazılımında kullanılacak dosyalar, ilgili sitelerden manuel olarak indirilmiştir. Çizelge 4.2’ de ilgili siteler ve verilerin elde ediliş şekli gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Çözümlemede kullanılacak verilerin elde edilmesi

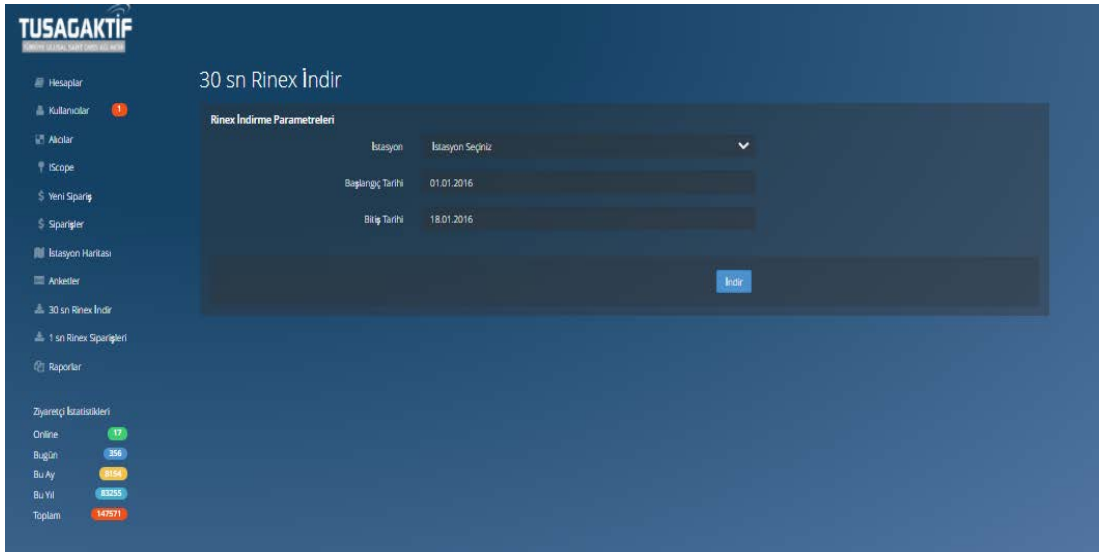
İndirilecek veri	Verinin elde ediliş	İndirildiği site
IGS RINEX dosyası	Otomatik	ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/gps/data/daily/yyyy/ddd/yyd/
TUSAGA-Aktif RINEX dosyası	Manuel	https://www.tusaga-aktif.gov.tr/
Bernese v5.2 GNSS verileri	Manuel	http://www.bernese.unibe.ch/

Çalışmada kullanılan IGS ve TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait veriler elde edilirken çözümleme yapılacak yıl, ay ve ayın günü bilgileri ile ilgili istasyonların 4 haneli kısaltmaları kullanılarak indirilmiştir. Veri toplamada yaşanan sorunlardan dolayı bazı günlerde eksiklik olabilmektedir. Örnek olarak TUSAGA-Aktif istasyonlarına ait olan verilerin Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’ de nasıl temin edileceği gösterilmiştir.



Şekil 4.3. TUSAGA-Aktif sitesi ana sayfası

TUSAGA-Aktif ana sayfasında kullanıcı adı ve şifre ile giriş yapılır. Giriş yapıldıktan sonra Şekil 4.4’ deki karşımıza çıkan ekran üzerinden 30 sn Rinex indir sekmesinden istasyon seçilir ve ilgili günlere ait veriler indirilmiştir.



Şekil 4.4. TUSAGA-Aktif 30sn rinex verileri indirme ekranı

Çözümleme yapılacak olan Bernese v5.2 GNSS değerlendirme yazılımında kullanılacak olan dosyalar, Bölüm 3'te verilen bilgiler doğrultusunda çalışma yapılacak yıllara ait aylar ve ayların günlerine göre manuel olarak elde edilip ilgili klasörler doldurulacaktır. Bunların dışında kullanıcı tarafından oluşturulan dosyalar bir sonraki bölümde verilmiştir.

4.4. Kullanıcı Tarafından Oluşturulan Dosyalar

Genel dosyalar elde edilip ilgili klasörler doldurulduktan sonra çözümlemenin yapılabilmesi için istasyonlara ait dosyalar kullanıcı tarafından oluşturulmuştur. Kullanıcı tarafından oluşturulacak dosyalar Çizelge 4.3'te verilmiştir. İndirilen ve kullanıcı tarafından oluşturulan bütün dosyalar, ilgili klasörlere aktararak çözümlemeye başlanır.

Çizelge 4.3. Kullanıcı tarafından oluşturulan dosyalar

Dosya Adı	Dosyanın İçeriği
ABB	İstasyon Noktalarının Kısa Adları
CRD	İstasyonların Koordinatlarının Dosyası
VEL	İstasyonların Hızlarının Dosyası
ATL	Atmosferik gelgit Dosyası
BLQ	Okyanus Yükleme Katsayıları
CLU	Çözümlemede Kullanılan Kümeler
PLD	İstasyonların Hangi Tektonik Plakada Olduğunu Gösteren Dosya
STA	İstasyonların Bilgi Dosyası

İstasyon noktalarının kısa adları olan ABB dosyası hazırlanırken çözümlemede kullanılacak istasyonların isimleri ile 4 ve 2 karakterli nokta numaraları girilmelidir. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak noktaların bir kısmı Şekil 4.5' te gösterilmiştir.

Station name	4-ID	2-ID	Remark
*****	****	**	*****
ANKR 20805M002	ANKR	AN	Added by SR updabb
BUCU 11401M001	BUCU	BU	Added by SR updabb
KAMN KAMN	KAMN	KA	Added by SR updabb

Şekil 4.5. ABB dosyası örneği

İstasyonların koordinatları bulunan CRD dosyası hazırlanırken çözümlemede kullanılacak olan istasyonların Kartezyen koordinatları RINEX formatlarından elde edilerek oluşturulur. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak noktaların bir kısmı Şekil 4.6’ da gösterilmiştir.

```

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08                                EPOCH: 2005-01-01 00:00:00

NUM  STATION NAME      X (M)      Y (M)      Z (M)      FLAG
1    ANKR 20805M002    4121948.58042  2652187.77449  4069023.75526
2    BUCU 11401M001    4093760.86645  2007793.80830  4445129.98329
3    KAMN KAMN         4256387.88200  2787453.45930  3835136.47240

```

Şekil 4.6. CRD dosyası örneği

İstasyonlara ait hızların yer aldığı VEL dosyası hazırlanırken çözümlemede kullanılacak olan istasyonların güncel yayımlanan hızlarından faydalanılarak oluşturulur. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak noktaların bir kısmı Şekil 4.7’ de gösterilmiştir.

```

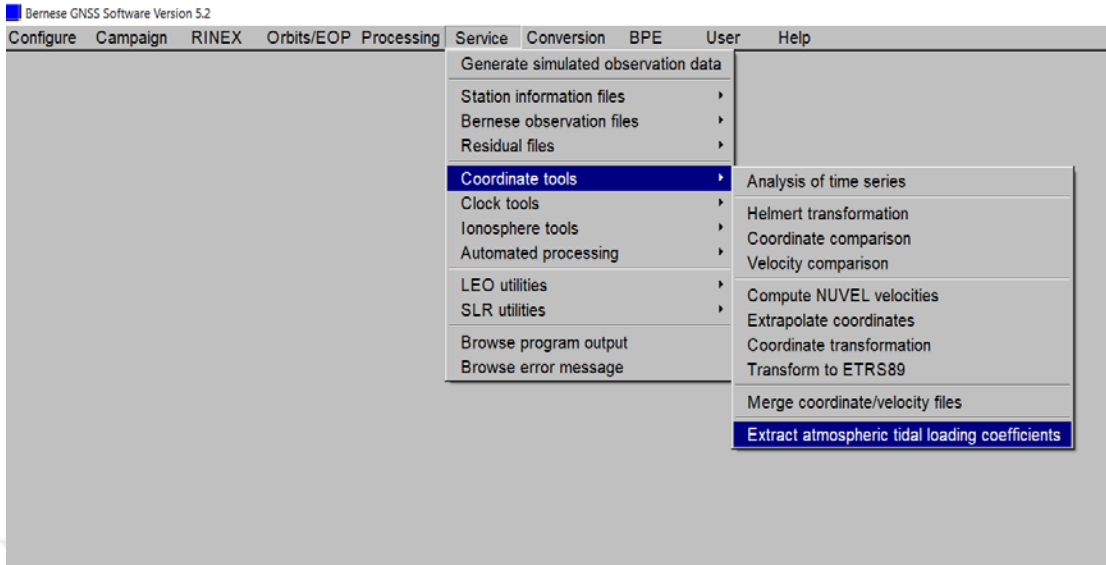
LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08

NUM  STATION NAME      VX (M/Y)      VY (M/Y)      VZ (M/Y)      FLAG      PLATE
1    ANKR 20805M002    -0.01809      0.01699      0.00725      NNR      EURA
2    BUCU 11401M001    -0.01696      0.01727      0.00782      NNR      EURA
3    KAMN KAMN         -0.02364      -0.00056      0.00194      NNR      EURA

```

Şekil 4.7. VEL dosyası örneği

Atmosferik gelgit dosyası olan ATL dosyasında atmosferik gelgit katsayıları bulunur. ATL dosyası için önceden hazırlanan çözümlemede kullanılacak istasyonların koordinat dosyası tanıtılmalıdır. Oluşturulan CRD koordinat dosyası Şekil 4.8’deki Bernese v5.2 GNSS yazılımı ekranındaki yol izlenerek tanıtılır. Koordinat dosyası tanıtıldıktan sonra Şekil 4.9’da bir kısmı gösterilen ATL dosyası elde edilmiş olur.



Şekil 4.8. Bernese v5.2 ATL dosyası oluşturmada izlenecek yol

```

$$ Atmospheric Tidal loading displacemnt
$$
$$ calculated using grdinterp.f (t. van Dam)
$$
$$ calculated using atmospheric tidal model Ray and
$$ Ponte, Annales Geophysicae (2003) v21; 1897-1910
$$ Farrell elastic Greens functions have been used
$$
$$ Displacement is defined positive up, north
$$ and east directions
$$
$$ Column order coss1 sins1 coss2 sins2
$$
$$ Row order:
$$ RADIAL
$$ TANGENTIAL NS
$$ TANGENTIAL EW
$$

```

Şekil 4.9. ATL dosyası örneği

Okyanus yüklemesini içeren BLQ dosyası için önceden hazırlanan çözümlemede kullanılacak istasyonların koordinat dosyası kullanılır. Oluşturulan Kartezyen koordinatlar <http://holt.oso.chalmers.se/loading/> sitesine yüklenerek web sitesi tarafından e-posta yolu ile alınmıştır. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak BLQ okyanus yüklemesi katsayıları dosyasının bir kısmı Şekil 4.10' da gösterilmiştir.

```

$$ Ocean loading displacement
$$
$$ Calculated on holt using olfg/olmpp of H.-G. Scherneck
$$
$$ COLUMN ORDER:  M2  S2  N2  K2  K1  O1  P1  Q1  MF  MM  SSA
$$
$$ ROW ORDER:
$$ AMPLITUDES (m)
$$   RADIAL
$$   TANGENTL      EW
$$   TANGENTL      NS
$$ PHASES (degrees)
$$   RADIAL
$$   TANGENTL      EW
$$   TANGENTL      NS
$$
$$ Displacement is defined positive in upwards, South and West direction.
$$ The phase lag is relative to Greenwich and lags positive. The
$$ Gutenberg-Bullen Greens function is used. In the ocean tide model the
$$ deficit of tidal water mass has been corrected by subtracting a uniform
$$ layer of water with a certain phase lag globally.
$$

```

Şekil 4.10. BLQ dosyası örneği

CLU dosyası çözümlemede kullanılan bütün ortak istasyonların bulunduğu dosyadır. İstasyon adları ve ID numaraları girilerek elde edilir. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak noktalar için CLU dosyasının bir kısmı Şekil 4.11’ de gösterilmiştir.

STATION NAME	CLU
*****	***
ANKR 20805M002	1
BUCU 11401M001	1
KAMN KAMN	1

Şekil 4.11. CLU dosyası örneği

İstasyonların hangi tektonik plaka üzerinde olduğunu gösteren PLD dosyası, çözümlemede kullanılan noktaların bulunduğu plakalara göre dikkatli bir şekilde oluşturulur. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak noktalar için PLD dosyasının bir kısmı Şekil 4.12’ de gösterilmiştir.

LOCAL GEODETIC DATUM: IGS08						
NUM	STATION NAME	VX (M/Y)	VY (M/Y)	VZ (M/Y)	FLAG	PLATE
1	ANKR 20805M002					EUR
2	BUCU 11401M001					EUR
3	KAMN KAMN					EUR

Şekil 4.12. PLD dosyası örneği

STA dosyası kullanıcı tarafından hazırlanacak en önemli dosyalardan bir tanesidir. İstasyonların bilgi dosyasıdır. İçerisinde çalışmada kullanılacak istasyonların isimleri, anten ve alıcı bilgileri, anten yükseklikleri gibi önemli bilgiler yer almaktadır. Bu nedenle dikkatli bir şekilde doldurulmalıdır. IGS istasyonları için bilgi dosyalarından TUSAGA-Aktif istasyonu için RINEX dosyası kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışmada kullanılacak istasyonlar için STA dosyasının bir kısmı Şekil 4.13’ de gösterilmiştir.

```

FORMAT VERSION: 1.01
TECHNIQUE:

TYPE 001: RENAMING OF STATIONS
-----

STATION NAME      FLG      FROM      TO      OLD STATION NAME  REMARK
*****
ANKR 20805M002    001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  ANKR*
BUCU 11401M001    001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  BUCU*
KAMN KAMN        001  1980 01 06 00 00 00  2099 12 31 00 00 00  KAMN*

```

Şekil 4.13. STA dosyası örneği

Bernese v5.2 bilimsel yazılımı için kullanıcı tarafından oluşturulacak dosyalar genel olarak açıklanmıştır. Bu dosyalar hazırlanırken çok dikkat edilmelidir. Dosya içerisinde fazladan bırakılacak bir karakter boşluk bile hata verebilir. Bu sebeple istenilen bilgiler doldurulmalı, gereksiz bilgilere yer verilmemelidir. Çalışmada kullanılacak olan IGS ve TUSAGA-Aktif istasyonları ile yazılımla ilgili olan bütün dosyalar ilgili klasörlere aktarılarak analiz işlemine geçilmiştir.

4.5. Verilerin Analizi

GNSS verilerinin analizi Bernese v5.2 GNSS yazılımı ile yapılmıştır. Yazılımda çözümleme yapılırken farklı yöntemler kullanılmaktadır. Yaptığımız çalışmada belirli periyotlarla hızları elde edeceğimizden dolayı öncelikle final koordinatlar ile küçültülmüş normal eşitlik denklemleri elde edilmiştir. Küçültülmüş normal eşitlik denklemleri elde edilirken Bölüm 3.2.1’de anlatılan RNX2SNX.PCF otomatik çözümlemesi kullanılmıştır. Çözümleme Windows işletim sisteminde çalıştırılmıştır.

Çözümleme yapılırken referans çerçevesi olarak ITRF 2008, okyanus yükleme etkisi FES2004, radyasyon ve basınç etkisi olarak Bern modeli, atmosfer için GMF indirgeme

fonksiyonu, troposfer olarak global basınç ve sıcaklık modeli gibi önemli stratejiler belirlenmiştir ve 8 adet IGS istasyonu kullanılmıştır.

Bernese v5.2 Bilimsel GNSS değerlendirme yazılımında genel olarak çözümlemede yapılacak işlem sırası Çizelge 4.4’ te verilmiştir.

Çizelge 4.4. RNX2SNX.PCF genel işlem sırası

İşlem Sırası	Yapılacak işlemler
1	Programın ve çözüme ait günlerin güncellenmesinin yapılması
2	Yeni bir kampanya oluşturulması
3	Çalışma günü seçimi
4	DATAPOOL’ un doldurulması
5	Çözüm işleminin gerçekleştirilmesi
6	Nokta koordinatları, ortalama hataları ve normal eşitlik denklemlerinin elde edilmesi

İşlem sırası incelendiğinde öncelikle program çözümlemeye başlamadan önce Bern Üniversitesi Astronomi Enstitüsü tarafından yayınlanan güncellemeler yapılmıştır. Daha sonra çözüm yapılacak çalışma ile ilgili genel güncellemeler yapılmıştır. Güncellemeler yapıldıktan sonra ilgili çalışmanın yapılacağı bir kampanya oluşturulmuştur. Kampanya oluşturulduktan sonra Şekil 4.14’de gösterilen çalışma günü seçim ekranından çözüm yapılacak güne ait yıl, ay ve aya ait gün seçilerek çalışma günü belirlenmiştir. Çalışma günü seçildikten sonra DATAPOOL klasörü o güne ait dosyalar ile birlikte genel dosyalarla doldurulmuştur. Bütün bu işlemler gerçekleştirildikten sonra Şekil 4.15’te gösterilen Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı ekranından çözümleme işlemine geçilir. RNX2SNX.PCF komutu ile ilgili günlere ait çözümlemeler yapılır. Eğer hata mesajı varsa CAMPAING52 klasöründe bulunan BPE alt klasöründen hata mesajına bakılır. Hata mesajında hatanın veride mi günde mi olduğuna bakılarak ilgili hata giderilir ve çözüme ulaşılır. Çözümleme işlemi sorunsuz bir şekilde tamamlandıktan sonra çözüme ait istasyonların Kartezyen ve coğrafi koordinatları ile bunların ortalama hataları elde edilmiştir.

Year Month Day (YYYY MM DD) 2016 1 1

Modified Julian Date 57388

GPS Week, Day of Week (WWWW D) 1877 5

Year, Day of Year (YYYY DDD) 2016 1

+1 -1 Today Compute

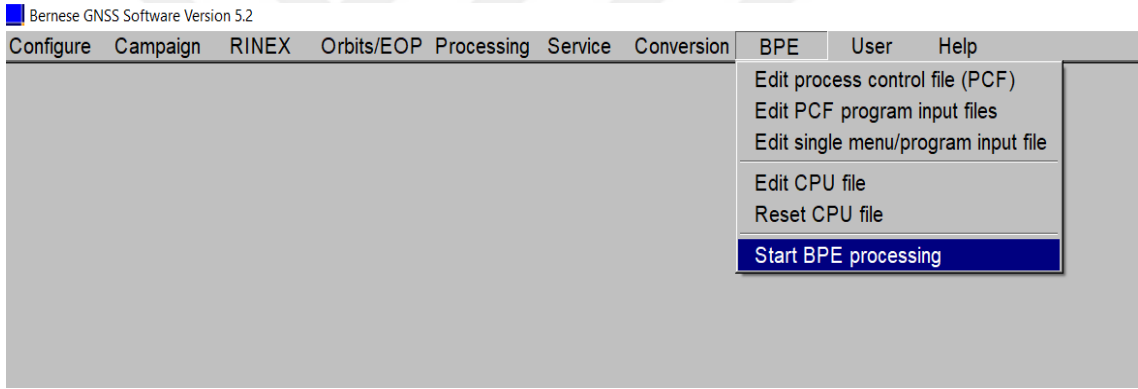
Session Char 0

Session Table SESSIONS SES

Job ID

Help Set Cancel OK

Şekil 4.14. Bernese v5.2 GNSS yazılımı ölçü günü seçim ekranı



Şekil 4.15. Bernese v5.2 GNSS BPE çözümü ekranı

Çalışma kapsamında 2016 – 2019 yılları aralığında ve her yıldan toplamda seçilen 36 gün için çözüm yapılmıştır. Yapılan çözümlerle birlikte küçültülmüş normal eşitlik denklemleri elde edilmiştir. Elde edilen küçültülmüş normal eşitlik denklemleri öncelikle oluşturulan kampanya klasörünün alt klasörü olan SOL dizini altında toplanmıştır. Daha sonra istenilen periyotlarda NEQ' lar birleştirilerek Bölüm 3.3.1'de anlatıldığı üzere ADDNEQ2 yöntemi ile 2005.00 ölçü epogunda hızlar elde edilmiştir.

Hızlar elde edilirken 1 Ocak 2016 tarihinden başlanarak beşer gün olacak şekilde birbirini takip eden günlerden başlayarak 14 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. Oluşturulan kombinasyonların listesi Çizelge 4.5' te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Hız hesabı için seçilen günlerin kombinasyonu

Kombinasyon Numarası	Seçilen Günler
1	01-02-03-04-05 Ocak 2016
2	02-03-04-05-06 Ocak 2016
3	03-04-05-06-07 Ocak 2016
4	04-05-06-07-08 Ocak 2016
5	05-06-07-08-09 Ocak 2016
6	06-07-08-09-10 Ocak 2016
7	07-08-09-10-11 Ocak 2016
8	08-09-10-11-12 Ocak 2016
9	09-10-11-12-13 Ocak 2016
10	10-11-12-13-14 Ocak 2016
11	11-12-13-14-15 Ocak 2016
12	12-13-14-15-16 Ocak 2016
13	13-14-15-16-17 Ocak 2016
14	14-15-16-17-18 Ocak 2016

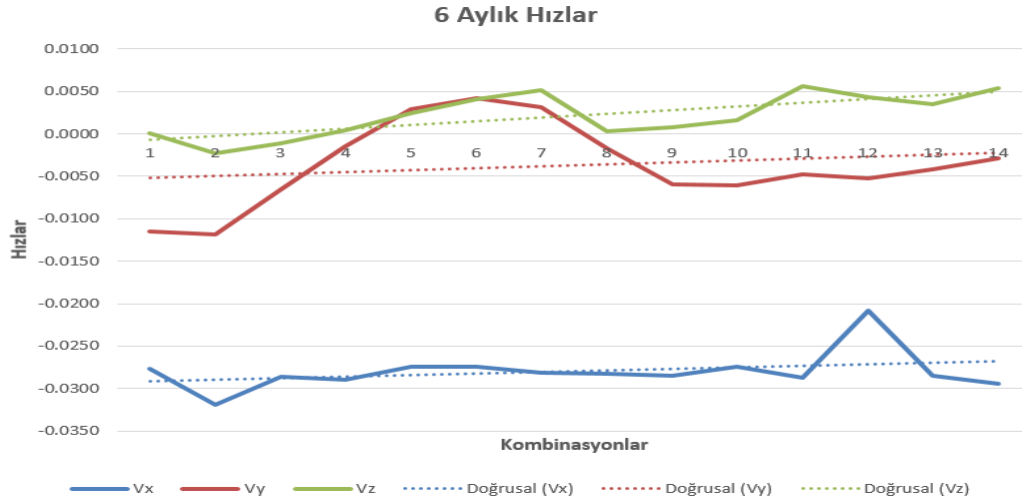
Her seçili gün için oluşturulan kombinasyonlar çözümlemelerde kullanılmıştır. Seçilen günlere ait NEQ' ları birleştirilerek her kombinasyon için KAMN istasyonuna ait 6, 12, 18, 24, 30, 36 ve 42 aylık 7 farklı dönemde ITRF96 2005.00 ölçü epoğunda hızlar ve hızlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Her dönem için elde edilen hızlar ve ortalama hataları çizelge ile grafiklerde verilmiştir.

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 6 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. KAMN istasyonu 6 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.02768	-0.01151	0.00004	0.00130	0.00113	0.00091
2	-0.03194	-0.01185	-0.00226	0.00132	0.00114	0.00092
3	-0.02858	-0.00658	-0.00117	0.00134	0.00116	0.00094
4	-0.02894	-0.00143	0.00048	0.00136	0.00118	0.00095
5	-0.02746	0.00291	0.00245	0.00136	0.00118	0.00095
6	-0.02738	0.00420	0.00405	0.00133	0.00116	0.00093
7	-0.02808	0.00319	0.00519	0.00135	0.00117	0.00094
8	-0.02826	-0.00173	0.00032	0.00135	0.00118	0.00094
9	-0.02846	-0.00596	0.00072	0.00136	0.00118	0.00094
10	-0.02741	-0.00608	0.00164	0.00137	0.00119	0.00095
11	-0.02871	-0.00482	0.00566	0.00139	0.00121	0.00096
12	-0.02079	-0.00523	0.00429	0.00136	0.00119	0.00094
13	-0.02852	-0.00422	0.00351	0.00135	0.00119	0.00094
14	-0.02940	-0.00286	0.00532	0.00135	0.00119	0.00094

Elde edilen hızlar incelendiğinde bazı numaraların yönlerinde değişiklik olduğu görülmüş ve hız değerleri V_x için -0.03194 ile -0.02079, V_y için -0.01185 ile 0.0042, V_z için -0.00226 ile 0.00566 aralığında değerler tespit edilmiştir.. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.91 mm ile 1.39 mm arasında değerler tespit edilmiştir. Elde edilen hızlara ait grafik Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



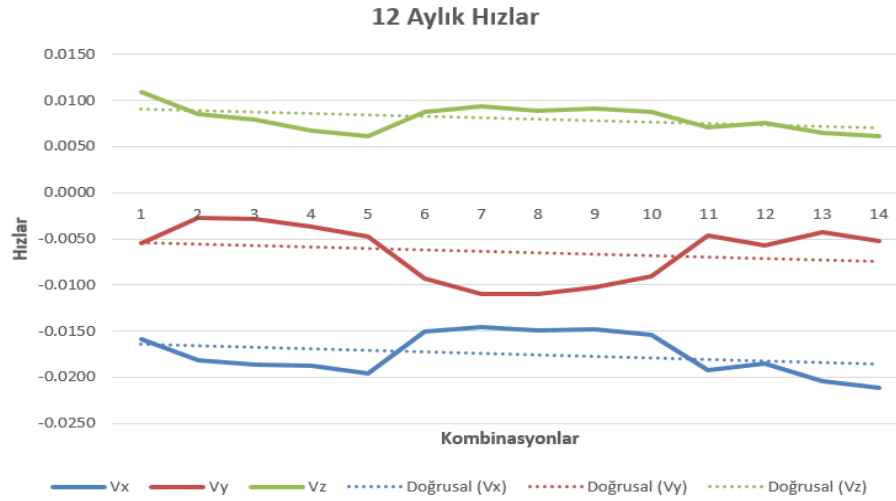
Şekil 4.16. KAMN istasyonu 6 aylık hızların grafiği

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 12 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.7’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. KAMN istasyonu 12 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.01583	-0.00550	0.01086	0.00052	0.00045	0.00036
2	-0.01813	-0.00271	0.00855	0.00052	0.00045	0.00036
3	-0.01862	-0.00280	0.00794	0.00054	0.00046	0.00037
4	-0.01881	-0.00367	0.00676	0.00054	0.00047	0.00038
5	-0.01956	-0.00471	0.00613	0.00053	0.00046	0.00037
6	-0.01500	-0.00934	0.00874	0.00052	0.00045	0.00036
7	-0.01456	-0.01101	0.00940	0.00052	0.00045	0.00036
8	-0.01488	-0.01102	0.00893	0.00052	0.00045	0.00036
9	-0.01479	-0.01032	0.00910	0.00052	0.00045	0.00036
10	-0.01545	-0.00908	0.00877	0.00052	0.00045	0.00036
11	-0.01923	-0.00464	0.00704	0.00052	0.00045	0.00036
12	-0.01855	-0.00567	0.00755	0.00051	0.00045	0.00035
13	-0.02044	-0.00425	0.00651	0.00051	0.00044	0.00035
14	-0.02114	-0.00524	0.00614	0.00051	0.00044	0.00035

Elde edilen hızlar incelendiğinde hız değerleri V_x için -0.02114 ile -0.01456, V_y için -0.01101 ile -0.00271, V_z için 0.00613 ile 0.01086 aralığında tespit edilmiştir. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.35 mm ile 0.54 mm arasında değerler almıştır. Elde edilen hızlara ait grafik Şekil 4.17’ de gösterilmiştir.



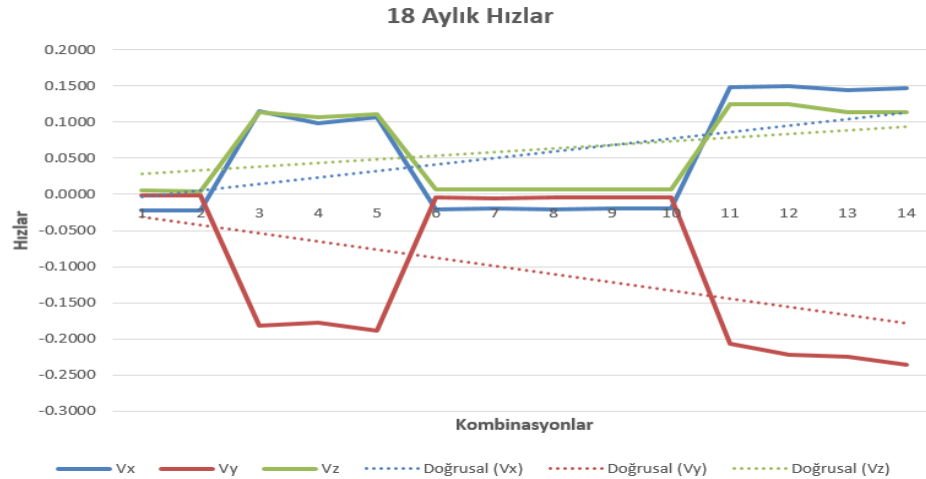
Şekil 4.17. KAMN istasyonu 12 aylık hızların grafiği

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 18 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.8’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. KAMN istasyonu 18 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.02229	-0.00161	0.00509	0.00038	0.00033	0.00026
2	-0.02270	-0.00126	0.00428	0.00039	0.00034	0.00027
3	0.11577	-0.18227	0.11436	0.00340	0.00333	0.00262
4	0.09860	-0.17824	0.10738	0.00346	0.00335	0.00266
5	0.10630	-0.18854	0.11111	0.00349	0.00341	0.00271
6	-0.02041	-0.00452	0.00705	0.00040	0.00035	0.00028
7	-0.02001	-0.00498	0.00721	0.00040	0.00036	0.00028
8	-0.02038	-0.00440	0.00637	0.00040	0.00036	0.00028
9	-0.02009	-0.00368	0.00630	0.00041	0.00036	0.00028
10	-0.01960	-0.00411	0.00645	0.00041	0.00036	0.00028
11	0.14884	-0.20742	0.12501	0.00359	0.00354	0.00277
12	0.15046	-0.22189	0.12490	0.00350	0.00352	0.00274
13	0.14392	-0.22542	0.11366	0.00344	0.00343	0.00270
14	0.14670	-0.23523	0.11440	0.00339	0.00337	0.00264

Elde edilen hızlar incelendiğinde bazı numaraların yönlerinde değişiklik olduğu görülmüş ve hız değerleri V_x için -0.02270 ile 0.15046, V_y için -0.23523 ile -0.00126, V_z için 0.00428 ile 0.12501 aralığında değerler almıştır. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.26 mm ile 3.59 mm arasında değerler almıştır (Şekil 4.18).



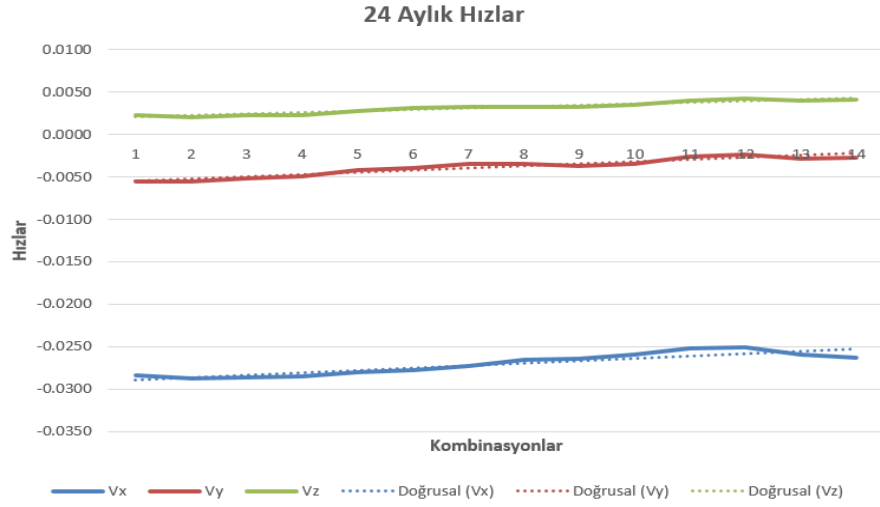
Şekil 4.18. KAMN istasyonu 18 aylık hızların grafiği

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 24 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.9’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. KAMN istasyonu 24 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.02844	-0.00555	0.00228	0.00026	0.00022	0.00018
2	-0.02869	-0.00552	0.00207	0.00026	0.00022	0.00018
3	-0.02866	-0.00520	0.00231	0.00026	0.00022	0.00018
4	-0.02854	-0.00496	0.00229	0.00026	0.00022	0.00018
5	-0.02803	-0.00417	0.00278	0.00026	0.00022	0.00018
6	-0.02779	-0.00390	0.00319	0.00025	0.00022	0.00018
7	-0.02722	-0.00349	0.00329	0.00025	0.00022	0.00018
8	-0.02657	-0.00343	0.00324	0.00025	0.00022	0.00018
9	-0.02640	-0.00373	0.00332	0.00025	0.00022	0.00018
10	-0.02596	-0.00340	0.00348	0.00025	0.00022	0.00018
11	-0.02517	-0.00259	0.00398	0.00025	0.00022	0.00018
12	-0.02511	-0.00239	0.00424	0.00025	0.00022	0.00018
13	-0.02596	-0.00288	0.00404	0.00025	0.00022	0.00018
14	-0.02635	-0.00267	0.00413	0.00026	0.00023	0.00018

Elde edilen hızlar incelendiğinde hız değerleri V_x için -0.02869 ile -0.02511, V_y için -0.00555 ile -0.00239, V_z için 0.00207 ile 0.00424 aralığında değerler almıştır. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.18 mm ile 0.26 mm arasında değerler almıştır. Elde edilen hızlara ait grafik Şekil 4.19’ de gösterilmiştir.



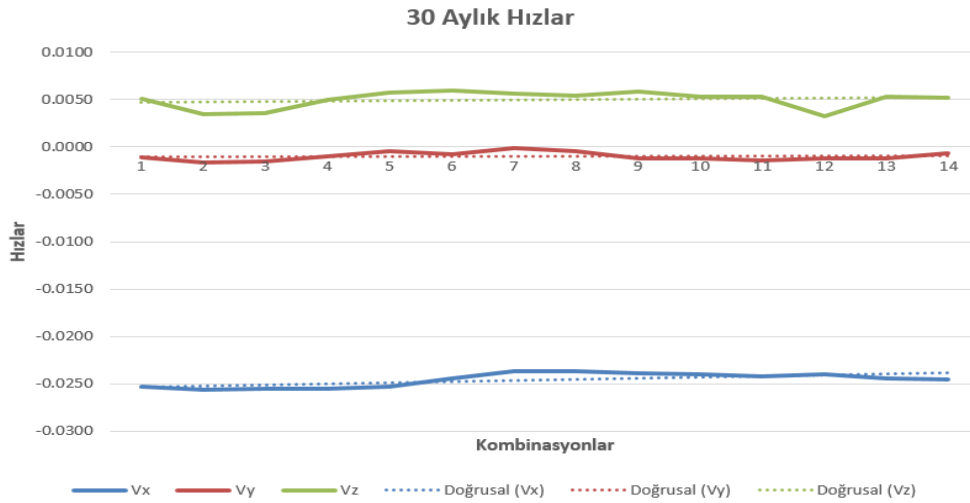
Şekil 4.19. KAMN istasyonu 24 aylık hızların grafiği

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 30 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.10' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. KAMN istasyonu 30 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.02531	-0.00113	0.00508	0.00023	0.00020	0.00012
2	-0.02564	-0.00160	0.00351	0.00023	0.00020	0.00012
3	-0.02549	-0.00154	0.00352	0.00024	0.00020	0.00012
4	-0.02556	-0.00097	0.00500	0.00024	0.00020	0.00012
5	-0.02530	-0.00049	0.00575	0.00024	0.00020	0.00012
6	-0.02448	-0.00079	0.00592	0.00023	0.00020	0.00012
7	-0.02369	-0.00010	0.00560	0.00024	0.00020	0.00012
8	-0.02372	-0.00049	0.00544	0.00024	0.00020	0.00012
9	-0.02391	-0.00115	0.00582	0.00024	0.00021	0.00012
10	-0.02401	-0.00122	0.00534	0.00024	0.00021	0.00012
11	-0.02417	-0.00141	0.00527	0.00024	0.00021	0.00012
12	-0.02404	-0.00121	0.00320	0.00024	0.00021	0.00012
13	-0.02443	-0.00117	0.00535	0.00024	0.00021	0.00012
14	-0.02454	-0.00069	0.00521	0.00024	0.00021	0.00012

Elde edilen hızlar incelendiğinde hız değerleri V_x için -0.02564 ile -0.02369, V_y için -0.0016 ile -0.0001, V_z için 0.00320 ile 0.00592 aralığında değerler almıştır. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.12 mm ile 0.24 mm arasında değerler almıştır. Elde edilen hızlara ait grafik Şekil 4.20’ de gösterilmiştir.



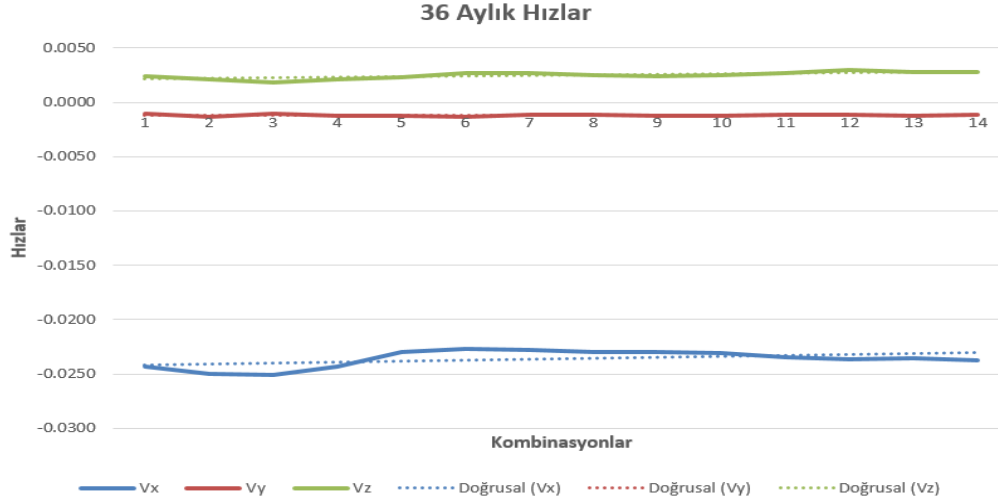
Şekil 4.20. KAMN istasyonu 30 aylık hızların grafiği

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 36 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.11’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. KAMN istasyonu 36 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.02429	-0.00102	0.00243	0.00017	0.00015	0.00016
2	-0.02499	-0.00134	0.00207	0.00017	0.00015	0.00016
3	-0.02506	-0.00106	0.00186	0.00017	0.00015	0.00017
4	-0.02432	-0.00128	0.00215	0.00017	0.00015	0.00016
5	-0.02297	-0.00125	0.00230	0.00017	0.00015	0.00016
6	-0.02273	-0.00134	0.00271	0.00018	0.00015	0.00016
7	-0.02284	-0.00119	0.00269	0.00018	0.00016	0.00016
8	-0.02302	-0.00118	0.00252	0.00018	0.00016	0.00016
9	-0.02296	-0.00120	0.00238	0.00017	0.00015	0.00017
10	-0.02312	-0.00121	0.00246	0.00018	0.00016	0.00017
11	-0.02347	-0.00112	0.00264	0.00017	0.00016	0.00017
12	-0.02369	-0.00116	0.00296	0.00018	0.00016	0.00017
13	-0.02352	-0.00122	0.00278	0.00017	0.00015	0.00017
14	-0.02378	-0.00113	0.00276	0.00017	0.00015	0.00017

Elde edilen hızlar incelendiğinde hız değerleri V_x için -0.02506 ile -0.02273, V_y için -0.00134 ile -0.00102, V_z için 0.00296 ile 0.00186 aralığında değerler almıştır. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.15 mm ile 0.18 mm arasında değerler almıştır. Elde edilen hızlara ait grafik Şekil 4.21’ de gösterilmiştir.



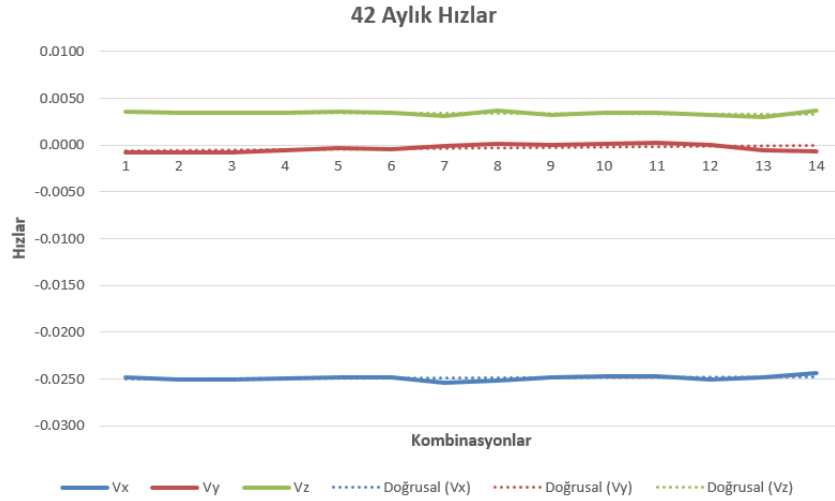
Şekil 4.21. KAMN istasyonu 36 aylık hızların grafiği

Oluşturulan her kombinasyon günleri için 42 aylık hız değerleri ve bunlara ait ortalama hatalar elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.12’ de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12. KAMN istasyonu 42 aylık hızlar ve ortalama hataları

Kombinasyon Numarası	$V_x(m)$	$V_y(m)$	$V_z(m)$	$RMS_{V_x}(m)$	$RMS_{V_y}(m)$	$RMS_{V_z}(m)$
1	-0.02479	-0.00075	0.00355	0.00016	0.00014	0.00011
2	-0.02502	-0.00076	0.00347	0.00016	0.00014	0.00011
3	-0.02506	-0.00081	0.00344	0.00016	0.00014	0.00011
4	-0.02494	-0.00054	0.00351	0.00017	0.00014	0.00012
5	-0.02480	-0.00035	0.00362	0.00017	0.00014	0.00012
6	-0.02484	-0.00046	0.00347	0.00017	0.00014	0.00012
7	-0.02541	-0.00011	0.00309	0.00017	0.00015	0.00012
8	-0.02515	-0.00015	0.00368	0.00017	0.00015	0.00012
9	-0.02485	0.00003	0.00321	0.00017	0.00015	0.00012
10	-0.02470	-0.00013	0.00346	0.00017	0.00015	0.00012
11	-0.02468	-0.00023	0.00342	0.00017	0.00015	0.00012
12	-0.02500	-0.00001	0.00327	0.00017	0.00015	0.00012
13	-0.02477	-0.00052	0.00303	0.00017	0.00015	0.00012
14	-0.02437	-0.00065	0.00363	0.00018	0.00015	0.00012

Elde edilen hızlar incelendiğinde hız değerleri V_x için -0.02541 ile -0.02437, V_y için -0.00081 ile 0.00003, V_z için 0.00368 ile 0.00303 aralığında değerler almıştır. Hızlara ait ortalama hatalar ise V_x , V_y ve V_z için 0.11 mm ile 0.18 mm arasında değerler almıştır. Elde edilen hızlara ait grafik Şekil 4.22’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. KAMN istasyonu 42 aylık hızların grafiği

Şekil 4.16. – 4.22. ‘ya genel olarak baktığımızda 6, 12 ve 18 aylık hızların grafiğinin çok doğrusal olmadığı 24 aylık hız grafiğinden sonra doğrusal bir hal almaya başladığı ve 30, 36 ve 42 aylık hız grafiklerinin daha doğrusal olduğu görülmüştür.

Her dönem için hız değerleri hesaplandıktan sonra TKGM tarafından TUSAGA-Aktif’ in yayınladığı güncel hız değerleri ve ortalama hataları elde edilerek istatistik test uygulanıp hangi dönemde elde edilen hızların daha anlamlı olduğuna bakılmıştır.

4.6. Analizlerin Değerlendirilmesi

Her kombinasyon ve dönem için; KAMN TUSAGA-Aktif istasyonunun Kartezyen hızları (V_x , V_y , V_z) ve hızlara ait ortalama hatalar (m_x , m_y , m_z) hesaplanmıştır. KAMN istasyonuna ait dönemsel hesaplanan hızlar ve ortalama hatalarının, TKGM tarafından TUSAGA-Aktif’ in yayınladığı güncel hız değerleri ve ortalama hataları ile karşılaştırılıp anlamlı olup olmadığı irdelenmiştir. Elde edilen bütün değerlerin güncel değerler ile

farkları alınarak test değeri bulunmuş, %95 güven aralığı için t dağılım sınırı $t_{f,1-0.05/2}$ tablo değeri ile karşılaştırılmıştır.

Hesaplanan hızlar ve ortalama hatalar kullanılarak;
hızların farkları,

$$D_{V_x} = V_{x_{i+1}} - V_{x_i}, \quad D_{V_y} = V_{y_{i+1}} - V_{y_i}, \quad D_{V_z} = V_{z_{i+1}} - V_{z_i} \quad (1)$$

farkların karesel ortalama hataları,

$$m_{D_{V_x}} = \sqrt{(m_{V_{x_{i+1}}})^2 + (m_{V_{x_i}})^2}, m_{D_{V_y}} = \sqrt{(m_{V_{y_{i+1}}})^2 + (m_{V_{y_i}})^2}, m_{D_{V_z}} = \sqrt{(m_{V_{z_{i+1}}})^2 + (m_{V_{z_i}})^2} \quad (2)$$

test büyüklükleri,

$$T_{V_x} = \frac{D_{V_x}}{m_{D_{V_x}}}, \quad T_{V_y} = \frac{D_{V_y}}{m_{D_{V_y}}}, \quad T_{V_z} = \frac{D_{V_z}}{m_{D_{V_z}}} \quad (3)$$

eşitlikleriyle hesaplanarak tablolarda gösterilmiştir (Gündüz, 2019) (Çizelge 4.13–4.19).

Çizelge 4.13. KAMN istasyonu 6 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	0.0040	0.0110	0.0019	0.0016	0.0013	0.0013	2.49	8.37	1.51
2	0.0083	0.0113	0.0042	0.0016	0.0013	0.0013	5.07	8.57	3.32
3	0.0049	0.0060	0.0031	0.0017	0.0013	0.0013	2.99	4.51	2.43
4	0.0053	0.0009	0.0015	0.0017	0.0014	0.0013	3.17	0.64	1.13
5	0.0038	-0.0035	-0.0005	0.0017	0.0014	0.0013	2.29	2.57	0.40
6	0.0037	-0.0048	-0.0021	0.0016	0.0013	0.0013	2.27	3.57	1.66
7	0.0044	-0.0038	-0.0033	0.0017	0.0013	0.0013	2.67	2.79	2.54
8	0.0046	0.0012	0.0016	0.0017	0.0014	0.0013	2.78	0.87	1.26
9	0.0048	0.0054	0.0012	0.0017	0.0014	0.0013	2.89	3.99	0.95
10	0.0038	0.0055	0.0003	0.0017	0.0014	0.0013	2.25	4.06	0.23
11	0.0051	0.0043	-0.0037	0.0017	0.0014	0.0013	2.99	3.09	2.87
12	-0.0028	0.0047	-0.0024	0.0017	0.0014	0.0013	1.71	3.43	1.83
13	0.0049	0.0037	-0.0016	0.0017	0.0014	0.0013	2.94	2.69	1.23
14	0.0058	0.0023	-0.0034	0.0017	0.0014	0.0013	3.46	1.69	2.64

Çizelge 4.14. KAMN istasyonu 12 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	-0.0078	0.0049	-0.0089	0.0011	0.0008	0.0009	7.10	6.18	9.47
2	-0.0055	0.0022	-0.0066	0.0011	0.0008	0.0009	5.01	2.69	7.02
3	-0.0050	0.0022	-0.0060	0.0011	0.0008	0.0009	4.52	2.78	6.35
4	-0.0048	0.0031	-0.0048	0.0011	0.0008	0.0009	4.35	3.84	5.08
5	-0.0041	0.0042	-0.0042	0.0011	0.0008	0.0009	3.69	5.16	4.43
6	-0.0086	0.0088	-0.0068	0.0011	0.0008	0.0009	7.85	10.99	7.22
7	-0.0091	0.0105	-0.0075	0.0011	0.0008	0.0009	8.25	13.08	7.92
8	-0.0088	0.0105	-0.0070	0.0011	0.0008	0.0009	7.96	13.09	7.42
9	-0.0089	0.0098	-0.0072	0.0011	0.0008	0.0009	8.04	12.22	7.60
10	-0.0082	0.0085	-0.0068	0.0011	0.0008	0.0009	7.44	10.67	7.25
11	-0.0044	0.0041	-0.0051	0.0011	0.0008	0.0009	4.01	5.11	5.42
12	-0.0051	0.0051	-0.0056	0.0011	0.0008	0.0009	4.64	6.40	5.98
13	-0.0032	0.0037	-0.0046	0.0011	0.0008	0.0009	2.92	4.65	4.87
14	-0.0025	0.0047	-0.0042	0.0011	0.0008	0.0009	2.28	5.90	4.48

Çizelge 4.15. KAMN istasyonu 18 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	-0.0014	0.0011	-0.0032	0.0010	0.0007	0.0009	1.30	1.42	3.47
2	-0.0009	0.0007	-0.0023	0.0010	0.0007	0.0009	0.90	0.94	2.57
3	-0.1394	0.1817	-0.1124	0.0035	0.0034	0.0028	39.43	53.53	40.72
4	-0.1222	0.1777	-0.1054	0.0036	0.0034	0.0028	34.02	52.04	37.68
5	-0.1299	0.1880	-0.1092	0.0036	0.0035	0.0028	35.87	54.12	38.36
6	-0.0032	0.0040	-0.0051	0.0010	0.0007	0.0009	3.08	5.30	5.59
7	-0.0036	0.0044	-0.0053	0.0010	0.0008	0.0009	3.46	5.88	5.77
8	-0.0033	0.0038	-0.0044	0.0010	0.0008	0.0009	3.11	5.11	4.85
9	-0.0036	0.0031	-0.0044	0.0011	0.0008	0.0009	3.37	4.15	4.77
10	-0.0040	0.0036	-0.0045	0.0011	0.0008	0.0009	3.84	4.72	4.93
11	-0.1725	0.2069	-0.1231	0.0037	0.0036	0.0029	46.38	57.45	42.39
12	-0.1741	0.2213	-0.1230	0.0036	0.0036	0.0029	47.94	61.80	42.77
13	-0.1676	0.2249	-0.1117	0.0036	0.0035	0.0028	46.88	64.38	39.38
14	-0.1703	0.2347	-0.1125	0.0035	0.0034	0.0028	48.31	68.34	40.46

Çizelge 4.16. KAMN istasyonu 24 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	0.0048	0.0050	-0.0003	0.0010	0.0007	0.0009	4.78	7.17	0.38
2	0.0051	0.0050	-0.0001	0.0010	0.0007	0.0009	5.03	7.13	0.15
3	0.0050	0.0046	-0.0004	0.0010	0.0007	0.0009	5.00	6.67	0.42
4	0.0049	0.0044	-0.0004	0.0010	0.0007	0.0009	4.88	6.32	0.39
5	0.0044	0.0036	-0.0008	0.0010	0.0007	0.0009	4.37	5.19	0.95
6	0.0042	0.0033	-0.0013	0.0010	0.0007	0.0009	4.14	4.80	1.41
7	0.0036	0.0029	-0.0014	0.0010	0.0007	0.0009	3.57	4.21	1.52
8	0.0029	0.0029	-0.0013	0.0010	0.0007	0.0009	2.93	4.13	1.46
9	0.0028	0.0032	-0.0014	0.0010	0.0007	0.0009	2.76	4.56	1.55
10	0.0023	0.0028	-0.0015	0.0010	0.0007	0.0009	2.32	4.08	1.73
11	0.0015	0.0020	-0.0020	0.0010	0.0007	0.0009	1.53	2.92	2.30
12	0.0015	0.0018	-0.0023	0.0010	0.0007	0.0009	1.47	2.63	2.59
13	0.0023	0.0023	-0.0021	0.0010	0.0007	0.0009	2.32	3.33	2.36
14	0.0027	0.0021	-0.0022	0.0010	0.0007	0.0009	2.70	3.02	2.47

Çizelge 4.17. KAMN istasyonu 30 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	0.0017	0.0006	-0.0031	0.0010	0.0007	0.0009	1.68	0.83	3.58
2	0.0020	0.0010	-0.0016	0.0010	0.0007	0.0009	2.01	1.51	1.79
3	0.0019	0.0010	-0.0016	0.0010	0.0007	0.0009	1.85	1.42	1.80
4	0.0019	0.0004	-0.0031	0.0010	0.0007	0.0009	1.92	0.59	3.48
5	0.0017	-0.0001	-0.0038	0.0010	0.0007	0.0009	1.66	0.10	4.34
6	0.0008	0.0002	-0.0040	0.0010	0.0007	0.0009	0.84	0.33	4.53
7	0.0000	-0.0005	-0.0037	0.0010	0.0007	0.0009	0.05	0.67	4.17
8	0.0001	-0.0001	-0.0035	0.0010	0.0007	0.0009	0.08	0.10	3.99
9	0.0003	0.0006	-0.0039	0.0010	0.0007	0.0009	0.27	0.85	4.42
10	0.0004	0.0007	-0.0034	0.0010	0.0007	0.0009	0.37	0.95	3.87
11	0.0005	0.0009	-0.0033	0.0010	0.0007	0.0009	0.53	1.23	3.79
12	0.0004	0.0007	-0.0013	0.0010	0.0007	0.0009	0.40	0.94	1.43
13	0.0008	0.0006	-0.0034	0.0010	0.0007	0.0009	0.79	0.88	3.88
14	0.0009	0.0001	-0.0033	0.0010	0.0007	0.0009	0.90	0.19	3.72

Çizelge 4.18. KAMN istasyonu 36 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	0.0006	0.0005	-0.0005	0.0010	0.0007	0.0009	0.66	0.68	0.55
2	0.0014	0.0008	-0.0001	0.0010	0.0007	0.0009	1.37	1.15	0.15
3	0.0014	0.0005	0.0001	0.0010	0.0007	0.0009	1.44	0.74	0.09
4	0.0007	0.0007	-0.0002	0.0010	0.0007	0.0009	0.69	1.06	0.24
5	-0.0007	0.0007	-0.0004	0.0010	0.0007	0.0009	0.68	1.02	0.41
6	-0.0009	0.0008	-0.0008	0.0010	0.0007	0.0009	0.92	1.15	0.87
7	-0.0008	0.0006	-0.0008	0.0010	0.0007	0.0009	0.81	0.93	0.85
8	-0.0006	0.0006	-0.0006	0.0010	0.0007	0.0009	0.63	0.91	0.66
9	-0.0007	0.0006	-0.0004	0.0010	0.0007	0.0009	0.69	0.95	0.50
10	-0.0005	0.0007	-0.0005	0.0010	0.0007	0.0009	0.53	0.96	0.59
11	-0.0002	0.0006	-0.0007	0.0010	0.0007	0.0009	0.17	0.82	0.79
12	0.0000	0.0006	-0.0010	0.0010	0.0007	0.0009	0.05	0.88	1.15
13	-0.0001	0.0007	-0.0008	0.0010	0.0007	0.0009	0.12	0.98	0.95
14	0.0001	0.0006	-0.0008	0.0010	0.0007	0.0009	0.14	0.84	0.93

Çizelge 4.19. KAMN istasyonu 42 aylık hızlar ile yapılan testler ($t_{f,1-0.05/2} = 2.13$)

Fark No	Hız Farkları(m)			Farkların Ortalama Hatası(m)			Test Büyüklükleri		
	D_{V_x}	D_{V_y}	D_{V_z}	$m_{D_{V_x}}$	$m_{D_{V_y}}$	$m_{D_{V_z}}$	T_{V_x}	T_{V_y}	T_{V_z}
1	0.0012	0.0002	-0.0016	0.0010	0.0007	0.0009	1.17	0.28	1.84
2	0.0014	0.0002	-0.0015	0.0010	0.0007	0.0009	1.40	0.30	1.74
3	0.0014	0.0003	-0.0015	0.0010	0.0007	0.0009	1.44	0.37	1.71
4	0.0013	0.0000	-0.0016	0.0010	0.0007	0.0009	1.32	0.03	1.79
5	0.0012	-0.0002	-0.0017	0.0010	0.0007	0.0009	1.18	0.31	1.91
6	0.0012	-0.0001	-0.0015	0.0010	0.0007	0.0009	1.22	0.15	1.74
7	0.0018	-0.0005	-0.0012	0.0010	0.0007	0.0009	1.80	0.66	1.31
8	0.0015	-0.0004	-0.0017	0.0010	0.0007	0.0009	1.53	0.61	1.98
9	0.0012	-0.0006	-0.0013	0.0010	0.0007	0.0009	1.23	0.87	1.45
10	0.0011	-0.0004	-0.0015	0.0010	0.0007	0.0009	1.08	0.64	1.73
11	0.0010	-0.0003	-0.0015	0.0010	0.0007	0.0009	1.06	0.49	1.69
12	0.0014	-0.0006	-0.0013	0.0010	0.0007	0.0009	1.38	0.81	1.51
13	0.0011	0.0000	-0.0011	0.0010	0.0007	0.0009	1.15	0.06	1.24
14	0.0007	0.0001	-0.0017	0.0010	0.0007	0.0009	0.74	0.13	1.92

Tablolarda KAMN istasyonu için 7 farklı dönemde elde edilen hızlar ve ortalama hataları ile TUSAGA-Aktif® in güncel olarak yayınladığı hızlar ile ortalama hataları kullanılarak elde edilen sonuçların anlamlı olup olmadığı araştırılmıştır. *Anlamlı olmayan test sonuçları kırmızı renk ile gösterilmiştir.* Tablolar incelendiğinde 30 aya ait elde edilen hızlara ilişkin, yapılan t testi sonucunda V_x ve V_y ' nin anlamlı olduğu, V_z ' nin ise 36 aya ait elde edilen hızlara ilişkin, yapılan t testi sonucunda anlamlı olduğu görülmüştür. 36 aylık' tan itibaren elde edilen Kartezyen koordinatlara ait hız bileşenlerinin daha güvenilir ve anlamlı bir sonuç ortaya koyduğu söylenilir.

5. SONUÇLAR

Dünya, kendi ve güneş eksenini etrafında döndüğü zaman içerisinde gezegen ve yıldızların etkisi altında kalır. Bu sebeple gerçekleşen tektonik hareketler nedeniyle, deformasyonlar ve plaka kaymaları meydana gelmektedir. Dünya üzerinde ölçülen jeodezik noktaların bulundukları plakalarda kaymalar meydana geldiğinden dolayı, nokta koordinatlarına yıllık ortalama cm mertebesinde değişim meydana gelir. Ayrıca kendi ülkemiz deprem bölgesinde olduğundan dolayı da jeodezik noktaların konumları da gerçekleşen depremlerle büyük oranda değişir. Gerçekleşen olaylar doğrultusunda noktaların koordinatları kendine ait nokta hızları ile anlam kazanır. Bununla birlikte jeodezik noktaların bir yılda meydana gelen değişim miktarı anlamına gelen hız kavramı ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlardan yola çıkarak nokta hızlarının belirlenmesi önemli bir hal almıştır. Bu amaçla hareketlerin belirlenmesinde nokta konumlarının doğruluğu çok önemlidir. Nokta konumlarının doğruluğuyla birlikte nokta hızlarına da yüksek hassasiyette ulaşılabilmektedir. Nokta hızlarını elde ederken nokta konum doğruluğu ve zaman çok önemlidir. Elde edilen nokta hızlarından gerinim ve gerinim kuvvetleri hesaplanacaktır. Bununla birlikte tektonik açıdan yorumlar yapılabilmektedir. Yüksek doğrulukta hız belirleme işlemleri GNSS ölçüleri ile yapılmaktadır. GNSS verilerinden koordinat hesapları günlük yapılarak nokta hızları belirlenir.

İstasyonların koordinat ve yıllık hızları bileşenleri, uygun zaman aralığında elde edilen RINEX verilerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilmektedir. Referans olarak üst derecedeki sabit GNSS istasyonları kullanılır ve istenilen epokta hesaplanır. Bu istasyonların koordinat ve hızlarının jeodezik olarak yorumlanabilmesi için hassas bir şekilde hesaplanması gerekmektedir. Bundan dolayı koordinat ve hızların hesabında zaman parametresi oldukça önemlidir. Bu nedenle “Hızların hassas bir şekilde hesaplanması için gerekli olan en uygun zaman ne olmalıdır?” sorusuna cevap bulunmalıdır.

Çalışma kapsamında 2016-2019 yılları arasında 8 adet IGS ve 1 adet TUSAGA-Aktif istasyonu alınmıştır. Bu yıllar arasında her yılın ocak ve haziran aylarının 01-18 günleri aralığı seçilmiştir. Seçilen günlere göre sabit GNSS istasyonlarının 24 saatlik 30 sn RINEX verileri internet adreslerinden elde edilmiştir. Hız belirlenmesinde zaman ve

çözömlenecek gün sayısı da önemli olduğundan dolayı günler 1 Ocak 2016'dan başlayarak birbirini takip eden beşer günlük kombinasyonlara ayrılarak 14 farklı kombinasyon oluşturulmuştur. Her kombinasyon günleri için 6, 12, 18, 24, 30, 36 ve 42 aylık 7 farklı dönemde ITRF96 2005.00 epoğunda hız değeri ve ortalama hataları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değeri grafikleri elde edilmiştir. Çözömlemenin yapılmasında Bernese v5.2 Bilimsel GNSS yazılımı kullanılmıştır.

Her kombinasyonda elde edilen 7 farklı dönem için hızlar ve ortalama hataları incelendiğinde zaman parametresinin oldukça önemli olduğu görölmüştür. Çizelge 4.6 – 4.9 incelendiğinde; hızların yönlerinde de farklılıklar olduğu ve çok iyimser olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle Çizelge 4.8'de elde edilen hızlara baktığımızda V_x için -0.02270 ile 0.15046, V_y için -0.23523 ile -0.00126, V_z için 0.00428 ile 0.12501 aralığında değeri aldığı görölmüş ve hız bileşenlerinin güncel değeri çok farklı olduğu tespit edilmiştir. Bunların sebebi anten faz merkezi kayıklıkları, alıcının uydu izlemesinden kaynaklı, manyetik fırtınalar, hatalı anten faz modeli veya istasyon çevresinde çok yoğun multipath etkisinden kaynaklanan problemler olabileceğı düşünölmektedir. 30 aya ait olan Çizelge 4.10'da elde edilen sonuçlar incelendiğinde; V_x için -0.02564 ile -0.02369, V_y için -0.0016 ile -0.0001, V_z için 0.00320 ile 0.00592 aralığında, 36 aya ait olan Çizelge 4.11'de elde edilen sonuçlar incelendiğinde; V_x için -0.02506 ile -0.02273, V_y için -0.00134 ile -0.00102, V_z için 0.00296 ile 0.00186 aralığında ve 42 aya ait olan Çizelge 4.12'de elde edilen sonuçlar incelendiğinde; V_x için -0.02541 ile -0.02437, V_y için -0.00081 ile 0.00003, V_z için 0.00368 ile 0.00303 aralığında değeri aldığı tespit edilmiştir. Elde edilen değeri incelendiğinde aynı yönde ve güncel verilere yakın sonuçlar bulunmuştur. Yani zaman periyodu arttıkça daha doğru hız bileşenleri elde edildiğı görölmüştür. Yine Çizelge 4.6 – 4.12 de bulunan RMS değeri incelendiğinde Özdemir vd. (2011) de verilen şartları sağladığı ve sonuçların kabul edilebilir olduğu söylenir. Elde edilen hızlara ait olan Şekil 4.16 – 4.22'deki grafikler incelendiğinde doğrusal olması gerekirken Şekil 4.16 – 4.19'daki grafiklerin doğrusal olmadığı, farklı sonuçlar ortaya koyduğu ancak Şekil 4.20 – 4.22'deki grafiklerin doğrusal olduğu görölmüştür.

Yedi farklı dönemde hesaplanmış olan KAMN istasyonunun hızları, TUSAGA-Aktif tarafından yayınlanan ve Özdemir (2016) tarafından yapılan çalışmadaki değerler ile karşılaştırılıp %95 güven aralığında istatistiksel teste tabi tutulmuştur. Elde edilen test sonuçlarına ait Çizelge 4.13 – 4.19 incelendiğinde anlamlı olan sonuçlar koyu renk ile gösterilirken anlamlı olmayanlar ise kırmızı renk ile gösterilmiştir. Çizelge 4.13 – 4.16’da bulunan 6, 12, 18 ve 24 aya ait sonuçların anlamlı olmadığı, Çizelge 4.17’de bulunan 30 aya(2.5 yıl) ait elde edilen sonuçlarda V_x ve V_y hız bileşenlerinin anlamlı olduğu, Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19’da bulunan 36 ay(3 yıl) ve 42 aya ait elde edilen sonuçlarda V_x , V_y ve V_z hız birleşenlerinin anlamlı olduğu yani kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Bu taktirde hız bileşenleri yatayda 30 ay(2.5yıl), düşeyde ise 36 ay(3yıl)’dan itibaren daha anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuç jeodezik yorumlama amacıyla üretilen hızların Blewitt vd. (2002) tarafından önerilen 30 ay(2.5 yıl)’dan daha kısa verilerin analiz edilmemesi sonucu ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Yapılan analizler ve karşılaştırmalar dikkate alındığında istasyonların hızlarını yüksek doğrulukta elde etmek için zaman parametresinin önemi anlaşılmıştır. Zaman süresi arttıkça elde edilecek olan hızların doğruluğu da artmaktadır. Bundan dolayı jeodezik amaçlı çalışmalarda yorum yapabilmek için hız bileşenleri elde edilirken en az 36 ay(3 yıl)’lık bir veri uzunluğuna ihtiyaç olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Aktuğ, B., Kurt, M., Parmaksız, E., Lenk, O., Erkan, Y. ve Aysezen, Ş., 2011. Türkiye’de Sabit GNSS İstasyonlarının Tarihi ve Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı –Aktif (TUSAGA-Aktif). TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara.
- Anonim1, 2020. <http://www.tusaga-aktif.gov.tr/>, (09.11.2020).
- Anonim2, 2020. <https://www.gps.gov/systems/gps/space/>, (29.09.2020)
- Anonim3,2020.<https://www.glonass-iac.ru/en/GLONASS/documents.php>, (29.09.2020)
- Anonim4, 2020. https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history_en, (29.09.2020)
- Anonim5, 2020. Uluslararası GPS Servisi (IGS)’nin Web Sayfası, ABD. www.igs.org, (28.10.2020)
- Anonim6, 2020. <http://www.bernese.unibe.ch/>, (11.11.2020).
- Anonim7, 2020. <https://deprem.afad.gov.tr/deprem-tehlike-haritasi> (17.11.2020)
- Başçıftçı, F., 2017. GNSS Veileri Kullanılarak İyonosfer Modelinin Oluşturulması ve Global Modellerle Karşılaştırılması(Doktora Tezi),Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/Harita Mühendisliği ABD,Konya.
- Bayram, A., 2016. Multi-GNSS Precise Point Positioning Using GPS, GLONASS and GALILEO(Master Thesis), The Ohio State University
- Birleşmiş Milletler, 2012.Global Navigation Satellite Systems, Office For Outer Space Affairs, New York
- Blewitt, G. ve Lavall’ee, D., 2002. Effect of Annual Signals on Geodetic Velocity. *Journal of Geophysical Research*, 107 (B7), ETG9–1/9–11, DOI:10.1029/2001JB000570
- Bos, M. S., Bastos, L. ve Fernandes, R. M. S., 2010. The Influence of Seasonal Signals on The Estimation of The Tectonic Motion in Short Continuous GPS Time-Series, *Journal of Geodynamics*, 49, 205-209.
- Bülbül, S., 2018. TUSAGA-Aktif Noktalarında Renkli Gürültülerden Arındırılmış Hız Bileşenlerinin Belirlenmesi(DoktoraTezi),Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/Harita Mühendisliği ABD, Konya.
- Cankurt, İ., Salgın, Ö., Karan, Z.S. ve İlbey, A., 2019. Tusaga-Aktif (CORS-Tr) Sistemi İşletilmesi Ve Güncelleştirilmesi. TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 23-25 Ekim 2019, Ankara.
- Dach, R. and the Bernese GNSS Software development team, 2013. Bernese GNSS Software: Processing Examples in Version 5.2. Astronomical Institute, University of Bern, Bern,
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P. ve Meindl, M., 2007. Bernese GPS Software Version 5.0, *Astronomical Institute, University of Bern, Switzerland*, p.
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P. ve Fridez, P., 2015. Bernese GNSS Software Version 5.2, *Switzerland, Astronomical Institute,University of Bern*, p.
- Dmitrieva, K., Segall, P. ve DeMets, C., 2015. Network-based Estimation of Time-dependent Noise in GPS Position Time Series, *Journal of Geodesy*, 89, 561-606.
- Eren, K. Uzel, T. Gülal, E. Yıldırım, O. ve Cingöz, A.,2009.Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR. Case Study, *Journal of Surveying Engineering*, February.
- Gündüz,A.M.,2019.TUSAGA-Aktif Noktalarının Deformasyon Belirlemede Kullanılabilirliği(Doktora Tezi),Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü/Harita Mühendisliği ABD,Konya.

- Herring, T., 2003. MATLAB Tools for Viewing GPS Velocities and Time Series, *GPS Solutions*, 7, 194-199.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Collins, J., 2001. Global Positioning System (GPS). Theory and practice, 5th ed. Wien: Springer.
- İnal, C. ve Salgın, Ö., 2008. Farklı GPS Yazılımları ile Değerlendirilen GPS Baz Uzunluklarının Bilinen Değerler ile Karşılaştırılması, *J. Fac.Eng.Arch. Selcuk Univ.*, 23 (2), 13-24.
- Johnson, H. ve Agnew, D. C., 1995. Monument motion and Measurements of Crustal Velocities, *Geophys Res Lett*, 22.
- Kahveci, M., 2009. Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri. *Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 100, 13-20.
- Kahveci, M. ve Yıldız, F., 2018. GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri. Nobel Yayıncılık, 264, Ankara.
- Kaynarca, T., 2008. Recent Velocity Field In Western Anatolia From Continuous Gps Data (Master of Science, Submitted to Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute in partial fulfilment of the requirements for the degree of, İstanbul).
- King, N. E., Svarc, J. L., Fogleman, E. B., Griss, W. K., Clark, K. W., Hamilton, G. D., Stiffler, C. H. ve Sutton, J. M., 1995. Continuous GPS Observation Across the Hayward Fault, California, 1991–1994, *J Geophys Res*, 100, 20271-20284.
- Koca, B. ve Ceylan, A., 2018. Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler. *Geomatik Dergisi*, 3(1), 63-73.
- Kontny, B., Kaplon, J. ve Zajac, M., 2009. Velocity Estimation On Base Of Epoch GPS Measurements – Comparison Of Different Approaches - An Example Of Geodynamic Network “Geosud. 10th Czech-Polish Workshop On Recent Geodynamics Of The Sudeten And Adjacent Areas Szklarska Poręba,, Poland.
- Kurt, A. İ., 2009. Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileri Analizinden Yararlanarak Kampanya Tipi GPS Ölçülerinin Hızlarının İyileştirilmesi, *İTÜ*, İstanbul.
- Kurt, A. İ. ve Deniz, R., 2009. Sabit GPS İstasyonları Zaman Serileri Analizi ile TUTGA Hızlarının İyileştirilmesi, *İtü dergisi*, 8 (3), 142-152.
- Kurt, A. İ., 2017. TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonları Zaman Serilerinin Gürültü Özelliklerinin Analizi TUJK 2017 Bilimsel Toplantısı. İstanbul.
- Kurt A.İ., Cingöz A., Özdemir S., Peker S., Özel Ö., ve Simav M., 2020. Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) Güncel Koordinat ve Hızlarının GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi Kapsamında Hesaplanması. *Harita Dergisi*, 164, 1-17.
- Mercan, H., 2006. GPS Sıklaştırma Ağlarının Değerlendirme Stratejileri (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, S., 2016. TUSAGA ve TUSAGA-Aktif İstasyonlarının Hassas Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması Üzerine, *Harita Dergisi*, 155, 53-81.
- Özdemir, S., Cingöz, A., Aktuğ, B., Lenk, O., Kurt, M., ve Parmaksız, E., 2011. Sabit İstasyon Verilerinin Analizi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 1822 Nisan 2011, Ankara.
- Pektaş, F., 2010. Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarına Dayalı Kinematik Konumlama (TUSAGA-Aktif – İSKİ-UKBS Ağlarının Yerel Ölçekte Karşılaştırılması). (Y. Lisans Tezi), YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Samtarmaria- Gomez, A., Bouin, M., Collilieux, X. ve Wöppelmann, G., 2011. Correlated Errors in GPS Position Time Series: Implications for Velocity Estimates, *Journal of Geophysical Research*, 116 (B01), 1405.

- Simav, Ö., Demir, Ç., Simav, M. ve Yıldız, H., 2004. Sabit GPS İstasyonları Koordinat Zaman Serilerinin Analizi, *Surveying Journal* (136).
- Şafak, Ş., 2019. GNSS Hız Doğruluklarına Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/Harita Mühendisliği ABD, Afyon.
- Şanlıoğlu, İ. ve İnal, C., 2004. IGS Ürünlerinin Tanıtımı, Igs Ürünlerine Erişim Ve Bir Uygulama, , *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi*, 3 (1).
- Tekiç Rahmanlar, S., 2019. Doğru Hız Kestirimi İçin Aylık GPS Kampanyalarının Performansı Üzerine Bir İnceleme. (Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/Geomatik Mühendisliği ABD, İstanbul.
- Tiryakioğlu, İ., Dereli, M. A., Güla, E. ve Erdoğan, S., 2010. Tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik ölçü kampanyalarında GNSS gözlem sayı ve sürelerinin konum doğruluğuna olan etkilerinin araştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergi*, 1: 32-38.
- Wang, G. ve Soler, T., 2012. OPUS for Horizontal Subcentimeter-Accuracy Landslide Monitoring: Case Study in the Puerto Rico and Virgin Islands Region, *Journal Of Surveying Engineering © Asce*, 138 (1), 143-153.
- Williams, S. D. P., 2003a. Offsets in Global Positioning System Time Series, *Journal of Geophysical Research*, 108 (B6).
- Williams, S. D. P., 2003b. The Effect of Coloured Noise on The Uncertainties of Rates Estimated from Geodetic Time Series, *Journal of Geodesy*, 76, 483-494.
- Yıldırım, Ö., Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Güla, E. V. ve Dindar, A. A., 2007. TUSAGA-Aktif (CORS TR) Projesi ve Üklemize Katkıları *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, KTÜ, Trabzon.
- Yıldırım, Ö., Mekik, Ç. ve Bakıcı, S., 2011. TUSAGA-Aktif (CORS-Tr) Sistemin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne Katkıları, 13. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 1-7.
- Yıldız, S. S., Yağcı, A., Özkan, A., Yavaşoğlu, H., Altın, M. U. ve Tarı, E., 2009. GPS Gözlem Süresinin Yüksek Doğruluklu Çalışmalarda Zaman Serileri ve Hız Vektörleri Üzerine Etkisi. 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı. Ankara, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.
- Zumberge, J. F., Liu, R., Neilan R.E., 1995. 1994 Annual Report., International GPS Service for Geodynamics, IGS Central Bureau, Jet Propulsion Lab., Pasadena, California, ABD.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Emre TÜRK
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : Merkez/TOKAT – 20.07.1990
Telefon : 0 546 975 06 60
e – mail : emre.turk@gop.edu.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lise : Erbaa Coşkun Önder Lisesi, (2004 – 2007)
Lisans1 : Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü, (2008 – 2012)
Lisans2 : Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, (2012 – 2015)
Yüksek Lisans : Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği ABD/Ölçme Tekniği, (2018 – 2020)

İŞ DENEYİMLERİ

Milli Eğitim Bakanlığı(Öğretmen), (2015 – 2018)
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Zile MYO(Öğretim Görevlisi), (2018 – Halen)