



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ANKARA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ
GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS AĞININ
DOĞRULUK VE PERFORMANS ANALİZİ
ÜZERİNE ARAŞTIRMA

Ahmet Çağrı ÜSTÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet Çağrı ÜSTÜN tarafından hazırlanan “Ankara Büyükşehir Belediyesi Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağının Doğruluk Ve Performans Analizi Üzerine Araştırma” adlı tez çalışması 17.01.2023 tarihinde aşığıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ

.....

Danışman

Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ

.....

Üye

Prof. Dr. Ekrem TUŞAT

.....

Üye

Prof. Dr. Müjgan ŞALK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Ahmet Çağrı ÜSTÜN

Tarih: 17.01.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ANKARA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS AĞININ DOĞRULUK VE PERFORMANS ANALİZİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA

Ahmet Çağrı ÜSTÜN

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ

2023, 82 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Prof. Dr. Müjgan ŞALK

Konum belirleme, insanlık tarihinin başlangıcından bu yana en temel uğraşlardan biri olmuştur. Bugün kullandığımız uydu tabanlı konum belirleme sistemleri ise bu amaca yönelik üretilen çözümler arasında en etkili olan yöntemdir. Sistemler aracılığı ile konum bilgisi gerçek zamanlı, doğru ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmektedir. Yaşanan teknolojik gelişmeler ve bulunan yeni ölçüm metodları doğrultusunda, GNSS aracılığı ile elde edilebilen konum doğruluğu her geçen gün artmaktadır. Geline nokta GNSS ve GNSS tabanlı sistemler günlük yaşantımızda karşılaştığımız pek çok platformun vazgeçilmez bir parçası olmuş durumdadır.

Uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinin etkin bir şekilde kullanıldığı ve yüksek fayda sağladığı alanlardan bir tanesi de yerel yönetim faaliyetleridir. Özellikle kısıtlı alanlarda hızlı, yüksek doğrulukta ve güvenilir konum doğruluğu elde etme imkanı sunan Ağ-RTK sistemlerinden yerel yönetim faaliyetlerinde sıklıkla yararlanıldığı gözlemlenmektedir. Ülkemizde (örn. TUSAGA-Aktif, ANSAGA, UKBS vb.) ve dünyada bu alanda başarılı bir şekilde kullanılan pek çok Ağ-RTK örneği bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında ülkemizde Ağ-RTK uygulamalarının öncülerinden olan ANSAGA ağı incelenmiştir. Sorumluluğu ABB (Ankara Büyükşehir Belediyesi) İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü'nde bulunan ağın, kurulumu, tarihçesi ve fiziksel yapısı incelenmiş, potansiyel kullanım alanları belirlenmeye çalışılmıştır.

Gerçekleştirilen uygulamalarda "Leica Infinity" yazılımı aracılığı ile ağ istasyonlarından 2019, 2020 ve 2021 yıllarında, 72 saat aralıksız olarak toplanan uydu gözlem verileri analiz edilmiştir. IGS istasyonları kontrol noktaları olarak kullanılarak ANSAGA ağı istasyonlarının ITRF2020 referans sisteminde koordinatları elde edilmiş, ağın iç ve dış doğrulukları irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağ-RTK, ANSAGA, CORS, DGNSS, ABB CORS Ağı

ABSTRACT

MS THESIS

RESEARCH ON ACCURACY AND PERFORMANCE ANALYSIS OF ANKARA METROPOLITAN MUNICIPALITY REAL-TIME KINEMATIC GNSS NETWORK

Ahmet Çağrı ÜSTÜN

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geodesy**

Advisor: Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ

2023, 82 Pages

Jury

**Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ
Prof. Dr. Ekrem TUŞAT
Prof. Dr. Müjgan ŞALK**

Positioning has been one of the most fundamental endeavors since the beginning of human history. The satellite-based positioning systems that we use today are the most effective method among the solutions that are built for this purpose. Location information can be obtained in real-time, accurate and economical ways through systems. In line with technological developments and the new measurement methods found, the position accuracy obtained through the GNSS is increasing day by day. In the present case, GNSS and GNSS-based systems are part of many platforms that we face in our daily life.

One of the areas where satellite-based positioning systems are effectively used and beneficial is local management. It has been observed that Network-RTK systems, which provide fast, high accuracy and reliable location accuracy in particularly confined areas are frequently utilized while local management activities. There are many examples of Network-RTK that have been successfully utilized in this area in our country and around the world (e.g. TUSAGA-Aktif, ANSAGA, UKBS etc.).

The study examined the ANSAGA network, which is a pioneer of Network-RTK applications in our country. The responsibility of the network belongs Ankara Metropolitan Municipality, Directorate of Reconstruction and Urban Planning, Geographic Information Systems Department. Network setup, history and physical structure has been examined and the potential areas of use have been determined.

In the applications carried out, satellite monitoring data collected continuously for 72 hours from network stations in 2019, 2020 and 2021 through was analyzed with the “Leica Infinity” software. Using IGS stations as checkpoints, the coordinates of ANSAGA network stations in the ITRF2020 reference system have been obtained, and the network's internal and external accuracy have been studied.

Keywords: ANSAGA, Ankara Metropolitan Municipality CORS Network, CORS, DGNSS, Network RTK

ÖNSÖZ

GNSS teknolojisi günümüz modern toplumlarının gelişiminde büyük rol oynayan, bilimsel gelişime önemli etkileri olan çağımızın öncü teknolojilerinden bir tanesidir. Özellikle internet ve mobil cihazlarda yaşanan teknolojik gelişmeler uydu tabanlı konum belirleme sistemleri ve bu sistemlerde kullanılan yöntemleri önemli ölçüde etkilemiştir. GNSS teknolojisi bugün bu sistemlerden yararlanarak kullanıcılara daha geniş ölçeklerde daha yüksek konum doğruluğu sağlayabilmektedir.

Gelinen noktada dünyanın hemen her ülkesinde farklı pek çok alanda GNSS teknolojisinden ve getirilerinden yararlanılmaktadır. GNSS teknolojisi yardımı ile farklı sektörlerle yönelik altlık veriler oluşturulabilmekte, sistemlerden bilimsel gayeler doğrultusunda ve navigasyon amaçlı yararlanılabilmektedir. Sistemin kullanım yelpazesinin çok geniş olması ve ülkelerin savunma sanayilerini de doğrudan etkilemesi nedeni ile sisteme ilişkin teknolojilerin ve bu teknolojilerin kullanım şekillerinin çok hızlı değiştiği gözlemlenmektedir.

Bu nedenle Türkiye'nin kendi uydu tabanlı küresel konumlandırma sistemi olmamasına karşın, mevcut sistemlerden en yüksek düzeyde verim alınabilmesi için; hem milli düzeyde oluşturulmuş kurumlar, hem de yerel yönetim düzeyindeki yapılanmalarla sektördeki gelişmelerin yakından takip edilmesi ve gelişmelerin kullanılan sistemlere entegre edilmesi gerekmektedir.

Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışma kapsamında ülkemizde GNSS teknolojisinin öncü uygulamalarından bir tanesi olan, Ankara Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağı incelenmiş, ağın kurulumu, amaçları ve bugünkü yapısı ile ilgili bir doküman oluşturulmaya çalışılmıştır. Çalışma kapsamında sistem kullanıcılarından elde edilen yorumlar ve gerçekleştirilen incelemeler doğrultusunda ağa ilişkin güncel durum belirlenmeye çalışılmıştır. Ön bir çalışma olması ve konu ile ilgili devam edecek çalışmalara altlık teşkil etmesi amaçlanmıştır.

Temennim ilgili çalışmanın sistemin geliştirilmesine fayda sağlaması ve hali hazırda Ankara Büyük Şehir Belediyesi için önemli bir işlevi olan ANSAGA ağının daha verimli bir şekilde kullanılabilmesine yardımcı olmasıdır.

Bu çalışmanın hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ'ye, sevgili eşim Canan ÜSTÜN'e ve değerli kızım Almıla ÜSTÜN'e, KTUN Harita Mühendisliği Bölümü Arş. Gör. Emre AYSO'ya; bilgi ve belgelere ulaşmam konusunda bana yardımcı olan amirlerime ve çalışma arkadaşlarıma sabır ve destekleri için teşekkür ederim.

Ahmet Çağrı ÜSTÜN
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. GNSS	1
1.1.1. GNSS Temel Konum Belirleme İlkeleri.....	3
1.1.2. GNSS Kullanım Alanları	4
1.1.3. GNSS Hata Kaynakları	5
1.2. GNSS Konum Belirleme Yöntemleri	7
1.2.1. Mutlak Konum Belirleme	8
1.2.2. Görelî Konum Belirleme	9
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	11
3. DGNSS VE AĞ-RTK	15
3.1. DGNSS (Diferansiyel GNSS).....	15
3.2. Faz Ölçüleri.....	16
3.3. Statik Ölçü Yöntemi	16
3.4. Kinematik Ölçme Yöntemi.....	16
3.4.1. Klasik RTK.....	17
3.4.2. DGNSS ve RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması.....	18
3.4.3. Ağ-RTK	18
3.4.4. Ağ-RTK ve Klasik RTK Karşılaştırılması.....	20
3.4.5. Ağ-RTK Veri Aktarma Protokolleri	21
3.4.6. Ağ-RTK Koordinat Düzeltmeleri Aktarma Yöntemleri	22
3.4.7. Türkiye'deki Ağ RTK Örnekleri	24
4. MATERYAL VE YÖNTEM	29
4.1. ABB Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağı (ANSAGA).....	29
4.1.1. Kurulumu, Tarihçesi	29
4.1.2. Fiziksel Yapısı	33
4.1.3. Kullanılan Yazılımlar ve İletişim Protokolleri	41

4.1.4. Potansiyel Kullanım Alanları.....	43
4.1.5.Kullanıcı ve Abonelik Bilgileri.....	43
4.1.6. Kullanıcı Yorumları	44
4.2. Leica Infinity Yazılımı.....	44
4.2.1.Modüller ve Menüler	45
4.2.2.‘Processing’ Modülü.....	50
4.2.3.Arayüz Araçlarının Tanıtımı.....	51
4.3. Veri Seti Temini ve Hesaplama Stratejisinin Oluşturulması.....	53
4.3.1.Hesaplamalarda Kullanılan Referans İstasyonlarının Belirlenmesi	55
4.3.2.Hesaplama Stratejilerinin Belirlenmesi	60
4.3.3. Sonuç Koordinatlar	60
4.4. TUSAGA-Aktif ve ANSAGA Ağları Aracılığı ile Elde Edilen Koordinatların Karşılaştırılması	69
4.5. Bulguların Tartışılması	72
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	79
İNTERNET KAYNAKLARI.....	80
EKLER	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	:Düzeltilme denklemleri katsayılar matrisi
c	:Işık Hızı (299792458 m/sn)
e	:Dışmerkezlik
E,N,U	:Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları
H	:Ortometrik Yükseklik
h	:Elipsoit Yüksekliği
N	:Meridyen eğrilik yarıçapı
X,Y,Z	:Yer Merkezli (Jeosentrik) Kartezyen Koordinatlar
X_R,Y_R,Z_R	:Alıcı koordinatları
X_{SV},Y_{SV},Z_{SV}	:Uydu koordinatları
ρ_R^{SV}	:Uydu-alıcı uzaklığı (pseudorange) genel eşitliği
Δt_R	:GNSS Alıcısı saat hatası
φ	:Jeodezik Enlem
λ	:Jeodezik Boylam
σ	:Standart Sapma

Kısaltmalar

AB	:	(Avrupa Birliği)
ABB	:	(Ankara Büyükşehir Belediyesi)
ABD	:	(Amerika Birleşik Devletleri)
ADSL Hattı	:	(Asymmetric Digital Subscriber Line \ Asimetrik Sayısal Abone Hattı)
ANSAGA	:	(Ankara Büyükşehir Belediyesi GNSS Ağı)
AR	:	(Augmented Reality \ Artırılmış Gerçeklik)
ASKİ	:	(Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi)

BHİKPK Kurulu	:	(Bakanlıklar Arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu)
BINEX	:	(Binary Exchange)
CBS	:	(Coğrafi Bilgi Sistemleri)
CMR	:	(Compact Measurement Record \Kompakt Ölçüm Kaydı)
CORS	:	(Continuously Operating Reference Stations \ Sürekli Çalışan Referans İstasyonları)
DGNSS	:	(Differential GNSS \ Diferansiyel GNSS)
FKP	:	(Flachen Koorektur Parameter \ Alan Düzeltme Parametreleri)
GFZ	:	(German Research Centre For Geosciences)
GNSS Sistemleri	:	(Global Navigation Satellite Systems \ Küresel Uydu Navigasyon Sistemleri)
GPS	:	(Global Positioning System \ Küresel Konum Belirleme Sistemi)
GSM Küresel Sistem	:	(Global System for Mobile Communications \ Mobil İletişim İçin Küresel Sistem)
HGM	:	(Harita Genel Müdürlüğü)
IOT	:	(Internet of Things \ Nesnelerin İnterneti)
İSKİ	:	(İstanbul Su ve Kanalizasyon İdareleri)
KKTC	:	(Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti)
MAC Tekniği	:	(Master Auxiliary Concept \ Ana – Yardımcı Referans İstasyon Tekniği)
NASA	:	(National Aeronautics and Space Administration \ Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NAVSTAR	:	(Navigation System by Timing And Ranging \ Zaman ve Mesafe Kullanan Navigasyon Sistemi)
NMEA	:	(National Marine Electronics Association \Ulusal Deniz Elektronikleri Birliği)
NOAA	:	(National Oceanic and Atmospheric Administration \ Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)

RINEX	:	(Receiver Independent Exchange Format \ Alıcı Bağımsız Değişim Biçimi)
RTCM SC	:	(Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee \ Teknik Radyo Komisyonu Denizcilik Servisi Özel Komitesi)
RTK	:	(Real Time Kinematic \ Gerçek Zamanlı Kinematik)
SBAS Sistemi)	:	(Satellite-based Augmentation Systems \ Uydu Bazlı İyileştirme
TKGM	:	(Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü)
TUSAGA-Aktif	:	(Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı – Aktif)
UKBS	:	(Uydulardan Konum Belirleme Sistemi)
TUTGA	:	(Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı)
VRS	:	(Virtual Reference Stations \ Sanal Referans İstasyonu)
WCS	:	(Web Coverage Service)
WFS	:	(Web Feature Service)
WMS	:	(Web Map Service)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Uydular aracılığı ile yeryüzünde konum belirlenmesi (URL-1)	3
Şekil 1.2. Uydu sinyalleri üzerindeki atmosferik etkiler (URL-2)	6
Şekil 1.3. Uyduların gökyüzündeki dağılımlarının konum doğruluğuna etkisi.....	7
Şekil 1.4. Uydularla konum belirleme sistemleri (Kahveci, 2022)	8
Şekil 1.5. Mutlak Konum Belirleme (Kahveci, 2019).....	8
Şekil 1.6. Görelî Konum Belirleme (Kahveci, 2019)	9
Şekil 3.1. DGPS Temel Prensipleri (Kahveci, 2019).....	15
Şekil 3.2. FKP Yöntemi (Kahveci 2017).....	23
Şekil 3.3. VRS Yöntemi (Kahveci 2017)	24
Şekil 3.4. TUSAGA-Aktif İstasyonları (URL-5).....	25
Şekil 3.5. İSKİ UKBS Referans İstasyonları Konumları (URL-6).....	26
Şekil 4.1. Çayyolu Sabit İstasyonu Ümitköy ASKİ Şube Binası - 2008	30
Şekil 4.2. Pursaklar Sabit İstasyonu ASKİ Arıtma Tesisleri - 2008.....	30
Şekil 4.3. ANSAGA İstasyon Konumları - 2008.....	31
Şekil 4.4. ANSAGA İstasyon Konumları ve İstasyonlar Arası Mesafeler - 2015.....	34
Şekil 4.5. ANSAGA İstasyon Kapsama Alanları	35
Şekil 4.6. Akyurt İstasyonu – AKYT - 2014	35
Şekil 4.7. Bala İstasyonu – BALA - 2015	36
Şekil 4.8. Beypazarı İstasyonu – BEYP - 2015	36
Şekil 4.9. Gölbaşı İstasyonu – GLBS - 2014.....	37
Şekil 4.10. Kızılcahamam İstasyonu – KCHM - 2014	37
Şekil 4.11. Nallıhan İstasyonu – NLHN - 2014.....	38
Şekil 4.12. Polatlı İstasyonu – PLTL - 2014.....	38
Şekil 4.13. Şereflikoçhisar İstasyonu –SKCH - 2014.....	39
Şekil 4.14. Yenice İstasyonu –YENİ - 2014.....	39
Şekil 4.15. Yenikent İstasyonu –YNKT – 2014	40
Şekil 4.16. TOPNETLive Yönetim Paneli Ekran Görüntüsü	42
Şekil 4.17. ‘File’ Menüsü Ekran Görüntüsü	45
Şekil 4.18. ‘New Project’ Sekmesi Ekran Görüntüsü.....	46
Şekil 4.19. ‘Project Manager’ Sekmesi Ekran Görüntüsü	47
Şekil 4.20. ‘Tools’ Sekmesi Ekran Görüntüsü	47
Şekil 4.21. ‘Services’ Sekmesi Ekran Görüntüsü	48
Şekil 4.22. ‘Help&Support’ Sekmesi Ekran Görüntüsü	49
Şekil 4.23. ‘Home’ Menüsü Ekran Görüntüsü	49
Şekil 4.24. ‘Processing’ Modülü Ekran Görüntüsü	50
Şekil 4.25. ‘Processing’ Modülü Ekran Görüntüsü	50
Şekil 4.26. ‘View’ Sekmesi Ekran Görüntüsü	51
Şekil 4.27. ‘Inspector’ Sekmesi Ekran Görüntüsü.....	51
Şekil 4.28. ‘GNSS Manager’ Penceresi Sekmesi Görüntüsü	52
Şekil 4.29. ‘GNSS Manager’ Penceresi Sekmesi Görüntüsü	53
Şekil 4.30. ANSAGA Ağı, Hesaplarda Kullanılan İstasyonların Ağ İçerisinde Dağılımı	55
Şekil 4.31. ANK2 Noktası Gözlem Verileri Tarih Aralıkları, Kaynak: (EUREF Permanent GNSS Network, URL-8)	56
Şekil 4.32. Referans İstasyonların Dağılımı ve Aralarındaki Mesafeler	57
Şekil 4.33. Türkiye Jeoit Modeli 2020 (TG20) – Ankara.....	62
Şekil 4.34. ANSAGA ve TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Koordinatların Karşılaştırılması	70

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. İSKİ UKBS Ağı İstasyon Konumları (2008)	28
Çizelge 4.1. Global noktaların ITRF05(2005.0 Epok) koordinatları.....	32
Çizelge 4.2. ANSAGA İstasyonlarının Sistemde Kayıtlı Olan ITRF96(2005.0 Epok) Coğrafi Koordinatları ve Elipsoidal Yükseklikleri.....	33
Çizelge 4.3. ANSAGA İstasyonlarının Sistemde Kayıtlı Olan ITRF96(2005 Epok) Kartezyen Koordinatları	33
Çizelge 4.4. Hesaplama Kullandığı Veri Seti Tarihleri.....	54
Çizelge 4.5. İstasyon Konumları ve Hesaplamalarda Kullanım Durumları	54
Çizelge 4.6. Hesaplamalarda Kullanılan Global Noktalar.....	56
Çizelge 4.7. Global Noktaların ITRF2020(2019.915 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları	59
Çizelge 4.8. Global Noktaların ITRF2020(2020.712 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları	59
Çizelge 4.9. Global Noktaların ITRF2020 (2021.723 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları	59
Çizelge 4.10. Global Noktaların ITRF2020(2020.403 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları.....	60
Çizelge 4.11. GPS Ölçüleri ile Genel Değerlendirme Stratejileri	60
Çizelge 4.12. Hesaplama Tarih ve Epokları	61
Çizelge 4.13. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri.....	61
Çizelge 4.14. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri.....	61
Çizelge 4.15. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri.....	61
Çizelge 4.16. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Ortometrik Yükseklikleri.....	63
Çizelge 4.17. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Ortometrik Yükseklikleri.....	63
Çizelge 4.18. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Ortometrik Yükseklikleri.....	63
Çizelge 4.19. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri	63
Çizelge 4.20. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri	64
Çizelge 4.21. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri	64
Çizelge 4.22. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z).....	64
Çizelge 4.23. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z).....	65
Çizelge 4.24. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z).....	65

Çizelge 4.25. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)	65
Çizelge 4.26. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)	66
Çizelge 4.27. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)	66
Çizelge 4.28. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri.....	66
Çizelge 4.29. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri ve Ortometrik Yükseklikler	67
Çizelge 4.30. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z)	67
Çizelge 4.31. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)	67
Çizelge 4.32. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok), ITRF2020(2020.712 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları Arasındaki Farklar ..	68
Çizelge 4.33. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok), ITRF2020(2021.723 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları Arasındaki Farklar ..	68
Çizelge 4.34. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok), ITRF2020(2021.723 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları Arasındaki Farklar ..	68
Çizelge 4.35. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok), ITRF2020(2020.712 Epok), ITRF2020(2021.723 Epok) Ortometrik Yükseklikleri Arasındaki Farklar	68
Çizelge 4.36. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Hızları.....	69
Çizelge 4.37. Ölçüm Noktalarının ANSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Coğrafi Koordinatları.....	70
Çizelge 4.38. Ölçüm Noktalarının TUSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Coğrafi Koordinatları.....	71
Çizelge 4.39. Ölçüm Noktalarının ANSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Kartezyen Koordinatları.....	71
Çizelge 4.40. Ölçüm Noktalarının TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Kartezyen Koordinatları.....	71
Çizelge 4.41. Ölçüm Noktalarının ANSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Sağa, Yukarı Koordinatları.....	71
Çizelge 4.42. Ölçüm Noktalarının TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Sağa, Yukarı Koordinatları.....	71
Çizelge 4.43. Ölçüm Noktalarının ANSAGA ve TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Sağa, Yukarı ve Koordinatları ve Elipsoit Yükseklikleri Arası Farklar.....	72

1. GİRİŞ

Konum belirleme insanlık için tarih boyunca önemli bir ihtiyaç ve uğraş olmuştur. Günümüz modern toplumları, bu ihtiyacı karşılamak için pek çok alanda uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinden ve bu sistemlere ek olarak geliştirilmiş yardımcı sistemlerden yararlanmaktadır. GPS (Global Positioning System) teknolojisi ABD (Amerika Birleşik Devletleri) tarafından 1980'li yıllarda kullanıma sunulmuş olup, bugün Rusya'nın Glonass, AB (Avrupa Birliği)'nin Galileo, Çin'in Beidou ve diğer uydu sistemleri ile birlikte tüm konum belirleme ve navigasyon uydu sistemlerinin genel adı GNSS (Global Navigation Satellite Systems) olarak tanımlanmıştır.

GNSS konum bilgisinin sürekli gerekli olduğu günümüz yaşantısında temel bir ihtiyaç haline gelmiştir. Teknoloji bilişim, ulaşım, tarım gibi farklı sektörlerde, farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. GNSS teknolojisinin etkin şekilde kullanıldığı alanlardan bir tanesi de yerel yönetim faaliyetleridir. Bu kapsamda ülkemizde ve dünyada pek çok yerel yönetim, gerçekleştirdiği mühendislik faaliyetlerinde temel sistemlerden bir tanesi olarak GNSS'i kullanmaktadır. Ayrıca jeodezik ağların oluşturulması ile sistemlerin kullanıcılarına haritacılık ve navigasyon amaçlı daha yüksek doğrulukta konum hizmeti sunmasını sağlamaktadır. Yerel yönetimler tarafından kurulmuş ve işletilmekte olan bu ağlar Ağ-RTK olarak adlandırılmaktadır. Ülkemizde bu şekilde hizmet veren yerel yönetimlere örnek olarak Ankara Büyükşehir Belediyesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Adana Büyükşehir Belediyesi ve Konya Büyükşehir Belediyesi gösterilebilir.

Çalışma kapsamında bu ağlardan bir tanesi olan Ağ-RTK uygulamalarının Türkiye'deki öncülerinden Ankara Büyükşehir Belediyesi GNSS Ağı (ANSAGA) incelenecektir. Ağın kurulumu, amaçları, doğruluk ve performansı araştırılacak; benzer yapıdaki örnekleri ile karşılaştırılarak mevcut yapının iyileştirilmesi için kullanılacak yöntem ve esaslar belirlenecektir. Sistemin iyileştirilmesinin, potansiyelinin ve yeteneklerinin geliştirilmesinin; pek çok alanda Ankara halkına, kurum ve firmalara daha iyi, hızlı ve verimli bir şekilde hizmet sunulmasına imkan sağlayacağı düşünülmektedir.

1.1. GNSS

GNSS, uydu sinyalleri yardımıyla, herhangi bir yerde anlık konum, zaman ve hız belirlenebilmesini mümkün kılan navigasyon sistemleridir. Kullanıcılar, uydulardan

gelen sinyaller üzerindeki bozucu etkileri belirli matematiksel modeller ve ölçüm yöntemleri uyarınca gidererek, yüksek doğrulukta konum-zaman bilgisi elde edebilmektedirler.

GNSS teknolojisi Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı sorumluluğunda başlangıçta askeri amaçlar için geliştirilen NAVSTAR (Navigation System by Timing And Ranging) GPS ile başlamıştır. Günümüzde NAVSTAR GPS hem dünyada hem de ülkemizde hala en popüler uydu konum belirleme sistemidir. Ardından Rusya, yine askeri amaçlarla GLONASS konum belirleme sistemini geliştirmiş ve kullanmaya başlamıştır. Bu sistemler zamanla askeri amaçlarının ötesine geçerek, önemli ticari ve ekonomik birer yatırım aracı halini almışlardır. Bugün gelinen noktada pek çok ülke gizli veya açık projelerle kendi konum belirleme sistemlerini oluşturmuş veya oluşturma plan ve faaliyetlerini devam ettirmektedirler. GNSS bu sistemler bütünüdür.

GNSS teknolojisi ABD’de askeri amaçlarla ilk planlandığı günden bu yana pek çok aşama kaydetmiştir. Başlangıçta yüz metrelerle belirlenebilen konum doğruluğu günümüzde santimetre, hatta bazı uygulama türlerinde milimetre hassasiyetine kadar inmiştir. GNSS teknolojisinin evrimi ile ilgili önemli tarihsel anlar,

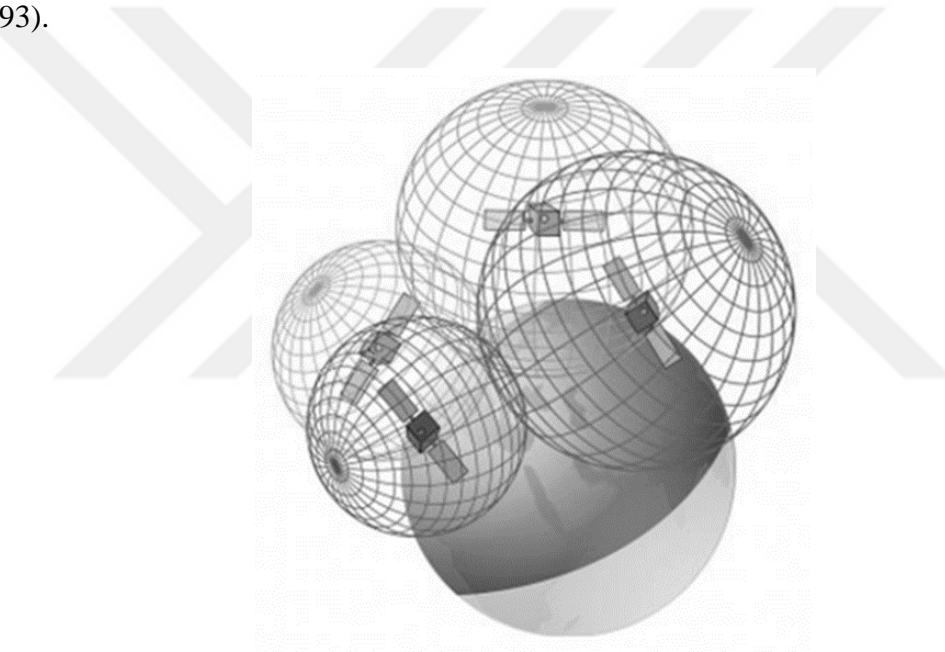
- 1960 yılında ABD Hava ve Deniz Kuvvetleri’nin araştırmayı başlatması,
- 1973 yılında ABD Savunma Bakanlığı’nın GPS projesini açıklaması,
- 1978 yılında ABD’nin ilk GPS uydusunu fırlatması,
- 1982 yılında Rusya’nın ilk GLONASS uydusunu fırlatması,
- 1983 yılında KAL 007 uçuş felaketinin yaşanması,
- 1994 yılında GPS’in dünya çapında kapsama ağına sahip olması,
- 2000 yılında ABD’nin sivillerin GPS’i kullanım yetkilerini genişletmesi,
- 2000 yılında Çin’in ilk BeiDou uydusunu fırlatması,
- 2005 yılında Avrupa Birliği’nin ilk Galileo uydusunu fırlatması,
- 2011 yılında GLONASS’ın dünya çapında kapsama ağına sahip olması,
- 2018 yılında ilk GPS Blok 3 uydusunun fırlatılması şeklindedir.

Günümüzde BeiDou ve Galileo da dünya çapında kapsama ağına sahiptir. Aynı zamanda küresel uydu sistemleri oluşturulan bölgesel uydu sistemleri ve uydu tabanlı iyileştirme sistemleri ile desteklenerek teknolojinin sağladığı yüksek konum doğruluğu

bugün teknolojinin ilk projelendirildiği günlerden çok farklı amaçlarla, çok farklı alanlarda kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

1.1.1. GNSS Temel Konum Belirleme İlkeleri

GNSS ile konum belirlenirken, temel olarak jeodezide kullanılan teknikler arasında en eskilerinden bir tanesi olan geriden kestirme hesabından yararlanılmaktadır. Geriden kestirme yönteminde konumu bilinmeyen bir noktadan konumu bilinen noktalara yapılan gözlemler ve hesaplar sonucunda konum belirlenmeye çalışılmaktadır. Küresel konum belirleme sistemlerinde konumu bilinen noktalar ise GNSS uydularıdır. Konum, uydular ile alıcı arasındaki mesafe bilgisinin geometrik kesişimi ile hesaplanmaktadır (Şekil 1.1), (Wellenhof vd. 1994; Kaplan 1996; Leick 1990; Seeber 1993).



Şekil 1.1. Uydular aracılığıyla yeryüzünde konum belirlenmesi (URL-1)

En az dört uydudan sinyal alınmalıdır. Uydu sayısının artması konum hassasiyetini de artırmaktadır. Üç boyutlu koordinat bilgisinin elde edilebilmesi için X, Y, Z bilinmeyenlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu üç değişkenin hesaplanması için matematiksel olarak üç ölçü yeterli gözükse de hesaplamalar sırasında ortaya çıkan saat hatalarının giderilmesi için dördüncü bir ölçüye ihtiyaç duyulmaktadır. Üç boyuta ek olarak zaman değişkeni ile GNSS dört boyutlu bir sistemdir.

İlk uydudan gelen uzaklık bilgisi alıcı konumunu uzaklık yarıçapı içerisindeki bir kürede kısıtlar. İkinci ve üçüncü uydulardan elde edilen mesafe bilgileri farklı bilinmeyenlerin tespit edilmesini sağlayarak konum bilgisini kabul edilebilir bir kesit

alanla sınırlandırır. Dördüncü uydudan elde edilen ölçüm bilgisi yardımıyla da zaman değişkeni çözülerek konum bilgisi elde edilir.

Uydu sinyalleri aracılığı ile uydu-alıcı arasındaki uzaklığın belirlenmesi ise uydu sinyallerinin bir alıcı tarafından kaydedilmesi ve sinyalin iletimi sırasında geçen sürenin çok hassas bir şekilde ölçülmesi ile mümkün olmaktadır. Bu sebeple uydularda zamanı çok hassas olarak ölçebilen atom saatleri bulunmaktadır. Yeryüzündeki alıcı ve kontrol noktaları da sürekli olarak bu saatlerle senkronize edilmektedir. Dolayısı ile GNSS cihazları konum belirleme kabiliyetlerinin yanı sıra hassas zaman ölçümü yapabilme kabiliyetine de sahip sistemlerdir.

1.1.2. GNSS Kullanım Alanları

Bugün pek çok farklı sektör ve alanda GNSS sistemlerinden yararlanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile GNSS aracılığı ile elde edilen konum doğruluğunun artması bu sektör ve alanlara her geçen gün bir yenisinin eklenmesine sebep olmaktadır. GNSS, ülke jeodezik ağlarının ölçülmesi, sıkılaştırılması, altyapı faaliyetleri, coğrafi bilgi sistemi üretiminde detay alımlarının gerçekleştirilmesi, inşaat, tarım, havacılık, denizcilik gibi pek çok farklı alanda kullanıcılara hızlı ve ekonomik çözümler sunmaktadır. Özellikle sistemin coğrafi bilgi sistemleri, yeni nesil veri tabanları, bulut sistemleri gibi altyapılarla birlikte kullanılması ile tutarlı analiz ve planlar yapılabilmekte, pek çok sektörde ihtiyaç duyulan altlık veriler GNSS aracılığı ile üretilebilmektedir.

GNSS'in kullanım alanları genel olarak aşağıdaki şekilde özetlenebilir,

- Kara, deniz ve hava ulaşımı/navigasyonu
- Jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmeler
- Kadastral ölçmeler
- Fotogrametrik çalışmalar
- Araç takip sistemleri
- Gerçek zamanlı konum belirleme ağları (CORS)
- CBS veri tabanlarının geliştirilmesi
- Turizm, tarım, ormancılık, spor, arkeoloji
- Asayiş ve güvenlik
- Hidrografik ölçmeler
- Askeri amaçlı kullanımlar

- Cep telefonları
- Nesnelerin İnterneti (IoT)
- Geliştirilmiş Gerçeklik (AR)
- E-Sağlık
- Konum Tabanlı Sistemler (LBS)

1.1.3. GNSS Hata Kaynakları

GNSS ölçümleri sırasında pek çok faktör konum belirleme doğruluğu üzerinde etkilidir. Ölçümde kullanılan uydu sayısının çoğaltılması, matematiksel modellerin geliştirilmesi farklı ölçüm yöntemlerinin kullanılması ile bu hata kaynaklarının konum doğruluğu üzerindeki etkilerinin giderilmesi veya azaltılması mümkündür (Wellenhof vd. 1994; Kaplan 1996; Leick 1990; Seeber 1993).

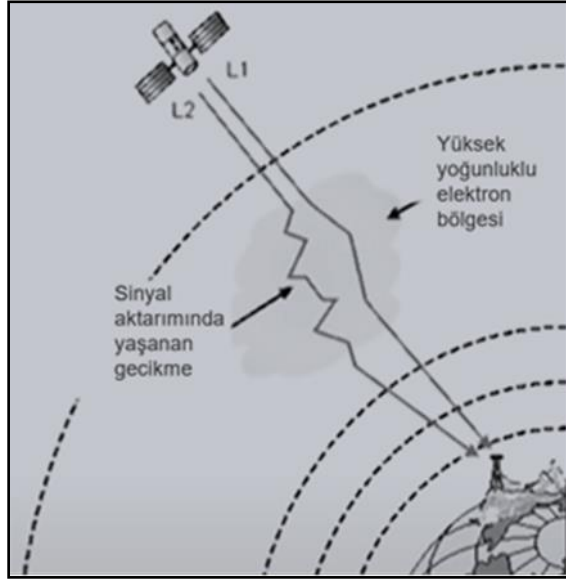
Hata kaynakları sistematik ve sistematik olmayan hata kaynakları olmak üzere iki ana başlıkta incelenebilir.

Sistematik Hatalar

Sistematik hatalar, belirli matematiksel modeller geliştirilerek ve ölçü tekrarları ile giderilebilmektedir.

- *Uydu Kaynaklı Hatalar:* Yörünge hatası (efemeris hatası), uydu saat hatası, seçimli doğruluk erişimi
- *Alıcı Kaynaklı Hatalar:* Alıcı saat hatası, alıcı koordinatlarının hatalı girilmesi
- *Atmosferik Hatalar:* İyonosfer etkisi, troposfer etkisi, tam sayı faz belirsizliği

Bu hata kaynakları içerisinde konum doğruluğuna en çok etki eden kaynaklardan biri atmosferik etkilerdir. Atmosferin iyonosfer ve troposfer katmanları uydu sinyallerine karşı belirli bir direnç uygulamakta ve sinyalin alıcıya ulaşma süresinde önemli gecikmelere yol açmaktadır. Bu hatalar belirli bir hacimdeki elektron sayısı uyarınca etkilerin modellenmesi yoluyla belirli bir noktaya kadar giderilebilmektedir. Buna karşın atmosferdeki elektron yoğunluğu hava şartlarına ve enleme göre çok hızlı bir şekilde değişebilmektedir. Bu hızlı değişme yönelik anlık matematiksel modeller oluşturulması oldukça zordur.



Şekil 1.2. Uydü sinyalleri üzerindeki atmosferik etkiler (URL-2)

Bu sorun çift frekanslı alıcılarla önemli ölçülerde giderilmiştir. Atmosferik etkiler farklı sinyaller üzerinde farklı gecikmelere neden olmaktadır. Alıcılar iki farklı sinyal okuması gerçekleştirmekte, sinyallerde oluşan gecikme farklılıklarından atmosferik etkilere yönelik modeller oluşturabilmektedir. Bu sayede atmosferik hataların konum doğruluğu üzerindeki etkileri azaltılabilmektedir (URL-3).

Sistematiik Olmayan Hatalar

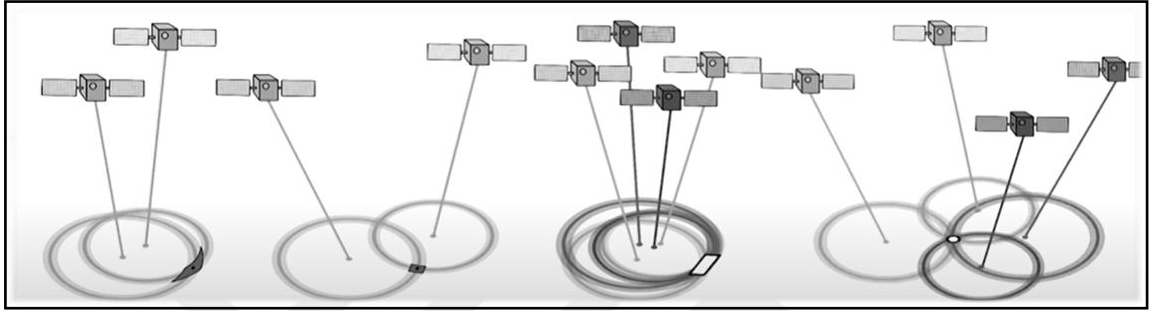
Sistematiik olmayan hatalar her an değışiklik gösterebilen ve belirli bir silsile içerisinde hareket etmeyen hatalardır. Bu hataların da belirli yöntem ve metotlarla giderilmesi veya etkisinin azaltılması mümkündür.

- *Faz kesikliği / kayıklığı (Cycle slip)*
- *Anten faz merkezi hatası*
- *Uyduların uzaydaki dağılımı (uydu geometrisi)*
- *Sinyal yansıma etkisi (multipath)*

Özellikle kentsel alanlarda ve dağ etekleri gibi sinyallerin yansıyabileceği yüzeylerin bulunduğu alanlarda düşük yükseklik açısına sahip uydularla çalışılmasıyla sinyal yansımaları konum doğruluğu üzerinde etkili olabilmektedir. Bu etkilerin en aza indirilmesi için alıcı üzerinden çalışılmak istenen uydulara ilişkin yükseklik açısı kriterlerinin belirlenmesi mümkündür. Buna karşın yükseklik açısının limitinin belirli bir değerin üzerinde belirlenmesi sinyal alınan uydu sayısını yüksek oranda düşürebilmektedir. Bu durum da konum doğruluğu üzerinde etkili olmaktadır. Mümkün

olan en iyi seviyede konum doğruluğu elde edilebilmesi için işleme alınacak uyduların yükseklik açısı sınırının kullanıcı tarafından uygun bir değerde belirlenmesi gerekmektedir.

Uyduların ölçüm yapılan noktada gökyüzündeki dağılımları ise konum doğruluğunu etkileyen bir başka önemli etkidir. Yüksek konum doğruluğu uydu takımının gökyüzünde homojen dağılımına ihtiyaç duyulmaktadır. Uyduların gökyüzünde belirli bir alanda kümelenmesi, çözüm algoritmasında bulunan değişkenlerin daha geniş çözüm aralıklarında hesaplanmasına neden olmaktadır.



Şekil 1.3. Uyduların gökyüzündeki dağılımlarının konum doğruluğuna etkisi

(URL-4)

Günümüzde erişilebilen uydu sistemlerinin ve sistemlerde bulunan uydu sayılarının artması hata kaynağının etkilerini azaltmıştır.

1.2. GNSS Konum Belirleme Yöntemleri

Uydularla konum belirlemede pek çok yöntem kullanılabilir. Bu yöntemler kullanılarak elde edilen çözümler farklı veri yapılarına, alıcı modellerine, veri toplama sıklığına, matematiksel modellemelere vb. dayanmakta olup her bir çözüm yönteminin amacı ve hedef kitlesi farklı olabilmektedir. (Kahveci 2011)

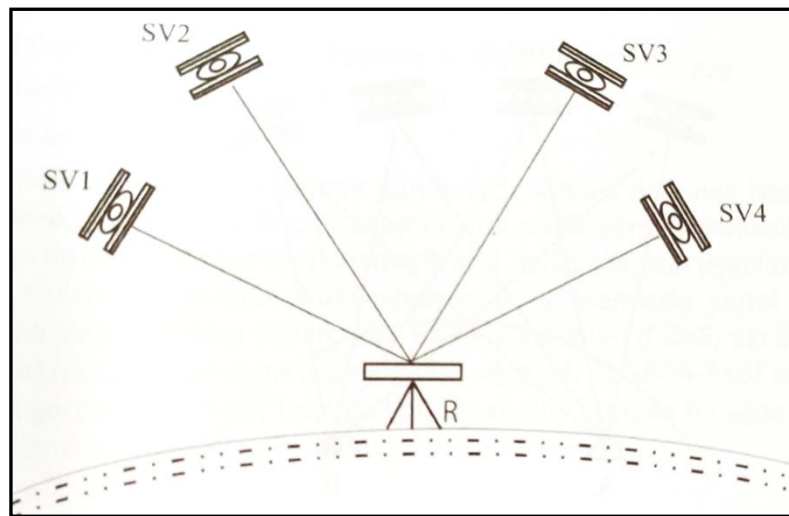
GPS'in kullanımının ilk yıllarında ~150 m doğrulukla gerçek zamanlı konum belirlenebilmekteydi. Hata kaynaklarının etkilerinin giderilmesine yönelik oluşturulan yöntemler ve teknolojiye yaşanan gelişmelerle günümüzde santimetre hassasiyetinde doğruluk elde edilebilmesi standart bir uygulama haline gelmiştir. GNSS konum belirleme yöntemleri hesaplamada kullanılan gözlem verisine (kod-faz), doğru bir çözüm elde edebilmek için gerekli epok sayısına ve alıcı sayısına bağlı olarak gruplanmış ve şekil 1.4'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Uydularla konum belirleme sistemleri (Kahveci, 2022)

1.2.1. Mutlak Konum Belirleme

Mutlak konum belirleme yöntemlerinde tek bir GNSS alıcısı ile en az 4 uyduya kod ölçüleri yapılarak alıcının bulunduğu yerin konumu belirlenmektedir (Şekil 1.5). Uydular ve alıcı arasındaki yaklaşık uzunluklar eşitlik 1 kullanılarak belirlenmekte ve “pseudorange” olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1.5. Mutlak Konum Belirleme (Kahveci, 2019)

$$\rho_R^{SVn} = \sqrt{(X_R^{SVn} - X_R)^2 + (Y_R^{SVn} - Y_R)^2 + (Z_R^{SVn} - Z_R)^2} + c\Delta t_R \quad (1)$$

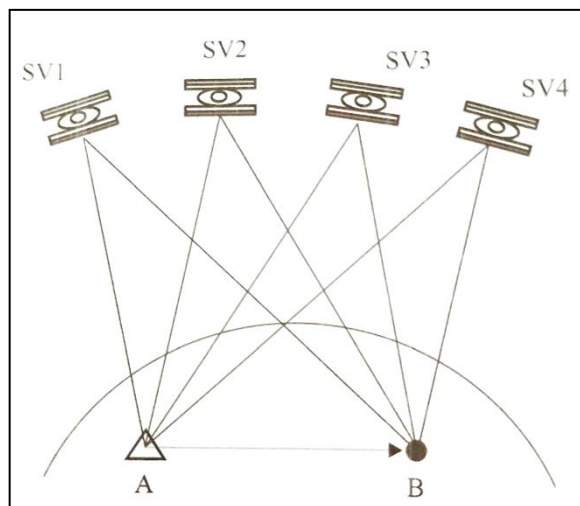
Yöntem, sinyalin uydu çıkışından alıcıya varışına kadar geçen zaman ve ışık hızı çarpılarak hesaplanan uydu-alıcı uzaklıkları ve uyduların bilinen koordinatları ile uzayda geriden kestirme esasına dayanmaktadır. Alıcı koordinatları, kullanılan kod bilgisine (P kod, C/A kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenebilmektedir. Bu yöntem alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda ise kinematik konum belirleme olarak tanımlanır (Kahveci, 2019).

Bu yöntem genellikle el GPS'lerinde ve araç takip sistemlerine ait navigasyon amaçlı GPS'ler için tercih edilmektedir.

1.2.2. Göreli Konum Belirleme

Görelî konum belirlemede koordinatları bilinen bir noktaya göre diğerk nokta ya da noktaların koordinatlarının belirlenmesi söz konusudur. Başka bir deyişle, göreli konum belirleme ile iki nokta arasındaki baz vektörü belirlenmektedir (Şekil 1.6) (Kahveci, 2019) .

Koordinatı bilinen bir veya birden fazla noktanın referans alınarak, koordinatları bilinmeyen noktanın koordinatlarının eşitlikler (2, 3) uyarınca hesaplanması temeline dayanan ölçüm yöntemlerinin yer aldığı bölümdür (Şekil 1.4). Günümüzde sıklıkla yararlanılan DGNS, Klasik RTK, Ağ-RTK gibi çözüm yöntemleri bu başlık altında değerlendirilmektedir.



Şekil 1.6. Görelî Konum Belirleme (Kahveci, 2019)

Şekil 1.6’da A noktası koordinatları bilinen bir referans noktasını, B noktası ise koordinatları belirlenmek istenen noktayı temsil etmektedir. Bu durumda iki nokta arasındaki baz uzunluk ve koordinatları arasındaki ilişki eşitlik 2 ve 3’de gösterilmiştir.

$$\underline{X}_B = \underline{X}_A + \underline{b}_{AB} \quad (2)$$

$$\underline{b}_{AB} = \begin{bmatrix} \Delta X_{AB} \\ \Delta Y_{AB} \\ \Delta Z_{AB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B - X_A \\ Y_B - Y_A \\ Z_B - Z_A \end{bmatrix} \quad (3)$$



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışma kapsamında literatür “GNSS”, “Ağ-RTK” ve “CORS” başlıkları altında taranmıştır. Bu doğrultuda Muzaffer Kahveci ve Ferruh Yıldız tarafından yazılan “GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (2021)” incelenmiştir. Kaynakta uydu sistemleri aracılığı ile konum belirleme tarihçesine ve prensiplerine değinilmektedir. Kaynak ile ilgili gerçekleştirilen çalışmada, GPS (Global Positioning System) uydu yörüngeleri, GPS ile gözlenen büyüklükler ve kullanılan veri formatları, GPS ile konum belirleme yöntemleri gibi çalışma ile doğrudan alakalı konularda hem teorik hem de ayrıntılı uygulama bilgilerine ulaşılmıştır.

George P. Petropoulos ve Prashant K. Srivastava tarafından gerçekleştirilen “GPS and GNSS Technology in Geosciences (2021)” adlı çalışmada GNSS teknolojisinin yapısal temelleri ele alınmakta ve organizasyonlardaki işlevlerinden bahsedilmektedir. Aynı zamanda sistemlerin güvenliği, hata kaynakları ve anten teknolojileri gibi pek çok konu ayrıntılı olarak işlenmiştir. Kaynakta GNSS aracılığı geniş alanlarda devam eden örüntülerin tespit edilmesi, yüksek hassasiyetli GNSS uygulamaların tarımsal faaliyetlerde kullanılması gibi konular da yer almaktadır.

Ömer Gökdaş tarafından hazırlanan “Yerel Jeodezik GNSS CORS Ağları ve Bilimsel Çalışmalara Katkıları: İSKİ UKBS Örneği 2020” incelenmiştir. Çalışmada İSKİ UKBS ağına ilişkin bilgiler sunulmuş, İSKİ ağına ait geniş bir veri seti aracılığı ile ağda yer alan istasyonların konum, hız bilgileri elde edilmeye çalışılmış ve trend değişimleri irdelenmiştir.

Muzaffer Kahveci (2017) “Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları” adlı çalışmasında uydularla konum belirleme sistemlerinden, bu sistemlerle birlikte kullanılan diferansiyel sistemlerden ve gerçek zamanlı kinematik uygulamalardan bahsetmektedir. Kaynakta özellikle CORS (Continuously Operating Reference Stations) ağlarının kurulurken ve işletilirken uyulması gereken prensip ve standartlara ayrıntılı olarak değinilmiştir. Süreçler hem teknik hem de idari yönü ile irdelenmekte ve oluşabilecek sorunlar ön görülerek çözüm önerileri sunulmaktadır.

Hegarty, Christopher Kaplan, Elliott D tarafından oluşturulan “Understanding GPS, GNSS (2017)” adlı kaynakta GNSS’in bazı temel fonksiyonlarından ve kullanım alanlarından bahsedilmiş, GNSS sistemlerinin diğer sensör ve ağ sistemleri ile

entegrasyonu ile ilgili bilgi verilmiştir. Aynı zamanda kullanılan GNSS ölçü yöntemlerinin performansları da ilgili kaynakta incelenmiştir.

Hasan Hüseyin Yozgatlı tarafından hazırlanan “TUSAGA AKTİF Sistemi, Sistemin Harita Sektöründeki Yeri ve Önemi, Sistemin Sürdürülebilirliği Açısından Alınacak Tedbir ve Önlemler (2016)” adlı çalışma incelenmiştir. Çalışmada TUSAGA Aktif Sistemi detaylı olarak incelenirken, ülkemizde ve dünyada bulunan çeşitli CORS ağlarına ilişkin öneri ve hesaplamalara yer verilmektedir.

Hatice Şule Postacı Temiz tarafından hazırlanan “İSKİ UKBS Ağı İstasyonlarının Zamansal Yer Değişimlerinin İncelenmesi 2015” adlı çalışma incelenmiştir. Çalışmada İSKİ UKBS ile ilgili ayrıntılı bilgilere yer verilirken, ağı oluşturan istasyonlara ilişkin temin edilen uydu gözlem verileri yardımı ile ağa ilişkin zamansal hareketler hesaplanmıştır. Aynı zamanda ağın TUSAGA Aktif sistemi ile farklılıkları ortaya koyularak çözüm önerileri sunulmuştur.

Soler Tomas tarafından düzenlenen, “The Geomatics Division of the American Society of Civil Engineers” ve “The National Geodetic Survey” grupları sponsorluğunda oluşturulan “CORS and OPUS for Engineers Tools for Surveying and Mapping Applications (2011)” isimli kaynak incelenmiştir. Kaynaklarda ayrıntılı olarak CORS ve OPUS uygulama alanlarına ve tarihçelerine değinilmektedir. Aynı zamanda bu sistemlerin verimliliklerine ve kalibrasyonlarına ilişkin bazı deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmalara ilişkin veriler, sonuç ve bulgular kaynakta paylaşılmıştır.

Fatih Pektaş tarafından hazırlanan “Gerçek Zamanlı Ulusal Ve Yerel Sabit GNSS Ağlarına Dayalı Kinematik Konumlama (TUSAGA Aktif – İSKİ UKBS Ağlarının Yerel Ölçekte Karşılaştırılması – 2010)” çalışması incelenmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada iki sistemde de elde edilen örnek veri seti farklı yöntemlerle işlenerek sonuçlar kıyaslanmış ve irdelenmiştir.

Muzaffer Kahveci tarafından Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi 100. Sayısında (2009/1) kaleme alınan “Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri” adlı makale incelenmiştir. Kaynakta ülkemizde kullanılan CORS kaynaklarına ilişkin tespit ve önerilere yer verilmiştir. Bunun dışında diğer ülkelerde kullanılan CORS sistemlerinden bahsedilerek, CORS sistemleri arasındaki benzerlikler ve farklılıklar vurgulanmaya çalışılmıştır. Kurulması düşünülen

Ağ-RTK'ların hangi özelliklerde olması gerektiği, nelere dikkat edilmesi gerektiği, hedef kitlesinin kimler olabileceği ve verilen hizmetlerin neleri kapsamaması gerektiği gibi konular tartışılmıştır.

Engin Güral tarafından hazırlanan "İSKİ UKBS Kurulması ve Deformasyon Ölçmeleri Projesi Raporu 2009" incelenmiştir. Rapor içeriğinde çeşitli ağ prensibi ile RTK konum belirleme yöntemlerine değinilmiş, UKBS'de gerçekleştirilen test ölçüleri ve bu ölçüler aracılığı ile gerçekleştirilen hesaplamaların sonuçları aktarılmıştır.

Muzaffer Kahveci tarafından hazırlanmış olan "Ankara Büyükşehir Belediyesi Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Referans İstasyonları Kurulumu Koordinat Hesap Raporu (2008)" adlı rapor incelenmiştir. Raporda kurulan sisteme ilişkin hesap yöntem ve sonuçları, kullanılan istasyon bilgileri aktarılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen doğruluk bilgileri ve ağın bu doğruluk bilgileri uyarınca kullanılabilmesi faaliyet alanları belirtilmiştir.

Muzaffer Kahveci tarafından hazırlanmış olan "Gerçek Zamanlı İSKİ Sabit GNSS Ağı (UKBS-RTK) Kurulumu Proje Gelişme Raporu 2008" adlı rapor incelenmiştir. Raporda kurulan sisteme ilişkin hesap yöntem ve sonuçları, kullanılan istasyon bilgileri aktarılmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen doğruluk bilgileri ve ağın bu doğruluk bilgileri uyarınca kullanılabilmesi faaliyet alanları belirtilmiştir.

Dr. Bernhard Hofmann-Wellenhof, Dr. Herbert Lichtenegger, Dr. Elmar Wasle, tarafından kaleme alınan "GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo (2008)" isimli kaynakta, uydu sinyalleri yardımı ile konum belirlemede kullanılan matematiksel modellere ve bu modellere dayalı olarak geliştirilen veri işleme tekniklerine değinilmektedir. Aynı zamanda bazı küresel ve bölgesel konumlandırma sistemleri anlatılmakta ve konuya ilişkin uygulama örneklerine değinilmektedir.

El-Rabbany A. "Introduction to GPS_ The Global Positioning System (2002)" kaynağında GNSS aracılığı ile gerçekleştirilen ölçüm yöntemlerinden, hata kaynaklarından ve kullanılan bazı servislerden bahsedilmektedir. Aynı zamanda projede kullanılacak veri setinin de formatı olan RINEX (Receiver Independent Exchange) formatına, SP3 formatına ve bazı integrasyon yöntemlerine ilişkin bilgiler barındırmaktadır.

B. Hofmann-Wellenhof,, H. Lichtenegger, J. Collins tarafından kaleme alınan “Global Positioning System, Theory and Practice (2001)” adlı kaynak konu ile ilgili oluşturulmuş temel kaynaklardan bir tanesi olma özelliği göstermektedir. Kaynakta GPS ile konum belirlemeye ilişkin yöntemlere yer verilmekte olup, GNSS sistemleri aracılığı ile elde edilen verilerin hangi matematiksel yöntemlerle işlenebileceği aktarılmaktadır. Kaynakta aynı zamanda konuya ilişkin üretilen yazılımların kullanım aşamaları da genel hatları ile anlatılmaktadır.

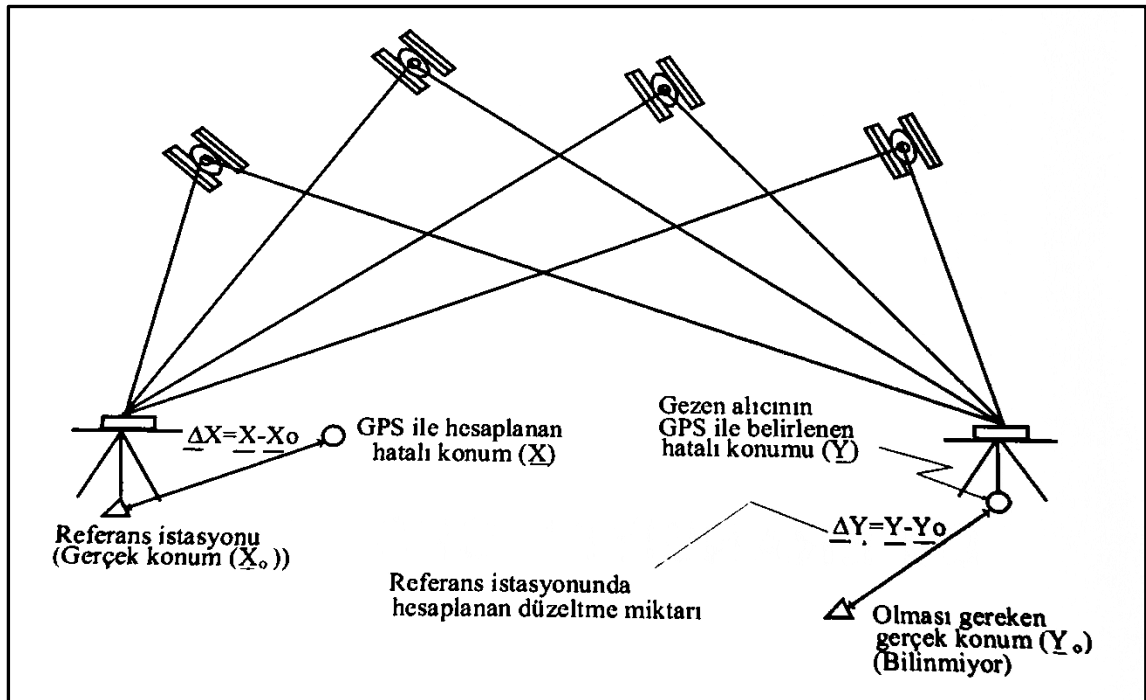


3. DGNSS VE AĞ-RTK

3.1. DGNSS (Diferansiyel GNSS)

Diferansiyel GNSS (DGNSS/DGPS) tekniğinde koordinatları bilinen bir referans istasyonuna dayalı olarak gezen bir alıcının (ölçümcü, uçak, gemi, araba vb.) koordinatları kod (pseudorange) gözlemleri kullanılarak metre mertebesindeki doğruluklarla belirlenmektedir (Kahveci, 2017).

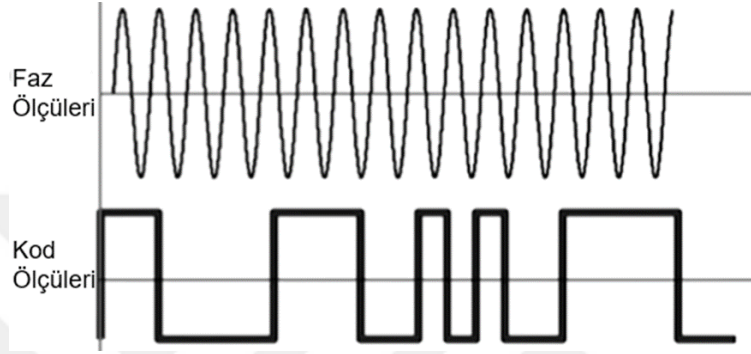
DGPS tekniğinde biri sabit (reference, base) diğeri gezer (roving) olmak üzere en az iki alıcıya gereksinim vardır. Sabit alıcı anteni, konumu daha önceden duyarlı olarak belirlenmiş bir noktaya kurulur ve gezen (ya da uzak) alıcının konumu belirlenir. Her iki noktada da en az dört uyduya eş zamanlı GPS gözlemi yapılmalıdır. Sabit alıcı gözlem yaptığı tüm uydulara ait uydu-alıcı uzaklıklarını (kod ya da faz pseudorange) hesaplayarak bu değerleri kendi duyarlı konumundan yararlanarak hesapladığı (olması gereken) pseudorange'ler ile karşılaştırır. Aradaki farklar gözlem hatası olarak yorumlanır ve bu farklar konumu belirlenecek olan noktalardaki gezen alıcı/alıcılar tarafından kaydedilen gözlemlere düzeltme olarak getirilerek gezen alıcının konumu doğru olarak belirlenir. Söz konusu düzeltmeler gezen alıcılara, alıcılar arasındaki uzaklığa bağlı olarak portatif telsizler, yer istasyonları ve uydular vasıtasıyla yayınlanmaktadır (Şekil 3.1) (Kahveci, 2019).



Şekil 3.1. DGPS Temel Prensipleri (Kahveci, 2019)

3.2. Faz Ölçüleri

Uydu ve alıcı arasındaki mesafeyi belirlemek için kod ölçüleri yerine faz ölçülerinden de yararlanılabilmektedir. Taşıyıcı dalga fazının dalga boyu, kod ölçülerine göre daha kısadır (Şekil 3.1). Dolayısı ile ilgili yöntem kullanılarak elde edilen ölçü duyarlılığı daha yüksektir. Bu nedenle jeodezik ölçüler, mühendislik ölçmeleri, bilimsel çalışmalar gibi yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda genellikle faz ölçülerinden yararlanılmaktadır.



Şekil 3.1. Faz ve Kod ölçü sinyalleri

3.3. Statik Ölçü Yöntemi

Statik ölçü yöntemi klasik GPS ölçü tekniği olup, çok yüksek doğruluk istendiğinde, uzun bazlar söz konusu olduğunda, mevcut uydu geometrisi başka bir ölçüm tekniğine olanak vermediğinde ve sistematik etkilerin dikkate alınması durumunda (Örn. İyonosfer, tropofer) en iyi yöntemdir. Bu ölçü yönteminde iki ya da daha fazla sayıda alıcı ile en az bir saat eş zamanlı ölçü yapılmaktadır. Statik yöntemle toplanmış olan ölçüler büroda uygun GPS yazılımları (post-process) ile değerlendirilmektedir (Kahveci, 2019).

3.4. Kinematik Ölçme Yöntemi

Kinematik ölçme yönteminde alıcılardan bir tanesi koordinatı bilinen bir noktaya yerleştirilip referans alıcı rolünü üstlenir. Diğer alıcı detay alımlarının yapılması için kullanılan gezici alıcı rolündedir. Ölçüme başladıktan sonra belirsizlik parametresinin alıcılar tarafından hesaplanması gerekecektir. Yöntem bu parametrenin belirlenmesi sırasında iki uydu tarafından da gözlemlenebilen 5 adet uyduya ihtiyaç duymaktadır. Parametrenin belirlenmesinden sonra eşlenik dört uydu ölçümlerin gerçekleştirilebilmesi için yeterli olmaktadır. Sinyal alınan uyduların değişmesi ile belirsizlik parametresinin yeniden hesaplanması gerekecektir.

Bu yöntemle elde edilen verilerin büroda değerlendirilmesi de mümkündür. Bu sayede elde edilen verilerin doğruluğu ve kalitesi daha iyi bir şekilde irdelenebilmektedir. Toplanan verilerin arşivlenmesi ile zaman içerisinde bu verilerden yararlanılarak konum doğruluğunu artırmaya yönelik matematiksel modeller üretilmesi mümkün olmaktadır.

Günümüzde pek çok alanda sıklıkla kullanılan Klasik RTK ve Ağ-RTK yöntemleri bu grubun içerisinde yer almaktadır.

3.4.1. Klasik RTK

RTK ile konum belirleme, gezen (rover) alıcılar tarafından uydulardan (GPS, GLONASS, Galileo vb.) kaydedilen faz gözlemlerine ve aynı anda referans bir istasyondan gerçek zamanlı olarak gezen alıcıya gönderilen ham ölçü ya da düzeltme bilgilerine (konum, pseudorange, atmosfer vb.) dayalı olarak gerçekleştirilen, hesaplamaların ise genelde gezen alıcıda yapıldığı bir konum belirleme tekniğidir (Kahveci, 2017).

Klasik RTK tekniğinde, hem referans ve hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılır. Ayrıca bu metotta, statik ve kinematik GNSS ölçü yöntemlerinde kullanılan donanımdan farklı olarak bazı ek donanımlar gerekir; sabit istasyonda, hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılır (Mekik, 2001).

Klasik RTK uygulamasında bir referans istasyonda hesaplanan düzeltme bilgileri gezen alıcıya gönderilmektedir. Gönderilen düzeltme mesajları belli bir formata uygun olmalıdır. Her alıcı firması gerçek zamanlı uygulamalar için kendi özel formatını üretmiştir. Fakat bu durumda farklı formatlardaki veriler farklı alıcılar tarafından kullanılamaz. Bu problemi önlemek amacıyla Teknik Radyo Komisyonu Denizcilik Servisi Özel Komitesi (Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104) referans alıcı ile gezici alıcı arasında düzeltme verilerinin yayınlanması amacıyla standart bir format yayınlamış ve bu format RTCM SC-104 olarak isimlendirilmiştir (Hofmann ve diğ., 1997). RTCM SC-104 formatı hemen hemen GPS navigasyon mesaj formatının aynısıdır. Deneyimler RTCM SC-104 veri formatı ve mesaj yapısının genellikle güvenilir olduğunu göstermiştir (Arslanoğlu ve Mekik, 2003).

3.4.2. DGNSS ve RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması

RTK için başlangıç belirsizlik (ambiguity initialization) çözümü yapılmalıdır. Bu ise belirli bir süre (yaklaşık 1 dk.) demektir. DGNSS’de kod ölçüleri kullanıldığı için böyle bir zorunluluk yoktur.

Başlangıç ölçüsü (initialization) için RTK tekniğinde en az 5 uydu gerekmektedir. Ölçüye 5 uydu ile başlandıktan sonra 4 uydu ile devam edilebilir. DGNSS tekniğinde ise iki boyutta (enlem, boylam) konum belirlenecekse ve/veya metre üstü doğruluk isteniyorsa en az 3 uydu, üç boyutta konum belirlenecekse ve/veya metre altı doğruluk isteniyorsa en az 4 uydu gerekmektedir.

RTK uygulaması için çift frekanslı alıcılar kullanılmaktadır. DGNSS için tek frekanslı alıcıların kullanılması yeterlidir.

RTK ile elde edilmesi beklenen doğruluk birkaç santimetredir. DGNSS’den elde edilecek doğruluk ise C/A kod düzeltmeleri kullanıldığından metre ve/veya desimetre mertebesindedir.

RTK tekniğinde en fazla 10 kilometre yarıçapında bir bölgede referans alıcısı olmalıdır. DGNSS’de ise bölgesel ya da global yayın yapan servisler (radio beacon uydular vb.) mevcuttur. Başka bir ifadeyle, gerek DGNSS gerekse RTK tekniğinde elde edilecek doğruluk, referans istasyonu ile gezen alıcı(lar) arasındaki uzaklığa bağlı olarak (atmosferik etkiler ve yörünge doğruluğu nedeniyle) değişmektedir. DGNSS sisteminde bu uzaklığın birkaç yüz km’yi, RTK’da ise 15-20 km’yi geçmemesi hedeflenir.

3.4.3. Ağ-RTK

Ağ-RTK yöntemi Klasik RTK’nın tek referans istasyon kullanılmasından dolayı ortaya çıkan alan kısıtlamasını ortadan kaldırmak için geliştirilmiş bir sistemdir. RTK ile elde edilecek doğruluk, referans istasyon ile konum belirlenmek istenen nokta arasındaki uzaklıkla doğrudan ilişkilidir. Başka bir ifadeyle, Klasik RTK yönteminin en önemli sakıncalarından birisi referans alıcı ile gezen alıcılar arasındaki mesafenin 10-15 kilometreyi geçmemesi şartının bulunmasıdır. Bunun nedeni taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliklerinin doğru ve güvenilir olarak çözümlenmesini sağlamaktır. Bu mesafe sınırlamasını ise atmosferik etkiler ile yörünge bilgisinin doğruluk oranı

belirlemektedir. Söz konusu hatalar, gezen alıcı(lar) çevresinde çok sayıda referans istasyonu kurulması durumunda doğru olarak modellenenmektedir.

Böylece tek referans istasyonu kavramının yerini çoklu referans istasyonu kavramı almaktadır. Anılan yöntemin bölgesel ya da ülke boyutunda yaygınlaştırılarak kullanılması ise Ağ-RTK (Net-RTK) kavramının yaşantımıza girmesine neden olmuştur (Kahveci 2017).

Yöntem birden fazla referans istasyon kullanılması ve bu referans istasyonların birbiriyle koordinasyonlu bir şekilde çalıştırılması prensibi ile uygulanmaktadır. Böylelikle referans istasyonların bulunduğu bölge içerisinde atmosferik etkiler modellenenmektedir. Bu durum ilgili bölge içerisinde düzeltme verilerinin işlevselliğini koruduğu alan miktarını önemli ölçüde artırmakta ve referans istasyonlar arasındaki baz mesafelerin 100 km'ye kadar çıkartılabilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece Ağ-RTK tekniği kullanılarak ölçmelerin yatırım maliyetinde önemli ölçüde tasarruf sağlanmıştır.

Ağ RTK sisteminde düzeltme verilerinin gezici alıcılara iletilmesi için birden fazla iletişim yolu kullanılmaktadır. Bunlardan en sık tercih edilenleri radyo modemler, GSM (Global System for Mobile Communications) ve internettir.

Günümüzde pek çok farklı alanda Ağ-RTK sistemlerinden yararlanılmaktadır. Özellikle kısıtlı alanlarda yoğun haritacılık faaliyetlerinin gerçekleştirildiği uygulamalar için Ağ-RTK vazgeçilmez bir yöntem olmuştur. Çoğu uygulama şeklinde düzeltme verileri de herhangi bir iletişim vasıtasıyla alıcıya ulaştırılmaktadır. Bu uygulama şekline ise RTK CORS (Real Time Kinematic Continuously Operating Reference Stations) Ağı" adı verilmektedir. (Kahveci 2009).

Ülkemizde özellikle büyükşehir yerel yönetimleri kendi CORS ağlarını oluşturmuşlardır. Bu durumun başlıca nedeni CORS sistemleri aracılığı ile pratik bir şekilde tek alıcı ile santimetre hassasiyetinde doğruluklara ulaşılabiliyor olmasıdır. Sistemin bir başka getirisi de sabit GNSS istasyonlarına ait verilerin kolaylıkla arşivlenebilmesidir. Bu sayede geriye dönük incelemeler ve hesaplar yapılması mümkün olmaktadır. Bu arşivler özellikle bilimsel çalışmalar için son derece anlamlı ve kıymetlidir.

3.4.4. Ağ-RTK ve Klasik RTK Karşılaştırılması

Ağ RTK'nın Klasik RTK'ya göre üstünlükleri vardır. Ağ RTK ile nokta koordinatları tek anlamlı ve homojen bir koordinat sisteminde belirlenmekte, yüksek kalitede sonuçlar elde edilmekte ve tüm ağ için oluşturulan atmosferik modelden yararlanılarak ölçü noktası için gerekli düzeltmeler enterpolasyon ile hesaplanabilmektedir (Kahveci, 2009; Sella vd. 2008).

Ağ-RTK'nın ölçme yöntemlerine göre üstün tarafları aşağıda ifade edilmektedir.

- Baz istasyonu kurmaya gerek yoktur.
- Gezicinin hesapladığı koordinatların doğrulukları daha homojen bir dağılım gösterir.
- Gezici ile referans istasyonları arasındaki bağlantı büyük mesafelerde de korunur.
- Tek referanslı bir RTK ölçümüne göre daha az referans istasyonuna ihtiyaç duyulur.
- Ağ yapısında modelleme (atmosfer, yörünge vb. hata kaynakları) yapıldığı için tek noktada mutlak konum belirleme SPP (Single Point Positioning) ve tek sabitten RTK ölçülerine göre çok daha yüksek doğruluk sağlamaktadır.
- Bir istasyonun getireceği düzeltmeyi başka bir istasyon yapabilir. Güvenilirlik yüksektir.
- Kullanıcılar açısından daha az yatırım gerektirir.
- Lokal sabit istasyon kurulmasına gerek yoktur.
- İyonosfer otomatik olarak modellendiği için, referans noktaları arasındaki mesafe en az 50 km olarak planlanabilmekte, bunun sonucu olarak daha az istasyon ile daha büyük alan kapsanabilmektedir.
- GPS kullanımındaki tüm olası hata kaynakları elenerek kullanıcıya temiz veri sağlanır.
- Mevcut haberleşme altyapısı kullandığından telsiz gibi izne tabii ve kısıtlayıcı sistemlere gerek yoktur.
- Altyapı olarak elde edilen hassasiyetler tüm kullanıcılar için standarttır.

- Tüm kullanıcılar aynı koordinat sistemini kullanır.

- Her gereksinim duyan kurum ve kuruluş tarafından ayrı bir ağ kurulmasını önlediği ve tüm kullanıcıların tek bir yatırımla oluşturulmuş ağdan yararlanmalarını sağladığı için maliyet düşürücü bir sistemdir.

3.4.5. Ağ-RTK Veri Aktarma Protokolleri

Gerçek zamanlı kinematik konum belirleme, GNSS kod ve faz ölçü düzeltmelerinin referans ve gezen alıcılar arasında alınmasını ve gönderilmesini gerektirmektedir. RTK bilgilerinin aktarılmasında kullanılacak olan veri iletişim tekniklerinin belirlenmesinde teknik (uzaklık, kapsama alanı, bant genişliği, güvenilirlik vb.), ekonomik (maliyet) ve idari konular (mevzuat) etken olmaktadır (Kahveci, 2017).

Veri aktarımı genellikle hareketli (gezici) ve sabit donanımlar arasında sağlanmaktadır. Veri aktarımı için kullanılan en klasik yöntem, ücretsiz olması ve ekstra bir veri aktarım altyapısına (örn. baz istasyonları) ihtiyaç duymaması nedeni ile radyo modemlerdir. Bununla birlikte radyo modemler, alıcı ve gezici arasındaki mesafeyi donanımın ilgili ortamda izin verdiği miktarla kısıtlamaktadır.

Örneğin kırsal alanda 1 watt gücündeki bir radyo modemin haberleşme mesafesi 20 kilometreye kadar çıkabilmektedir. Şehir içi alanlarda ise bu mesafe birkaç km ile 10 km arasında değişebilmektedir. (Kahveci, 2017). CORS ağlarının kurulmasıyla ve kullanım alanlarının artmasıyla, özellikle şehir içi alanlarda bu mesafeler yeterli olmamış ve veri aktarım protokolü olarak internet tabanlı ve uydu tabanlı sistemler kullanılmaya başlanmıştır.

Aynı zamanda internet tabanlı veri aktarım protokolleri iki yönlü iletişimi mümkün kılmaktadır. Bu sayede Ağ-RTK sistemlerinde ağ hesap merkezi düzeltme verilerini alıcıya iletirken, alıcıdan da yaklaşık konum bilgisini temin edebilmektedir. Özellikle her kullanıcının, tanımlanıp ücretlendirilmesi gereken durumlarda (TUSAGA-aktif, UKBS, ANSAGA vb.) GSM (Global System for Mobile Communications) protokollü sıklıkla tercih edilen yöntemdir.

Sabit GNSS ağlarının kurulmaya başlanması ve elde edilen verilerin internet, telsiz veya uydu kanalıyla ulusal ve uluslararası diğer kullanıcılara yayınlanması standart veri formatlarının oluşturulmasına yol açmıştır. Veri protokolleri, bir istasyondan diğer kullanıcılara gönderilecek olan verilerin hangi bilgileri içermesi

gerektiğini bildiren formatlardır. Dolayısıyla ölçme sırasında yanlış bir protokol seçilmesi ölçü yapılamamasına veya eksik veri elde edilmesine neden olacaktır (Kahveci 2017).

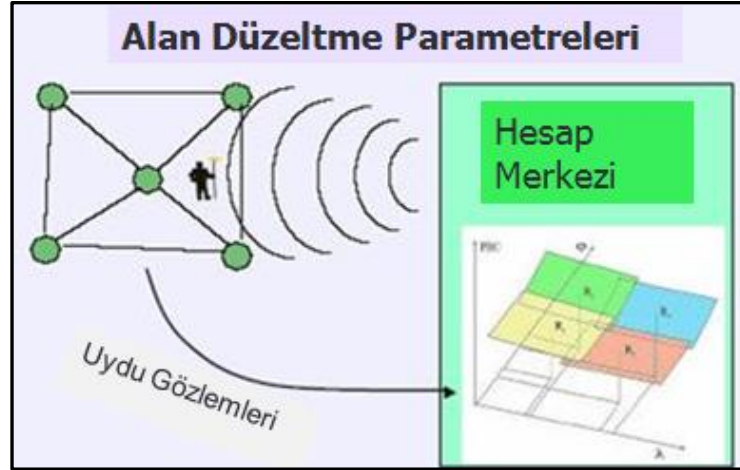
Günümüzde çoğu alıcı üreten firma kendi özel formatlarını kullanmaktadır. Bu nedenle, sabit GNSS ağları kontrol merkezinde kullanılan “ağ yazılımının” birden çok üretici firmaya ait protokolü desteklenmesi arzu edilen bir durumdur. Bunların dışında tüm kullanıcılara açık olan ve firmadan bağımsız olan protokoller de vardır. Bunlar;

- a) NMEA 0183: Yalnızca navigasyon amaçlı uygulamalar için kullanılmakta olup, RTK uygulamaları için uygun değildir.
- b) CMR/CMR+: Genel olarak tüm alıcı markaları tarafından kullanılmaktadır.
- c) BINEX (BINary EXchange): GNSS ve SBAS tabanlı kullanımlar içindir.
- d) RTCM SC104: Gerçek zamanlı veri aktarımı için uluslararası bir standarttır. Verileri NMEA'nın aksine “binary” formattadır. RTCM versiyonları ve her bir versiyon içeriği aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:
 - RTCM 2.0 (kod düzeltmesi---DGPS)
 - RTCM 2.1 (kod+faz düzelt.---RTK)
 - RTCM 2.2 (...+ GLONASS)
 - RTCM 2.3 (...+ GPS anten tanımı)
 - RTCM 3.0 (...+ RTK+ GNSS)
 - RTCM 3.* (...+ Network RTK)

3.4.6. Ağ-RTK Koordinat Düzeltmeleri Aktarma Yöntemleri

Ağ-RTK yönteminde gerçek zamanlı anlık konum belirleme için genellikle üç teknik kullanılmaktadır. Bunlar; FKP, VRS, MAC teknikleridir.

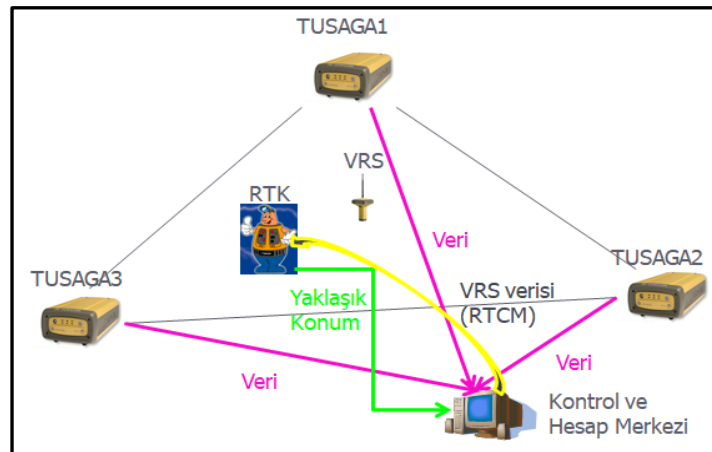
- a) FKP (Flachen Koorectur Parameter) olarak bilinen alan düzeltme yaklaşımında tüm CORS ağı kullanılarak her sabit istasyonda atmosferik düzeltmeler ve taşıyıcı faz düzeltmeleri hesaplanmaktadır. Gezici, ağ düzeltmesini sabit istasyonların birinden alır ve çift yönlü haberleşmede bu istasyonu merkez olarak belirler (Şekil 3.2) (Wanninger 2002; Wübenna ve Bage 2006). Bu yöntemde lineer düzeltmeler doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularındaki değişimleri ifade etmektedirler. Lineer düzeltme basit bir yöntem olduğu için FKP parametreleri tek bir referans istasyonunu çevreleyen sınırlı bir alan için geçerli değerler üretmektedir.



Şekil 3.2. FKP Yöntemi (Kahveci 2017)

- b) VRS (Virtual Reference Stations) noktasına ilişkin gözlem verileri, çevredeki referans istasyonlarının verilerinden yararlanarak ve sanki VRS noktasında alet kurularak gözlem yapılmış gibi oluşturulur. Buradaki temel prensip; gezen alıcı için geçerli düzeltme parametrelerinin çalışma bölgesi çevresindeki birden çok referans istasyonu verisinden enterpole ile hesaplanmasıdır. Böylece gezen alıcının RTK ölçülerindeki sistematik etkiler (iyonosfer, troposfer, yörünge) en aza indirilmiş olmaktadır (Kahveci 2017).

VRS uygulamasında ön koşul, CORS ağındaki kontrol merkezi ile gezici alıcı arasındaki iki yönlü iletişimidir. Gezici, yaklaşık koordinatları kontrol merkezine göndermekte ve merkezde tüm ağ bilgileri kullanılarak söz konusu gezicinin konumu için VRS referans verileri oluşturmaktadır. Bu yöntemde düzeltmeler, gezicinin hemen yakınında oluşan sanal bir referans istasyonu üzerinden yayınlamaktadır (Şekil 3.3) (Landau vd. 2002; Eren ve Uzel, 2008).



Şekil 3.3. VRS Yöntemi (Kahveci 2017)

- c) Ana-yardımcı referans istasyonları, MAC (Master Auxiliary Concept) tekniği, bir adet ana istasyon (master) ve birden çok yardımcı istasyondan (auxiliary) oluşan ağ içerisinde gezici alıcının konumunun belirlenmesine dayanır. MAC tekniğinde ana istasyonun gezen alıcılara en yakın istasyon olması gerekmemektedir. Önemli olan aynı uydulara gözlem yapılmış olmasıdır. Çünkü ana istasyonun düzeltmelerin hesaplanmasında özel bir görevi olmayıp, esas olarak düzeltmelerin yayınlanmasında rolü vardır. Herhangi bir nedenle ana istasyondan veri alınamaması durumunda yardımcı referans istasyonlarında birisi bu görevi üstlenir (Brown vd. 2006; Kahveci, 2009).

3.4.7. Türkiye'deki Ağ RTK Örnekleri

Küresel anlamda GNSS teknolojisinin kullanımının artması beraberinde ülke koordinat sistemlerinin yeniden tanımlanması, temel GNSS ağlarının sıkılaştırılması ve bu doğrultuda sabit referans istasyonlarının kurulmaya başlanması sonuçlarını doğurmuştur. Günümüzde gelinen nokta da ise TUSAGA-Aktif, ISKI-UKBS, ABB ANSAGA Ağı gibi ulusal ve bölgesel ağlar ülkemizde eskiden sabit jeodezik ağlar aracılığı ile yürütülen çoğu süreci devralmış durumdadır. Ağ-RTK sistemleri özellikle haritacılık faaliyetleri başta olmak üzere kullanıcılara, küresel, ulusal ve bölgesel düzeyde pek çok farklı alanda hizmet sunmaktadır. Ülkemizde kurulmuş olan, yeterli teknik bilgi elde edebildiğimiz, ulusal ve yerel bazı Ağ-RTK sistemleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.4.7.1.TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı – Aktif)

TÜBİTAK destekli Kamu AR-GE projesi kapsamında yürütülen ve 2009 yılında tamamlanan Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Müdürlüğü (HGM) müşterek mülkiyetinde işletilmektedir. TUSAGA-Aktif Sistemi; ülkemiz ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC) genelinde tesis edilmiş 167 adet sabit GNSS İstasyonu ile TKGM ve HGM'de bulunan kontrol ve analiz merkezlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. TUSAGA-Aktif İstasyonları (URL-5)

TUSAGA-Aktif sistemi ile ülkemiz ve KKTC genelinde, herhangi bir yer ve zamanda, yeterli sayıda GNSS uydusu görülebildiği ve iletişim imkânlarının mümkün olduğu yerlerde, birkaç saniye içerisinde, santimetre doğruluğunda, gerçek zamanlı harita ve konum bilgisi elde edilebilmektedir.

TUSAGA-Aktif Sistemi kapsamında; kullanıcılara Gerçek zamanlı Ağ-RTK düzeltme verisi (RTK ve DGPS) ile TUSAGA-Aktif Sistemi Sabit GNSS İstasyonlarına ilişkin 1 saniye ve 30 saniye aralıklı RINEX verileri sunulmaktadır.

TUSAGA-Aktif ağının temel amaçları TÜBİTAK'a sunulan proje öneri formunda genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

- Ülke savunması ve kalkınması amacıyla coğrafi bilgi ve belgelerin üretilebilmesi için gerekli hassas koordinat bilgilerinin hızlı ve ekonomik bir şekilde elde edilmesi,

- Her türlü navigasyon ve araç izleme için hassas ve güvenilir konum belirlemek, bunları ilgili kullanıcılara sağlamak,

- Tüm Türkiye için hüresel dönüşüm parametrelerini (ED50-ITRFyy) belirleyerek klasik yöntemlerle üretilmiş olan mevcut analog formdaki kadastral paftalarının halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna dönüştürülmesi ve bu bilgilerin TAKBİS'e aktarılması,

- Türkiye’deki tektonik hareketlerin sürekli ve hassas olarak izlenmesi ve oluşan deformasyon miktarlarının belirlenmesi,
- Türkiye için atmosferik modelleme yapılmasıdır.

TUSAGA-Aktif sistemi abonelik esası üzerinden faaliyet yürütmektedir. Abonelik işlemleri ise Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü sorumluluğunda gerçekleştirilmektedir. TUSAGA-Aktif sisteminin son kullanıcı ücretleri, Bakanlıklar Arası Harita İşlerini Koordinasyon ve Planlama Kurulu (BHİKPK) tarafından yıllık olarak belirlenmekte ve ilgili Sayın Bakanlar tarafından onaylanmaktadır. Bu sistemle ilgili ayrıntılı bilgiye işleri URL-5’de ulaşılabilir.

3.4.7.3.İSKİ UKBS

İSKİ UKBS (İstanbul Su ve Kanalizasyon İdareleri Uydulardan Konum Belirleme Sistemi), İstanbul Büyük Şehir Belediyesi teknik ekiplerince yerel yönetim faaliyetlerinde kullanılması amacı ile üretilmiş bir sistemdir (Şekil 3.5). Ağın işletme sorumluluğu, İSKİ Emlak ve İstimlak Dairesi Başkanlığı Harita Şube Müdürlüğü’ne aittir. Sistemde ANSAGA sisteminde de olduğu gibi TOPCON NET-G3A GNSS (GPS+GLONASS) sabit istasyon alıcılarından yararlanılmıştır. Ağ ile ilgili ayrıntılı bilgilere URL-6’den ulaşılabilir.



Şekil 3.5. İSKİ UKBS Referans İstasyonları Konumları (URL-6)

Ağın oluşturulmasına ilişkin ilk çalışmalar 2008 yılında tamamlanmıştır. Gerçekleştirilen alışma kapsamında tüm İstanbul il sınırını kapsayacak şekilde 8 adet istasyon kurulumu gerçekleştirilmiştir (izelge 3.1).



Çizelge 3.1. İSKİ UKBS Ağı İstasyon Konumları (2008)

Nokta No	İstasyon Uzun Adı	İstasyon Kısa Adı	Konumu
UKBS-01	YALIKÖY	YALI	ISTRANCA DÜZDERE BARAJI (YALIKÖY) ŞEFLİK BİNASI
UKBS-02	SİLİVRİ	SLVR	SİLİVRİ ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ - ÇANTA HİZMET BİNASI
UKBS-03	BEYKOZ	BEYK	ANADOLU KAVAĞI TERFİ MERKEZİ
UKBS-04	TUZLA	TUZL	TUZLA İLERİ BİYOLOJİK ARITMA TESİSİ
UKBS-05	ŞİLE	SILE	ŞİLE ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ
UKBS-06	TERKOS	TERK	TERKOS HAVZA KORUMA ŞEFLİĞİ
UKBS-07	KÜÇÜK ÇEKMECE	KCEK	KÜÇÜK ÇEKMECE ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ
UKBS-08	UKBS Merkez	PALA	İSKİ KAĞITHANE GENEL MÜDÜRLÜK

Çalışmaya ilişkin ayrıntılı rapor Sn. Prof. Dr. Muzaffer Kahveci tarafından 12.12.2008 tarihinde hazırlanmıştır (EK-2). IGS noktalarına dayalı olarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda sabit GNSS istasyonları koordinatları, çok yüksek doğrulukta belirlenmiştir. Yapılan inceleme ve hesaplamalar sonucunda UKBS-RTK referans istasyonlarının gerçek zamanlı ve/veya büro(postprocess) amaçlı olarak; jeodezik, kadastro, mühendislik ölçmeleri, araç navigasyonu (araç takip vb.) ve bilimsel araştırmalar için kullanılabilir yapı ve doğrulukta tesis edilmiş olduğu sonucuna varılmıştır (Kahveci, 2008).

Ağın kapsama alanının genişletilmesi ve verimliliğinin artırılması amacı ile 2009 yılında ağa yeni sabit istasyonlar eklenmiştir. Ağ ilk kurulduğunda 8 adet, mevcut durumda 10 adet istasyona sahiptir. Sürece ilişkin ayrıntılı rapor 2009 yılı Ağustos ayında Sn. Prof. Dr. Engin Gülal tarafından hazırlanmıştır. Ağ içinde ve yakın çevresinde UKBS sistemini kullanarak yapılan RTK ölçmelerinin iç duyarlılığı 1 cm ve dış duyarlılığı 3-4 cm olduğu söylenebilir (Gülal, 2009).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Günümüzde aktif olarak kullanılan CORS ağlarından askeri ve sivil olmak üzere birçok alanda fayda sağlanmaktadır (jeodezi, jeofizik, ölçme vb.). Başta haritacılık olmak üzere yaygın olarak kullanılan CORS ağlarının diğer alanlarda da kullanımı artış göstermektedir. Uygulamadaki faydaları ülkelerin haritacılık kuruluşlarını, yerel yönetimleri, özel sektörü Ağ-RTK (CORS ağı) kurma fikrine yöneltmiştir (Kahveci, 2009). Bu tez çalışmasında Ankara Büyükşehir Belediyesi Sabit GNSS Ağı (ANSAGA) incelenmiş olup, aşağıda bu ağ ile ilgili bilgiler verilmiştir.

4.1. ABB Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Ağı (ANSAGA)

Modern toplumlarında sanayileşmenin ve teknoloji kullanımının bir getirisi olarak şehirleşme giderek artmaktadır. Özellikle metropollerde yoğun olarak yaşanan nüfus artışı yerel yönetimlerin hizmet yükümlülüklerine her geçen gün bir yenisini eklemektedir.

Ankara Türkiye Cumhuriyeti'nin başkenti ve nüfus olarak ikinci büyük metropolüdür. Dolayısı ile hem nüfus artışının yerel yönetim organları üzerinde oluşturduğu baskı, hem de Türkiye Cumhuriyeti'nin idari merkezine hizmet vermenin getirdiği sorumluluk bilinci Ankara Büyükşehir Belediyesi'nin hemen her alanda en iyi standartları yakalama ve mevcut sistemlerden en yüksek verimi alma mecburiyetini doğurmaktadır. Bu gayede başarılı olmanın en akılcı yolu ise mühendislik çözümlerinden yararlanmaktır. Bu doğrultuda kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını mümkün kılmak, ağın kapsama alanı içerisinde gerçek zamanlı, hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde koordinat bilgisi temin edilebilmesi için ANSAGA ağı oluşturulmuştur.

4.1.1. Kurulumu, Tarihçesi

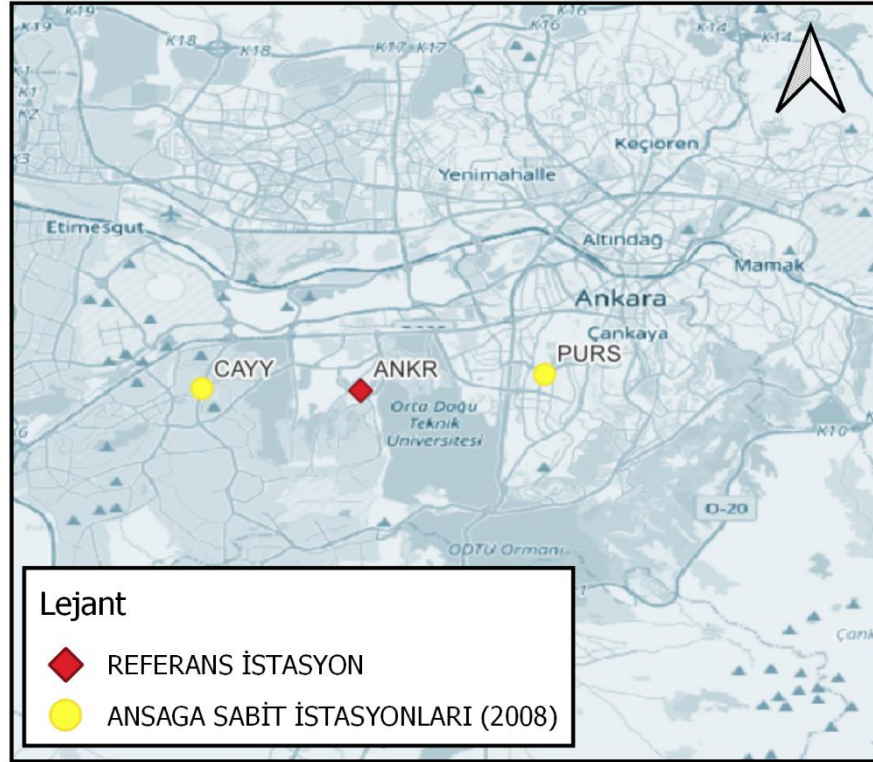
Ankara'da gerçek zamanlı sabit GNSS Ağı'nın oluşturulmasına ilişkin çalışmalar ilk kez 2008 yılında başlamıştır. Çalışma kapsamında Ümitköy ASKİ (Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi) şube binasına ve Pursaklar'da yer alan ASKİ Arıtma Tesisine iki adet referans istasyon kurulumu gerçekleştirilmiştir (Şekiller 4.1 ve 4.2). Bu istasyonların harita üzerindeki konumları Şekil 4.3'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Çayyolu Sabit İstasyonu Ümitköy ASKİ Şube Binası - 2008



Şekil 4.2. Pursaklar Sabit İstasyonu ASKİ Arıtma Tesisleri - 2008



Şekil 4.3. ANSAGA İstasyon Konumları - 2008

Referans istasyonlarda 29.11.2008 ve 30.11.2008 tarihlerinde toplam 36 saatlik faz/kod ölçüleri yapılmış ve bu ölçüler Bernese yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu istasyonların koordinat hesabında Ankara (TUTGA), İstanbul (TUTGA), Nicosia(GKRY) ve Zelenchukskaya (Rusya) IGS istasyonları dayanak (sabit) noktası olarak alınmıştır (Kahveci, 2008). Bu noktaların (PURS ve CAYY) koordinatları, IGS noktalarına dayalı olarak hesaplanmış olup, söz konusu IGS nokta koordinatları ve hızları çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Global noktaların ITRF05(2005.0 Epok) koordinatları

Nokta Adı (DOMES NO)	DÖRT KARAK. KISALTMA	Koordinatlar(m)		Nokta Hızları(m/yıl)		
		X ± σ_x	Y ± σ_y	Z ± σ_z	V _x ± σ_{v_x}	V _y ± σ_{v_y}
ANKARA (20805M002)	ANKR	4121948.5380 ± 0.001			-0.0069 ± 0.0003	
		2652187.9090 ± 0.001			-0.0039 ± 0.0002	
		4069023.7640 ± 0.001			0.0091 ± 0.0003	
ISTANBUL (20807M001)	ISTA	4208830.3010 ± 0.001			-0.0170 ± 0.0012	
		2334850.3010 ± 0.001			0.0197 ± 0.0009	
		4171267.2440 ± 0.001			0.0090 ± 0.0011	
NICOSIA (14302M001)	NICO	4359415.7120 ± 0.001			-0.0183 ± 0.0003	
		2874117.0660 ± 0.001			0.0108 ± 0.0002	
		3650777.8200 ± 0.001			0.0125 ± 0.0003	
ZELENCHUKSKAYA (12351M001)	ZECK	3451174.7030 ± 0.001			-0.0221 ± 0.0003	
		3060335.4360 ± 0.001			0.0141 ± 0.0003	
		4391955.6450 ± 0.001			0.0089 ± 0.0004	

IGS noktalarına dayalı olarak gerçekleştirilen hesaplamalar sonucunda sabit GNSS istasyonları koordinatları çok yüksek doğrulukta (± 2 cm) olarak hesaplanmıştır. Çalışmaya ilişkin ayrıntılı rapor Sn. Prof. Dr. Muzaffer Kahveci tarafından 26.12.2008 tarihinde hazırlanmıştır (EK-1). Bu tarihten itibaren 2015 yılına kadar CAYY ve PURS sabit GNSS istasyonları bölgede jeodezik, kadastro, mühendislik ölçmeleri, araç navigasyonu ve bilimsel araştırmalar için kullanılmıştır.

2015 yılında Ankara Büyükşehir Belediyesi'nin talebi doğrultusunda, sistemin kapsama alanını ve verimliliğini artırmak, sistemi geliştirmek için Ankaradaki sabit istasyon sayısı 10'a çıkartılmıştır. Bu dönemde gerçekleştirilen işlemlere ilişkin hesap raporuna ulaşılamamıştır. Kurum yetkilileriyle konu ile ilgili gerçekleştirilen görüşmede ağın 2015 yılında gerçekleştirilen kurulum datum ve epokunun "ITRF96(2005.0)" olduğu bilgisi edinilmiştir. Ağın TUSAGA-Aktif (CORS-TR) noktalarına dayalı olarak dengelendiği düşünülmektedir. Eski iki sabit istasyon Gölbaşı ve Akyurt ilçelerine taşınmış, Yenikent, Nallıhan, Bala, Beypazarı, Polatlı, Şereflikoçhisar, Yenice ve Kızılcahamam ilçelerine de yeni sabit istasyonlar kurularak geniş bir alanda ağa ulaşılması sağlanmıştır. Ağa ait 8 istasyonun sistemde kayıtlı elipsoidal ve kartezyen koordinatları Çizelgeler 4.2 ve 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. ANSAGA İstasyonlarının Sistemde Kayıtlı Olan ITRF96(2005.0 Epok) Coğrafi Koordinatları ve Elipsoidal Yükseklikleri

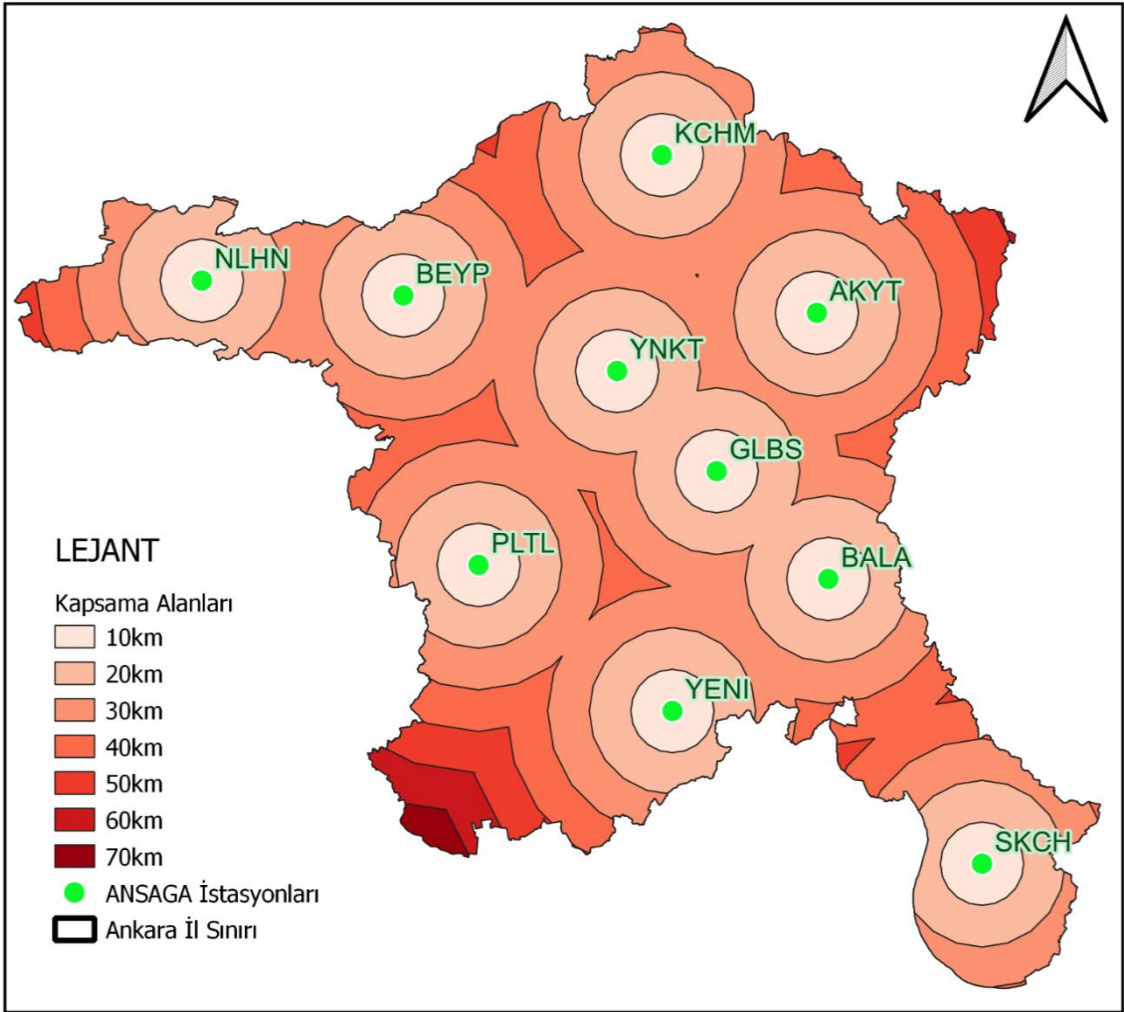
İSTASYON	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]
AKYT	40° 07' 52,66337" N	33° 05' 11,49615" E	1098.3258
BALA	39° 33' 21,89367" N	33° 07' 03,70446" E	1347.8111
BEYP	40° 09' 52,80312" N	31° 55' 09,56798" E	754.6259
GLBS	39° 47' 20,60593" N	32° 48' 17,58211" E	1037.5634
KCHM	40° 28' 18,15849" N	32° 38' 51,28559" E	1024.9217
NLHN	40° 11' 21,39666" N	31° 21' 02,68912" E	682.3712
SKCH	38° 56' 21,83356" N	33° 32' 34,24913" E	1011.3762

Çizelge 4.3. ANSAGA İstasyonlarının Sistemde Kayıtlı Olan ITRF96(2005 Epok) Kartezyen Koordinatları

İSTASYON	X [m]	Y [m]	Z [m]
AKYT	4092180.134	2666287.827	4089849.723
BALA	4125168.400	2690979.483	4040964.492
BEYP	4143392.618	2580973.535	4092461.369
GLBS	4125715.480	2659339.744	4060680.160
KCHM	4091850.213	2621637.915	4118635.711
NLHN	4167247.144	2538783.623	4094502.213
SKCH	4140978.561	2745309.430	3987721.712

4.1.2. Fiziksel Yapısı

Ankara Gerçek Zamanlı GNSS Ağı, Ankara'da özellikle yerel yönetimlerin haritacılık faaliyetlerinde kullanılmak üzere oluşturulmuş, 10 referans istasyona sahip bir CORS ağıdır. Ağın kullanım alanı yaklaşık 20.000 km²'dir. Ağ geometrisi il, ilçe merkezlerinde yüksek konum doğruluğu sağlayacak ve ağ içinde bulunan bir geziciye 40 km uzaklıkta en az 2 istasyon bulunacak şekilde tasarlanmıştır (Şekiller 4.4 ve 4.5). Kurulan ilave istasyonların görüntüleri şekiller 4.6-4.15'de görülmektedir.



Şekil 4.5. ANSAGA İstasyon Kapsama Alanları



Şekil 4.6. Akyurt İstasyonu – AKYT - 2014



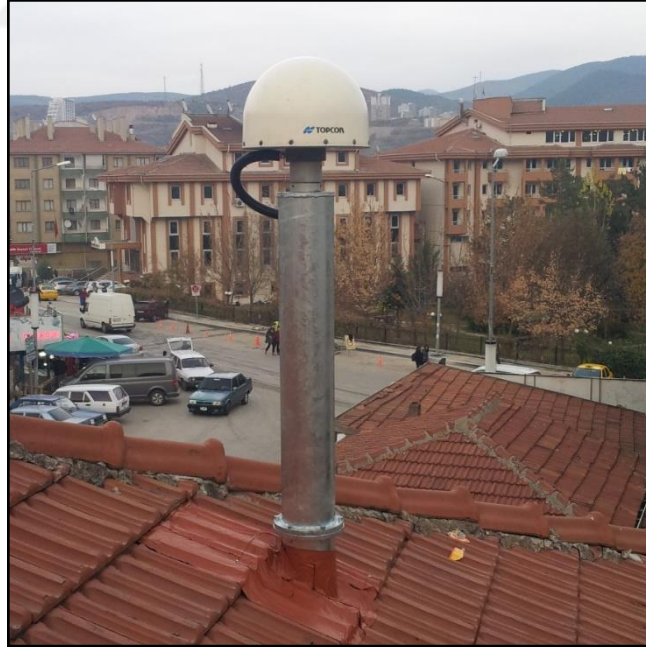
Şekil 4.7. Bala İstasyonu – BALA - 2015



Şekil 4.8. Beypazarı İstasyonu – BEYP - 2015



Şekil 4.9. Gölbaşı İstasyonu – GLBS - 2014



Şekil 4.10. Kızılcahamam İstasyonu – KCHM - 2014



Şekil 4.11. Nallıhan İstasyonu – NLHN - 2014



Şekil 4.12. Polatlı İstasyonu – PLTL - 2014



Şekil 4.13. Şereflikoçhisar İstasyonu –SKCH - 2014



Şekil 4.14. Yenice İstasyonu –YENİ - 2014



Şekil 4.15. Yenikent İstasyonu –YNKT – 2014

Ağda bir ölçüm periyodunda gerçekleşen işlemler;

- Referans istasyonlarından veriler hesap ve kontrol merkezine 1 saniye ya da farklı aralıklarla aktarılır.
- Gezici alıcı kendi yaklaşık konumunu kontrol ve hesap merkezine gönderir.
- Hesap ve kontrol merkezinde gezici alıcının yaklaşık koordinatları kullanılarak VRS verisi hesaplanır.
- VRS verisi RTCM formatında gezici alıcıya gönderilir.
- Gezen alıcıda standart RTK çözümü yapılarak konum belirlenir.

Ağda referans istasyonu alıcısı olarak, TOPCON TPS NET-G3A, sabit istasyon alıcısı ve TOPCON TPSG3_A1, TPSCR.G3, TPSPG_A1 jeodezik antenler kullanılmaktadır. İstasyonlara ilişkin anten ve alıcı tipleri çizelge 4.2’de gösterilmektedir. TPS NET- G3A donanım özellikleri çizelge 4.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. ANSAGA İstasyonları Anten ve Alıcı Bilgileri

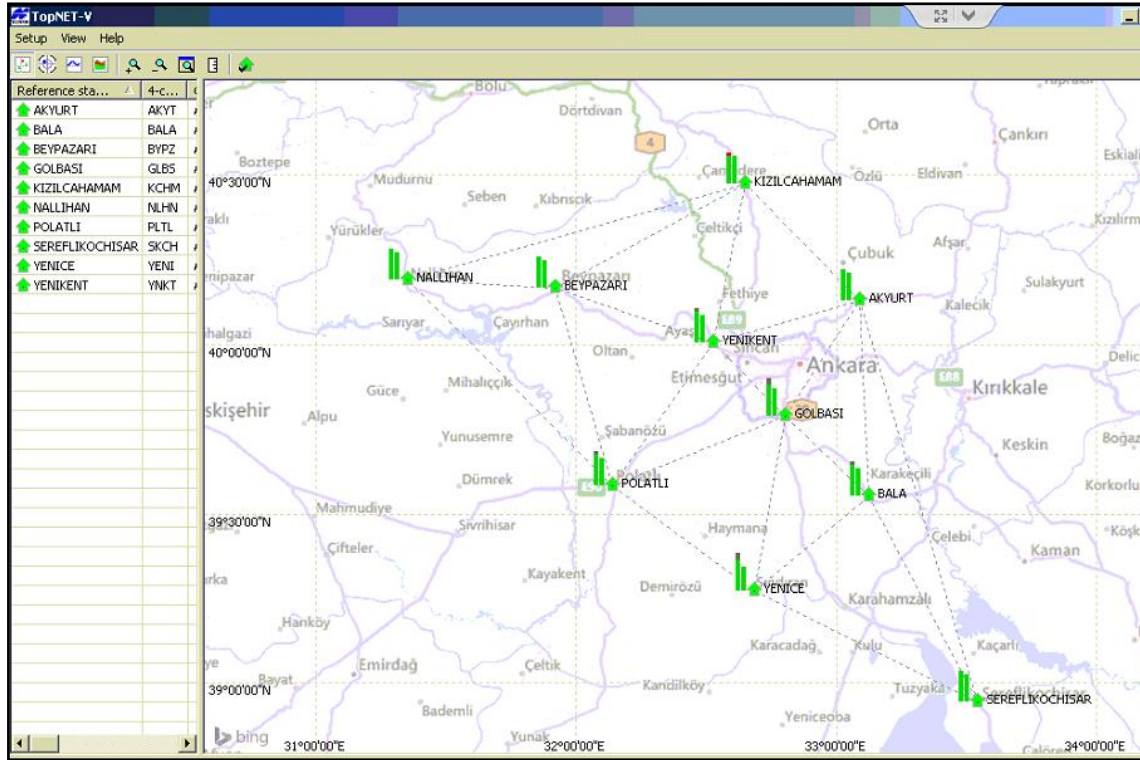
İstasyon Adı	İstasyon Kodu	Anten Tipi	Alıcı Tipi	Anten Yüksekliği (m)
AKYURT	AKYT	TPSCR.G3	TPS NET- G3A	0.00
BALA	BALA	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
BEYPAZARI	BEYP	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
GÖLBAŞI	GLBS	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
KIZILCAHAMAM	KCHM	TPSCR.G3	TPS NET- G3A	0.00
NALLIHAN	NLHN	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
POLATLI	PLTL	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
ŞEREFLİKOÇHİSAR	SKCH	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
YENİCE	YENI	TPSG3_A1	TPS NET- G3A	0.00
YENİKENT	YNKT	TPSPG_A1	GB - 1000	0.00

Çizelge 4.3. NET- G3A Donanım Özellikleri

Kanal Sayısı	144 Evrensel Kanal
İzlenen Sinyaller	GPS L1,L2&L5* taşıyıcı, CA,L1 P,L2 P,L2C GLONASS L1,L2&L5* taşıyıcı,L1CA,L2CA,L1P, L2P GALILEO EGNOS
Statik Hassasiyeti	H: 3mm + 0.5 ppm V: 5mm+ 0.5 ppm
RTK Hassasiyeti	H: 10mm + 1 ppm V: 15mm+ 1 ppm
Güncelleme Hızı	1-100 Hz seçilebilir
Hafıza	Çıkarılabilir Compact Flash Card
Data Çıkış Formatları	TPS, RTCMSC104 2.1, 2.2, 2.3 ve 3.X, CMR, CMR+, BINEX
ASCII çıkış	NMEA 0183 versiyon 2.1, 2.2, 2.3 ve 3.x
Diğer sinyaller	1 pps, Event Marker, Harici Frekans girişi, 20 Mhz Frekans çıkışı
Port Sayısı	4 Serial, 1 USB, 2 Power, 1 Ethernet
HTML Web Arayüzü	Explorer, Firefox, and Opera
Güç Özellikleri	2 adet güç girişi, 2 adet lityum-Ion dahili batarya
Çevresel Özellikleri	Alüminyum alaşımlı kasa, IP67 su toz geçirmezliği, MIL-STD 810
Çalışma Sıcaklığı	-40 oC ile + 65 oC

4.1.3.Kullanılan Yazılımlar ve İletişim Protokolleri

Kullanıcı web ara yüzü olarak “TOPNETLive” kullanılmaktadır. Ara yüz aracılığı ile anlık olarak referans ve gezici istasyonların takip edilmesi mümkündür. Referans istasyonların çevrimiçi ve çevrimdışı statüsü gözlemlenebilir, kayıtlı kullanıcıların anlık olarak konum bilgileri temin edilebilir. Aynı zamanda sistemin yönetim paneli sayesinde kullanıcı kayıtları gerçekleştirilmekte, kayıtlı kullanıcılar gruplandırılabilir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. TOPNETLive Yönetim Paneli Ekran Görüntüsü

Sabit istasyonlar arasındaki iletişim güvenlik duvarı içeren ADSL bağlantı aracılığı ile sağlanmaktadır. Veriler kontrol merkezinde toplanır. Burada RTK Network yazılımı ile düzeltme verileri oluşturulur ve internet üzerinden kullanıma sunulur. Gezici alıcılarda kullanılan 'data sim' kartları aracılığı ile düzeltme verileri temin edilir. Aynı zamanda sistemde ağ dengelemesi de yapılmaktadır. Bu sayede bozuk ölçüler ayıklanmakta ve en doğru sonuç kullanıcıya sunulmaktadır.

Kontrol merkezinde bulunan referans istasyonu yazılımı anlık olarak mesafeye bağımlı hataları, atmosferik etkileri modeller ve anlık düzeltme olarak yayınlamaktadır. Bu düzeltmeler VRS (Virtual Reference Stations) yöntemi ile veri akışı sağlanır. Yöntemin esası, çalışma bölgesini kaplayan referans istasyonlarının verilerini kullanarak oluşturulan sanal bir referans istasyonuna göre hareketli alıcıların konumunun belirlenmesine dayanmaktadır.

VRS'nin üretim algoritması yaklaşık koordinatlara dayalıdır. Gezicinin yaklaşık koordinatları istisnai durumlar hariç ± 1 m ile ± 10 m arasında değişen bir doğrulukla belirlenmektedir. VRS yönteminde tüm ağdan oluşturulan düzeltmeler, gezicinin hemen yakınında oluşan sanal bir referans İstasyonu üzerinden yayımlanmaktadır. Oluşturulan bu sanal istasyon DGNSS yöntemi ile oluşturulmaktadır. Böylelikle üretilen sanal referans istasyonu ile gezici alıcı arasında, çok kısa bir baz vektörü oluşmaktadır. Bu

kısa baz vektörü sanal referans istasyonu ile gezici arasındaki düzeltmelerin yüksek derecede tutarlılıkla belirlenmesini sağlamakta ve bu şekilde daha yüksek hassasiyette konum bilgisi elde edilebilmektedir.

Referans istasyonu yazılımında iyonosferik düzeltmeler 5 sn. de bir hesaplayıp kullanılmaktadır. Referans istasyonu yazılımında troposferik etkiler 60 saniyede bir hesaplanarak ölçü sırasında kullanılmaktadır. Sabit noktalara ait statik ölçü verileri sürekli olarak “.tps” formatında saatlik ve bir günlük olarak kaydedilir. “TOPCON” tarafından üretilen çeşitli yazılımlar aracılığı ile verilerin RINEX formatına dönüştürülmesi de mümkündür.

4.1.4. Potansiyel Kullanım Alanları

Ağ yardımıyla coğrafi belge ve bilgilerin üretilmesi için gerekli olan hassas konum verileri daha hızlı ve ekonomik bir şekilde elde edilebilmektedir. Günümüzde yerel gerçek zamanlı GNSS ağları, başta haritacılık olmak üzere askeri ve sivil birçok alanda (jeodezik ölçüler, mühendislik ölçmeleri, navigasyon uygulamaları, CBS uygulamaları, meteorolojik çalışmalar, jeofizik ve jeodinamik uygulamalar vb.) yoğun olarak kullanılmaktadır. Sistemin gerçek zamanlı yüksek konum doğruluğu sağlaması ve referans istasyonlarda üretilen verilerin kolaylıkla arşivlenebilmesi sistemi pek çok açıdan cazip hale getirmektedir. Sistemin,

- Her türlü araç izlemesi ve ulaşım rotalarının belirlenmesi,
- Bölgesel düzeyde atmosferik modeller oluşturulması,
- CBS için altlık veri üretimi,
- Akıllı şehir sistemlerinin planlanması ve yönetilmesi,
- Meteoroloji çalışmaları,
- Kadastro çalışmaları,
- Jeodezik çalışmalar vb. alanlarda aktif olarak kullanılması mümkündür.

4.1.5. Kullanıcı ve Abonelik Bilgileri

Abonelik işlem süreçleri ağın sorumluluğuna da sahip olan Ankara Büyük Şehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Kullanıcılar ilgili müdürlük ile bağlantı kurarak ağın kullanımı için gerekli olan abonelik işlemlerini gerçekleştirebilmektedirler.

Ağın ilk kurulum maliyeti yaklaşık olarak 200.000 Euro olarak belirtilmiştir. İlk kurulumda abone sayısı sadece 20 kullanıcı iken, ağın bugün 500'den fazla kullanıcısı bulunmaktadır. Abonelik ücreti yıllık 750 TL'dir. Gün içerisinde kullanım istatistikleri incelendiği zaman anlık olarak ortalama 35-50 kullanıcı olduğu, bir günlük toplam bağlantı sayısının da 150 civarında olduğu gözlemlenmektedir. Ağ uygun koşullarda kapsama alanı içerisinde, çok yüksek doğrulukta (± 2 cm) konum doğruluğu sağladığı düşünülmektedir.

4.1.6. Kullanıcı Yorumları

Sistem kullanıcıları ile gerçekleştirilen konuşma ve çalışmalarda toplamda iki sorunun ön plana çıktığı gözlemlenmiştir. Birincisi ağın Ankara'da yoğun olarak bulunan sinyal bozucuların etkisi ile belirli zaman dilimlerinde ve belirli konumlarda verimli olarak kullanılmadığı yönündedir. Yapılan incelemelerde bu durumun ABB ağına özel bir durum olmadığı, bölgede bulunan benzer yapıdaki sistemlerde de aynı sorunların yaşandığı bilgisi edinilmiştir. Buna karşın kullanıcılar tarafından aktarılan bu sorunun belirli referans istasyonların işlevselliğini kaybetmesi ile ilgili olabileceği ihtimalini de göz ardı etmemek gerekmektedir.

İkinci konu ABB ağından elde edilen yükseklik bilgisinin güvenilirliğidir. Ağda kullanılan bir jeoid model bulunmadığı için sistemden alınan yükseklik bilgisi elipsoidaldır ve hassas yükseklik bilgisi gerektiren uygulamalarda doğrudan kullanılamamaktadır.

Bunun dışında kullanıcıların ağ aracılığı ile gerçekleştirdikleri rutin işlerin genellikle yüksek hassasiyet istenmeyen detay alımları veya aplikasyon uygulamaları olduğu gözlemlenmiştir. Kullanıcılar bu süreçler sırasında yukarıda bahsi geçen aksaklıkların dışında herhangi bir önemli sorunla karşılaşmadan ağdan yararlandıklarını belirtmişlerdir.

4.2. Leica Infinity Yazılımı

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen uygulamalarda Konya Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü envanterinde bulunan Leica Infinity yazılımı kullanılmıştır.

Leica Infinity GNSS, TPS (Total Station Positioning System), nivelman, lidar uygulaması vb. yöntemlerle elde edilen verileri yönetmek ve işlemek için kullanılan bir

ofis yazılımıdır. Leica firması tarafından farklı türlerde toplanan saha verilerinin tek bir çatı altında işlenebilmesi ve analiz edilebilmesini mümkün kılmak için tasarlanmıştır.

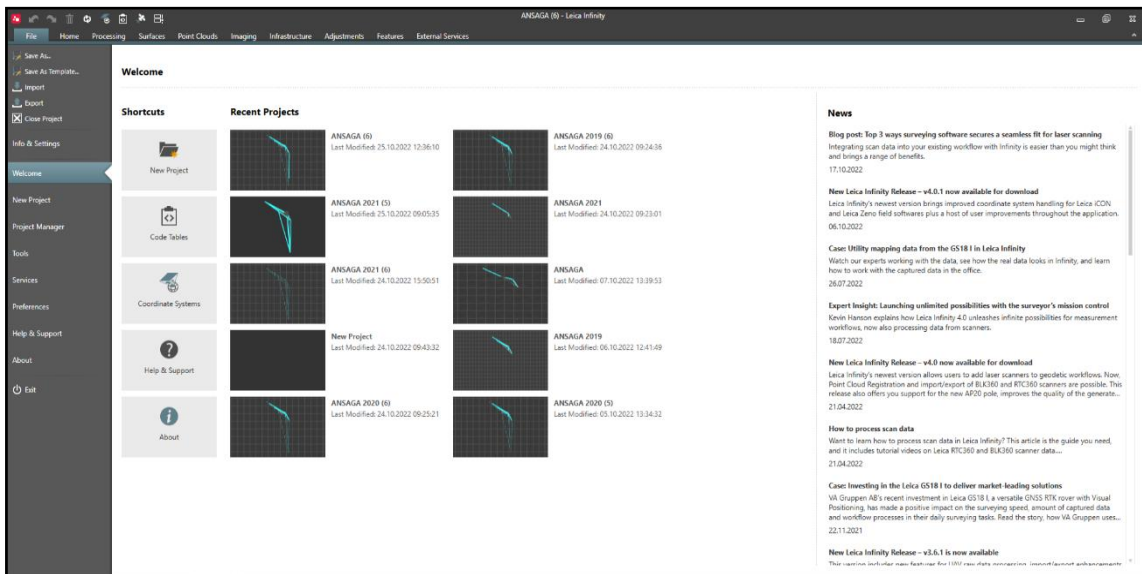
Program kullanıcılarına bulut ortamında çalışma imkanı vermektedir. Aynı zamanda web servisler aracılığı ile diğer platformlarla veri ve bilgi alışverişinde bulunabilmektedir. Bu özellikleri nedeni ile standart uygulamalarda karmaşık hale gelebilen veri temini ve projelendirme süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştırdığını belirtmek mümkündür.

4.2.1.Modüller ve Menüler

Leica Infinity yazılımı 4.0.0 versiyonu tez çalışması kapsamında GNSS verileri ile ağ çözümü gerçekleştirilmesi ve koordinat dengelemesi amacı ile kullanılmıştır. Dolayısı ile çalışma kapsamında bu süreçlere ait menü başlıkları incelenecek, bu başlıklar altında yer alan araçların kullanımına, yapılan kriter seçimlerine ve oluşturulan raporlara değinilecektir. Yazılıma ait diğer uygulama menülerine ve araçlarına ait açıklamalara bu tez çalışması kapsamında yer verilmemiştir.

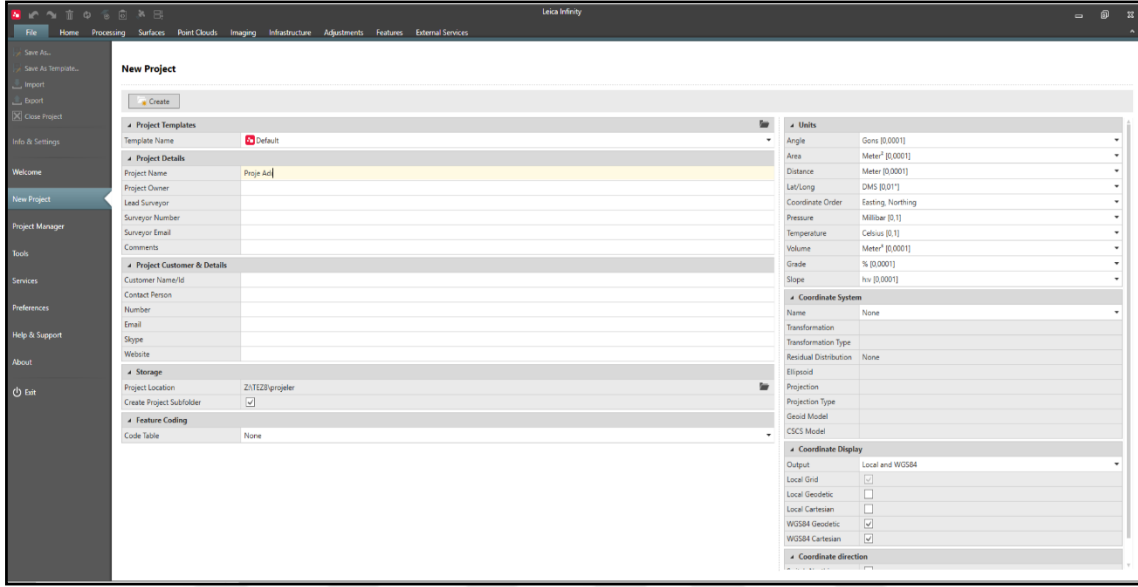
‘File’ Menüsü

‘File’ menüsü projeleri ve projelere ait koordinat sistemi, anten bilgileri gibi değişkenlerin yönetebildiği ara yüzdür (Şekil 4.17). Bu alanda yeni bir proje oluşturulabilmekte, geçmişte çalışılan bir proje aktif proje olarak çağırılabilir. Aynı zamanda ilgili alanda projeye ilişkin gerçekleştirilen ayar seçimleri de şablon olarak kaydedilebilmekte ve bu ayarlar farklı projelerde kullanılabilir.



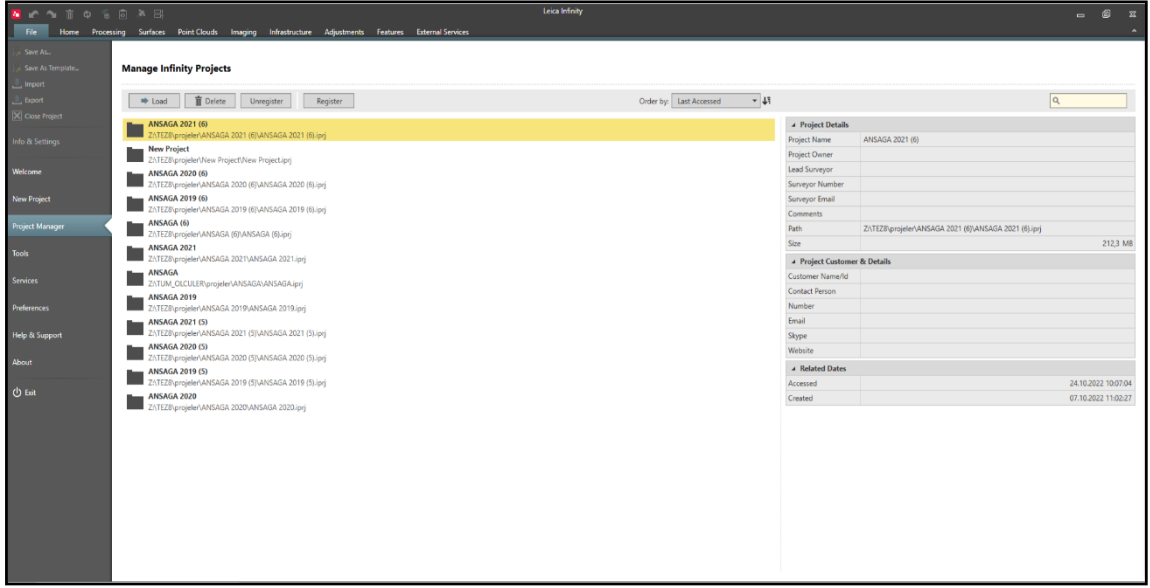
Şekil 4.17. ‘File’ Menüsü Ekran Görüntüsü

‘New Project’ Sekmesi: Leica Infinity yazılımı aracılığı ile gerçekleştirilen işlemlerin ve bu işlemler sırasında belirlenen kriterlerin toplu bir şekilde kayıt altına alınması için proje dosyası oluşturulan alandır (Şekil 4.18). Oluşturulan projeye ilişkin proje adı, kayıt yolu, kullanılacak birimler ve koordinat sistemleri gibi temel değişkenler de yine bu bölümden tanımlanmaktadır.



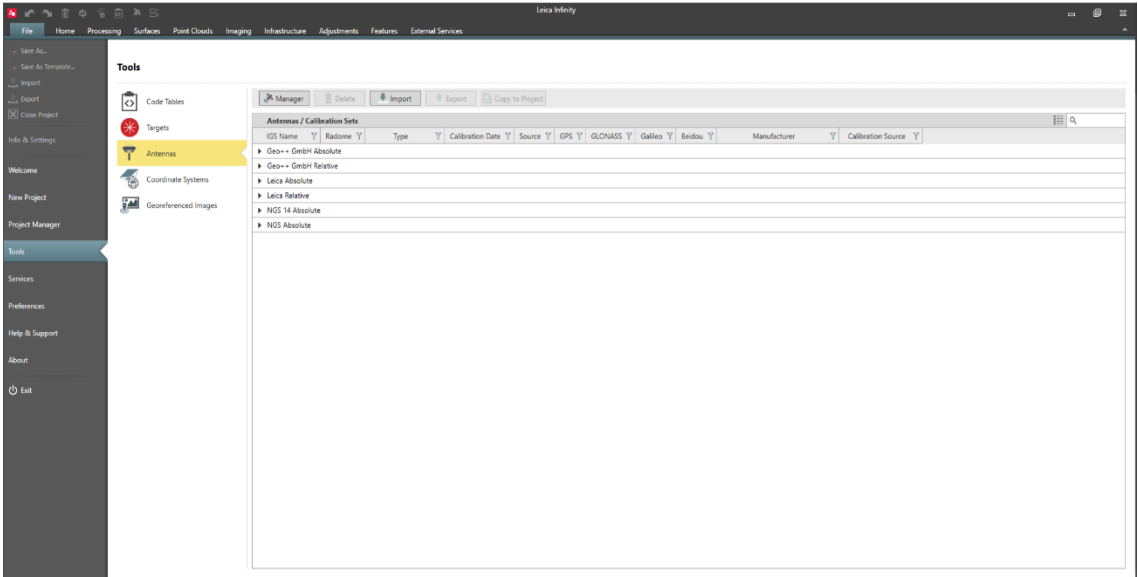
Şekil 4.18. ‘New Project’ Sekmesi Ekran Görüntüsü

‘Project Manager’ Sekmesi: Projelerin yönetildiği, projeler arasında geçiş yapabildiği alandır (Şekil 4.19). Projeler silinebilmekte, farklı bir sistemde Leica Infinity aracılığı ile üretilmiş projeler yüklenebilmektedir. Arama kutusu ile gireceğiniz anahtar kelimeler uyarınca projeler arasında arama yapılması da mümkündür. Aynı zamanda seçimini gerçekleştirdiğiniz projelere ait temel bilgiler görüntülenebilmektedir.



Şekil 4.19. 'Project Manager' Sekmesi Ekran Görüntüsü

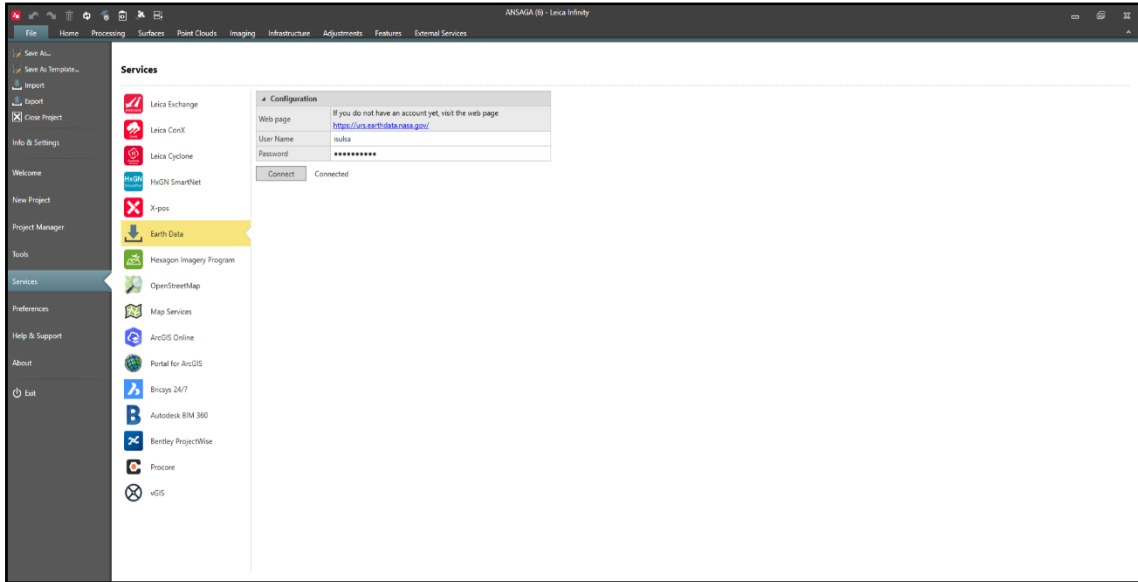
'Tools' Sekmesi: Tools sekmesi anten modelleri, koordinat sistemleri gibi projeye ait detay özelliklerin tanımlandığı alandır (Şekil 4.20). Bu alanda seçimi gerçekleştirilen araçlar projeye eklenebilmekte ve ilerleyen bölümlerde değineceğimiz proje aşamalarında bu araçlardan yararlanılabilmektedir. Aynı zamanda ilgili bölümden 'GNSS Manager' aracına da doğrudan erişilebilmektedir. İlgili araç ayrı bir başlık olarak ele alınmıştır.



Şekil 4.20. 'Tools' Sekmesi Ekran Görüntüsü

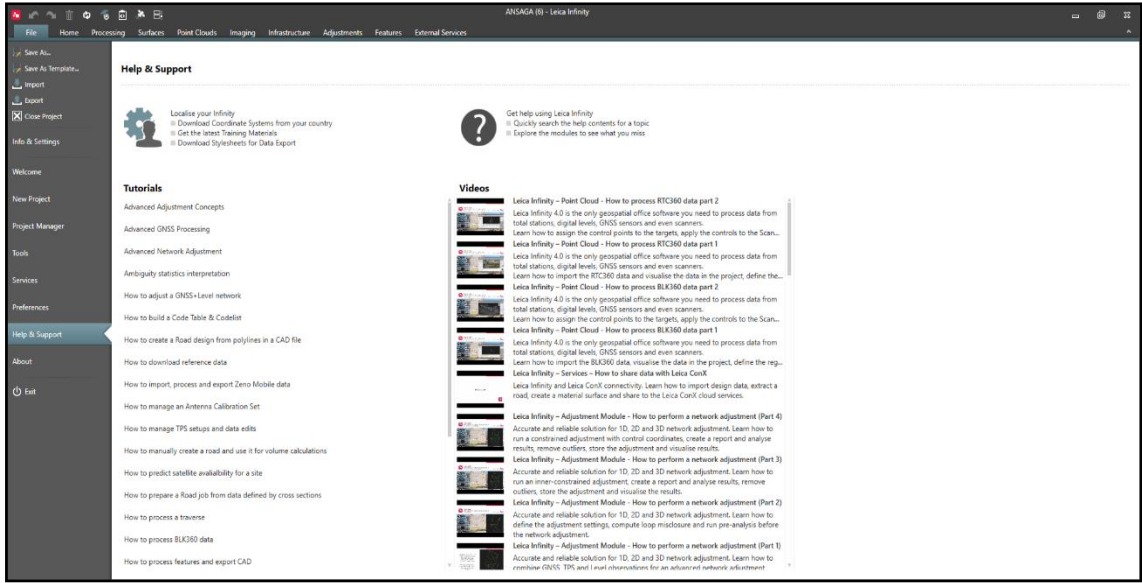
'Services' Sekmesi: Projenin web ortamında diğer uygulamalarla ilişki kurmasının sağlandığı alandır (Şekil 4.21). Yazılımın desteklediği veri sağlayıcıları ile bu alan aracılığı ile bağlantı kurabilmekte, veri temini ve verilerin web ortamına

aktarımı işlemleri proje içerisinde gerçekleştirilebilmektedir. Leica'nın 'Leica Exchange', 'Leica ConX', 'Leica Cyclone' gibi web ve bulut tabanlı araçlara ulaşım da yine bu başlık altından sağlanmaktadır. Aynı zamanda farklı kaynaklardan temin edilen veya oluşturulan WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service) gibi web servislerini de bu alandan projelere eklenebilmektedir.



Şekil 4.21. 'Services' Sekmesi Ekran Görüntüsü

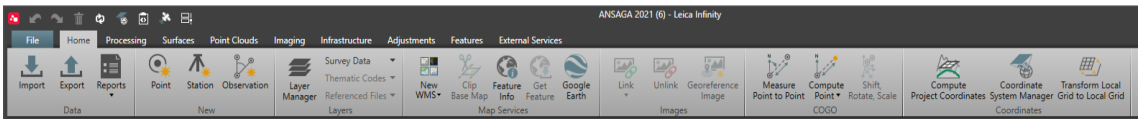
'Help&Support' Sekmesi: Leica Infinity piyasadaki GNSS çözümü sunan diğer programlara kıyasla oldukça yeni sayılabilecek bir yazılımdır. Dolayısı ile programa ilişkin dokümanların muadillerine göre daha az yaygın olduğu yorumunu gerçekleştirmek mümkündür. Buna karşın Leica Infinity programı bünyesinde, 'Help&Support' sekmesi altında çok zengin bir video ve eğitim seti kataloğuna sahiptir (Şekil 4.22). Uygulama sürecinde de büyük fayda sağlayan kaynaklar kullanıcıya erişilmesi ve doğruluğunun teyit edilmesi güç işlem adımlarına ilişkin ayrıntılı ve güvenilir destek sunmaktadır.



Şekil 4.22. 'Help&Support' Sekmesi Ekran Görüntüsü

'Home' Menüsü

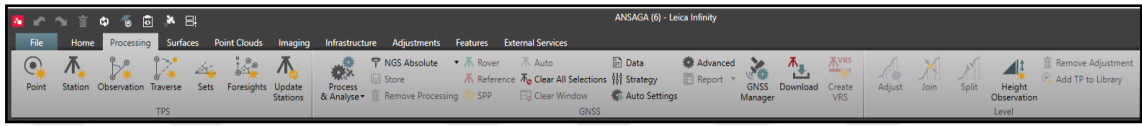
Projede kullanılacak veri setlerinin ekleneceği ve düzenleneceği sekmedir (Şekil 4.23). Leica Infinity yazılımında RINEX, MDB, .SP3, RAW, ASCII gibi pek çok formatta veri desteklenmektedir. Aynı zamanda eklenen servisler aracılığı ile bulut üzerinden veya ek servisler aracılığı ile projeye veri eklenmesi de mümkündür. Projeye ilişkin genel raporlar da yine bu menü altından alınmaktadır. Veri setinin kaynağı, GNSS gözlem verilerine ait ayrıntılar, kullanılan koordinat sistemi özelliklerine ilişkin raporlar v.b., 'Reports' sekmesi altından alınabilmektedir. Katmanların yönetimi görünürlük özelliklerinin kontrollerinin sağlanabileceği 'Layer Manager' sekmesi de bu menü altında yer almaktadır. Web servislerinin eklenmesi, oluşturulan proje verilerinin 'Google Earth' dosyası olarak dışarıya aktarılması da yine 'Home' menüsü altından gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda yeni koordinat sisteminin tanımlanabileceği, elipsoid, projeksiyon ve Geoid model tanımlarının gerçekleştirilebileceği 'Coordinate System Manager' da 'Home' menüsü altında bulunmaktadır.



Şekil 4.23. 'Home' Menüsü Ekran Görüntüsü

4.2.2. 'Processing' Modülü

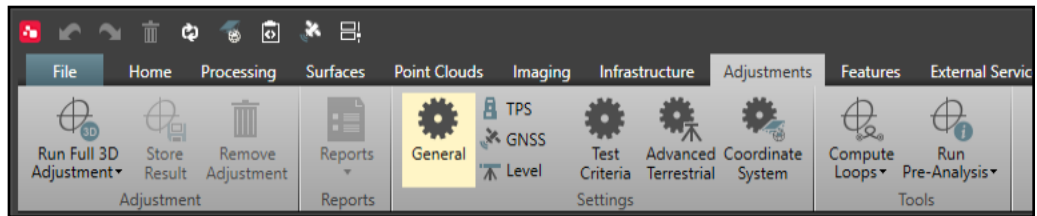
TPS ve GNSS verilerinin çözümleme yeteneğine sahip araçların bulunduğu menüdür. Yersel ölçüm tekniklerinde kullanılacak istasyon, nokta, gözlenen değerler gibi objeler bu alandan eklenebilmektedir. GNSS çözümleri ile ilgili olarak ise çözüm sırasında kullanılacak kriter ve stratejiler yine bu menüden belirlenmektedir. Aynı zamanda internet ortamından istasyon bilgilerinin ve uydu efemeris bilgilerinin temin edilebildiği GNSS Manager da 'Processing' menüsü altında yer almaktadır. Kullanıcılar çalışma bölgesinde yer alan referans uydularına ait bilgilere ve proje tarih aralıklarına ilişkin efemeris bilgilerine bu alandan ulaşabilmektedirler (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. 'Processing' Modülü Ekran Görüntüsü

'Adjustment' Modülü

TPS, GNSS veya nivelman uygulamaları sonucunda elde edilen verilerin dengeleme süreçlerinin yönetildiği menüdür. Menü aracılığı ile dengelemede kullanılmak istenilen maksimum iterasyon sayısı, hata eşik değerleri, koordinat sistemi gibi değişkenler belirlenebilmektedir. Modül aracılığı ile 1, 2 ve 3 boyutlu olarak dengeleme işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. 'Adjustment' Modülü Ekran Görüntüsü

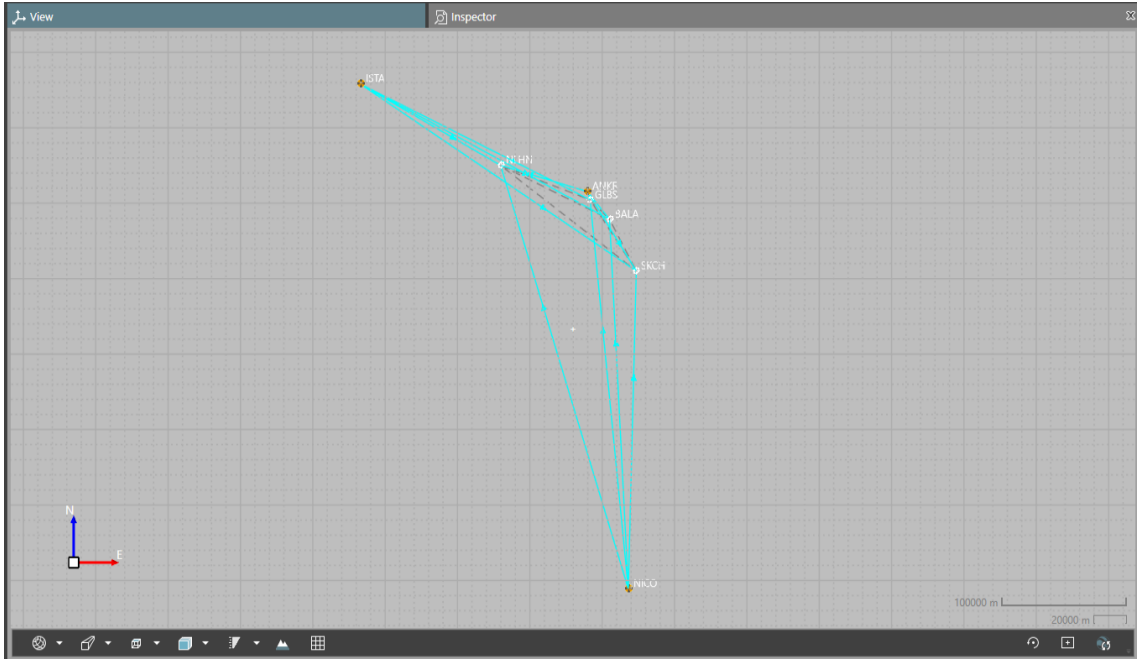
Diğer Modüller ve İşlevleri

Leica Infinity yazılımı yüzey model oluşturulması için 'Surfaces', nokta bulutu verilerinin işlenmesi için 'Point Clouds', fotogrametri uygulamaları için 'Imaging', yol uygulamaları için 'Infrastructure' menülerine sahiptir. Gerçekleştirilen uygulama kapsamında ilgili menüler kullanılmadığı için menülerle ilgili açıklama ve görüşlere bu çalışma kapsamında yer verilmemiştir.

4.2.3. Arayüz Araçlarının Tanıtımı

‘View’ ve ‘Inspector’ Sekmeleri

Leica Infinity yazılımında Home menüsüne geçildiği zaman bu alandan itibaren kullanıcıyı ‘View’ ve ‘Inspector’ olarak iki ayrı ana sekme karşılamaktadır. ‘View’ kısmında girilen ve hesaplanan veriler görselleştirilirken, ‘Inspector’ sekmesinde ise veri gruplarına ilişkin ayrıntılı özelliklere ve tematik gösterimlere ulaşılabilmektedir. Aynı zamanda ayrıntılı görsel raporlar da yine ‘Inspector’ sekmesinin altında yer alan araçlar yardımıyla kullanıcıya sunulmaktadır (Şekiller 4.26 ve 4.27).



Şekil 4.26. ‘View’ Sekmesi Ekran Görüntüsü

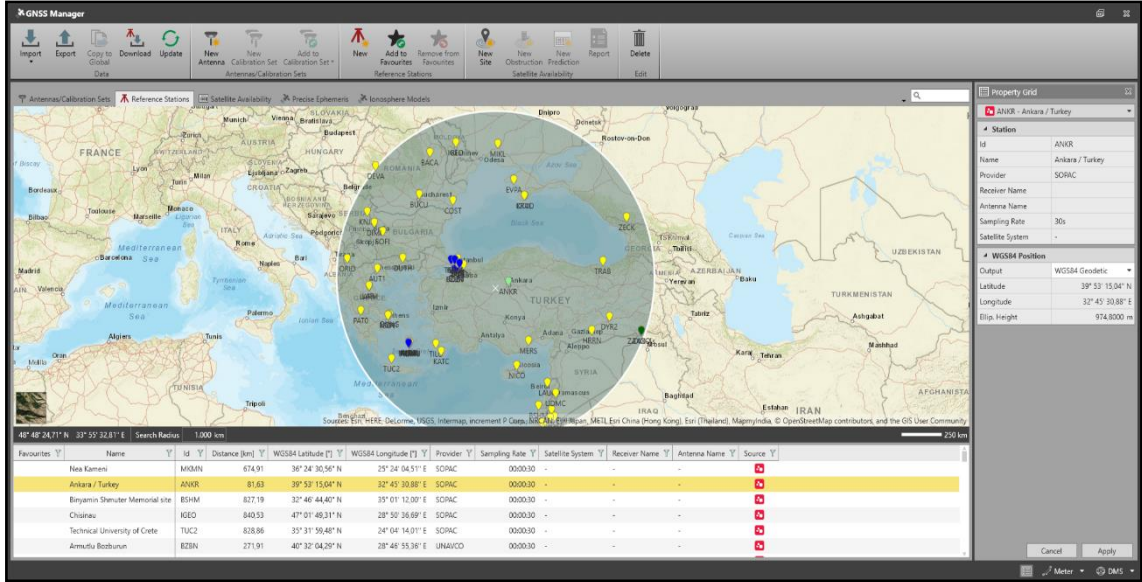
Point Id	Point Role	Source	Start Time	End Time	Duration	Satellite System
NLHN	Fixed PP	NLHN2620	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30	GPS
IZMI	Navigated RTK	izm2620	19.09.2021 02:59:42	20.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS
NICO	Navigated RTK	nico2620	19.09.2021 02:59:42	20.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS/Galileo
SKCH	Float PP	SKCH2620	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30	GPS
ZECK	Navigated RTK	zeck2620	19.09.2021 02:59:42	20.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS/Galileo
ISTA	Navigated RTK	ista2620	19.09.2021 02:59:42	20.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS/Galileo
GLBS	Float PP	GLBS2620	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30	GPS
BALA	Float PP	BALA2620	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30	GPS
NICO	Navigated RTK	nico2630	20.09.2021 02:59:42	21.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS/Galileo
IZMI	Navigated RTK	izm2630	20.09.2021 02:59:42	21.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS
ZECK	Navigated RTK	zeck2630	20.09.2021 02:59:42	21.09.2021 02:59:12	23:59:30	GPS/GLONASS/Galileo

Enabled Suggested Baselines	Δx [m]	Δy [m]	Δz [m]	Slope Dist. [m]	Start Time	End Time	Duration
ISTA - NLHN (19.09.2021 02:59:42)	-41.583,0510	203,933,0110	-76.765,0571	221,834,8419	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30
ISTA - NLHN (19.09.2021 02:59:42)	-41.583,0510	203,933,0110	-76.765,0571	221,834,8419	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30
ISTA - NLHN (19.09.2021 02:59:42)	-41.583,0510	203,933,0110	-76.765,0571	221,834,8419	19.09.2021 02:59:42	22.09.2021 02:59:12	71:59:30

Şekil 4.27. ‘Inspector’ Sekmesi Ekran Görüntüsü

‘GNSS Manager’

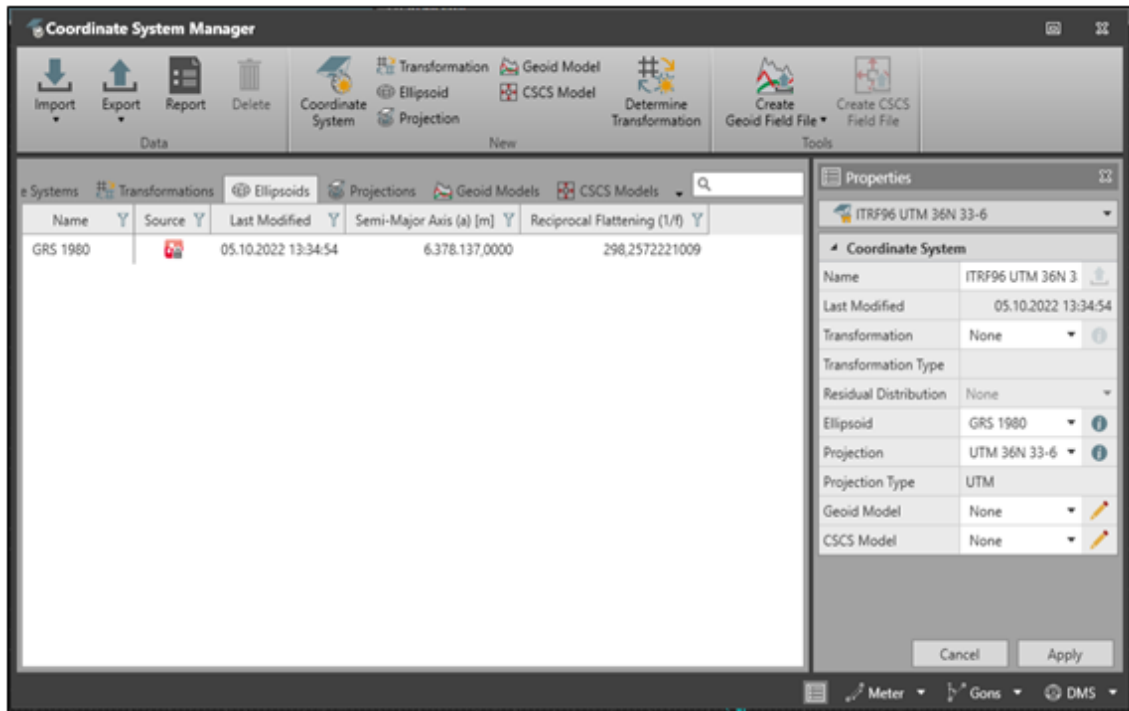
‘GNSS Manager’ GNSS uygulamaları ile ilgili tüm bilgilerin tutulduğu, yönetilebildiği ve verilerin internetten temin edilebildiği yönetim panelidir. Kullanıcı antenler, referans istasyonları, efemeris gibi bilgileri GNSS Manager ara yüzü aracılığı ile kolaylıkla temin edilebilmekte ve yönetilebilmektedir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. ‘GNSS Manager’ Penceresi Sekmesi Görüntüsü

‘Coordinate System Manager’

‘Coordinate System Manager’ projeler için yeni koordinat sistemlerinin ve bu sistemlere ait değişkenlerin tanımlanabildiği yönetim panelidir. Panel aracılığı ile kullanılacak elipsoit, projeksiyon gibi değişkenler belirlenebilmekte, oluşturulmuş jeoit modeller projelere aktarılabilir (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. 'GNSS Manager' Penceresi Sekmesi Görüntüsü

4.3. Veri Seti Temini ve Hesaplama Stratejisinin Oluşturulması

Ağa ilişkin gözlem verilerinin temini için Ankara Büyükşehir Belediyesi İmar ve Şehircilik Dairesi Başkanlığı Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü ile iletişim sağlanmıştır. Verilerin '.tps' formatında 1 saniyelik aralıklarla arşivlendiği bilgisi edinilmiştir. Gerçekleştirilen görüşmede aynı zamanda ağ verilerine ait düzenli bir arşivleme sisteminin bulunmadığı anlaşılmış, veri depolama sorunları yüzünden arşivlerde bulunan ağa ilişkin en eski gözlem verisinin 2019 yılına ait olduğu, bazı istasyonlara ait verilerin ise zaman zaman yaşanabilen çeşitli kesinti ve aksaklıklar nedeni ile arşivlenemediği belirlenmiştir.

Bu doğrultuda ilgili veri seti ile gerçekleştirilen ilk çalışma veri setine ait indeksin hazırlanması olmuştur. İndeksin çıkartılabilmesi ve hesaplamalarda kullanılacak istasyonların belirlenebilmesi için 'Python' yazılım dili aracılığı ile dosya adlarını listeleme ve dosya adları arasında girilen kriterler uyarınca arama gerçekleştiren bir makro geliştirilmiştir. İki temel arama kriteri kullanılmıştır. Bunlardan birincisi ilgili istasyona ait 72 saatlik (3 gün) kesintisiz verinin bulunmasıdır. İkinci kriter ise 2019 ve 2020 tarihleri arasında maksimum gün aralığının ve istasyon sayısının tespit edilmesidir. Bu doğrultuda Bala, Beypazarı, Gölbaşı, Nallıhan ve Şereflikoçhisar istasyonları için yaklaşık 1 yıllık tarih aralığında 72'şer saat kesintisiz

gözlem verisi bulunduğu tespit edilmiştir. 2021 yılı Eylül ayında da aynı istasyonlara ait 72 saatlik kesintisiz verinin arşivlenmesi ile hesaplamalarda kullanılması planlanan, çizelge 4.4’de gösterilen tarih aralıklarında veri setleri oluşturulmuştur.

Çizelge 4.4. Hesaplama Kullanılacak Veri Seti Tarihleri

1. Tarih Aralığı	2. Tarih Aralığı	3. Tarih Aralığı
29.11.2019 – 333 (DOY)	15.09.2020 – 259 (DOY)	19.09.2021 – 262 (DOY)
30.11.2019 – 334 (DOY)	16.09.2020 – 260 (DOY)	20.09.2021 – 263 (DOY)
01.12.2019 – 335 (DOY)	17.09.2020 – 261 (DOY)	21.09.2021 – 264 (DOY)

Hesaplamalar sırasında Beypazarı istasyonu konumunun 2020 yılında değiştiği fark edilmiştir. Ağ sorumluları ile gerçekleştirilen görüşmede bina değişikliği nedeni ile ilgili istasyon konumunun değiştirildiği bilgisi edinilmiştir. Bu nedenle Beypazarı istasyonu da veri setinden çıkartılmış ve hesaplara Bala, Gölbaşı, Nallıhan ve Şereflikoçhisar istasyonları ile devam edilmesine karar verilmiştir. İstasyonların ağ içerisindeki dağılımları ve konum bilgileri çizelge 4.5’de ve şekil 4.30’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. İstasyon Konumları ve Hesaplamalarda Kullanım Durumları

İstasyon Uzun Adı	İstasyon Kısa Adı	Konumu	Hesaplamalarda Kullanım Durumu
AKYURT	AKYT	Ankara Büyükşehir Belediyesi, Akyurt Aile Yaşam Merkezi	Kullanılmadı
BALA	BALA	Bala Belediye Binası	Kullanıldı
BEYPAZARI	BEYP	Beypazarı Belediye Binası	Kullanılmadı
GÖLBAŞI	GLBS	Gölbaşı Belediye Binası	Kullanıldı
KIZILCAHAMAM	KCHM	Kızılcahamam Adliyesi	Kullanılmadı
NALLIHAN	NLHN	Nallıhan İlçe Nüfus Müdürlüğü	Kullanıldı
POLATLI	PLTL	Polatlı Belediye Binası	Kullanılmadı
ŞERFLİKOÇHİSAR	SKCH	Şereflikoçhisar Belediye Binası	Kullanıldı
YENİCE	YENI	Haymana Belediyesi Sındıran Mahallesi Birimi	Kullanılmadı
YENİKENT	YNKT	Sincan Belediyesi Ek Binası	Kullanılmadı



Şekil 4.30. ANSAGA Ağı, Hesaplarda Kullanılan İstasyonların Ağ İçerisinde Dağılımı

Hesaplamaların Leica Infinity yazılımı ile gerçekleştirilmesine karar verildiği için veri seti formatının RINEX formatına dönüştürülmesi ihtiyacı doğmuştur. Aynı zamanda işlem kolaylığı sağlaması için dosya örnekleme aralığının 1 saniyeden 30 saniyeye çevrilmesine karar verilmiştir. Dosya formatı dönüşüm işlemi için TOPCON firmasının “tps2rin” yazılımından yararlanılmıştır. Örnekleme aralıklarının değiştirilmesi için ise GFZ (German Research Centre for Geosciences) tarafından üretilen “GFZRNX” aracından yararlanılmıştır.

4.3.1. Hesaplamalarda Kullanılan Referans İstasyonlarının Belirlenmesi

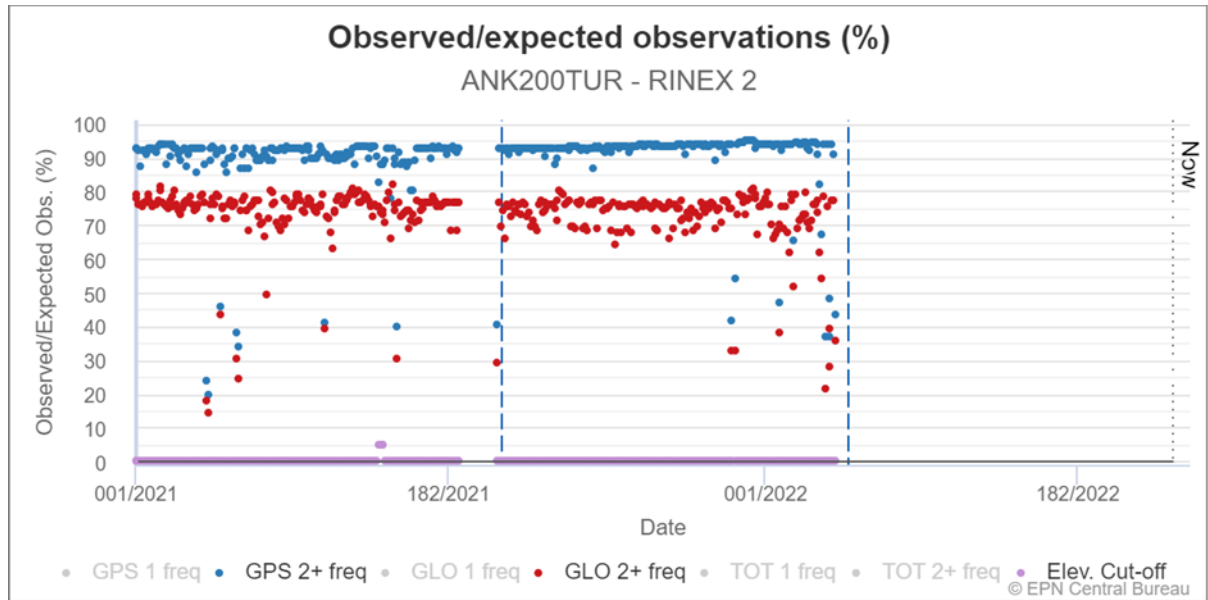
Hesaplamalarda kullanılması planlanan referans istasyonlarının seçimi, ağa olan yakınlıkları, dağılımları ve uygun veri setine erişim imkanına göre belirlenmiştir. Bu bağlamda çizelge 4.6’da gösterilen 5 referans istasyonu ile çalışılmasına karar verilmiştir. Bu tez kapsamında yapılan hesaplamaların 2008 yılındaki ilk kuruluma ait hesaplamalarla uyumlu olması açısından Türkiye dışından da iki adet IGS istasyonu (NICO ve ZECK) referans noktalar olarak çözümlere dahil edilmiştir. İstasyonlara ilişkin gözlem verileri NASA (URL-7), Harita Genel Müdürlüğü ve İstanbul Teknik Üniversitesi arşivlerinden temin edilmiştir.

Çizelge 4.6. Hesaplamalarda Kullanılan Global Noktalar

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	İstasyon Kısa Adı	İstasyon Kodu	Bulunduğu Ülke
1	Ankara	ANKR	20805M002	Türkiye
2	İstanbul	ISTA	20807M001	Türkiye
3	İzmir	IZMI	20817M001	Türkiye
4	NICOSIA-ATHALASSA	NICO	14302M001	Kıbrıs
5	ZELENUKSKAYA	ZECK	12351M001	Rusya

Değerlendirmede kullanılan tüm referans istasyonları IGS noktasıdır. ISTA, ANKR ve IZMI istasyonları ise aynı zamanda birer TUSAGA-Aktif noktasıdır. Dolayısı ile hesaplamalar hem IGS hem de TUSAGA-Aktif dayalı olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu istasyonlar arasında ANKR istasyonuna ilişkin 3. tarih aralığındaki gözlem verilerine ulaşılamamıştır. İstasyon sorumluları ile iletişime geçildiği zaman ise ilgili istasyonun 3. yıl tarih aralığında sinyal bozucu etkiler nedeni ile veri toplayamadığı bilgisi edinilmiştir. ANKR istasyonunun ağı en yakın konumlanan referans istasyonu olması nedeni ile yeni bir referans istasyonu arayışına girilmiş ve ANK2 (20818M001) istasyonu incelenmiştir. Fakat istasyona ait gözlem koordinat verilerinin çalışma tarih aralığı için yeterli olmadığı görülmüştür (Şekil 4.31).

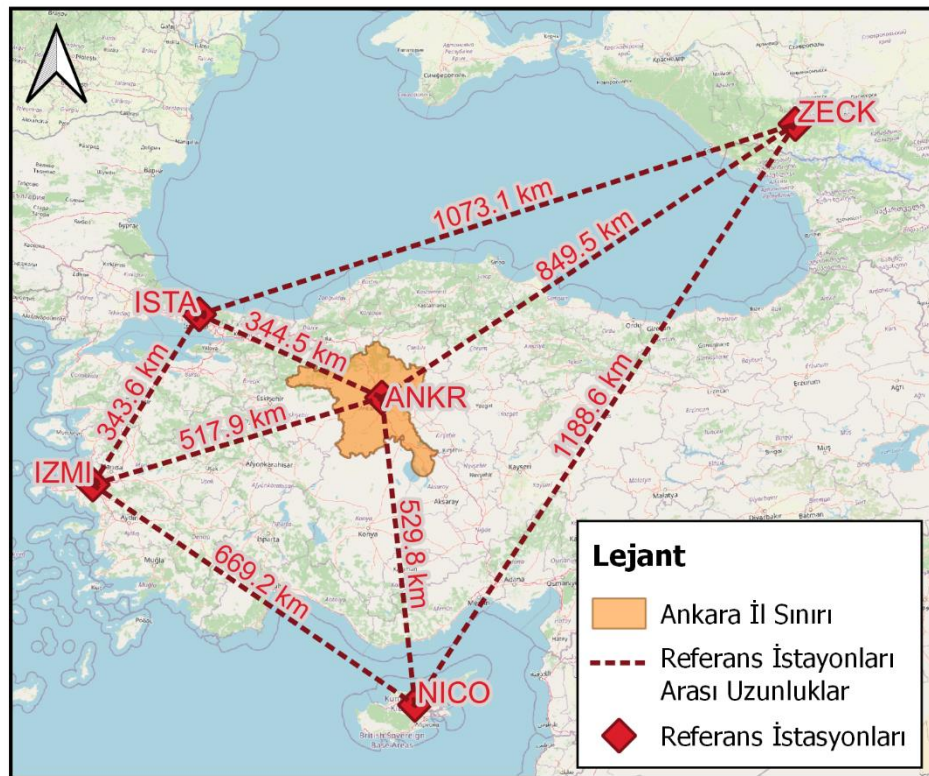


Şekil 4.31. ANK2 Noktası Gözlem Verileri Tarih Aralıkları, Kaynak: (EUREF Permanent GNSS Network, URL-8)

Bu doğrultuda IGS noktalarına ek olarak TUSAGA-aktif noktalarından da yararlanılması fikri oluşmuştur. İlk değerlendirilmeye alınan nokta ANRK (TKGM) noktasıdır. Fakat kurum yetkileri ile yapılan görüşmeler doğrultusunda ANRK (TKGM) noktasına ait 3. tarih aralığına ait gözlem verilerinin ANKR noktası ile benzer bir şekilde, sinyal bozucuların etkisi nedeni ile toplanamadığı bilgisi alınmıştır. Dolayısı ile yapılacak hesaplamalarda bu istasyondan yararlanılması fikrinden vazgeçilmiştir.

Ağa yakın konumlanan bir başka TUSAGA-aktif noktası olan HYMN (Haymana) istasyonundan faydalanılması düşünülmüştür. Fakat bu istasyonunda 02.10.2020 tarihinde yerinin değiştirildiği TUSAGA-aktif kayıtlarında tespit edilmiştir. Bu sebeple bu istasyonun kullanılması fikrinden de vazgeçilmiş, mevcut referans istasyonları ile hesaplamalara devam edilmesine karar verilmiştir.

Hesaplamalarda kullanılan referans istasyonlarının dağılımları Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4.32. Referans İstasyonların Dağılımı ve Aralarındaki Mesafeler

Referans istasyonlarına ait ITRF2020(2019.915), ITRF2020(2020.712), ITRF2020(2021.723) ve ITRF2020(2020.403) ölçü epokları koordinatları ve hızları çizelgeler 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10 da gösterilmektedir. Söz konusu çizelgelerdeki değerler URL-9’da sunulan uygulama ile hesaplanmıştır.



Çizelge 4.7. Global Noktaların ITRF2020(2019.915 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları

ITRF2020(2019.915)		Koordinatlar			Nokta Hızları		
NOKTA ADI (DOMES NO)	NOKTA KODU	X [m]	Y [m]	Z [m]	Vx [mm/yıl]	Vy [mm/yıl]	Vz [mm/yıl]
ANKARA (20805M002)	ANKR	4121948.4130	2652187.8570	4069023.8742	1.1373	0.991886	1.11707
ISTANBUL (20807M001)	ISTA	4208830.0331	2334850.5638	4171267.3819	1.22632	1.03858	1.18427
IZMIR (20817M001)	IZMI	4456584.3060	2278765.5634	3939930.8443	1.8521	1.28635	1.64888
NICOSIA (14302M001)	NICO	4359415.4460	2874117.2330	3650778.0135	1.0287	0.932471	0.967667
ZELENCHUKSKAYA (12351M001)	ZECK	3451174.3755	3060335.6503	4391955.7823	0.954807	0.9316	1.01124

Çizelge 4.8. Global Noktaların ITRF2020(2020.712 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları

ITRF2020(2020.712)		Koordinatlar			Nokta Hızları		
NOKTA ADI (DOMES NO)	NOKTA KODU	X [m]	Y [m]	Z [m]	Vx [mm/yıl]	Vy [mm/yıl]	Vz [mm/yıl]
ANKARA (20805M002)	ANKR	4121948.4076	2652187.8541	4069023.8807	1.35786	1.13519	1.3309
ISTANBUL (20807M001)	ISTA	4208830.0189	2334850.5773	4171267.3896	1.41537	1.14281	1.35745
IZMIR (20817M001)	IZMI	4456584.3064	2278765.5660	3939930.8417	2.52111	1.65443	2.21466
NICOSIA (14302M001)	NICO	4359415.4315	2874117.2419	3650778.0235	1.08031	0.972731	1.01486
ZELENCHUKSKAYA (12351M001)	ZECK	3451174.3579	3060335.6616	4391955.7894	0.993938	0.969567	1.06031

Çizelge 4.9. Global Noktaların ITRF2020 (2021.723 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları

ITRF2020(2021.723)		Koordinatlar			Nokta Hızları		
NOKTA ADI (DOMES NO)	NOKTA KODU	X [m]	Y [m]	Z [m]	Vx [mm/yıl]	Vy [mm/yıl]	Vz [mm/yıl]
ANKARA (20805M002)	ANKR	4121948.4006	2652187.8503	4069023.8891	1.72516	1.37793	1.68423
ISTANBUL (20807M001)	ISTA	4208830.0009	2334850.5943	4171267.3995	1.71912	1.31232	1.63614
IZMIR (20817M001)	IZMI	4456584.2822	2278765.5722	3939930.8665	6.41525	3.90604	5.55362
NICOSIA (14302M001)	NICO	4359415.4131	2874117.2532	3650778.0362	1.15442	1.02937	1.08141
ZELENCHUKSKAYA (12351M001)	ZECK	3451174.3356	3060335.6761	4391955.7984	1.04729	1.02105	1.127

Çizelge 4.10. Global Noktaların ITRF2020(2020.403 Epok) Kartezyen Koordinatları ve Hızları

ITRF2020(2020.403)		Koordinatlar			Nokta Hızları		
NOKTA ADI (DOMES NO)	NOKTA KODU	X [m]	Y [m]	Z [m]	V _x [mm/yıl]	V _y [mm/yıl]	V _z [mm/yıl]
ANKARA (20805M002)	ANKR	4121948.4097	2652187.8552	4069023.8782	1.26261	1.07323	1.2389
ISTANBUL (20807M001)	ISTA	4208830.0244	2334850.5720	4171267.3866	1.33529	1.09871	1.28411
IZMIR (20817M001)	IZMI	4456584.3062	2278765.5650	3939930.8427	2.23781	1.4966	1.97428
NICOSIA (14302M001)	NICO	4359415.4371	2874117.2384	3650778.0196	1.05949	0.956602	0.995933
ZELENCHUKSKAYA (12351M001)	ZECK	3451174.3647	3060335.6572	4391955.7867	0.978413	0.954529	1.04086

4.3.2. Hesaplama Stratejilerinin Belirlenmesi

Hesaplamalarda kullanılan stratejiler Çizelge 4.11’de verilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan bu parametreler ve modeller statik, RTK uygulama ve hesaplamalarında standart olarak kullanılmaktadır. Bu parametre ve modellerin kullanılması sonucu BÖHHBÜY’ün gerektirdiği doğruluklarda sonuçlar elde edilebilmektedir.

Çizelge 4.11. GPS Ölçüleri ile Genel Değerlendirme Stratejileri

Uydu Yükseklik Açısı	10°
Veri Sıklığı	30 Saniye
Ölçü Günleri (DOY)	2019 (333,334,335) 2020 (259,260,261) 2021 (262,263,264)
Sabit Noktalar	5 IGS Noktası (ANKR, ISTA, IZMI, NICO, ZECK)
Kullanılan Uydular	GPS
Efemeris Tipi	IGS Hassas (SP3)
Anten Kalibrasyon Ayarları	NGS Absolute
Belirsizlik (Ambiguity) Çözüm Tipi	Phase Fixed
Çözüm Optimizasyonu	Iono Minimised
Troposferik Model	Hesaplanmış
İyonosferik Model	Hesaplanmış

4.3.3. Sonuç Koordinatlar

Çizelge 4.11’de belirtilen stratejiler uyarınca, her yıl kendi içinde çözülmüş ve 72 saatlik kesintisiz ölçüler değerlendirilerek tablo 4.13’te, 4.14’te ve 4.15’te gösterilen

coğrafi koordinatlar, elipsoidal yükseklikler ve standart sapma değerleri elde edilmiştir. Gerçekleştirilen işlemlere ilişkin ayrıntılı dengeleme raporları EK-3, EK-4 ve EK-5’de sunulmuştur.

Yukarıda da belirtilmiş olduğu üzere, hesaplamalarda üç farklı yıla ait ardışık üçer günlük GPS verileri kullanılmış olup, bu her bir yıla ait hesaplama epokları çizelgeler 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Hesaplama Tarih ve Epokları

Tarih	Yılın Günü (Session)	Hesap Epoku
2019	333, 334, 335	ITRF2020(2019.915)
2020	259, 260, 261	ITRF2020(2020.712)
2021	262, 263, 264	ITRF2020(2021.723)

Çizelge 4.13. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri

İSTASYON	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]	σ_{ENLEM} [mm]	σ_{BOYLAM} [mm]	σ_{h} [mm]
BALA	39° 33' 21,94" N	33° 07' 03,71" E	1346.2738	2.3	2.1	10.2
GLBS	39° 47' 20,66" N	32° 48' 17,58" E	1036.0948	2.5	2.7	8.6
NLHN	40° 11' 21,45" N	31° 21' 02,67" E	679.0908	1.8	1.6	7.7
SKCH	38° 56' 21,89" N	33° 32' 34,25" E	1009.1485	2.9	3.2	10

Çizelge 4.14. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri

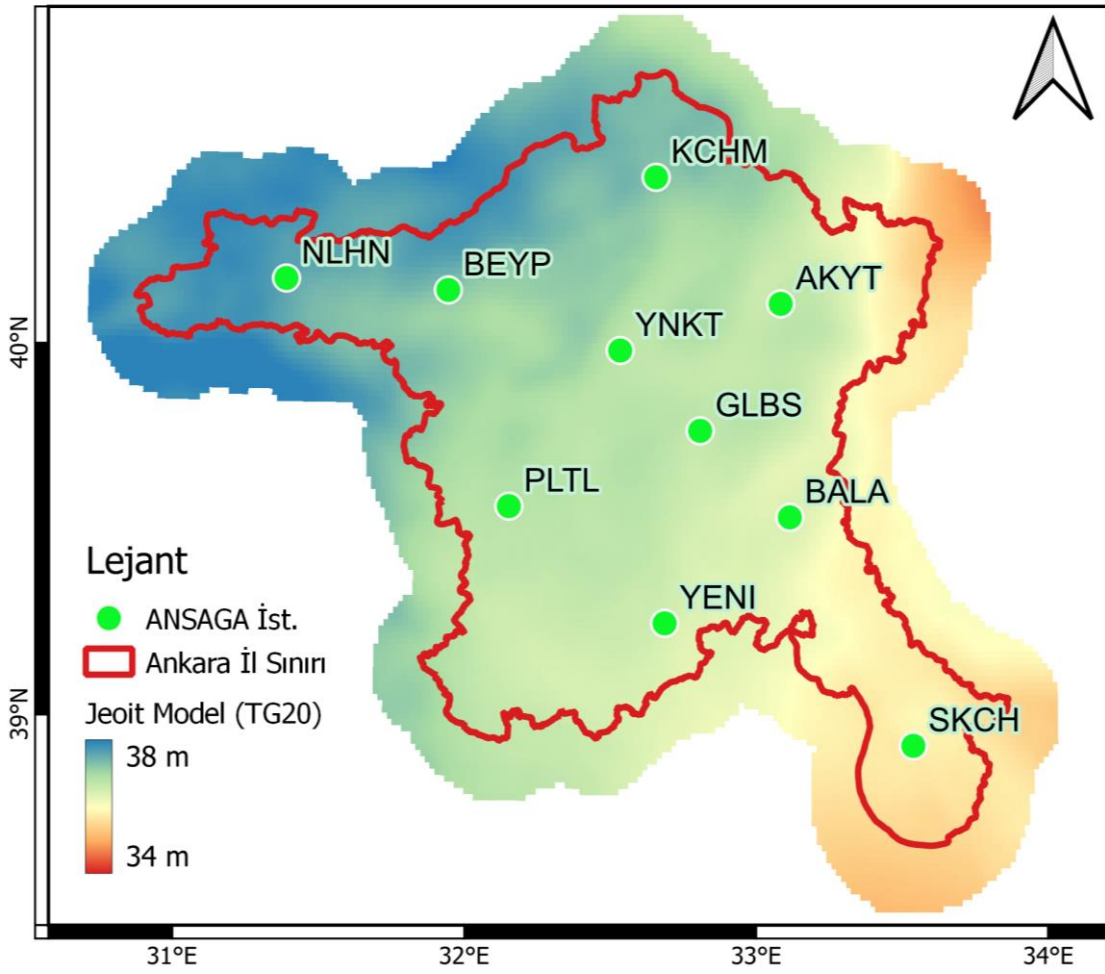
İSTASYON	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]	σ_{ENLEM} [mm]	σ_{BOYLAM} [mm]	σ_{h} [mm]
BALA	39° 33' 21,94" N	33° 07' 03,71" E	1346.2305	7.6	15.9	15.2
GLBS	39° 47' 20,66" N	32° 48' 17,58" E	1035.9941	7.4	16.2	15
NLHN	40° 11' 21,45" N	31° 21' 02,67" E	679.102	4.6	6.4	17
SKCH	38° 56' 21,89" N	33° 32' 34,25" E	1009.1688	2.5	3.3	14.3

Çizelge 4.15. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri

İSTASYON	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]	σ_{ENLEM} [mm]	σ_{BOYLAM} [mm]	σ_{h} [mm]
BALA	39° 33' 21,94" N	33° 07' 03,71" E	1346.2627	5.4	14.2	11
GLBS	39° 47' 20,66" N	32° 48' 17,58" E	1036.0877	5	10.1	9.7
NLHN	40° 11' 21,45" N	31° 21' 02,67" E	679.0892	5.5	6.4	19.1
SKCH	38° 56' 21,89" N	33° 32' 34,25" E	1009.1374	4.4	9.1	8.7

Elipsoidal yüksekliklerden ortometrik yüksekliklere geçilmesi için Türkiye Jeoit Modeli 2020 (TG20)’den yararlanılmıştır (Şekil 4.33) (URL-10). İlgili model ASKİ CBS biriminin girişimleri ile HGM’den WCS (Web Coverage Service) olarak temin edilmiştir. NLHN, GLBS, BALA ve SKCH istasyonları için ilgili modelden jeoit

yükseklikleri temin edilmiş ve Eşitlik 2 kullanılarak ortometrik yükseklikler elde edilmiştir. Bu yükseklikler çizelgeler 4.16, 4.17 ve 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Türkiye Jeoit Modeli 2020 (TG20) – Ankara

$$H=h-N$$

(2)

Çizelge 4.16. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Ortometrik Yükseklikleri

İSTASYON	Elipsoidal	Jeoit	Ortometrik
	Yükseklik (h) [m]	Yüksekliği (N) [m]	Yükseklik (H) [m]
BALA	1346.2738	36.4500	1309.8238
GLBS	1036.0948	36.7170	999.3778
NLHN	679.0908	37.5940	641.4968
SKCH	1009.1485	35.8120	973.3365

Çizelge 4.17. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Ortometrik Yükseklikleri

İSTASYON	Elipsoidal	Jeoit	Ortometrik
	Yükseklik (h) [m]	Yüksekliği (N) [m]	Yükseklik (H) [m]
BALA	1346.2305	36.4500	1309.7805
GLBS	1035.9941	36.7170	999.2771
NLHN	679.1020	37.5940	641.5080
SKCH	1009.1688	35.8120	973.3568

Çizelge 4.18. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Ortometrik Yükseklikleri

İSTASYON	Elipsoidal	Jeoit	Ortometrik
	Yükseklik (h) [m]	Yüksekliği (N) [m]	Yükseklik (H) [m]
BALA	1346.2627	36.4500	1309.8127
GLBS	1036.0877	36.7170	999.3707
NLHN	679.0892	37.5940	641.4952
SKCH	1009.1374	35.8120	973.3254

İstasyonlara ait sağa yukarı değerler ve ortometrik yükseklikler çizelgeler 4.18, 4.19 ve 4.20’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri

İSTASYON	Sağa	Yukarı	H
	[m]	[m]	[m]
BALA	510111.4405	4378496.6552	1309.8238
GLBS	483293.6940	4404364.9361	999.3778
NLHN	359606.1375	4450071.2089	641.4968
SKCH	547046.3054	4310193.2575	973.3365

Çizelge 4.20. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri

İSTASYON	Sağa [m]	Yukarı [m]	H [m]
BALA	510111.4396	4378496.6614	1309.7805
GLBS	483293.6773	4404364.9374	999.2771
NLHN	359606.1288	4450071.2037	641.5080
SKCH	547046.3153	4310193.2530	973.3568

Çizelge 4.21. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri

İSTASYON	Sağa [m]	Yukarı [m]	H [m]
BALA	510111.4542	4378496.6703	1309.8127
GLBS	483293.6957	4404364.9403	999.3707
NLHN	359606.1418	4450071.2150	641.4952
SKCH	547046.3143	4310193.2745	973.3254

Elipsoidal koordinatların kartezyen koordinatlara dönüşümü için eşitlik (4) kullanılmıştır. Eşitliklerde N meridyen eğrilik yarıçapını, h elipsoidal yüksekliği, e merkez dışılığı göstermektedir. Hesaplamalar sonucu elde edilmiş olan kartezyen koordinatlar her bir epok için ayrı ayrı çizelgeler 4.22, 4.23 ve 4.24’de verilmiştir. Bu eşitliklerde;

N: Meridyen eğrilik yarıçapını

h: Elipsoit yüksekliğini

e: Merkez dışılığı

X,Y,Z: kartezyen koordinatları ifade etmektedir.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N + h) \cdot \cos \varphi \cdot \cos \lambda \\ (N + h) \cos \varphi \cdot \sin \lambda \\ [(1 - e^2) \cdot N + h \cdot \sin \varphi] \end{bmatrix} \quad (4)$$

Çizelge 4.22. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z)

İSTASYON	X [m]	Y [m]	Z [m]
BALA	4125168.3269	2690979.3977	4040964.5459
GLBS	4125715.2781	2659339.7651	4060680.3110
NLHN	4167247.0541	2538783.5077	4094502.3859
SKCH	4140978.3380	2745309.3578	3987721.9802

Çizelge 4.23. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z)

İSTASYON	X [m]	Y [m]	Z [m]
BALA	4125168.2989	2690979.3794	4040964.5183
GLBS	4125715.2130	2659339.7232	4060680.2465
NLHN	4167247.0614	2538783.5121	4094502.3931
SKCH	4140978.3512	2745309.3665	3987721.9930

Çizelge 4.24. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z)

İSTASYON	X [m]	Y [m]	Z [m]
BALA	4125168.3197	2690979.3930	4040964.5388
GLBS	4125715.2735	2659339.7621	4060680.3064
NLHN	4167247.0530	2538783.5070	4094502.3848
SKCH	4140978.3308	2745309.3530	3987721.9733

Kartezyen koordinatlardan, yerel jeodezik koordinatlara (e, n, u) dönüşüm için eşitlik 5 kullanılmıştır. Hesaplama sonucu elde edilmiş olan koordinatlar her bir epok için ayrı ayrı çizelgeler 4.25, 4.26 ve 4.27’de gösterilmiştir. Bu eşitlikte;

n: Jeodezik kuzeyi

e: Jeodezik doğuyu

u: Jeodezik yukarıyı ifade etmektedir.

$$\begin{bmatrix} n \\ e \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \phi \cos \lambda & -\sin \phi \sin \lambda & \cos \phi \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ \cos \phi \cos \lambda & \cos \phi \sin \lambda & \sin \phi \end{bmatrix} x(\mathbf{r}_{ECEF} - \mathbf{r}_r) \quad (5)$$

Çizelge 4.25. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)

İSTASYON	East [m]	North [m]	Up [m]
BALA	35136.598375	-7171.486374	817.429988
GLBS	8218.619727	18624.651609	575.377079
NLHN	-115663.195037	63935.379368	-1117.636594
SKCH	72307.976772	-75388.544578	-275.004490

Çizelge 4.26. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)

İSTASYON	East [m]	North [m]	Up [m]
BALA	35136.598101	-7171.486303	817.386693
GLBS	8218.619629	18624.651306	575.276349
NLHN	-115663.195263	63935.379502	-1117.625398
SKCH	72307.976956	-75388.544816	-274.984199

Çizelge 4.27. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2021.723 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)

İSTASYON	East [m]	North [m]	Up [m]
BALA	35136.598314	-7171.486362	817.418888
GLBS	8218.619718	18624.651588	575.369979
NLHN	-115663.195008	63935.379351	-1117.638194
SKCH	72307.976647	-75388.544447	-275.015589

72 saatlik her veri seti kendi içinde değerlendirildikten sonra, 3 tarih aralığına ilişkin tüm ölçüm seti orta epok olan ITRF2020(2020.403) epoku kontrol noktaları koordinatları ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme işlemi sonucunda elde edilen dengelenmiş elipsoidal koordinatlar ve standart sapma değerleri çizelge 4.28'de yer almaktadır. Gerçekleştirilen işlemlere ilişkin ayrıntılı dengeleme raporu EK-6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.28. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Coğrafi Koordinatları, Elipsoidal Yükseklikleri ve Standart Sapma Değerleri

İSTASYON	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]	σ_{ENLEM} [mm]	σ_{BOYLAM} [mm]	σ_h [mm]
BALA	39° 33' 21,94" N	33° 07' 03,71" E	1346.2474	3.0	4.0	7.7
GLBS	39° 47' 20,66" N	32° 48' 17,58" E	1036.061	2.2	3.1	5.5
NLHN	40° 11' 21,45" N	31° 21' 02,67" E	679.0609	2.4	2.9	7.2
SKCH	38° 56' 21,89" N	33° 32' 34,25" E	1009.1317	2.1	2.9	5.5

Referans istasyonlara ilişkin ITRF2020(2020.403 Epok) sağa, yukarı değerleri ve ortometrik yükseklikleri çizelge 4.29'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.29. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Sağa, Yukarı Değerleri ve Ortometrik Yükseklikler

İSTASYON	Sağa [m]	Yukarı [m]	H [m]
BALA	510111.4469	4378496.6574	1309.7974
GLBS	483293.6949	4404364.9359	999.3440
NLHN	359606.1350	4450071.2107	641.4669
SKCH	547046.3063	4310193.2599	973.3197

Eşitlik (2) kullanılarak ITRF2020(2020.403 Epok) kartezyen koordinatları elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler çizelge 4.29’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.30. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Kartezyen Koordinatları (X,Y,Z)

İSTASYON	X [m]	Y [m]	Z [m]
BALA	4125168.3098	2690979.3866	4040964.5290
GLBS	4125715.2562	2659339.7510	4060680.2893
NLHN	4167247.0346	2538783.4958	4094502.3666
SKCH	4140978.3271	2745309.3506	3987721.9697

Eşitlik (6) kullanılarak ITRF2020(2020.403) epoku yerel koordinatlar elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler çizelge 4.31’de sunulmuştur.

Çizelge 4.31. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları (E,N,U)

İSTASYON	East [m]	North [m]	Up [m]
BALA	35136.598230	-7171.486308	817.388816
GLBS	8218.619684	18624.651546	575.328506
NLHN	-115663.194496	63935.379104	-1117.681261
SKCH	72307.976582	-75388.544342	-275.036060

BAL, GLBS, NLHN ve SKCH noktalarında üç yıllık süre içerisinde anlamlı bir hareket olup olmadığını belirlemek amacıyla bu noktaların yerel jeodezik sistemdeki koordinatları arasındaki farklar hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen farklar Çizelge 4.32, 4.33 ve 4.34’de verilmiştir. Ortometrik yüksekliklerin hesap epokları arasındaki farkları ise Çizelge 4.35’te verilmektedir.

Çizelge 4.32. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok), ITRF2020(2020.712 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları Arasındaki Farklar

İstasyon	East [mm]	North [mm]	Yukarı [mm]
BALA	0.3	-0.1	43.3
GLBS	0.1	0.3	100.7
NLHN	0.2	-0.1	-11.2
SKCH	-0.2	0.2	-20.3

Çizelge 4.33. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.712 Epok), ITRF2020(2021.723 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları Arasındaki Farklar

İstasyon	East [mm]	North [mm]	Yukarı [mm]
BALA	-0.2	0.1	-32.2
GLBS	-0.1	-0.3	-93.6
NLHN	-0.3	0.2	12.8
SKCH	0.3	-0.4	31.4

Çizelge 4.34. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok), ITRF2020(2021.723 Epok) Yerel Jeodezik Sistem Koordinatları Arasındaki Farklar

İstasyon	East [mm]	North [mm]	Yukarı [mm]
BALA	0.1	0.0	11.1
GLBS	0.0	0.0	7.1
NLHN	0.0	0.0	1.6
SKCH	0.1	-0.1	11.1

Çizelge 4.35. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2019.915 Epok), ITRF2020(2020.712 Epok), ITRF2020(2021.723 Epok) Ortometrik Yükseklikleri Arasındaki Farklar

İstasyon	(2019.915)-(2020.712) [mm]	(2020.712)-(2021.723) [mm]	(2019.915)-(2021.723) [mm]
BALA	43	-32	11
GLBS	101.1	-94.1	7
NLHN	-11.2	12.8	1.6
SKCH	-20.7	31.7	11

Ayrıca, bu çalışmanın temelini oluşturan 4 ANSAGA noktasında deprem vb. nedenlerle yıllık hareket olup olmadığını belirlemek için ağırlıklı ortalama yöntemi

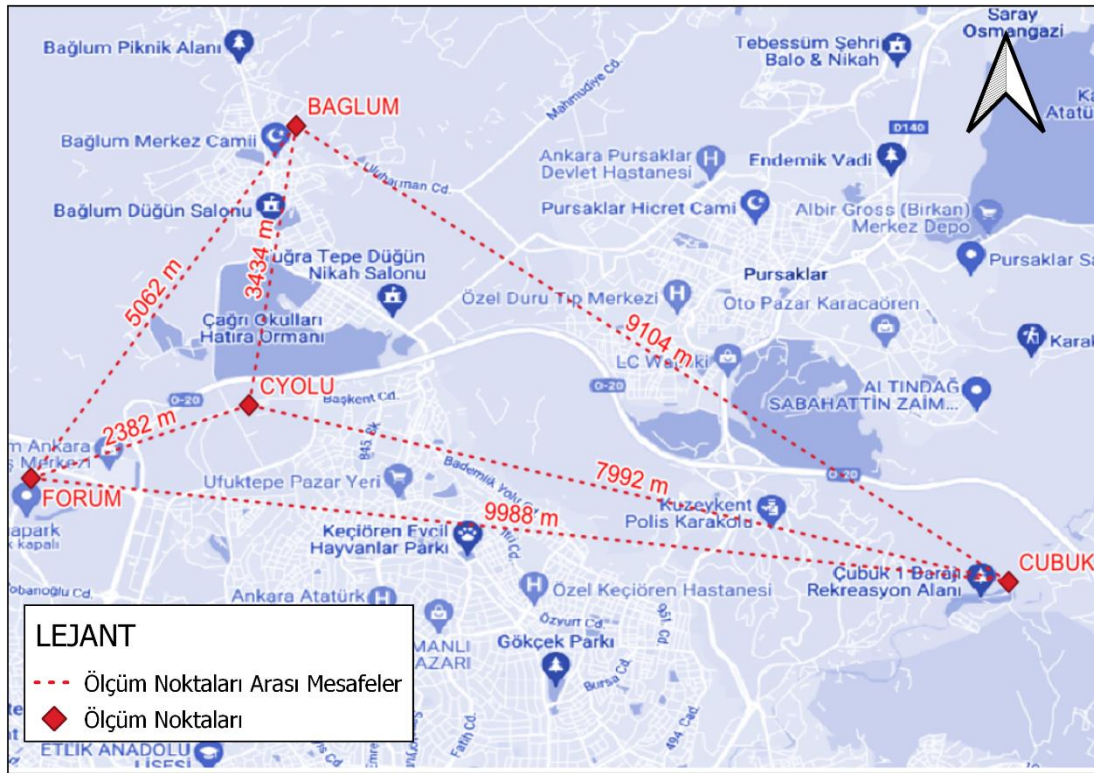
kullanılarak jeosentrik sistemde hız hesabı da yapılmış olup sonuçlar Çizelge 4.36'da verilmiştir.

Çizelge 4.36. ANSAGA İstasyonlarının ITRF2020(2020.403 Epok) Hızları

İstasyon	\underline{X} [m]	\underline{Y} [m]	\underline{Z} [m]
BALA	-0.0030	-0.0056	-0.0008
GLBS	0.0000	-0.0066	-0.0030
NLHN	-0.0079	-0.0064	0.0026
SKCH	-0.0070	-0.0037	0.0021

4.4. TUSAGA-Aktif ve ANSAGA Ağları Aracılığı ile Elde Edilen Koordinatların Karşılaştırılması

ANSAGA ağının doğruluk ve performans durumunun, mevcut eksikliklere rağmen (örn. 10 noktadan sadece 4 noktanın verisinin bu tez çalışmasında kullanılması zorunluluğu vb.), ortaya konması için ANSAGA RTK verileri kullanılarak elde edilen anlık koordinat değerlerinin, TUSAGA-Aktif ağı kullanılarak elde edilen anlık koordinat değerleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla ölçüm bölgesi olarak, ölçümlerin Ankara içerisinde yoğun olarak bulunan sinyal bozucu cihazlardan etkilenmemesi için yerleşimin daha az olduğu il merkezinin kuzeydoğusu seçilmiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. ANSAGA ve TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Koordinatların Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında TOPCON Hiper HR alıcısı kullanılmıştır. Gezen alıcı (Rover) test amaçlı seçilen 4 ölçüm noktasına (BAGLUM, CUBUK, FORUM, CYOLU) kurulduktan sonra ilk önce ANSAGA ağına bağlanılmış ve belirsizlik çözümünün başarıyla yapılabildiği (“fix” olma) kadar süre (bu çalışmada yaklaşık 3 epok) alım gerçekleştirilmiştir. Ardından alıcı konumu hiç değiştirilmeden TUSAGA-Aktif ağına bağlanılmış ve yine 3 epoklu alımlar gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerden elde edilen sonuç koordinatlar Çizelgeler 4.37, 4.38, 4.39, 4.40, 4.41 ve 4.42’de gösterilmiştir. ANSAGA ve TUSAGA-Aktif ağları aracılığı ile elde edilen koordinatlar arası farklar çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Ölçüm Noktalarının ANSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Coğrafi Koordinatları

NOKTA	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]
BAĞLUM (ANSAGA)	40°03'17.31036" N	32°50'43.36711" E	1218.873
ÇUBUK (ANSAGA)	40°00'17.49621" N	32°55'47.87183" E	988.755
FORUM (ANSAGA)	40°00'58.18557" N	32°48'50.07515" E	1042.029
CYOLU (ANSAGA)	40°01'27.05894" N	32°50'23.24685" E	1064.612

Çizelge 4.38. Ölçüm Noktalarının TUSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Coğrafi Koordinatları

NOKTA	Enlem (φ)	Boylam (λ)	E. Yük. (h) [m]
BAĞLUM (TUSAGA)	40°03'17.31113" N	32°50'43.36727" E	1218.876
ÇUBUK (TUSAGA)	40°00'17.49656" N	32°55'47.87268" E	988.777
FORUM (TUSAGA)	40°00'58.18588" N	32°48'50.07439" E	1042.039
CYOLU (TUSAGA)	40°01'27.06007" N	32°50'23.24774" E	1064.646

Çizelge 4.39. Ölçüm Noktalarının ANSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Kartezyen Koordinatları

NOKTA	X [m]	Y [m]	Z [m]
BAĞLUM (ANSAGA)	4108041.6210	2652059.5220	4083429.9578
ÇUBUK (ANSAGA)	4106968.6063	2659964.9416	4079034.5656
FORUM (ANSAGA)	4111704.0998	2651225.4728	4080030.1946
CYOLU (ANSAGA)	4110039.3965	2652781.2697	4080726.8237

Çizelge 4.40. Ölçüm Noktalarının TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Kartezyen Koordinatları

NOKTA	X [m]	Y [m]	Z [m]
BAĞLUM (TUSAGA)	4108041.6074	2652059.5183	4083429.9784
ÇUBUK (TUSAGA)	4106968.6038	2659964.9634	4079034.5883
FORUM (TUSAGA)	4111704.1111	2651225.4588	4080030.2079
CYOLU (TUSAGA)	4110039.3882	2652781.2897	4080726.8719

Çizelge 4.41. Ölçüm Noktalarının ANSAGA Ağı Aracılığı ile Elde Edilen Sağa, Yukarı Koordinatları

NOKTA	Sağa [m]	Yukarı [m]	E. Yük. (h) [m]
BAĞLUM (ANSAGA)	494019.814	4430071.015	988.755
ÇUBUK (ANSAGA)	484112.779	4431340.238	1042.029
FORUM (ANSAGA)	486323.942	4432226.488	1064.612
CYOLU (ANSAGA)	494019.814	4430071.015	988.755

Çizelge 4.42. Ölçüm Noktalarının TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Sağa, Yukarı Koordinatları

NOKTA	Sağa [m]	Yukarı [m]	E. Yük. (h) [m]
BAĞLUM (TUSAGA)	486806.944	4435626.173	1218.876
ÇUBUK (TUSAGA)	494019.834	4430071.026	988.777
FORUM (TUSAGA)	484112.761	4431340.247	1042.039
CYOLU (TUSAGA)	486323.963	4432226.523	1064.646

Çizelge 4.43. Ölçüm Noktalarının ANSAGA ve TUSAGA-Aktif Aracılığı ile Elde Edilen Sağa, Yukarı ve Koordinatları ve Elipsoit Yükseklikleri Arası Farklar

NOKTA	Sağa [m]	Yukarı [m]	E. Yük. (h) [m]
BAĞLUM	-0.003	-0.023	-0.003
ÇUBUK	-0.020	-0.011	-0.022
FORUM	0.018	-0.009	-0.010
CYOLU	-0.021	-0.035	-0.034

4.5. Bulguların Tartışılması

Tez kapsamında yapılan hesaplamalarda 2 tanesi hem TUSAGA-Aktif hem IGS noktası (ANKR, IZMI), 3 tanesi sadece IGS noktası (ISTA, NICO, ZECK) olmak üzere, uygun geometrik dağılımda olan 5 adet referans noktası kullanılmıştır.

Ankara Büyükşehir Belediyesi ANSAGA ağına arşiv kayıtlarında, sadece 2019-2020 yıllarını kapsayan yaklaşık 1 yıla yayılmış toplu veri setine ulaşılabilmektedir. Ulaşılabilen mevcut veri setinde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda hesaplamalarda kullanılacak en uygun tarih aralıkları belirlenmiş ve 2021 yılında da yaklaşık tarihlerde ilgili istasyonlara ilişkin veriler temin edilmiştir. Elde edilebilen tüm veri seti incelendiğinde ise toplamda 10 istasyondan oluşan ANSAGA ağına ait sadece 4 istasyon verisinin ve durumunun gerçekleştirilen çalışmada kullanılmaya uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.5). Bu istasyonlar BALA, GLBS, NLHN ve SKCH istasyonlarıdır. Bu kısıtlamalar ve zorunluluk nedeniyle özellikle zaman içerisinde istasyon noktalarında meydana gelmiş olan olası yer değiştirmelerin sağlıklı belirlenebileceği bir veri seti elde edilememiştir. Dolayısıyla elde edilen çalışma sonuçlarına dayanarak ağına bütününe dair net bir yorumda bulunmak olanaksız hale gelmiştir.

Sonuç olarak, hesaplamalarda ANSAGA ağına ilişkin 72 saatlik veri içeren 3 yıla dağılmış veri seti kullanılmıştır. Leica Infinity yazılımı aracılığı ile gerçekleştirilen ilk üç hesaplamada çizelge 4.4’de verilen tarih aralıklarına ait ölçüm verileri ayrı ayrı ele alınmış ve referans istasyonlarına ilişkin ITRF2020 referans sistemindeki ölçü epoku koordinatları elde edilmiştir (Çizelge 4.12, 4.13, 4.14). Daha sonra tüm ölçü setleri bir arada değerlendirilerek, hesaplamalarda kullanılan verilere ilişkin tarih aralıklarının orta epoku olan, 2020.403 epokunda ağına ilişkin dengelenmiş koordinatları ve standart sapma değerleri elde edilmiştir (Çizelge 4.28).

Elde edilen değerler incelendiği zaman tüm hesaplama sonuçlarında standart sapma değerlerinin 2 santimetrenin altında kaldığı görülmektedir (izelgeler 4.13, 4.14, 4.15). Aynı zamanda bu noktaların 3 farklı epokta hesaplanan yerel jeodezik sistem koordinatlarında, “n (jeodezik kuzey)” ve “e (jeodezik doğu)” farkları milimetre seviyesindedir (izelgeler 4.32, 4.33, 4.34). Fakat aynı noktaların yukarı değerleri arasındaki farklar 10 cm’ye ulaşabilmektedir. Benzer sonuçlar izelge 4.35’te verilmiş olan ortometrik yükseklik farklarında da görülmektedir. Diğer taraftan, yerel yönetimler tarafından kurulmuş ağlar mevcut durumda genel olarak sadece ITRF datumunda gerçek zamanlı 3 boyutlu koordinat belirleme amaçlı hizmet vermektedir. Bu bağlamda tüm kamu kurum ve kuruluşları bu ağları kullanarak yaptırđıkları iş ve işlemlerde BÖHHBÜY(2018) hükümlerine uymak zorundadır. Dolayısıyla yukarıdaki çizelgelerde elde edilmiş olan sonuçlara BÖHHBÜY’n ilgili maddeleri (rn. madde 85) bağlamında bakıldığında özellikle yatay koordinatlarda herhangi bir sorun olmadığı, yükseklik bileşeninde ise sınırdaki değerler elde edildiği görülmektedir. Tez kapsamında ANSAGA sabit GNSS istasyonları için gerçekleştirilen hesaplamalar tüm açılardan değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşmak olanaklıdır:

- a. ANSAGA’ya dayalı olarak yapılan ölçü hesaplamalarda, BÖHHBÜY kapsamında beklenen doğruluklarda gerçek zamanlı koordinat bilgisi sağlandığı değerlendirmesinde bulunulabilir. Çünkü yapılan araştırmada, mevcut durumda bu ağ aracılığı ile gerçekleştirilen işlemlerin genellikle yüksek hassasiyet ve yükseklik bilgisi istemeyen detay alımları veya aplikasyon uygulamaları olduğu belirlenmiştir.
- b. ANSAGA ağının özellikle yükseklik verisinin önem arz ettiği uygulamalarda kullanılması durumunda hatalı sonuçlar elde edilmesi olasıdır. Bu nedenle, ileriye dönük olası uygulamalar dikkate alınarak bu ağın mevcut durumunun her yönüyle (nokta sayısı, anten yükseklik değerleri, alıcıların modernizasyonu, referans nokta koordinat ve hızlarının yeniden hesaplanması, vb.) gözden geçirilmesinde yarar olacağı açıktır.
- c. ANSAGA ağının hesaplama parametreleri incelendiğinde, bu referans istasyonlarının anten yüksekliklerinin hesaplama yazılımına sıfır değerli olarak girilmiş olduğu belirlenmiştir. Bu durum olası bir anten değişikliğinde, değişim öncesi ve sonrası veri setinin ortak bir şekilde kullanımını engelleyebilir. Ağın başka bir ağa entegrasyonunun söz konusu

olması durumunda ve farklı yazılımlarla yapılacak hesaplamalarda özellikle yükseklik bileşenlerinde hatalı sonuçların elde edilme olasılığının yüksek olduğu düşünülmektedir. Örneğin, IGS ve TUSAGA-Aktif sistemleri incelendiğinde anten yüksekliklerinin gerçek değerlerin ilgili sistemlere girildiği ve hesaplamalarda bu şekilde kullanıldığı görülmektedir. Benzer bir şekilde ağa ilişkin gerçekleştirilen 2008 tarihli ilk çalışmada da anten yükseklikleri hassas bir şekilde ölçülerek sisteme kaydedilmiştir. Diğer taraftan, zaman içerisinde ağ nokta sayıları artırılmış (10'a çıkarılmış), ancak ağ noktalarının kim tarafından ve hangi ölçütlere göre hesaplandığı kayıt altına alınmadığı ve böylece anten yüksekliklerinin sistemde sıfır görüldüğü bilgisine ulaşılmıştır. Bu durumun büyük emeklerle ve önemli kaynak aktarılarak kurulmuş bu ağ için (tez çalışmasında sadece 4 nokta için elde edilebilmiş olumlu sonuçlara rağmen) gelecekte olumsuz ve zayıf bir durum oluşturacağı değerlendirilmektedir. Dolayısıyla, sistem verilerinin ortak bir havuzda, uzun tarih aralıklarında birlikte değerlendirilmesinin olanaklı kılınması için, anten yükseklik değerlerinin doğru olarak ölçülmesi ve sistem yazılımına işlenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

- d. Kurulumundan bu yana ANSAGA ağına ilişkin tüm verilerin arşivlenmemiş olması veya en azından belirli periyotlarda yapılacak hesaplamalarla ölçüm doğruluklarının ve performansının araştırılarak raporlanmamış olması bu ağın gerçek durumu hakkında soru işaretleri oluşturmaktadır.
- e. Tez çalışması kapsamında yapılmış olan koordinat hesaplamaları sonucunda elde edilmiş olan epoklar arası koordinat farkları incelendiğinde, özellikle GLBS noktasının yüksekliğinde 2020 yılı verilerinden kaynaklı bir sorun olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle nihai yorumlar yapılırken sadece aralarında çok iyi uyum gösteren 2019 ve 2021 verilerinin sonuçları dikkate alınmıştır. 2020 yılı sonuçlarının sorununun kaynağının belirlenmesi ayrı bir araştırma konusu olduğu için bu tez çalışması kapsamında bu konuya değinilmemiştir.
- f. ANSAGA ağı RTK ölçüleri sonucu elde edilen gerçek zamanlı koordinatların doğruluğu hakkında bilgi elde edebilmek için arazide seçilen

4 noktada hem ANSAGA hem de TUSAGA-Aktif ağı kullanılarak elde edilmiş olan koordinatlar arasındaki üç boyutta 1-3 santimetre aralığında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Söz konusu doğrulama çalışması ile elde edilmiş olan bu sonucun olumlu olduğu ve bu sonuçların TUSAGA-Aktif ağı ölçüleri ile de doğrulandığı sonucuna ulaşmak olanaklıdır. Bu durum tesadüf olabileceği gibi tam gerçeği de yansıtır olabilir. Bu nedenle ANSAGA ağının performansının tam olarak ortaya konabilmesi ve istatistik analizinin yapılabilmesi için bu çalışmanın farklı günlerde daha fazla sayıda noktada tekrarlanması gerekmektedir.

- g. Bu çalışmada verileri kullanılan ANSAGA ağının 4 noktasında deprem gibi nedenlerle hareket olup olmadığının belirlenmesi için ağırlıklı ortalama yöntemi ile hız hesabı da yapılmıştır (Çizelge 4.36). Söz konusu çizelgedeki değerlerden de görüleceği gibi noktalarda önemli bir hareket olmadığı belirlenmiştir. Ancak bu işlemin ağın tüm noktaları için yapılması gerektiği açıktır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen hesaplamalarda ABB ve dolayısıyla Ankara için büyük bir öneme sahip ANSAGA ağının doğrulukları ve işlevselliği irdelenmeye çalışılmış olup, veri ve arşiv eksiklikleri nedeniyle bu amaca ulaşmada kısmen başarılı olunabilmiştir. Bu çalışma ile ağın oluşturulmasına ve işletilmesine ilişkin süreçler aktarılarak, ağa ilişkin bir doküman oluşturulmaya çalışılmıştır. Ağın mevcut durumu ortaya koyularak öncelikle bu ağın geliştirilmesine ilişkin önerilerde bulunulması ve ayrıca başka yerel yönetimler tarafından benzer ağların kurulum ve işletilmesi ile ilgili süreçlere katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, ANSAGA ile ilgili ulaşılan sonuçlar ve çözüm önerileri aşağıda sunulmuştur:

a. Gerçekleştirilen hesaplamalar ve incelemeler uyarınca, ANSAGA ağının ABB için büyük önem arz eden, belediye tarafından verilen hizmetlerde sıklıkla kullanılan temel sistemlerden bir tanesi olduğu görülmüştür. Ağ, belediye içerisinde yer alan ve belediyeye bağlı iştirak şirketlerde bulunan harita ekipleri tarafından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle mühendislik faaliyetleri için büyük önem arz eden ağın yeteneklerinin, sınırlarının belirlenmesinin ve kullanıcıların ihtiyaçlarına tam ve kesin bir şekilde cevap vermesinin sağlanması gerektiği düşünülmektedir.

b. Bu bağlamda ağa ilişkin en temel ihtiyacın düzenli bir veri ve kayıt arşivi tutulması olduğunu belirtmek mümkündür. Mevcut durumda üretilen veriler kısıtlı yerel disklerde depolanmaktadır. Zaman içerisinde ortaya çıkan düzensizlikler nedeni ile verilerin büyük bir bölümü arşivlenememiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan ve arşivden erişilebilen verilerin ise 1 saniyelik aralıklarla kayıt altına alındığı gözlemlenmiştir. Tüm istasyonlara ait gözlem dosyalarının geniş zaman dilimlerinde ve 1 saniyelik aralıklarla kayıt altına alınıyor olmasının, dosya boyutlarını yıllar içerisinde saklanması ve yönetilmesi güç bir büyüklüğe ulaşması sonucunu beraberinde getirdiği düşünülmektedir.

c. Verilerin saklanması için yurt içi ve yurt dışı Ağ-RTK örneklerinde de olduğu gibi, son bir yıla ait verilerin 1 saniyelik örnekleme aralığı ile daha eski yıllara ait verilerin ise 30 saniyelik örnekleme aralığı ile arşivlenmesi stratejisi izlenebilir. RINEX formatında 1 saniyelik aralığa sahip dosyaların, 30 saniyelik aralıklara çevrilmesi durumunda dosya boyutlarının yaklaşık %97 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, ANSAGA ağına ilişkin gerekli yeterlilikleri sağlayan bir dokümantasyonun ve nitelikli şekilde arşivlenmiş veri setlerinin büyük önem arz ettiği

görülmektedir. Ağa ilişkin verilerin arşivlenmemiş olması veya en azından belirli periyotlarda yapılacak hesaplamalarla ölçüm doğruluklarının ve performansının araştırılarak kayıt altına alınmamış olması bu ağın gerçek durumu hakkında soru işaretleri oluşturmaktadır.

d. Ağın arşivleme sistemi için belediye içerisinde bulunan sunucularda kurulacak bir veri tabanından yararlanılması da düşünülebilir. Ağa ilişkin veri setlerinin veri tabanında arşivlenmesi durumunda; hem verilerin sunucular üzerinde oluşturdukları yük azaltılacak, hem de ilerleyen dönemde verilerin çevrimiçi bir platform üzerinden yayınlanması düşüncesinin oluşması halinde konuyla ilgili süreçler önemli ölçüde kolaylaştırılmış olacaktır.

e. Ağın kontrol merkezine ilişkin internet üzerinden ulaşılabilen platform bulunmaması nedeni ile ağ sorumluları ile kısıtlı iletişim sağlanabilmektedir. İnternet üzerinden hizmet veren bir platformun kurulması hem ağ hakkında resmi bir kanaldan bilgi alınabilmesini mümkün kılacak, hem de ağ sorumlularının konu ile ilgili iş yüklerini önemli ölçüde azaltacaktır. Kurulacak çevrimiçi bir platforma ağ ile ilgili dokümantasyonun ve veri arşivine erişim için kullanıcı, talep, yetki, onay kurgusunu takip eden bir servisin de eklenmesi halinde, ağa ilişkin çoğu bilgi talebi platform üzerinden doğrudan karşılanabilir olacaktır.

f. Verilerin benzer ağ sistemlerinde olduğu gibi çevrimiçi bir platform üzerinden üyelik sistemi ile kullanıma sunulması ağ verileri ile gerçekleştirilecek bilimsel faaliyetlerin sayısını ve verimliliğini artırması da olanaklıdır.

g. Hesaplamalar doğrultusunda yatay koordinatların kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğu değerlendirilmekle birlikte, bahsi geçen diğer olumsuzluklar nedeniyle, ağın daha uzun süreli ve kapsamlı veriler kullanılarak ayrıntılı inceleme ve kontrole ihtiyaç duyduğu düşünülmektedir. Yükseklik bilgilerinin ise doğru olabilmesi için, anten yükseklik değerlerinin ölçülerek sistem yazılımına girilmesi gerekliliği açıktır.

Buna ilave olarak ANSAGA Ağı için tanımlanmış bir yerel jeoit modeli de bulunmamaktadır. Bu nedenle, ağ aracılığı ile gerçekleştirilen ölçümlerde doğrudan ortometrik yükseklikler elde edilememektedir. Bu durum ise ağ kullanıcılarının ölçüm sonrası farklı çözüm yollarına başvurmalarına neden olmaktadır. Bu ve benzeri durumların ağ aracılığı ile yürütülen, yükseklik verisinin önem arz ettiği proje ve uygulamalarda hatalara yol açması olası hale gelmektedir. Ağa ilişkin verilerin düzenli bir şekilde arşivlenmesi, tüm ağ için yeni koordinat değerlerinin hesaplanması, gerçekleştirilen uygulamalarda hesaplanan yeni koordinat değerlerinin kullanılması ve

HGM tarafından kullanıma sunulan Türkiye Jeoit Modeli 2020 (TG-2020)'nin ağ yazılımına tanıtılarak kullanıcılara doğrudan ortometrik yüksekliklerin temin edilmesinin mümkün kılınması halinde; ağın güvenilirliğinin, kullanıcı sayısının ve kullanım alanlarının önemli ölçüde artacağı düşünülmektedir.

h. Ağın kullanımının sadece yerel yönetim uygulamaları ile kısıtlı kalması halinde bile belediye içerisinde yüksek doğrulukta yükseklik bilgisine ihtiyaç duyan, örneğin; Fen İşleri Daire Başkanlığı, ASKİ'de yer alan Kanal İnşaat Daire Başkanlığı gibi pek çok ekip bulunmaktadır. Özellikle ASKİ'de cazibeli sistemler olarak tasarlanan projelerde ortometrik yükseklikler büyük önem arz etmektedir. Geniş alanlara yayılan ve birden fazla başlangıç noktasına sahip projelerde ağın kullanımının önemli faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

i. Yerel ağların TUSAGA ağına entegrasyonun gerçekleştirilmesi halinde, ağ sıkılaştırması, ağ yönetimi ve ağın yeniden yapılandırılması gibi konularla ilgili kamu kaynaklarının çok daha verimli bir şekilde kullanılmasının mümkün olacağına inanılmaktadır.

Şekil-4.5'den görüleceği gibi; Ankara için nokta sayısının birçok uygulama için yeterli olduğu, ancak zaman içerisinde bu ağın ülke ağına (TUSAGA-Aktif) entegrasyonu ve/veya bu ağın yüksek doğruluk isteyen başka çalışmalarda da (depremlerin önceden tahmini amaçlı izleme, bölgesel sayısal hava tahmini, akademik araştırmalar, vb.) kullanılması gündeme geldiğinde yeterli olmayabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda zaman içerisinde ağdaki nokta sayısının yaklaşık 20'ye yükseltilmesinin çok yararlı olacağı ve bu durumda Şekil-4.5'de görülen kapsama alanlarının 20 km'nin altında olmasını da sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Zaman içerisinde jeodezik hesaplama ve modellerinde meydana gelen değişiklik ve geliştirmelerin bu ağa yansıtılmadığı ve dolayısıyla ağın teknik anlamda güncellenmediği belirlenmiştir. Dolayısıyla ağın güvenilirliğini artırmak ve kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla; ağa ait tüm nokta koordinatlarının, bilimsel amaçlı bir yazılımla ve uzun süreli GPS gözlemleriyle en son model ve yöntemler kullanılarak yeniden hesaplanmasının, gerekirse ağ nokta sayısının (örn. 20) artırılarak uydu jeodezisi prensiplerine uygun şekilde ağ geometrisinin yeniden oluşturulmasının ve ağın gerçek doğruluğuna (özellikle yükseklik bilgisine) ilişkin sonuçların raporlanarak arşivlenmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- BÖHHBÜY (2018): Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği. 30 Nisan 2018.
- Brown N., Geisler I., Troyer L., 2006, RTK Rover Performance using the Master-Auxiliary Concept. Journal of Global Positioning Systems, 5(1-2), 135-144, Springer-Verlag Open.
- Engin G., 2009, İSKİ Uydu Konum Belirleme Sistemi (UKBS) Kurulması ve Deformasyon Ölçmeleri Projesi Raporu.
- Eroğlu S., 2015, Yerel Yönetimlerde Bir İlk: Uydulardan Konum Belirleme Sistemi (UKBS), İller ve Belediyeler Dergisi, Haziran Sayısı.
- Gökdaş Ö., 2020, Yerel Jeodezik GNSS CORS Ağları ve Bilimsel Çalışmalara Katkıları: İSKİ UKBS Örneği, Doktora Tezi.
- Gündüz A., 2013, Klasik RTK ve Ağ-RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Herbert L., Ulrich V., Xiaoming C., 2002, Virtual Reference Station Systems. Journal of Global Positioning Systems (2002) Vol. 1, No. 2: 137-143.
- Hofmann-Wellenhof, B. H. Lichtenegger, J. Collins, 1994, Global Positioning System: Theory and Practice. Springer Verlag, Wien/Newyork.
- İçen E., 2018, Küresel ve Bölgesel Konumlama Sistemleri, Teknolojileri ve Uygulamaları, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi.
- İnal C., Gündüz A., Bülbül S., 2014, Klasik RTK ve Ağ-RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması, S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., Sayı 2.
- ITT Roorkee, S. Arun K., 2018, Global Navigation Satellite Systems and Applications Lectures
- Kahraman K., 2015, Kinematik Ölçü Yöntemlerinden Klasik RTK ile Ağ-RTK(CORS-TR) Yönteminin Konum Doğruluğu Açısından Test Edilmesi, İller Bankası Genel Müdürlüğü Uzmanlık Tezi.
- Kahveci M., 2008, Ankara Büyükşehir Belediyesi Gerçek Zamanlı Sabit GNSS Referans İstasyonları Kurulumu Koordinat Hesap Raporu.
- Kahveci M., 2008, Gerçek Zamanlı İSKİ Sabit GNSS Ağı (UKBS-RTK) Kurulumu Proje Geliştirme Raporu.

- Kahveci M.,2009, Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi Sayı 100.
- Kahveci M., Karagöz H.,Selbesoğlu O., 2011, Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı 104.
- Kahveci M., 2017, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, 2.basım, Nobel Yayıncılık, Ankara.
- Kahveci M., Yıldız F., 2021, GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri, 11. Basım, Nobel Yayınları, Ankara.
- Kaplan E., Hegarty C., 2017, Understanding GPS/GNSS Principles and Applications, Third Edition, Artech House.
- Leick,A., 1990, GPS Satellite Surveying, John Wiley & Sons, Inc.
- Seeber G., 1993, Stallite Geodesy, Foundations, Methods and Applications. Walter de Gruyter. Berlin-Newyork.
- Sella G., Chin M., Cline M., Haw D., Kass W., Snay R., Soler T., 2008, NGS CORS Network Guidelines for New and Existing Sites and their Relation to IGS, USA.
- Pektaş F., 2010, Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarına Dayalı Kinematik Konumlama (TUSAGA AKTİF –İSKİ UKBS Ağlarının Yerel Ölçekte Karşılaştırılması), Yüksek Lisans Tezi.
- Petropoulos G., Srivastava, P., 2021 - Gps And Gns Technology İn Geosciences, Elsevier.
- Temiz Postacı, H., 2015, İSKİ UKBS Ağı İstasyonlarının Zamansal Yer Değişimlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Wübbena G., Bagge A., RTCM proprietary message type 59, Geo++® White Paper, Nr. 2006.01, 2006.

İNTERNET KAYNAKLARI

- URL-1 <https://www.osgeo.cn/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]
- URL-2 <https://www.unavco.org/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]
- URL-3 <https://gssc.esa.int/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]
- URL-4 <https://archive.nptel.ac.in/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]

URL-5 <https://www.tusaga-aktif.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]

URL-6 <https://ukbs.iski.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]

URL-7 <https://cddis.nasa.gov/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]

URL-8 <https://www.epncb.oma.be/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]

URL-9 <https://itrf.ign.fr/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]

URL-10 <https://www.harita.gov.tr/> [Ziyaret Tarihi: 2021-2022]



EKLER

EK-1 Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ Tarafından “26 Aralık 2008” Tarihinde Hazırlanan “ANKARA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS REFERANS İSTASYONLARI KURULUMU KOORDİNAT HESAP RAPORU”

EK-2 Prof. Dr. Muzaffer KAHVECİ Tarafından “12 Aralık 2008” Tarihinde Hazırlanan “GERÇEK ZAMANLI İSKİ SABİT GNSS AĞI (UKBS-RTK) KURULUMU PROJE GELİŞME RAPORU”

EK-3 Tez Çalışması Kapsamında 2019 Yılı Ölçüleri ve Leica Infinity Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Dengeleme İşlemi Sonuç Raporu.

EK-4 Tez Çalışması Kapsamında 2020 Yılı Ölçüleri ve Leica Infinity Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Dengeleme İşlemi Sonuç Raporu.

EK-5 Tez Çalışması Kapsamında 2021 Yılı Ölçüleri ve Leica Infinity Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Dengeleme İşlemi Sonuç Raporu.

EK-6 Tez Çalışması Kapsamında 2019, 2020, 2021 Yılı Ölçüleri ve Leica Infinity Yazılımı Kullanılarak Gerçekleştirilen Dengeleme Sonuç Raporu.