

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS REFERANS AĞLARININ (CORS) BAZ
UZUNLUĞUNA BAĞLI DOĞRULUK ANALİZİ: TUSAGA-AKTİF ÖRNEĞİ**

HALDUN YÜKSEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEOMATİK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ATINÇ PİRTİ**

İSTANBUL, 2015

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS REFERANS AĞLARININ (CORS) BAZ
UZUNLUĞUNA BAĞLI DOĞRULUK ANALİZİ: TUSAGA-AKTİF ÖRNEĞİ**

Haldun YÜKSEL tarafından hazırlanan tez çalışması 19.11.2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Atınç PIRTI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Atınç PIRTI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bihter EROL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Doğan Uğur ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Mesleğim olan Harita Mühendisliğinde günümüzde arazi çalışmalarında yoğun olarak kullanılan CORS GPS sistemine yönelik yapılan bu çalışmamın değerli meslektaşlarım ve konuyla ilgili çalışmada bulunan diğer kişilere faydalı olmasını umuyorum.

Bu tezin yürütücülüğünü üstlenen tez danışmanım Doç. Dr. Atınç PİRTİ'nin yapılan çalışma süresince bilgisini, tecrübesini ve desteğini esirgememiş olmasından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Lisans ve yüksek lisans dönemi boyunca beraber yürüdüğümüz değerli arkadaşlarım Gizem GÜL TANRIVERDİ ve İbrahim DEMİRHAN'a teşekkür ederim. Yine lisans döneminden değerli arkadaşım Harita Yüksek Mühendisi Utku KARAÇELEBİ'ye tezime yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim süresince katkı ve desteklerini esirgemeyen değerli meslektaşım ve abim Akyazı Belediyesi Başkan Yardımcısı Ünal GÜNDÜZ'e teşekkürlerimi ve minnetlerimi sunarım. Ayrıca tez süresi boyunca yapılan arazi çalışmalarım da desteğini ve yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşım Harita Yüksek Mühendisi Ayhan YAKAR'a ve tezim süresi boyunca beni telkin eden, her zaman destekleyen sevgili aileme teşekkür ederim.

Aralık, 2015

Haldun YÜKSEL

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vi
KISALTIMA LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez.....	2
BÖLÜM 2	
UYDULARLA KONUM BELİRLEME.....	3
2.1 Mutlak Konum Belirleme	6
2.1.1 SPS (Standard Positioning Service) Konum Belirleme	6
2.1.2 PPP (Precise Point Positioning) Konum Belirleme.....	7
2.2 Bağıl (Rölatif/Görelî) Konum Belirleme	7
2.2.1 Kod Ölçüleri (DGPS/DGNSS)	8
2.2.1.1 Gerçek Zamanlı Konum Belirleme.....	8
2.2.1.1.1 Yer Bazlı DGPS	9
2.2.1.1.2 Uydu Bazlı DGPS	9
2.2.1.2 Büro (Post-Process).....	9
2.2.2 Faz Ölçüleri	10
2.2.2.1 Statik Ölçü Yöntemi	10

2.2.2.1.1	Hızlı Statik Ölçü Yöntemi	11	
2.2.2.2	Kinematik Ölçü Yöntemi	11	
2.2.2.2.1	Gerçek Zamanlı Kinematik Ölçü Yöntemi.....	12	
2.2.2.2.2	Post-Processing Kinematik Ölçü Yöntemi	12	
BÖLÜM 3			
GNSS AĞLARINDA GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK KONUMLAMA			13
3.1	Klasik (Standart) RTK.....	14	
3.2	Ağ RTK Tekniği.....	16	
3.3	Ağ RTK Verisi Aktarma Protokolleri	18	
3.3.1	Üretici Firma Tanımlı Protokoller	18	
3.3.2	Uluslararası Standart Protokoller	19	
3.3.3	İnternet Protokolleri.....	21	
3.3.3.1	NTRIP Protokolü	21	
3.3.3.2	RT-IGS Protokolü.....	22	
3.4	Ağ RTK Verisi Aktarma Yöntemleri.....	22	
3.4.1	Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS Yöntemi)	23	
3.4.2	Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP Yöntemi).....	27	
3.4.3	Ana-Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC Yöntemi).....	30	
BÖLÜM 4			
GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS (CORS) AĞLARI.....			34
4.1	Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR)	36	
4.2	Dünya'daki CORS Sistemlerine İlişkin Örnekler	37	
4.2.1	ABD Ulusal ve Birleşik CORS Ağı (NGS CORS Ağı ve OPUS).....	38	
4.2.2	Almanya SAPOS Ağı	40	
4.2.3	Japonya GEONET Ağı	40	
BÖLÜM 5			
UYGULAMA			42
5.1	Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi ve Noktaların Tesisi.....	42	
5.2	Statik Ölçüm Yöntemi ile Ham Verilerin Elde Edilmesi	44	
5.3	Statik Ölçüm Verilerinin Değerlendirme ve Dengeleme Aşaması	48	
5.3.1	Verilerin Değerlendirme (Processing) Aşaması	51	
5.3.2	Verilerin Dengeleme (Adjustment) Aşaması	53	
5.4	Farklı Veri Aktarma Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Ağ RTK Ölçümleri ...	56	
5.5	Farklı Veri Aktarma Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Ağ RTK Ölçümlerinin doğruluklarına ilişkin kalite analizi.....	95	
BÖLÜM 6			
SONUÇ VE ÖNERİLER			115
KAYNAKLAR.....			118

SİMGE LİSTESİ

A	Ana istasyon
B	Yardımcı istasyon
c	Işık hızı
i	Alıcı
j	Uydu
l	Epok
I_{AB}^i	İyonosferik artık hata
O_{AB}^i	Tek farklı yörünge hatası
T_{AB}^i	Troposferik artık hata
V_{AB}^i	MAC kavramı için tek farklı hata
$V_{AB,L1}^{i,disp}$	Tekli fark artıkları iyonosferik (dispersif)
$V_{AB}^{i,nondisp}$	Tekli fark artıkları geometrik (dispersif olmayan)
$V_{R_1R_2}^{l_i}$	Toplam hata
$V_{R_1R_2,L_1}^{l_i,disp}$	Dispersif hata
$V_{R_1R_2}^{l_i,nondisp}$	Dispersif olmayan hata
ρ_{il}^j	Uydu ve alıcı arasındaki mesafe
$\epsilon_{\varphi,il}^j$	Faz Ölçümü hatası
$\epsilon_{cod,il}^j$	Kod gözlemlerinin hatası
$\delta r_{R_1^iU,disp}^1$	Geometrisi serbest sinyaller için mesafeye bağımlı hata
$\delta r_{R_1^iU,nondisp}^1$	İyonosferik serbest sinyaller için mesafeye bağımlı hata
δt_{AB}	Tek farklı alıcı saat hatası
Δt_I^j	Uydu saat hatası
Δt_{il}	Alıcı saat hatası
$\Delta \rho_{il,ion}^j$	İyonosferden dolayı sinyal gecikmesi
$\Delta \rho_{il,trop}^j$	Nötr atmosferden dolayı sinyal gecikmesi

KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BFB	Başlangıç Faz Belirsizliği
BINEX	Binary Exchange
CIGNET	Cooperative International GPS Network
CIO	Conventional International Origin
CMR	Compact Measurement Record
CORS	Continuously Operating Reference Stations
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
DGPS	Differential Global Positioning System
DOD	Department of Defence
DOT	Department of Transportation
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
FKP	Flächen Korrektur Parameter
GAGAN	GPS Aided Geo Augmented Navigation System
GALILEO	Global Navigation Satellite System
GBAS	Ground Based Augmentation Systems
GEONET	GPS Earth Observation Network System
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning System
GRS	Geodetic Reference System
GRAS	Ground Based Regional Augmentation Systems
HGK	Harita Genel Komutanlığı
HRMS	Horizontal Root Mean Square
IGS	International GPS Service for Geodynamics
IRNSS	Indian Regional Navigational Satellite System
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
İKÜ	İstanbul Kültür Üniversitesi
JAS	Japon Association of Surveyors
JPO	Joint Program Office
KKTC	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
MAC	Master-Auxiliary Concept
MSAS	Multi-Functional Transport Satellite

NATO	North Atlantic Treaty Organization
NAVSTAR	Navigation Satellite Timing and Ranging
NGS	National Geodetic Survey
NMEA	National Marine Electronics Association
NNSS	Navy Navigational Satellite System
NSR	National Space Reference
NTRIP	Network Transport of RTCM through Internet Protocol
OPUS	Online Positioning User Service
PPP	Precise Point Positioning
PRN	Pseudorandom Noise
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System
RTCM	The Radio Technical Commission for Maritime Services
RTK	Real Time Kinematic
SA	Selective Availability
SAPOS	Satellite Positioning
SBAS	Satellite Based Augmentation Systems
SOPAC	Scips Orbit and Parmanent Arry Center
SPS	Standard Positioning Service
TCP	Transmission Control Protocol
TKGM	Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
UDP	User Datagram Protocol
UTM	Universal Transverse Mercator
VRC	Virtual Reference Cell
VRMS	Vertical Root Mean Square
VRS	Virtual Referance Station
WAAS	Wide Area Augmentation System
WGS84	World Geodetic System 1984

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	GPS ile konum belirleme yöntemleri 5
Şekil 2. 2	Mutlak konum belirleme yöntemi 6
Şekil 2. 3	Bağıl konum belirleme yöntemi 7
Şekil 2. 4	Kod ölçümü 8
Şekil 2. 5	Statik ölçü yöntemi 10
Şekil 2. 6	Hızlı statik ölçü yöntemi 11
Şekil 3. 1	Klasik RTK tekniğinde mesafeye bağımlı hata..... 14
Şekil 3. 2	Ağ RTK yönteminde düzeltmelerin enterpolasyonu 17
Şekil 3. 3	VRS'nin çalışma prensibi 23
Şekil 3. 4	Sanal referans istasyonu gözlemlerinin elde edilmesi..... 24
Şekil 3. 5	FKP yöntemi 28
Şekil 3. 6	Dört referans istasyonu için FKP yöntemi..... 28
Şekil 3. 7	MAC düzeltme yöntemi 31
Şekil 4. 1	TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarının dağılımı..... 36
Şekil 4. 2	ABD CORS ağı 39
Şekil 4. 3	Almanya SAPOS ağı 40
Şekil 4. 4	Japonya GEONET ağı 41
Şekil 5. 1	Tesis edilen noktaların ve referans istasyonunun konumları 42
Şekil 5. 2	Satlab SL500 RTK GNSS alıcısı 43
Şekil 5. 3	Ölçüm yapılan 1. ve 2. noktanın gösterimi 45
Şekil 5. 4	Ölçüm yapılan 3. ve 4. noktanın gösterimi 45
Şekil 5. 5	Ölçüm yapılan 5. ve 6. noktanın gösterimi 46
Şekil 5. 6	TUSAGA-Aktif'in sitesinden verilerin indirilmesi..... 47
Şekil 5. 7	Kartezyen koordinatların coğrafi koordinatlara dönüştürülmesi 47
Şekil 5. 8	Sopac'ın internet sitesinden ISTA navigasyon dosyalarının indirilmesi..... 48
Şekil 5. 9	Yeni proje oluşturulması 49
Şekil 5. 10	Koordinat sistemi tanımlanması ve ham verilerin yüklenmesi..... 49
Şekil 5. 11	Statik ölçüm ham verilerine ilişkin kayıtlar 50
Şekil 5. 12	Statik ölçümdeki anten yükseklikleri 50
Şekil 5. 13	Kontrol noktasının kesin koordinat değerlerinin girilmesi..... 51
Şekil 5. 14	Değerlendirme (processing) işlemi 51
Şekil 5. 15	Değerlendirme sonrası baz vektörlerine ilişkin sonuçlar 51
Şekil 5. 16	Değerlendirme iyileştirme işlemleri..... 52

Şekil 5. 17	İyileştirme yapılmış baz vektörlerindeki değerlendirme sonuçları.....	52
Şekil 5. 18	İyileştirme sonucu baz vektörlerinin standart sapmaları	53
Şekil 5. 19	Dengeleme (adjustment) işlemi.....	53
Şekil 5. 20	Dengelenmiş baz vektörleri	54
Şekil 5. 21	Dengelenmiş baz vektörlerinin standart sapmaları	54
Şekil 5. 22	Dengeleme sonucunda noktaların coğrafi koordinat değerleri.....	54
Şekil 5. 23	Dengelenmiş nokta koordinatlarının standart sapmaları	55
Şekil 5. 24	Coğrafi koordinatların UTM koordinatlara dönüşümü	56
Şekil 5. 25	N.1 noktasında 12/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	60
Şekil 5. 26	N.1 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	61
Şekil 5. 27	N.1 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	62
Şekil 5. 28	N.2 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	64
Şekil 5. 29	N.2 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	65
Şekil 5. 30	N.2 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	66
Şekil 5. 31	N.3 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	69
Şekil 5. 32	N.3 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	70
Şekil 5. 33	N.3 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	71
Şekil 5. 34	N.4 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerde elde edilen koordinat farkları	74
Şekil 5. 35	N.4 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	75
Şekil 5. 36	N.4 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	76
Şekil 5. 37	N.5 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	78
Şekil 5. 38	N.5 noktasında 10/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	79
Şekil 5. 39	N.5 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	80
Şekil 5. 40	N.6 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	83
Şekil 5. 41	N.6 noktasında 17/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	84
Şekil 5. 42	N.6 noktasında 18/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları	85
Şekil 5. 43	N.1 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları	87

Şekil 5. 44	N.2 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları	87
Şekil 5. 45	N.3 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları	88
Şekil 5. 46	N.4 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları	88
Şekil 5. 47	N.5 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları	89
Şekil 5. 48	N.6 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları	89
Şekil 5. 49	Farklı Ağ-RTK ölçme yöntemlerine göre hesaplanan S mesafelerinin doğruluklarının karşılaştırılması	93
Şekil 5. 50	Farklı Ağ-RTK ölçme yöntemlerine göre hesaplanan Δh değerlerinin karşılaştırılması	94
Şekil 5. 51	VRS, FKP ve MAC yöntemlerine göre yapılan ölçümlerin kalitelerine göre ölçü sayısı	107
Şekil 5. 52	VRS, FKP ve MAC yöntemlerine göre yapılan ölçümlerin NGS'e göre elipsoid yükseklik ölçüm kalitelerinin sınıflandırılması	110

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1	Üretici firma veri aktarma protokolleri 19
Çizelge 3. 2	RTCM 3.0 formatının içeriği 21
Çizelge 5. 1	Satlab SL500 RTK GNSS alıcısının teknik özellikleri 43
Çizelge 5. 2	Dengelenmiş noktaların ITRF96 sistemindeki UTM ve coğrafi koordinatları 56
Çizelge 5. 3	N.1 noktasında 12/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 57
Çizelge 5. 4	N.1 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 58
Çizelge 5. 5	N.1 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 59
Çizelge 5. 6	N.1 noktasının 12/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 59
Çizelge 5. 7	N.1 noktasının 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 61
Çizelge 5. 8	N.1 noktasının 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 62
Çizelge 5. 9	N.2 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 62
Çizelge 5. 10	N.2 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 65
Çizelge 5. 11	N.2 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 63
Çizelge 5. 12	N.2 noktasının 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 64
Çizelge 5. 13	N.2 noktasının 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 65
Çizelge 5. 14	N.2 noktasının 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 66
Çizelge 5. 15	N.3 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 67
Çizelge 5. 16	N.3 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 67
Çizelge 5. 17	N.3 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 68
Çizelge 5. 18	N.3 noktasının 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 68
Çizelge 5. 19	N.3 noktasının 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 69
Çizelge 5. 20	N.3 noktasının 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları 70
Çizelge 5. 21	N.4 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler . 72

Çizelge 5. 22	N.4 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	72
Çizelge 5. 23	N.4 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	73
Çizelge 5. 24	N.4 noktasının 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	73
Çizelge 5. 25	N.4 noktasının 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	74
Çizelge 5. 26	N.4 noktasının 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	75
Çizelge 5. 27	N.5 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	76
Çizelge 5. 28	N.5 noktasında 10/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	77
Çizelge 5. 29	N.5 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	77
Çizelge 5. 30	N.5 noktasının 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	78
Çizelge 5. 31	N.5 noktasının 10/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	79
Çizelge 5. 32	N.5 noktasının 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	80
Çizelge 5. 33	N.6 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	81
Çizelge 5. 34	N.6 noktasında 17/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	81
Çizelge 5. 35	N.6 noktasında 18/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler .	82
Çizelge 5. 36	N.6 noktasının 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	82
Çizelge 5. 37	N.6 noktasının 17/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	83
Çizelge 5. 38	N.6 noktasının 18/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları	84
Çizelge 5. 39	Farklı üç günde VRS yöntemi ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları.....	85
Çizelge 5. 40	Farklı üç günde FKP yöntemi ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları.....	86
Çizelge 5. 41	Farklı üç günde MAC yöntemi ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları.....	86
Çizelge 5. 42	Statik ölçme yöntemi ile elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları	86
Çizelge 5. 43	SAM1 CORS istasyonunun ITRF96 koordinatları	90
Çizelge 5. 44	SAM1 nokta koordinatları ile VRS yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları	90
Çizelge 5. 45	SAM1 nokta koordinatları ile FKP yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları	91
Çizelge 5. 46	SAM1 nokta koordinatları ile MAC yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları	91
Çizelge 5. 47	SAM1 nokta koordinatları ile statik yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları	92
Çizelge 5. 48	Her bir yöntemden elde edilen koordinatlara göre noktaların sabit istasyona olan uzaklıkları	92
Çizelge 5. 49	Her bir yöntemden elde edilen elipsoit yükseklik değerlerine göre noktaların sabit istasyona olan elipsiot yükseklik farkları	94

Çizelge 5. 50	GPS ölçümlerinin doğruluklarının sınıflandırılması	95
Çizelge 5. 51	NGS jeodezik yükseklik dizi ve sınıfları	96
Çizelge 5. 52	VRS yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri	96
Çizelge 5. 53	FKP yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri	97
Çizelge 5. 54	VRS yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri	99
Çizelge 5. 55	Statik yöntem ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri	100
Çizelge 5. 56	Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin VRS yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması	101
Çizelge 5. 57	Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin FKP yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması	103
Çizelge 5. 58	Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin MAC yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması	104
Çizelge 5. 59	VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenlerinin kalitelerine göre sınıflandırılması	105
Çizelge 5. 60	VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlere göre yükseklik farkı doğruluk değerleri	108
Çizelge 5. 61	VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlerin NGS'e göre elipsoit yükseklik ölçümlerinin kalitelerine göre sınıf ve bölümleri	108
Çizelge 5. 62	Statik ölçme verilerinin Topcon Magnet Tools ile değerlendirilmesinden elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları	111
Çizelge 5. 63	Statik verilerin hassas değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatların VRS yönteminden elde edilen koordinatlardan farkları	112
Çizelge 5. 64	Statik verilerin hassas değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatların FKP yönteminden elde edilen koordinatlardan farkları	113
Çizelge 5. 65	Statik verilerin hassas değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatların MAC yönteminden elde edilen koordinatlardan farkları	114

**GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS REFERANS AĞLARININ (CORS) BAZ
UZUNLUĞUNA BAĞLI DOĞRULUK ANALİZİ: TUSAGA-AKTİF ÖRNEĞİ**

Haldun YÜKSEL

Harita Mühendisliği Geomatik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Atınç PIRTI

Günümüzde nokta konumlarının belirlenmesinde GPS/GNSS(Global Positioning System/Global Navigation Satellite Systems) uygulamaları yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeler bu uygulamalarda kısa zamanda yüksek doğruluklu konum belirlenmesine olanak sağlamıştır.

Ülkemizde özellikle Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR)'nin kurulmasından sonra CORS (Continuously Operating Reference System) kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu proje sayesinde anlık nokta konumu belirlemede kullanım kolaylığı, zaman tasarrufu, personel tasarrufu ve yeterli doğruluğun sağlanmasından dolayı artık CORS GPS yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak gerçek zamanlı veri yayını sağlayan GNSS sabit istasyonlarından sürekli veri aktarımı sağlandığı için bu istasyonlara olan mesafenin konum doğruluğuna etkisi söz konusudur.

Bu tez çalışmasında CORS uyumlu alıcılar ile yapılan uydu gözlemleri kullanılarak, Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS(Global Navigation Satellite Systems) Ağı (TUSAGA-Aktif/CORS-TR)'na ait sabit bir istasyondan uzaklığının nokta konum doğruluğunun etkisi araştırılmıştır. Çalışma bölgesine en yakın CORS sabit istasyonundan başlamak üzere yaklaşık 10 km aralıklarla nokta tesisi gerçekleştirilmiştir. Belirlenen bu noktalarda 30 sn kayıt aralığı ile altışar saatlik statik ölçüm yapılmıştır. Ayrıca tesis edilen 6 adet noktada ardi ardına farklı zaman aralıklarında 10 epok olacak şekilde VRS (Sanal Referans

İstasyonu Yöntemi), FKP (Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi) ve MAC (Ana–Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi) ölçme yöntemi kullanılarak Ağ-RTK ölçümleri yapılmıştır. Farklı Ağ-RTK ölçüm tekniklerinden elde edilen veriler, statik ölçümlerden elde edilen veriler ile karşılaştırılmış ve doğruluk analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, Ağ-RTK tekniklerinden hangisinin referans istasyonundan uzaklaştıkça, konum doğruluğunun daha az etkilendiği tespit edilmek istenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TUSAGA-Aktif/CORS-TR, CORS (Sürekli Ölçüm Yapan Referans Sistemi), GPS (Global Konum Belirleme Sistemi) , GNSS (Global Navigasyon Uydu Sistemleri), Konum doğruluğu, VRS Yöntemi (Sanal Referans İstasyonu Yöntemi), FKP yöntemi (Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi), MAC yöntemi, Statik ölçüm, Ağ-RTK Tekniği.

**REAL TIME CONTINUOUSLY OPERATING GNSS REFERENCE NETWORKS
(CORS) RELATED TO THE ACCURACY ANALYSIS OF BASE LENGTH:
THE EXAMPLE OF TUSAGA-AKTIF**

Haldun YÜKSEL

Department of Geomatic Engineering

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Atınc PIRTI

In today's view, an indispensable part of survey applications for the GNSS (Global Navigation Satellite System) is getting better and improving every day, used in more and more commonplace. Recent technological developments provide high accuracy GNSS observation in a short time.

In our country, the use of CORS (Continuously Operating Reference System) has been spread after the establish of especially Real Time Turkey National Stable GNSS Network's (TUSAGA -Active/CORS-TR). In this project, when CORS is widely used, it was noticed that it provides us time saving, quick GNSS observation in high accuracy with less labor work. However, providing real-time data feeds from GNSS base station to this station for continuous data transfer is provided to the effect of the distance from the location accuracy is concerned.

In this thesis, GPS observation data sets were acquired with CORS adaptable receivers using satellite observations. Moreover, Turkish National Permanent GNSS Network (TNPNGN – Active /CORS-TR)'s control point of the distance from a fixed station location accuracy will be discussed after the investigation. This study conducted in the area starting from the nearest CORS fixed station facilities which have been the point at intervals of 10 km, and determined with a recording interval of 15 seconds of the six-hour static GPS measurements. The data was acquired on the six control point

repeatedly at different time intervals of 10 epochs to be the VRS (Virtual Reference Station), the FKP (flächenkorrekturparamet's) and the MAC (Master-Auxiliary Concept) measurement method using the CORS measurements were made. The static GPS observation data sets were compared using the different measurement methods and the accuracy analysis made using the data sets. As a result of the study, we wanted to observe and understand how affected the position accuracy goes away from the control point in the different measurement methods.

Keywords: TUSAGA-Aktif/CORS-TR, CORS (Continuously Operating Reference System), GPS (Global Positioning System), GNSS (Global Navigation Satellite Systems), Location Accuracy, VRS Method (Virtual Reference Station), FKP Method (Flächen Korrektur Parameter), Static Measurement, Network-RTK Technical.

1.1 Literatür Özeti

Özellikle 1980'li yılların başından itibaren gelişen teknoloji haliyle her geçen gün yepyeni çözümleri ve olanakları beraberinde getirmektedir. Teknolojinin sağladığı bu olanaklar insanoğlunun konum belirleme ihtiyacının giderilmesinde kullanılmak üzere uydu teknolojisinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. İlk yapay uydu olan SPUTNIK-1'in uzaya fırlatılmasıyla da uydularla konum belirlemenin gelişmesi fiili olarak başlatılmıştır. Bu gelişim ise şu an günümüzde Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) olarak adlandırılan sistemin ortaya çıkmasını sağlamıştır. ABD Savunma Dairesi (Department of Defence) tarafından geliştirilen GPS (Global Positioning System) başlangıçta askeri amaçla geliştirilmiş olup daha sonradan sivillerin kullanımına açılmıştır. GPS'in siviller tarafından kullanılmaya başlanması sayesinde jeodezik amaçlı konum belirleme çalışmalarında da kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir.

GPS'in jeodezik ölçmelerde kullanılması ile farklı hassasiyette konum bilgisi sunan birçok GPS ölçme yöntemi geliştirilmiştir. İlk kullanılan GPS ölçme yöntemlerinde (statik ve kinematik ölçme yöntemleri) konum bilgisi elde edebilmek için arazide toplanan verilerin çeşitli GPS yazılımları ile değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu durum arazide ölçü anında anlık konum bilgisi gerektiren uygulamalar için problem yaratmaktaydı. Bu yüzden gerçek zamanlı olarak konum bilgisi sunabilen ölçme teknikleri araştırılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar için öncelikle DGPS (Diferansiyel GPS) adı verilen bir ölçme yöntemi geliştirilmiştir. Ancak, DGPS tekniğinin jeodezik amaçlı çalışmalar için hassasiyeti yeterli gelmemekteydi. Bu yüzden yapılan yeni araştırmalar

neticesinde kod gözlemlerinin yerine taşıyıcı dalga faz gözlemlerinin kullanılması konum hassasiyetini oldukça artırdığı tespit edilmiştir. Yapılan uygulamalarda artık kısa zamanda yüksek doğruluklu konum belirlenmesine olanak sağlanmıştır. Bu gelişmeler ışığında öncelikle Klasik RTK (Real Time Kinematic) tekniği ardından da Ağ-RTK (Network RTK) tekniği geliştirilmiştir. Ağ-RTK tekniğinin ortaya çıkmasıyla beraber ise birçok ülkede sürekli gözlem yapan sabit GNSS istasyonları (CORS – Continuously Operating Reference Station) kurulmuştur.

1.2 Tezin Amacı

Bu yüksek lisans çalışmasında CORS-TR ağına ait en yakın referans istasyonuna alıcının uzaklığının artması durumunda konum doğruluğunun ne seviyede değiştiğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Statik ölçüm yöntemi kullanılarak elde edilen koordinatlar ile VRS, FKP ve MAC düzeltme yöntemleri ile elde edilen koordinatların karşılaştırılması yapılarak, hangi düzeltme yönteminin referans istasyonu uzaklığından daha fazla etkilendiğinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Çalışma kapsamında Samsun Merkez CORS istasyonu tercih edilerek bu istasyona belirli aralıklarla sabit noktalar tesis edilmiş ve bu noktalarda altışar saatlik statik ölçümler gerçekleştirilmiştir. Aynı noktalarda farklı düzeltme teknikleri kullanılarak Ağ-RTK ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Referans istasyonuna uzaklığın konum doğruluğuna olan etkisini analiz edebilmek, farklı düzeltme teknikleri kullanılarak elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçümden elde edilen koordinat değerleri karşılaştırılmıştır. VRS, FKP ve MAC yöntemleri kullanılarak yapılan ölçümler her noktada üç farklı günde art arda ölçümler yapılmak suretiyle değerlendirmeye alınmıştır. Statik ölçümlerden elde edilen nokta koordinatlarını kesin koordinatlar kabul ederek, farklı Ağ-RTK düzeltme yöntemleri kullanılarak elde edilen koordinatlardan farkı olarak hesaplanmıştır. Ortaya çıkan farkların değerlendirmesi sonucu referans istasyonundan uzaklaştıkça; farklı Ağ-RTK teknikleri olan VRS, FKP ve MAC yöntemlerinden, VRS yönteminin diğer yöntemlere göre konum doğruluğunun üstün olduğunun tespit edilmesidir.

BÖLÜM 2

UYDULARLA KONUM BELİRLEME

İlk yapay uydu SPUTNIK-1'in 4 Ekim 1957 tarihinde uzaya fırlatılmasıyla uzay jeodezisi bilimi fiilen başlamıştır. Diğer taraftan, günümüzün modern konum belirleme teknolojisi 1960'lı yıllara dayanmakta olup, TRANSIT (DOPPLER veya Navy Navigational Satellite System; NSSS) olarak bilinmektedir. Bu sistem yeryüzünden yaklaşık 1100 km uzaklıkta olan 6 adet uydudan oluşan ve başlangıçta sadece Amerika Birleşik Devletleri (A.B.D) Silahlı Kuvvetleri tarafından askeri araçların koordinatlarının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. 1967 yılından sonra sistem sivil kullanıcıların kullanımına açılmıştır [1], [2], [3], [4].

Hesaplama tekniği, elektronik ve uzay çalışmalarındaki hızlı gelişmeler 1980'li yılların en önemli ürünlerinden biri olan Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)'nin günlük yaşamımıza girmesine neden olmuştur. GPS, TRANSIT sisteminin bazı zayıf yanlarının ortadan kaldırmak üzere geliştirilmiştir. Örneğin, TRANSIT sisteminde bir uydunun aynı enlemden iki geçişi arasında yaklaşık 90 dakikalık zaman farkı vardı. Dolayısıyla ölçme işleminde uydunun iki geçişi arasındaki zaman hesabı için enterpolasyon yapıyordu. Diğer sorun ise, TRANSIT sisteminden elde edilen konumlar birkaç günlük ölçüm neticesinde ancak desimetre doğruluğunda hassasiyete sahipti. TRANSIT sisteminden elde edilen deneyimler sonucunda, hava şartlarından etkilenmeyen, sürekli gözlem yapabilen, süratli ve doğru konum belirlemeye olanak veren bir sistem gereksinimi ortaya çıkmıştır [1], [2], [4], [5].

GPS öncelikle sadece askeri amaçlı (hedef bulma, füze güdümü, arama-kurtarma v.s) kullanılmak üzere TRANSIT sisteminin gelişmiş bir versiyonu olan "NAVSTAR/GPS"(Navigation Satellite Timing and Ranging/Global Positioning System) adı altında ABD Savunma Bakanlığı tarafından yönetilen Joint Program Office (JPO) kurumu tarafından geliştirilmiş olup Defence Program Office (DMA), North Atlantic Treaty Organization (NATO), Amerikan Hava ve Deniz Kuvvetleri, Department of Transportation (DOT), Department of Defence (DOD) gibi birçok kurumun ortak çalışmaları sonucu oluşturulmuştur. Daha sonraları sivil kullanıma açılmıştır. Sivilde kara, deniz, hava araçları navigasyonunda, jeodezik ve jeodinamik amaçlı ölçmelerde, deformasyon ölçmelerinde, araç takip sistemlerinde, turizm, tarım, ormancılık, güvenlik, hidrografik ölçmeler v.s. birçok alanda GPS sistemi kullanılmaktadır. Günümüzde Dünya'nın pek çok ülkesinde kullanımı oldukça yaygınlaşan GPS, artık konum belirlemenin vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Ancak GPS sistemi, Amerika Birleşik Devletleri güdümünde bir sistem olması dolayısıyla ABD'ye bağımlılığı ortadan kaldırmak için Rusya tarafından "GLONASS" ve Avrupa Birliği tarafından da "GALILEO" uydu sistemleri geliştirilmiştir[1], [4], [5], [6].

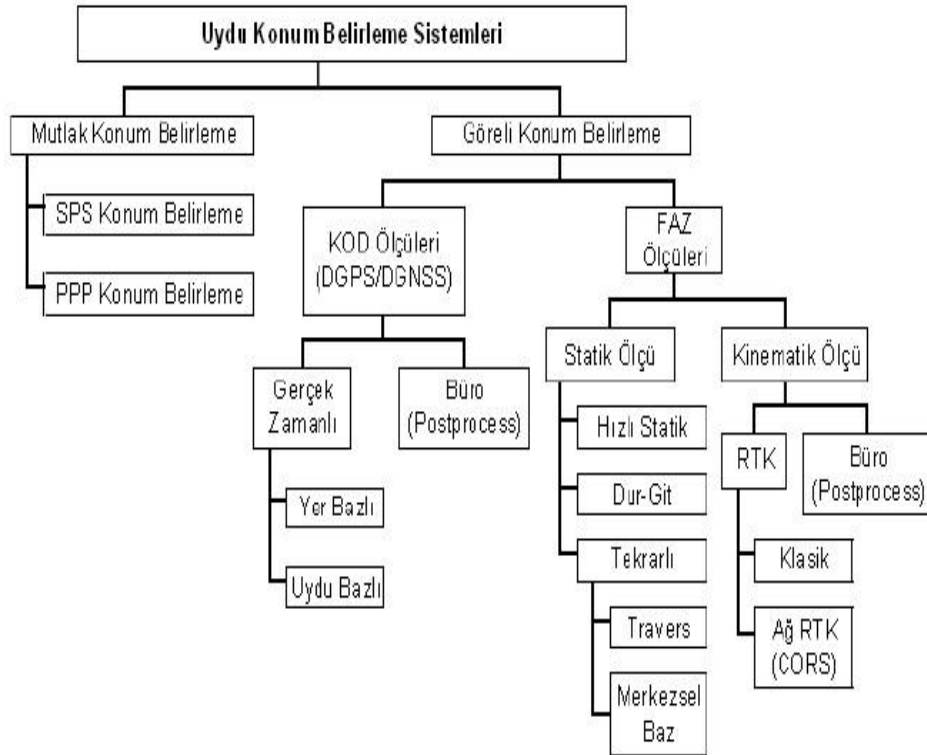
Bu gelişmeler sonucunda, uydularla navigasyon özellikle 2000'li yılların başında hava ulaşımında, güvenlik ve etkinlik açısından gelecek vaat eden bir sistem olmuştur. Ancak GPS ve GLONASS'ın doğasında bulunan bazı kısıtlamalar (uydu saat hatası, atmosferik hatalar, alıcı kaynaklı hatalar vb.) bu sistemlerin başka sistemlerle desteklenmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu yüzden sivil havacılık kuruluşlarının önderliğinde; uydu navigasyon sistemlerinin bütünlüğünün, doğruluğunun ve sürekliliğinin sağlanması için kapsama alanını genişletme amacıyla "augmentation" adı verilen ilave sistemler geliştirmişlerdir. Bu sistemler ABD'de WAAS (Wide Area Augmentation System), Avrupa Birliği'nde EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), Japonya'da MSAS (Multi-Functional Transport Satellite) ve QZSS (Quasi-Zenith Satellite System), Çin'de Beidou/COMPASS ve Hindistan'da da IRNSS/GAGAN (Indian Regional Navigational Satellite System/GPS Aided Geo Augmented Navigation System) adı altında kullanılmaktadır. Bu sistemler günümüzde üç ayrı grup halinde tanımlanmaktadır [1], [3], [7], [8].

Bunlar;

1. Uydu Bazlı Sistemler (SBAS; Satellite Based Augmentation Systems)
2. Yer Bazlı Sistemler (GBAS; Ground Based Augmentation Systems)
3. Yer Bazlı Bölgesel Sistemler (GRAS; Ground Based Regional Augmentation Systems)

Sonuç olarak; WAAS, EGNOS, MSAS ve GAGAN gibi kapsama alanı genişletme (augmentation) ve gerçek zamanlı doğruluk artırma diferansiyel GNSS (DGNSS) sistemleri ayrı bir sınıflama ile uydu bazlı sistemler (SBAS) adını almaktadır. Böylece, uydularla konum belirleme sistemleri (GPS, GLONASS, Beidou/COMPASS, QZSS, IRNSS vd.) ve SBAS birlikte GNSS olarak adlandırılmaktadır [1], [4], [7],[8].

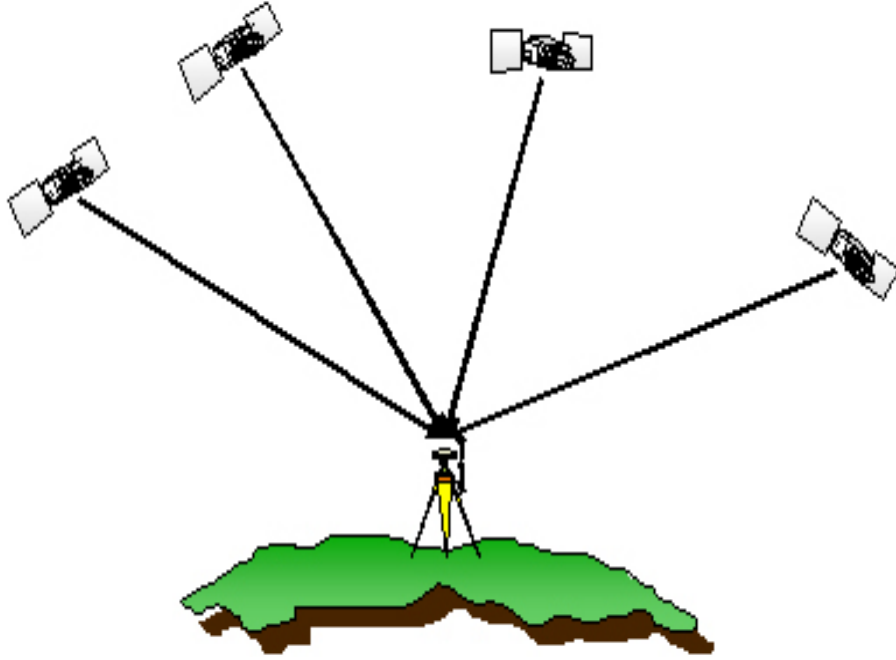
GNSS ile konum belirleme uydu-alıcı uzaklıklarının hesabına dayanan bir üç boyutlu uzaydan geriden kestirme probleminin çözümüdür. GNSS’de ölçülen noktaya, istenen duyarlılığa ve amaca göre farklı ölçme yöntemleri uygulanır. GNSS ile iki ana konum belirleme yöntemi kullanılmakta olup, bunlar mutlak konum belirleme ve bağlı (rölatif/görel) konum belirleme yöntemleridir [1], [2], [5], [6].



Şekil 2. 1 GNSS ile konum belirleme yöntemleri [1], [2], [5], [6]

2.1 Mutlak Konum Belirleme

Mutlak konum belirlemede, tek bir alıcı ile en az 4 adet uyduya eş zamanlı gözlem yapmak suretiyle, alıcının kurulduğu noktanın koordinatları belirlenir. Alıcılar uydu koordinatlarını navigasyon mesajının içeriğinden sağlarlar. Ayrıca uydu ile olan mesafelerini C/A kod ya da P kod gözlemleri ile belirlerler. Mutlak konum belirleme yönteminde doğruluk; modellenmeyen hataların etkisinden dolayı sınırlanmaktadır. Bu yüzden yüksek duyarlık beklenmeyen konum belirlemelerde genellikle kullanılmaktadır. Mutlak konum belirleme iki farklı kullanıcı seviyesinde hizmete sunulmaktadır [1], [8], [9], [10].



Şekil 2. 2 Mutlak konum belirleme yöntemi [8]

2.1.1 SPS (Standard Positioning Service) Konum Belirleme

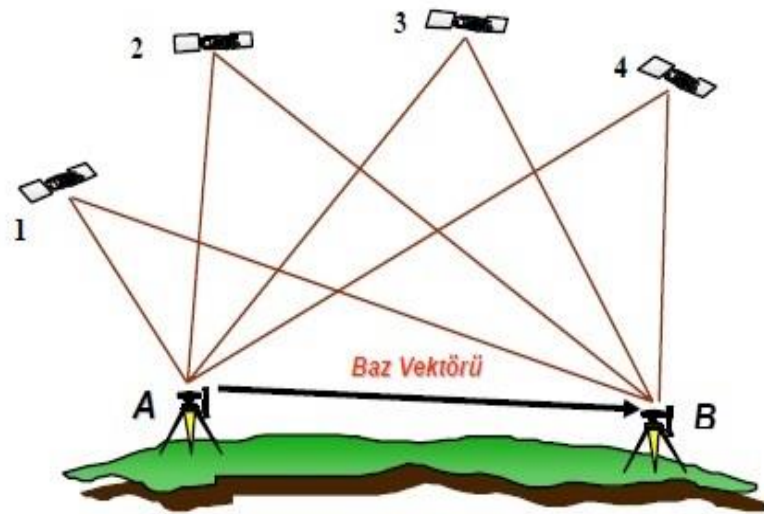
SPS konum belirleme, tek bir alıcıda toplanan C/A kod kullanılarak navigasyon amaçlı çözüm elde edilir. Yatay düzlemde yaklaşık 100 m ve dikey düzlemde yaklaşık 156 m civarında doğruluklar sağlanmaktadır. SPS'nin düşük doğruluk sağlamanın en önemli nedeni SA (Selective Availability) yani seçimli doğruluk erişiminin kullanılmasından kaynaklanmaktaydı. Seçimli doğruluk erişiminin kaldırılmasından sonra SPS ile yaklaşık on kat daha hassas çalışma imkânı doğmuştur [11], [12].

2.1.2 PPP (Precise Point Positioning) Konum Belirleme

Bu yöntem yardımıyla fark alınmamış kod ve/veya taşıyıcı faz ölçüleri de kullanılarak tek bir alıcı ile cm mertebesine varan oldukça yüksek doğruluklarda nokta konumları belirlenebilmektedir. Yöntemden elde edilebilecek doğruluk değerleri, kullanılan veriye (kod/faz, tek frekans/çift frekans) ve ölçme süresine bağlı olarak santimetre ile metre arasında değişmektedir. Tek frekanslı alıcılara toplanan verilerin değerlendirilmesiyle metreler seviyesinde konum doğruluğuna ulaşılabilirken, çift frekanslı alıcılara santimetre ile desimetre mertebesinde doğruluklar elde edilmektedir [13], [14], [15], [16].

2.2 Bağlı (Rölatif/Görel) Konum Belirleme

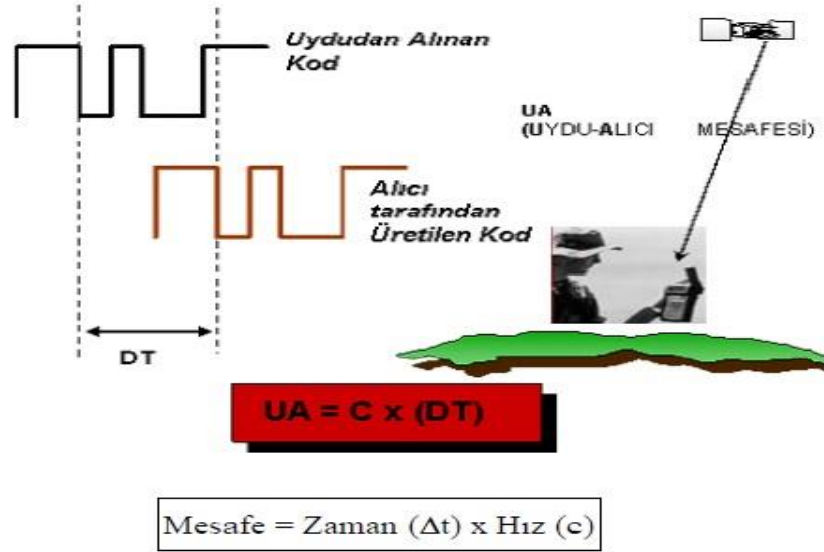
Bağlı konum belirleme yönteminde, iki veya daha fazla GPS alıcısı eş zamanlı olarak aynı uydulara gözlemler yaparak konumlarını belirler. İki alıcıdan bir tanesi referans olarak seçilir ve sabit duran bu alıcının bulunduğu noktanın koordinatlarının hassas olarak bilinmesi gerekmektedir. Gezici olarak bilinen diğer alıcının koordinatları bilinmemektedir. Gezici alıcının koordinatları, eş zamanlı olarak ölçüm yapan alıcıların kayıtlarının çözümlenmesi ile belirlenir. Gezici alıcının sabit olarak bekleme zorunluluğu yoktur, uygulanmakta olan GPS konumlama yöntemine göre değişiklik gösterir [2], [10], [17].



Şekil 2. 3 Bağlı konum belirleme yöntemi [10]

2.2.1 Kod Ölçüleri (DGPS/DGNSS)

Uydudan yayınlanan sinyalin alıcıya ulaşması ile arada geçen zamanın ışık hızı (c) ile çarpılmasıyla elde edilen uydu-alıcı arası uzaklıktır. Uydudan yayınlanan sinyal alıcıya ulaştığında, alıcı aynı şekilde bir PRN kod (Pseudo Random Noise – Yalancı Düzensiz Gürültü) üretir. Her iki PRN kodu maksimum korelasyon sağlanıncaya kadar kaydırılır ve karşılaştırılır. Bu işlem sonucunda arada geçen zaman bulunmuş olur [6], [7], [10], [18].



Şekil 2. 4 Kod ölçümü [7]

2.2.1.1 Gerçek Zamanlı Konum Belirleme

Differential Global Positioning System (DGPS) tekniği, GPS tekniği ile elde edilen konum verisinin doğruluğunu artırmak, GPS'in hata kaynaklarının bir kısmını gidermek ve bir kısmının etkisini azaltmak için uygulanan bir yöntemdir. Uydu hataları iyonosferik ve troposferik gecikmeler, multipath, alıcı saat hatası, yörünge hataları, uydu sinyal doğruluğunun ABD Savunma Bakanlığı'nca azaltılması olarak bilinen ve 1 Mayıs 2000 tarihinde uygulamadan kaldırılan Selective Availability (SA), hata kaynaklarından bazılarıdır. DGPS tekniğinde referans ve gezen alıcı arasındaki korelasyonlu hataların giderilmesi ya da en aza indirilmesi söz konusudur. DGPS'in temelinde, belli bir alan içerisindeki nokta konum hatalarının birbirine benzer olduğu düşüncesi yatar. Yüksek performanslı alıcılarla, koordinatları bilinen noktalarda yapılan GPS ölçüleri kullanılarak hatalar belirlenir ve konumu aranan noktalara düzeltme olarak getirilir [1], [6], [7], [19].

2.2.1.1.1 Yer Bazlı DGPS

Bu sistemde çok küçük bir alanda (örneğin genelde havaalanı çevresinde) birkaç referans istasyonu kurulur. Bu istasyonlarda kaydedilen uydu sinyalleri yardımıyla hesaplanan ham uydu-alıcı uzaklıkları kontrol ve hesap merkezine gönderilir. Kontrol ve hesap merkezinde çok sayıdaki ham uydu-alıcı arasındaki uzaklıklar kullanılarak her bir uyduya olan düzeltmeler hesaplanır. Bu merkezde ayrıca sistem güvenilirliği izlenir ve her bir uyduya ilişkin parametrelerde hesaplanır. Hesaplanan bu parametrelerle sinyal sürekliliği belirli bir uydu geometrisi ve doğruluk seviyesinde kullanıcının isteğine göre belirlenebilmektedir [6], [11], [20], [21].

2.2.1.1.2 Uydu Bazlı DGPS

Bu sistemde çok sayıda referans istasyonu geniş bir coğrafi alana dağılmış durumdadır. Bu referans istasyonları herhangi bir haberleşme kanalıyla (internet, uydu, vb.) kontrol merkezine bağlanmaktadır. Burada, her bir referans istasyonu görebildiği tüm uydulara ilişkin verileri toplar, sinyal kalite kontrol işlemlerini yapmayı takiben bu verileri koordinatları yüksek doğrulukla bilinen kontrol merkezine gönderir. Kontrol merkezinde tüm referans istasyonlarından gelen veriler kullanılarak geniş coğrafi bölgede gözlenen her bir uyduya ait kod ölçüleri düzeltmeleri ve kapsama alanındaki belirli grid aralıklarındaki iyonosferik gecikme miktarları hesaplanır. Daha sonra kullanıcıya gönderilen bu düzeltme değerleri yardımıyla, ölçü anındaki uydu geometrisi ve kullanıcı koordinatlarından yararlanılarak her bir uydu-alıcı mesafesine olan iyonosferik düzeltme kullanıcı tarafından hesaplanır [6], [11], [20], [21].

2.2.1.2 Büro (Post-Process)

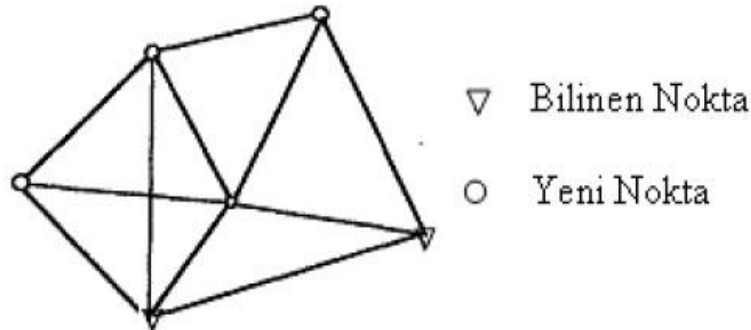
Bazı DGPS uygulamaları, hassas konuma anında gereksinim duymayabilir. Sabit alıcılar tarafından her bir uydu için hesaplanan düzeltme değerleri ve gezici alıcılar tarafından hesaplanan kendi konumları veya doğrudan GPS ölçü değerleri kayıt edilir. Bu veriler, sonradan, referans istasyonda, gezici istasyonun ölçüm yaptığı süre içerisinde kayıt edilen düzeltme verileri ile birleştirilerek, düzeltilmiş veriye ulaşılır. Post-Process DGPS'in en büyük özelliği gözlem sonrası kullanılacak bir yazılıma gereksinim duyulmasıdır [6], [7], [8], [22], [23].

2.2.2 Faz Ölçüleri

Kod gözlemleri ile anında konum belirleme amacı için yeterli miktarda doğruluk sağlanabilmektedir. Bu durum pratik anlamda büyük önem taşımaktadır. Ancak, mühendislik hizmetleri için çok daha duyarlıklı sonuçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden bu tür çalışmalarda faz ölçümleri kullanılmaktadır. Faz gözlemleri kullanılarak yapılan bağıl konum belirlemede genel olarak beş farklı yöntem mevcuttur. Bu yöntemler aşağıdaki başlıklar halinde açıklanmıştır [5], [6].

2.2.2.1 Statik Ölçü Yöntemi

Statik ölçü yöntemi çok yüksek doğruluk istenen ve uzun baz mesafeleri söz konusu olan durumlarda kullanılan klasik bir ölçme tekniğidir. Mevcut uydu geometrisinin başka bir ölçüm tekniğine olanak vermediği durumlarda tercih edilir. Ölçüme etki eden sistematik hataların (örn; iyonosfer ve troposfer etkisi vb.) dikkate alınması durumunda en etkin ölçme yöntemidir. İki ya da daha fazla sayıda alıcı ile en az bir saat eş zamanlı statik ölçüm yapılmalıdır [1], [10], [21].



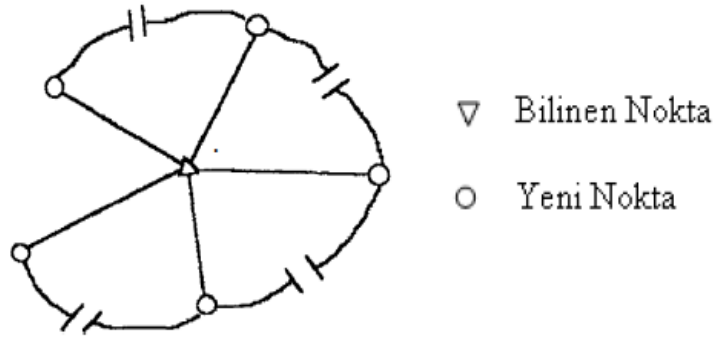
Şekil 2. 5 Statik ölçü yöntemi [1]

Yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesi gibi bilimsel amaçlı çalışmalarda ve çok uzun bazların söz konusu olduğu (plaka hareketlerinin belirlenmesi) yüksek doğruluk gereken durumlarda; ölçü süreleri en az birkaç saat olmak üzere 24 saate kadar belirlenebilmektedir. Statik yöntemle toplanmış ölçüler büroda uygun veri değerlendirme yazılımları (post-process) ile hesaplanabilmektedir [1], [10], [21], [23].

2.2.2.2 Hızlı Statik Ölçü Yöntemi

Hızlı statik ölçü yöntemi, bir çeşit statik ölçme yöntemi olmakla beraber, baz uzunluğuna bağlı olarak kısa süreli gözlemlerle yüksek duyarlıklı sonuçların elde edilmesine olanak verdiği için, ekonomik bakımdan büyük önem taşımaktadır. Hızlı statik ölçüm yönteminde uygun ölçü geometrisi ve sinyaldeki çok yolluluk (multipath) gibi etkilerin minimum olması gerekmektedir [1], [24].

Hızlı statik ölçüm yönteminde, hızlı Başlangıç Faz Belirsizliği (BFB) çözüm tekniği kullanılır. Bu teknik ise her iki frekans üzerinde kod ve faz gözlemlerinin kombinasyonlarını kullanır. Sonuç olarak iki frekanslı alıcılar ve uygun bir uydu geometrisi gerekmektedir. Bu teknik 20 km ile sınırlandırılmaktadır ve doğruluk cm mertebesinde [1], [24], [25].



Şekil 2. 6 Hızlı statik ölçü yöntemi [1]

2.2.2.3 Kinematik Ölçü Yöntemi

Kinematik ölçü yönteminde bağıl konumlandırma esasına göre, bir alıcı referans noktasında sürekli sabit kalırken, diğer alıcı hareketli olarak veya rastgele seçilmiş epoklarda konum belirlemesi yapmaktadır. Burada en önemli unsur tamsayı bilinmeyeninin çözülmesidir. Bu bakımdan başlangıçta bir müddet statik ölçü yapılmalıdır. Hareketli alıcıda uydu sayısı 4'ün altına düştüğü takdirde tamsayı bilinmeyeni yeniden belirlenmelidir [1], [4], [21].

Bu yöntem genellikle kısa bazlı poligon kenar ölçümleri, nokta aplikasyonu, güzergâh belirlenmesi, hidrografik ölçmeler ve hâlihazır detay ölçümlerinde kullanılmaktadır. Kod ve faz ölçülerinin her ikisinin de kullanılabilirdiği bir yöntem olup, faz ölçülerinin kullanılması durumunda hassas kinematik ölçüm yöntemi, kod ölçülerinin kullanılması

durumunda ise diferansiyel GPS ölçüm yöntemi (DGPS) olarak adlandırılır. Kinematik ölçüm yöntemi iki farklı şekilde kullanılabilir. Bunlar gerçek zamanlı kinematik ölçüm yöntemi ve post processing kinematik ölçüm yöntemidir [1], [6], [25].

2.2.2.4 Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic – RTK) Ölçü Yöntemi

Gerçek zamanlı kinematik (RTK) ölçüm yöntemi Diferansiyel GPS ölçüm yöntemi ile prensip olarak aynıdır. Ancak bu yöntemde taşıyıcı dalga faz gözlemleri kullanılır. Bu yüzden Gerçek zamanlı kinematik (RTK) ölçüm, diferansiyel GPS'e göre daha hassas sonuçlar verir. RTK sistemi, konumu bilinen bir noktada bulunan referans istasyonu ile yeni noktaların konumunu belirleyecek olan gezici alıcılardan oluşur. Gezici alıcılar faz gözlemleri gerçekleştirmesi ve referans istasyonlarından gelen düzeltme verilerini alması sonucu, gezici alıcının konumunu anlık olarak belirler. Bu yöntemin dezavantajı referans istasyonu ile gezici alıcı arasındaki mesafeye bağımlılık (yaklaşık 10-15 km) ve hassas sonuç alınabilmesi için en az 5 uydudan sinyal alınması zorunluluğu mevcuttur [20], [26], [27].

Gerçek zamanlı kinematik (RTK) ölçü yöntemi Klasik(Standart) RTK ve Ağ-RTK olarak iki farklı yöntemde kullanılmaktadır. Bölüm 3'te bu yöntemlerden detaylı olarak bahsedilecektir.

2.2.2.5 Post-Processing Kinematik Ölçü Yöntemi

Kinematik yöntemde bir güzergâh tespit edilmekte ve bu güzergâh üzerinde belirli zaman aralıkları ile nokta konumları belirlenmektedir. Burada tamsayı faz belirsizliğinin çözülmesi esastır. Bu nedenle diğer alıcı gezdirilmeye başlanmadan önce faz belirsizliği bilinmeyenlerinin çözümü için yine alıcılardan biri konumu bilinen bir noktaya, diğer alıcı ise herhangi bir noktaya kurulur. Gezici alıcıdaki veriler anlık olarak değerlendirildiğinde ortaya çıkan durum RTK GNSS, verilerin daha sonra büroda GNSS yazılımları ile kinematik durumda değerlendirilmesi ise post processing kinematik olarak adlandırılır [11], [18].

GNSS AĞLARINDA GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK KONUM BELİRLEME

Geçtiğimiz son on yılda gerçek zamanlı olarak yüksek doğruluklu konum belirlemeye yönelik önemli gelişmeler olmuştur. Burada gerçek zamanlı konumlama tanımlamasından ölçülerin yapıp referans alıcıdan verilerin arazideki (gezici) alıcıya gönderilmesi (VHF veya UHF radyo frekansları, GSM telefonları veya uydu iletişim bağlantıları aracılığıyla) ve arazide doğruluklu konumların elde edilmesi anlaşılmaktadır. Gerçek zamanlı konumlama GPS alıcısı hareketliyken de mümkün olabilmektedir. Bu tür sistemlere gerçek zamanlı kinematik ya da kısaca GZK sistemleri (Real Time Kinematic – RTK) denilmektedir. Mühendislik ölçmeleri gibi zaman ve doğruluğun önemli olduğu uygulamalarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Diferansiyel GPS (DGPS) yöntemi ile de anlık konumlama olanağı olmasına rağmen kod ölçülerinin kullanılması sebebiyle doğruluğu $\pm 1-5$ m civarındaydı ve bu yüzden genellikle navigasyon amaçlı çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu yüzden hassas konumlama isteyen mühendislik çalışmalarında tercih edilmemektedir [25], [26], [28].

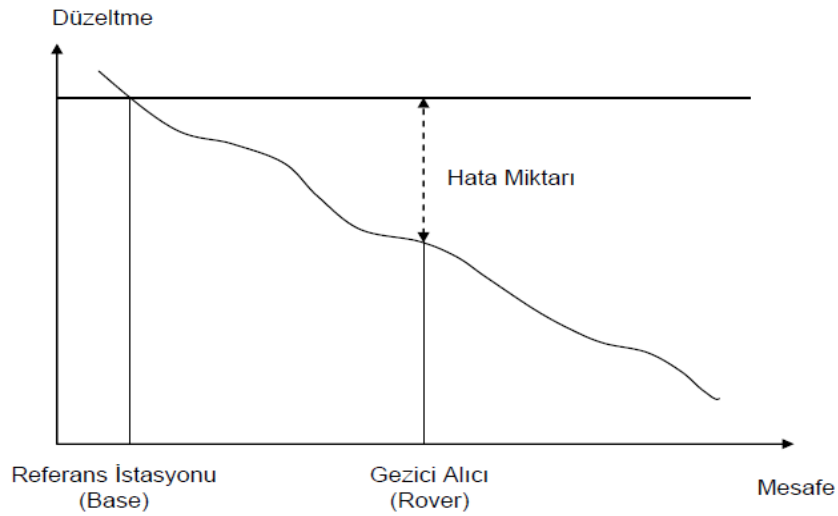
Gerçek zamanlı konumlamaya yeni bir anlayış getiren RTK, taşıyıcı dalga faz gözlemlerini kullanarak santimetreler mertebesinde doğrulukla konum bilgisi elde edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede geniş kullanım alanı bulmuş olan RTK; hâlihazır harita yapımında, imar uygulamalarında, kanal ve boru hattı projelerinde, nesne davranış belirlemede, araç takibinde, yol projelerinde, kent bilgi sistemi projelerinde, aplikasyon işlerinde v.b. hızlı ve doğru sonuçlar elde edilmesi nedeniyle sıklıkla kullanılabilir [28], [29], [30].

Gerçek zamanlı kinematik konumlamada Klasik (Standart) RTK ve Ağ yapısında RTK olmak üzere iki farklı yöntemle sonuca ulaşılabilmektedir. Gezici alıcı tek bir referans istasyonundan gelen bilgileri kullanıyorsa Klasik(Standart) RTK ile konumlama; birden çok referans istasyonundan elde edilen bilgiler kullanılıyor ise Ağ-RTK ile konum belirleme olarak adlandırılmaktadır.

3.1 Klasik (Standart) RTK

Klasik (standart) RTK ile konum belirleme, gezici alıcılar tarafından uydulardan kaydedilen faz gözlemlerine ve aynı anda referans istasyondan gerçek zamanlı olarak gezici alıcıya gönderilen; ham ölçü ya da düzeltme bilgilerine dayalı olarak gerçekleştirilen, hesaplamaların ise genelde gezen alıcıda yapıldığı bir konum belirleme tekniğidir. Konumu yüksek doğrulukta bilinen referans istasyonu ile bu istasyona en fazla 10-15 km uzaklıkta bulunan bir ya da daha fazla sayıda gezen alıcının olması gerekmektedir [20], [21], [26], [29].

Tek referans istasyonu kullanılan bu yöntemde performansı ve konum doğruluğunu etkileyen en önemli etken referans istasyonu ile gezici alıcı arasındaki uzaklıktır. Referans istasyonundan uzaklaştıkça düzeltme verilerinin iletimi azalmakta dolayısıyla yörünge hatası ve atmosferik hatalar gibi konum doğruluğunu etkileyen önemli hata kaynaklarının etkisi artmaktadır. Klasik RTK tekniğinde mesafeye bağımlı hatanın grafiksel gösterimi Şekil 3.1’de görülmektedir [20], [26].



Şekil 3. 1 Klasik RTK tekniğinde mesafeye bağımlı hata [20]

Referans istasyonu arazideki gezen alıcılara düzeltme bilgilerini herhangi bir iletişim vasıtasıyla (UHF-VHF telsizler, cep telefonu, uydu haberleşmesi vb. yöntemle) gönderir. Veri aktarma amacıyla kullanılacak telsizlerin birbirini görmesi ya da arada bir aktarıcı bulunması sistemin performansını etkileyen önemli bir gerekliliktir. Gezen alıcıda ise belirsizlik (ambiguity) çözümü ve alıcı konumunun hesabı gerçekleştirilir. Klasik RTK tekniğinde, tek referans-tek gezen alıcı arasındaki tek bazın hesabı söz konusu olduğundan fazla ölçü ve dolayısıyla kontrol bulunmamaktadır [20], [21], [29].

RTK tekniği, DGNS tekniği gibi anlık konumlama olanağı sağlayan bir görelî konum belirleme tekniğidir. Bu iki yöntem arasında genel farkları özetleyecek olursak;

- RTK tekniğinde faz başlangıç belirsizliği (ambiguity) çözümü yapılmadan, ölçüme başlanmaz. Ancak DGNS’te kod ölçüleri kullanıldığı için böyle bir zorunluluk yoktur.
- Başlangıç ölçüsü (initialization) için RTK tekniğinde en az 5 uydu gerekmektedir. Ölçüye başlandıktan sonra 4 uydu ile devam edilebilir. DGNS tekniğinde ise iki boyutta konum (enlem, boylam) belirlenecek ise 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 uygulamalarında çift frekanslı alıcılar kullanılmalıdır. DGNS uygulamalarında ise tek frekanslı alıcılar yeterli olmaktadır.
- RTK ile cm mertebesinde doğruluk elde edilirken DGNS tekniğinde metre ya da desimetre mertebesinde doğruluk elde edilir.
- RTK tekniğinde en fazla 10 km yarıçapında bir bölgede referans alıcısı olmalıdır. DGNS’de ise bölgesel ya da global yayın yapan servisler (radio beacon, uydular vb.) mevcuttur. Başka bir ifadeyle, gerek DGNS gerekse RTK tekniğinde elde edilecek doğruluk, referans istasyonu ile gezen alıcı(lar) arasındaki uzaklığa bağlı olarak (atmosferik etkiler ve yörünge doğruluğu nedeniyle) değişmektedir. DGNS sisteminde bu uzaklığın birkaç yüz km’yi, RTK’da ise 10-15 km’yi geçmemesi hedeflenir [8], [20], [21], [29].

Klasik (standart) RTK ölçümü anlık konulamada etkin bir yöntem olmasına rağmen tek bir referans istasyonundan sınırlı uzaklıkta ölçüm yapılabilmesi, referans istasyonuna

alıcı kurulumunda oluşabilecek potansiyel hatalar (atmosferik hatalar vb.), iletişim, güç kaynağı gibi nedenlerden dolayı sınırlamalar bulunmaktadır. Bu nedenle Ağ RTK tekniği araştırılmış ve geliştirilmiştir.

3.2 Ağ RTK Tekniği

Klasik RTK tekniğinde tek referans istasyonu ile çalışılmasından dolayı bazı kısıtlamalar mevcuttur. Klasik RTK'daki bu kısıtlamaları ortadan kaldırmak ve bu tekniğin daha güvenilir ve doğru sonuçlar vermesini sağlamak için çok sayıda referans istasyonu kurulması düşüncesi ortaya çıkmıştır. Ağ yapısındaki ölçülerde çok sayıda noktada tekrarlı gözlemler yapılmakta ve hatalardan arındırılmış ölçüler ile ağ dengelemesi yapılmaktadır. İstatistik analizlerle kaba hatalı ölçüler ayıklanır ve sistematik etkiler daha iyi modellenir. Bu sayede yüksek doğruluklu ve güvenilir koordinatlar elde edilmektedir [20], [26], [31].

Ağ RTK sisteminde hesaplanan düzeltmeler, jeodezik ağ yapısına sahip, sürekli gözlem yapan sabit GNSS ağlarına dayalı olarak hesaplanmaktadır. Böylece gezici alıcının olduğu bölgeyi kapsayan ağ noktalarından yararlanılarak, atmosferik etkilerin neden olduğu hatalar ve yörünge hatası gibi hata kaynakları modellenerek elimine edilmekte ve 100 km baz mesafesine varan uzunluklarda cm mertebesinde konum doğruluğuna ulaşmak mümkün olmaktadır [20], [31], [32], [33].

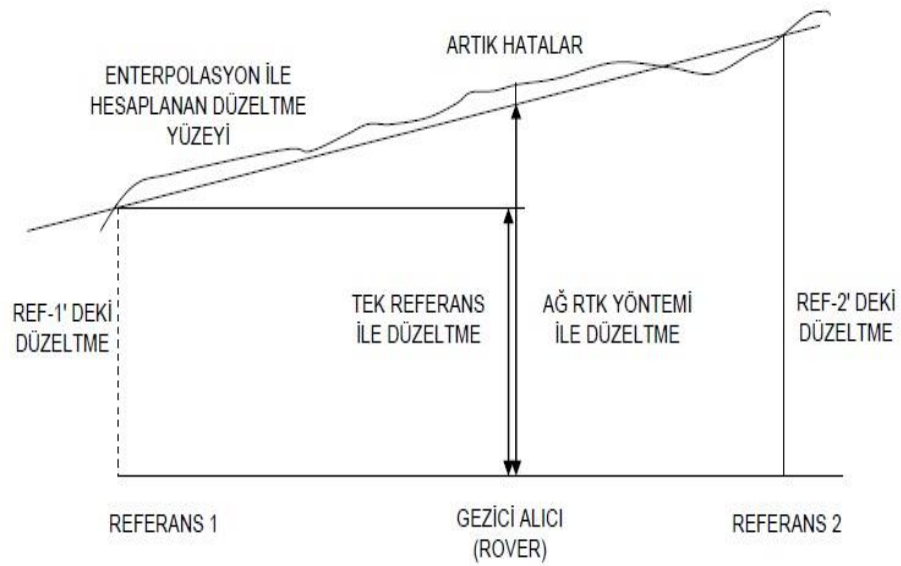
Ağ-RTK tekniğinin standart RTK tekniğine göre bir üstünlüğü de saniyeler mertebesinde bir süre içerisinde gerçekleşen faz belirsizliği (ambiguity) çözümü örnek verilebilir. Hata kaynakları çok sayıdaki referans istasyonu verilerinden yararlanarak yüksek doğrulukta modellendiği için geriye kalan tek bilinmeyen olan faz belirsizliği, yüksek güvenirlikte ve kısa sürede çözülebilmektedir. Çözümde daha fazla uydu kullanılırsa, bulunan belirsizlik oranı doğruluğu daha yüksek ve çözüm daha hızlı olur [20], [31], [32], [33].

Ağ-RTK tekniğinin klasik RTK'ya göre üstünlüklerini özetleyecek olursak;

- Tek anlamlı ve homojen bir koordinat sisteminde ölçü yapılmaktadır,
- Uzaklığa bağlı ölçeklendirme sorunu ortadan kalkmıştır,

- Tüm ağ için oluşturulan atmosferik (iyonosfer ve troposfer) modelden yararlanılarak, her bir ölçü noktası için gerekli düzeltmeler enterpole ile hesaplanabilmektedir,
- Yüksek kalitede sonuçlar elde edilmektedir,
- Etkin ve performansı yüksektir,
- Veriler ülke uzay referans datumunda (örn; ITRF, WGS84 vb.), sürekli, gerçek zamanlı ve arşivlenerek sağlanmaktadır,
- Hizmet sunumu söz konusudur,
- Referans istasyonları bir kere kurulmaktadır,
- Modellenen ağda kullanıcılara sağlanan doğruluk seviyesi sabittir [20], [26], [29], [32], [33].

şekil 3.2'de, Ağ RTK tekniğine temsilen verilen grafikte görüldüğü gibi 2 referans istasyonunda hesaplanan düzeltmelerin, alıcının bulunduğu konuma göre enterpolasyonu yapıldığında, sonucun klasik RTK tekniğine göre daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir. Ağ RTK tekniğinde referans istasyonlarına ait gözlemler kullanılarak ağ düzeltmeleri hesap merkezinde hesaplanmakta ve kullanıcılara (gezici alıcılara) çeşitli iletişim teknikleriyle gönderilmektedir [3], [4], [20], [26].



şekil 3. 2 Ağ RTK yönteminde düzeltmelerin enterpolasyonu [20]

3.3 Ağ RTK Verisi Aktarma Yöntemleri

Veri protokolleri, kullanıcıya verilerin hangi düzende ve formatta iletileceğini belirleyen standarttır. Uygulama sırasında yapılan çalışmaya uygun olmayan protokol seçilmesi eksik veri elde edilmesine neden olabilir. Bu yüzden veri protokolleri büyük önem arz etmektedir. Sabit GNSS ağlarının kurulmasıyla beraber; elde edilen veriler telsiz (radyo modem), uydu kanalıyla, internetle diğer kullanıcılara servis edilmesi GNSS tabanlı standart veri formatı oluşturulmasını sağlamıştır. Gerçek zamanlı bir veri aktarma protokolü olmamasına rağmen RINEX formatı, en sık kullanılan standart veri formatına örnek olarak verilebilir [20], [34].

Günümüzde GNSS alıcısı üreten firmalar genelde kendi özel formatlarını (binary) kullanmaktadır (Örn; TOPCON TPS, JAVAD JVS, TRIMBLE CMR vb.). Bununla birlikte tüm kullanıcılara açık olan firma protokolleri ile uluslararası protokoller de mevcuttur. Veri aktarma protokollerini üç ana başlık altında inceleyebiliriz. Bunlar;

- Üretici firma tanımlı protokoller,
- İnternet protokolleri,
- Uluslararası standart protokoller [20], [34], [35].

3.3.1 Üretici Firma Tanımlı Protokoller

GNSS alıcısı üreten firmaların kendilerine özel veri aktarma protokolleri bulunmaktadır. Bazı durumlarda, farklı tip GNSS alıcısına veya uygulamaya yönelik olarak üretici firmalara birden fazla protokol de oluşturulabilmektedirler. Bazı GNSS alıcısı üreten firmaların kullandığı protokol isimleri çizelge 3.1’de verilmektedir [20], [34], [35].

Çizelge 3. 1 Üretici firma veri aktarma protokolleri [20]

Üretici Firma	Veri Aktarma Protokolü
TOPCON	TPS
AOA	ConanBinary, TurboBinary
ASTECH	MBEN/PBEN, DBEN
JAVAD	JVS
U-Blox	MBX
LEICA	LB2
TRIMBLE	RT17, TSIP, CMR/CMR+
JPL	SOC

Protokoller, bazı firmalarda standart özellik olarak sağlanırken, bazı firmalar ise kullanıcı isteğine bağlı olarak sağlanmaktadır. Söz konusu protokoller standart olarak “binary” formatta yayınlanmakta, bazı firmaların protokolleri ise ASCII formatta da mevcuttur. Sabit GNSS ağlarında kullanılan alıcıların aynı marka ve model olması bazen mümkün olmamaktadır. Ekonomik veya pratik tercihler nedeniyle bu ağlarda genellikle iki ya da üç farklı marka alıcı kullanabilmektedir. Özellikle kullanıcılar kendi tercihlerine göre seçtikleri gezici alıcıları kullanmasından dolayı piyasada bulunan çok sayıda farklı marka alıcı kullanılmaktadır. Bu durum sabit GNSS ağlarında kullanılan yazılımların birden fazla protokolü desteklemesi gerektiğini ortaya koymaktadır [20], [34], [35].

3.3.2 Uluslararası Standart Protokoller

Bu protokoller tüm kullanıcılara açık olup genelde bütün firmalar tarafından kullanılmaktadır. Bu protokollerin en temel özelliği yalnızca tek taraflı iletişim ile kullanılmasıdır. Başka bir ifadeyle gezen alıcılarla karşılıklı bağlantı veya iletişim söz konusu değildir [20], [34], [35].

Uluslararası standart protokolleri dört ana başlık altında incelemek mümkündür. Bunlar;

1. NMEA 0183: Ulusal Denizcilik Elektroniği Birliği'nin (National Marine Electronics Association) kısaltması NMEA olan protokolüdür. Adından da anlaşılacağı üzere özellikle

denizcilikte kullanılan elektronik cihazlar arasındaki veri hızlarının uyumsuzluklarını gidermek için oluşturulmuş standarttır. Genelde navigasyon çalışmalarında tercih edilmektedir. RTK çalışmaları için uygun değildir. Formatı ASCII'dır [20], [34], [36].

2. CMR/CMR+ : Trimble firması tarafından 1990'lı yıllarda geliştirilmiş bir veri protokolüdür. Günümüzde birçok GNSS alıcısı üreten firma tarafından kullanılmaktadır. İlk olarak CMR formatı oluşturulmuş olup daha sonra geliştirilerek CMR+ formatı elde edilmiştir. RTK kullanıcıları için RTCM 2.0'a alternatif olarak geliştirilmiştir. RTCM 2 protokolüne göre daha fazla bant genişliği sağlar [20], [34].

3. BINEX (BINary Exchange): GNSS ve SBAS tabanlı kullanımlar için binary formatta protokoldür. RINEX'te mevcut bilgilere ek olarak IONEX, SP3, SINEX ve diğer GNSS verilerini kapsayacak şekilde geliştirilmiştir [20].

4. RTCM SC104: Denizcilik Hizmetleri için Radyo Teknik Komisyonu (The Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM)) tarafından geliştirilmiş gerçek zamanlı veri aktarımı için uluslararası bir standarttır. Binary formatındadır. RTCM'nin bugüne kadar yayınladığı 8 değişik standart vardır. Bunlar; DGPS için RTCM 2.0, RTCM 2.1, DGNSS için RTCM 2.2, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1, NTRIP 1.0 ve NTRIP 2.0'dır.

RTCM 2.0, RTCM formatının en eski versiyonu olup DGPS uygulamaları için kullanılır. Faz bilgileri içermediğinden RTK uygulamaları için uygun değildir. 1993 yılında geliştirilen RTCM 2.1 ise DGPS için kod ve faz düzeltmesi sağlama sebebiyle RTK uygulamaları için uygundur. 1998 yılında geliştirilen RTCM 2.2 ile GLONASS uyduları da kullanıma dahil edilmiştir. 2001 yılında geliştirilen RTCM 2.3 ise anten tanımlaması ve anten seri numaraları içeren 23 no'lu mesaj ve referans istasyonu anteni ARP koordinatları ile isteğe bağlı anten yüksekliği bilgilerini içeren 24 no'lu mesaj ile tanımlanmıştır [20], [34], [35], [37].

RTCM 2.x sürümlerindeki veri yapısından kaynaklanan olumsuzları gidermek, RTK uygulamalarını geliştirmek ve ağ RTK'yi desteklemek amacıyla RTCM 3.x sürümünün ilki olan RTCM 3.0 tasarlanmış ve 2004 yılında yayınlanmıştır. RTCM 3.0, gelişmiş veri yapısı ve veri iletimi süresince kullandığı etkin bant genişliği nedeniyle özellikle RTK uygulamaları için büyük yarar sağlamıştır. 2006 yılında hizmete sunulan RTCM 3.1, Ağ RTK uygulamaları için geliştirilmiş bir formattır. RTCM 3.1 formatı, GPS/GLONASS

yörünge bilgileri ile MAC tekniği için Ağ RTK uygulamalarında kullanılacak yeni mesaj türleri içermektedir [20], [34], [35], [37].

Çizelge 3. 2 RTCM 3.0 formatının içeriği [20]

Mesaj	Açıklaması
1001	Tek frekanslı (L1) GPS RTK Ölçüleri
1002	İyileştirilmiş L1 GPS RTK Ölçüleri
1003	L1 & L2 GPS RTK Ölçüleri
1004	İyileştirilmiş L1 & L2 GPS RTK Ölçüleri
1005	RTK referans istasyonu anten ARP
1006	RTK referans istasyonu anten ARP + anten yüksekliği
1007	Anten tanımlayıcı
1008	Anten tanımlayıcı + seri numarası
1009	Tek frekanslı (L1) GLONASS RTK Ölçüleri
1010	İyileştirilmiş L1 GLONASS RTK Ölçüleri
1011	L1 & L2 GLONASS RTK Ölçüleri
1012	İyileştirilmiş L1 & L2 GLONASS RTK Ölçüleri
1013	Sistem Parametreleri
1019	GPS Uydu Yörünge Bilgileri
1020	GLONASS Uydu Yörünge Bilgileri

3.3.3 İnternet Protokolleri

Günümüzde internet teknolojisinin oldukça gelişmesi veri aktarımında internetin etkin rol oynamasını kaçınılmaz hale getirmiştir. GNSS ağlarında internet teknolojisinin kullanılması internet protokollerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu protokoller NTRIP ve RT-IGS protokolleridir [20], [34].

3.3.3.1 NTRIP Protokolü

Bir GNSS formatı olmayıp, GNSS verilerinin internet üzerinden nasıl yayınlanacağını tanımlayan tüm kullanıcılara açık bir uygulama protokolüdür. NTRIP, RTCM tarafından kullanılması önerilen bir standarttır. Tanımındaki "RTCM" kelimesinin tersine yalnızca RTCM mesaj formatı ile sınırlandırılmış olmayıp, her türlü GNSS verisinin yayınlamasında

kullanılabilmektedir. NTRIP, http tabanlı çalışır ve veri aktarımında TCP (Transmission Control Protocol) kullanır. Bu protokol özellikle aktif GNSS ağlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. GSM, GPRS, EDGE ve UMTS gibi IP ağlarını desteklemektedir. Bu protokolün kullanımıyla birlikte veri aktarımındaki eksiklikler ortadan kalkmış, toplu kullanımları desteklemesi yönünden etkin kullanım alanı sağlamıştır. Örneğin, aynı anda binlerce kullanıcıya yüzlerce sunucudan veri gönderilebilmektedir. TCP/IP kullandığı içinde herhangi bir hareketli IP ağına veri gönderebilmekte, bu da kinematik uygulamalar için önemli bir avantaj sağlamaktadır [20], [34], [38].

3.3.3.2 RT-IGS Protokolü

IGS tarafından geliştirilmekte olan bu yeni protokol, diğer GNSS veri formatlarının aksine tek anlamlıdır ve mesaj sıklığı da; meteorolojik parametreler için 15 dakikada bir, istasyon bilgileri için saatte bir, gözlemler için saniyede bir, yörünge bilgisi için istendiğinde belirtilmektedir [20], [34], [35].

Dört bilgi yayınlanması programlanmıştır;

1. İstasyon bilgileri (saatte iki kez)
2. Gözlemler (her saniye)
3. Atmosferik parametreler (her beş dakikada)
4. Efemeris bilgileri (hesaplandığında) [20].

RT-IGS verilerinin yayınlanmasında UDP (User Datagram Protocol) kullanılmaktadır. UDP'nin iyi tarafı veri akışı için alt ağlarda daha hızlı ve etkin sonuçlar vermesi; kötü tarafı ise iletilen mesaj belirli bir düzen içerisinde dağıtılmadığından mesajın kalitesi, güncelliği ve doğruluğu güvenilir değildir [20], [34], [35].

3.4 Ağ RTK Verisi Aktarma Yöntemleri

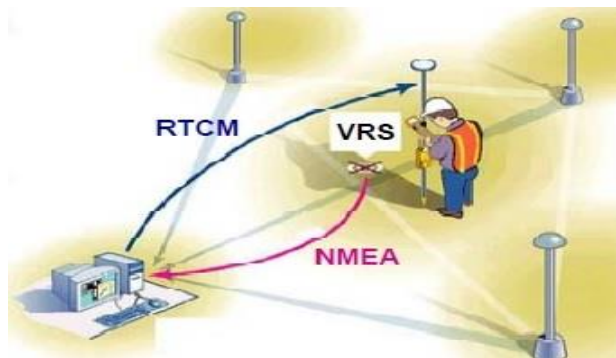
Ağ RTK tekniğinde; tüm bölgeyi ağ yapısı ile kapsayan, koordinatları hassas olarak bilinen sürekli gözlem yapan sabit referans istasyonları sayesinde tüm hata kaynakları (uydu saat hataları, uydu yörünge hatası, atmosferik gecikmeler, yansıma kaynaklı hatalar ve anten faz merkezi hatası gibi) ağ genelinde ele alınmakta ve modellenmektedir. Sabit

istasyonların kontrol merkezinde hesaplanan düzeltme verileri, gezici alıcılara gerçek zamanlı ve sorunsuz olarak aktarılmaktadır. Ağ RTK uygulamalarında kullanıcılara düzeltme gönderilmesinde kullanılan yöntemler gözlem uzayının modellenmesini sağlamaktadır. RTK ağ düzeltmelerinin gözlem uzayında modellenmesi, referans istasyonlarında hesaplanan düzeltmelerin gezen alıcılar tarafından kullanılması ile gerçekleştirilir. Gözlem uzayının modellenmesini sağlayan ve Ağ-RTK kapsamında kullanılan veri aktarma yöntemleri üç ana başlık altında aşağıdaki şekilde incelenebilir [20], [29], [39].

3.4.1 Sanal Referans İstasyonu Yöntemi (VRS – Virtual Reference Station)

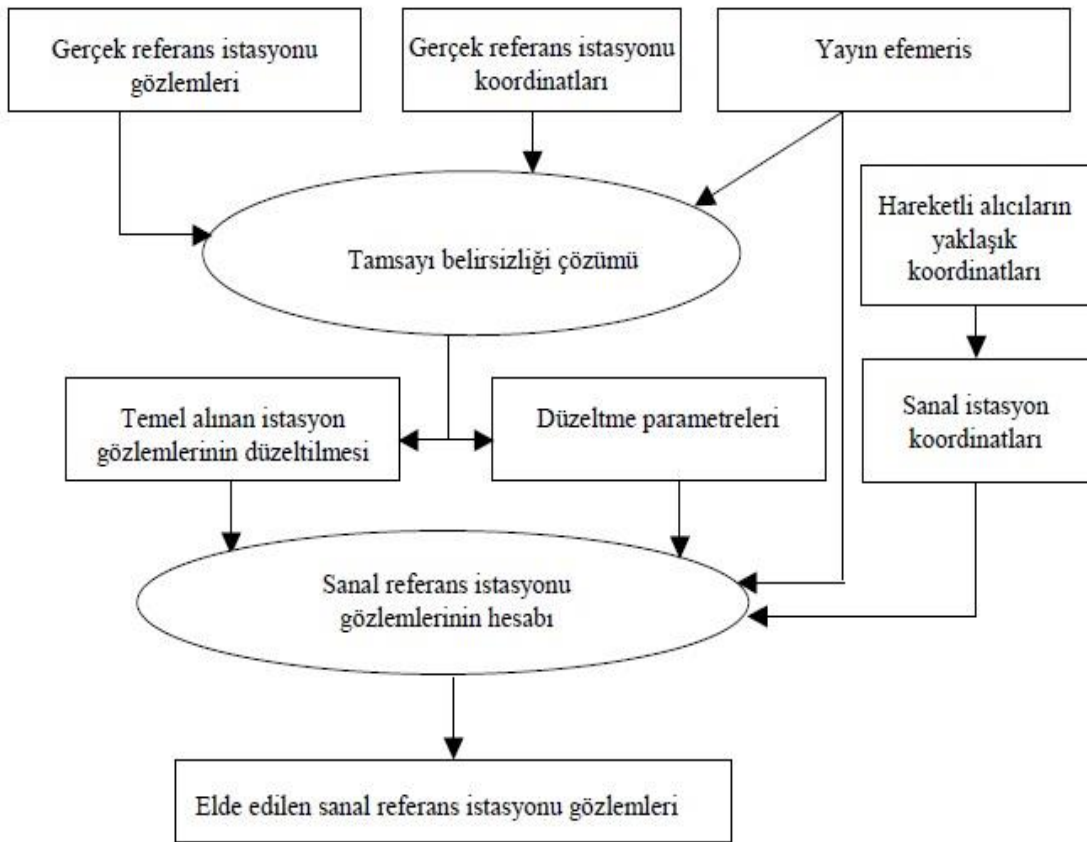
Bu yöntemin esası, çalışma bölgesini kaplayan referans istasyonları verilerini kullanarak oluşturulan sanal bir referans istasyonuna göre hareketli alıcıların konumunun belirlenmesine dayanmaktadır. Bu işlemde hareketli alıcının konumu yaklaşık olarak bilinmelidir. Bunun için kod ölçüleri yeterlidir. Sanal referans istasyonu hareketli alıcının yakınında oluşturulur. VRS yönteminde referans istasyonlar arasındaki mesafe 80 km'ye kadar ulaşmaktadır [20], [39], [40].

VRS tekniğinin uygulanması için ağ sunucusuna bağlı en az üç referans istasyonu gereklidir ve gezici alıcı iki yönlü iletişim kapasitesine sahip olmalıdır. Gezici alıcı yaklaşık konumunu belirledikten sonra kontrol merkezine NMEA (National Marine Electronics Association) formatında konum verilerini iletir. Kontrol merkezi bu yaklaşık konumu kabul ederek, yeni sanal referans istasyonuna ilişkin düzeltme verilerini hesaplar ve RTCM formatında gezici alıcıya iletir. Gezici alıcı da standart RTK algoritmaları kullanarak kesin konumunu elde eder [20], [39], [41].



Şekil 3. 3 VRS'nin çalışma prensibi [42]

Referans istasyonları aynı zamanda troposfer ve iyonosferi modellemek için kullanılır. Sanal referans istasyonu gözlemlerinin elde edilmesi şekil 3.4’de özetlenmektedir [43].



Şekil 3. 4 Sanal referans istasyonu gözlemlerinin elde edilmesi [43]

Eğer hesaplamaların talep üzerine tek bir kullanıcı için yapılması istenmiyorsa ve belirlenen bir grid alan için geçerli düzeltme modelleri isteniyorsa bu durumda Sanal Referans Hücre (VRC: Virtual Reference Cell) yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde VRS kullanılmamakta, gezen alıcı hangi grid aralığına hareket ederse o bölgeye ait düzeltmeler yayınlanmaktadır. Burada, grid alandan çok sayıda veri kümesi aktarılır ve gezen alıcı en yakın VRS verilerini seçerek kullanır. Bu yöntemde VRS yönteminde olduğu gibi kullanıcı sayısı sınırlaması yoktur. Gezen alıcı ile hesap ve kontrol merkezi arasında karşılıklı iletişim hattına gereksinim bulunmamaktadır. Ancak, elde edilecek konum doğruluğu VRS yöntemine göre daha düşük olacaktır. Sonuç olarak VRC yönteminin daha çok WADGPS ağlarında kullanımı uygundur [20], [42], [43].

VRS tekniğinin bazı avantajlarını ve özelliklerini özetleyecek olursak:

- TUSAGA istasyonlarından veriler hesap ve kontrol merkezine 1 saniye aralıklarla aktarılır.
- Gezen alıcı kendi yaklaşık konumunu (± 100 m) kontrol ve hesap merkezine gönderir (NMEA formatında).
- Hesap ve kontrol merkezinde gezen alıcının hangi üçgen içerisinde olduğu belirlenir ve gezen alıcının yaklaşık koordinatları kullanılarak VRS verisi hesaplanır.
- VRS verileri RTCM formatında gezen alıcıya gönderilir.
- Gezen alıcıda standart RTK çözümü yapılarak konumu belirlenir.
- Gezen alıcı VRS verilerinden yararlanarak hesapladığı konumunu tekrar kontrol ve hesap merkezine gönderir ve yukarıda anlatılan işlemler tekrarlanır [20], [40], [41], [42], [43].

VRS sisteminin birçok avantajlı tarafları bulunmasına rağmen olumsuz tarafları da bulunmaktadır. Bunları kısaca şu şekilde sıralanabilir:

- Referans istasyonları ile gezen alıcılar arasında iki taraflı veri iletişim hattının kurulması zorunluluğu (GSM, GPRS vb.),
- Yapılan enterpolasyon işlemi ve dolayısıyla VRS istasyonu verilerinin güvenilirliği ile bilgi verilmemesi,
- Sunucu (server) kapasitesi nedeniyle eş zamanlı kullanıcı (gezen alıcı) sayısında sınırlama bulunmasıdır [20], [39], [40], [42] .

VRS yönteminin matematiksel modeli

Sanal referans istasyonu denklemlerini oluşturmak için orijinal kod ve faz ölçülerine yapay kod ve faz gözlemleri eklenir. Çeşitli işlem adımları sonucunda sanal referans istasyonu için kod ve faz ölçüleri elde edilir.

Sanal referans istasyonunda kod ve faz ölçülerini elde edebilmek için kullanılan orijinal kod gözlemleri şu şekildedir;

$$P_{il}^j = \rho_{il}^j - c\Delta t_1^j + c\Delta t_{il} + \Delta\rho_{il,ion}^j + \Delta\rho_{il,trop}^j + \varepsilon_{cod,il}^j \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.1)$$

Burada; i , alıcı; j , uydu; l , epok; ρ_{il}^j , uydu ve alıcı arasındaki mesafe; c , ışık hızı; Δt_l^j , uydu saat hatası; Δt_{il} , alıcı saat hatası; $\Delta \rho_{il,ion}^j$, iyonosferden dolayı sinyal gecikmesi; $\Delta \rho_{il,trop}^j$, nötr atmosferden dolayı sinyal gecikmesi; $\varepsilon_{cod,il}^j$, kod gözlemlerinin hatasıdır. Bu denklemler faz gözlemleri içinde yazılabilir. Faz gözlemi,

$$\varphi_{il}^j = \rho_{il}^j - \Delta \rho_{il,ion}^j + \Delta \rho_{il,trop}^j - c\Delta t_l^j + c\Delta t_{il} + \lambda N_i^j + \varepsilon_{\varphi,il}^j \quad (3.2)$$

ile ifade edilir. (3.2) denkleminde N_i^j tamsayı bilinmeyişi, λ taşıyıcının dalga boyu, $\varepsilon_{\varphi,il}^j$ faz ölçümü hatasıdır. Eğer uyduya kilitlenme kaybolmazsa tek bir tamsayı belirsizliği değeri hesaplanır. (3.1) ve (3.2) denklemleri iki frekans için yazılabilir.

t_1 epokunda, j uydusu için, seçilen dalga boyunda (orijinal dalga ya da doğrusal kombinasyon) (3.1) tipindeki kod gözlemleri n sayıda alıcıdan ayrı ayrı elde edilebilir. Böylece,

$$p_{il}^j = \rho_{il}^j + \Delta \rho_{il,ion}^j + \Delta \rho_{il,trop}^j - c\Delta t_l^j + c\Delta t_{il} + \varepsilon_{cod,il}^j \quad (3.3)$$

denklemleri elde edilir. Referans istasyon koordinatları hassas bir biçimde bilindiğinden ρ_{il}^j uydu alıcı mesafesi de hassas bir biçimde hesaplanabilir. Troposferik gecikme referans alıcılardan elde edilen verilerle, iyonosferik kırılma da L1 ve L2 sinyallerinin beraber kullanılması ya da iyonosferik atmosfer modeller kullanılarak belirlenir. Yukarıda belirtilen n sayıda alıcıdan elde edilen (3.3) denklemleri tek bir gözlem denklemine ve aynı sanal referans istasyonuna kolaylıkla dönüştürülür. (3.3) denkleminin her iki tarafına;

$$\xi_{il0}^j = \rho_{il}^j + \Delta \rho_{0l,ion}^j + \Delta \rho_{0l,trop}^j - \rho_{il}^j - \Delta \rho_{il,ion}^j - \Delta \rho_{il,trop}^j \quad (3.4)$$

eşitliği eklenirse yeni pseudo uzaklık denklemleri,

$$\tilde{p}_{il}^j = p_{il}^j + \xi_{il0}^j \quad (3.5)$$

olur. Böylece sanal referans istasyonu için ilk gözlem denklemleri bir uydu için,

$$\tilde{p}_{il}^j = \rho_{il}^j + \Delta \rho_{0l,ion}^j + \Delta \rho_{0l,trop}^j - c\Delta t_l^j + c\Delta t_{il} + \varepsilon_{cod,il}^j \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.6)$$

olarak elde edilir. Burada bilinmeyenler sanal referans istasyon koordinatları, n sayıda alıcı için saat düzeltmeleri ve uydu saat düzeltmesidir ($3+n+1$ sayıda bilinmeyen). t_1

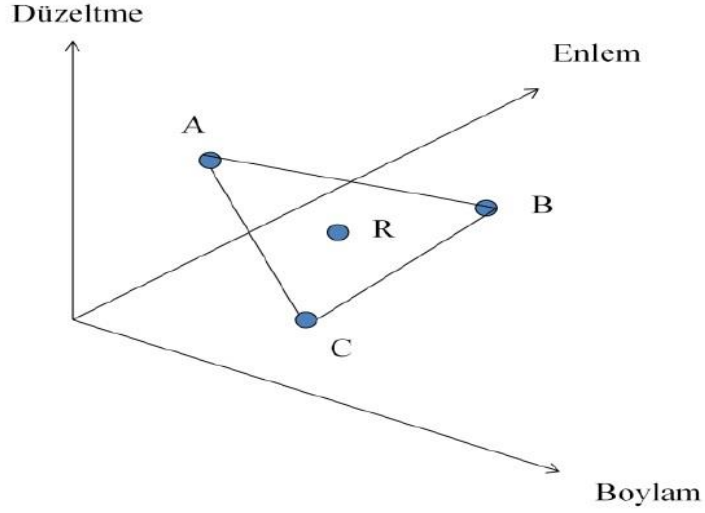
epoku için n sayıda alıcının m sayıda uyduyu gözlediği düşünülürse, $n+m+3$ sayıda bilinmeyenli $N=nm$ sayıda denklem elde edilecektir (Örnek: $n=10$, $m=8$, $u=21$, $f=N-u=59$, u : bilinmeyen sayısı, f : serbestlik derecesi). Serbestlik derecesi sıfırdan büyük olmasına karşın, buradan oluşturulacak normal denklem katsayılar matrisi tekil olmaktadır. Bu durumda herhangi bir alıcı saatini ya da uydu saatini sabit alarak çözüme ulaşmak mümkün olur [44], [45], [47].

(3.6) denklemi t_1 epokunda yapay gözlem oluşturmak için temel denklemdir. Bu denklemde atmosferin durumu herhangi bir kaynaktan elde edildiğinden bilinen olarak alınmaktadır. Sanal referans istasyonu için faz gözlemlerini oluştururken kod gözlemlerine benzer bir yol izlenir. Ancak bu aşamada tamsayı belirsizliği çözümü güçleşmektedir. Tamsayı belirsizliğinin ikili farklardan farkı alınmamış tamsayı belirsizliğine dönüştürülmesi için özel bir yöntem kullanmak gerekmektedir. Tamsayı belirsizlikleri elde edildikten sonra bu terim faz gözlem eşitliğinin sol tarafına atılır. Böylece problem kod gözlemlerine dönüşmüş olur [44], [46], [47].

3.4.2 Alan Düzeltme Parametreleri Yöntemi (FKP- Flächen Korrektur Parameter)

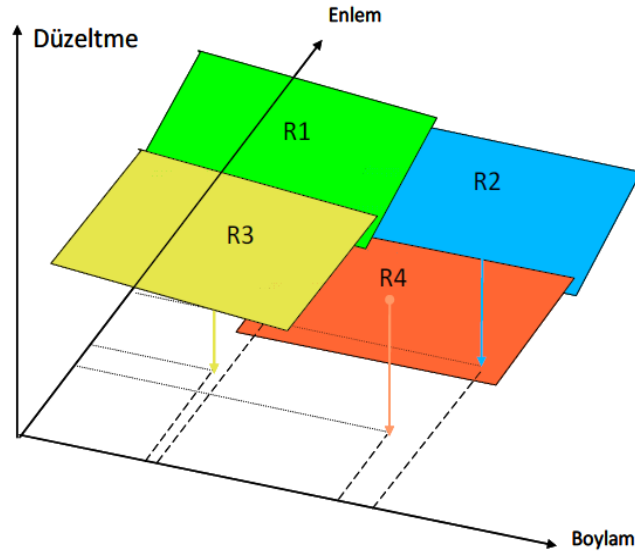
Alman SAPOS (Satellite Positioning) grubu tarafından geliştirilen FKP (Flächen Korrektur Parameter) yönteminin temel prensibi sanal referans istasyonu (VRS) yöntemi ile aynıdır. En yakın referans istasyonu esas alınarak gezici alıcılara düzeltme verileri aktarılır. VRS yöntemindeki gibi gezen alıcıların yaklaşık konumunun bilinmesine gerek yoktur. Gradyen (açısal) parametreleri şeklinde yayınlanan düzeltme verileri kullanılarak, gezici alıcıların gerçek konumları enterpolasyon ile hesaplanır [20], [39], [48].

İyonosferik ve troposferik düzeltme terimleri ya da her referans istasyonunda her uydu için taşıyıcı faz ölçüsü düzeltmeleri gibi düzeltmeler sabit istasyon ağından gelen veriler kullanılarak merkez işleme sunucusunda oluşturulur. Ana kontrol istasyonunda, uydu yörünge hataları, uydu ve alıcı saati hataları ve iyonosferik kırılma gibi ana hata kaynaklarını modelleme için düzeltme verilerinin kestirimi yapan yazılım bulunmaktadır. Gözlem verilerini modellemek için en az üç referans istasyonu gereklidir. Sonra alan düzeltme parametreleri ağıdaki üç referans istasyonundan oluşan her üçgen için hesaplanır [20], [39], [48].



Şekil 3. 5 FKP yöntemi [20]

Alman SAPOS ağındaki servis sağlayıcılar, RTCM 2.3 veri standardında Mesaj-59'a ilave donanım bağımlı özel mesajla hizmet vermektedirler. Söz konusu ilave mesajın içeriğini, mevcut bir referans istasyonu çevresindeki lineer iyonosferik ve geometrik düzeltme parametreleri oluşturmaktadır. Bu lineer düzeltmeler, doğu-batı ve kuzey-güney doğrultularındaki değişimleri ifade etmektedirler. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi R1, R2, R3 ve R4 olarak numaralandırılan dört adet referans istasyonu için ayrı ayrı FKP düzlemi tanımlanır. Bu her düzlem için düzeltme parametreleri hesaplanarak Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönünde değerler tanımlanır [20], [39], [48].



Şekil 3. 6 Dört referans istasyonu için FKP yöntemi [48]

FKP yönteminde iki farklı uygulama yapılabilmektedir. Bunlardan ilki ölçülen alandaki en yakın sabit istasyona ait FKP düzeltmeleri yayınlanır. Bu durumda tek yönlü iletişim kullanılmaktadır. Diğer yöntemi ise gezen alıcının durduğu her nokta için lokal FKP düzeltmeleri hesaplanıp yayınlanır. Bu durumda iki yönlü iletişim (GSM/GPRS) kullanılır [20], [29], [39], [48].

FKP yönteminin matematiksel modeli

FKP için, referans istasyon ağındaki fazlalıklar, referans istasyonunun yüksekliğinde WGS 84 elipsoidine paralel yüzey tanımlamak için kabul edilir. 100 km'den kısa bazlar için, fazlalıkların konumsal değişimleri bir alt düzeydeki yüzey modeli tarafından yaklaşık olarak elde edilebilir. Referans istasyonu merkezli dört parametre a_{disp} , b_{disp} , $a_{non-disp}$ ve $b_{non-disp}$, çevredeki ağ istasyonlarından gelen bilgilerle hesaplanır. Parametreler iyonosferik ve geometrik sinyal bileşenleri için yatay gradyanlar olarak isimlendirilir. Bu parametreler RTCM 59 mesajı ile kullanıcılara iletilmektedir. u kullanıcındaki φ_u ve λ_u koordinatları, $\delta r_{R_1^i U, disp}^1$ geometrisi serbest ve $\delta r_{R_1^i U, nondisp}^1$ iyonosferik serbest sinyaller için mesafeye bağımlı hata aşağıdaki denklemlerde yer almaktadır [47], [49], [50];

$$\delta r_{R_1^i U, disp}^1 = 6,37(a_{disp}(\varphi_u - \varphi_{R_1}) + b_{disp}(\lambda_u - \lambda_{R_1}) \cos(\varphi_{R_1})) \quad (3.7)$$

$$\delta r_{R_1^i U, non-disp}^1 = 6,37H(a_{non-disp}(\varphi_u - \varphi_{R_1}) + b_{non-disp}(\lambda_u - \lambda_{R_1}) \cos(\varphi_{R_1})) \quad (3.8)$$

3.8 no'lu eşitliği açarsak şu formülü elde ederiz:

$$H = 1 + 16(0.53 - E/\pi)^3 \quad (3.9)$$

Burada E radyan olarak uydunun yükseklik açısıdır. L_1 ve L_2 gözlemlerinin ayrı ayrı artıklarının kullanılması yerine lineer kombinasyon oluşturulabilir. $V_{R_1 R_2}^{l_i}$ toplam hata, $V_{R_1 R_2, L_1}^{l_i, disp}$ dispersif ve $V_{R_1 R_2}^{l_i, nondisp}$ dispersif olmayan hataları göstermek üzere şu denklemler elde edilebilir [47], [49], [50].

$$V_{R_1 R_2}^{l_i, disp} = \frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2} V_{R_1 R_2, L_1}^{l_i} - \frac{f_1^2}{f_2^2 - f_1^2} V_{R_1 R_2, L_2}^{l_i} \quad (3.10)$$

$$V_{R_1 R_2}^{l_i, non-disp} = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} V_{R_1 R_2, L_1}^{l_i} - \frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} V_{R_1 R_2, L_2}^{l_i} \quad (3.11)$$

L₁ ve L₂ sinyalleri için hatalar aşağıdaki formüller kullanılarak ilişkilendirilir:

$$\delta r_{R_i U, L_2}^{l_i} = \delta r_{R_i U, non-disp}^{l_i} + \frac{f_1}{f_2} \delta r_{R_i U, disp}^{l_i} \quad (3.12)$$

$$\delta r_{R_i U, L_1}^{l_i} = \delta r_{R_i U, non-disp}^{l_i} + \frac{f_2}{f_1} \delta r_{R_i U, disp}^{l_i} \quad (3.13)$$

Bu formüllerden sonra kullanıcı alıcısında düzeltilmiş taşıyıcı faz ölçümü şöyle hesaplanır:

$$\phi_{Corrected} = \phi - \delta_r \quad (3.14)$$

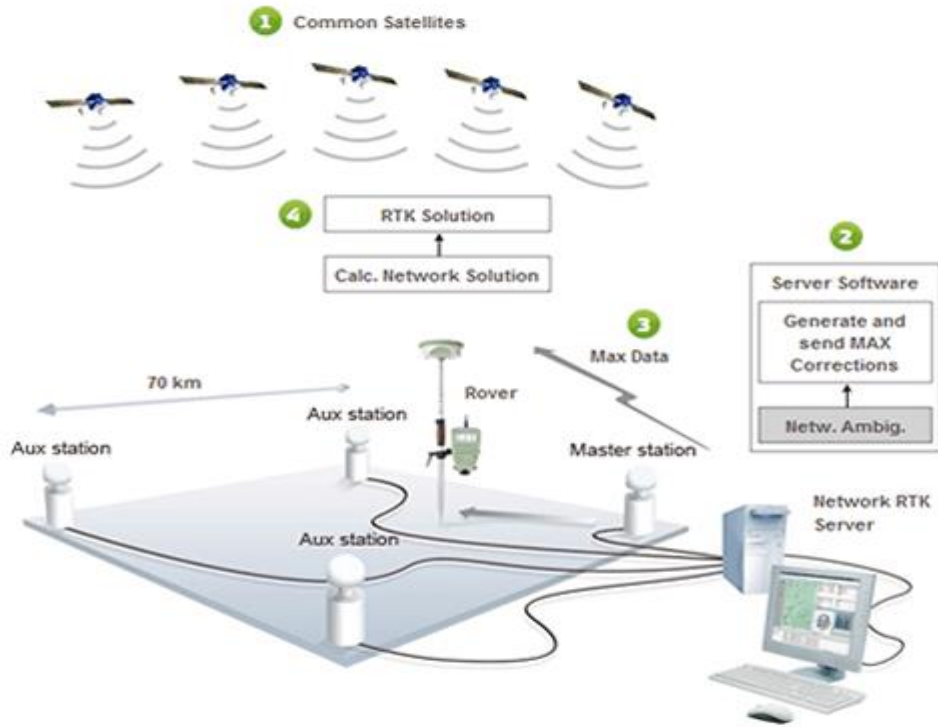
FKP yönteminin dezavantajları, ölçüm düzeltmelerinin enterpolasyonunu gerçekleştirmek için geziciye ihtiyaç duyar, lineer düzlem yüzeylerin kullanımı nedeniyle ve büyük veri formatlarına ihtiyaç duyulması nedeniyle iki komşu düzlem kenarında olası uyumsuzluk söz konusudur. Denizcilik hizmetleri için Radyo Teknik Komisyonu (RTCM) 3.1 formatı, FKP düzeltmeleri GPS ve GLONASS gözlemleri için sırasıyla 1034 ve 1035 mesaj türleri ile gönderilebilir [47], [49], [50], [51].

3.4.3 Ana–Yardımcı Referans İstasyonları Yöntemi (MAC)

İngilizce Master-Auxiliary Concept ifadesinin karşılığı olan Ana-Yardımcı Referans İstasyonları (MAC) yönteminin temel prensibi; GNSS ağına ve gözlemlere ilişkin azami hata bilgisinin paket halinde gezen alıcılara gönderilmesidir. Böylece, ağa ilişkin ne kadar çok bilgi gelirse gezen alıcının kendi konumunu doğru olarak belirleme olasılığı o kadar artacaktır. MAC yönteminde, bir merkez referans istasyonu (master) ve onun “RTCM V3.1 Mesaj 1004” formatında tüm ham ölçü verileri ile diğer (auxiliary, yardımcı) referans istasyonlarının azaltılmış verileri birlikte kullanılmaktadır. MAC prensibinde referans istasyonları ile uydular arasındaki faz uzaklıkları ortak bir belirsizlik seviyesine getirilmektedir. Burada, tüm referans istasyonlarında kaydedilen faz gözlemleri arasında ikili faz farkları oluşturularak, tamsayı bilinmeyenleri çözümü minimum seviyeye düşürülerek geriye kalan iyonosfer, troposfer ve uydu yörünge hataları yüksek doğruluklarla modellendirilmektedir [20], [52], [53].

Ancak iyonosferik ve özellikle troposferik modellerde, parametrelerin saptanması için zaman gerekmektedir. İyi bir model duyarlılığına ulaşmak için 15 dakika veya daha uzun

bir zaman gereklidir. Yine de bu süre içerisinde sistematik hatalar gereken güvenli düzeyde modellenenmektedir. RTCM 3.x ağ yöntemi, ağ server'ında oluşturulan komple filtre durumun kullanılmamaktadır. Sadece server'da elde edilen belirsizlikleri (ambiguity) kullanmakta ve bunları taşıyıcı faz ölçmelerinden çıkarmaktadır (Carrier Phase). Diğer bir deyişle, MAC tasarımı, ana istasyondaki kod ve taşıyıcı faz verileri ile dış istasyonların taşıyıcı faz verilerini, belirsizlikler önceden ayıklanmak suretiyle gönderecek şekildedir [51], [52], [53].



Şekil 3. 7 MAC düzeltme yöntemi [51]

MAC tekniğinde ana istasyonun gezen alıcılara en yakın istasyon olması gerekmemektedir. Önemli olan aynı uydulara gözlem yapılmış olmasıdır. Çünkü, ana istasyon düzeltmelerin hesaplanmasında özel bir görevi olmayıp, esas olarak düzeltmelerin yayınlanmasında rolü vardır. Eğer herhangi bir nedenle ana istasyondan veri alınamaması durumunda yardımcı referans istasyonlarından birisi bu görevi üstlenir. MAC yönteminde tüm hata kaynaklarına ilişkin düzeltmeler gezen alıcılara aktarılmaktadır [20], [53].

MAC yönteminin matematiksel modeli

Ana istasyon A ve yardımcı istasyon B arasındaki tek farklı gözlem eşitliğini şu şekilde oluşturabiliriz:

$$\lambda\phi_{AB}^i = \rho_{AB}^i + c.\delta t_{AB} + \lambda N_{AB}^i + T_{AB}^i - I_{AB}^i + O_{AB}^i \quad (3.15)$$

Burada; O_{AB}^i tek farklı yörünge hatası, δt_{AB} tek farklı alıcı saat hatası, I_{AB}^i iyonosferik artık hata, T_{AB}^i troposferik artık hatadır. Bu eşitlikte, referans istasyonlarının yerleri çok iyi seçildiği kabul edilerek çok yolluluk etkisi dikkate alınmamıştır. Antenin faz merkezi kayıklığı ve değişimi işlemci yazılım tarafından kontrol merkezinde geometrik mesafeye uygulanabilir. Frekansa bağlı belirsizlik; N_{AB}^i bilinen tam sayı değeridir. Denklem (3.16)'da MAC kavramı için tek farklı düzeltme V_{AB}^i türetilmiştir [44], [47];

$$V_{AB}^i = \rho_{AB}^i - \lambda\phi_{AB}^i + c.\lambda t_{AB} + \lambda N_{AB}^i - I_{AB}^i + O_{AB}^i \quad (3.16)$$

MAC yaklaşımının özelliklerinden biri de verilerin aynı belirsizlik seviyesinde kullanıcıya gönderilmesidir. MAC yönteminde, tekli farklar ile tam sayı bilinmeyi belirlenir. Fakat belirsizlik çözümü, daha güvenilir olduğu için ikili farklar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilir. N_{AB}^i rastgele bir tamsayı olarak seçilir; çünkü gezici de gerçekleştirilecek işlemler ile veya alıcı saat hatası hesaplanırken ortadan kalkacaktır. Bu durum GPS' in L1 ve L2 frekanslarının her ikisi için de geçerlidir. Dönüşüm (3.17) denklemindeki gibi olur [44], [47];

$$N_{AB}^{i1} = N_{AB}^i - N_{AB}^1 \rightarrow N_{AB}^i = N_{AB}^{i1} + N_{AB}^1 \quad (3.17)$$

Bu nedenle genellikle belirsizlik seviyesi olarak bilinen olan belirsizlik sapmasının (bias), referans uydu için tahmin edilen belirsizlik ile gerçek belirsizlik arasındaki fark olarak hesap edilmesi gerekir. Buradaki ortak nokta, tek bazdan uydu gözlemlerinin hesaplanan farkları ve çiftli farkların ortaya çıkışını engellemektir. Çoklu bir ağ istasyonu düşünüldüğünde tüm istasyonlar aynı belirsizlik düzeyindedir. Bu nedenle aynı belirsizlik düzeyinde oluşturulan tüm istasyonlar bir alt ağ olarak kabul edilirler. Denklem (3.16)'daki tekli fark artıkları iyonosferik (dispersif) ($V_{AB,L1}^{i,disp}$) ve geometrik (dispersif

olmayan) ($V_{AB}^{i, nondisp}$) bileşenlerine ayrılabilir. Böylece geziciye aktarılan veri miktarı azalır [44], [47].

$$V_{AB,L1}^{i,disp} = \frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2} V_{AB,L1}^i - \frac{f_2^2}{f_2^2 - f_1^2} V_{AB,L2}^i \quad (3.18)$$

$$V_{AB}^{i,non-disp} = \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} V_{AB,L1}^i - \frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} V_{AB,L2}^i \quad (3.19)$$

MAC bilgileri alındıktan sonra gezici yazılımı konum düzeltmelerinin enterpolasyon yöntemine karar verir. Gerekliğinde işlem merkezi enterpolasyon yapabilir (Bireyselleştirmiş I-Max). Gezici yazılımı ayrıca konum belirlemede kullanılacak MAC bilgisinin nasıl alınacağına da karar verir. Örneğin, gezici baz olarak Ana Referans İstasyonu ile çiftli farkları uygulayabilir. Ana Referans İstasyonu ve konumundan hatalar ayıklandıktan sonra da yapılabilir [20], [44], [47].

GERÇEK ZAMANLI SABİT GNSS (CORS) AĞLARI

GNSS sistemindeki gelişmeler gerçek zamanlı sabit referans istasyonlarının kurulmasını ve kullanıcılara kesintisiz hizmet sağlanmasını olanaklı kılmıştır. Böylece, kullanıcının tüm alıcılarını gezen alıcı olarak kullanabilmesinin yolu açılmış, bu da zaman ve maliyet açısından önemli ölçüde tasarruf sağlamıştır. Ağ tabanlı bir konum belirleme sistemi olan Gerçek Zamanlı Sabit GNSS (RTK CORS) ağlarının kurulmasındaki esas amaç uzaklığa bağlı olarak değişim gösteren hataların (iyonosfer, troposfer, yörünge, vb.) giderilmesidir [20], [30], [54].

Klasik RTK'da tek bir referans istasyonuna bağımlılık sorunu ağ yapısındaki CORS RTK sayesinde ortadan kalkmış olup, çok sayıda referans istasyonu verilerinden yararlanması sayesinde bölgeye ilişkin atmosferik modelleme yapılabilmektedir. Bu modelleme sayesinde GNSS ölçülerini etkileyen en önemli hata kaynağı olan iyonosferik ve troposferik hatalar minimum seviye indirgenmiş olmaktadır. Klasik RTK'da referans istasyonundan düzeltme verileri alıcılara radyo modem vasıtasıyla aktarılmakta iken, CORS RTK'da ise sürekli gözlem yapan sabit istasyonlardan düzeltme verileri GSM/GPRS iletişim yöntemleri ile internet yoluyla alıcılara anlık olarak RTCM formatında aktarılmaktadır. CORS istasyonları aynı zamanda kontrol merkezinde data kaydı da yapmaktadır. Statik ölçülerde kullanılmak üzere sabit istasyon noktalarına ait RINEX veriler kontrol merkezinde yayında olan bir web sayfası üzerinden kullanıcılara sunulmaktadır [20], [30], [55].

CORS ağlarının GNSS kullanıcılarına sağladığı faydaları özetleyecek olursak;

- Ağ yapısında modelleme (atmosfer, yörünge vb. hata kaynakları) yapıldığı için tek noktada mutlak konum belirleme (SPP) ve tek sabitten RTK ölçülerine göre çok daha yüksek doğruluk sağlamaktadır.
- Tek bir referans istasyonu yöntemine göre çok daha geniş bir kapsama alanı kullanıcıların hizmetine sunulduğundan sistem sürekliliği sağlanmaktadır.
- Tek bir gezen alıcı ile etkin çalışmalar yapılabilir. Gerekğinde referans istasyonlarından bile gezen alıcı gibi yararlanılabilir.
- Yapılan ölçüler sonucu elde edilen koordinatlar belirli bir datumda ve kurumsal standartlar dahilinde olacağından sonuç ürünler mutlak doğrulukta olacaktır.
- Ölçüler kaba hatalardan ayıklandığı, hata kaynakları en iyi şekilde modellendiği ve hesaplamalarda en uygun geometrisi seçildiği için sistem güvenilirliği yüksektir.
- Her gereksinim duyan kurum ve kuruluş tarafından ayrı bir kurulmasını önlediği ve tüm kullanıcıların tek bir yatırımla oluşturulmuş ağdan yararlanmalarını sağladığı için maliyet düşürücü bir sistemdir [20], [30], [55], [56].

Günümüzde, özellikle uzay teknikleri, sayısal teknikler ve bilgisayardaki baş döndürücü gelişmeler coğrafi bilgi ve belge üretimine de yansımış, kalkınma amaçlı olarak bugüne kadar kullanılan coğrafi bilgi ve belgelerin üretim yöntemleri ile bunlardan beklenen doğruluklar da değişmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temelini oluşturan geometrik ve öznitelik bilgilerinin söz konusu modern teknikler kullanılarak yüksek duyarlılıkta güvenilir olarak belirlenmesi ve bu bilgilerin Ülke Temel Jeodezik Ağlarına dayalı olarak elde edilmesi gerekmektedir. Bunun için ülke yüzeyini yeterli sıklıkta kaplayan üç boyutlu koordinatları istenen doğrulukta belirlenmiş noktalardan oluşan ve uydu tekniklerine dayalı bir temel jeodezik ağa gereksinim bulunmaktadır. Bu amaçların gerçekleştirilmesi doğrultusunda Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) projesi tasarlanmıştır. Ancak TUTGA'nın pasif bir ağ olması ve gerçek zamanlı uygulamalarda fayda sağlayamayacağı ya da gerçek zamanlı aktif sabit bir GNSS ağının tüm talepleri karşılayabileceği düşüncesiyle TUSAGA-AKTİF (CORS-TR) projesi gündeme gelmiştir [20], [55], [56].

4.1 Gerçek Zamanlı Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı (TUSAGA-AKTİF/CORS-TR)

Gelişmiş birkaç ülkedeki gibi, ülkemizde de israfı önleyen, çok az maliyetli, sürekli çalışan duyarlı bir koordinat belirleme sisteminin kurulması düşüncesi, TUSAGA Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı) (CORS TR) Projesi'nin tasarlanmasına neden oldu. Bu önemli proje İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) tarafından 8 Mayıs 2006 tarihinde yürütülmeye başlatılmış olup, Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ortak müşteri sıfatıyla çalışmalara dahil olmuştur. 8 Aralık 2008 tarihinde işler hale gelen bu sistem Mayıs 2009 tarihinden itibaren müşteri kurumlara devredilmiştir ve sistemin işletimi bu iki kurum tarafından yönetilmektedir. Projenin başlangıç aşamasında Türkiye'deki tüm illere ve büyük ilçelere (KKTC dahil) toplam 145 adet istasyon kurulması ve 5 adet istasyonun da faal istasyonlardan herhangi birinde arıza meydana gelmesi durumu göz önüne alınarak toplam 150 adet istasyonun tesisi öngörülmüştü. Ancak mevcut durumda Şekil 4.1'de kırmızı nokta ile gösterilenler istasyonların şu anki tesis edildiği yerlerdir. Bu plana göre Türkiye ve KKTC dahil mevcut tesis edilen istasyon sayısı 146 adettir [20], [57], [58], [59].



Şekil 4. 1 TUSAGA-Aktif (CORS-TR) istasyonlarının dağılımı [59]

TUSAGA-Aktif ağı birbirine yaklaşık 80-100 km uzaklıkta homojen olarak dağılmış 146 adet istasyondan oluşan bir ağı olup, bu ağıdaki istasyonlarda 365 gün 24 saat sürekli gözlem yapılmaktadır. TUSAGA-Aktif sistemine ait gözlem verileri, sistemin kurulduğu

tarihten bu yana günlük bazda analiz edilmektedir. Analizler ITRF2008 referans sisteminde yapılmakta olup, TUTGA'nın referans sistemi olan ITRF96'ya dönüşüm yapılarak 2005.0 epoğuna getirilmekte ve TUSAGA-Aktif sistemine yüklenmektedir [57], [58], [60].

TUSAGA-Aktif ağındaki tüm istasyonlardan toplanan veriler ADSL ve GPRS/EDGE yolu ile veri merkezine aktarılmakta ve bu merkezlerde düzeltme parametreleri hesaplanarak arazideki kullanıcılara aktarılmaktadır. Gerçek Zamanlı Kinematik düzeltme verileri en güncel RTCM ve CMR+ iletişim formatlarında olup, GPRS ve NTRIP (Network Transport of RTCM through Internet Protocol) güncel iletişim sistemleri vasıtaları ile gezici alıcılara gönderilmektedir [20], [57], [58], [60].

TUSAGA-Aktif (CORS-TR) projesinin kullanıcılara sağladığı faydaları özetleyecek olursak;

- Klasik RTK ile GPS ölçümündeki tek referansa bağımlılık ortadan kaldırmış olup para ve personel kaybını önlemiştir.
- Gerçek zamanlı yüksek doğrulukta üç boyutlu koordinat elde edilme imkânı olmuştur.
- Arazi görevi icrası öncesinde koordinatları bilinen nokta keşfi ortadan kalmış olup bu da zaman ve personel kaybını önlemiştir.
- Referans istasyonlarında sürekli gözlem yapılması sayesinde jeodezik çalışmalara altlık olarak kullanılabilir veri temini sağlamaktadır.
- ED50 datumundan ITRFyy datumuna geçiş sağlanmıştır. Bu sayede koordinatlar ulusal bir formatta ve standartta üretilmektedir.

CORS-TR projesi, kuruluş büyüklüğü bakımından dünya üçüncüsü ve kuruluş sırası bakımından ise dünya dokuzuncusu olan bir sürekli gözlem yapan referans istasyonu ağıdır. Aynı zamanda bu proje geliştirmekte olan ülkeler arasında birincidir [20], [57], [58], [61].

4.2 Dünyadaki CORS Sistemlerine İlişkin Örnekler

RTK CORS ağları ile ilgili olarak dünyada faaliyet gösteren çok sayıda örnekler mevcuttur. Amerika'da NGS ve OPUS, Almanya'da SAPOS, Japonya'da GEONET, İsviçre'de AGNES,

Avusturya’da APOS, Hollanda’da NETPOS, Suudi Arabistan’da KSA CORS bunlara örnek olarak verilebilir [20], [30], [56], [62].

Bu CORS ağlarından en büyük ağ yapısına sahip örnekler olan ABD(NGS ve OPUS), Almanya (SAPOS) ve Japonya(GEONET) ağlarını inceleyelim.

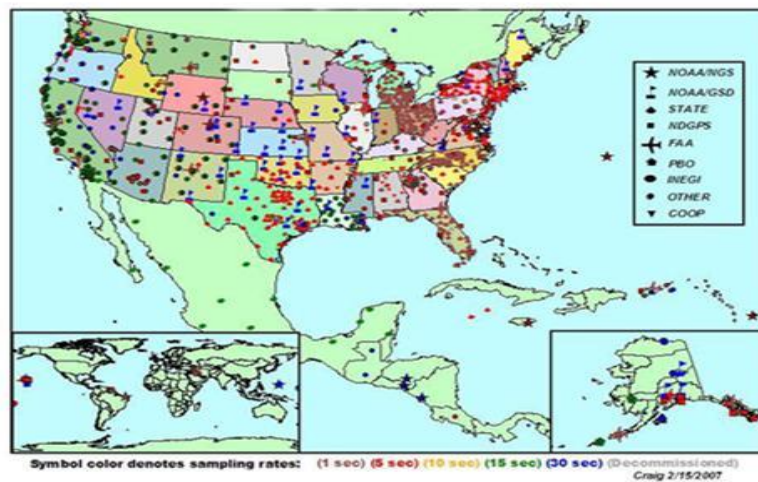
4.2.1 ABD Ulusal ve Birleşik CORS Ağı (NGS CORS Ağı ve OPUS)

Ağ-RTK düşüncesi 1990’lı yılların başında yaklaşık 10 noktalı CIGNET (Cooperative International GPS Network) ağı ile başlamış ve bugün “CORS” adı altında yaklaşık 1300 noktalı bir ağ halini almıştır. ABD’de yaklaşık her eyaletin kendi “CORS” sistemi vardır ve istasyon sayısı her yıl ortalama 200 adet artmaktadır. Bunların dışında ayrıca 40 birçok özel/ticari kuruluşun da ağı hizmet vermektedir. Özet olarak ABD’deki CORS ağlarının yaklaşık %98’i özel amaçlı kurulmuş (NGS - National Geodetic Survey - dışındaki kurum ve kuruluşlar, eyalet yönetimleri, ticari işletmeler vb.) ağlardan oluşmaktadır. Bunların yalnızca %2’si NGS desteğiyle kurulmuştur. %98’lik bölüm yaklaşık 180 ağ operatörüne (işletim sorumlusu) karşılık gelmektedir [20], [30], [56].

Bu bilgilerden de görüleceği gibi, ABD ulusal kuruluşu olan NGS asgari görev üstlenmiştir. NGS tarafından üstlenilen bu görevler:

- Çok farklı amaç ve yapıda kurulmuş olan ağların işletimini tek bir merkezden koordinasyon,
- Sistem kullanıcılarına tek anlamlı ve doğru hizmet (doğru ve güncel ulusal uzaysal datum bilgilerine erişme) verebilmek amacıyla standartları oluşturmak,
- Bu standartları oluştururken hem NGS’in hem de diğer ağ işleticilerinin ihtiyaçlarını karşılayacak tedbir ve uygulamaları gerçekleştirmek,
- CORS ağlarının kurulmasına ve işletilmesine ilişkin standart ve önerileri oluşturmak,
- Yayınlanacak standartların ve mevzuatın olabildiğince uygulamaya yönelik (pratik) olmasını ve herkesi kapsamasını sağlamaktır (hangi standardın ne amaçla konduğu açık bir şekilde ifade edilirse bu da en az sayıda telefon görüşmesi ve yazışma, dolayısıyla en az zaman kaybı demektir) [20], [30], [63], [64].

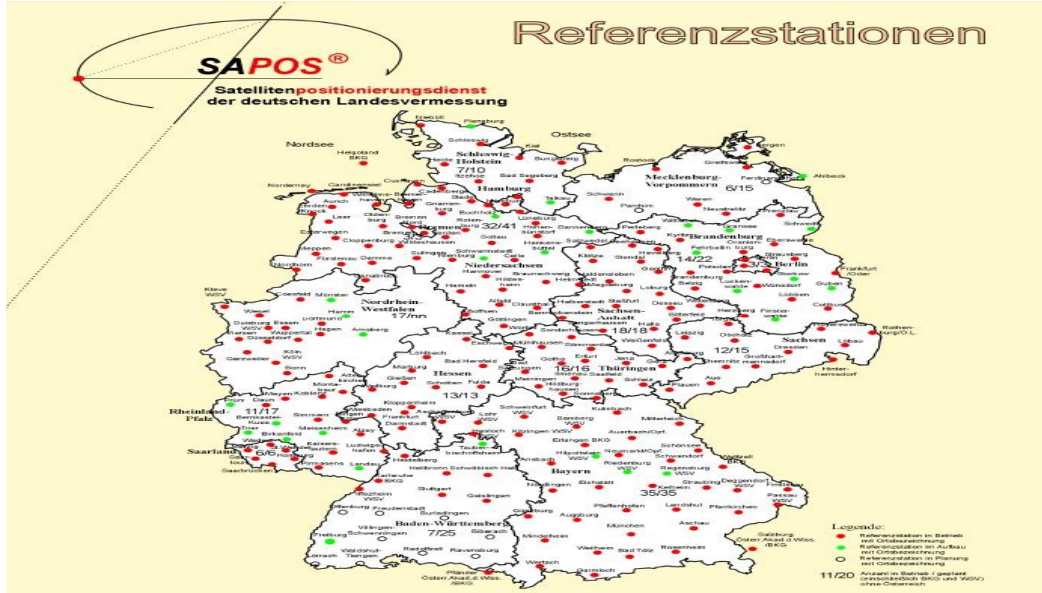
Ulusal CORS sistemi, Amerika Birleşik Devletlerinde 3 boyutlu konumlandırma için sürekli GPS istasyonlarının oluşturduğu bir ağdan ibarettir. İnsanlar arazi ölçümü, GIS/LIS geliştirme, çevresel ölçmeler, eğitim, tarım, uzaktan algılama, taşımacılık, kominikasyon, hidrografi ve yapı işleri için CORS verilerini kullanırlar. Her ne kadar ulusal CORS sistemindeki 180 den fazla istasyon Birleşik Devletler boyunca seyrek bir kapsama alanına sahipse de, birçok organizasyon kendi lokal ihtiyaçlarını karşılamak üzere günümüzde çok gelişmiş olan GPS ekipmanları ile diğer CORS ağları kurmaktadır. Bu istasyonlar özel kuruluşlarca olduğu kadar eyalet ve lokal idarelerce de işletilmektedir. Akademik enstitüler de kendi lokal toplumlarını desteklerken aynı zamanda eğitimsel programlarını çoğaltmak amacıyla CORS ağları kurmaktadır. Bu program, Ulusal Uzay Referans Sistemi (NSR) ile uyumlu olan konum koordinatlarının kullanımını teşvik etmek ve CORS verilerine daha fazla giriş sağlamak için Ulusal CORS'un bir uzantısı olarak dizayn edilmiştir. İnsanlar artık birleşik organizasyonlarca ilan edilen koordinatlardan emin olabilirler ve GPS baz istasyonlarının belirlenmiş standartları sağladığını bilirler. Birleşik CORS'lardaki istasyonların konum koordinatları, NGS tarafından geliştirilmiş olan ve GPS On-line İşleme Kullanıcı Servisi (OPUS – On-line Positioning User Service) olarak adlandırılan web tabanlı bir kullanım aracında hesaplanacaktır. OPUS, NSRS ile uyumlu ITRF97 ve NAD83 koordinatlarının kolayca hesaplanmasını temin edecektir. NGS Birleşik CORS web sayfası, katılımcı verilerinin ilan edildiği ve her bir linkin Ulusal CORS haritasında gösterildiği katılımcı organizasyonun web sayfasına doğrudan linkler de temin eder [30], [63], [64], [65].



Şekil 4. 2 ABD CORS ağı [65]

4.2.2 Almanya SAPOS Ağı

SAPOS ağı, Almanya 16 federal eyaletinin ölçme, jeodezi, kadastro ve bilgi teknolojileri faaliyetlerinden sorumlu ulusal ve yerel resmi kurum temsilcilerinde oluşan AdV. Komisyonu kararıyla kurulmuştur. Sabit GNSS referans istasyonları kurma ve işletme pahalı bir iştir. Bu yüzden büyük yatırımlar yapılarak ek servisler oluşturulmuştur. Başka bir ifadeyle SAPOS, DGNS ve RTK tekniklerinin ülke çapında etkin olarak kullanılması amacıyla kurulmuştur. SAPOS Ağı, Japonya GEONET Ağı'nın temel prensibini oluşturan Ulusal Afet Bilgi Veri tabanına entegrasyonu bulunmaktadır. SAPOS, 40-70 km aralıklı 250 istasyondan oluşmaktadır. Referans istasyonlarında, çift frekanslı jeodezik GNSS alıcıları ile "radome" takılmış "chooke ring" antenler kullanılmaktadır [20], [30], [47], [56], [66].

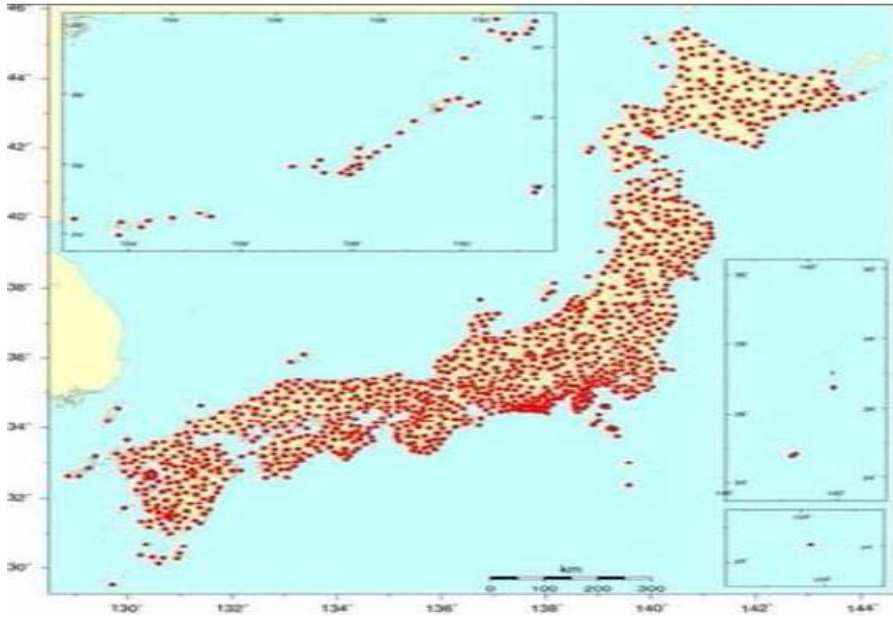


Şekil 4. 3 Almanya SAPOS ağı [66]

4.2.3 Japonya GEONET Ağı

Japonya'da ulusal haritacılık müessesesi olan GSI tarafından kurulmuş olan ve 110 adet istasyondan müteşekkil sabit GPS istasyonları (COSMOS-G2) 1993 yılında faaliyete girmiştir. Daha sonra 1994 yılında ise 100 adet istasyondan müteşekkil olan GRAPES ağı kurulmuştur. 1995 yılında ise COSMOS-G2 ve GRAPES sistemleri birleştirilmiştir. Bu birleşmeyle birlikte yeni oluşan ağa 400 adet istasyon daha ilave edilmiştir ve bu çalışmalar sonucu bugün yaklaşık 1240 noktalı bir RTK ağı kurulmuştur [30], [56], [67].

Bu ağ GEONET (GPS Earth Observation NETwork system) olarak bilinmektedir. GEONET ağının kuruluş amaçları; depremlerin önceden belirlenmesi çalışmaları, meteorolojik çalışmalar ve ticari kullanımlar (araç takip, navigasyon, turizm vb.) olarak sıralanabilir. GEONET ağının referans istasyonları arasındaki uzaklık 25-30 km arasında değişmektedir. Kullanıcılara veri yayını (ücret karşılığı), kinematik uygulamalar için 1 Hz sıklıkla ve ham veri (raw data) olarak, GSI tarafından 3 saatlik ve 30 saniye aralıklı RINEX dosyalar oluşturularak internet sunucusu üzerinden yayınlanmaktadır. 30 saniyelik veriler GSI tarafından arşivlenirken, 1 saniyelik veriler özel durumlar (deprem, volkanik hareketler, önemli meteorolojik olaylar) dışında gözlem anından itibaren birkaç hafta içerisinde silinmektedir. Verilerin gerçek zamanlı yayını Japon Haritacılar Birliğinin (JAS; Japan Association of Surveyors) sorumluluğunda sürmektedir [20], [30], [56], [67].



Şekil 4. 4 Japonya GEONET ağı [67]

5.1 Proje Bölgesinin Belirlenmesi ve Noktaların Tesisi

Proje çalışması Samsun İli sınırları içerisinde gerçekleştirildi. Yapılan bu uygulamada Samsun Merkez sabit CORS istasyonundan kuzeybatı-güneydoğu yönüne doğru 8 km uzaklıktan başlayarak noktalar arasında yaklaşık 10 km mesafe bulunacak şekilde zeminde 6 nokta belirlendi. Nokta tesisinin kuzeybatı-güneydoğu istikametinde belirlenmesinin sebebi; Samsun-Sinop karayolu güzergâhının takip edilmesinden kaynaklanmaktadır. Tesis edilen bu noktalarda 10^0 uydu açısı ve 30 saniye kayıt aralığında altışar saatlik statik ölçüm yapıldı. Sabit istasyondan yaklaşık 60 km uzaklıkta olan son noktada ise 7 saatlik statik ölçüm yapıldı. Tesis edilen bu noktalarda CORS RTK'nın FKP, VRS ve MAC yöntemleri kullanılarak her noktada ardı ardına farklı zamanlarda üçer kez ölçüm yapıldı.



Şekil 5. 1 Tesis edilen noktaların ve referans istasyonunun konumları

Ölçüm aleti olarak Şekil 5.2'deki Satlab SL500 modeli RTK GNSS alıcısı tercih edildi. Çizelge 5.1'de ise aletin teknik özellikleri belirtilmiştir.



Şekil 5. 2 Satlab SL500 RTK GNSS alıcısı [68]

Çizelge 5. 1 Satlab SL500 RTK GNSS alıcısının teknik özellikleri [68]

Sinyal İzleme	220 Kanal GPS: L1, L2, L5, L2C GLONASS: L1, L2 GALILEO: GIOVE-A, GIOVE-B SBAS: L1, L5
Veri Yönetimi	10 Hz Güncelleme Hızı (50 Hz'e kadar arttırılabilir) CMR, CMR+, RTCM SC104 2.1, 2.3, 3.0, 3.1, Uyumlu VRS, FKP, MAC Desteği NMEA Veri Çıkışı
Giriş-Çıkış Arayüzü	2 x RS232 Seri Port 2 x DC Güç Girişi 1 x USB 1 x Bluetooth
Haberleşme	Dahili GPRS Modem Dahili UHF Modem Seçenekleri
Güç	DC 6-36 V Giriş 4400 mAh Li-Ion Batarya Batarya Süreleri (15 saat statik, 12 Saat RTK Gezici, 8 saat RTK sabit)
Hassasiyet	RTK yatay (10 mm + 1 ppm), düşey (20 mm + 1 ppm) PP yatay (2.5 mm + 1ppm), düşey (5 mm + 1 ppm)

Tesis edilen 6 noktada yapılan statik ölçümler, Samsun Merkez CORS referans istasyonuna dayandırılarak, veri değerlendirilmesi ve dengelenmesi işlemi gerçekleştirildi. Yapılan bu işlem sonucu ortaya çıkan koordinatlar, noktaların kesin koordinatları kabul edildi ve elde edilen bu koordinat değerleri CORS RTK yöntemleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen nokta koordinat değerleri ile karşılaştırıldı.

5.2 Statik Ölçüm Yöntemi

CORS referans istasyonuna yaklaşık 8 km uzaklıktan itibaren 10 km aralıklarla zeminde 6 adet nirengi tesisi yapıldı. Ölçümlerde kullanılacak bu noktaların tesisi yapılırken şu hususlara dikkat edildi;

- Noktalar arası mesafenin yaklaşık 10 km olmasına,
- Ölçüm yapılacak alanın açık alan olmasına, uydu sinyal kırılması ve multipath etkisi gibi etkenlerden az etkilenecek bölgede olmasına,
- Farklı günlerde ölçümler yapılacağı için zemine tesisinin sağlam olmasına özen gösterildi.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü Genelgesi Madde 14'e göre, TUSAGA-Aktif sistemi ile statik koordinat belirleme yönteminde dikkat edilecek bazı hususlar mevcuttur. Bu yüzden tesis edilen noktaların koordinatları belirlenirken ise şu hususlara dikkat edildi;

- Uydu sayısı: En az dört adet olmalı,
- Kayıt süresi: En az iki saat olmalı,
- Kayıt aralığı: 30 saniye veya daha az olmalı,
- Uydu yüksekliği: En az 10^0 alınmalıdır [69], [70].

İlk nokta yani N.1 noktası referans istasyonundan 8 km uzaklıkta tesis edildi. Bu noktadaki statik ölçüm, 12.04.2014 tarihinde ve 13:55 - 20:00 saatleri arasında yapıldı. Alet yüksekliği 1.64 m, kayıt aralığı 30 saniye, uydu açısı 10^0 tercih edilerek ölçü yapıldı. N.2 (ikinci nokta) noktası ise referans istasyonundan 18 km uzaklıkta tesis edildi. Bu noktadaki statik ölçüm, 13.04.2014 tarihinde ve 13:03 - 19:05 saatleri arasında yapıldı.

Alet yüksekliği 1.64 m, kayıt aralığı 30 saniye, uydu açısı 10^0 tercih edilerek kayıt yapıldı. Şekil 5.3'te tesis edilen N.1 ve N.2 noktalarının görünümü bulunmaktadır.



Şekil 5. 3 Ölçüm yapılan N.1 ve N.2 noktalarının görünümü

Referans istasyonundan 28 km uzaklıktaki N.3 (üçüncü nokta) noktasında statik ölçüm, 23.04.2014 tarihinde ve 14:32 - 20:32 saatleri arasında yapıldı. N.4 (dördüncü nokta) noktası ise referans istasyonundan 38 km uzaklıkta tesis edildi. Statik ölçüm, 27.04.2014 tarihinde ve 13:03 - 19:05 saatleri arasında yapıldı. Her iki noktada alet yüksekliği 1.64 m, kayıt aralığı 30 saniye, uydu açısı 10^0 tercih edildi. Şekil 5.4'te tesis edilen N.3 ve N.4 noktalarının görünümü bulunmaktadır.



Şekil 5. 4 Ölçüm yapılan N.3 ve N.4 noktalarının görünümü

Beşinci nirengi olan N.5 noktası referans istasyonundan 48 km uzaklıkta tesis edildi. Statik ölçüm, 10.05.2014 tarihinde ve 13:40 - 19:46 saatleri arasında yapıldı. Alet yüksekliği 1.64 m, kayıt aralığı 30 saniye, uydu açısı 10^0 tercih edilerek kayıt yapıldı. Son

olarak N.6 noktası referans istasyonundan 58 km uzaklıkta tesis edildi. Statik ölçüm, 11.05.2014 tarihinde ve 13:33 - 20:33 saatleri arasında yapıldı. Yine bu noktada da alet yüksekliği 1.64 m, kayıt aralığı 30 saniye, uydu açısı 10^0 tercih edilerek ölçüm yapıldı. Şekil 5.5'te N.5 ve N.6 nirengilerinin görünümü yer almaktadır.



Şekil 5. 5 Ölçüm yapılan N.5 ve N.6 noktalarının görünümü

Satlab marka CORS GPS alıcısına kayıt edilen ham veriler ".sat" formatında temin edildi. Söz konusu bu verilerin değerlendirilmesi için "RINEX" formatına dönüştürülmesi gerekmektedir. Veriler bilgisayara aktarılarak Satlab'ın RINEX Converter (RINEX Dönüştürücü) programı ile her bir ölçüm yapılan noktanın verileri RINEX formatına dönüştürüldü.

Statik ölçümler tamamlanıp RINEX formatında veriler temin edildikten sonra "tusaga-aktif.tkgm.gov.tr" sitesinden 102., 103., 113., 117., 130. ve 131. GPS günlerindeki SAM1 referans istasyonuna ait 24 saatlik 30 saniye kayıt aralığındaki statik ölçümlerin RINEX verileri ve Samsun Merkez CORS referans istasyonunun kesin koordinatları talep edildi.

Sayın Hâkim Yükel, Sisteme Hoşgeldiniz.

Sayın Hâkim Yükel, Sisteme Hoşgeldiniz.

Sipariş No	Özellik No	Başlangıç Tarihi	Bitiş Tarihi	İstasyon Adı	Başlangıç Saati	Bitiş Saati	Ücret (TL)
005M0012K000271	-	04.12.2013	04.12.2013	Samsun / Merkez	-	-	0,00
005M0012K000271	-	14.04.2014	14.04.2014	Samsun / Merkez	-	-	1,00
005M0012K000271	-	15.05.2014	15.05.2014	Samsun / Merkez	-	-	4,00
005M0012K000271	-	10.07	11.12	Samsun / Merkez	-	-	1,00
005M0012K000271	-	04.04.2015	04.04.2015	Samsun / Merkez	-	-	1,00

İstasyon	X	Y	Z	Vx	Vy	Vz
SAM1	386,523,773,831	284,280,757,950	418,825,444,901	-0,0195	0,0155	0,0035

Şekil 5. 6 TUSAGA-Aktif'in sitesinden verilerin indirilmesi [71]

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün TUSAGA-Aktif kullanıcı sitesinden talep edilen Samsun Merkez CORS istasyonunun 2005.00 referans epochunda ITRF96 koordinat sistemindeki kartezyen koordinatları temin edildi. Ancak statik ölçüm verilerinin dengelenmesi sonucu elde edilecek nokta koordinatları coğrafi koordinat değerleri olacağı için SAM1 referans istasyonunun ITRF96 sistemindeki kartezyen koordinatları "http://www.apsalin.com/convert-cartesian-to-geodetic.aspx" sitesindeki koordinat dönüşümü yazılımı ile coğrafi koordinatlara dönüştürüldü.

www.apsalin.com/convert-cartesian-to-geodetic.aspx

Ellipsoid
GRS 80 - Geodetic Reference System 1980

Cartesian Coordinate
X, m: 3865237.73831
Y, m: 2842807.57950
Z, m: 4188254.44901

Results Format Options
 Decimal Degrees Minutes Seconds

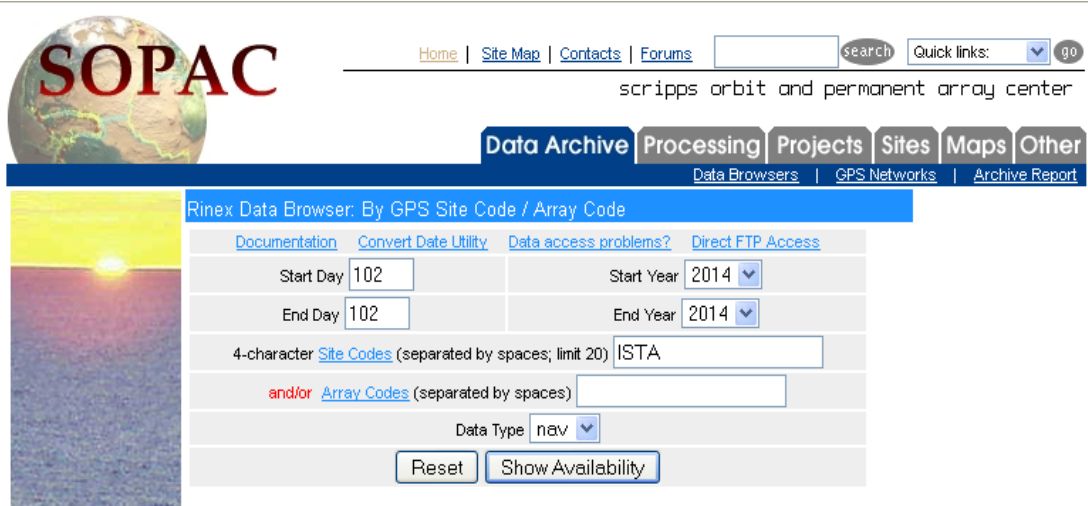
Convert

Geodetic Coordinate
Latitude: 41 18 30.5781697 N
Longitude: 36 20 1.5448789 E
Geodetic height, m: 53.3983889827505

Şekil 5. 7 Kartezyen koordinatların coğrafi koordinatlara dönüştürülmesi

5.3 Statik Ölçüm Verilerinin Değerlendirme ve Dengeleme Aşaması

Yapılan ölçümlerin değerlendirme aşamasında “tusaga-aktif.tkgm.gov.tr” sitesinden ölçüm yapılan günlere ilişkin GPS veri dosyaları temin edildi. Gözlem dosyaları ise ölçüm yapılan GPS günlerine göre “http://sopac.ucsd.edu” sitesinden ISTA navigasyon verisi olarak indirildi.



The screenshot shows the SOPAC website's Rinex Data Browser interface. The page has a navigation menu with options like 'Data Archive', 'Processing', 'Projects', 'Sites', 'Maps', and 'Other'. The main content area is titled 'Rinex Data Browser: By GPS Site Code / Array Code' and contains a search form with fields for Start Day, End Day, Start Year, End Year, Site Codes, and Array Codes. The 'Data Type' is set to 'nav'. There are 'Reset' and 'Show Availability' buttons at the bottom of the form.

Şekil 5. 8 SOPAC'ın internet sitesinden ISTA navigasyon dosyalarının indirilmesi [72]

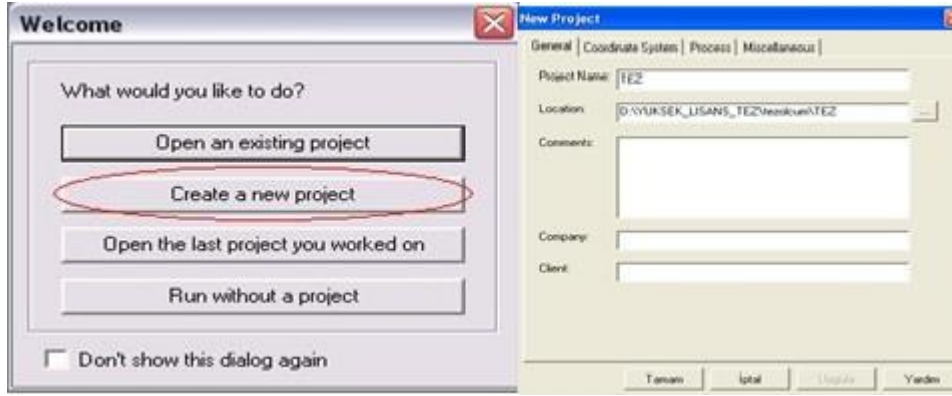
Değerlendirme ve dengeleme işlemine başlamak için gerekli tüm veriler temin edilmiş oldu. Tercih edilen yazılım programı ile değerlendirme ve dengeleme işlemi; baz vektör bileşenlerinin iyileştirilmesi (process) ve dengeleme (adjustment) olmak üzere 2 aşamadan oluşur. Değerlendirme aşamasında, baz vektör bileşenleri ve faz başlangıç belirsizliği (ambiguity) çözülür. Dengelemede ise bazlar arasında uyumsuz ölçü olup olmadığı test edilir. Uyumsuz ölçü kalmayana kadar zorlamasız serbest ağ dengelemesi ile bu işlem tekrar edilir ve sonuçta noktaların dengeli koordinatlarına ve standart sapmalarına ulaşılır.

Statik verilerin değerlendirme ve dengeleme işlemi için Ashtech Solution 2.6 programı tercih edildi. Programın sağladığı olanaklar şunlardır;

- Ham dataların detaylı bir biçimde incelenme olanağı,
- GPS ölçülerinden oluşturulan baz vektörlerini iyileştirme olanağı,
- Kapalı şekil olarak oluşturulan ağlarda LOOP kapanmalarını inceleme olanağı,
- Baz vektörü, nokta koordinatları ve standart sapmalarını görüntüleme olanağı,

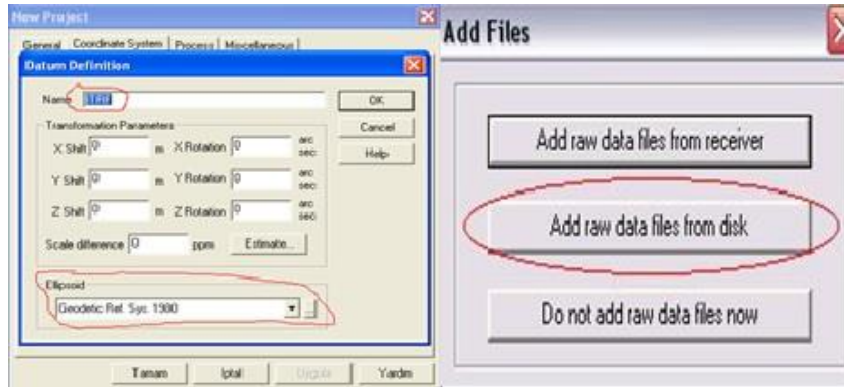
- RINEX converter ile dönüşüm olanağı,
- Ölçüm öncesi planlama olanağı,
- Farklı koordinat sistemleriyle çalışma olanağı,
- Değerlendirilen baz vektörlerini dengeleme olanağı sağlamaktadır.

Ashtech Solution programında verilerin değerlendirme ve dengeleme aşamasına geçecek olursak öncelikle Şekil 5.9'da gösterildiği gibi yeni proje oluşturularak projeye isim verilir ve çalışacağımız klasöre kayıt edilir.



Şekil 5. 9 Yeni proje oluşturulması

Yapılan ölçümlerin ITRF koordinat sistemi olması sebebiyle proje çalışmaya başlamadan önce datum tanımlanır. Koordinat sistemi menüsünden GRS80 elipsoidi seçilerek ITRF koordinat sistemi tanımlanır. Koordinat sistemi tanımlandıktan sonra statik ölçüm yapılan 6 noktanın ham verileri ve aynı günlere ait CORS istasyonunun ham verileri programa yüklenir.



Şekil 5. 10 Koordinat sistemi tanımlanması ve ham verilerin yüklenmesi

Veriler yüklendikten sonra programın “workbook” menüsündeki dosyalar kısmında Şekil 5.11’de gösterildiği gibi, her bir sabit ölçüm ham verisine ilişkin dosya adı, ölçüm başlangıç ve bitiş saati, kayıt aralığı, epok sayısı, dosya boyutu, ölçüm tipi ve anten tipine ait kayıtlar ekrana gelir.

	File Name	Start Time	End Time	Rec. Interval	Epochs	Size	Meas. Type	Antenna Type
1	BTEZ1A14.102	12.04.2014 10:56:00	12.04.2014 17:01:00	30.00	730	725KB	L1/L2 GPS	Unknown
2	BSAM1014.102	12.04.2014 00:00:00	12.04.2014 23:59:30	30.00	2856	4472KB	L1/L2 GPS	Unknown
3	BSAM1014.103	13.04.2014 00:00:00	13.04.2014 23:59:30	30.00	2848	4485KB	L1/L2 GPS	Unknown
4	BTEZ2B14.103	13.04.2014 10:04:30	13.04.2014 16:05:30	30.00	723	727KB	L1/L2 GPS/GLN	Unknown
5	BSAM1014.113	23.04.2014 00:00:00	23.04.2014 23:59:30	30.00	2866	4666KB	L1/L2 GPS	Unknown
6	BTEZ3C14.113	23.04.2014 11:34:00	23.04.2014 17:34:30	30.00	721	653KB	L1/L2 GPS/GLN	Unknown
7	BSAM1014.117	27.04.2014 00:00:00	27.04.2014 23:59:30	30.00	2858	4643KB	L1/L2 GPS	Unknown
8	BTEZ4D14.117	27.04.2014 10:04:00	27.04.2014 16:06:00	30.00	725	695KB	L1/L2 GPS/GLN	Unknown
9	BSAM1014.130	10.05.2014 00:00:00	10.05.2014 23:59:30	30.00	2861	4653KB	L1/L2 GPS	Unknown
10	BTEZ5E14.130	10.05.2014 10:41:00	10.05.2014 16:47:00	30.00	733	713KB	L1/L2 GPS/GLN	Unknown
11	BSAM1014.131	11.05.2014 00:00:00	11.05.2014 23:59:30	30.00	2871	4669KB	L1/L2 GPS	Unknown
12	BTEZ6F14.131	11.05.2014 10:34:30	11.05.2014 17:38:00	30.00	848	824KB	L1/L2 GPS/GLN	Unknown

Şekil 5. 11 Statik ölçüm ham verilerine ilişkin kayıtlar

Yine “workbook” menüsündeki gözlemler kısmı seçildiğinde Şekil 5.11’deki kayıtlardan farklı verilerin anten yükseklikleri, yükseklik tipi ve gözlem tipine ilişkin kayıtların yer aldığı görülebilir. Alıcıya tanımlanan alet yükseklik değerleri Şekil 5.12’de gözüktüğü gibi aynı şekilde menüye aktarılmıştır. Anten yükseklik tipi, eğik ve gözlem tipi de statik ölçüm olduğu için herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

	Site ID	Antenna Height	Height Type	Antenna Type	Start Time	End Time	File Name	Obs. Type
1	SAM1	0.087	Slant	Unknown	00:00:00	23:59:30	BSAM1014.102	Static
2	SAM1	0.087	Slant	Unknown	00:00:00	23:59:30	BSAM1014.103	Static
3	SAM1	0.087	Slant	Unknown	00:00:00	23:59:30	BSAM1014.131	Static
4	SAM1	0.087	Slant	Unknown	00:00:00	23:59:30	BSAM1014.113	Static
5	SAM1	0.087	Slant	Unknown	00:00:00	23:59:30	BSAM1014.130	Static
6	SAM1	0.087	Slant	Unknown	00:00:00	23:59:30	BSAM1014.117	Static
7	TEZ1	1.641	Slant	Unknown	10:56:00	17:01:00	BTEZ1A14.102	Static
8	TEZ2	1.641	Slant	Unknown	10:04:30	16:05:30	BTEZ2B14.103	Static
9	TEZ3	1.643	Slant	Unknown	11:34:00	17:34:30	BTEZ3C14.113	Static
10	TEZ4	1.641	Slant	Unknown	10:04:00	16:06:00	BTEZ4D14.117	Static
11	TEZ5	1.641	Slant	Unknown	10:41:00	16:47:00	BTEZ5E14.130	Static
12	TEZ6	1.641	Slant	Unknown	10:34:30	17:38:00	BTEZ6F14.131	Static

Şekil 5. 12 Statik ölçümdeki anten yükseklikleri

Samsun Merkez CORS istasyonuna dayalı dengeleme yapılacağı için kontrol noktası olarak belirlenen Samsun Merkez CORS istasyonunun (SAM1) enlem, boylam ve elipsoid yükseklik değerleri “workbook” menüsündeki “control sites” sekmesi seçilerek kesin

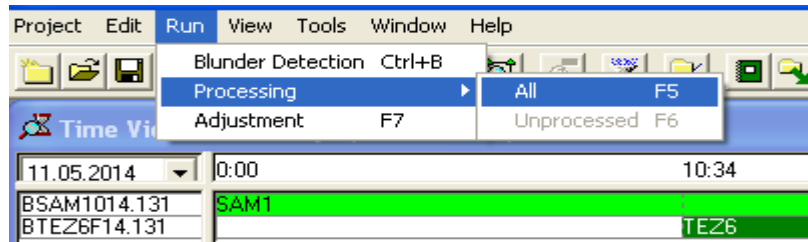
koordinat değerlerinin Şekil 5.13'deki gibi girilmesi gerekmektedir. Değerlendirme ve dengeleme işlemlerinde bu nokta sabit olarak alınmıştır.

Site ID	Site Descriptor	Latitude	Std. Err.	Longitude	Std. Err.	Ellips. Ht.	Std. Err.	Type	Fixed
1	SAM1	41° 18' 30.57817" N	0.000	36° 20' 1.54486" E	0.000	53.398	0.000	Hor/Ver	Hor/Ver

Şekil 5. 13 Kontrol noktasının kesin koordinat değerlerinin girilmesi

5.3.1 Verilerin Değerlendirme (Processing) Aşaması

Ham veriler programa aktarıldıktan sonra process (değerlendirme) aşamasına geçilmesi gerekmektedir. Programın üst sekmesindeki "run" sekmesinde "processing" menüsü yer almaktadır. Bu menüde "all" sekmesi tıklanarak tüm verilerin process (değerlendirme) işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 5. 14 Değerlendirme (processing) işlemi

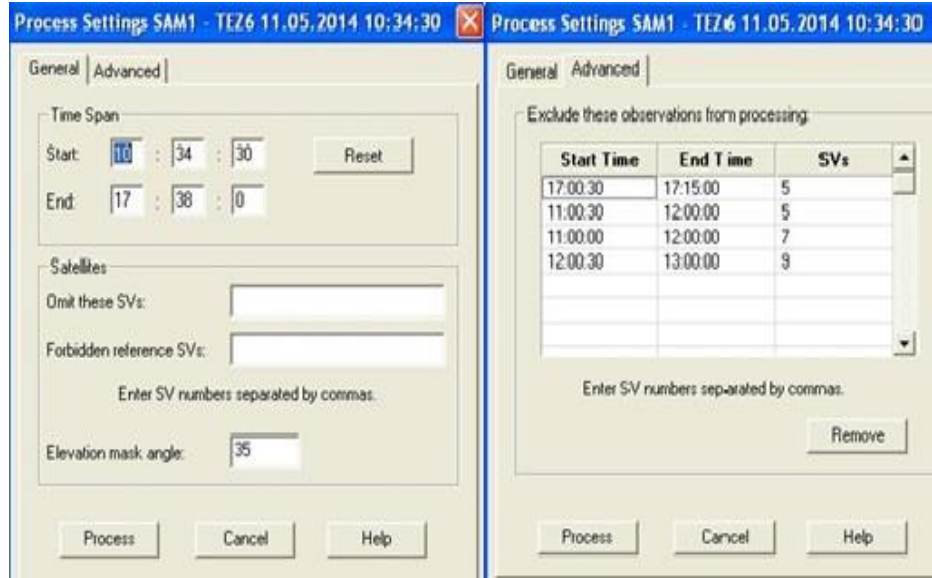
Yapılan değerlendirme işlemi sonucu "workbook" menüsünden "vectors" sekmesine tıklanırsa verilerin değerlendirilmesi sonucu elde edilen baz vektörlerinin çözüm sonucu, tamsayı belirsizliği, Delta X, Y ve Z değerleri ve standart sapmalarına ilişkin veriler Şekil 5.15'te gösterildiği gibidir.

From - To	Observed	QA	Sol.	Delta X	Std. Err.	Delta Y	Std. Err.	Delta Z	Std. Err.	Length	Std. Err.	Span	SVs	PDOP	Meas. Type
1 SAM1 - TEZ1	12.04.2014 10:56:00			1732.879	0.008	-6909.506	0.008	3029.898	0.009	7741.087	0.015	06:05:00	18	1.3	L1/L2 GPS
2 SAM1 - TEZ2	13.04.2014 10:04:30			1554.715	0.022	-15162.460	0.022	8726.846	0.022	17563.461	0.038	06:01:00	17	1.4	L1/L2 GPS
3 SAM1 - TEZ3	23.04.2014 11:34:00	Fail	Partial	-12.879	0.073	-22509.239	0.069	15064.463	0.067	27085.126	0.121	06:00:30	16	1.7	L1/L2 GPS
4 SAM1 - TEZ4	27.04.2014 10:04:00			4306.381	0.026	-32470.084	0.025	17783.481	0.026	37270.678	0.044	06:02:00	10	1.7	L1/L2 GPS
5 SAM1 - TEZ5	10.05.2014 10:41:00	Fail	Partial	6854.885	0.081	-41573.748	0.083	21475.108	0.080	47292.137	0.141	06:06:00	13	1.8	L1/L2 GPS
6 SAM1 - TEZ6	11.05.2014 10:34:30	Fail	Float	10265.226	0.124	-50492.180	0.123	24230.859	0.121	56938.297	0.213	07:03:30	17	1.4	L1/L2 GPS

Processing Summary:
Number of vectors processed: 6 of 6.

Şekil 5. 15 Değerlendirme sonrası baz vektörlerine ilişkin sonuçlar

Değerlendirme sonucu tamsayı belirsizliği çözilemeyen baz vektörlerine ilişkin iyileştirme işlemleri yapılması gerekmektedir. Tam sayı belirsizliği çözilemeyen baz vektörleri seçilerek Şekil 5.16'daki gibi değerlendirme ayarlarına girilir. "General" menüsünde değerlendirme işlemi için belirlenecek uydu yükseklik açısı değiştirilerek ya da "Advanced" menüsünden sinyal bozukluğu olan uydular ve kayıt edildiği saat aralıkları belirlenerek değerlendirme işleminde dikkate alınmaması sağlanır.

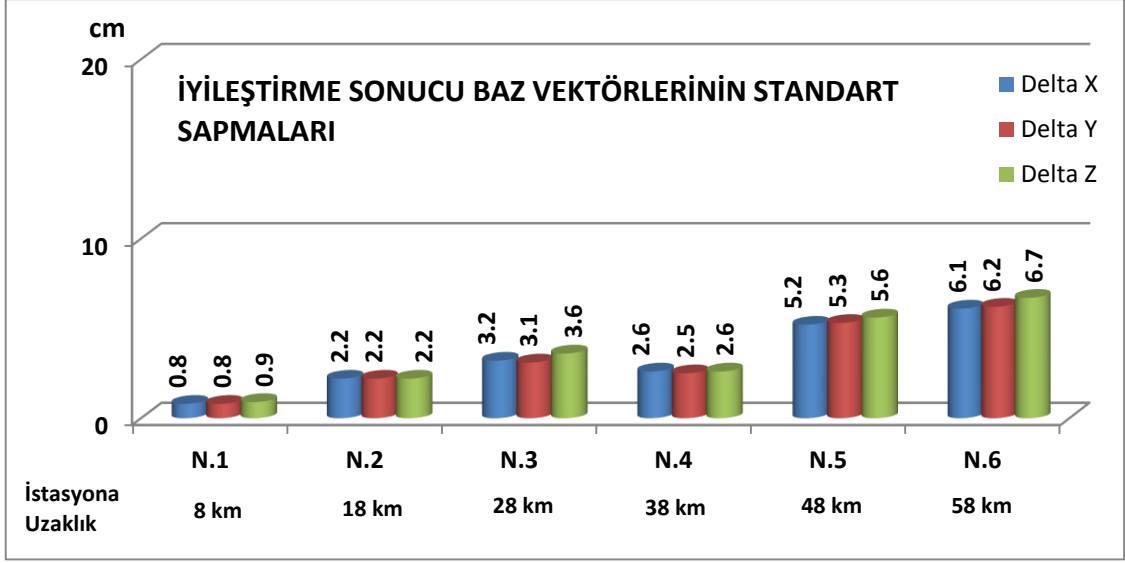


Şekil 5. 16 Değerlendirme iyileştirme işlemleri

Tamsayı belirsizliği çözilemeyen tüm baz vektörleri için aynı işlemler farklı değerler girilerek çözüm elde edilene kadar değerlendirme işlemleri tekrarlanır. Tüm baz vektörlerinde Şekil 5.17'deki çözüm elde edildikten sonra dengeleme aşamasına geçilebilir.

	From - To	Observed	QA	Sol.	Delta X	Std. Err.	Delta Y	Std. Err.	Delta Z	Std. Err.	Length	Std. Err.	Span	SVs	PDOP	Meas. Type
1	SAM1 - TEZ1	12.04.2014 10:56:00			1732.879	0.008	-6909.506	0.008	3029.898	0.009	7741.087	0.015	06:05:00	18	1.3	L1/L2.GPS
2	SAM1 - TEZ2	13.04.2014 10:04:30			1554.715	0.022	-15162.460	0.022	8726.846	0.022	17563.461	0.038	06:01:00	17	1.4	L1/L2.GPS
3	SAM1 - TEZ3	23.04.2014 11:34:00			-12.863	0.032	-22509.233	0.031	15064.475	0.036	27085.127	0.057	06:00:30	12	2.7	L1/L2.GPS
4	SAM1 - TEZ4	27.04.2014 10:04:00			4306.381	0.026	-32470.084	0.025	17783.481	0.026	37270.678	0.044	06:02:00	10	1.7	L1/L2.GPS
5	SAM1 - TEZ5	10.05.2014 10:41:00			6854.819	0.052	-41573.830	0.053	21475.021	0.056	47292.160	0.093	06:06:00	10	2.5	L1/L2.GPS
6	SAM1 - TEZ6	11.05.2014 10:34:30			10265.200	0.061	-50492.061	0.062	24230.885	0.067	56938.197	0.109	07:03:30	11	3.3	L1/L2.GPS

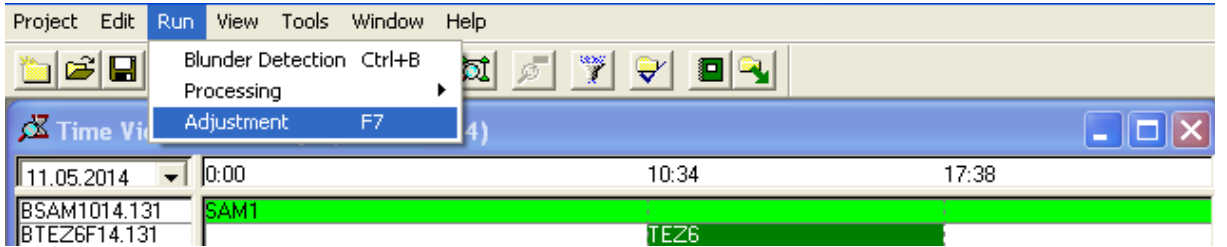
Şekil 5. 17 İyileştirme yapılmış baz vektörlerindeki değerlendirme sonuçları



Şekil 5. 18 İyileştirme sonucu baz vektörlerinin standart sapmaları

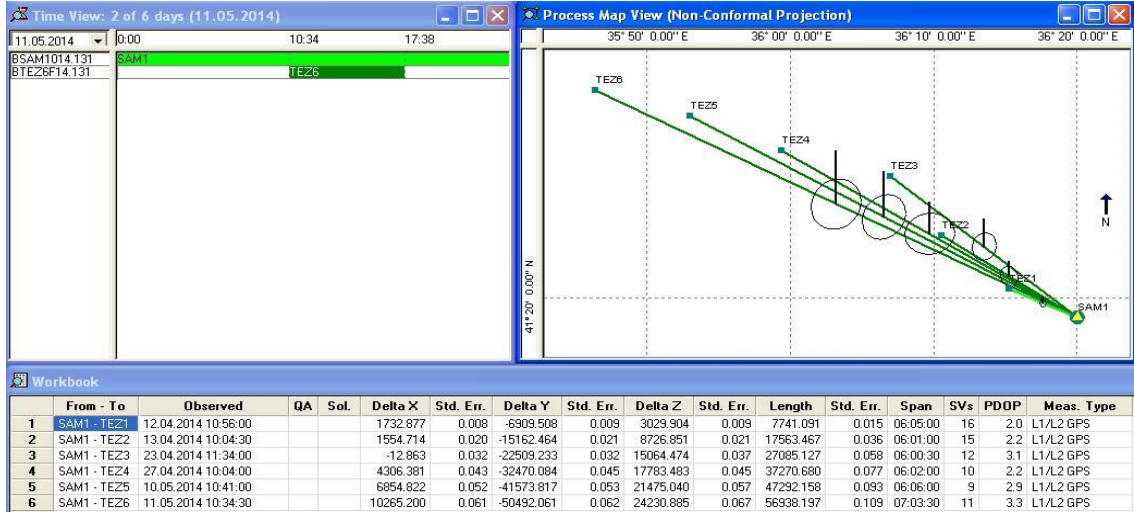
5.3.2 Verilerin Dengeleme (Adjustment) Aşaması

Değerlendirme aşaması tamamlandıktan sonra baz vektörlerinin dengeleme aşamasına geçilir. Dengeleme işlemi için yine programın üst menüsünde yer alan "Run" sekmesine tıklanır. "Run" sekmesine tıklandığında ekrana gelen "Adjustment" sekmesine tıklanırsa dengeleme işlemine başlanmış olur.

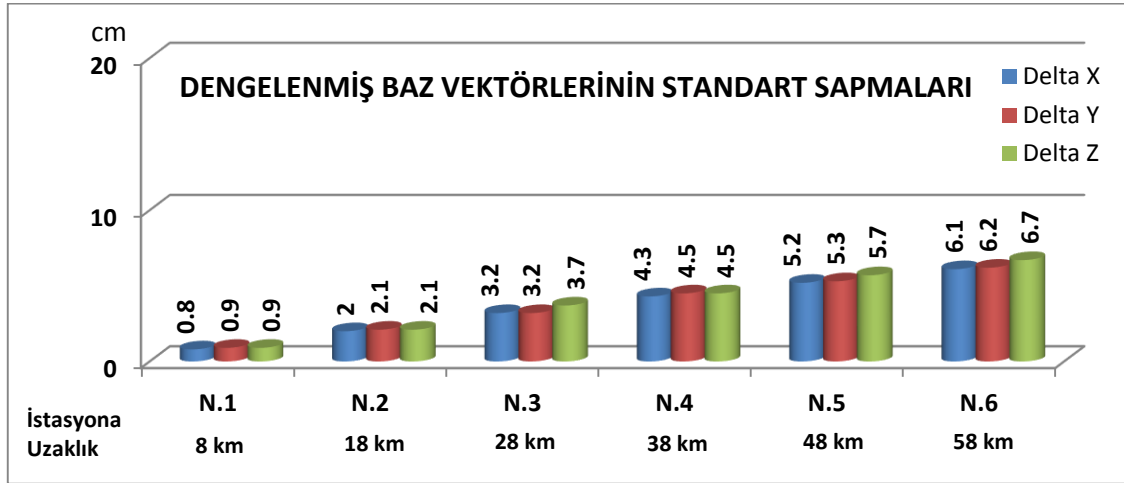


Şekil 5. 19 Dengeleme (Adjustment) işlemi

Dengeleme işleminden sonra "adjustment analysis" kısmından baz vektörlerine ilişkin dengeleme sonuçları incelenebilir. Bütün bazlar için dengelemeden sonra istenilen çözüme uygun olduğu görülebilir. "Workbook" menüsünden "Vektors" sekmesine tıklarsak dengelenmiş baz vektörlerine ilişkin Delta Y, Delta X, Delta Z değerleri ve bunların standart sapmaları, kayıt saati, uydu sayısı, PDOP değerleri ve ölçüm tipine ilişkin veriler ekrana gelir.



Şekil 5. 20 Dengelenmiş baz vektörleri

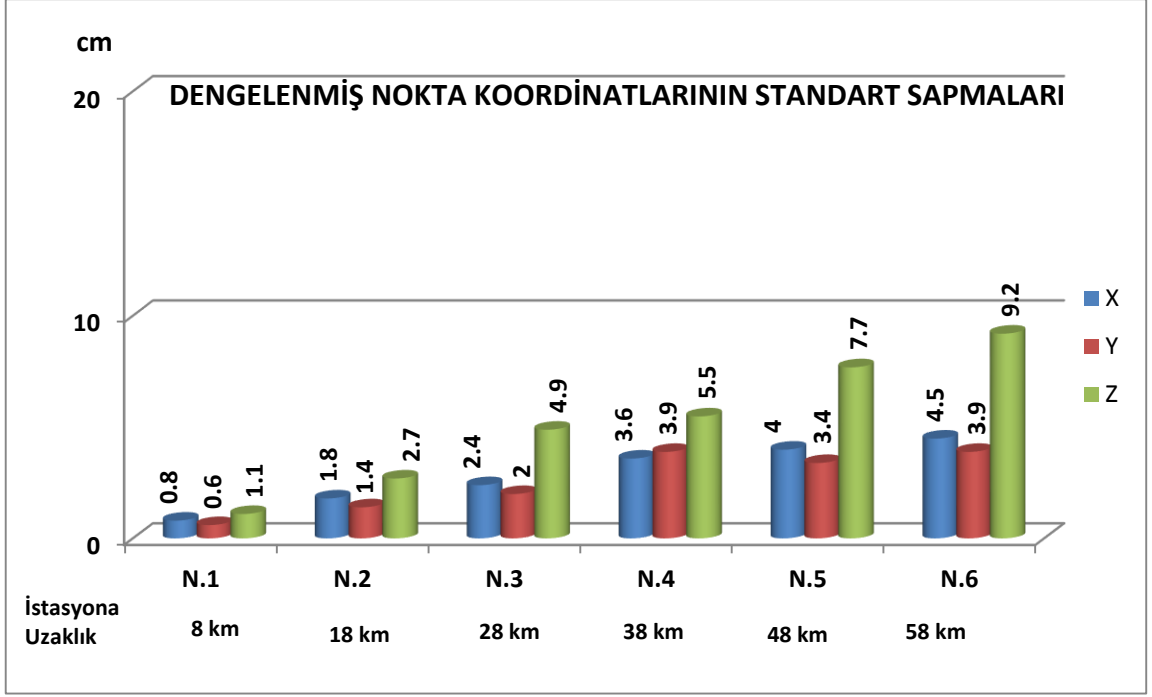


Şekil 5. 21 Dengelenmiş baz vektörlerinin standart sapmaları

“Workbook” menüsünden “Sites” sekmesi tıklanırsa burada noktaların dengelenmiş coğrafi koordinatları yani enlem ve boylam değerleri görülebilir. Her noktanın enlem, boylam, elipsoidal yüksekliği ve standart sapmaları şekil 5.22’de görülebilir.

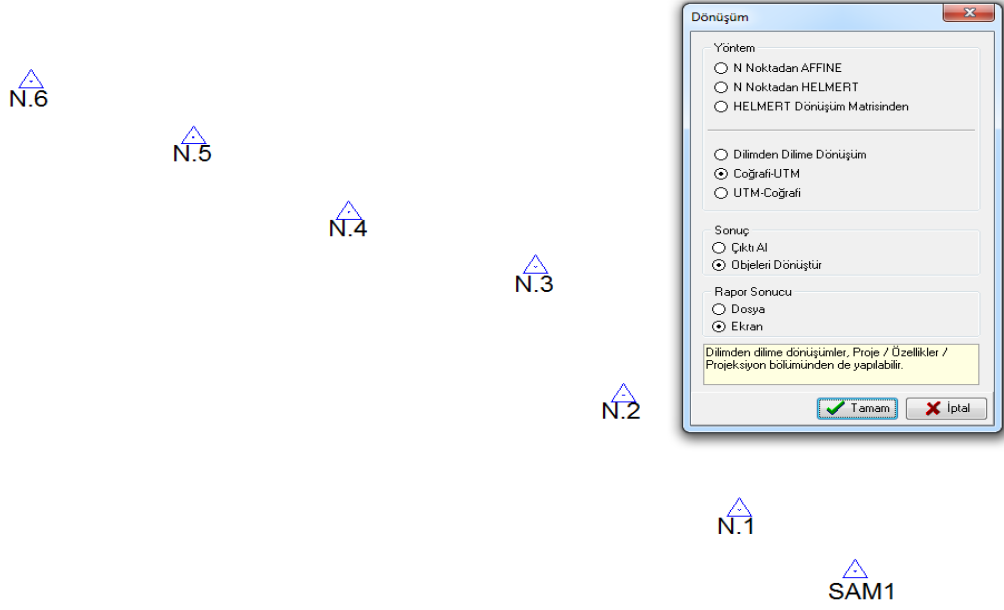
Site ID	Site Descriptor	Status	Latitude	Std. Err.	Longitude	Std. Err.	Ellips. Ht.	Std. Err.	Fixed
1	TEZ1	Adjusted	41° 20' 41.98223" N	0.008	36° 15' 17.96498" E	0.006	31.654	0.011	
2	SAM1	Adjusted	41° 18' 30.57817" N	0.000	36° 20' 1.54486" E	0.000	53.398	0.000	Hor/Ver
3	TEZ2	Adjusted	41° 24' 48.10507" N	0.018	36° 10' 35.94377" E	0.014	30.927	0.027	
4	TEZ3	Adjusted	41° 29' 22.22527" N	0.024	36° 07' 0.18461" E	0.020	29.524	0.049	
5	TEZ4	Adjusted	41° 31' 19.14305" N	0.036	35° 59' 23.33206" E	0.039	56.266	0.055	
6	TEZ5	Adjusted	41° 33' 59.19657" N	0.040	35° 53' 0.78299" E	0.034	49.966	0.077	
7	TEZ6	Adjusted	41° 35' 58.83214" N	0.045	35° 46' 22.44812" E	0.039	42.479	0.092	

Şekil 5. 22 Dengeleme sonucunda noktaların coğrafi koordinat değerleri



Şekil 5. 23 Dengelenmiş nokta koordinatlarının standart sapmaları

Statik ölçümlerin değerlendirilmesi ve dengelemesi işlemi sonrası noktaların dengelenmiş koordinatları elde edilmiş oldu. Ancak yapılan CORS RTK ölçümlerinde 2005.00 epoğunda ITRF96 koordinat sisteminde UTM koordinatları elde edilmiştir. Ashtech 2.6 programında yapılan değerlendirme ve dengeleme işlemleri sonucunda ise noktaların ITRF96 datumunda coğrafi koordinatları (enlem ve boylam değerleri) elde edilir. Statik ve RTK ölçümlerden elde edilen koordinat değerleri arasında karşılaştırma yapabilmek için; dengeleme sonucu elde edilen coğrafi koordinatların UTM koordinatlarına dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlemi ise NETCAD programındaki "hesap" menüsünde yer alan "dönüşümler" kısmındaki yazılım sayesinde gerçekleştiriyoruz. Öncelikle her bir noktanın enlem, boylam ve elipsoid yükseklik değerleri ondalık değerde girilir. Daha sonra şekil 5.24'deki gibi NETCAD programının dönüşüm yazılımı sayesinde tüm noktaların coğrafi koordinat değerlerinden UTM koordinat değerlerine geçişi sağlanmış olur.



Şekil 5. 24 Coğrafi koordinatların UTM koordinatlara dönüşümü

Dönüşüm sonucu statik ölçü yapılan noktaların, 2005.00 epoğunda ITRF96 koordinat sistemindeki dengelenmiş UTM koordinat değerleri yani Sağa Değer, Yukarı Değer ve Elipsoit Yükseklik (h) değerleri çizelge 5.2’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. 2 Dengelenmiş noktaların ITRF96 sistemindeki UTM ve coğrafi koordinatları

NOKTA	Enlem (φ)	Boylam (λ)	Elipsoidal	Yukarı Değer	Sağa Değer (m)	h (m)
N.1	41.344995	36.254990	31.654	4578918.856	521341.386	31.654
N.2	41.413363	36.176651	30.927	4586495.581	514769.325	30.927
N.3	41.489507	36.116718	29.524	4594943.851	509747.080	29.524
N.4	41.521984	35.989814	56.266	4598544.340	499149.796	56.266
N.5	41.566443	35.883551	49.966	4603488.653	490286.898	49.966
N.6	41.599676	35.772902	42.479	4607198.045	481067.285	42.479
SAM1	41.308494	36.333762	53.398	4574887.414	527949.810	53.398

5.4 Farklı Veri Aktarma Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Ağ RTK Ölçümleri

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü’nün yayınladığı Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü Genelgesi Madde 13’e göre TUSAGA-Aktif düzeltme verileri ile gerçek zamanlı (RTK) koordinat belirleme yöntemi kullanılırken dikkat edilecek hususlardan bazıları şunlardır;

- Farklı zamanlarda en az iki GNSS oturumu yapılmalıdır,
- Düzeltme verileri alınırken kullanılacak teknikler VRS, FKP ve MAC teknikleridir,

- Belirsizlik çözümü sabitlenmiş (fixed) olmalıdır,
- Uydu sayısı en az 5 adet olmalıdır,
- Oturumlar arası zaman en az 1 saat olmalıdır [69], [70].

Yukarıda bahsedilen hususlar gözönünde bulundurularak tesis edilen 6 noktada Ağ-RTK ölçümleri yapılmıştır. VRS, FKP ve MAC yöntemleri kullanılarak ardı ardına, farklı zaman aralıklarında her noktada farklı üç gün ölçüm yapılmıştır. Buradaki amaç farklı veri aktarma yöntemleri kullanılarak; Ağ-RTK ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerlerinin birbiri ile karşılaştırılmasıdır.

Referans noktasından 8 km uzaklıkta tesis edilen ilk nokta olan N.1 noktasında 12.04.2014 tarihinde önce statik ölçüm yapıldı. Statik ölçüm bittikten sonra saat 20:06'da VRS yöntemi tercih edilerek ilk ölçüm yapıldı. Daha sonra 20:10'da FKP yöntemi ve son olarak 20:11'de ise MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.3'deki gibidir.

Çizelge 5. 3 N.1 noktasında 12/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	13	12	6
HRMS (m)	0.008	0.009	0.011
VRMS (m)	0.011	0.016	0.018
HDOP	0.84	1.55	1.54
VDOP	1.27	2.60	2.60
PDOP	1.55	3.03	3.02
TDOP	0.91	1.84	1.88
GDOP	1.77	3.12	3.56
Sağa Değer (Y)	521341.406	521341.399	521341.400
Yukarı Değer (X)	4578918.875	4578918.907	4578918.858
Elipsoidal Yükseklik (h)	31.694	31.717	31.777

Çizelge 5.3'de görüldüğü üzere nokta konumu kayıt edilirken HRMS (yatay konum doğruluğu), VRMS (düşey konum doğruluğu) ve DOP değerleri ölçüm kalitesinin incelenmesi açısından kayıt edildi. DOP faktörlerini açıklayacak olursak;

GDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan nokta koordinatlarına ve alıcı saati bilinmeyenine toplam etkisini,

PDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan yatay ve düşey koordinatlara etkisini,

HDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan yatay koordinatlara etkisini (enlem, boylam),

VDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan nokta yüksekliğine etkisini,

TDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan zaman bilgisine etkisini ifade etmektedir.

NATO standartlarına göre uygun olarak kabul edilen DOP değerleri ise; PDOP ≤ 6 , HDOP ≤ 4 , VDOP ≤ 4.5 , TDOP ≤ 2 değerleri arasında ise ölçüm iyi kabul edilebilir [73], [74].

Yine ilk noktada 13/04/2014 tarihinde saat 11:38'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 11:41'de FKP yöntemi ve 11:53'de ise son olarak MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 6.4'deki gibidir.

Çizelge 5. 4 N.1 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	17	9	9
HRMS (m)	0.009	0.013	0.015
VRMS (m)	0.010	0.013	0.018
HDOP	0.72	0.93	0.98
VDOP	1.19	1.56	1.44
PDOP	1.39	1.84	1.74
TDOP	0.78	1.02	0.95
GDOP	1.59	2.10	1.98
Sağa Değer (Y)	521341.417	521341.423	521341.418
Yukarı Değer (X)	4578918.872	4578918.892	4578918.901
Elipsoidal Yükseklik (h)	31.709	31.659	31.684

Son olarak N.1 no'lu noktada yine 23/04/2014 tarihinde, saat 11:57'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:04'de FKP yöntemi ve son olarak 12:05'de ise MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.5'deki gibidir.

Çizelge 5. 5 N.1 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
UYDU SAYISI	17	10	10
HRMS (m)	0.009	0.010	0.017
VRMS (m)	0.010	0.010	0.014
HDOP	0.67	0.91	0.91
VDOP	0.87	1.29	1.30
PDOP	1.09	1.58	1.59
TDOP	0.56	0.83	0.84
GDOP	1.23	1.78	1.80
Sağa Değer (Y)	521341.413	521341.430	521341.448
Yukarı Değer (X)	4578918.847	4578918.839	4578918.853
Elipsoidal Yükseklik (h)	31.709	31.724	31.741

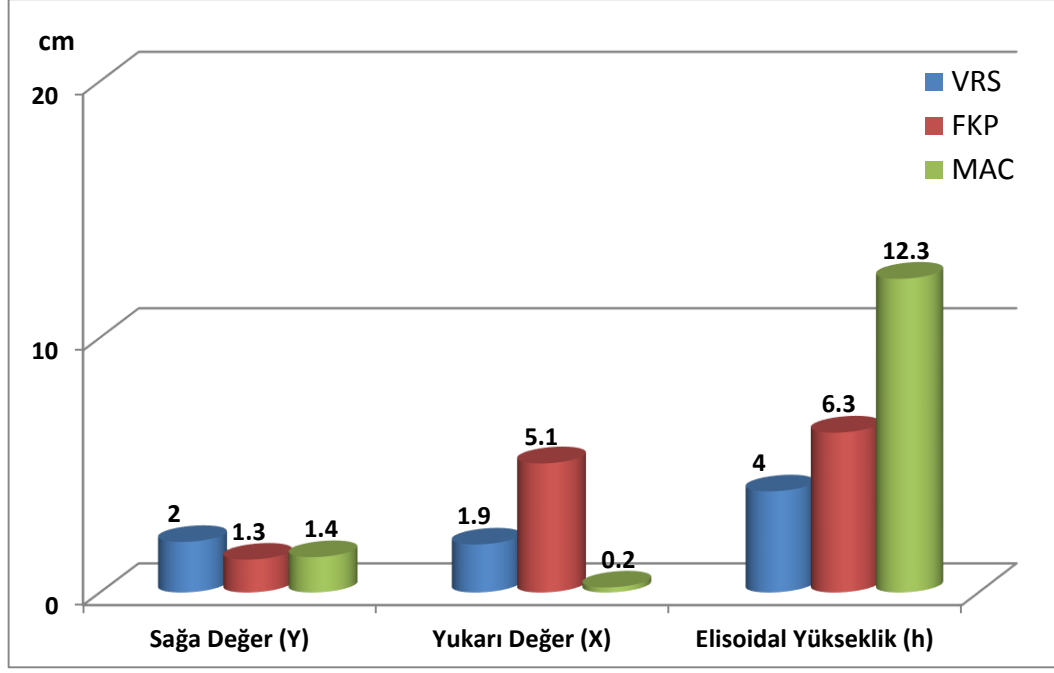
Aynı noktada yapılan farklı günlerde yapılan ölçümlere ilişkin Çizelge 5.3, Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5'deki kayıtları değerlendirecek olursak yatay konum doğrulukları (HRMS) ve düşey konum doğrulukları (VRMS) 0.8 - 1.8 cm aralığında, uydu geometrilerinin ise yeterli seviyede olduğu gözükmemektedir.

N.1 no'lu noktada 12/04/2014 tarihinde ardı ardına farklı yöntemler kullanılarak Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik yöntemden elde edilen ITRF96 datumunda dengelenmiş koordinat değerleri ise çizelge 5.6'daki gibidir.

Çizelge 5. 6 N.1 noktasının 12/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	521341.406	521341.399	521341.400	521341.386
Yukarı Değer (X)	4578918.875	4578918.907	4578918.858	4578918.856
Elipsoidal Yükseklik (h)	31.694	31.717	31.777	31.654

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerinin, statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.25'de gösterildiği gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



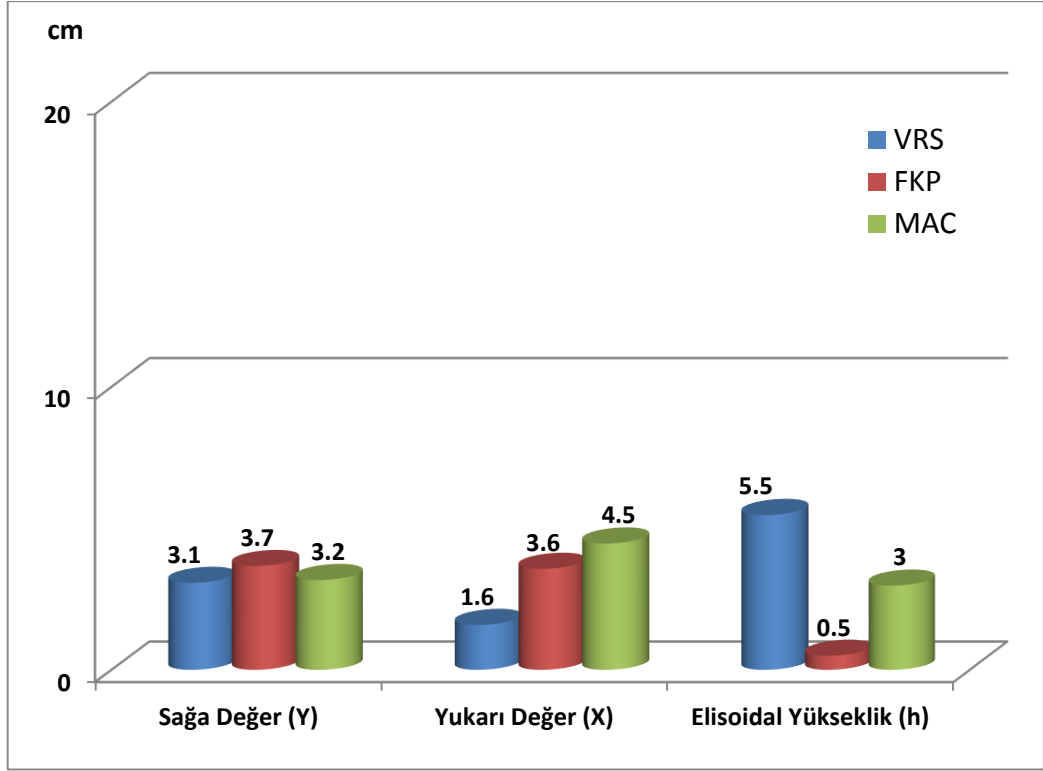
Şekil 5. 25 N.1 noktasında 12/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Samsun Merkez CORS istasyonuna 8 km uzaklıkta tesis edilen N.1 noktasında 13/04/2014 tarihinde ardı ardına farklı yöntemler kullanılarak Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş ITRF96 koordinat değerleri ise çizelge 5.7'deki gibidir.

Çizelge 5. 7 N.1 noktasının 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	521341.417	521341.423	521341.418	521341.386
Yukarı Değer (X)	4578918.872	4578918.892	4578918.901	4578918.856
Elipsoidal Yükseklik (h)	31.709	31.659	31.684	31.654

Statik ölçümden elde edilen koordinat değerleri ile farklı Ağ-RTK veri aktarma yöntemleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.26'daki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.

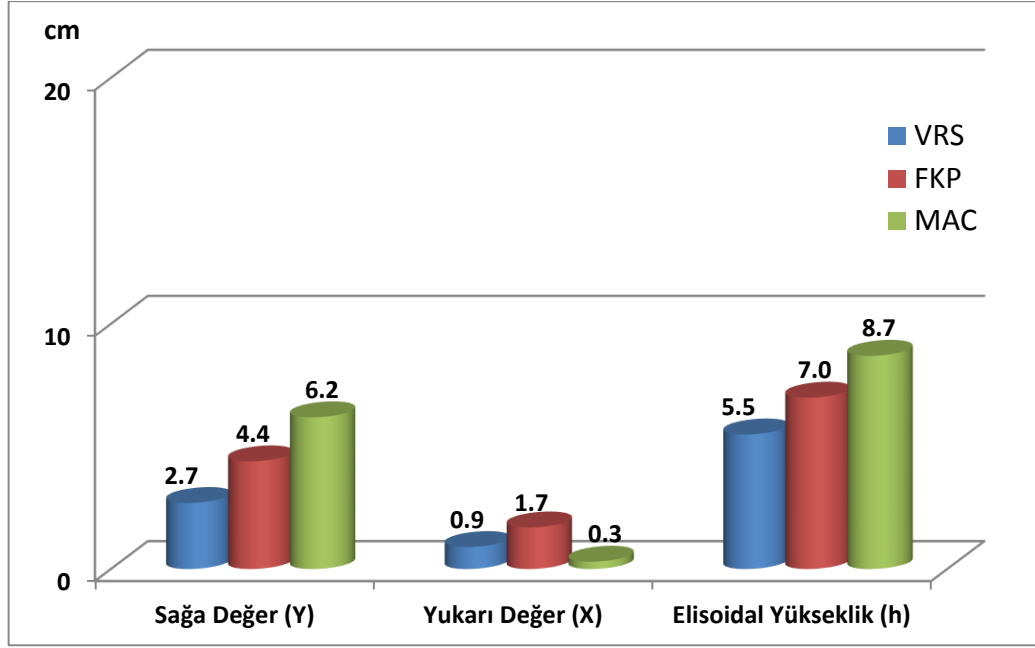


Şekil 5. 26 N.1 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

N.1 noktasının 23/04/2014 tarihinde Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ile birlikte statik ölçümler sonucu elde edilen ITRF koordinat sisteminde dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.8'deki gibidir. Bu koordinatlar arasındaki "cm" düzeyindeki farkları gösteren grafik ise şekil 5.27'deki gibidir.

Çizelge 5. 8 N.1 noktasının 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	521341.413	521341.430	521341.448	521341.386
Yukarı Değer (X)	4578918.847	4578918.839	4578918.853	4578918.856
Elipsoid Yükseklik (h)	31.709	31.724	31.741	31.654



Şekil 5. 27 N.1 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Referans noktasından 18 km uzaklıkta tesis edilen N.2 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan Ağ-RTK ölçümlerinden 19:10'da ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra 19:15'de FKP yöntemi ve son olarak 19:21'de ise MAC yöntemi kullanılarak ölçüm yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.9'daki gibidir.

Çizelge 5. 9 N.2 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	10	6	6
HRMS (m)	0.012	0.015	0.014
VRMS (m)	0.019	0.023	0.021
HDOP	1.00	1.21	1.20
VDOP	1.70	2.15	2.06
PDOP	1.97	2.46	2.38
TDOP	1.25	1.44	1.39
GDOP	2.33	2.85	2.76
Sağa Değer (Y)	514769.331	514769.335	514769.343
Yukarı Değer (X)	4586495.525	4586495.523	4586495.512
Elipsoidal Yükseklik (h)	30.950	30.988	31.001

N.2 noktasında yapılan ikinci ölçüm 23/04/2014 tarihinde, saat 12:36'da ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:40'da FKP yöntemi ve 12:43'de ise son olarak MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.10'daki gibidir.

Çizelge 5. 10 N.2 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	14	9	7
HRMS (m)	0.011	0.013	0.012
VRMS (m)	0.018	0.023	0.023
HDOP	0.86	1.16	1.32
VDOP	1.22	1.67	2.89
PDOP	1.49	2.03	3.18
TDOP	0.86	1.16	2.27
GDOP	1.73	2.34	3.91
Sağa Değer (Y)	514769.323	514769.324	514769.308
Yukarı Değer (X)	4586495.542	4586495.546	4586495.553
Elipsoidal Yükseklik (h)	30.976	30.013	30.972

N.2 noktasında son olarak yapılan üçüncü ölçüm ise 26/04/2014 tarihinde, saat 12:34'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:36'da FKP yöntemi ve son olarak saat 12:38'de ise MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.11'deki gibidir.

Çizelge 5. 11 N.2 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	14	8	7
HRMS (m)	0.010	0.014	0.013
VRMS (m)	0.017	0.024	0.026
HDOP	0.79	1.19	1.33
VDOP	1.21	1.95	3.07
PDOP	1.45	2.28	3.34
TDOP	0.86	1.41	2.41
GDOP	1.68	2.69	4.12
Sağa Değer (Y)	514769.301	514769.304	514769.297
Yukarı Değer (X)	4586495.546	4586495.534	4586495.546
Elipsoidal Yükseklik (h)	30.969	31.003	31.001

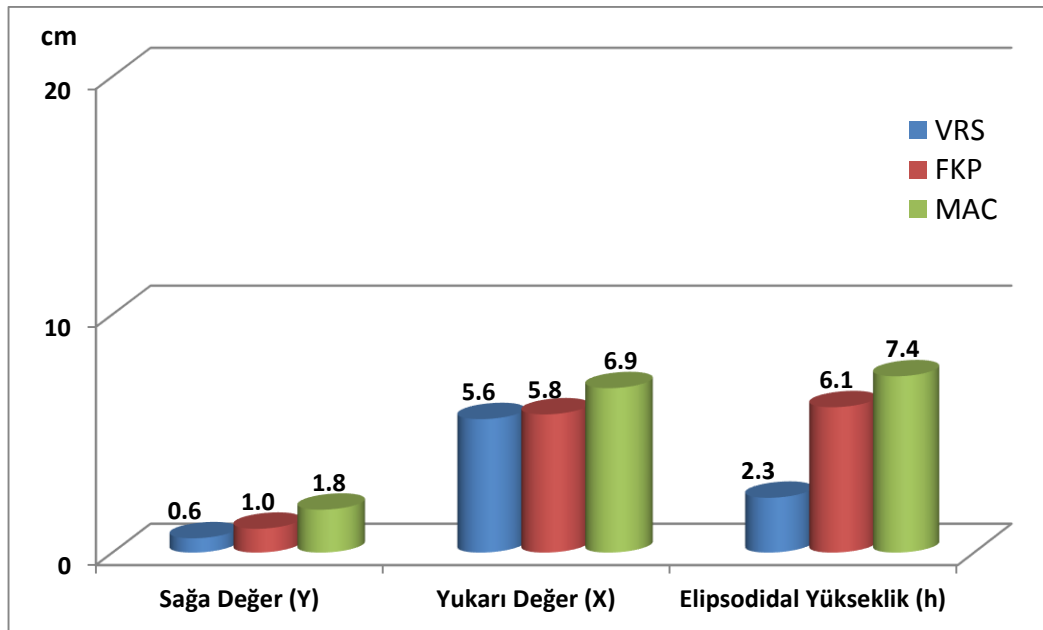
Aynı noktada yapılan farklı günlerde yapılan ölçümlere ilişkin Çizelge 5.9, Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11'deki kayıtları değerlendirecek olursak yatay konum doğrulukları (HRMS) ve düşey konum doğrulukları (VRMS) 1.1 - 2.6 cm aralığında, uydu geometrileri kabul edilebilir seviyededir. VRS yönteminde yapılan ölçümde uydu geometrisinin ve hassasiyetin FKP ve MAC yöntemine göre daha iyi olduğu gözükmemektedir.

N.2 noktasında 13/04/2014 ardı ardına farklı yöntemler kullanılarak Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş ITRF96 koordinat değerleri çizelge 5. 12'deki gibidir.

Çizelge 5. 12 N.2 noktasının 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	514769.331	514769.335	514769.343	514769.325
Yukarı Değer (X)	4586495.525	4586495.523	4586495.512	4586495.581
Elipsoidal Yükseklik (h)	30.950	30.988	31.001	30.927

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerinin, statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.28'de gösterildiği gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



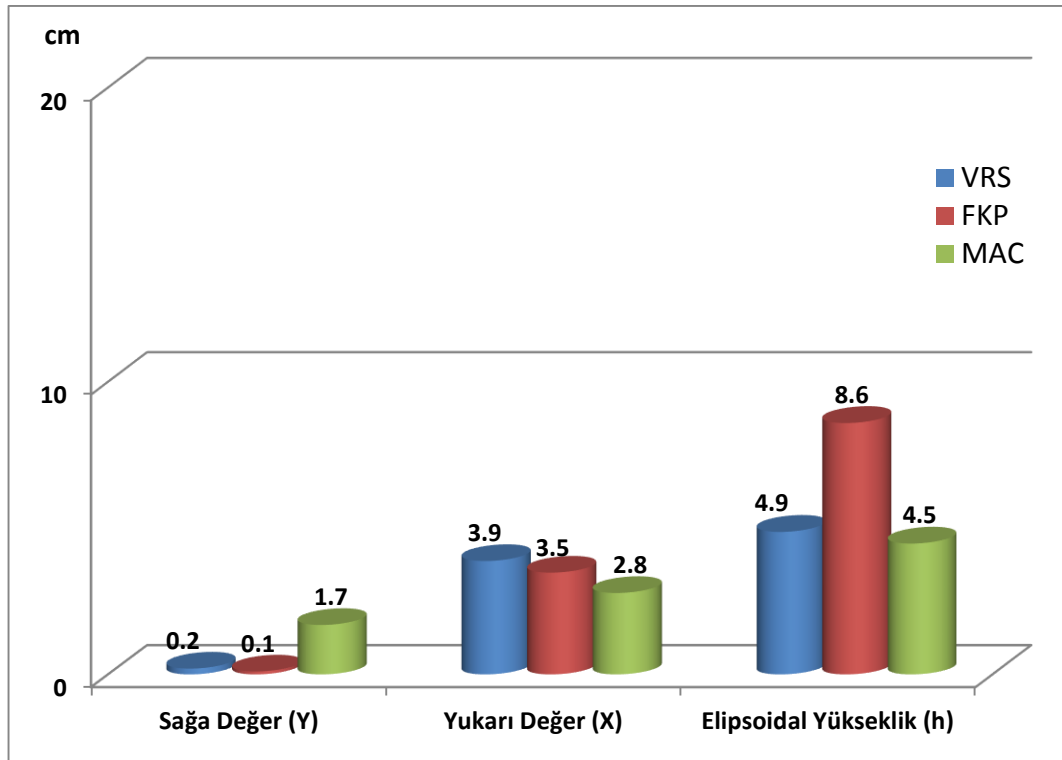
Şekil 5. 28 N.2 noktasında 13/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Samsun Merkez CORS istasyonuna 18 km uzaklıkta tesis edilen N.2 noktasında 23/04/2014 tarihinde farklı Ağ-RTK ölçüm yöntemleri tercih edilerek elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş koordinat ITRF96 koordinat değerleri ise çizelge 5.13'deki gibidir.

Çizelge 5. 13 N.2 noktasının 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	514769.323	514769.324	514769.308	514769.325
Yukarı Değer (X)	4586495.542	4586495.546	4586495.553	4586495.581
Elipsoidal Yükseklik (h)	30.976	31.013	30.972	30.927

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.29'daki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.

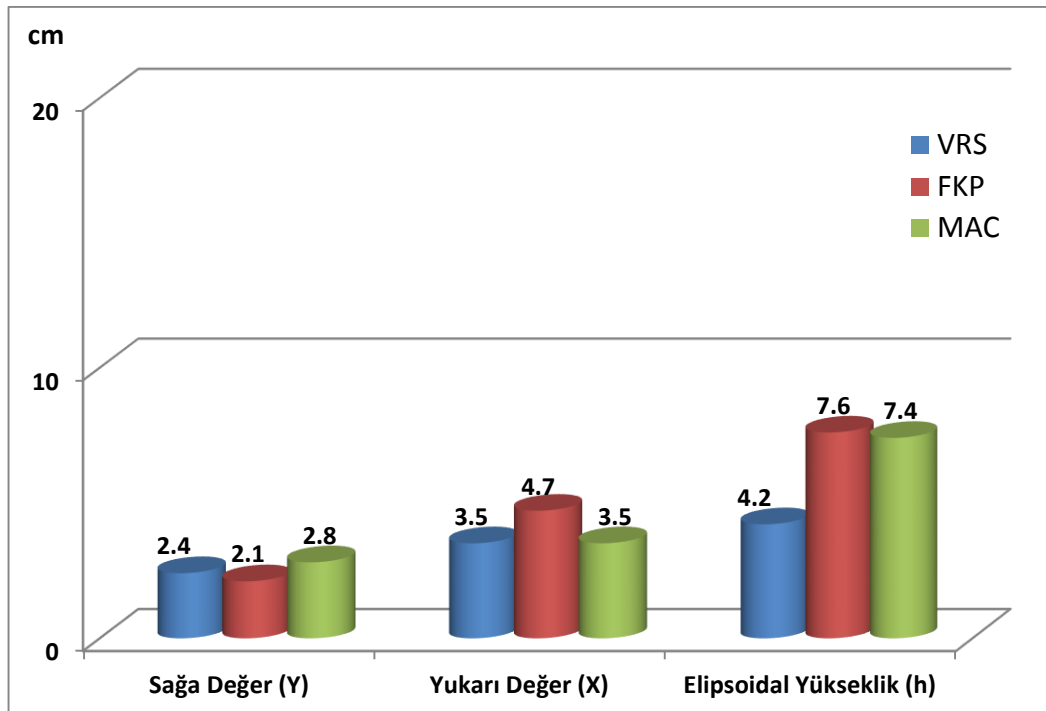


Şekil 5. 29 N.2 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

N.2 noktasında son olarak 26/04/2014 tarihinde Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 datumunda dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.14'deki gibi olup bu koordinatlar arasındaki "cm" düzeyindeki farkları gösteren grafik şekil 5.30'daki gibidir.

Çizelge 5. 14 N.2 noktasının 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	514769.301	514769.304	514769.297	514769.325
Yukarı Değer (X)	4586495.546	4586495.534	4586495.546	4586495.581
Elipsoidal Yükseklik (h)	30.969	31.003	31.001	30.927



Şekil 5. 30 N.2 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Referans noktasından 28 km uzaklıkta tesis edilen N.3 noktasında 23/04/2014 tarihinde ilk olarak 20:37'de VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra 20:41'de FKP yöntemi ve son olarak 20:45'de ise MAC yöntemi kullanılarak ölçüm yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.15'deki gibidir.

Çizelge 5. 15 N.3 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	12	7	6
HRMS (m)	0.014	0.020	0.018
VRMS (m)	0.022	0.027	0.028
HDOP	0.94	1.25	1.18
VDOP	1.21	1.60	1.73
PDOP	1.54	2.03	2.16
TDOP	0.86	1.13	1.25
GDOP	1.76	2.32	2.50
Sağa Değer (Y)	509747.089	509747.103	509747.101
Yukarı Değer (X)	4594943.903	4594943.867	4594943.899
Elipsoidal Yükseklik (h)	29.489	29.523	29.512

N.3 noktasında yapılan ikinci ölçüm ise 26/04/2014 tarihinde, saat 13:13'de ilk olarak MAC yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 13:15'de FKP yöntemi ve 13:17'de ise son olarak VRS yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.16'daki gibidir.

Çizelge 5. 16 N.3 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	16	9	9
HRMS (m)	0.012	0.016	0.015
VRMS (m)	0.018	0.024	0.022
HDOP	0.79	1.13	1.13
VDOP	1.28	1.71	1.74
PDOP	1.51	2.05	2.08
TDOP	0.85	1.22	1.24
GDOP	1.73	2.38	2.42
Sağa Değer (Y)	509747.068	509474.079	509747.055
Yukarı Değer (X)	4594943.867	4594943.867	4594943.884
Elipsoidal Yükseklik (h)	29.534	29.558	29.536

Üçüncü noktada son olarak yapılan üçüncü ölçüm ise 27/04/2014 tarihinde, saat 12:14'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:19'de FKP yöntemi ve son olarak saat 12:21'de ise MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.17'deki gibidir.

Çizelge 5. 17 N.3 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	15	10	8
HRMS (m)	0.015	0.016	0.014
VRMS (m)	0.024	0.028	0.026
HDOP	0.80	1.07	1.14
VDOP	1.11	1.58	1.95
PDOP	1.37	1.91	2.26
TDOP	0.76	1.06	1.41
GDOP	1.57	2.18	2.66
Sağa Değer (Y)	509747.075	509747.083	509747.068
Yukarı Değer (X)	4594943.863	4594943.871	4594943.857
Elipsoidal Yükseklik (h)	29.519	29.541	29.624

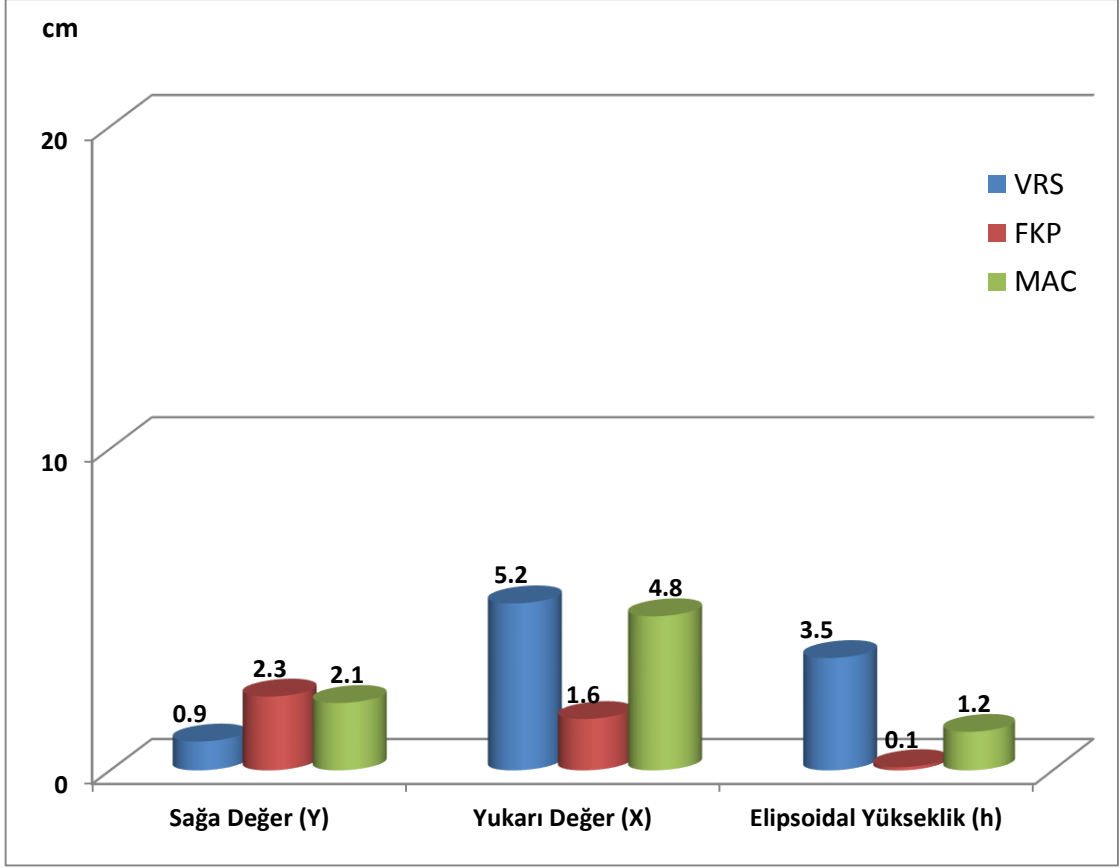
Aynı noktada yapılan farklı günlerde yapılan ölçümlere ilişkin çizelge 5.15, Çizelge 5.16 ve Çizelge 5.17'deki kayıtları değerlendirecek olursak yatay konum doğrulukları (HRMS) ve düşey konum doğrulukları (VRMS) 1.2 - 2.8 cm aralığında, uydu geometrileri ise kabul edilebilir seviyededir. VRS yönteminde yapılan ölçümde uydu geometrisinin ve hassasiyetin FKP ve MAC yöntemine göre daha iyi olduğu gözükmemektedir.

N.3 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemleri kullanılarak farklı günlerde ardı ardına yapılan anlık ölçümlerden elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş ITRF96 koordinat değerleri çizelge 5.18'deki gibidir.

Çizelge 5. 18 N.3 noktasının 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	509747.089	509747.103	509747.101	509747.080
Yukarı Değer (X)	4594943.903	4594943.867	4594943.899	4594943.851
Elipsoidal Yükseklik (h)	29.489	29.523	29.512	29.524

N.3 noktasında 23/04/2014 tarihinde VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.31'de gösterildiği gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



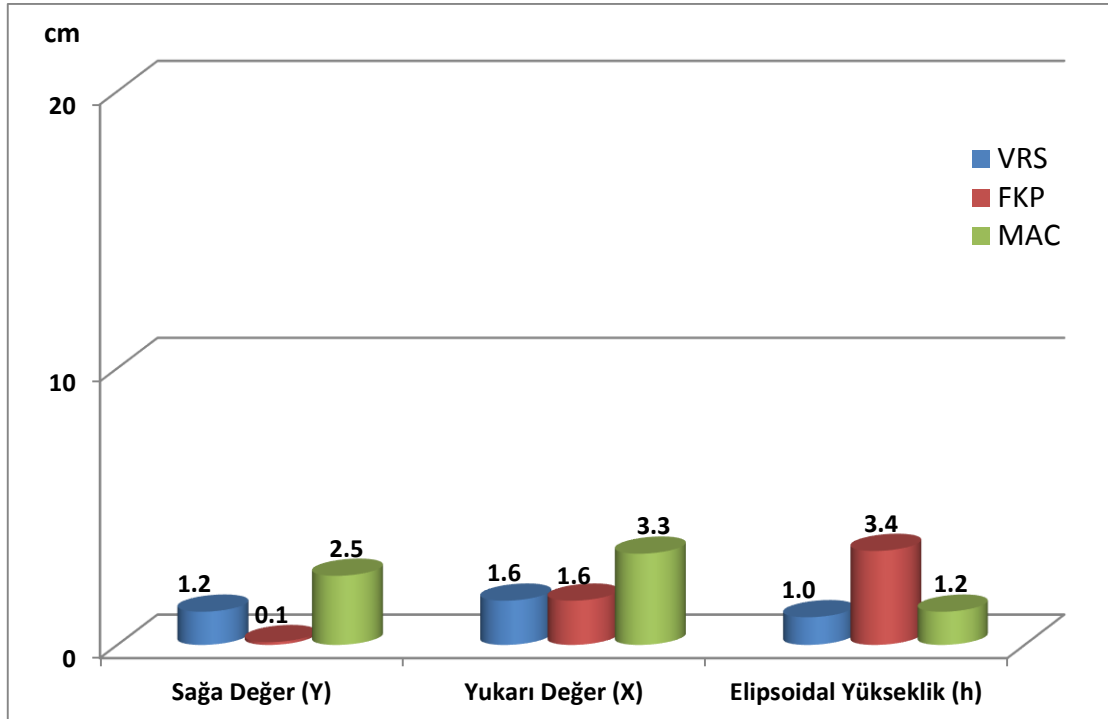
Şekil 5. 31 N.3 noktasında 23/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Samsun Merkez CORS istasyonuna 28 km uzaklıkta tesis edilen N.3 no'lu noktada 26/04/2014 tarihinde yapılan Ağ-RTK Ölçüm Yöntemleri ile elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümden elde edilen ITRF96 koordinat değerleri çizelge 5.19'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. 19 N.3 noktasının 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	509747.068	509747.079	509747.055	509747.080
Yukarı Değer (X)	4594943.867	4594943.867	4594943.884	4594943.851
Elipsoidal Yükseklik (h)	29.534	29.558	29.536	29.524

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçümden elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.32'deki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.

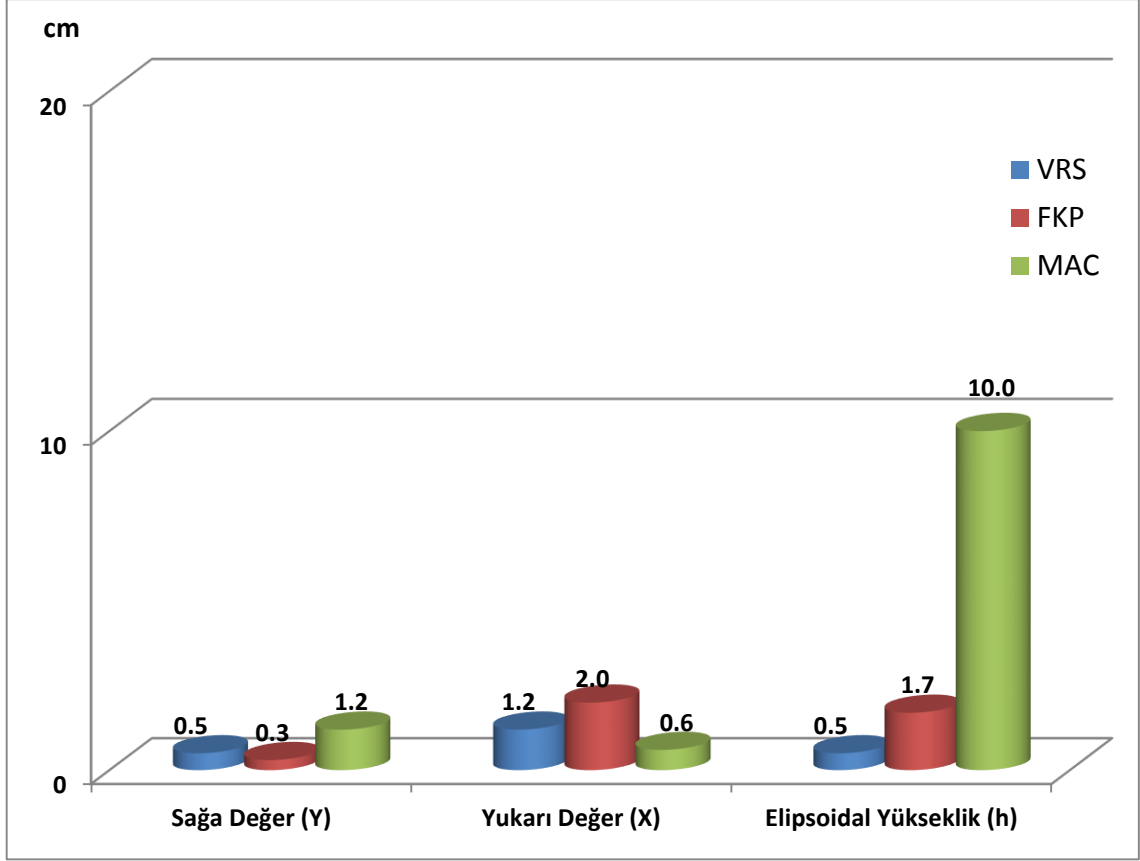


Şekil 5. 32 N.3 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

N.3 noktasında son olarak 27/04/2014 tarihinde Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş ITRF96 koordinat değerleri çizelge 5.20'deki gibi olup bu koordinatlar arasındaki "cm" düzeyindeki farkları gösteren grafik şekil 5.33'deki gibidir.

Çizelge 5. 20 N.3 noktasının 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	509747.075	509747.083	509747.068	509747.080
Yukarı Değer (X)	4594943.863	4594943.871	4594943.857	4594943.851
Elipsoidal Yükseklik (h)	29.519	29.541	29.624	29.524



Şekil 5. 33 N.3 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Referans noktasından 38 km uzaklıkta tesis edilen N.4 no'lu dördüncü noktada 26/04/2014 tarihinde ilk olarak 15:30'da VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra 15:34'de FKP yöntemi ve son olarak 15:38'de ise MAC yöntemi kullanılarak ölçüm yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.21'deki gibidir.

N.4 noktasında yapılan ikinci ölçüm 27/04/2014 tarihinde, saat 12:50'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:55'de FKP yöntemi ve 12:57'de ise son olarak MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.22'deki gibidir.

Çizelge 5. 21 N.4 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	10	6	5
HRMS (m)	0.017	0.024	0.024
VRMS (m)	0.037	0.053	0.044
HDOP	0.93	1.74	2.09
VDOP	1.64	3.94	4.04
PDOP	1.89	4.31	4.55
TDOP	1.15	3.10	3.15
GDOP	2.20	5.31	5.53
Sağa Değer (Y)	499149.887	499149.754	499149.853
Yukarı Değer (X)	4598544.324	4598544.361	4598544.332
Elipsoidal Yükseklik (h)	56.085	55.723	56.010

Çizelge 5. 22 N.4 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	13	9	8
HRMS (m)	0.013	0.027	0.015
VRMS (m)	0.023	0.033	0.028
HDOP	0.85	1.14	1.16
VDOP	1.56	1.92	2.05
PDOP	1.70	2.23	2.35
TDOP	1.04	1.37	1.50
GDOP	2.00	2.62	2.79
Sağa Değer (Y)	499149.839	499149.839	499149.824
Yukarı Değer (X)	4598544.383	4598544.389	4598544.373
Elipsoidal Yükseklik (h)	56.334	56.332	56.331

Dördüncü noktada son olarak yapılan ölçüm ise 04/05/2014 tarihinde, saat 15:12'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 15:40'de FKP yöntemi ve son olarak saat 15:59'de ise MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.23'deki gibidir.

Çizelge 5. 23 N.4 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	12	7	6
HRMS (m)	0.017	0.028	0.019
VRMS (m)	0.036	0.039	0.041
HDOP	0.84	1.33	1.72
VDOP	1.61	2.12	3.81
PDOP	1.82	2.51	4.18
TDOP	1.07	1.42	3.00
GDOP	2.10	2.88	5.14
Sağa Değer (Y)	499149.832	499149.767	499149.816
Yukarı Değer (X)	4598544.354	4598544.514	4598544.367
Elipsoidal Yükseklik (h)	56.392	56.265	56.331

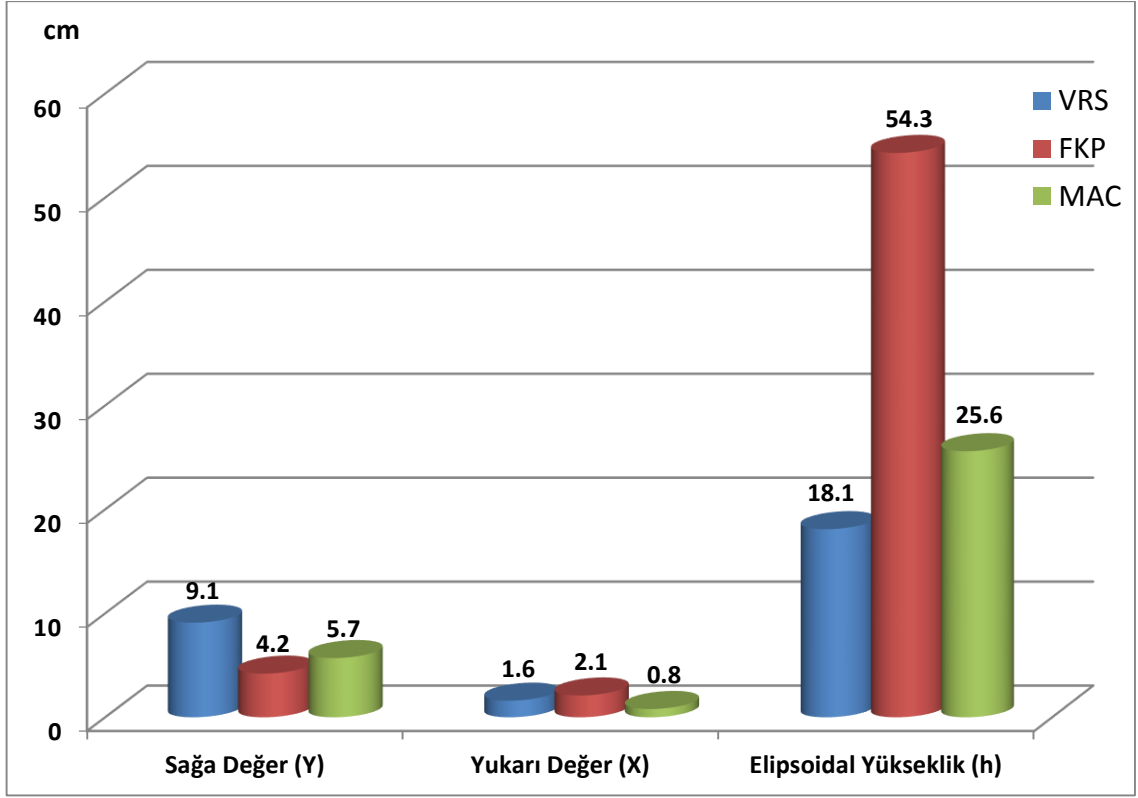
Aynı noktada yapılan farklı günlerde yapılan ölçümlere ilişkin Çizelge 5.21, Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23'deki kayıtları değerlendirecek olursak; yatay konum doğrulukları (HRMS) ve düşey konum doğrulukları (VRMS) 1.3 - 5.3 cm aralığındadır. Uydu geometrileri ise 26/04/2014 tarihinde FKP ve MAC yöntemi ile yapılan ölçümler ve 04/05/2014 tarihinde MAC yöntemi ile yapılan ölçüm dışındaki ölçümler kabul edilebilir seviyededir.

N.4 noktasında ardı ardına farklı yöntemler kullanılarak 3 farklı günde yapılan anlık ölçümlerden elde edilen ITRF96 koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş ITRF96 koordinat değerleri çizelge 5.24'deki gibidir.

Çizelge 5. 24 N.4 noktasının 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	499149.887	499149.754	499149.853	499149.796
Yukarı Değer (X)	4598544.324	4598544.361	4598544.332	4598544.340
Elipsoidal Yükseklik (h)	56.085	55.723	56.010	56.266

N.4 noktasında 26/04/2014 tarihinde VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerinin, statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.34'de gösterildiği gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



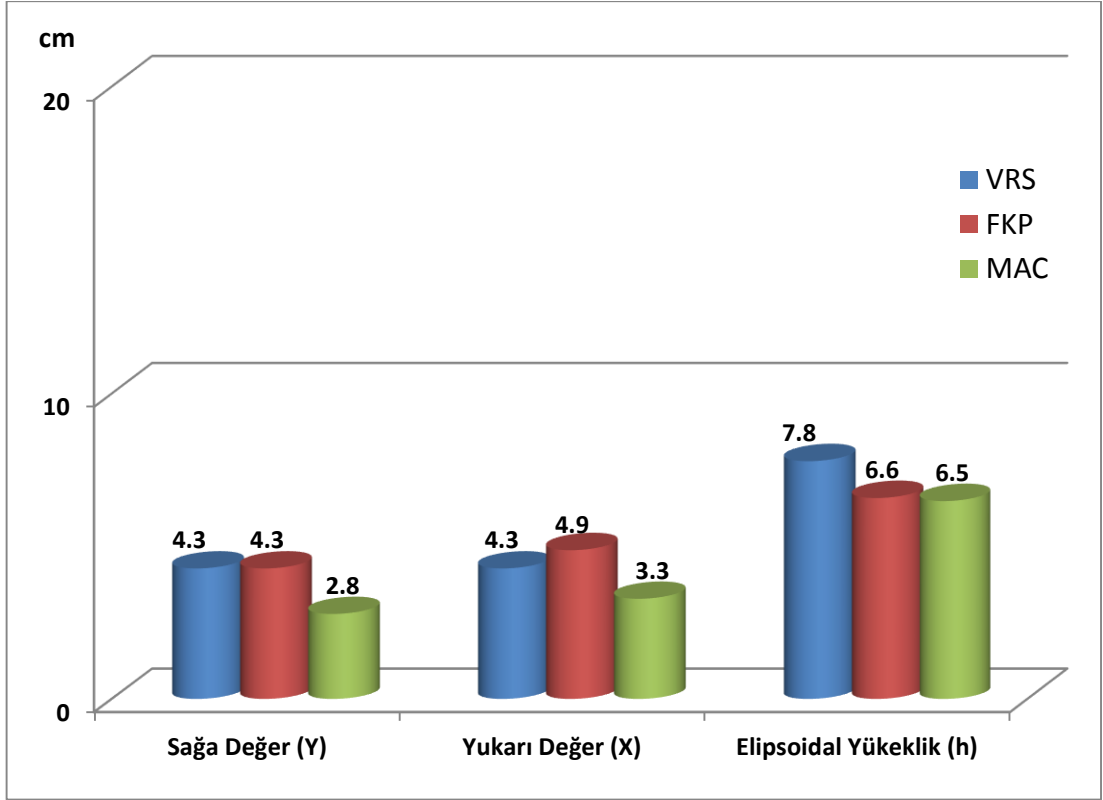
Şekil 5. 34 N.4 noktasında 26/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Samsun Merkez CORS istasyonuna 38 km uzaklıkta tesis edilen N.4 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan farklı Ağ-RTK ölçüm yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçümden elde edilen koordinat değerleri çizelge 5.25'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. 25 N.4 noktasının 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	499149.839	499149.839	499149.824	499149.796
Yukarı Değer (X)	4598544.383	4598544.389	4598544.373	4598544.340
Elipsoidal Yükseklik (h)	56.334	56.332	56.331	56.266

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerinin, statik ölçüm koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.35'deki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.

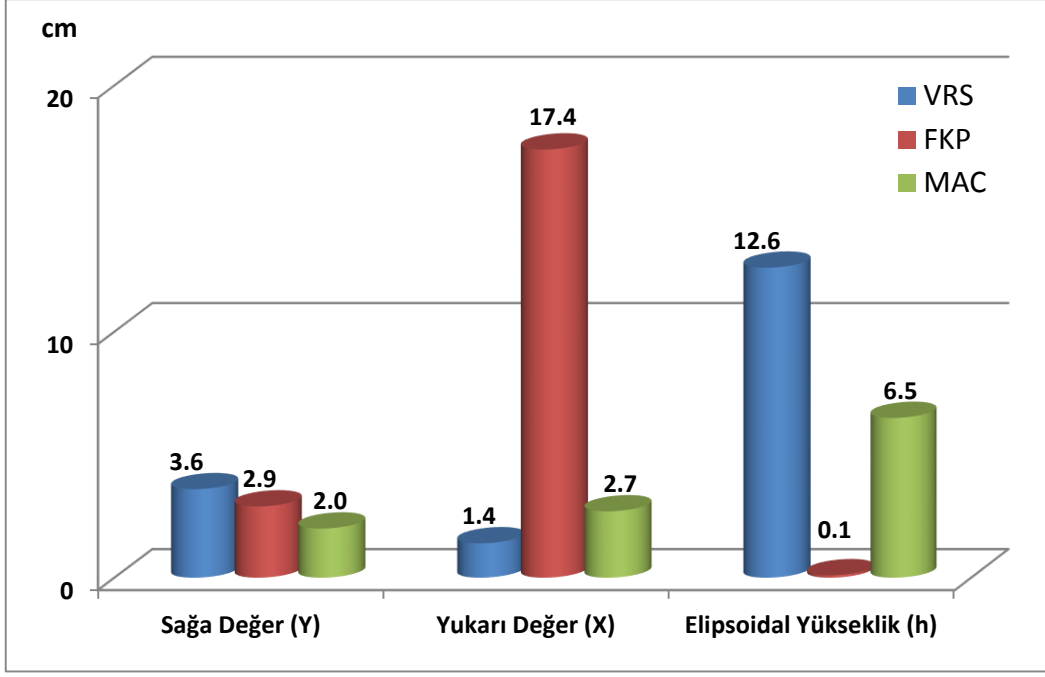


Şekil 5. 35 N.4 noktasında 27/04/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

N.4 noktasında son olarak 04/05/2014 tarihinde Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.26'daki gibi olup bu koordinatlar arasındaki "cm" düzeyindeki farkları gösteren grafik şekil 5.36'daki gibidir.

Çizelge 5. 26 N.4 noktasının 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	499149.832	499149.767	499149.816	499149.796
Yukarı Değer (X)	4598544.354	4598544.514	4598544.367	4598544.340
Elipsoidal Yükseklik (h)	56.392	56.265	56.331	56.266



Şekil 5. 36 N.4 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Referans noktasından 48 km uzaklıkta tesis edilen N.5 noktasında 04/05/2014 tarihinde ilk olarak 18:55'de MAC yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra 19:04'de VRS yöntemi ve son olarak 19:34'de ise FKP yöntemi kullanılarak ölçüm yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.27'deki gibidir.

Çizelge 5. 27 N.5 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
UYDU SAYISI	13	7	6
HRMS (m)	0.014	0.020	0.019
VRMS (m)	0.024	0.037	0.032
HDOP	0.78	1.19	1.44
VDOP	1.18	2.11	2.55
PDOP	1.41	2.42	2.92
TDOP	0.82	1.47	1.85
GDOP	1.63	2.83	3.46
Sağa Değer (Y)	490286.892	490286.795	490286.890
Yukarı Değer (X)	4603488.645	4603488.711	4603488.666
Elipsoidal Yükseklik (h)	49.963	49.955	49.988

N.5 noktasında diğ er ölçüm ise 10/05/2014 tarihinde yapıldı. Saat 19:52'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek Ağ-RTK ölçümüne başlandı. Daha sonra saat 20:01'de MAC yöntemi ve 20:45'de ise son olarak FKP yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.28'deki gibidir.

Çizelge 5. 28 N.5 noktasında 10/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	11	8	6
HRMS (m)	0.022	0.081	0.027
VRMS (m)	0.028	0.067	0.034
HDOP	1.20	1.01	2.63
VDOP	1.31	1.57	2.63
PDOP	1.77	1.87	3.72
TDOP	1.05	1.04	2.39
GDOP	2.06	2.14	4.42
Sağ a Değ er (Y)	490286.875	490286.836	490286.879
Yukarı Değ er (X)	4603488.692	4603488.691	4603488.711
Elipsoidal Yükseklik (h)	49.987	49.953	49.949

N.5 noktasında son olarak yapılan ölçüm ise 11/05/2014 tarihinde, saat 12:10'da ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:13'de MAC yöntemi ve son olarak saat 12:32'de ise FKP yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.29'daki gibidir.

Çizelge 5. 29 N.5 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	17	10	7
HRMS (m)	0.017	0.025	0.020
VRMS (m)	0.025	0.031	0.032
HDOP	0.70	0.93	1.42
VDOP	1.17	1.36	2.78
PDOP	1.37	1.65	3.12
TDOP	0.76	0.91	2.15
GDOP	1.57	1.88	3.79
Sağ a Değ er (Y)	490286.881	490286.885	490286.867
Yukarı Değ er (X)	4603488.696	4603488.723	4603488.687
Elipsoidal Yükseklik (h)	49.979	49.919	50.025

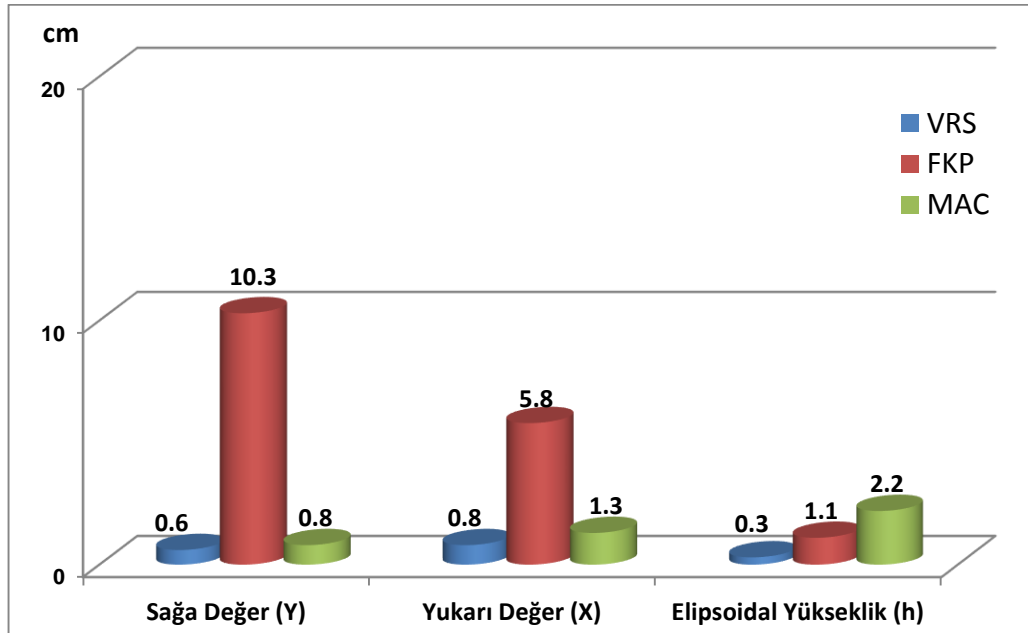
N.5 noktasında farklı günlerde yapılan ölçümlere ilişkin çizelge 5.27, Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.29'deki kayıtları değerlendirecek olursak yatay konum doğrulukları (HRMS) ve düşey konum doğrulukları (VRMS) 1.4 - 8.1 cm aralığında, uydu geometrileri ise kabul edilebilir seviyededir.

N.5 noktasında ardı ardına farklı yöntemler kullanılarak, 3 farklı günde yapılan Ağ-RTK ölçümlerden elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.30'daki gibidir.

Çizelge 5. 30 N.5 noktasının 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	490286.892	490286.795	490286.890	490286.898
Yukarı Değer (X)	4603488.645	4603488.711	4603488.666	4603488.653
Elipsoidal Yükseklik (h)	49.963	49.955	49.988	49.966

N.5 noktasında 04/05/2014 tarihinde VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerinin, statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.37'de gösterildiği gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



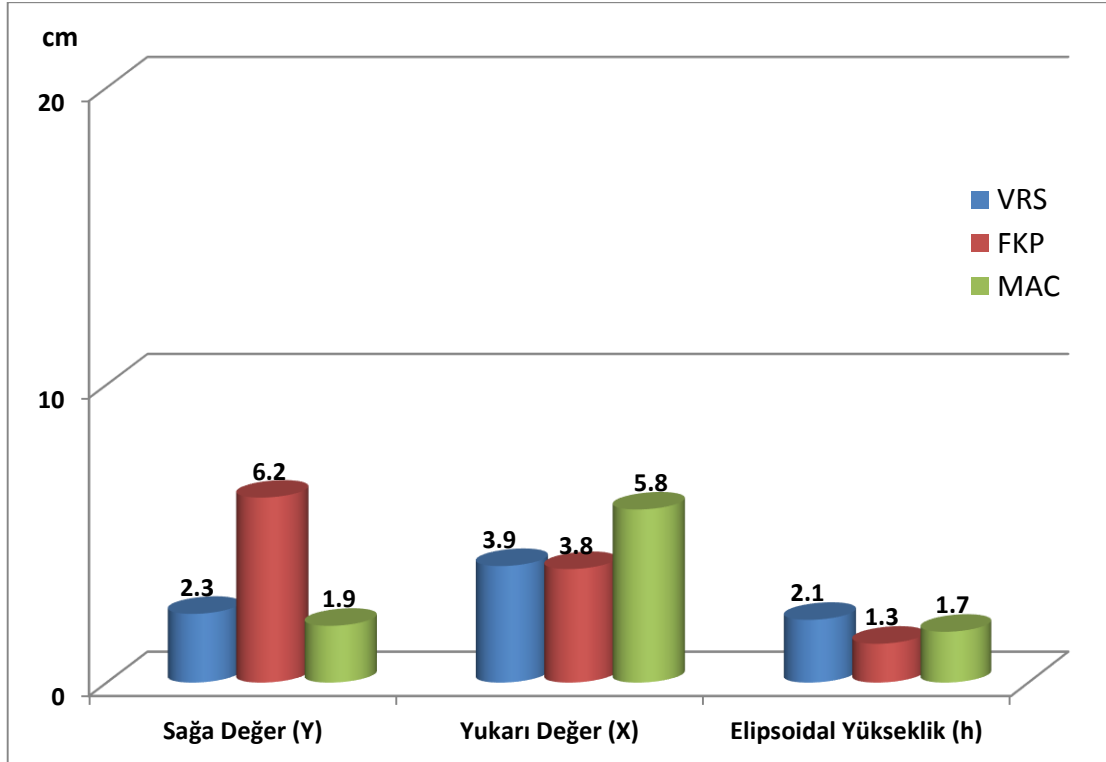
Şekil 5. 37 N.5 noktasında 04/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Samsun Merkez CORS istasyonuna 48 km uzaklıkta tesis edilen N.5 noktasında 10/05/2014 tarihinde yapılan Ağ-RTK ölçüm yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri çizelge 5.31’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. 31 N.5 noktasının 10/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	490286.875	490286.836	490286.879	490286.898
Yukarı Değer (X)	4603488.692	4603488.691	4603488.711	4603488.653
Elipsoidal Yükseklik (h)	49.987	49.953	49.949	49.966

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerlerinin, statik ölçüm koordinat değerleri arasındaki “cm” düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.38’deki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.

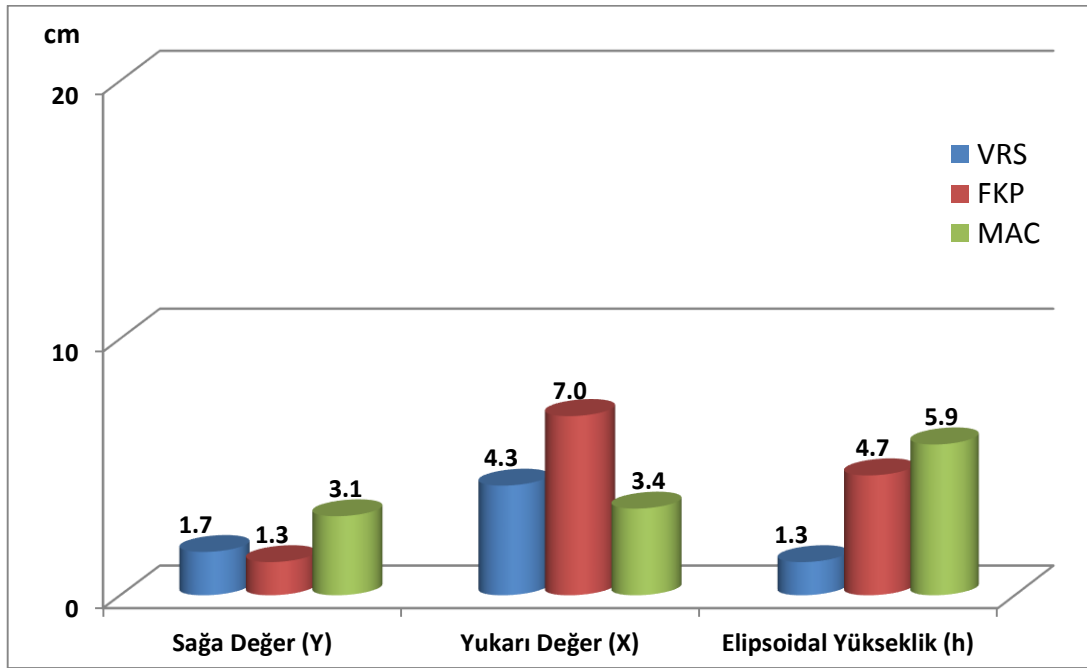


Şekil 5. 38 N.5 noktasında 10/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

N.5 noktasında son olarak 11/05/2014 tarihinde Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.32'deki gibi olup, bu koordinatlar arasındaki "cm" düzeyinde farkları gösteren grafik şekil 5.39'deki gibidir.

Çizelge 5. 32 N.5 noktasının 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	490286.881	490286.885	490286.867	490286.898
Yukarı Değer (X)	4603488.696	4603488.723	4603488.687	4603488.653
Elipsoidal Yükseklik (h)	49.979	49.919	50.025	49.966



Şekil 5. 39 N.5 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Ölçüm yapılacak son nokta olan N.6 noktası Samsun Merkez CORS istasyonundan 58 km uzaklıkta tesis edildi. İlk CORS RTK ölçümü 11/05/2014 tarihinde saat 13:22'de VRS yöntemi tercih edilerek yapıldı. Daha sonra 13:25'de FKP yöntemi ve son olarak 13:30'da ise MAC yöntemi kullanılarak ölçüm yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.33'deki gibidir.

Çizelge 5. 33 N.6 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	17	8	8
HRMS (m)	0.016	0.023	0.019
VRMS (m)	0.019	0.029	0.022
HDOP	0.62	1.08	1.08
VDOP	0.92	1.63	1.65
PDOP	1.11	1.96	1.97
TDOP	0.55	1.10	1.11
GDOP	1.24	2.24	2.26
Sağa Değer (Y)	481067.298	481067.142	481067.313
Yukarı Değer (X)	4607198.008	4607198.184	4607197.989
Elipsoidal Yükseklik (h)	42.573	42.532	42.569

N.6 noktasında yapılan ikinci ölçüm 17/05/2014 tarihinde, saat 17:45'de ilk olarak VRS yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 18:55'de FKP yöntemi ve 19:00'da ise son olarak MAC yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.34'deki gibidir.

Çizelge 5. 34 N.6 noktasında 17/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	13	8	7
HRMS (m)	0.016	0.024	0.019
VRMS (m)	0.027	0.033	0.029
HDOP	0.81	1.16	1.25
VDOP	1.28	1.59	1.65
PDOP	1.51	1.96	2.07
TDOP	0.90	1.10	1.16
GDOP	1.76	2.25	2.37
Sağa Değer (Y)	481067.291	481067.188	481067.306
Yukarı Değer (X)	4607197.999	4607198.066	4607197.983
Elipsoidal Yükseklik (h)	42.510	42.419	42.462

N.6 noktasında son olarak yapılan ölçüm ise 18/05/2014 tarihinde, saat 12:50’de ilk olarak FKP yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldı. Daha sonra saat 12:58’de MAC yöntemi ve son olarak saat 13:01’de ise VRS yöntemi ile ölçümler yapıldı. Ölçümlere ilişkin kayıtlar çizelge 5.35’deki gibidir.

Çizelge 5. 35 N.6 noktasında 18/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlere ilişkin veriler

	VRS	FKP	MAC
Uydu Sayısı	15	8	6
HRMS (m)	0.018	0.028	0.025
VRMS (m)	0.024	0.042	0.025
HDOP	0.72	1.07	1.45
VDOP	1.21	1.61	1.71
PDOP	1.41	1.93	2.24
TDOP	0.75	1.08	1.24
GDOP	1.60	2.21	2.56
Sağa Değer (Y)	481067.300	481067.145	481067.267
Yukarı Değer (X)	4607198.005	4607198.119	4607198.005
Elipsoidal Yükseklik (h)	42.512	42.406	42.538

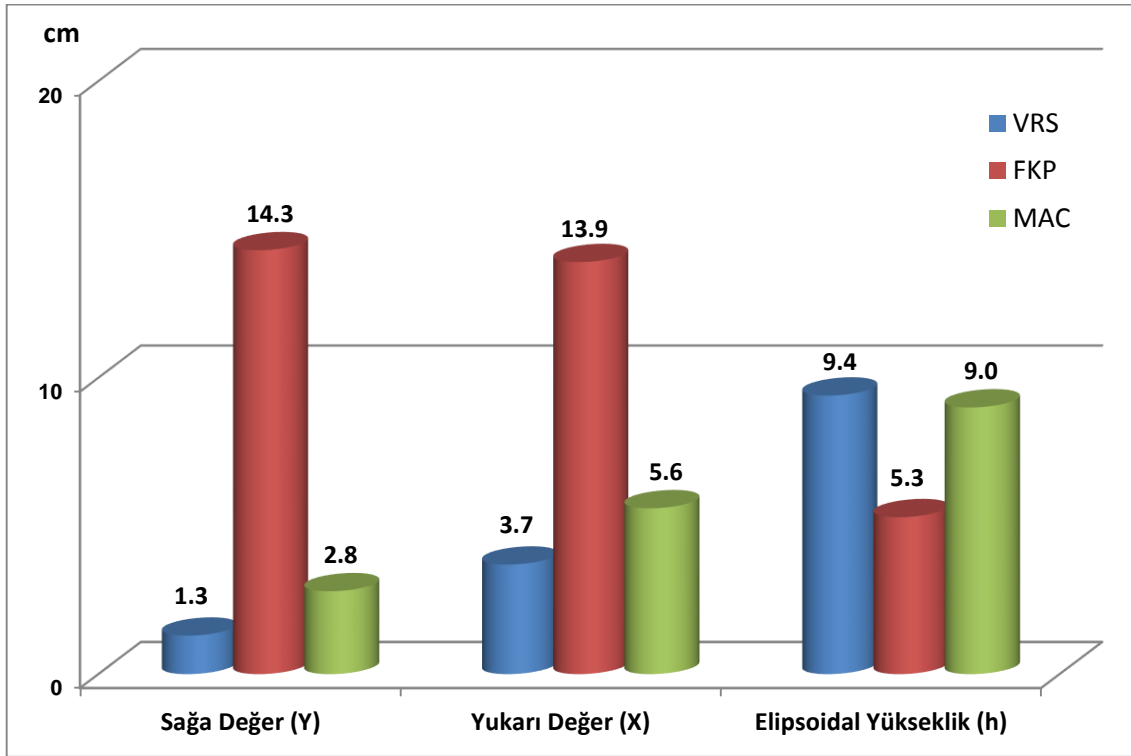
Aynı noktada farklı günlerde yapılan ölçümlere ilişkin Çizelge 5.33, Çizelge 5.34 ve Çizelge 5.35’deki kayıtları değerlendirecek olursak yatay konum doğrulukları (HRMS) ve düşey konum doğrulukları (VRMS) 1.6 - 4.2 cm aralığında, uydu geometrileri ise kabul edilebilir seviyededir.

N.6 noktasında ardı ardına VRS, FKP ve MAC yöntemleri kullanılarak 3 farklı günde yapılan Ağ-RTK ölçümlerinden elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.36’daki gibidir.

Çizelge 5. 36 N.6 noktasının 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	481067.298	481067.142	481067.313	481067.285
Yukarı Değer (X)	4607198.008	4607198.184	4607197.989	4607198.045
Elipsoidal Yükseklik (h)	42.573	42.532	42.569	42.479

N.6 noktasında 11/05/2014 tarihinde VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçüm sonucu elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.40'da gösterildiği gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.



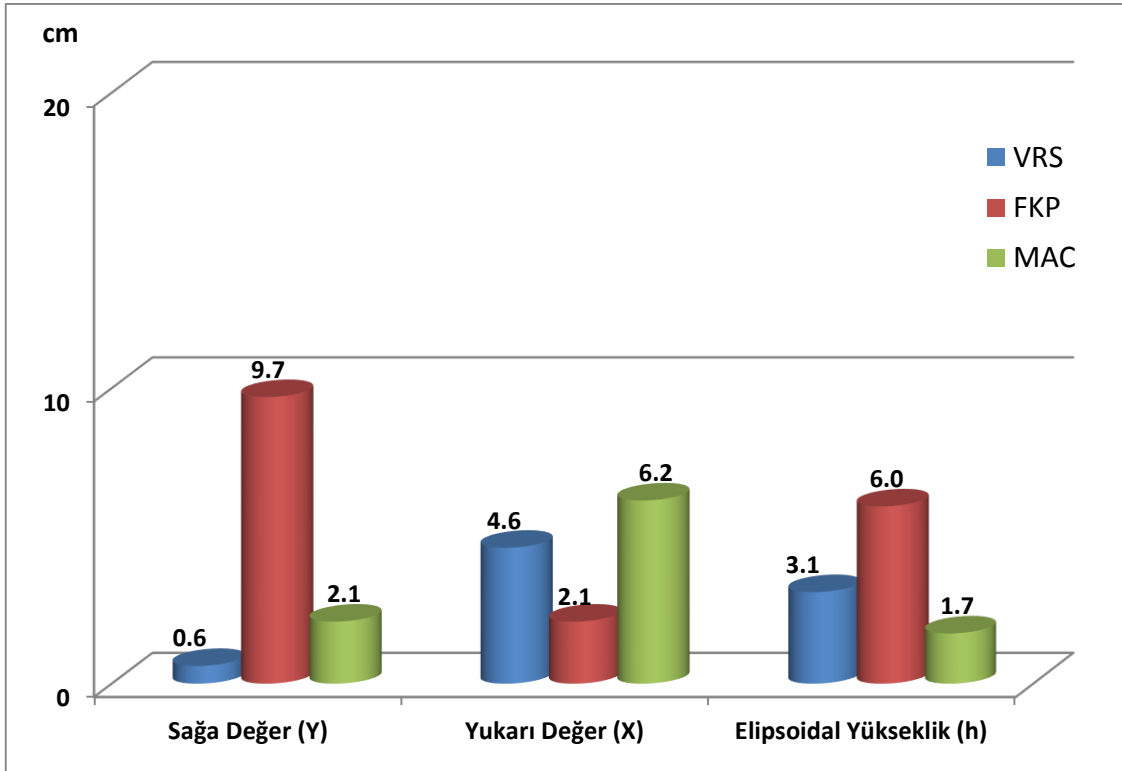
Şekil 5. 40 N.6 noktasında 11/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Samsun Merkez CORS istasyonuna 58 km uzaklıkta tesis edilen N.6 noktasında 17/05/2014 tarihinde yapılan Ağ-RTK ölçüm yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçüm koordinat değerleri çizelge 5. 37'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 5. 37 N.6 noktasının 17/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	481067.291	481067.188	481067.306	481067.285
Yukarı Değer (X)	4607197.999	4607198.066	4607197.983	4607198.045
Elipsoidal Yükseklik (h)	42.510	42.419	42.462	42.479

VRS, MAC ve FKP yöntemleri ile elde edilen koordinat değerleri ile statik ölçümden elde edilen koordinat değerleri arasındaki "cm" düzeyindeki farkları grafik üzerinde gösterecek olursak şekil 5.41'deki gibi bir grafik ortaya çıkmaktadır.

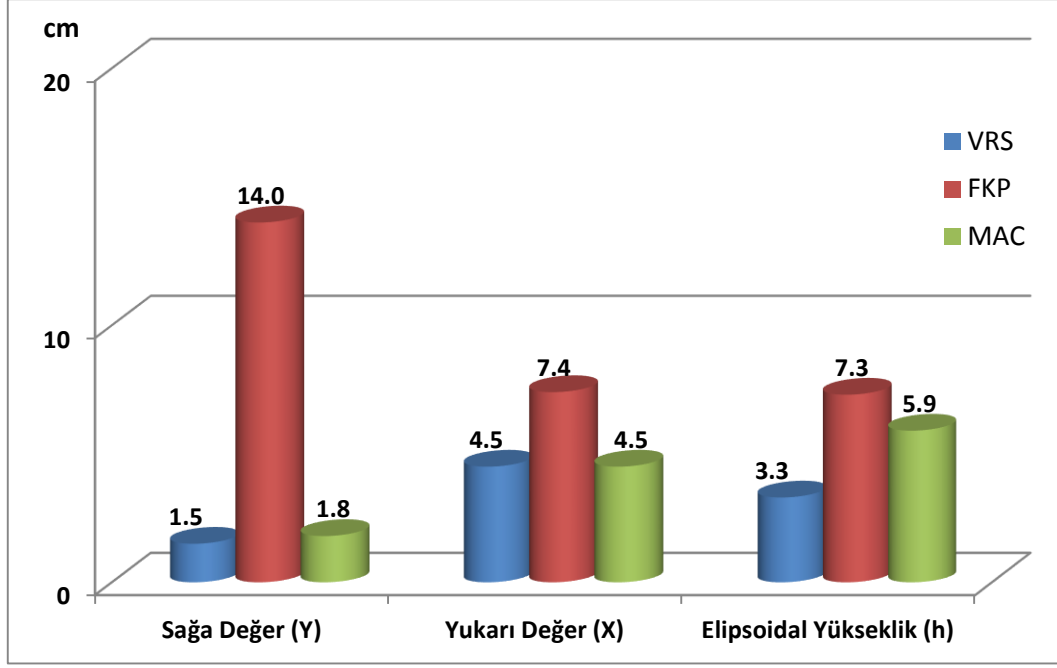


Şekil 5. 41 N.6 noktasında 17/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

N.6 noktasında son olarak 18/05/2014 tarihinde Ağ-RTK ölçümleri sonucu elde edilen koordinat değerleri ve statik ölçümler sonucu elde edilen dengelenmiş koordinat değerleri çizelge 5.38'deki gibidir. Bu koordinatlar arasındaki "cm" düzeyindeki farkları gösteren grafik ise şekil 5.42'deki gibidir.

Çizelge 5. 38 N.6 noktasının 18/05/2014 tarihinde yapılan ölçümler sonucu elde edilen ITRF96 koordinatları

	VRS	FKP	MAC	STATİK
Sağa Değer (Y)	481067.300	481067.145	481067.267	481067.285
Yukarı Değer (X)	4607198.005	4607198.119	4607198.005	4607198.045
Elipsoidal Yükseklik (h)	42.512	42.406	42.538	42.479



Şekil 5. 42 N.6 noktasında 18/05/2014 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen koordinat farkları

Referans noktasından belirli uzaklıklarda tesis edilen 6 noktada, üç gün ardı ardına farklı Ağ-RTK ölçüm yöntemleri (VRS, FKP ve MAC) kullanılarak yapılan ölçümler, statik ölçümler ile kıyaslanmıştır. Üç farklı günde yapılan Ağ-RTK ölçümlerinin ortalamaları alınarak, statik ölçümlerle karşılaştırmakta gereklidir. Bu yüzden çizelge 5.39, çizelge 5.40 ve çizelge 5.41'deki gibi farklı üç gün yapılan VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınmıştır.

Çizelge 5. 39 Farklı üç günde VRS yöntemi ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları

Nokta No	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)
N.1	521341.412	4578918.865	31.704
N.2	514769.318	4586495.538	30.965
N.3	509747.077	4594943.878	29.514
N.4	499149.853	4598544.354	56.270
N.5	490286.883	4603488.678	49.976
N.6	481067.296	4607198.004	42.532

Çizelge 5. 40 Farklı üç günde FKP yöntemi ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları

Nokta No	Sağa Değer (Y)	Sağa Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)
N.1	521341.417	4578918.879	31.700
N.2	514769.321	4586495.534	31.001
N.3	509747.088	4594943.868	29.541
N.4	499149.787	4598544.421	56.107
N.5	490286.839	4603488.708	49.942
N.6	481067.158	4607198.123	42.452

Çizelge 5. 41 Farklı üç günde MAC yöntemi ile yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları

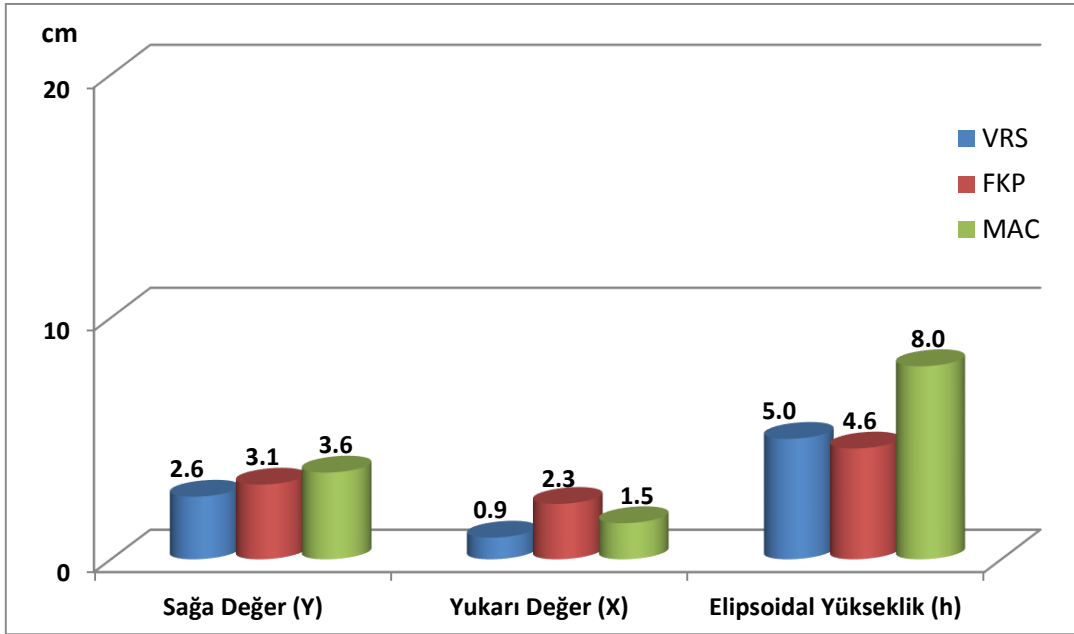
Nokta No	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)
N.1	521341.422	4578918.871	31.734
N.2	514769.316	4586495.537	30.991
N.3	509747.075	4594943.880	29.557
N.4	499149.831	4598544.357	56.224
N.5	490286.879	4603488.688	49.987
N.6	481067.295	4607197.992	42.523

Çizelge 5. 42 Statik ölçme yöntemi ile elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları

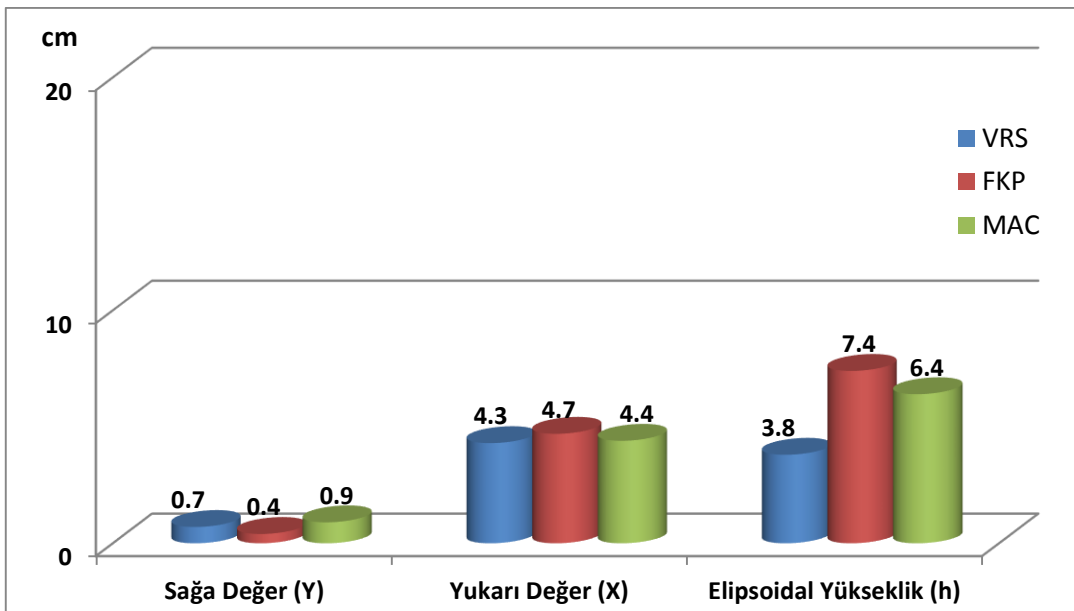
Nokta No	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)
N.1	521341.386	4578918.856	31.654
N.2	514769.325	4586495.581	30.927
N.3	509747.080	4594943.851	29.524
N.4	499149.796	4598544.340	56.266
N.5	490286.898	4603488.653	49.966
N.6	481067.285	4607198.045	42.479

Farklı Ağ-RTK ölçme yöntemleri ile 3 gün yapılan ölçümlerden elde edilen koordinatların ortalamaları alındığında ortaya çıkan koordinat değerleri çizelge 5.39, çizelge 5.40 ve çizelge 5.41'deki olmaktadır. Aynı noktalarda yapılan statik ölçümler sonucunda çizelge

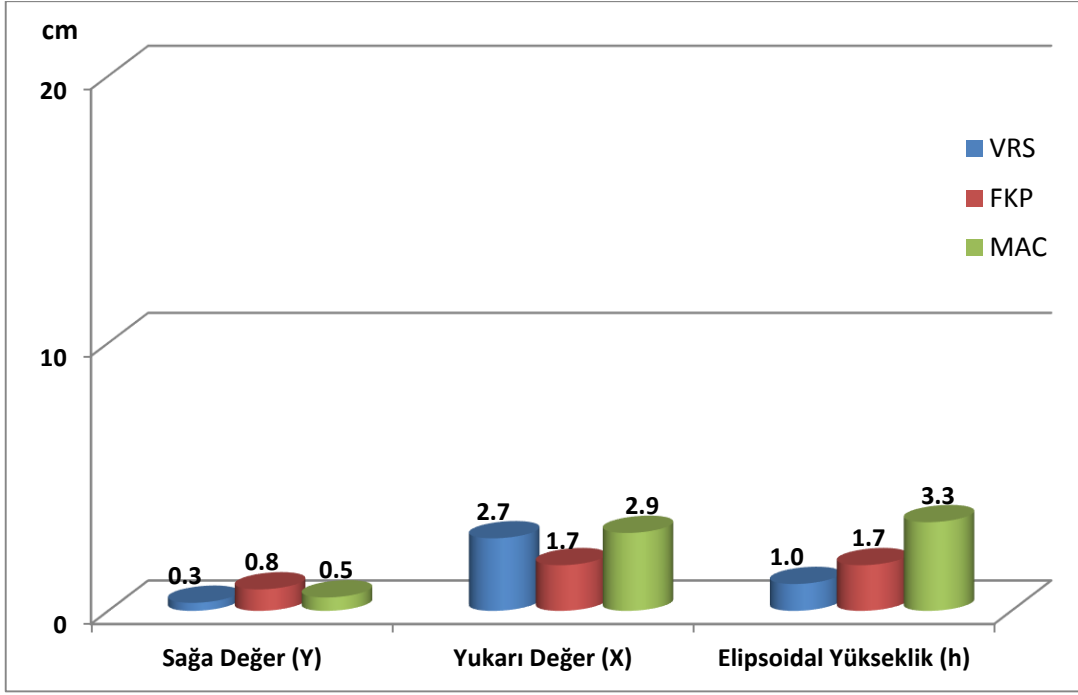
5.42'deki koordinat değerleri arasındaki farkları her bir nokta için kıyaslayacak olursak Şekil 5.43, Şekil 5.44, Şekil 5.45, Şekil 5.46, Şekil 5.47 ve Şekil 5.48'deki gibi grafikler ortaya çıkmaktadır.



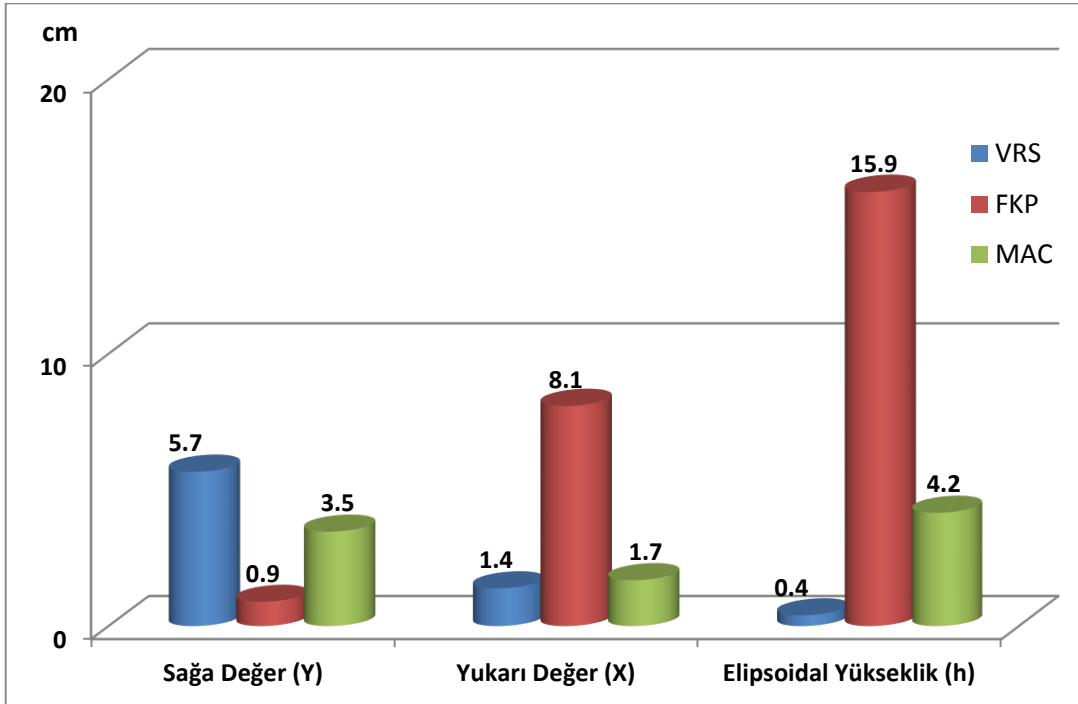
Şekil 5. 43 N.1 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen ortalama koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları



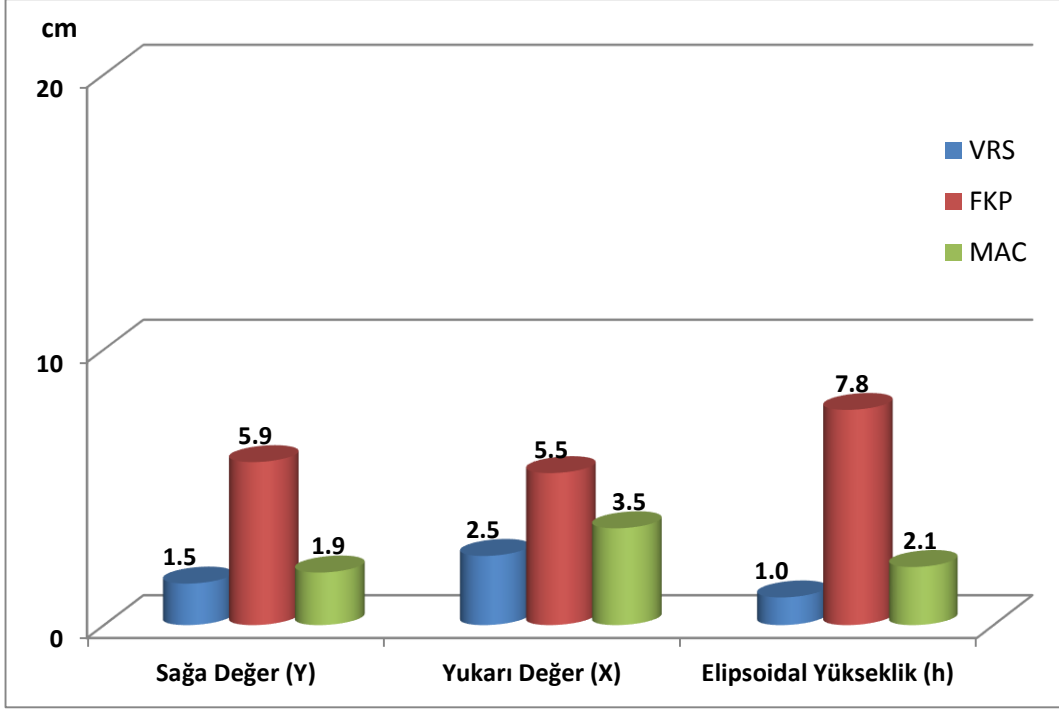
Şekil 5. 44 N.2 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen ortalama koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları



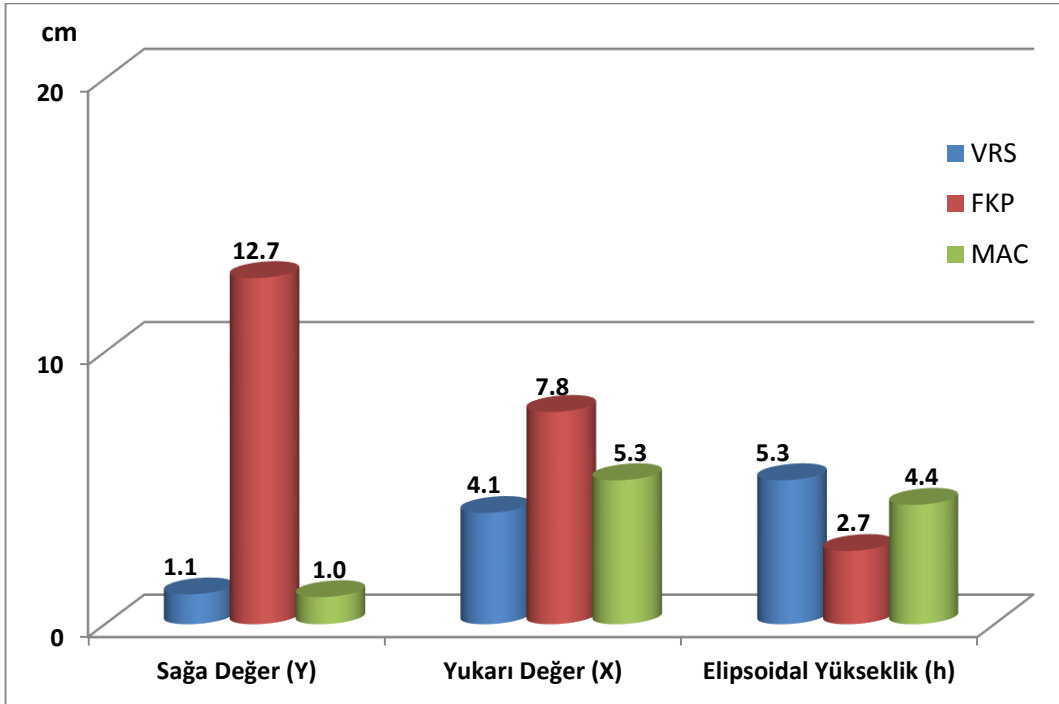
Şekil 5. 45 N.3 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen ortalama koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları



Şekil 5. 46 N.4 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen ortalama koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları



Şekil 5. 47 N.5 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen ortalama koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları



Şekil 5. 48 N.6 noktasında farklı Ağ-RTK yöntemlerinden elde edilen ortalama koordinatların statik yöntemle elde edilen koordinatlardan farkları

Samsun Merkez CORS istasyonu olan SAM1 istasyonunun Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün TUSAGA-Aktif kullanıcı sitesinden talep edilen 2005.00 referans epoğu ITRF96 sistemindeki kesin koordinat değerleri çizelge 5.43'teki gibidir.

Çizelge 5. 43 SAM1 CORS istasyonunun ITRF96 koordinatları

	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)
SAM1	4574887.414	527949.810	53.398

N1, N2, N3, N4, N5 ve N6 noktalarının statik ölçüm ve Ağ-RTK yöntemleri olan VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile koordinatları elde edilmiştir. Bu yöntemlerin her birinden çizelge 5.39, çizelge 5.40 ve çizelge 5.41'deki gibi farklı koordinatlar elde edilmiştir. Her bir yöntemden elde edilen koordinatlara göre noktaların SAM1 CORS istasyonuna olan uzaklıkları hesaplanarak aralarındaki farklar analiz edilecektir. Bu yüzden öncelikle her bir noktanın farklı yöntemlerden elde edilen koordinatlarının, SAM1 noktasının koordinat değerlerine göre ΔX , ΔY ve ΔZ baz vektörleri çizelge 5.44, çizelge 5.45, çizelge 5.46 ve çizelge 5.47'deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 44 SAM1 nokta koordinatları ile VRS yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları

	SAM1-VRS		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
SAM1-N1	4031.451	6608.398	21.694
SAM1-N2	11608.124	13180.492	22.433
SAM1-N3	20056.464	18202.733	23.884
SAM1-N4	23656.940	28799.957	2.872
SAM1-N5	28601.264	37662.927	3.422
SAM1-N6	32310.590	46882.514	10.866

Çizelge 5. 44 SAM1 nokta koordinatları ile FKP yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları

SAM1-FKP			
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
SAM1-N1	4031.465	6608.393	21.698
SAM1-N2	11608.120	13180.489	22.397
SAM1-N3	20056.454	18202.722	23.857
SAM1-N4	23656.998	28799.990	2.804
SAM1-N5	28601.294	37662.976	3.456
SAM1-N6	32310.709	46882.652	10.946

Çizelge 5. 44 SAM1 nokta koordinatları ile MAC yönteminden elde edilen nokta koordinatlarının farkları

SAM1-MAC			
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
SAM1-N1	4031.457	6608.388	21.664
SAM1-N2	11608.123	13180.494	22.407
SAM1-N3	20056.466	18202.735	23.841
SAM1-N4	23656.943	28799.979	2.826
SAM1-N5	28601.274	37662.931	3.411
SAM1-N6	32310.578	46882.515	10.875

Çizelge 5. 47 SAM1 nokta koordinatları ile statik yöntemden elde edilen nokta koordinatlarının farkları

	SAM1-STATİK		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
SAM1-N1	4031.442	6608.424	21.744
SAM1-N2	11608.167	13180.485	22.471
SAM1-N3	20056.437	18202.730	23.874
SAM1-N4	23656.926	28800.014	2.868
SAM1-N5	28601.239	37662.912	3.432
SAM1-N6	32310.631	46882.525	10.919

Çizelge 5.44, çizelge 5.45, çizelge 5.46 ve çizelge 5.47’de hesaplanan koordinat farklarına göre her bir noktanın CORS istasyonuna olan uzaklıkları hesaplanacaktır. Bu uzaklıkları “S” mesafesi olarak tanımlayacak olursak; SAM1-N1 arası S1, SAM1-N2 arası S2, SAM1-N3 arası S3, SAM1-N4 arası S4, SAM1-N5 arası S5 ve SAM1-N6 arası S6 mesafesi olarak adlandırılabilir.

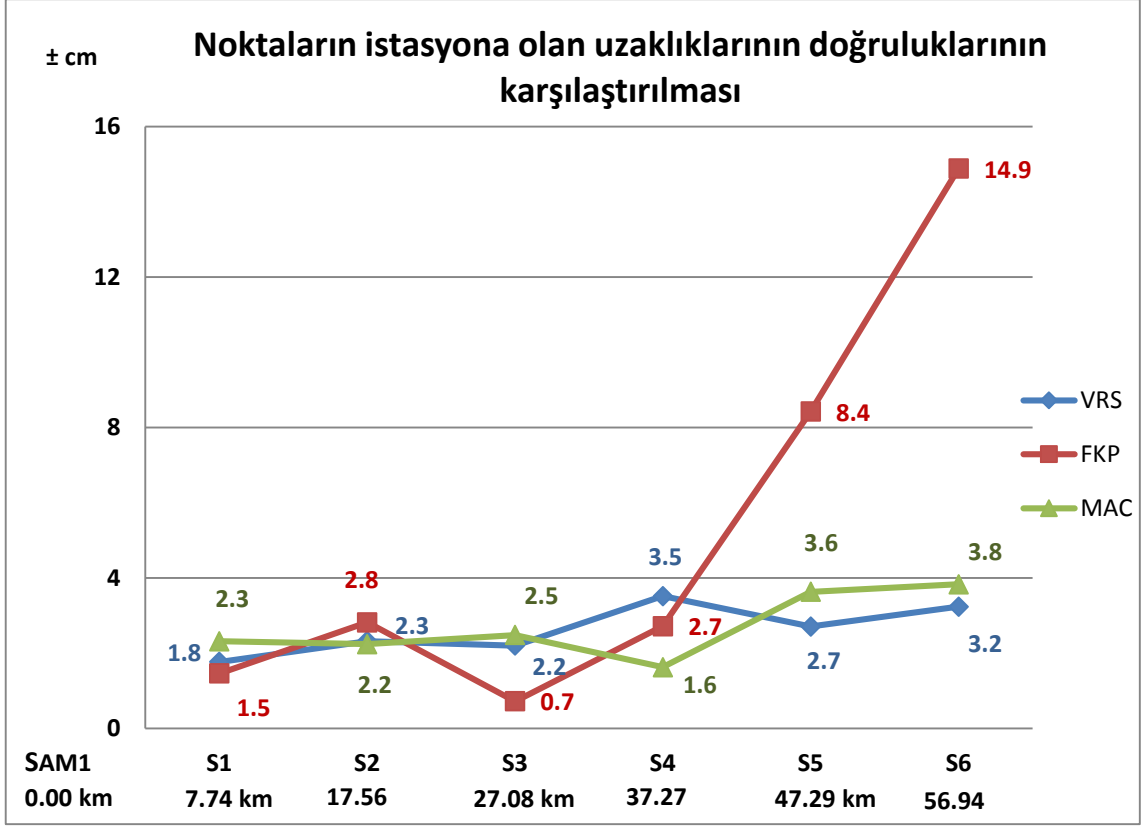
Söz konusu “S” uzaklıkları;

$$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2} \quad (5.1)$$

(5.1) formülüne göre çizelge 5.48’deki gibi hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 48 Her bir yöntemden elde edilen koordinatlara göre noktaların sabit istasyona olan uzaklıkları

	VRS (m)	FKP (m)	MAC (m)	STATİK (m)
S1	7741.059	7741.062	7741.053	7741.076
S2	17563.440	17563.435	17563.441	17563.463
S3	27085.085	27085.070	27085.087	27085.063
S4	37270.475	37270.538	37270.494	37270.511
S5	47291.948	47292.006	47291.958	47291.921
S6	56938.076	56938.257	56938.070	56938.108



Şekil 5. 49 Farklı Ağ RTK ölçme yöntemlerine göre hesaplanan S mesafelerinin doğruluklarının karşılaştırılması

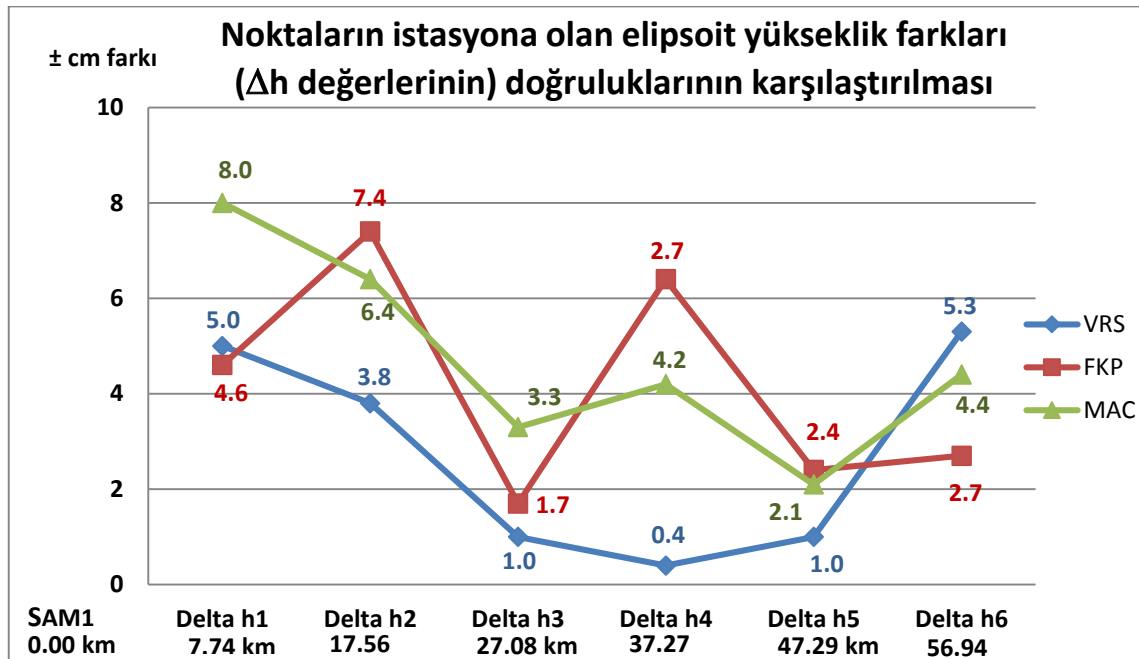
Şekil 5.42’de görüldüğü üzere sabit istasyondan uzaklaştıkça FKP yöntemindeki hata miktarının 14.9 cm’ye kadar çıktığı gözükmektedir. Yine VRS ve MAC yöntemlerinde, başlangıçta hata miktarları birbirlerine yakın gözükse de sabit istasyondan uzaklaştıkça MAC yönteminin hata miktarının biraz daha fazla olduğu gözükmektedir. Özellikle FKP yönteminde elde edilen koordinatlar ile sabit istasyona olan uzaklık tespit edilmek istenirse, 40 km uzaklıktan sonra şekil 5.42’deki gibi hata miktarları ortaya çıkabilmektedir. Bu yüzden özellikle FKP yöntemini bu tür çalışmalarda geri planda tutmak gerekebilir.

Aynı incelemeyi yükseklik farkları için yapacak olursak, her bir yönteme göre öncelikle, çizelge 5.49’daki gibi sabit istasyona olan “ Δh ” elipsoit yükseklik farkları hesaplanmalıdır. Daha sonra çizelge 5.49’da statik ölçüme göre ortaya çıkan Δh kot farkı değerleri sabit değer yani doğru değer kabul edilerek diğer yöntemlerden elde edilen Δh elipsoit yükseklik farkı değerleri ile karşılaştırılır. Bu sayede sabit istasyondan

uzaklaştıkça, elipsoit yükseklik farklarının hangi yöntemde ne kadar değiştiğini gösteren şekil 5.43'teki gibi bir grafik ortaya çıkacaktır.

Çizelge 5. 49 Her bir yöntemden elde edilen elipsoit yükseklik değerlerine göre noktaların sabit istasyona olan elipsoit yükseklik farkları

	VRS (m)	FKP (m)	MAC (m)	STATİK (m)
Δh_1	21.694	21.698	21.664	21.744
Δh_2	22.433	22.397	22.407	22.471
Δh_3	23.884	23.857	23.841	23.874
Δh_4	2.872	2.804	2.826	2.868
Δh_5	3.422	3.456	3.411	3.432
Δh_6	10.866	10.946	10.875	10.919



Şekil 5. 50 Farklı Ağ RTK ölçme yöntemlerine göre hesaplanan Δh değerlerinin karşılaştırılması

Şekil 5.43'teki grafikte görüldüğü üzere " Δh " kot farkı değerlerinin hata miktarlarının VRS yönteminde daha az değişken ve kabul edilebilir olduğu gözükmemektedir. FKP ve MAC yönteminin kot farkı belirlenirken VRS yönteminden sonra tercih edilebilecek yöntemler olduğu ortaya çıkmaktadır.

Ancak GPS yöntemi ile kot farkına ilişkin çalışma yapmak yerine nivelman yöntemini tercih etmek çalışmanın doğruluğu açısından daha uygun bir tercih olur.

5.5 Farklı Veri Aktarma Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Ölçümlerin Doğruluklarına İlişkin Kalite Analizi

Yine bu çalışmada yapılan tüm GPS ölçüm verilerinin değerlendirilmesini "The Federal Geodetic Control Subcommittee (FGCS)'nin, "GPS ölçümlerinde, jeodezik doğruluk standartlarının ve tanımlamalarının kullanılması" başlığı altında yayınlandığı yönetmeliğe göre GPS ölçülerinin doğrulukları çizelge 5.50'deki gibi yedi sınıfa ayrılmıştır [77].

Çizelge 5. 50 GPS ölçümlerinin doğruluklarının sınıflandırılması [77]

Sınıf	Kabul edilebilir hata oranı	ppm
AA	1:100,000,000	0.01
A	1:10,000,000	0.1
B	1:1,000,000	1.0
C-1	1:100,000	10
C-2-I	1:50,000	20
C-2-II	1:20,000	50
C-3	1:10,000	100

"The National Geodetic Survey" ise GPS yükseklik ölçmelerinde kullanılmak üzere, jeodezik yükseklik doğruluğu standartlarını ortaya koydu. Bu standartlar kontrol istasyonları arasındaki jeodezik yükseklik değişimlerine dayanmaktadır. Elipsoit yükseklik farkları doğrulukları (b) şu formüle göre hesaplanmaktadır;

$$b = \frac{s}{\sqrt{d}} \quad (5.2)$$

(5.2) formülünde "d", iki kontrol noktası arasındaki mesafedir (km cinsinden yazılır). "s" ise iki nokta arasındaki yapılan dengelenmiş jeodezik yükseklik farkı ölçümlerinin standart sapması denilebilir (mm cinsinden yazılır) . Bu formüle göre maksimum yükseklik farkı doğrulukları tespit edilir ve NGS'e göre çizelge 5.51'deki gibi dizi ve sınıflara ayrılır [77].

Çizelge 5. 51 NGS jeodezik yükseklik dizi ve sınıfları [77]

Dizi	Sınıf	Maksimum Yükseklik Farkı Doğruluğu (b)
Birinci	I	0.5
Birinci	II	0.7
İkinci	I	1.0
İkinci	II	1.3
Üçüncü	I	2.0
Üçüncü	II	3.0
Dördüncü	I	6.0
Dördüncü	II	15.0
Beşinci	I	30.0
Beşinci	II	60.0

Söz konusu yapılan ölçümlerin doğruluklarını sınıflandırabilmek için öncelikle tüm ölçümlere ilişkin baz bileşenleri çizelge 5.52, çizelge 5.53, çizelge 5.54 ve çizelge 5.55'teki her bir yöntemle göre hesaplanır [77].

Çizelge 5. 52 VRS yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri

	VRS YÖNTEMİNE GÖRE BAZ BİLEŞENLERİ		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
N1-N2	-7576.673	6572.094	0.739
N1-N3	-16025.013	11594.335	2.190
N1-N4	-19625.489	22191.559	-24.566
N1-N5	-24569.813	31054.529	-18.272
N1-N6	-28279.139	40274.116	-10.828
N2-N1	7576.673	-6572.094	-0.739
N2-N3	-8448.340	5022.241	1.451
N2-N4	-12048.816	15619.465	-25.305

Çizelge 5. 52 VRS yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri (devamı)

N2-N5	-16993.140	24482.435	-19.011
N2-N6	-20702.466	33702.022	-11.567
N3-N1	16025.013	-11594.335	-2.190
N3-N2	8448.340	-5022.241	-1.451
N3-N4	-3600.476	10597.224	-26.756
N3-N5	-8544.800	19460.194	-20.462
N3-N6	-12254.126	28679.781	-13.018
N4-N1	19625.489	-22191.559	24.566
N4-N2	12048.816	-15619.465	25.305
N4-N3	3600.476	-10597.224	26.756
N4-N5	-4944.324	8862.970	6.294
N4-N6	-8653.650	18082.557	13.738
N5-N1	24569.813	-31054.529	18.272
N5-N2	16993.140	-24482.435	19.011
N5-N3	8544.800	-19460.194	20.462
N5-N4	4944.324	-8862.970	-6.294
N5-N6	-3709.326	9219.587	7.444
N6-N1	28279.139	-40274.116	10.828
N6-N2	20702.466	-33702.022	11.567
N6-N3	12254.126	-28679.781	13.018
N6-N4	8653.650	-18082.557	-13.738
N6-N5	3709.326	-9219.587	-7.444

Çizelge 5. 53 FKP yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri

	FKP YÖNTEMİNE GÖRE BAZ BİLEŞENLERİ		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ(m)
N1-N2	-7576.655	6572.096	0.699
N1-N3	-16024.989	11594.329	2.159

Çizelge 5. 53 FKP yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri (devamı)

N1-N4	-19625.533	22191.597	-24.502
N1-N5	-24569.829	31054.583	-18.242
N1-N6	-28279.244	40274.259	-10.752
N2-N1	7576.655	-6572.096	-0.699
N2-N3	-8448.334	5022.233	1.460
N2-N4	-12048.878	15619.501	-25.201
N2-N5	-16993.174	24482.487	-18.941
N2-N6	-20702.589	33702.163	-11.451
N3-N1	16024.989	-11594.329	-2.159
N3-N2	8448.334	-5022.233	-1.460
N3-N4	-3600.544	10597.268	-26.661
N3-N5	-8544.840	19460.254	-20.401
N3-N6	-12254.255	28679.930	-12.911
N4-N1	19625.533	-22191.597	24.502
N4-N2	12048.878	-15619.501	25.201
N4-N3	3600.544	-10597.268	26.661
N4-N5	-4944.296	8862.986	6.260
N4-N6	-8653.711	18082.662	13.750
N5-N1	24569.829	-31054.583	18.242
N5-N2	16993.174	-24482.487	18.941
N5-N3	8544.840	-19460.254	20.401
N5-N4	4944.296	-8862.986	-6.260
N5-N6	-3709.415	9219.676	7.490
N6-N1	28279.244	-40274.259	10.752
N6-N2	20702.589	-33702.163	11.451
N6-N3	12254.255	-28679.930	12.911
N6-N4	8653.711	-18082.662	-13.750
N6-N5	3709.415	-9219.676	-7.490

Çizelge 5. 54 MAC yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri

	MAC YÖNTEMİNE GÖRE BAZ BİLEŞENLERİ		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
N1-N2	-7576.666	6572.106	0.743
N1-N3	-16025.009	11594.347	2.177
N1-N4	-19625.486	22191.591	-24.490
N1-N5	-24569.817	31054.543	-18.253
N1-N6	-28279.121	40274.127	-10.789
N2-N1	7576.666	-6572.106	-0.743
N2-N3	-8448.343	5022.241	1.434
N2-N4	-12048.820	15619.485	-25.233
N2-N5	-16993.151	24482.437	-18.996
N2-N6	-20702.455	33702.021	-11.532
N3-N1	16025.009	-11594.347	-2.177
N3-N2	8448.343	-5022.241	-1.434
N3-N4	-3600.477	10597.244	-26.667
N3-N5	-8544.808	19460.196	-20.430
N3-N6	-12254.112	28679.780	-12.966
N4-N1	19625.486	-22191.591	24.490
N4-N2	12048.820	-15619.485	25.233
N4-N3	3600.477	-10597.244	26.667
N4-N5	-4944.331	8862.952	6.237
N4-N6	-8653.635	18082.536	13.701
N5-N1	24569.817	-31054.543	18.253
N5-N2	16993.151	-24482.437	18.996
N5-N3	8544.808	-19460.196	20.430
N5-N4	4944.331	-8862.952	-6.237
N5-N6	-3709.304	9219.584	7.464
N6-N1	28279.121	-40274.127	10.789
N6-N2	20702.455	-33702.021	11.532

Çizelge 5. 54 MAC yöntemi ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri (devamı)

N6-N3	12254.112	-28679.780	12.966
N6-N4	8653.635	-18082.536	-13.701
N6-N5	3709.304	-9219.584	-7.464

Çizelge 5. 55 Statik yöntem ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri

	STATİK YÖNTEME GÖRE BAZ BİLEŞENLERİ		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ(m)
N1-N2	-7576.725	6572.061	0.727
N1-N3	-16024.995	11594.306	2.130
N1-N4	-19625.484	22191.590	-24.612
N1-N5	-24569.797	31054.488	-18.312
N1-N6	-28279.189	40274.101	-10.825
N2-N1	7576.725	-6572.061	-0.727
N2-N3	-8448.270	5022.245	1.403
N2-N4	-12048.759	15619.529	-25.339
N2-N5	-16993.072	24482.427	-19.039
N2-N6	-20702.464	33702.040	-11.552
N3-N1	16024.995	-11594.306	-2.130
N3-N2	8448.270	-5022.245	-1.403
N3-N4	-3600.489	10597.284	-26.742
N3-N5	-8544.802	19460.182	-20.442
N3-N6	-12254.194	28679.795	-12.955
N4-N1	19625.484	-22191.590	24.612
N4-N2	12048.759	-15619.529	25.339
N4-N3	3600.489	-10597.284	26.742
N4-N5	-4944.313	8862.898	6.300
N4-N6	-8653.705	18082.511	13.787
N5-N1	24569.797	-31054.488	18.312
N5-N2	16993.072	-24482.427	19.039

Çizelge 5. 55 Statik yöntem ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenleri (devamı)

N5-N3	8544.802	-19460.182	20.442
N5-N4	4944.313	-8862.898	-6.300
N5-N6	-3709.392	9219.613	7.487
N6-N1	28279.189	-40274.101	10.825
N6-N2	20702.464	-33702.040	11.552
N6-N3	12254.194	-28679.795	12.955
N6-N4	8653.705	-18082.511	-13.787
N6-N5	3709.392	-9219.613	-7.487

Statik ölçümle yapılan baz ölçümlerini, VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile elde edilen baz ölçümleri ile karşılaştırsak hangi yöntemin daha güvenilir olduğunu ve hangi yöntemde baz uzunluğu arttıkça hata miktarının arttığını analiz etmiş oluruz. Bu yüzden çizelge 5.56, çizelge 5.57 ve çizelge 5.58'deki gibi statik yöntem ile diğer yöntemlerden elde edilen baz ölçümlerinin dX, dY ve dZ farklarını elde ettik. Daha sonra bu baz bileşenleri farkını, "S" baz uzunluklarına göre karşılaştırdığımızda her bir baz vektörünün hata oranlarını (ppm) tespit ettik.

Çizelge 5. 56 Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin VRS yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması

	VRS –STATİK BAZ BİLEŞENLERİ FARKI ($\Delta X_{\text{STATİK}} - \Delta X_{\text{VRS}}, \Delta Y_{\text{STATİK}} - \Delta Y_{\text{VRS}}, \Delta Z_{\text{STATİK}} - \Delta Z_{\text{VRS}}$)			$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	Hata Oranı (ppm)		
	dX (m)	dY (m)	dZ(m)		ΔX (ppm)	ΔY (ppm)	ΔZ (ppm)
N1-N2	0.052	0.033	0.012	10029.875	5.185	3.290	1.196
N1-N3	0.018	0.029	0.060	19779.526	0.910	1.466	3.033
N1-N4	0.005	0.031	0.046	29624.748	0.169	1.046	1.553
N1-N5	0.016	0.041	0.040	39598.735	0.404	1.035	1.010
N1-N6	0.050	0.015	0.003	49210.916	1.016	0.305	0.061
N2-N1	0.052	0.033	0.012	10029.875	5.185	3.290	1.196
N2-N3	0.070	0.004	0.048	9828.395	7.122	0.407	4.884

Çizelge 5. 56 Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin VRS yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması (devamı)

N2-N4	0.057	0.064	0.034	19726.690	2.889	3.244	1.724
N2-N5	0.068	0.008	0.028	29801.960	2.282	0.268	0.940
N2-N6	0.002	0.018	0.015	39552.731	0.051	0.455	0.379
N3-N1	0.018	0.029	0.060	19779.526	0.910	1.466	3.033
N3-N2	0.070	0.004	0.048	9828.395	7.122	0.407	4.884
N3-N4	0.013	0.060	0.014	11192.198	1.162	5.361	1.251
N3-N5	0.002	0.012	0.020	21253.545	0.094	0.565	0.941
N3-N6	0.068	0.014	0.063	31188.036	2.180	0.449	2.020
N4-N1	0.005	0.031	0.046	29624.748	0.169	1.046	1.553
N4-N2	0.057	0.064	0.034	19726.690	2.889	3.244	1.724
N4-N3	0.013	0.060	0.014	11192.198	1.162	5.361	1.251
N4-N5	0.011	0.072	0.006	10148.823	1.084	7.094	0.591
N4-N6	0.055	0.046	0.049	20046.564	2.744	2.295	2.444
N5-N1	0.016	0.041	0.040	39598.735	0.404	1.035	1.010
N5-N2	0.068	0.008	0.028	29801.960	2.282	0.268	0.940
N5-N3	0.002	0.012	0.020	21253.545	0.094	0.565	0.941
N5-N4	0.011	0.072	0.006	10148.823	1.084	7.094	0.591
N5-N6	0.066	0.026	0.043	9937.804	6.641	2.616	4.327
N6-N1	0.050	0.015	0.003	49210.916	1.016	0.305	0.061
N6-N2	0.002	0.018	0.015	39552.731	0.051	0.455	0.379
N6-N3	0.068	0.014	0.063	31188.036	2.180	0.449	2.020
N6-N4	0.055	0.046	0.049	20046.564	2.744	2.295	2.444
N6-N5	0.066	0.026	0.043	9937.804	6.641	2.616	4.327

Çizelge 5. 57 Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin FKP yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması

	FKP –STATİK BAZ BİLEŞENLERİ FARKI ($\Delta X_{\text{STATİK}} - \Delta X_{\text{FKP}}$, $\Delta Y_{\text{STATİK}} - \Delta Y_{\text{FKP}}$, $\Delta Z_{\text{STATİK}} - \Delta Z_{\text{FKP}}$)			$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	Hata Oranı (ppm)		
	dX (m)	dY (m)	dZ(m)		S (m)	ΔX (ppm)	ΔY (ppm)
N1-N2	0.070	0.035	0.028	10029.863	6.979	3.490	2.792
N1-N3	0.006	0.023	0.029	19779.503	0.303	1.163	1.466
N1-N4	0.049	0.007	0.110	29624.806	1.654	0.236	3.713
N1-N5	0.032	0.095	0.070	39598.787	0.808	2.399	1.768
N1-N6	0.055	0.158	0.073	49211.093	1.118	3.211	1.483
N2-N1	0.070	0.035	0.028	10029.863	6.979	3.490	2.792
N2-N3	0.064	0.012	0.057	9828.386	6.512	1.221	5.800
N2-N4	0.119	0.028	0.138	19726.756	6.032	1.419	6.996
N2-N5	0.102	0.060	0.098	29802.022	3.423	2.013	3.288
N2-N6	0.125	0.123	0.101	39552.915	3.160	3.110	2.554
N3-N1	0.006	0.023	0.029	19779.503	0.303	1.163	1.466
N3-N2	0.064	0.012	0.057	9828.386	6.512	1.221	5.800
N3-N4	0.055	0.016	0.081	11192.261	4.914	1.430	7.237
N3-N5	0.038	0.072	0.041	21253.616	1.788	3.388	1.929
N3-N6	0.061	0.135	0.044	31188.224	1.956	4.329	1.411
N4-N1	0.049	0.007	0.110	29624.806	1.654	0.236	3.713
N4-N2	0.119	0.028	0.138	19726.756	6.032	1.419	6.996
N4-N3	0.055	0.016	0.081	11192.261	4.914	1.430	7.237
N4-N5	0.017	0.088	0.040	10148.824	1.675	8.671	3.941
N4-N6	0.006	0.151	0.037	20046.685	0.299	7.532	1.846
N5-N1	0.032	0.095	0.070	39598.787	0.808	2.399	1.768
N5-N2	0.102	0.060	0.098	29802.022	3.423	2.013	3.288
N5-N3	0.038	0.072	0.041	21253.616	1.788	3.388	1.929
N5-N4	0.017	0.088	0.040	10148.824	1.675	8.671	3.941

Çizelge 5. 57 Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin FKP yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması (devamı)

N5-N6	0.023	0.063	0.003	9937.919	2.314	6.339	0.302
N6-N1	0.055	0.158	0.073	49211.093	1.118	3.211	1.483
N6-N2	0.125	0.123	0.101	39552.915	3.160	3.110	2.554
N6-N3	0.061	0.135	0.044	31188.224	1.956	4.329	1.411
N6-N4	0.006	0.151	0.037	20046.685	0.299	7.532	1.846
N6-N5	0.023	0.063	0.003	9937.919	2.314	6.339	0.302

Çizelge 5. 58 Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin MAC yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması

	MAC –STATİK BAZ BİLEŞENLERİ FARKI ($\Delta X_{\text{STATİK}} - \Delta X_{\text{MAC}}$, $\Delta Y_{\text{STATİK}} - \Delta Y_{\text{MAC}}$, $\Delta Z_{\text{STATİK}} - \Delta Z_{\text{MAC}}$)			$S = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2 + \Delta Z^2}$	Hata Oranı (ppm)		
	dX (m)	dY (m)	dZ(m)		ΔX (ppm)	ΔY (ppm)	ΔZ (ppm)
N1-N2	0.059	0.045	0.016	10029.878	5.882	4.487	1.595
N1-N3	0.014	0.041	0.047	19779.530	0.708	2.073	2.376
N1-N4	0.002	0.001	0.122	29624.770	0.068	0.034	4.118
N1-N5	0.020	0.055	0.059	39598.748	0.505	1.389	1.490
N1-N6	0.068	0.026	0.036	49210.915	1.382	0.528	0.732
N2-N1	0.059	0.045	0.016	10029.878	5.882	4.487	1.595
N2-N3	0.073	0.004	0.031	9828.398	7.427	0.407	3.154
N2-N4	0.061	0.044	0.106	19726.708	3.092	2.230	5.373
N2-N5	0.079	0.010	0.043	29801.967	2.651	0.336	1.443
N2-N6	0.009	0.019	0.020	39552.724	0.228	0.480	0.506
N3-N1	0.014	0.041	0.047	19779.530	0.708	2.073	2.376
N3-N2	0.073	0.004	0.031	9828.398	7.427	0.407	3.154
N3-N4	0.012	0.040	0.075	11192.217	1.072	3.574	6.701
N3-N5	0.006	0.014	0.012	21253.550	0.282	0.659	0.565
N3-N6	0.082	0.015	0.011	31188.030	2.629	0.481	0.353

Çizelge 5. 58 Statik yöntem ile elde edilen baz bileşenlerinin MAC yönteminden elde edilen baz bileşenleri ile karşılaştırılması (devamı)

N4-N1	0.002	0.001	0.122	29624.770	0.068	0.034	4.118
N4-N2	0.061	0.044	0.106	19726.708	3.092	2.230	5.373
N4-N3	0.012	0.040	0.075	11192.217	1.072	3.574	6.701
N4-N5	0.018	0.054	0.063	10148.811	1.774	5.321	6.208
N4-N6	0.070	0.025	0.086	20046.538	3.492	1.247	4.290
N5-N1	0.020	0.055	0.059	39598.748	0.505	1.389	1.490
N5-N2	0.079	0.010	0.043	29801.967	2.651	0.336	1.443
N5-N3	0.006	0.014	0.012	21253.550	0.282	0.659	0.565
N5-N4	0.018	0.054	0.063	10148.811	1.774	5.321	6.208
N5-N6	0.088	0.029	0.023	9937.793	8.855	2.918	2.314
N6-N1	0.068	0.026	0.036	49210.915	1.382	0.528	0.732
N6-N2	0.009	0.019	0.020	39552.724	0.228	0.480	0.506
N6-N3	0.082	0.015	0.011	31188.030	2.629	0.481	0.353
N6-N4	0.070	0.025	0.086	20046.538	3.492	1.247	4.290
N6-N5	0.088	0.029	0.023	9937.793	8.855	2.918	2.314

Farklı yöntemlere göre yapılan ölçümler çizelge 5.50’de belirtilen kabul edilebilir hata oranlarına göre çizelge 5.56, çizelge 5.57 ve çizelge 5.58’deki hesaplanan verilerden yararlanarak ölçüm kaliteleri çizelge 5.59’daki gibi sınıflandırılmıştır.

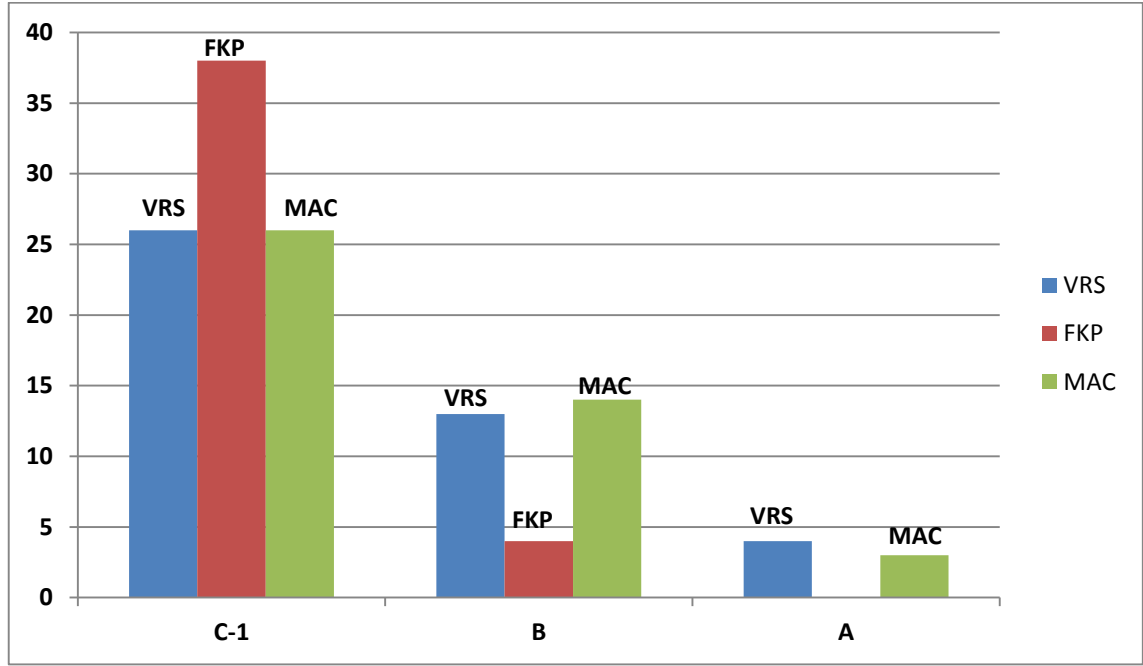
Çizelge 5. 59 VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenlerinin kalitelerine göre sınıflandırılması

	VRS	FKP	MAC
ΔX_{N1-N2}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N1-N2}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N1-N2}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N1-N3}	B	B	B
ΔY_{N1-N3}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N1-N3}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N1-N4}	B	C-1	A

Çizelge 5. 59 VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlere göre baz bileşenlerinin kalitelerine göre sınıflandırılması (devamı)

ΔY_{N1-N4}	C-1	B	A
ΔZ_{N1-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N1-N5}	B	B	B
ΔY_{N1-N5}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N1-N5}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N1-N6}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N1-N6}	B	C-1	B
ΔZ_{N1-N6}	A	C-1	B
ΔX_{N2-N3}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N2-N3}	B	C-1	B
ΔZ_{N2-N3}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N2-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N2-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N2-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N2-N5}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N2-N5}	B	C-1	B
ΔZ_{N2-N5}	B	C-1	C-1
ΔX_{N2-N6}	A	C-1	B
ΔY_{N2-N6}	B	C-1	B
ΔZ_{N2-N6}	B	C-1	B
ΔX_{N3-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N3-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N3-N4}	C-1	C-1	C-1
ΔX_{N3-N5}	A	C-1	B
ΔY_{N3-N5}	B	C-1	B
ΔZ_{N3-N5}	B	C-1	B
ΔX_{N4-N5}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N4-N5}	B	C-1	B
ΔZ_{N4-N5}	C-1	C-1	B
ΔX_{N4-N6}	C-1	C-1	C-1
ΔY_{N4-N6}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N4-N6}	B	C-1	C-1
ΔX_{N5-N6}	C-1	B	C-1
ΔY_{N5-N6}	C-1	C-1	C-1
ΔZ_{N5-N6}	C-1	C-1	C-1

Çizelge 5.59'daki sınıflandırmalara göre VRS yönteminde yapılan ölçümlerde C-1 kalitesinde 26, B kalitesinde 13, A kalitesinde 3 ölçü bulunmaktadır. FKP yönteminde yapılan ölçümlerde C-1 kalitesinde 38, B kalitesinde 4 ölçü bulunmaktadır. MAC yönteminde yapılan ölçümlerde ise C-1 kalitesinde 26, B kalitesinde 14, A kalitesinde ise 2 ölçü bulunmaktadır. Bu verileri grafik üzerinde değerlendirecek olursak şekil 5.44'teki bir grafik ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5. 51 VRS, FKP ve MAC yöntemlerine göre yapılan ölçümlerin kalitelerine göre ölçü sayısı

Şekil 5.44'te de görüldüğü gibi ölçüm doğrulukları farklı sınıflara dağılmıştır. Çizelge 5.50'de belirttiği üzere NGS'e göre GPS ölçüleri 7 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıflamalara en iyi sınıf ölçü olan AA'ya 7 puan, en düşük sınıf ölçüye 1 puan vermek üzere 1'den 7'ye kadar diğer sınıfları puanlandırabiliriz ve bu puanlandırmaya göre VRS, FKP ve MAC yöntemlerindeki ölçüm doğruluklarını değerlendirebiliriz. Bu değerlendirmeye göre VRS yöntemi 4.45 puan, FKP yöntemi 4.10 puan ve MAC yöntemi 4.43 puan olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sonuca göre VRS yönteminde yapılan ölçümlerin kalitesinin, MAC ve FKP yöntemlerinden daha üstün olduğu gözlenmektedir.

VRS, FKP ve MAC yöntemine göre yapılan ölçümlerde maksimum yükseklik farkı doğrulukları (5.2) formülü kullanılarak çizelge 5.60'daki gibi belirlenir. NGS'e göre

belirlenen kabul edilebilir maksimum yükseklik doğruluklarına göre çizelge 5.51'deki gibi ölçüler dizi ve sınıflara ayrılmıştır. Bu dizi ve sınıflandırma çizelge 5.60'da hesaplanan değerlere göre her bir yöntemde yapılan ölçümlerin kaliteleri çizelge 5.61'deki gibi sınıflandırılır.

Çizelge 5.60 VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlere göre yükseklik farkı doğruluk değerleri

	VRS	FKP	MAC
ΔZ_{N1-N2}	3.789	8.841	5.052
ΔZ_{N1-N3}	13.491	6.521	10.568
ΔZ_{N1-N4}	8.451	20.210	22.415
ΔZ_{N1-N5}	6.357	11.124	9.376
ΔZ_{N1-N6}	0.428	10.406	5.132
ΔZ_{N2-N3}	15.311	18.182	9.888
ΔZ_{N2-N4}	7.655	31.071	23.866
ΔZ_{N2-N5}	5.129	17.952	7.877
ΔZ_{N2-N6}	2.385	16.060	3.180
ΔZ_{N3-N4}	4.185	24.212	22.418
ΔZ_{N3-N5}	4.338	8.893	2.603
ΔZ_{N3-N6}	11.281	7.879	1.970
ΔZ_{N4-N5}	1.883	12.556	19.776
ΔZ_{N4-N6}	10.944	8.264	19.208
ΔY_{N5-N6}	13.640	0.952	7.296

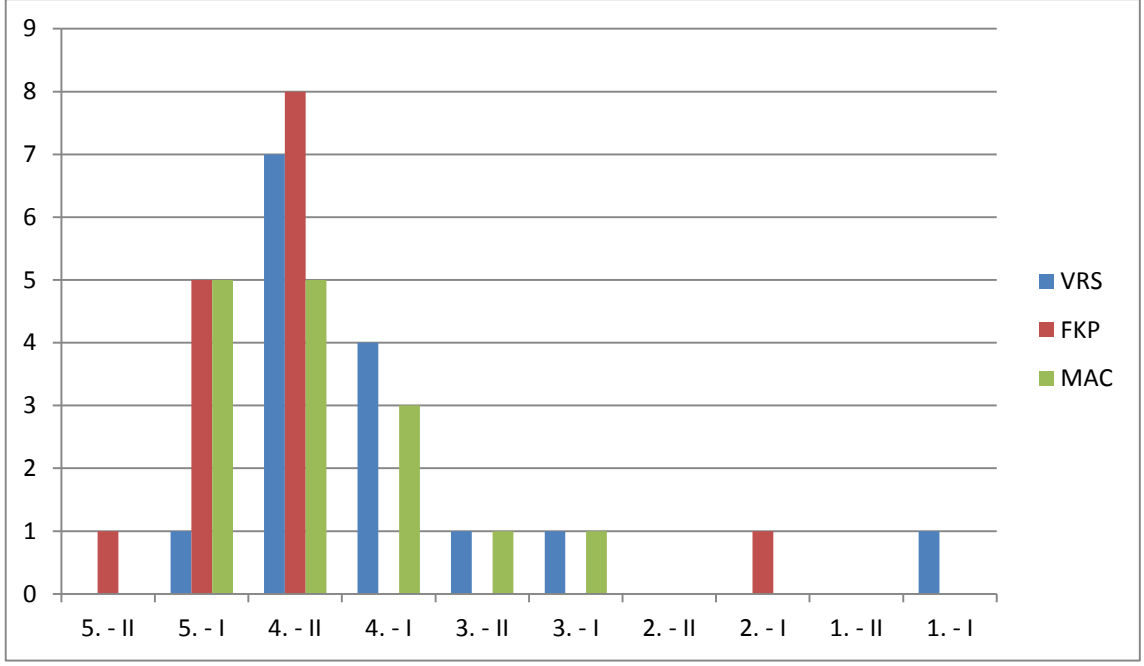
Çizelge 5.61 VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlerin NGS'e göre elipsoit yükseklik ölçümlerinin kalitelerine göre sınıf ve bölümleri

	VRS	FKP	MAC
ΔZ_{N1-N2}	4. - I	4. - II	4. - I
ΔZ_{N1-N3}	4. - II	4. - II	4. - II
ΔZ_{N1-N4}	4. - II	5. - I	5. - I

Çizelge 5.61 VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlerin NGS'e göre elipsoit yükseklik ölçümlerinin kalitelerine göre sınıf ve bölümleri (devamı)

ΔZ_{N1-N5}	4. - II	4. - II	4. - II
ΔZ_{N1-N6}	1.-I	4. - II	4. - I
ΔZ_{N2-N3}	5. - I	5. - I	4. - II
ΔZ_{N2-N4}	4. - II	5. - II	5. - I
ΔZ_{N2-N5}	4. - I	5. - I	4. - II
ΔZ_{N2-N6}	3. - II	5. - I	4. - I
ΔZ_{N3-N4}	4. - I	5. - I	5. - I
ΔZ_{N3-N5}	4. - I	4. - II	3. - II
ΔZ_{N3-N6}	4. - II	4. - II	3. - I
ΔZ_{N4-N5}	3. - I	4. - II	5. - I
ΔZ_{N4-N6}	4. - II	4. - II	5. - I
ΔY_{N5-N6}	4. - II	2. - I	4. - II

Çizelge 5.61'deki sınıflandırmalara göre VRS yönteminde 5.- I kalitesinde 1 ölçü, 4.- II kalitesinde 7 ölçü, 4.- I kalitesinde 4 ölçü, 3.- II kalitesinde 1 ölçü, 3. – I kalitesinde 1 ölçü, 1. – I kalitesinde ise 1 ölçü bulunmaktadır. FKP yönteminde 5. – II kalitesinde 1 ölçü, 5.- I kalitesinde 5 ölçü, 4.- II kalitesinde 8 ölçü, 2.- I kalitesinde ise 1 ölçü bulunmaktadır. MAC yönteminde ise 5. – I kalitesinde 5 ölçü, 4.- II kalitesinde 5 ölçü, 4.- I kalitesinde 3 ölçü, 3. – II kalitesinde 1 ölçü, 3. – I kalitesinde ise 1 ölçü bulunmaktadır. Söz konusu bu sonuçları grafik üzerinde değerlendirecek olursak şekil 5.45'teki bir grafik ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5. 52 VRS, FKP ve MAC yöntemlerine göre yapılan ölçümlerin NGS'e göre elipsoit yükseklik ölçüm kalitelerinin sınıflandırılması

NGS'e göre 10 tane ölçü dizi ve sınıfı bulunmaktadır. En iyi ölçü dizi ve sınıfı 1. – I, en kötü dizi ve sınıfı ise 5. – II'dir. Ölçülerin dizi ve sınıfları şekil 5.45'teki grafikte de gözüktüğü üzere farklı dağılım göstermiştir. Bu yüzden en kaliteli ölçünün hangi yöntemde olduğunu belirleyebilmek için dizi ve sınıflara 1'den 10'a kadar puanlar verip bu ölçümlerin ortalaması alınarak tespit edilebilir. En yüksek dizi ve sınıf olan 1. – I'e 10, en düşük dizi ve sınıf ise 1 puan vererek toplam 15 ölçünün aritmetik ortalaması alınarak her bir yöntemin puanları ortaya çıkacaktır. En yüksek puana sahip olan yöntem en kaliteli ölçüye, en düşük puana sahip olan yöntem ise en kötü ölçüye sahiptir. Bu değerlendirmeye göre; VRS yöntemi 4 puan, FKP yöntemi 2.87 puan ve MAC yöntemi ise 3.2 puan almaktadır. Bu değerlendirme de göz önünde bulundurulduğunda NGS'e göre VRS yönteminde yapılan düzey ölçümlerin kalitesi MAC ve FKP yöntemlerinden daha üstün olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, öncelikli olarak harita mühendisliği anlamında gerek kamu kurumlarının, gerekse ticari faaliyet gösteren özel firmaların fayda sağlayacağı planlanmıştır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde piyasadaki birçok harita mühendisi tez çalışmamda da kullanılan "Ashtech Solution" gibi ticari yazılımlarla statik ölçümlere ilişkin sonuçlara varmaktadır.

Statik ölçümlerden daha hassas konum doğruluğu elde edilmek isteniyorsa "Bernese" gibi akademik yazılımlarla verilerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak gerek kamuda çalışan, gerekse özel sektörde çalışan harita mühendisleri açısından bu yazılımı kullanmak maliyet ve deneyim eksikliğinden dolayı oldukça zordur. Bu yüzden akademik yazılıma en yakın olarak piyasada kullanılan "Topcon Magnet Tools" gibi bir ticari yazılım kullanılarak diğer ticari yazılımlarla yapılan değerlendirmelerden daha hassas sonuçlar elde edilebilmektedir. "Topcon Magnet Tools" yazılımında yapılan değerlendirmenin diğer ticari yazılımlardan farkı; hassas efemerislerin kullanılması bunun yanında iyonosfer ve troposferin modellenmesine olanak sağlamasıdır.

Bu sebepten dolayı tezin son aşamasında "Topcon Magnet Tools" yazılımı ile statik ölçümden elde edilen veriler değerlendirildi ve bu değerlendirme sonucu çizelge 5.62'deki gibi ortaya çıkan koordinat değerleri, farklı Ağ-RTK ölçüm tekniklerinden elde edilen koordinatlar ile karşılaştırıldı. Çizelge 5.63, çizelge 5.64 ve çizelge 5.65'te sonuçlara ilişkin farklar gösterilmektedir.

Çizelge 5. 62 Statik ölçme verilerinin Topcon Magnet Tools ile değerlendirilmesinden elde edilen altı noktanın ITRF96 koordinatları

Nokta No	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)
N.1	521341.410	4578918.858	31.543
N.2	514769.326	4586495.528	30.989
N.3	509747.094	4594943.850	29.597
N.4	499149.829	4598544.361	56.360
N.5	490286.865	4603488.712	49.924
N.6	481067.303	4607198.003	42.518

Çizelge 5. 63 Statik verilerin hassas değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatların VRS yönteminden elde edilen koordinatlardan farkları

Nokta No	VRS YÖNTEMİ			Farklar (\pm cm)		
	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)	Y	X	h
N.1 (1. Gün)	521341.406	4578918.875	31.694	0.4	1.7	15.1
N.1 (2. Gün)	521341.417	4578918.872	31.709	0.7	1.4	16.6
N.1 (3. Gün)	521341.413	4578918.847	31.709	0.3	1.1	16.6
N.2 (1. Gün)	514769.331	4586495.525	30.950	0.5	0.3	3.9
N.2 (2. Gün)	514769.323	4586495.542	30.976	0.3	1.4	1.3
N.2 (3. Gün)	514769.301	4586495.546	30.969	2.5	1.8	2.0
N.3 (1. Gün)	509747.089	4594943.903	29.489	0.5	5.3	10.8
N.3 (2. Gün)	509747.068	4594943.867	29.534	2.6	1.7	6.3
N.3 (3. Gün)	509747.075	4594943.863	29.519	1.9	1.3	7.8
N.4 (1. Gün)	499149.887	4598544.324	56.085	5.8	3.7	27.5
N.4 (2. Gün)	499149.839	4598544.383	56.334	1.0	2.2	2.6
N.4 (3. Gün)	499149.832	4598544.354	56.392	0.3	0.7	3.2
N.5 (1. Gün)	490286.892	4603488.645	49.963	2.7	6.7	3.9
N.5 (2. Gün)	490286.875	4603488.692	49.987	1.0	2.0	6.3
N.5 (3. Gün)	490286.881	4603488.696	49.979	1.6	1.6	5.5
N.6 (1. Gün)	481067.298	4607198.008	42.573	0.5	0.5	5.5
N.6 (2. Gün)	481067.291	4607197.999	42.510	1.2	0.4	0.8
N.6 (3. Gün)	481067.300	4607198.005	42.512	0.3	0.2	0.6
N.1 (Ortalama)	521341.412	4578918.865	31.704	0.2	0.7	16.1
N.2 (Ortalama)	514769.318	4586495.538	30.965	0.8	1.0	2.4
N.3 (Ortalama)	509747.077	4594943.878	29.514	1.7	2.8	8.3
N.4 (Ortalama)	499149.853	4598544.354	56.270	2.4	0.7	9.0
N.5 (Ortalama)	490286.883	4603488.678	49.976	1.8	3.4	5.2
N.6 (Ortalama)	481067.296	4607198.004	42.532	0.7	0.1	1.4

Çizelge 5. 64 Statik verilerin hassas değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatların FKP yönteminden elde edilen koordinatlardan farkları

Nokta No	FKP YÖNTEMİ			Farklar (\pm cm)		
	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)	Y	X	h
N.1 (1. Gün)	521341.399	4578918.907	31.717	1.1	4.9	17.4
N.1 (2. Gün)	521341.423	4578918.892	31.659	1.3	3.4	11.6
N.1 (3. Gün)	521341.430	4578918.839	31.724	2.0	1.9	18.1
N.2 (1. Gün)	514769.335	4586495.523	30.988	0.9	0.5	0.1
N.2 (2. Gün)	514769.324	4586495.546	31.013	0.2	1.8	2.4
N.2 (3. Gün)	514769.304	4586495.534	31.003	2.2	0.6	1.4
N.3 (1. Gün)	509747.103	4594943.867	29.523	0.9	1.7	7.4
N.3 (2. Gün)	509747.079	4594943.867	29.558	1.5	1.7	3.9
N.3 (3. Gün)	509747.083	4594943.871	29.541	1.1	2.1	5.6
N.4 (1. Gün)	499149.754	4598544.361	55.723	7.5	0.0	63.7
N.4 (2. Gün)	499149.839	4598544.389	56.332	1.0	2.8	2.8
N.4 (3. Gün)	499149.767	4598544.514	56.265	6.2	15.3	9.5
N.5 (1. Gün)	490286.795	4603488.711	49.955	7.0	0.1	3.1
N.5 (2. Gün)	490286.836	4603488.691	49.953	2.9	2.1	2.9
N.5 (3. Gün)	490286.885	4603488.723	49.919	2.0	1.1	0.5
N.6 (1. Gün)	481067.142	4607198.184	42.532	16.1	18.1	1.4
N.6 (2. Gün)	481067.188	4607198.066	42.419	11.5	6.3	9.9
N.6 (3. Gün)	481067.145	4607198.119	42.406	15.8	11.6	11.2
N.1 (Ortalama)	521341.417	4578918.879	31.700	0.7	2.1	15.7
N.2 (Ortalama)	514769.321	4586495.534	31.001	0.5	0.6	1.2
N.3 (Ortalama)	509747.088	4594943.868	29.541	0.6	1.8	5.6
N.4 (Ortalama)	499149.787	4598544.421	56.107	4.2	6.0	25.3
N.5 (Ortalama)	490286.839	4603488.708	49.942	2.6	0.4	1.8
N.6 (Ortalama)	481067.158	4607198.123	42.452	14.5	12.0	6.6

Çizelge 5. 65 Statik verilerin hassas değerlendirilmesi ile elde edilen koordinatların
MAC yönteminden elde edilen koordinatlardan farkları

Nokta No	MAC YÖNTEMİ			Farklar (\pm cm)		
	Sağa Değer (Y)	Yukarı Değer (X)	Elipsoidal Yükseklik (h)	Y	X	h
N.1 (1. Gün)	521341.400	4578918.858	31.777	1.0	0.0	23.4
N.1 (2. Gün)	521341.418	4578918.901	31.684	0.8	4.3	14.1
N.1 (3. Gün)	521341.448	4578918.853	31.741	3.8	0.5	19.8
N.2 (1. Gün)	514769.343	4586495.512	31.001	1.7	1.6	1.2
N.2 (2. Gün)	514769.308	4586495.553	30.972	1.8	2.5	1.7
N.2 (3. Gün)	514769.297	4586495.546	31.001	2.9	1.8	1.2
N.3 (1. Gün)	509747.101	4594943.899	29.512	0.7	4.9	8.5
N.3 (2. Gün)	509747.055	4594943.884	29.536	3.9	3.4	6.1
N.3 (3. Gün)	509747.068	4594943.857	29.624	2.6	0.7	2.7
N.4 (1. Gün)	499149.853	4598544.332	56.010	2.4	2.9	35.0
N.4 (2. Gün)	499149.824	4598544.373	56.331	0.5	1.2	2.9
N.4 (3. Gün)	499149.816	4598544.367	56.331	1.3	0.6	2.9
N.5 (1. Gün)	490286.890	4603488.666	49.988	2.5	4.6	6.4
N.5 (2. Gün)	490286.879	4603488.711	49.949	1.4	0.1	2.5
N.5 (3. Gün)	490286.867	4603488.687	50.025	0.2	2.5	10.1
N.6 (1. Gün)	481067.313	4607197.989	42.569	1.0	1.4	5.1
N.6 (2. Gün)	481067.306	4607197.983	42.462	0.3	2.0	5.6
N.6 (3. Gün)	481067.267	4607198.005	42.538	3.6	0.2	2.0
N.1 (Ortalama)	521341.422	4578918.871	31.734	1.2	1.3	19.1
N.2 (Ortalama)	514769.316	4586495.537	30.991	1.0	0.9	0.2
N.3 (Ortalama)	509747.075	4594943.880	29.557	1.9	3.0	4.0
N.4 (Ortalama)	499149.831	4598544.357	56.224	0.2	0.4	13.6
N.5 (Ortalama)	490286.879	4603488.688	49.987	1.4	2.4	6.3
N.6 (Ortalama)	481067.295	4607197.992	42.523	0.8	1.1	0.5

SONUÇ VE ÖNERİLER

CORS GPS yöntemi anlık hassas konum belirleme özelliği, kullanım kolaylığı, zaman, personel ve maliyet açısından tasarruf sağlaması ile diğer ölçme yöntemlerine göre daha fazla öne çıkan bir ölçme yöntemi olmuştur. İller Bankasının belirlediği rakamlara göre bu duruma bir örnek verecek olursak; 1000 hektarlık bir alanda yapılan hâlihazır ölçümünde RTK GPS yöntemi tercih edildiğinde 1000 sabit tesis, 5 ekip, 100 gün ve 400,000 TL maliyet ortaya çıkmaktadır. Klasik yöntem tercih edildiğinde 2000 sabit tesis, 8 ekip, 400 gün ve 800,000 TL maliyet ortaya çıkmaktadır. CORS GPS yöntemi tercih edildiğinde ise sabit tesise gereksinim olmadan, 3 ekiple, 60 günde ve 200,000 TL maliyetle 1000 hektarlık bir arazinin hâlihazır ölçümü tamamlanabilmektedir [75].

Bu çalışmada belirlenen noktaların koordinatları bilinmeyip CORS-TR Samsun merkez istasyonundan belirli uzaklıklarda rastgele tesis edilmiştir. Tesis edilen bu noktalarda statik GPS ve ağ-RTK GPS gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada tesis edilen 6 noktada statik ölçme yöntemi ile elde edilen veriler, büro değerlendirmesi sonucu elde edilen koordinatlar olup, kesin koordinatlar olarak kabul edilmiştir. Bunun sebebi; GPS gözlemlerinin ölçme sonrası büroda değerlendirilmesi ile gerçek zamanlı konum belirleme tekniklerine göre (DGPS, RTK, SBAS vb.) çok daha güvenilir, doğru koordinat ve nokta hız vektörleri belirlenebilmektedir [76]. Bunun temel nedenlerinden biri büro hesaplamalarında hem ölçme öncesinde hem de ölçme sonrasına ilişkin başka verileri (örn; IGS istasyonu, hassas efemeris ve hassas anten faz merkezleri vb.) de kullanmak olanaklıdır. Gerçek zamanlı koordinat belirlemede ise yayınlanan düzeltmeler (DGPS, RTK veya SBAS) sadece ölçme anından birkaç saniye önceki belirli bir epoka ait tahmin

değerleridir. Diğer taraftan gerçek zamanlı uygulamalarda nokta hız vektörlerinin milimetre doğrulukla belirlenmesi henüz olanaklı değildir [18]. Söz konusu bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda statik gözlemlerden elde edilen koordinatlar doğru koordinatlar olarak kabul edildi ve bu koordinatlar farklı ağ-RTK ölçme yöntemleri olan VRS, FKP ve MAC yöntemlerinden elde edilen anlık koordinatlar ile karşılaştırdı. Bu karşılaştırmalar sonucu yapılan analizlerde VRS, FKP ve MAC yöntemleri ile yapılan ölçümlerden elde edilen konum doğruluğuna, CORS-TR istasyonuna olan uzaklığın ne ölçüde etkisi olduğu araştırıldı.

CORS-TR istasyonundan yaklaşık 10'ar km aralıklarla tesis edilen noktalarda yapılan gözlemlerde, özellikle 4. noktadan sonra yani 40 km'den sonra FKP ve MAC yöntemleri tercih edilerek GPS ölçümü yapılırken, tamsayı belirsizliğinin çözümlenmesi yani GPS'in "fix" olma durumunun oldukça geciktiği gözlemlenmiştir. Bunun yanın sıra "fix" olunan durumlarda ise FKP yöntemi tercih edilerek ölçüm yapıldığında özellikle yatay konum doğruluğunun oldukça yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. MAC yönteminde ise 5. noktadan sonra yani 50 km'den sonra MAC yöntemi, FKP yöntemi kadar hassas konum doğruluğuna sahip olmasa da; VRS yöntemine göre konum doğruluğunun daha hassas olduğu gözlemlenmiştir. VRS yöntemi tercih edilerek yapılan ölçümlerde ise tamsayı belirsizliğinin diğer yöntemlere göre daha kısa sürede çözümlendiği, bunun yanı sıra birkaç farklı günde yapılan ölçümler dışında diğer tüm ölçümlerde konum doğruluğunun kabul edilebilir seviyede olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi ise VRS yönteminde ölçüm yapılan noktanın yakınında sanal bir referans istasyonu oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden, bu çalışmada CORS-TR referans istasyonuna uzaklıktan en az etkilenen ölçme yönteminin VRS yöntemi olduğu fikri ortaya çıkmaktadır.

Bahse konu çalışmada farklı günlerde 3 defa art arda yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak bu ölçümlerin kalite ve sınıflarına ilişkin analizler yapılmıştır. Yine bu analizlerden elde edilen sonuçlara göre de VRS yöntemi tercih edilerek yapılan ölçümlerin kalite ve sınıflarının diğer yöntemlerden daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. FKP yönteminde yapılan ölçümlerin kalitesinin ise en düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada yapılan analizler sonrası tespit edildiği üzere, CORS-TR referans istasyonuna bağımlı ölçüm yapılması durumunda, söz konusu referans istasyonuna uzak konumlarda tercih edilmesi gereken en uygun yöntem VRS yöntemidir. Bunun yanı sıra CORS ile yapılan ölçümlerde farklı zaman aralıklarında en az iki oturum yapılmalıdır ve oturumlar arası en az 1 saat olmasına dikkat edilmelidir [70]. Eğer hassas konum doğruluğu beklenen bir çalışma yapılıyor ise mutlaka statik ölçüm yapılması gerekmektedir.

Aynı zamanda bu çalışmada özellikle; kamu kurumlarında ve ticari amaçlı mühendislik bürolarında hizmet veren değerli meslektaşlarımın TUSAGA-Aktif sistemi üzerine dikkatini çekmek istedim. Çünkü TUSAGA-Aktif sisteminin kurulumunda ve işletilmesinde öncülük eden kurum ve kuruluşlar hiçbir eleştiri kabul etmeseler de, bu tez çalışması gibi birçok çalışmada vaat edilen doğruluğun her zaman sağlanmadığı açıkça ortaya konmaktadır.

Bu çalışmada da gözüktüğü üzere TUSAGA-Aktif referans istasyonundan uzaklaştıkça konum doğruluğu azalmaktadır. Bu uzaklığa etkiyi azaltmak için TUSAGA-Aktif Referans İstasyonu Ağı'nın muhakkak sıklaştırılması gerekmektedir. Ek bir öneri olarak ise, çeşitli kamu kurumları ya da mühendislik hizmeti veren bürolar ortaklaşa bir çalışma yaparak kendi referans istasyonu ağlarını oluşturabilirler. Aksi takdirde, referans istasyonundan uzaklaştıkça, özellikle 50 km ve daha fazla uzaklıkta yapılan ölçümlerde, TUSAGA-Aktif sisteminin vaat ettiği ± 2 cm doğruluğu elde etme ihtimali oldukça düşüktür.

KAYNAKLAR

- [1] Kahveci, M. ve Yıldız, F. (2012). GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama, 5. Baskı, Nobel Yayın, Ankara.
- [2] Leick, A., (2004). GPS Satellite Surveying, Third Edition, John Wiley & Sons, New Jersey.
- [3] Seeber, G., (2003). Satellite Geodesy: Foundations, Methods and Applications, Second Edition, Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin.
- [4] Rao, G.S., (2010). Global Navigation Satellite Systems with Essentials of Satellite Communications, Tata McGraw Hill Education Private Ltd., New Delhi.
- [5] Xu, G., (2007). GPS: Theory, Algorithms and Applications, Second Edition, Springer Science & Business Media, New York.
- [6] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Clins, J., (2001). Global Positioning System: Theory and Practise, Fifthy Revise Edition, Springer Science & Business Media, New York.
- [7] Teunissen, P.J.G ve Kleusberg, A., (2000). GPS for Geodesy, Second Edition, Springer Verlag, Berlin.
- [8] Hofmann, B., Lichtenegger, H., ve Wasle, E., (2008). GNSS – Global Navigation Satellite Systems GPS, Galileo and More, Springer Science & Business Media, Austria.
- [9] Parkinson, B. ve W., Spilker, J.J., (2000). "Global Positioning System Theory and Applications, Foliage Attenuation for Land Mobile Users, Geodesy", Stanford University and Telecom, 15: 569-583.
- [10] El-Rabbany, A., (2002). Introduction to GPS: The Global Positioning System, Artech House, First Title, Second Series, Boston.
- [11] Bozan, A.V., (2012). Coğrafi Bilgi Sistemlerine Altlık Oluşturan GPS Verilerinin Farklı Yerlerde ve Zamanlarda Yapılan Ölçülerinin Hassasiyetinin ve Doğruluğunun İrdelenmesi, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Yollarının Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- [12] Alkan, R.M. ve Arslan, E. (2002). "GPS Standard Positioning Service Performance After Selective Availability Turned Off", International Symposium on GIS, 23-26 September 2002, İstanbul.
- [13] Alkan, R.M. ve Kalkan, Y. (2011). "Precise Point Positioning – PPP (Hassas Nokta Konumlama) Tekniğinin Hidrografik Ölçümlerde Kullanılabilirliği", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- [14] Witchayangkoon, B., (2000). Elements of GPS Precise Point Positioning, PhD Thesis, Department of Spatial Information Science and Engineering, University of Maine, Maine.
- [15] Öcalan, T. ve Soycan, M., (2012). "RTCM/SSR Mesajları ile Gerçek Zamanlı Hassas Nokta Konumlama (PPP-RTK) Tekniği", Harita Teknolojileri Dergisi, 4: 30-41.
- [16] Cai, C. ve Gao, Y., (2007). "Precise Point Positioning Using Combined GPS and GLONASS Observations", Journal of Global Positioning Systems, 1: 13-22.
- [17] Soycan, M. ve Soycan, A. (2002). "Poligon Noktalarının GPS ile Ölçülmesi Üzerine Bir İnceleme", Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya.
- [18] Kahveci, M., Karagöz, H., ve Selbesoğlu, M.O., (2011). "Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 104: 3-13.
- [19] Güney, C., Avcı, Ö., Doğru, A.Ö., Kılıç, C., ve Çelik, R. N., (2002). "Filo Yönetim Sistemi Tasarımı", S.Ü. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yol Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya.
- [20] Kahveci, M., (2009). Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, 1. Baskı, Zerpa Yayın, Ankara.
- [21] 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, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [22] Beutler, G., Schaer, S., ve Rothacher, M., (1999). "Wide Area Differential GPS", AIUB Swiss Federal Office of Topography, Bern.
- [23] Güngör, O., (2000). Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS'in Jeodezik Çalışmalarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [24] Tiryakioğlu, İ., Güllü, M., Baybura, T., ve Erdoğan, S., (2005). "GPS Sinyal Yansımasının (Multipath) Nokta Konumlarına Etkisinin Araştırılması", 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, İTÜ, İstanbul.
- [25] Yaprak, S. ve Yaprak, H., (2005). "Comparison of GPS Stop and Go Method and Electronic Tacheometry Technique In Map Production", G.Ü Fen Bilimleri Dergisi, 18(4): 627-637.

- [26] İnal, C., Gündüz, A.M. ve Bülbül, S., (2014). "Klasik RTK ve Ağ-RTK Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Selçuk Üniversitesi Müh. Bilim ve Teknik Dergisi, 2(2): 19-29.
- [27] Sezer, S., (2008). Sabit GPS İstasyonlarına Ait Verilerin Bilgisayar Ortamında Düzenlenmesi, İnternet Ortamında Sunulması Amacıyla Veri Tabanı ve Web Sayfası Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [28] Lachapelle, G., Ryan, S., ve Rizos, C., (2002). "Servicing The GPS User", chapter 14 in Manuel of Geospatial Science and Tecnology, J. Bossler, J. Jenson, R. McMaster & C Rizos (eds.), Taylor & Francis Inc., 201-215.
- [29] Mekik, Ç. ve Arslanoğlu, M., (2003). "Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Doğruluk Analizi ve Bir Örnek Uygulama", 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 31 Mart – 04 Nisan 2003, Ankara, 549-558.
- [30] Kahveci, M., (2009). "Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündükleri", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 100: 13-20.
- [31] Wübbena, G., Bagge, A. ve Schmitz, M., (2001). "Network-Based Techniques for RTK Applications", GPS JIN 2001, GPS Society Japan Institute of Navigation, 14-16 November 2001, Tokyo.
- [32] Rizos, C., (2002). "Network RTK Research and Implementation – A Geodetic Perspective", Journal of Global Positioning Systems, 1(2): 144-150.
- [33] El-Mowafy, A., (2000). Performance Analysis of The RTK Technique in an Urban Environment", The Australian Surveyor, 45: 47-54.
- [34] Öcalan, T. ve Soycan, M., (2011). 'GNSS Verisinin Gerçek Zamanlı İletişim İçin Uluslararası Standartlar ve Gelişmeler", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- [35] Heo, Y., Yan, T., Lim, S. ve Rizos, C., (2009). "International Standard GNSS Real-Time Data Formats and Protocols", International Global Navigation Satellite Systems Society IGNSS Symposium, 1-3 December 2009, Qld.
- [36] Langley, B.R., (1995). "NMEA 0183: AGPS Receiver Interface Standard", GPS World, 6(7): 54-57.
- [37] Keefe, O.K., Lin, M. ve Lachapelle, G., (2007). "Network Real-Time Kinematic Performance Analysis Using RTCM 3.0 and The Southern Alberta Network", Geomatica, 61:1-29, Ottawa.
- [38] Chen, R., Li, X. ve Weber G., (2004). "Test Results of an Internet RTK System Based On The NTRIP Protocol", GNSS 2004 Conference, 16-19 May 2004, Rotterdam.
- [39] Mekik, Ç., (2004). "Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Ağı (Network-RTK) ile Konumlama", TUJK 2004 Çalıştayı IV. Oturum: Mühendislik Uygulamalarında Sabit GPS İstasyonlarının Kullanılması, 14-16 Ekim 2004, Zonguldak.

- [40] Arslan, N., Aydın, C., Üstün, A. ve Demirel, H., (2002). "Sanal Referans İstasyonu Sistemi (VRS)", Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya.
- [41] Retscher, G., (2002). "Accuracy Performance of Virtual Reference Station (VRS) Networks", Journal of Global Positioning Systems, 1(1):40-47
- [42] Landau, H., Vollath, U. ve Chen, X., (2002). "Virtual Reference Station Systems", Journal of Global Positioning Systems, 1(2):137-143.
- [43] Wanninger, L., (1999). "The Performance of Virtual Reference Stations in Active Geodetic GPS Networks Under Solar Maksimum Conditions", ION GPS'99, 15-18 September 1999, Nashville, 1419-1427.
- [44] El-Mowafy, A., (2012). Global Navigation Satellite Systems: Signal, Theory and Applications, 7: 162-188, Intech Open Access Publisher, Rijeka.
- [45] Beutler, G., Schaer, S. ve Rothacher, M., (1999). "Wide Area Differential GPS", AIUB Swiss Federal Office of Topography, 17 September 1999, Bern.
- [46] Beutler, G., (2000). "Ionosphere Related Activities Within The IGS", Earth Science Advisory Committee (ESAC), 26-27 October 2000, Paris.
- [47] Cansız, Y., (2013). Ağ-RTK Uygulamalarında Uydu Yükseklik Açısı ve Epok Sayısının Konum Duyarlılığına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [48] Gümüş, K., Çelik, C.T. ve Koç, İ., (2013). "Finding an Appropriate Method for Small-Scale Surveying Application Among Real-Time Satellite-Based Methods in Turkey", Tehnički Vjesnik, 20(3):467-472.
- [49] Wubenna, G. ve Willgalis, S., (2001). "State Space Approach for Precise Real Time Positioning in GPS Reference Networks", International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation (KIS2001), 5-8 June 2001, Banff, Canada, 72-79.
- [50] Wubenna, G. ve Bagge, A., (2006). "RTCM Message Type 59 – FKP for Transmission of FKP", Geo++ White Paper Nr. 2006.01, 1 March 2006, Garbsen, Germany, 1-8.
- [51] Gezer, M.V., Karan, Z.S., Kulaksız, E., Erkek, B. ve Bakıcı, S., (2014). "TUSAGA-Aktif Sistemi ve Kullanıcı Profili Analizi", HKMO-Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Ekim 2014, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- [52] Janssen, V., (2009). "A Comparison of The VRS and MAC Principles for Network RTK", International Global Navigation Satellite Systems Society IGNS Symposium 2009, 1-3 December 2009, Qld, Australia.
- [53] Brown, N., Geisler, I. ve Troyer, L., (2006). "RTK Rover Performance Using The Master-Auxiliary Concept", Journal of Global Positioning Systems, 5(1-2):135-144.
- [54] Telli, A.K., Pırtı, A. ve Hoşbaş, R.G., (2009). "Yeni Nesil Ölçme Sistemi ve Evrik GNSS", Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 101: 28-30.

- [55] Uzel, T., Eren, K., Kıymaz, G., Coşkun, E., Türk, M. ve Seçkin, E., (2007). "Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita ve Bilimsel Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- [56] Selbesoğlu, M.O., (2011). GNSS Ağlarında Üretilen Sanal Referans İstasyonu (VRS) Verilerinin Kalite Kontrolü ve Doğruluk Araştırması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [57] Eren, K. ve Uzel, T., (2008). CORS TR Projesi, CORS TR 3.Çalışmayı, 28-29 Kasım 2008, Ankara.
- [58] Cingöz, A., Erkan, Y., Kurt, A.İ. ve Peker, S., (2013). "Türkiye Ulusal Sabit GNSS İstasyonları Ağı- Aktif (TUSAGA-Aktif) Sistemi", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.
- [59] Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, TUSAGA-Aktif Sabit İstasyonlarının Konumları, <http://www.tkgm.gov.tr/tr/noktakonumlari>, 1 Şubat 2015.
- [60] Aktuğ, B., Kurt, M., Parmaksız, E., Lenk, O., Erkan, Y. ve Aysezen, Ş., (2011). "Türkiye'de Sabit GNSS İstasyonlarının Tarihi ve Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı-Aktif (TUSAGA-AKTİF)", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011, Ankara.
- [61] Yıldırım, Ö., Bakıcı, S., Cingöz, A., Erkan, Y., Gülal, E. ve Dindar, A.A., (2007). "TUSAGA-Aktif (CORS-TR) Projesi ve Ülkemize Katkıları", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim-2 Kasım 2007, KTÜ, Trabzon.
- [62] Tiryakioğlu, İ., (2010). TUSAGA-Aktif, CORS-TR (Continuously Operating Reference Stations) Sistemi ve IGS Ürünlerinin Kullanımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi 2010, http://ibrahimtiryakioğlu.com/dersler/ozel-olcmeler/CORS-TR_ders4.pdf, 3 Ocak 2015.
- [63] Sella, G., Chin, M., Cline, M., Haw, D., Kass, W., Snay, R. ve Soler, T., (2008). "NGS CORS Network Guidelines for New and Existing Sites and Their Relation to IGS", National Geodetic Survey (NOAA), USA.
- [64] Snay, R., (2008). CORS Users Forum at The CGSIC Meeting Savannah, GA, The SM&G Subcommittee, NGS, USA.
- [65] Yavuz, E. ve Ersoy, N., (2007). "Amerika Birleşik Devletleri'ndeki CORS Programı", 11. Türkiye Bilimsel Harita ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara.
- [66] Weber, G., (2001). "The SAPOS System in Germany", The Third Asia Pasific Rim Meeting, International Information Subcommittee (IISC), Civil GPS Service Interface Committee (CGSIC), 6-9 February 2001, Tokyo, Japan.
- [67] Yamagiwa, A., Hatanaka, Y., Yutsudo, T. ve Miyahara, B., (2006). "Real Time Capability of GEONET System and Its Application to Crust Monitoring" Bulletin of The GSI, 53: 27-33.

- [68] SATLAB Geosolutions, SATLAB SL500 RTK GNSS Alıcısının Teknik Özellikleri, <http://www.satlab.com.tr/tr/products/sl-500/teknik-ozellikler.aspx>, 14 Mart 2015.
- [69] Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Kadastral Harita Üretimi ve Kontrolü Genelgesi, www.tkgm.gov.tr/sites/default/files/mevzuat/2010_11_0.pdf, 3 Mayıs 2015.
- [70] Deniz, R., Çelik, R.N., Kutoğlu, H., Özlüdemir, T., Demir, C. ve Kınık, İ., (2010). Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- [71] Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı, Sabit İstasyon Verilerinin İndirilmesi, <http://tusaga-aktif.tkgm.gov.tr>, 27 Nisan 2014.
- [72] Scripps Orbit and Permanent Array Center, ISTA istasyonlarının navigasyon verilerinin indirilmesi, <http://sopac.ucsd.edu>, 5 Haziran 2014.
- [73] Wellen Hof, B., H., Lichtenegger, H. ve Collins, J., (1992). Global Positioning System: Theory and Practice, Springer-Verlag Wien, New York.
- [74] NATO, (1991). Method of Expressing Navigation Accuracies, NATO STANAG 4278.
- [75] İller Bankası A.Ş. İhale Daire Başkanlığı, 2014 Yılı Sayısal Hâlihazır Harita Alımı Birim Fiyat Cetveli, http://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/belgeler/belge62/2014_SAYISAL_HALIHAZIR_HARITA%20-%20BIRIM_FIYAT_CETVELI.pdf, 15 Kasım 2014.
- [76] Brown, N., Troyer, L., Zelzer, O. ve Van Cranenbroek, J., (2006). "Advances in RTK and Post Processed Monitoring with Single Frequency GPS", Journal of Global Positioning Systems, 5:145-151.
- [77] Wolf, P.R., Ghilani, C.D. (2002). Elementary Surveying, an Introduction to Geomatics. 10th Edition, Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey, Prentice Hall.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Haldun YÜKSEL
Doğum Tarihi ve Yeri : 28.06.1985 - Bafra
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : haldunyuksel@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Harita Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2010
Lise	Fen Bilimleri	Bafra Kızılırmak Süper Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2013-2015	Samsun Büyükşehir Belediyesi	Harita Mühendisi
2011-2013	Akyazı Belediyesi	Harita Mühendisi
2011-2011	Nas İnşaat San. Tic. A.Ş.	Harita Mühendisi
2010-2011	Uygurer İnş. San. Tic. Ltd. Şti.	Harita Mühendisi

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2010-2010	Taşpolat İnşaat San. Tic. Ltd. Şti.	Harita Mühendisi
2010-2010	Asfalt Yapı San. Tic. Ltd. Şti.	Harita Mühendisi