

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEODEZİK UYGULAMALARDA
TEK FREKANSLI GPS ALICILARININ
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Jeodezi ve Fotogrametri Müh. V. Erhan BAYSAL

**FBE Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı Geomatik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Uğur DOĞAN

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GPS KONUSUNDA GENEL BİLGİLER	4
2.1 Sinyal Yapısı	4
2.2 GPS Çözümlerinde Kullanılan Doğrusal Kombinasyonlar	4
2.3 Efemeris Bilgileri	6
2.3.1 Yayın efemerisi (Broadcast efemeris)	6
2.3.2 Almanak verisi	7
2.3.3 Hassas (Precise) efemeris	7
2.4 GPS Ölçülerinde Hata Kaynakları	7
2.4.1 Uydu hataları (Seçimli doğruluk erişimi (SA))	8
2.4.2 Uydu yörünge hataları	8
2.4.3 Uydu saat hataları	9
2.4.4 Atmosferik etkiler	9
2.4.5 İyonosfer etkisi	9
2.4.6 Troposfer etkisi	10
2.4.7 Sinyal yansıma hatası (Multipath)	10
2.4.8 Alıcı anteni faz merkezi kayıklığı hatası	11
2.4.9 Duyarlılık kaybı (Dilution of precision-DOP) faktörü	12
2.4.10 Taşıyıcı dalga faz belirsizliği (Ambiguity) ve faz kesiklikleri (Cycle slip)	12
2.4.11 Yazılım hataları	14
3. TEK VE ÇİFT FREKANSLI GPS DONANIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	15
4. GPS GÖZLEM PLANININ HAZIRLANMASI	19
5. UYGULAMA	21
5.1 I. GPS Test Ağı	21

5.1.1	Çalışma bölgesi.....	21
5.1.2	Kullanılan cihazlar.....	22
5.1.3	Ölçü yöntemi	23
5.1.4	Ölçülerin değerlendirilmesi	24
5.2	II. GPS Test Ağı	28
5.2.1	Çalışma bölgesi.....	28
5.2.2	Kullanılan cihazlar.....	29
5.2.3	Ölçü yöntemi	29
5.2.4	Ölçülerin değerlendirilmesi	30
6.	UYGULAMA SONUÇLARI	32
6.1	Ölçü Süresinin Konum Doğruluğuna Etkisinin İrdelenmesi.....	32
6.2	Baz Uzunluğunun Konum Doğruluğuna Etkisinin İrdelenmesi.....	48
6.3	Ölçü Süresinin Koordinat Farklarına Etkisinin İrdelenmesi	51
6.4	20 km < Uzun Bazların Değerlendirilmesinde Bernese 5.0 ve TGO Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	68
6.5	Tek Frekanslı GPS Alıcılarının Doğruluğunun Araştırılması	73
7.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	77
	KAYNAKLAR.....	79
	EKLER	81
	Ek 1 Anten parametreleri (ARP Hesabı)	82
	Ek 2 Referans nokta koordinatları - SOPAC.....	82
	Ek 3 Anten yükseklikleri	83
	Ek 4 PDOP değerleri ve gözlenen uydular.....	85
	Ek 5 TGO dengeleme dosyası	88
	Ek 6 Bernese 5.0 yazılımının sonuç çıktıları.....	89
	ÖZGEÇMİŞ.....	95

SİMGE LİSTESİ

Δx	Kartezyen koordinat farklarının X doğrultusundaki değerleri.
Δy	Kartezyen koordinat farklarının Y doğrultusundaki değerleri.
Δz	Kartezyen koordinat farklarının Z doğrultusundaki değerleri.
ΔN	Kuzey-Güney doğrultusundaki koordinat farkları
ΔE	Doğu-Batı doğrultusundaki koordinat farkları
ΔH	Yükseklik doğrultusundaki koordinat farkları
σ	Standart sapma
Ω	Çıkış düğümü rektesansiyonu
ω	Çıkış düğümü ile perige arasındaki açısal uzunluk
i	Ekvator düzlemi ile yörünge düzlemi arasındaki açı
a	Yörünge elipsinin büyük yarı eksen
e	Yörünge elipsinin eksentrisitesi
t_p	Uydunun perige geçiş zamanı
λ	Dalga boyu

KISALTMA LİSTESİ

TUGE	Tuzla-Gebze bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
GBZE	Gebze bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
DRCA	Darıca bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
TUPI	Tuzla-Piyade okulu bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
TZLA	Tuzla bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
KRTL	Kartal bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
CVZL	Kartal-Cevizli bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
UMRN	Ümraniye bölgesindeki test noktasının 4 harfli kısaltması
TUBI	Tübitak MAM bünyesindeki IGS istasyonunun 4 harfli kısaltması
NL	Narrow Lane frekans tipi
L1	L1-Only frekans tipi
GPS	Global Positioning System
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
IGS	International GNSS Service
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
RINEX	Tüm GPS programları tarafından kullanılabilen uluslararası data formatı
ARP	Antenna Reference Point
Dist.	Distance
TUTGA	Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı
N	Faz belirsizliği (Ambiguity)
UTC	Coordinated Universal Time
UT	Universal Time
AODC	Age of data clock
f_0	Fundamental frequency
ITRF	International Terrestrial Reference Frames
IERS	International Earth Rotation and Reference Systems Service

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Keppler yörünge elemanları	6
Şekil 2.2	İyonosfer etkisi (Teunissen, 1998)	10
Şekil 2.3	Multipath etkisi	11
Şekil 2.4	Taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği	13
Şekil 3.1	Trimble-5700 GPS alıcısı	15
Şekil 3.2	Trimble-Zephyr anteni	16
Şekil 3.3	Canadian Marconi GPS alıcısı [4]	17
Şekil 3.4	Trimble-Zephyr (L1) A3 anteni [3]	18
Şekil 4.1	Uydu geometrisi için ölçü planlaması	19
Şekil 4.2	PDOP değerleri ve gözlenen uydular (150.07 – 151.07)	20
Şekil 5.1	Test noktaları ve referans noktasına yaklaşık uzaklıkları	21
Şekil 5.2	Ölçümlerde kullanılan jeodezik GPS antenleri	22
Şekil 5.3	GPS gözlemleri (6 Kampanya)	24
Şekil 5.4	TGO yazılımında zaman çizgisi	25
Şekil 5.5	Uyuşumsuz ölçü testi	26
Şekil 5.6	Değerlendirme sırasında izlenilen işlem akış şeması	27
Şekil 5.7	II. GPS test ağı	28
Şekil 5.8	Ölçmelerde kullanılan jeodezik GPS antenleri	29
Şekil 5.9	GPS gözlemleri (5 Kampanya)	30
Şekil 6.1	TUGE - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	33
Şekil 6.2	GBZE - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	35
Şekil 6.3	DRCA - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	37
Şekil 6.4	TUPI - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	39
Şekil 6.5	TZLA - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	41
Şekil 6.6	KRTL - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	43
Şekil 6.7	CVZL - NL frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	45
Şekil 6.8	UMRN – NL frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	47
Şekil 6.9	NL - Kuzey-Doğu-Yükseklik yönlerinde mesafeye bağlı hata oranları	49
Şekil 6.10	L1 - Kuzey-Doğu-Yükseklik yönlerinde mesafeye bağlı hata oranları	50
Şekil 6.11	TUGE NL koordinat farkları	52
Şekil 6.12	TUGE L1 koordinat farkları	53
Şekil 6.13	GBZE NL koordinat farkları	54
Şekil 6.14	GBZE L1 koordinat farkları	55
Şekil 6.15	DRCA NL koordinat farkları	56
Şekil 6.16	DRCA L1 koordinat farkları	57
Şekil 6.17	TUPI NL koordinat farkları	58
Şekil 6.18	TUPI L1 koordinat farkları	59
Şekil 6.19	TZLA NL koordinat farkları	60
Şekil 6.20	TZLA L1 koordinat farkları	61
Şekil 6.21	KRTL NL koordinat farkları	62
Şekil 6.22	KRTL L1 koordinat farkları	63
Şekil 6.23	CVZL NL koordinat farkları	64
Şekil 6.24	CVZL L1 koordinat farkları	65
Şekil 6.25	UMRN NL koordinat farkları	66
Şekil 6.26	UMRN L1 koordinat farkları	67
Şekil 6.27	KRTL test noktası koordinat ve baz farkları	70
Şekil 6.28	CVZL test noktası koordinat ve baz farkları	71
Şekil 6.29	UMRN test noktası koordinat ve baz farkları	72
Şekil 6.30	YAPT – Tek ve çift frekanslı alıcılar için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	74

Şekil 6.31 GENT – Tek ve çift frekanslı alıcılar için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi.....	75
Şekil 6.32 DEPT – Tek ve çift frekanslı alıcılar için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi	76
Şekil Ek 1.1 Kullanılan jeodezik antenler ve parametre bilgileri.....	82
Şekil Ek 2.1 Referans nokta koordinatları - SOPAC.....	82
Şekil Ek 4.1 PDOP değerleri ve gözlenilen uydular (150.07 – 151.07).....	85
Şekil Ek 4.2 PDOP değerleri ve gözlenilen uydular (152.07 – 153.07).....	86
Şekil Ek 4.3 PDOP değerleri ve gözlenilen uydular (154.07 – 155.07).....	87
Şekil Ek 5.1 Dengeleme çıktısı	88

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Uydu sinyal bölümleri (Hofmann-Wellenhoff vd., 2001).....	4
Çizelge 2.2	Doğrusal kombinasyonların özet gösterimi (Wild, 1994; Dach vd., 2007)	5
Çizelge 2.3	Yörünge hataları ve bazlara etkileri (Dach vd., 2007)	8
Çizelge 3.1	5700 GPS alıcısı teknik özellikleri [3]	15
Çizelge 3.2	Zephyr alıcı anteni teknik özellikleri [3]	16
Çizelge 3.3	Canadian Marconi GPS alıcısının konum doğruluğu [4]	17
Çizelge 3.4	Zephyr (L1) A3 alıcı anteni teknik özellikleri [3]	18
Çizelge 5.1	Test noktalarının TUBI referans noktasına uzaklıkları ve nokta özellikleri	22
Çizelge 5.2	Test noktalarında kullanılan alıcı-antenler bilgileri ve ölçü süreleri.....	23
Çizelge 5.3	Test noktalarının TUBI referans noktasına uzaklıkları ve nokta özellikleri	29
Çizelge 5.4	Test noktalarında kullanılan alıcı-antenler bilgileri ve ölçü süreleri.....	30
Çizelge 6.1	TUGE Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri.....	32
Çizelge 6.2	GBZE Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri	34
Çizelge 6.3	DRCA Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri.....	36
Çizelge 6.4	TUPI Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri.....	38
Çizelge 6.5	TZLA Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri	40
Çizelge 6.6	KRTL Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri	42
Çizelge 6.7	CVZL Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri	44
Çizelge 6.8	Uydu sayısı – standart sapma ilişkisi	44
Çizelge 6.9	UMRN Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri.....	46
Çizelge 6.10	Uydu sayısı – standart sapma ilişkisi	46
Çizelge 6.11	Bernese 5.0 yazılımı ile hesaplanan kartezyen koordinatlar	69
Çizelge 6.12	Bernese 5.0 ile TGO (NL frekans) değerleri için koordinat farkları.....	69
Çizelge 6.13	Bernese 5.0 ile TGO (L1 frekans) değerleri için koordinat farkları.....	69
Çizelge 6.14	YAPT Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri	74
Çizelge 6.15	GENT Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri.....	75
Çizelge 6.16	DEPT Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri.....	76
Çizelge Ek 3.1	GPS kayıt karnesi.....	83

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın, tek ve çift frekanslı GPS alıcılarının performansları ve konum doğruluğu odaklı değerlendirme sonuçları ile ilgilenen meslektaşlarım ve diğer ilgili kişiler için yararlı olacağını umuyorum.

Bu tezin oluşturulması sırasında engin bilgi birikiminden sıkça faydalandığım değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Uğur DOĞAN' a, Prof. Dr. Hüseyin DEMİREL' e ve Yrd. Doç. Dr. Tevfik ÖZLÜDEMİR' e teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin uygulama kısmında GPS verisi ve GPS aleti desteği sağlayan TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM), Yer ve Deniz Bilimleri Enstitü müdür yardımcısı Doç. Dr. Semih ERGİNTAV' a ve araştırmacı Müh. Alpay BELGEN' e teşekkür ederim.

İstanbul, Ocak 2008

V. Erhan Baysal

JEODEZİK UYGULAMALARDA TEK FREKANSLI GPS ALICILARININ KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Günümüz jeodezik uygulamalarının vazgeçilmez bir parçası olan GPS' in (Global Positioning System-GPS) her geçen gün kullanım alanı genişleyerek yaygınlaşmaktadır. Amaçlar doğrultusunda yapılacak GPS gözlemlerinden, amaca uygun doğrulukta, kısa sürede ve ekonomik sonuçların elde edilmesi beklenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, GPS ağlarının sıklaştırılmasında çift frekanslı GPS alıcılara göre düşük maliyetli tek frekanslı GPS alıcılarının kullanımını sağlamak ve bu alıcıların özellikle jeodezik çalışmalarda kullanılabilirliğini araştırmaktır. Ayrıca bu çalışma ile, tek frekanslı GPS alıcılarının çift frekanslı GPS alıcılara göre performansları ortaya konmuştur.

Değerlendirme sonucunda farklı zaman aralıklarının konum doğruluğuna etkisi incelenmiştir ve farklı frekans tiplerinden faydalanılarak frekans tipi-zaman-mesafe ilişkisi araştırılmış ve bu sayede düşük maliyetli tek frekanslı GPS alıcılarının Jeodezik uygulamalarda kullanılabilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir. Çalışmamızda, uzunlukları 1 km ile 38 km arasında değişen 8 baz ile 6 güne ait veriler kullanılmıştır. Her bir güne ait veriler 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 saatlik dilimlere bölünüp ayrı ayrı değerlendirmeye alınarak tek ve çift frekanslı GPS alıcıları için; ölçüm süresinin ve baz uzunluklarının konum doğruluğu üzerindeki etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tek frekanslı GPS alıcısı, Çift frekanslı GPS alıcısı, Konum doğruluğu, Duyarlılık, Dar aralık, L1

A STUDY ABOUT USING OF SINGLE FREQUENCY GPS RECIEVERS IN GEODETIC APPLICATIONS

ABSTRACT

GPS has become one of the major part of the Geodetic applications and the usage of it is broadaning and spreading every passing day. According to these necessities, it is expected GPS recievers to get the economic results with convenient accuracy in a very short time.

The aim of this study is to obtain the usage of the single frequency GPS recievers, which have much lower costs comparing with the dual frequency GPS recievers and to analyze the useability of them especially in the geodetic applications. Additionally, this study indicates the performance of the single frequency GPS recievers comparing with the dual frequency GPS recievers. After the evaluations, the effects of the different time intervals on the position accuracy are found and the connection between the frequency type-duration-distance by using the different types of frequency are researched, thereby researching useability of the single frequency GPS recievers which have lower cost in geodetic applications is intended.

8 bases with variable lengths 1 km to 38 km and datas which are belongs 6 days are used. Data of each day is divided into 1, 2, 4, 6, 8, 10 pieces of hours and evaluated independently. Afterwards it is studied on the effects of the measurement duration and base lengths on the position accuracy for the single and dual frequency GPS receivers.

Keywords: Single frequency GPS recievers, Dual frequency GPS recievers, Sensitivity, Position accuracy, Narrow lane, L1-only.

1. GİRİŞ

Yerkabuğu hareketlerinin izlenmesi, yerel deformasyonların (heyelan, bina) belirlenmesi ve değişik alanlardaki her türlü jeodezik uygulamaların desteklenmesi için sürekli GPS ağıları kurulmaktadır. Bu ağların birçok jeodezik uygulamalarda kullanılabilmesi için kendi içinde sıklaştırılması gerekmekte ve ihtiyaçlar doğrultusunda yapılacak GPS gözlemlerinden amaca uygun doğrulukta, sonuçların elde edilmesi beklenmektedir. Bu ağlarda kullanılan çift frekanslı GPS alıcılarının pahalı donanımlar olduğu göz önüne alındığında, özellikle sıklaştırma çalışmalarında yüklü bir maliyet getireceği kaçınılmazdır. Uygulamaların getirdiği mali yükler de düşünüldüğü zaman sistemin hem en kısa sürede hem de en ekonomik şekilde çözümü beklenmektedir.

Genel olarak, tek veya çift frekanslı GPS alıcıları: performans, ölçü duyarlılığı ve nokta konum doğruluğu gibi parametreler göz önüne alınarak değerlendirilmektedir (Davis vd,1989; Eckl vd., 2001; Janssen, 2002; Liu vd., 2003; Soler vd., 2006; Saeki ve Hori, 2006; Rodríguez-Pérez vd., 2007; Doğan, 2007).

Eckl vd. (2001)'de yapmış oldukları araştırma sonucunda 4-24 saat arasındaki süre ile 20-300 km arasındaki baz uzunluklarında atmosferik etkiler giderildiğinde, duyarlı IGS yörünge bilgileri kullanıldığında ve başlangıç faz belirsizliği çözüldüğünde, GPS konum doğruluğunun ölçüm süresine göre değiştiğini belirtmişlerdir. Soler vd. (2006) ise, kısa süreli ölçümler üzerinde yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçların, 4 saatin altındaki gözlemler için Eckl vd. (2001)'nin modeli ile uyuşmadığı sonucunu ortaya koymuşlardır.

Doğan (2007) tarafından yapılan çalışmada, Eckl vd. (2001) modeli göz önüne alınarak Marmara bölgesinde sürekli faaliyet gösteren Marmara GPS Ağı'nda (MAGNET) yedi günlük GPS verisi, 4 ile 24 saatlik veri setleri halinde ve 6 ile 340 km uzunlukları arasında, Bernese 4.2 yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş ve GPS konum belirleme doğruluğunun değişimi incelenmiştir. Burada, konum belirleme doğruluğunun baz mesafesi arttıkça azaldığı gösterilmiştir. Engin (2007)'in çalışmasında, GIPSY yazılımı kullanılarak 295-2739 km aralığında değişen bazlarda ölçüm süresinin ve baz uzunluklarının konum doğruluğu üzerindeki etkileri incelenmiş ve konum belirleme doğruluğunun 2000 km'ye kadar, ölçüm süresi ile değiştiği belirtilmiştir. Yukarıda sözü edilen tüm araştırmacılar çift frekanslı GPS alıcılarından elde edilen verileri analiz ederek belirtilen sonuçları elde etmişlerdir.

Janssen (2002) ise, tek ve çift frekanslı alıcıları volkan deformasyonu çalışmasında kullanmıştır. Bu araştırma kapsamında Mt. Papandayan volkanı için 4 adet tek frekanslı alıcı

ile bir test ağı, ayrıca 3 adet çift frekanslı alıcıdan oluşan ikinci bir ağ kurulmuş ve elde edilen iki farklı grup veri beraber değerlendirilerek volkandan dolayı oluşan deformasyonun belirlenmesi hedeflenmiştir.

Liu vd. (2003) tek ve çift frekanslı GPS faz ölçümlerinde, başlangıç belirsizliğinin alternatif çözüm stratejilerinin performans karşılaştırması araştırılmıştır. Bu çalışmada, taşıyıcı faz üzerindeki gözlem kombinasyonları ve model parametreleri ile birlikte konum doğruluğu da test edilmiştir. Faz başlangıç belirsizliğinin çözümünde izlenecek en uygun yöntemin bulunabilmesi için, “Widelane”, “L1-Only” ve “İyonosfer-free” gibi frekans tipleri ile değerlendirmeler yapılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Saeki ve Hori (2006) tarafından yapılmış çalışmada, tek frekanslı GPS alıcıları kullanılarak konum doğruluğunun geliştirilmesi incelenmiştir. Yapılan araştırmalarda düşük maliyetli tek frekanslı GPS alıcıları ile küçük harici anten kullanılmış ve elde edilen veriler, gelişmiş antenler ile karşılaştırılmıştır. Küçük harici anten ile elde edilen verilerin, gelişmiş antenlere göre daha az hassas olduğu belirlenmiştir.

Rodríguez-Pérez vd. (2007)’nin yaptığı çalışmada, tek ve çift frekanslı alıcılar için ormanlarda yapılan ölçümlerde, ağaçların neden olduğu tente etkisinin araştırılması ve konum doğruluğunun irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda her alıcı için, 18 ayrı bölgede yöntem ve model çalışması geliştirilerek doğruluk araştırması yapılmıştır.

Bu tezin amacı, GPS ağlarının sıklaştırılmasında çift frekanslı GPS alıcılarına oranla düşük maliyetli tek frekanslı GPS alıcılarının kullanımını sağlamak ve bu alıcıların özellikle jeodezik çalışmalarda kullanılabilirliğini araştırmaktır. Ayrıca bu çalışma ile, tek frekanslı GPS alıcılarının çift frekanslı GPS alıcılarına göre performansları da incelenmiştir.

Çalışmanın uygulama bölümü iki test ağı ile yapılmıştır. İlk GPS test ağı, İstanbul Anadolu Yakası’ndan seçilmiş olan 8 adet test noktasında (1 km ile 38 km arasında), 2007 yılının 150, 151 ve 152. GPS günlerinde, çift frekanslı Trimble 5700 GPS alıcıları kullanılarak ve belirtilen günlerde 10 saatlik oturumlar şeklinde GPS ölçümleri yapılarak gerçekleştirilmiştir. İkinci GPS test ağı ise, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Gebze Yerleşkesi’nin içerisinde oluşturulan 4 adet test noktasında, 2005 yılı 3, 4 ve 7. GPS günlerinde, tek frekanslı Canadian Marconi GPS alıcıları kullanılarak ve belirtilen günlerde 12 saatlik oturumlar şeklinde GPS ölçümleri yapılmıştır. Aynı noktalarda 2005 yılı 25, 26 ve 27. GPS günlerinde çift frekanslı Trimble 5700 GPS alıcıları kullanılarak ve belirtilen günlerde 12 saatlik oturumlar şeklinde GPS ölçümleri yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Her iki GPS test ağında, TUBI (40°.786725 N, 29°.450684 E) referans istasyon olarak seçilmiştir. GPS test ağlarında, 20 km den kısa olan bazlar, Trimble Geomatics Office (TGO) ticari yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Her bir nokta için başlangıç faz belirsizliğinin çözümü için Dar Aralık (Narrow Lane - NL) ve L1 (L1-Only) olmak üzere iki farklı çözüm stratejisi izlenmiştir. Başlangıç faz belirsizliği, çözüm performansı ve konum doğruluğu NL ve L1 frekans tipleriyle değerlendirilmiştir. Ayrıca, 20 km den uzun olan bazlar Bernese 5.0 akademik ve TGO ticari yazılımların her ikisi de kullanılarak değerlendirilmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. GPS KONUSUNDA GENEL BİLGİLER

2.1 Sinyal Yapısı

GPS uyduları dünya çevresinde bir turu yaklaşık 12 saatte tamamlar. Dünya çevresinde 28 adet uydu aktif olarak çalışmaktadır. Bu GPS uyduları 6 yörünge düzleminde hareket ederler. Uydular yer yüzeyinden yaklaşık 20200 km yükseklikte ve ekvatora göre 55°'lik yörünge eğimleri ile dolaşırlar (Leick, 1990; Parkinson ve Spilker, 1996).

GPS uydularından gönderilen sinyaller f_0 temel frekansından türetilmiştir (Çizelge 2.1)

Çizelge 2.1 Uydu sinyal bölümleri (Hofmann-Wellenhoff vd., 2001)

Uydu sinyallerinin bölümleri	Çarpanlar	Frekans (Mhz)	Dalgaboyu (cm)
Temel frekans	f_0	10.23	
L_1 taşıyıcı dalga	$154f_0$	1575.42	19.05
L_2 taşıyıcı dalga	$120f_0$	1227.60	24.43
P kodu (L_1 ve L_2 üzerinde)	f_0	10.23	≈ 2933
C/A kodu (L_1 üzerinde)	$f_0/10$	1.023	≈ 29326

GPS tek yönlü bir ölçme sistemidir. Temel ölçü, sinyalin uydu ile alıcı antenleri arasında yol alma süresidir. Sinyal yol alma zamanı sinyal yayılma hızı kullanılarak mesafe ölçümüne dönüştürülür. Uyduda okunan saat ile alıcı saatinin eşzamanlı olmamasından dolayı sinyal seyahat zamanı sistematik eşzamanlılık hatası (Time bias) içerir. Bu nedenle ölçülen uzunluklar Pseudo uzaklık olarak adlandırılır. Pseudo uzaklık olarak adlandırılan P kod gözlemi, sinyalin alıcıda algılandığı t_k zamanı ile sinyalin uydudan çıktığı t^i zamanı arasındaki farkın ışığın boşluktaki gerçek hızı c ile çarpılarak elde edilir (Teunissen ve Kleusberg, 1998).

Bundan dolayı, GPS ölçme esaslarının temeli Pseudo uzaklıkların hesaplanması olarak kabul edilebilir. Uzayda bir noktanın koordinatlarını belirlemek için eşzamanlı ölçülmüş üç uzunluk gerekmektedir. Dördüncü uzunluk ise saat eşzamanlılık hatasını belirlemek için kullanılır. Ayrıca uydu koordinatları ve uydu zamanının da belirlenmesi zorunludur.

2.2 GPS Çözümlerinde Kullanılan Doğrusal Kombinasyonlar

Taşıyıcı faz ve kod gözlemlerinin doğrusal kombinasyonları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Doğrusal kombinasyonların özet gösterimi (Wild, 1994; Dach vd., 2007)

Doğrusal Kombinasyon (LC)	Açıklama	λ (m) Dalga Boyu	LC Çarpanı	
			$\kappa_{1,1}$	$\kappa_{1,2}$
L ₁	L ₁ orijinal	0,19	1	0
L ₂	L ₂ orijinal	0,24	0	1
L ₃	İyonosferden bağımsız	-	$\frac{f_1^2}{f_1^2 - f_2^2} = 2,5$	$-\frac{f_2^2}{f_1^2 - f_2^2} = -1,5$
L ₄	Geometriden bağımsız	-	1	-1
L ₅	Geniş aralık	0,86	$\frac{f_1}{f_1 - f_2} = 4,5$	$-\frac{f_2}{f_1 - f_2} = -3,5$
L _{ln} (L ₅ ile L ₃)	Dar aralık	0,107	$\frac{f_1}{f_1 + f_2} = 0,56$	$\frac{f_2}{f_1 + f_2} = 0,44$

Çizelge 2.2'deki çarpanlar kullanılarak çeşitli kombinasyonlar üretilebilmektedir. Doğrusal kombinasyonlar çözümde kullanılan algoritmaya bağlı olarak farkı alınmamış ya da ikili fark, kod yada faz gözlem denklemlerinin herhangi biri için oluşturulabilir. Bu bölümde verilen doğrusal kombinasyonlar farkı alınmamış uzunluk birimindeki faz gözlemleri için oluşturulmuştur. Doğrusal kombinasyonlar, tamsayı belirsizliği çözümleri yada iyonosferle ilgili bilgilerin elde edilmesinde kullanılmaktadır (Arslan, 2004)

Bu çalışma kapsamında L1 ve Dar Aralık frekans tipleri kullanılmıştır. Dar Aralık Doğrusal Kombinasyonu Çizelge 2.2 deki çarpanlar kullanılarak,

$$L_{nl} = \rho' + \frac{c}{f_1 + f_2} (n_1 + n_2) \quad (2.1)$$

şeklinde yazılabilir (Teunissen ve Kleusberg, 1998).

2.3 Efemeris Bilgileri

2.3.1 Yayın efemerisi (Broadcast efemeris)

Ana kontrol istasyonu, gözleme istasyonları tarafından kayıt edilen verileri değerlendirerek uydu yörüngelerini (efemeris) hesaplamaktadır. Hesaplanan yörünge bilgileri her uyduya yer kontrol istasyonları aracılığı ile yüklenir ve uydular bu bilgileri kullanıcılar için yayınlamaktadır. Yeryüzündeki alıcılar Yayın Efemeris olarak adlandırılan bilgileri alır. Bu bilgiler GPS uydu sinyalleri içinde bulunur ve aşağıda belirtilen Kepler elemanlarıdır:

Ω : çıkış düğümü rektesansiyonu

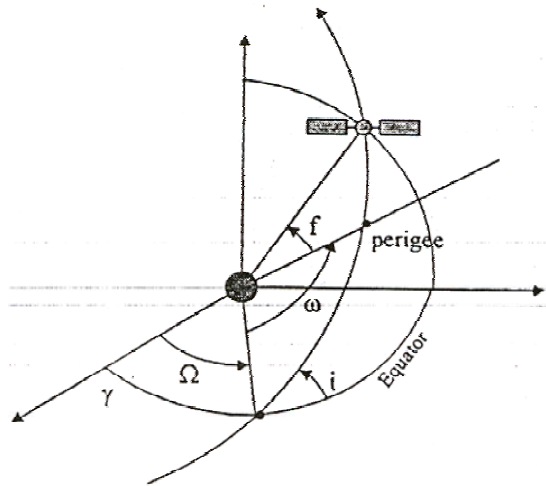
ω : çıkış düğümü ile perige arasındaki açısal uzunluk

i : ekvator düzlemi ile yörünge düzlemi arasındaki açı

a : yörünge elipsinin büyük yarı eksen

e : yörünge elipsinin eksentrisitesi

t_p : uydunun perige geçiş zamanı



Şekil 2.1 Kepler yörünge elemanları

Yayın Efemerisleri iki adımda üretilirler; önce yörünge belirlemek için oldukça gelişmiş yazılım programları ile 5 izleme istasyonunda 7 günde yapılan ölçümlerden bir Referans Efemeris üretilir. İkinci adımda ise yer izleme istasyonlarındaki ölçümler ile Referans Efemeris arasındaki farklılıklar çıkarılır ve Referans Efemerisine getirilecek düzeltmeleri

tahmin için lineer katman filtreleme hesabına katılır. Bu amaçla yapılan bütün ölçmelerin düzeltmeleri göz önüne alınır ve aşağıdaki parametrelerin tahmini için kalman filtrelemesi uygulanmaktadır:

- Her uydu için altı yörünge elemanı (Keppler Elemanları),
- Her uydu için üç saat parametresi,
- Üç Güneş, Radyasyon, Basınç Katsayısı,
- Her izleme istasyonu için iki saat parametresi,
- Her izleme istasyonu için troposferik ölçek faktörü,
- Üç kutupsal hareket parametresi.

2.3.2 Almanak verisi

Almanak verisinin amacı, alıcı - uydu gözlemlerini kolaylaştırmak ve ölçme planlama işlerini kolaylaştırmaktır (Örneğin uydu görülebilirlik penceresinin hesaplanması). Almanak verileri uydu mesajları ile gönderilir. Yörünge elemanlarını uydu saati düzeltme parametrelerini ve bazı diğer bilgileri içerir. Ayrıca, almanak verisi; GPS alıcısı ilk açıldığında ölçüye başlamak için uydunun yaklaşık bir şekilde koordinatlarını hesaplar ve ayrıca alıcının uyduya kilitlenmesini sağlamaktadır.

2.3.3 Hassas (Precise) efemeris

İzleme ağlarından elde edilen ölçme verilerine dayandırılır ve bir çok kuruluş tarafından hesaplanmaktadır. Hassas efemerisler gözlem anından itibaren 2-6 gün arasında kullanıcıların hizmetine internet aracılığı ile UNIX sıkıştırılmış formatında sunulur. Bu efemerisler ITRF sisteminde IERS noktalarına ait duyarlı koordinatlar kullanılarak hesaplanır ve SP3 formatında ASCII olarak üretilmektedir.

2.4 GPS Ölçülerinde Hata Kaynakları

GPS de, birçok fiziksel ölçüm aletleri gibi hatalardan bağımsız değildir. Uydular ve yer alıcıları arasındaki mesafe doğruluğunu etkileyen birçok hata kaynağı vardır. Bununla beraber GPS ile elde edilen baz uzunlukları ve alıcı koordinatları da bu hata kaynaklarından dolayı olarak etkilenirler. Bu bölümde; hem uydular ile bunları etkileyen dış kuvvetleri hem de bu alandaki pratik uygulamalarda ya da sonuç değerlendirme tekniklerinde karşılaşılan atmosferik alıcı donanım ve çevresel etki hataları incelenecektir. Ele alınan bu faktörler, temel olarak dört grupta toplanmaktadır. Bunlar;

- Uydulara ilişkin hatalar,

- Atmosferik hata kaynakları,
- Alıcılara ilişkin hata kaynakları,
- Değerlendirme sırasında oluşan yazılım hataları.

2.4.1 Uydu hataları (Seçimli doğruluk erişimi (SA))

Uydu hatalarının büyük bir bölümü, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) savunma bakanlığı tarafından yapay olarak oluşturulan hatalardır. Uydu saat hataları ve yörünge hatalarından oluşmaktadır. Yani konum belirleme doğrulukları ABD tarafından kasıtlı olarak kötüleştirilmiştir. Bu durum 1 Mayıs 2000' den itibaren kaldırılmıştır.

2.4.2 Uydu yörünge hataları

GPS Navigasyon mesajı içerisinde yayınlanan uydu konum bilgilerinin doğruluğunun düşük olduğu veya kasıtlı olarak yanlış yayınlanması durumunda karşılaşılan hataya efemeris hatası denilmektedir. Uydu efemeris hatası uydu yörüngelerinin daha duyarlı hesabını gerektirmektedir. Bu da uydulara etki eden hataların çok iyi ölçülmesi ve modellenmesine bağlıdır. Baz vektörlerinin doğruluğu GPS uydu yörüngelerine bağlıdır. Kısa bazlarda efemeris hatasının etkisi çok küçüktür. Baz büyüdükçe hatanın büyüklüğü de artmaktadır. GPS uydu yörünge hataları, IGS tarafından uydu yörüngeleri yüksek doğrulukla belirlediği için günümüzde hata kaynağı olarak görülmemektedir. IGS hassas yörüngeleri 5 cm standart sapma ile belirlemektedir. Yörünge hatalarının çeşitli uzunluktaki bazlara etkileri Çizelge 2.3 te verilmiştir.

Çizelge 2.3 Yörünge hataları ve bazlara etkileri (Dach vd., 2007)

Yörünge hatası (m)	Baz uzunluğu (km)	Bazda birim hata (ppm)	Baz hatası (mm)
2.5	1	$1 \cdot 10^{-1}$	-
	10		1
	100		10
	1000		100
0.05	1	$2 \cdot 10^{-3}$	-
	10		-
	100		0.2
	1000		2

2.4.3 Uydu saat hataları

GPS sistemi, GPS zamanı biçiminde tanımlanan zaman ölçeğine dayanmaktadır. Bu sistem UTC ile ilişkilendirilebilir. GPS zamanı 0 ile 604800 saniye arasında değişim göstermektedir. GPS zamanı her hafta cumartesi gecesi sıfırlanır ve GPS haftası 1 hafta artar (Gizawy, 2003). GPS ile konum belirlemenin temelini zaman ölçüsü oluşturmaktadır. Bu nedenle GPS uydularında stabilitesi yüksek atomik saatler kullanılmaktadır. Uydu ve alıcı saatlerinin GPS zamanına göre yeterli doğrulukta eş zamanlamasının yapılamaması saat hatalarının temelini oluşturur. Uydu saat hataları kontrol bölümü tarafından sürekli izlenmekte ve Yayın Efemerisi saat düzeltmelerini günlük olarak Navigasyon mesajının bir bölümü olarak yüklenmektedir. Kontrol bölümü tarafından uydu saati ile GPS zamanı arasında yaklaşık 30 nanosaniyelik eş zamanlılık sağlanmaktadır.

Alıcı saat hatası, alıcı saati ile GPS sistem zamanı arasındaki farktır. Hatanın büyüklüğü alıcı içerisinde bulunan devrenin içerisinde kullanılan yazılıma bağlıdır. Alıcı saat hataları pseudo uzaklıklarda ve taşıyıcı faz gözlemlerinde uzunluk hatasına neden olmaktadır (Xiangqian, 2000).

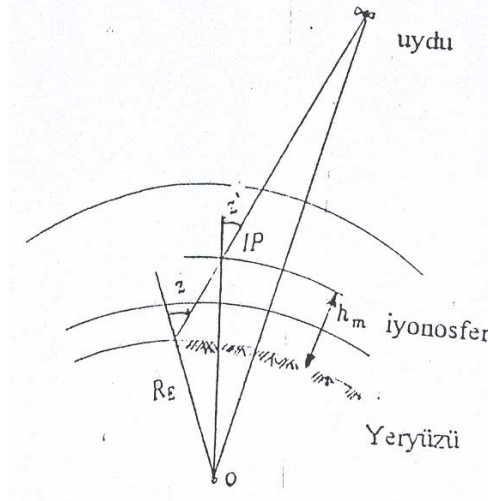
2.4.4 Atmosferik etkiler

GPS sisteminin işleyebilmesi için uydulardan gönderilen sinyallerin yeryüzünde bulunan antenlere ve alıcılara ulaşması gerekmektedir. GPS sinyalinin geçtiği troposfer (0 - 40 km) ve iyonosfer (40 - 100 km) tüm frekanslardaki elektromanyetik radyasyonu etkiler. Sonuçta, bu ortamlardan geçen sinyallerin gecikmesiyle bağlantılı ışınların refraksiyonu veya bükülmesidir. Troposfer ise dağıtmaya meyilli (Dispersive) bir ortam gibi davranır. Troposferin yayılma gecikmesi zenitimizde yaklaşık 1.9-2.5 m mertebesine, zenit açısı ile doğru orantılı olarak 75°'lik zenit açısında 7.3-9.7 m mertebesine ulaşmaktadır. Toplam troposfer refraksiyonunun %90'ının sebebi kuru kısımdır. Yeryüzündeki sıcaklık ve basınç ölçülerini kullanarak %95 - %98 duyarlılıkla modellenebilir. Sonuç olarak da 75°'ye kadar olan zenit mesafelerinde hata da 0.1 m ile 0.45 m arasında değişmektedir.

2.4.5 İyonosfer etkisi

İyonosfer, hava moleküllerinin ileri derecede yoğunlaştığı ve elektrik iletkenliği kazandığı yüksek atmosfer bölgelerinin tümüdür (Şekil 2.2). İyonosfer elektromagnetik dalgaların yayılmasını etkileyebilecek kadar serbest elektron yoğunluğuna sahip üst atmosfer tabakaları olarak tanımlanır. İyonlaşma ve serbest elektron yoğunluğu doğrudan güneş ışımasına bağlıdır. İyonosferin elektromagnetik dalgalar üzerindeki etkisi gündüz geceden daha çok

olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.2 İyonosfer etkisi (Teunissen, 1998)

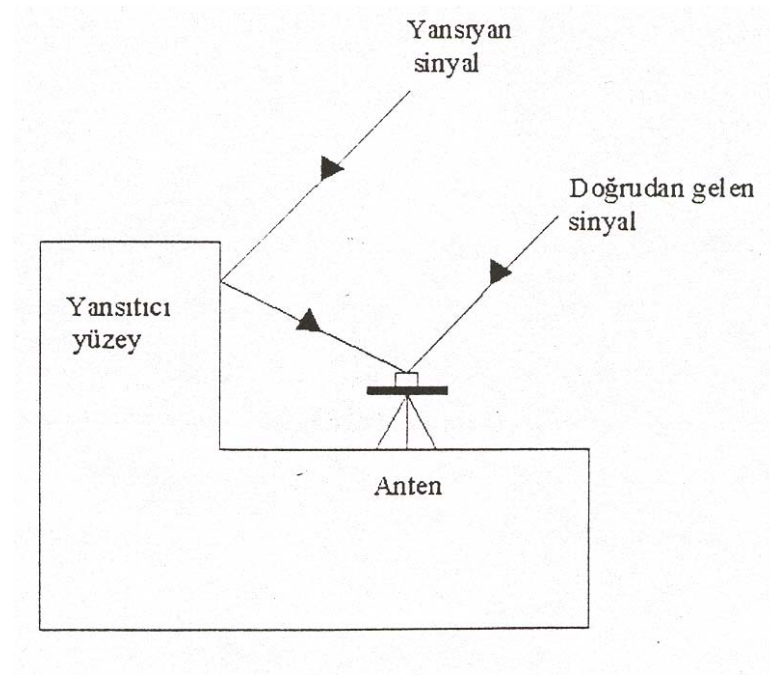
2.4.6 Troposfer etkisi

Dalgaların yayılma hızı iyonosferin aksine troposferde frekansa bağlı değildir. Dünya yüzeyinden itibaren 40 km' lik katmanı troposfer oluşturur. Troposferin iki katmanı vardır. Bunlar %90'ını oluşturan kuru ve %10'unu oluşturan ıslak kısımdır. Kuru kısmı yüzey meteorolojisi verisi ile kolayca modellendirilir. Ama ıslak bileşen atmosferdeki su buharı dağılımına göre değişir ve sadece yüzey ölçmelerini kullanarak modellendirmek zordur. Islak bileşeni belirlemek için radyo frekansları kullanılır. Islak bileşen için belirlenen düzeltme değeri sadece ölçüm yapılan yer için geçerlidir. Bu nedenle pratik çalışmalardan elde edilen tecrübeler ışığında çeşitli troposfer etkisi modelleri oluşturulmuştur. Uydu jeodezisinde en çok Saastamoinen ve Hopfield modelleri kullanılmaktadır.

2.4.7 Sinyal yansıma hatası (Multipath)

Yansıma hatası, sinyalin GPS antenine iki ya da daha fazla yoldan ulaşması nedeniyle meydana gelir (Şekil 2.3). Yansıma etkisi anten çevresinin sinyalleri kırma özelliğine bağlıdır. GPS de yansıma etkisi çoğunlukla binalar gibi büyük engeller nedeniyle ortaya çıkmaktadır (Cannon vd., 1998). Eğer anten aynı konumunu korur ve çevresi değişmezse, yansıma etkisi uyduların azimutuna ve yüksekliğine bağlı olur (Wanninger ve May, 2000). Ağaçlar, binalar, araçlar, su yüzeyleri gibi nesnelerden yatay, düşey ve eğik yansımalar olabilir. Uydunun yayınladığı sinyal alıcıya üç farklı yoldan ulaşmaktadır. Bunlardan ilki direkt ve diğer ikisi ise dolaylı yol olarak ifade edilir. "Multipath" etkisiyle birçok faz kesikliği oluşmaktadır. Alınan

sinyaller bağıl faz kayıklıklarına sahiptir ve faz farkları yol uzunluklarının farklarıyla orantılıdır. “Multipath” etkisinin belirli bir modeli olmamasından dolayı, bu etki çok farklı geometrik durumlara sahiptir. “Multipath” in etkisi L1 ile L2 kod ve taşıyıcı faz ölçmelerinin kombinasyonu kullanılarak hesaplanabilir. İyonosferik etkilerden arındırılmış kod ve faz uzaklıkları, ayrıca uygun bir fark alma metodu kullanılarak “Multipath” dışındaki etkilerin tümü elimine edilmektedir. Geriye kalan artık hatalar ise, ölçü hataları ile birlikte “Multipath” etkisini göstermektedir. Kod ölçmeleri için “Multipath” etkisi 10 ile 20 m arasında değişir ve kısa bazlarda iyi uydu geometrisi ile uzun periyotlu ölçmeler için bağıl konumlama yapılırsa “Multipath” etkisi 1 cm den daha azdır.



Şekil 2.3 Multipath etkisi

2.4.8 Alıcı anteni faz merkezi kayıklığı hatası

Alıcı anteni faz merkezi GPS sinyallerinin antene ulaştığı noktadır. Bu nokta genellikle geometrik faz merkezinden farklıdır. İdeal bir GPS anteninin faz merkezi, antene ulaşan sinyalin geliş doğrultusundan bağımsız olması gerekmektedir. Uygulamada, uydu sinyalinin azimut ve yükseklik açısına bağlı olarak antenlerin faz merkezlerinde küçük değişimler gözlenmektedir. Bu değişimler L1 ve L2 sinyalleri için farklıdır. Anten faz merkezi değişimleri anten yapısına göre 1-2 mm ile 1-2 cm arasında değişmektedir. Hassas çalışmalarda bu değişimler dikkatte alınmalıdır. Sabit bir kayıklık kolayca hesaplanabilir. Bundan dolayı uygulamada ölçüm esnasında GPS alıcı antenleri tüm noktalarda aynı yöne

yönlendirilerek bu değer sabit tutulmaya çalışılır. Genel olarak, alıcı antenler ölçüm esnasında manyetik kuzeye yönlendirilir. Anten faz merkezi değişimleri anten tipine bağlı olduğundan, kampanya tipi ölçmelerde farklı antenler kullanıldığında bu etki doğru modellendirilmelidir (Dach vd. 2007). Uygun modelleme yapılmazsa bağıl yükseklik hatası 10 cm ye ulaşabilmekte ve bu hata baz uzunluğuna bağlı değildir. Eğer anten tipleri aynı ise, anten faz merkezi değişiminin etkisi en çok 0.015 ppm olabilen ölçek faktörü biçimindedir. Bu etki, baz uzunluğuna bağlı olarak antenlerin uyduları farklı yükseklik açıları ile görmelerinden kaynaklanmaktadır (Rothacher vd., 1995).

2.4.9 Duyarlılık kaybı (Dilution of precision-DOP) faktörü

DOP faktörleri uydu geometrisinin Navigasyon çözümlerinden elde edilen doğruluklar üzerindeki etkilerini ifade eden ölçütlerdir. DOP, alıcı ile uyduların birbirine göre göreceli konumlarına bağlı olarak tanımlanan ve ölçü noktasına ait konum parametrelerinin Pseudorange hataları (UERE, URE) ile ilişkisini kuran doğruluk sınırlayıcı geometri faktörleri olarak da ifade edilmektedir. DOP faktörleri genel olarak dengeleme sonrası elde edilen kofaktör veya varyans - kovaryans matrisinin köşegen elemanlarının fonksiyonu olarak elde edilmektedir. DOP faktörleri aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

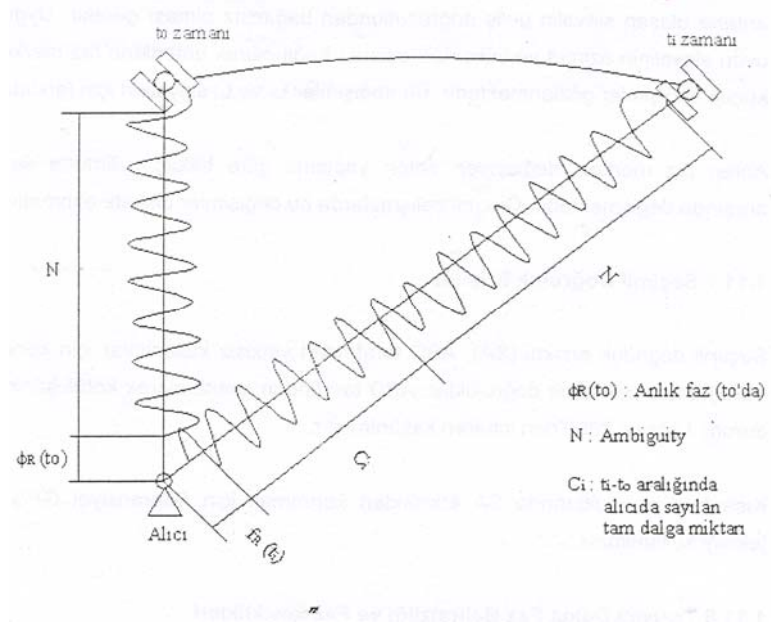
- GDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan nokta koordinatlarına ve alıcı saati bilinmeyenine toplam etkisini,
- PDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan yatay ve düşey koordinatlara etkisini,
- HDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan yatay koordinatlara etkisini (enlem, boylam),
- VDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan nokta yüksekliğine etkisini,
- TDOP: Uydu geometrisinin hesaplanan zaman bilgisine etkisini ifade etmektedir,

GDOP değerinin küçük olması, o anda uyduların uzaydaki dağılımının iyi olduğu, başka bir ifade ile konum doğruluğunun uydu geometrisine bağlı olan hatalarının düşük olacağını ifade etmektedir. Görsel olarak uydu geometrisine bağlı konum doğruluğu, uydulardan alıcıya oluşturulan uzaysal kirişlerle meydana gelen çok kenarlı cismin (Polyhedron) hacmi olarak düşünülebilir. Buna göre daha büyük hacimli bir geometrinin daha iyi konum doğruluğu vereceği söylenebilir.

2.4.10 Taşıyıcı dalga faz belirsizliği (Ambiguity) ve faz kesiklikleri (Cycle slip)

Kod gözlemlerinde kodun “Chip” uzunluğu ölçülürken faz gözlemlerinde taşıyıcı dalganın dalga boyları “Cycles” sayılmaktadır. Örneğin, bir uydu ile alıcı arasında 106.000.000 dalga boyu sayılırsa ve L1 için dalga boyu 19 cm kabul edilirse, uydu-alıcı uzaklığı yaklaşık 20.140

km olarak hesaplanabilir. Ancak faz gözlemlerinde bazı önemli sorunlar bulunmaktadır. GPS alıcısı ölçü anında sadece ölçü sinyali ile alıcı sinyali arasındaki fazı ölçmektedir. Alıcının açıldığı anda devreye giren bir sayaç, uydu alıcı fazı 0 ile 2π arasında değiştiğinde +1 veya -1 tamsayı olarak artar veya azalır. Böylece ilk ölçü epogundan itibaren fazdaki tamsayı dalga boyu değişimleri belirlenmiş olur. İlk epok (başlangıç anı) için uydu - alıcı arasındaki taşıyıcı dalga fazının kaç tane dalga içerdiği bilinmemektedir. Bu bilinmeyene “Taşıyıcı Dalga Başlangıç Belirsizliği” veya kısaca “Faz Belirsizliği (Ambiguity)” adı verilmektedir. Faz belirsizliği N ile gösterilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.4 Taşıyıcı dalga faz başlangıç belirsizliği

GPS alıcıları gözlenen her uyduya hiçbir ölçü kesikliği olmadan gözlemlerini sürdürmelidir. Gözlemlerde sinyal kesikliği olmadığı sürece N sabit olacaktır. Öte yandan GPS gözlemleri devam ederken uydu ile alıcı arasına bir cismin girmesi ile (ağaç, bina vs.) uydu sinyalinin alınmasında meydana gelecek sinyal kesikliklerine faz kesikliği adı verilmektedir. Bu durumda sinyal yapısı, sinyal kesikliğin oluştuğu andan sonraki gözlemlere kadar oluşan kayma miktarı kadar düzeltilmelidir. Sinyal kesikliklerinin genel nedenleri;

- Ölçü noktası çevresinde ağaç, bina, köprü v.s. uydu sinyalinin alıcıya ulaşmasını engelleyen nesneler,
- Kötü iyonosferik koşullar nedeniyle sinyal gürültüsü (S/N) oranının düşük olması,
- Sinyal yansıma etkisi (Multipath),
- Alıcı yazılımında oluşabilecek arızalar,

olarak sıralanabilir. Pratik konum belirleme de 20 km altındaki bazlarda faz belirsizliği ve faz kesikliği GPS yazılımlarında otomatik olarak giderilmektedir. Faz gözlemlerinin yüksek doğrulukla elde edilebilmesi için faz belirsizliğini çözebilecek kadar ölçü toplanmalıdır.

2.4.11 Yazılım hataları

Yüksek doğruluk gerektiren jeodezik uygulamalarda daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi için değerlendirme yazılımlarının etkisi oldukça büyüktür. İyi bir yazılım kullanılmadığı zaman sonuçlarda büyük hatalar oluşabilir. Daha ileri düzeydeki yazılımlarda ağırlık matrislerine, dengeleme algoritmalarına, uydu sinyallerine ait faz kesikliği ayıklanmasına, atmosferik modellemelerin yapılmasına ve yörünge tahmini algoritmalarının uygulanması gibi bir takım düzenlemelere olanak sağlamaktadır. Bu sayede de kullanıcılara daha detaylı istatistiksel sonuçlar sunulmaktadır.

3. TEK VE ÇİFT FREKANSLI GPS DONANIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Uygulamada çift frekanslı GPS alıcısı olarak Trimble-5700 modeli kullanılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Trimble-5700 GPS alıcısı

5700 GPS alıcısı ticari ve akademik birçok çalışmada kullanılan ve hareketli uygulamalar için tasarlandığı için de taşınması, kullanılması kolay ve pratiktir. Özellikle statik ve hızlı statik uygulamalarda sıkça tercih edilmektedir. Alıcı üzerine adapte edilen dahili radyo modem ile gerçek zamanlı GPS ölçümlerinde de kullanılabilir. Kullanıcı dostu ve sağlam bir cihaz olması öncelikli tercih sebeplerindendir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 5700 GPS alıcısı teknik özellikleri [3]

Boyut	24.8 cm (9.8") G x 28 cm (11") D x 10.2 cm (4") Y
Alıcı ağırlığı	3.2 kg (Gezici olarak, anten, radyo modem, batarya, jalon dahil.)
Alıcı besleme	10.5-28 VDC. Harici şarjör gerektirmez. 2.5Watt. 2 adet güç girişi
Batarya	2 camcorder bataryası ile devamlı 10 saat (Dahili batarya)
Sertifika	FCC & CE mark onaylı
Çalışma ısısı	-40°C / +60°C (-40°F / +131°F)
Nem	100%, tamamen korumalı. 1 metre su derinliğinde geçirmezlik.
Modlar	Quick-start, Planlı Ölçme, Oto Başlama, Statik Ölçme, Hızlı Statik Ölçme, Saat Programlama
Hassasiyet	Yatay: ± 5 mm + 0.5 ppm
	Düşey: ± 5 mm + 1 ppm
	Azimut: ± 1 arc saniye + 5/km olarak baz hattı boyu

GPS anteni olarak hassas jeodezik çalışmalarda kullanılan Trimble Zephyr modeli kullanılmıştır (Şekil 3.2). Bu anten modeli, sinyal yansıma hatası ve faz merkezi kayıklığını gibi hata kaynaklarını en az düzeye indirmek için tasarlanarak üretilmiştir (Çizelge 3.2).



Şekil 3.2 Trimble-Zephyr anteni

Çizelge 3.2 Zephyr alıcı anteni teknik özellikleri [3]

Boyutlar	16.1 cm x 5.8 cm
Ağırlık	0.45 kg
Kullanılabilir Sıcaklık Aralığı	-40 °C to +70 °C
Nem	100% nem korumalı
Güç	0.6 Watts
Gain:	50 dBm
Noise:	1.5dB max
Frekans	1575.42 ± 10 MHz
Connector:	TNC
Mounting:	5/8-11 Thread
Cable:	1.5 m TNC to SMB antenna cable

Türkiye dağıtıcısı tarafından anten ve alıcı olarak tek paket halinde sunulan 1 adet GPS alıcısının maliyeti KDV dahil 18.000 USD olarak belirlenmiştir. Kullanım alanı veya özel çalışmaların gerektirdiği ek aparatlar seçilebilir ekipman olarak ayrıca sunulmaktadır. Özellikle uzun süreli ölçüm gerektiren çalışmalar için harici batarya ve alıcı ile antenin uzak kalması gereken yerler için uzun anten kablosu gerekli ek ürünlerdir.

Uygulamada tek frekanslı GPS alıcısı olarak Canadian Marconi modeli kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Canadian Marconi GPS alıcısı [4]

Canadian Marconi alıcısı ticari ve akademik birçok çalışmada kullanılmaktadır. Üretici firma uçak, gemi vb. hareketli araçlar için navigasyon sistemleri oluşturmaktadır ve bu araçlar için sabit alıcılar üretmektedir. Bu çalışmada kullanılan model de daha çok sabit ölçümler için tasarlanmış bir modeldir. Alıcı güç beslemesi için adaptör ile şebeke elektriğine bağlanmalıdır. Ayrıca harici bir güç ünitesi yoktur. Bu sebepten hareketli uygulamalar için uygun bir cihaz değildir. Ancak tek frekanslı ve hareketli ölçümler için kullanılabilecek birçok alıcıda mevcuttur. Alıcıya ait konum doğruluğu Çizelge 3.3’de verilmektedir.

Çizelge 3.3 Canadian Marconi GPS alıcısının konum doğruluğu [4]

L1	1.8m
CDGPS	0.6m
DGPS	0.45m
RT-20	<20cm

GPS anteni olarak hassas jeodezik çalışmalarda kullanılan Trimble Zephyr modeli ile benzer özellikler taşıyan ve sadece tek frekanslı alıcılarla kullanılan Zephyr (L1) A3 modeli kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bu anten modeli, sinyal yansıma hatası ve faz merkezi kayıklığı gibi hata kaynaklarını en az düzeye indirmek için tasarlanarak üretilmiştir (Çizelge 3.4).



Şekil 3.4 Trimble-Zephyr (L1) A3 anteni [3]

Çizelge 3.4 Zephyr (L1) A3 alıcı anteni teknik özellikleri [3]

Boyutlar	16.1 cm x 5.8 cm
Ağırlık	0.45 kg
Kullanılabilir Sıcaklık Aralığı	-40 °C to +70 °C
Nem	100% nem korumalı
Güç	0.6 Watts
Gain:	50 dBm
Noise:	1.5dB max
Frekans	1575.42 ± 10 MHz
Connector:	TNC
Mounting:	5/8-11 Thread
Cable:	1.5 m TNC to SMB antenna cable

Anten ve alıcı olarak tek paket halinde sunulan 1 adet GPS alıcısının maliyeti KDV dahil 3.000 USD olarak belirlenmiştir.

4. GPS GÖZLEM PLANININ HAZIRLANMASI

Gözlem planının en önemli ögesi olan gözlem zamanının belirlenmesinde (Şekil 4.1),

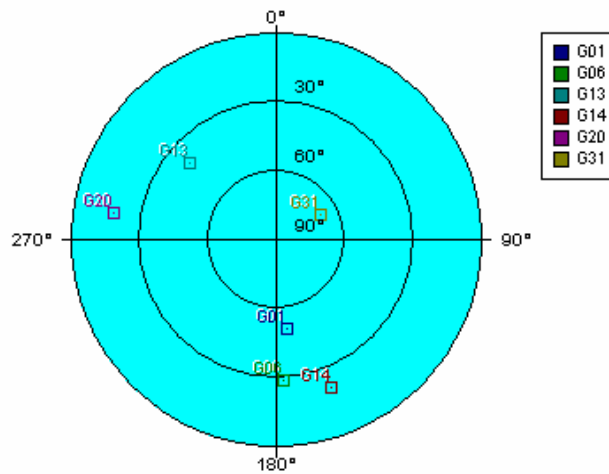
- Gözlenebilecek uydu sayısının en çok olmasına
- Uyduların iyi bir geometriye sahip olmasına
- Gecelerin iyonosferik etkilerinin en az olduğuna

dikkat edilmelidir (Doğan, 2006). GPS ile konumlamada duyarlık ölçütlerinden biri olan PDOP, uydu geometrisinin hesaplanan yatay ve düşey koordinatlara etkisini ifade etmektedir. Belli yörüngeleri takip eden uydular, bazı konumlarda birbirlerine çok yaklaşırlar. Uydu konumlarındaki bu yaklaşma konum doğruluğunu düşürmektedir.

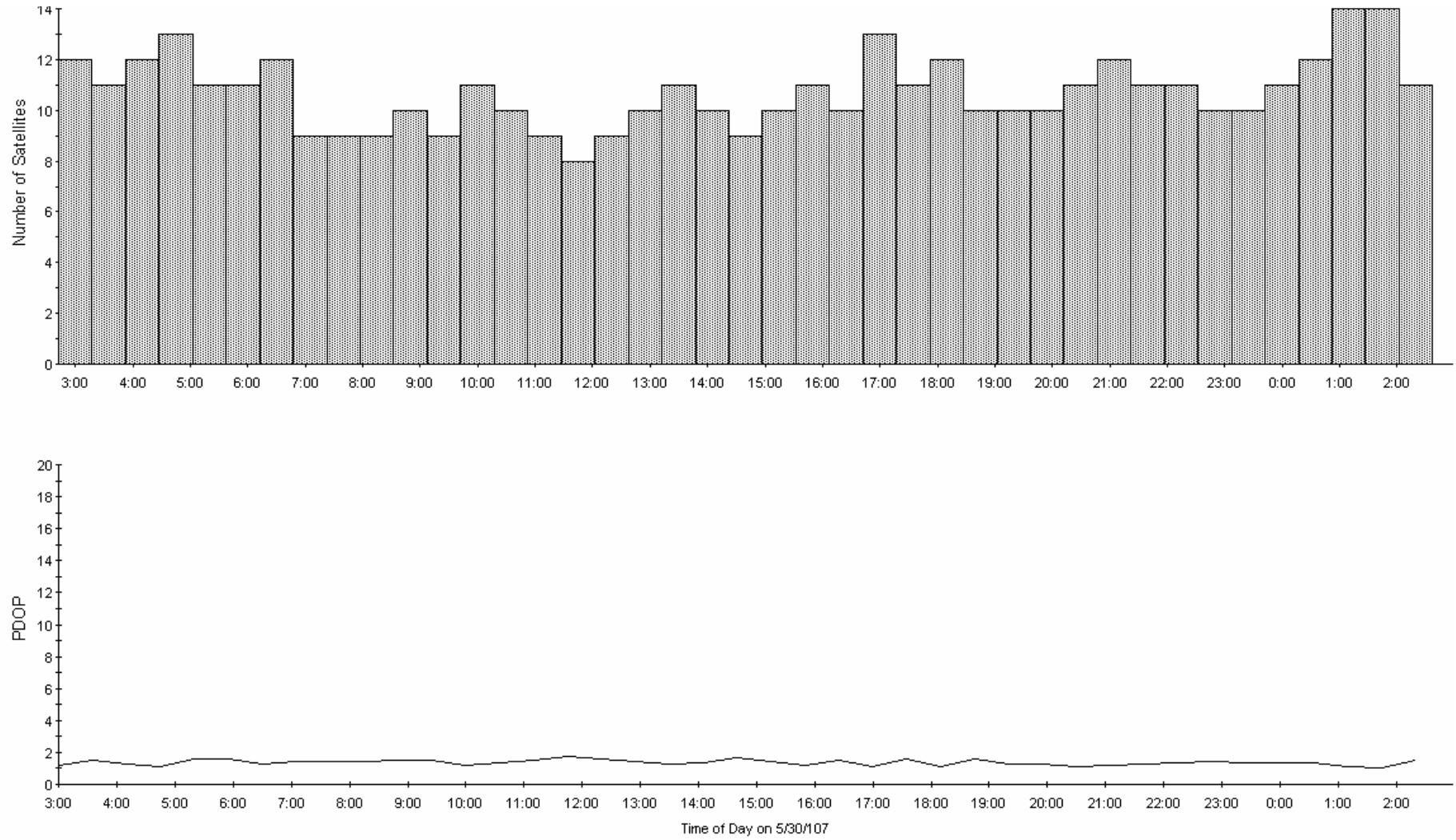
Bunun yanında gözlem yapılan uydu sayısı arttıkça, kestirim yapılan nokta artacağı için konum doğruluğu artmaktadır. Uydu sayısının yüksek olması tek başına yeterli değildir. Önemli olan uydu sayısının yüksek ve uydu geometrisinin düzgün (PDOP değerinin düşük) olmasıdır. Bağlı statik yöntemde gözlem süresinin belirlenmesinde ise

- Ölçülecek bazın uzunluğu
- İzlenecek uydu sayısı
- Uydu geometrisi (PDOP)
- Belirlenecek bazda istenilecek hassasiyet

etken olarak ifade edilen faktörlerdir (Doğan, 2006)



Şekil 4.1 Uydu geometrisi için ölçü planlaması



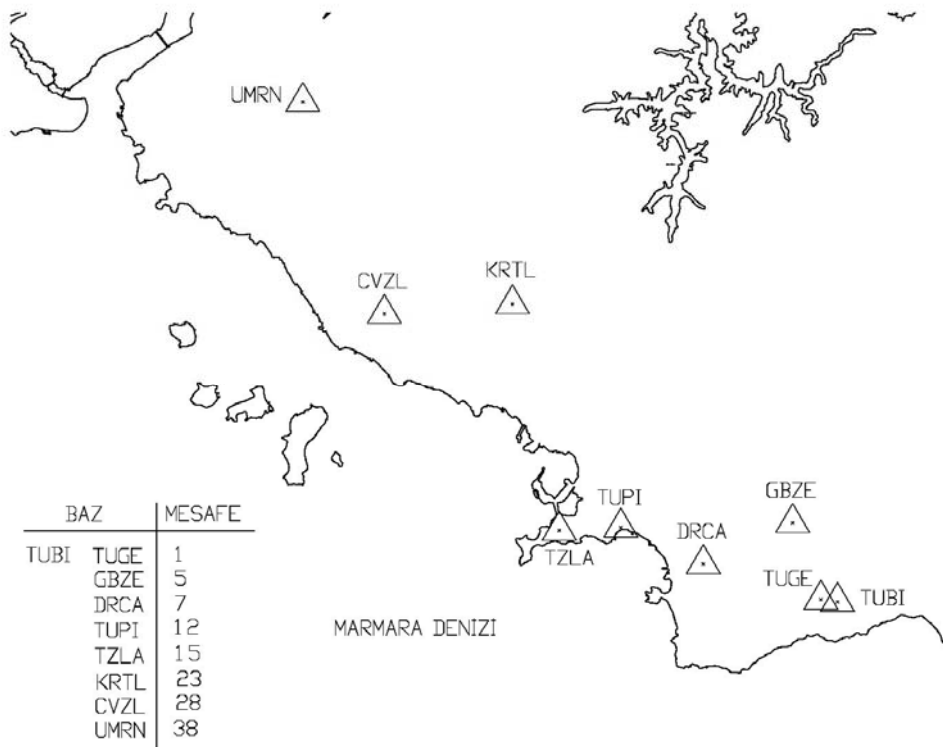
Şekil 4.2 PDOP değerleri ve gözlenen uydular (150.07 – 151.07)

5. UYGULAMA

5.1 I. GPS Test Ağı

5.1.1 Çalışma bölgesi

Uygulama kapsamında çalışma bölgesi olarak İstanbul Anadolu yakası seçilmiştir. Ümraniye ilçesinden başlayarak, Gebze ilçesinde bulunan referans noktasına kadar Çizelge 5.1’de belirtilen mevkiilerde noktalar seçilmiştir. GPS ağı için toplam 8 adet test noktası belirlenmiştir (Şekil 5.1). Nokta yerlerinin seçiminde sinyal yansıma hatası, sinyal gürültüsü ve uydu görüşünü engelleyecek nesnelerin olmadığı, yüksek gerilim hatları ve sinyal yayını yapan vericilerden uzak konumlarda olmasına dikkat edilmiştir. Aynı zamanda tüm test noktaları “İstanbul GPS Nirengi Ağı” (İGNA) noktalarından seçilmiştir. Zemin tesisleri sağlam, aktif olarak kullanılan kontrol noktalarıdır. Çizelge 5.1 de nokta tesis durumları ile ilgili bilgiler verilmektedir.



Şekil 5.1 Test noktaları ve referans noktasına yaklaşık uzaklıkları

Yer seçiminde dikkat edilen bir diğer husus ise referans olarak alınacak olan TUBI noktasına olan mesafeleridir. TUBI referans noktası, Gebze ilçesinde TÜBİTAK-Marmara Araştırma

Merkezi (MAM) yerleşkesinde tesis edilmiş olup, Türkiye standartlarında TUTGA dereceli, Uluslararası çalışmalarda sürekli GPS gözlemleri yapan IGS istasyonu olarak faaliyet göstermektedir.

Çizelge 5.1 Test noktalarının TUBİ referans noktasına uzaklıkları ve nokta özellikleri

Bölge adı	Nokta no	Tesis türü	TUBİ Referans noktasına yaklaşık uzaklık (Km)
Gebze Sanayi	TUGE	Yer Noktası	1
Gebze	GBZE	Pilye	5
Darica	DRCA	Pilye	7
Piyade	TUPI	Yer Noktası	12
Tuzla	TZLA	Pilye	15
Kartal	KRTL	Pilye	23
Cevizli	CVZL	Pilye	28
Ümraniye	UMRN	Pilye	38

5.1.2 Kullanılan cihazlar

Uygulama kapsamındaki GPS ölçümler için 4 adet Trimble marka 5700 model L1&L2 özellikli jeodezik GPS alıcıları, anten olarak yine Trimble marka “Zephyr without Ground Plane” ve “Zephyr Geodetic with Ground Plane” model antenler (Şekil 5.2) ile tüm ölçümlerde kalibrasyonu yapılmış ve hassasiyetleri test edilmiş tribrahlar kullanılmıştır. Tesis türü yer noktası olan test noktalarında, uzun süreli ölçümlerde düzeç kaymalarını engellemek için ağır sehpa tercih edilmiştir. Ayrıca cihazlara harici güç üniteleri takılarak uzun süreli kesintisiz ölçüm sağlanmıştır.



Şekil 5.2 Ölçümlerde kullanılan jeodezik GPS antenleri

5.1.3 Ölçü yöntemi

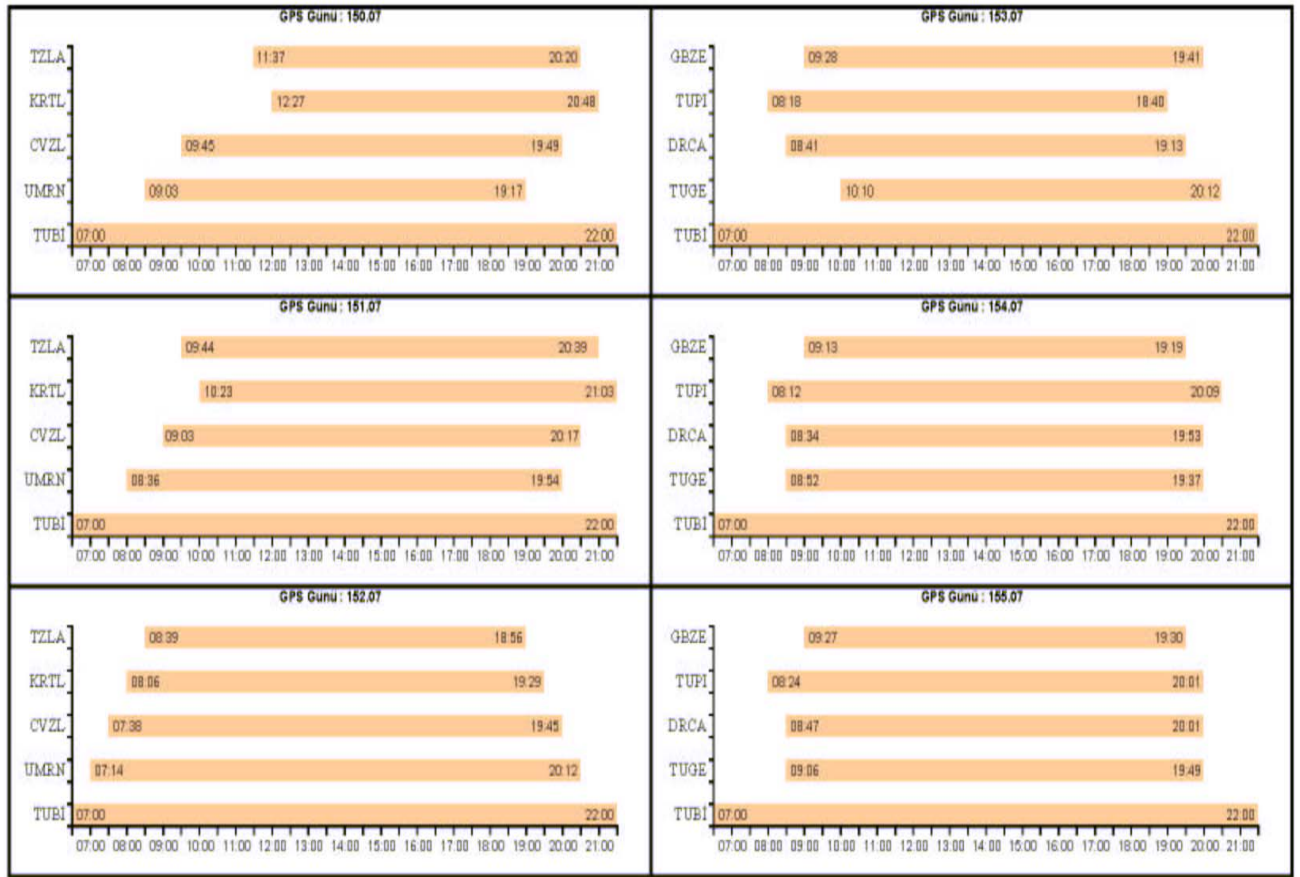
Belirlenen 8 test noktası ile oluşturulan GPS ağında, her bir test noktası için en az 10 saat GPS gözlemi yapılması planlanmıştır (Çizelge 5.2). Ayrıca tüm noktalarda 3 kampanya yapılarak, toplamda her bir test noktası için 30 saatlik GPS gözlem datası elde edilmiştir. Bu kapsamda kesintisiz statik ölçümler yapılmış ve özellikle tüm test noktalarının 3 farklı gün ölçülmüş olması, kaba hataların belirlenebilmesi ve ölçülerin uyuşumunun sorgulanabilmesi açısından önem taşımaktadır. Ölçme sırasında sinyal toplama aralığı olarak 5 sn, minimum yükseklik açısı ise 15° olarak seçilmiştir.

Çizelge 5.2 Test noktalarında kullanılan alıcı-antenler bilgileri ve ölçü süreleri

Nokta no	Alıcı tipi	Anten tipi	Ölçü süresi (saat)		
			1.gün	2.gün	3.gün
TUGE	Trimble 5700	Zephyr	10:42	10:44	10:01
GBZE	Trimble 5700	Zephyr	10:13	10:05	10:02
DRCA	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	10:31	11:18	11:14
TUPI	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	10:21	11:56	11:37
TZLA	Trimble 5700	Zephyr	08:42	10:55	10:17
KRTL	Trimble 5700	Zephyr	08:21	10:39	11:22
CVZL	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	10:04	11:14	12:07
UMRN	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	10:14	11:15	12:57

Arazi ölçmeleri 30.05.07 ile 05.06.07 tarihleri arasında (150-155 GPS günleri) gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.3).

Her test noktası için bir takım GPS alıcı ve anten modeli belirlenmiş ve 3 periyot ölçüde de aynı aletler kullanılmıştır. Anten faz merkezi değişimleri anten tipine bağlı olduğundan her test noktasında antenler kuzeye yönlendirilerek faz merkezi hatası engellenmeye çalışılmıştır.



5.1.4 Ölçülerin değerlendirilmesi

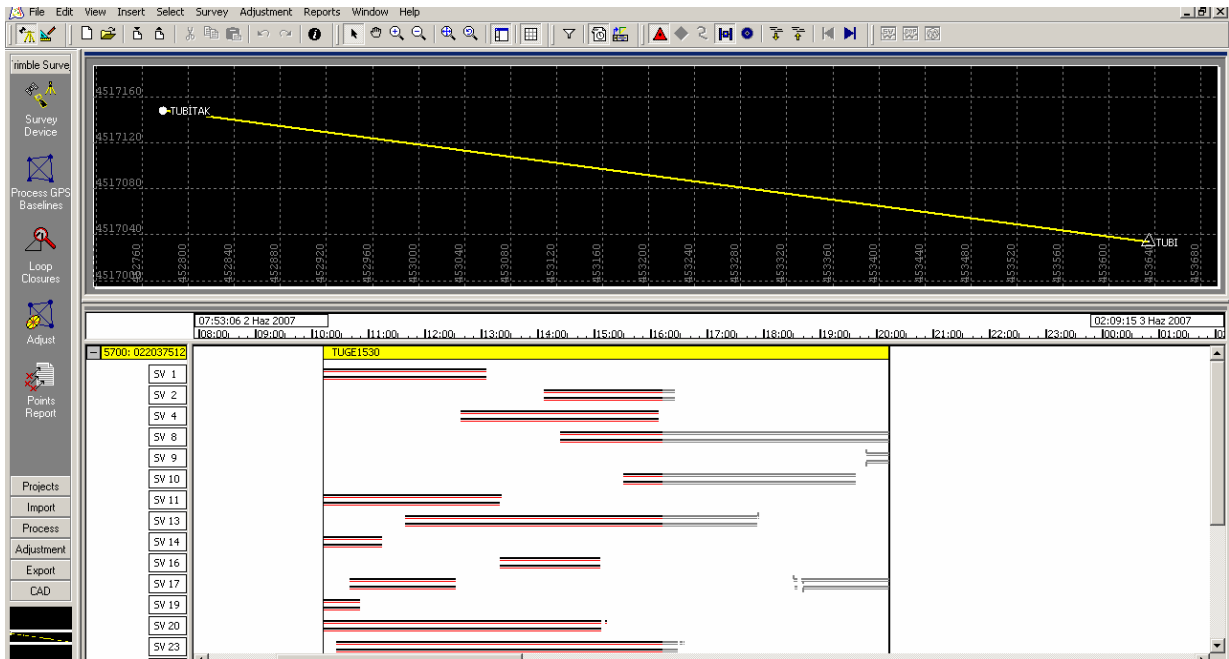
Yapılan ölçülerle elde edilen veri grupları, hesaplama aşamasında ticari bir yazılım olan “Trimble Geomatics Office” (TGO) programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Öncelikle ölçümlerde kullanılan tüm alıcılardan veri aktarımı yapılmıştır. Trimble firmasına ait cihazlarda statik ölçü verisi için oluşturulmuş olan “T01” formatındaki sıkıştırılmış GPS gözlem verisi, ham data formatına çevrilmiştir. Daha sonra arazide işlenmiş olan GPS kayıt karnelerinden, ölçülmüş anten yükseklikleri için indirgeme işlemleri yapılmıştır. Tüm anten yükseklikleri için anten parametreleri (anten yarıçapı, faz merkezi, ölçüm yeri, anten altı) kullanılarak ARP (Anten referans noktası) değerleri hesaplanmıştır. TGO programına ait dönüştürücü modülü kullanılarak ham veriler “RINEX” formatına çevrilmiştir. RINEX formatına çevrim işlemleri esnasında ARP değeri, anten marka ve modeli, nokta adı gibi bilgiler girilerek dönüştürme işlemi tamamlanmıştır.

Değerlendirmeye başlamadan önce son olarak, hesaplarda referans nokta olarak kullanılacak olan TUBI noktasının ölçü epok koordinatları ve uygulamayla eş zamanlı GPS verisi için Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) [1] internet sitesine başvurulmuştur.

SOPAC internet sitesi dünyanın dört bir yanında faaliyet gösteren sürekli GPS istasyonlarına ait bilgilerin ve dataların yayınlandığı bilimsel bir sitedir. Bu sistemin bir parçası olan ve IGS istasyonu olarak faaliyet gösteren TUBİ noktasının istenilen epok koordinatları ve GPS datası günlük olarak bu sitede ilan edilmektedir. Böylece birçok akademik çalışmada kullanılan TUBİ noktasının istenilen epokta hesaplanmış olan koordinatları ve RINEX formatındaki GPS datası internet üzerinden elde edilmiştir. Bu çalışmada, TUBİ noktasının ölçümün ilk başladığı GPS günü olan 150.07 (2007.4107) epok koordinatları sabit alınarak tüm hesaplamalarda kullanılmıştır. TUBİ noktasına ait anten yüksekliği ve anten tipi bilgileri için yine kurum tarafından ilan edilen değerler kullanılmıştır (Ek 2).

Değerlendirmede karşılaştırılmak üzere iki farklı frekans tipi kullanılmıştır. Bunlar Dar Aralık ve L1 frekans tipleridir. Değerlendirme işlemi için TGO programında iki frekans tipi içinde değerlendirme yöntemi tanımlaması yapılmıştır. İki ayrı yöntemde tüm hesaplama parametreler aynı (Troposfer Modeli Hopfield vb.) seçilmiştir.

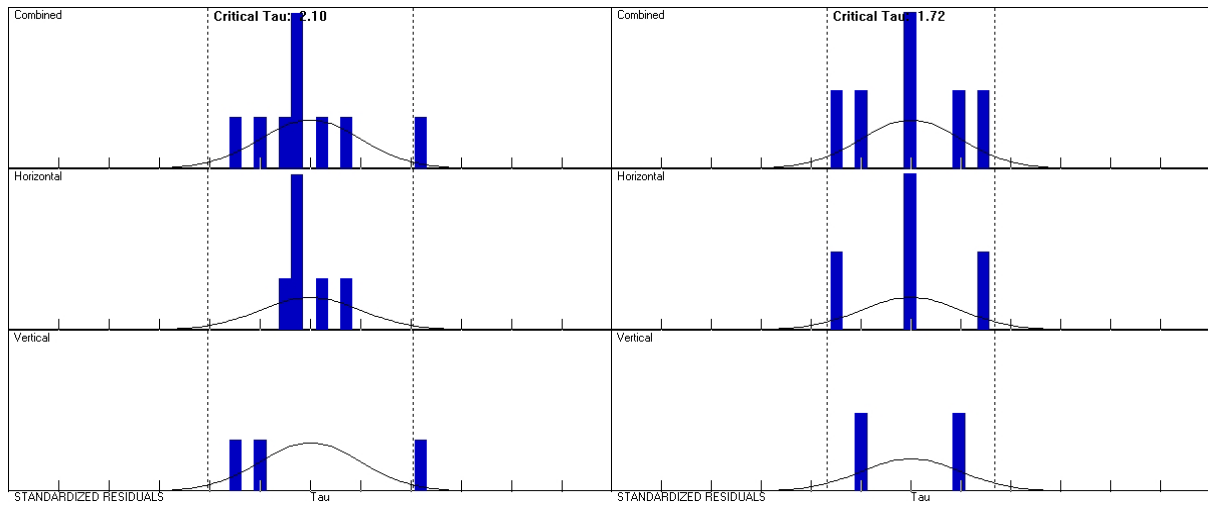
Değerlendirmede başvurulacak bir diğer yöntem ise zaman – mesafe ilişkisi olmuştur. Bu sorgulamanın yapılabilmesi içinde data gruplarının belirlenen saat aralıklarında bölünmesi işlemi yapılmıştır. Değerlendirmede 1, 2, 4, 6, 8, 10 saat ve üzeri olmak üzere altı zaman aralığı belirlenmiştir. Belirlenen bu grupları oluşturmak için, data programa yüklendikten sonra zaman çizgisi menüsünden faydalanılarak toplam ölçü süresinden istenilen aralık seçilmiş ve gerisi silinmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 TGO yazılımında zaman çizgisi

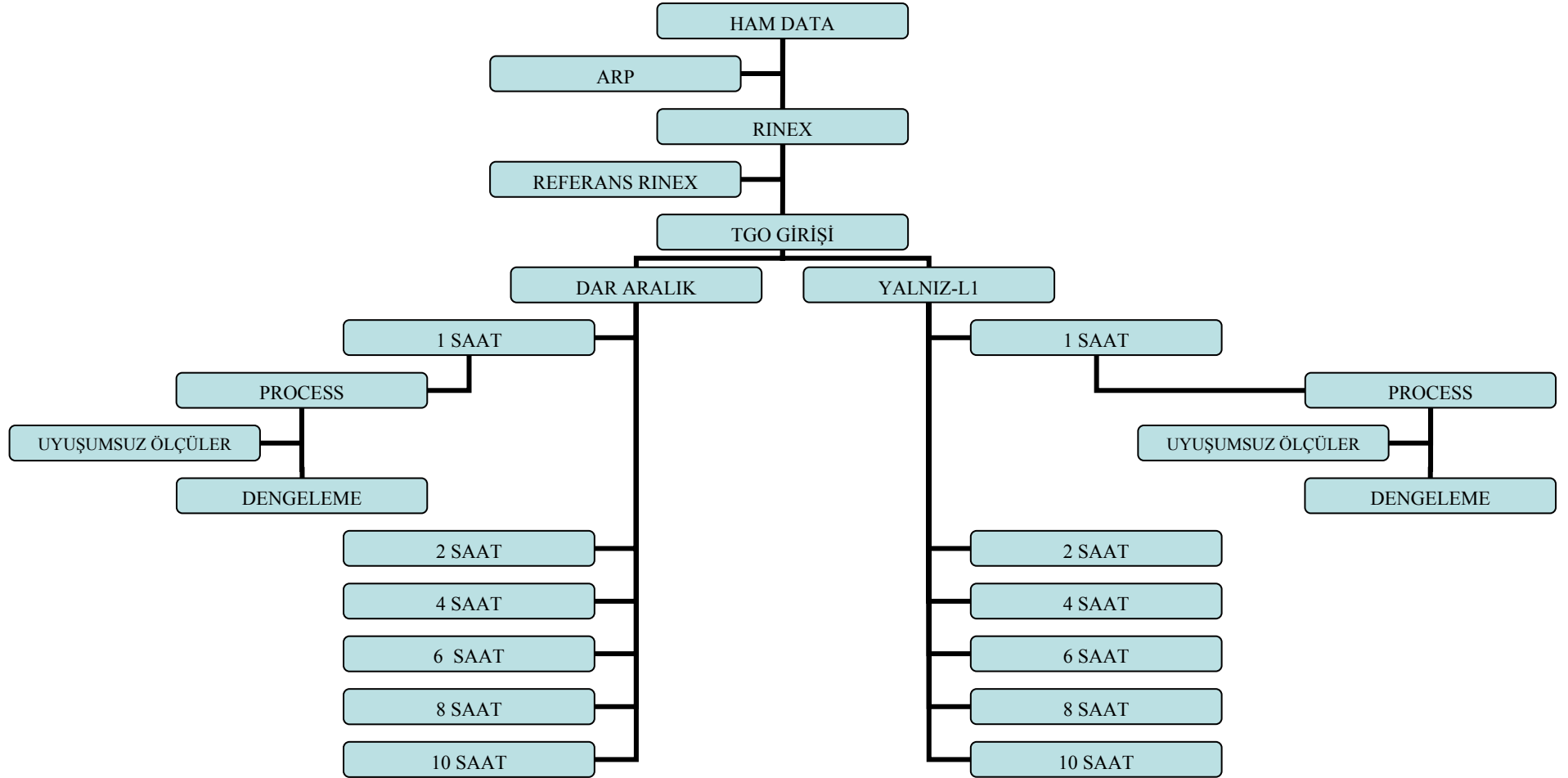
Şekil 5.4 de görüldüğü gibi, 10 saat ölçüm yapılmış olan TUGE noktası için kırmızı ve siyah çizgi ile görünen uydulardan 6 saatlik kısım aktif durumda ve değerlendirmeye girecek, geriye kalan 4 saatlik data silinmiştir. Böylece 6 saatlik değerlendirmede kullanılacak olan data grubu elde edilmiştir. Bu örnekte olduğu gibi ana dosya kopyalanarak araştırmasını yaptığımız tüm saat aralıkları elde edilmiştir.

Hazırlanan ve internet üzerinden elde edilen GPS verileri TGO programı ile değerlendirmeye alınmıştır. İlk olarak her test noktası için ayrı bir proje oluşturulmuştur. Bu projeler NL ve L1 frekans tiplerine göre ayrı-ayrı değerlendirilmişlerdir. Değerlendirme sonrasında uyuşumsuz ölçülerin belirlenmesi için uyuşumsuz ölçü testi yapılmıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Uyuşumsuz ölçü testi

Yukarıda belirtilen değerlendirme yöntemi ile 8 test noktası için toplamda 96 ayrı değerlendirme dosyası hazırlanmıştır. Bu dosyalar için son olarak TUBI referans noktası ölçü epok kartezyen koordinatları sabit alınarak dengeleme yapılmıştır. Değerlendirme iş akışı olarak Şekil 5.6 de belirtilen işlem sıralaması göz önüne alınarak her bir test noktasına uygulanmıştır. Elde edilen sonuç koordinatları, standart sapmalar, baz bileşenleri, zaman – mesafe – doğruluk kavramlarına ilişkin elde edilen veriler grafik ve çizelge olarak Bölüm 6’da sunulmuştur.



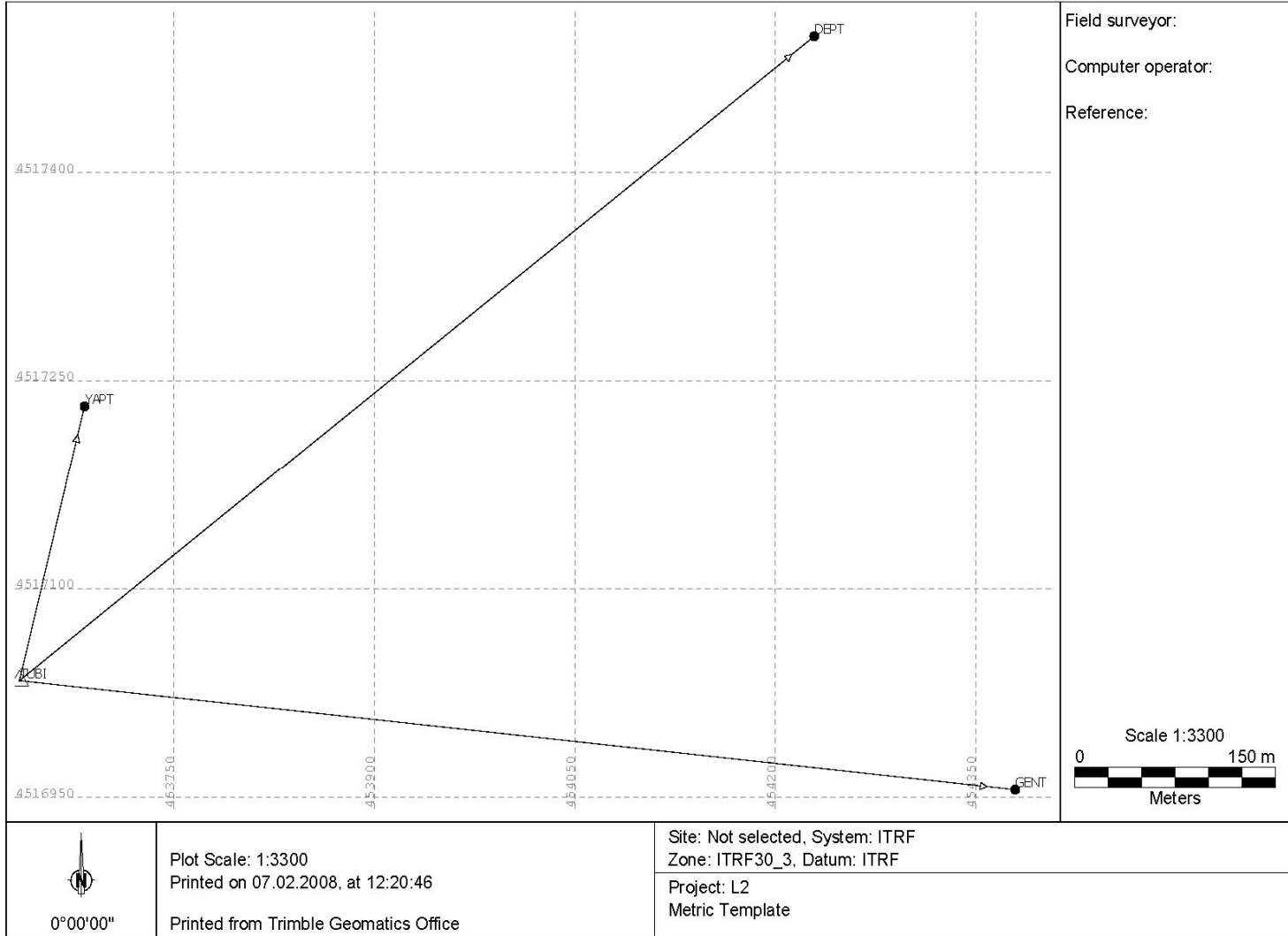
Şekil 5.6 Değerlendirme sırasında izlenen işlem akış şeması

5.2 II. GPS Test Ağı

5.2.1 Çalışma bölgesi

II. GPS test ağında ise, TUBİ referans noktasına yakın mesafede 3 adet test noktası kullanılmıştır (Şekil 5.7). Test noktaları olarak daha önce benzer bir uygulama için tesis edilmiş noktalardan seçilmiştir. Nokta tesis türleri betona monte edilmiş vida şeklindedir. Nokta konumları ise, TÜBİTAK-MAM yerleşkesinde bulunan binaların çatı katlarıdır. Test noktaları yansıma ve görüş engeli sağlayacak objelerden uzak yerlerde seçilmiştir. Bu vidalar doğrudan tribrah vidalanacak şekilde tesis edilmiştir. Böylece anten yüksekliği ve düzeçlemeden kaynaklanabilecek operatör hataları giderilmiştir.

Kullanılan test noktaları ve baz uzunlukları Çizelge 5.3’de gösterilmektedir.



Şekil 5.7 II. GPS test ağı

Çizelge 5.3 Test noktalarının TUBİ referans noktasına uzaklıkları ve nokta özellikleri

Nokta no	Tesis türü	TUBİ referans noktasına yaklaşık uzaklık (m)
YAPT	Betonda Vida	203
GENT	Betonda Vida	749
DEPT	Betonda Vida	754

5.2.2 Kullanılan cihazlar

Uygulama için 3 adet tek frekanslı Canadian Marconi model alıcılar ile 3 adet çift frekanslı Trimble 5700 model alıcılar kullanılmıştır. Anten olarak çift frekanslı “Zephyr without Ground Plane” anteni ve onunla aynı özellikte yalnız L1 ölçümleri için kullanılan “Zephyr (L1) A3” model Trimble marka antenler kullanılmıştır (Çizelge 5.4). TUBİ referans noktasında kullanılan “Choke Ring w/Dome” model anten ise Şekil 5.8 de sağ tarafta görülmektedir. Tüm ölçümlerde kalibrasyonu yapılmış ve hassasiyetleri test edilmiş tribrahlar kullanılmıştır. Ayrıca cihazlara harici güç üniteleri takılarak uzun süreli kesintisiz ölçmeler sağlanmıştır



Zephyr



Choke ring

Şekil 5.8 Ölçmelerde kullanılan jeodezik GPS antenleri

5.2.3 Ölçü yöntemi

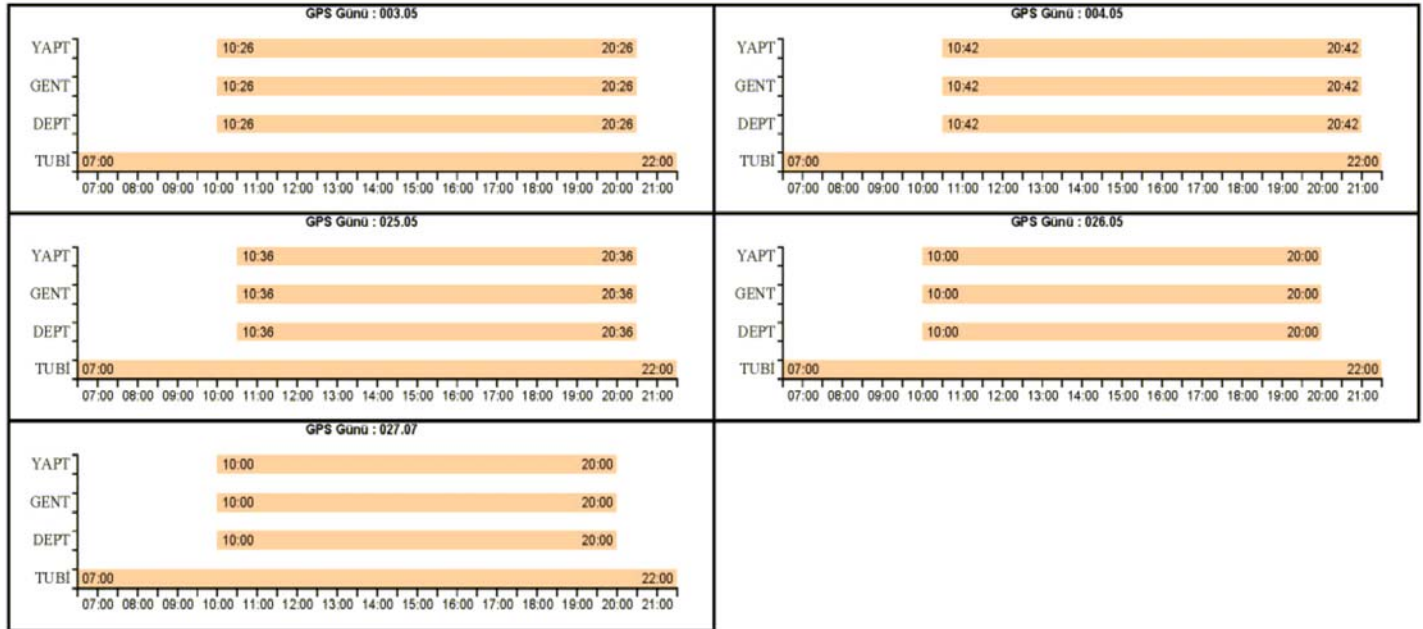
GPS ağında, her bir test noktası için en az 10 saat L1 alıcısı ile, 10 saatte L2 alıcısı ile GPS gözlemi yapılması planlanmıştır. Ayrıca tüm noktalarda 3 kampanya yapılarak, toplamda her bir test noktası için 30 saatlik GPS gözlem datası elde edilmesi planlanmış ve kesintisiz statik

ölçümler yapılmıştır. İlk test aşında olduğu gibi tüm test noktalarının 3 farklı gün ölçülmüş olması, kaba hataların belirlenebilmesi açısından önem taşımaktadır. Ölçme sırasında sinyal toplama aralığı olarak 15 sn, minimum yükseklik açısı ise 10° olarak seçilmiştir.

Çizelge 5.4 Test noktalarında kullanılan alıcı-antenler bilgileri ve ölçü süreleri

Nokta No	1. Alıcı Tipi	1.Anten Tipi	2. Alıcı Tipi	2. Anten Tipi	Ölçü Süresi		
					1	2	3
YAPT	Canadian Marconi	Zephyr A3	Trimble 5700	Zephyr	10:00	10:00	10:00
GENT	Canadian Marconi	Zephyr A3	Trimble 5700	Zephyr	10:00	10:00	10:00
DEPT	Canadian Marconi	Zephyr A3	Trimble 5700	Zephyr	10:00	10:00	10:00

Arazi ölçümleri tek frekanslı alıcılar için 03.01.05 ile 04.01.05 tarihleri arasında, çift frekanslı alıcılar için ise 25.01.05 ile 27.01.05 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçmeler GPS günü olarak 003.05 – 027.05 tarihlerine arasında yapılmıştır (Şekil 5.9). Tüm test noktalarında güç ve güvenlik sorunu olmadığı için yerleşke içerisinde bulunan noktalarda kesintisiz sürekli ölçüm sağlanmıştır.



Şekil 5.9 GPS gözlemleri (5 Kampanya)

5.2.4 Ölçülerin değerlendirilmesi

İlk testte izlenilen değerlendirme aşamaları bu testte de aynen uygulanmıştır. Yapılan

ölçülerle ile elde edilen data grupları, hesaplama aşamasında ticari bir yazılım olan “Trimble Geomatics Office” (TGO) programı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Değerlendirmede referans nokta olarak kullanılan TUBI noktasının ölçü epok koordinatları ve uygulamayla eş zamanlı GPS verisi SOPAC internet sitesinden elde edilmiştir. Referans GPS günü olarak 025.05 (2005.0684) epok koordinatları alınarak tüm hesaplamalarda kullanılmıştır. TUBI noktasına ait anten yüksekliği ve anten tipi bilgileri için yine kurum tarafından ilan edilen değerler kullanılmıştır (Ek 2).

3 test noktası için toplamda 36 ayrı değerlendirme dosyası hazırlanmıştır. Bu dosyalar için son olarak TUBI referans noktası ölçü epok kartezyen koordinatları sabit alınarak dengeleme yapılmıştır. Değerlendirme işlem akışı olarak Şekil 5.6 de belirtilen işlem sıralaması takip edilmiştir ve her bir test noktasına uygulanmıştır. Elde edilen sonuç koordinatları, standart sapmalar, baz bileşenleri, zaman – mesafe – doğruluk kavramlarına ilişkin elde edilen veriler grafik ve çizelge olarak Bölüm 6’da verilmektedir.

6. UYGULAMA SONUÇLARI

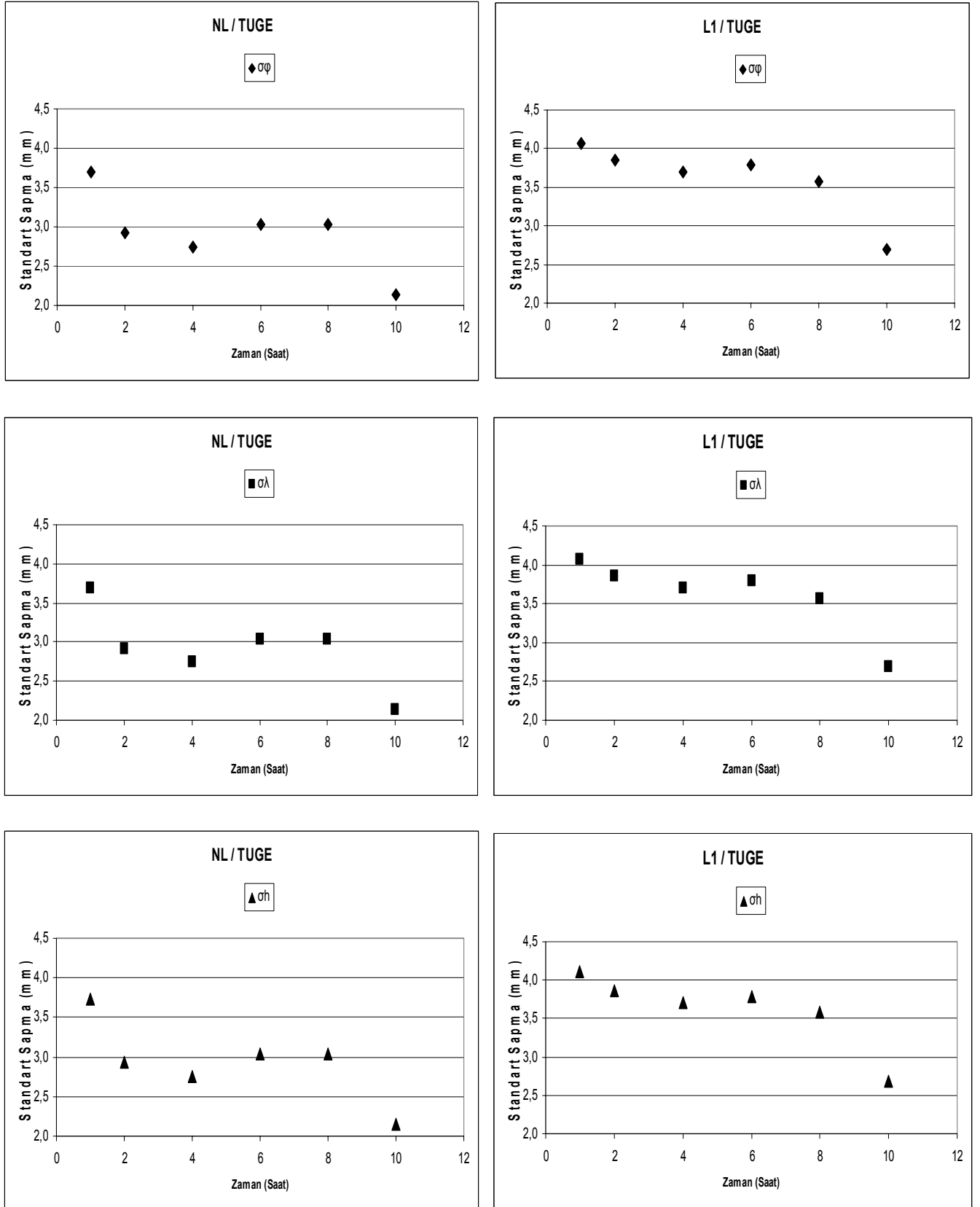
6.1 Ölçü Süresinin Konum Doğruluğuna Etkisinin İrdelenmesi

TUBI – TUGE bazında L1 ve Dar Aralık frekans türleri için dengeleme sonrasında elde edilmiş olan enlem, boylam ve yükseklik verileri için standart sapmalar Çizelge 6.1’de verilmektedir.

Çizelge 6.1 TUGE Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_φ (mm)	σ_λ (mm)	σ_h (mm)
TUBI TUGE	Dar Aralık	1	1	3,69	3,69	3,73
	L1			4,07	4,07	4,11
TUBI TUGE	Dar Aralık	2	1	2,92	2,92	2,93
	L1			3,85	3,85	3,86
TUBI TUGE	Dar Aralık	4	1	2,75	2,75	2,76
	L1			3,70	3,70	3,71
TUBI TUGE	Dar Aralık	6	1	3,03	3,03	3,04
	L1			3,79	3,79	3,79
TUBI TUGE	Dar Aralık	8	1	3,03	3,03	3,04
	L1			3,57	3,57	3,58
TUBI TUGE	Dar Aralık	10	1	2,14	2,14	2,15
	L1			2,69	2,69	2,69

Çizelge 6.1 de verilmiş olan hata oranlarının zamana göre çizilmiş olan grafikleri Şekil 6.1’de gösterilmiş ve süreler arasındaki farkın küçük olduğu gözlenmiştir. TUGE noktasının referans noktaya 1 km gibi yakın bir mesafede olması uç noktalar arasındaki farkın küçük çıkmasındaki en büyük etken olarak düşünülmektedir. Genel olarak ölçme süresinin artması ile standart sapmaların küçüldüğü görülmektedir.



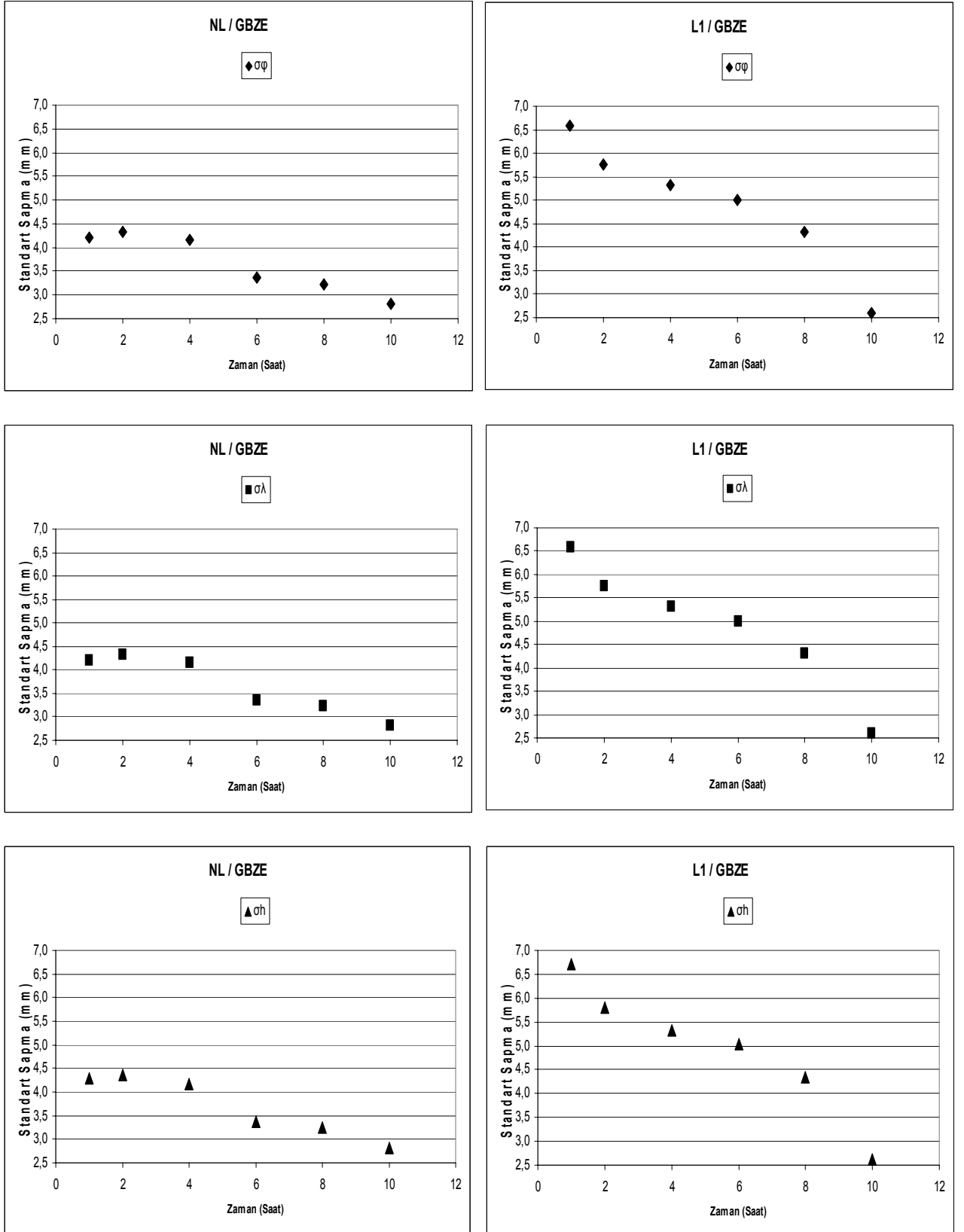
Şekil 6.1 TUGE - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

TUBI – GBZE bazında L1 ve Dar Aralık frekans türleri için dengeleme sonrasında elde edilmiş olan enlem, boylam ve yükseklik verileri için standart sapmalar Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2 GBZE Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI GBZE	Dar Aralık	1	5	4,21	4,21	4,28
	L1			6,59	6,59	6,71
TUBI GBZE	Dar Aralık	2	5	4,32	4,32	4,36
	L1			5,76	5,75	5,81
TUBI GBZE	Dar Aralık	4	5	4,15	4,15	4,17
	L1			5,31	5,31	5,33
TUBI GBZE	Dar Aralık	6	5	3,36	3,36	3,37
	L1			5,00	5,00	5,03
TUBI GBZE	Dar Aralık	8	5	3,22	3,22	3,24
	L1			4,32	4,32	4,34
TUBI GBZE	Dar Aralık	10	5	2,81	2,81	2,81
	L1			2,60	2,60	2,61

Çizelge 6.2 de verilmiş olan hata oranlarının zamana göre çizilmiş olan grafikler Şekil 6.2’de gösterilmiştir. Sonuçlara göre ölçme süresinin artması ile standart sapmalarda küçülme bu baz içinde görülmektedir.



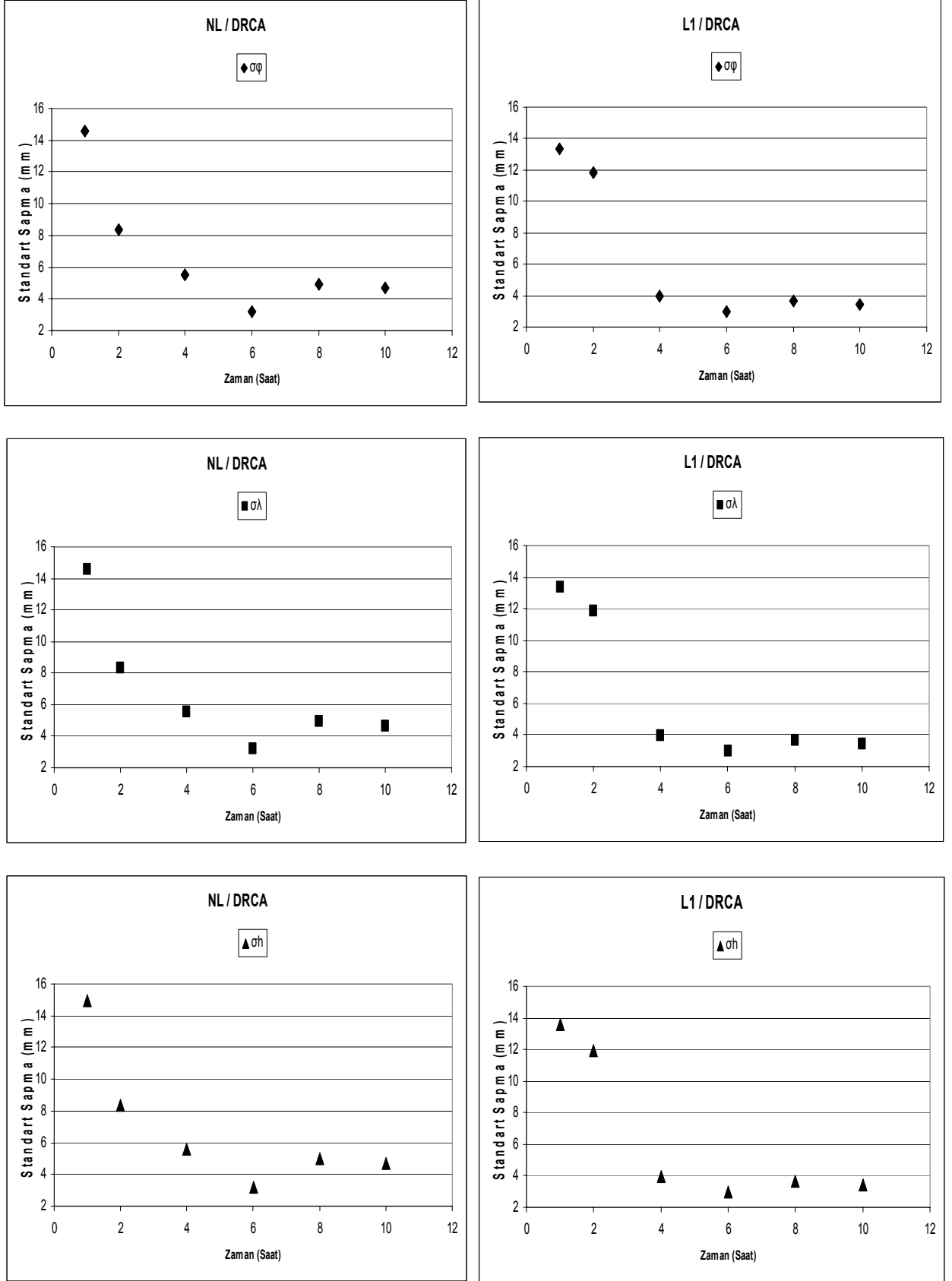
Şekil 6.2 GBZE - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

TUBI – DRCA baında L1 ve Dar Aralık frekans türleri için dengeleme sonrasında elde edilmiş olan enlem, boylam ve yükseklik verileri için standart Çizelge 6.3’de hata oranlarının zamana göre çizilmiş grafikleri Şekil 6.3’de verilmiştir.

Çizelge 6.3 DRCA Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_φ (mm)	σ_λ (mm)	σ_h (mm)
TUBI DRCA	Dar Aralık	1	7	14,57	14,57	14,93
	L1			13,34	13,34	13,58
TUBI DRCA	Dar Aralık	2	7	8,35	8,35	8,40
	L1			11,85	11,85	11,93
TUBI DRCA	Dar Aralık	4	7	5,54	5,54	5,56
	L1			3,96	3,96	3,97
TUBI DRCA	Dar Aralık	6	7	3,17	3,17	3,18
	L1			2,95	2,95	2,96
TUBI DRCA	Dar Aralık	8	7	4,94	4,94	4,96
	L1			3,65	3,65	3,66
TUBI DRCA	Dar Aralık	10	7	4,67	4,67	4,68
	L1			3,44	3,44	3,45

Çizelge 6.3’te görüldüğü gibi, TUBI referans noktasına olan mesafeler arttıkça standart sapmaların arttığı dikkat çekmektedir. Özellikle NL çözümde, 1 saatlik data grubu için yüksek hata oranları verdiği gözlenmiştir. Artan süreyle birlikte değerlerin kendi içinde daha tutarlı olduğu belirlenmiştir. L1 çözümlerinde ise 2 saatlik data grubunun da yeterli olmadığı belirlenmiştir. 4 saatlik çözümle birlikte değerlerin birbirine yaklaştığı gözlenmiştir.



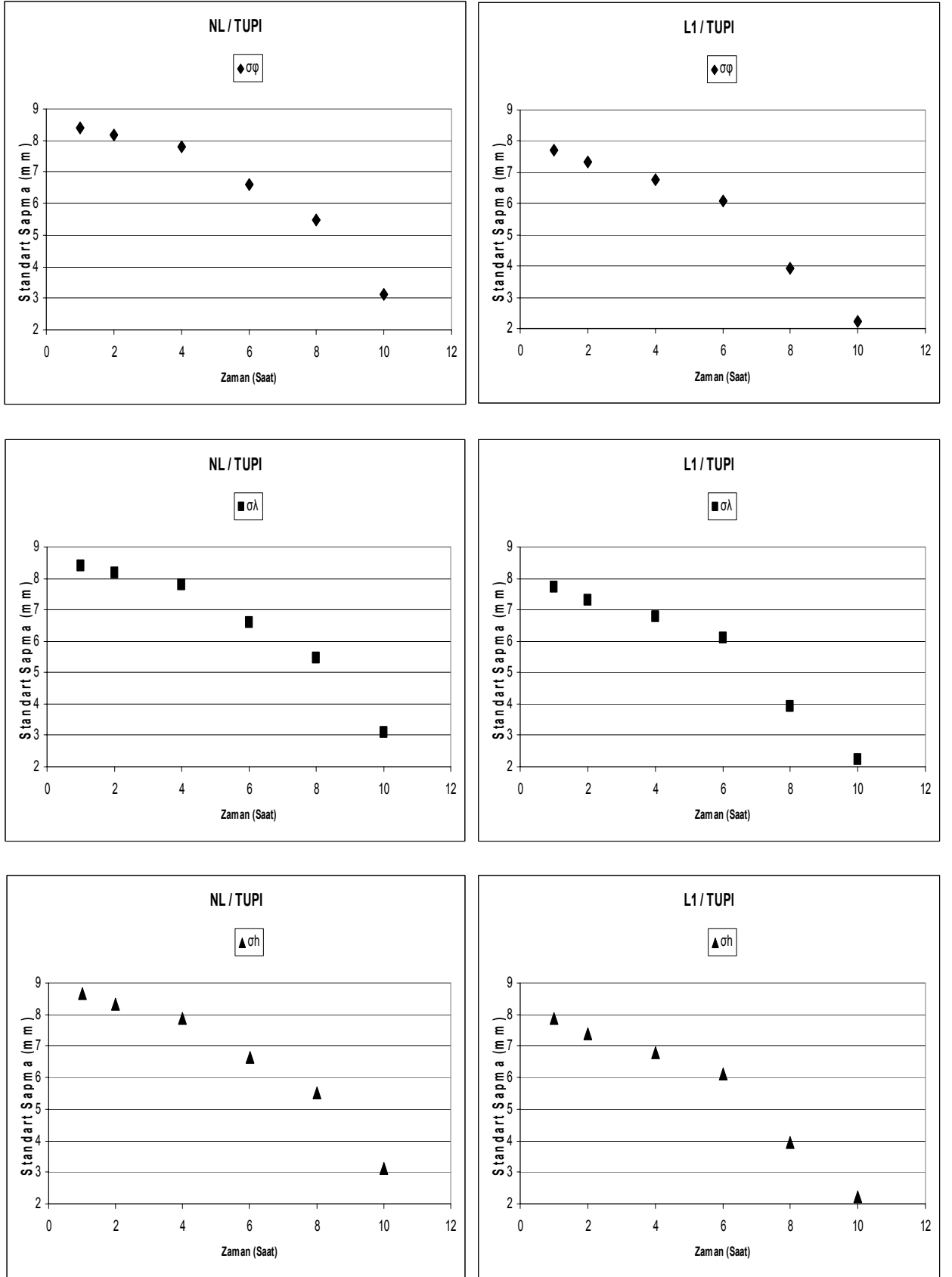
Şekil 6.3 DRCA - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

TUBI – TUPI bazında L1 ve Dar Aralık frekans türleri için dengeleme sonrasında elde edilmiş olan enlem, boylam ve yükseklik verileri için standart sapmalar Çizelge 6.4’de ve hata oranlarının zamana göre çizilmiş olan grafikleri Şekil 6.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.4 TUPI Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları		Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI	TUPI	Dar Aralık	1	12	8,41	8,41	8,65
		L1			7,72	7,72	7,88
TUBI	TUPI	Dar Aralık	2	12	8,18	8,18	8,32
		L1			7,32	7,32	7,39
TUBI	TUPI	Dar Aralık	4	12	7,81	7,81	7,87
		L1			6,78	6,78	6,81
TUBI	TUPI	Dar Aralık	6	12	6,61	6,61	6,64
		L1			6,09	6,09	6,12
TUBI	TUPI	Dar Aralık	8	12	5,48	5,48	5,51
		L1			3,92	3,92	3,93
TUBI	TUPI	Dar Aralık	10	12	3,11	3,11	3,12
		L1			2,21	2,21	2,21

Genel olarak bakıldığında elde edilen sonuçların lineer bir doğruya yakın seyrettiği, artan süreyle birlikte küçülen hata oranları eğilimi gözlenmektedir.



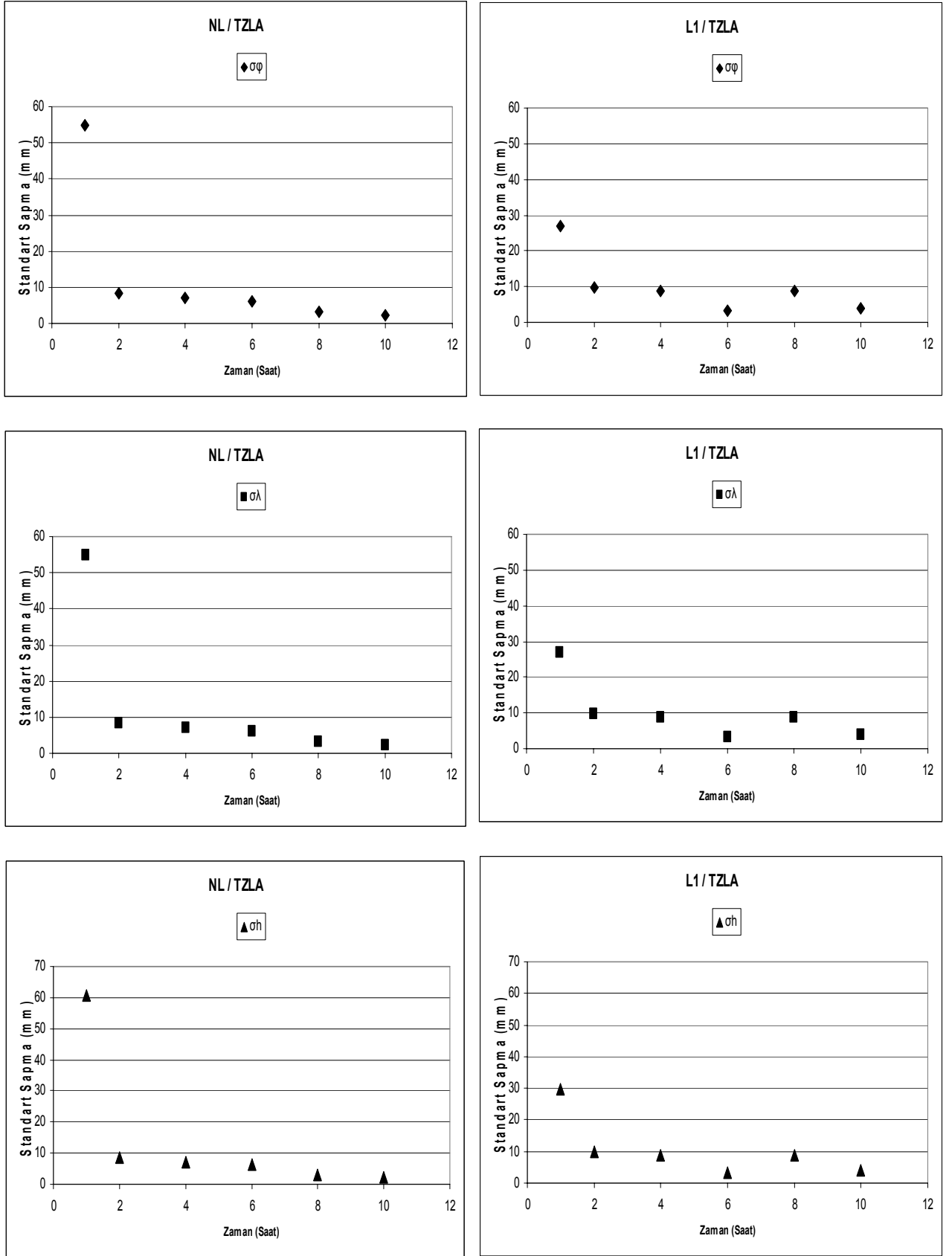
Şekil 6.4 TUPI - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

TUBI - TZLA bazında L1 ve Dar Aralık frekans türleri için dengeleme sonrasında elde edilmiş olan enlem, boylam ve yükseklik verileri için standart sapmalar Çizelge 6.5’de ve hata oranlarının zamana göre çizilmiş olan grafikler ise Şekil 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5 TZLA Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI TZLA	Dar Aralık L1	1	15	54,89	54,89	60,62
				27,06	27,06	29,60
TUBI TZLA	Dar Aralık L1	2	15	8,23	8,22	8,60
				9,59	9,59	9,86
TUBI TZLA	Dar Aralık L1	4	15	7,13	7,13	7,19
				8,72	8,72	8,80
TUBI TZLA	Dar Aralık L1	6	15	6,22	6,22	6,27
				3,38	3,38	3,40
TUBI TZLA	Dar Aralık L1	8	15	3,11	3,11	3,12
				8,60	8,60	8,64
TUBI TZLA	Dar Aralık L1	10	15	2,23	2,23	2,23
				3,91	3,91	3,92

1 saatlik veri kullanılarak, noktanın koordinatları için elde edilen standart sapmaların diğer verilere göre hesaplanandan daha büyük olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni, 1 saatlik veri aralığında uydu dağılımının zayıf ve az sayıda uydu bulunduğu olarak düşünülmektedir.



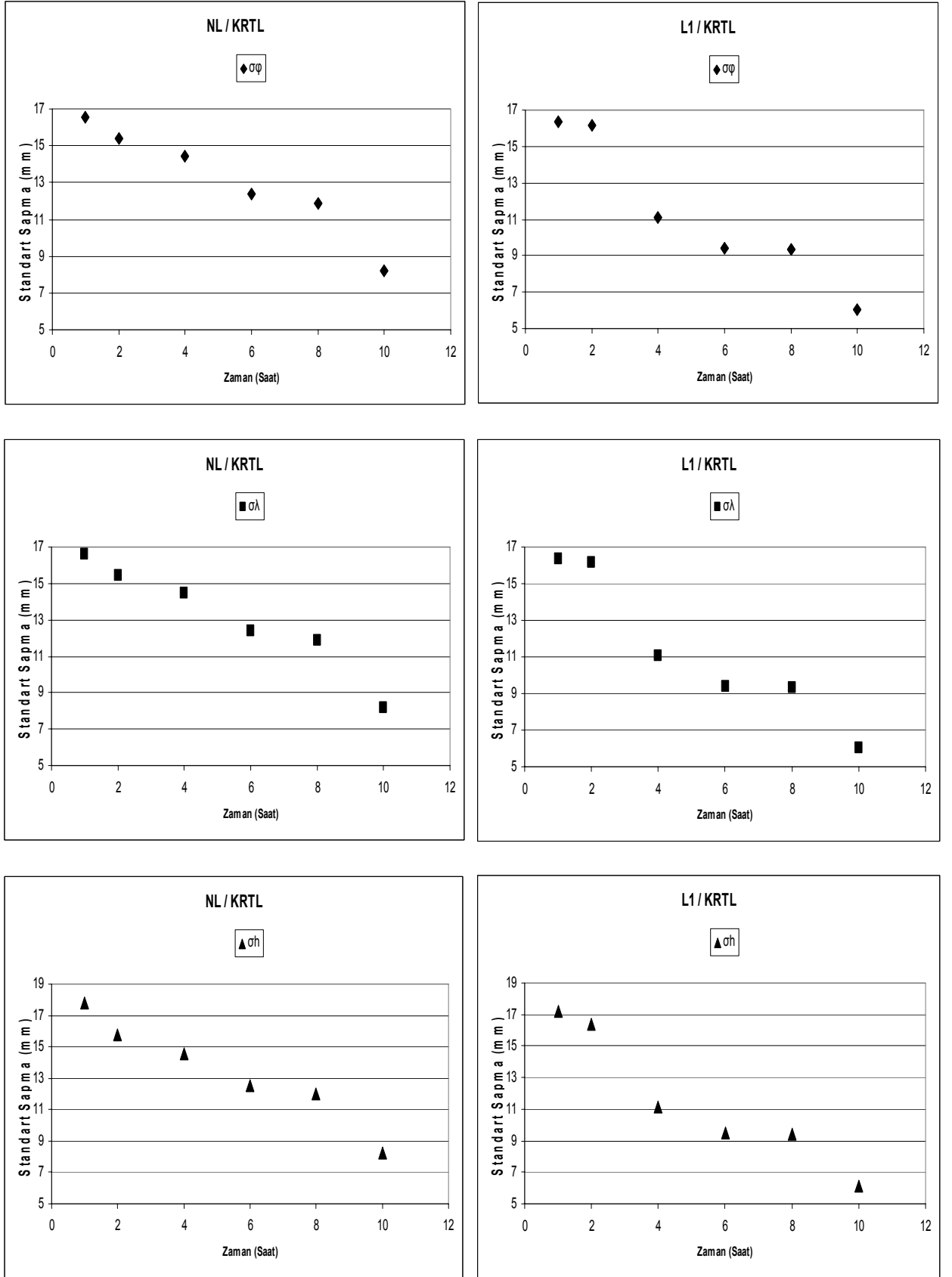
Şekil 6.5 TZLA - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

20 km'den uzun olan TUBI – KRTL, TUBI – CVZL, TUBI – UMRN bazları için L1 ve Dar Aralık frekans türleri kullanılarak yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen noktalara ilişkin enlem, boylam ve yüksekliklerin standart sapmaları Çizelge 6.6, 6.7 ve 6.8'de, hata oranlarının zamana göre çizilmiş olan grafikler Şekil 6.6, 6.7, 6.8'de verilmiştir. 20 km'den uzun bazlarda ionosfer etkisi değerlendirme sonuçlarında gözlenmiştir.

1 saatlik veriler kullanılarak elde edilen sonuçlarda önceki bazlarda olduğu gibi büyük standart sapmaların çıktığı gözlenmiştir. Ayrıca ölçme süresinin artması ile standart sapmalarda küçülme bu bazlarda da görülmektedir. 20 km'den uzun bazlarda hesaplanan standart sapma değerlerinde büyük farklar görülmektedir. Bu farkların görüldüğü veri incelendiğinde uydu dağılımının zayıf veya az sayıda uydu bulunduğu görülmüştür. Böylece konum hassasiyetinin yalnızca ölçüm süresi ve baz mesafesine bağlı olmadığı aynı zamanda uydu dağılımı ve sayısına da bağlı olduğu görülmektedir

Çizelge 6.6 KRTL Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_ϕ (mm)	σ_λ (mm)	σ_h (mm)
TUBI KRTL	Dar Aralık	1	23	16,58	16,58	17,81
	L1			16,35	16,35	17,21
TUBI KRTL	Dar Aralık	2	23	15,42	15,42	15,73
	L1			16,18	16,18	16,38
TUBI KRTL	Dar Aralık	4	23	14,45	14,45	14,54
	L1			11,07	11,07	11,13
TUBI KRTL	Dar Aralık	6	23	12,40	12,40	12,54
	L1			9,39	9,39	9,47
TUBI KRTL	Dar Aralık	8	23	11,87	11,87	11,97
	L1			9,32	9,32	9,39
TUBI KRTL	Dar Aralık	10	23	8,19	8,19	8,24
	L1			6,06	6,06	6,09



Şekil 6.6 KRTL - NL ve L1 frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

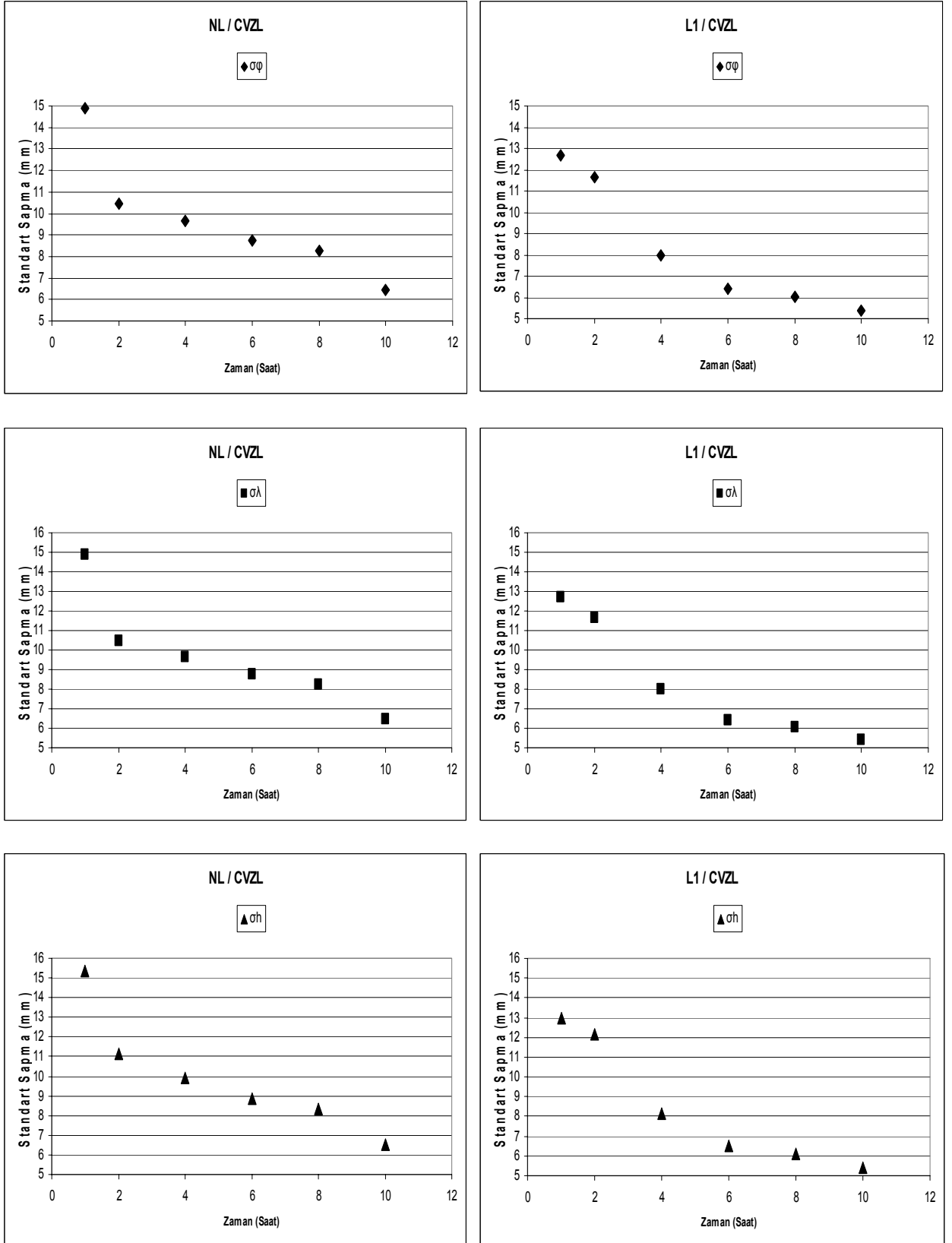
Çizelge 6.7 CVZL Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI CVZL	Dar Aralık	1	28	14,87	14,87	15,34
	L1			12,68	12,68	12,95
TUBI CVZL	Dar Aralık	2	28	10,46	10,46	11,13
	L1			11,64	11,64	12,16
TUBI CVZL	Dar Aralık	4	28	9,65	9,65	9,93
	L1			7,99	7,99	8,15
TUBI CVZL	Dar Aralık	6	28	8,74	8,74	8,87
	L1			6,43	6,43	6,50
TUBI CVZL	Dar Aralık	8	28	8,24	8,24	8,32
	L1			6,05	6,05	6,09
TUBI CVZL	Dar Aralık	10	28	6,46	6,46	6,50
	L1			5,39	5,39	5,42

CVZL test noktasına ait 1 saatlik veri kullanılarak elde edilen standart sapma değerlerinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Veri grubu incelendiğinde, seçilen saat aralığında uydu sayısının (7 uydu) az olduğu görülmüştür. Uydu sayısının değerlendirmede ki etkisini araştırmak için saat aralığı değiştirilerek, daha fazla uydu (9 uydu) gözlenen zaman aralığı belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.8’de görülmektedir.

Çizelge 6.8 Uydu sayısı – standart sapma ilişkisi

		9 Uydu ile elde edilen sonuçlar			7 Uydu ile elde edilen sonuçlar		
Baz Noktaları	Frekans	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI CVZL	Dar Aralık	14,87	14,87	15,34	138,52	138,52	179,68
	L1	12,68	12,68	12,95	124,14	124,14	152,85



Şekil 6.7 CVZL - NL frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

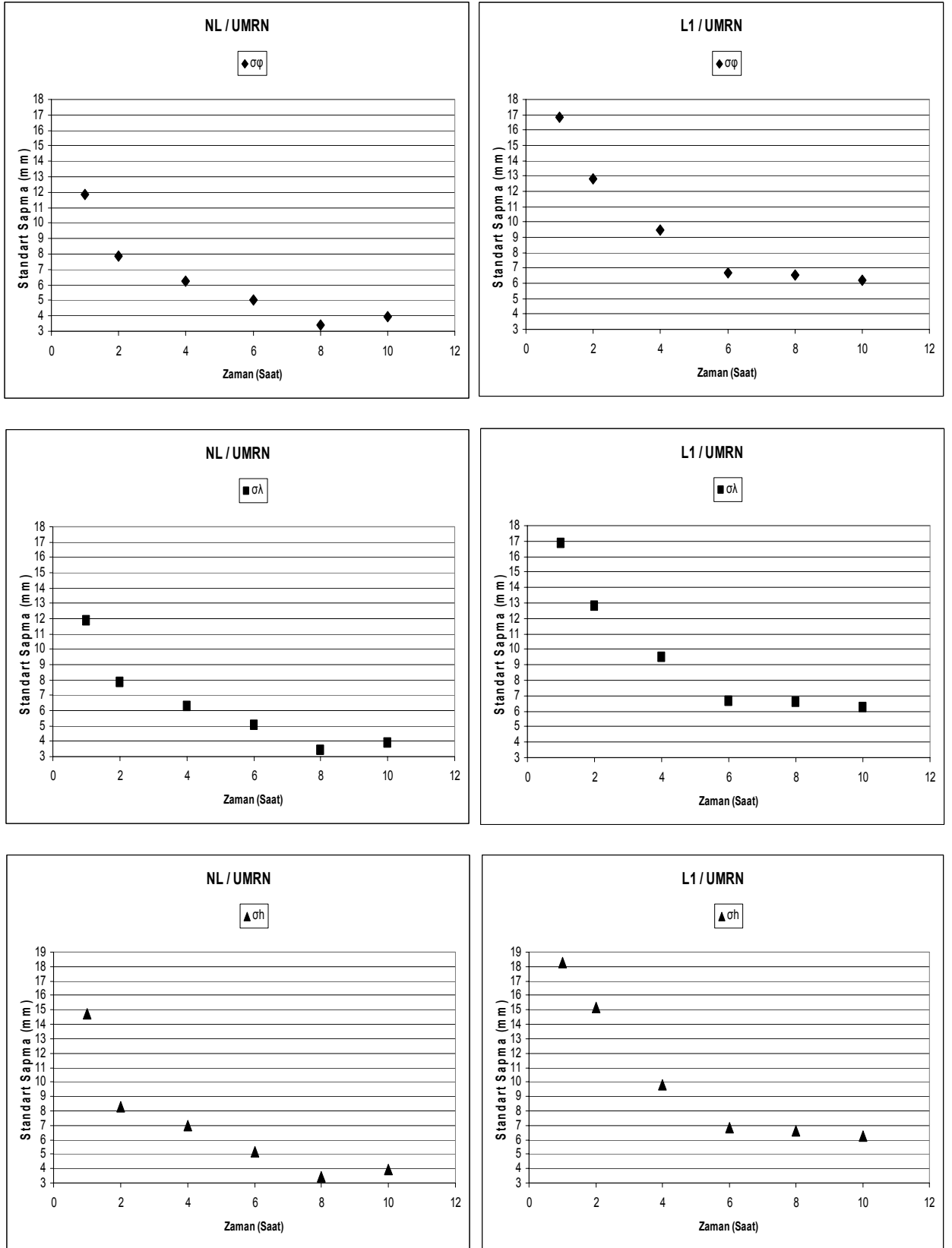
Çizelge 6.9 UMRN Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (km)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI UMRN	Dar Aralık	1	38	11,88	11,88	14,75
	L1			16,87	16,87	18,24
TUBI UMRN	Dar Aralık	2	38	7,85	7,85	8,31
	L1			18,81	18,81	21,13
TUBI UMRN	Dar Aralık	4	38	6,26	6,26	6,98
	L1			9,47	9,47	9,78
TUBI UMRN	Dar Aralık	6	38	5,04	5,04	5,18
	L1			6,67	6,67	6,81
TUBI UMRN	Dar Aralık	8	38	3,40	3,40	3,47
	L1			6,55	6,55	6,61
TUBI UMRN	Dar Aralık	10	38	3,92	3,92	3,97
	L1			6,23	6,23	6,29

UMRN noktasına ait 1 saatlik veri kullanılarak elde edilen standart sapma değerlerinin CVZL noktasına benzer şekilde, çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Veri grubu incelendiğinde, seçilen saat aralığında uydu sayısının (6 uydu) az olduğu görülmüştür. Uydu sayısının değerlendirmedeki etkisini araştırmak için saat aralığı değiştirilerek, daha fazla uydu (9 uydu) gözlenen zaman aralığı belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.10’de görülmektedir.

Çizelge 6.10 Uydu sayısı – standart sapma ilişkisi

		6 Uydu ile elde edilen sonuçlar			9 Uydu ile elde edilen sonuçlar		
Baz Noktaları	Frekans	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI UMRN	Dar Aralık	121,32	121,32	161,34	11,88	11,88	14,75
	L1	113,51	113,51	142,81	16,87	16,87	18,24



Şekil 6.8 UMRN – NL frekans tipleri için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

6.2 Baz Uzunluğunun Konum Doğruluğuna Etkisinin İrdelenmesi

Dar Aralık ve L1 frekansları için mesafeye bağlı hata oranlarının belirlenmesi amacıyla değerlendirme ve dengeleme sonrasında elde edilmiş olan nokta konum hatalarının, Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik bileşenleri için elde edilen sonuçları Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da verilmektedir.

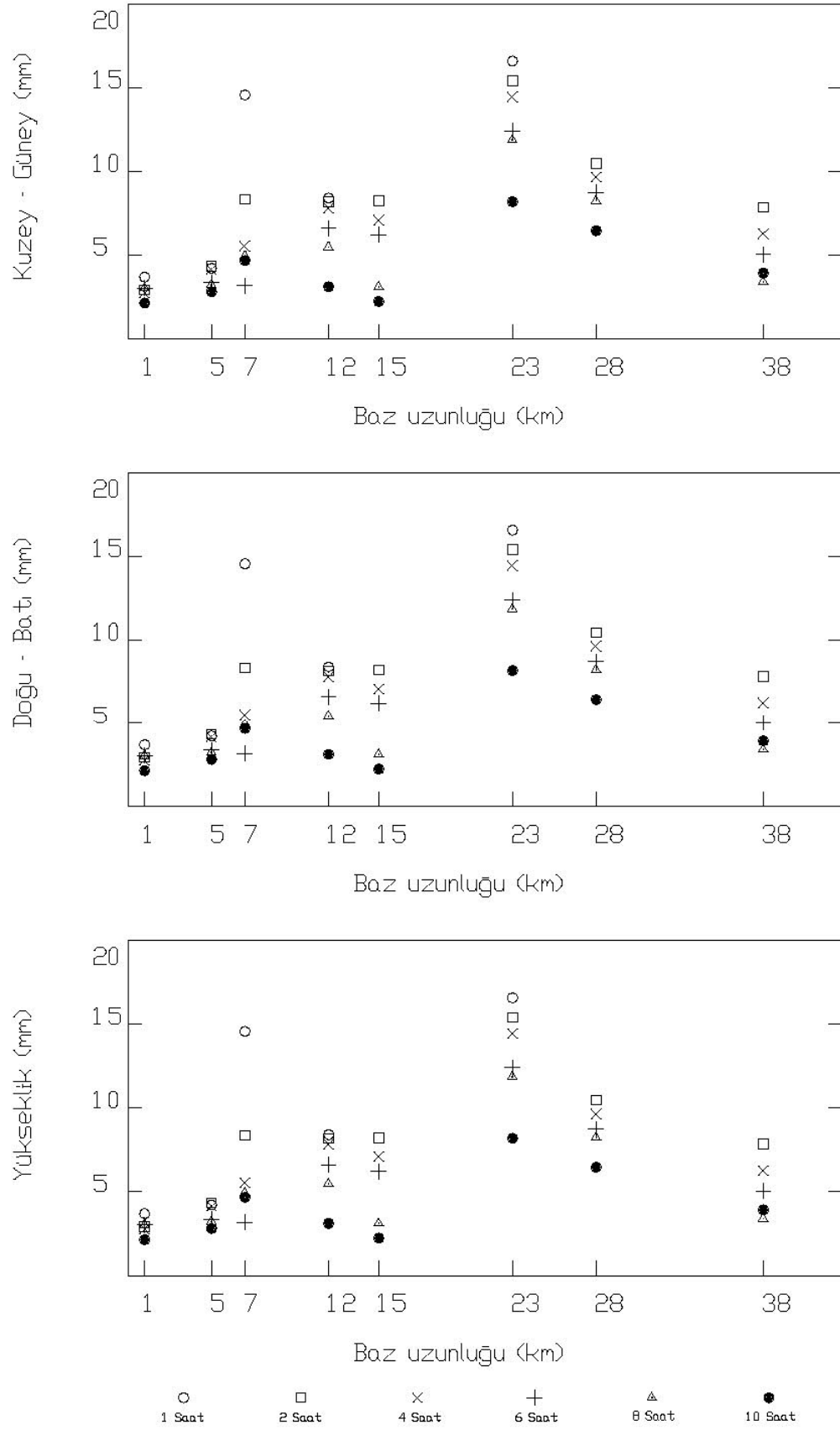
Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da kısa süreli ölçülerin artan mesafe ile birlikte hata oranlarının arttığı görülmektedir. Aynı süreli farklı mesafeli değerlendirmelerin, mesafe arttıkça doğruluğunun azaldığı, değerlerin yükseldiği görülmektedir. Ancak belli bir süreden sonra konum doğruluğunun çok değişmediği, yakın değerlerde seyrettiği görülmektedir.

Aynı mesafedeki farklı süreler ile elde edilen değerlerde, uzun süreli datanın çoğunlukla 2-3 kat oranla daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

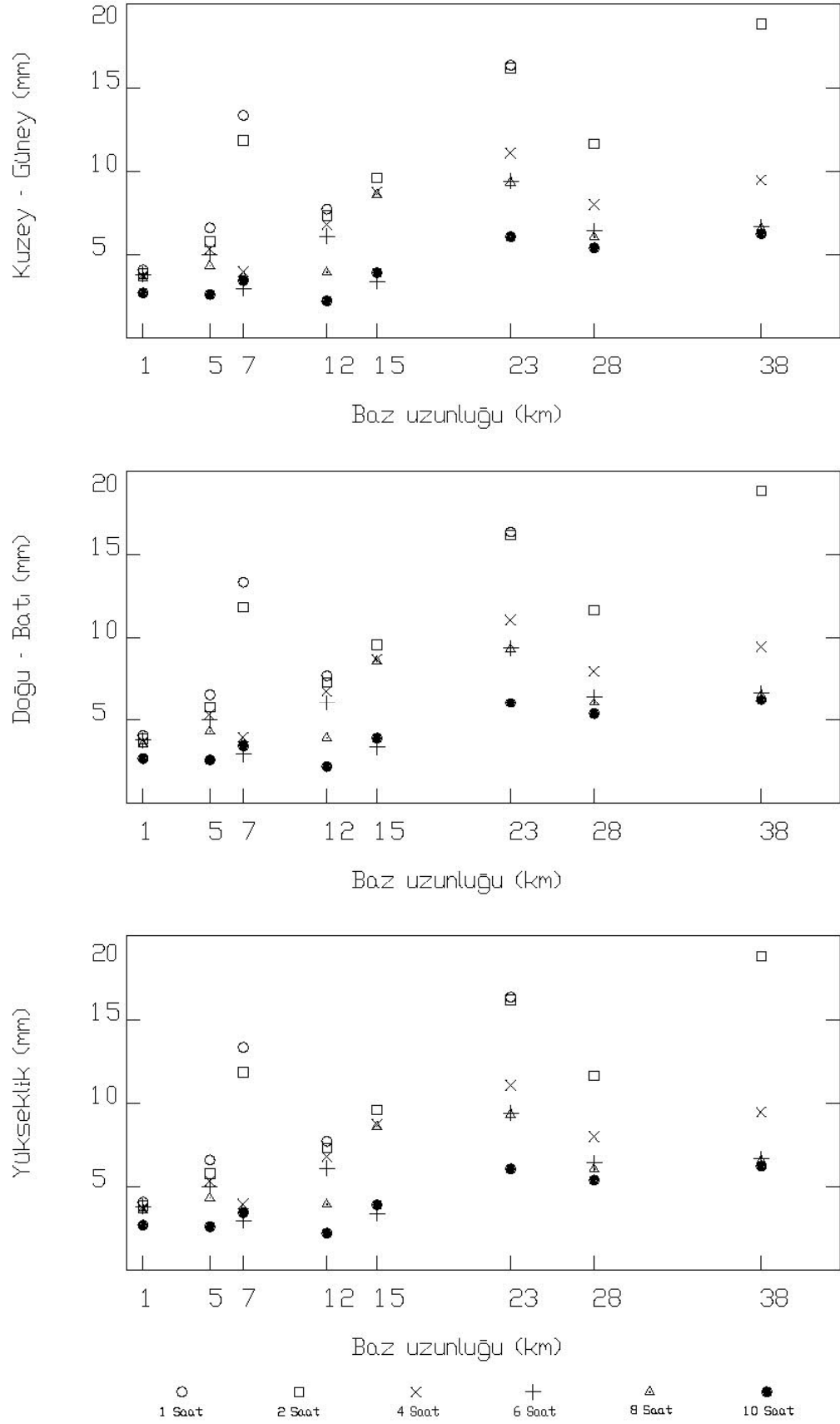
Ticari yazılımın uygulanmış olan atmosferik modelin 20 km ye kadar başarılı olduğu, ancak 20 km den sonra modelin yetersiz kaldığı ve bu data grupları arasındaki farkların arttığı gözlenmektedir.

L1 çözümlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Artan mesafeler ile birlikte standart sapmalarda artma gözlenmektedir. Özellikle TGO değerlendirme yazılımının 20 km den sonra L1 çözümünde zorlanması ve “Iono free” yöntemiyle çözüme geçmesi standart sapma değerlerinde küçülmeye neden olmaktadır.

Bundan dolayı 20 km den yakın konumlar için mesafeye bağlı standart sapmalar mesafe arttıkça yükselirken, 20 km den sonra doğrusal bir trend izlemediği gözlenmiştir. NL çözümlerinde ise azalan bir trend bulunmuştur.



Şekil 6.9 NL - Kuzey-Doğu-Yükseklik yönlerinde mesafeye bağlı hata oranları

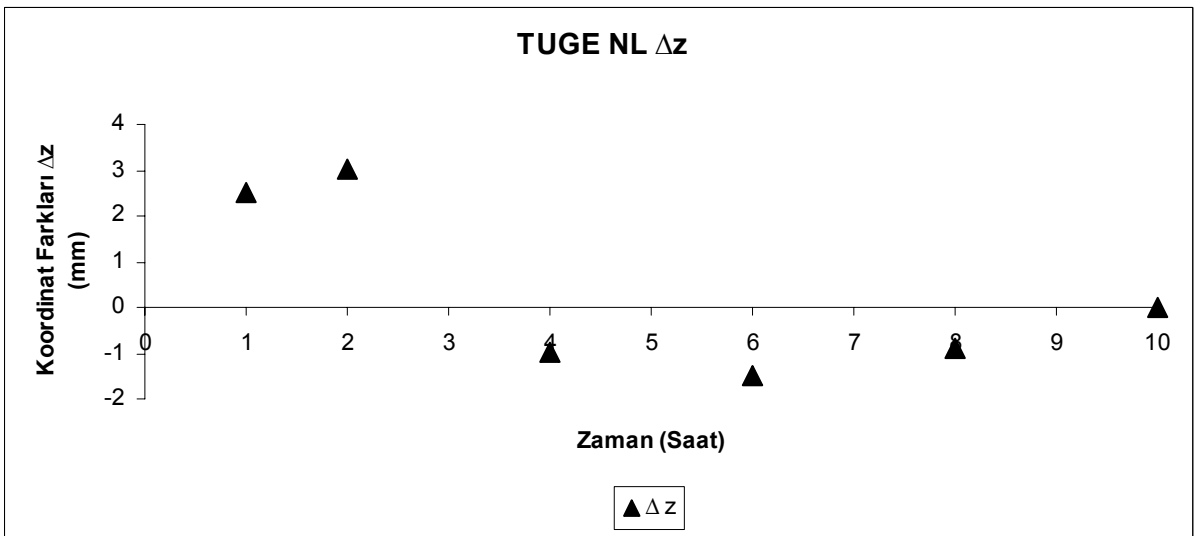
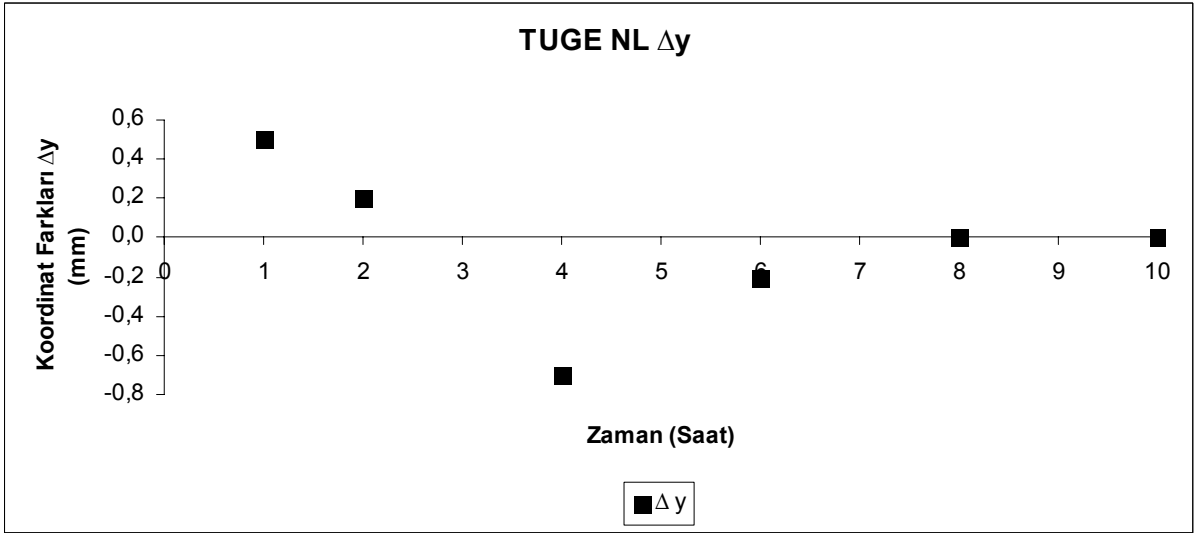
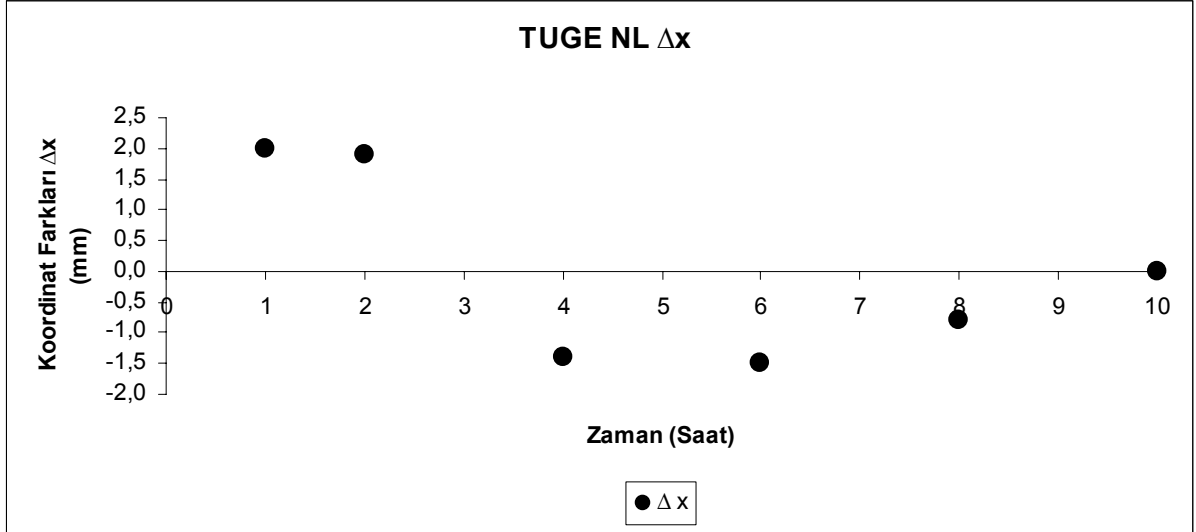


Şekil 6.10 L1 - Kuzey-Doğu-Yükseklik yönlerinde mesafeye bağlı hata oranları

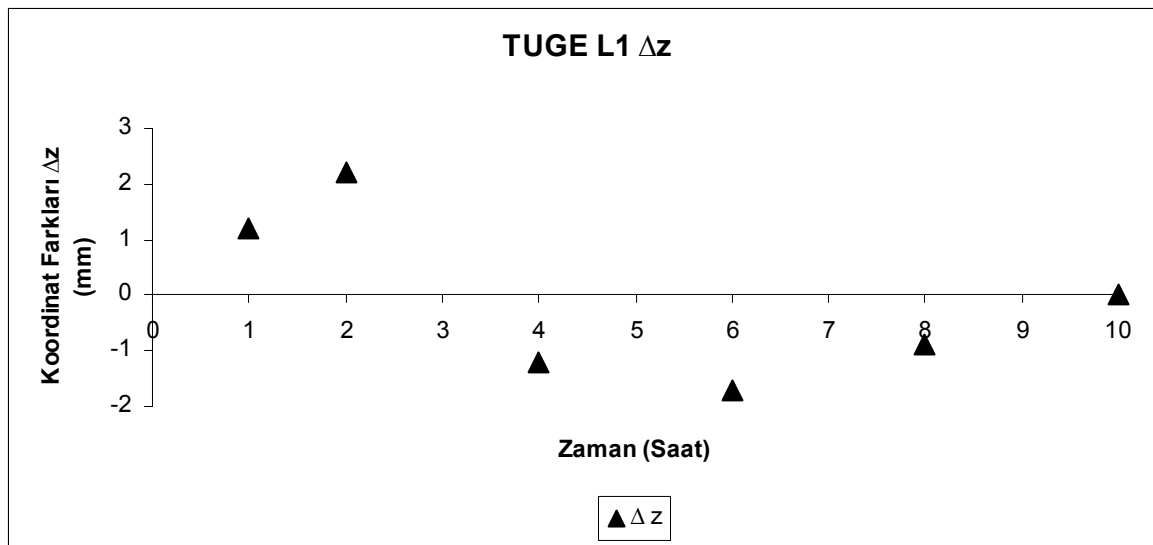
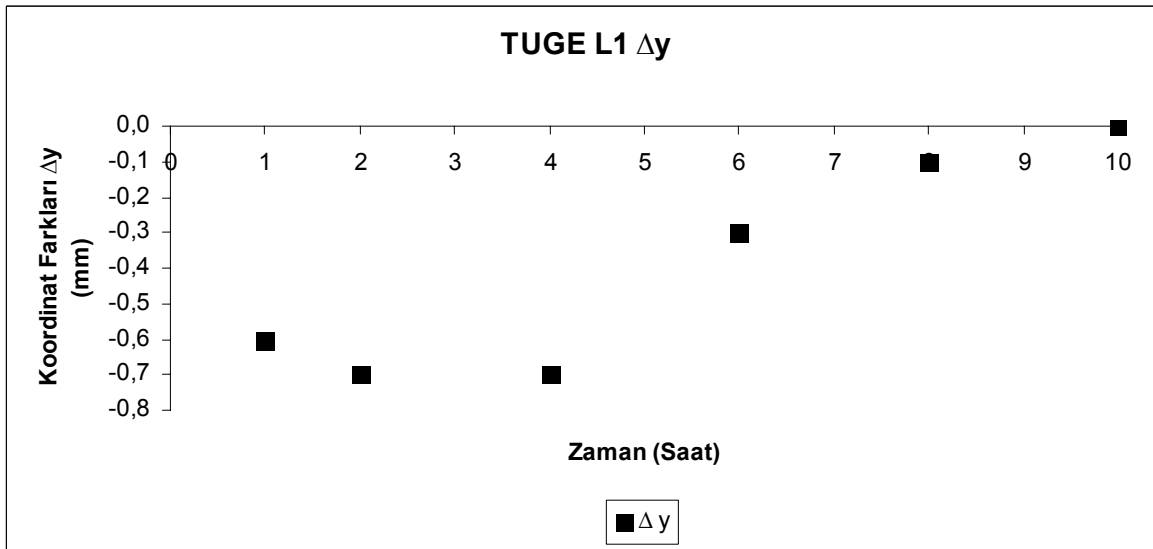
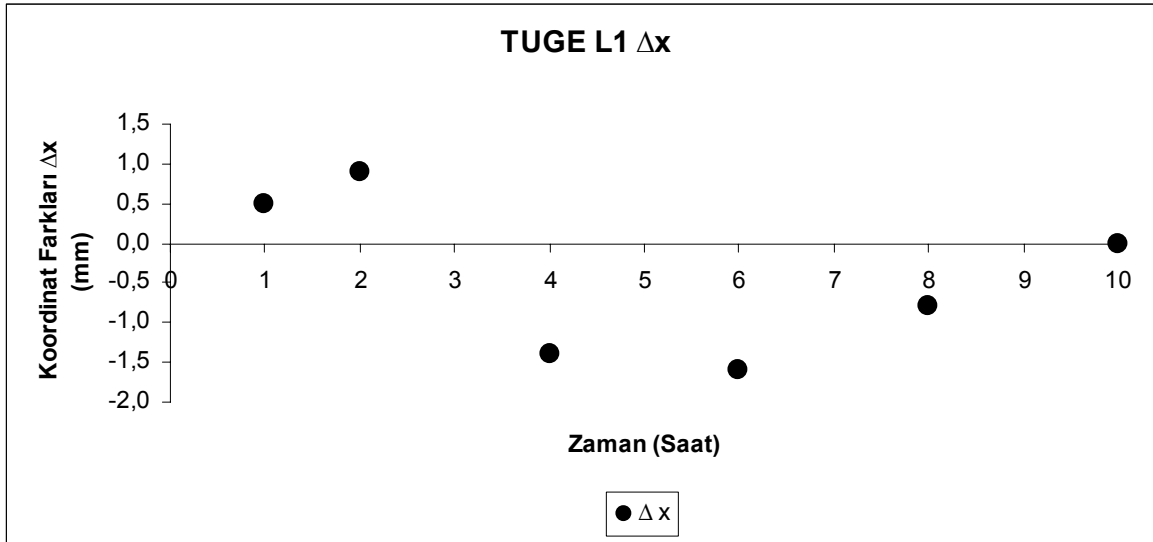
6.3 Ölçü Süresinin Koordinat Farklarına Etkisinin İrdelenmesi

Tüm test noktaları için 1, 2, 4, 6, 8 ve 10 saatlik veri grupları ile kartezyen koordinatlar ayrı ayrı hesaplanmıştır ve 10 saatlik veri grubundan elde edilen koordinatlar ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlar NL ve L1 frekansları için ayrı ayrı belirlenerek incelenmiş ve Şekil 6.11 ve 6.26 arasında gösterilmiştir.

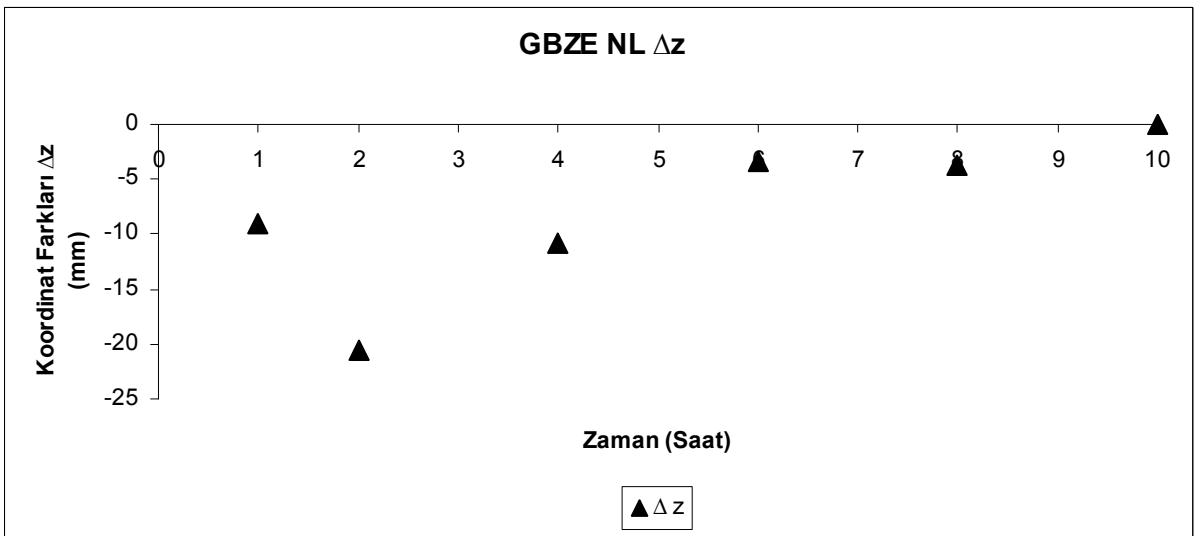
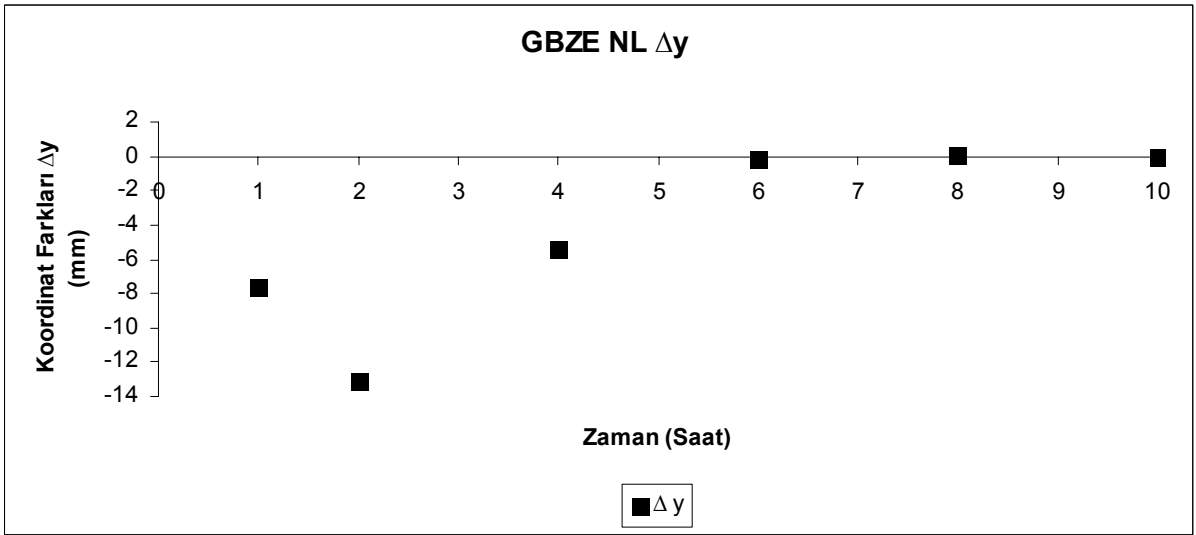
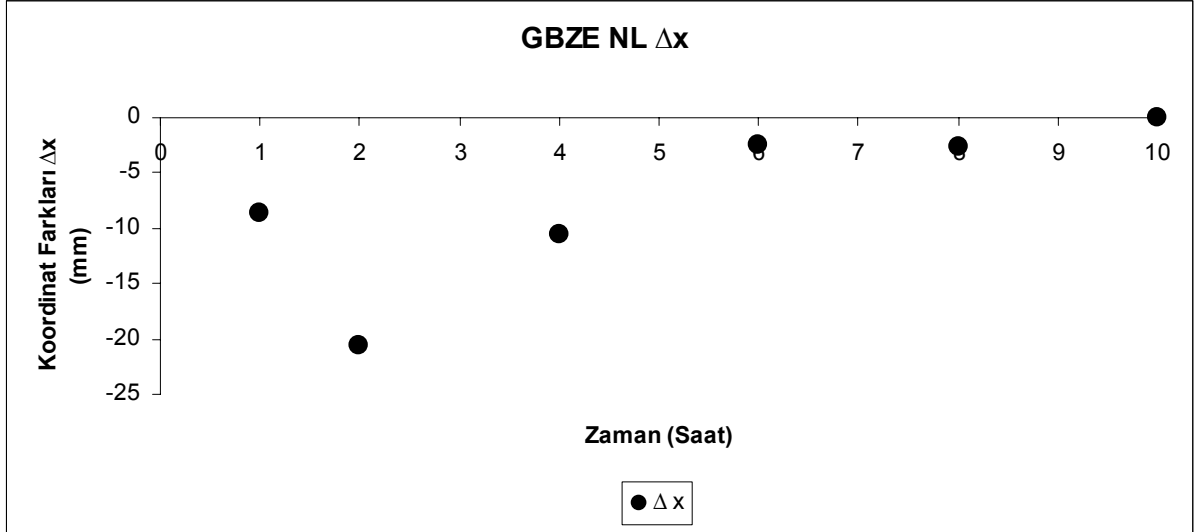
Ölçüm süresi arttıkça elde edilen doğruluğun da arttığı gözlenmiştir. 10 km den küçük olan bazlardaki farkların daha küçük olduğu görülmektedir. Genel olarak 6 saatlik toplanan veri grubundan itibaren elde edilen değerlerin birbirlerine yaklaştığı gözlenmiştir.



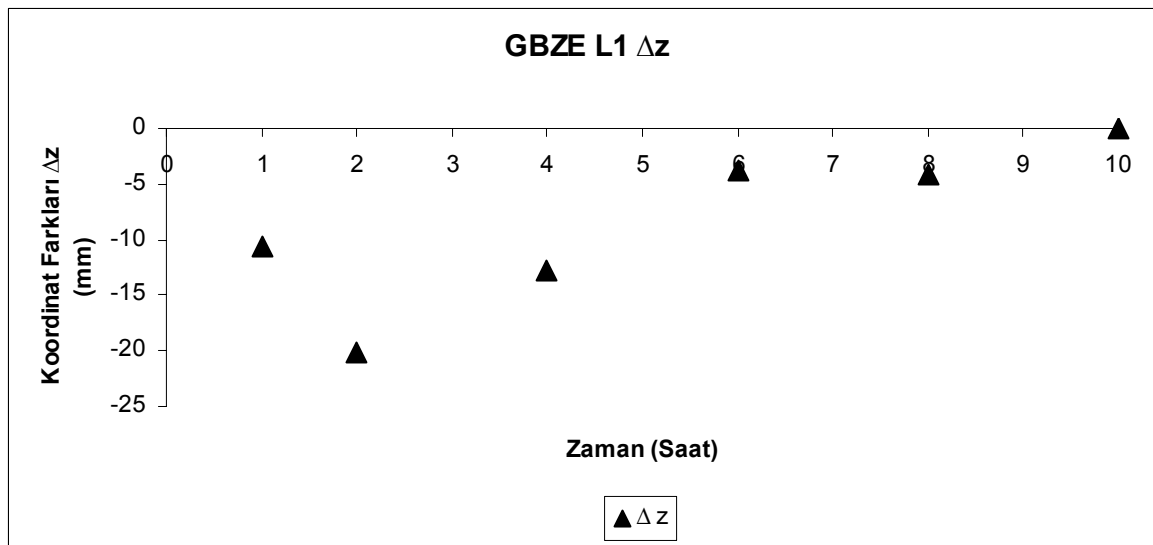
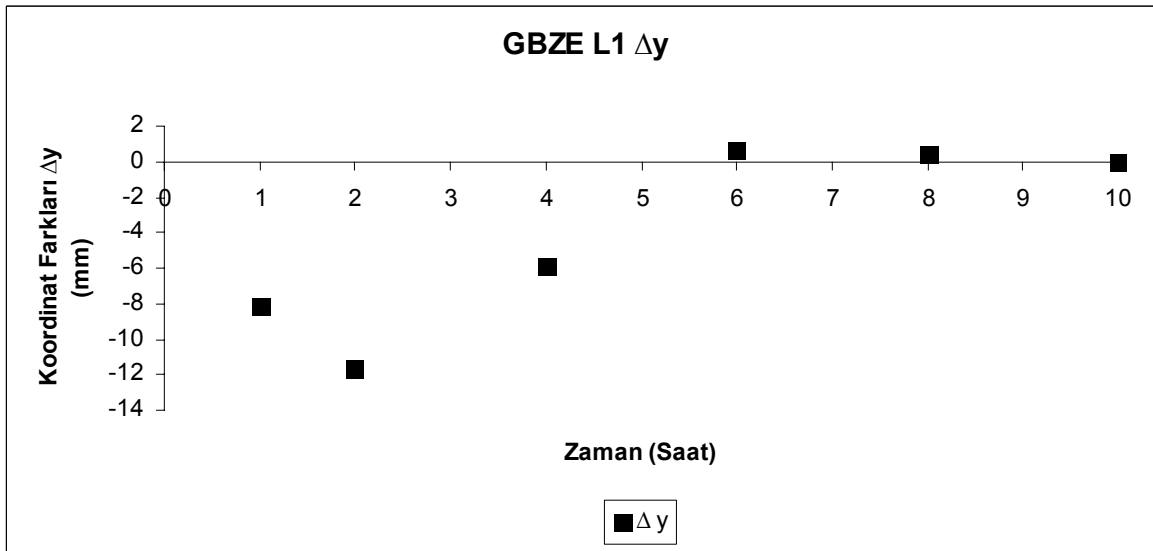
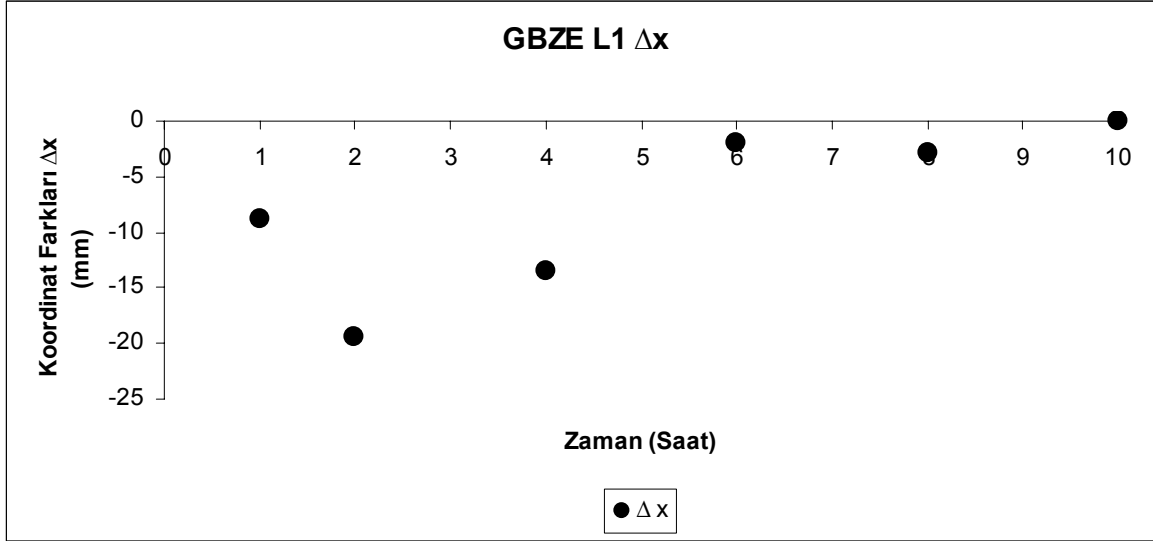
Şekil 6.11 TUGE NL koordinat farkları



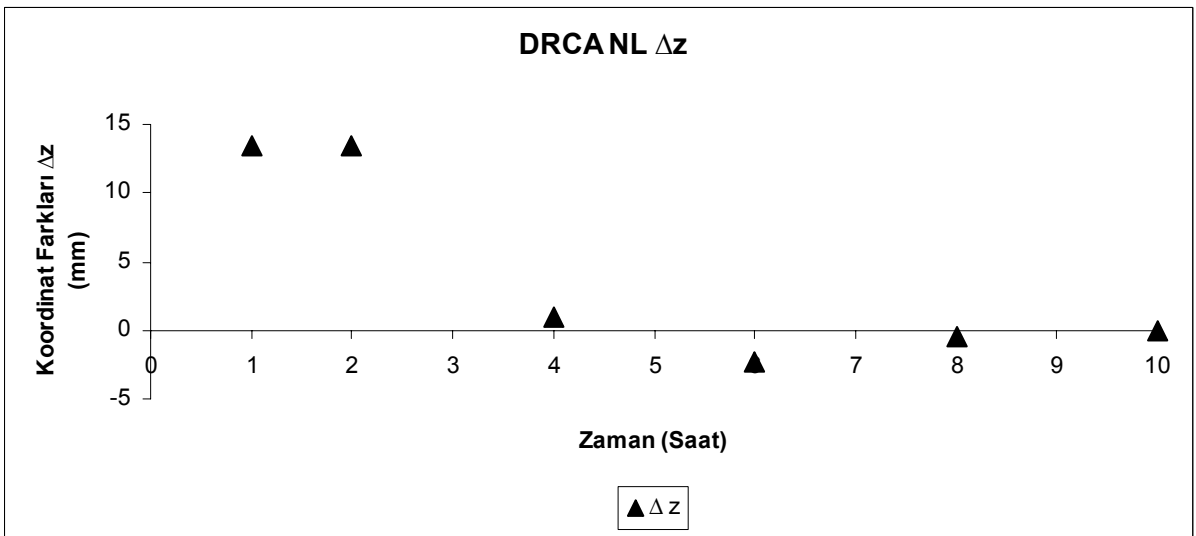
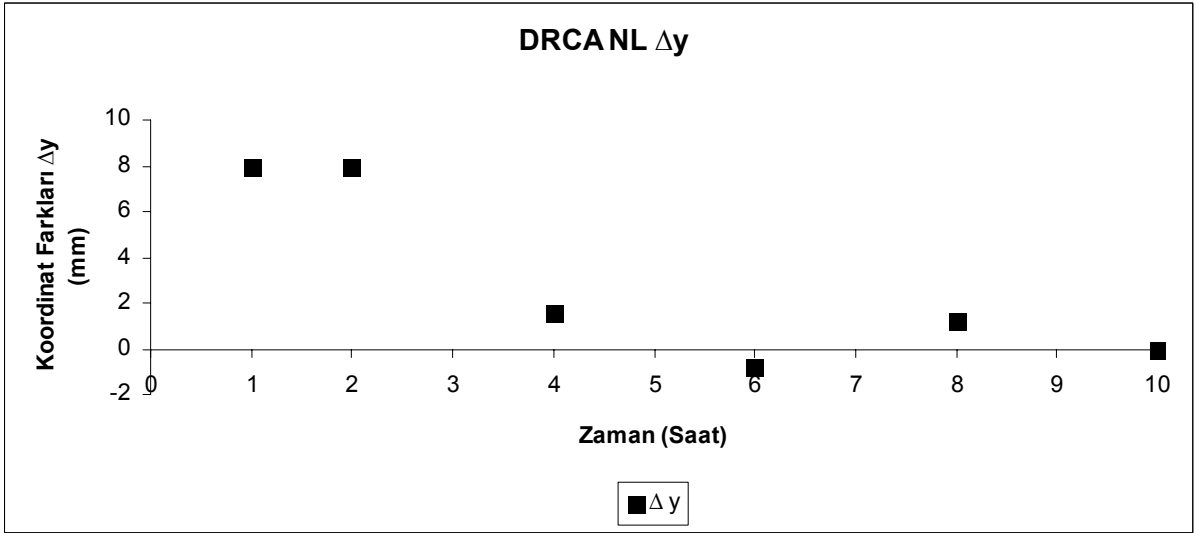
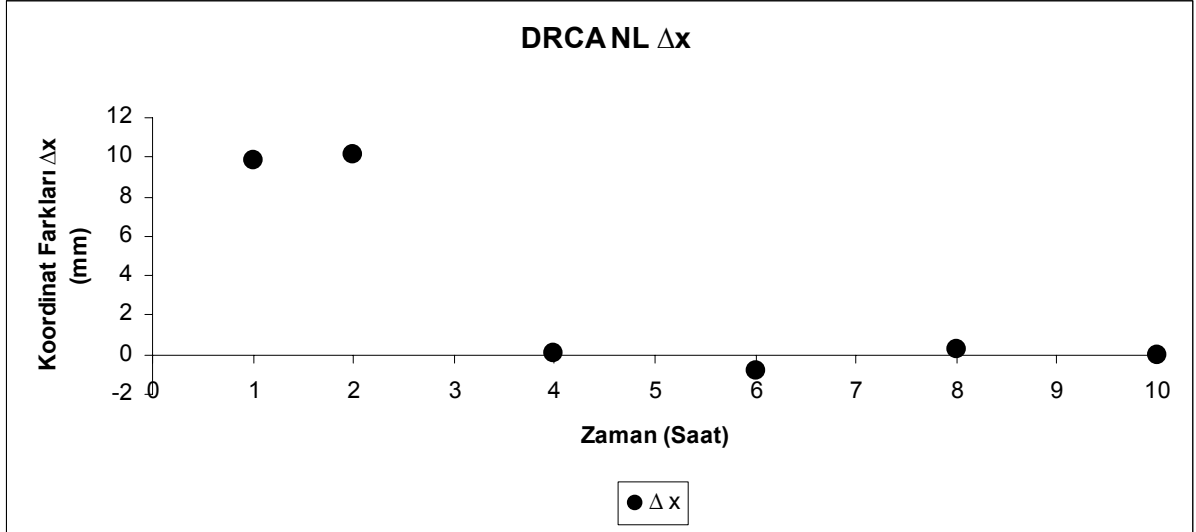
Şekil 6.12 TUGE L1 koordinat farkları



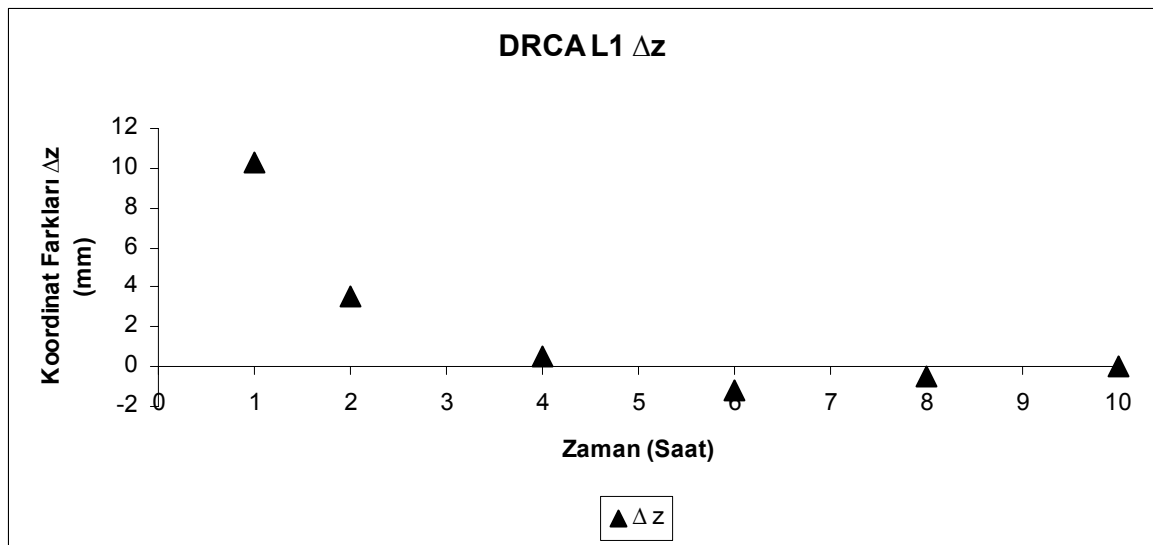
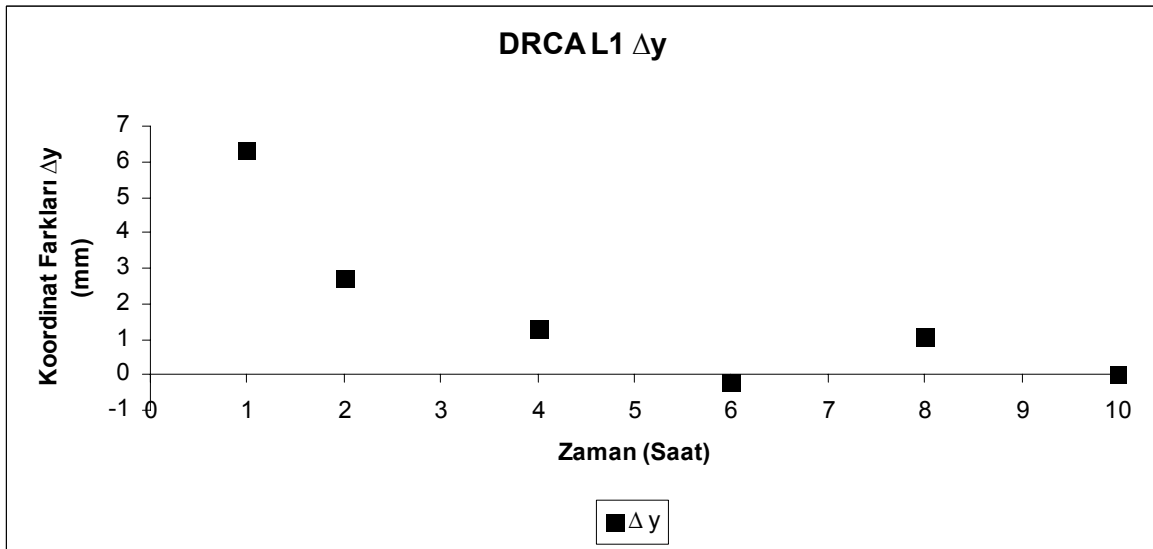
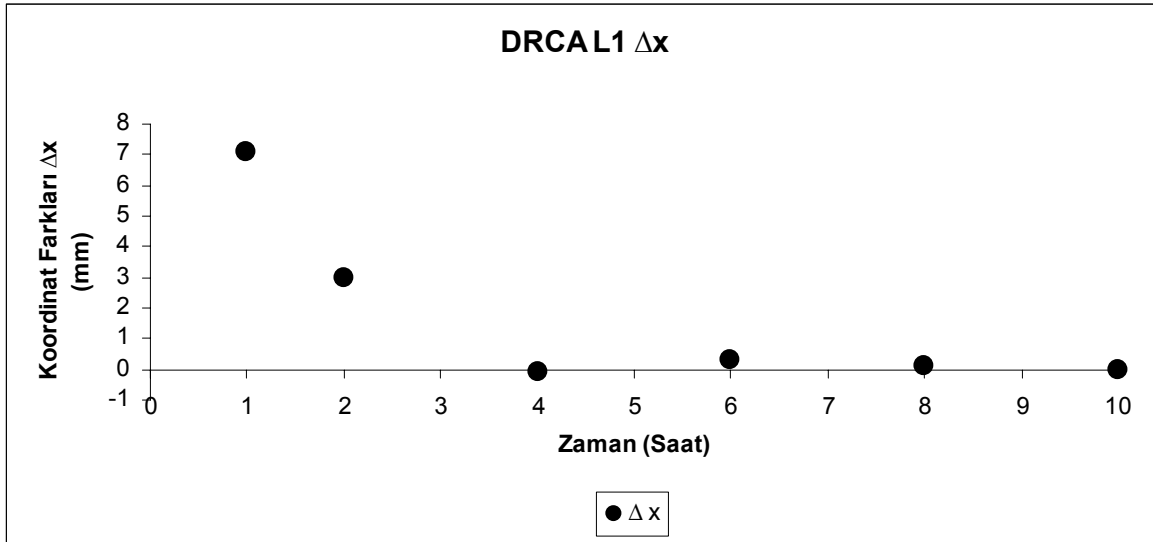
Şekil 6.13 GBZE NL koordinat farkları



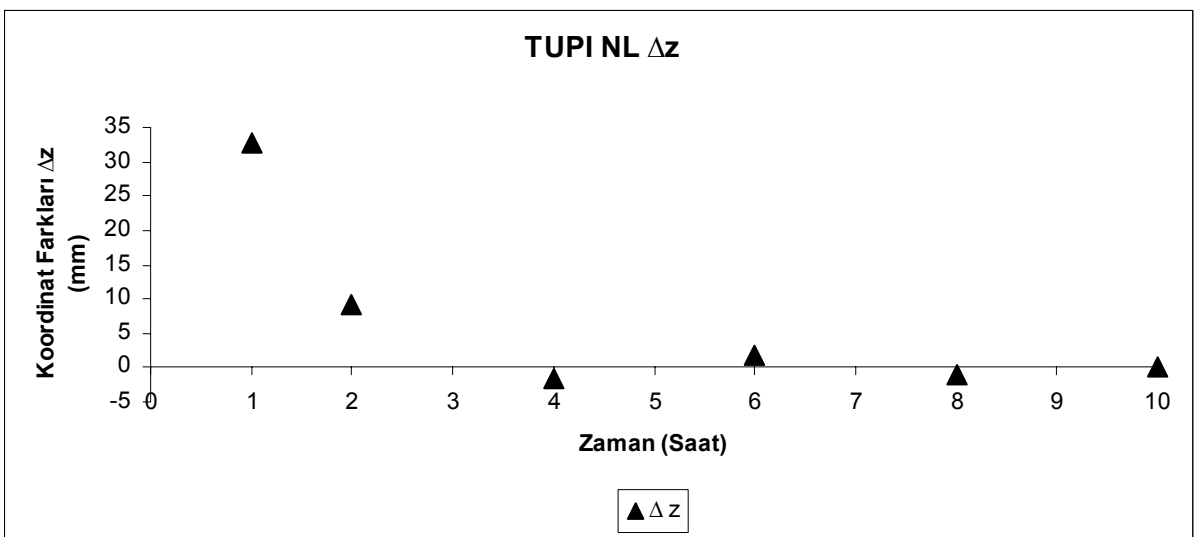
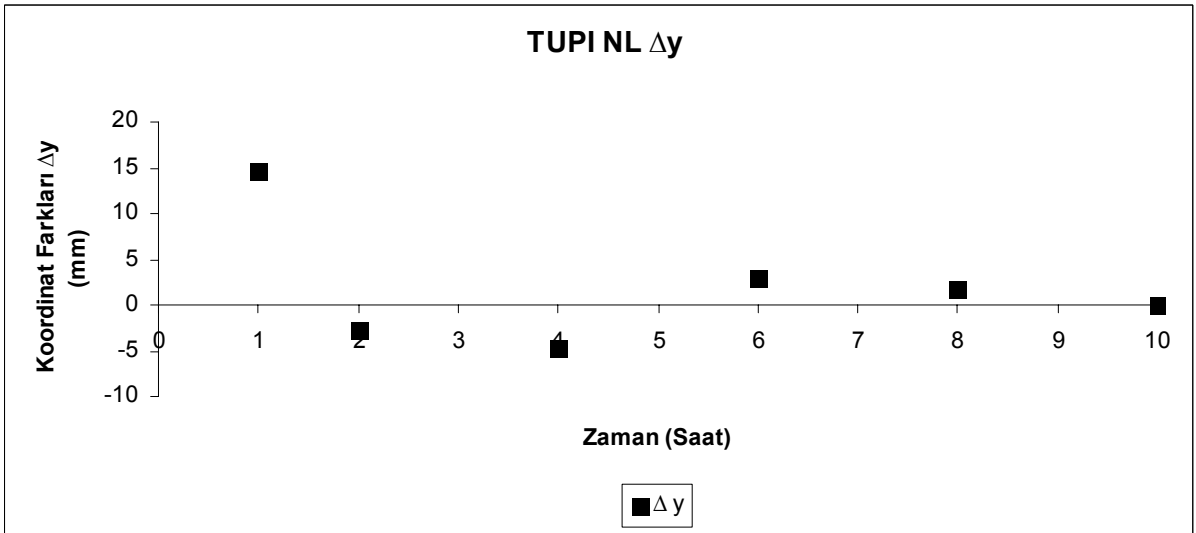
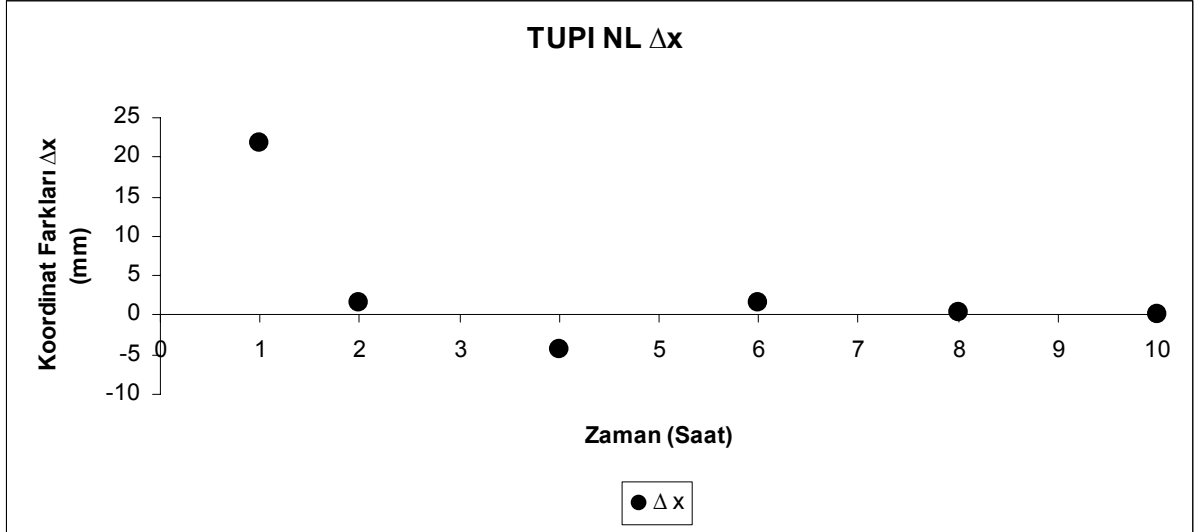
Şekil 6.14 GBZE L1 koordinat farkları



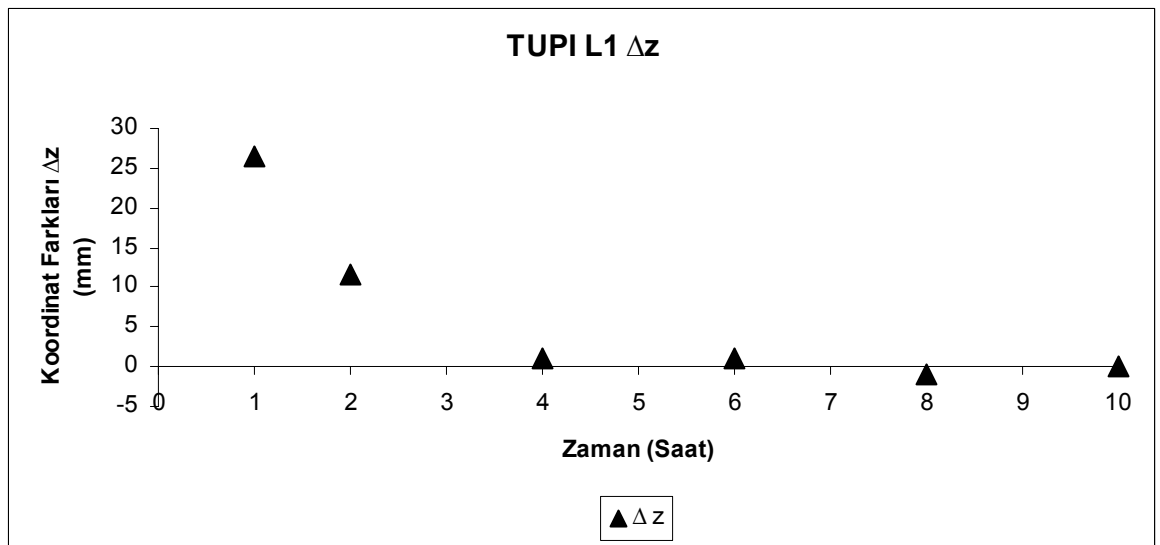
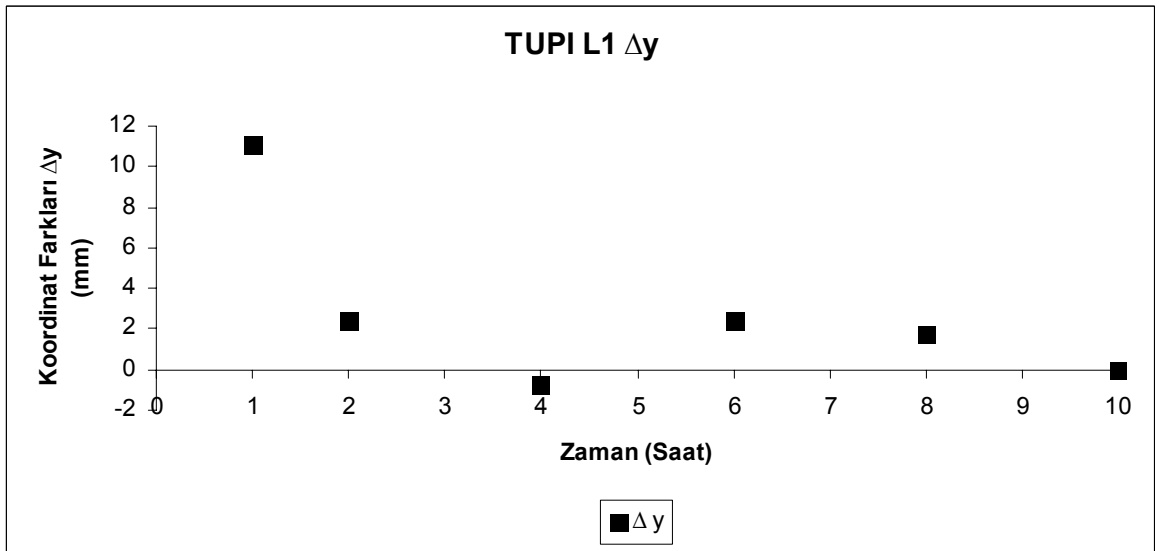
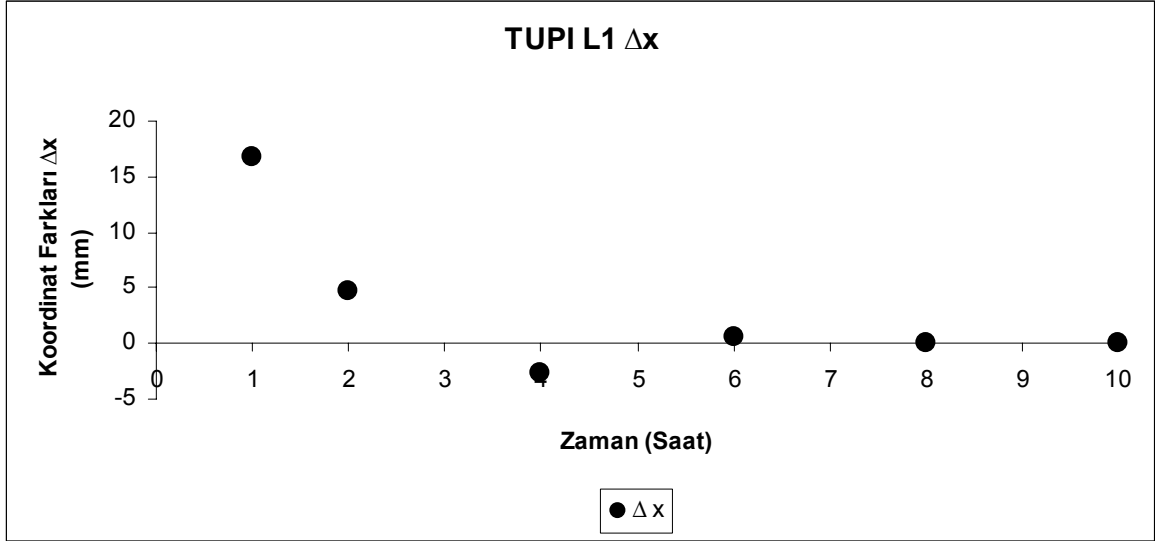
Şekil 6.15 DRCA NL koordinat farkları



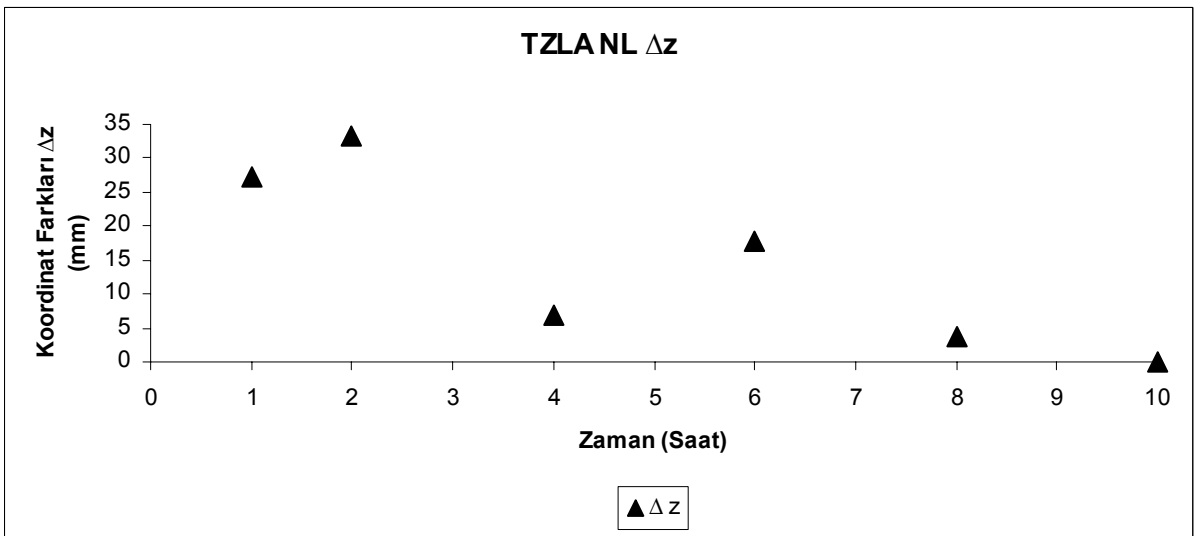
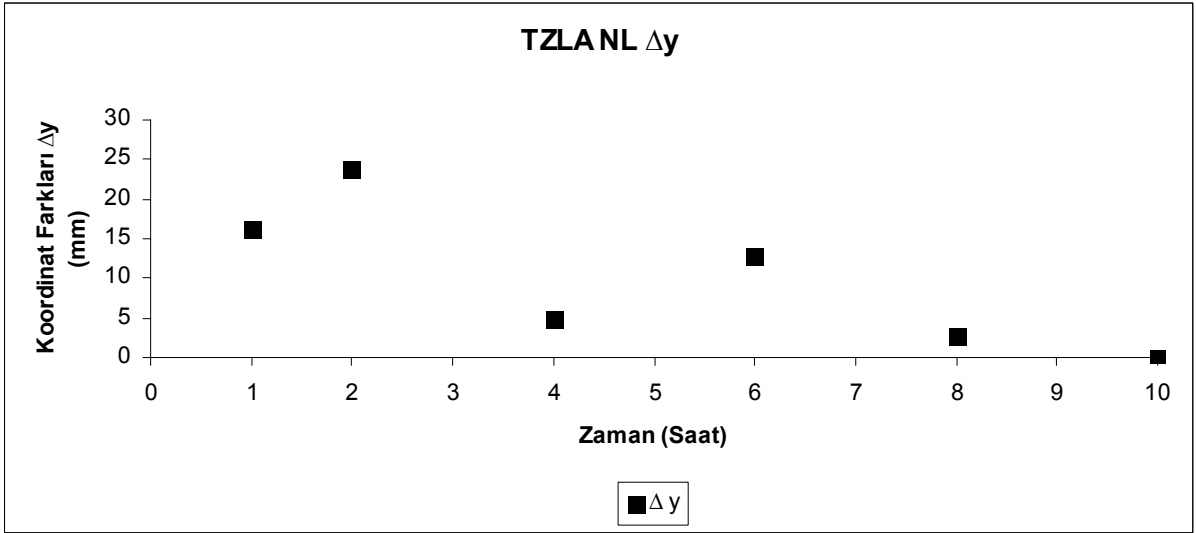
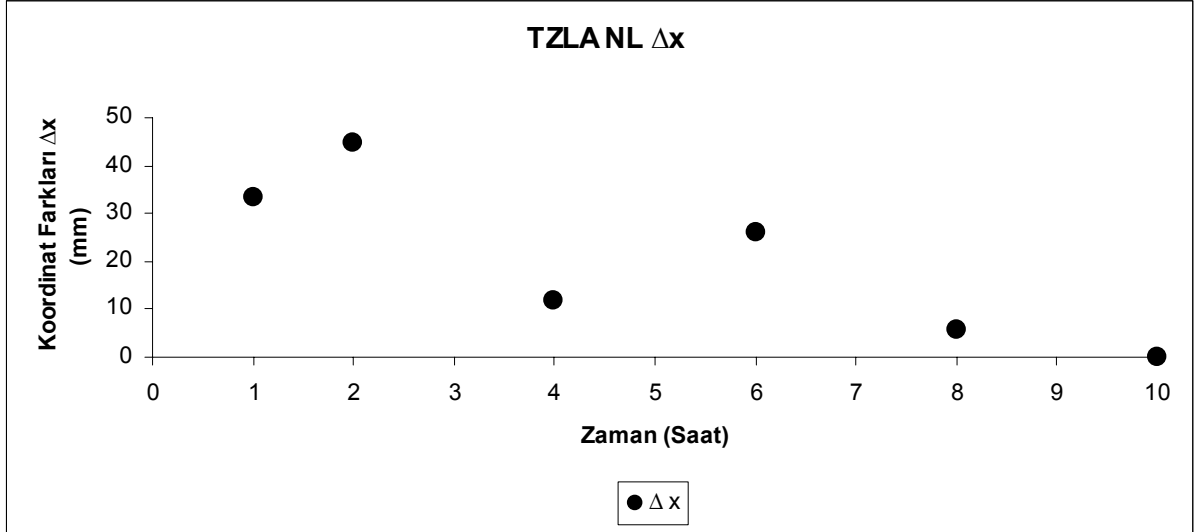
Şekil 6.16 DRCA L1 koordinat farkları



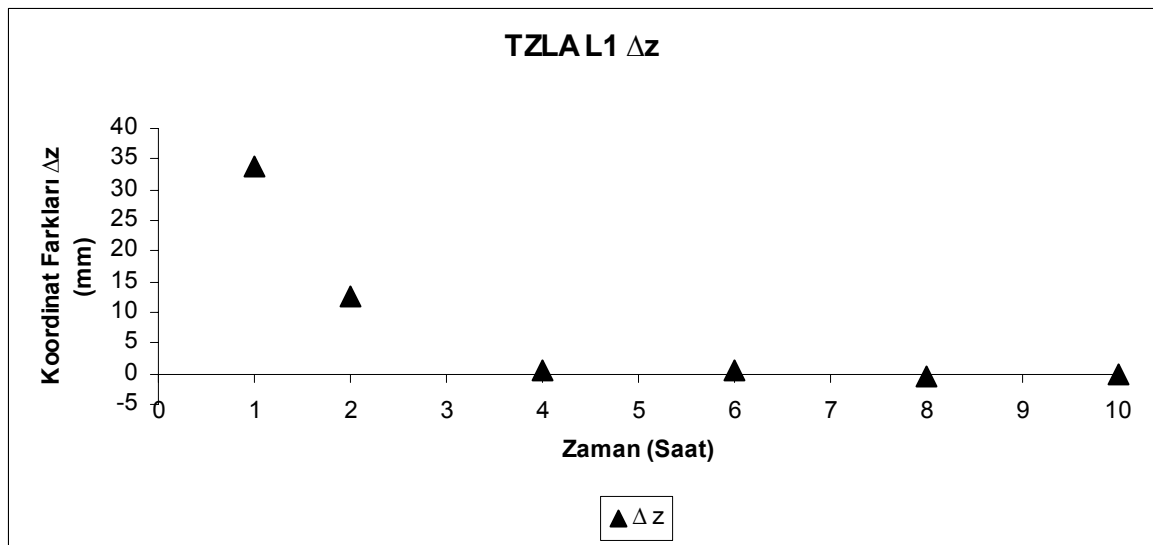
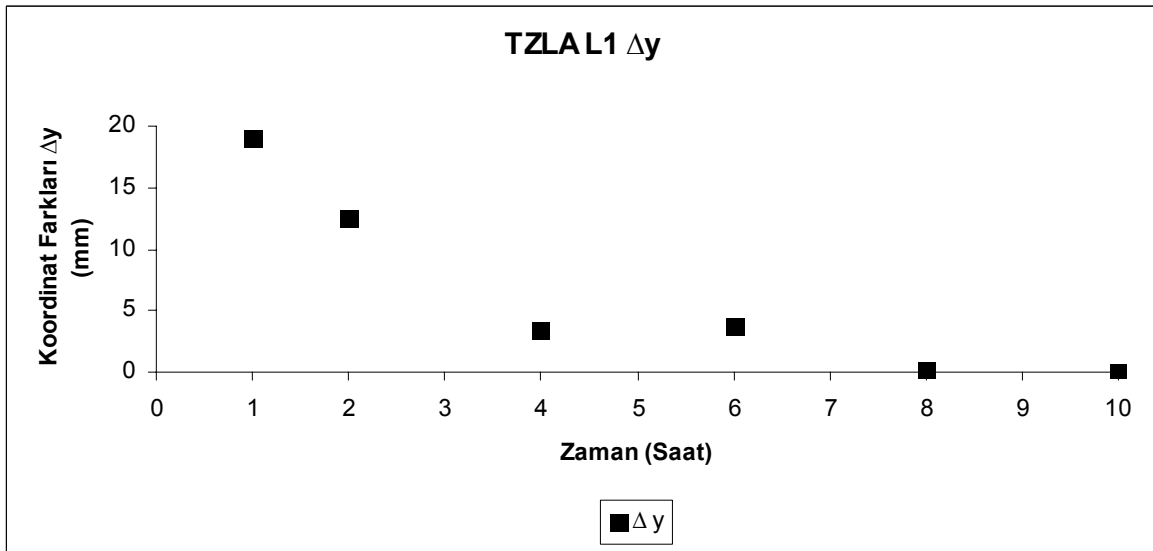
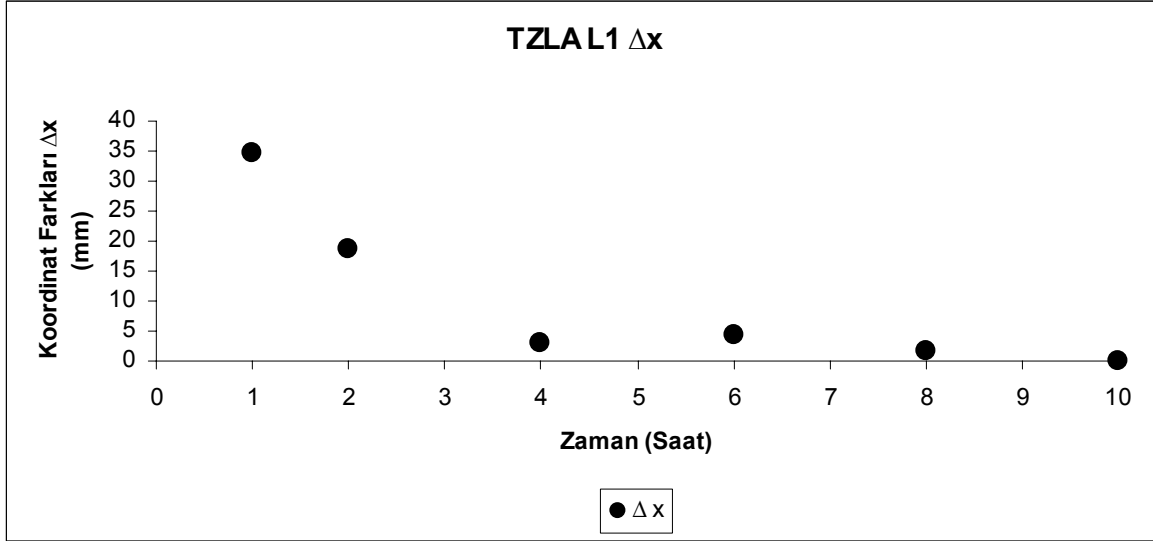
Şekil 6.17 TUPI NL koordinat farkları



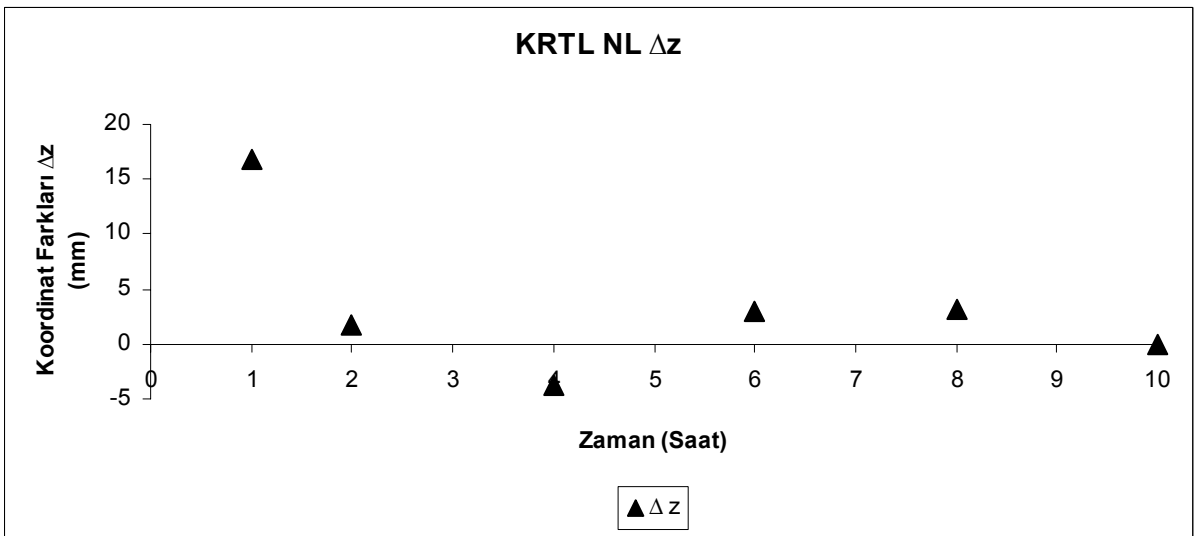
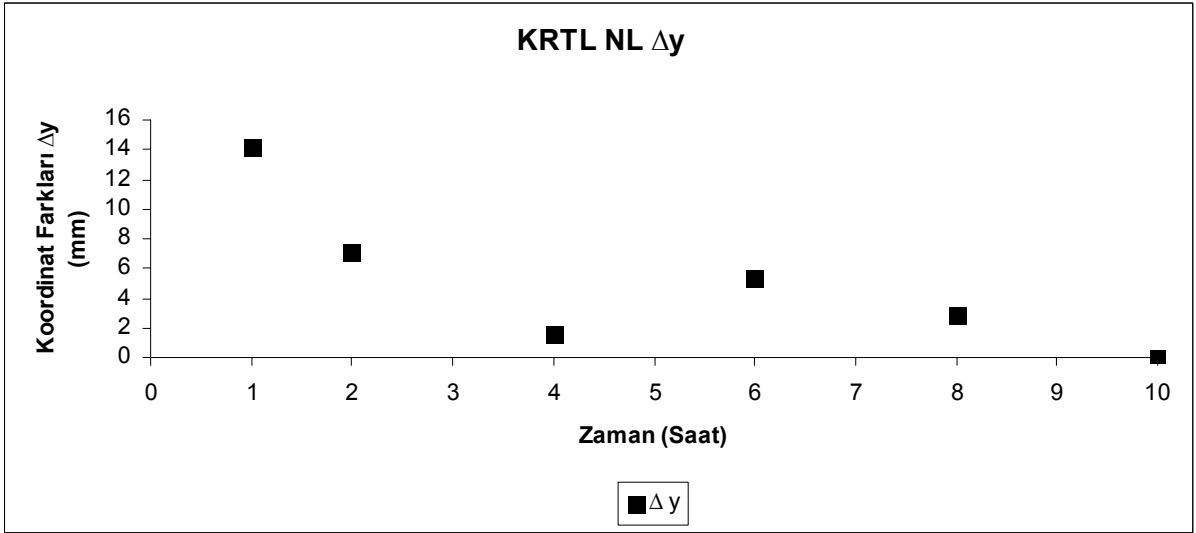
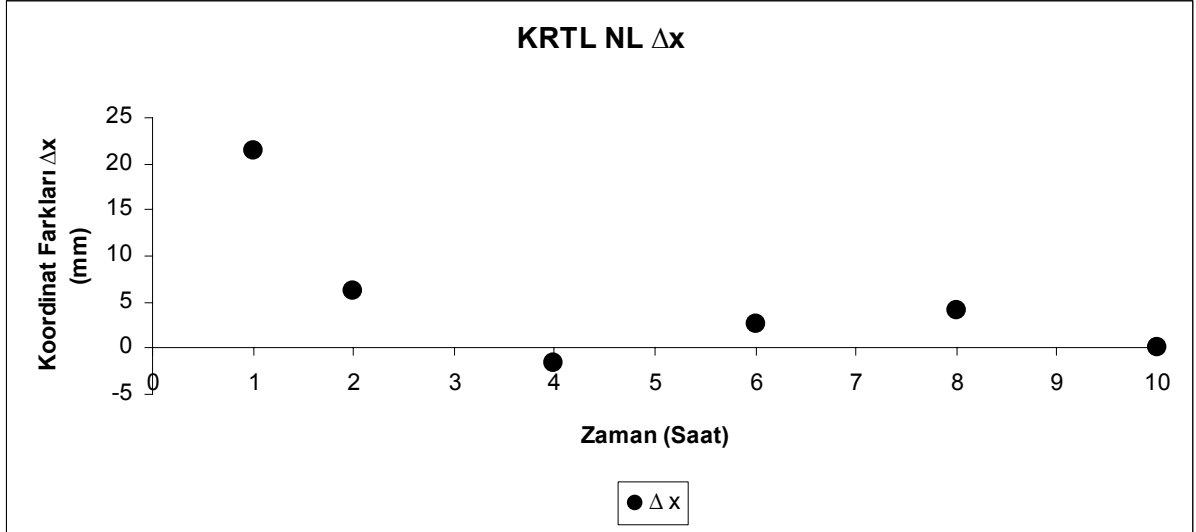
Şekil 6.18 TUPI L1 koordinat farkları



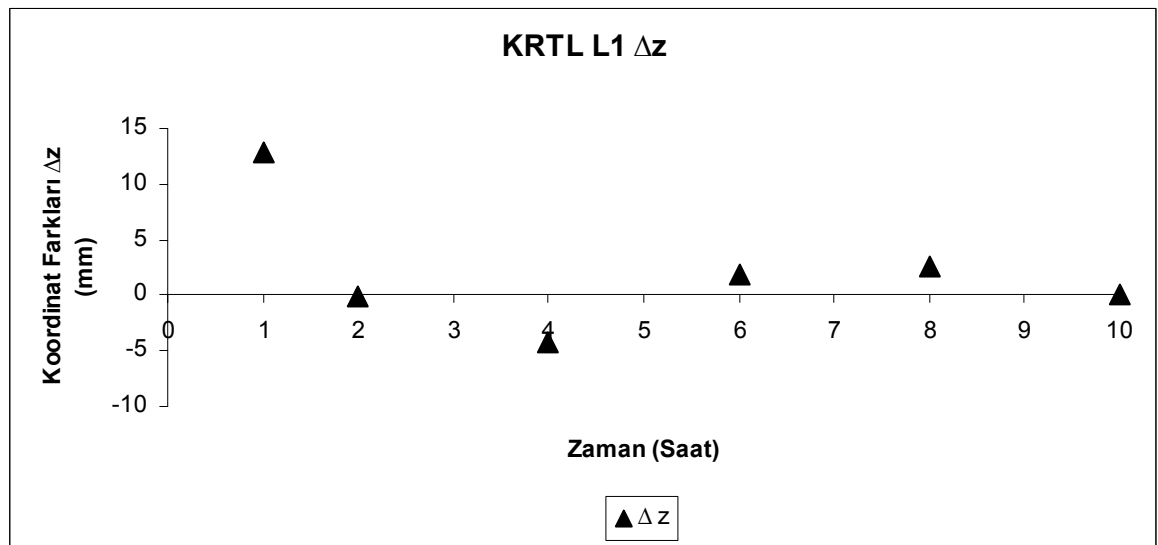
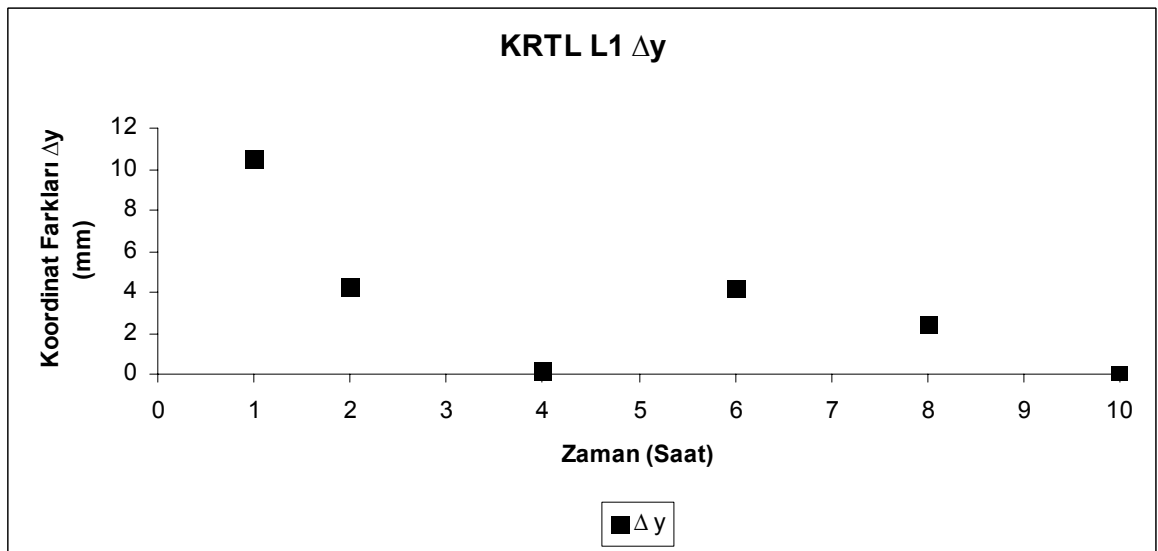
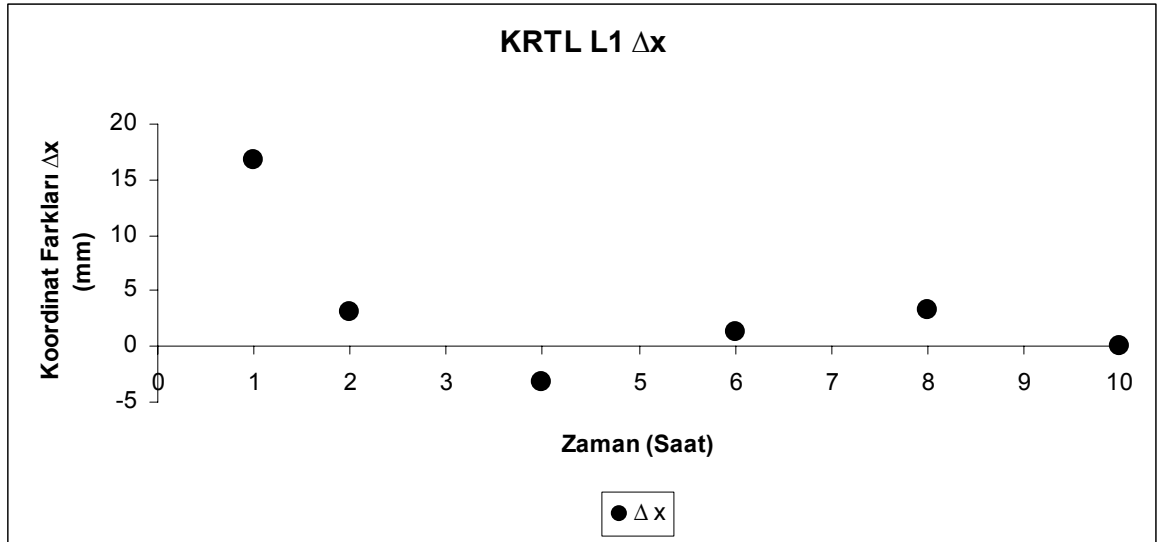
Şekil 6.19 TZLA NL koordinat farkları



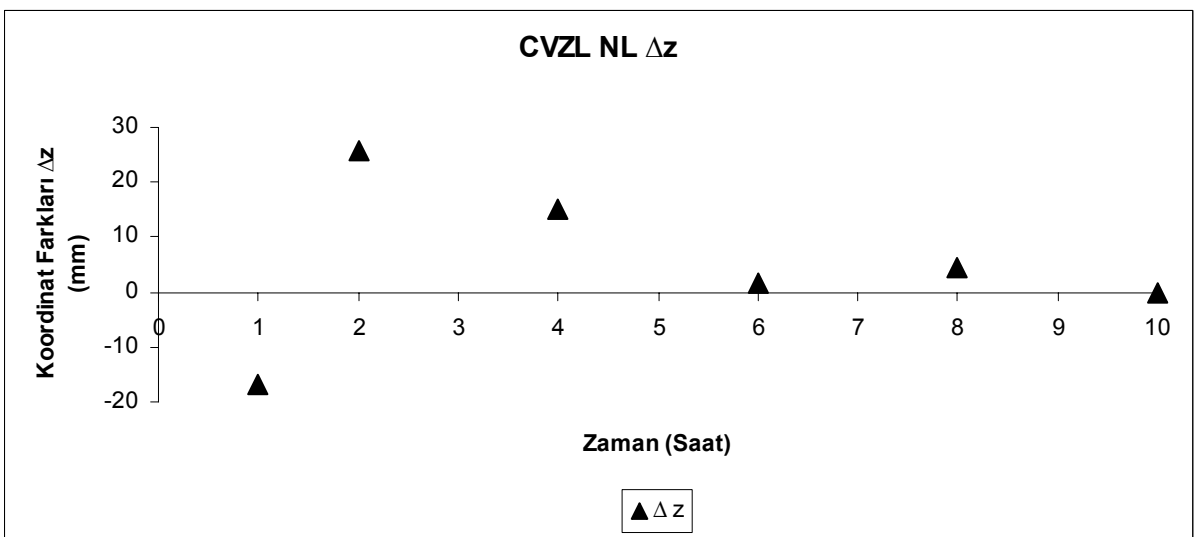
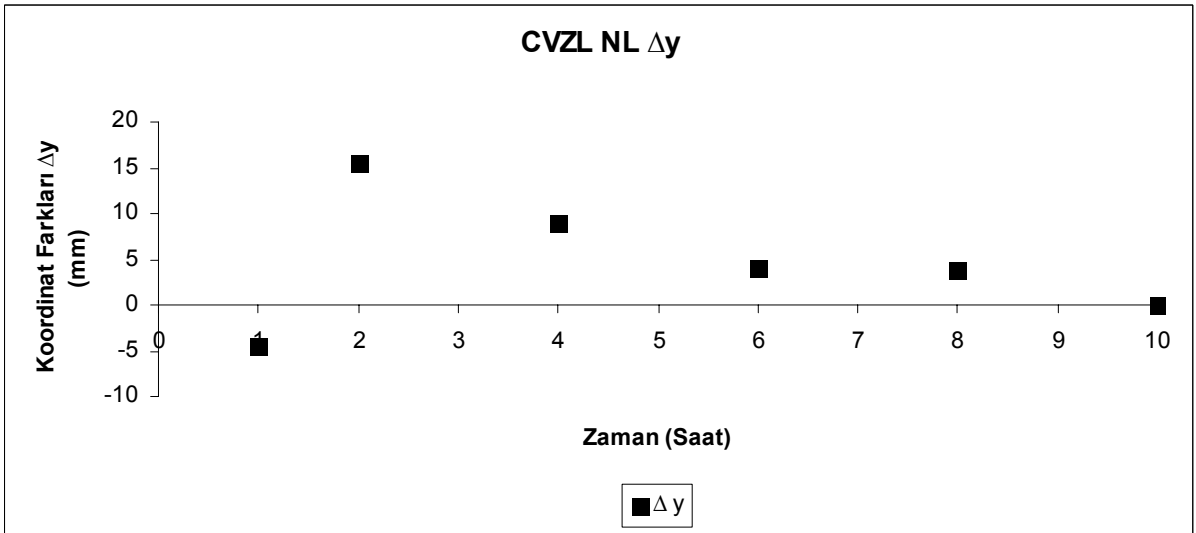
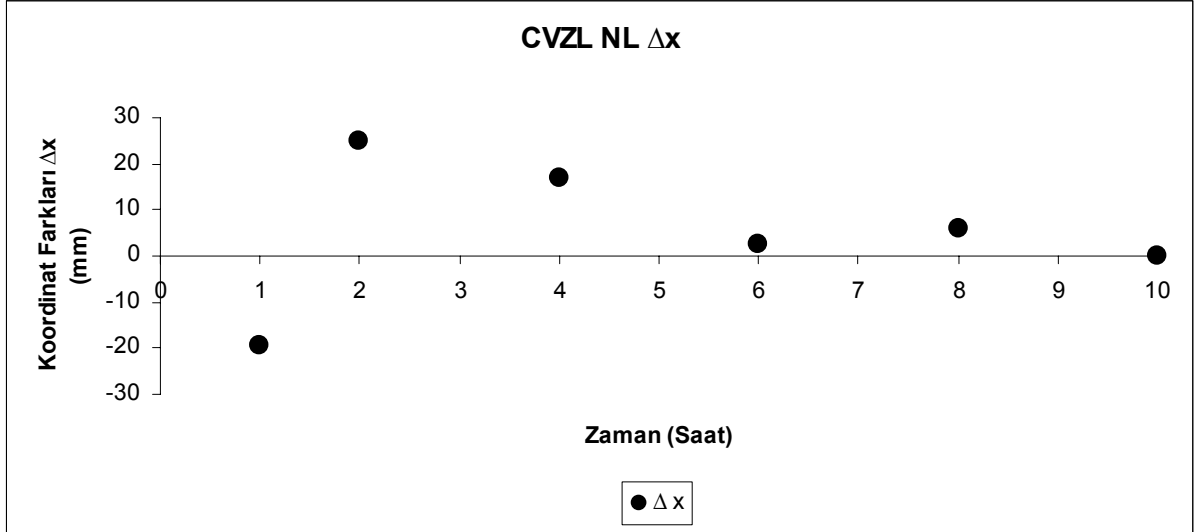
Şekil 6.20 TZLA L1 koordinat farkları



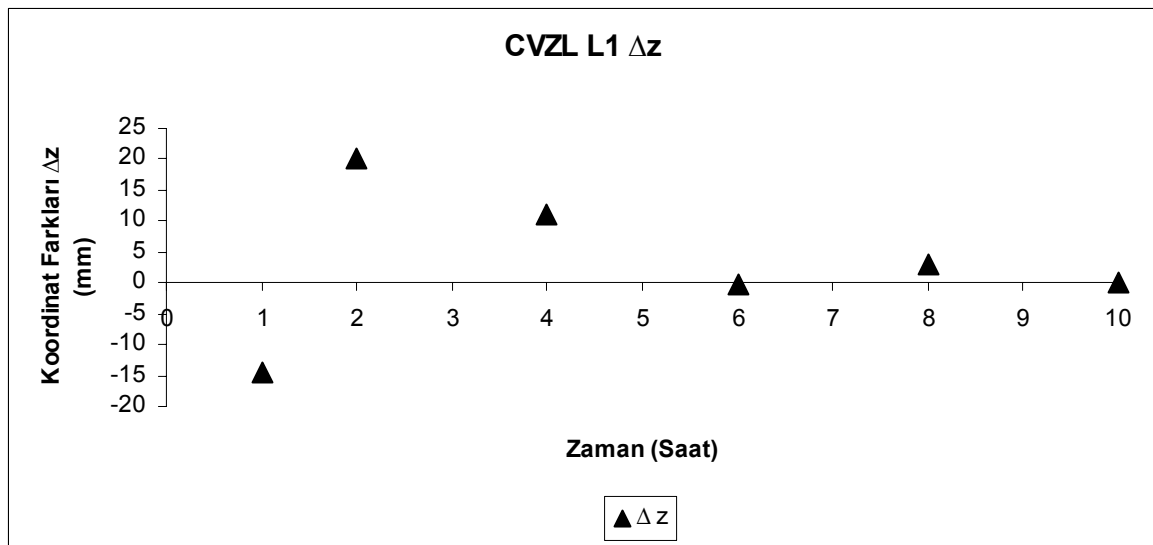
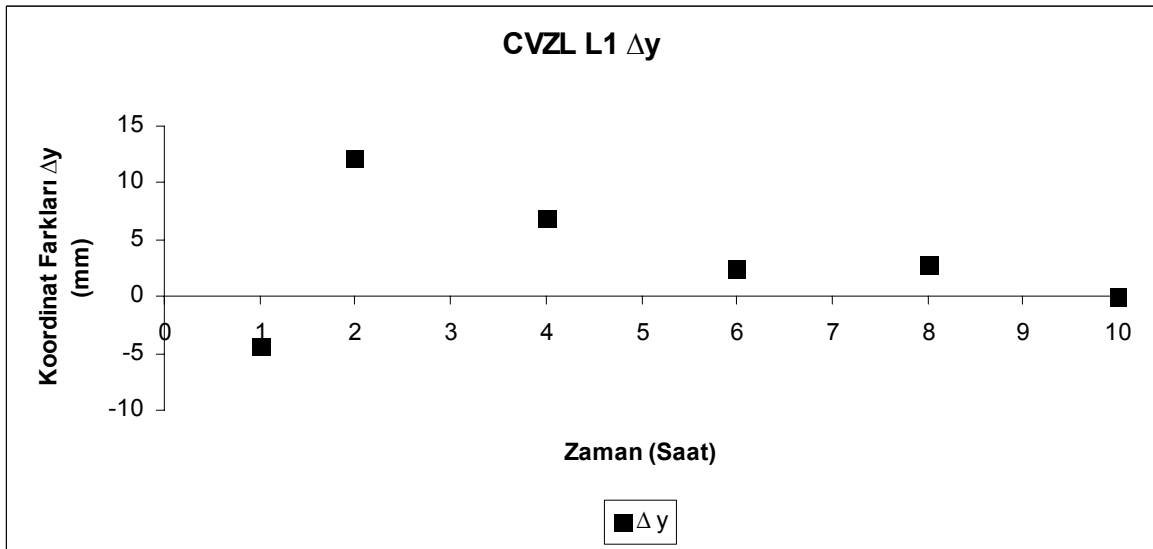
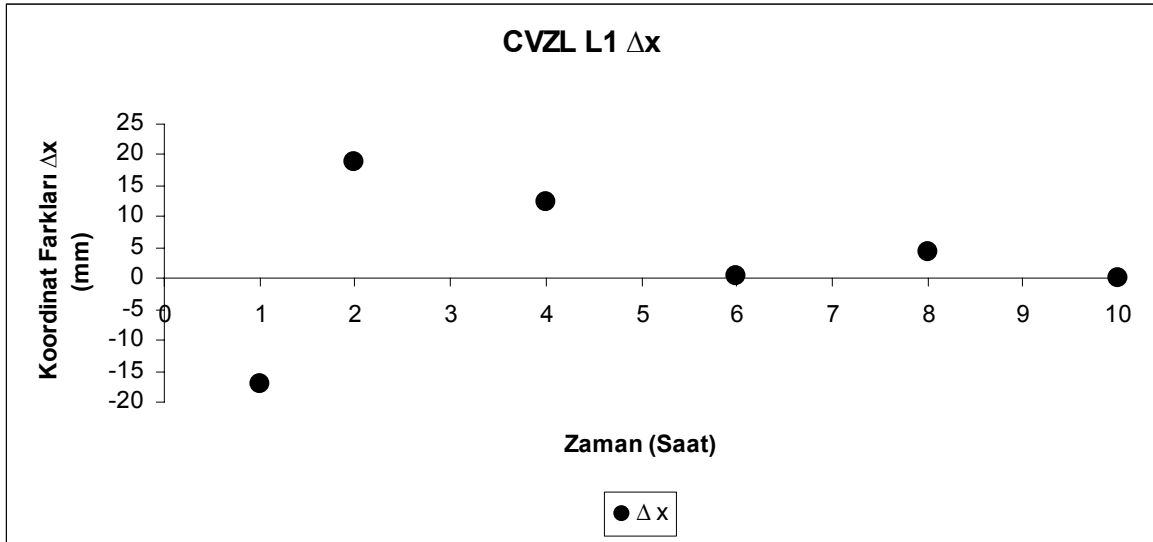
Şekil 6.21 KRTL NL koordinat farkları



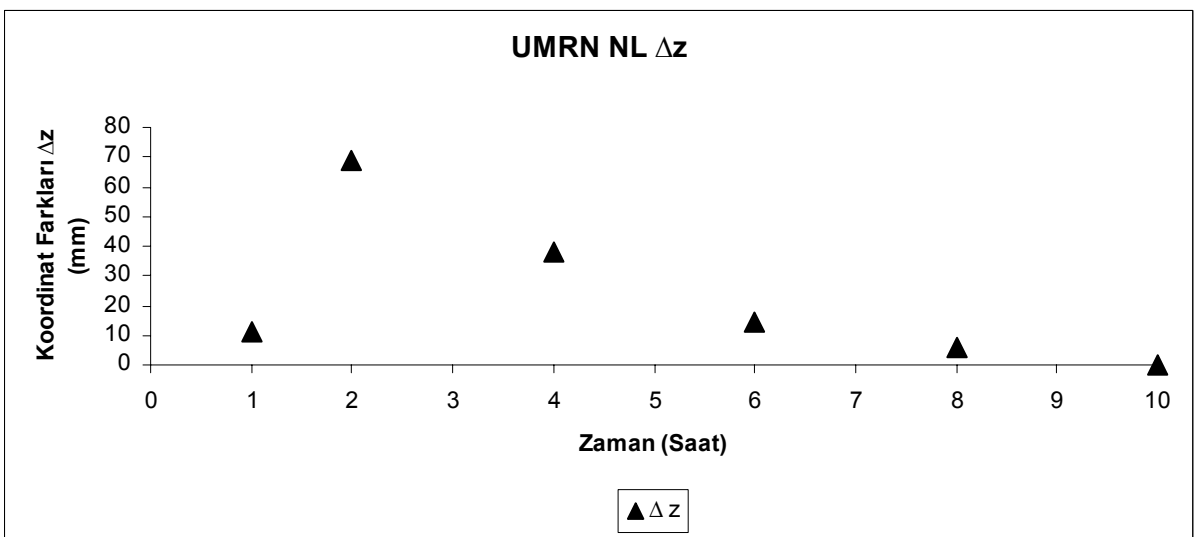
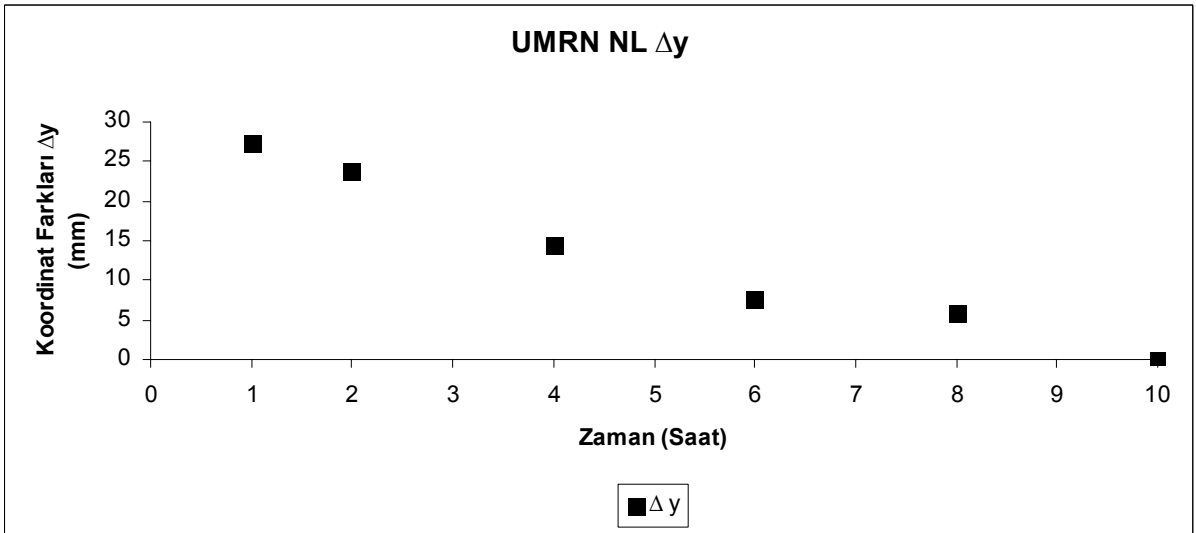
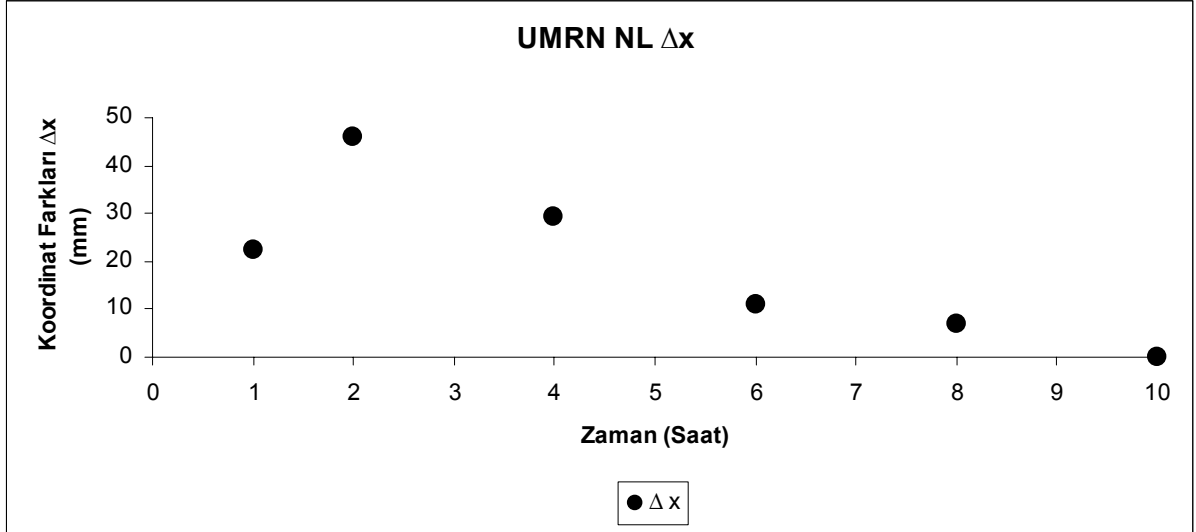
Şekil 6.22 KRTL L1 koordinat farkları



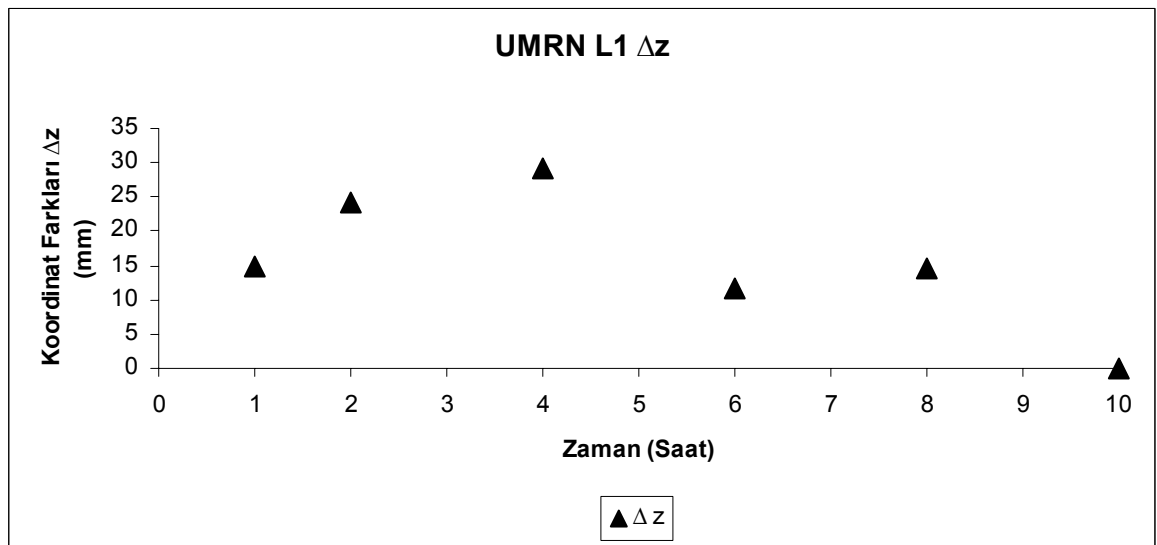
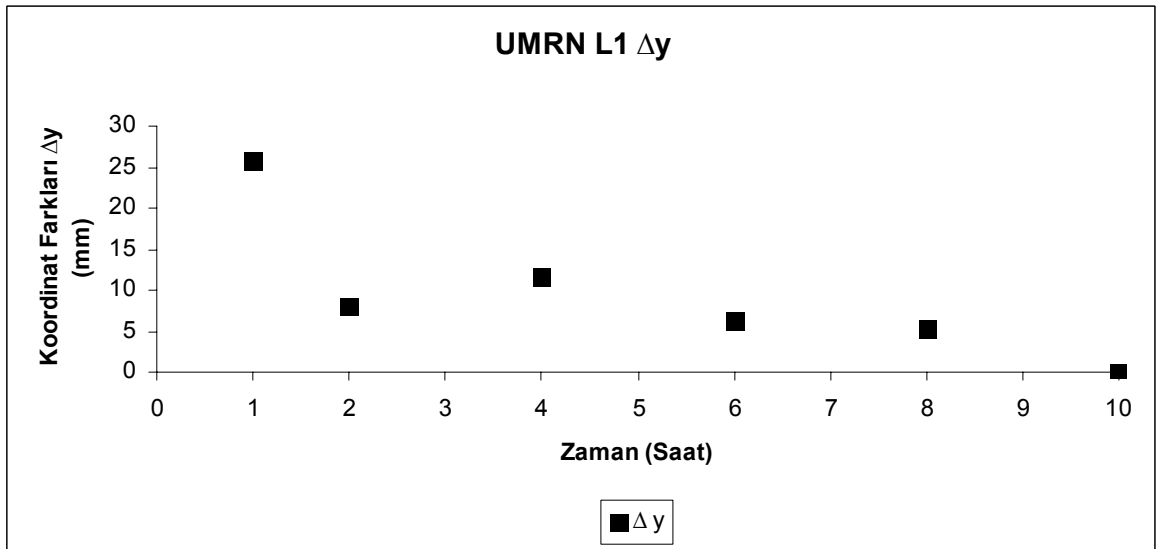
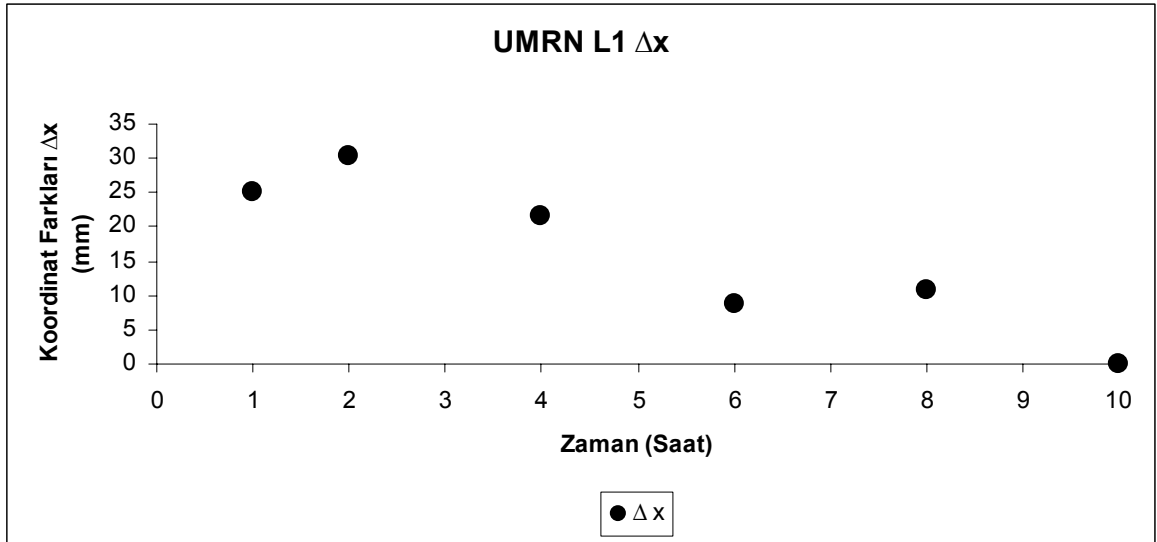
Şekil 6.23 CVZL NL koordinat farkları



Şekil 6.24 CVZL L1 koordinat farkları



Şekil 6.25 UMRN NL koordinat farkları



Şekil 6.26 UMRN L1 koordinat farkları

6.4 20 km < Uzun Bazların Değerlendirilmesinde Bernese 5.0 ve TGO Sonuçlarının Karşılaştırılması

20 km'den uzun bazların TGO ticari yazılım ile değerlendirilmesi sonucu elde edilen hassasiyetin beklenen düzeyde olmadığı görülmüştür. Bundan dolayı, 20 km'nin üzerinde olan üç test noktası (KRTL, CVZL, UMRN) için toplanan GPS ölçüleri Bern Üniversitesi (İsviçre) tarafından geliştirilen Bernese 5.0 GPS yazılımı ile değerlendirilmiştir (Dach ve diğ., 2007). Uluslararası GPS Servisi duyarlı GPS yörüngeleri ve yer dönme parametreleri IGS'in veri merkezinden elde edilerek değerlendirmede kullanılmıştır. İyonosfer-serbest frekansı (L3) ile tek nokta konumlaması yapılarak her epokta alıcı saat hataları ve yeni noktalar için yaklaşık koordinatlar belirlenmiştir.

Ölçülerdeki faz kesikliği, kaba hatalar ve uyuşumsuz ölçüler üçlü farklar oluşturularak kontrol edilmiştir. Bu işlem sonucunda kaba hatalı ölçüler atılmış, tamir edilebilen faz kesiklikleri düzeltilmiş ve düzeltilemeyen kesikliklere faz başlangıç belirsizliği (ambiguity) parametresi eklenmiştir. Bu aşamadan sonra, iyonosfer serbest frekansı ile tüm faz başlangıç belirsizliği parametreleri serbest olarak bilinen noktalara dayalı bir çözüm yapılarak elde edilen koordinatlar faz başlangıç belirsizliği parametrelerinin çözümünde kullanılmıştır.

Faz başlangıç belirsizliği parametrelerinin çözümü için toplanan verilerin büyüklüğüne ve noktalar arasındaki baz uzunluğuna bağlı olarak QIF (quasi Ionosphere Free) stratejisi kullanılmıştır. Her noktada troposferik gecikme Saastamoinen modeli ile belirli zaman aralıklarında hesaplanan zenit gecikme parametresi belirlenerek elimine edilmiştir.

TGO yazılımı ve 10 saatlik veri grubu ile L1 ve NL frekans türlerine göre noktaların dengelenmiş koordinatları hesaplanmış ve bu sonuçlar Bernese 5.0 yazılım ile hesaplanmış koordinatlar ile karşılaştırılmıştır. Her iki değerlendirmede TUBI noktası sabit alınarak diğer noktaların koordinatları belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 6.11, 6.12 ve 6.13'de verilmektedir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, L1 ve NL koordinat farklarının en fazla 5 mm civarında kaldığı gözlenmiştir. Koordinat farklarında olduğu gibi baz uzunlukları içinde fazla fark olmadığı görülmüştür. Ancak Bernese 5.0 yazılım ile elde edilen değerleriyle karşılaştırıldıkları zaman özellikle baz uzunluğunda 4-5 cm lik büyük farklar gözlenmektedir (Şekil 6.27, 6.28 ve 6.29).

Ticari yazılımın gerek atmosfer modellemesinde gerekse tamsayı belirsizliğinin çözümü konusunda, özellikle uzun bazlarda yetersiz kaldığı görülmektedir.

Çizelge 6.11 Bernese 5.0 yazılımı ile hesaplanan kartezyen koordinatlar

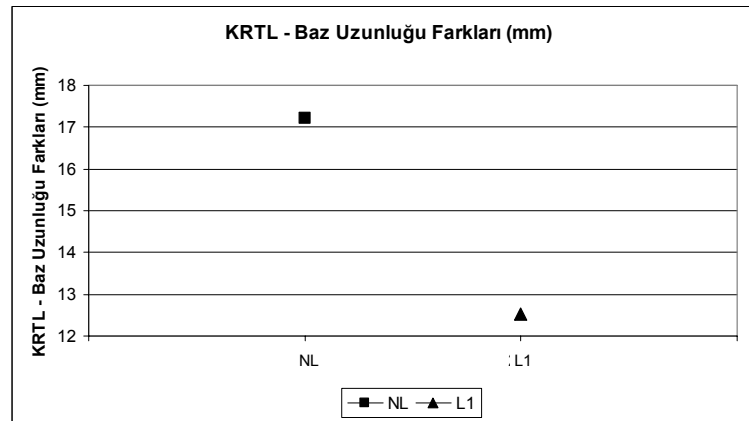
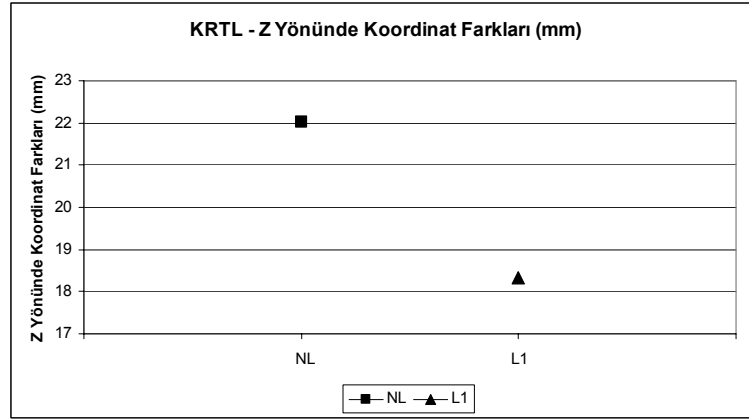
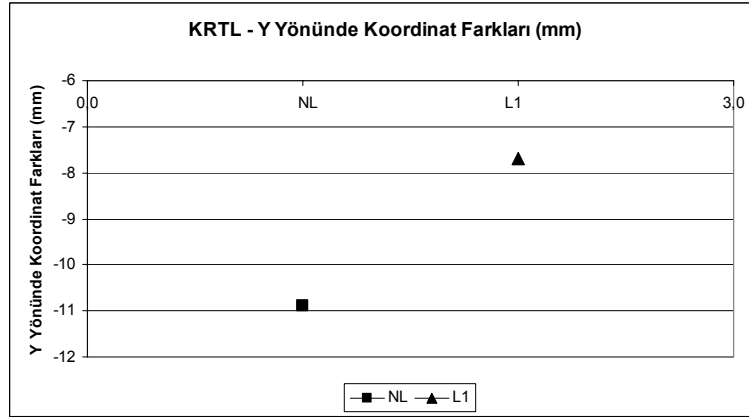
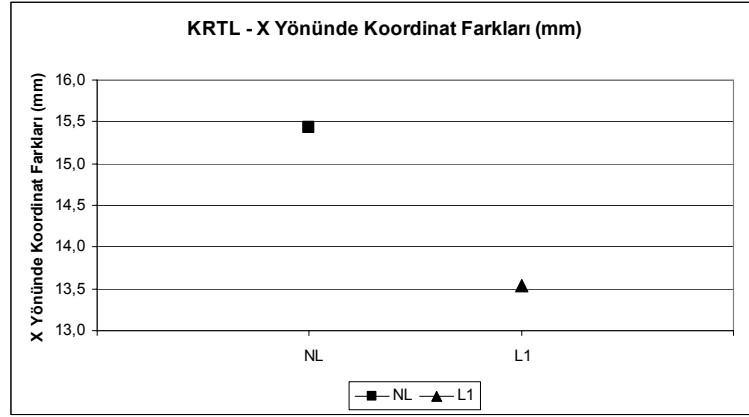
NN	X (m)	Y (m)	Z (m)	TUBI'den baz uzunluğu (m)
CVZL	4214351,188	2352608,007	4155696,785	27729,13687
KRTL	4210980,717	2358296,335	4156280,838	22760,7102
UMRN	4210284,275	2345403,368	4163966,011	37782,00897

Çizelge 6.12 Bernese 5.0 ile TGO (NL frekans) değerleri için koordinat farkları

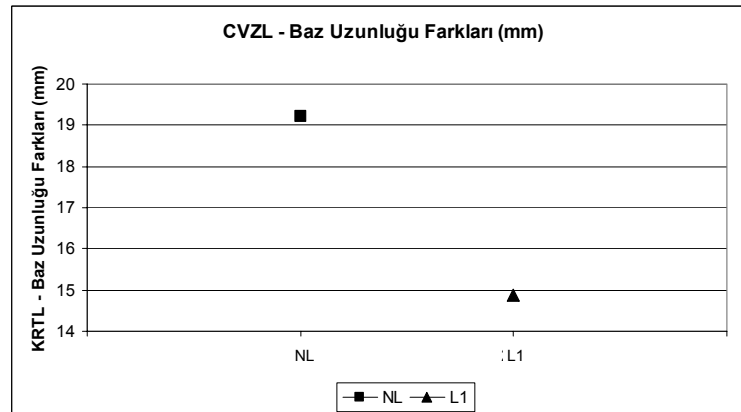
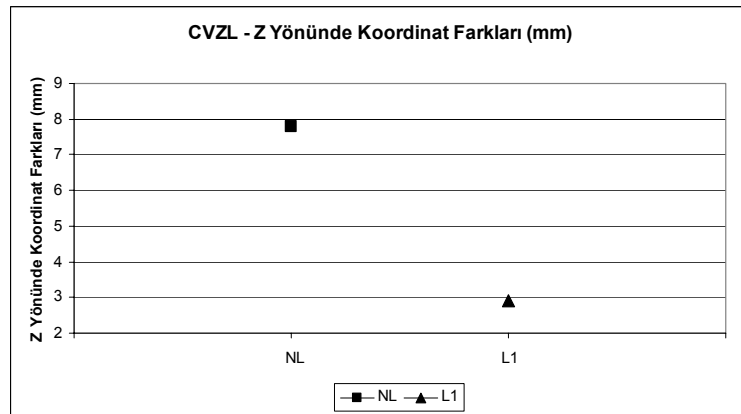
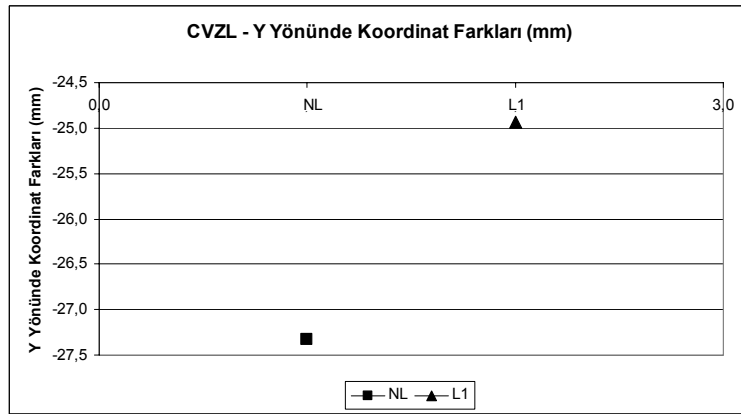
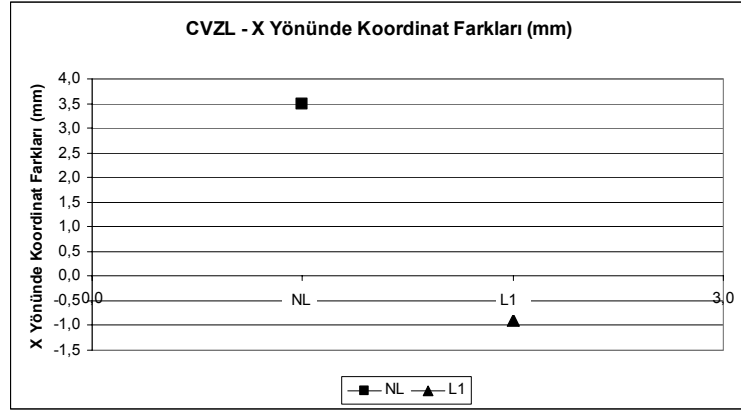
NN	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	Baz uzunluğu fark (mm)
CVZL	3,5	-27,3	7,8	19,2
KRTL	15,4	-10,9	22,0	17,2
UMRN	-2,8	-38,0	13,2	36,3

Çizelge 6.13 Bernese 5.0 ile TGO (L1 frekans) değerleri için koordinat farkları

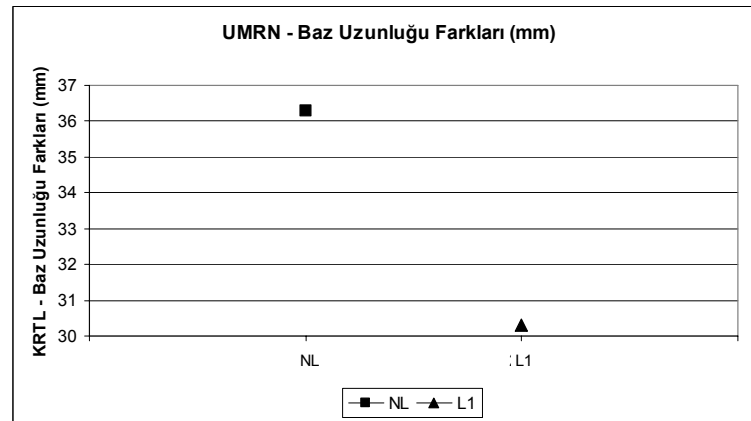
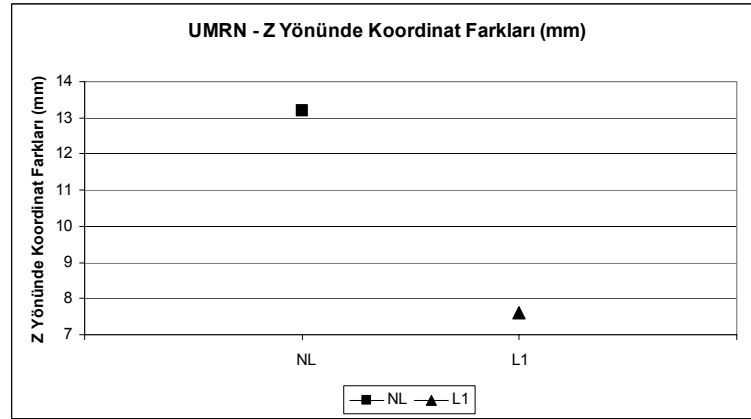
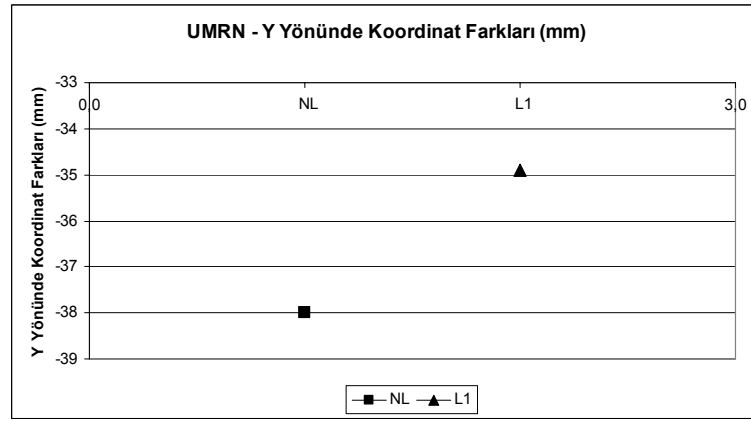
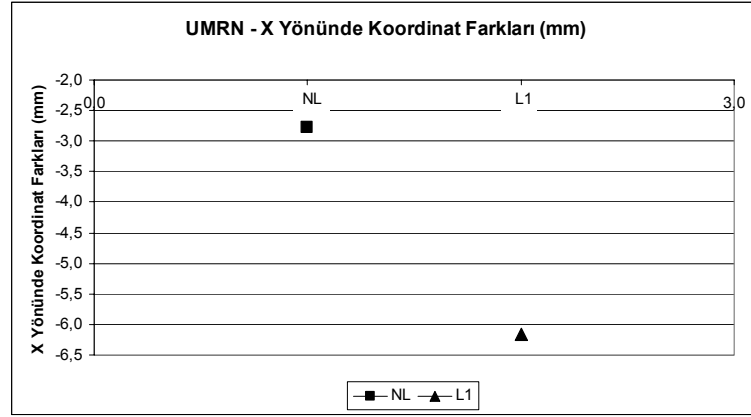
NN	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)	Baz uzunluğu fark (mm)
CVZL	-0,9	-24,9	2,9	14,9
KRTL	13,5	-7,7	18,3	12,5
UMRN	-6,2	-34,9	7,6	30,3



Şekil 6.27 KRTL test noktası koordinat ve baz farkları



Şekil 6.28 CVZL test noktası koordinat ve baz farkları



Şekil 6.29 UMRN test noktası koordinat ve baz farkları

6.5 Tek Frekanslı GPS Alıcılarının Doğruluğunun Araştırılması

Tek frekanslı GPS alıcısı ile elde edilen veri L1 frekans türü, çift frekanslı GPS alıcısı ile elde edilen veri ise Dar Aralık frekans türü kullanılarak değerlendirilmiştir.

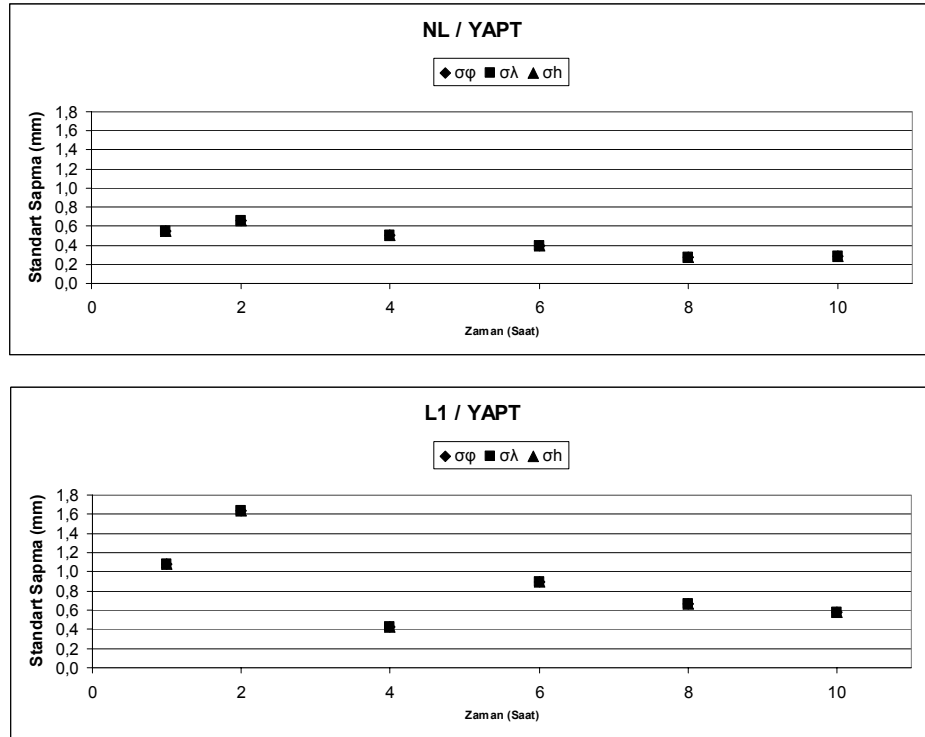
Bu uygulamada ölçü süreleri ilk uygulamada olduğu gibi 6 grupta incelenmiştir. 1, 2, 4, 6, 8, 10 saat aralıklarında elde edilmiş olan standart sapma sonuçları, her bir test noktası hesaplanarak sonuçlar Çizelge 6.14, 6.15, 6.16 ve Şekil 6.30, 6.31, 6.32’de verilmiştir.

Baz uzunluklarının 1 km’den küçük olması nedeni ile, dengeleme sonrası hesaplanan standart sapmaları bir önceki uygulamaya oranla çok küçük değerlerde kalmıştır. Ancak elde edilen sonuçlar ilk uygulama ile benzerlik göstermektedir.

Gözlem süresinin artması ile konum doğruluğunun iyileştiği görülmekte ve artan süre ile birlikte aşağı doğru bir trend gözlenmiştir.

Çizelge 6.14 YAPT Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

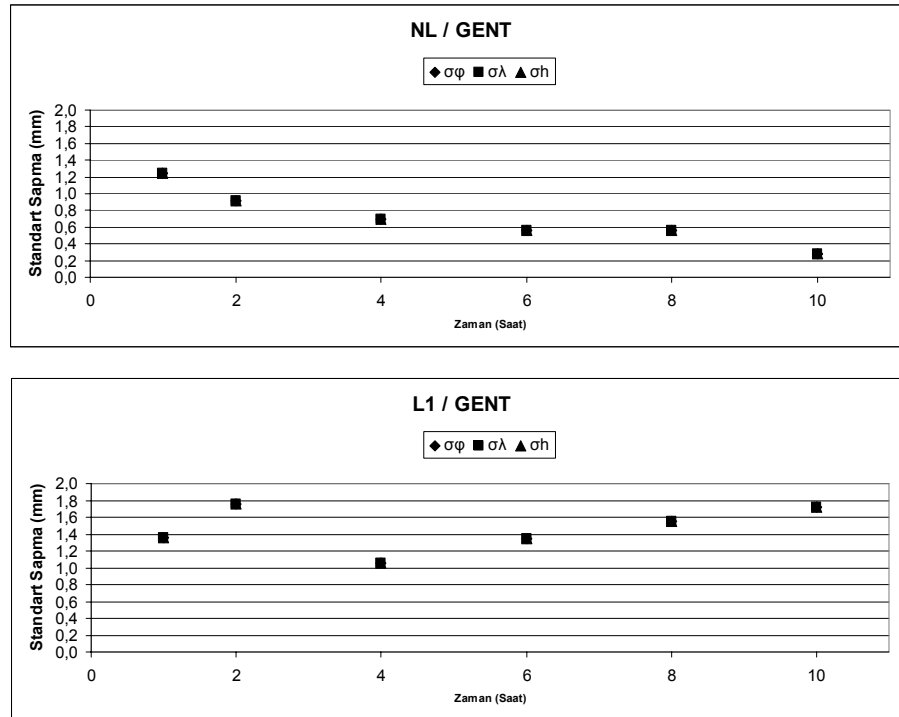
Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (m)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI YAPT	Dar Aralık	1	203	0,55	0,55	0,55
	L1			1,08	1,08	1,08
TUBI YAPT	Dar Aralık	2	203	0,66	0,66	0,66
	L1			1,64	1,64	1,64
TUBI YAPT	Dar Aralık	4	203	0,51	0,51	0,51
	L1			0,43	0,43	0,43
TUBI YAPT	Dar Aralık	6	203	0,40	0,40	0,40
	L1			0,89	0,89	0,89
TUBI YAPT	Dar Aralık	8	203	0,27	0,27	0,27
	L1			0,67	0,67	0,67
TUBI YAPT	Dar Aralık	10	203	0,29	0,29	0,29
	L1			0,58	0,58	0,58



Şekil 6.30 YAPT – Tek ve çift frekanslı alıcılar için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

Çizelge 6.15 GENT Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

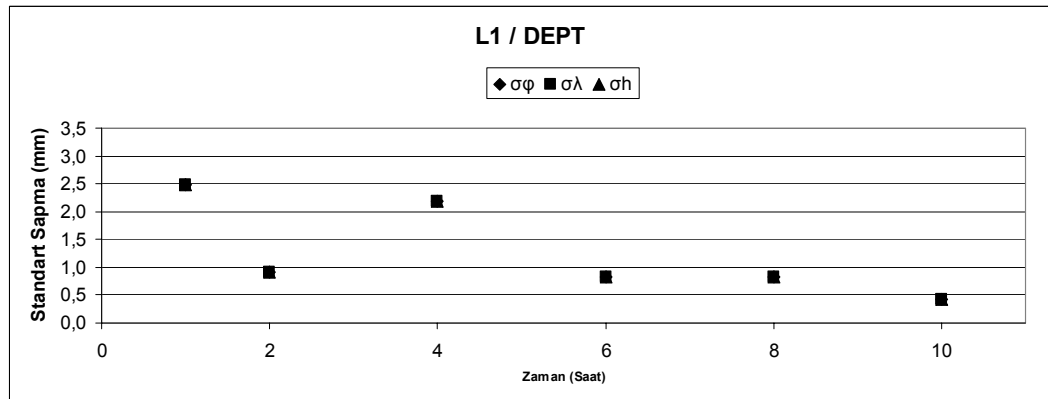
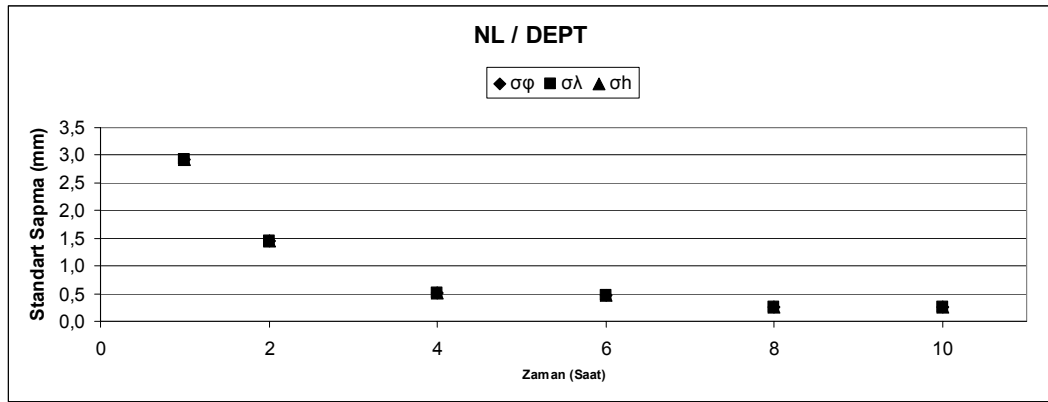
Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (m)	σ_φ (mm)	σ_λ (mm)	σ_h (mm)
TUBI GENT	Dar Aralık	1	749	1,25	1,25	1,25
	L1			1,36	1,36	1,36
TUBI GENT	Dar Aralık	2	749	0,91	0,91	0,91
	L1			1,76	1,76	1,76
TUBI GENT	Dar Aralık	4	749	0,70	0,70	0,70
	L1			1,05	1,05	1,05
TUBI GENT	Dar Aralık	6	749	0,56	0,56	0,56
	L1			1,34	1,34	1,34
TUBI GENT	Dar Aralık	8	749	0,56	0,56	0,56
	L1			1,55	1,55	1,55
TUBI GENT	Dar Aralık	10	749	0,28	0,28	0,28
	L1			1,72	1,72	1,72



Şekil 6.31 GENT – Tek ve çift frekanslı alıcılar için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

Çizelge 6.16 DEPT Test noktası – ölçü süresine bağlı standart sapma değişimleri

Baz Noktaları	Frekans	Ölçü Süresi (Saat)	Mesafe (m)	σ_{φ} (mm)	σ_{λ} (mm)	σ_h (mm)
TUBI DEPT	Dar Aralık L1	1	754	2,93	2,93	2,93
				2,48	2,48	2,48
TUBI DEPT	Dar Aralık L1	2	754	1,45	1,45	1,45
				0,92	0,92	0,92
TUBI DEPT	Dar Aralık L1	4	754	0,51	0,51	0,51
				2,19	2,19	2,19
TUBI DEPT	Dar Aralık L1	6	754	0,48	0,48	0,48
				0,83	0,83	0,83
TUBI DEPT	Dar Aralık L1	8	754	0,25	0,25	0,25
				0,82	0,82	0,82
TUBI DEPT	Dar Aralık L1	10	754	0,26	0,26	0,26
				0,42	0,42	0,42



Şekil 6.32 DEPT – Tek ve çift frekanslı alıcılar için ölçü süresi - standart sapma ilişkisi

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, çift frekanslı GPS alıcılarına oranla düşük maliyetli tek frekanslı GPS alıcılarının jeodezik çalışmalarda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 20 km'den kısa bazlarda toplanan GPS verileri, L1 veya NL frekans türleri kullanılarak değerlendirildiğinde hesaplanan koordinatlar arasındaki farkların, 2 mm ile 10 mm arasında değiştiği görülmüştür. Çok büyük olmayan bu farklar birçok jeodezik çalışma için tecviz değerleri arasında kalmaktadır. Ancak standart sapmalara bakıldığında her bir ölçüm süresi ve mesafe için NL değerlerinin daha küçük standart sapma sonuçları verdiği gözlenmiştir.

Özellikle kısa mesafeler için, belli bir süreden sonra ölçü süresinin arttırılmasının konum doğruluğu üzerinde etkisinin çok az olduğu belirlenmiştir. Belli bir trend gösteren konum doğruluk değerleri 6 saatten sonra birbirlerine yaklaşılmaya başlamıştır.

20km den büyük bazlar için GPS gözlemleri yapılırken, L1 yönteminde konum duyarlılığının düştüğü ve değerlerde sapmaların arttığı gözlenmiştir. Özellikle ticari yazılım tarafından uygulanan atmosferik modellerin yetersiz olmasından dolayı elde edilen sonuçların sağlıklı neticeyi yansıtmadığı düşünülmektedir. Bununla ilgili elde edilen sonuçlara göre, 20 km ye kadar olan baz uzunluğu arttıkça, artan standart sapma değerlerine karşın 20 km den sonra bu değerler azalmaya başlamıştır.

Aynı mesafedeki farklı zaman grupları ile yapılan değerlendirmede, gözlem süresi arttıkça konum doğruluğunun arttığı gözlenmiştir. Ancak mesafeye bağlı olarak belli bir süreden sonra değerlerin çok değişmediği görülmüştür. Örneğin, 1-10 km arasındaki bazlarda 6, 8 ve 10 saatlik değerlendirme sonuçlarının çok yakın olduğu belirlenmiştir.

Farklı mesafeler için aynı gözlem süresi ile yapılan değerlendirme sonucunda ise mesafe arttıkça konum doğruluğunun azaldığı, ayrıca NL değerlendirmelerin L1 değerlendirmeye oranla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Konum hata oranları ile çizilmiş olan sonuç grafiklerinde, bazı test noktaları için büyük farklar görülmektedir. Bu farkların görüldüğü veri incelendiğinde uydu dağılımının zayıf veya az sayıda uydu bulunduğu görülmüştür. Böylece konum hassasiyetinin yalnızca ölçüm süresi ve baz mesafesine bağlı olmadığı aynı zamanda uydu dağılımı ve sayısına da bağlı olduğu görülmektedir.

Genel olarak, tek frekanslı GPS alıcılarının birçok uygulamada kullanılabileceği görülmektedir. 20 km den kısa bazlar için tek frekanslı alıcılar çift frekanslı alıcılar kadar yararlı olarak kullanılabilir. Tek frekanslı GPS alıcıların performansı gözlem süresine bağlı olarak arttırabilirliği görülmektedir.

Yüksek doğruluk gerektiren jeodezik çalışmalarda, 20 km'den uzun bazlarda iyonosfer etkisinin belirgin bir şekilde görülmeye başlamasından dolayı, bu bazların çift frekanslı GPS alıcıları ile ölçümlerinin yapılması ve akademik yazılımların kullanılarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Piyasada çift frekanslı alıcılara oranla çok daha uygun maliyetler ile satılan tek frekanslı GPS alıcıları ile; uygun gözlem süresi, baz seçimi, GPS yazılımı ve doğru değerlendirme yöntemi stratejilerinin belirlenmesi koşullarıyla çift frekanslı alıcılar kadar iyi sonuçlar belirlenebilir.

KAYNAKLAR

- Arslan, N. (2004), "GPS ile İyonosfer Toplam Elektron Yoğunluğu Değişimlerinin Koordinatlara Etkisinin Araştırılması", YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İstanbul.
- Cannon, M.E., Ray, J.K., Fenton, P., (1998), "Mitigation of Static Carrier Phase Multipath Effects Using Multiple Closely-Spaced Antennas", Presented at ION-GPS98, Nashville, September 15-18
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M. (2007), "Bernese GPS Software Version 5.0", Astronomical Institute, University of Berne
- Davis JL., Prescott WH., Svarc J., Wendt K., (1989), "Assessment of Global Positioning System Measurement for Studies of Crustal Deformation", Journal of Geophysical Research 94(B13): 13635-13650
- Doğan, U. (2006), "Uydu Jeodezisi" Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Doğan, U., (2007), "Accuracy Analysis of Relative Positions of Permanent GPS Stations in the Marmara Region, Turkey" Survey Review, 39, 156-165
- Eckle M.C., Snay R.A., Soler T., Cline M.W., Mader G.L., 2001. Accuracy of GPS-derived relative positions as a function of inter-station distance and observing-session duration, Journal of Geodesy 75: 633-640
- Engin, K.Ç. (2007), "IGS Ağı Ölçeğinde GPS Konum Belirleme Doğruluğu" Yüksek Lisans Bitirme Tezi, YTÜ, Fen Bilim. Enst., Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı, İstanbul.
- Gizawy L.M., (2003), "Development of an Ionosphere Monitoring Technique Using GPS Measurements for High Latitude GPS Users", PhD Thesis, University of Calgary
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, Hç, Collins, J., (2001), "GPS Theory and Practice", Springer Wien New York, Fifth Edition
- Janssen V. (2002), "Low-cost GPS-based volcano deformation monitoring at Mt. Papandayan, Indonesia" Journal of Volcanology and geothermal Research 115 139-151
- Leick, A., (1990), "GPS Satellite Surveying", John Wiley&Sons
- Liu, J., Cannon, M. E., Alves, P., Petovello, M. G., Lachapelle, G., MacGougan, G., Groot, L., (2003), "A Performance Comparison of Single And Dual Frequency GPS Ambiguity Resolution Strategies" GPS Solutions 7:87-100
- Parkinson, B.W., Spilker, J.J., (1996), "Global Positioning Systems: Theory and Applications", Vol.1
- Rodríguez-Pérez, J. R., Álvarez, M. F., Sanz-Ablanedo, E., (2007), "Assessment of Low-Cost GPS Receiver Accuracy and Precision in Forest Environments", Journal Of Surveying Engineering, November 2007 / 159
- Rothacher, M., Schaer, S., Mervart, L., Beutler, G., (1995), "Determination of Antenna Phase Center Variations Using GPS Data", 1995 IGS Workshop, Potsdam, May 15-17, 1995
- Saeki, M., Hori, M., (2006), "Development of an Accurate Positioning System Using Low-Cost L1 GPS Receivers", Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 21, 258-267

Soler T., Michalak P., Weston N.D., Snay R.A., Foote R.H., (2006). “Accuracy of OPUS solutions for 1- to 4-h observing sessions”, GPS Solutions, 10, 45-55.

Teunissen, P.J.G., Kleusberg, A., (1998), “GPS for Geodesy”, 2. Edition

Wild, U., (1994), “Ionosphere and Geodetic Satellite Systems; Permanent GPS Tracking Data for Modelling and Monitoring”, Ph. D Thesis

Wanninger, L., May, M., (2000), “Carrier Phase Multipath Calibration of GPS Reference Stations”, Proc. ION-GPS 2000, Salt Lake City UT, 132-144

İnternet Kaynakları

[1] International GPS Service (2007) IGS, Products (on-line) <http://sopac.ucsd.edu/>, scripps orbit and permanent array center.

[2] NationalGeodeticSurvey, http://www.ngs.noaa.gov/cgi-bin/query_cal_antennas.prl?Model=TRM

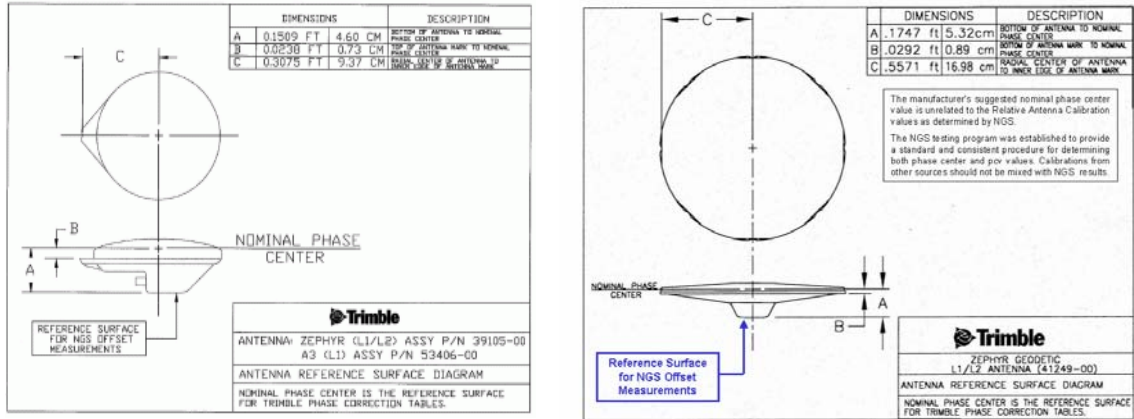
[3] Trimble GPS üreticisi, <http://www.trimble.com.tr>

[4] Novatel GPS üreticisi, <http://www.novatel.com>

EKLER

Ek 1	Anten parametreleri (ARP hesabı)
Ek 2	Referans nokta koordinatları – SOPAC
Ek 3	Anten yükseklikleri
Ek 4	PDop değerleri ve gözlenen uydular
Ek 5	TGO dengeleme dosyası
Ek 6	Bernese 5.0 yazılımının sonuç çıktıları

Ek 1 Anten parametreleri (ARP Hesabı)



Şekil Ek 1.1 Kullanılan jeodezik antenler ve parametre bilgileri

Ek 2 Referans nokta koordinatları - SOPAC

SOPAC

Home | Site Map | Contacts | Forums | search | Quick links:

scripps orbit and permanent array center

Data Archive | Processing | Projects | Sites | Maps | Other

[Coordinates](#) | [Time Series](#) | [SCOUT](#)

SECTOR: Scripps Epoch Coordinate Tool and Online Resource

Results: Coordinates for reference epoch 2007 150 (2007.4096)
Use the links for site information, maps, time series and model parameters

Time series problems? Try: [Non-applet plots](#), or download the [Sun Java plug-in](#) (and restart your browser)

Site	X (m)	Y (m)	Z (m)	Latitude (deg.)	Longitude (deg.)	Height (m)	Time Series	Model terms
	ITRF 2000			WGS84				
tubi (map)	4211317.3148 +/- 0.0042	2377865.9433 +/- 0.0030	4144663.3000 +/- 0.0042	40.78672521 +/- 0.0016	29.45068403 +/- 0.0022	220.3487 +/- 0.0061	view	terms

Get Epoch-Specific Coordinates:

[option: reload site list below using only sites in array:] [array maps](#)

Select site code: Enter space-separated sites: [choose one site option]

Select year: Enter day-of-year: Select additional datums:

Output type: ☒ HTML ☐ CSV

[note: western North America site coordinates are regionally filtered]

Şekil Ek 2.1 Referans nokta koordinatları - SOPAC

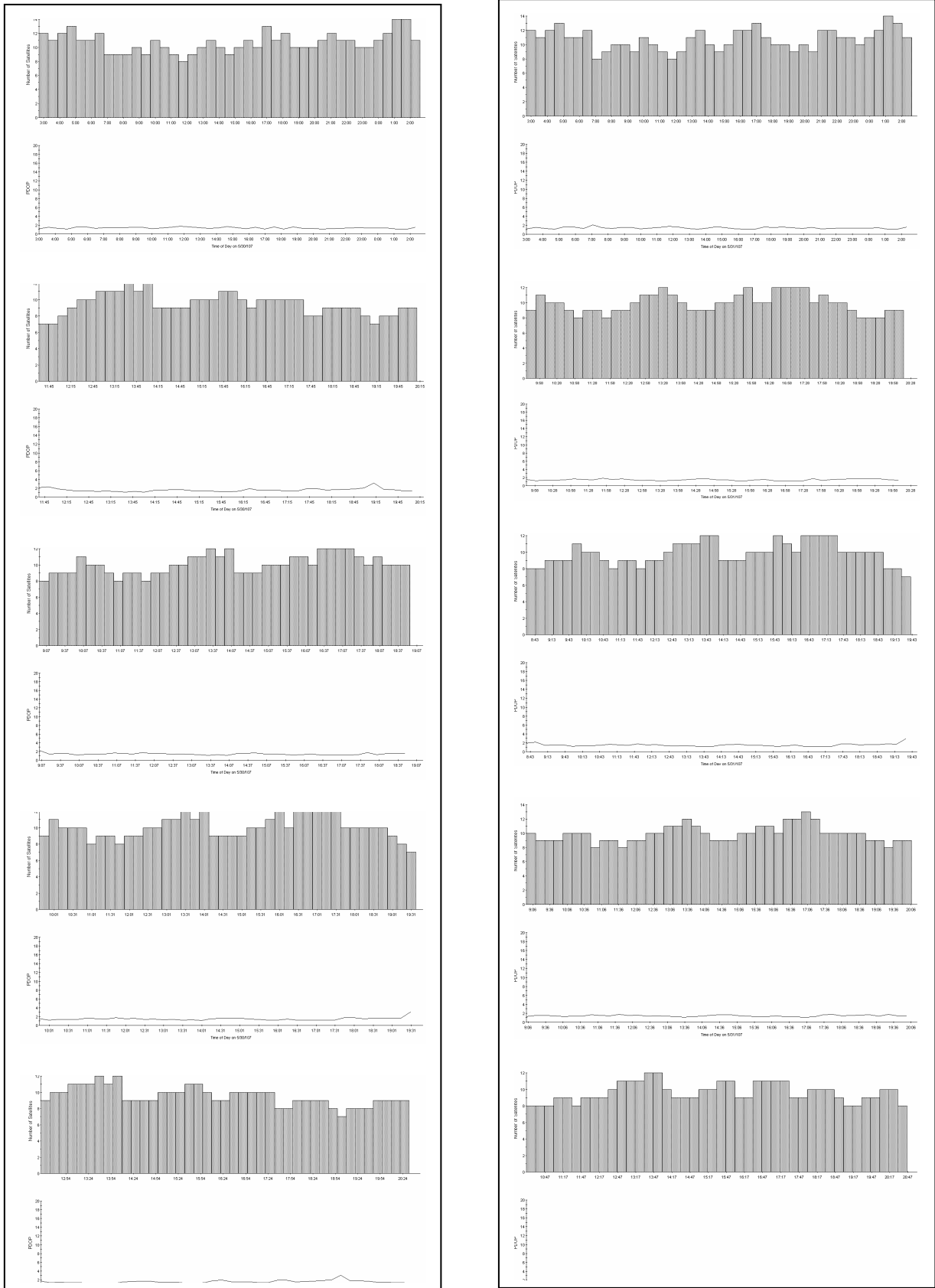
Ek 3 Anten yükseklikleri

Çizelge Ek 3.1 GPS kayıt karnesi

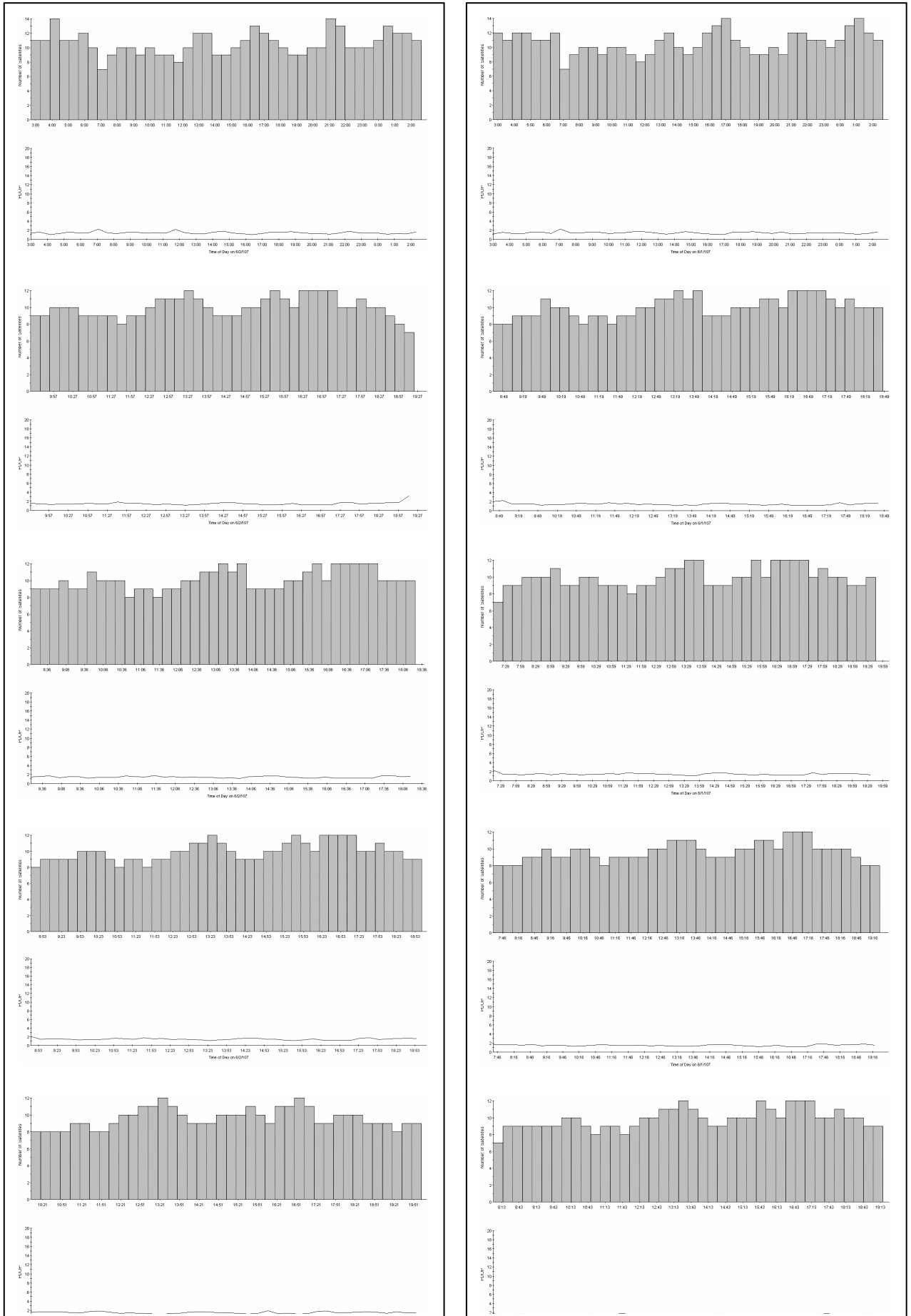
TUGE Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBI	1,426	TUGE	1,149	10:10:46	02.Haz.07
TUBI	1,426	TUGE	1,125	08:52:51	03.Haz.07
TUBI	1,426	TUGE	1,092	09:06:51	04.Haz.07
GBZE Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBI	1,426	GBZE	0,068	09:28:36	02.Haz.07
TUBI	1,426	GBZE	0,067	09:13:46	03.Haz.07
TUBI	1,426	GBZE	0,066	09:27:46	04.Haz.07
DRCA Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBI	1,426	DRCA	0,074	08:41:51	02.Haz.07
TUBI	1,426	DRCA	0,073	08:34:21	03.Haz.07
TUBI	1,426	DRCA	0,071	08:47:06	04.Haz.07
TUPI Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBI	1,426	TUPI	1,377	08:18:11	02.Haz.07
TUBI	1,426	TUPI	1,436	08:12:51	03.Haz.07
TUBI	1,426	TUPI	1,351	08:24:16	04.Haz.07
TZLA Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBI	1,426	TZLA	0,0623	11:37:36	30.May.07
TUBI	1,426	TZLA	0,0643	09:44:06	31.May.07
TUBI	1,426	TZLA	0,0613	08:39:41	01.Haz.07
KRTL Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBI	1,426	KARTAL	0,062	12:27:21	30.May.07
TUBI	1,426	KARTAL	0,061	10:23:46	31.May.07
TUBI	1,426	KARTAL	0,063	08:06:51	01.Haz.07

CVZL Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBİ	1,426	CVZL	0,071	09:45:36	30.May.07
TUBİ	1,426	CVZL	0,075	09:03:11	31.May.07
TUBİ	1,426	CVZL	0,076	07:38:11	01.Haz.07
UMRN Noktası için anten yükseklikleri					
Baz Başlangıç Noktası	Baz Başlangıç Noktası Anten Yüksekliği	Baz Bitiş Noktası	Baz Bitiş Noktası Anten Yüksekliği	Başlama Zamanı	
TUBİ	1,426	UMRN	0,064	09:03:36	30.May.07
TUBİ	1,426	UMRN	0,065	08:36:46	31.May.07
TUBİ	1,426	UMRN	0,066	07:14:46	01.Haz.07

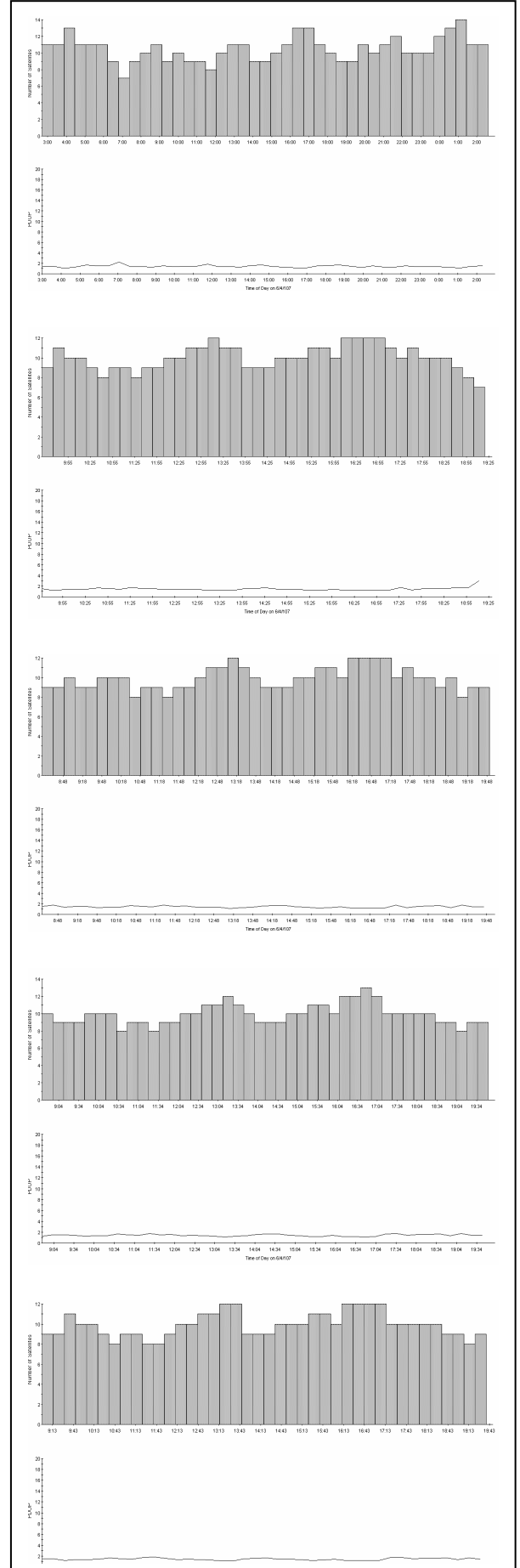
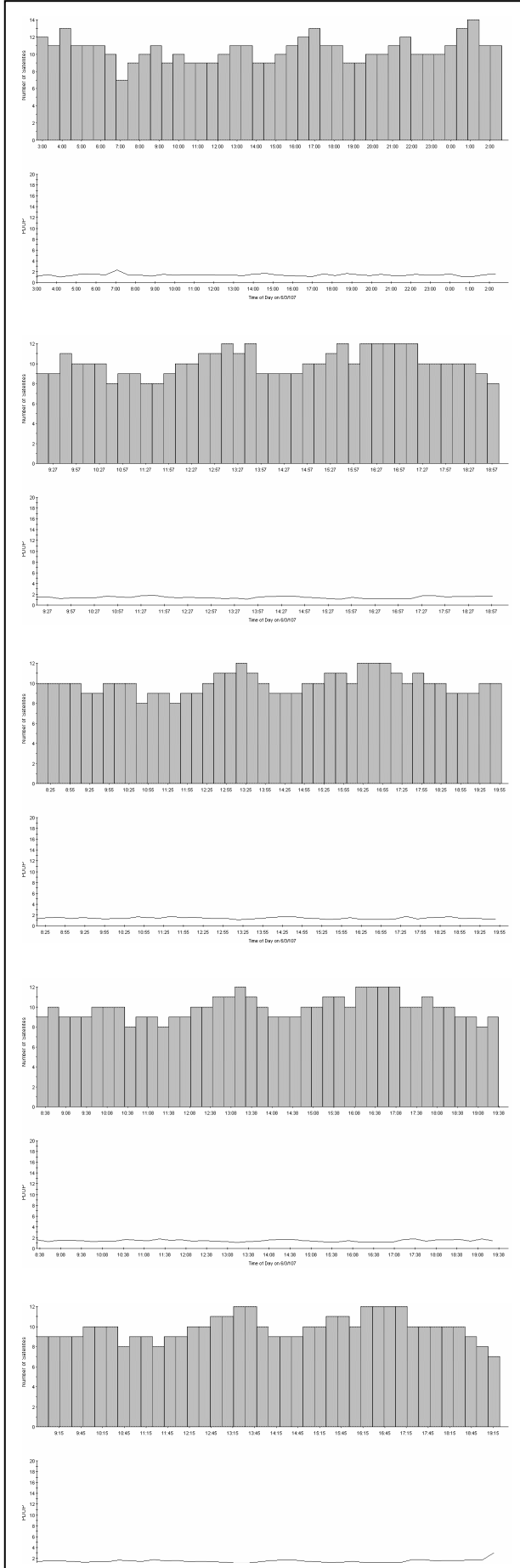
Ek 4 PDOP değerleri ve gözlenen uydular



Şekil Ek 4.1 PDOP değerleri ve gözlenen uydular (150.07 – 151.07)

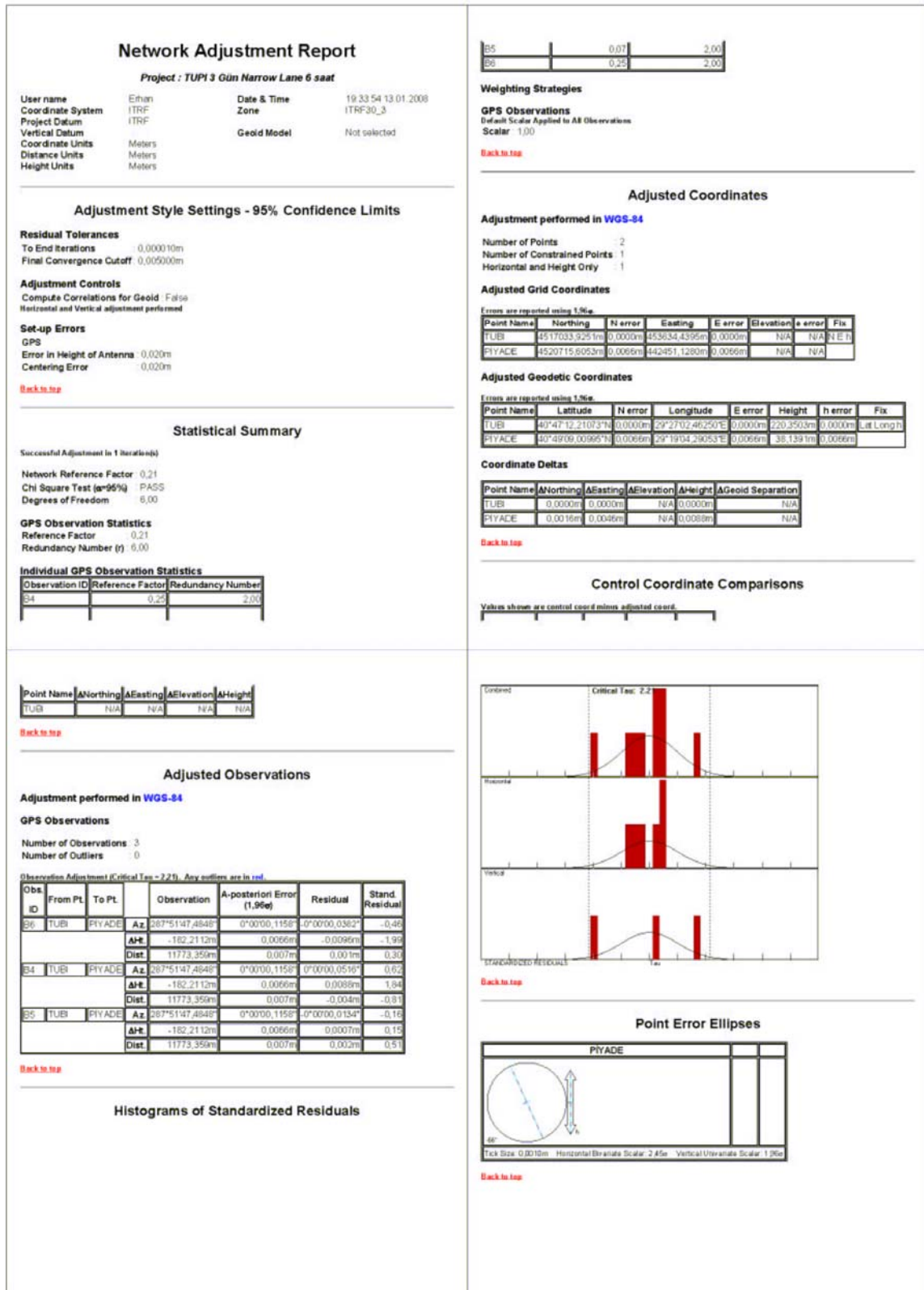


Şekil Ek 4.2 PDOP değerleri ve gözlenen uydular (152.07 – 153.07)



Şekil Ek 4.3 PDOP değerleri ve gözlenen uydular (154.07 – 155.07)

Ek 5 TGO dengeleme dosyası



Şekil Ek 5.1 Dengeleme çıktısı

Ek 6 Bernese 5.0 yazılımının sonuç çıktıları

```

=====
Program : GPSEST                                     Bernese GPS Software Version 5.0
Purpose : Parameter estimation
Campaign: ${P}/ERHAN                                Default session: 1500 year 2007
Date    : 09-Nov-2007 10:54                          User name      : ugurdogan
=====

```

```

1${P}/ERHAN                                           PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
                                                    BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0
-----

```

TABLE OF CONTENTS

```

-----
1. CAMPAIGNS
2. OBSERVATION FILES
3. GENERAL OPTIONS
4. STATIONS
5. SATELLITE ORBITS
6. ATMOSPHERE
7. CLOCK PARAMETERS
8. POLE COORDINATES AND TIME INFORMATION
9. ANTENNA PHASE CENTERS
10. CONSTANTS
11. PARAMETER CHARACTERIZATION LIST
12. TEST OUTPUT
13. RESULTS (PART 1)
14. RESULTS (PART 2)

```

```

1${P}/ERHAN                                           PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
                                                    BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0
-----

```

INPUT AND OUTPUT FILENAMES

```

-----
Session table           : ${P}/ERHAN/STA/SESSIONS.SES
General constants       : ${X}/GEN/CONST.
Geodetic datum         : ${X}/GEN/DATUM.
Station information     : ---
Earth rotation parameters : ${P}/ERHAN/ORB/C04_2007.ERP
Subdaily pole model    : ${X}/GEN/IRS2000.SUB
Nutation model         : ${X}/GEN/IAU2000.NUT
Satellite information   : ${X}/GEN/SATELLIT
Receiver information    : ${X}/GEN/RECEIVER.
Satellite problems     : ${X}/GEN/SAT_2007.CRX
Phase center eccentricities : ${X}/GEN/PHAS_IGS.REL
SINEX general input file : ${X}/GEN/SINEX.
IONEX control file     : ${X}/GEN/IONEX.
Difference GPS-UTC      : ---
A priori station coordinates : ${P}/ERHAN/STA/FLT07150.CRD
GNSS standard orbits   : ${P}/ERHAN/ORB/IGS14293.STD
GNSS orbit partials    : ---
Ionosphere models       : ---
Troposphere estimates   : ---
Station sigma factors   : ---
Station eccentricities  : ---
Ocean loading tables    : ---
GNSS clock corrections  : ---
Differential code biases : ---
Receiver antenna orientation : ---
Kinematic coordinates   : ---
Kinematic velocities    : ---
Standard orbit(s)       : ---
Orbit partials         : ---
Attitude data          : ---
Precise orbit(s)        : ---
LEO orbital elements    : ---
Station coordinates     : ${P}/ERHAN/STA/FIX07150.CRD
GNSS orbital elements   : ---
Troposphere estimates   : ---
Troposphere SINEX       : ---
Ionosphere models       : ---
IONEX                   : ---
Residuals              : ---
Coordinate covariance matrix : ---
Full covariance matrix  : ---
Normal equations        : ---
Bernese ERP file        : ---
IERS ERP file           : ---
GNSS clock corrections  : ---
Clock RINEX             : ---
Kinematic coordinates   : ---
Differential code biases : ---
Phase center variations (gri) : ---
Phase center variations (har) : ---
Scratch file            : ${U}/WORK/GPSEST.SCR
Scratch files           : ${U}/WORK/GPSEST.SC1
Program output          : ${P}/ERHAN/OUT/GPSEST.OUT
Error message           : ${U}/WORK/ERROR.MSG
-----

```

```

1${P}/ERHAN                                           PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
                                                    BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0
-----

```

1. CAMPAIGNS

```

-----

```

CAMPAIGN NAME	NUM	STATION NAME	NUM	STATION NAME	NUM	STATION NAME	NUM	STATION NAME	NUM	STATION NAME

\$(P)/ERHAN	:	3 TUBI		1 CVZL		2 KRTL		4 UMRN		

2. OBSERVATION FILES

\$(P)/ERHAN

MAIN CHARACTERISTICS:

FILE	OBSERVATION	FILE HEADER	OBSERVATION FILE	SESS	RECEIVER 1	RECEIVER 2

1	\$(P)/ERHAN\OBS\TUCV1500.PSH		\$(P)/ERHAN\OBS\TUCV1500.PSO	1500	TRIMBLE 4700	TRIMBLE 5700
2	\$(P)/ERHAN\OBS\TUKR1500.PSH		\$(P)/ERHAN\OBS\TUKR1500.PSO	1500	TRIMBLE 4700	TRIMBLE 5700
3	\$(P)/ERHAN\OBS\TUUM1500.PSH		\$(P)/ERHAN\OBS\TUUM1500.PSO	1500	TRIMBLE 4700	TRIMBLE 5700

FILE	TYP	FREQ.	STATION 1	STATION 2	SESS	FIRST	OBSERV.	TIME	#EPO	DT	#EF	#CLK	ARC	#SAT	AMB.I.+S.	#AMB	#CLUSTERS	L1	L2	L5	RM	

1	P	L3	TUBI	CVZL	1500	7-05-30	6:46:00	1209	30	0	E	E	1	21	N	Y	N	25	6	6	25	0
2	P	L3	TUBI	KRTL	1500	7-05-30	9:27:30	1003	30	0	E	E	1	18	N	Y	N	19	3	3	19	0
3	P	L3	TUBI	UMRN	1500	7-05-30	6:04:00	1228	30	0	E	E	1	21	N	Y	N	22	3	3	22	0

SATELLITES:

FILE	#SAT	SATELLITES

1	21	1 2 3 4 8 10 11 13 14 16 17 19 20 22 23 25 26 27 28 29 31
2	18	1 2 4 8 9 10 11 13 16 17 20 23 25 26 27 28 29 31
3	21	1 2 3 4 8 10 11 13 14 16 17 19 20 22 23 25 26 27 28 29 31

OBSERVATION SELECTION:

SAMPLING RATE : 0 SEC
 ELEVATION CUT-OFF ANGLE : 10 DEGREES
 SATELLITE SYSTEM : GPS
 SPECIAL DATA SELECTION : NO

1\$(P)/ERHAN

PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
 BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

3. GENERAL OPTIONS

TIDAL CORRECTION OF STATION COORDINATES : IERS CONVENTIONS 2000

A PRIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT:

A PRIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT : 0.001 M (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)
 MODEL FOR ELEVATION-DEPENDENT WEIGHTING : 1/COS(Z)
 POLARIZATION EFFECT : FULL

CORRELATIONS AND SESSIONS:

STRATEGY : CORRELATIONS CORRECTLY MODELLED
 TIME INTERVAL : 0.10000 SEC (TO IDENTIFY EPOCH)

SESS #FILE FILE NUMBERS

1500 3 1 2 3

AMBIGUITY RESOLUTION STRATEGY:

AMBIGUITIES PRE-ELIMINATED EVERY EPOCH

SYNCHRONIZATION ERRORS:

STRATEGY : SYNCHRONIZATION ERRORS NOT APPLIED

4. STATIONS

Local geodetic datum:	\$(X)/GEN\DATUM.		
Datum name	Ell. param./ Scale	Shifts to WGS-84	Rotations to WGS-84

IGb00	A = 6378137.000 m 1/f= 298.2572221 SC = 0.000000+00	DX = 0.0000 m DY = 0.0000 m DZ = 0.0000 m	RX = 0.00000 arcsec RY = 0.00000 arcsec RZ = 0.00000 arcsec

A priori station coordinates:

\$(P)/ERHAN\STA\FLT07150.CRD

A priori station coordinates

A priori station coordinates

SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS

Mapping function used for delay estimation: Wet Niell
Troposphere gradient estimation : Tilted mapping

Par	Station name	Reference epoch	sig_n (m)	sig_e (m)	sig_u (m)	abs/rel
1	TUBI	2007 05 30 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	abs
2	TUBI	2007 05 30 02 00 00			0.00000	rel
3	TUBI	2007 05 30 04 00 00			0.00000	rel
4	TUBI	2007 05 30 06 00 00			0.00000	rel
5	TUBI	2007 05 30 08 00 00			0.00000	rel
6	TUBI	2007 05 30 10 00 00			0.00000	rel
7	TUBI	2007 05 30 12 00 00			0.00000	rel
8	TUBI	2007 05 30 14 00 00			0.00000	rel
9	TUBI	2007 05 30 16 00 00			0.00000	rel
10	TUBI	2007 05 30 18 00 00			0.00000	rel
11	TUBI	2007 05 30 20 00 00			0.00000	rel
12	TUBI	2007 05 30 22 00 00			0.00000	rel
13	TUBI	2007 05 31 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	rel
14	CVZL	2007 05 30 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	abs
15	CVZL	2007 05 30 02 00 00			0.00000	rel
16	CVZL	2007 05 30 04 00 00			0.00000	rel
17	CVZL	2007 05 30 06 00 00			0.00000	rel
18	CVZL	2007 05 30 08 00 00			0.00000	rel
19	CVZL	2007 05 30 10 00 00			0.00000	rel
20	CVZL	2007 05 30 12 00 00			0.00000	rel
21	CVZL	2007 05 30 14 00 00			0.00000	rel
22	CVZL	2007 05 30 16 00 00			0.00000	rel
23	CVZL	2007 05 30 18 00 00			0.00000	rel
24	CVZL	2007 05 30 20 00 00			0.00000	rel
25	CVZL	2007 05 30 22 00 00			0.00000	rel
26	CVZL	2007 05 31 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	rel
27	KRTL	2007 05 30 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	abs
28	KRTL	2007 05 30 02 00 00			0.00000	rel
29	KRTL	2007 05 30 04 00 00			0.00000	rel
30	KRTL	2007 05 30 06 00 00			0.00000	rel
31	KRTL	2007 05 30 08 00 00			0.00000	rel
32	KRTL	2007 05 30 10 00 00			0.00000	rel
33	KRTL	2007 05 30 12 00 00			0.00000	rel
34	KRTL	2007 05 30 14 00 00			0.00000	rel
35	KRTL	2007 05 30 16 00 00			0.00000	rel
36	KRTL	2007 05 30 18 00 00			0.00000	rel
37	KRTL	2007 05 30 20 00 00			0.00000	rel
38	KRTL	2007 05 30 22 00 00			0.00000	rel
39	KRTL	2007 05 31 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	rel
40	UMRN	2007 05 30 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	abs
41	UMRN	2007 05 30 02 00 00			0.00000	rel
42	UMRN	2007 05 30 04 00 00			0.00000	rel
43	UMRN	2007 05 30 06 00 00			0.00000	rel
44	UMRN	2007 05 30 08 00 00			0.00000	rel
45	UMRN	2007 05 30 10 00 00			0.00000	rel
46	UMRN	2007 05 30 12 00 00			0.00000	rel
47	UMRN	2007 05 30 14 00 00			0.00000	rel
48	UMRN	2007 05 30 16 00 00			0.00000	rel
49	UMRN	2007 05 30 18 00 00			0.00000	rel
50	UMRN	2007 05 30 20 00 00			0.00000	rel
51	UMRN	2007 05 30 22 00 00			0.00000	rel
52	UMRN	2007 05 31 00 00 00	0.00000	0.00000	0.00000	rel

IONOSPHERE MODELS:

NO IONOSPHERE MODELS APPLIED

1\${P}/ERHAN

PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

8. POLE COORDINATES AND TIME INFORMATION

A PRIORI POLE AND TIME INFORMATION FROM THE POLE FILE:

DATUM	TIME	X-POLE ("") EP-CPO ("")	Y-POLE ("") PS-CPO ("")	UT1-UTC (S)	GPS-UTC (S)	RMS XP ("") RMS EP ("")	RMS YP ("") RMS PS ("")	RMS DT (S)
07-05-30	00:00:00	0.14080 0.00000	0.46575 0.00000	-0.142827	14.	0.00001 0.00007	0.00002 0.00010	0.000016
07-05-31	00:00:00	0.14340 0.00000	0.46392 0.00000	-0.143483	14.	0.00001 0.00007	0.00002 0.00011	0.000019

NUTATION MODEL: IAU2000
SUBDAILY POLE MODEL: IERS2000

1\${P}/ERHAN

PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

12. TEST OUTPUT

MIN. AND MAX. ELEVATION/NADIR ANGLES AND MAX. SYNCHRONIZATION ERRORS:

SESS	FILE	STATION NAME 1	STATION NAME 2	MIN/MAX ELEV.	MIN/MAX NADIR	SYNCH. ERR. (NS)
1500	1	TUBI	CVZL	14.7 88.6	0.3 13.6	0.0
1500	2	TUBI	KRTL	14.9 88.6	0.3 13.6	0.0
1500	3	TUBI	UMRN	14.7 88.6	0.3 13.7	0.0

1\${P}/ERHAN

PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54

13. RESULTS (PART 1)

NUMBER OF PARAMETERS (PART 1):

PARAMETER TYPE	#PARAMETERS	#PRE-ELIMINATED	#SET-UP	#NO-OBS	#REF	#SINGULAR
STATION COORDINATES	12	0	12	0	0	0
AMBIGUITIES	12	12 (BEFORE INV)	12	0	0	3
SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS	68	0	68	0	0	25
TOTAL NUMBER OF PARAMETERS	92	12	92	0	0	28

NUMBER OF OBSERVATIONS (PART 1):

TYPE	FREQUENCY	FILE	#OBSERVATIONS
PHASE	L3	ALL	20951
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS			20951

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT (PART 1):

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT : 0.0015 M (SIGMA OF ONE-WAY L1 PHASE OBSERVABLE AT ZENITH)
 DEGREE OF FREEDOM (DOF) : 20887
 CHI**2/DOF : 2.23

1\${P}/ERHAN

 PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
 BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

STATION COORDINATES: \${P}/ERHAN\STA\FIX07150.CRD

NUM	STATION NAME	PARAMETER	A PRIORI VALUE	NEW VALUE	NEW- A PRIORI	RMS ERROR	3-D ELLIPSOID	2-D ELLIPSE
3	TUBI	X	4211317.3162	4211317.3162	0.0000	0.0010		
		Y	2377865.9437	2377865.9437	0.0000	0.0006		
		Z	4144663.3007	4144663.3007	0.0000	0.0010		
		HEIGHT	220.3503	220.3503	0.0000	0.0015	0.0015 0.0	
		LATITUDE	40 47 12.210736	40 47 12.210736	0.0000	0.0001	0.0001 90.0	0.0001 90.0
		LONGITUDE	29 27 2.462498	29 27 2.462498	0.0000	0.0001	0.0001 0.0	0.0001
1	CVZL	X	4214351.1775	4214351.1869	0.0094	0.0017		
		Y	2352608.0122	2352607.9976	-0.0146	0.0022		
		Z	4155696.7768	4155696.7871	0.0103	0.0018		
		HEIGHT	85.6601	85.6676	0.0075	0.0024	0.0024 12.9	
		LATITUDE	40 55 8.849603	40 55 8.849834	0.0071	0.0012	0.0004 32.9	0.0004 33.0
		LONGITUDE	29 10 18.782816	29 10 18.782074	-0.0173	0.0018	0.0021 0.9	0.0022
2	KRTL	X	4210980.6957	4210980.7037	0.0080	0.0017		
		Y	2358296.3324	2358296.3221	-0.0103	0.0019		
		Z	4156280.8246	4156280.8324	0.0078	0.0018		
		HEIGHT	342.9593	342.9658	0.0065	0.0025	0.0025 12.0	
		LATITUDE	40 55 26.675275	40 55 26.675424	0.0046	0.0013	0.0005 43.5	0.0005 43.7
		LONGITUDE	29 15 1.261513	29 15 1.260961	-0.0129	0.0014	0.0018 0.8	0.0018
4	UMRN	X	4210284.2595	4210284.2623	0.0028	0.0017		
		Y	2345403.3564	2345403.3469	-0.0095	0.0026		
		Z	4163965.9826	4163966.0058	0.0232	0.0022		
		HEIGHT	175.7424	175.7560	0.0136	0.0025	0.0025 2.9	
		LATITUDE	41 1 1.320223	41 1 1.320837	0.0190	0.0020	0.0004 42.9	0.0004 42.9
		LONGITUDE	29 7 14.387747	29 7 14.387334	-0.0096	0.0021	0.0029 0.8	0.0029

1\${P}/ERHAN

 PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
 BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

SITE-SPECIFIC TROPOSPHERE PARAMETERS: (NOT SAVED)

REFERENCE ELEVATION ANGLE OF GRADIENT TERMS : 51.8 DEGREES
 MINIMUM ELEVATION ANGLE : 10.0 DEGREES
 MAPPING FACTOR AT MINIMUM ELEVATION ANGLE : 32.7

REQU.	STATION NAME	CORRECTIONS (M)			RMS ERRORS (M)			ZENITH VECTOR (")				ERROR ELLIPSE (M)			
		NORTH	EAST	ZENITH	NORTH	EAST	ZENITH	ANGLE	RMS	RATIO	AZI	MAX RMS	MIN RMS	AZI	
1	TUBI	-0.11422	-0.07147	0.00000	0.02006	0.01807	0.00000	12363.9	2028.3	6.1	32	0.02213	0.01547	36	
2	TUBI	-0.09809	-0.06392	0.00000	0.01681	0.01523	0.00000	10743.7	1691.8	6.4	33	0.01845	0.01320	36	
3	TUBI	-0.08196	-0.05637	0.00000	0.01363	0.01249	0.00000	9128.4	1360.5	6.7	35	0.01483	0.01104	36	
4	TUBI	-0.06583	-0.04883	-13.09876	0.01057	0.00993	1.67883	0.0	0.0	0.0	37	0.01134	0.00905	37	
5	TUBI	-0.04970	-0.04128	-13.61625	0.00779	0.00774	1.63979	0.0	0.0	0.0	40	0.00814	0.00737	43	
6	TUBI	-0.03357	-0.03373	-13.68589	0.00572	0.00632	1.61958	0.0	0.0	0.0	45	0.00638	0.00565	107	
7	TUBI	-0.01744	-0.02619	-14.11715	0.00526	0.00620	1.60373	0.0	0.0	0.0	56	0.00626	0.00518	105	
8	TUBI	-0.00131	-0.01864	-13.88526	0.00675	0.00746	1.61211	0.0	0.0	0.0	86	0.00757	0.00662	69	

9	TURI	0.01482	-0.01109	-15.09242	0.00930	0.00957	1.62957	0.0	0.0	0.0	143	0.01044	0.00830	49
10	TURI	0.03094	-0.00355	-15.04878	0.01226	0.01208	1.66825	0.0	0.0	0.0	173	0.01384	0.01024	44
11	TURI	0.04707	0.00400	0.00000	0.01540	0.01480	0.00000	4335.3	1449.9	3.0	185	0.01742	0.01237	42
12	TURI	0.06320	0.01155	0.00000	0.01863	0.01763	0.00000	5895.8	1803.2	3.3	190	0.02108	0.01461	41
13	TURI	0.07933	0.01909	0.00000	0.02190	0.02053	0.00000	7487.8	2152.0	3.5	194	0.02479	0.01693	40
14	CVZL	-0.14482	-0.01796	0.00000	0.02001	0.01733	0.00000	13179.1	1871.4	7.0	7	0.02201	0.01470	34
15	CVZL	-0.12950	-0.00993	0.00000	0.01677	0.01450	0.00000	11729.5	1547.4	7.6	4	0.01835	0.01245	34
16	CVZL	-0.11418	-0.00191	0.00000	0.01358	0.01177	0.00000	10312.8	1232.0	8.4	1	0.01475	0.01027	33
17	CVZL	-0.09885	0.00612	-13.09080	0.01049	0.00921	1.67884	0.0	0.0	0.0	356	0.01127	0.00823	32
18	CVZL	-0.08353	0.01414	-13.61723	0.00761	0.00700	1.63973	0.0	0.0	0.0	350	0.00808	0.00645	34
19	CVZL	-0.06821	0.02217	-13.68991	0.00532	0.00559	1.61957	0.0	0.0	0.0	342	0.00578	0.00512	57
20	CVZL	-0.05289	0.03019	-14.12917	0.00460	0.00562	1.60374	0.0	0.0	0.0	330	0.00574	0.00446	72
21	CVZL	-0.03756	0.03822	-13.90773	0.00603	0.00707	1.61206	0.0	0.0	0.0	315	0.00760	0.00536	59
22	CVZL	-0.02224	0.04624	-15.10601	0.00861	0.00930	1.62954	0.0	0.0	0.0	296	0.01053	0.00704	51
23	CVZL	-0.00692	0.05427	-15.03393	0.01158	0.01187	1.66824	0.0	0.0	0.0	277	0.01390	0.00905	47
24	CVZL	0.00840	0.06229	0.00000	0.01472	0.01461	0.00000	5676.9	1390.5	4.1	262	0.01744	0.01121	44
25	CVZL	0.02372	0.07032	0.00000	0.01793	0.01743	0.00000	6702.4	1772.5	3.8	251	0.02108	0.01346	43
26	CVZL	0.03905	0.07835	0.00000	0.02119	0.02031	0.00000	7905.5	2146.1	3.7	244	0.02476	0.01575	42
27	KRTL	-0.14513	-0.03867	0.00000	0.02005	0.01724	0.00000	13984.9	1995.7	7.0	15	0.02212	0.01449	34
28	KRTL	-0.13012	-0.02994	0.00000	0.01680	0.01438	0.00000	12431.8	1658.2	7.5	13	0.01846	0.01219	33
29	KRTL	-0.11510	-0.02121	0.00000	0.01361	0.01160	0.00000	10897.4	1327.7	8.2	10	0.01486	0.00996	33
30	KRTL	-0.10008	-0.01248	0.00000	0.01052	0.00896	0.00000	9390.9	1010.1	9.3	7	0.01138	0.00783	32
31	KRTL	-0.08506	-0.00375	-13.62017	0.00765	0.00663	1.63958	0.0	0.0	0.0	3	0.00819	0.00595	31
32	KRTL	-0.07005	0.00498	-13.70141	0.00536	0.00508	1.61940	0.0	0.0	0.0	356	0.00577	0.00462	38
33	KRTL	-0.05503	0.01371	-14.13383	0.00464	0.00507	1.60356	0.0	0.0	0.0	346	0.00546	0.00417	55
34	KRTL	-0.04001	0.02244	-13.90607	0.00605	0.00661	1.61188	0.0	0.0	0.0	331	0.00740	0.00506	52
35	KRTL	-0.02500	0.03117	-15.11980	0.00862	0.00893	1.62936	0.0	0.0	0.0	309	0.01039	0.00679	48
36	KRTL	-0.00998	0.03990	-15.06152	0.01159	0.01157	1.66802	0.0	0.0	0.0	284	0.01377	0.00886	45
37	KRTL	0.00504	0.04863	0.00000	0.01473	0.01436	0.00000	4552.4	1394.8	3.3	264	0.01733	0.01107	43
38	KRTL	0.02006	0.05736	0.00000	0.01794	0.01722	0.00000	5658.0	1815.6	3.1	251	0.02097	0.01335	42
39	KRTL	0.03507	0.06609	0.00000	0.02119	0.02012	0.00000	6966.6	2210.1	3.2	242	0.02466	0.01568	41
40	UMRN	-0.16624	-0.01358	0.00000	0.02064	0.01755	0.00000	15407.2	1920.9	8.0	5	0.02217	0.01557	31
41	UMRN	-0.15304	-0.00485	0.00000	0.01747	0.01475	0.00000	13976.5	1605.7	8.7	2	0.01854	0.01339	29
42	UMRN	-0.13784	0.00388	0.00000	0.01437	0.01207	0.00000	12586.7	1305.1	9.6	358	0.01499	0.01130	26
43	UMRN	-0.12263	0.01261	-13.09633	0.01142	0.00958	1.67893	0.0	0.0	0.0	354	0.01162	0.00934	18
44	UMRN	-0.10743	0.02134	-13.61399	0.00875	0.00749	1.63981	0.0	0.0	0.0	349	0.00876	0.00748	176
45	UMRN	-0.09223	0.03006	-13.69782	0.00673	0.00620	1.61967	0.0	0.0	0.0	342	0.00717	0.00567	145
46	UMRN	-0.07702	0.03879	-14.13477	0.00602	0.00624	1.60387	0.0	0.0	0.0	333	0.00678	0.00540	130
47	UMRN	-0.06182	0.04752	-13.91577	0.00704	0.00759	1.61216	0.0	0.0	0.0	322	0.00760	0.00704	86
48	UMRN	-0.04661	0.05625	-15.10476	0.00924	0.00972	1.62973	0.0	0.0	0.0	310	0.01039	0.00847	52
49	UMRN	-0.03141	0.06497	-15.13333	0.01198	0.01223	1.66698	0.0	0.0	0.0	296	0.01376	0.01018	47
50	UMRN	-0.01621	0.07370	0.00000	0.01496	0.01492	0.00000	6888.2	1260.8	5.5	282	0.01730	0.01214	45
51	UMRN	-0.00100	0.08243	0.00000	0.01808	0.01772	0.00000	7524.7	1609.7	4.7	271	0.02092	0.01424	43
52	UMRN	0.01420	0.09116	0.00000	0.02126	0.02057	0.00000	8421.2	1988.7	4.2	261	0.02460	0.01644	43

1\${P}/ERHAN

PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

RMS ERRORS OF ELLIPSE, COORDINATES AND COORDINATE DIFFER. IN MM (PART 1):

NUM		3	1	2	4
3	B	0.1	1.2	1.3	2.0
	L	0.1	1.8	1.3	2.1
	H	1.5	1.9	2.0	2.0
1	B	1.2	1.2	0.5	0.9
	L	1.8	1.8	0.6	0.5
	H	1.9	2.4	2.0	1.8
2	B	1.3	0.5	1.3	0.9
	L	1.3	0.6	1.4	0.9
	H	2.0	2.0	2.5	2.1
4	B	2.0	0.9	0.9	2.0
	L	2.1	0.5	0.9	2.2
	H	2.0	1.8	2.1	2.5

1\${P}/ERHAN

PROGRAM GPSEST 09-NOV-07 10:54
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 5.0

SLOPE DISTANCES AND RMS ERRORS IN M (PART 1):

NUM		1 N	2 N	4 N
3	O	27729.1365	22760.7087	37782.0104
	N	27729.1550	22760.7214	37782.0303
	RMS	0.0022	0.0018	0.0029
1	O		6637.6386	11697.2925
	N		6637.6428	11697.3007
	RMS		0.0006	0.0010
2	O			15025.8280
	N			15025.8354
	RMS			0.0012

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 1980

Doğum yeri Elazığ

Lise 1994 - 1998 Elazığ – M.A. Ersoy Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi

Lisans 1998 - 2004 Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004 - 2008 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
J.F.M. Anabilim Dalı, Geomatik Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2004-Devam ediyor Ölçme Merkezi Müh. Ltd. Şti. – Teknik Müdür