

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

**GIPSY/OASIS II GPS YAZILIMININ DOĞRULUĞUNUN MEVSİMSEL ETKİLER
DİKKATE ALINARAK İNCELENMESİ**

AZİZ SARAÇOĞLU

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

**DANIŞMAN
PROF. DR. DOĞAN UĞUR ŞANLI**

İSTANBUL, 2016

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIPSY/OASIS II GPS YAZILIMININ DOĞRULUĞUNUN MEVSİMSEL ETKİLER
DİKKATE ALNARAK İNCELENMESİ

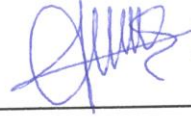
Aziz SARAÇOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 12.04.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi



Prof. Dr. Atınç PIRTI
Yıldız Teknik Üniversitesi



Doç. Dr. Bihter EROL
İstanbul Teknik Üniversitesi



ÖNSÖZ

Bu çalışmada; Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Programı, yüksek lisans bitirme tezi çalışması olarak; farklı enlemlerde ve farklı mevsimlerde elde edilen GPS değerlendirilmesi ile mevsimsel değişimin GPS konum doğruluğu üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Öncelikle, Yüksek Lisans çalışmam boyunca yardım ve önerilerini esirgemeyen aynı zamanda bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince bilgilerini ve tavsiyelerini esirgemeyen Arş. Gör. Hüseyin DUMAN' a katkılarından dolayı sonsuz teşekkürler.

Ayrıca, verilere ulaşmamızı sağlayan Uluslararası GPS Servisi IGS'e, SOPAC data arşivi kurumuna ve GIPSY OASIS II v6.3 yazılımını geliştiren NASA/JPL kurumuna teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Bununla birlikte, eğitim hayatım süresince maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

12 Nisan 2016

Aziz SARAÇOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Hipotez	5
BÖLÜM 2	
MEVSİMLER.....	6
2.1 Mevsimler: Meteorolojik ve Astronomik	6
2.1.1 Meteorolojik Mevsimler	6
2.1.1 Astronomik Mevsimler	7
2.2 İklim Kuşakları.....	8
BÖLÜM 3	
GPS ÖLÇÜLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	11
3.1 Değerlendirme Stratejisi.....	16
3.1.1 Kartezyen Koordinat Sisteminden Toposentrik Koordinat Sistemine Dönüşüm İşlemleri.....	19
3.1.2 Zaman Serilerinin Çizdirilmesi ve RMS hesabı	20

3.2	Enlem Bölgesine Göre Nokta Konum Doğruluklarının Mevsimsel Bazda Araştırılması	21
3.2.1	Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak).....	22
3.2.1.1	ALRT Noktası.....	23
3.2.1.2	NYA1 Noktası	24
3.2.1.3	TIXI Noktası.....	25
3.2.2	Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak)	27
3.2.2.1	ALBH Noktası.....	29
3.2.2.2	CAGS Noktası	30
3.2.2.3	GOPE Noktası	31
3.2.2.4	ANKR Noktası	32
3.2.2.5	POL2 Noktası	33
3.2.2.6	PETS Noktası	34
3.2.3	Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak)	37
3.2.3.1	BOGT Noktası	38
3.2.3.2	GUAM Noktası	39
3.2.4	Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak).....	42
3.2.4.1	CKIS Noktası.....	43
3.2.4.2	AREQ Noktası.....	44
3.2.4.3	MAL2 Noktası	45
3.2.4.4	COCO Noktası	46
3.2.5	Güney Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak).....	49
3.2.5.1	MOBS Noktası.....	50
3.2.6	Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak).....	53
3.2.6.1	OHI3 Noktası.....	54
3.2.6.2	DAV1 Noktası.....	55
3.3	Doğruluk Analizi.....	58
BÖLÜM 4		
SONUÇ VE ÖNERİLER		62
KAYNAKLAR.....		65
EK-A		
GPS İSTASYONLARI ZAMAN SERİSİ GRAFİKLERİ		67

EK-B

OTURUM SÜRESİNE BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN KOORDİNAT BİLEŞENLERİ RMS DEĞERLERİ.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	96



SİMGE LİSTESİ

S_{K-G}	Kuzey-Güney bileşeni standart sapma değeri
S_{D-B}	Doğu-Batı bileşeni standart sapma değeri
S_Y	Yükseklik bileşeni standart sapma değeri
T	Oturum Süresi
L	Baz uzunluğu
φ	Enlem

KISALTMA LİSTESİ

D-B	Doğu-Batı
EUREF	European Terrestrial Reference Frame
GIPSY	GNSS-Inferred Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
IGS	International GNSS Service
JPL	Jet Propulsion Laboratory
K-G	Kuzey-Güney
OASIS	Orbit Analysis Simulation Software
PPP	Precise Point Positioning
RINEX	Receiver Independent Exchange
RMS	Root Mean Square
SOPAC	Scripps Orbit and Permanent Array Center
Y	Yükseklik

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1	Soler vd. 2006 uygulamasına ilişkin kısa süreli ölçümler ile RMS değerleri arasındaki ilişki [2].....	2
Şekil 1. 2	1996-2014 yılları arasındaki ANKR GPS istasyonuna ait aylık ortalama zenit yolu gecikmesi grafiği [7]	3
Şekil 2. 1	Mevsimlerin kuzey ve güney yarım kürelerdeki durumu [10]	7
Şekil 2. 2	Ekinoks ve Solistis (Gündönümü) tarihleri [10].....	8
Şekil 2. 3	Matematik İklim Kuşakları [13]	9
Şekil 2. 4	Sıcaklık Kuşakları [13]	10
Şekil 3. 1	Uygulamada kullanılan GPS istasyonları	11
Şekil 3. 2	Kartezyen Koordinat Sistemi ile Toposentrik Koordinat Sistemi Arasındaki İlişki	19
Şekil 3. 3	Kuzey Kutup Kuşağı İstasyonları.....	22
Şekil 3. 4	ALRT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	23
Şekil 3. 5	NYA1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri.....	24
Şekil 3. 6	TIXI noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri.....	25
Şekil 3. 7	Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	26
Şekil 3. 8	Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	26
Şekil 3. 9	Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	27
Şekil 3. 10	Kuzey Orta Kuşağı İstasyonları.....	28
Şekil 3. 11	ALBH noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri.....	29
Şekil 3. 12	CAGS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri.....	30
Şekil 3. 13	GOPE noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	31
Şekil 3. 14	ANKR noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	32
Şekil 3. 15	POL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	33
Şekil 3. 16	PETS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri.....	34
Şekil 3. 17	Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	35
Şekil 3. 18	Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	35
Şekil 3. 19	Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	36

Şekil 3. 20	Kuzey Ekvator Kuşağı İstasyonları	37
Şekil 3. 21	BOGT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	38
Şekil 3. 22	GUAM noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri.....	39
Şekil 3. 23	Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	40
Şekil 3. 24	Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	40
Şekil 3. 25	Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	41
Şekil 3. 26	Güney Ekvator Kuşağı İstasyonları	42
Şekil 3. 27	CKIS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	43
Şekil 3. 28	AREQ noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	44
Şekil 3. 29	MAL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	45
Şekil 3. 30	COCO noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	46
Şekil 3. 31	Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	47
Şekil 3. 32	Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	47
Şekil 3. 33	Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	48
Şekil 3. 34	Güney Orta Kuşağı İstasyonları	49
Şekil 3. 35	MOBS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	50
Şekil 3. 36	Güney Orta Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktasının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	51
Şekil 3. 37	Güney Orta Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktasının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	51
Şekil 3. 38	Güney Orta Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktasının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	52
Şekil 3. 39	Güney Kutup Kuşağı İstasyonları.....	53
Şekil 3. 40	OHI3 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	54
Şekil 3. 41	DAV1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri	55
Şekil 3. 42	Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktasının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	56
Şekil 3. 43	Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktasının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri	56
Şekil 3. 44	Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktasının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri.....	57
Şekil 3. 45	Tüm bileşenler için elde edilen model	61

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1	Kuzey Yarımkürede Astronomik ve Meteorolojik Mevsimler 8
Çizelge 3. 1	Kullanılan GPS nokta konum bilgileri 12
Çizelge 3. 2	GPS noktalarına ilişkin alıcı ve anten bilgileri..... 13
Çizelge 3. 3	GPS istasyonlarına ilişkin gözlem tarihleri 2013 Yılı 14
Çizelge 3. 4	GPS istasyonlarına ilişkin gözlem tarihleri 2014 Yılı 15
Çizelge 3. 5	Kp-İndex değerleri [19] 16
Çizelge 3. 6	Kuzey Yarımküre mevsimleri 22
Çizelge 3. 7	ALRT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 23
Çizelge 3. 8	NYA1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri..... 24
Çizelge 3. 9	TIXI noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 25
Çizelge 3. 10	Kuzey Yarımküre mevsimler..... 28
Çizelge 3. 11	ALBH noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri..... 29
Çizelge 3. 12	CAGS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 30
Çizelge 3. 13	GOPE noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 31
Çizelge 3. 14	ANKR noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 32
Çizelge 3. 15	POL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 33
Çizelge 3. 16	PETS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri..... 34
Çizelge 3. 17	Kuzey Yarımküre mevsimleri..... 37
Çizelge 3. 18	BOGT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri 38

GIPSY/OASIS II GPS YAZILIMININ DOĞRULUĞUNUN MEVSİMSSEL ETKİLER DİKKATE ALNARAK İNCELENMESİ

Aziz SARAÇOĞLU

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI

GPS hassas nokta konumlandırma (PPP) tekniği günümüzde jeodezik ve jeofiziksel çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Yüksek doğruluk elde etmek için statik konumlandırma ile 24 saatlik veri kullanımı tercih edilmelidir. Ancak güncel bazı durumlar 24 saatlik veriye her zaman olanak sağlamaz. Bu yüzden, 8-10 saatlik oturumlarla tekrarlı GPS ölçmeleri bazı araştırma gruplarınca hala kullanılmaktadır.

Daha kısa verilerden konumlandırma çözümleri çeşitli sistematik etkilere maruz kalmakta ve buna bağlı olarak konumlandırma kalitesi ve kestirilen hız değerleri kötüleşmektedir. Bu bağlamda araştırmacılar, GPS konum doğruluğu ve daha kısa gözlemlerle kestirilen hız değerleri doğruluklarına yoğunlaşmıştır. Son zamanlarda bazı araştırma grupları GPS çözümlerinde mevsimsel etkileri içeren çalışmalara dikkatlerini yöneltmişlerdir. Şu ana kadar genellikle bölgesel ölçekte yapılan çalışmalar yayımlanmıştır.

Bu çalışmada, global yaklaşım tercih edilmiş ve daha kısa süreli gözlemlerden elde edilen GPS çözümlerinde farklı mevsimsel etkiler (yıllık değişim etkilerini de içeren) çalışılmıştır. NASA Jet Propulsion Laboratory tarafından geliştirilen GIPSY-OASIS II v6.3 yazılımı ile global olarak dağılmış Uluslararası GNSS Servisi tarafından yayınlanan gözlem dosyaları değerlendirilmiştir. Daha önceki yapılan doğruluk çalışmalarında ardışık 10 ile 30 günlük sürekli gözlem verileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, ardışık iki yılın her ayından veriler değerlendirmede kullanılmıştır. Elde edilen ana sonuç, GPS konum doğruluğu için mevsimsel etkiler hesaba katıldığında mevcut doğruluk

modelinin yeniden formüle etme gerekliliğinin doğması ve tipik tek terimli doğruluk formölünün iki terimli olarak genişletilmesidir.

Anahtar Kelimeler: GPS, doğruluk analizi, mevsimsel değişim, oturum süresi



INVESTIGATING THE ACCURACY OF GIPSY OASIS II GPS SOFTWARE CONSIDERING SEASONAL EFFECTS

Aziz SARAÇOĞLU

Department of Survey Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Doğan Uğur ŞANLI

GPS Precise Point Positioning (PPP) is now routinely used in many geophysical applications. Static positioning and 24 h data are requested for high precision results however real life situations do not always let us collect 24 h data. Thus repeated GPS surveys of 8-10 h observation sessions are still used by some research groups.

Positioning solutions from shorter data spans are subject to various systematic influences, and the positioning quality as well as the estimated velocity is degraded. Researchers pay attention to the accuracy of GPS positions and of the estimated velocities derived from short observation sessions. Recently some research groups turned their attention to the study of seasonal effects (i.e. meteorological seasons) on GPS solutions. Up to now usually regional studies have been reported.

In this study, we adopt a global approach and study the various seasonal effects (including the effect of the annual signal) on GPS solutions produced from short observation sessions. We use the PPP module of the NASA/JPL's GIPSY/OASIS II v6.3 software and globally distributed GPS stations' data of the International GNSS Service. Accuracy studies previously performed with 10-30 consecutive days of continuous data. Here, data from each month of a year, incorporating two years in succession, is used in the analysis. Our major conclusion is that a reformulation for the GPS

positioning accuracy is necessary when taking into account the seasonal effects, and typical one term accuracy formulation is expanded to a two-term one.

Keywords: GPS, accuracy analysis, seasonal effect, session, duration

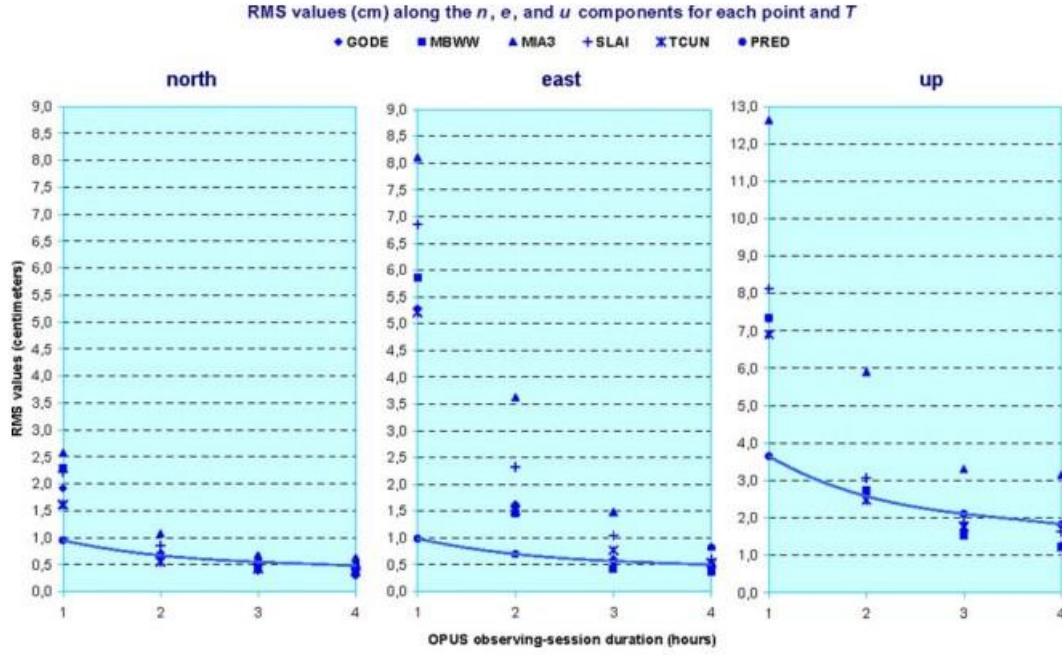


1.1 Literatür Özeti

Son yıllarda çeşitli araştırmacılar konum belirleme doğruluğu üzerine bir çok araştırma yapmış ve bu araştırmalarda GPS doğruluğunun baz uzunluğuna ve gözlem süresine bağlılığı tartışılmıştır [1], [2], [3], [4].

Eckl ve arkadaşları [1], 2001 yılında yapmış oldukları çalışmada GPS ile konumlama doğruluğunun baz uzunluğunun ve gözlem süresinin fonksiyonu olarak ifade edildiği matematiksel modeli irdelenmiştir. Bu çalışmada, 1998 yılına ait 10 günlük GPS verisi kullanarak GPS ile konumlama doğruluğuna ilişkin geliştirilen standartlar ortaya konmuştur. Buradaki en önemli ölçüt baz uzunluğu ve gözlem süresidir. Verileri, IGS tarafından yayınlanan hassas uydu yörüngeleri kullanılarak, tamsayı belirsizliklerinin doğru biçimde çözümlenerek ve uygun nötr atmosfer gecikme parametrelerinin kestirilerek PAGES yazılımında değerlendirmişlerdir. Baz mesafesinin 26 km ile 300 km arasında, oturum süresini ise süresi 4 ile 24 saat aralığında sınırlamışlardır. Yapılan çalışmalarda konumlama doğruluğunun baz mesafesine olan bağımlılığının göz ardı edilebilecek kadar küçük olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Soler ve arkadaşları [2], 2006 yılında 1 ile 4 saat aralığındaki ölçümler ile yaptıkları benzer bir çalışmada, Eckl ve arkadaşlarının [1] yaptığı çalışmada oluşturulan modeller ile kısa süreli gözlemlerin duyarlılığının uyum sağlamadığını belirtmişlerdir. Şekil 1. 1’de Soler ve arkadaşlarının [2], 2006 uygulamasına ilişkin kısa süreli ölçümler ile RMS değerleri arasındaki ilişki gösterilmiştir. Özellikle 1 ve 2 saatlik ölçümler üzerinde yoğun bir şekilde GPS hata kaynaklarının etkisi görülmektedir.



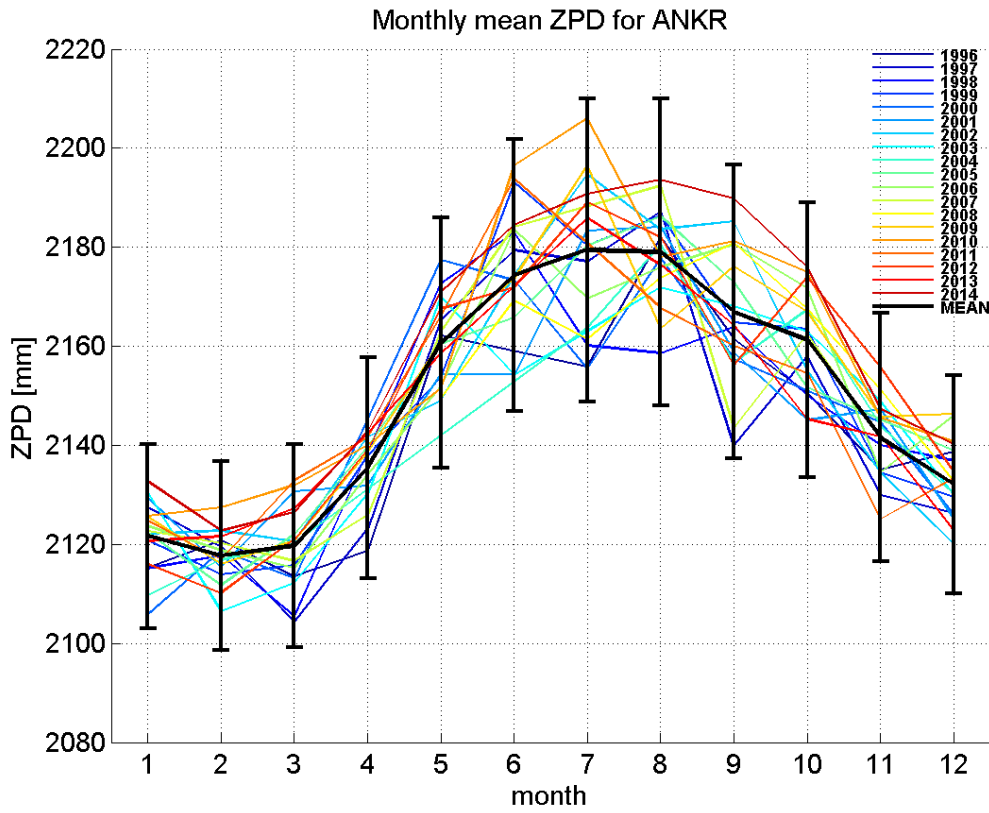
Şekil 1. 1 Soler vd. 2006 uygulamasına ilişkin kısa süreli ölçümler ile RMS değerleri arasındaki ilişki [2]

Doğan [3], 2007 yılında gerçekleştirdiği çalışmada Marmara GPS ağına bulunan 7 adet istasyon ve IGS ağına bağlı 2 adet noktanın 2002 yılındaki verilerini kullanarak Eckl ve arkadaşlarının [1] yaptığına benzer bir biçimde 6-340 km aralığında değişen bazlarda GPS konum belirleme doğruluğunu BERNESE 4.2 yazılımını kullanarak analiz etmiştir. Çalışma, 4 ile 24 saat aralığında sınırlandırılmıştır. Burada, Eckl ve arkadaşlarının [1] yaptığına aksine konum belirleme doğruluğunu baz mesafesine bağımlı olduğu belirlenmiştir.

Öztürk ve Şanlı [4], 2011 yılında yaptığı çalışmada Eckl ve arkadaşları [1] tarafından kullanılan modelden farklı daha uzun baz uzunlukları da değerlendirilmeye katılmıştır. Bu çalışmada EUREF ve IGS ağına ait 32 adet GPS istasyonu ile 3 km ile 3000 km aralığında 28 adet baz oluşturulmuştur. Her bir noktaya ilişkin 24 saatlik RINEX verileri 6, 8 ve 12 saatlik dilimlere ayrılarak yeni veri setleri elde edilmiştir. Daha sonra tüm veri setlerini GIPSY OASIS II akademik yazılımı ile değerlendirmişlerdir. Burada tek bir model ile GPS konum belirleme doğruluğunu gözlem oturum süresine ve baz mesafesine bağımlı olduğu belirlenmiştir.

GPS konum belirleme doğruluğuna etki eden iyonosferik kırılma, troposferik gecikme, multipath etkisi ve anten faz merkezi hatası gibi birçok hata kaynağı vardır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla bu hata kaynaklarının etkisi önemli derecede azaltılmıştır. Bu hata

kaynaklarının oluşmasına sebep olan birçok neden vardır. Bunlardan en önemlileri kuşkusuz mevsimsel değişimlerdir. Örneğin, troposfer tabakasında kuru gazların ve su buharının neden olduğu sinyal gecikmeleri yaşanmakta, sinyalin troposferdeki yayılma süresini arttırmaktadır. Troposfer tabakasında meydana gelen bu etkiye troposferik gecikme veya troposfer yolu gecikmesi denilmektedir [5], [6]. Yaz ve kış aylarında gecikme değerleri farklılık göstermektedir. Şekil 1. 2'de 1996-2014 yılları arasındaki ANKR GPS istasyonuna ait aylık ortalama zenit yolu gecikmesi değerleri gösterilmektedir. Yaz aylarındaki gecikme değerlerinin en yüksek, kış aylarında ise en düşük seviyede olduğu görülmektedir.



Şekil 1. 2 1996-2014 yılları arasındaki ANKR GPS istasyonuna ait aylık ortalama zenit yolu gecikmesi grafiği [7]

Wang ve Liou [8], 2004 yılında gerçekleştirdiği çalışmada Temmuz 2003 ve Aralık 2003 aylarına ait verileriyle GPS'nin yükseklik bileşeni arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Araştırmanın sonucunda temmuz ayı GPS yükseklik değerleri aralık değerlerinden daha yüksek olduğunu gözlenmiştir. Ani hava değişimleri, atmosferde bulunan su buharı GPS'in konum doğruluğunu etkilemiştir ve yükseklik değerlerinde dalgalanmalara neden olmuştur. Ayrıca yükseklik bileşeninin hava sıcaklığındaki değişimlere daha hassas olduğunu belirtmiştir.

Doğan ve arkadaşları [9], 2014 yılında yaptığı çalışmasında mevsimsel değişimlerde GPS konum doğruluğunu araştırmıştır. Bu amaç doğrultusunda Marmara Sürekli GPS Ağı'na ait 12 ve IGS ağında bulunan 2 adet GPS istasyonu kullanılarak elde edilen sonuçların mevsimsel değişimi ile olan ilişkisi belirlenmiştir. Uygulamada 2009 yılının her bir ayına ait 3 günlük GPS ölçüleri kullanılmıştır. 6 ile 238 km aralığında değişen baz uzunluklarına ilişkin 24 saatlik GPS ölçüleri 4, 6, 8 ve 12 saatlik veri setlerine bölünerek ayrı ayrı Bernese 5.0 yazılımında değerlendirmişlerdir. Bölgesel ölçekte yapılan bu çalışmada GPS konum doğruluğunun temmuz ayında en düşük, kış ayları olan ocak ve aralık ayında ise en yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı farklı mevsimlerde elde edilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile mevsimsel değişimin global ölçekte GPS konum doğruluğu üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaçla kutup (soğuk), orta (ılıman) ve ekvator (sıcak) enlem olmak üzere 3 farklı enlem bölgesinde seçilen 18 IGS noktasına ilişkin 2013 ve 2014 yıllarının her bir ayına ait 3 günlük 24 saatlik RINEX verileri kullanılmıştır. Her bir noktaya ilişkin 24 saatlik RINEX verileri 4, 6, 8 ve 12 saatlik dilimlere ayrılarak yeni veri setleri elde edilmiştir. Daha sonra tüm veri setleri GIPSY OASIS v6.3 akademik yazılımı ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonuçları analiz edilerek, enlem bölgesi oturum süresi ve mevsimsel değişimlerin konum doğruluğuna olan etkisine ilişkin sonuçlar sunulmuştur.

1.3 Hipotez

Bu zamana kadar mevsimsel değişimlerin GPS konum belirleme doğruluğu üzerindeki etkisi daha ziyade bölgesel olarak araştırılmıştır [6], [9]. Oysaki mevsimsel değişimin karakteri coğrafi konum yani enleme bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir [10], [11], [12], [13]. Acaba mevsimsel değişimin enleme bağlı bu karakteri GPS konum belirleme doğruluğu üzerine nasıl yansıyacaktır? Ayrıca, literatürde GPS bağlı ve hassas nokta konumlama (PPP) veri analiz teknikleri ve de farklı yazılımlar kullanıldığında konum belirleme doğruluğunun farklı etkilendiği görölmektedir [1],[3],[14]. Acaba mevsimsel değişimin dikkate alınmasıyla GIPSY/OASIS II PPP konum belirleme doğruluğu nasıl etkilenecektir? Tezin motivasyonu yukarıda anılan hipotezler üzerine kurulmuştur.



2.1 Mevsimler: Meteorolojik ve Astronomik

Dünyanın güneş etrafındaki hareketlerine ve eksen eğikliğine bağlı olarak mevsimler oluşur ve ikiye ayrılır.

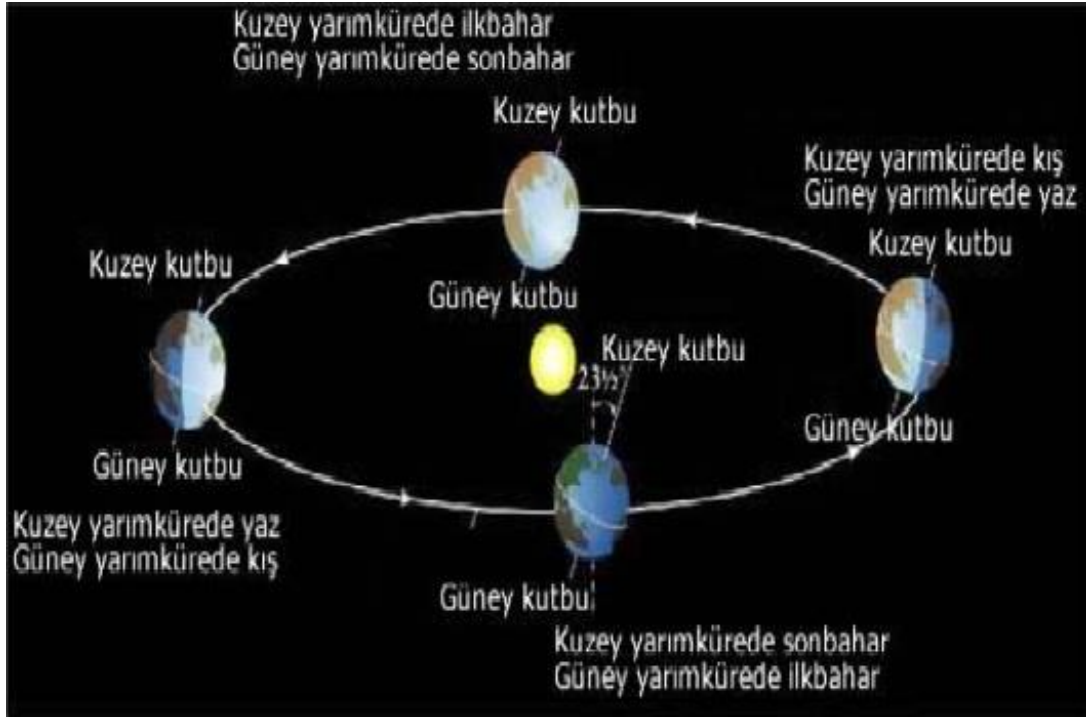
2.1.1 Meteorolojik Mevsimler

Meteorolojik mevsim yılın eşit dört bölümü için kullanılan bir kavramdır. Meteorolojik mevsimlerin meydana gelme nedeni; Ekliptik (yörünge) düzlemi ile Ekvator düzlemi arasındaki $23^{\circ}27'$ lik ya da Dünya ekseninin ekliptik düzlemi arasındaki $66^{\circ}33'$ lik açı farkıdır [10], [11]. Başka bir ifadeyle Dünya Güneş etrafında hareket ederken, yörüngesine olan eğiklikten dolayı Dünya üzerindeki herhangi bir nokta Güneş ışınlarını farklı açılarla alır ve bunun sonucunda mevsimler oluşur. Dünya'nın eksenini $23^{\circ}27'$ eğik olması Güneş ışınlarının yıl içinde gelme açısı ve buna bağlı olarak ısıtma miktarının değişmesi Kuzey ve Güney Yarımkürelerinde mevsimlerin simetrik yaşanmasına neden olur (Şekil 2. 1).

Kuzey yarımkürede Meteorolojik mevsimler;

- Mart, Nisan, Mayıs ayları İlkbahar mevsimi,
- Haziran, Temmuz, Ağustos ayları Yaz mevsimi,
- Eylül, Ekim, Kasım ayları Sonbahar mevsimi ve
- Aralık, Ocak, Şubat ayları Kış mevsimi

olarak ifade edilir (Çizelge 2. 1). Güney yarımkürede tarihler tamamen tersine işlemektedir. Yani ilkbahar mevsimi eylül-ekim-kasım aylarıdır.



Şekil 2. 1 Mevsimlerin kuzey ve güney yarım kürelerdeki durumu [10]

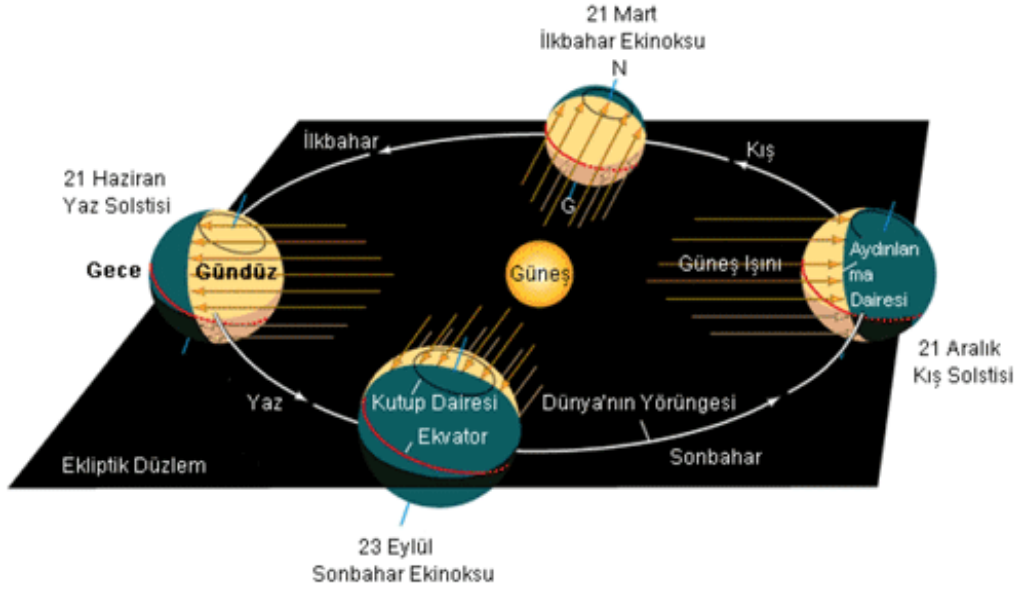
2.1.2 Astronomik Mevsimler

Astronomik mevsimde, astronomlar ve bilim adamları yıl içindeki mevsimlerin başlangıç ve bitiş tarihini belirlemek amacıyla ekinoks ve gündönümü tarihlerini kullanırlar [12]. Dünyanın güneş etrafındaki hareketlerine bağlı olarak oluşur (Şekil 2. 2).

Kuzey yarımkürede Astronomik mevsimler;

- 21 Mart-22 Haziran ilkbahar mevsimi,
- 22 Haziran-23 Eylül yaz mevsimi,
- 23 Eylül-22 Aralık sonbahar mevsimi ve
- 23 Aralık- 21 Mart ise kış mevsimi

olarak ifade edilir (Çizelge 2. 1). Güney yarımkürede ilkbahar mevsimi 23 eylül tarihinde başlamaktadır.



Şekil 2. 2 Ekinoks ve Solistis (Gündönümü) tarihleri [10]

Çizelge 2. 1 Kuzey ve Güney Yarımkürede Astronomik ve Meteorolojik Mevsimler

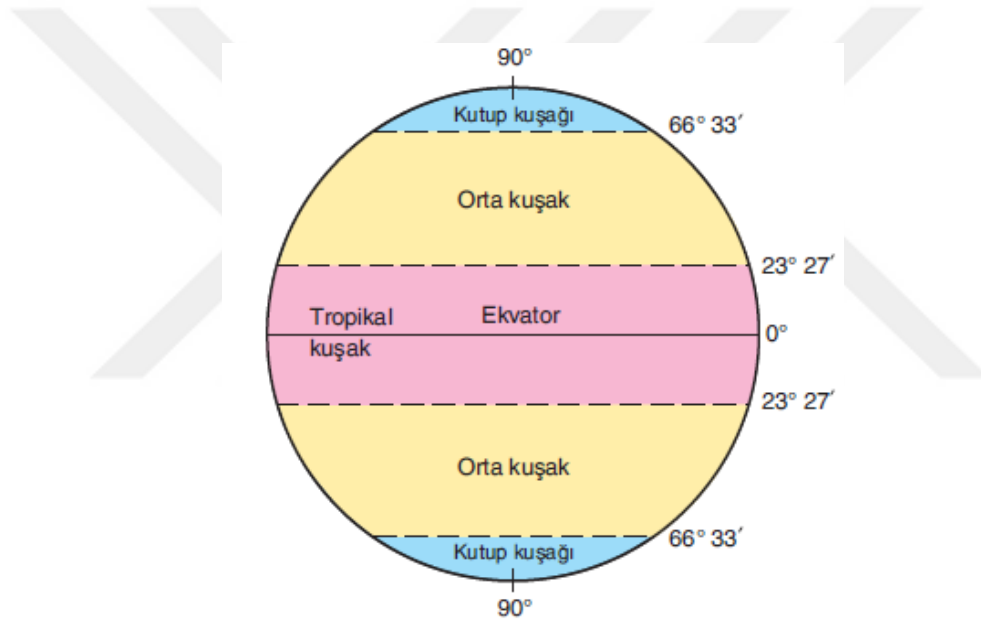
Kuzey Yarımküre	Astronomik Mevsim	Meteorolojik Mevsim	Güney Yarımküre
İlkbahar	21 Mart-21 Haziran	Mart-Nisan-Mayıs	Sonbahar
Yaz	21 Haziran-23 Eylül	Haziran-Temmuz-Ağustos	Kış
Sonbahar	23 Eylül-21 Aralık	Eylül-Ekim-Kasım	İlkbahar
Kış	21 Aralık-21 Mart	Aralık-Ocak-Şubat	Yaz

2.2 İklim Kuşakları

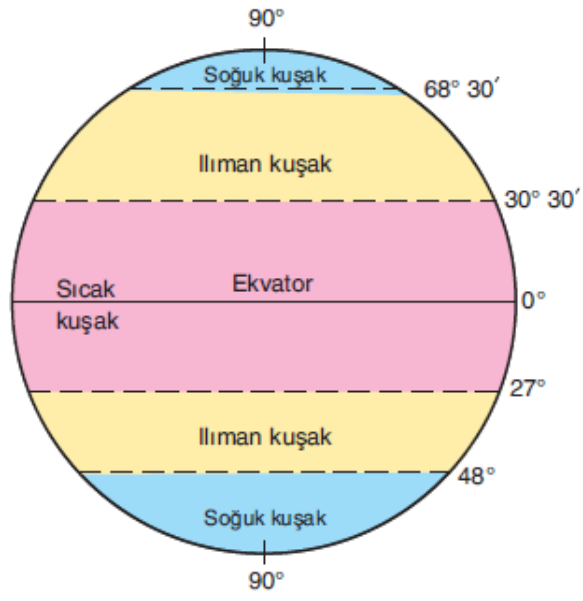
Dünyanın şekli, kara ve denizlerin dağılışı, okyanus akıntıları, genel hava dolaşımı ve eksen eğikliğine bağlı olarak yeryüzünün değişik yerleri farklı ölçülerde Güneş enerjisi alır ve bunun sonucu olarak matematik iklim kuşakları ve sıcaklık kuşakları oluşmuştur.

Matematik İklim Kuşakları: Dünya'nın $23^{\circ}27'$ lık eksen eğikliği etkisiyle oluşan kuşaklardır (Şekil 2. 3). Buna göre aydınlanma süreleri birbirinden farklı olan ve Ekvator'dan itibaren kuzey ve güneyde dönenceler ($23^{\circ} 27'$), kutup daireleri ($66^{\circ} 33'$) ve kutup noktalarından (90°) oluşan kuşaklara ayrılmıştır.

Sıcaklık Kuşakları: Dünyanın şekli, kara ve denizlerin dağılışı, okyanus akıntıları, atmosferdeki genel hava dolaşımı gibi faktörler sıcaklık kuşaklarının oluşmasında etkili olmuştur (Şekil 2. 4). Bu faktörlerin etkisiyle sıcaklık kuşaklarının sınırları ile matematik iklim kuşaklarının sınırları arasında farklılıklar oluşmuştur. Şekil 2. 4 incelendiğinde, ılıman ve sıcak kuşağın Kuzey Yarım Küre'de daha geniş, soğuk kuşağın ise daha dar olduğu görülmektedir.



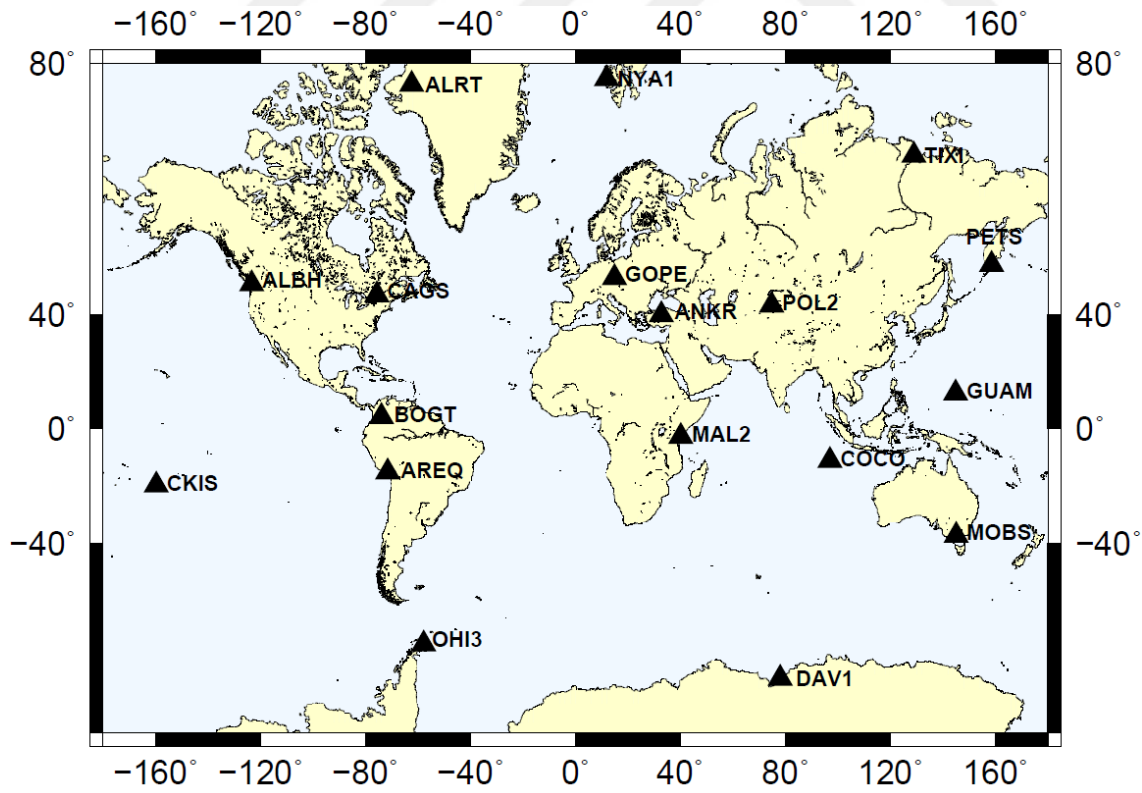
Şekil 2. 3 Matematik İklim Kuşakları [13]



Şekil 2. 4 Sıcaklık Kuşakları [13]

GPS ÖLÇÜLERİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada ölçüm süresine bağlı olarak nokta konum doğruluğunun mevsimsel değişimden nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla IGS (International GNSS Service) ağına ait 18 adet noktanın verileri kullanıldı. Nokta seçimi enlem bölgesine ve dünya üzerinde global şekilde dağılmış olmasına dikkat edilerek yapılmıştır. GPS istasyonlarının konumları Şekil 3. 1’de gösterilmektedir.



Şekil 3. 1 Uygulamada kullanılan GPS istasyonları

Bu 18 adet noktanın 2013 ve 2014 yılında olmak üzere her aya 3'er günlük verisi SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) web sitesinden elde edildi [15]. Bu çalışmada kullanılan GPS nokta konum bilgileri Çizelge 3. 1'de, GPS istasyonlarına ait alıcı ve anten bilgileri Çizelge 3. 2'de, GPS istasyonlarının gözlem tarihleri Çizelge 3. 3 ve Çizelge 3. 4'de gösterilmiştir. Gözlem tarihleri her bir ayın yaklaşık aynı döneminde ve iyonosfer etkisinin en az olduğu günler dikkate alınarak belirlenmiştir [16].

Çizelge 3. 1 Kullanılan GPS nokta konum bilgileri [17]

İstasyon Kimliği	İstasyon İsmi	Ülke	Enlem (m)	Boylam (m)	Elipsoit
					Yüksekliği (m)
ALBH	Victoria	Kanada	48.3898	-123.4874	32.0000
ALRT	Alert	Kanada	82.4943	-62.3405	78.1100
ANKR	Ankara	Türkiye	39.8875	32.7586	974.8000
AREQ	Arequipa	Peru	-16.4655	-71.4928	2488.9226
BOGT	Bogota	Kolombiya	4.6401	-74.0809	2576.7782
CAGS	Gatineau	Kanada	45.5850	-75.8073	235.0000
CKIS	Rarotonga	Cook Adaları	-21.2009	-159.8006	18.4000
COCO	Cocos Island	Avustralya	-12.1883	96.8339	-35.2212
DAV1	Davis	Antartika	-68.5773	77.9726	44.5000
GOPE	Ondrejov	Çek Cumhuriyeti	49.9137	14.7856	592.6000
GUAM	Dededo	Guam	13.5893	144.8683	201.9220
MAL2	Malindi	Kenya	-2.9960	40.1940	-20.4000
MOBS	Melbourne	Avustralya	-37.8294	144.9753	40.5780
NYA1	Ny-Alesund	Norveç	78.9296	11.8653	84.0000
OHI3	O'Higgins	Antartika	-63.3211	-57.9014	32.1500
PETS	Petropavlovsk	Rusya	53.0233	158.6501	102.2000
POL2	Bishkek	Kırgızistan	42.6798	74.6943	1714.2000
TIXI	Tixi	Rusya	71.6345	128.8664	46.9847

Çizelge 3. 2 GPS noktalarına ilişkin alıcı ve anten bilgileri [18]

Nokta	Alıcı Tipi	Anten Tipi
ALBH	AOA BENCHMARK ACT	AOAD/M_T
ALRT	ASHTECH UZ-12	ASH701945D_M
ANKR	TPS E_GGD	TPSCR3_GGD
AREQ	ASHTECH UZ-12	AOAD/M_T
BOGT	ASHTECH UZ-12	ASH701945E_M
CAGS	TRIMBLE NETR8	TRM59800.00
CKIS	TRIMBLE NETR9	TRM59800.00
COCO	TRIMBLE NETR8	AOAD/M_T
DAV1	LEICA GRX1200GGPRO	LEIAR25.R3
GOPE	TPS NETG3	TPSCR.G3
GUAM	JAVAD TRE_G3TH DELTA	ASH701945B_M
MAL2	SEPT POLARX4	LEIAR25.R4
MOBS	LEICA GRX1200GGPRO	ASH701945C_M
NYA1	TRIMBLE NETR8	ASH701073.1
OHI3	LEICA GR25	LEIAR25.R4
PETS	ASHTECH Z-XII3	ASH701933B_M
POL2	ASHTECH UZ-12	TPSCR.G3
TIXI	JPS EGGDT	TPSCR3_GGD

Çizelge 3. 4 GPS istasyonlarına ilişkin gözlem tarihleri 2014 Yılı

GPS Günü 2014 Yılı																																						
Nokta	15	16	17	43	44	45	74	75	76	104	105	106	135	136	137	165	166	167	197	198	199	226	227	228	257	258	259	288	289	290	321	322	323	350	351	352		
ALBH	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
ALRT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
ANKR	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
AREQ	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
BOGT	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
CAGS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
CKIS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
COCO	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
DAV1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
GOPE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
GUAM	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
MAL2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
MOBS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
NYA1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
OHI3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
PETS	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
POL2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		
TIXI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		

3.1 Değerlendirme Stratejisi

Bu aşamada verilerin değerlendirme öncesi yapılan hazırlıklar, değerlendirme sırasını ve uygulanan strateji, değerlendirme sonrası elde edilen analiz sonuçlarına ilişkin bilgiler sunulacaktır.

Kp-indeksi güneş patlamalarının sebep olduğu jeomanyetik fırtınaların büyüklüğünü karakterize eden, en düşük 0 ile en yüksek 9 arasında değişen değerlerdir (Çizelge 3. 5). Yapılan uygulamada değerlendirmeye esas alınan günlerin Kp-indeks değerleri 4'den küçük olmasına dikkat edilerek belirlenmiştir.

Çizelge 3. 5 Kp-Index değerleri [19]

Kp-indeks	Jeomanyetik enlem	Aktivite
0	66.5° ve daha yüksek	Çok düşük
1	64.5°	Düşük
2	62.4°	Düşük
3	60.4°	Kararsız
4	58.3°	Aktif
5	56.3°	Küçük fırtına
6	54.2°	Orta fırtına
7	52.2°	Şiddetli fırtına
8	50.1°	Sert fırtına
9	48.1° ve daha düşük	Aşırı fırtına

GPS ölçüleri California Institute of Technology Jet Propulsion Laboratory tarafından geliştirilen Gipsy-Oasis v6.3 (Gps Inferred Positioning System and Orbit Analysis And Simulation Software) yazılımı ile değerlendirilmiştir. Gipsy Oasis v6.3 yazılımında verilerin değerlendirilmesi için öncelikle SOPAC'tan indirilen istasyon noktalarına ait sıkıştırılmış formatta (alrt0050.13d.Z vb.) dosyaları indirdik. İndirilen veriler "Secure Shell Client (SSH)" ara programı kullanılarak ana bilgisayar üzerinde oluşturulan dizine yüklenmiştir.

Yüklenen verilerin olduğu dizine,

```
cd /veriler
```

komutu ile girilerek sıkıştırılmış halde olan hatanaka formatındaki veriler (alrt0050.13d.Z vb.),

```
uncompress *
```

komutu ile çıkarılmıştır. Bu işlemlerin ardından CRX2RNX ara programını kullanabilmek için,

```
chmod +x CRX2RNX
```

komutu ile aktif hale getirilir ve sonrasında hatanaka dosyalarının (alrt0050.13d vb.) olduğu dizine tekrar dönülerek,

```
../CRX2RNX alrt0050.13d
```

komutu yardımıyla tüm hatanaka dosyaları teker teker rinex gözlem dosyası formatına (alrt0050.13o) dönüştürülür. Bu dönüştürme işlemlerinden sonra JPL (Jet Propulsion Laboratory) tarafından geliştirilen GIPSY / OASIS programı değerlendirme aşamalarına geçilir.

İlk olarak yapılması gereken adım programı çalıştırabilmek için PATH verme işlemi dediğimiz adım gerçekleştirilir. Bu adım GIPSY programı için csh shell üzerinden yapılır ve komutu aşağıda gösterildiği gibidir.

```
source /opt/goa-6.3/rc_gipsy.csh
```

Artık programımız aktif hale gelmiş yani kullanıma hazır durumdadır. Sonraki adımda ilk olarak yine SOPAC'ın sitesinde (<http://sopac.ucsd.edu/allSiteLogs.shtml>) noktaya ait dosyaya bakılarak herhangi bir anten değişikliğinin olup olmadığı kontrol edilir. Eğer anten değişikliği varsa hangi tarihlerde olduğu belirlenir. Örneğin MAL2 noktası için ele alacak olursak, 2013-04-04 tarihinde bir anten değişikliği olmuştur. Belirtilen tarih öncesinde anten tipi (ASH701945C_M) ile sonrasındaki anten tipi (LEIAR25.R4) farklı olduğu için her iki anten içinde aşağıdaki komut yardımıyla ".xyz" uzantılı anten bilgilerini içeren dosya oluşturulur.

```

antex2xyz.py \
-antexfile /var/opt/goa-var/etc/antenna_cals_xmit/igs08_1781.atx \
-anttype LEIAR25.R4\
-recname MAL2 \
-xyzfile mal2.xyz

```

Burada dikkat edilmesi gereken husus kırmızı renkli kısımların değerlendirilen verilere göre değiştirilmesidir ve her bir anten tipi için farklı isimlerde (Örn: mal2.xyz1, mal2.xyz2 vb.) kaydedilmesidir. Anten bilgilerini içeren dosya veya dosyalar oluşturulduktan sonra;

```

gd2p.pl \
-i alrt0050.13o \
-n ALRT \
-r 300 \
-type s \
-d 2013-01-05 \
-add_ocnld \
-OcnldCpn \
-tides WahrK1 PolTid FreqDepLove OctTid \
-trop_z_rw 5E-8 \
-wetzgrad 5E-9 \
-w_elmin 7 \
-post_wind 5.0E-3 5.0E-5 \
-AntCal alrt.xyz \
-orb_clk flinnR \
-arp -ion_2nd \
-tec_mdI ionex

```

-ionex_file *igsg0050.13i*

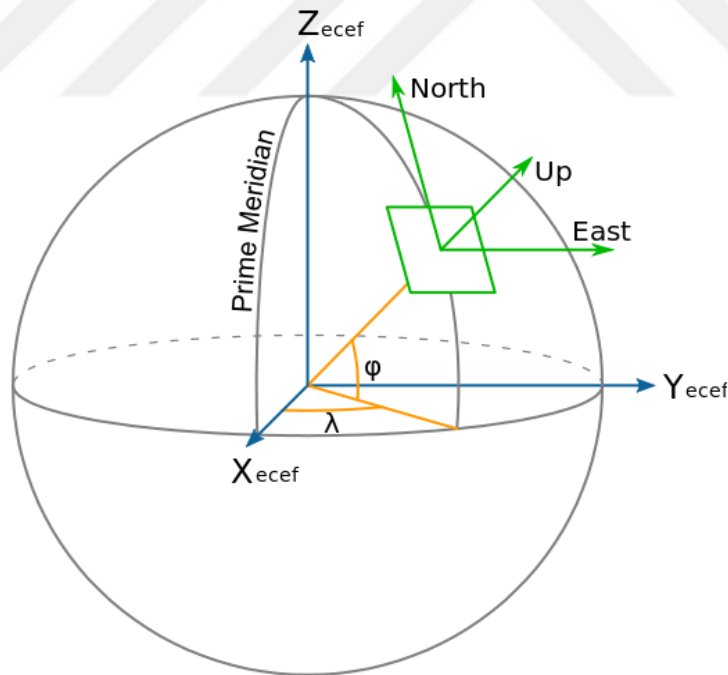
-amb_res 1 \

-stacov \

komutu kullanılarak noktaların günlük verileri hassas nokta konumlama prensibine göre değerlendirilir. Değerlendirme işlemi sonuçları stacov_final isimli dosya içerisinde depolanır. Her bir gün için oluşturulan bu stacov_final dosyaları içerisinde 3B Kartezyen koordinatları (X, Y, ve Z), bu koordinat bileşenlerinin standart sapma değerleri elde edilir ve GIPSY programı ile değerlendirme işlemi burada son bulur.

3.1.1 Kartezyen Koordinat Sisteminden Toposentrik Koordinat Sistemine Dönüşüm İşlemleri

Elde edilen 3B Kartezyen koordinat sistemindeki değerlerin zaman seri analizi çiziminde nokta hareketini gerçek yeryüzünde anlamlı kılabilmek için değerlendirme yapılan günlere ait her bir nokta üçlüsünün Toposentrik koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 3. 2 Kartezyen Koordinat Sistemi ile Toposentrik Koordinat Sistemi Arasındaki İlişki [20]

Koordinat dönüşümü işlemi;

X_{ORT} , Y_{ORT} ve Z_{ORT} 24 saatlik verilerin ortalama değeri ve p değerlendirilmesi yapılan toplam gün sayısı olmak üzere;

$$\Delta X_i = X_i - X_{ORT} ; \quad X_{ORT} = [X_i]/p \quad (3.1)$$

$$\Delta Y_i = Y_i - Y_{ORT} ; \quad Y_{ORT} = [Y_i]/p \quad (3.2)$$

$$\Delta Z_i = Z_i - Z_{ORT} ; \quad Z_{ORT} = [Z_i]/p \quad (3.3)$$

$$\underline{\Delta N} = \underline{G} \cdot \underline{\Delta X} \quad (3.4)$$

$$\begin{bmatrix} \Delta_{K-G} \\ \Delta_{D-B} \\ \Delta_Y \end{bmatrix}_m = \begin{bmatrix} -\sin\varphi \cdot \cos\lambda & -\sin\varphi \cdot \sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi \cdot \cos\lambda & \cos\varphi \cdot \sin\lambda & \sin\varphi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}_m \quad (3.5)$$

çarpımıyla elde edilir. Burada geçen K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.

3.1.2 Zaman Serilerinin Çizdirilmesi ve RMS hesabı

Zaman serilerinin çizdirilmesi için ilk önce koordinatı hesaplanan günlerin yıl içindeki gün sayısı hesaplanır ve bu gün sayısı tam bir yılın gün sayısına bölünerek o tarihin yıl değeri ondalıklı olarak elde edilir. Örnek olarak 02.05.2014 tarihini ele alacak olursak;

2014 yılı Mayıs ayının 2. Günü yılbaşından itibaren 122. güne denk gelmektedir ve bu gün sayısını ondalık olarak yıla çevirme işlemi ise;

$$2014 + \frac{122}{365.25} = 2014.3340$$

şeklinde, hesap yapılan tüm günler için ondalıklı yıllar elde edilir. Toposentrik Koordinatlara ait RMS değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplamalardan sonra Toposentrik Koordinat sistemindeki her bir bileşenin yıllara göre iki boyutlu grafiği yani zaman serileri çizdirilir ve bu bileşenlere göre ise RMS değeri hesaplanır.

RMS değeri, c K-G, D-B ve Y koordinatlarını temsil eden genel değişken ve s nokta sayısı olmak üzere 3.6 eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$RMS_c = \sqrt{\frac{1}{s} \sum_{j=1}^s c_j^2} = \sqrt{\frac{c_1^2 + c_2^2 + \dots + c_n^2}{s}} \quad (3.6)$$

3.2 Enlem Bölgesine Göre Nokta Konum Doğruluklarının Mevsimsel Bazda Araştırılması

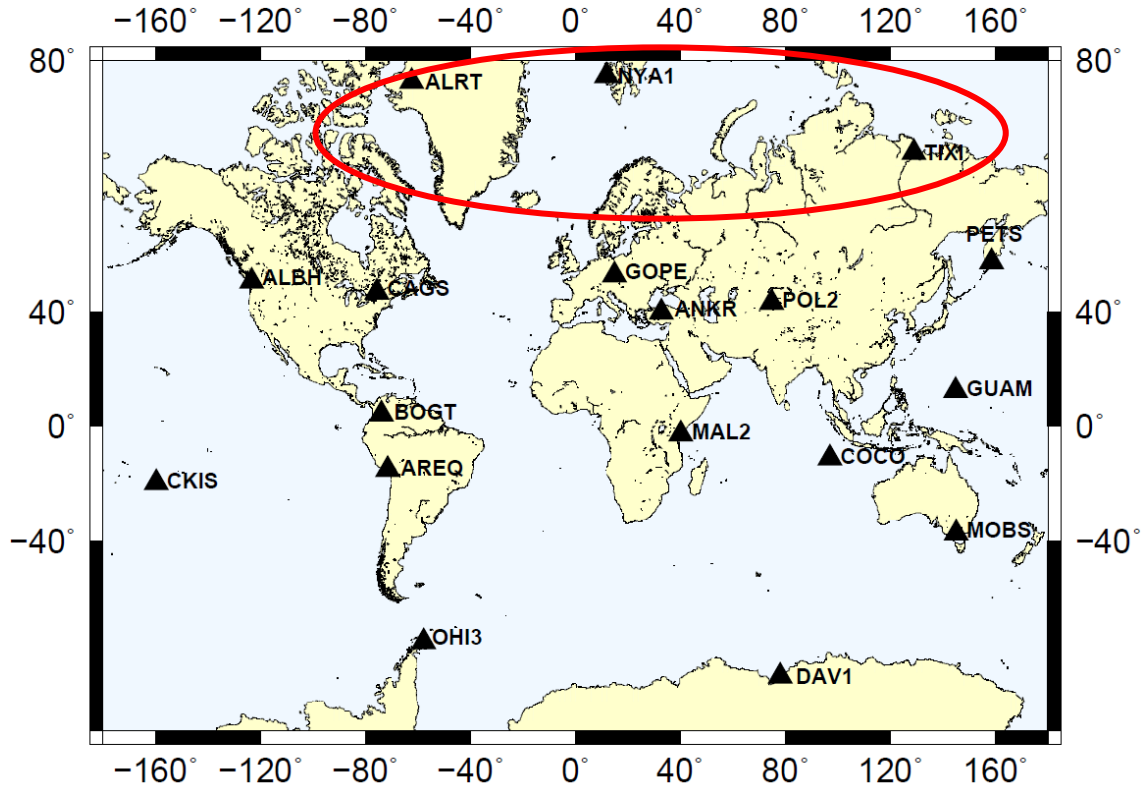
Bu aşamada, kutup (soğuk), orta (ılıman) ve ekvator (sıcak) enlem olmak üzere 3 farklı enlem bölgesinde seçilen 18 IGS noktası konumlarına göre;

- Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak),
- Kuzey Orta Kuşağı (İlman Kuşak),
- Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak),
- Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak),
- Güney Orta Kuşağı (İlman Kuşak),
- Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak)

şeklinde sınıflandırılmıştır.

3.2.1 Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak)

Uygulama için belirlenen kuzey kutup kuşağında yer alan 3 nokta (ALRT,NYA1,ve TIXI) için 4-s, 6-s, 8-s, 12-s ve 24-s zaman aralıklarında mevsimsel etkiler incelenmiştir (Şekil 3. 3).



Şekil 3. 3 Kuzey Kutup Kuşağı İstasyonları

Mevsimler Çizelge 3. 6'da görüldüğü gibi Kuzey Yarımküre esas alınmıştır. Her mevsim için ayrı ayrı bu noktalara ait 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik verilerin RMS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine ilişkin sonuçlardan örnek olarak 24 saatlik verilerin sonuçları ve oturum süresine bağlı olarak oluşan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. 6 Kuzey Yarımküre mevsimleri

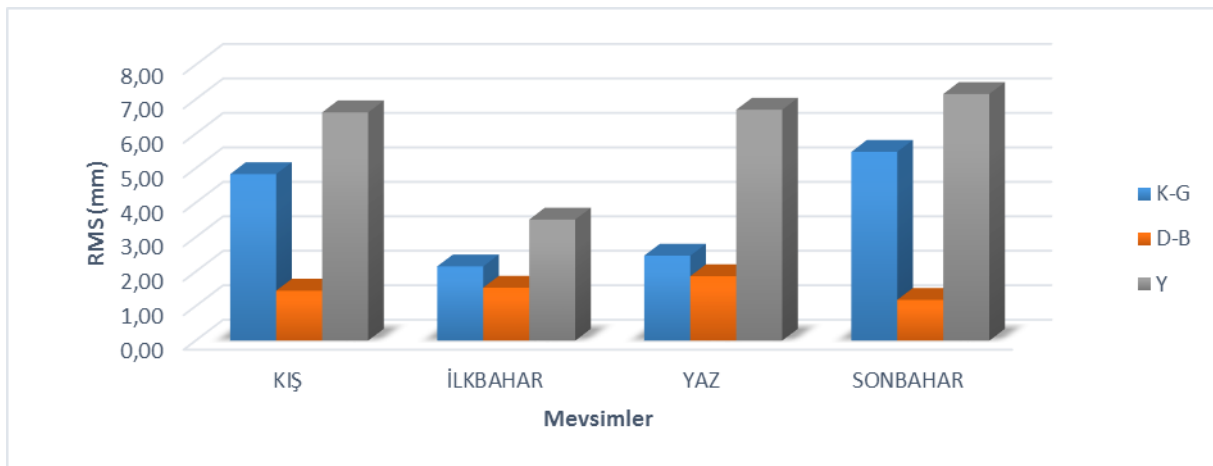
Kuzey Yarımküre	Mevsim Ayları
İlkbahar	Mart-Nisan-Mayıs
Yaz	Haziran-Temmuz-Ağustos
Sonbahar	Eylül-Ekim-Kasım
Kış	Aralık-Ocak-Şubat

3.2.1.1 ALRT Noktası

ALRT noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 7 ve Şekil 3. 4’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 7 ALRT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	4,83	1,45	6,62
	İLKBAHAR	2,15	1,54	3,51
	YAZ	2,46	1,87	6,70
	SONBAHAR	5,48	1,18	7,16



Şekil 3. 4 ALRT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

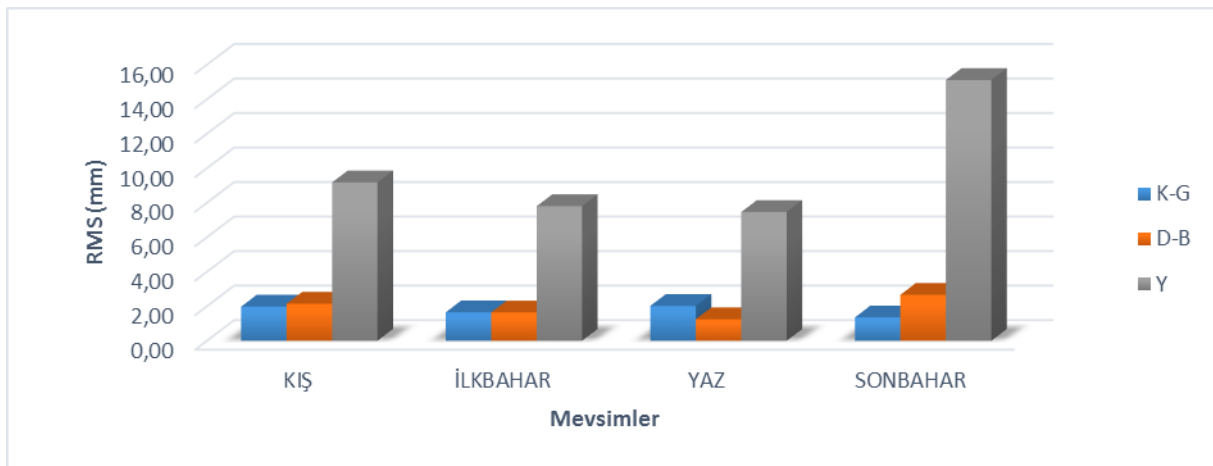
ALRT noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 7 ve Şekil 3. 4’de verilmektedir. Çizelge 3. 7’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 5.48 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 2.15 mm (ilkbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 1.87 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 1.18 mm (sonbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninin ise yatay bileşenlere göre doğruluğunun daha düşük olduğu 3.51 ile 7.16 mm arasında değiştiği gözlenmektedir.

3.2.1.2 NYA1 Noktası

NYA1 noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 8 ve Şekil 3. 5’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 8 NYA1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	1,98	2,14	9,18
	İLKBAHAR	1,64	1,64	7,80
	YAZ	2,02	1,24	7,46
	SONBAHAR	1,35	2,66	15,11



Şekil 3. 5 NYA1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

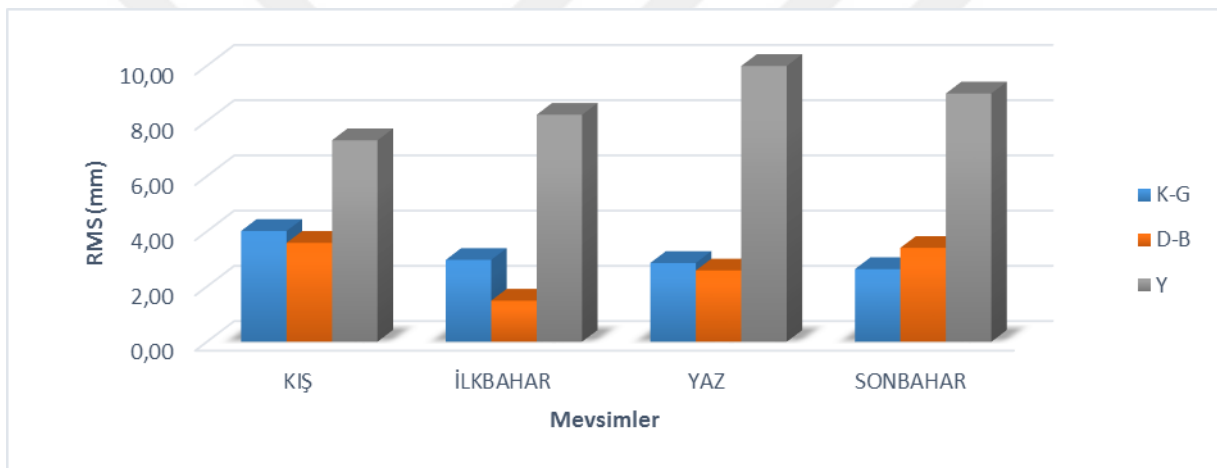
NYA1 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 8 ve Şekil 3. 5’de verilmektedir. Çizelge 3. 8’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.02 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 1.35 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.66 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 1.24 mm (yaz mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 15.11 mm (sonbahar mevsiminde), 7.46 mm (yaz mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.1.3 TIXI Noktası

TIXI noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 9 ve Şekil 3. 6'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 9 TIXI noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

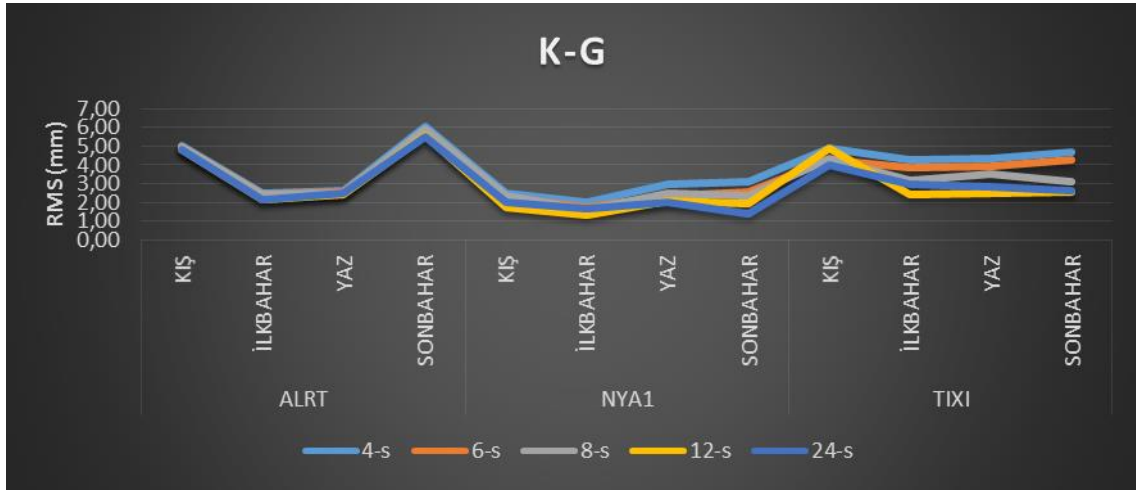
	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	4,01	3,58	7,30
	İLKBAHAR	2,96	1,49	8,22
	YAZ	2,85	2,58	9,99
	SONBAHAR	2,63	3,40	8,99



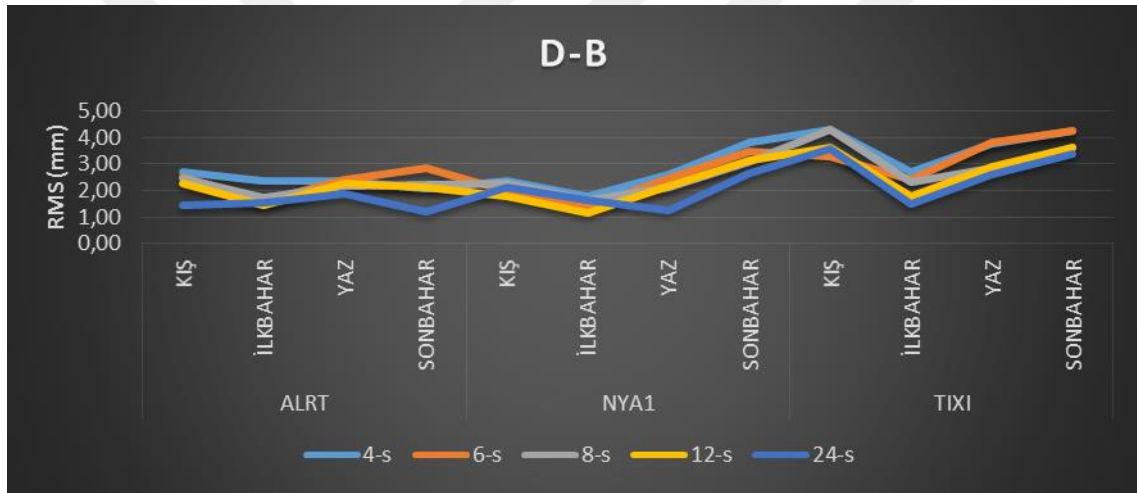
Şekil 3. 6 TIXI noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

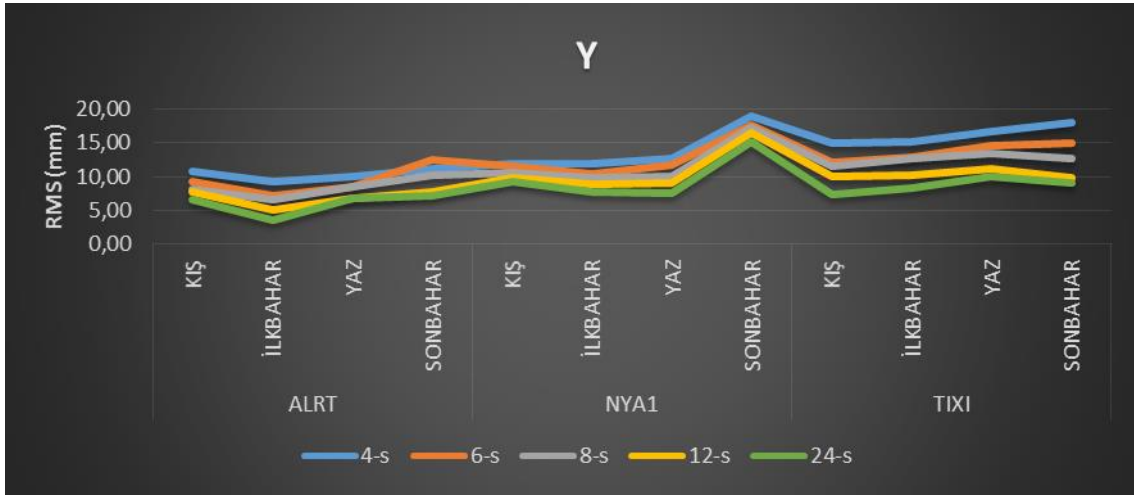
TIXI noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 9 ve Şekil 3. 6'de verilmektedir. Çizelge 3. 9'da kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 4.01 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 2.63 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 3.58 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.49 mm (ilkbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 9.99 mm (yaz mevsiminde), 7.30 mm (kış mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 3. 7 Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 8 Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



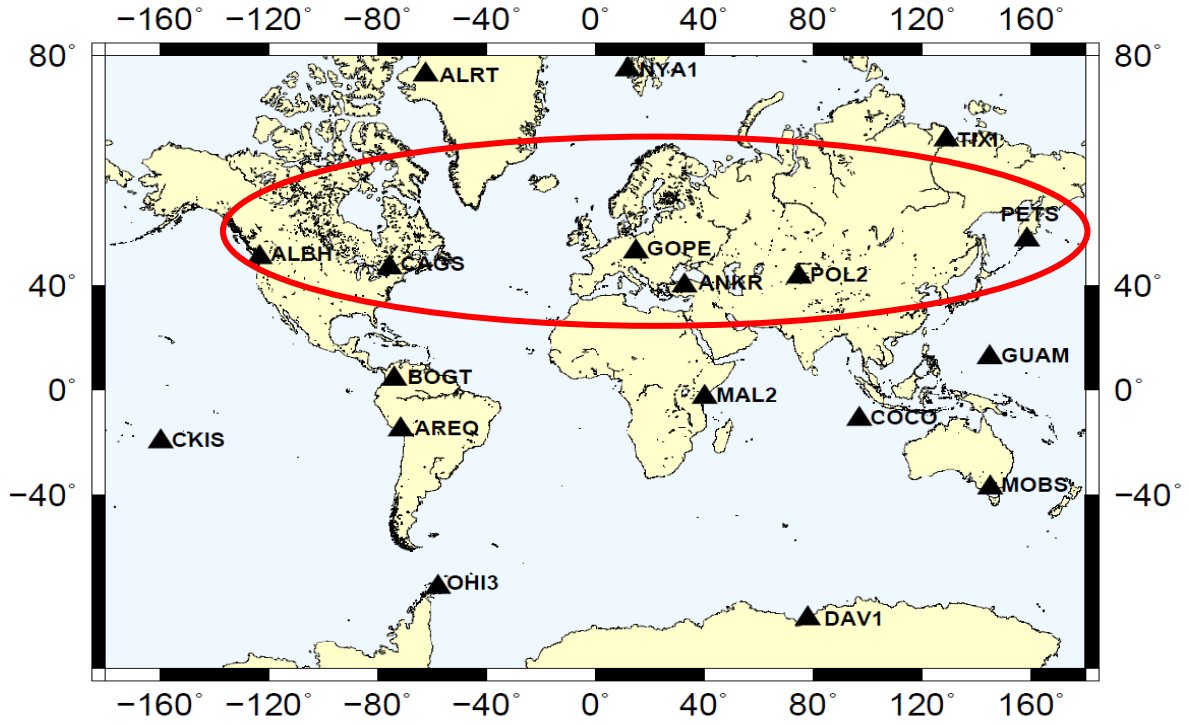
Şekil 3. 9 Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

Şekil 3. 7, Şekil 3. 8 ve Şekil 3. 9’de ALRT, NYA1 ve TIXI noktalarının mevsimsel olarak 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir. Yatay ve yükseklik bileşenlerinde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim sonbahar ve kış mevsimlerinde gözlenmiştir. 3 GPS istasyonunda da doğruluğun sonbahar ve kış mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir.

3.2.2 Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak)

Uygulama için belirlenen kuzey orta kuşağında yer alan 6 nokta (ALBH, CAGS, GOPE, ANKR, POL2 ve PETS) için 4-s, 6-s, 8-s, 12-s ve 24-s zaman aralıklarında mevsimsel etkiler incelenmiştir (Şekil 3. 10).



Şekil 3. 10 Kuzey Orta Kuşağı İstasyonları

Mevsimler Çizelge 3.10'da görüldüğü gibi Kuzey Yarımküre esas alınmıştır. Her mevsim için ayrı ayrı bu noktalara ait 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik verilerin RMS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine ilişkin sonuçlardan örnek olarak 24 saatlik verilerin sonuçları ve oturum süresine bağlı olarak oluşan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. 10 Kuzey Yarımküre mevsimleri

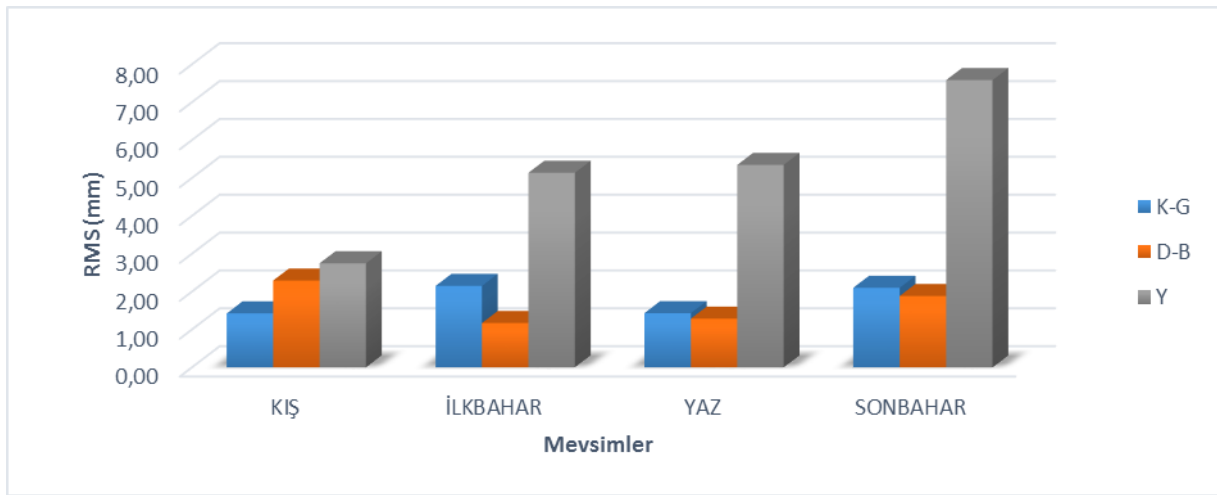
Kuzey Yarımküre	Mevsim Ayları
İlkbahar	Mart-Nisan-Mayıs
Yaz	Haziran-Temmuz-Ağustos
Sonbahar	Eylül-Ekim-Kasım
Kış	Aralık-Ocak-Şubat

3.2.2.1 ALBH Noktası

ALBH noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3.11 ve Şekil 3.11’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 11 ALBH noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	1,42	2,29	2,75
	İLKBAHAR	2,15	1,17	5,14
	YAZ	1,43	1,29	5,34
	SONBAHAR	2,10	1,88	7,58



Şekil 3. 11 ALBH noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

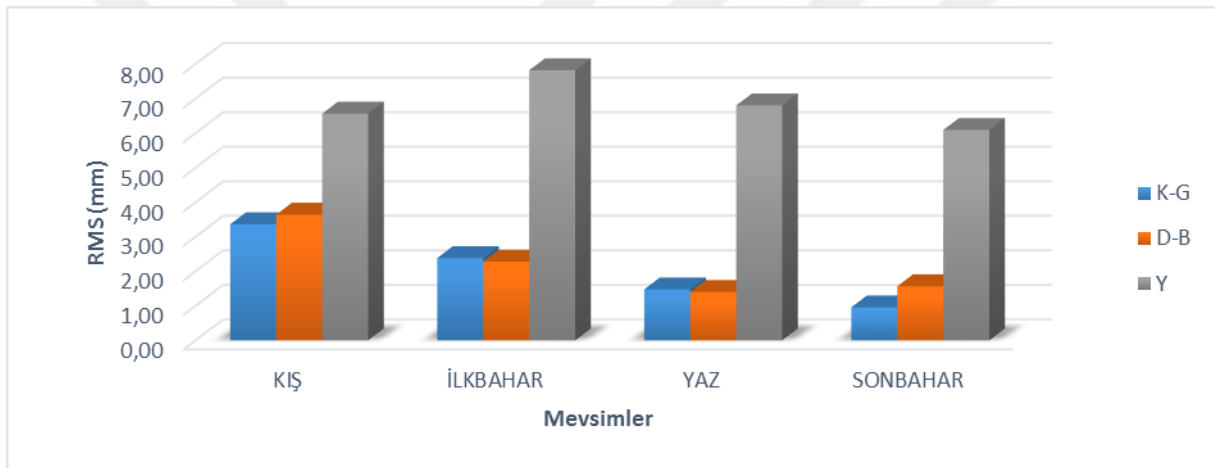
ALBH noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3.11 ve Şekil 3.11’de verilmektedir. Çizelge 3.11’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.15 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 1.42 mm (kış mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.29 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.17 mm (ilkbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninin ise yatay bileşenlere göre doğruluğunun daha düşük olduğu 2.75 ile 7.58 mm arasında değiştiği gözlenmektedir.

3.2.2.2 CAGS Noktası

CAGS noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 12 ve Şekil 3. 12’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 12 CAGS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	3,36	3,64	6,56
	İLKBAHAR	2,38	2,28	7,82
	YAZ	1,47	1,40	6,80
	SONBAHAR	0,95	1,56	6,09



Şekil 3. 12 CAGS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

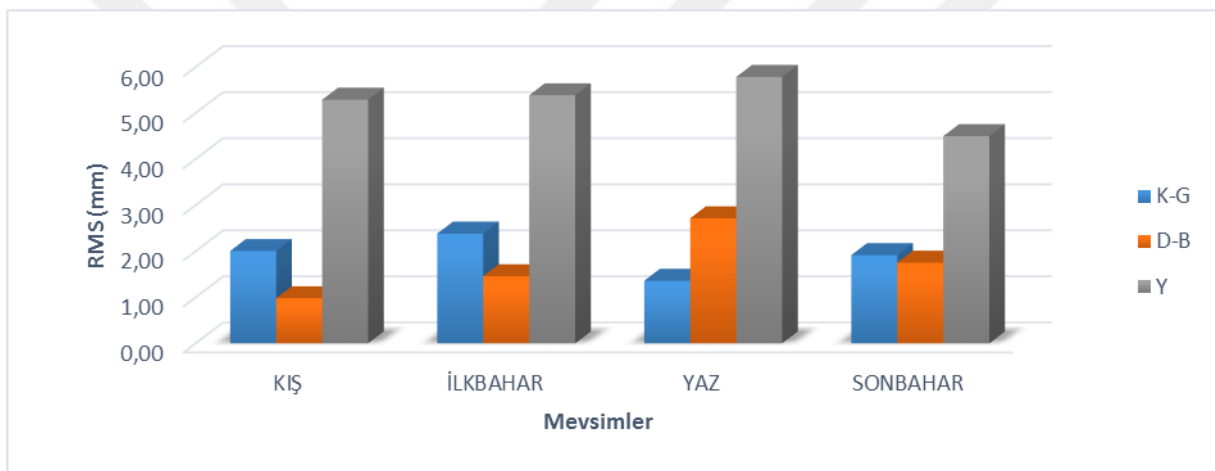
CAGS noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 12 ve Şekil 3. 12’de verilmektedir. Çizelge 3. 12’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.36 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 0.95 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 3.64 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.40 mm (yaz mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 7.82 mm (ilkbahar mevsiminde), 6.09 mm (sonbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.2.3 GOPE Noktası

GOPE noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 13 ve Şekil 3. 13’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 13 GOPE noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	2,00	0,98	5,29
	İLKBAHAR	2,38	1,46	5,39
	YAZ	1,36	2,72	5,79
	SONBAHAR	1,92	1,75	4,50



Şekil 3. 13 GOPE noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

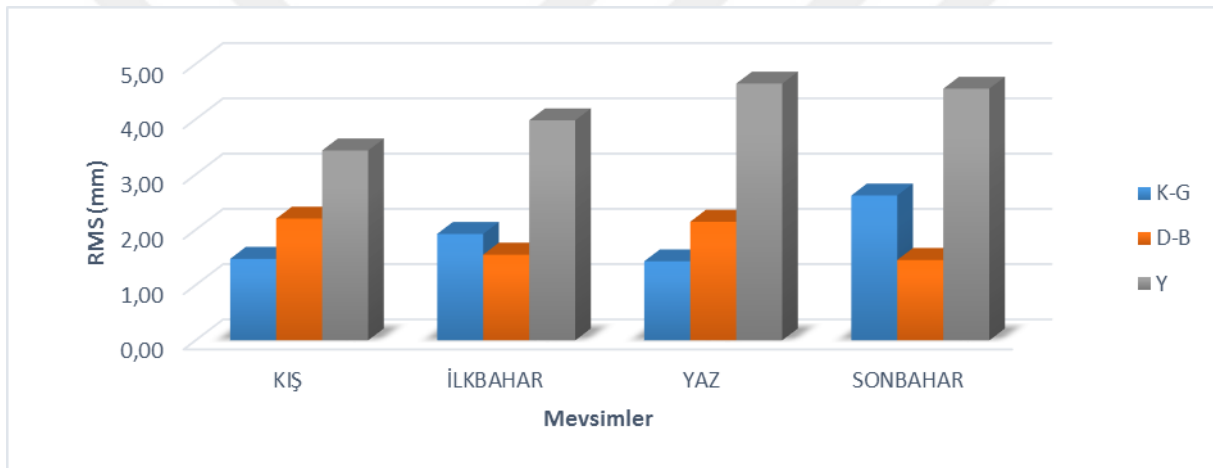
GOPE noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 13 ve Şekil 3. 13’de verilmektedir. Çizelge 3. 13’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.38 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 1.36 mm (yaz mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.72 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 0.98 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 5.79 mm (yaz mevsiminde), 4.50 mm (sonbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.2.4 ANKR Noktası

ANKR noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 14 ve Şekil 3. 14’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 14 ANKR noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	1,47	2,20	3,44
	İLKBAHAR	1,93	1,55	3,98
	YAZ	1,43	2,15	4,65
	SONBAHAR	2,62	1,45	4,55



Şekil 3. 14 ANKR noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

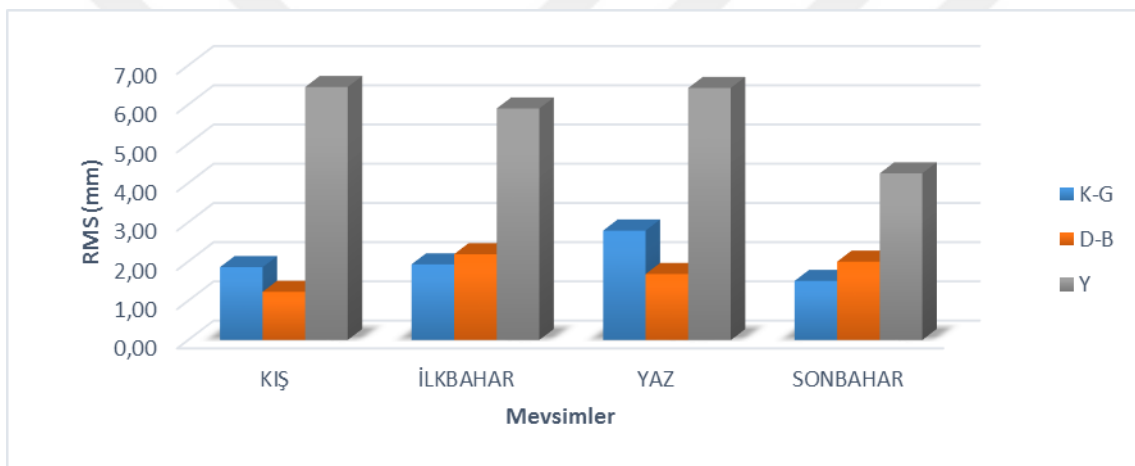
ANKR noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 14 ve Şekil 3. 14’de verilmektedir. Çizelge 3. 14’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.62 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 1.43 mm (yaz mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.20 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.45 mm (sonbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 4.65 mm (yaz mevsiminde), 3.44 mm (kış mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.2.5 POL2 Noktası

POL2 noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 15 ve Şekil 3. 15’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 15 POL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	1,86	1,23	6,45
	İLKBAHAR	1,93	2,19	5,90
	YAZ	2,79	1,68	6,43
	SONBAHAR	1,51	2,00	4,25



Şekil 3. 15 POL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

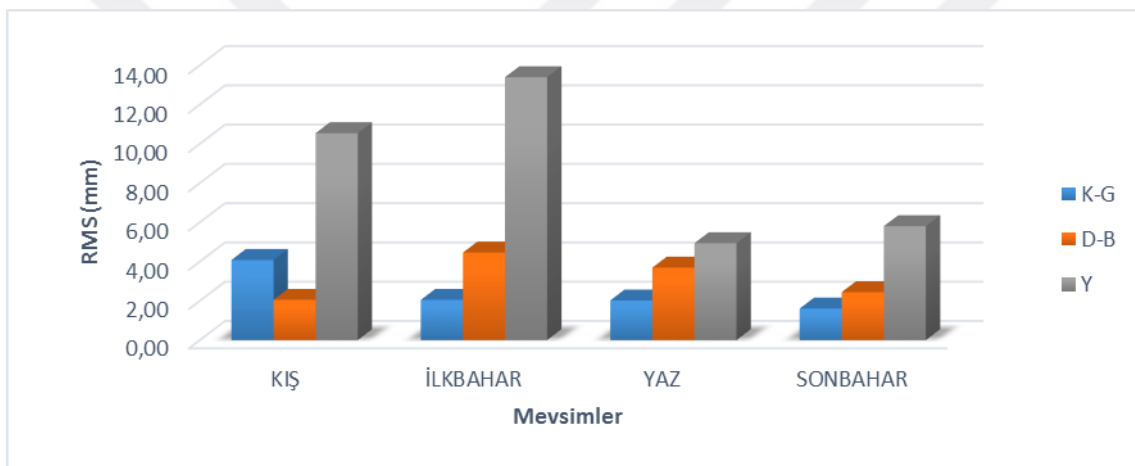
POL2 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 15 ve Şekil 3. 15’de verilmektedir. Çizelge 3. 15’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.79 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 1.51 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.19 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 1.23 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 6.45 mm (kış mevsiminde), 4.25 mm (sonbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.2.6 PETS Noktası

PETS noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 16 ve Şekil 3. 16’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 16 PETS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

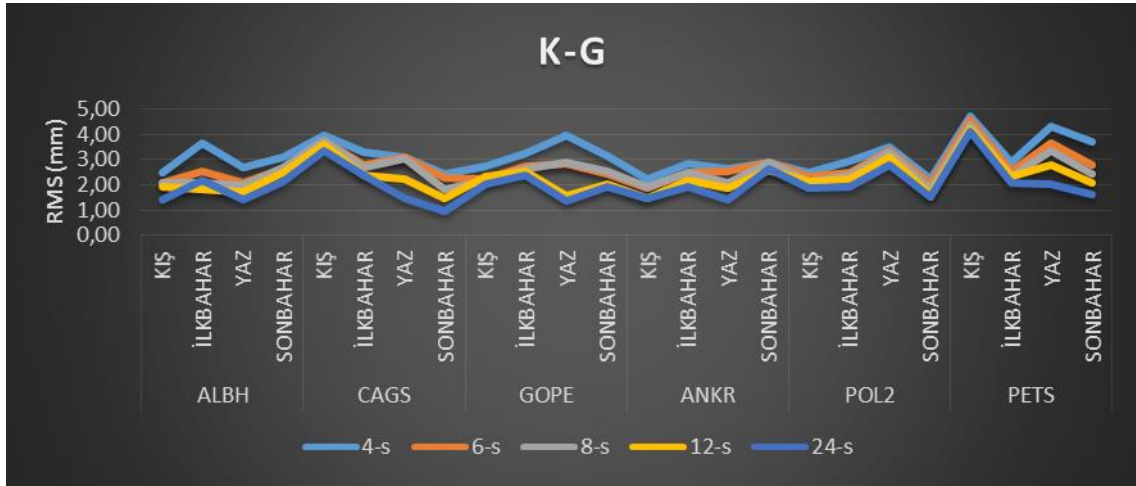
	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	4,08	2,05	10,54
	İLKBAHAR	2,05	4,46	13,39
	YAZ	2,02	3,69	4,93
	SONBAHAR	1,61	2,44	5,80



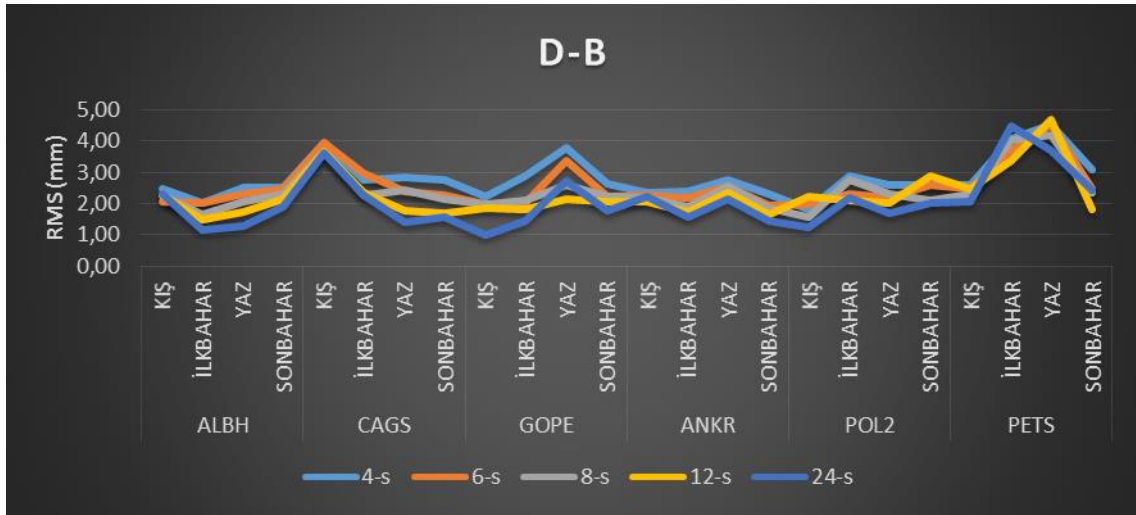
Şekil 3. 16 PETS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

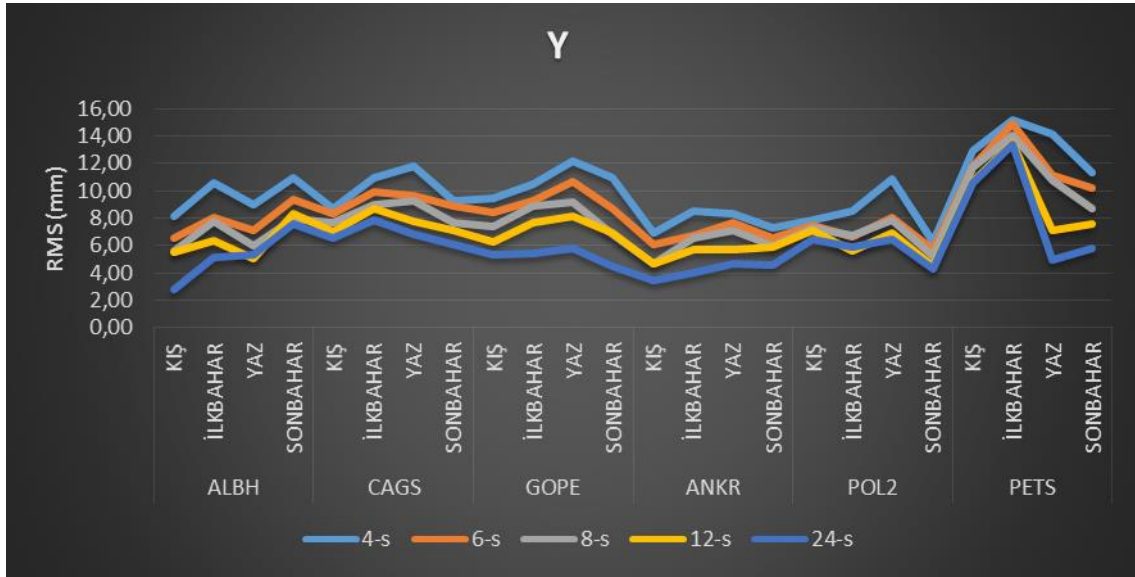
PETS noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 16 ve Şekil 3. 16’de verilmektedir. Çizelge 3. 16’da kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 4.08 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.61 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 4.46 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 2.05 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 13.39 mm (ilkbahar mevsiminde), 4.93 mm (yaz mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 3. 17 Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 18 Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



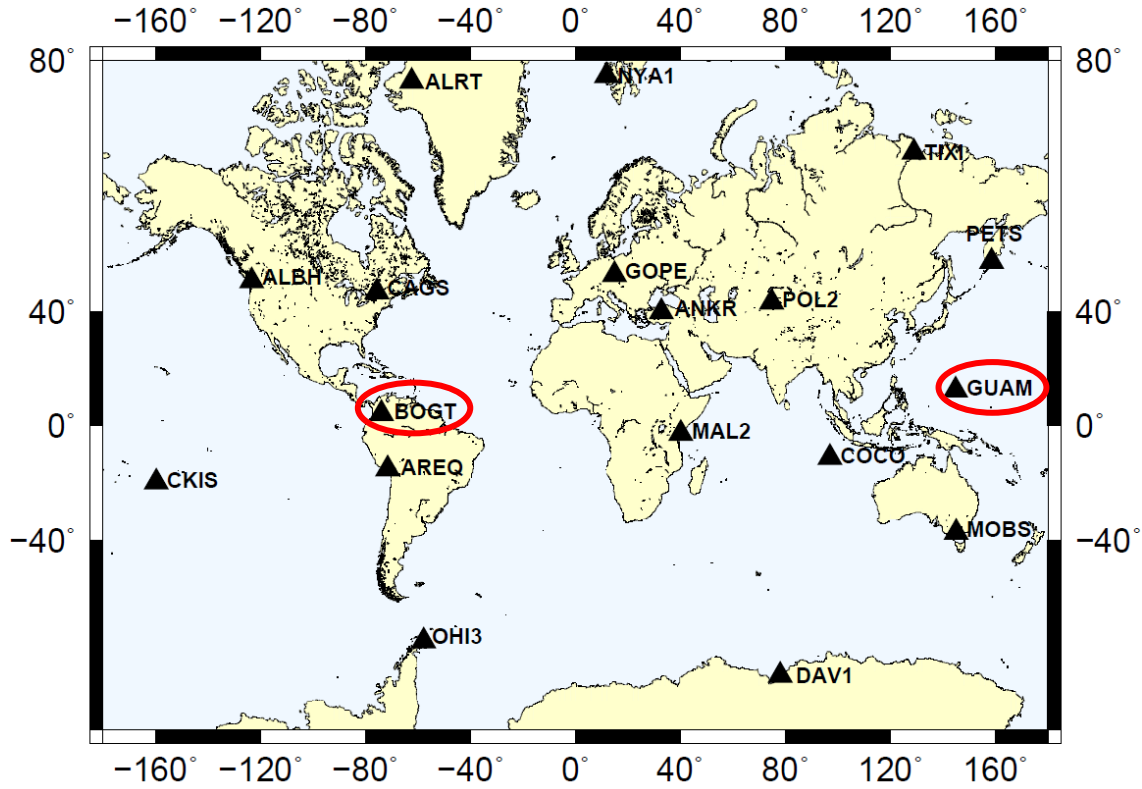
Şekil 3. 19 Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

Şekil 3. 17, Şekil 3. 18 ve Şekil 3. 19’de ALBH, CAGS, GOPE, ANKR, POL2 ve PETS noktalarının mevsimsel olarak 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir. Yatay ve yükseklik bileşenlerinde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim ilkbahar ve yaz mevsimlerinde gözlenmiştir. 6 GPS istasyonunda da doğruluğun ilkbahar ve yaz mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuç aynı mevsim kuşağında çalışmalarını gerçekleştiren Doğan ve arkadaşları [9] 2014 yılında yaptığı çalışmasındaki sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

3.2.3 Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak)

Uygulama için belirlenen kuzey ekvator kuşağında yer alan 2 nokta (BOGT ve GUAM) için 4-s, 6-s, 8-s, 12-s ve 24-s zaman aralıklarında mevsimsel etkiler incelenmiştir (Şekil 3. 20).



Şekil 3. 20 Kuzey Ekvator Kuşağı İstasyonları

Mevsimler Çizelge 3. 17’de görüldüğü gibi Kuzey Yarımküre esas alınmıştır. Her mevsim için ayrı ayrı bu noktalara ait 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik verilerin RMS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine ilişkin sonuçlardan örnek olarak 24 saatlik verilerin sonuçları ve oturum süresine bağlı olarak oluşan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. 17 Kuzey Yarımküre mevsimleri

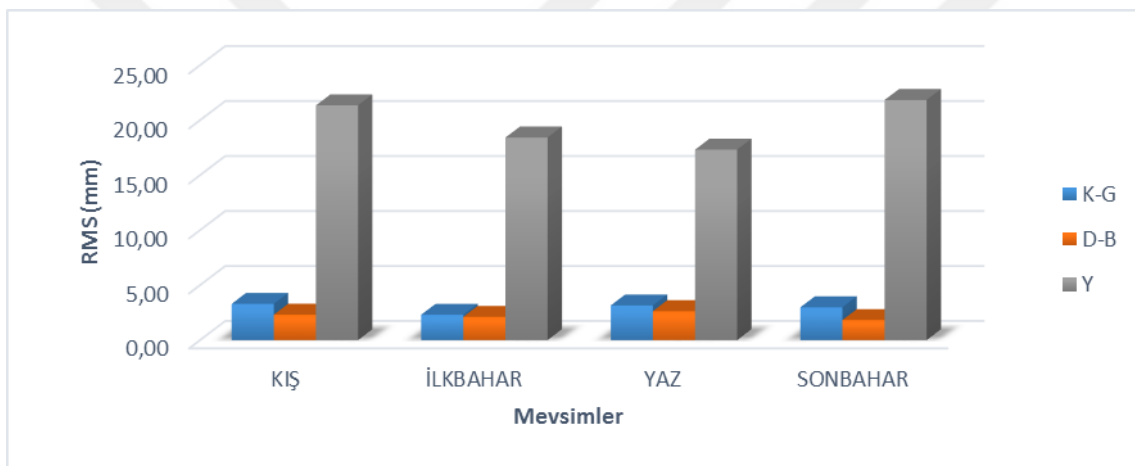
Kuzey Yarımküre	Mevsim Ayları
İlkbahar	Mart-Nisan-Mayıs
Yaz	Haziran-Temmuz-Ağustos
Sonbahar	Eylül-Ekim-Kasım
Kış	Aralık-Ocak-Şubat

3.2.3.1 BOGT Noktası

BOGT noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 18 ve Şekil 3. 21’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 18 BOGT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	3,29	2,31	21,35
	İLKBAHAR	2,31	2,11	18,43
	YAZ	3,15	2,63	17,32
	SONBAHAR	2,98	1,82	21,84



Şekil 3. 21 BOGT noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

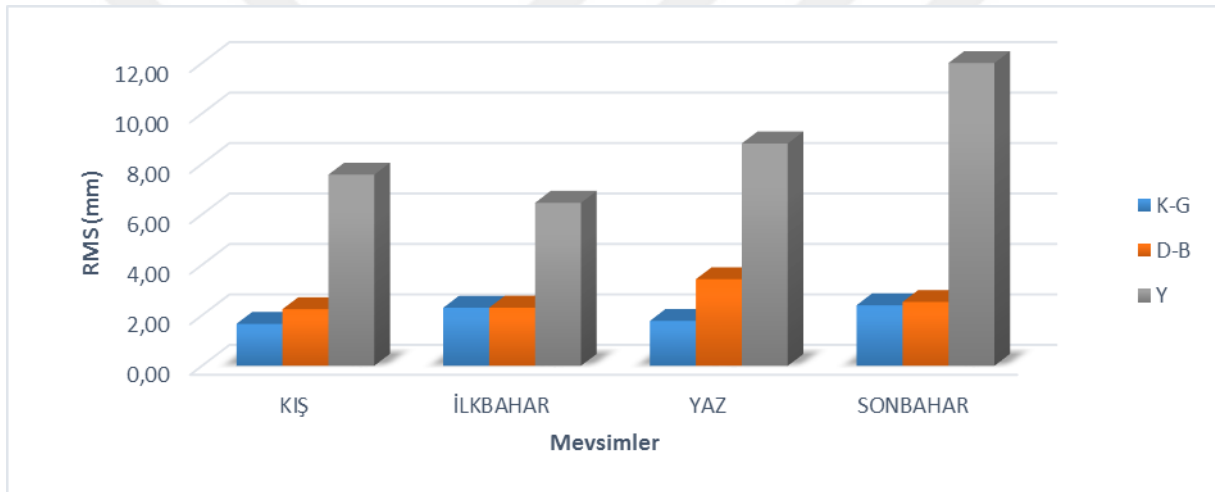
BOGT noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 18 ve Şekil 3. 21’de verilmektedir. Çizelge 3. 18’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.29 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 2.31 mm (ilkbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.63 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 1.82 mm (sonbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 21.84 mm (sonbahar mevsiminde), 17.32 mm (yaz mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.3.2 GUAM Noktası

GUAM noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 19 ve Şekil 3. 22’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 19 GUAM noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

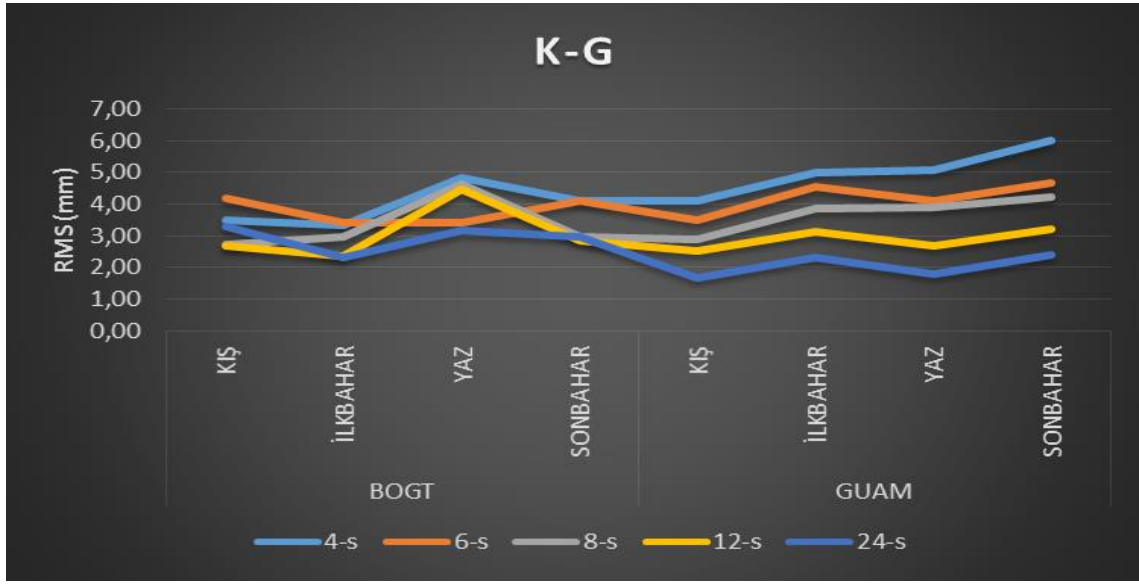
	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	KIŞ	1,66	2,24	7,57
	İLKBAHAR	2,30	2,30	6,46
	YAZ	1,78	3,43	8,81
	SONBAHAR	2,40	2,53	12,00



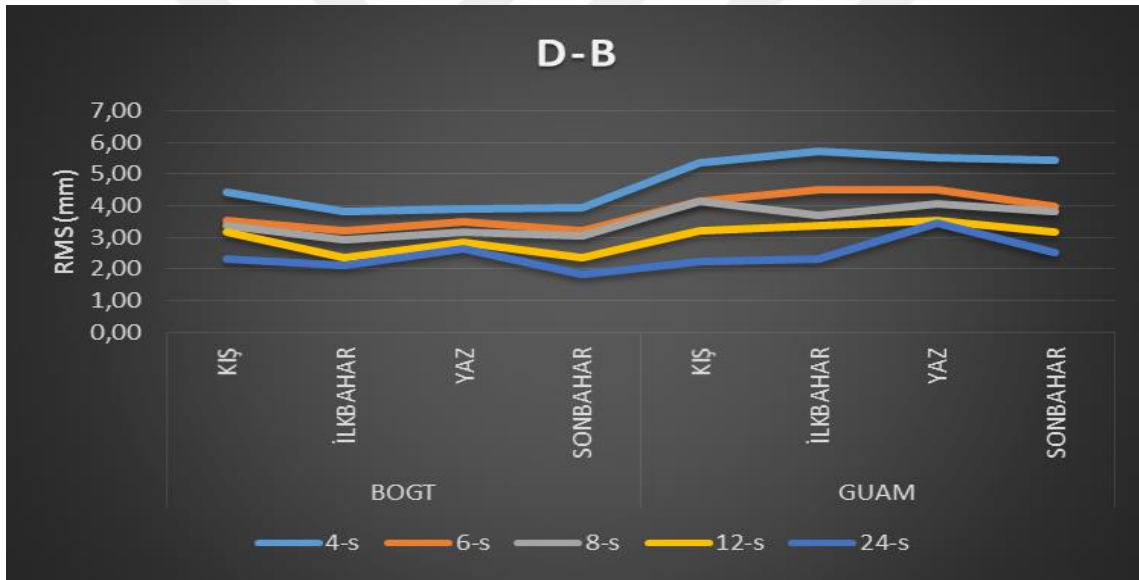
Şekil 3. 22 GUAM noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

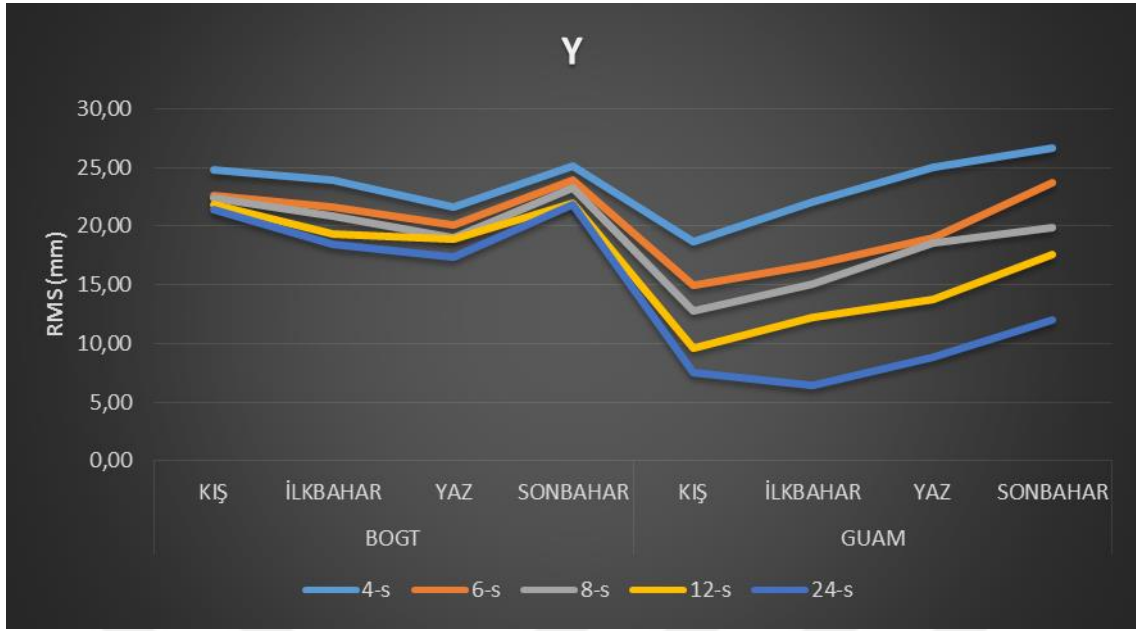
GUAM noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 19 ve Şekil 3. 22’de verilmektedir. Çizelge 3. 19’da kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.40 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 1.66 mm (kış mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 3.43 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 2.24 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 12.00 mm (sonbahar mevsiminde), 6.46 mm (ilkbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 3. 23 Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 24 Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



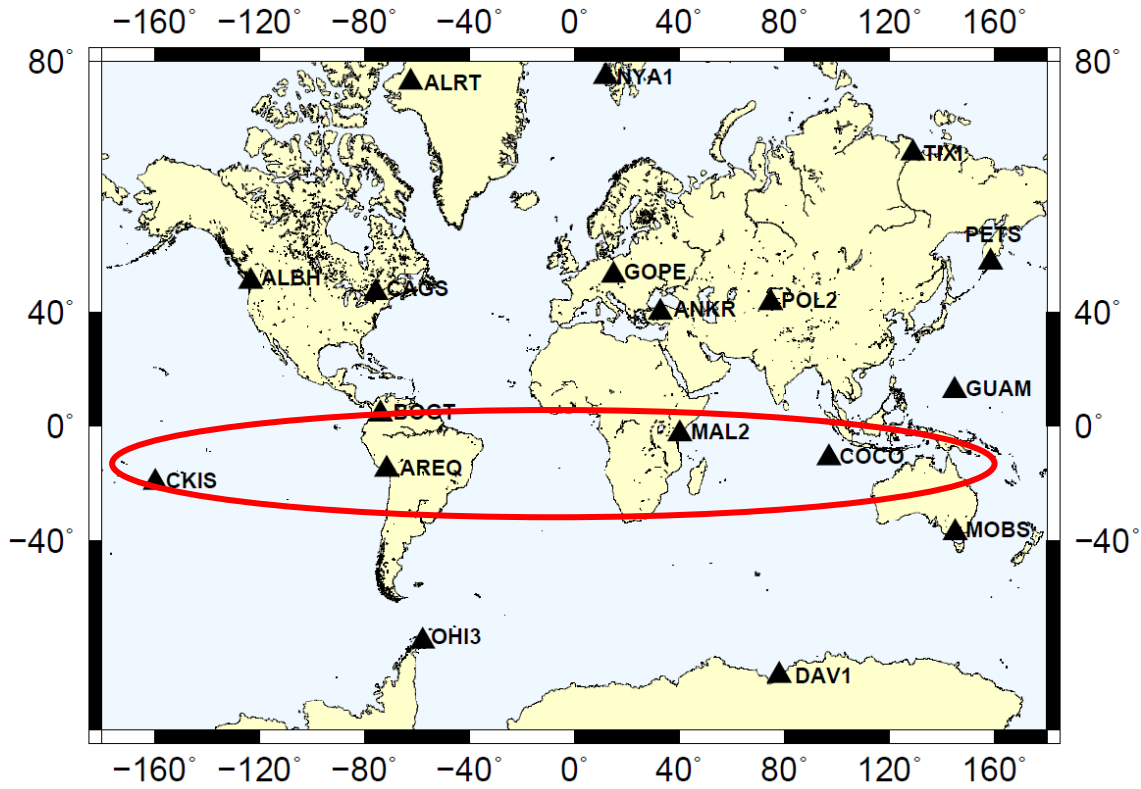
Şekil 3. 25 Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

Şekil 3. 23, Şekil 3. 24 ve Şekil 3. 25’de BOGT ve GUAM noktalarının mevsimsel olarak 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir. Yatay bileşenlerinde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim ilkbahar ve yaz mevsimlerinde gözlenmiştir. Yükseklik bileşeninde ise en büyük değişim sonbahar mevsiminde gözlenmiştir. 2 GPS istasyonunda da yatay yönündeki doğruluğun ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yükseklik yönündeki doğruluğun ise sonbahar mevsiminde azaldığı gözlenmiştir.

3.2.4 Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak)

Uygulama için belirlenen güney ekvator kuşağında yer alan 4 nokta (CKIS, AREQ, MAL2 ve COCO) için 4-s, 6-s, 8-s, 12-s ve 24-s zaman aralıklarında mevsimsel etkiler incelenmiştir (Şekil 3. 26).



Şekil 3. 26 Güney Ekvator Kuşağı İstasyonları

Mevsimler Çizelge 3. 20’de görüldüğü gibi Güney Yarımküre esas alınmıştır. Her mevsim için ayrı ayrı bu noktalara ait 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik verilerin RMS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine ilişkin sonuçlardan örnek olarak 24 saatlik verilerin sonuçları ve oturum süresine bağlı olarak oluşan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. 20 Güney Yarımküre mevsimleri

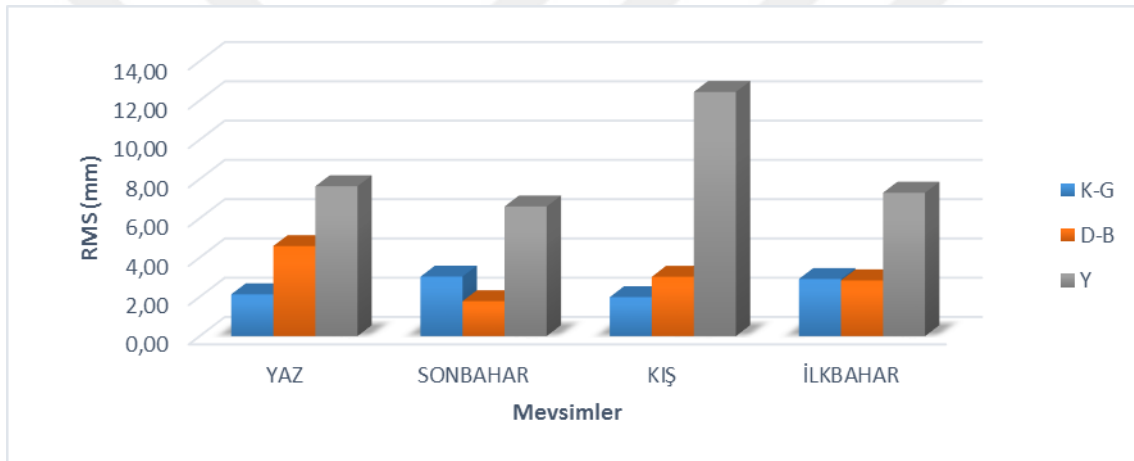
Güney Yarımküre	Mevsim Ayları
İlkbahar	Eylül-Ekim-Kasım
Yaz	Aralık-Ocak-Şubat
Sonbahar	Mart-Nisan-Mayıs
Kış	Haziran-Temmuz-Ağustos

3.2.4.1 CKIS Noktası

CKIS noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 21 ve Şekil 3. 27’da gösterilmektedir.

Çizelge 3. 21 CKIS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	2,13	4,59	7,63
	SONBAHAR	3,03	1,78	6,60
	KIŞ	1,99	3,02	12,44
	İLKBAHAR	2,91	2,84	7,30



Şekil 3. 27 CKIS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

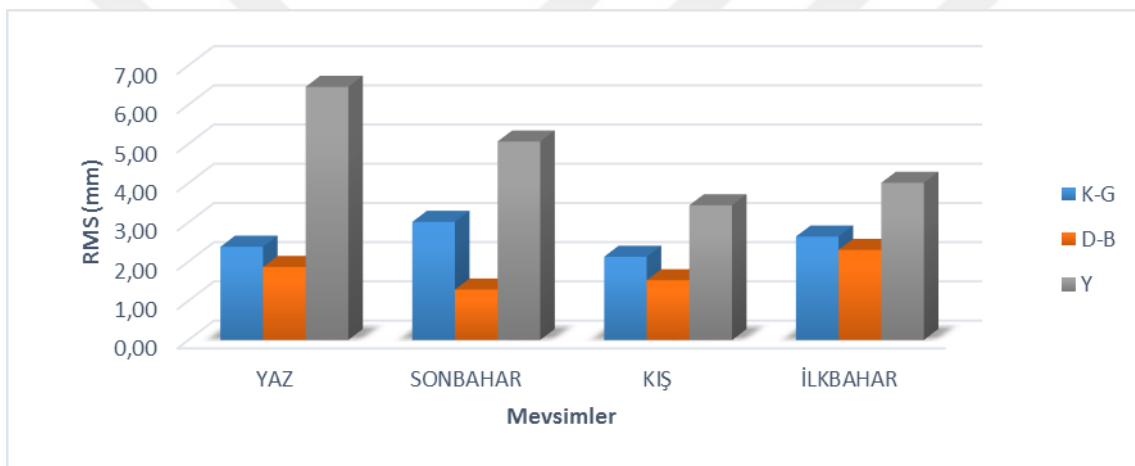
CKIS noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 21 ve Şekil 3. 27’da verilmektedir. Çizelge 3. 21’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.03 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 1.99 mm (kış mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 4.59 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 1.78 mm (sonbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 12.44 mm (kış mevsiminde), 6.60 mm (sonbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.4.2 AREQ Noktası

AREQ noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 22 ve Şekil 3. 28’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 22 AREQ noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	2,38	1,86	6,46
	SONBAHAR	3,01	1,29	5,06
	KIŞ	2,12	1,52	3,44
	İLKBAHAR	2,64	2,30	4,01



Şekil 3. 28 AREQ noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

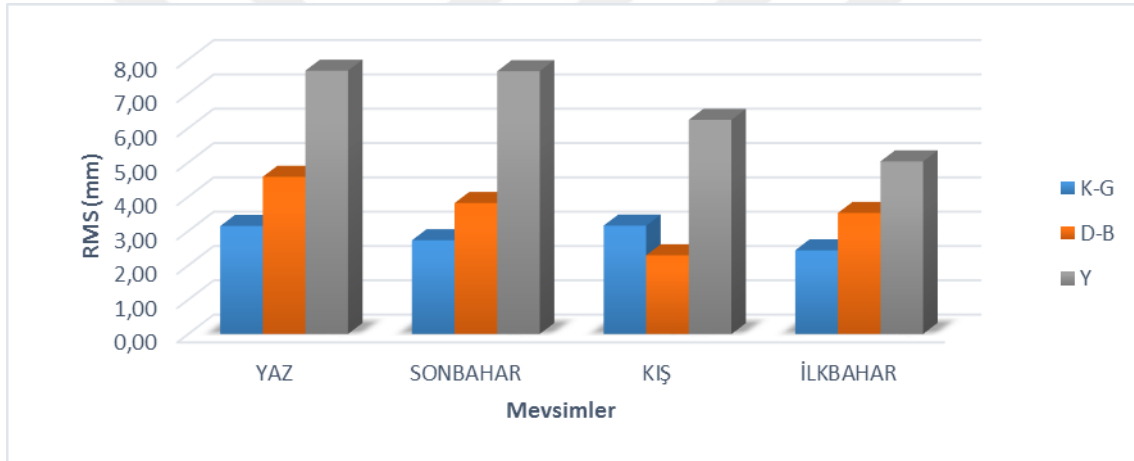
AREQ noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 22 ve Şekil 3. 28’de verilmektedir. Çizelge 3. 22’de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.01 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 2.12 mm (kış mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.30 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 1.29 mm (sonbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 6.46 mm (yaz mevsiminde), 3.44 mm (kış mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.4.3 MAL2 Noktası

MAL2 noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 23 ve Şekil 3. 29'de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 23 MAL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	3,15	4,58	7,67
	SONBAHAR	2,73	3,82	7,66
	KIŞ	3,16	2,30	6,24
	İLKBAHAR	2,44	3,53	5,03



Şekil 3. 29 MAL2 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

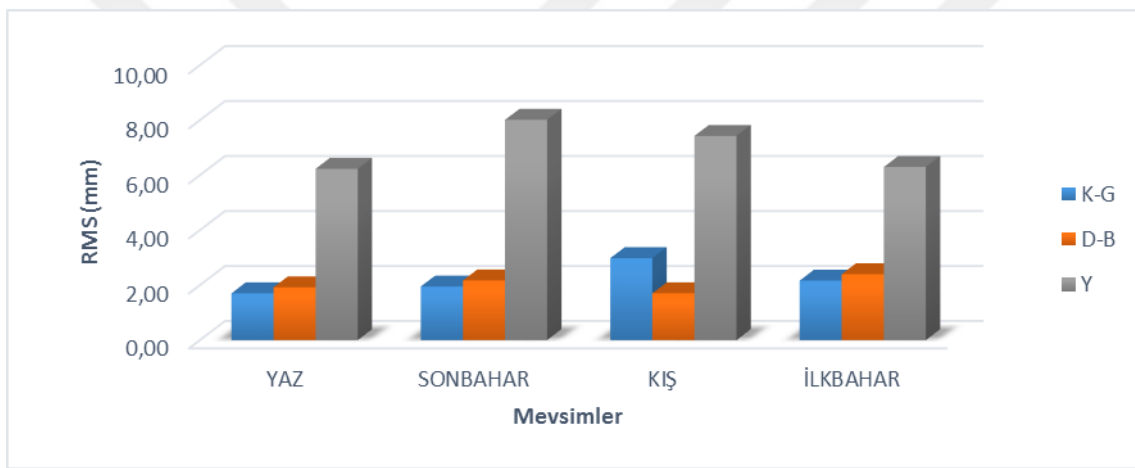
MAL2 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 23 ve Şekil 3. 29'de verilmektedir. Çizelge 3. 23'de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.16 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 2.44 mm (ilkbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 4.58 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 2.30 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 7.67 mm (yaz mevsiminde), 5.03 mm (ilkbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.4.4 COCO Noktası

COCO noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 24 ve Şekil 3. 30'da gösterilmektedir.

Çizelge 3. 24 COCO noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

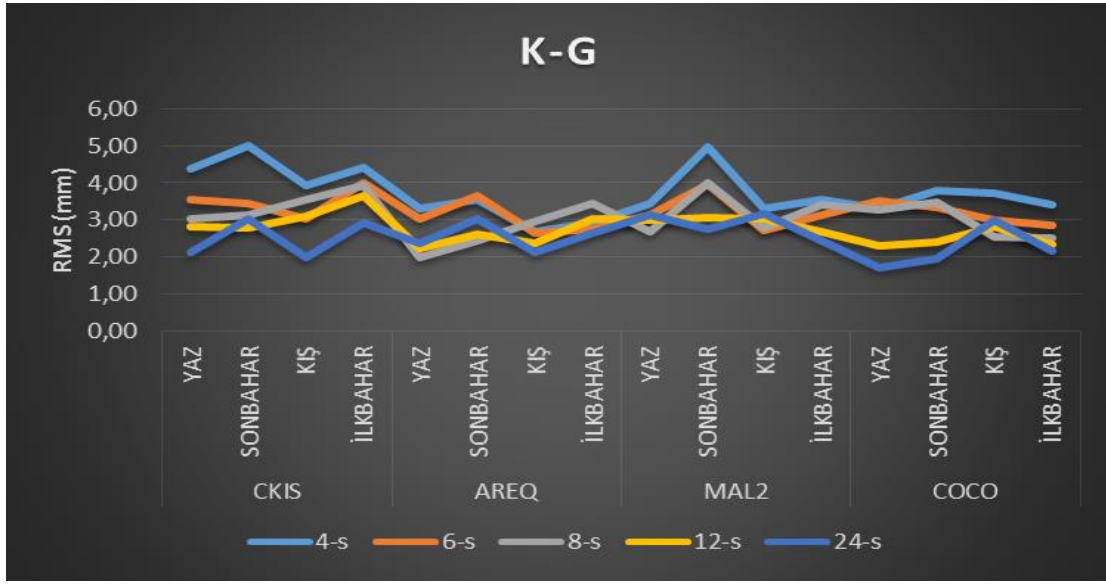
	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	1,70	1,92	6,23
	SONBAHAR	1,95	2,17	8,01
	KIŞ	2,98	1,70	7,43
	İLKBAHAR	2,17	2,40	6,30



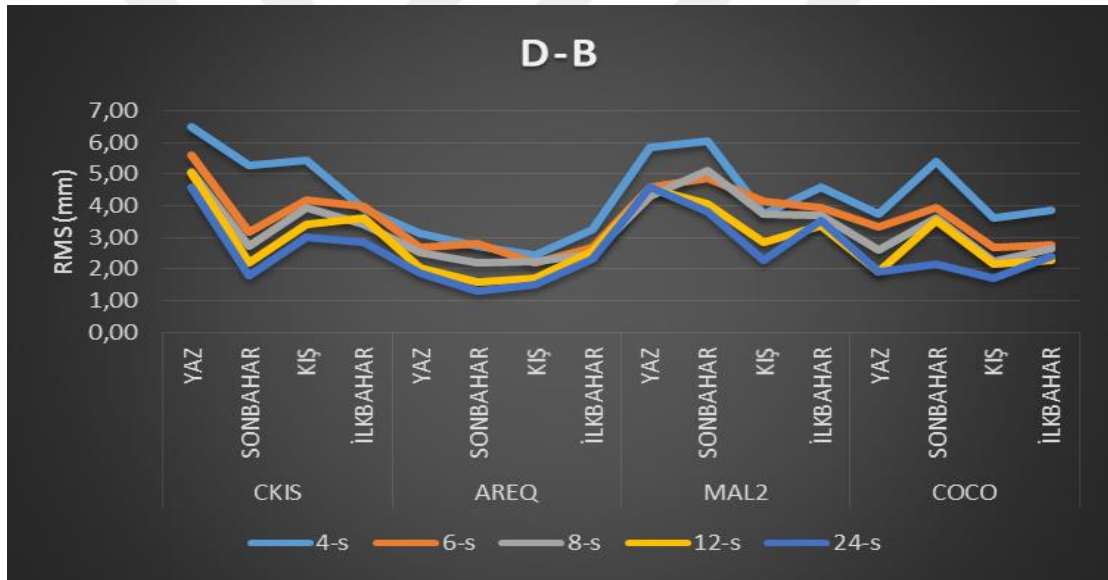
Şekil 3. 30 COCO noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

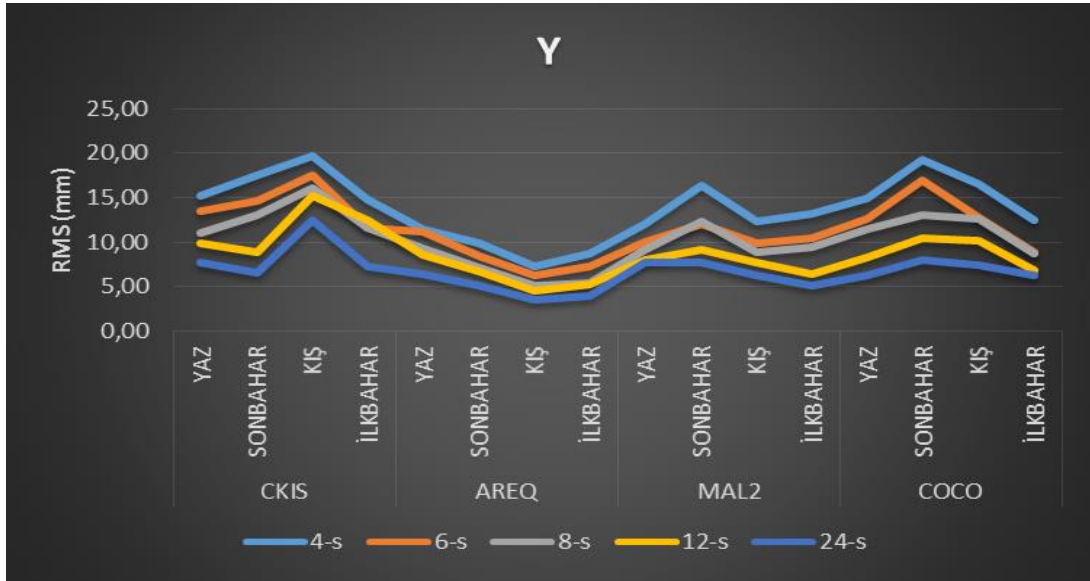
COCO noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 24 ve Şekil 3. 30'da verilmektedir. Çizelge 3. 24'de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.98 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.70 mm (yaz mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.40 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 1.70 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 8.01 mm (sonbahar mevsiminde), 6.23 mm (yaz mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 3. 31 Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 32 Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



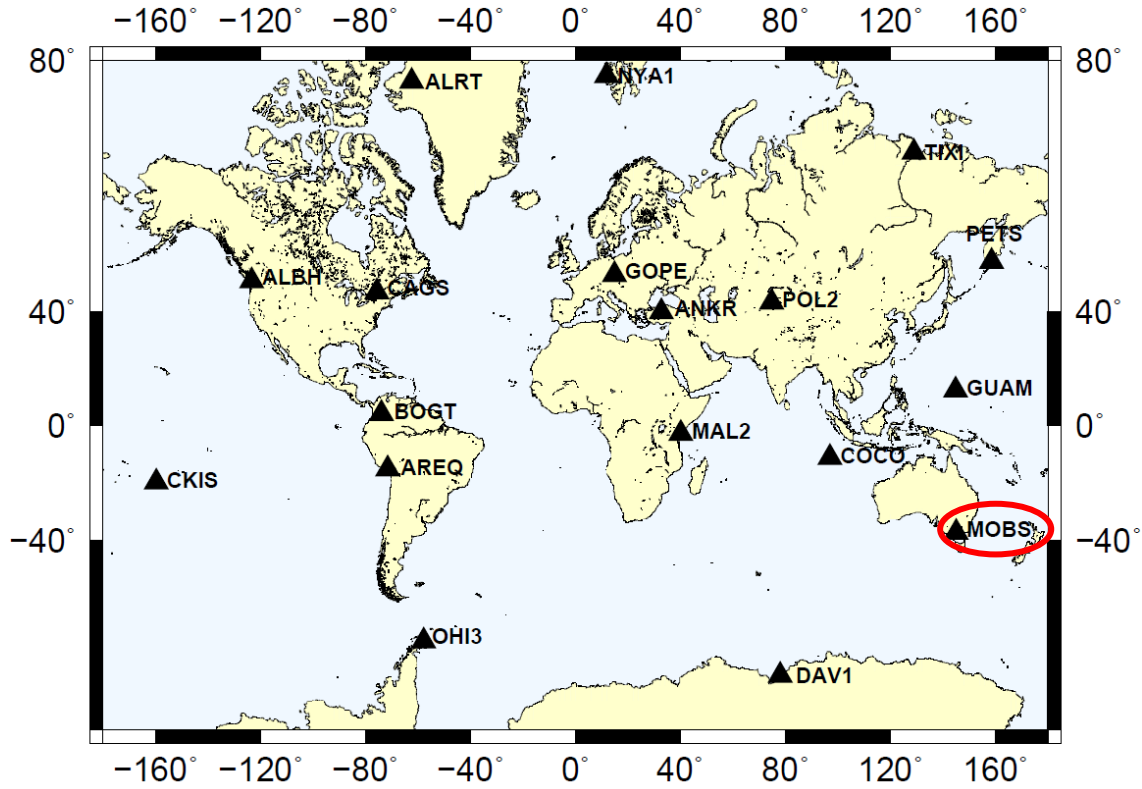
Şekil 3. 33 Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktalarının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

Şekil 3. 31, Şekil 3. 32 ve Şekil 3. 33’de CKIS, AREQ, MAL2 ve COCO noktalarının mevsimsel olarak 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir. Kuzey-Güney bileşeninde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim sonbahar ve kış mevsimlerinde Doğu-Batı bileşeninde ise en büyük değişim ilkbahar ve yaz mevsimlerinde gözlenmiştir. Yükseklik bileşeninde ise en büyük değişim genel olarak sonbahar ve kış mevsimlerinde gözlenmiştir. Kuzey-Güney yönündeki doğruluğun sonbahar ve kış mevsimlerinde, Doğu-Batı yönündeki doğruluğun ilkbahar ve yaz mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir. Yükseklik yönündeki doğruluğun ise sonbahar ve kış mevsiminde azaldığı gözlenmiştir.

3.2.5 Güney Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak)

Uygulama için belirlenen güney orta kuşağında yer alan 1 nokta (MOBS) için 4-s, 6-s, 8-s, 12-s ve 24-s t zaman aralıklarında mevsimsel etkiler incelenmiştir (Şekil 3. 34).



Şekil 3. 34 Güney Orta Kuşağı İstasyonları

Mevsimler Çizelge 3. 25’de görüldüğü gibi Güney Yarımküre esas alınmıştır. Her mevsim için ayrı ayrı bu noktalara ait 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik verilerin RMS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine ilişkin sonuçlardan örnek olarak 24 saatlik verilerin sonuçları ve oturum süresine bağlı olarak oluşan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. 25 Güney Yarımküre mevsimleri

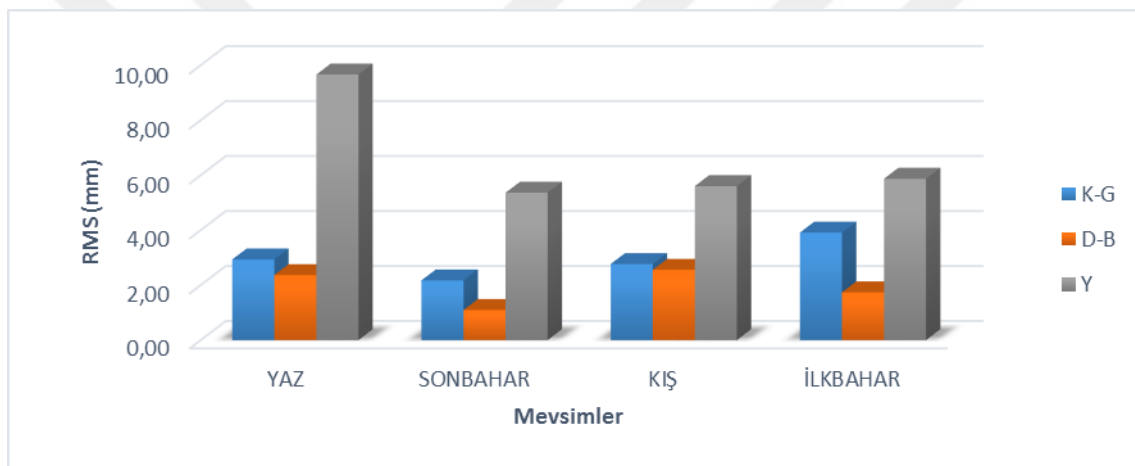
Güney Yarımküre	Mevsim Ayları
İlkbahar	Eylül-Ekim-Kasım
Yaz	Aralık-Ocak-Şubat
Sonbahar	Mart-Nisan-Mayıs
Kış	Haziran-Temmuz-Ağustos

3.2.5.1 MOBS Noktası

MOBS noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 26 ve Şekil 3. 35’de gösterilmektedir.

Çizelge 3. 26 MOBS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

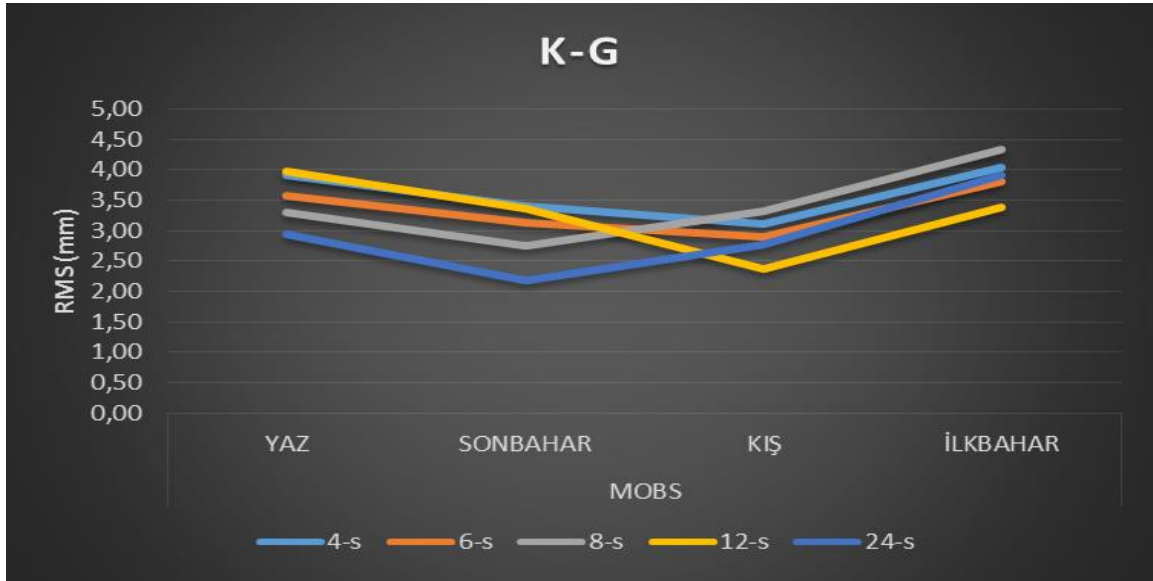
	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	2,93	2,37	9,66
	SONBAHAR	2,17	1,09	5,36
	KIŞ	2,77	2,56	5,60
	İLKBAHAR	3,91	1,74	5,87



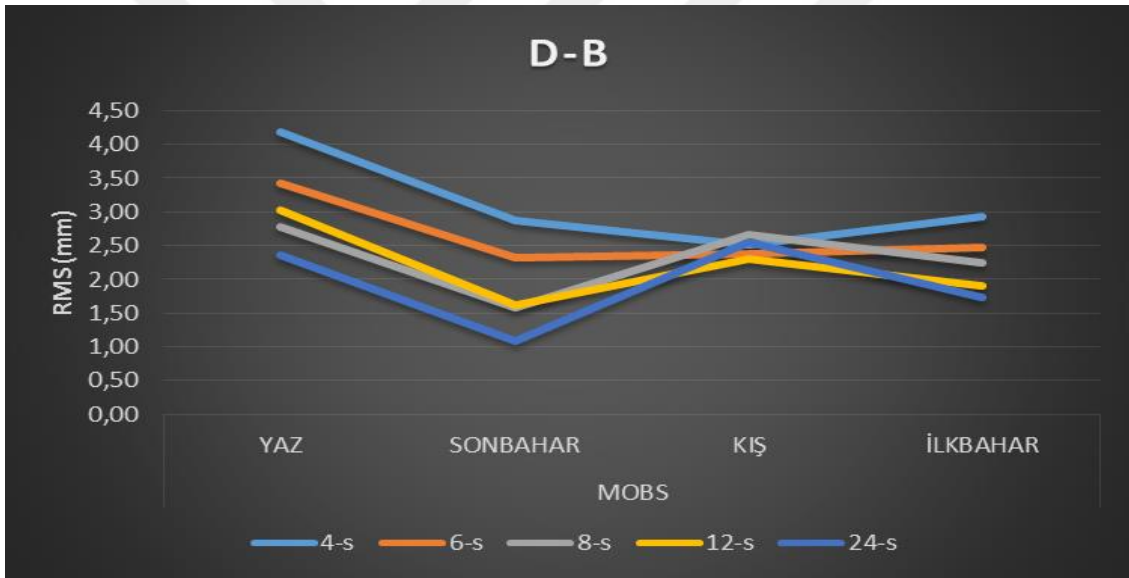
Şekil 3. 35 MOBS noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

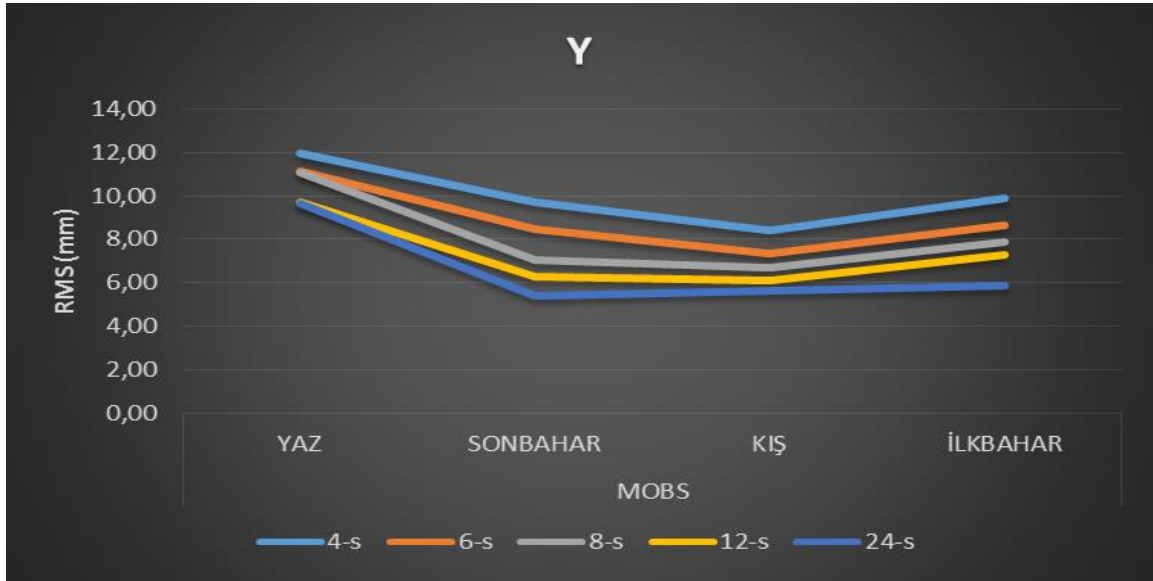
MOBS noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 26 ve Şekil 3. 35’de verilmektedir. Çizelge 3. 26’da kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.91 mm (ilkbahar mevsiminde), en küçük değer 2.17 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.56 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.09 mm (sonbahar mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 9.66 mm (yaz mevsiminde), 5.36 mm (sonbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 3. 36 Güney Orta Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktasının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 37 Güney Orta Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktasının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



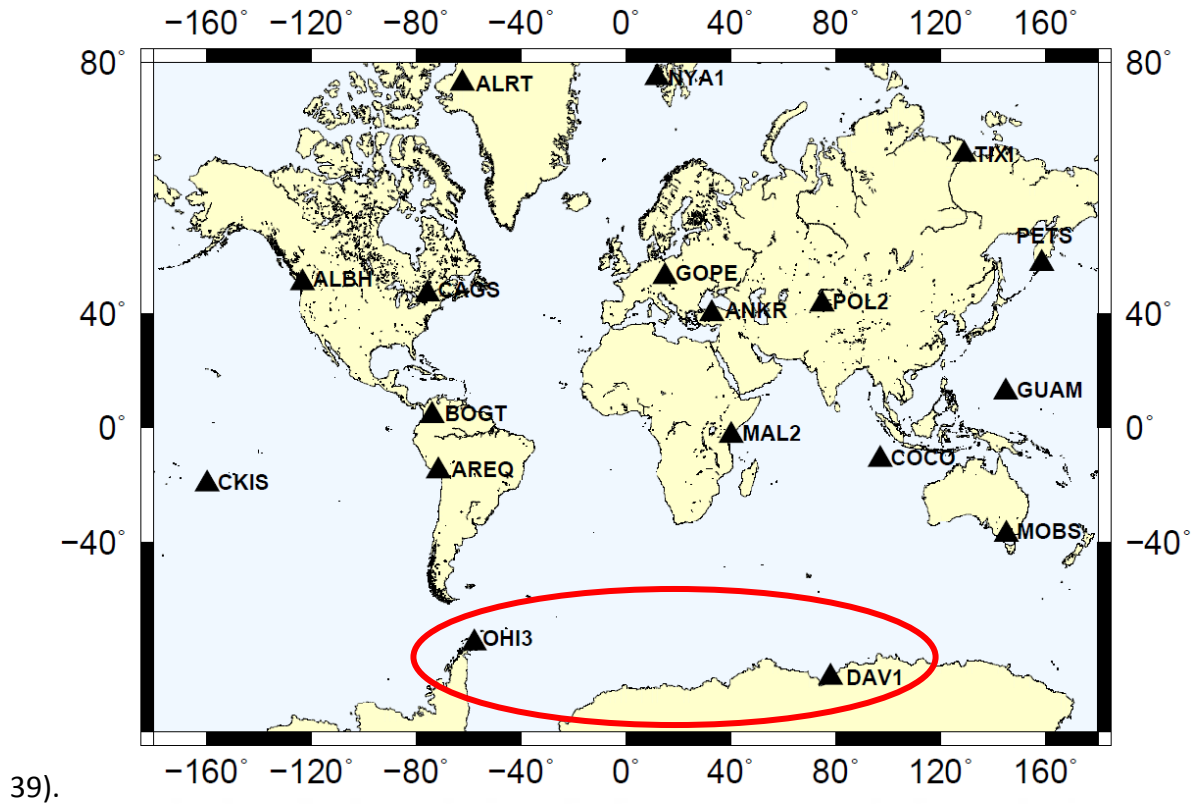
Şekil 3. 38 Güney Orta Kuşağı (Sıcak Kuşak) noktasının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

Şekil 3. 36, Şekil 3. 37 ve Şekil 3. 38’de Güney Orta Kuşağında yer alan MOBS noktasının mevsimsel olarak 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir. Kuzey-Güney bileşeninde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim ilkbahar mevsiminde Doğu-Batı ve Yükseklik bileşeninde ise en büyük değişim yaz mevsiminde gözlenmiştir. Kuzey-Güney yönündeki doğruluğun ilkbahar mevsiminde, Doğu-Batı ve Yükseklik yönündeki doğruluğun ise yaz mevsiminde azaldığı gözlenmiştir.

3.2.6 Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak)

Uygulama için belirlenen güney kutup kuşağında yer alan 2 nokta (OHI3 ve DAV1) için 4-s, 6-s, 8-s, 12-s ve 24-s zaman aralıklarında mevsimsel etkiler incelenmiştir (Şekil 3.



Şekil 3. 39 Güney Kutup Kuşağı İstasyonları

Mevsimler Çizelge 3. 27’de görüldüğü gibi Güney Yarımküre esas alınmıştır. Her mevsim için ayrı ayrı bu noktalara ait 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik verilerin RMS değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan RMS değerlerine ilişkin sonuçlardan örnek olarak 24 saatlik verilerin sonuçları ve oturum süresine bağlı olarak oluşan genel sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Çizelge 3. 27 Güney Yarımküre mevsimleri

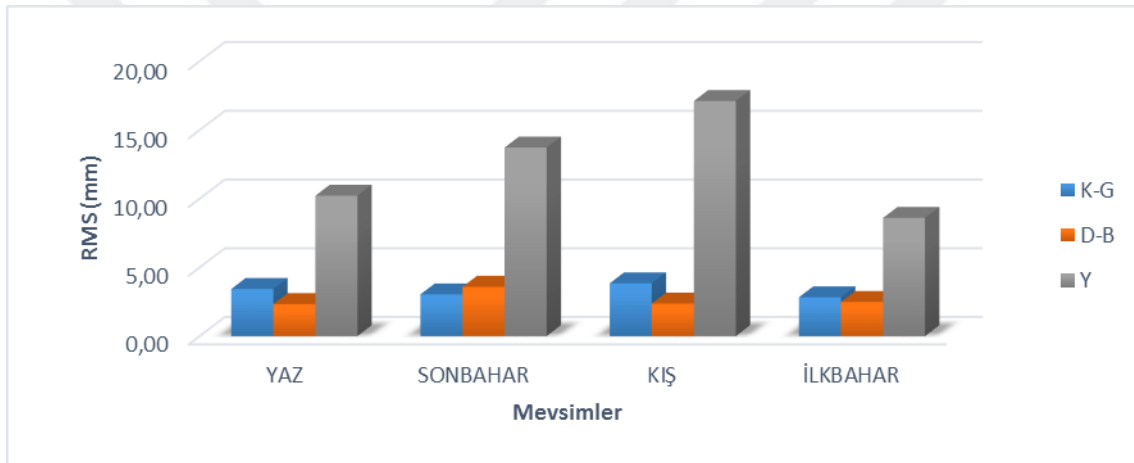
Güney Yarımküre	Mevsim Ayları
İlkbahar	Eylül-Ekim-Kasım
Yaz	Aralık-Ocak-Şubat
Sonbahar	Mart-Nisan-Mayıs
Kış	Haziran-Temmuz-Ağustos

3.2.6.1 OHİ3 Noktası

OHİ3 noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 28 ve Şekil 3. 40'da gösterilmektedir.

Çizelge 3. 28 OHİ3 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	3,43	2,33	10,22
	SONBAHAR	3,04	3,59	13,72
	KIŞ	3,84	2,37	17,11
	İLKBAHAR	2,82	2,48	8,60



Şekil 3. 40 OHİ3 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

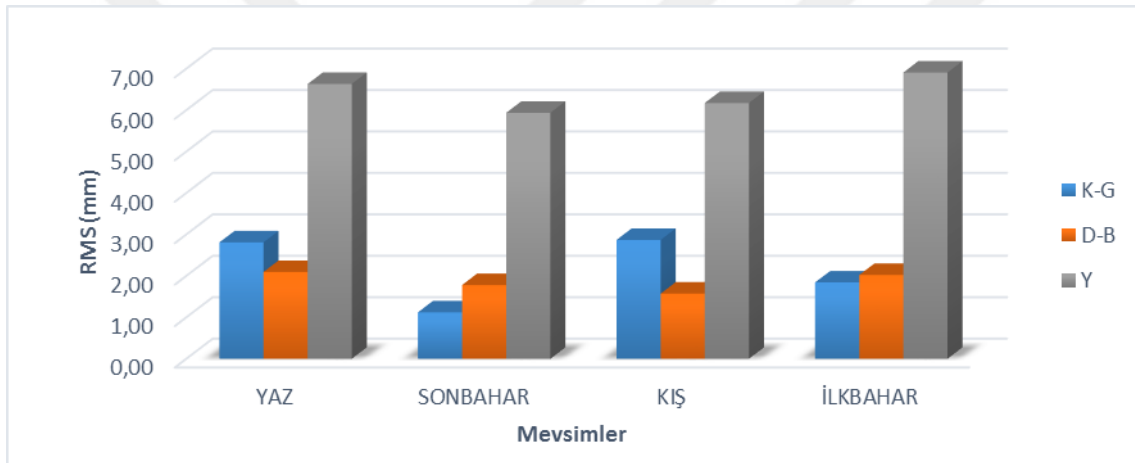
OHİ3 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 28 ve Şekil 3. 40'da verilmektedir. Çizelge 3. 28'de kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 3.84 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 2.82 mm (ilkbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 3.59 mm (sonbahar mevsiminde), en küçük değer 2.33 mm (yaz mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 17.11 mm (kış mevsiminde), 8.60 mm (ilkbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.

3.2.6.2 DAV1 Noktası

DAV1 noktasına ait mevsimlere göre RMS sonuçları Çizelge 3. 29 ve Şekil 3. 41’da gösterilmektedir.

Çizelge 3. 29 DAV1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

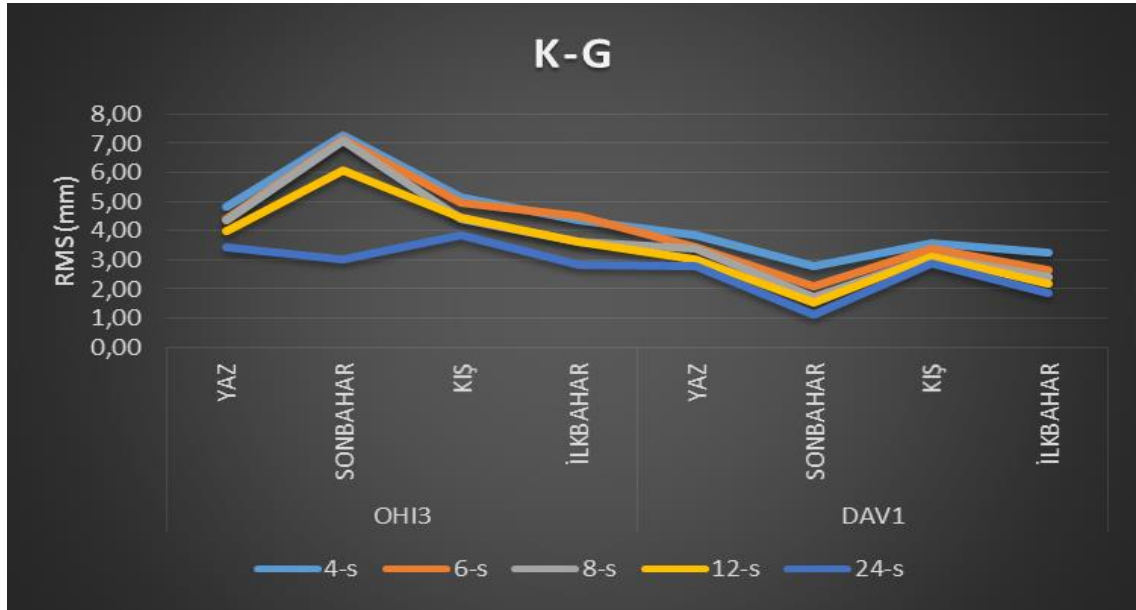
	Mevsimler	K-G	D-B	Y
RMS(mm)	YAZ	2,81	2,09	6,63
	SONBAHAR	1,12	1,78	5,93
	KIŞ	2,87	1,57	6,17
	İLKBAHAR	1,84	2,02	6,91



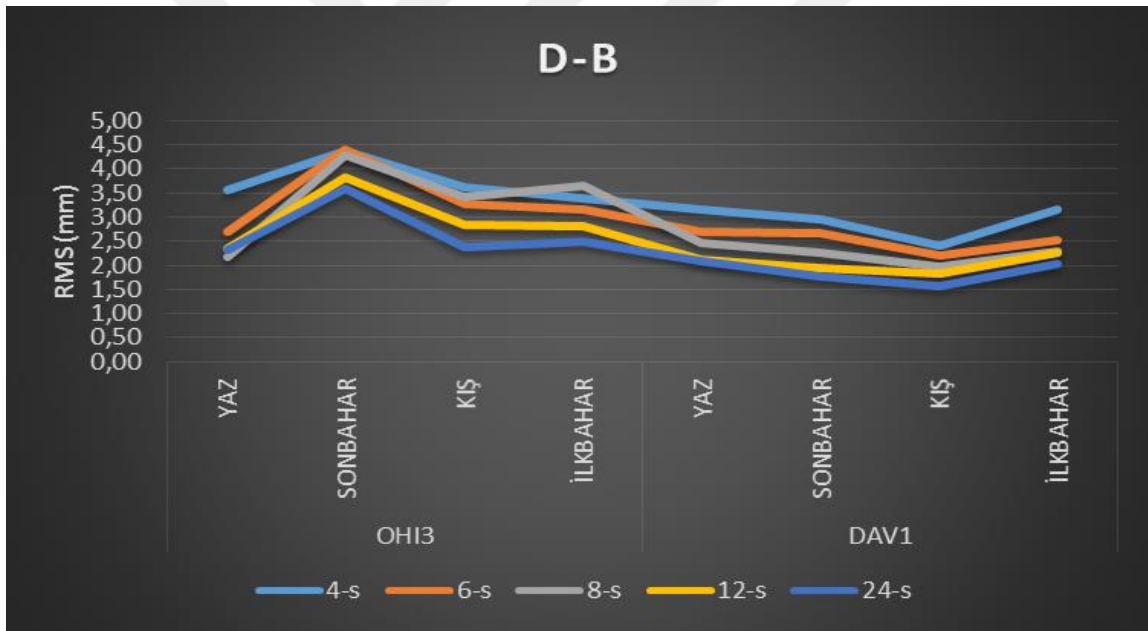
Şekil 3. 41 DAV1 noktasına ait 24 saatlik verilerin RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

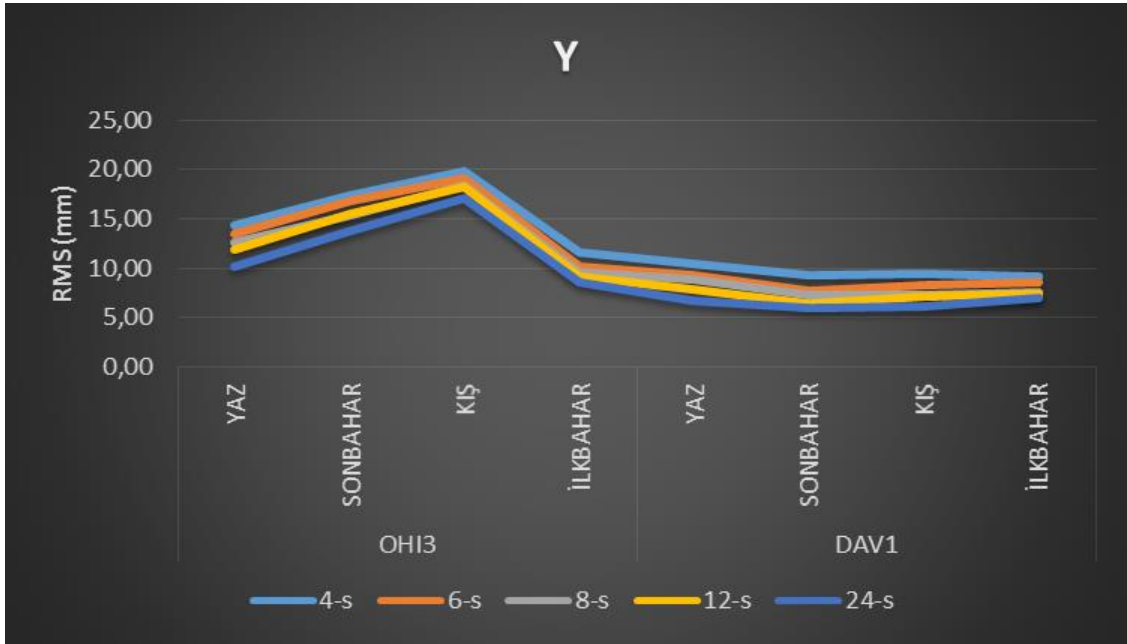
DAV1 noktasının koordinat bileşenlerine ilişkin RMS değerleri her mevsim için belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 3. 29 ve Şekil 3. 41’da verilmektedir. Çizelge 3. 29’da kuzey-güney bileşeni için en büyük değer 2.87 mm (kış mevsiminde), en küçük değer 1.12 mm (sonbahar mevsiminde), doğu-batı bileşeni için en büyük değer 2.09 mm (yaz mevsiminde), en küçük değer 1.57 mm (kış mevsiminde) görülmektedir. Yükseklik bileşeninde ise 6.91 mm (ilkbahar mevsiminde), 5.93 mm (sonbahar mevsiminde) en büyük ve en küçük değerler olarak görülmektedir.



Şekil 3. 42 Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktasının K-G yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 43 Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktasının D-B yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri



Şekil 3. 44 Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) noktasının Y yönündeki oturum süresi ve mevsimlere göre RMS değerleri

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

Şekil 3. 42, Şekil 3. 43Şekil 3. 44'de Güney Kutup Kuşağında yer alan OHI3 ve DAV1 noktalarının mevsimsel olarak 24, 12, 8, 6 ve 4 saatlik oturum sürelerindeki K-G, D-B ve Y bileşenlerine ait konum doğrulukları gösterilmiştir. Oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir. Kuzey-Güney ve Doğu-Batı bileşeninde, oturum süresine bağlı olarak en büyük değişim sonbahar ve kış mevsimlerinde gözlenirken Yükseklik bileşeninde ise en büyük değişim kış mevsiminde gözlenmiştir. Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönündeki doğruluğun sonbahar ve kış mevsiminde, Yükseklik yönündeki doğruluğun ise kış mevsiminde azaldığı gözlenmiştir.

3.3 Doğruluk Analizi

Bu bölümde Eckl ve arkadaşlarının [6] 2001 yılında Journal of Geodesy dergisinde sunmuş oldukları, GPS ile konumlama doğruluğunun baz uzunluğunun ve gözlem süresinin fonksiyonu olarak ifade edildiği matematiksel model irdelenmiştir. Eckl bu çalışmada baz uzunluğu ve gözlem süresine bağlı olarak matematiksel modeli analiz ederken biz PPP mutlak konum belirleme yaptığımız için baz uzunluğunu matematiksel modelimizde kullanmadık. Enlem (φ) ve oturum süresi (T) olmak üzere, GPS'in konum doğruluğuna olan etkisini araştırmak için Şanlı ve Tekiç'in [21], [14] önerdiği matematiksel model kullanılmıştır (3.6) (3.7) (3.8).

(K-G: Kuzey-Güney, D-B: Doğu-Batı ve Y: Yükseklik bileşenlerini ifade etmektedir.)

$$S_{K-G}(\varphi, T) = \sqrt{\frac{a_{K-G}}{T} + \frac{b_{K-G}\varphi^2}{T} + c_{K-G} + d_{K-G}\varphi^2} \quad (3.6)$$

$$S_{D-B}(\varphi, T) = \sqrt{\frac{a_{D-B}}{T} + \frac{b_{D-B}\varphi^2}{T} + c_{D-B} + d_{D-B}\varphi^2} \quad (3.7)$$

$$S_Y(\varphi, T) = \sqrt{\frac{a_Y}{T} + \frac{b_Y\varphi^2}{T} + c_Y + d_Y\varphi^2} \quad (3.8)$$

Burada, $S(\varphi, T)$ standart sapma, a,b,c,d model katsayılarını göstermektedir. Bu terimlerden a ve b parametreleri T ile ters orantılı, c ve d parametreleri T'den bağımsız, b ve d parametreleri φ^2 ile doğru orantılı, a ve c parametreleri ise φ^2 'den bağımsız birer değişken olarak yer almaktadır [21], [14].

(3.6), (3.7) ve (3.8) eşitliklerinde verilen model koordinatları kuzey-güney, doğu-batı ve yükseklik bileşenlerinin her biri için ayrı ayrı uygulanmıştır.

Uygulanan işlem adımları şu şekildedir:

- Dengeleme modelinin oluşturulması
- Model parametrelerinin en küçük kareler yöntemi kullanılarak kestirilmesi
- Elde edilen parametrelerin %95 güven aralığında istatistiksel teste tabi tutularak test edilmesi
- Anlamsız çıkan parametrelerin dengeleme modelinden çıkartılarak yeniden dengeleme yapılması

Değerlendirme sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

S: Standart Sapma (mm) T: Oturum Süresi (saat)

$$S_{K-G}(T) = \sqrt{\frac{a_{K-G}}{T} + c_{K-G}} \quad (3.9)$$

$$S_{D-B}(T) = \sqrt{\frac{a_{D-B}}{T} + c_{D-B}} \quad (3.10)$$

$$S_Y(T) = \sqrt{\frac{a_Y}{T} + c_Y} \quad (3.11)$$

$$S_{K-G}(T) = \sqrt{\frac{37.17}{T} + 5.36} \quad (3.12)$$

$$S_{D-B}(T) = \sqrt{\frac{35.92}{T} + 4.07} \quad (3.13)$$

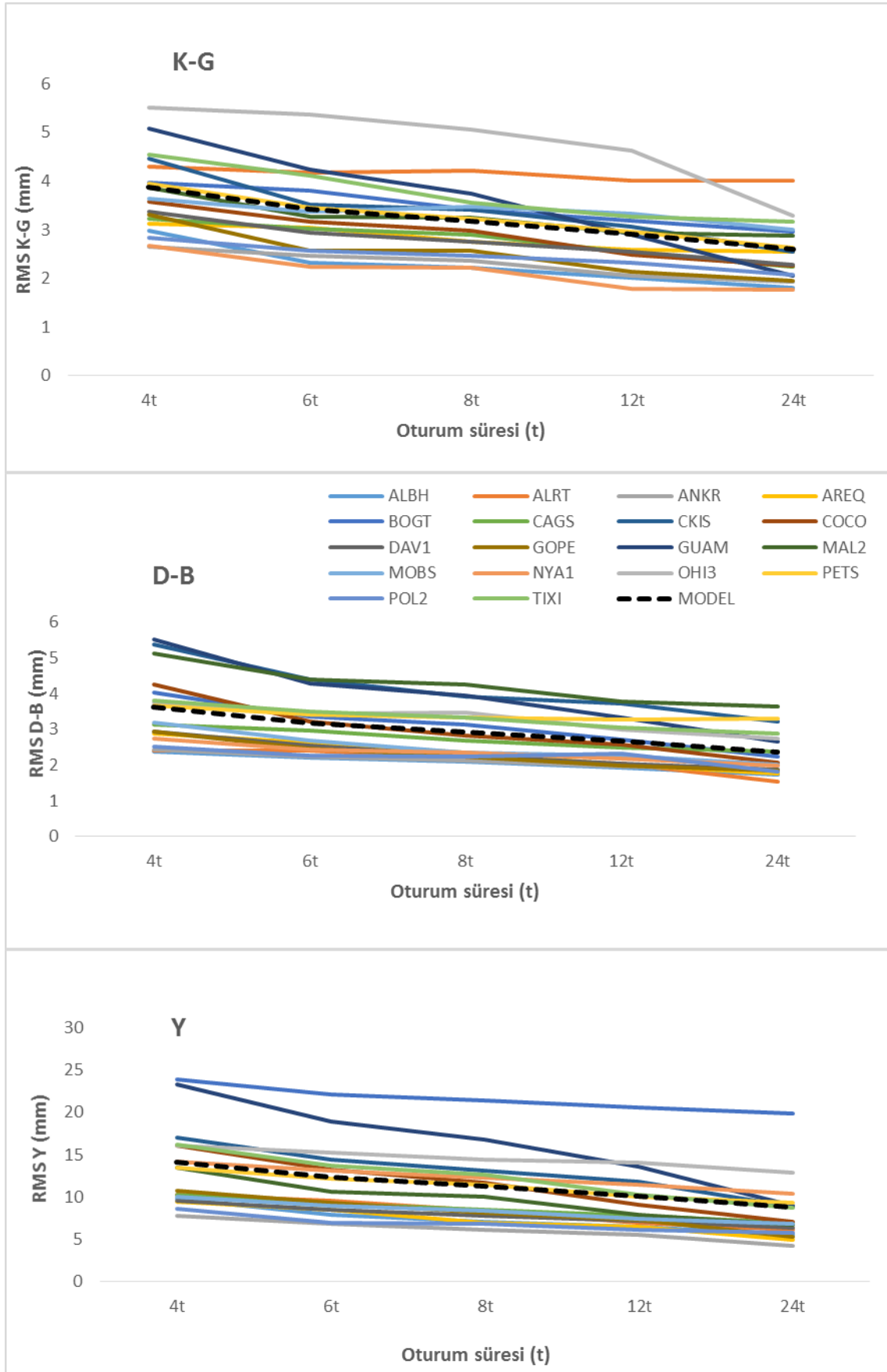
$$S_Y(T) = \sqrt{\frac{584.48}{T} + 53.94} \quad (3.14)$$

Eşitliğe göre φ^2 'den bağımsız olan a ve c parametreleri tüm bileşenlerde istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlenmiştir.

Yapılan doğruluk analizi sonucu oluşan Kuzey-Güney, Doğu-Batı ve Yükseklik yönündeki standart sapmaları Çizelge 3. 30 ve Şekil 3. 45'de görülmektedir. Şekil 3. 45'e göre model tüm noktaların ortasından geçmekte ve oturum süresi arttıkça ölçme doğruluğunun arttığı gözlenmektedir.

Çizelge 3. 30 Analiz sonucu oluşan standart sapma değerleri

T(s)	S_{K-G} (mm)	S_{D-B} (mm)	S_Y (mm)
4	3,8	3,6	14,1
6	3,4	3,2	12,3
8	3,2	2,9	11,3
12	2,9	2,7	10,1
24	2,6	2,4	8,8



Şekil 3. 45 Tüm bileşenler için elde edilen model

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

2013 ve 2014 yıllarının herbir ayına ait 3 günlük GPS ölçülerinin kullanıldığı kutup (soğuk), orta (ılıman) ve ekvator (sıcak) enlem olmak üzere 3 farklı enlem bölgesinde seçilen 18 IGS noktası (International GNSS Service) arasında gerçekleştirilen bu çalışmada GPS konum belirleme doğruluğunun mevsimsel etkiler dikkate alınarak enlem ve oturum süresine bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda, her bir noktaya ilişkin 24 saatlik RINEX verileri SOPAC (Scripps Orbit and Permanent Array Center) veri arşivinden indirilmiştir. Her bir noktaya ilişkin 24 saatlik RINEX verileri 4, 6, 8 ve 12 saatlik dilimlere ayrılarak yeni veri setleri elde edilmiştir. Daha sonra tüm veri setleri GIPSY OASIS v6.3 akademik yazılımı ile değerlendirilmiştir. Nokta konum doğruluğu enlem ve oturum süresine bağlı olarak modellendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar üzerinde mevsimsel değişimlerin etkisi araştırılmıştır.

Her mevsim için oturum süresine bağlı olarak ayrı ayrı kuzey-güney (KG), doğu-batı (DB) ve yükseklik (Y) bileşenlerine ait RMS (Karesel Ortalama Hata) değerleri bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar yeryüzü üzerinde global şekilde dağılan 18 adet GPS noktasının bulunduğu konuma göre sınıflandırma yapılarak mevsim bazında yorumlanmıştır.

Kuzey Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) bölgesinde, kuzey yarımküre mevsimleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda, yatay ve yükseklik bileşenlerinde doğruluğun sonbahar ve kış mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir.

Kuzey Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) bölgesinde yapılan değerlendirmeler sonucunda, yatay ve yükseklik bileşenlerinde doğruluğun Kuzey kutup bölgesinin aksine ilkbahar ve yaz mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir.

Kuzey Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) bölgesinde yapılan analizler sonucunda, yatay bileşenler kuzey-güney ve doğu-batı yönünde ilkbahar ve yaz mevsimlerinde, yükseklik bileşeninde ise sonbahar mevsiminde doğruluğun azaldığı gözlenmiştir.

Güney Ekvator Kuşağı (Sıcak Kuşak) bölgesinde güney yarımküre mevsimleri dikkate alınarak yapılan yapılan değerlendirmeler sonucunda, kuzey-güney ve yükseklik yönünde sonbahar ve kış mevsimlerinde, doğu-batı yönünde ise ilkbahar ve yaz mevsimlerinde doğruluğun azaldığı gözlenmiştir.

Güney Orta Kuşağı (Ilıman Kuşak) bölgesinde yapılan analizler sonucunda, yatay ve yükseklik bileşenlerinde doğruluğun ilkbahar ve yaz mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir.

Güney Kutup Kuşağı (Soğuk Kuşak) bölgesinde yapılan analizler sonucunda, yatay ve yükseklik bileşenlerinde doğruluğun sonbahar ve kış mevsimlerinde azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuçla Kuzey ve Güney Yarımküre arasındaki doğruluğun sistematik olarak simetri olduğu görülmektedir.

Nokta konum doğruluğunun oturum süresine bağlı olarak değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki matematiksel model bağıntıları elde edilmiştir.

S: Standart Sapma (mm) T: Oturum Süresi (saat)

$$S_{K-G}(T) = \sqrt{\frac{37.17}{T} + 5.36}$$

$$S_{D-B}(T) = \sqrt{\frac{35.92}{T} + 4.07}$$

$$S_Y(T) = \sqrt{\frac{584.48}{T} + 53.94}$$

Oturum süresine bağlı olarak bulunan doğruluk analizinde, oturum süresi arttıkça konum doğruluğunun arttığı gözlenmiştir. Yatay konum doğruluğunun düşey konum doğruluğuna göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

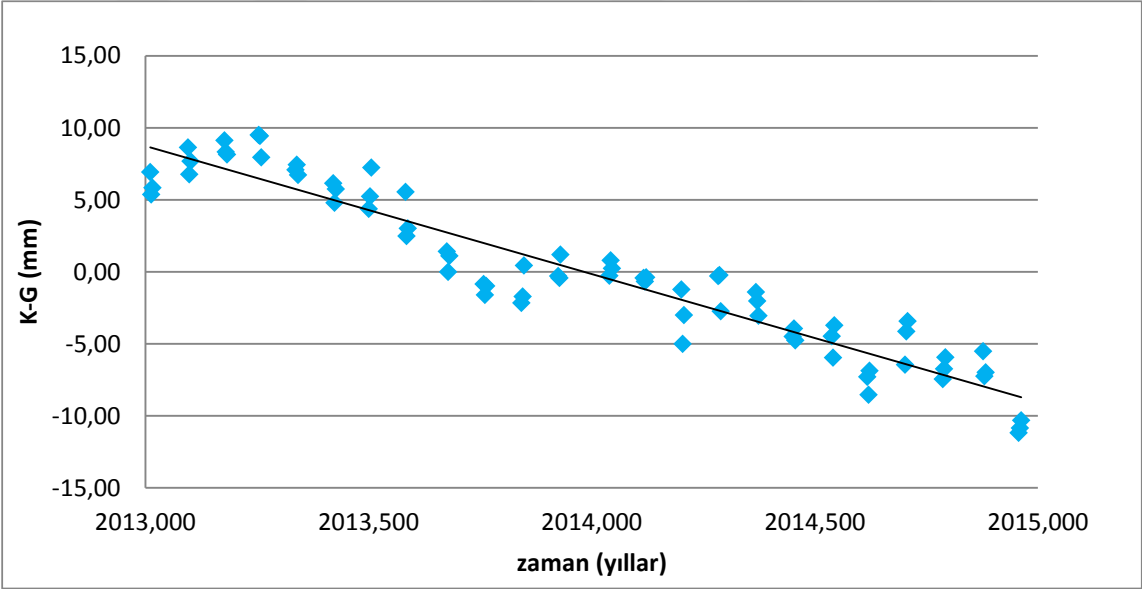
Yapılan değerlendirmeler sonucunda yüksek konum doğruluğu gerektiren çalışmalarda elde edilen doğruluk model bağıntıları ve mevsimsel etkiler göz önünde bulundurulmalıdır. Elde edilen ana sonuç, GPS konum doğruluğu için mevsimsel etkiler hesaba katıldığında mevcut doğruluk modelinin yeniden formüle etme gerekliliğinin doğması ve tipik tek terimli doğruluk formölünün iki terimli olarak genişletilmesidir.

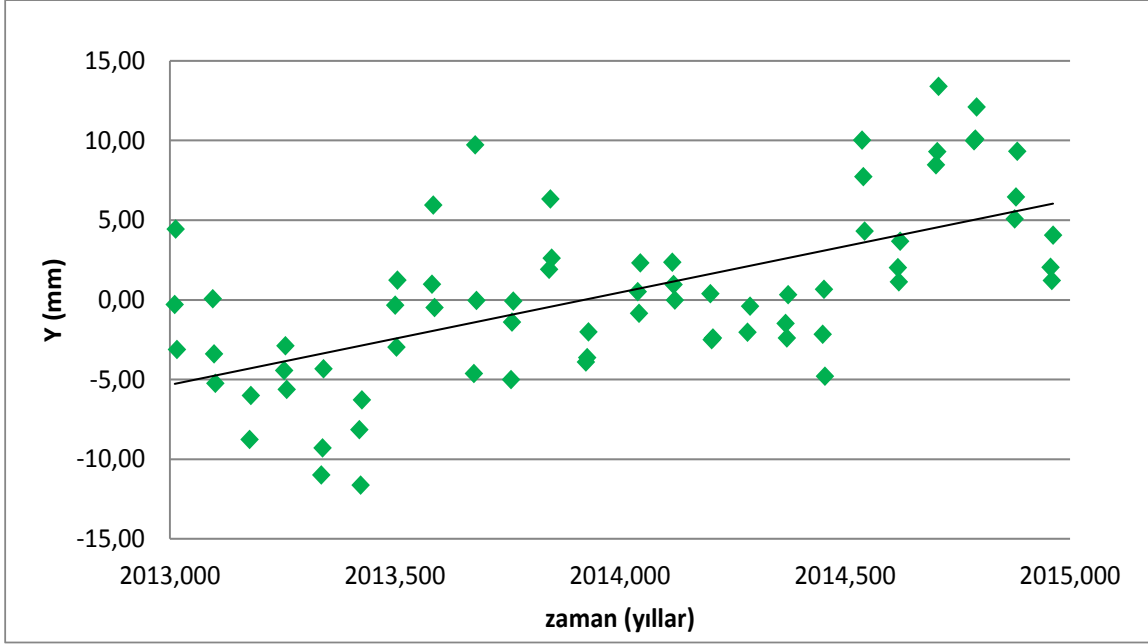
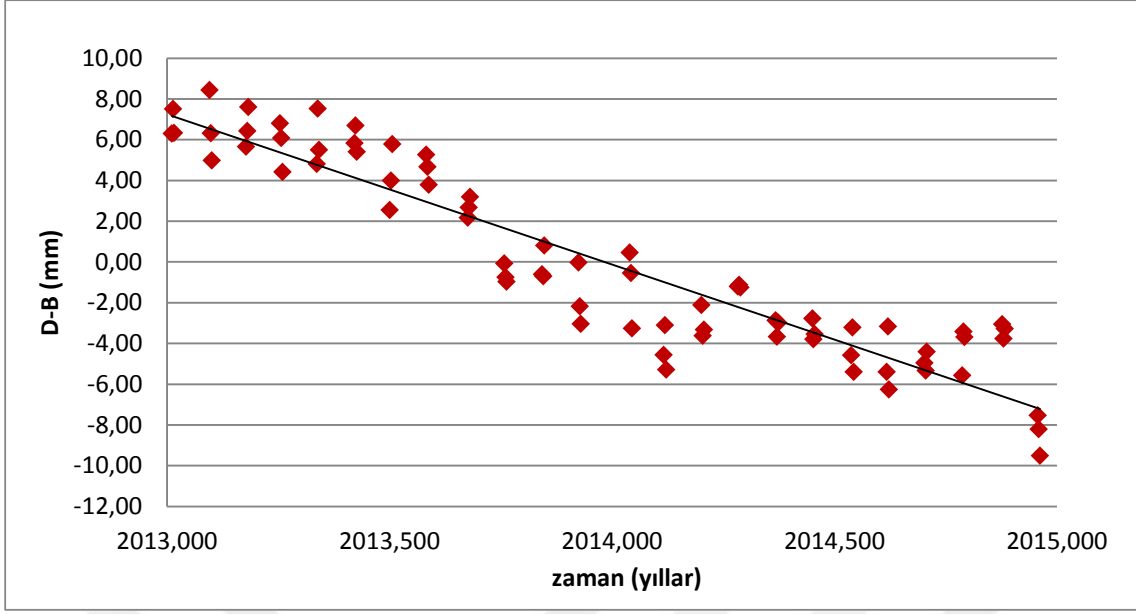


KAYNAKLAR

- [1] Eckl, M.C., Snay, R.A., Soler, T., Cline, M.W. ve Mader, G.L., (2001). "Accuracy of GPS-Derived Relative Positions as a Function of Interstation Distance and Observing-Session Duration", *Journal of Geodesy*, 75:633-640.
- [2] Soler, T., Michalak, P., Weston, N.D., Snay, R.A. ve Foote, R.H., (2006). "Accuracy of OPUS solutions for 1- to 4-h observing sessions," *GPS Solutions*, 10:45-55.
- [3] Doğan, U., (2007). "Accuracy Analysis of Relative Positions of Permanent GPS stations in The Marmara Region, Turkey", *Survey Review*, 39 (304): 156-165.
- [4] Şanlı, U.D. ve Öztürk, D. (2011). "Accuracy of GPS Positioning From Local to Regional Scales: A Unified Prediction Model", *Survey Review*, 43(323):579-589
- [5] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. ve Collins, J., (2001). "GPS Theory and Practice, 5th Edition, Springer-Verlag, Wien, Austria.
- [6] Uludağ, M., (2012). Mevsimsel Değişimlerde GPS Konum Doğruluğunun Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] EUREF Permanent Network, Zenith Path Delay Time Series, http://www.epncb.oma.be/networkdata/zenith_path_delay_timeseries.php?station=ANKR_20805M002, 25 Ocak 2016
- [8] Wang, C.S. ve Liou, Y.A., (2004). "Seasonal Variation of GPS Height Determination In Taiwan", American Geophysical Union, Fall Meeting 2004, 13-17 December 2004, San Francisco
- [9] Dogan, U., Uludag, M. ve Demir, D.O., (2014) "Investigation of GPS positioning accuracy during the seasonal variation," *Measurement*, 53:91-100.
- [10] Altınbaş, A., (2014). Fen bilgisi ve sosyal bilgiler öğretmen adaylarının mevsimlerin oluşumuna ilişkin görüşleri, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuzmayıs Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- [11] Coğrafya Eğitim Programlarında Doğal Mevsim Kavramı, <http://e-dergi.atauni.edu.tr/ataunidcd/article/viewFile/1021006241/1021005945>, 1 Şubat 2016.
- [12] Defining Seasons, <http://www.timeanddate.com/calendar/aboutseasons.html>, 5 Şubat 2016.

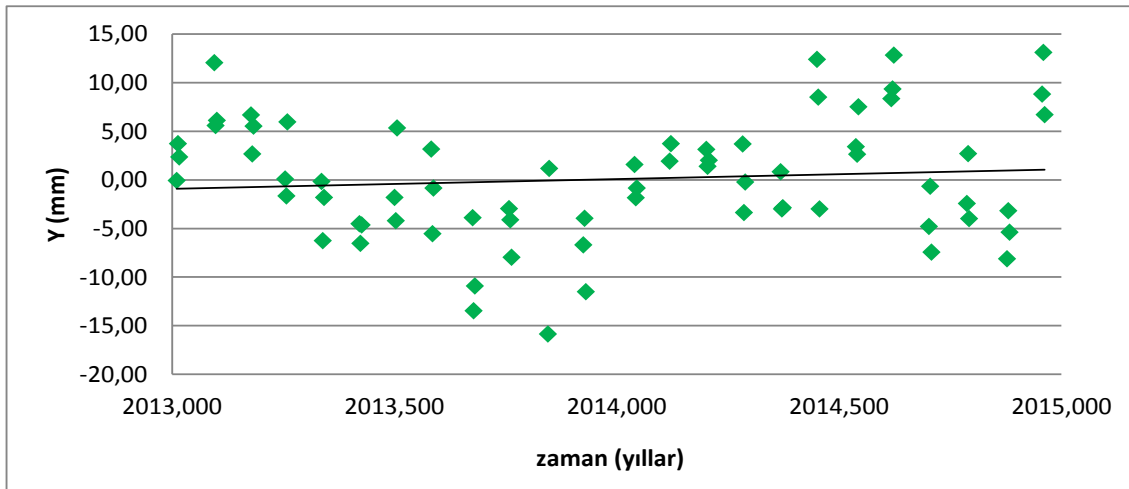
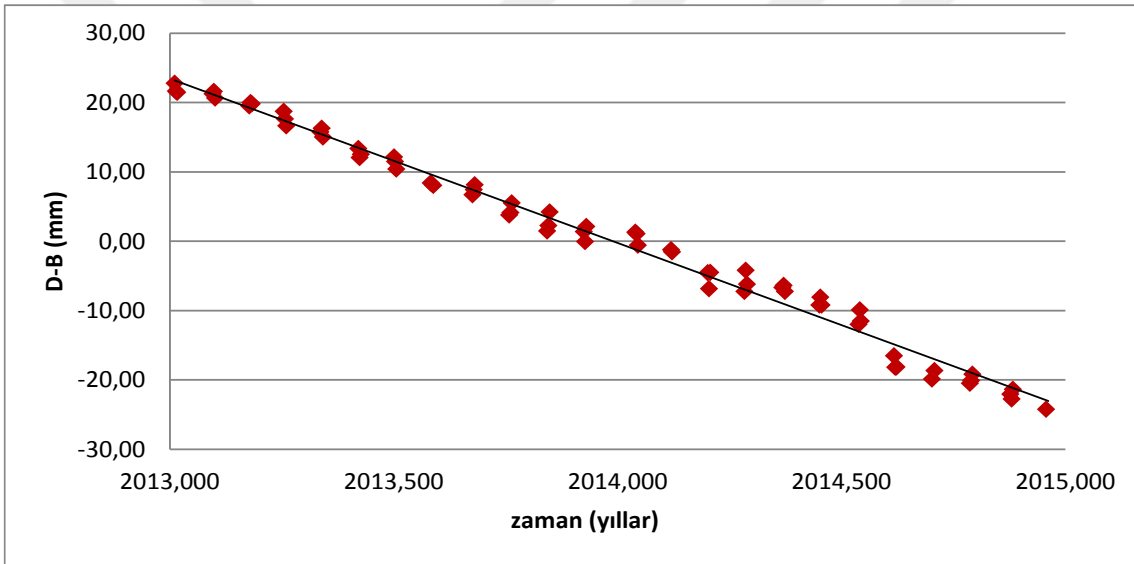
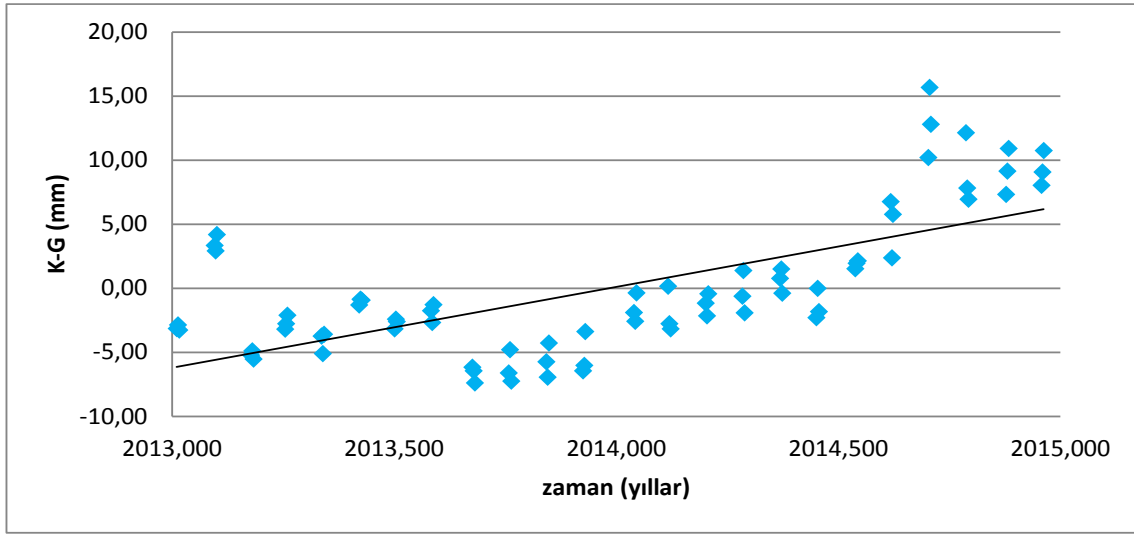
- [13] Matematik İklim Kuşakları, <http://www.hakkindakisabilgi.net/iklim-kusaklari-hakkinda-kisa-bilgi.html>, 23 Ocak 2016
- [14] Tekiç, S., (2010). Accuracy of GPS Precise Point Positioning, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [15] Scripps Orbit and Permanent Array Center, Rinex Data Browser <http://sopac.ucsd.edu/> 15 Ekim 2015.
- [16] World Data Center Analysis Center, <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/kp/>, 16 Temmuz 2015
- [17] International GNSS Service (IGS) IGS Stations, <https://igsceb.jpl.nasa.gov/network/list.html>, 15 Ekim 2015.
- [18] Scripps Orbit and Permanent Array Center, Site Logs <http://sopac.ucsd.edu/allSiteLogs.shtml>, 12 Kasım 2015.
- [19] The Kp-index, <http://www.spaceweatherlive.com/en/help/the-kp-index>, 25 Aralık 2014.
- [20] Kartezyen Koordinat Sistemi ile Toposentrik Koordinat Sistemi Arasındaki İlişki, https://en.wikipedia.org/wiki/North_east_down, 12 Ocak 2015.
- [21] Sanli, D. U. ve Tekic, S., (2010). "Accuracy of GPS Precise Point Positioning", Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany.





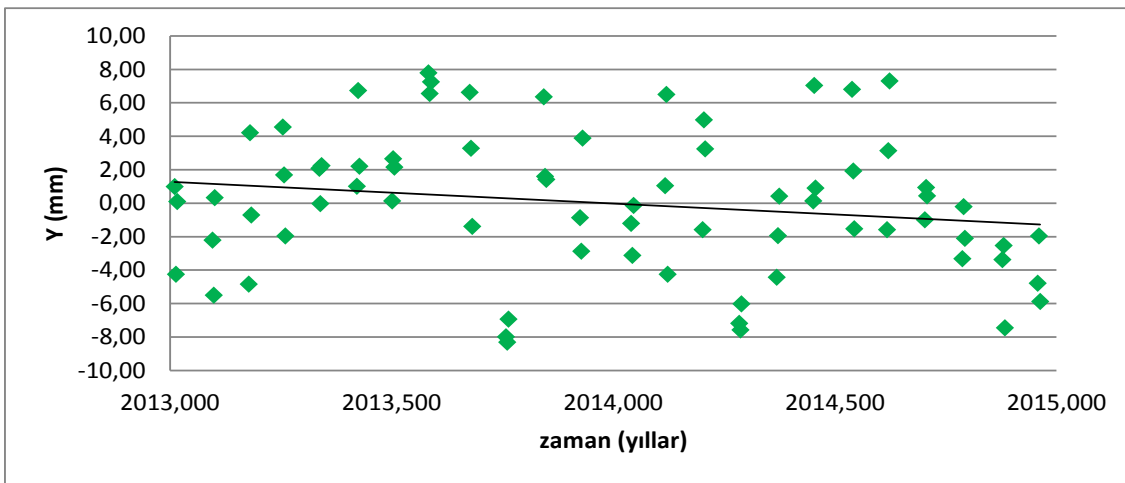
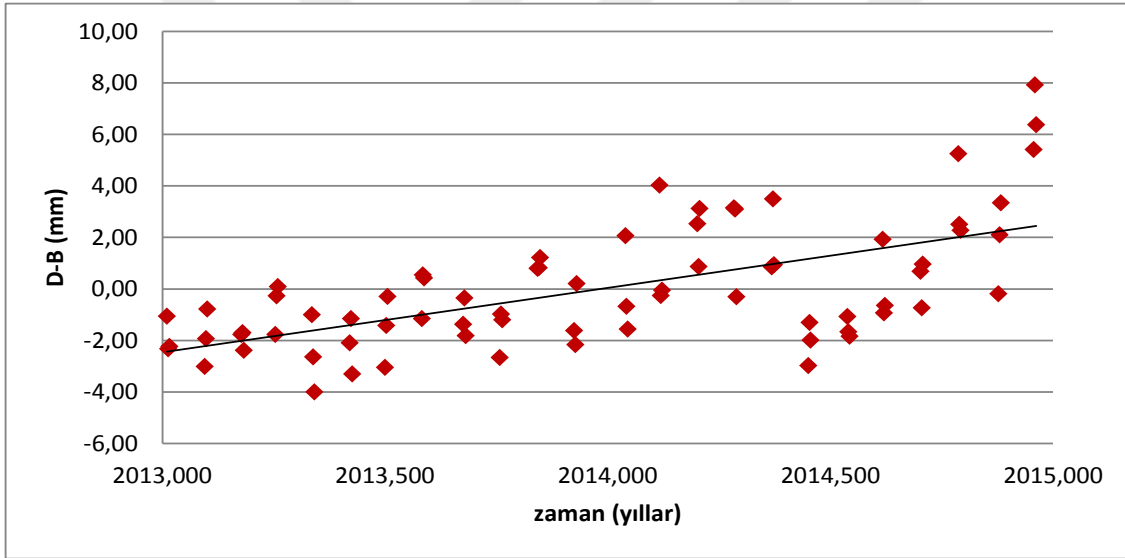
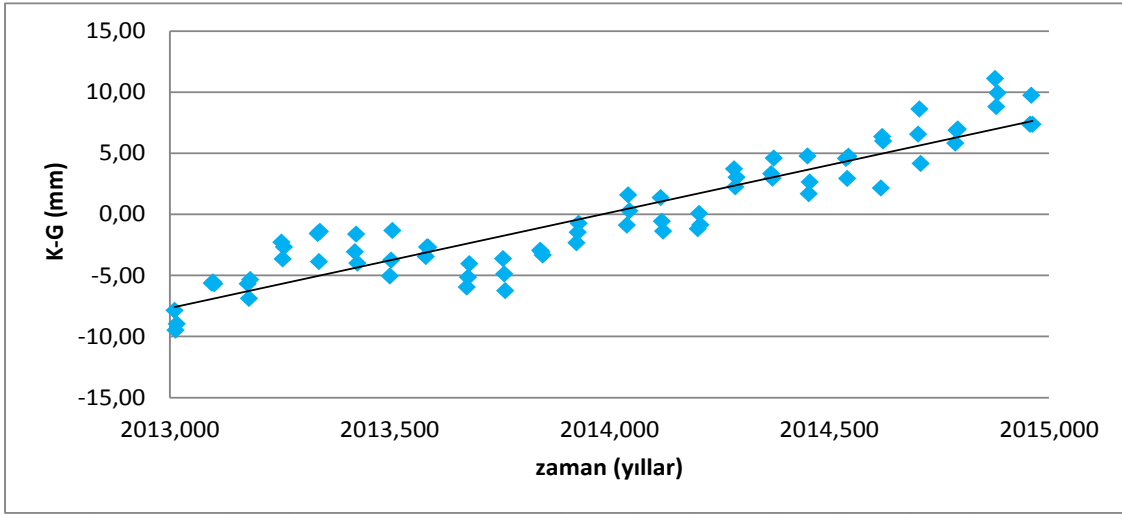
Şekil A.1 ALBH noktası zaman serisi grafiği

ALRT noktasının zaman serisi grafiği



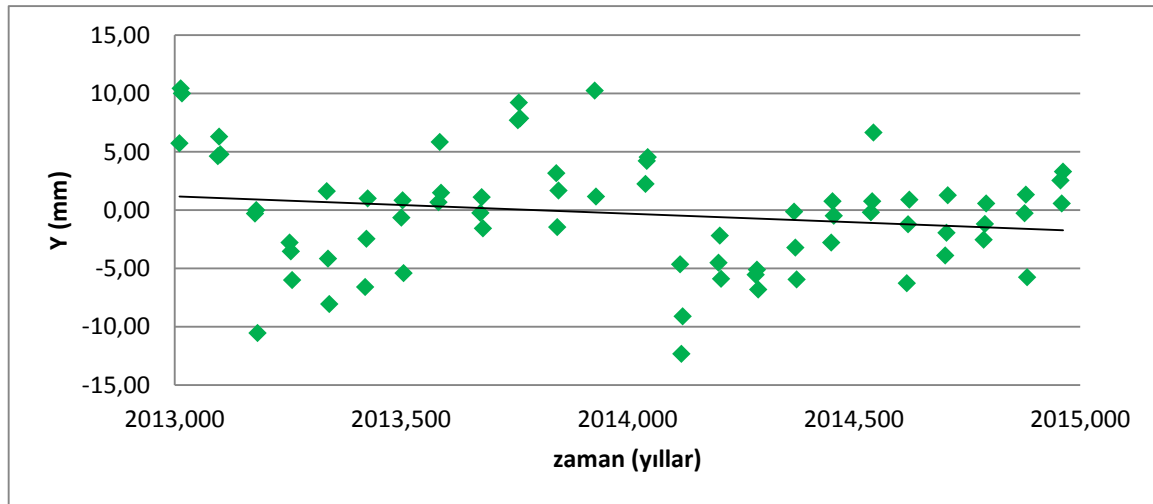
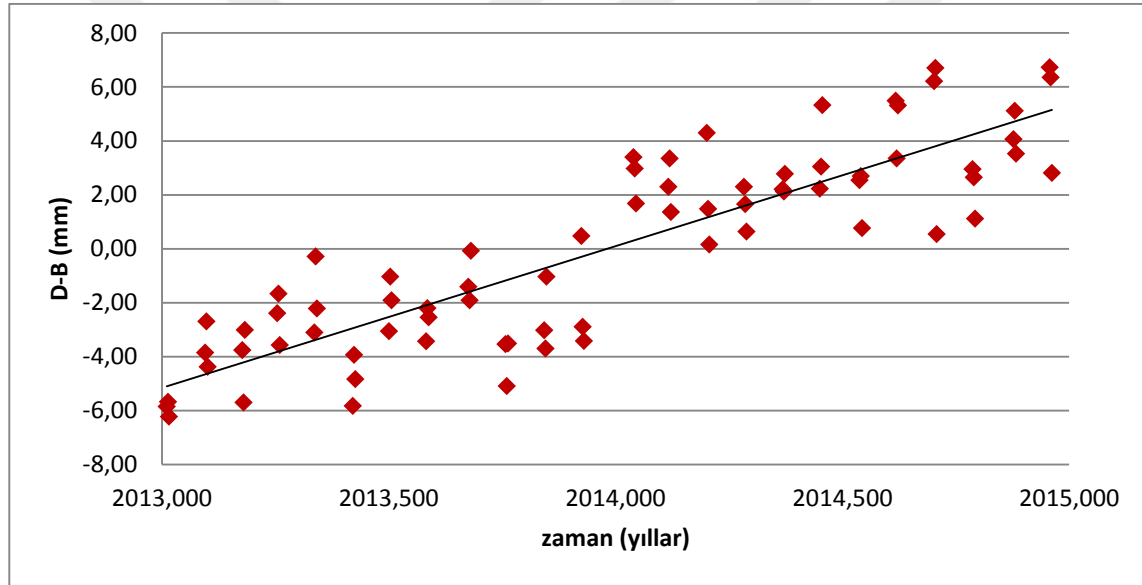
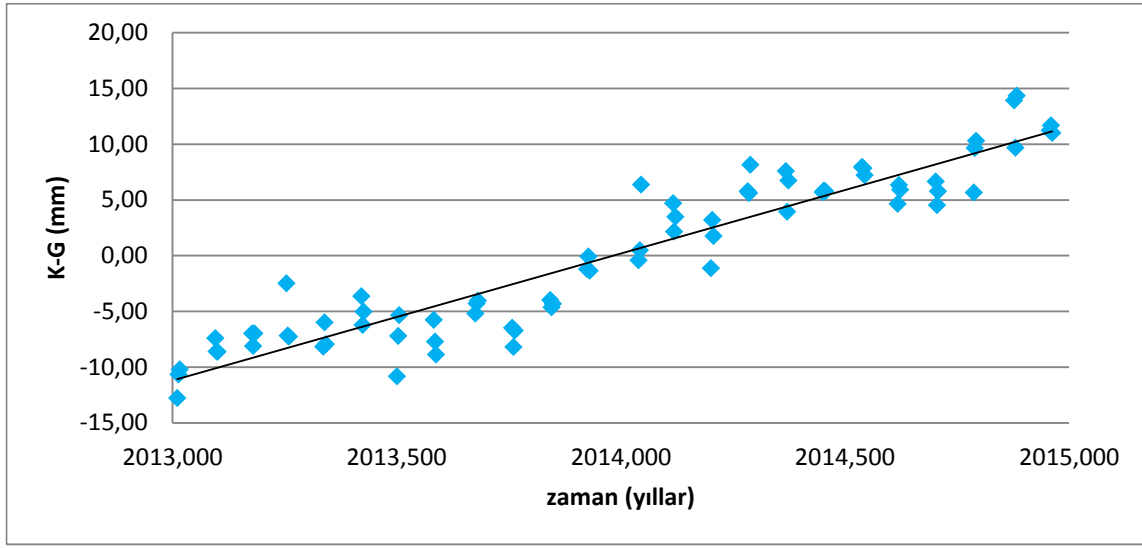
Ŗekil A.2 ALRT noktası zaman serisi grafiği

ANKR noktasının zaman serisi grafiği



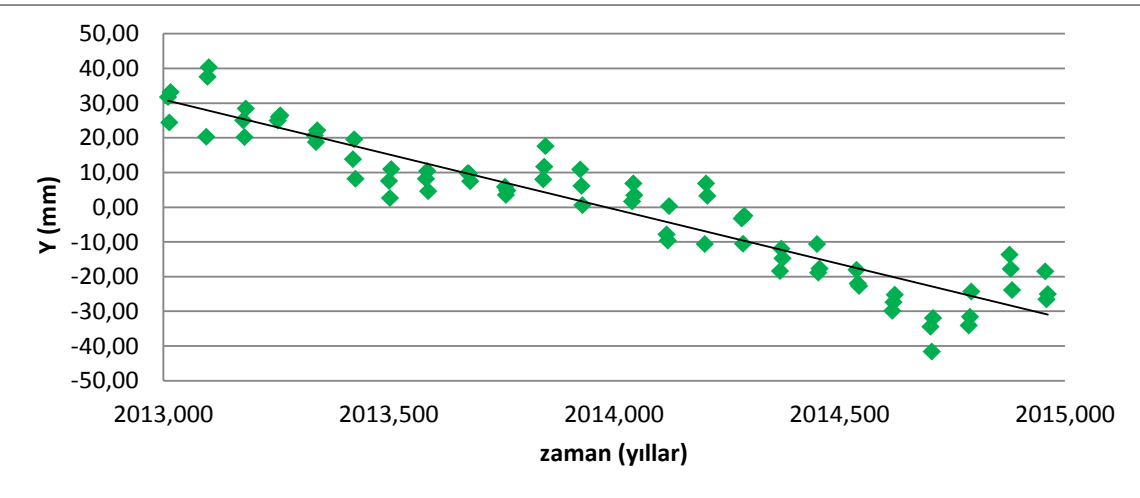
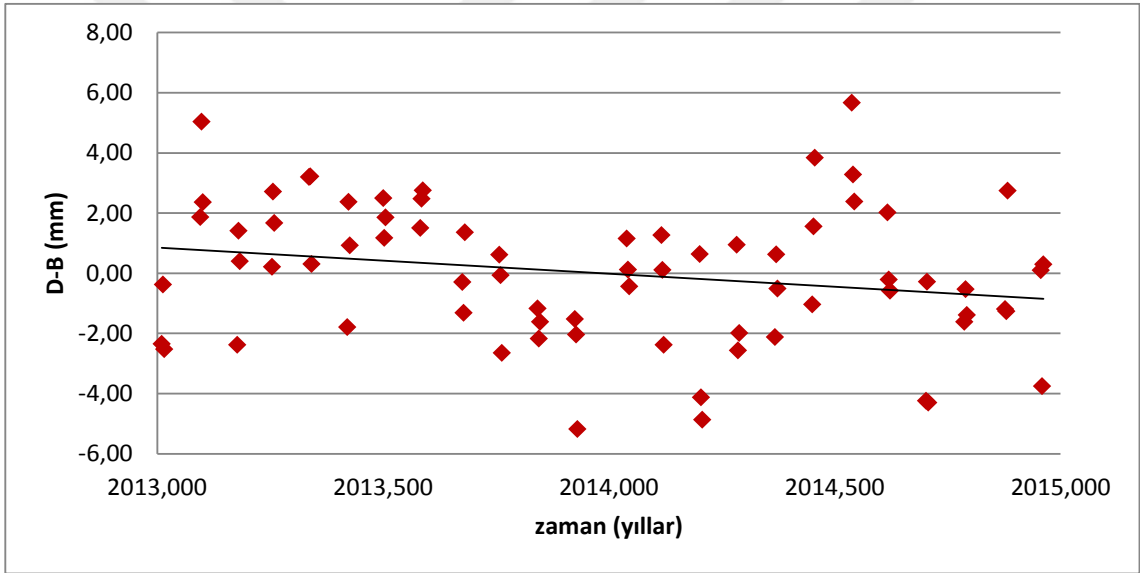
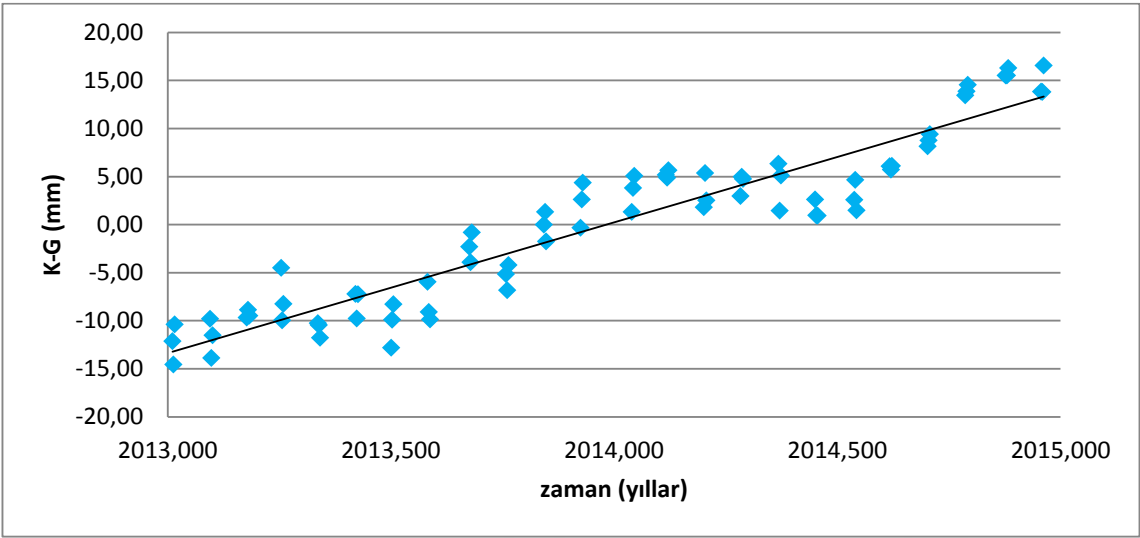
Şekil A.3 ANKR noktası zaman serisi grafiği

AREQ noktasının zaman serisi grafiği



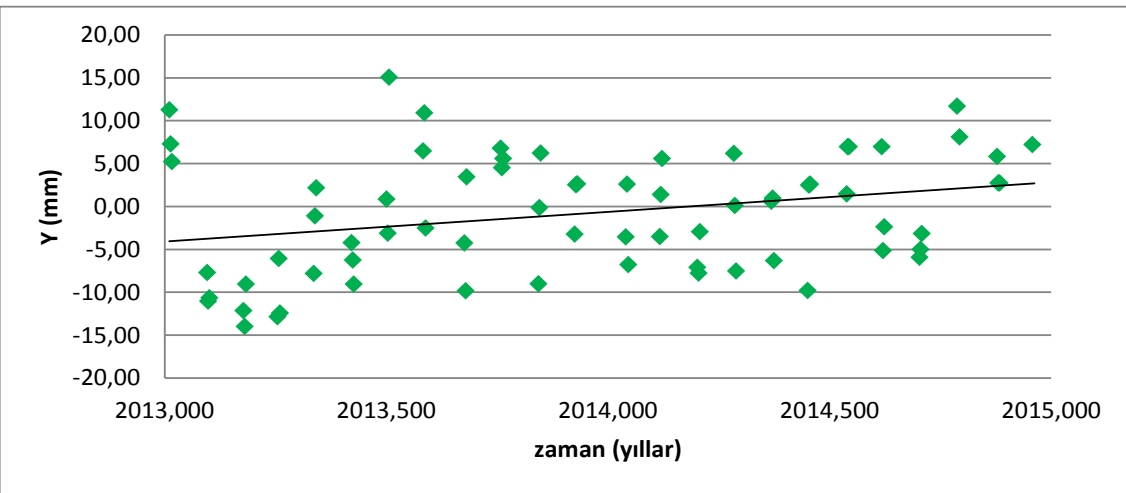
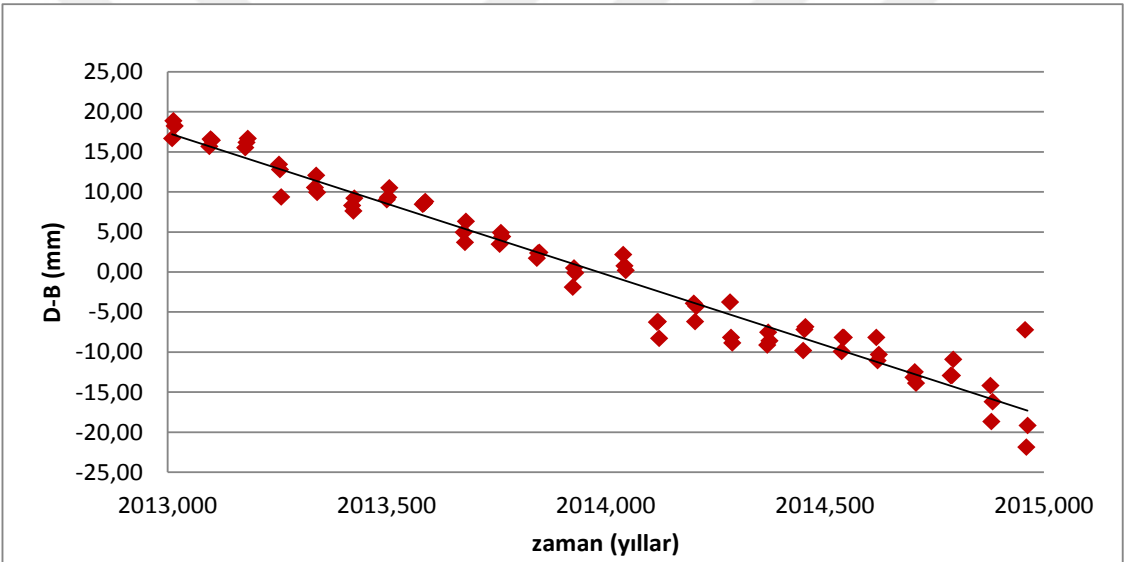
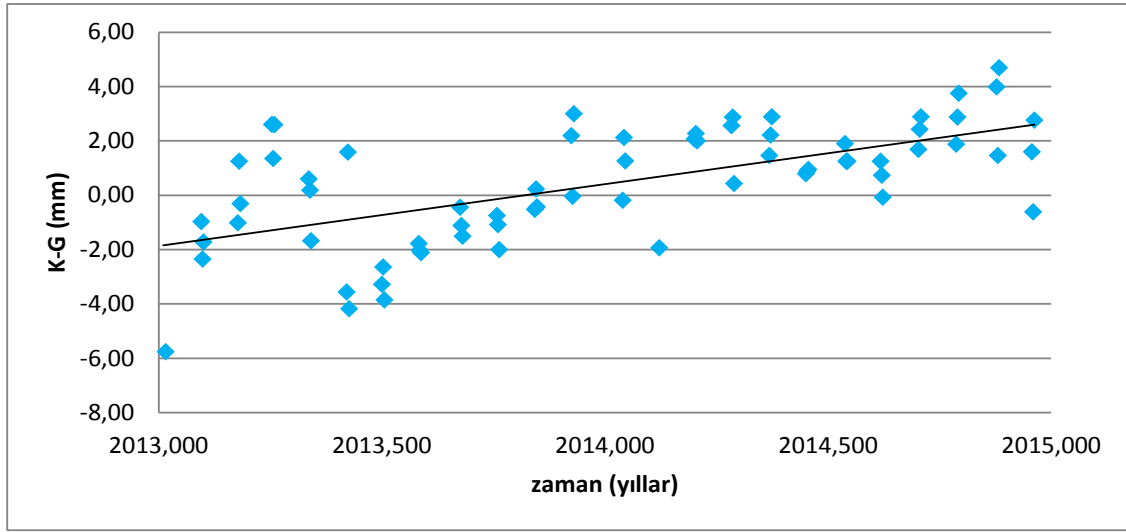
Şekil A.4 AREQ noktası zaman serisi grafiği

BOGT noktasının zaman serisi grafiği



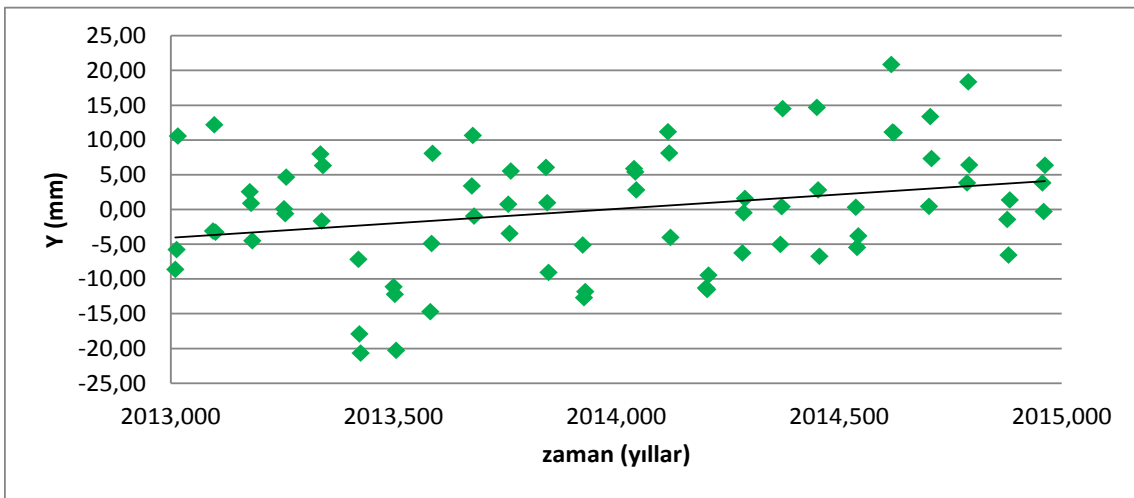
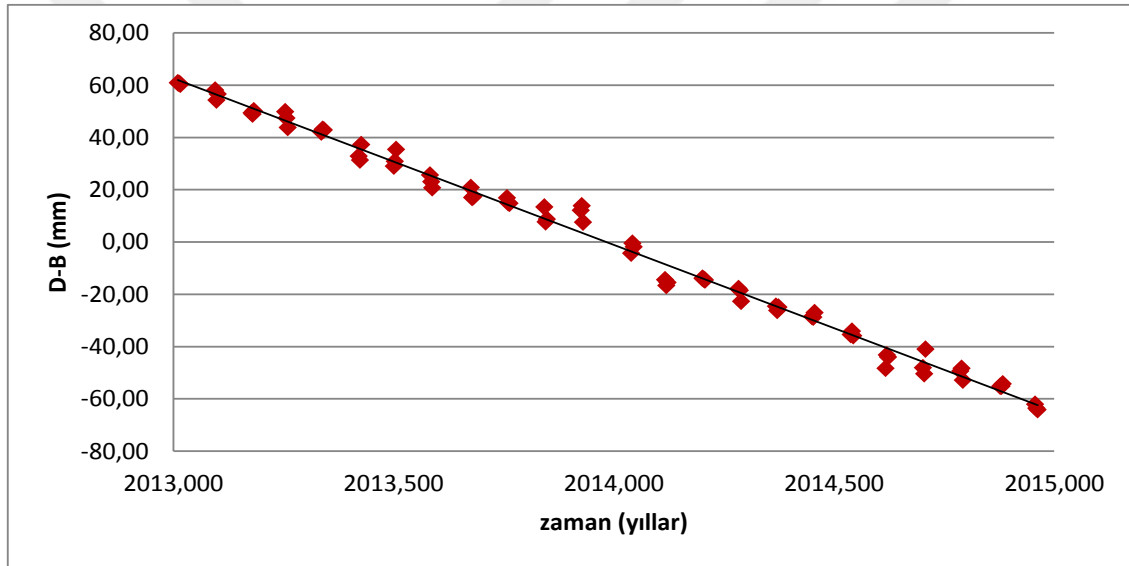
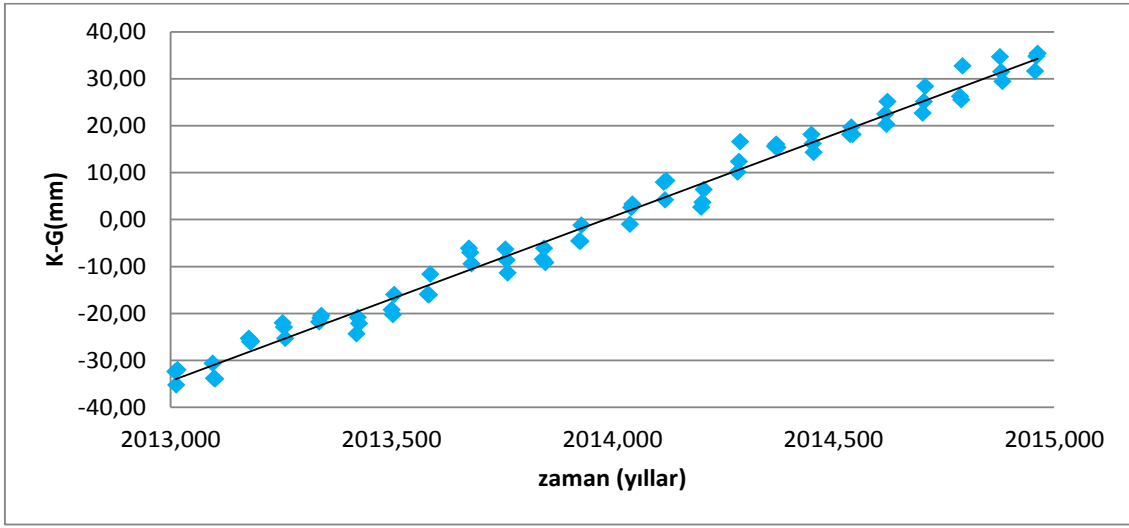
Şekil A.5 BOGT noktası zaman serisi grafiği

CAGS noktasının zaman serisi grafiği



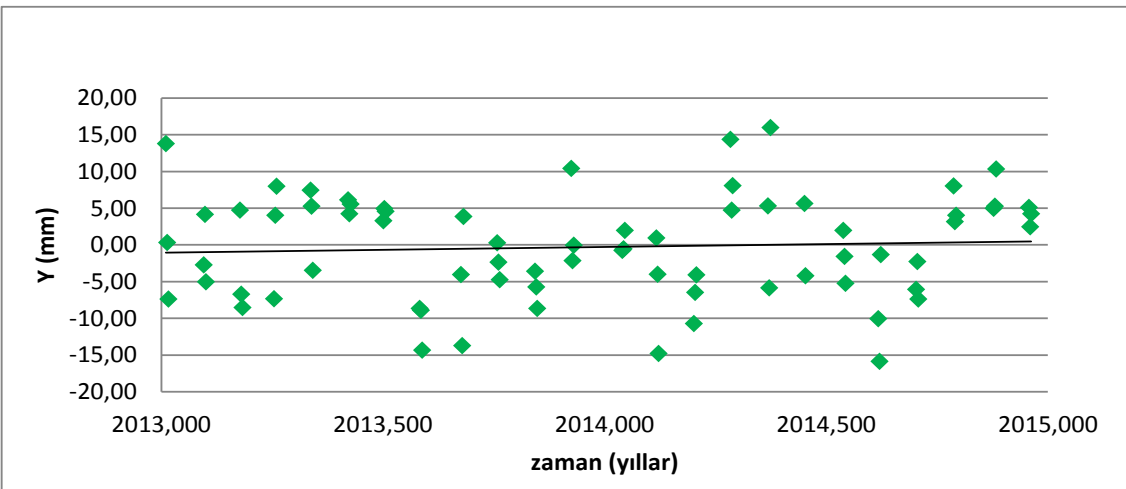
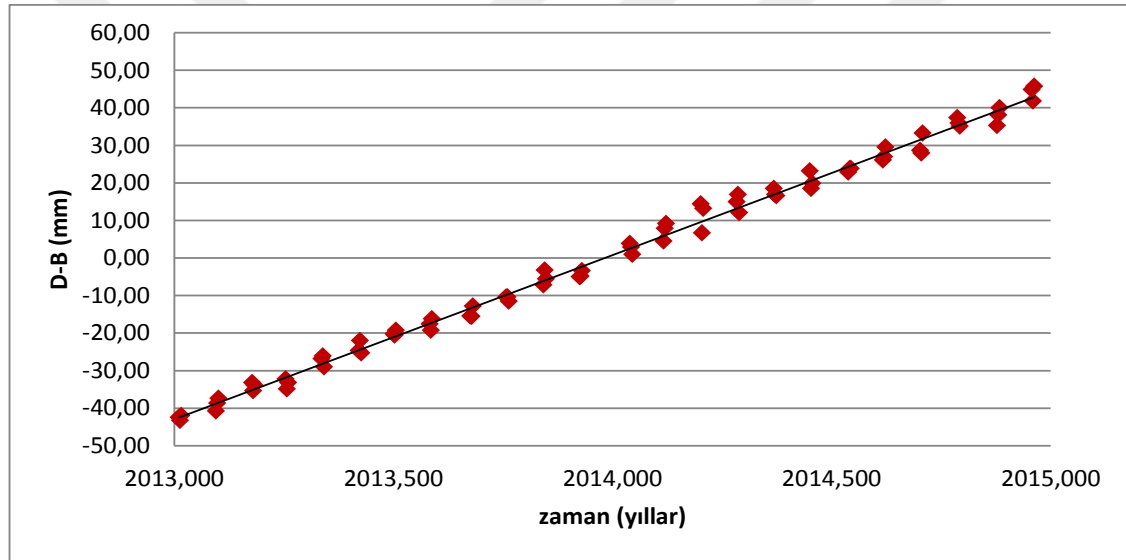
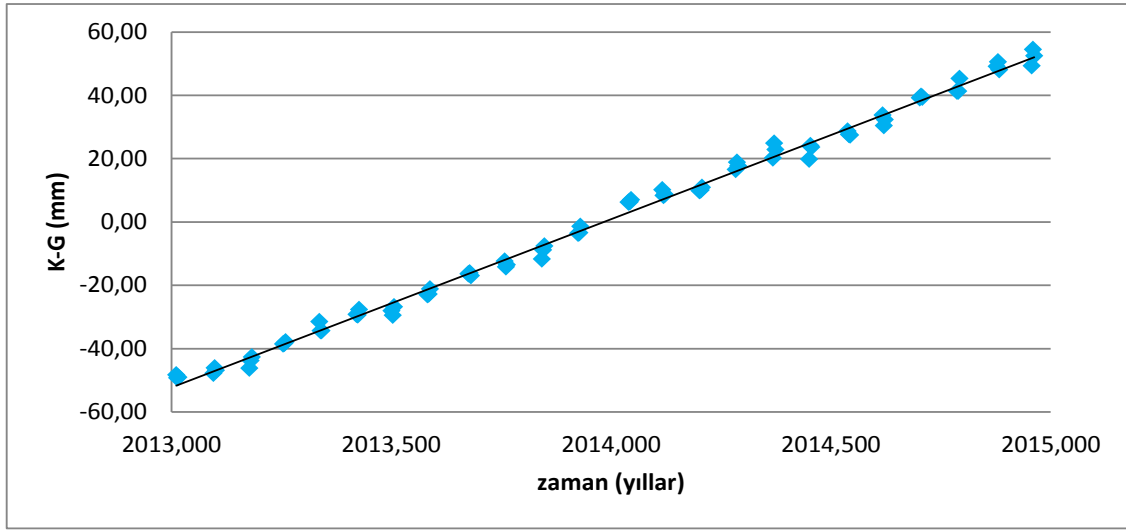
Şekil A.6 CAGS noktası zaman serisi grafiği

CKIS noktasının zaman serisi grafiği



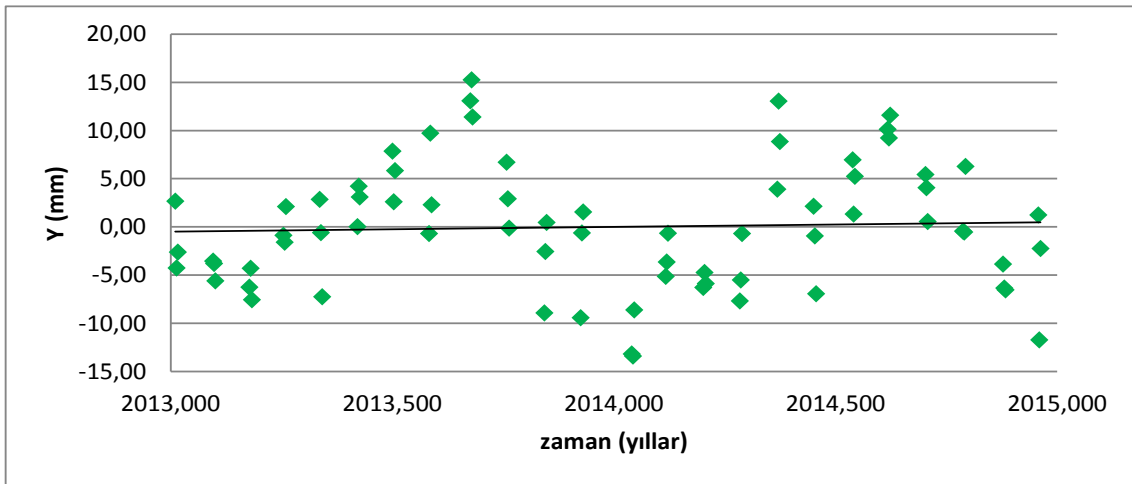
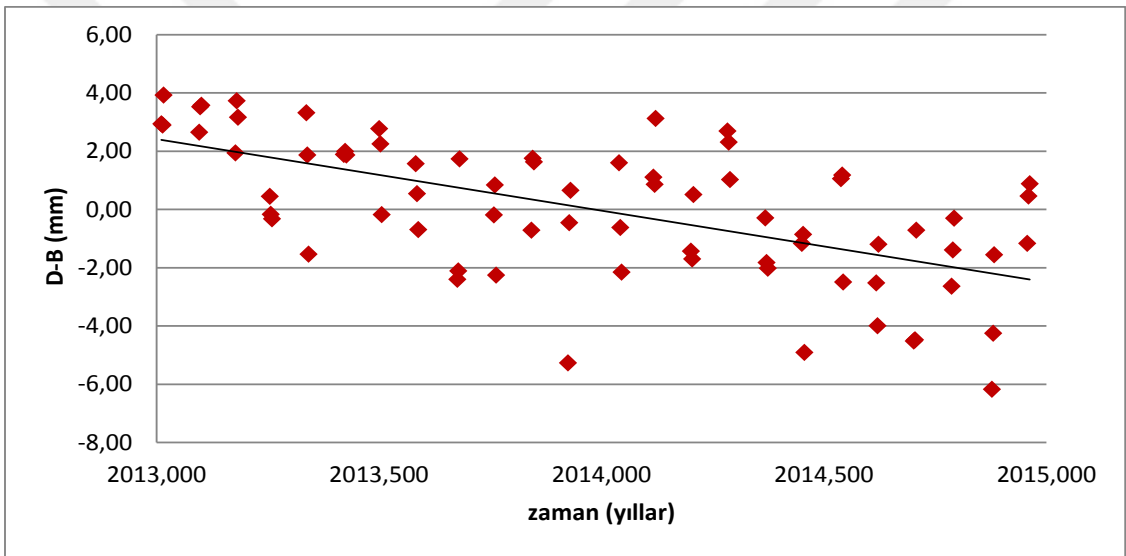
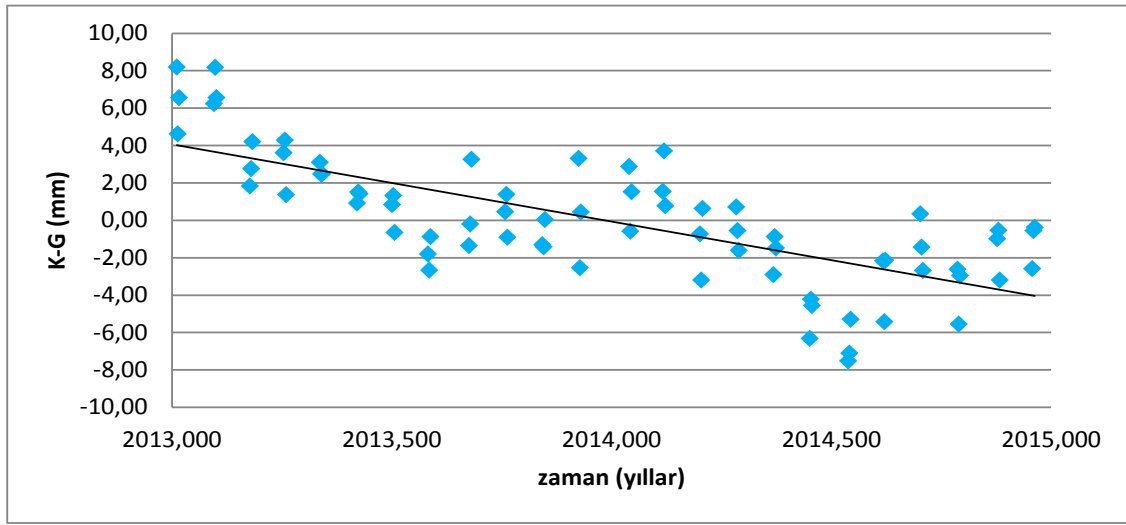
Şekil A.7 CKIS noktası zaman serisi grafiği

COCO noktasının zaman serisi grafiği



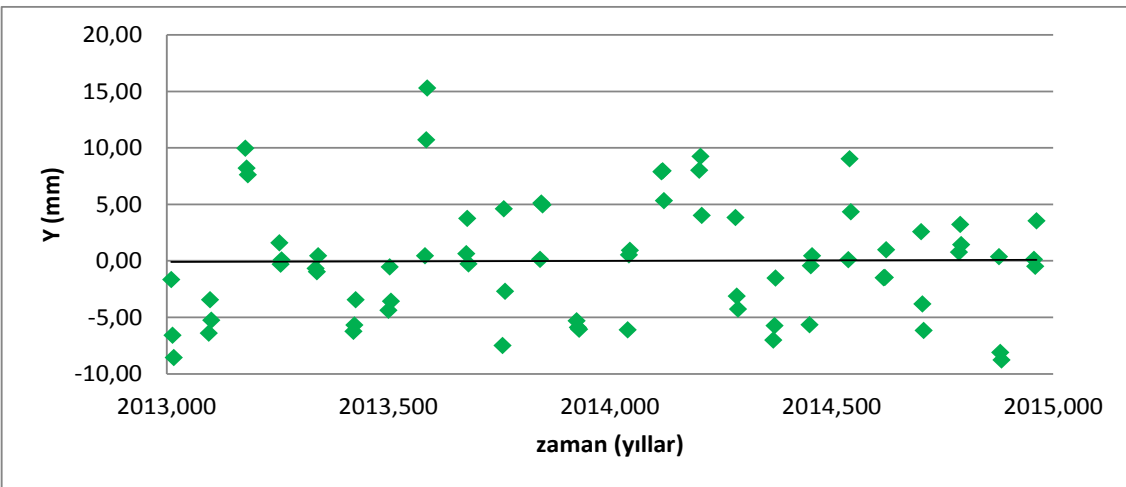
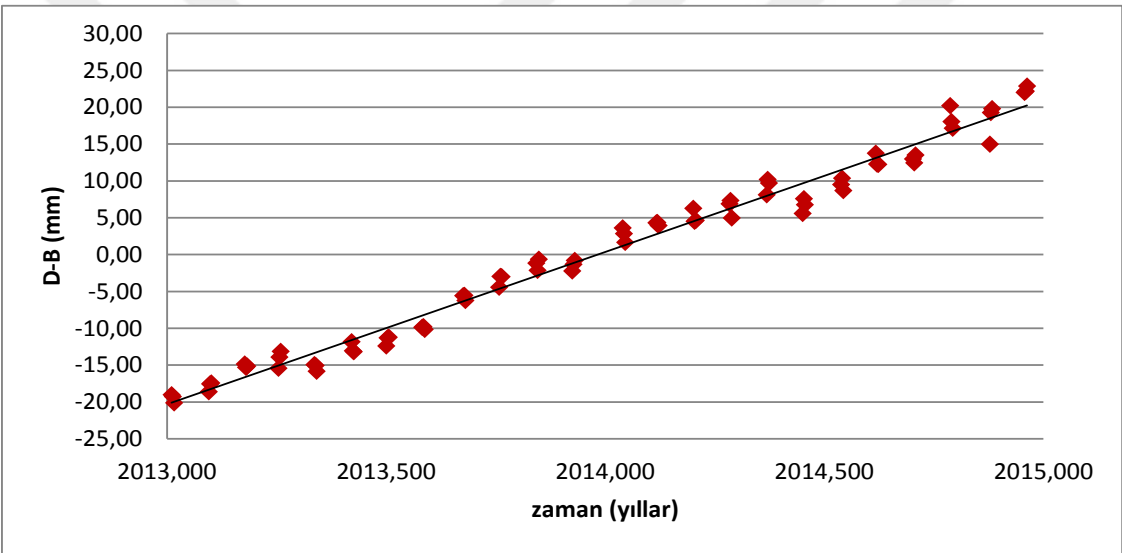
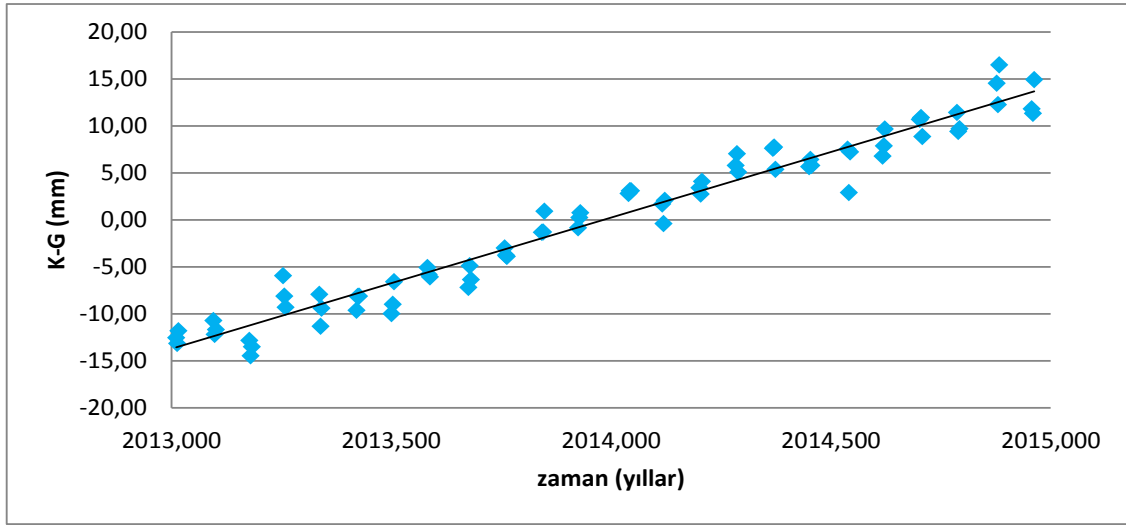
Şekil A.8 COCO noktası zaman serisi grafiği

DAV1 noktasının zaman serisi grafiği



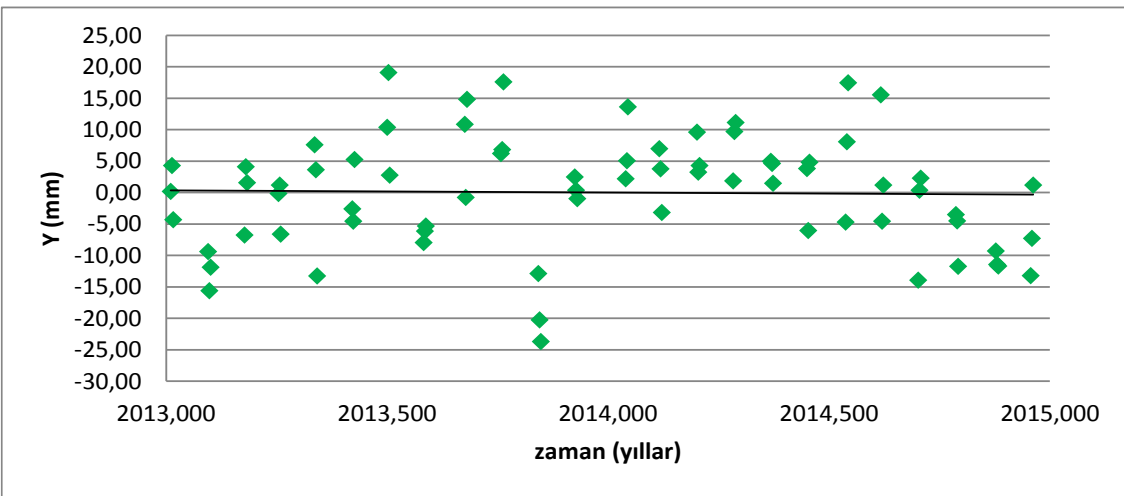
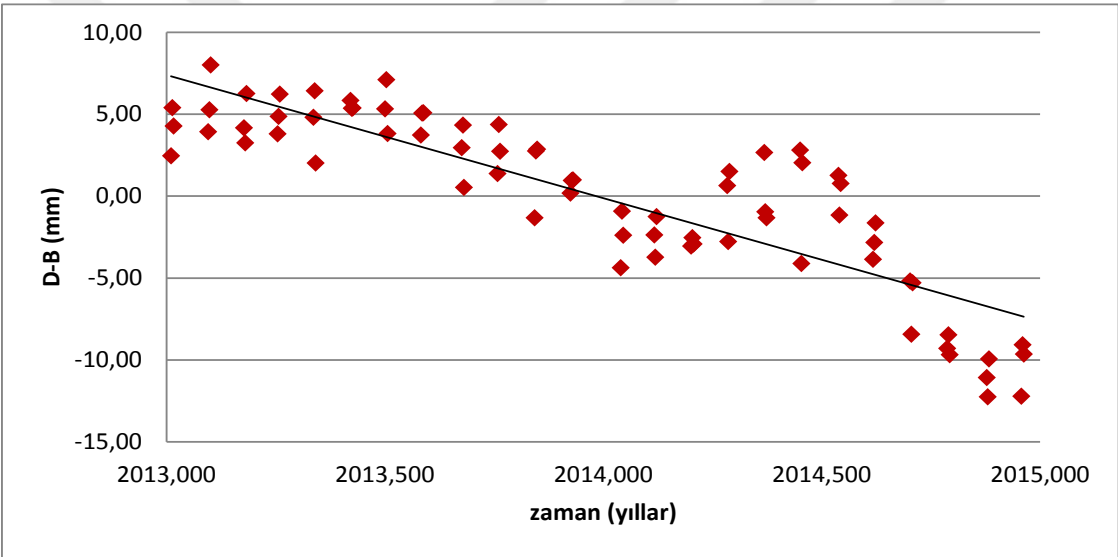
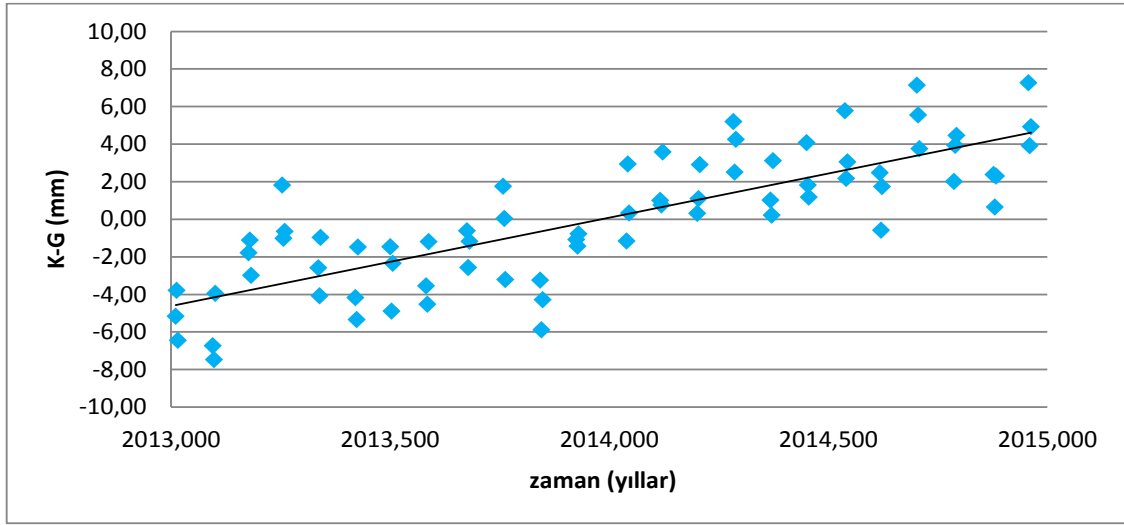
Şekil A.9 DAV1 noktası zaman serisi grafiği

GOPE noktasının zaman serisi grafiği



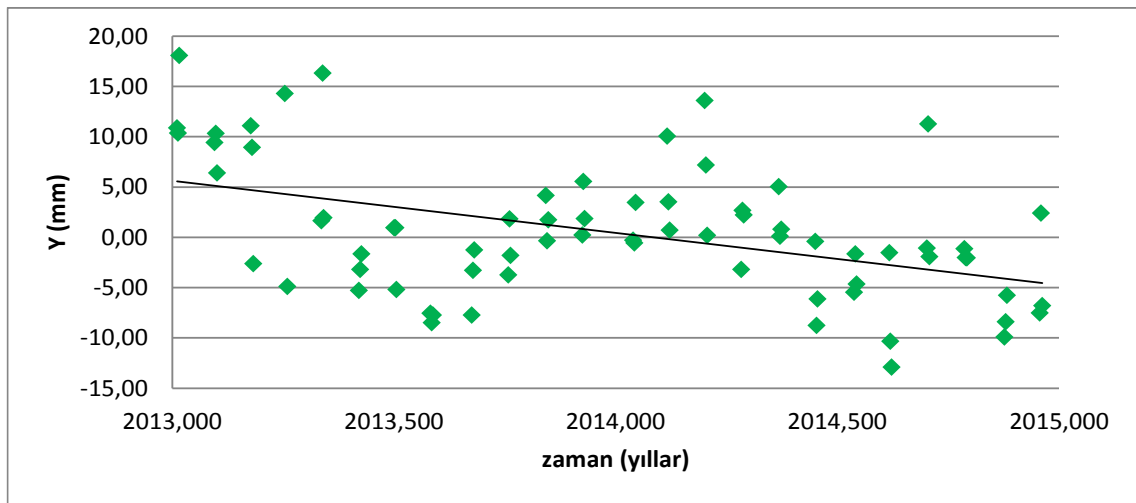
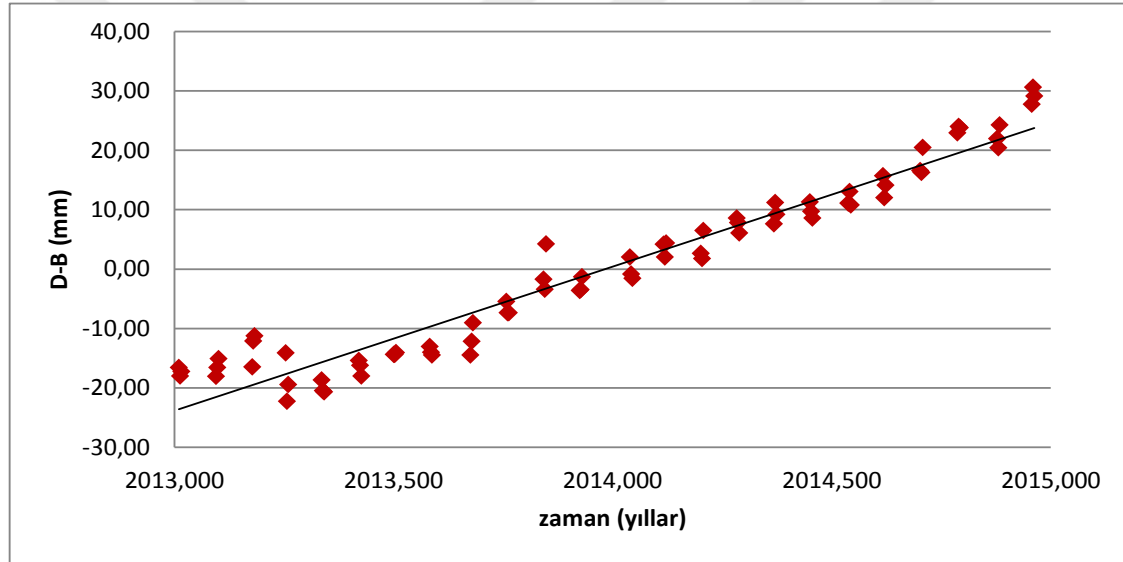
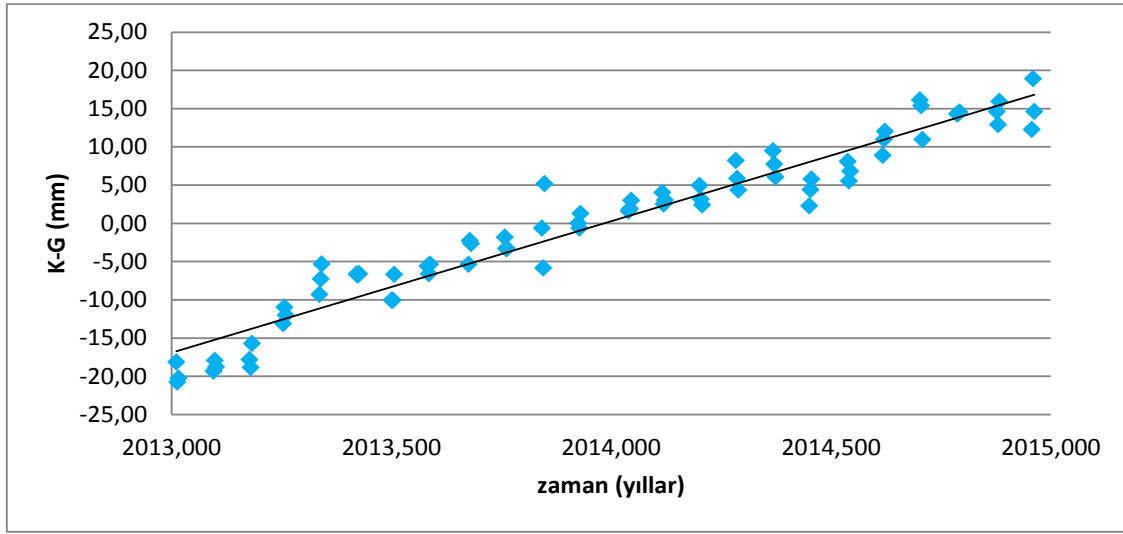
Şekil A.10 GOPE noktası zaman serisi grafiği

GUAM noktasının zaman serisi grafiği



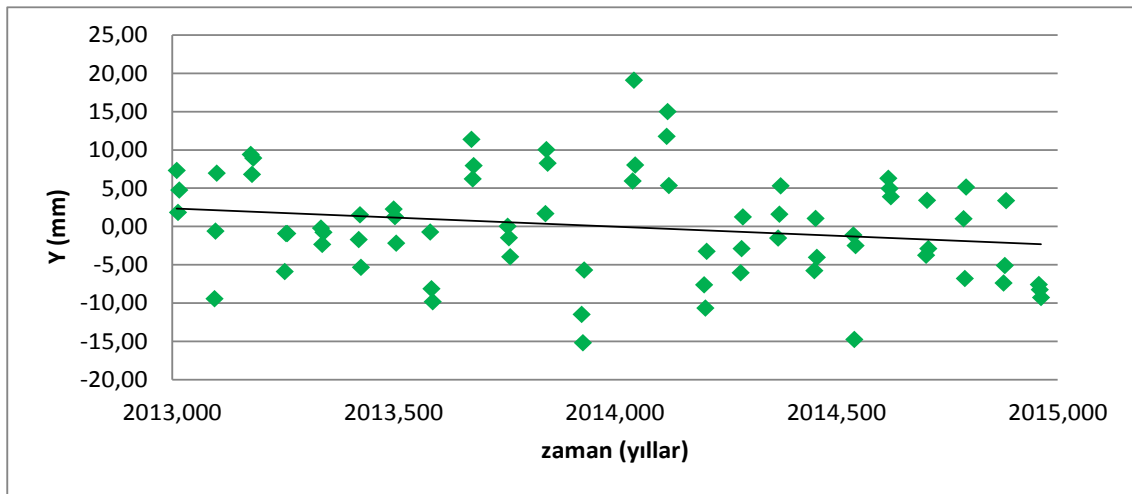
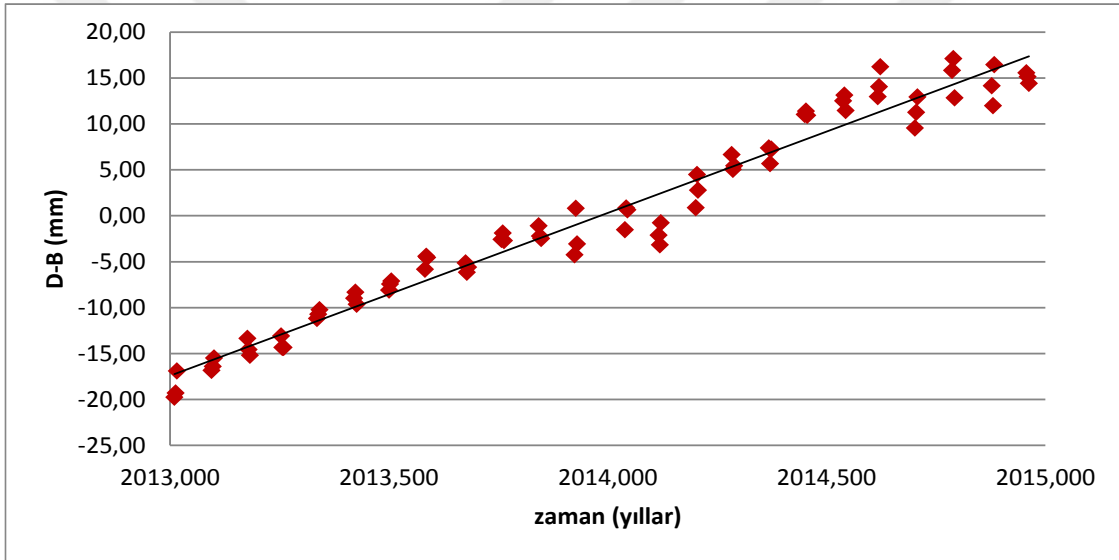
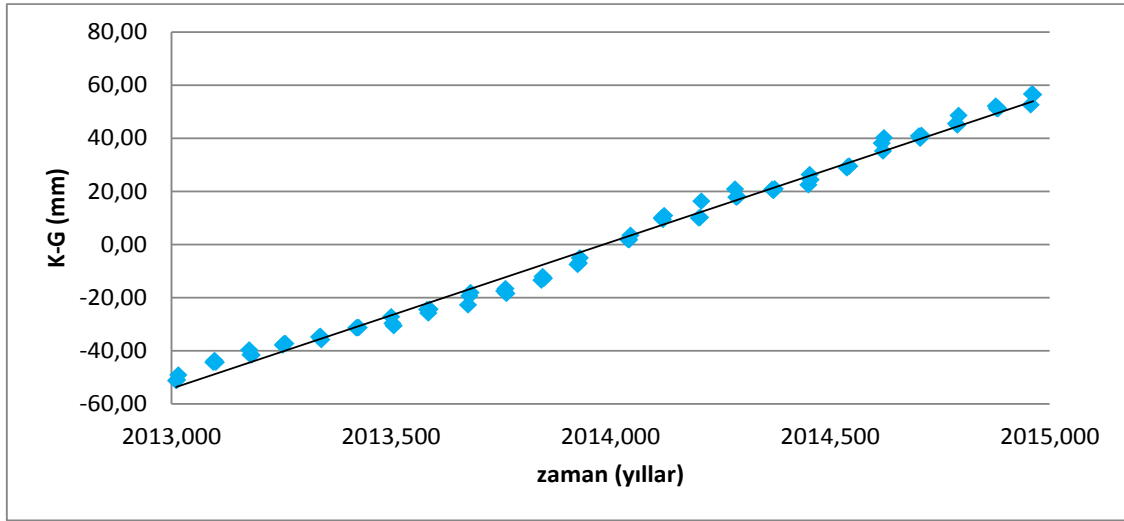
Şekil A.11 GUAM noktası zaman serisi grafiği

MAL2 noktasının zaman serisi grafiği



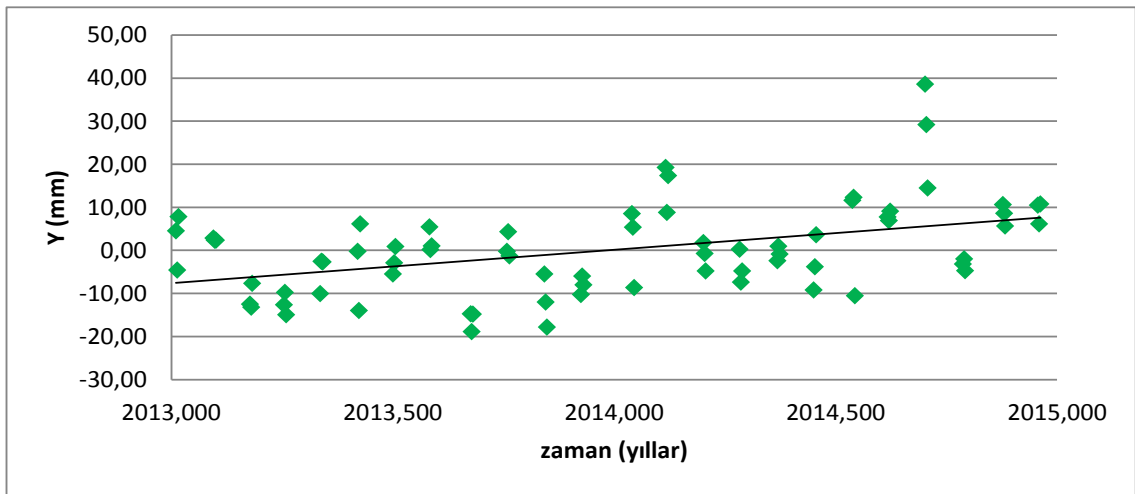
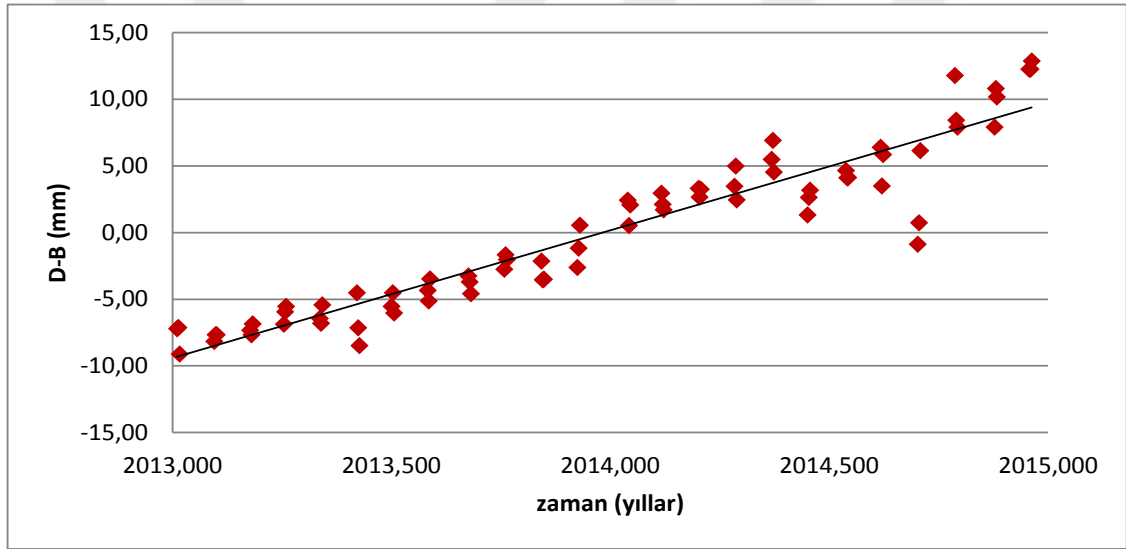
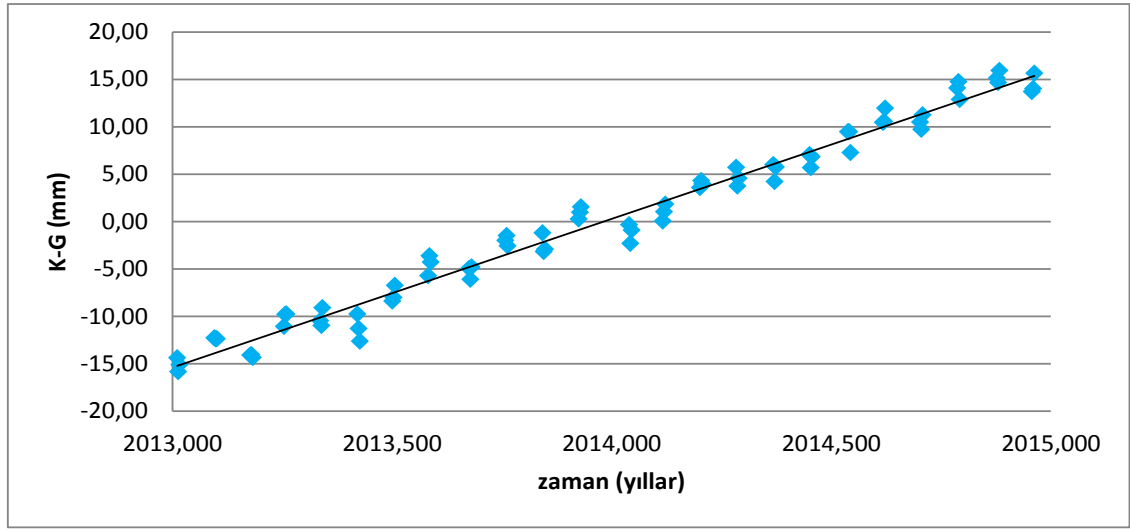
Şekil A.12 MAL2 noktası zaman serisi grafiği

MOBS noktasının zaman serisi grafiği



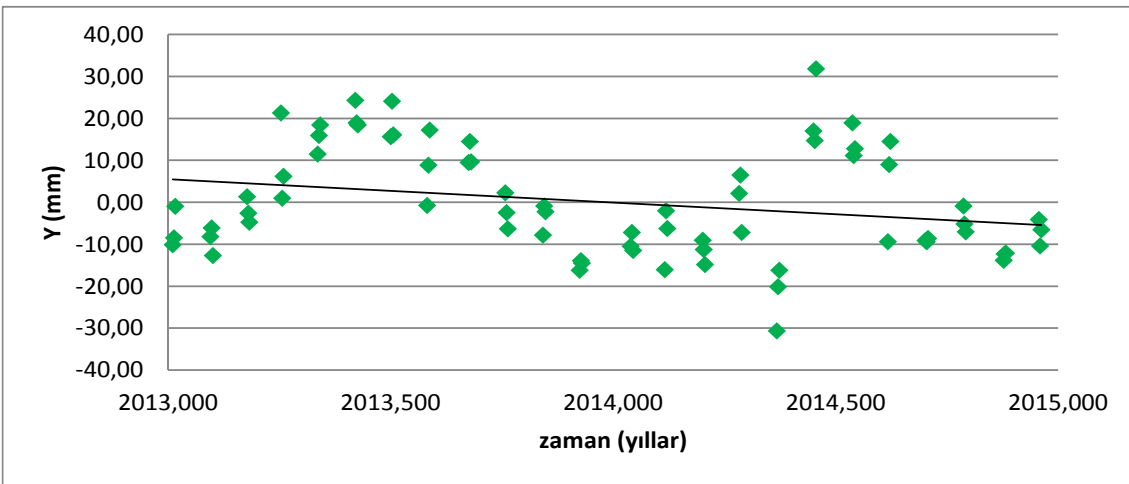
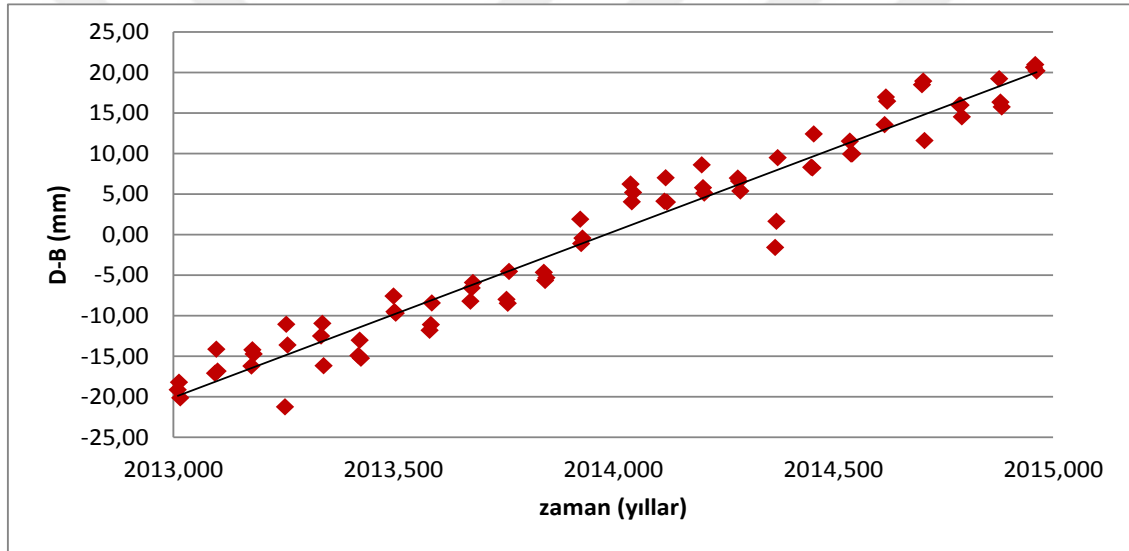
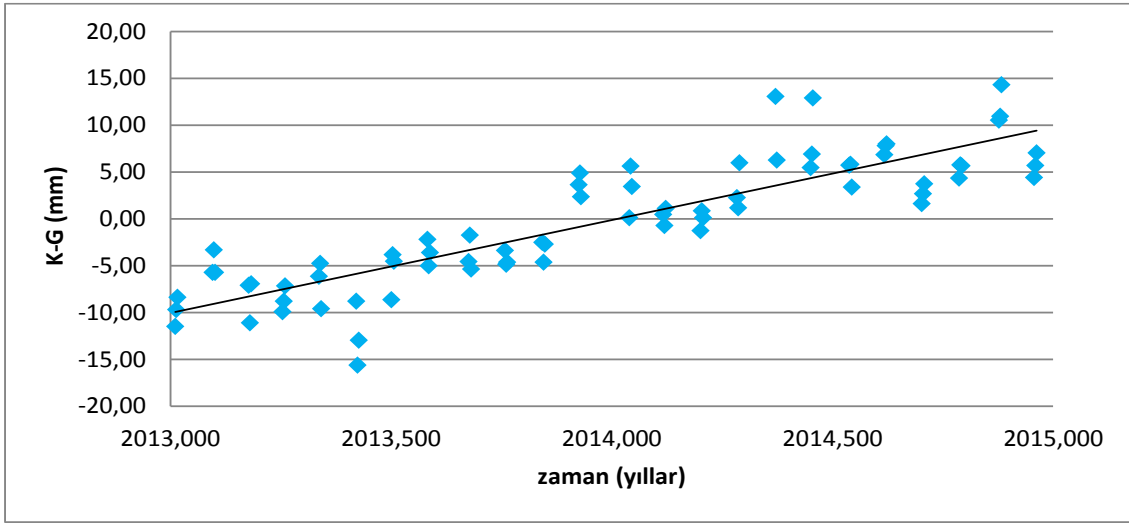
Şekil A.13 MOBS noktası zaman serisi grafiği

NYA1 noktasının zaman serisi grafiği



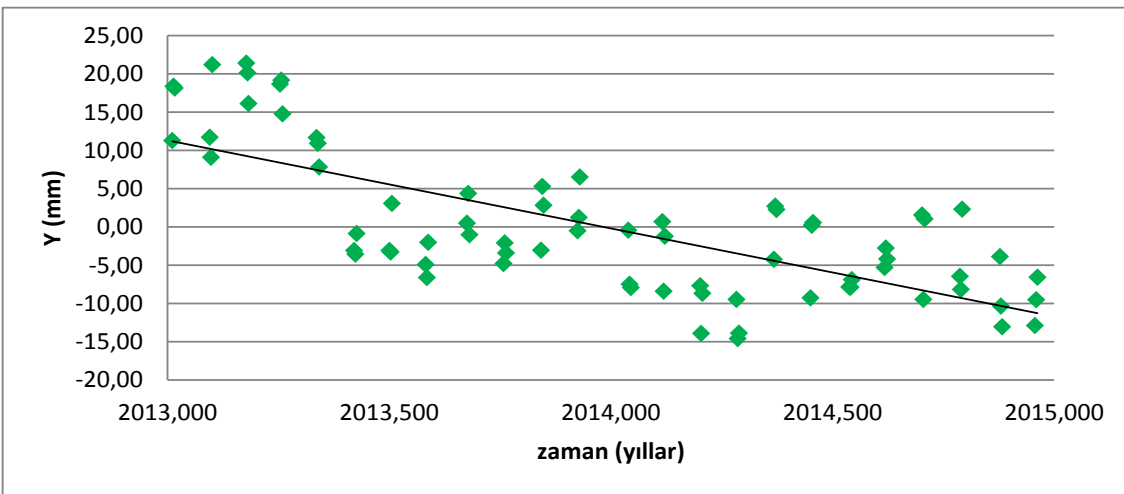
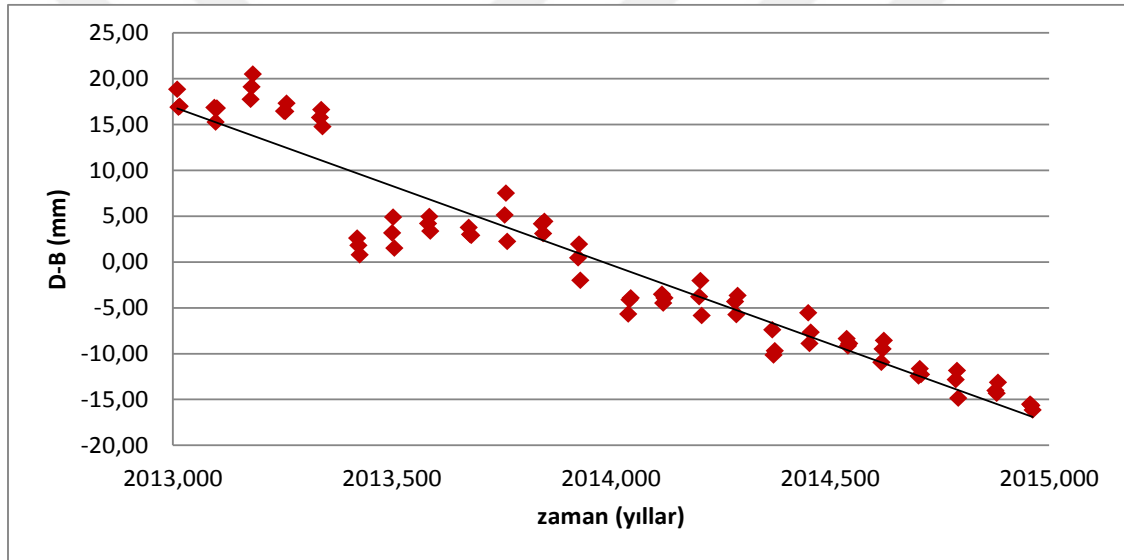
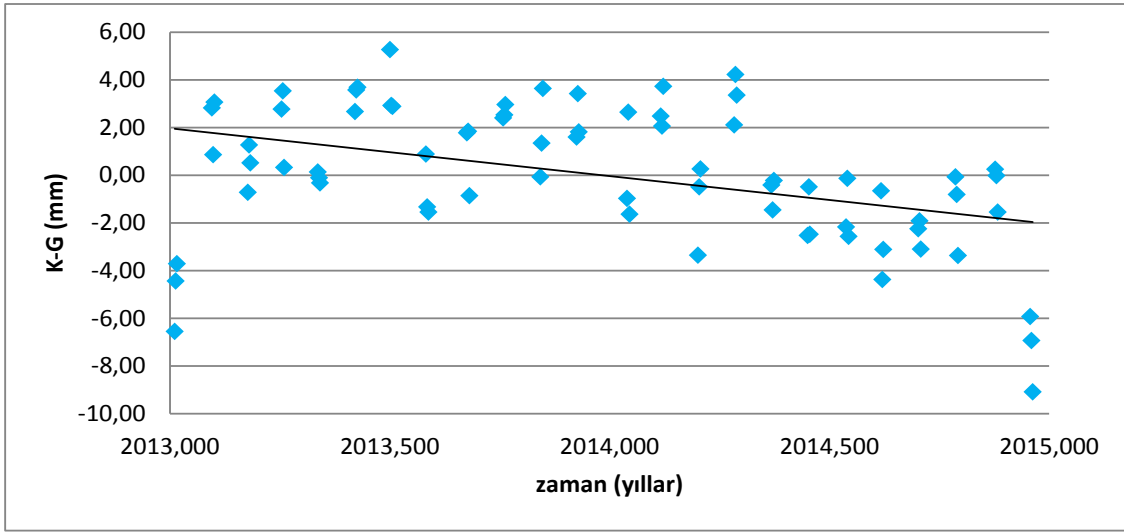
Şekil A.14 NYA1 noktası zaman serisi grafiği

OHI3 noktasının zaman serisi grafiği



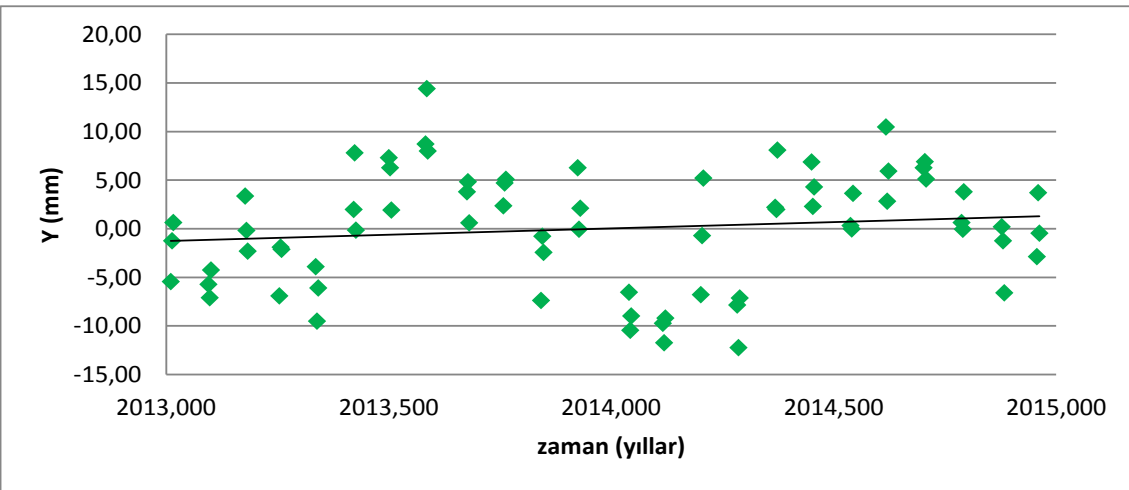
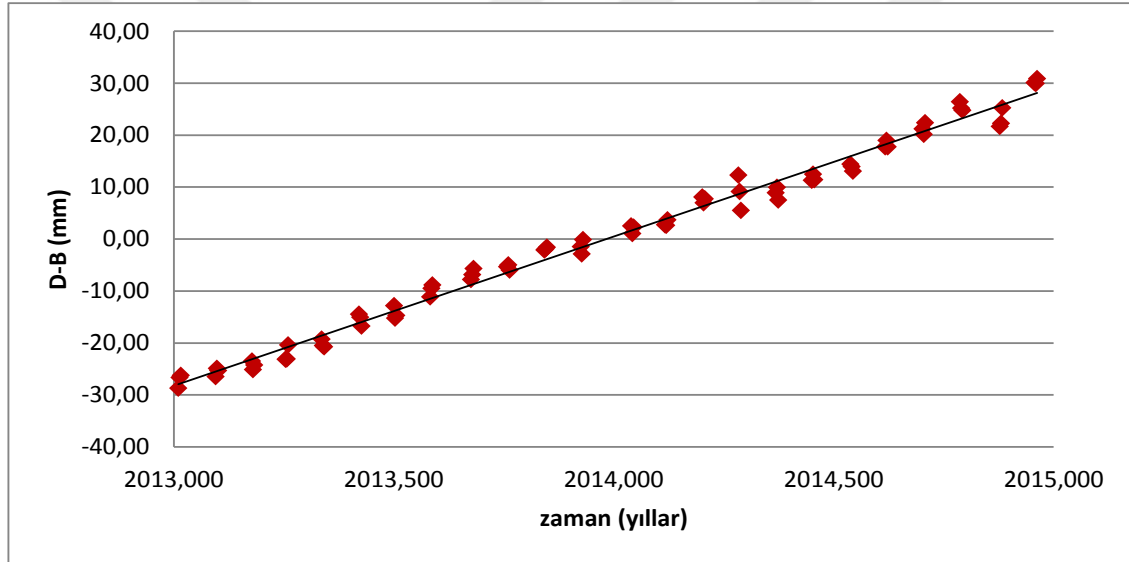
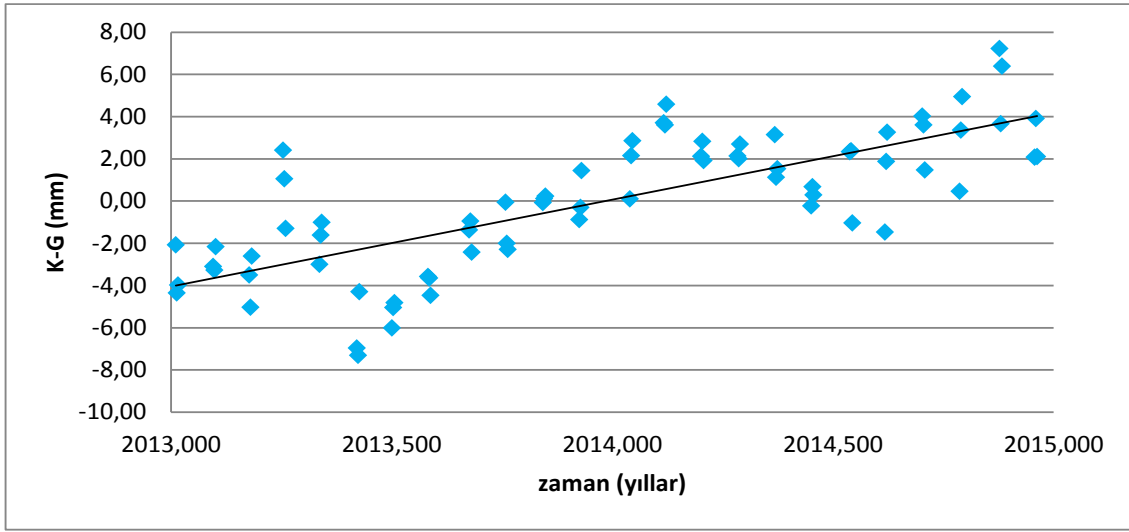
Şekil A.15 OHI3 noktası zaman serisi grafiği

PETS noktasının zaman serisi grafiği



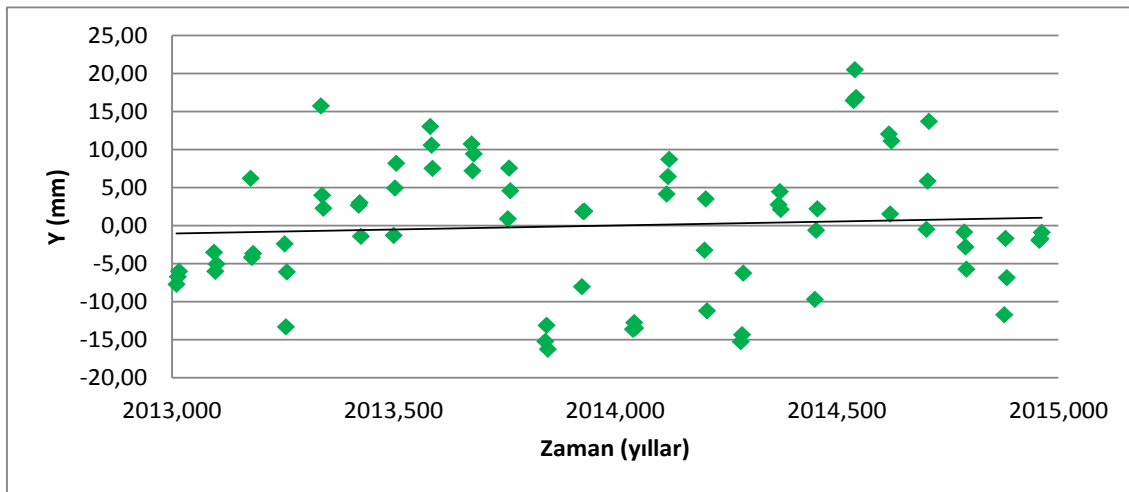
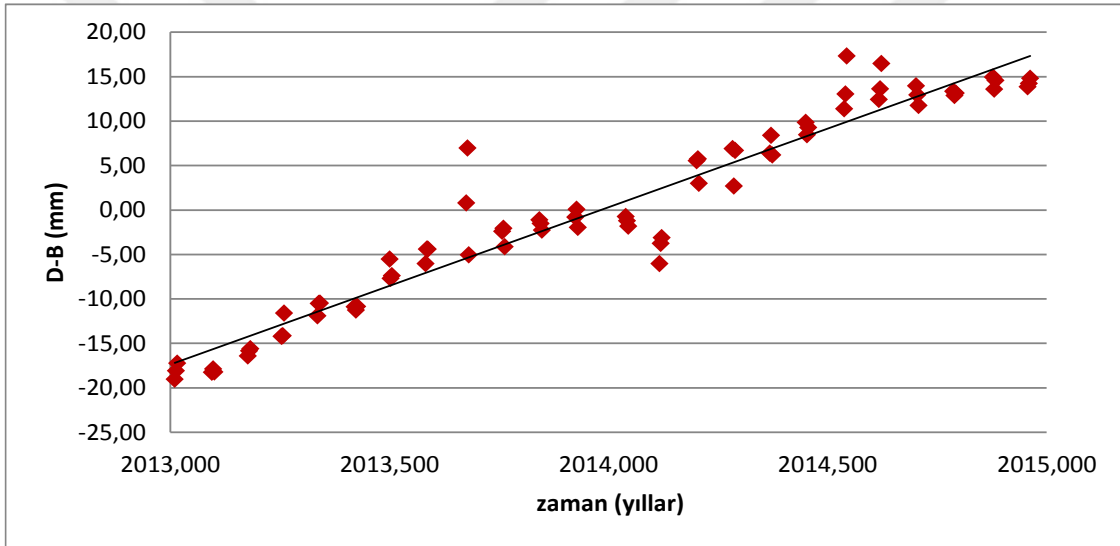
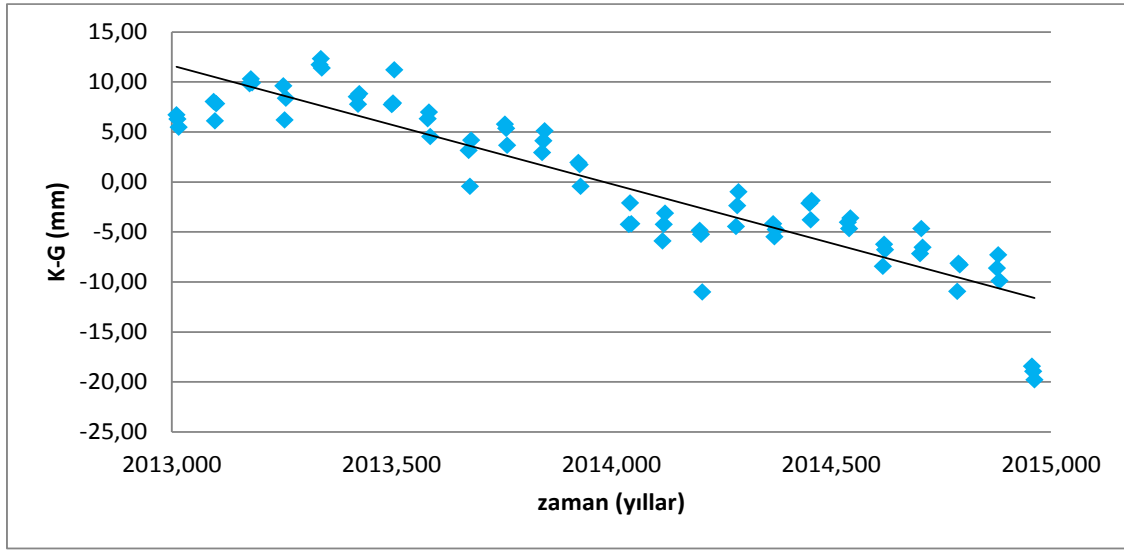
Şekil A.16 PETS noktası zaman serisi grafiği

POL2 noktasının zaman serisi grafiği



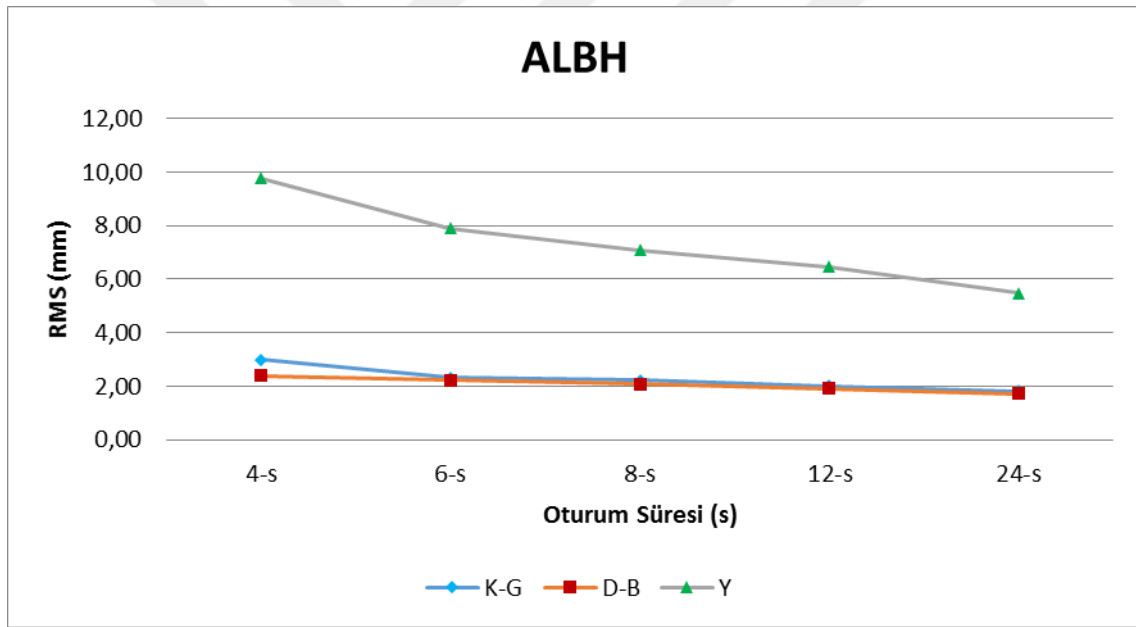
Şekil A.17 POL2 noktası zaman serisi grafiği

TIXI noktasının zaman serisi grafiği

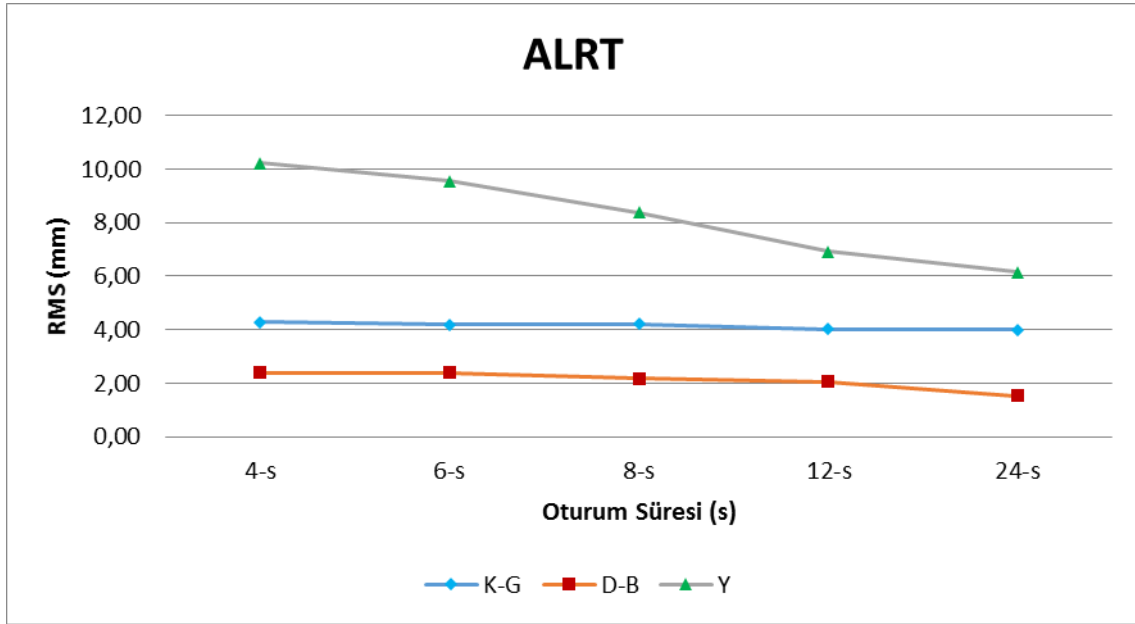


Şekil A.18 TIXI noktası zaman serisi

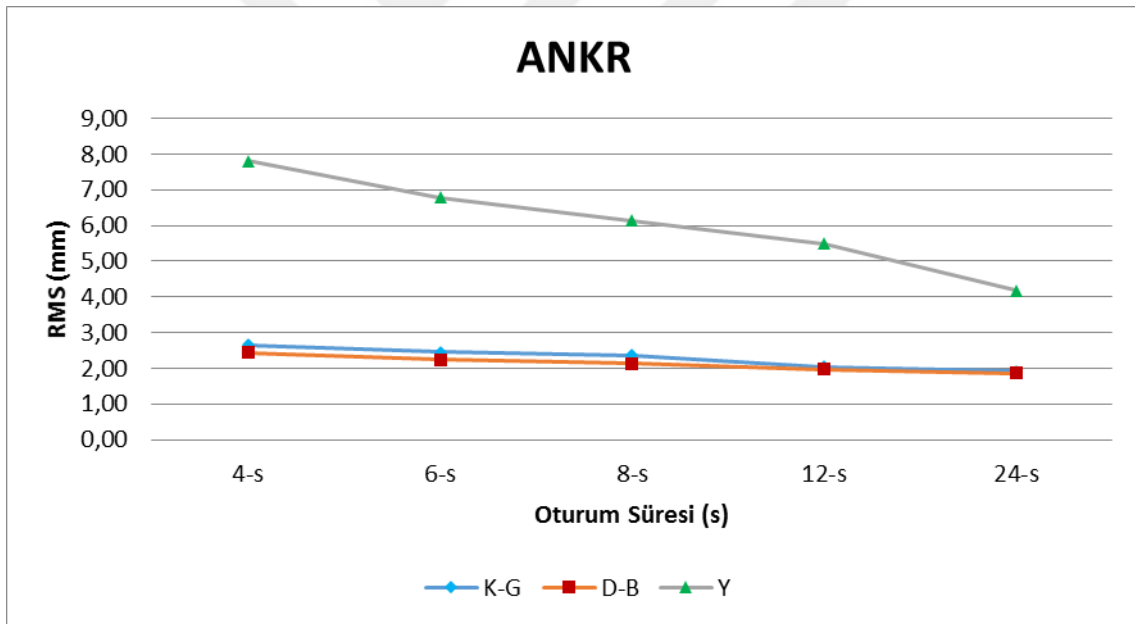
OTURUM SÜRESİNE BAĞLI OLARAK ELDE EDİLEN KOORDİNAT BİLEŞENLERİ
RMS DEĞERLERİ



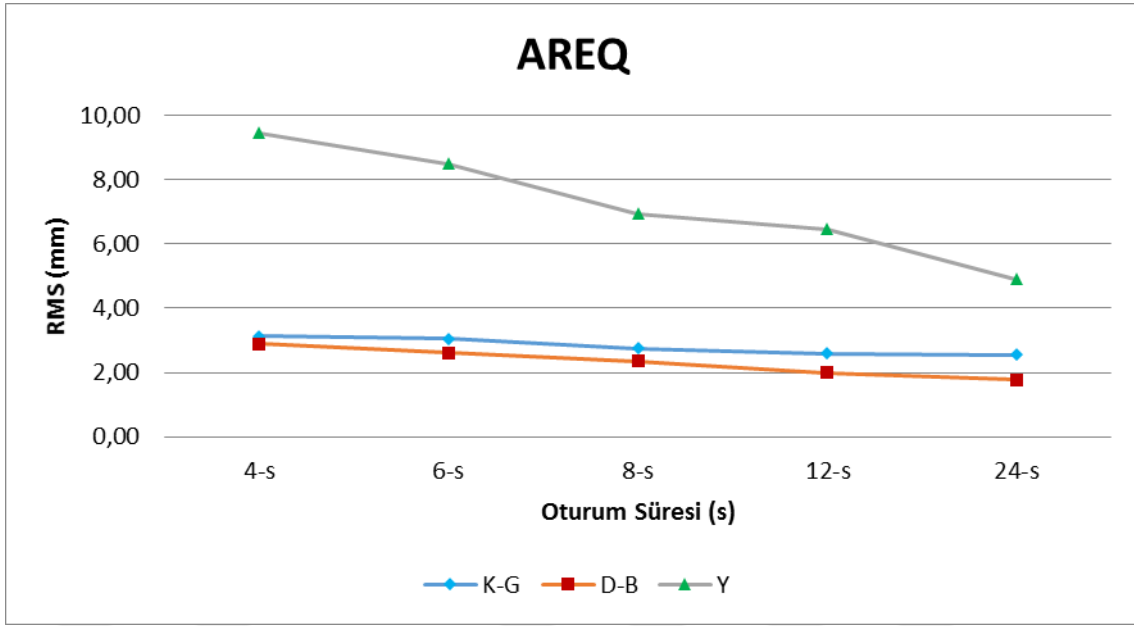
Şekil B.1 ALBH noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



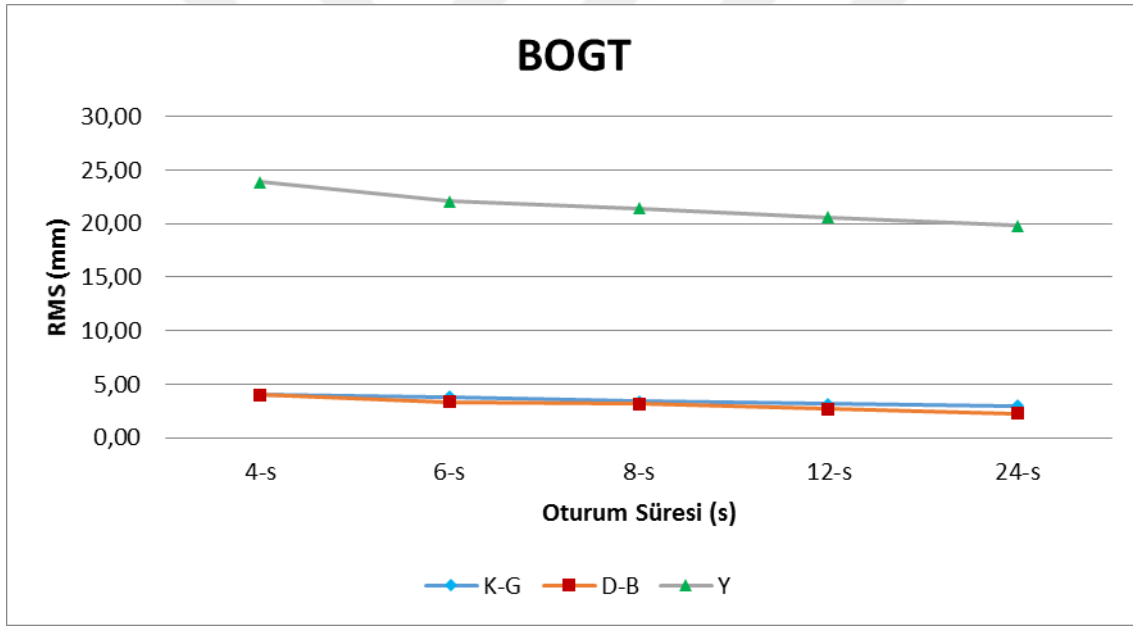
Şekil B.2 ALRT noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



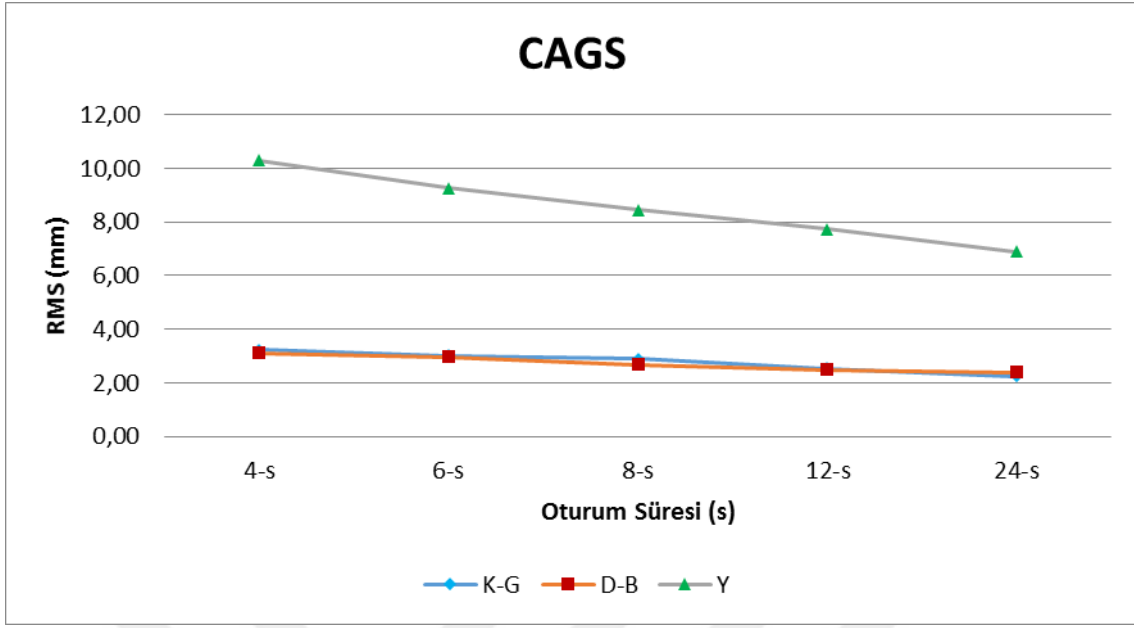
Şekil B.3 ANKR noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



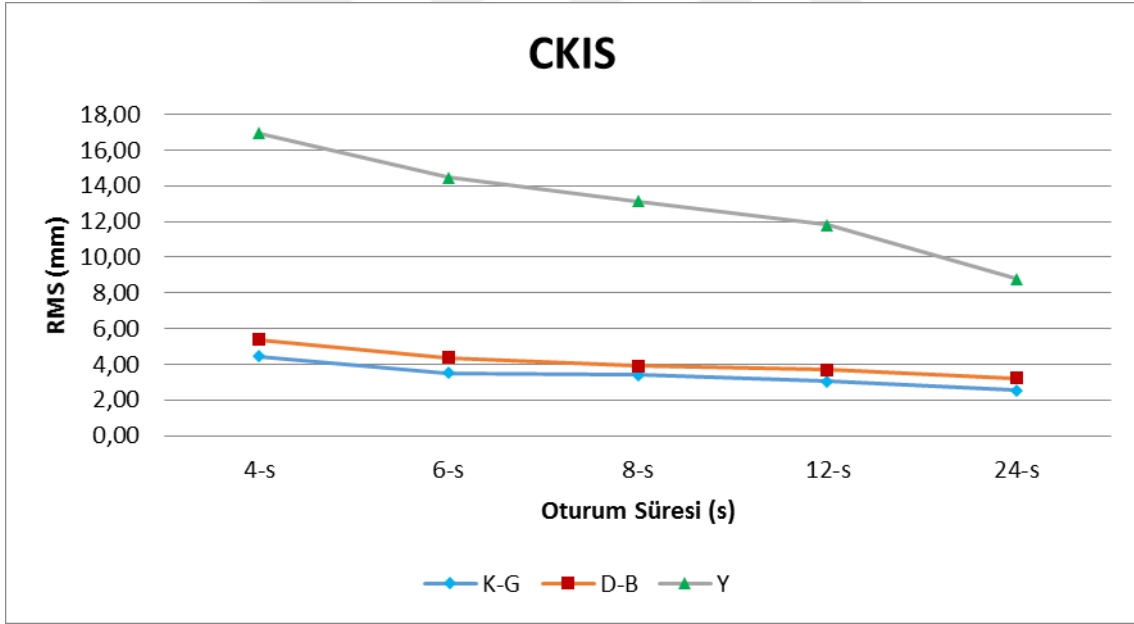
Şekil B.4 AREQ noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



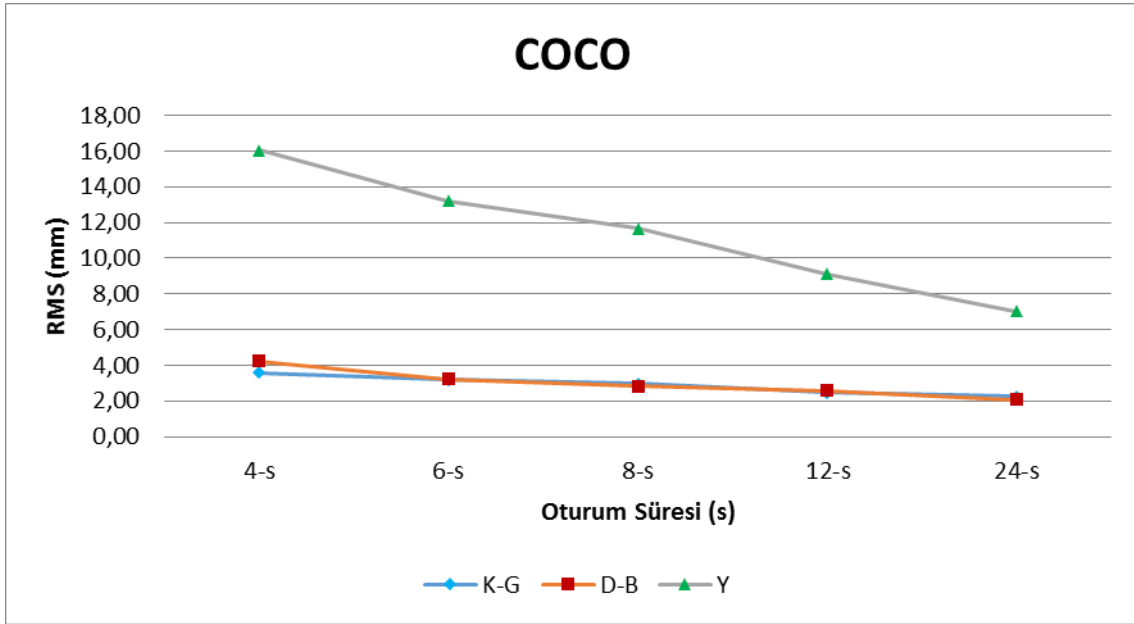
Şekil B.5 BOGT noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



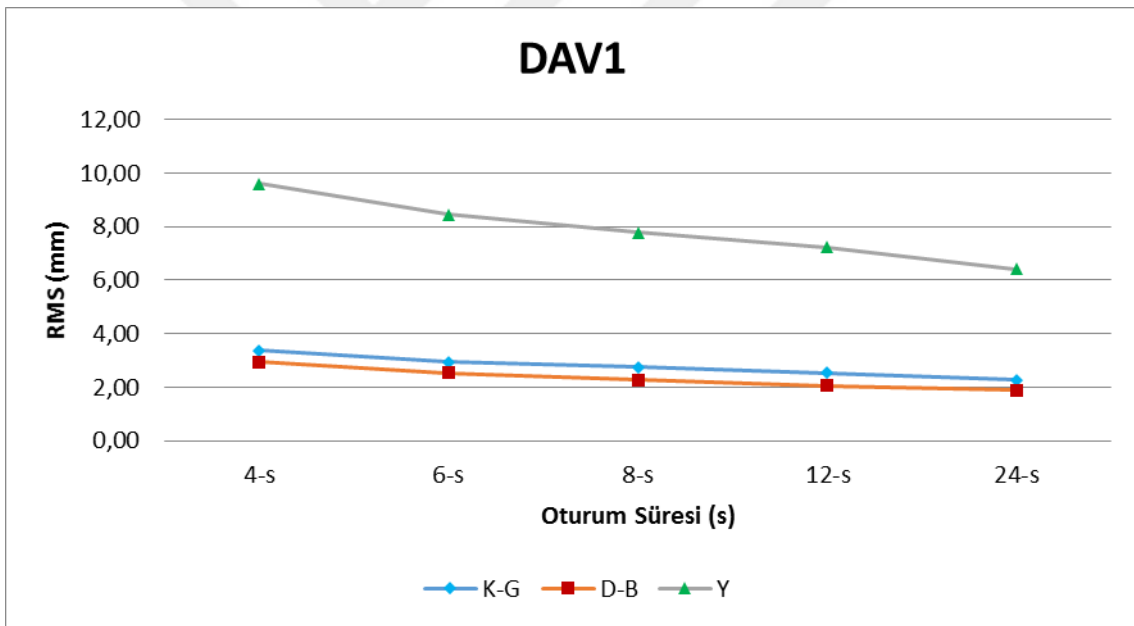
Şekil B.6 CAGS noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



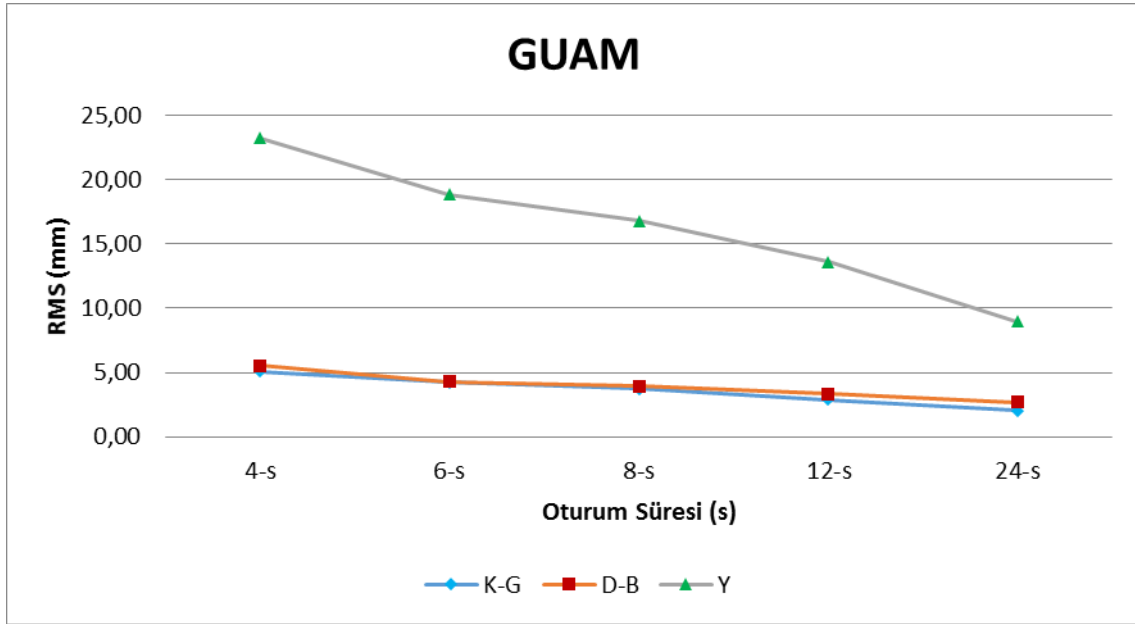
Şekil B.7 CKIS noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



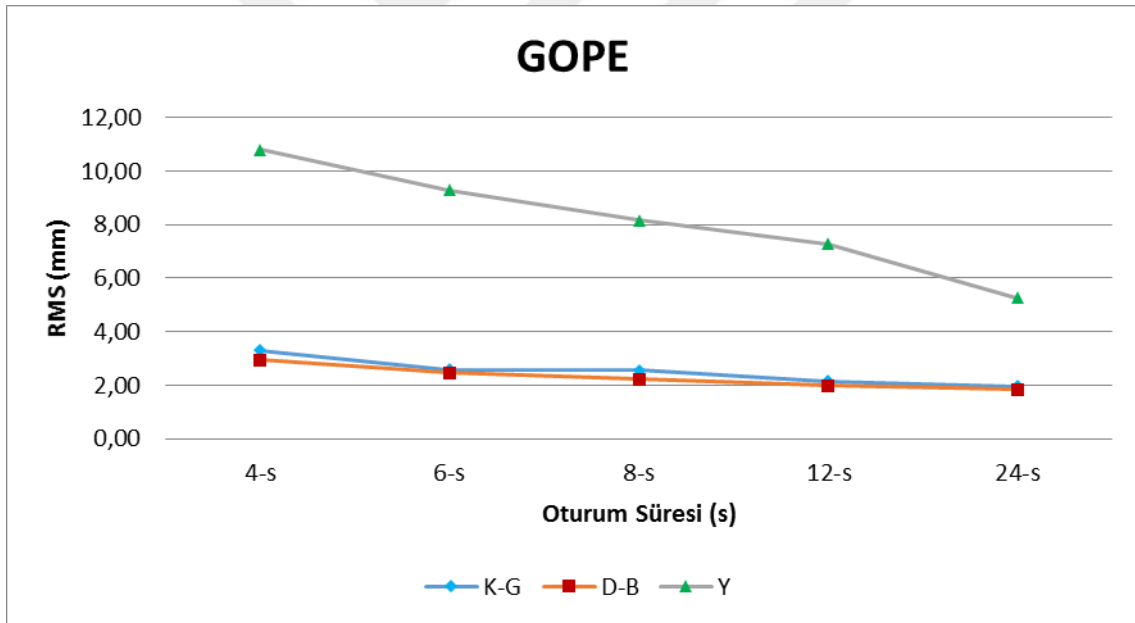
Şekil B.8 COCO noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



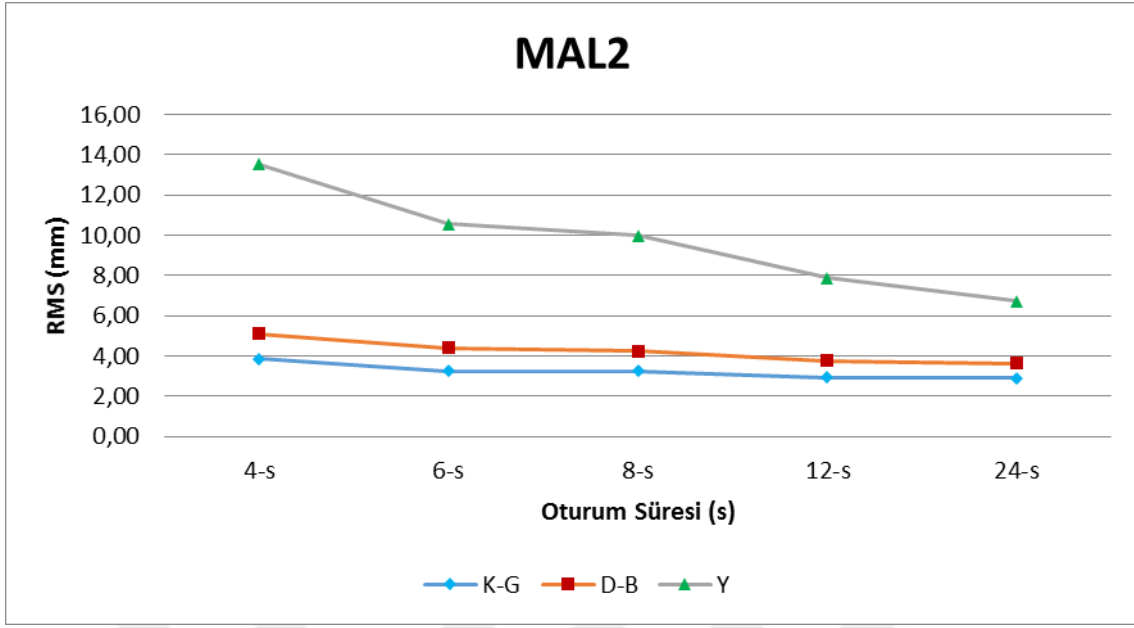
Şekil B.9 DAV1 noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



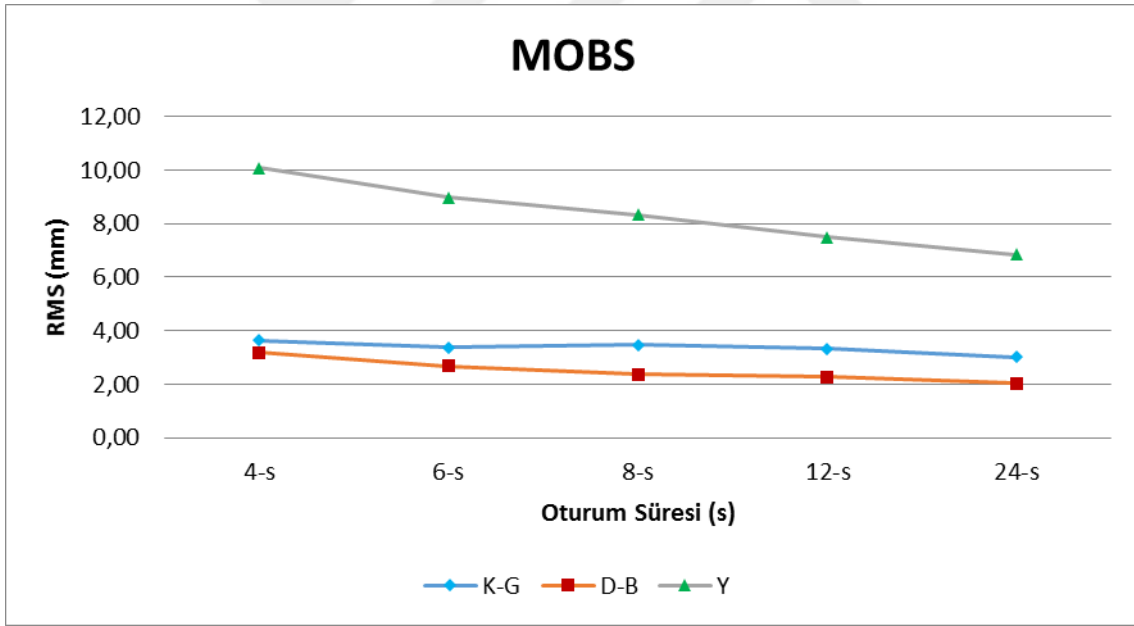
Şekil B.10 GUAM noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



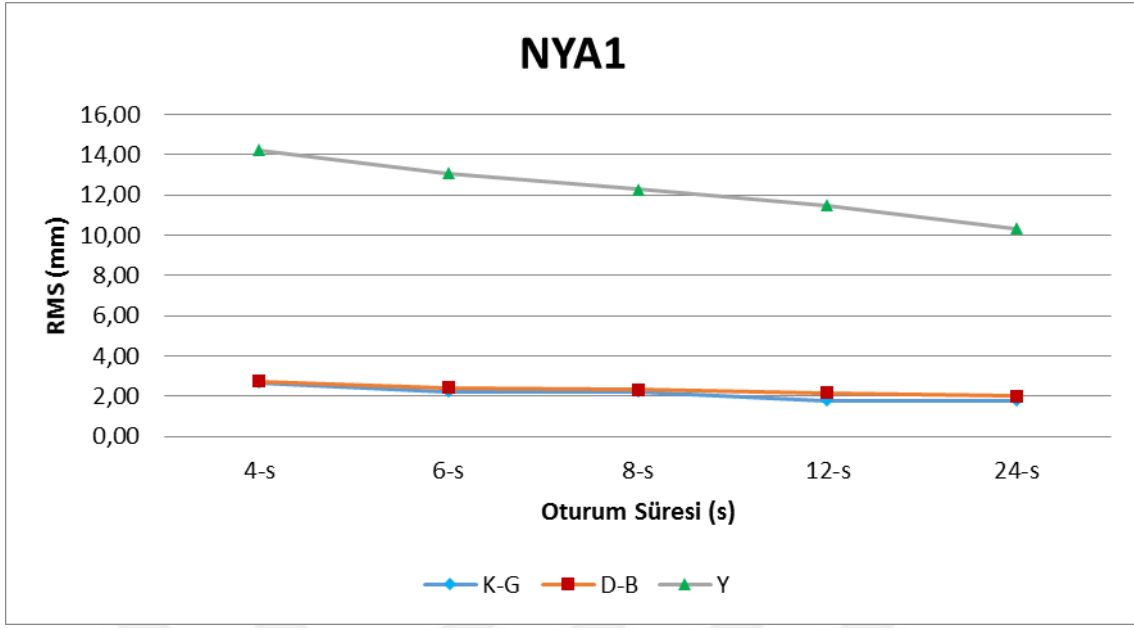
Şekil B.11 GOPE noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



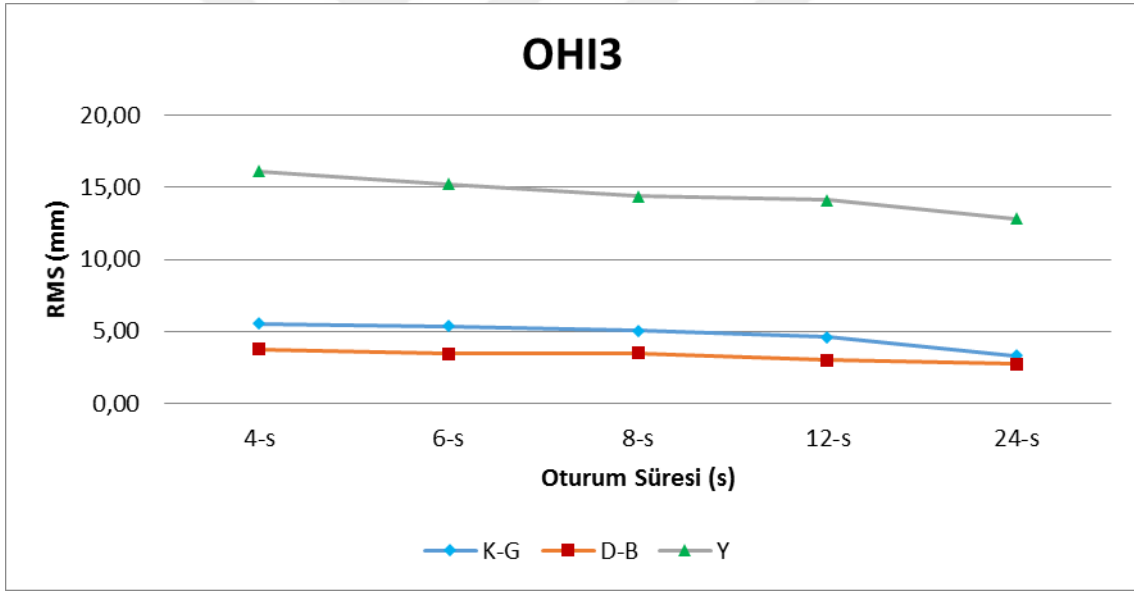
Şekil B.12 MAL2 noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



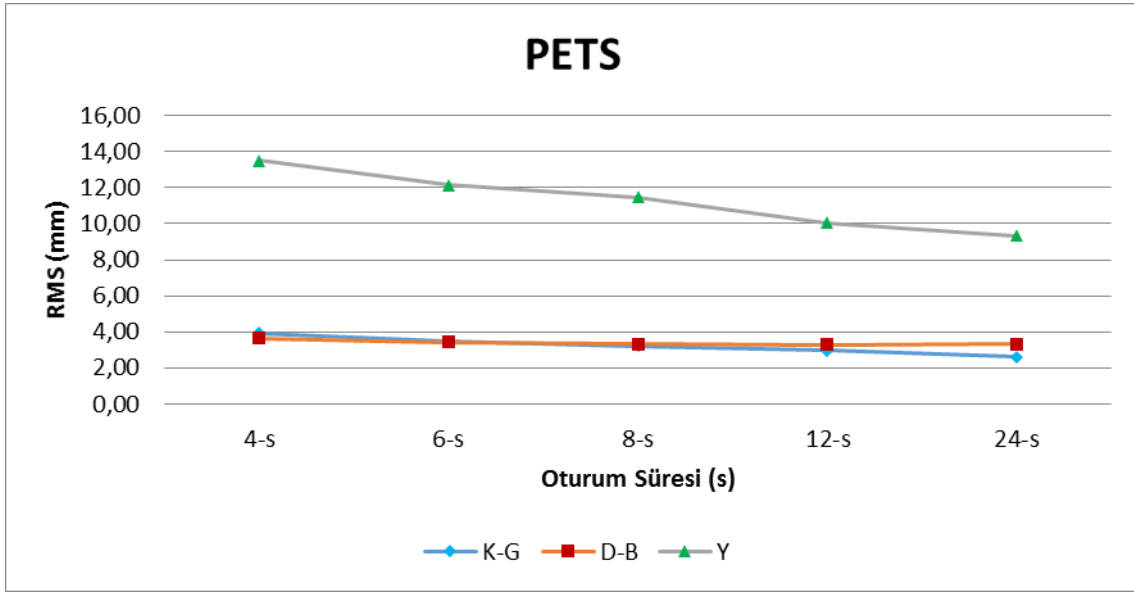
Şekil B.13 MOBS noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



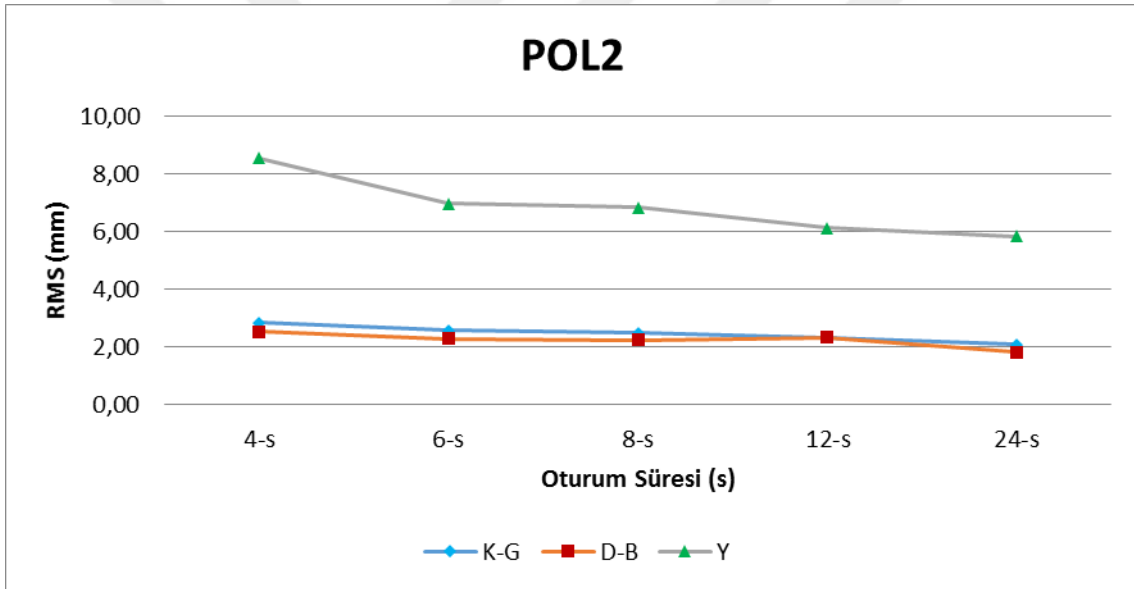
Şekil B.14 NYA1 noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



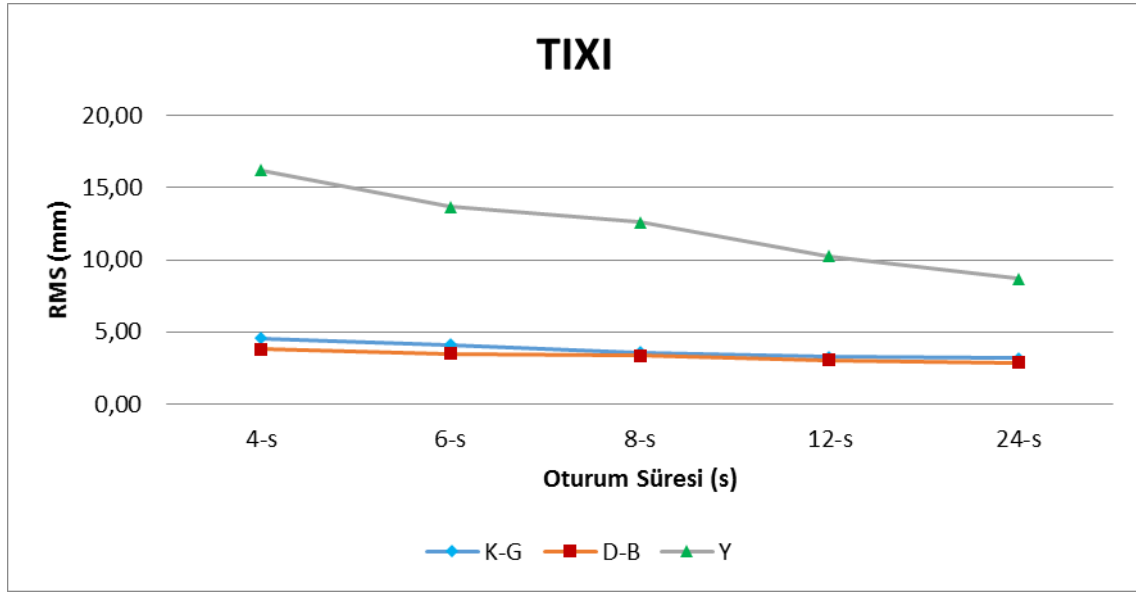
Şekil B.15 OHI3 noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



Şekil B.16 PETS noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



Şekil B.17 POL2 noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri



Şekil B.18 TIXI noktası koordinat bileşenleri RMS değerleri

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Aziz SARAÇOĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri : 22.07.1988 Kahta
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : azizs@yildiz.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Geomatik Programı	Yıldız Teknik Üniversitesi	Halen
Lisans	Harita Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2013
Lise	Fen-Matematik	Mustafa Ayten Aydın Lisesi	2009

YAYINLARI

Bildiri

1. Saracoglu, A. ve Sanli D.U., (2016). “Seasonal Effects on GPS PPP Accuracy” , European Geosciences Union General Assembly 2016, 17-22 April 2016, Vienna, Austria.

