

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖZLEM SÜRESİNİN GPS NOKTASI HIZLARININ BELİRLENMESİNE
OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

Veli AKARSU

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

MAYIS 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÖZLEM SÜRESİNİN GPS NOKTASI HIZLARININ BELİRLENMESİNE
OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

**Veli AKARSU
(501922027)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ersoy ARSLAN

MAYIS 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501922027 numaralı Doktora Öğrencisi **Veli AKARSU**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“GÖZLEM SÜRESİNİN GPS NOKTASI HIZLARININ BELİRLENMESİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILIMASI”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Ersoy ARSLAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi



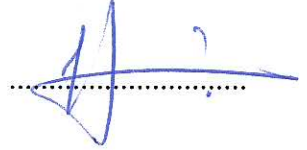
Eş Danışman : **Doç. Dr. Doğan Uğur ŞANLI**
Yıldız Teknik Üniversitesi



Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Rasim DENİZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi



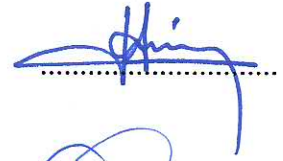
Prof. Dr. Şerif HEKİMOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi



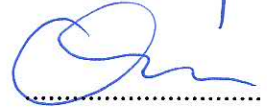
Doç. Dr. Hakan DENLİ
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Halil ERKAYA
Yıldız Teknik Üniversitesi



Doç. Dr. Orhan AKYILMAZ
İstanbul Teknik Üniversitesi



Teslim Tarihi : **30 Aralık 2011**
Savunma Tarihi : **16 Mayıs 2012**

Babam'a, Annem'e, Gülcan'a ve Haypatya'ya,

ÖNSÖZ

Genel anlamda bilim, gerçekliğe ilişkin sistematik ve dogmatik olmayan bir şekilde bilgi üretilmesi demektir. Bilim, olguları, açıklamaya çalışan, bir yanıyla eylemsel (olgulara yönelik), öbür yanıyla zihinsel (tanımlayıcı) bir etkinliktir. Bilim, olgular hakkında hipotezler geliştirip bu hipotezleri doğrulamaya çalıştığı belirtilir ki; bilimin bu tarzına bilimsel yöntem denir. Başka bir deyişle, bilim, bilimsel yönteme başvurarak açıklamalar, yani nedenli tanımlamalar yapma etkinliğidir (Özlem, 2010). Bilimde (bilimlerde, bilimsel nitelikli etkinliklerde), olaylara karşı ilgi, olgusalılık, mantıklılık, sistemlilik, objektiflik, eleştiri, ölçme, sınama ve kendi kendini düzeltebilme, yanlışlayabilme, devamlılık, seçme, denetim ve genellik mevcuttur. Bunlar bilimin özellikleri olmaları yanı sıra bilimsel araştırmaların da ilkeleridir (Şahin, 2006). Başka bir ifadeyle bilimin ödevi, doğadaki olgular (fenomenler) arasındaki niceliksel ilişkileri matematiğe dayanarak kurmaktır. Çünkü doğanın dili matematik ile yazılmıştır. Matematik kullanılmadan bilimsel çalışma yapılamaz. Bilimde bilginin gerçeklikle ilişkisi, bilginin doğruluğunun ölçütü olan nesnel gerçeklikle test edilmesidir. Matematiğin her modeli, her yapısı, beklenebilir veya beklenmedik bir şekilde, nesnel gerçekliğin bazı yönlerinin modellenmesi için kullanılabilir. Ölçme doğaya sormaktır. Model ise doğanın hakemliğine başvurmaktır. Bu test, doğa bilimlerinde (jeodezi’de) ölçme (deney) ve gözlemlerin aklın değerlendirilmesiyle gerçekleştirilir. Gözlem, deney ve akıl, bilimin bu üç primer ensturmanı, epeyce iç içe geçmiş durumdadır. Aklın içinde deney var, deneyin içinde gözlem var, gözlemin içinde akıl var... (Koçak, 2011). Eğer değerlendirme sonucu elde edilen bulgu, gerçeklik ölçütünü sağlamıyorsa, doğru değildir. Doğrunun tek ölçütü budur. Bilgi birikiminin en önemli bileşeni ise doğruyu yanlıştan ayırt etmektir. Bilgi üretiminin dogmatik olmaması demek ise bilgi üreten kuralın kesin hüküm içermemesi yani değişebilir olması anlamındadır. Bilim, olguların dış görünüşlerinin arkasındaki nedenlerini bir kuram ile ortaya çıkarmayı amaçlar. Kurmak kökünden gelen kuram da, nesnel gerçekliğe ait ilişkilerin uygun kavramlar aracılığıyla zihnimize yeniden kurgulanmasıdır. Şengör, bilimde kuramların rolünü gözlemleri yönlendiren ara araç olmaları şeklinde ifade etmektedir (Kaplan, 2010). Eğer bir kuram sağlam bilimsel temellere dayanıyor ise mevcut gözlenen olayları açıklaması yanında, yeni olgulara uygulanmasına da yol açabilir.

Leonardo da Vinci kuram için şöyle demektedir: Kuramı bir kenara bırakıp, uygulamayı tercih edenler, gemisini dümensiz ve pusulasız götüren bir gemiciye benzer ve bunlar hiçbir zaman nereye savrulacaklarını bilemezler (Siegel, 2011).

Matematiğin en önemli nesnelerinden birini sayıların oluşturuyor olması, nicelleştirilebilir kavramlarla uğraşan doğa bilimlerindeki kuramların matematiksel olmasını da beraberinde getiriyor. Bu matematiksel kuramların başarısı, doğa bilimlerinin kendilerine konu aldıkları alanların gerçekliğine ait ilişkilerin, etkin ve verimli bir biçimde, matematiksel kavram ve ilişkiler aracılığıyla zihnimize yeniden kurulabilir olduğunun bir göstergesi sayılmalıdır. Galileo Galilei doğayı zorunlulukların egemen olduğu, insan aklından tamamen bağımsız, dilini ise matematiğin oluşturduğu yalın bir sistem şeklinde ifade etmiştir (Topdemir, 2011). Doğayı anlamanın yolunun ise matematiği kullanmakta geçmektedir.

Matematik kullanılmadan doğanın işleyişine ait gizleri ortaya çıkarmak olanaklı değildir. Einstein ise, bu durumu doğanın matematiksel olduğunu söyleyerek betimlemiştir (Akyüz ve diğ., 2010). GPS/GNSS (Küresel Konum Belirleme Sistemi/Küresel Yön bulum (Navigasyon) Sistemi) gözlemlerinin yerbilimlerinde kullanımı günümüzde yaygınlaşmıştır. GNSS Servisi (International GNSS Service: IGS) 1994 yılında başlayarak günümüze kadar yüksek doğruluklu uydu yörünge ve saat bilgilerini sürekli olarak yer bilimlerinde çalışan bilimcilerin ve uygulamacıların istifadesine sunmuştur. Yer yuvarında inşa edilmiş IGS noktalarında, GPS statik ölçü yöntemiyle elde edilen ölçü değerleri bilimsel yazılımlar ile analize tabi tutularak jeodinamik ve jeokinematik sorunların çözümünde kullanılmaktadır. Jeolojik yapıların oluşturduğu tektonik kuvvetler yer yuvarında bulunan IGS noktalarının noktasal konum geometrilerinin değişimine neden olmaktadır. IGS noktalarının hız bileşenlerinin belirlenmesi bir jeokinematik problemidir. Bu çalışmanın amacı IGS noktalarında, GPS statik ölçme yöntemiyle elde edilen verileri değerlendirerek, gözlem süresinin IGS nokta hızları doğruluğu üzerindeki etkisinin araştırılmasıdır.

Bu amaçla yer yuvarına olabildiğince homojen dağılmış 13 IGS noktasının 1995-2010 yıllarını kapsayan bir ocak gününe ait 16 yıllık verileri SOPAC data arşivinde alınmış ve GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutulup değerlendirilmiştir. Bu problemin çözümünün ana parametresi, 24 saatlik oturum süreli verilerin analizi ile elde edilecek jeodezik koordinatların doğruluğuna, 24 saatten küçük hangi oturum süresiyle yaklaşılabileceğidir. Bu amaçla 24 saatlik veriler sekiz ve on iki saatli verilere bölünerek GIPSY 5.0 ile değerlendirmesiyle bulunan sonuçların, 24 saatlik sonuçlarla karşılaştırılması belirleme (coefficient of determination; R^2) ve korelasyon (r) katsayıları ile yapılmıştır. IGS noktalarının hız bileşenlerinden (hızlarından) düşey hız, elipsoid yüksekliklerinin değişimi ile yatay hızların değişimi ise noktaların enlem ve boylam değerlerindeki değişimler ile yapılmıştır. Ayrıca yıllara bağlı olarak nokta hız bileşenlerinin değerleri ise doğrusal regresyon parametrelerinin belirlenmesi ile elde edilmiştir.

Bu çalışma süresi boyunca her türlü destek ve katkılarından dolayı danışman hocalarım Doç. Dr. Ersoy ARSLAN'a ve Doç. Dr. Doğan Uğur ŞANLI'ya ve yaptıkları eleştiri ve önerileriyle tez izleme jürisi üyelerinden; Prof. Dr. Rasim DENİZ'e, Prof. Dr. Şerif HEKİMOĞLU'na ve Doç. Dr. Hakan DENLİ'ye sevgi ve saygılarımla çok teşekkür ediyorum. Ayrıca, verilere ulaşmamızı sağlayan Uluslararası GPS Servisi IGS'e, SOPAC data arşivi kurumuna ve GIPSY 5.0 yazılımını geliştiren NASA/JPL kurumuna teşekkür ve saygılarımı sunarken, bu kurumların bilimcilerine de sevgi ve saygılarımla teşekkür ediyorum. Bugünlere gelmemde emek ve öz verilerinden dolayı rahmetli babama, anneme, ablalarım, kardeşlerime ve gerçek dostlarıma sevgi ve saygılarımı sunuyorum. Ayrıca bu çalışmada çok büyük destek, katkı ve yol göstericiliğini asla inkar edemeyeceğim, eş danışmanım Doç. Dr. Doğan Uğur ŞANLI hocama sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Aralık 2011

Veli AKARSU
(Öğretim Görevlisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
KISALTMALAR.....	xix
SEMBOL LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 GPS Zaman Serileri	2
1.2 Çalışmanın Amacı	3
1.3 Uygulanan Yöntem	4
2. GPS OTURUM SÜRESİ İLE KONUM DOĞRULUĞU ARASINDAKİ.....	7
İLİŞKİ.....	7
2.1 Giriş	7
2.2 GPS İle Konum Belirlemenin Doğruluğu.....	12
2.3 EKK Yöntemine Göre Dengelemeyle $a_n, b_n, c_n, d_n, a_e, b_e, c_e, d_e, a_u, b_u, c_u, d_u$ Bilinmeyen Değerlerinin Hesabı	13
2.4 Duyarlık Hesaplamaları	16
2.5 $a_n, b_n, c_n, d_n, a_e, b_e, c_e, d_e, a_u, b_u, c_u, d_u$ Bilinmeyen Değerlerinin Test Edilmesi	17
2.6 k_n, k_e, k_u Değerlerinin Hesaplanması.....	18
2.7 Konum Doğruluk Bileşenlerinin Hesabında Alternatif Formüller	21
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN GPS NOKTALARI.....	25
3.1 GPS Noktaları Verilerinin Elde Edilmesi.....	25
3.2 GPS Noktalarının Dağılımı.....	25
3.3 GPS Noktaları Verilerinin Elde Edilmesinde Dikkate Alınan Ölçütler	26
3.4 GPS Noktaları Verilerinin Elde Edilmesinde Özel Durumlar	27
4. GPS VERİLERİNİN BÖLÜNMESİ.....	29
4.1 GPS Verilerinin Yapısı	29
4.2 GPS Günlük Verilerinin Bölünmesi	29
5. GPS VERİLERİNİN ANALİZİ	33
5.1 Giriş	33
5.2 GPS Statik Ölçme Yöntemi	34
5.3 GPS İle Hassas Konum ve Hız Belirlemede Getirilmesi Gereken Düzeltilmeler	35
5.4 Genel Olarak GIPSY 5.0 Yazılımı	38
5.5 13 GPS Noktası Günlük Verilerinin Analizi	39
6. GPS STATİK ÖLÇME YÖNTEMİYLE NOKTA HIZLARININ HESABI..	41
6.1 GPS Zaman Serileri	41

6.2 Düşey Hız Değişimleri.....	41
6.3 Yatay Hız Değişimleri	43
6.4 Grafiklerle İlgili Açıklamalar	43
6.5 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Elipsoidal Yükseklikleri (h) ve Formal Standart Sapma (FSS) Hata Çubuklarının Değişim Grafikleri	45
6.5.1 Kiru Noktası Sekiz Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri	45
6.5.2 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri	47
6.5.3 Ankr Noktası Sekiz Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri	49
6.5.4 Ankr Noktası On İki Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri	51
6.5.5 Usud Noktası Sekiz Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri	53
6.5.6 Usud Noktası On İki Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri	55
6.6 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Düşey Hız Değişim Grafikleri	57
6.6.1 Kiru Noktası Sekiz Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri	57
6.6.2 Kiru Noktası On İki Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri	59
6.6.3 Ankr Noktası Sekiz Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri	60
6.6.4 Ankr Noktası On İki Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri	62
6.6.5 Usud Noktası Sekiz Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri	64
6.6.6 Usud Noktası On İki Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri	66
6.7 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Enlem, Boylam ve (FSS) Değerlerinin Değişim Grafikleri	67
6.7.1 Kiru Noktasının Sekiz Saatli Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri	67
6.7.2 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri	72
6.7.3 Ankr Noktasının Sekiz Saatli Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri	75
6.7.4 Ankr Noktasının On İki Saatli Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri	80
6.7.5 Usud Noktasının Sekiz Saatli Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri	83
6.7.6 Usud Noktasının On İki Saatli Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri	88
6.8 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Yatay Hız Değişim Grafikleri	91
6.8.1 Kiru Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	91
6.8.2 Kiru Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	93
6.8.3 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	95
6.8.4 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	97
6.8.5 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	98
6.8.6 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	100
6.8.7 Ankr Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	102
6.8.8 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	104

6.8.9 Usud Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	105
6.8.10 Usud Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	107
6.8.11 Usud Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	109
6.8.12 Usud Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri	110
6.9 Noktaların Düşey ve Yatay Hız Analiz Sonuçlarının Yorumu	111
6.9.1 Elipsoid yüksekliği boyunca düşey hız değişimlerinin yorumu.....	111
6.9.2 Enlem ve boylam boyunca yatay hız değişimlerinin yorumu	116
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	123
7.1 Optimum Oturum Süresi Tayini	123
7.2 Elipsoid Yüksekliği Boyunca Düşey Hız Değişimleri	123
7.3 Enlem ve Boylam Boyunca Yatay Hız Değişimleri	126
KAYNAKLAR.....	129
EKLER	135
EK A: YAY UZUNLUĞU HESAPLAMALARI	137
A.1 Kısa Meridyen ve Paralel Daire Yay Uzunlukları.....	137
A.2 Kenar Cinsinden Kısa Meridyen Yay Uzunluğu Hesabı.....	138
A.3 Kenar Cinsinden Paralel Daire Yay Uzunluğu Hesabı.....	138
A.4 Nokta Konum Düşey ve Yatay Hızları.....	140
EK B: REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ.....	143
B.1 Regresyon Analizi	143
B.2 (R^2) Belirleme Katsayısı Hesabı.....	144
B.3 Korelasyon Analizi	145
EK C: DÜŞEY VE YATAY HIZ GRAFİKLERİ CD'Sİ (4 MB).....	147
EK D: BİR VERİ KÜMESİNE EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİNE GÖRE DENGELEME İLE FONKSİYON UYDURMA.....	149
D.1 Üstel Fonksiyon Uydurma.....	149
D.2 Duyarlık (Precision) (Standart Sapma) Hesapları	152
ÖZGEÇMİŞ	153

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: k_n değerinin dengelemeli hesabında kullanılan ara değerler tablosu....	19
Çizelge 2.2: k_e değerinin dengelemeli hesabında kullanılan ara değerler tablosu	19
Çizelge 2.3: k_u değerinin dengelemeli hesabında kullanılan ara değerler tablosu....	20
Çizelge 2.4: Ek D'ye göre S_n 'ye üstel fonksiyon uydurmada ara değerler tablosu .	21
Çizelge 2.5: S_n 'nin Eckl ve alternatif formüllerden hesabının karşılaştırılması.	22
Çizelge 2.6: Ek D'ye göre S_e 'ye üstel fonksiyon uydurmada ara değerler tablosu. .	22
Çizelge 2.7: S_e 'nin Eckl ve alternatif formüllerden hesabının karşılaştırılması.	23
Çizelge 2.8: Ek D'ye göre S_u 'ya üstel fonksiyon uydurmada ara değerler tablosu. .	23
Çizelge 2.9: S_u 'nun Eckl ve alternatif formüllerden hesabının karşılaştırılması.	24
Çizelge 3.1: IGS uygulama noktalarına ait konum bilgileri.....	26
Çizelge 6.1: Tüm noktalar için sekiz ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen düşey hızlara ait belirleme katsayıları (R^2) .	113
Çizelge 6.2: Tüm noktalar için on iki ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen düşey hızlara ait belirleme katsayıları (R^2) .	113
Çizelge 6.3: Tüm noktaların yirmi dört ile sekiz ve on iki saatlik verilerinin analizinde bulunan düşey hızlara ilişkin korelasyon katsayıları (r) ..	114
Çizelge 6.4: 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında elipsoid normal boyunca 3x8, 2x12 ve 24 sa. için düşey hızları (u_p) ve belirleme katsayıları (R^2) .	115
Çizelge 6.5: Tüm noktalar için sekiz ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen enlem boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2) .	117
Çizelge 6.6: Tüm noktalar için sekiz ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen boylam boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2) .	117
Çizelge 6.7: Tüm noktalar için on iki ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen enlem boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2) ..	118
Çizelge 6.8: Tüm noktalar için on iki ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen boylam boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2) .	118
Çizelge 6.9: Tüm noktaların yirmi dört ile sekiz ve on iki saatlik verilerinin analizinde bulunan enlem boyunca yatay hızların ortalamaların ilişkin korelasyon katsayıları (r) ..	119
Çizelge 6.10: Tüm noktaların yirmi dört ile sekiz ve on iki saatlik verilerinin analizinde bulunan boylam boyunca yatay hızların ortalamalarına ilişkin korelasyon katsayıları (r) .	119

Çizelge 6.11: 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında enlem boyunca 3x8, 2x12 ve 24 sa için yatay hızları ve belirleme katsayıları (R^2) ..120	
Çizelge 6.12: 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında boylam boyunca 3x8, 2x12 ve 24 sa. için yatay hızları ve belirleme katsayısı (R^2) ..120	
Çizelge A.1: WGS 84 elipsoidi parametreleri.....139	

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Oturum sürleri ve konum doğrulukları.....	10
Şekil 2.2: 1-4 saatleri aralığında oturum süreleri için konum doğruluğu	11
Şekil 3.1: IGS uygulama noktaları.....	26
Şekil 5.1: GPS statik ölçme yöntemi	34
Şekil 5.2: Nokta hızlarının düzeltme getirilmemiş durumu.....	36
Şekil 5.3: Kutup ve okyanus gelgit düzeltilmesi getirilmiş nokta hızları.	37
Şekil 5.4: Tüm kütle yükleme etkileri düzeltilmesi getirilmiş nokta hızları.....	37
Şekil A1: Kiru noktası (0-8) saat(sa.) verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	45
Şekil A2: Kiru noktası (8-16) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	45
Şekil A3: Kiru noktası (16-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	46
Şekil A4: Kiru noktası ($3 \times 8 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim.	46
Şekil A5: Kiru noktası (0-12) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	47
Şekil A6: Kiru noktası (12-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	47
Şekil A7: Kiru noktası ($2 \times 12 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.	48
Şekil A8: Kiru noktası (0-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	48
Şekil A1: Ankr noktası (0-8) saat(sa.) verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	49
Şekil A2: Ankr noktası (8-16) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	49
Şekil A3: Ankr noktası (16-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	50
Şekil A4: Ankr noktası ($3 \times 8 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.....	50
Şekil A5: Ankr noktası (0-12) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	51
Şekil A6: Ankr noktası (12-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	51
Şekil A7: Ankr noktası ($3 \times 8 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.....	52
Şekil A8: Ankr noktası (0-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	52
Şekil A1: Usud noktası (0-8) saat(sa.) verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	53
Şekil A2: Usud noktası (8-16) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	53
Şekil A3: Usud noktası (16-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	54
Şekil A4: Usud noktası ($3 \times 8 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.	54
Şekil A5: Usud noktası (0-12) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	55
Şekil A6: Usud noktası (12-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	55
Şekil A7: Usud noktası ($2 \times 12 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.	56
Şekil A8: Usud noktası (0-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.	56
Şekil B1: Kiru noktası (24,0 – 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	57
Şekil B2: Kiru noktası (24,8 – 16) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	57
Şekil B3: Kiru noktası (24,16 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	58
Şekil B4: Kiru noktası (24,3 $\times$ 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	58

Şekil B5: Kiru noktası (24,0 – 12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	59
Şekil B6: Kiru noktası (24,12 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	59
Şekil B7: Kiru noktası (24,2×12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	60
Şekil B1: Ankr noktası (24,0 – 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	60
Şekil B2: Ankr noktası (24,8 – 16) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	61
Şekil B3: Ankr noktası (24,16 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	61
Şekil B4: Ankr noktası (24,3×8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	62
Şekil B5: Ankr noktası (24,0 – 12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	62
Şekil B6: Ankr noktası (24,12 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	63
Şekil B7: Ankr noktası (24,2×12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	63
Şekil B1: Usud noktası (24,0 – 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	64
Şekil B2: Usud noktası (24,8 – 16) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	64
Şekil B3: Usud noktası (24,16 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	65
Şekil B4: Usud noktası (24,3×8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	65
Şekil B5: Usud noktası (24,0 – 12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	66
Şekil B6: Usud noktası (24,12 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.....	66
Şekil B7: Usud noktası (24,2×12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.	67
Şekil C1: Kiru noktası (0 – 8) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.....	67
Şekil C2: Kiru noktası (0 – 8) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.....	68
Şekil C3: Kiru noktası (8 – 16) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	68
Şekil C4: Kiru noktası (8 – 16) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	69
Şekil C5: Kiru noktası (16 – 24) sa. için boylam (φ) ve (FSS) değişim grafiği.....	69
Şekil C6: Kiru noktası (16 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.....	70
Şekil C7: Kiru noktası (3×8) 'e ait enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	70
Şekil C8: Kiru noktası (3×8) 'e ait boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	71
Şekil C9: Kiru noktası (0 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.....	71
Şekil C10: Kiru noktası (0 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	72
Şekil C11: Kiru noktası (0 – 12) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.....	72
Şekil C12: Kiru noktası (0 – 12) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	73
Şekil C13: Kiru noktası (12 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	73
Şekil C14: Kiru noktası (12 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.....	73
Şekil C15: Kiru noktası (2×12) için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	74
Şekil C16: Kiru noktası (2×12) için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	74
Şekil C17: Kiru noktası (0 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.....	74
Şekil C18: Kiru noktası (0 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	75
Şekil C1: Ankr noktası (0 – 8) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	75
Şekil C2: Ankr noktası (0 – 8) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.....	76
Şekil C3: Ankr noktası (8 – 16) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	76
Şekil C4: Ankr noktası (8 – 16) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	77
Şekil C5: Ankr noktası (16 – 24) sa. için boylam (φ) ve (FSS) değişim grafiği.....	77
Şekil C6: Ankr noktası (16 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.....	78
Şekil C7: Ankr noktası (3×8) 'e ait enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.	78
Şekil C8: Ankr noktası (3×8) 'e ait boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.	79

Şekil C9: Ankr noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	79
Şekil C10: Ankr noktası (0 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	80
Şekil C11: Ankr noktası (0 – 12) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	80
Şekil C12: Ankr noktası (0 – 12) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	81
Şekil C13: Ankr noktası (12 – 24) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	81
Şekil C14: Ankr noktası (12 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	81
Şekil C15: Ankr noktası (2×12) için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	82
Şekil C16: Ankr noktası (2×12) için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	82
Şekil C17: Ankr noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	82
Şekil C18: Ankr noktası (0 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	83
Şekil C1: Usud noktası (0 – 8) sa. için enlem (φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	83
Şekil C2: Usud noktası (0 – 8) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	84
Şekil C3: Usud noktası (8 – 16) sa. için enlem (φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	84
Şekil C4: Usud noktası (8 – 16) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	85
Şekil C5: Usud noktası (16 – 24) sa. için boylam(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	85
Şekil C6: Usud noktası (16 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	86
Şekil C7: Usud noktası (3×8) 'e ait enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	86
Şekil C8: Usud noktası (3×8) 'e ait boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	87
Şekil C9: Usud noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	87
Şekil C10: Usud noktası (0 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	88
Şekil C11: Usud noktası (0 – 12) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	88
Şekil C12: Usud noktası (0 – 12) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	89
Şekil C13: Usud noktası (12 – 24) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	89
Şekil C14: Usud noktası (12 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği. ...	89
Şekil C15: Usud noktası (2×12) için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	90
Şekil C16: Usud noktası (2×12) için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	90
Şekil C17: Usud noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	90
Şekil C18: Usud noktası (0 – 24) sa. için boylam(λ) ve (<i>FSS</i>) değişim grafiği.	91
Şekil D1: Kiru noktası (24,0 – 8) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	91
Şekil D2: Kiru noktası (24,8 – 16) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	92
Şekil D3: Kiru noktası (24,16 – 24) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	92
Şekil D4: Kiru noktası (24,3×8) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	93
Şekil D5: Kiru noktası (24,0 – 8) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.	93
Şekil D6: Kiru noktası (24,8 – 16) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.	94
Şekil D7: Kiru noktası (24,16 – 24) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği. ...	94
Şekil D8: Kiru noktası (24,3×8) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.	95
Şekil D9: Kiru noktası (24,0 – 12) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	95
Şekil D10: Kiru noktası (24,12 – 24) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği. ...	96
Şekil D11: Kiru noktası (24,2×12) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	96
Şekil D12: Kiru noktası (24,0 – 12) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği. ...	97
Şekil D13: Kiru noktası (24,12 – 24) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği. .	97
Şekil D14: Kiru noktası (24,2×12) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.	98
Şekil D1: Ankr noktası (24,0 – 8) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.	98

Şekil D2: Ankr noktası (24,8 – 16) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	99
Şekil D3: Ankr noktası (24,16 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	99
Şekil D4: Ankr noktası (24,3 × 8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	100
Şekil D5: Ankr noktası (24,0 – 8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	100
Şekil D6: Ankr noktası (24,8 – 16) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	101
Şekil D7: Ankr noktası (24,16 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	101
Şekil D8: Ankr noktası (24,3 × 8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	102
Şekil D9: Ankr noktası (24,0 – 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	102
Şekil D10: Ankr noktası (24,12 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	103
Şekil D11: Ankr noktası (24,2 × 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	103
Şekil D12: Ankr noktası (24,0 – 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	104
Şekil D13: Ankr noktası (24,12 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	104
Şekil D14: Ankr noktası (24,2 × 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	105
Şekil D1: Usud noktası (24,0 – 8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	105
Şekil D2: Usud noktası (24,8 – 16) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	106
Şekil D3: Usud noktası (24,16 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	106
Şekil D4: Usud noktası (24,3 × 8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	107
Şekil D5: Usud noktası (24,0 – 8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	107
Şekil D6: Usud noktası (24,8 – 16) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	108
Şekil D7: Usud noktası (24,16 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	108
Şekil D8: Usud noktası (24,3 × 8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	108
Şekil D9: Usud noktası (24,0 – 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	109
Şekil D10: Usud noktası (24,12 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	109
Şekil D11: Usud noktası (24,2 × 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.	109
Şekil D12: Usud noktası (24,0 – 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	110
Şekil D13: Usud noktası (24,12 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	110
Şekil D14: Usud noktası (24,2 × 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.	110
Şekil A.1: Dönel elipsoitte dG ve dL yay uzunlukları.	137
Şekil A.2: P_i noktasının konum hızları (u_i, n_i, e_i)	140

KISALTMALAR

DORIS	: Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite
EKKY	: En Küçük Kareler Yöntemi
FSS	: Formal Standart Sapma
IERS	: International Earth Rotation Service
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
GIPSY	: GPS Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software
GDGPS	: Global Diferansiyel GPS
GLONASS	: GLObal NAVigation Satellite System/GLObal'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GNSS	: Global Navigation Satellite Systems
GPS	: Global Positioning System
JPL	: Jet Propulsion Laboratory
IGS	: International Gps Service for geodynamics/international Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Service
KB	: KiloBayt
KOH	: Karesel Ortalama Hata
L1	: Link 1
L2	: Link 2
RINEX	: Receiver INdependent EXchange Format
PPP	: Precise Point Positoning
UNAVCO	: University NAVstar Consortium
MB	: MegaBayt
MIT	: Massachusetts Institute of Technology
NASA	: U.S. National Aeronautics and Space Administration
SA.	: Saat
SOPAC	: ScrippsOrbit and PermanentArrayCenter
RMS	: Root Mean Square
WGS-84	: World Geodetic System-1984

SEMBOL LİSTESİ

a	: Elipsoid büyük yarı eksen uzunluğu
b	: Elipsoid küçük yarı eksen uzunluğu
e^2	: Birinci eksentrisite
e'^2	: İkinci eksentrisite
e_i	: İ Noktasında Paralel Daire Boyunca Yatay Hız
h	: Elipsoid Yüksekliği
M	: Meridyen doğrultusu boyunca eğrilik yarıçapı
N	: Meridyene dik doğrultu boyunca eğrilik yarıçapı
n_i	: İ Noktasında Meridyen Daire Boyunca Yatay Hız
u_i	: İ Noktasında Elipsoid Yüksekliği Boyunca Düşey Hız
R^2	: Belirleme Katsayısı (coefficient of determination)
r	: Korelasyon Katsayısı
S_u	: Yukarı Boyunca Standart Sapma
S_n	: Kuzey Boyunca Standart Sapma
S_e	: Doğu Boyunca Standart Sapma
T	: Oturum Süresi
φ	: Enlem
λ	: Boylam
$\sigma(\text{RMS})$	: Standart Sapma (Root Mean Square)
σ^2	: Varyans

GÖZLEM SÜRESİNİN GPS NOKTASI HIZLARININ BELİRLENMESİNE OLAN ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, GPS statik ölçme yöntemi ile optimal oturum süresinde her bir GPS noktasındaki hız bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla yeryüzüne yaklaşık homojen dağılmış 13 IGS noktasının, 1995-2010 yılları aralığında veri sürekliliği %90-%95 düzeyde olan bir ocak gününe ait 16 yıllık verileri, SOPAC data arşivinden alınmıştır. SOPAC data arşivinde bulunan IGS noktalarına ait veriler, herkesin kullanımına açıktır. Noktaların hız bileşenlerinin (hızlarının) incelenmesi, 13 IGS noktasının 16 yıllık periyot boyunca, (h) elipsoid yüksekliği, (ϕ) enlem ve (λ) boylam değişimleri ile yapılmıştır. Tezin temel yönelimi, noktaların 24 saat (sa.) GPS verilerin GIPSY 5.0 yazılımı ile yapılacak analiz sonucunda elde edilecek hızlarına, 24 saatten küçük acaba hangi alt oturumlu veri kümesi ile ulaşılabilineceğinin belirlenmesidir. Diğer bir deyişle kampanya gözlem süresi ne olmalıdır? Böylece bir mühendislik ekonomisi yaratılması hedeflenmiştir. Öngörülen hedefe ulaşmak için kullanılan yöntem, regresyon ve korelasyon analizi yöntemidir. Bunun için 13 IGS noktasının 24 saatlik gözlem dosyaları, UNAVCO TEQC yazılımı ile önce (0-8), (8-16) ve (16-24) saat aralıklarında 3 adet 8'er saatlik sonra ise (0-12) ve (12-24) saat aralıklı 2 adet 12'şer saatlik gözlem dosyalarına bölünmüştür.

Günlük verileri 3 adet 8'er saatlik ile 2 adet 12'şer saatlik verilere bölünmesinin amacı, noktaların bölünmüş günlük verilerinin analizi sonucunda hesaplanan (h) elipsoid yükseklikleri, (ϕ) enlem ve (λ) boylam değerleri ile bunlara ait (FSS) formal standart sapma değerlerinin, 24 saatlik verilerinin analizi ile bulunacak (h), (ϕ) ve (λ) değerleri ile ve bu değerlere ait (FSS) değerlerine yaklaşan değerler üretip üretmediğini test etmektir. Ayrıca sekizer ve on ikişer saatlik gözlemlerin analiz sonuçlarının ortalaması alınarak bunlar, hem münferit sekizer ve on ikişer saatlik analiz sonuçları ile hem de 24 saatlik analiz sonucu ile karşılaştırılmıştır. Üç adet sekizer, iki adet on ikişer ve yirmi dört saatlik verilerin GIPSY 5.0 yazılımı ile yapılan analiz sonucunda, sekizer saatlik veriler ile elde edilen (FSS) değerlerinin yirmi dört saatlik verilerin analizi ile elde edilen (FSS) değerlerinden 2-3 kat daha büyük, oysa on iki saatlik verilerin analizi ile bulunan (FSS) değerlerinin yirmi dört saatlik (FSS) değerlerine yaklaşan sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Ayrıca 8, 12 ve 24 saatlik oturum süreli verilerin analiz sonuçları ile nokta hız bileşenleri arasındaki ilişkinin derecesini belirlemek için lineer regresyon yöntemi ile (R^2) belirleme katsayısı ve (r) korelasyon katsayısı istatistiksel ölçütleri kullanılmıştır.

13 IGS noktasının 8 saatlik veriler ile belirlenen düşey hızlar ve (R^2) değerlerinin, 24 saatlik veriler ile belirlenen düşey hızlar ve (R^2) değerlerine arzu edilen düzeyde sonuçlar üretmediği, oysa 12 saatlik veriler ile belirlenen düşey hızları ve (R^2) değerlerinin 24 saat değerlerine yaklaşan değerler ürettiği belirlenmiştir. Diğer bir deyişle on ikişer saatlik veriler ile elde edilen düşey hızlar, yirmi dört saatlik veriler ile elde edilen hızlara yaklaşımaktadır.

On iki saatlik çözümlerin 24 saatlik çözümler ile karşılaştırılmasından bulunan düşey hızların (r) korelasyon katsayıları, sekizer saatlik çözümlerin 24 saatlik çözümler ile karşılaştırılmasından bulunan düşey hızların (r) korelasyon katsayılarından %10 ile %20 arasında daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Ayrıca, 12 saatlik verilerin analizi ile elde edilen enlem ve boylam boyunca yatay hız (R^2) ve (r) değerlerinin, 24 saatlik verilerin analizi ile bulunan enlem ve boylam boyunca yatay hız (R^2) ve (r) değerlerine daha iyi yakınsadığı, oysa 8 saatlik verilerin analizine ait yatay hız (R^2) ve (r) değerleri, 12 saatlik verilere göre daha kötü sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda nokta konum ve hız doğruluğu için optimal, ekonomik ve pratik oturum süresi 12 saat bulunmuştur.

Ayrıca bu çalışmada GPS konum belirleme doğruluğu mevcut çalışmalardan farklı bir matematiksel yaklaşımla ele alınmış ve bu doğrultuda konum doğruluğunun hesaplanması için alternatif formüller önerilmektedir.

INVESTIGATING THE EFFECT OF OBSERVING SESSION DURATION ON THE DETERMINATION OF GPS POINT VELOCITIES

SUMMARY

In this study, with GPS static measuring method, it is aimed to determine point position velocities in optimal session duration. For this purpose, the 16-year-old data belonging to a January day whose data continuity level is around 90-95% between 1995 and 2010 of 13 IGS points which is nearly scattered homogenously is taken from SOPAC data archive. The data belonging to IGS points in SOPAC data archive is available to everybody. The investigation of point position velocities is achieved through (h) ellipsoid height, (ϕ) latitude and (λ) longitude changes throughout 16-year-period. Hypothesis of the thesis is to prove which sub-sessional data set could provide access to position velocities as a result of the analysis of daily-24 hours (hrs.)-GPS data of the points that is to be obtained from GIPSY software. Thus, it is aimed to create an engineering economy. The method which is used to prove the hypothesis set in order to reach the anticipated target is regression and correlation analysis method. For this, 24 hr. observation files for 13 IGS points are divided into 3 8-hr.-intervals first (into 0-8, 8-16, 16-24 hour divisions), and then into 2 12-hr.-intervalss (into 0-12 and 12-24 hour divisions). The purpose of this is to compare the results of 8-hrs., 12-hrs and 24-hrs observations by getting the average of 12-hrs observations and 8-hrs. observations along with to test if the (h) ellipsoid heights, (ϕ) latitude and (λ) longitude which are calculated through points' divided daily data analysis and formal standard deviation (FSD) values belonging to these produced close values to (h), (ϕ) and (λ) which would be calculated through analysis of data which is to be obtained in 24-hr-interval and formal standard deviation (FSD) values belonging to these. As a result of 3 eight hours, two twelve hours and twenty four hours data analysis by GIPSY 5.0 software, the FSD values obtained from 8-hour-data analysis is found to be 2-3 times bigger than 24-hour-data analysis results whereas FSD values obtained from 12-hour-data analysis produced results which is close to FSD values obtained from 24-hours-data analysis.

Moreover, in order to define the correlation level between analysis results of the data with session durations of 8, 12 and 24 hours and point position speeds (R^2) multiple coefficient of determination and (r) correlation coefficient values are calculated by linear regression method.

It was found that vertical velocities and (R^2) values which were defined by 8-hour-data of 13 IGS points did not produce desired results in vertical velocities and (R^2) values which were defined by 24-hour-data whereas vertical velocities and (R^2) values which were defined by 12-hour-data produced results that were close to 24-hour-results. In other words, vertical velocities which were obtained from 12-hour-data were close to speeds which were obtained from 24-hour-data. The (r) correlation coefficient of vertical velocities from average of twelve-hour-data yielded better results compared to the (r) correlation coefficient of vertical velocities from average of eight-hour-data with a percentage of 10%-20%. It was also found that along the latitude and longitude horizontal velocity (R^2) and (r) values obtained from 12-hour-data analysis yielded better results when compared to along the latitude

and longitude horizontal velocity(R^2) and (r) values obtained from 24-hour-data analysis, whereas horizontal velocity(R^2) and (r) values obtained from 8-hour-data analysis yielded worse results when compared to 12-hour-data analysis values. As a result of evaluations conducted, it was decided that optimal, economical and practical session duration for point position velocity accuracy was 12 hours. In addition, in this study GPS positioning is handled with a different mathematical approach than rectilinear existing studies and in this aspect, alternative formulae are suggested to calculate position accuracy.

1. GİRİŞ

GPS/GNSS (Global Positioning System (Küresel Konum Belirleme Sistemi)/Global Navigation Satellite System (Küresel Yön Bulum Uydu Sistemleri)) gözlemlerinin jeodezide kullanımı, 1980’de başlamış ve 2000 yılından günümüze kadar bilimsel çalışmalardaki uygulamaları gittikçe artmıştır.

Uluslar arası GNSS servisi (IGS: International GNSS Service) 1994 yılından günümüze kadar, jeodezik ve jeofizik çalışmalarda kullanılmak üzere, doğruluğu yüksek uydu yörünge ve saat bilgilerini yaklaşık gerçek zamanlı ve sürekli olarak bilim insanlarının kullanımına sunmaktadır.

Yeryuvarının gerçek fiziksel şekli basit bir denklem ile ifade edilemeyen geoit olmasına karşın, model şekli ise basit bir denklem ile ifade edilebilen elipsoiddir (Sigl, 1994). Yeryuvarının düzgün ve basit olarak formüle edilebilir bir geometriye sahip olmaması nedeniyle, geometrisi ancak nokta konum koordinatları ile belirlenebilmektedir.

Koordinat kavramı ise bir başlangıç noktası tanımına (yeryuvarının ağırlık merkezi gibi) göre tanımlanmış olan eksen takımlarının (yermerkezli dik koordinat sistemi eksen takımları gibi) oluşturduğu sistem içerisinde öteleme hareketini ifade eder.

Jeodezik çalışmaların özünde ise nokta konum koordinatlarının doğruluğunu ekonomik olarak iyileştirilme çabası vardır. Bu çaba geçmişte vardı; günümüzde de var ve gelecekte de hep var olacaktır (Akarsu, 2008).

GPS statik ölçme yöntemi yüksek doğruluk beklentili bilimsel çalışmalarda kullanılmaktadır. Bu ölçme yönteminde iki ya da daha fazla sayıda alıcı ile oturum süreleri, 1-24 saatleri aralığında olacak şekilde eş zamanlı ölçü yapılmasına dayanmaktadır. GPS tekniği ile nokta hızlarının (düşey ve yatay hızlarının) belirlenmesinde yüksek doğruluk gerekmektedir. Yüksek doğruluk ise ancak GPS statik ölçme yönteminde oturum sürelerinin, 4-24 saat alınmasıyla sağlanabilmektedir (Eckl ve diğ, 2001).

GPS statik ölçme yöntemiyle her bir noktadaki hız bileşenlerini belirlemenin doğruluğunu etkileyen önemli parametrelerden birisi gözlem (oturum) süresidir (Eckl ve diğ., 2001). Farklı gözlem süresinin kullanılmasındaki amaç, nokta konum doğruluğunu arttırmaktır. 4-24 saat aralığında hangi gözlem süresinde en yüksek konum doğruluğuna ulaşılabilceği problemi çözüldüğünde, nokta hız vektöründe en geçerli şekilde belirlenebileceği bu çalışmanın bir varsayımıdır (hipotezidir).

Ancak bu 24 saatlik gözlem süresiyle ulaşılan nokta konum ve hız doğruluğuna, acaba 24 saatlik gözlem süresinden daha küçük hangi alt gözlem süresiyle yaklaşılabılır?

GPS statik konum belirlemede hız ile ilintili problemi bir varsayım olarak sunan çalışma yok, ancak Eckl ve diğ. (2001), Sanli ve Engin (2009) ile Sanli ve Tekiç (2010) konum doğruluğuna yönelik problemi araştırmacıların önüne koymuşlardır.

Yine Sanli ve Kurumahmut (2011) ile Hastaoglu ve Sanli (2011a) konum belirleme doğruluğu bağlamında yükseklik bileşeni ve yatay bileşenler için en optimum gözlem sürelerini belirlemek için çalışmışlardır. Örneğin GPS ile yükseklik belirlemede statik konum belirleme için optimum gözlem süresi 12 saat, hızlı statik konum belirleme için ise 15 dakika bulunuyor. Hastaoglu ve Sanli (2011b) ise ilk kez hızlı statik GPS hızları için optimum süreleri çalışıyorlar.

Statik GPS yöntemiyle farklı oturum sürelerinin nokta konum doğruluğu üzerindeki etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar (Eckl ve diğ., 2001; Snay ve diğ., 2002; Psimoulis ve diğ., 2004; Soler ve diğ., 2006; Şanlı, 2006; Aydın ve diğ., 2006; Engin ve diğ., 2007; Doğan, 2007; Hakli ve diğ., 2008; Yalçın ve diğ., 2008; Şanlı ve diğ., 2009; Hastaoglu ve diğ., 2009a; Hastaoglu ve diğ., 2009b; Yıldız ve diğ., 2009; Weston ve diğ., 2009; Aktuğ ve diğ., 2010; Hastaoglu ve diğ., 2010; Şanlı ve diğ., 2011a; Şanlı, 2011b; Hastaoglu ve diğ., 2011a; Hastaoglu ve diğ., 2011b) tarafından yapılmıştır.

1.1 GPS Zaman Serileri

Seri, herhangi bir bakımından bir bütünü oluşturan şeylerin tümüdür (Url-7). Herhangi bir zaman biriminde (saniyelik, dakikalık, saatlik, günlük, haftalık, aylık, yıllık, vb.) bir büyüklüğe ya / ya da büyüklüklere ait düzenli olarak arşivlenmiş gözlemlerin oluşturduğu serilere, zaman serileri denir.

Zaman serilerine ait veriler geçmiş bir zaman başlangıcından başlayarak şimdiki ana kadar arşivlenmiş verilerden oluşur.

Zaman serilerinin analizindeki amaç, serinin inceleme konusu elemanlarının zaman içindeki değişim eğilimlerini incelemektir. Her zaman serisi uzun zaman periyodunda bir eğilim gösterir. Bu eğilim incelenen büyüklüğün değerinden bir artma veya azalma şeklinde olabilir.

Bu çalışmadaki zaman serisi verileri ise Bölüm 3 ve Şekil 3.1’de gösterilen yer yuvarına olabildiğince homojen dağılmış 13 IGS noktasının her birinin, 1 ocak 1995 yılı başlangıcından 1 ocak 2010 yılına kadar toplam 16 yıla ait, 30 saniye aralıklarla alınan her bir yılın bir ocak gününe ait günlük (24 saatlik verileri) GPS verilerinden oluşmaktadır. Çalışmaya ait zaman serilerine ait verileri SOPAC veri arşivinden alınmıştır (Url-1).

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; yer yuvarına olabildiğince homojen dağılmış, Bölüm 3’de tanıtilan 13 adet IGS noktasında, 1995 yılının ocak ayının birinci gününden başlayarak 2010 yılının ocak ayının birinci gününe kadar toplam 16 yıllık bir zaman periyodu içinde, statik GPS konum belirleme yöntemi ölçmeleriyle oluşturulan GPS verilerinden faydalanılarak, noktaların hızlarını (bir düşey ve iki yatay hız bileşeni) belirlemek ve gözlem süresinin nokta hız belirleme üzerindeki etkisini incelemektir. Bu amaca ulaşmak için duyarlı bir ölçme sistemi olan statik GPS ölçme yöntemiyle Bölüm 3’deki 13 adet IGS noktasının 16 yıllık verileri ticari olmayan GIPSY 5.0 yazılımı ile değerlendirilmiştir. SOPAC veri arşivi hakkında Bölüm 3’de, GIPSY 5.0 değerlendirme yazılımı konusunda ise Bölüm 4’de açıklamalar yapılmıştır.

Diğer bir ifadeyle, 1995-2010 yılları aralığında günlük GPS zaman serilerine ait veriler, GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutularak, 13 IGS noktasının 16 yıllık zaman dilimindeki üç boyutlu hareket hızlarının seyrini ortaya çıkarılmış ve gözlem süresinin bunlar üzerindeki etkisi yorumlanmıştır. Çalışmanın ana motivasyonu ise 24 saatlik (günlük) oturum sürelerine ait verilerle, Bölüm 3 ve Şekil 3.1’de tanıtilan noktalara ait belirlenen hareket hızlarına yaklaşacak hızların 24 saat’ten daha küçük (yani optimum) oturum süreleri ile belirlenmesidir.

Eğer bu optimum oturum süresi test sonucu belirlenebilirse bir anlamda bir mühendislik ekonomisi sağlanmış olunacaktır.

1.3 Uygulanan Yöntem

Yukarıdaki (1.2)'de açıklanan tezin amacına ulaşmak için,

- Önce Bölüm 3'de tanımlanan 13 IGS noktasının 24 saatlik veri dosyaları, GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutularak, noktaların elipsoid yüksekliği (h), enlem (φ) ve boylam (λ) değerleri ile bunlara ait ve yazılımdan hesaplanan formal standart sapmaları (FSS) hesaplanmıştır.
- Sonra noktaların 24 saatlik günlük veri dosyaları, Bölüm 4'de açıklandığı gibi UNAVCO'nun bir alt yazılımı olan TEQC yazılımı ile (0-8) sa., (8-16) sa. ve (16-24) sa. aralıklarla 3 adet 8'er saatlik alt gözlem dosyaları ile (0-12) sa. ve (12-24) sa. aralıklı 2 adet 12'şer saatlik alt gözlem dosyalarına bölünerek ve GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutularak, yine noktaların elipsoid yüksekliği (h), enlem (φ) ve boylam (λ) değerleri ile bunlara ait (FSS) değerleri hesaplanmıştır.
- Düşey hızların değişimi (h) değerlerinin değişimi ile, yatay hızların değişimi ise (φ) ve (λ) değerlerinin açısal değişimleri, Ek A'da verilen (A.1) ve (A.2) bağıntıları kullanılarak uzunluğa dönüştürülmüş değerlerinin değişimi ile incelenmiştir.
- İnceleme konusu 13 IGS noktasının oluşturduğu GPS noktaları, Bölüm 6'da tanımlanan zaman serileri verilerinden hareketle, 24 saatlik veri dosyasının değerlendirilmesiyle elde edilen hız sonuçlarına eşdeğer sonuçlar veren ve 24 saatten daha küçük optimum oturum süresini belirlemek için uygulanan bilimsel yöntem ise Ek A ve Ek B'de verilen matematik ve istatistik yöntemler uygulanarak, EK C'deki grafiklerde verilen lineer doğru denklemi, belirleme katsayısı (coefficient of determination) (R^2) ve korelasyon katsayısı (r) istatistiksel ölçütleri ile ulaşılmaya çalışılmıştır.
- İnceleme konusu 13 IGS noktasının oluşturduğu GPS noktalarına ait zaman serileri verilerine yukarıda anılan matematik ve istatistik uygulanarak elde edilen modellerinden hareketle, incelenen noktalara ait hızlar belirlenecektir.

- 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığındaki düşey ve yatay hızlarının 326 sayfalık değişim grafikleri ise Ek C'deki CD (4 MB)'de verilmiştir.
- Ayrıca Eckl ve diğ. (2001) yılında yayınlanmış makale çalışmalarında sunulan ve T oturum süresine bağlı olarak Bölüm 2'de (2.29) eşitliği ile verilen düşey ve yatay konum duyarlılığının hesaplandığı standart sapma bağıntılarıyla bulunan sayısal değerler, Ek D'ye göre modellenen ve Bölüm 2'deki (2.30), (2.31) ve (2.32) eşitlikleri ile sunulan Eckl ve diğ. (2001) formüllerine alternatif konum bileşenleri duyarlılığını hesaplayan standart sapma bağıntılarıyla bulunan sayısal değerleri karşılaştırılarak yorumlanmıştır.
- Çalışmada elde edilen tüm bulgular, sonuçlar ve öneriler bölümünde irdelenerek önerilerde bulunulmuştur.

2. GPS OTURUM SÜRESİ İLE KONUM DOĞRULUĞU ARASINDAKİ İLİŞKİ

2.1 Giriş

Bir büyüklüğün ölçülmesi işlemi, büyüklük için belirlenen standart birimden kaç adet olduğuna yönelik yapılan basit işlemlerden oluşur. Her ölçme farklı bir deneydir. Her deney sonucunun anlamlılığı, kontrol edilemeyen etkenlerden dolayı farklı bir sayı ile gösterilir. Ölçüler, değişen birbirinden sapan değerler olduğundan ölçüler yardımıyla bir büyüklüğün beklenen (gerçek) değeri belirlenemez, ancak bir kestirim değeri belirlenebilir (Demirel, 2009). Bir ölçünün beklenen değerinden farkına gerçek hata denir. Beklenen değer hiçbir zaman bilinmeyeceğinden, onun yerine kestirim değeri kullanılır. Ölçü hataları; kaba, düzenli (sistemik) ve rasgele hatalardan oluşur. Kaba ve düzenli hataların büyüklüğü ve işareti ortaya çıkartılabilirken, rasgele hataların büyüklüğü ve işareti kontrol edilemezler. Ölçülen bir büyüklüğün toplam ölçü hatası, rasgele ve düzenli hatalarının toplamından oluşur. Rasgele hatalar, istatistikle ortaya çıkartılabilen değişkenlerdir. Bir rasgele değişken özelliği olan rasgele hataların büyüklüğü ve işareti önceden belirlenemez. Bir büyüklüğün gerçek değeri ile ölçü değeri arasındaki farka ölçünün gerçek hatası (true error), ölçü değeri ile aritmetik ortalama değeri arasındaki fark ise düzeltme olarak tanımlanır.

Bir büyüklüğe ait ölçü düzeltmesi, ölçü hatasının ters işaretlisine eşittir. Oysaki bir büyüklüğün gerçek değeri bilinmeyeceğinden, yerine kestirim değeri kullanılarak, büyüklüğün düzeltmesi veya hatası belirlenir. Bölüm 3’de Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1’de verilen noktalara ait ölçü dosyalarındaki günlük GPS çözümlerinin rasgele hatalar içerdiği (normal dağılımlı oldukları) varsayımı ile analize tabi tutulmuştur. Ölçülerin (ölçülere bağlı olarak hesaplanabilen fonksiyonların) ya da rasgele hatalarının duyarlık derecesi *standart sapma* (*precision*) ile belirlenir.

Standart sapma σ sembolüyle gösterilir. Standart sapma aynı zamanda ölçülen büyüklüklerin gerçek değerine ölçülerden elde edilen en iyi tahmin değerinin yakınlığını ifade eder.

Varyans (*variance*) ise standart sapma σ 'nın karesi olan σ^2 dir. İstatistik analizlerde dağılım ve hatalarla ilgili olarak en çok kullanılan bir ölçüttür. Standart sapma aynı zamanda varyansın karekökünün pozitif işaretlisi olarak tanımlanır. Bunun nedeni varyansın ölçü biriminin karesi olan konumunu ölçünün yapıldığı standart birim konumuna dönüştürmek içindir. En Küçük Kareler yöntemine göre dengelemeyle parametre kestiriminde standart sapma yerine Gauss'un açıklamalarına sadık kalınarak **ortalama hata** (m) kullanılır (Grossmann, 1969).

Standart sapma sadece rasgele hataların oluşturduğu etkiyi, ortalama hata ise rasgele ve düzenli hataların ikisini birlikte taşır (Mikhail ve Ackermann, 1976).

Bir büyüklüğün kestirim değerinin karesel ortalama hatası (m^2), varyans (σ^2) değerinden büyüktür. Yani, $m^2 = \sigma^2 + (\text{düzenli hata})^2$ dir. Parametre kestirim değerini etkileyen, düzenli hata etkisini ortaya çıkartmak da pek mümkün olmamaktadır. **Duyarlık** (*precision*) kavramı ise benzer koşullar altında yapılan tekrarlı ölçü değerlerinin birbirine yakın olmasını ifade eder. Duyarlık sadece ölçme işlemindeki rasgele hatalardan, doğruluk ise duyarlıktan ve bilinmeyen ve/veya sistematik hatalardan etkilenir. Bütün mühendislik çalışmalarının sonuç ürünlerinin kalite değerlendirmesi duyarlık ölçütü ile yapılır.

Doğruluk, belirlenmek istenen büyüklüğün gerçek değerine ne kadar yaklaşıldığının bir ölçütüdür, yani düzenli hatanın sıfır olmasıdır. Doğruluğun gücü ise ölçmelerde elde edilen verilerin duyarlılığına ve ölçülerde eğer varsa düzenli hataya bağlıdır. Ölçülebilir bir büyüklüğün gerçek değeri hiçbir zaman belirlenemeyeceği için doğruluk ölçütü her zaman kendi içinde bir bilinmeyen özelliğini de taşır (Ghilani ve diğ., 2006).

Çalışmada, sekiz ve on iki saatlik oturum süreli alt grup verilerin analizi ile elde edilen nokta hızları ve (R^2) belirleme katsayısı yirimi dört saatlik verilerin analizinden elde edilen değerleri ile kıyaslanmıştır. Bir de kısa gözlem sürelerinden elde edilen sonuçlar, 24 saat sonuçları ile korele edilerek (r) korelasyon katsayıları değerlendirilmiştir.

Doğruluk bir büyüklüğün gerçek değeri olarak hesaplanan değerinin, başka bir yöntem ile bulunan değeri ile kıyaslanması, yani farkının alınmasıdır. Bu fark ne kadar küçük ise gerçek değere yaklaşan doğru sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Çalışmada, 24 saatlik verilerin analiz sonuçları doğru kabul edilerek bunlar, sekiz ve on iki saatlik verilerle elde edilen analiz sonuçları ile kıyaslanmış, yani 24 saatlik sonuçlardan olan farklar incelenerek değerlendirilmiştir. Hangi oturum süresinde elde edilen fark daha küçük ya da sifıra yaklaşıyorsa, bu oturum süresi verilerinin analiz sonuçları, 24 saatlik analiz sonuçlarına yaklaşan değerler ürettiği söylenebilir. Fakat bu çalışmada karşılaştırma istatistik ölçütü olarak RMS yerine R^2 belirleme katsayısı kullanılmıştır. Yaygın kullanımı ile R^2 , verinin matematiksel modele yakınlığının bir ölçütüdür. R^2 , 1'e ne kadar yakınsa model veriye o kadar uygundur. Ancak çalışmada R^2 bu anlamıyla değil, kısa süreli gözlemlerden elde edilen sonuçların 24 saatlik verilerden elde edilen sonuçlarla kıyaslanmasında kullanılmıştır. Yani 24 saatlik verinin değerlendirmesi sonucunda elde edilen R^2 (1'e yakın olsun ya da olmasın) doğru kabul edilmiş ve bu kısa süreli gözlemlerden elde edilen R^2 değerleriyle karşılaştırılmıştır. Benzer bir şekilde 24 saat veriden elde edilen hıza yaklaşımlı ölçmek için kısa gözlemlerden elde edilen sonuçlarla 24 saat sonuçları korele edilerek (r) korelasyon katsayıları belirlenmiştir.

Statik GPS ölçme yöntemiyle nokta hızları ve duyarlılığı ise, nokta konum koordinatları ve duyarlılığına bağlı olacaktır. Statik GPS ölçme yöntemiyle nokta konum koordinatlarının belirlenmesinin duyarlılığı önce baz uzunluğuna bağlı olarak incelenmiştir. Ancak 20-300 km mesafelerinde konum duyarlılığındaki değişimlerin dikkat çekici olmadığı, nokta konum duyarlılığının aksine oturum süresi T 'ye bağlı olarak değiştiğini ilk olarak Eckl ve diğ. (2001) adlı makale çalışmasıyla tüm dünyaya duyurmuşlardır.

Statik GPS ölçme yöntemiyle farklı oturum süresinin nokta konum doğruluğu üzerindeki etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar (Eckl ve diğ, 2001; Snay ve diğ, 2002; Psimoulis ve diğ, 2004; Soler ve diğ, 2006; Şanlı, 2006; Aydın ve diğ, 2006; Engin ve diğ, 2007; Doğan, 2007; Hakli ve diğ, 2008; Yalçın ve diğ, 2008; Şanlı ve diğ, 2009; Hastaoğlu ve diğ, 2009a; Hastaoğlu ve diğ, 2009b; Yıldız ve diğ, 2009; Weston ve diğ, 2009; Aktuğ ve diğ, 2010; Hastaoglu ve diğ, 2010; Şanlı ve diğ, 2011a; Şanlı, 2011b; Hastaoglu ve diğ, 2011a; Hastaoglu ve diğ, 2011b) tarafından yapılmıştır.

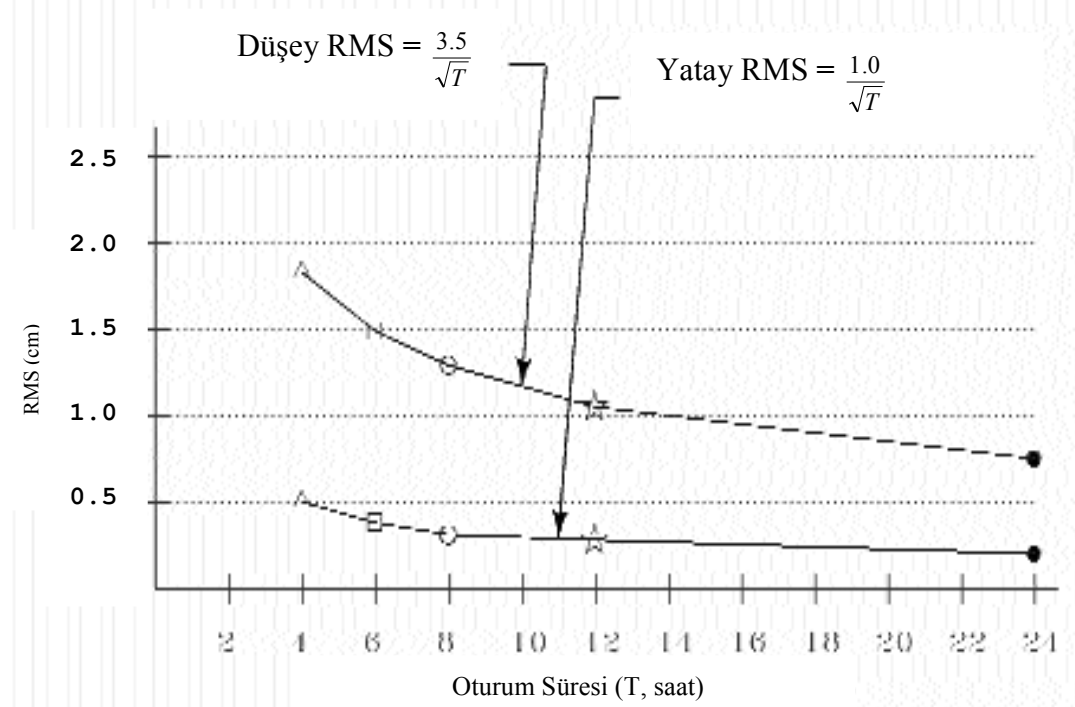
Eckl ve diğ. (2001) adlı çalışmada, konum belirleme amacıyla değerlendirilecek statik GPS ölçme yöntemiyle üretilen verilerin, başlangıç faz bilinmeyi, IGS duyarlı yörünge bilgisi ve baz noktaları arasındaki bağıl troposferik etkinin [4-24]

saat zaman aralığı için yapılan oturumlarda dikkate alınması durumunda, nokta konum doğruluğu ölçütü olan standart sapma ($\sigma = RMS$) ile oturum zamanı (T) arasında;

$$\sigma(RMS)(cm) = \frac{k}{\sqrt{T}} \quad (2.A)$$

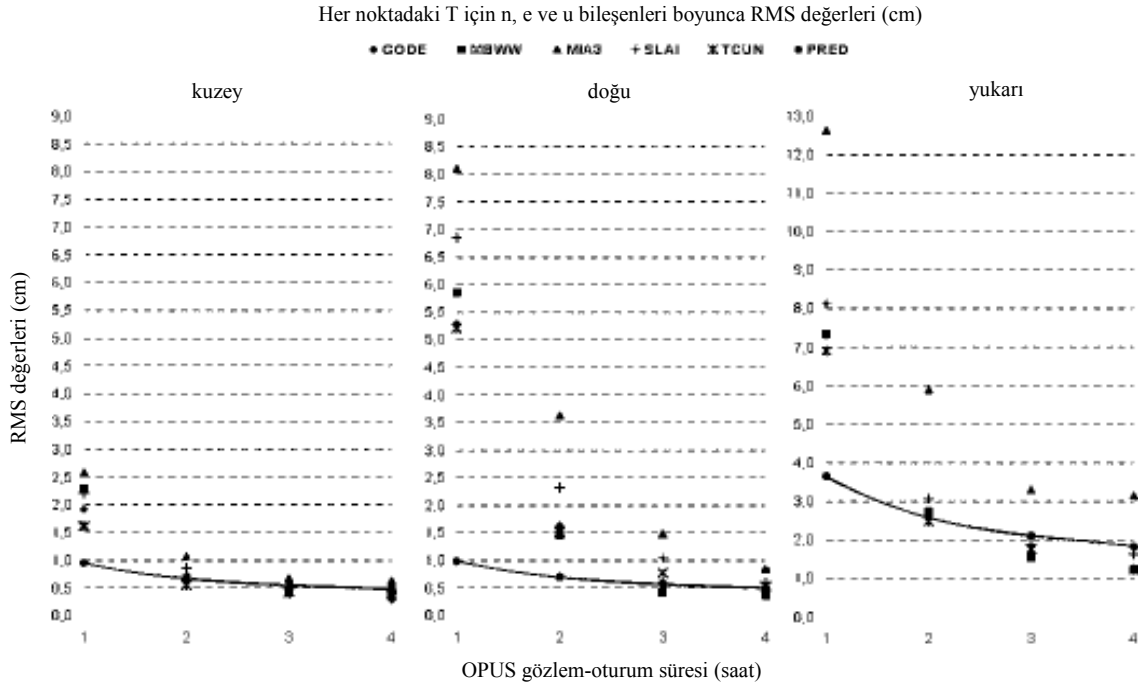
(2.A) matematiksel ilişkinin olduğunu gösterdiler (Şekil 2.1). Dikkat edilecek olursa burada daha önceden duyarlık ölçütü olarak ifade edilen σ bu çalışmada doğruluk ölçütü olarak ele alınmıştır. Bunun nedeni; değerlendirmede duyarlık ölçütleri kullanılmasına karşın 24 saat sonuçlarının doğru değerler olarak ele alınması ve kıyaslamaların bunlara göre yapılmasıdır.

Yukarıdaki eşitlikte geçen k değeri, yatay konum doğruluğu (kuzey ve doğu bileşenlerinin bileşkesi) için $k=1,0$; düşey (yukarı) konum doğruluğu için ise $k=3,7$ olarak verilmiştir. (2.A) formülündeki k değeri cm birimindedir.



Şekil 2.1: Oturum sürleri ve konum doğrulukları (Snay ve diğ, 2002).

Şekil 2.1’de gibi $T \geq 4$ oturum süreleri için (RMS) değerleri gittikçe azaldığı görülmektedir. Ayrıca düşey konum doğruluğunun yatay konum doğruluğundan daha düşük olduğu da görülmektedir.



Şekil 2.2: 1-4 saatleri aralığında oturum süreleri için konum doğruluğu (Soler ve diğ., 2006).

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi oturum süreleri 1, 2 ve 3 saatleri için nokta konum doğruluğuna ait kuzey (n), doğu (e) ve yukarı (u) bileşenlerinin (RMS) değerleri başlangıçta büyük değerler almakta, 3-4 saat aralığında ise küçülmektedir (Soler ve diğ., 2006). Eckl ve diğ. (2001)’de çalışmalarına ait Şekil 2.1’de verilen grafiklerde görüldüğü gibi $T \geq 4$ oturum sürelerinde (RMS) değerleri sürekli küçülmektedir. Eckl ve diğ. (2001), 4-24 saat aralığındaki oturum sürelerinde baz uzunluğunun (20-300 km) GPS konum belirleme doğruluğu üzerinde etkili olmadığını göstermiştir.

300-3000 km baz uzunluğu için ise Sanlı ve Engin (2009) mesafenin konum doğruluğu üzerinde etkili olduğunu göstermişler ve yeni formüller üretmişlerdir. Ozturk ve Sanli (2011) adlı çalışmada ise 1-3000 km baz uzunluğu için konum doğruluğu, oturum süresi ve baz uzunluğuna bağlı olarak bir bütün halinde ifade edilmiştir.

Weston ve diğ. (2009) adlı çalışmada ise 600 km'ye kadar olan baz uzunluklarında yatayda 2, düşeyde ise 3 saatten fazla oturum sürelerinin nokta konum doğruluğu üzerinde anlamlı etkisinin olmadığını göstermişlerdir.

GPS konum belirleme doğruluğunu etkileyen parametrelerden birinin de noktalar arası yükseklik farkı olduğu, Gurtner ve diğ. (1989)'daki çalışmada ifade edilmiş, Şanlı (2006)'deki çalışmada artan yükseklik farkının ve Şanlı ve Kurumahmut (2011a)'deki çalışmada ise büyük yükseklik farkının düşey konum doğruluğu üzerinde etkili olduğu gösterilmiştir.

2.2 GPS İle Konum Belirlemenin Doğruluğu

Eckl ve diğ. (2001)'de yayımladıkları çalışmada, GPS nokta konum doğruluk bileşenleri ölçütü olarak, kuzey-güney bileşeni için $S_n(L, T)$, doğu-batı bileşeni için $S_e(L, T)$ ve yukarı-aşağı bileşeni için ise $S_u(L, T)$ standart sapma değerlerini, istasyon noktaları arasındaki L uzunluğu ve T oturum süresinin fonksiyonu olarak,

$$S_n(L, T) = \left[\frac{a_n}{T} + \frac{b_n L^2}{T} + c_n + d_n L^2 \right]^{1/2} \quad (2.1)$$

$$S_e(L, T) = \left[\frac{a_e}{T} + \frac{b_e L^2}{T} + c_e + d_e L^2 \right]^{1/2} \quad (2.2)$$

$$S_u(L, T) = \left[\frac{a_u}{T} + \frac{b_u L^2}{T} + c_u + d_u L^2 \right]^{1/2} \quad (2.3)$$

(2.1), (2.2) ve (2.3) denklemleri ile vermişlerdir.

Yukarıdaki standart sapma denklemlerinde geçen $a_n, b_n, c_n, d_n, a_e, b_e, c_e, d_e, a_u, b_u, c_u$ ve d_u değerleri aranan 12 adet bilinmeyen olup, bu bilinmeyenlerin sayısal değerleri En Küçük Kareler Yöntemine (EKKY) göre dengeleme hesabıyla bulunur. Burada öncelikle Eckl ve diğ. (2001)'deki formüllerin nasıl türetildiği ele alınacak ve daha sonra da bu formüllere alternatif yeni formüller üretilecektir.

(2.1), (2.2) ve (2.3) denklemlerinde geçen üç bileşene ait denklemlerde bulunan dört bağımsız terimin toplamı hata olarak varsayılır ve denklemlerin kareleri alınırsa, $S_n^2(L,T)$, $S_e^2(L,T)$ ve $S_u^2(L,T)$ gösterimleri varyans olarak ifade edilir:

$$S_n^2(L,T) = \left[\frac{a_n}{T} + \frac{b_n L^2}{T} + c_n + d_n L^2 \right] \quad (2.4)$$

$$S_e^2(L,T) = \left[\frac{a_e}{T} + \frac{b_e L^2}{T} + c_e + d_e L^2 \right] \quad (2.5)$$

$$S_u^2(L,T) = \left[\frac{a_u}{T} + \frac{b_u L^2}{T} + c_u + d_u L^2 \right] \quad (2.6)$$

(2.4), (2.5) ve (2.6) eşitliklerinde ise varyans denklemleri verilmiştir.

Yukarıdaki standart sapma ve varyans denklemlerinde geçen a_n, a_e, a_u ve b_n, b_e, b_u hata terimlerinin içinde oturum süresi T 'nin karşılıklı oranları olmasına karşılık, c_n, c_e, c_u ve d_n, d_e, d_u terimlerinin içinde ise oturum süresi T bulunmamaktadır. Ayrıca b_n, b_e, b_u ve d_n, d_e, d_u hata terimleri L^2 ile orantılı ve a_n, a_e, a_u ve c_n, c_e, c_u hata terimleri ise L^2 'den bağımsızdırlar.

2.3 EKK Yöntemine Göre Dengelemeyle $a_n, b_n, c_n, d_n, a_e, b_e, c_e, d_e, a_u, b_u, c_u, d_u$ Bilinmeyen Değerlerinin Hesabı

Eckl ve diğ. (2001)'de yayımlanan makale çalışmasında,

- Düzeltme denklemleri,

Ölçü + Düzeltmesi = Bilinmeyenlerin Fonksiyonu

$$S_n^2(L,T) + v_i = a_n \frac{1}{T} + b_n \frac{L^2}{T} + c_n + d_n L^2 \quad (2.7)$$

$$S_e^2(L,T) + v_i = a_e \frac{1}{T} + b_e \frac{L^2}{T} + c_e + d_e L^2 \quad (2.8)$$

$$S_u^2(L, T) + v_i = a_u \frac{1}{T} + b_u \frac{L^2}{T} + c_u + d_u L^2 \quad (2.9)$$

(2.7), (2.8) ve (2.9) fonksiyonel modeli ile kurulur.

Eckl ve diğ. (2001)'deki çalışmasında kullanılan 26, 57, 101, 127, 153, 160, 201, 252, 253, 299 ve 300 km on bir farklı baz uzunlukları ve 4, 6, 8, 12 ve 24 saatlik oturum süreleri kullanılarak GPS ağına ait düzeltme denklemleri (2.7), (2.8) ve (2.9) denklemleri uygulanarak (2.10) modeli elde edilmiştir:

$$v_{55 \times 1} = A_{55 \times 4} x_{4 \times 1} - \ell_{55 \times 1} \quad (2.10)$$

Bu eşitlikte geçen terimlerden,

$v_{55 \times 1}$: Düzeltmeler vektörü

$A_{55 \times 4}$: Katsayılar matrisi

$x_{4 \times 1}$: Bilinmeyenler vektörü

$\ell_{55 \times 1}$: Yalın terimler vektörü

anlamındadır.

A matrisinin 55x4 boyutlu elemanları sayfaya sığmadığı için verilmemiştir.

- Normal denklemlerin kuruluşu

$$N_{4 \times 4} x_{4 \times 1} = n_{4 \times 1} \quad (2.11)$$

$$N_{4 \times 4} = A^T A, \quad n_{4 \times 1} = A^T \ell$$

$N_{4 \times 4}$: Normal denklem katsayılar matrisi

$n_{4 \times 1}$: Küçültülmüş terimler vektörü

$$N = \begin{bmatrix} 1.260 & 48878.844 & 7.33 & 284408.500 \\ & 3143393114.638 & 284386.000 & 18289195569.013 \\ & & 55.000 & 2132985.000 \\ & & & \text{simetrik} & 137169156315.000 \end{bmatrix}$$

$$n_1 = \begin{bmatrix} 113.6241667 \\ 4381519.1263340 \\ 648.9300000 \\ 24803480.2200000 \end{bmatrix}$$

- Normal denklemlerin çözümü

$$x_1 = N_{4 \times 4}^{-1} n_1, \quad n_1 = A_{55 \times 4}^T \ell_{s_n}, \quad x_1 = [a_n \ b_n \ c_n \ d_n]^T$$

$$x_2 = N_{4 \times 4}^{-1} n_2, \quad n_2 = A_{55 \times 4}^T \ell_{s_e}, \quad x_2 = [a_e \ b_e \ c_e \ d_e]^T \quad (2.12)$$

$$x_3 = N_{4 \times 4}^{-1} n_3, \quad n_3 = A_{55 \times 4}^T \ell_{s_u}, \quad x_3 = [a_u \ b_u \ c_u \ d_u]^T$$

$$N^{-1} = \begin{bmatrix} 8.9098210485 & -0.0001385363 & -1.1879831587 & 0.0000184709 \\ & 0.0000000036 & 0.0000184724 & -0.0000000005 \\ & & 0.2042029907 & -0.0000031752 \\ & & & 0.0000000001 \end{bmatrix}$$

simetrik

$$x_1 = \begin{bmatrix} a_n \\ b_n \\ c_n \\ d_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 92.60(mm^2 h) \\ 84.76(mm^2 h) \\ -0.29(mm^2) \\ -17.99(mm^2) \end{bmatrix}$$

$$x_2 = \begin{bmatrix} a_e \\ b_e \\ c_e \\ d_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 71.18(mm^2 h) \\ 886.79(mm^2 h) \\ -0.81(mm^2) \\ -16.5(mm^2) \end{bmatrix}, \quad n_2 = \begin{bmatrix} 122.4137500 \\ 5734140.2346781 \\ 694.3200000 \\ 32468452.6100000 \end{bmatrix}$$

$$x_3 = \begin{bmatrix} a_u \\ b_u \\ c_u \\ d_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1208.82(mm^2 h) \\ 293.65(mm^2 h) \\ 4.26(mm^2) \\ 370.97(mm^2) \end{bmatrix}, \quad n_3 = \begin{bmatrix} 1674.753750 \\ 68006421.919503 \\ 9974.030000 \\ 409151753.430000 \end{bmatrix}$$

2.4 Duyarlık Hesaplamaları

- a_n, b_n, c_n ve d_n bilinmeyenlerine ait duyarlık hesaplamaları

$$v_1^T v_1 = 1380.38 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{v_1^T v_1}{n-u}} = \pm \sqrt{\frac{1380.80 \text{ mm}^2}{55-4}} = \pm 5.203 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a_n} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{a_n a_n}} = \pm 5.203 \text{ mm} \sqrt{8.909821} = \mp 15.53 \text{ mm}$$

$$\sigma_{b_n} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{b_n b_n}} = \pm 5.203 \text{ mm} \sqrt{3572.83} = \mp 311.02 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c_n} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{c_n c_n}} = \pm 5.203 \text{ mm} \sqrt{0.204202} = \mp 2.35 \text{ mm}$$

$$\sigma_{d_n} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{d_n d_n}} = \pm 5.203 \text{ mm} \sqrt{81.881} = \mp 47.08 \text{ mm}$$

- a_e, b_e, c_e ve d_e bilinmeyenlerine ait doğruluk hesaplamaları

$$v_2^T v_2 = 5156.40 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{v_2^T v_2}{n-u}} = \pm \sqrt{\frac{5156.40 \text{ mm}^2}{55-4}} = \pm 10.055 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a_e} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{a_e a_e}} = \pm 10.055 \text{ mm} \sqrt{8.909821} = \mp 30.01 \text{ mm}$$

$$\sigma_{b_e} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{b_e b_e}} = \pm 10.055 \text{ mm} \sqrt{3572.83} = \mp 601.02 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c_e} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{c_e c_e}} = \pm 10.055 \text{ mm} \sqrt{0.204202} = \mp 4.54 \text{ mm}$$

$$\sigma_{d_e} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{d_e d_e}} = \pm 10.055 \text{ mm} \sqrt{81.881} = \mp 90.98 \text{ mm}$$

- a_u, b_u, c_u ve d_u bilinmeyenlerine ait doğruluk hesaplamaları

$$v_3^T v_3 = 448890.00 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_0 = \pm \sqrt{\frac{v_3^T v_3}{n-u}} = \pm \sqrt{\frac{448890.00 \text{ mm}^2}{55-4}} = \pm 93.818 \text{ mm}$$

$$\sigma_{a_u} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{a_u a_u}} = \pm 93.818 \text{ mm} \sqrt{8.909821} = \mp 280.04 \text{ mm}$$

$$\sigma_{b_u} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{b_u b_u}} = \pm 93.818 \text{ mm} \sqrt{3572.83} = \mp 5607.78 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c_u} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{c_u c_u}} = \pm 93.818 \text{ mm} \sqrt{0.204202} = \mp 42.40 \text{ mm}$$

$$\sigma_{d_u} = \pm \sigma_0 \sqrt{Q_{d_u d_u}} = \pm 93.818 \text{ mm} \sqrt{81.881} = \mp 848.93 \text{ mm}$$

2.5 $a_n, b_n, c_n, d_n, a_e, b_e, c_e, d_e, a_u, b_u, c_u, d_u$ Bilinmeyen Değerlerinin Test Edilmesi

(2.7), (2.8) ve (2.9) varyans denklemlerinden geçen bilinmeyenlerin EKKY göre dengelemeyle bulunan değerlerinin geçerliliği,

$$T_{a_n} = \frac{a_n}{\sigma_{a_n}}, \quad T_{a_e} = \frac{a_e}{\sigma_{a_e}}, \quad T_{a_u} = \frac{a_u}{\sigma_{a_u}}, \quad \dots \quad (2.13)$$

(2.13) deki gibi t-dağılımlı test büyüklükleri ile oluşturulan oranlar eğer $\alpha = 0.05$ anlamlılık düzeyi ve $f = 51$ serbestlik derecesi için t-dağılımın $T_{0.975} = 2.00$ tablo değerinden büyükse (2.1), (2.2) ve (2.3) denklemlerinde geçen $a_n, a_e, a_u, \dots$ bilinmeyenlerinin denklemlerdeki konumlarına göre hesaplanan değerlerinin geçerli olduğuna, aksi durumda bilinmeyenlerin mevcut konumlarına göre bulunan değerlerinin geçerli olmadığına karar verilir.

$$T_{a_n} = \frac{92.60}{15.53} = 5.96 > 2, \quad T_{a_e} = \frac{71.18}{30.01} = 2.37 > 2, \quad T_{a_u} = \frac{1208.82}{280.04} = 4.32 > 2$$

Test büyüklükleri ikiden büyük olan a_n, a_e, a_u bilinmeyenlerinin değerleri geçerli olup, tahmin düzeyleri ise sıfırdan yüzde 95'e kadar istatistik güvenle farklılık göstermektedir.

Diğer bilinmeyenlerin test büyüklükleri,

$$\begin{aligned} T_{b_n} &= 0.27, \quad T_{b_e} = 1.57, \quad T_{b_u} = 0.05 \\ T_{c_n} &= -0.12, \quad T_{c_e} = -0.18, \quad T_{c_u} = 0.10 \\ T_{d_n} &= -0.38, \quad T_{d_e} = -0.18, \quad T_{d_u} = 0.44 \end{aligned}$$

şeklinde olup, hepsinin test büyüklükleri, yukarıda verilen anlamlılık düzeyi ve serbestlik derecesi için t-dağılımı tablo değeri ikiden küçük olduklarından $b_n, b_e, b_u, c_n, c_e, c_u, d_n, d_e, d_u$ bilinmeyenlerinin hesaplanan değerleri geçerli değildir. Bu sonuç, nokta konum doğruluğu bileşenlerinin doğruluğunun sadece oturum süresi T 'ye bağlı olduğunu göstermektedir.

Bu durumda başlangıçta öngörülen (2.1), (2.2) ve (2.3) denklemlerin yerine,

$$S_n(L, T) = \left[\frac{a_n}{T} \right]^{1/2} = \frac{\sqrt{a_n}}{\sqrt{T}} = \frac{k_n}{\sqrt{T}} \quad (2.14)$$

$$S_e(L, T) = \left[\frac{a_e}{T} \right]^{1/2} = \frac{\sqrt{a_e}}{\sqrt{T}} = \frac{k_e}{\sqrt{T}} \quad (2.15)$$

$$S_u(L, T) = \left[\frac{a_u}{T} \right]^{1/2} = \frac{\sqrt{a_u}}{\sqrt{T}} = \frac{k_u}{\sqrt{T}} \quad (2.16)$$

(2.14), (2.15) ve (2.16) denklemleri alınır.

2.6 k_n, k_e, k_u Değerlerinin Hesaplanması

k_n, k_e, k_u bilinmeyenleri dolaysız ölçüler dengelemesiyle aşağıdaki gibi hesaplanır.

- k_n kuzey bileşenin hesabı

$$S_n(L, T) = \frac{\sqrt{a_n}}{\sqrt{T}} = \frac{k_n}{\sqrt{T}}, \quad k_n = \sqrt{a_n}$$

$$\begin{aligned} k_n &= S_n(L, T) \sqrt{T} \\ \bar{k}_n &= k_n + v_{k_n} = S_n(L, T) \sqrt{T} \\ v_{k_n} &= S_n(L, T) \sqrt{T} - k_n \\ v_{k_n}^2 &= (S_n(L, T) - k_n)^2 \\ \sum v_{k_n}^2 &= \sum ((S_n(L, T) - k_n)^2) \\ \frac{\partial \sum v_{k_n}^2}{\partial k_n} &= 0 \end{aligned}$$

$$\bar{k}_n = \frac{\sum (\sqrt{T} \sum S_n(L, T))}{n} \quad (2.17)$$

$$v_i = \bar{k}_n - \sqrt{T} \sum S_n(L, T) \quad (2.18)$$

$$\sigma_{\bar{k}_n} = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \quad (2.19)$$

Çizelge 2.1: k_n değerinin dengelemeli hesabında kullanılan ara değerler tablosu.

$T(h)$	4	6	8	12	24
$\sum S_n(L,T)(mm)$	4.7	3.8	3.1	2.7	1.7
$\sqrt{T}$	2.0	2.4490	2.8280	3.4640	4.8990
$\sqrt{T}\sum S_n(L,T)$	9.4	9.3062	8.7668	9.3528	8.3283

$$\sum(\sqrt{T}\sum S_n(L,T)) = 45.1541mm, n=5, \bar{k}_n = \frac{45.1541}{5} = 9.0mm$$

$$\sum v^2 = 0.94mm^2, \sigma_{k_n} = \pm \sqrt{\frac{0.94mm^2}{5.4}} = \pm 0.22mm$$

$$k_n = 9,0mm \pm 0,22mm h^{0.5} \quad (2.20)$$

- k_e doğu bileşenin hesabı

$$\bar{k}_e = \frac{\sum(\sqrt{T}\sum S_n(L,T))}{n} \quad (2.21)$$

$$v_i = \bar{k}_e - \sqrt{T}\sum S_e(L,T) \quad (2.22)$$

$$\sigma_{\bar{k}_e} = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \quad (2.23)$$

Çizelge 2.2: k_e değerinin dengelemeli hesabında kullanılan ara değerler tablosu.

$T(h)$	4	6	8	12	24
$\sum S_n(L,T)(mm)$	5.0	3.6	3.0	2.8	2.0
$\sqrt{T}$	2.0	2.4490	2.8280	3.4640	4.8990
$\sqrt{T}\sum S_n(L,T)$	10.0	8.8164	8.4840	9.6992	8.7980

$$\sum(\sqrt{T} \sum S_e(L,T)) = 46.7976(h.mm) , n = 5 , \bar{k}_e = \frac{46.7976}{5} = 9.4 mm$$

$$\sum v^2 = 1.78 mm^2 , \sigma_{k_n} = \pm \sqrt{\frac{1.78 mm^2}{5.4}} = \pm 0.30 mm$$

$$k_e = 9.4 mm \pm 0.30 mm h^{0.5}$$

- k_u yukarı bileşenin hesabı

$$\bar{k}_u = \frac{\sum(\sqrt{T} \sum S_n(L,T))}{n} \quad (2.25)$$

$$v_i = \bar{k}_u - \sqrt{T} \sum S_u(L,T) \quad (2.26)$$

$$\sigma_{\bar{k}_u} = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n(n-1)}} \quad (2.27)$$

T: Oturum süresi, n: Oturum sayısı,

Çizelge 2.3: k_u değerinin dengelemeli hesabında kullanılan ara değerler tablosu.

$T(h)$	4	6	8	12	24
$\sum S_n(L,T)(mm)$	17.7	14.2	13.0	10.2	8.0
$\sqrt{T}$	2.0	2.449	2.828	3.464	4.899
$\sqrt{T} \sum S_n(L,T)$	35.4	34.8	36.800	35.300	39.200

$$\sum(\sqrt{T} \sum S_u(L,T)) = 181.5 (h.mm) , n = 5 , \bar{k}_u = \frac{181.5}{5} = 36.3 mm$$

$$\sum v^2 = 12.72 mm^2 , \sigma_{k_u} = \pm \sqrt{\frac{12.72 mm^2}{5.4}} = \pm 0.80 mm$$

$$k_u = 36.3 mm \pm 0.80 mm h^{0.5} \quad (2.28)$$

Sonuç olarak (2.1), (2.2) ve (2.3) standart sapma formülleri,

$$S_n = \frac{9.5}{\sqrt{T}}; S_e = \frac{9.9}{\sqrt{T}}; S_u = \frac{36.5}{\sqrt{T}} \quad (2.29)$$

(2.29) şekline dönüşür.

(2.29) eşitliklerinden nokta konum standart sapması bileşenlerinin oturum süresi (T)'nin fonksiyonu olduğu görülmektedir.

2.7 Konum Bileşenlerinin Doğruluklarının Hesabında Alternatif Formüller

(2.9) formüllerine eş değer sonuçlar veren konum doğruluk bileşenlerinin hesaplandığı formüller geliştirilmiştir. Bu formüllerin çıkartılması Ek D'de verilen bir veri kümesine üstel fonksiyon uydurma yöntemine dayanmaktadır.

- S_n Değerini Hesaplayan Alternatif Formülün Çıkartılması

Çizelge 2.4: Ek D'ye göre S_n 'ye üstel fonksiyon geçirme ara değerler tablosu.

$X_i = T_i(h)$	4	6	8	12	24	54
$S_n(mm)$	4.7	3.8	3.1	2.7	1.7	
Y	1.547562	1.335001	1.131402	0.993252	0.530628	5.537845
X^2	16	36	64	144	576	836
XY	6.190248	8.010006	9.051216	11.919024	12.735072	47.905566

Ek D'de verilen (D.1) den (D.16)'ye kadar eşitlikler uygulanarak,

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 54 \\ 54 & 836 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 5.537845 \\ 47.905566 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.661392 & -0.042722 \\ -0.042722 & 0.003956 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5.537845 \\ 47.905566 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.616090 \\ -0.047085 \end{bmatrix}$$

$$\alpha = e^b = (2.718281828)^{1.616090} = 5.033371; \beta = m = -0.047085$$

$$S_n = \frac{5.0}{e^{0.05 T}} \quad (2.30)$$

$$e = 2.718281828$$

$$\alpha \pm \sigma_\alpha = 5.03 \pm 0,05 h^{0.5}$$

$$\beta \pm \sigma_\beta = -0.05 \pm 0,01 h^{0.5}$$

(2.30) eşitlikleri elde edilir.

Çizelge 2.5: S_n 'nin Eckl ve alternatif formüllerden hesabının karşılaştırılması.

$T(h)$ (saat)	4	6	8	12	24
$S_n = 9.5/\sqrt{T}$ (mm)	4.7	3.9	3.4	2.7	1.9
$S_n = 5.0/e^{0.05T}$ (mm)	4.1	3.7	3.4	2.7	1.5

- S_e Değerini Hesaplayan Alternatif Formülün Çıkartılması

Çizelge 2.6: Ek D'ye göre S_e 'ye üstel fonksiyon uydurmada ara değerler tablosu.

$X_i = T_i(h)$	4	6	8	12	24	54
$S_e(mm)$	5.0	3.6	3.0	2.8	2.0	
Y	1.609438	1.280934	1.098612	1.029619	0.693147	5.711750
X^2	16	36	64	144	576	836
XY	6.437752	7.685604	8.788896	12.355428	16.635528	51.903208

Ek D'de verilen (D.1) den (D.16)'ye kadar eşitlikler uygulanarak,

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 54 \\ 54 & 836 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 5.537845 \\ 47.905566 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.661392 & -0.042722 \\ -0.042722 & 0.003956 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 5.711750 \\ 51.903208 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.560324 \\ -0.038701 \end{bmatrix}$$

$$\alpha = e^b = (2.718281828)^{1.560324} = 4.760363; \beta = m = -0.038701$$

$$S_e = \frac{5.0}{e^{0.04 T}} \quad (2.31)$$

$$e = 2.718281828$$

$$\alpha \pm \sigma_\alpha = 4.76 \pm 0.05 h^{0.5}$$

$$\beta \pm \sigma_\beta = -0.04 \pm 0.01 h^{0.5}$$

(2.31) eşitlikleri elde edilir.

Çizelge 2.7: S_e 'nin Eckl ve alternatif formüllerden hesabının karşılaştırılması.

$T(h)$ (saat)	4	6	8	12	24
$S_e = 9.9/\sqrt{T}$ (mm)	5.0	4.0	3.5	2.9	2.0
$S_e = 5.0/e^{0.04T}$ (mm)	4.3	3.9	3.6	3.1	1.9

- S_u Değerini Hesaplayan Alternatif Formülün Çıkartılması

Çizelge 2.8: Ek D'ye göre S_u 'ya üstel fonksiyon uydurmada ara değerler tablosu.

$X_i = T_i(h)$	4	6	8	12	24	24
S_u (mm)	17.7	14.2	13.0	10.2	8.0	8.0
Y	2.873565	2.653242	2.564949	2.322388	2.079442	12.493586
X^2	16	36	64	144	576	836
XY	11.494260	15.919452	20.519592	27.868656	49.906608	125.708568

Ek D'de verilen (D.1) den (D.16)'ye kadar eşitlikler uygulanarak,

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & 54 \\ 54 & 836 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 12.493586 \\ 125.708568 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.661392 & -0.042722 \\ -0.042722 & 0.003956 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 12.493586 \\ 125.708568 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.892702 \\ -0.036480 \end{bmatrix}$$

$$\alpha = e^b = (2.718281828)^{2.892702} = 18.041993; \beta = m = -0.036480$$

$$S_u = \frac{18.0}{e^{0.04T}} \quad (2.32)$$

$$e = 2.718281828$$

$$\alpha \pm \sigma_\alpha = 18.04 \pm 0.11 h^{0.5}$$

$$\beta \pm \sigma_\beta = -0.04 \pm 0.13 h^{0.5}$$

(2.32) eşitlikleri elde edilir.

Çizelge 2.9: S_u 'nun Eckl ve alternatif formüllerden hesabının karşılaştırılması.

$T(h)$ (saat)	4	6	8	12	24
$S_u = 36.5/\sqrt{T}$ (mm)	18.2	14.9	12.9	10.5	7.4
$S_u = 18.0/e^{0.04T}$ (mm)	15.3	14.2	13.1	11.1	6.9

Sonuç olarak Eckl ve diğ. (2001)'deki yayınlarına dayanılarak (2.29)'da verilen nokta konum standart sapması S_n, S_e, S_u bileşenlerinin hesaplandığı formüller ile bunların yerine geliştirilen (2.30), (2.31) ve (2.32) formülleriyle yapılan hesap değerleri, Çizelge 2.5, Çizelge 2.7 ve Çizelge 2.9'de verilmiştir. Çizelgelere bakıldığında alternatif formüller ile bulunan standart sapma değerlerinin, Eckl ve diğ. (2001)'de verdikleri formülleri ile bulunan değerlere benzer/eşdeğer sonuçlar verdiği görülmektedir. Kısacası alternatif standart sapma hesaplama formülleri de Eckl ve diğ. (2001) formülleri gibi pratik amaçlar için kullanılabilir.

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN GPS NOKTALARI

3.1 GPS Noktaları Verilerinin Elde Edilmesi

İnceleme konusu için yeryuvarı üzerinde olabildiğince homojen dağılmış 13 adet IGS noktasından oluşan uygulama noktaları aşağıdaki Şekil 3.1’de elipsler içine alınmış ve noktaların konumlarını tanıtıcı bilgilere Çizelge 3.1’de yer verilmiştir.

Çalışmada kullanılan IGS noktalarına ait 1995-2010 yılları arasında bir Ocak gününe ait toplam 16 yıllık verileri, SOPAC (Url-1) adresinden alınmıştır.

IGS, 80 ülkede bulunan gönüllü 200 kurum ve kuruluşun işbirliği ile yürütülen uluslar arası bir kuruluştur. Uluslar arası GNSS servisi bilimsel ve farklı mühendislik alanlarına ait uygulamalara yanıt verecek doğruluğa sahip GPS gözlemlerinin (ölçülerinin) elde edilmesi, saklanması ve kullanıma sunulması görevlerini yüklenmiştir.

GPS ölçülerinden;

- Doğruluğu yüksek GPS uydu efemerisleri (yörüngeleri),
- Yer dönme parametreleri,
- IGS izleme istasyonlarının koordinatları ve bunların hızları,
- GPS uydularına ve IGS izleme istasyonlarına ait saat hatası bilgileri,
- Troposferik zenit gecikmesi değerleri

elde edilir.

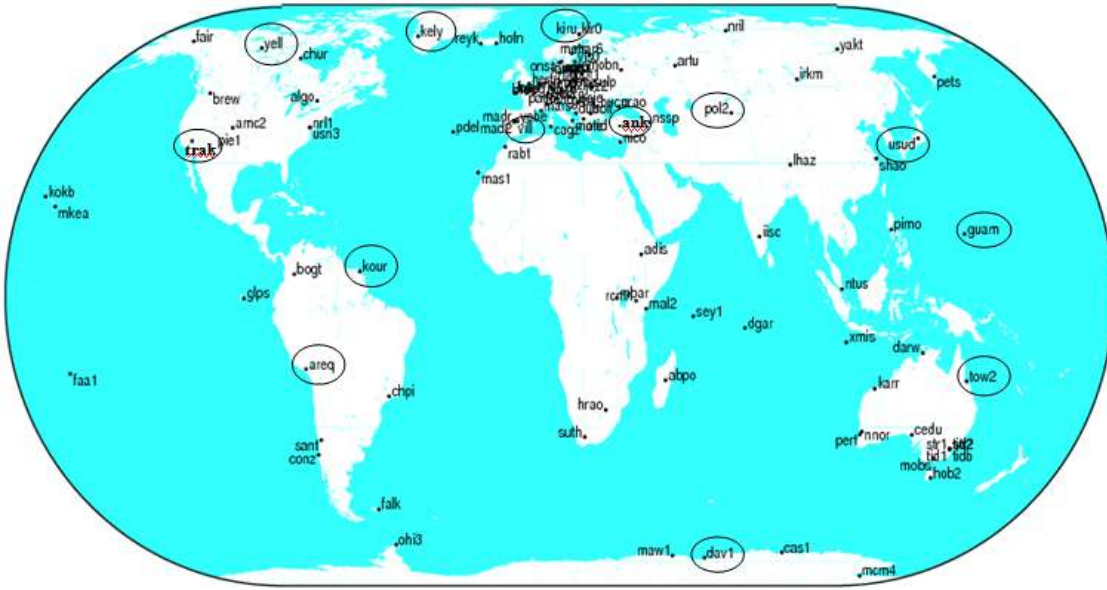
3.2 GPS Noktalarının Dağılımı

Şekil 3.1’de ki 13 adet IGS uygulama noktalarının yeryuvarındaki dağılımı;

Kuzey yarım kürede: ankr, guam, kely, kiru, kour, pol2, trak, usud, vill ve yell

Güney yarım kürede: areq, dav1 ve tow2

şeklindedir.



Şekil 3.1: IGS uygulama noktaları (Url-1).

Çizelge 3.1: IGS uygulama noktalarına ait konum bilgileri (Url-1).

IGS Adresi	Ülke	Şehir	Enlem $\varphi(^{\circ})$	Boylam $\lambda(^{\circ})$	Yükseklik $h(m)$
ankr	Türkiye	Ankara	39.8875	32.7586	974.8000
areq	Peru	Arequipa	-16.4655	288.5072	2488.9226
dav1	Antartika	Davis	-68.5773	77.9726	44.5000
guam	Guam	Dededo	13.5893	144.8683	201.9220
kely	Grönland	Kangerlussuaq	66.9874	309.0552	229.8064
kiru	İsveç	Kiruna	67.8573	20.9684	391.0000
kour	Fransız G.	Kourou	5.2522	307.1940	-25.5700
pol2	Kırgızistan	Bişkek	42.6798	74.6943	1714.2000
tow2	Avusturalya	Cape Ferguson	-19.2693	147.0557	88.2349
trak	Amerika	Irvine	33.6200	242.2000	116.2700
usud	Japonya	Usuda	36.1331	138.3620	1508.6193
vill	İspanya	Villafranca	40.4436	356.0480	647.5000
yell	Kanada	Yellowknife	62.4809	245.5193	181.0000

3.3 GPS Noktaları Verilerinin Elde Edilmesinde Dikkate Alınan Ölçütler

İnceleme konusu için yukarıdaki Şekil 3.1’de işaretlenmiş 13 adet IGS noktasının seçiminde aşağıdaki ölçütler uygulandı:

Noktalar;

- 1995-2010 yılları arasında bir Ocak gününe ait 16 yıllık bir periyodik süreyi kapsamaması,
- 16 yıllık sürede noktaların bir Ocak gününe ait SOPAC’da arşivlenen verilerinin sürekliliğinin %90-%95 düzeyinde olması,
- İncelemeye konu edilen noktalar kümesinin tüm yeryuvarına yaklaşık olarak homojen dağılması,
- Noktaların homojen dağılımını sağlamak için noktalar kutup, orta enlemler ve ekvator bölgelerinde olması

dikkate alınarak belirlendi.

3.4 13 GPS Noktası Verilerinin Elde Edilmesinde Özel Durumlar

Yukarıdaki Şekil 3.1 ve Çizelge 3.1’de çalışmaya konu edilen noktaların yer yuvarında dağılımı ve konum bilgileri verilmiştir. Bölüm (3.3)’de sıralanan ölçütlere göre noktalara ait 1995 yılı bir Ocak gününden başlayarak, 2010 yılı bir Ocak gününe kadar, 16 yıllık bir Ocak günlü veriler alınırken bazı noktaların 1995, 1996 ve 1997 yılı verilerine ya hiç ulaşamamıştır ya da veri sürekliliğinin %90-%95’in çok altında olduğundan değerlendirmeye alınmamıştır. 13 IGS noktasının 1995 yılı bir Ocak günlü verisine ulaşamamıştır. Bunun nedeni IGS noktalarında sürekli GPS verilerinin alınmasının 1994 ve 1995 gibi başlangıç yıllarından kaynaklanan bazı sorunlardan kaynaklanmış olması olasıdır. Yine benzer nedenlerden dolayı noktaların 1996 yılı verilerine %77 oranında ulaşamamıştır. Ayrıca sadece areq ve tow2 noktalarının 1997 yılı bir Ocak günlü verisine ulaşamamıştır. Bu özel durumlar dışında tüm noktaların 2010 yılına kadar olan bir Ocak günlü tüm verilerine ulaşılmıştır.

4. GPS VERİLERİNİN BÖLÜNMESİ

4.1 GPS Verilerinin Yapısı

Global Diferansiyel GPS (GDGPS) Sistemi, NASA tarafından geliştirilen son derece hassas ve güvenilir bir gerçek zamanlı GPS izleme sistemidir (Url-4). GDGPS sisteminin gerçek zamanlı referans alıcıları ve GIPSY 5.0 (başka yazılımlarda var) yazılımı ile dünyanın her yerinde çok hassas konumlama yapılabilmektedir.

Bir GPS alıcısının esas işlevi, uydudan gelen sinyali kaydedip işleme tabi tutması (signal processing), anlık (real-time) uygulamalar için koordinat dönüşümleri yapması ve istenen hareketli objeler için gerekli bilgileri hesaplamasıdır.

GPS ölçüleri alıcı markasına bağlı olarak ikili (binary) sayı sisteminde depolanmaktadır. SOPAC data arşivinde noktalara ilişkin alınan IGS ölçü değerlerini analizde kullanabilmek için ölçü formatı yapısının bilinmesi gerekmektedir. SOPAC data arşivinde alınan noktalara ait günlük ölçü değerleri RINEX formatındadır (Gurtner and Mader, 1990). 13 IGS noktasına ait günlük ölçü dosyaları fazla yer kaplamamaları için, Hatanaka formatında sıkıştırılmıştır (Hatanaka, 1996). Geniş sahalarda farklı veri yapılı alıcılarla yapılan GPS ölçmeleri ancak her alıcının kendi yazılımı ile değerlendirmesi yapılabilmektedir.

Her alıcının ölçü değerlerinin farklı yazılımlarda değerlendirilebilmesi için ortak bir veri formatına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu ihtiyaç alıcıya bağlı olmayan veri değişim formatı olan RINEX (Receiver INdependence EXchange) ile çözülmüştür. Farklı alıcılarla eş zamanlı üretilen GPS ölçüleri, RINEX formatına dönüştürülerek farklı değerlendirme yazılımlarında analiz edilmesi sağlanmıştır.

4.2 GPS Günlük Verilerinin Bölünmesi

GPS gözlem dosyaları RINEX 2, RINEX 2.11 ve GIPSY TDP veri giriş dosyalarını destekler (Url-4).

SOPAC data arşivinde (Url-6), 13 noktaya ait RINEX günlük gözlem dosyaları WinRAR (d.Z dosyası olarak) dosyası olarak KB (kilobayt) boyutunda sıkıştırılmış dosyalardır.

Bütün noktalara ait veri dosyaları günlük hatanaka veri dosyalarına (d dosyaları) ve gözlem dosyalarına (o dosyaları) dönüştürülmüştür. Örneğin, areq noktamızın 1 Ocak 2010 tarihli WinRAR veri dosyası adı ve boyutu areq0010.10d.Z (321 KB) şeklinde olup, bu noktamızın hatanaka veri dosyası şekline dönüştürülmüşü areq0010.10d (923 KB) ve hatanaka dosyasının da gözlem dosyasına dönüştürülmüşü ise areq0010.10o (3170 KB) şeklindedir. Yani (d.Z) gözlem dosyaları önce hatanaka (d) sıkıştırılmış gözlem dosyalarına sonra ise (o) gözlem dosyalarına dönüştürülmüştür.

Çalışma için seçilen 13 noktanın 1995-2010 yılları aralığındaki RINEX formatındaki WinRAR olarak sıkıştırılmış (d.Z) dosyaları, önce (d) Hatanaka sıkıştırılmış dosyalarına ve sonra da (o) gözlem dosyalarına dönüştürülmüştür.

UNAVCO'nun bir alt yazılımı olan TEQC yazılımı ile günlük (o) gözlem dosyaları (0-8), (8-16) ve (16-24) saat aralıklarında 3 adet 8'er saatlik gözlem dosyaları ile (0-12) ve (12-24) saat aralıklı 2 adet 12'şer saatlik gözlem dosyalarına bölünmüştür. TEQC'in bir algoritması var. Bu algoritma ile veriler bölünebiliyor (Url-5).

Günlük verileri 3 adet 8'er saatlik ile 2 adet 12'şer saatlik verilere bölünmesinin amacı, noktaların bölünmüş günlük verilerinin analizi sonucunda hesaplanan (h) elipsoid yükseklikleri, (φ) enlem ve (λ) boylam değerleri ile bunlara ait (FSS) formal standart sapma değerlerinin, 24 saatlik verilerinin analizi ile bulunacak (h), (φ) ve (λ) değerleri ile ve bu değerlere ait (FSS) değerlerine yakın sonuç verip vermediğini test etmenin yanında, ayrıca sekizer ve on ikişer saatlik gözlemlerin analiz sonuçlarının ortalaması alınarak, hem sekizer ve on ikişer saatlik analiz sonuçları ile hem de 24 saatlik analiz sonucu ile karşılaştırmasını yapabilmek içindir.

Ekonomik davranmanın, karar almanın, tercih yapmanın temel kurallarından biri belki başlıcası fayda-maliyet karşılaştırılması yapmaktır. Bir işin, alınacak bir kararın sağlayacağı fayda, katlanılacak maliyetten daha fazla ise o işin yapılması kararı alınabilir. Maliyete katlanıp fayda yaratamama, fayda sağlayamama, ekonomik bir eylem olarak nitelendirilemez (Akgüç, 2009).

Günlük verilerin bölünmesinin diğ er bir nedeni ise 24 saatlik değerlendirmeyeyle elde edilen sonuçlara, acaba 24 saatten küçük hangi oturum s uresiyle ulaşılabilineceğinin belirlenmesidir. Diğ er bir deyişle günlük verilerin     adet sekizer ve iki adet on iki saat veri dosyalarına bölünmesinin bir diğ er nedeni ise optimum oturum s uresini belirlemek içindir. Amaç 24 saatlik veri dosyası analiz sonuçları ile eş değer sonuç üreten ve 24 saatlik veriden daha küçük veri dosyasıyla çalışarak bir mühendislik ekonomisi (faydası) elde etmektir.

Pratikte, çeşitli araştırma faaliyetleri için GPS kampanyalarının uzunluğu (yani oturum s ureleri) ortalama 10 saat öngörülmekte ancak uygulamadaki çeşitli aksaklıklar (olumsuz hava koşulları, teknik ekipmanda oluşan sorunlar, ulaşım vb. sorunları) nedeniyle bu     mler bazan planlananın aksine ancak 5-6 saat gerçekleştirilebilmektedir. Bu tezin bir amacı da     m s uresinin arzu edilen s ureden kısa olması durumunda hız doğruluk kestiriminde nasıl bir kayıp yaşanacağını okuyucuya göstermektir.

5. GPS VERİLERİNİN ANALİZİ

5.1 Giriş

Global Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System (GPS)), bir alıcı ve uydu sinyalleri yardımıyla yer yuvarı üzerinde, herhangi bir yer ve zamanda, her türlü meteorolojik koşullarda, ekonomik ve doğruluğu yüksek olacak şekilde, tanımlanmış yer merkezli (earth fixed) bir koordinat sisteminde, anında ve sürekli olarak noktaların zamana bağlı olarak x, y, z dik koordinatlarını ve hızlarını, en az 4 uydudan kod-faz varış zamanının ölçülmesi esasına dayalı olarak belirleyen bir uzay ölçme sistemidir. Ayrıca Rus (GLONASS), Avrupa Birliği (AB) (GALİLEO), Çin (BeiDou) ve Hindistan (IRNSS) uydu sistemlerini geliştirmişlerdir. Artık uydu sistemleri için Global Uydu Navigasyon Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems (GNSS)) tanımı kullanılmaktadır. GPS ölçme sistemi, uzay, kontrol ve kullanıcı bölümlerinden oluşmaktadır. GPS ölçmeleri, alıcının aldığı ile ürettiği sinyallerin zaman veya faz farklarından oluşmaktadır. GPS sisteminin ölçme mantığı klasik jeodezideki geriden kestirme probleminin ölçme mantığına dayanmaktadır. Geriden kestirme problemi konum dik koordinatları bilinmeyen ölçme noktasından (alıcı noktasından) konum koordinatları bilinen noktalara (uyduların yer merkezli dik koordinatları) yapılan ölçmelerden faydalanılarak, ölçme yapılan noktanın yer merkezli dik koordinatlarının belirlenmesidir. GPS, 1970'li yılların sonlarındaki kuruluşundan günümüze kadar göreliliği veri işleme alanında etkili olmuştur. GPS, 2000'li yıllara kadar göreliliği hassas GPS veri işleme üzerinde bir tekel yapı oluşturduğu söylenebilir. Hassas Nokta Konum Belirleme (Precise Point Positioning (PPP)) pazarı üzerinde 1990'lı yıllarda başlayan rekabet bu tekel yapıyı değiştirmiştir (King ve diğ. 2002). Göreliliği konumlamayla ulaşılan nokta konum hassasiyetine, (PPP) ile ulaşılmıştır. Ancak göreliliği olarak GPS veri işleme hızı, (PPP) ile konumlamadaki veri işleme hızının önündedir. Bağlı konumlamada minimum iki alıcıya ihtiyaç varken, (PPP) ile konumlamada bir alıcı yeterli olmaktadır. GPS verileri ile tek noktanın mutlak koordinatlarını elde etmede şu hata kaynakları söz

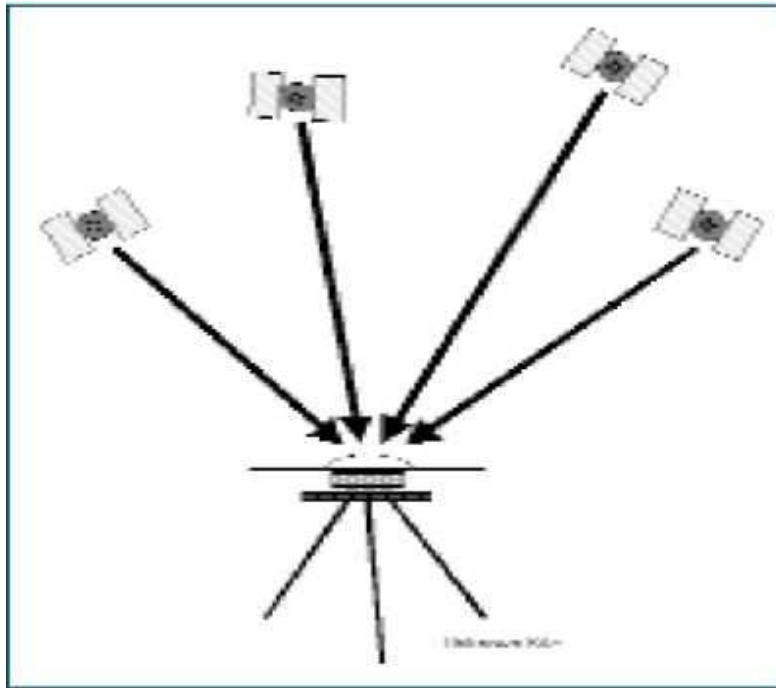
konusudur: Bu hatalar, atmosferik hatalar, alıcı hataları ve uydu hataları şeklinde sınıflandırılır.

Uydu hataları uydu koordinat hataları, uydu saat hataları, alıcı saat hatalarıdır. Atmosferik hata kaynakları, troposfer ve iyonosfer nedeniyle oluşan sinyal gecikme hatalarıdır.

Bu hatalar çeşitli ölçme ve modelleme yöntemleri yanında geliştirilmiş yazılımlarla çözüme kavuşturulmuştur. GPS ölçme teknikleri ve GPS değerlendirme yazılımları araştırmacılara çok önemli araştırma olanakları sağlamıştır.

5.2 GPS Statik Ölçme Yöntemi

GPS statik ölçme yöntemi, alıcı anteni sabit tutularak, uydudan çıkan sinyalin alıcıya varışına kadar geçen zamanın ışık hızı ile çarpılarak uydu-alıcı arasındaki uzaklık ölçülmesine dayanmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: GPS statik ölçme yöntemi (King ve diğ, 2002).

Yukarıda tanımlanan GPS statik ölçme yöntemi, mutlak konumlama yöntemi olarak adlandırılan Precise Point Positioning (PPP) yöntemidir. Yöntem hesaplanan uydu-alıcı uzaklıkları ve uydu koordinatlarının bilinmesinden dolayı uzay geriden kestirme ilkelerine dayanmaktadır. Alıcı noktasının mutlak koordinatları, kullanılan P ya da C/A kod veya faz farkı bilgisi ve uydu geometrisine göre belirlenmektedir. Mutlak

konum belirlemede kullanılan (PPP) Statik ölçme yöntemi, yer yuvarında kabuk hareketlerinin belirlenmesi, deprem beklentisi olan fay hareketlerinin izlenmesi, yer merkezli koordinat sisteminde koordinatları bilinen jeodezik ağ noktalarının hızlarının belirlenmesi gibi yüksek doğruluk beklentili bilimsel çalışmalarda kullanılan bir ölçme yöntemidir. Yer yuvarındaki jeolojik ve mühendislik yapıların kinetiği ve dinamiğinin belirlenmesinde, kısacası jeodinamik ve jeokinetik problemlerin çözümünde kullanılan bir ölçme yöntemidir. Bölüm 3’de uygulama amaçlı kullanılan 13 IGS noktasının günlük verileri GPS statik (PPP) ölçme yöntemiyle elde edilmiş verileridir.

GPS statik (PPP) ölçme yönteminde oturum süresi en az 1 saat ile 24 saat arasında değişmektedir. (PPP) statik ölçme yöntemiyle elde edilen 13 IGS noktasının ölçü dosyaları GIPSY 5.0 yazılımı ile değerlendirilmiştir.

5.3 GPS İle Hassas Konum ve Hız Belirlemede Getirilmesi Gereken Düzeltmeler

Noktaların konum ve hız hesabının doğruluğunu yükseltmek için aşağıdaki düzeltmeler yapılmaktadır (King, ve diğ, 2002; Sanli ve Tekin, 2010; Kahveci, 2010):

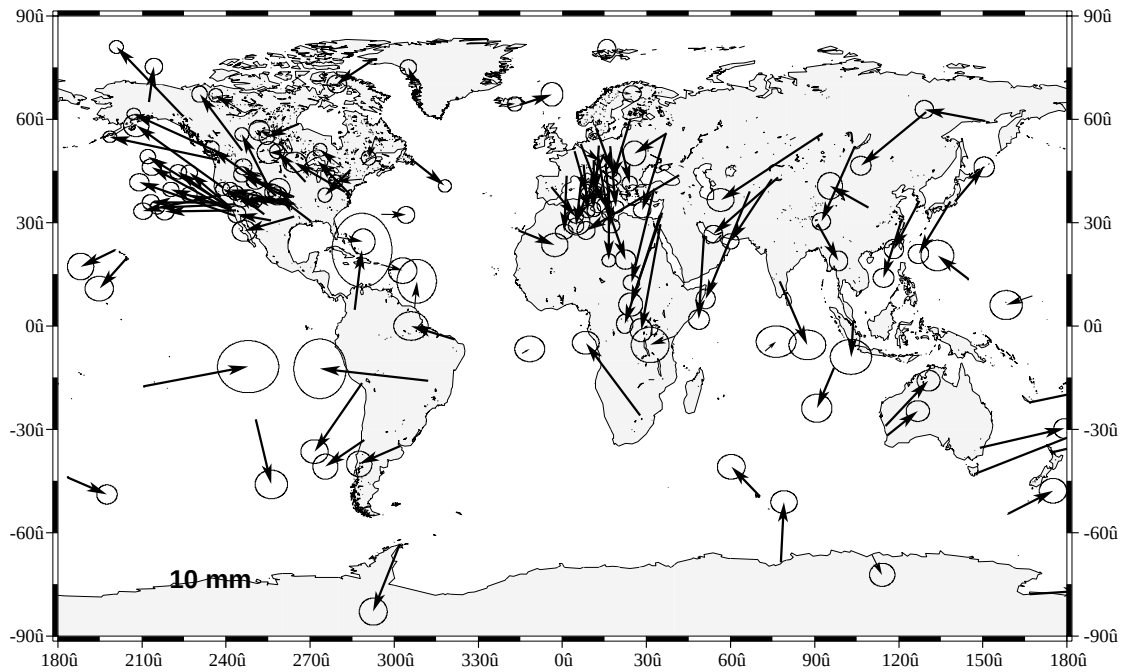
- Yeryuvarı dönme parametreleri (ERP: Earth Rotation Parameters)
- Kutup gezinmesi/kutup gelgiti (Polar Motion/Polar Tides)
- Okyanus yüklemesi (Ocean Loading)
- Katı yeryuvarı gelgiti (Solid Earth Tides)
- Uydu anteni faz merkezi kayıklıkları
- Alıcı anteni faz merkezi kayıklıkları (FCV: Phase Center Variations)
- Uydu faz dönmesi (Phase Wind Up)
- İstasyon hızları (konum değişimleri)
- IGS/IERS (International Earth Rotation Service) standartları ile uyum
- Referans çerçeve (Datum)

Nokta konum doğruluğunu yükseltmeye yönelik yukarıda sayılan on etkiye ait getirilecek düzeltmeler GIPSY 5.0 yazılımı içerisinde yapılabilmektedir.

GPS gözlemlerindeki birçok etkiyi, GPS koordinat zaman serilerinde yarım günlük, günlük, yarım yıllık, yıllık ve birkaç yıllık periyodik sinyaller olarak görmek olanaklıdır (Kahveci, 2010).

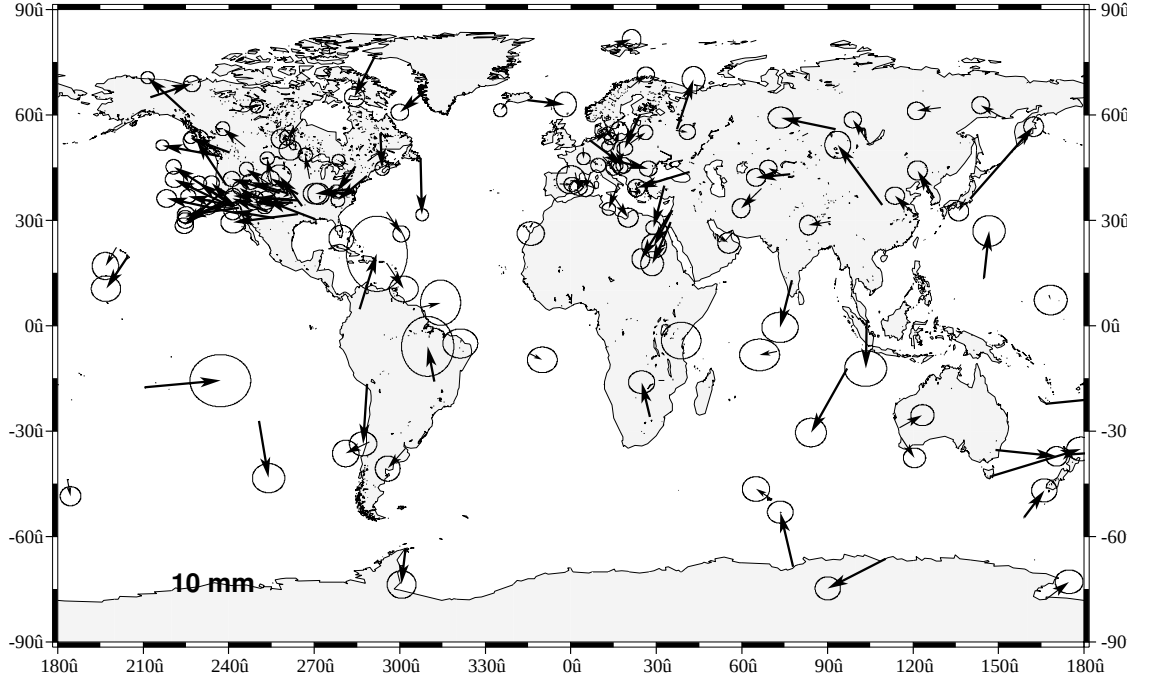
Fang (2002) adlı çalışmada, IGS kaynaklı çalışmalarda, GPS gözlemlerinin yıllık periyodik etkinin büyük oranda yukarıda verilen on etki kaynağından oluştuğu sonucuna varmıştır. Anılan çalışmada 128 IGS noktasının 1996 yılından itibaren 4.5 yıllık verileri değerlendirilmiştir.

Yukarıdaki on etki kaynağından dolayı düzeltmelerin getirilmemesi durumunda elde edilen nokta hız vektörlerinin büyüklükleri anılan çalışmada Şekil 5.2'deki gibi verilmiştir.



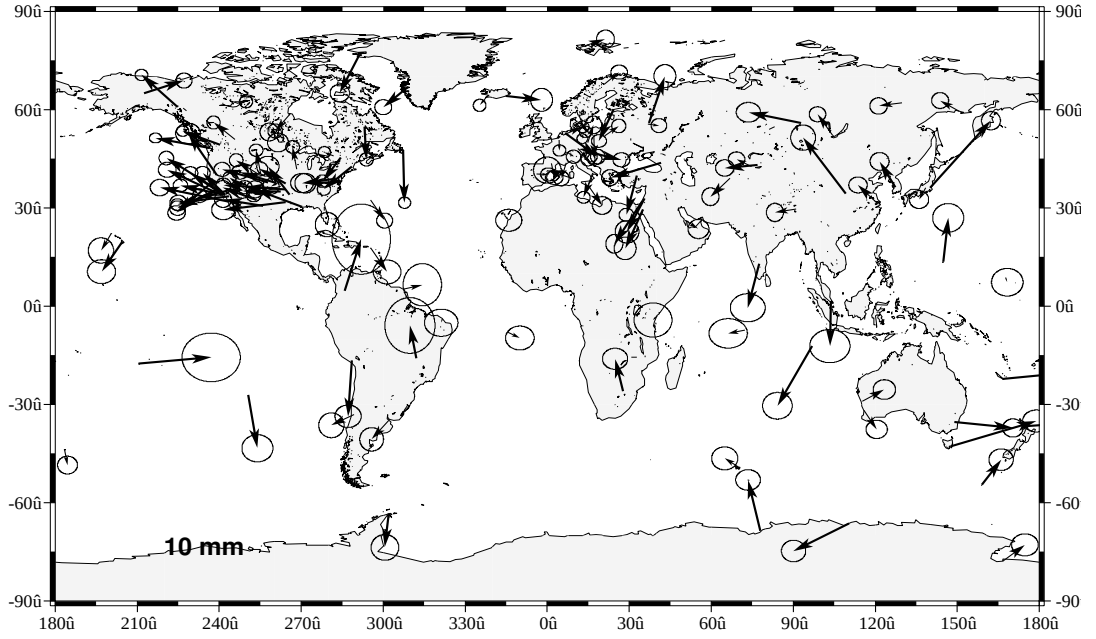
Şekil 5.2: Nokta hızlarının düzeltme getirilmemiş durumu (Fang, 2002).

Şekil 5.2'de, kutup ve okyanus gelgiti etkilerinden dolayı getirilecek düzeltmelerden sonraki durum Şekil 5.3'deki gibi verilmiştir.



Şekil 5.3: Kutup ve okyanus gelgit düzeltilmesi getirilmiş nokta hızları (Fang, 2002).

Şekil 5.3'deki duruma atmosferik kütle yüklemesi ve diğer mevsimsel etkilerden dolayı getirilmesi gereken düzeltmelerden sonraki durumda ise Şekil 5.4'deki gibidir.



Şekil 5.4: Tüm kütle yükleme etkileri düzeltilmesi getirilmiş nokta hızları (Fang, 2002).

5.4 Genel Olarak GIPSY 5.0 Yazılımı

GIPSY / OASIS (kısaca GIPSY) NASA'nın Jet İtme Laboratuvarı (Jet Propulsion Laboratory (JPL)) araştırmacıları tarafından geliştirilen bir yüksek duyarlıklı GPS nokta konumlandırma yazılımıdır. Çalışmada GIPSY 5.0 versiyonu kullanılmıştır. GIPSY 5.0, GPS ile RINEX formatında kod Pseudorange (uydu-alıcı uzaklığı ölçümü) veya taşıyıcı dalga fazı (Carrier Beat Phase) ölçüleri kullanılarak hassas konum (Precise Point Positioning (PPP)) belirleme değerlendirmesi yapan bir yazılımdır (Zumberge ve diğ., 1997). Çalışmada taşıyıcı dalga faz ölçüleri kullanılmıştır. Yükseklik açısı (elevation angle) 7.5 derece, veri örnekleme aralığı (measurement epoch) ise 30 saniyedir. IGS'in hassas JPL uydu yörüngesi kullanılır.

Başlangıçta, GIPSY GPS verilerini işlemek için geliştirilmiştir. Son zamanlarda DORIS verileri de GIPSY 5.0 ile işlenebilmektedir. GIPSY 5.0 yazılımı UNIX işletim sistemi üzerinde çalışır.

GIPSY 5.0, kinematik, statik ölçme yöntemleriyle elde edilen verileri işleyebilmesi yanında, son zamanlarda tek alıcıyla duyarlıklı nokta konumlandırmak için Zumberge modülü Precise Point Positioning (PPP) hassas nokta konumlandırmada Zumberge ve diğ. (1997) kullanılmaktadır.

GIPSY 5.0 küresel bir ağ çözümleme yazılımı olup (JPL ''nihai'' hassas yörünge tayininden itibaren) hassas uydu yörünge ve saat verilerini kullanır.

Sonuçları Uluslar arası Yer Dönme Servisi Sistemi (IERS)'nin kullandığı Boucher ve diğ. (2004), ITRF (İnternational Terrestrial Reference Frame) 2000 referans sisteminde değerlendirip vermektedir (Mc Carthy ve diğ., 2004).

Troposferik ıslak zenit gecikmesine neden olan gürültü süreci, rastgele ıslak parametresi $1\text{cm}/\sqrt{h(\text{saat})}$ olarak modellendirilmiştir. Kuru troposfer modellemesi için Niell'in izdüşüm fonksiyonu kullanılmaktadır (Niell, 1996). İyonosferik gecikme, L_1 ve L_2 kombinasyonu ile uydu-alıcı uzunluğunun elde edilmesi ve her iki taşıyıcı gözlemleri ile elimine edilir. Okyanus yüklemesi etkisi Bos ve diğ. (2002) tarafından geliştirilen model kullanılarak giderilir (URL 3). GIPSY 5.0 ile 5 dakika ve 30 saniye aralıkla alınan veriler işlenmektedir. Çalışmada 30 saniye aralıklarla alınan veriler kullanılmıştır.

GPS alıcılarının havada, karada ve denizde hareketli veya sabit konumlama durumlarına göre oluşturulan veri dosyaları GIPSY 5.0 yazılımı ile analiz edilir. GPS alıcılarının konum bilgilerini tahmin etmek için en gelişmiş GPS konumlandırma teknolojilerini kullanmaktadır.

JPL'nin GDGPS Sistemi ile günlük ve haftalık kesin GPS yörünge ve saat bilgileri ve gerçek zamanlı GPS yörünge ve saat bilgileri, JPL'nin GIPSY / OASIS II (GPS Inferred Positioning System and Orbit Analysis Simulation Software II) yazılımı ile işleme tabi tutularak elde edilir.

GIPSY 5.0 yazılımı,

- Statik değerlendirme konumunda, (x, y, z) dik koordinatları ve kovaryans matrisini içeren STACOV dosyası,
- Statik değerlendirme konumunda, (φ, λ, h) jeodezik koordinatları ve kovaryans matrisini içeren GD dosyası

gibi iki tür dosya üretir.

5.5 13 GPS Noktası Günlük Verilerinin Analizi

Yer yuvarına olabildiğince homojen dağılmış Bölüm 3’de tanıtılan 13 IGS noktasının SOPAC data arşivinde alınmış günlük verileri, Bölüm 4’de açıklandığı gibi üç sekizer ve iki on ikişer saatlik bölünmüş verileri sırasıyla GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutulmuştur. Önce 13 IGS noktasının her birine ait günlük (24 saat) veri dosyaları, sonra ise (0-8), (8-16), (16-24), (0-12) ve (12-24) saatlik bölünmüş veri dosyaları GIPSY 5.0 ile analize tabi tutularak, noktaların zamana bağlı olarak enlem (φ), boylam (λ) ve elipsoid yüksekliği (h) değerleri ile bunlara ait formal standart sapma (FSS) değerleri hesaplanmıştır. Bu analiz sonucunda 40 GB veri işlenmiştir. 13 IGS noktasının analizi ile noktalara ait düşey ve yatay hız değişimlerine ilişkin grafikler Bölüm 6 ile Ek C’de verilmiştir. Analiz sonucunda noktaların düşey ve yatay hız değişim grafikler 326 sayfa gibi çok yer kapladığından, sadece KIRU, ANKR ve USUD noktalarının hız grafikleri Bölüm 6’da verilmiş olup, 13 noktanın tümünün (4 MB yer kaplayan) düşey ve yatay hız değişim grafikleri ise EK C’deki CD’de verilmiştir.

6. GPS STATİK ÖLÇME YÖNTEMİYLE NOKTA HIZLARININ HESABI

6.1 GPS Zaman Serileri

Bu çalışmadaki zaman serisi verileri yer yuvarına olabildiğince homojen dağılmış 13 IGS noktasının her birinin, bir ocak 1995 yılı başlangıcından bir ocak 2010 yılına kadar toplam 16 yıla ait, 30 saniye aralıklarla her bir yılın bir ocak gününe ait günlük (24 saatlik verileri) GPS verilerinden oluşmaktadır. Çalışmaya ait zaman serilerine ait verileri SOPAC veri arşivinden alınmıştır (Url-1, Url-2).

1995-2010 yıllarını kapsayan günlük GPS verilerini değerlendirmedeki amaç ise çalışmada kullanılan 13 IGS noktasının 16 yıllık zaman diliminde üç boyutlu hız bileşenlerinin değişimini ortaya çıkartıp yorumlamaktır. 24 saatlik oturum sürelerine ait verilerle anılan noktalara ait belirlenen konum hızlarına yakın sonuç üretecek hangi oturum süresinde ulaşılabilirliğinin test edilmesi ise çalışmanın amacıdır. Ayrıca 13 IGS noktasının hız bileşenlerinin eğilimlerine bakılarak gelecekteki hız bileşenlerinin davranışları tahmin edilebilir olunacaktır. İnceleme konusu 13 IGS noktasının oluşturduğu GPS ağına ait zaman serileri verilerine matematik ve istatistik uygulanarak elde edilen modellerinden hareketle, incelenen nokta hız bileşenleri büyüklüklerinin geleceğe ait tahmini değerlerinde yanılmalar olabilecektir. Bunun nedeni yer yuvarı jeodinamiğinin ve jeokinetiğinin homojen olmamasından kaynaklanmaktadır.

6.2 Düşey Hız Değişimleri

Nokta düşey hız bileşeni, noktadan geçen elipsoid normalı boyunca hesaplanan h elipsoidal yüksekliğinin zamana bağlı değişimi ile belirlenir. Çalışma için kullanılan 13 IGS noktasının 24 saat günlük verileri ile (0-8) saat, (8-16) saat, (16-24) saat, (0-12) saat, ve (12-24) saat gibi ve 24 saat den küçük alt zaman verileri GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutularak (h) elipsoid yükseklikleri ve formal standart sapmaları (yazılımdan hesaplanan) (FSS) hesaplanmıştır. GPS alt gözlem sürelerinin konum doğruluğuna etkisinin incelenmesinde genelde 24 saate tam bölünen ve

birbiriyle örtüşmeyen aralıklar seçilir (Eckl ve diğ., 2001, Soler ve diğ. 2006, Sanli ve Engin 2009). Bu konuda kullanılan tipik gözlem süreleri 1,2,4,6,8 ve 12'dir.

Bu tezde pratikte statik konum belirlemede sıkça kullanılan 10 saat gözlem süresini irdelediğimiz için alt sınır olarak 8 ve üst sınır olarak da 12 saati inceledik.

Noktaların düşey hızlarını belirlemek için, 24 saatlik günlük verilerin analizi ile hesaplanan (h_{24}) elipsoidal yükseklik değerleri, önce üç ayrı sekizer saatlik zamana bağlı olarak hesaplanan $h_{(0-8)}$, $h_{(8-16)}$ ve $h_{(16-24)}$ elipsoidal yükseklik değerleri ve bunların aritmetik ortalaması olarak hesaplanan ve ($h_{3 \times 8} = \text{ort.} = 3 \times 8 = (h_{(0-8)} + h_{(8-16)} + h_{(16-24)})/3$) şeklinde ifade edilen elipsoidal yükseklik değerlerinin lineer regresyon ilişkisi, hesaplanan (R^2) belirleme katsayısı ile belirlenmiştir.

- Sonra, iki ayrı on iki saatlik zamana bağlı olarak hesaplanan ve $h_{(0-12)}$ ve $h_{(12-24)}$ şeklinde gösterilen elipsoidal yükseklik değerleri ve bunların aritmetik ortalaması olarak hesaplanan ve ($h_{2 \times 12} = \text{ort.} = 2 \times 12 = (h_{(0-12)} + h_{(12-24)})/2$) şeklinde ifade edilen elipsoidal yükseklik değerlerinin lineer regresyon ilişkisi için yine, hesaplanan (R^2) çoklu belirleme katsayısı ile hesaplanmıştır.
- Çalışmada kullanılan 13 IGS noktasının önce elipsoidal yükseklikleri (h) ve formal standart sapmaları (FSS) değişimleri, 24 saat ve (0-8) saat, (8-16) saat, (16-24) saat gibi üç sekizer saatlik ve (0-12) saat, (12-24) saat gibi iki on ikişer saatlik zamana bağlı değişimlerinin grafikleri oluşturulmuştur. Ayrıca, grafiklerde geçen ($3 \times 8 = \text{ort.}$) gösterimi üç ayrı sekizer saatlik, ($2 \times 12 = \text{ort.}$) gösterimi ise iki ayrı on iki saatlik değerlendirmelerle bulunan (h) değerlerinin ait aritmetik ortalamalarına ait grafikleri ifade etmektedir.
- 13 IGS noktasının her birinin düşey hız değişimleri (h) elipsoid yüksekliklerinin üç sekizer ile iki on ikişer saatlik gibi alt zaman gruplarına bağlı elde edilen değerlerinin değişimi, 24 saatlik değerlendirme ile elde edilen değerleri ile kıyaslanmıştır.
- Bu kıyaslama için (Ek B.1) deki regresyon doğrusu ile (Ek B.4) ve (Ek B.5) deki belirleme ve korelasyon katsayıları hesaplanarak yapılmıştır.

- Grafiklerde sol üstte koyu yazımlı olarak 24 saat zamana bağlı ve sağ üstte ise normal yazımlı olarak 24 saat den küçük (8 saat ve 12 saat gibi) alt zaman gruplarına bağlı elipsoid yüksekliği değişimine ait regresyon doğrusu ve belirleme katsayısı (R^2) verilmiştir.
- Yine grafiklerde 24 saate ilişkin değişimler koyu yazımlı ve siyah renkli, diğer alt grup zamanlara ait değişimler normal yazımlı ve pembe renkli olarak gösterilmiştir.

6.3 Yatay Hız Değişimleri

13 IGS noktasının yatay hız bileşenleri değişimlerinin incelemesi, 24 saatlik günlük verileri ile (0-8), (8-16), (16-24), (0-12) ve (12-24) saatlik bölünmüş verilerin GIPSY 5.0 analizi sonucunda elde edilen enlem(φ) ve boylam(λ) değerlerinin değişimi ile yapılmıştır. Noktaların enlem ve boylam boyunca yatay hız değişimleri, Ek A'da verilmiş (Ek A.1) ve (Ek A.2) bağıntılar kullanılarak Microsoft EXCEL 2007 programlamayla uzunluğa dönüştürülmüş yatay hızları ve (FSS) değişimleri, 24 saat ve (0-8) saat, (8-16) saat, (16-24) saat gibi üç sekizer saatlik ve (0-12) saat, (12-24) saat gibi iki on ikişer saatlik zamana bağlı değişimleri incelenmiştir. Ayrıca, grafiklerde geçen (3x8=ort.) gösterimi üç ayrı sekizer saatlik, (2x12=ort.) gösterimi ise iki ayrı on iki saatlik değerlendirmelerle bulunan (φ) ve (λ) değerlerine ait aritmetik ortalamalarının uzunluğa dönüştürülmüş hallerine ait grafikleri ifade etmektedir.

Düşey hız belirlemede uygulanan regresyon analizi yöntemi benzer şekilde yatay hızları belirlemek için uygulanarak regresyon denklemi ve yine (R^2) belirleme katsayısı hesaplanarak yapılmıştır. Düşey hız grafikleri için (Ek B.5)'de yapılan diğer açıklamalar yatay hız grafikleri için de geçerlidir.

6.4 Grafiklerle İlgili Açıklamalar

KİRU, ANKR ve USUD adlı IGS noktalarının aşağıdaki grafikleri, 1995-2010 yılları arasında düşey ve yatay hız bileşenleri değişimlerini içermektedir. Bu grafiklere ilişkin ayrıntılı açıklamalar aşağıda verilmiştir:

- **Şekil A grubu grafikleri:**

Bu gruba ait grafiklerde, 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında 16 yıl süresince, Ocak ayının her birinci gününe ait elipsoid yüksekliği (h) ve elipsoid yüksekliklerine ait ve yazılımdan hesaplanan formal standart sapmaların (FSS) değişimleri verilmiştir.

- **Şekil B grubu grafikleri:**

Bu gruba ait grafiklerde, 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında 16 yıl süresince düşey hız değişimlerine ait parametreler verilmiştir. Bu parametreler ise, Ocak ayının her birinci gününe ait bir adet 24 saat, yani toplam 16 tane 24 saatlik veri dosyasının herbiri, üç adet 8 saat ve iki adet 12 saat veri dosyalarının GIPSY 5.0 yazılımı değerlendirilmesi ile hesaplanan elipsoid yükseklik (h) değerlerinin değişimi, lineer regresyon doğru denklemi ve belirleme katsayısı (R^2) ile verilmiştir.

- **Şekil C grubu grafikleri:**

Bu gruba ait grafiklerde, 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında 16 yıl süresince, Ocak ayının her birinci gününe ait enlem (φ) ve boylam (λ) değerlerine ait değişim değerleri, (Ek A.1) ve (Ek A.2) eşitlikleriyle uzunluğa dönüştürülmüş karşılıkları ile bunlara ait (FSS) değişimleri verilmiştir.

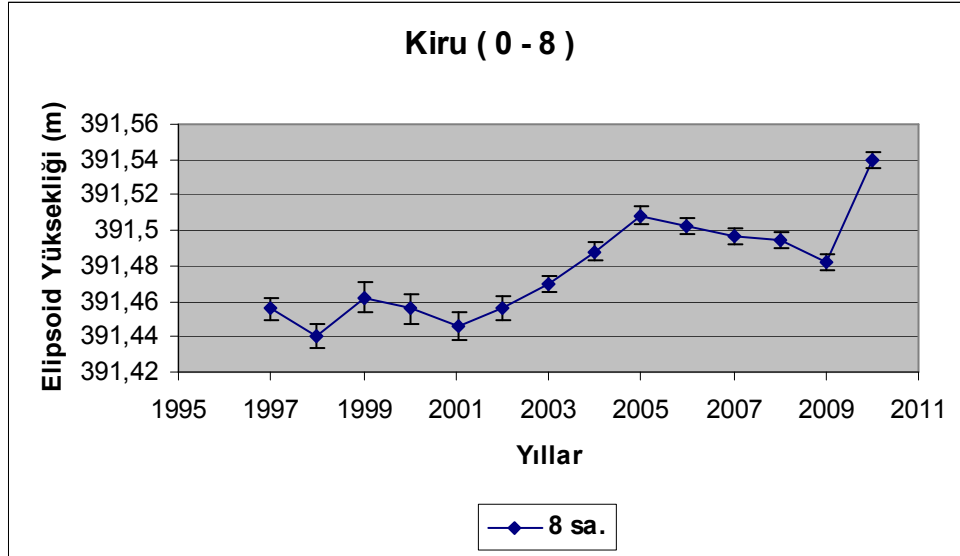
- **Şekil D grubu grafikleri:**

Bu gruba ait grafiklerde ise, 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında 16 yıl süresince yatay hız değişimlerine ait parametreler verilmiştir. Bu parametreler ise, Ocak ayının her birinci gününe ait bir adet 24 saat, üç adet 8 saat ve iki adet 12 saat veri dosyalarının GIPSY 5.0 yazılımı ile değerlendirilmesi ile hesaplanan enlem (φ) ve boylam (λ) değerlerinin, (Ek A.1) ve (Ek A.2) eşitlikler ile uzunluğa dönüştürülmüş karşılıklarının değişimi, yine lineer regresyon doğrusu ve belirleme katsayısı (R^2) ile verilmiştir.

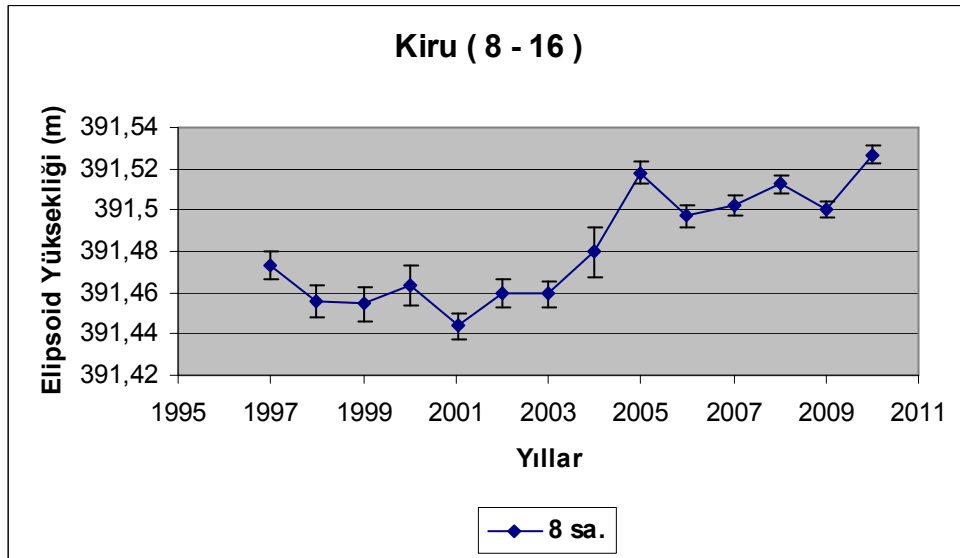
On üç IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığındaki düşey ve yatay hız grafikleri 326 sayfa ve 4 MB alan kaplamaktadır. Tezin sayfa sayısının azaltmak için 13 IGS noktasının bütün düşey ve yatay hız grafikleri Ek C deki CD’de verilmiştir.

6.5 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Elipsoidal Yükseklikleri (h) ve Formal Standart Sapma (FSS) Hata Çubuklarının Değişim Grafikleri

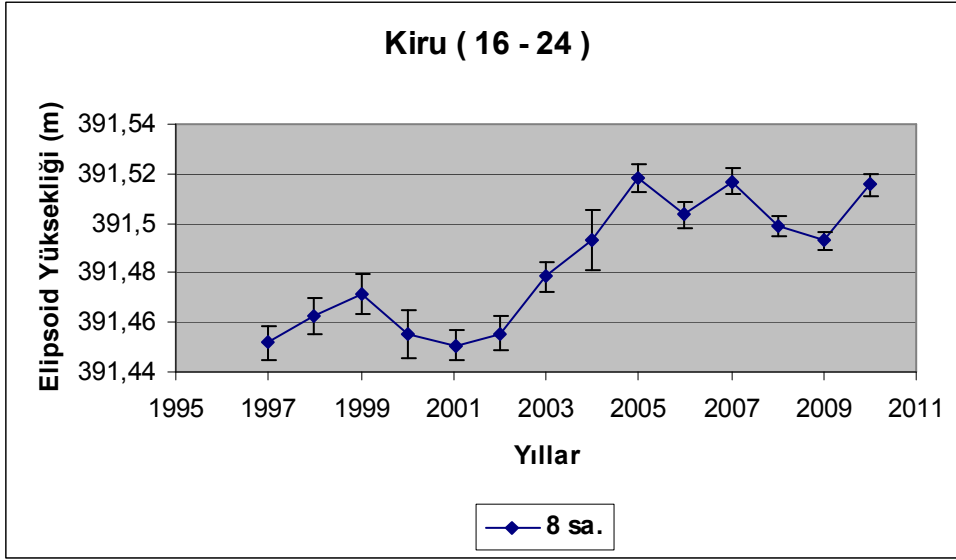
6.5.1 Kiru Noktası Sekiz Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri



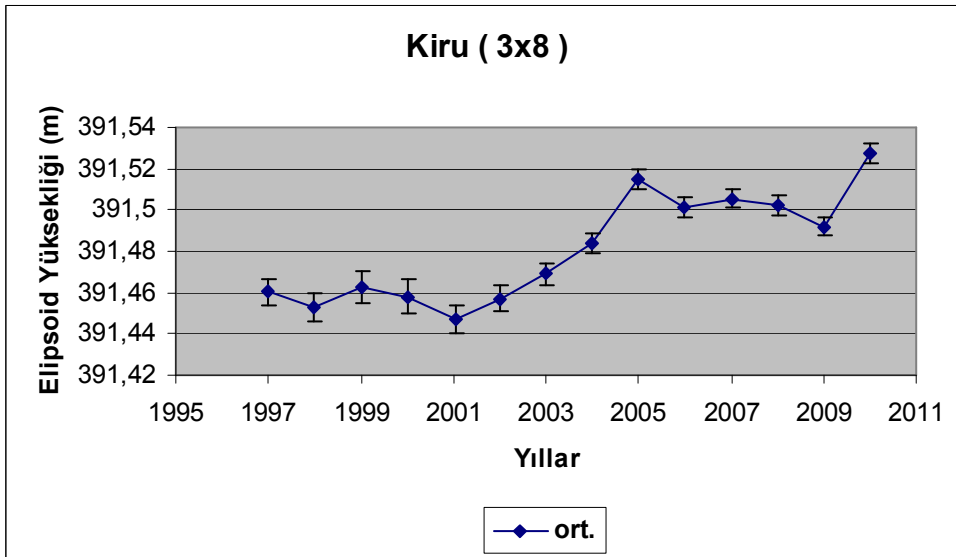
Şekil A1: Kiru noktası (0-8) saat(sa.) verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil A2: Kiru noktası (8-16) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

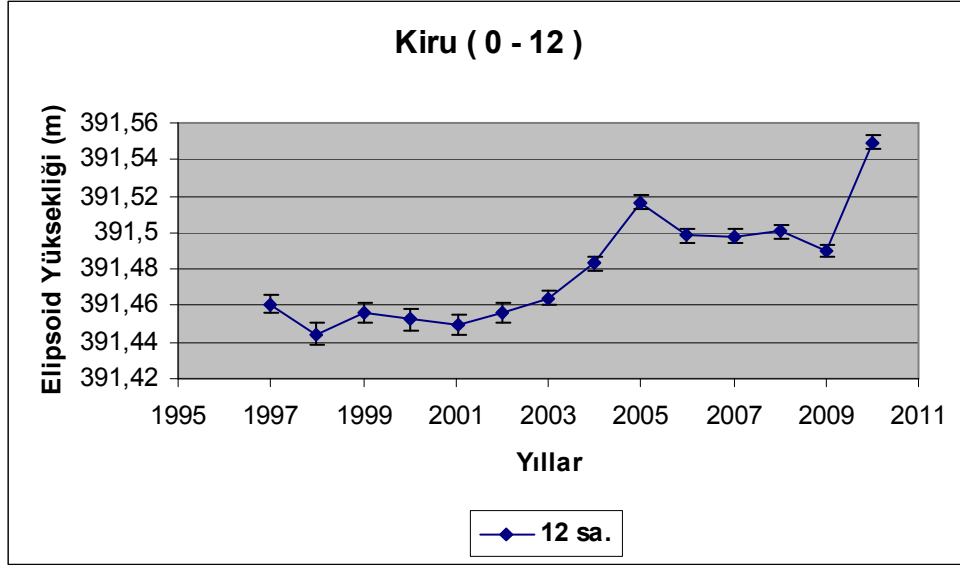


Şekil A3: Kiru noktası (16-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

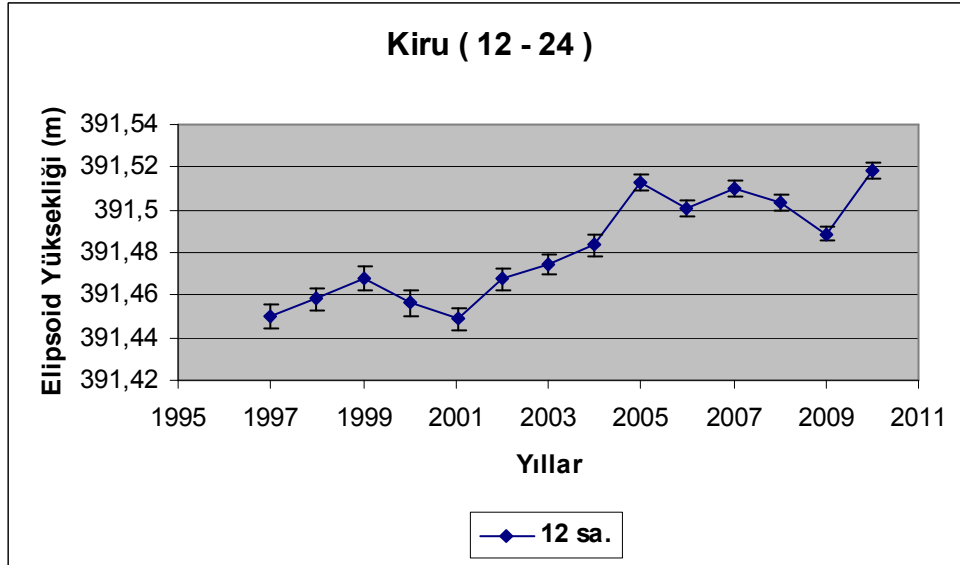


Şekil A4: Kiru noktası ($3 \times 8 = ort.$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.

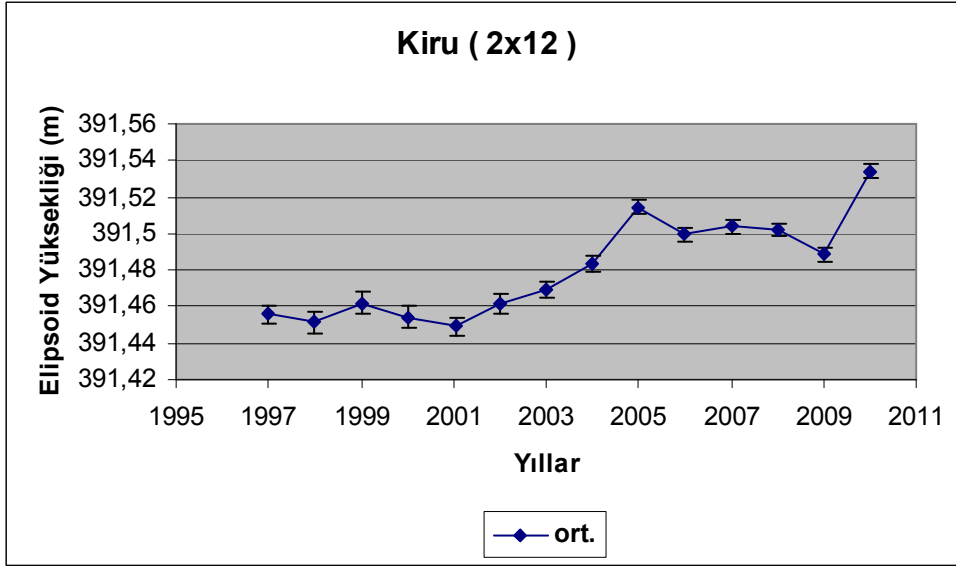
6.5.2 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri



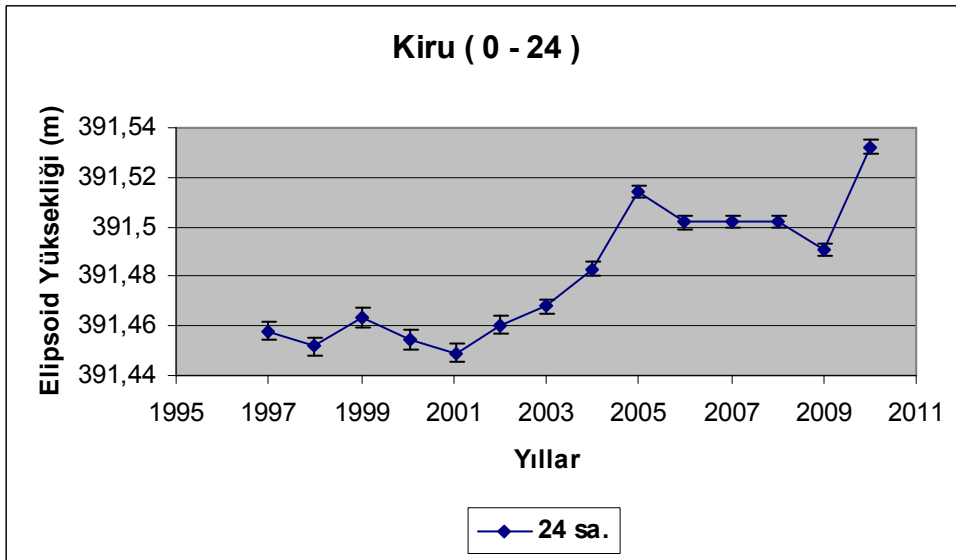
Şekil A5: Kiru noktası (0-12) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil A6: Kiru noktası (12-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

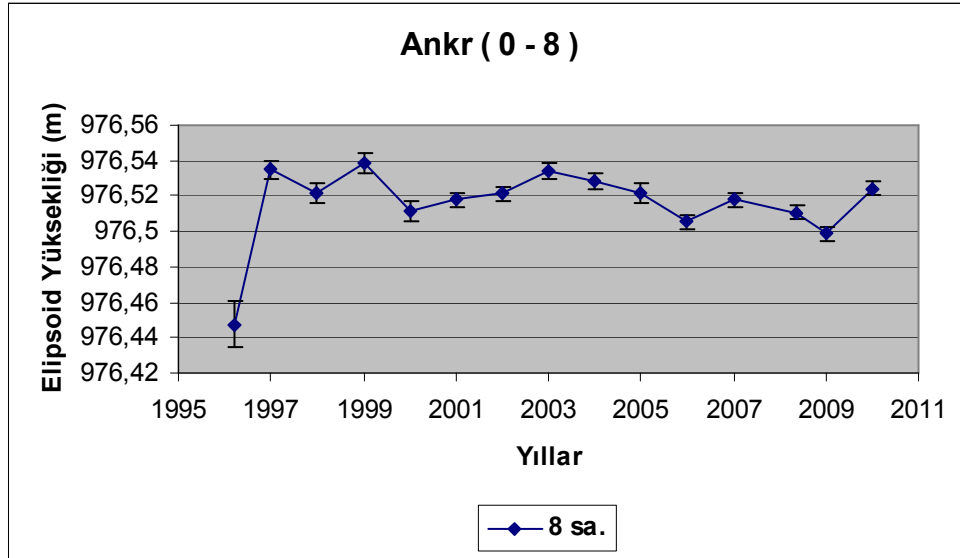


Şekil A7: Kiru noktası ($2 \times 12 = \text{ort.}$)’e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.

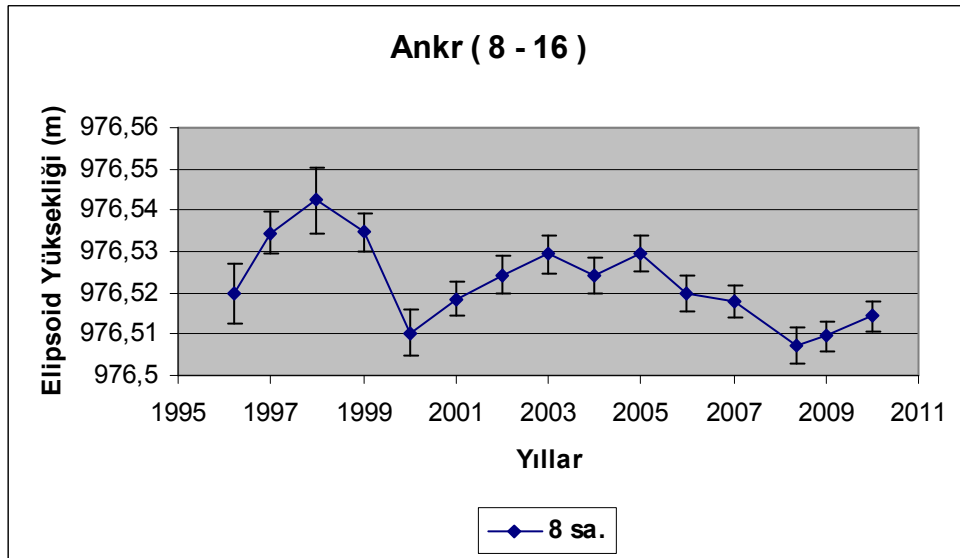


Şekil A8: Kiru noktası (0-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

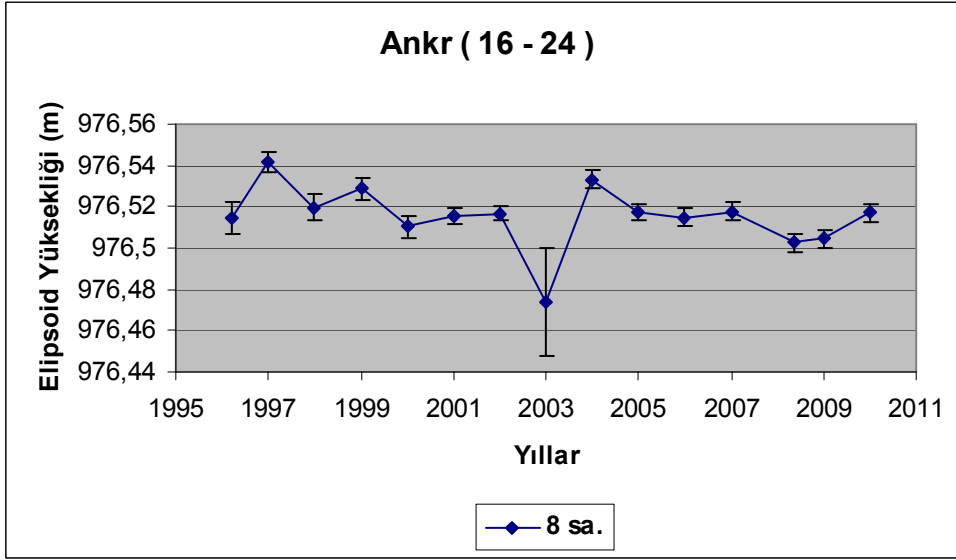
6.5.3 Ankr Noktası Sekiz Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri



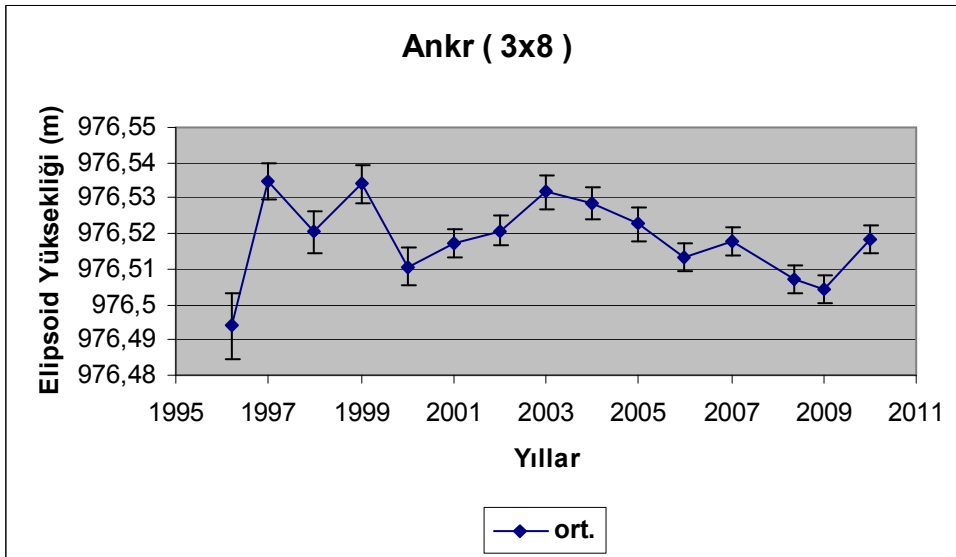
Şekil A1: Ankr noktası (0-8) saat(sa.) verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil A2: Ankr noktası (8-16) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

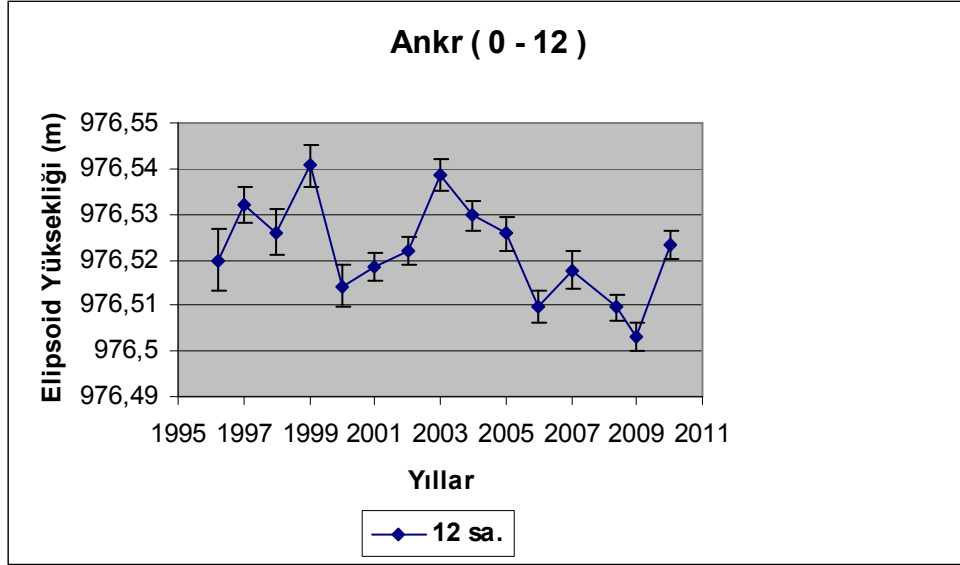


Şekil A3: Ankr noktası (16-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

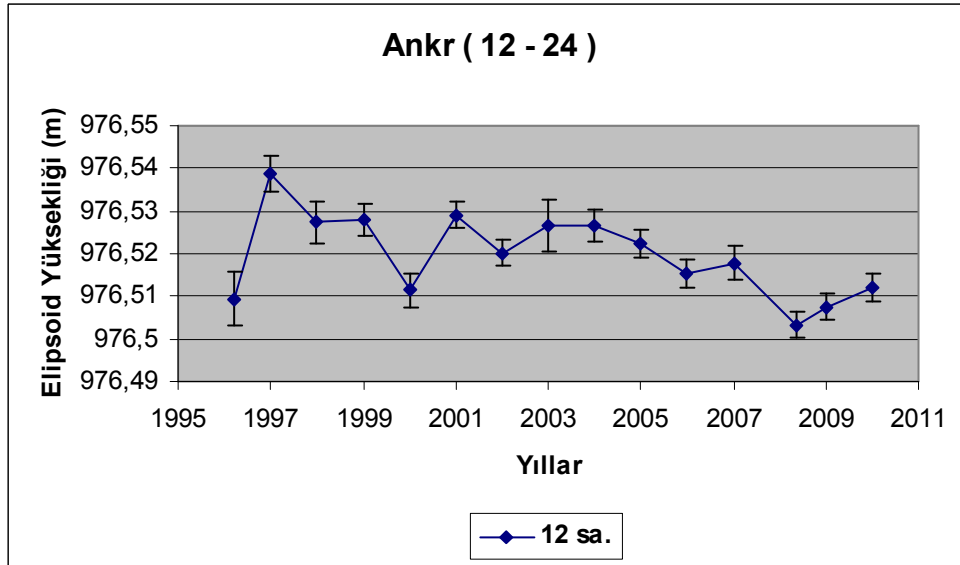


Şekil A4: Ankr noktası ($3 \times 8 = \text{ort.}$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.

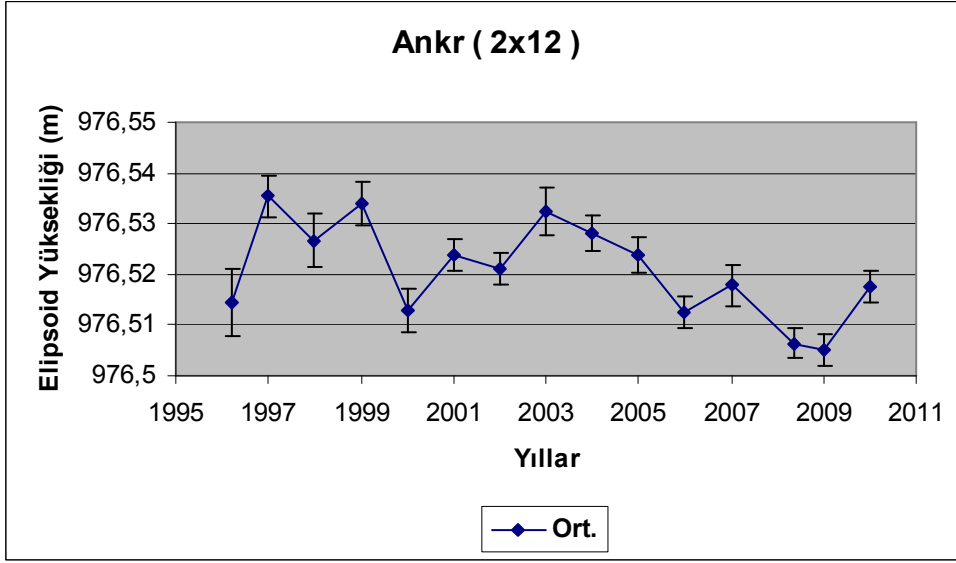
6.5.4 Ankr Noktası On İki Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri



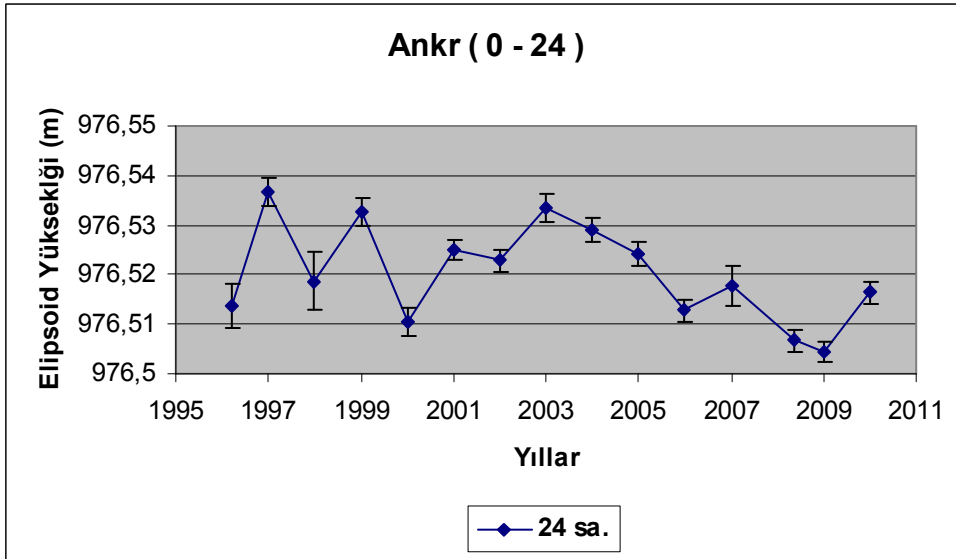
Şekil A5: Ankr noktası (0-12) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil A6: Ankr noktası (12-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

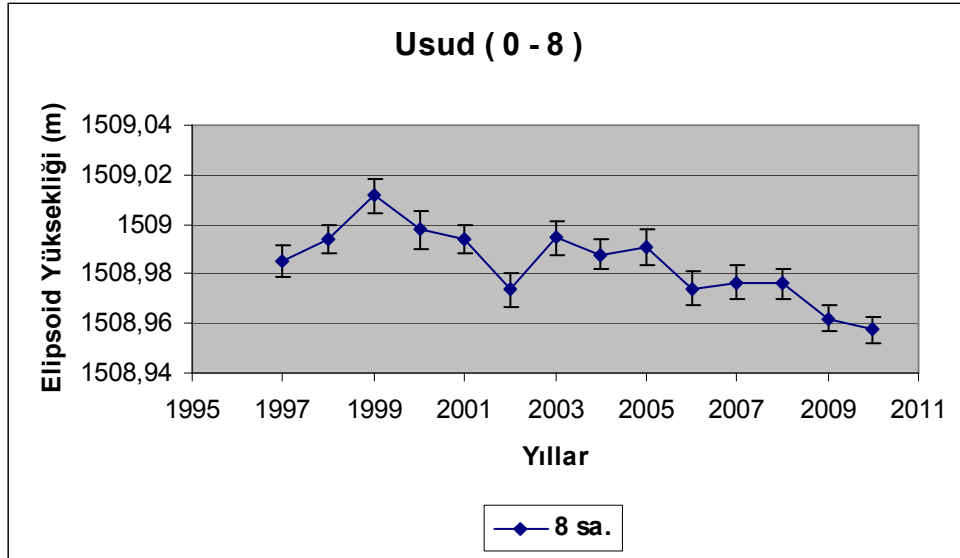


Şekil A7: Ankr noktası ($3 \times 8 = \text{ort.}$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.

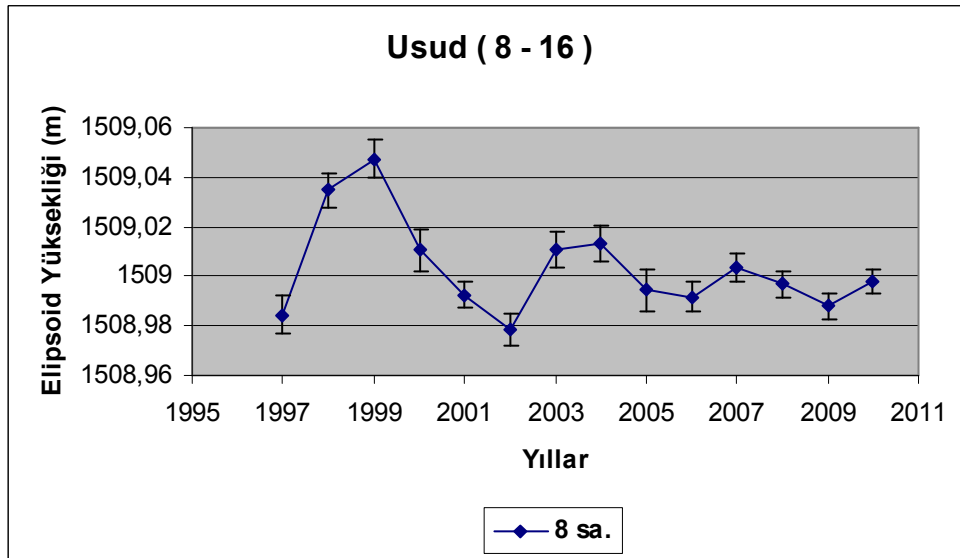


Şekil A8: Ankr noktası (0-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

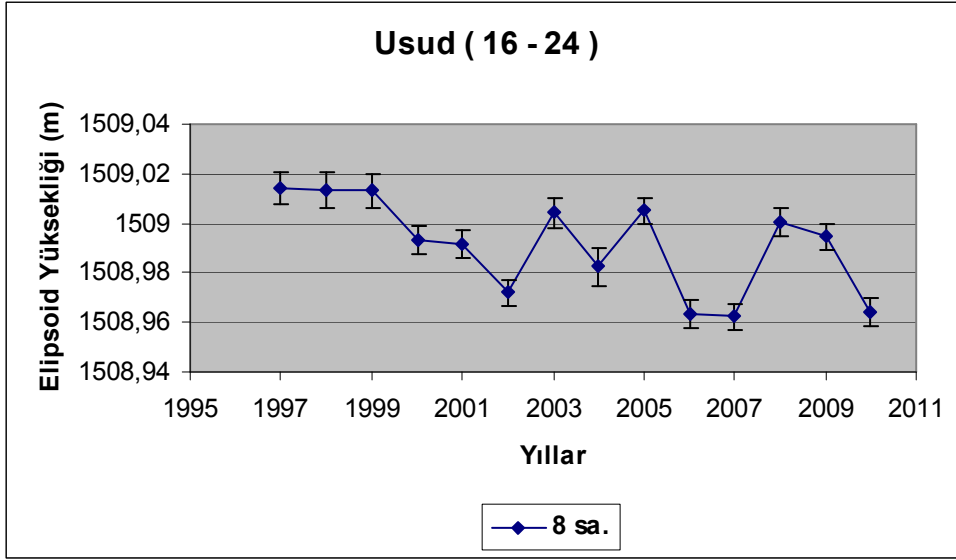
6.5.5 Usud Noktası Sekiz Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri



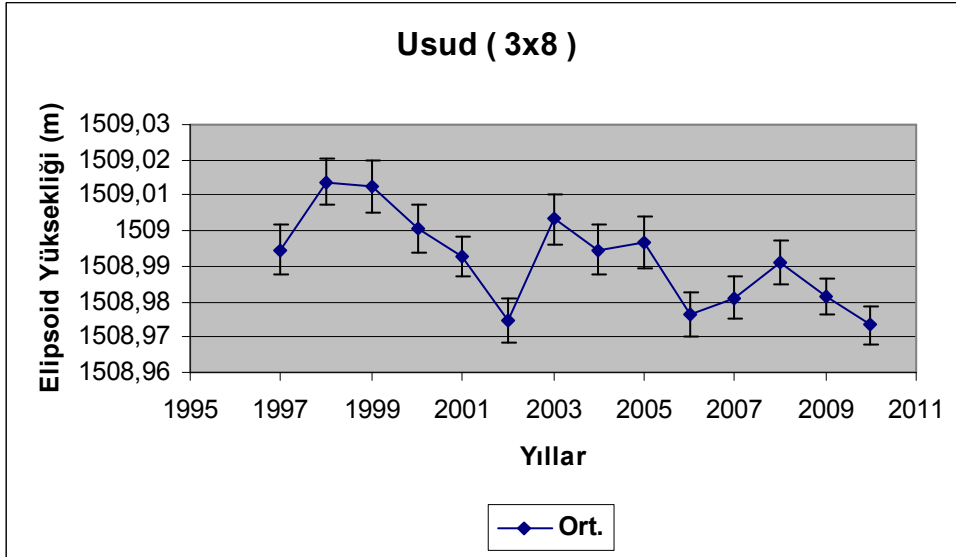
Şekil A1: Usud noktası (0-8) saat(sa.) verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil A2: Usud noktası (8-16) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

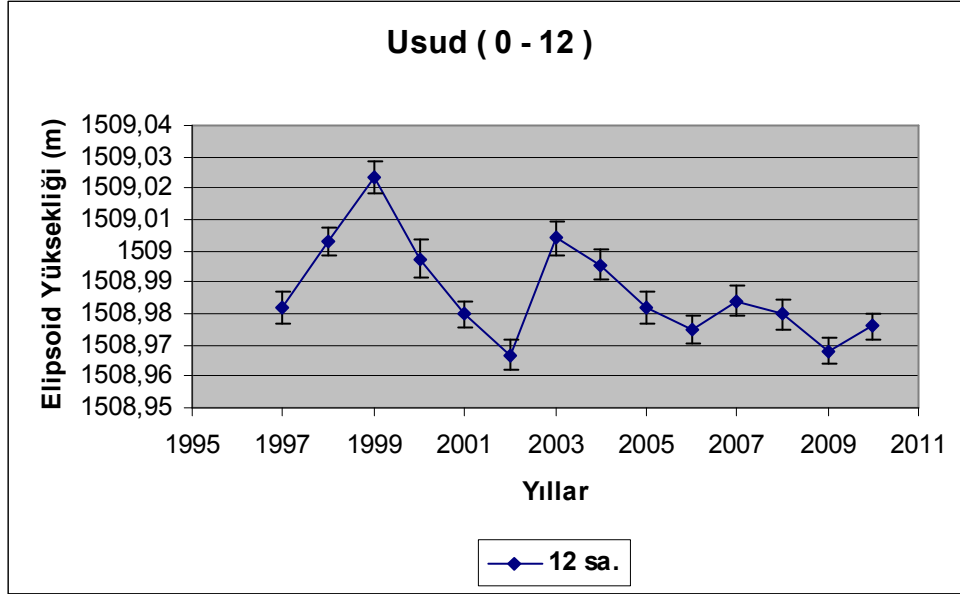


Şekil A3: Usud noktası (16-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

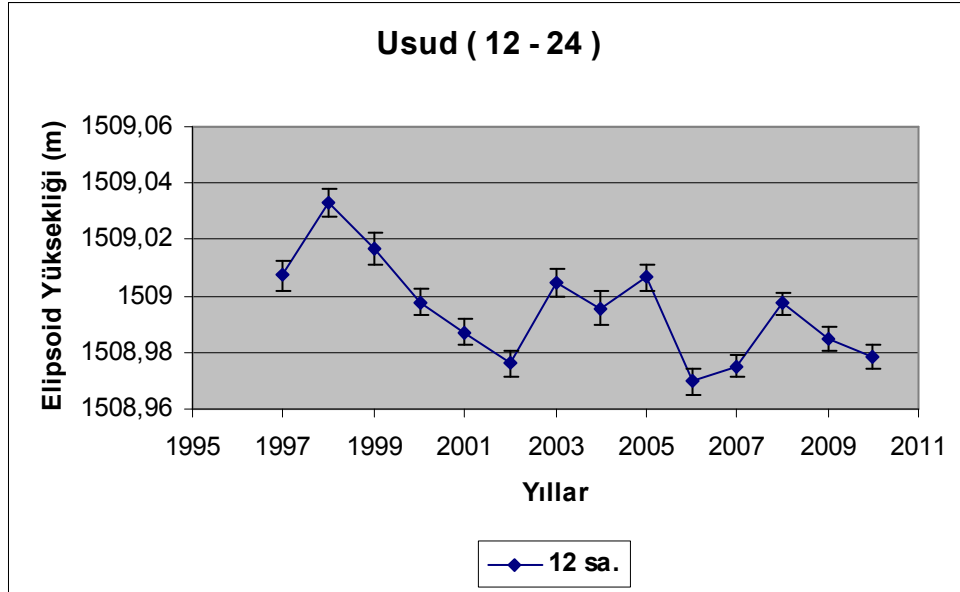


Şekil A4: Usud noktası ($3 \times 8 = \text{ort.}$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.

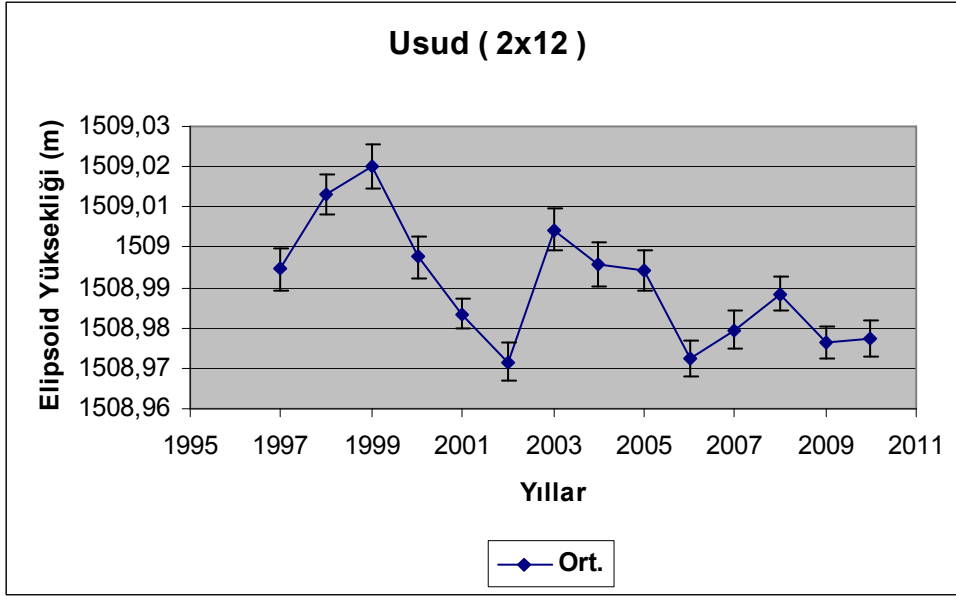
6.5.6 Usud Noktası On İki Saatlik Verilerine Ait (h) ve (FSS) Grafikleri



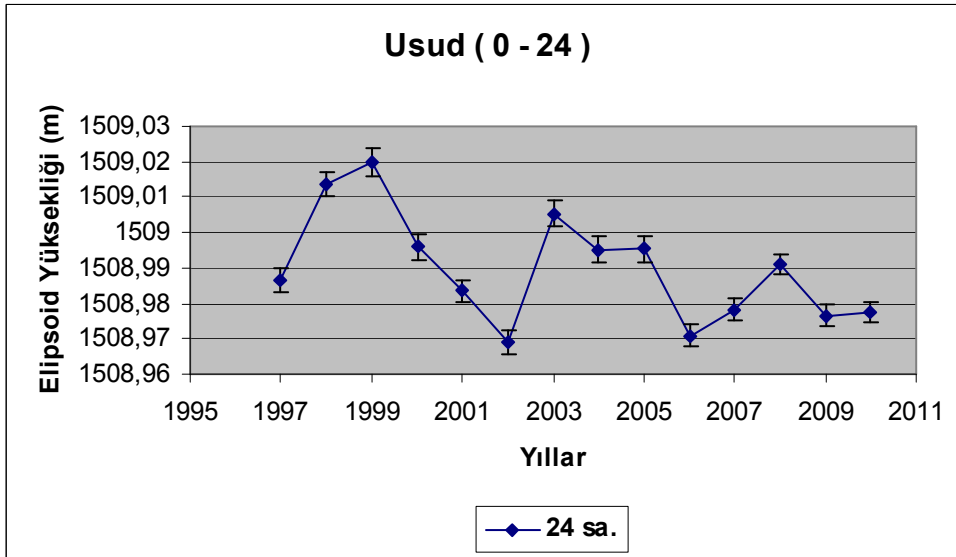
Şekil A5: Usud noktası (0-12) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil A6: Usud noktası (12-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.



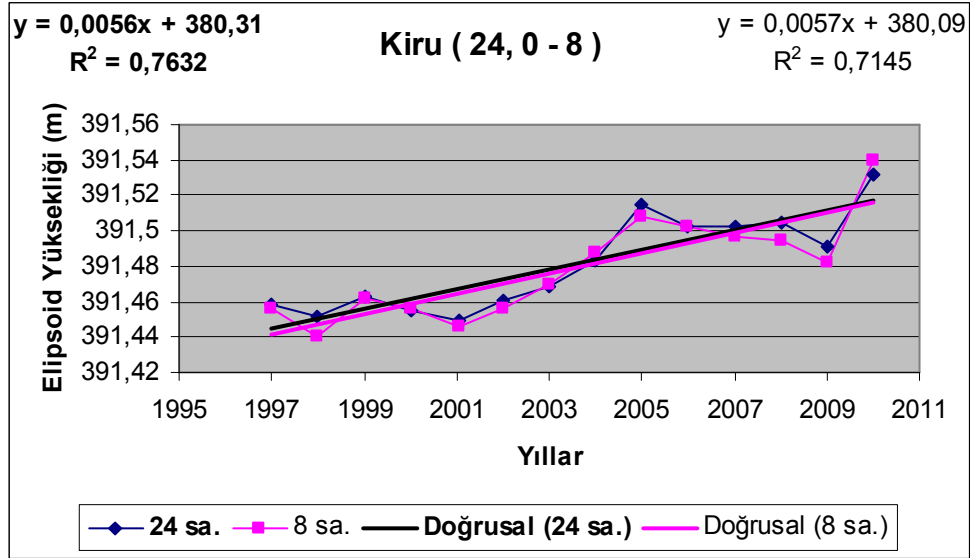
Şekil A7: Usud noktası ($2 \times 12 = \text{ort.}$)'e ait (h) ve (FSS) değişim grafiği.



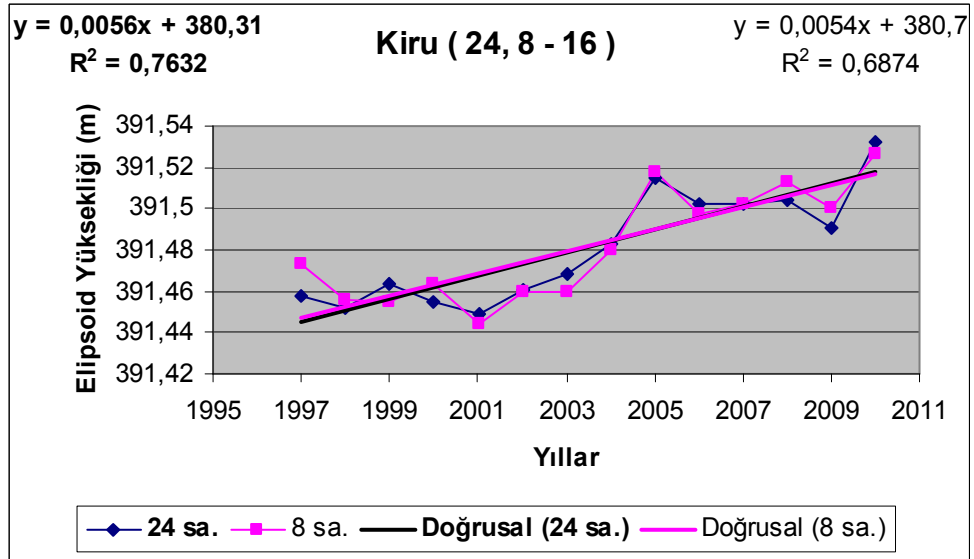
Şekil A8: Usud noktası (0-24) sa. verisiyle (h) ve (FSS) değişim grafiği.

6.6 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Düşey Hız Değişim Grafikleri

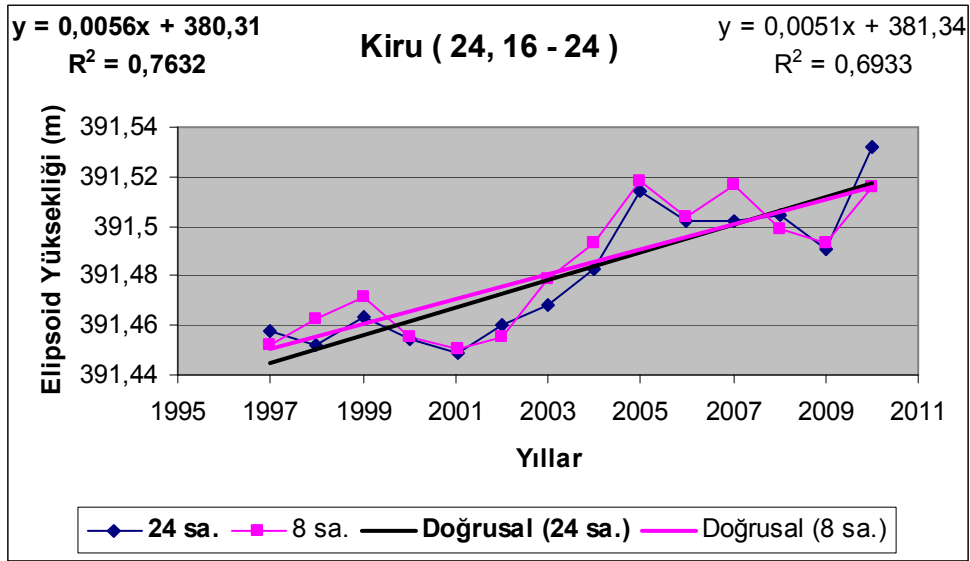
6.6.1 Kiru Noktası Sekiz Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri



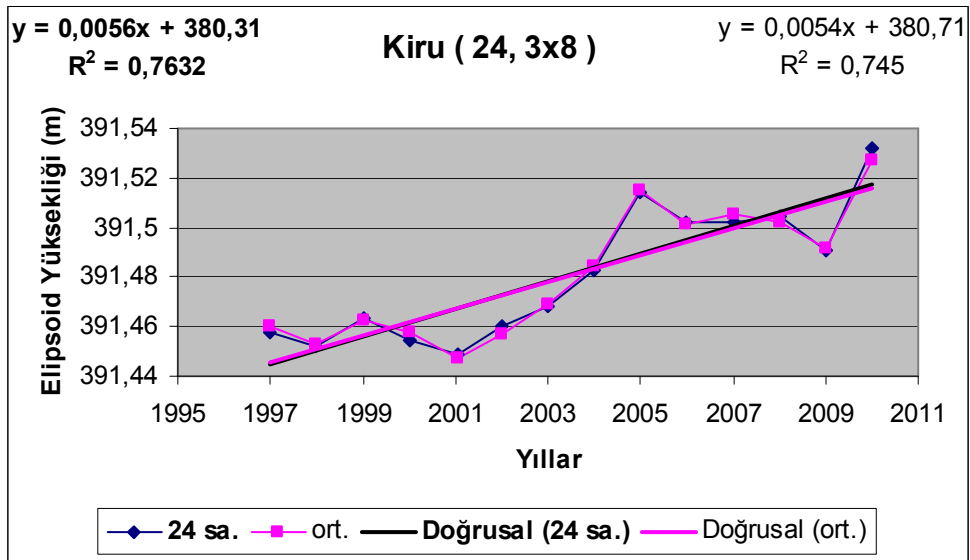
Şekil B1: Kiru noktası (24,0 – 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.



Şekil B2: Kiru noktası (24,8 – 16) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

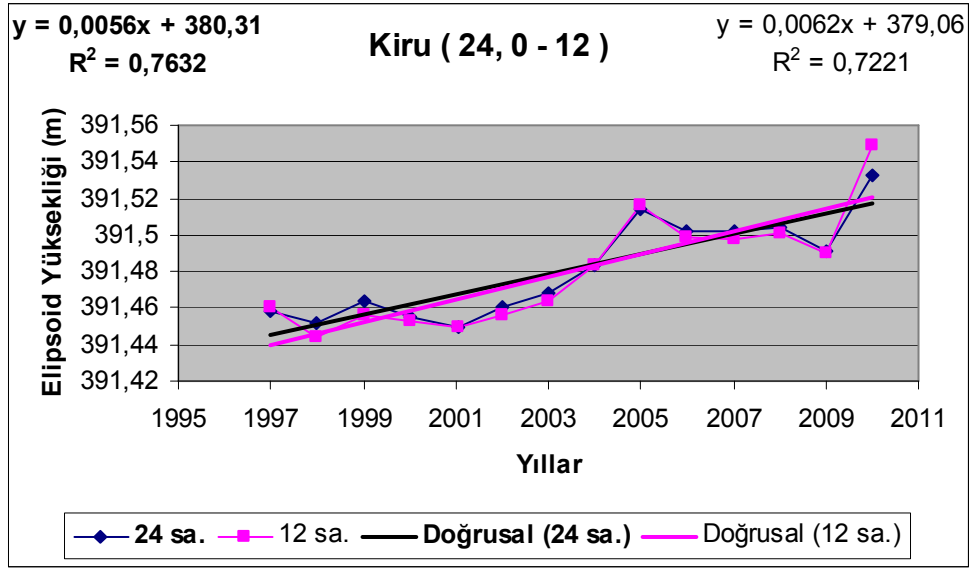


Şekil B3: Kiru noktası (24,16 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

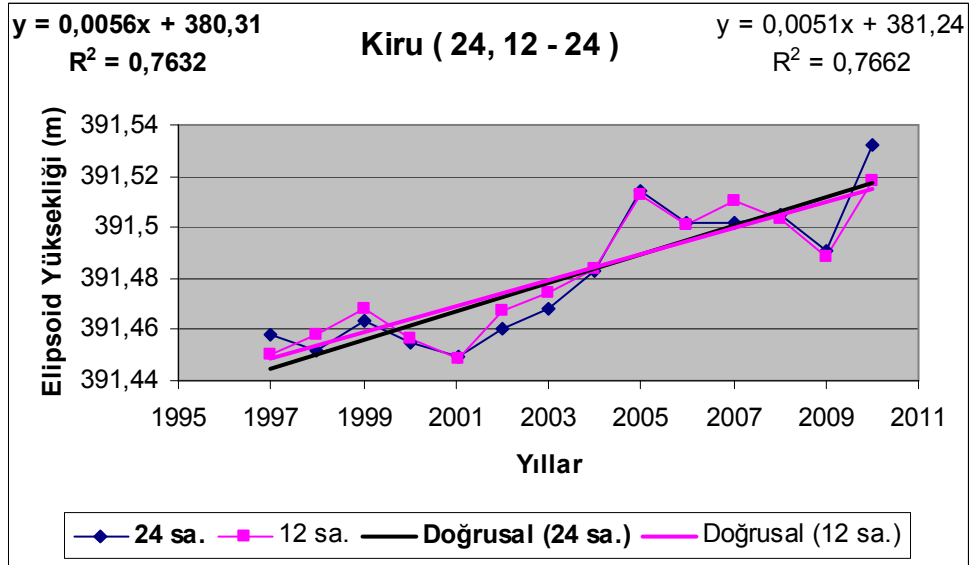


Şekil B4: Kiru noktası (24,3 × 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

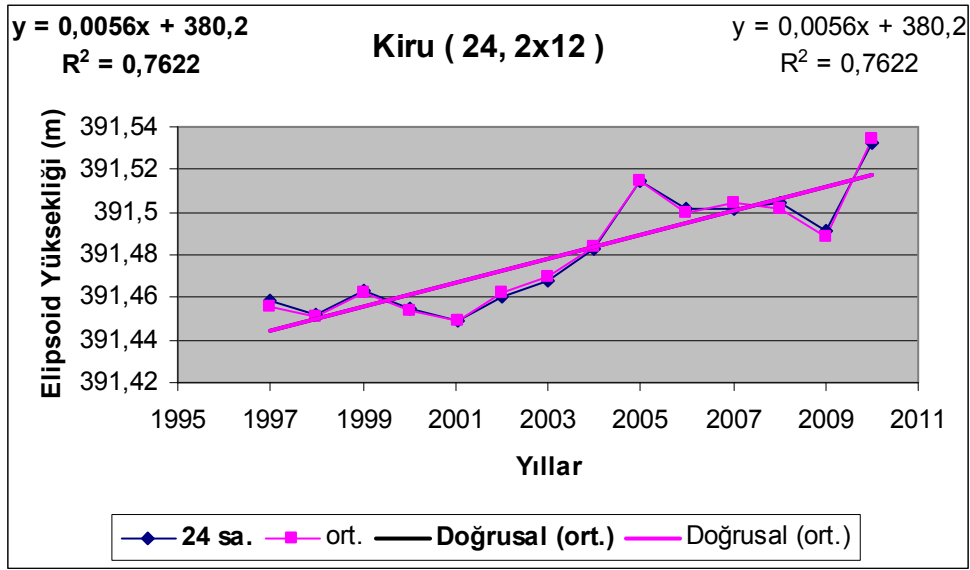
6.6.2 Kiru Noktası On İki Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri



Şekil B5: Kiru noktası (24,0 – 12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

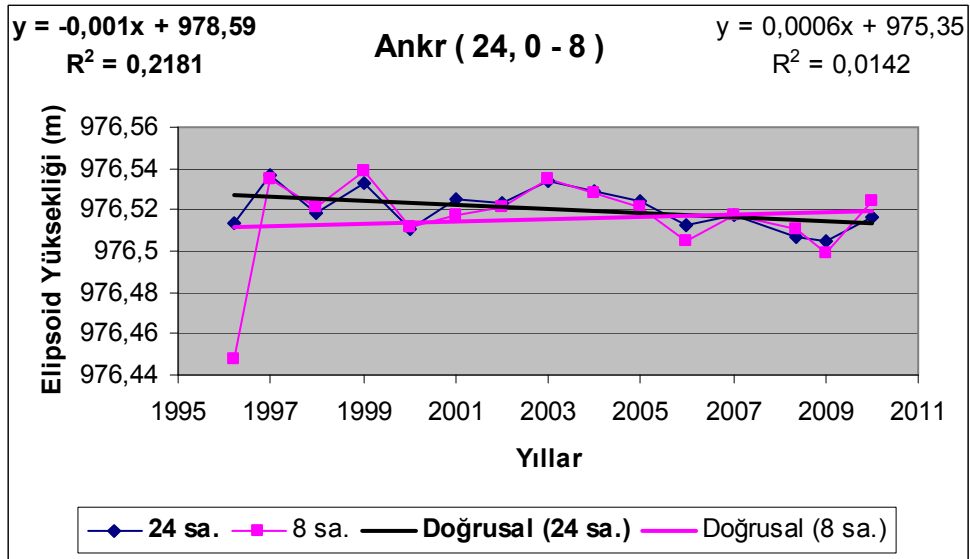


Şekil B6: Kiru noktası (24,12 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

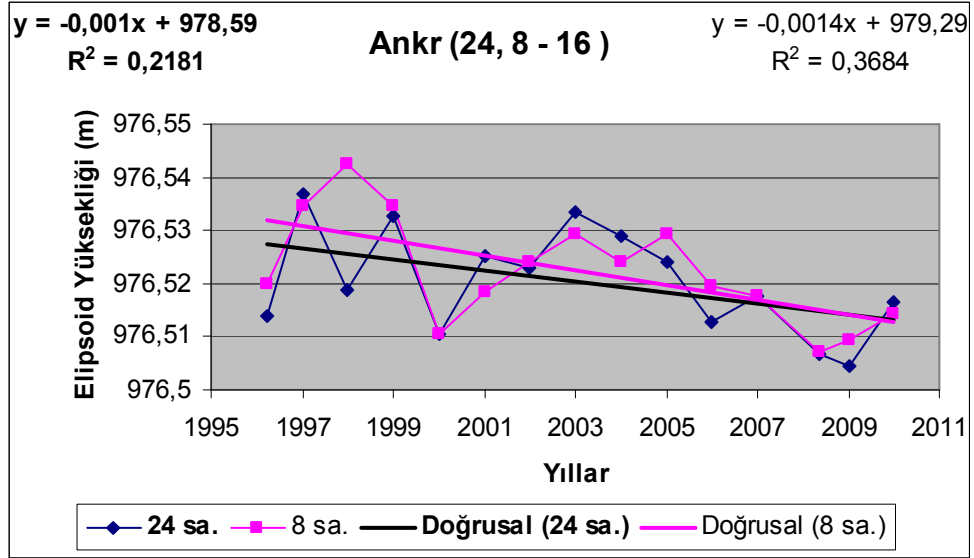


Şekil B7: Kiru noktası (24,2×12) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.

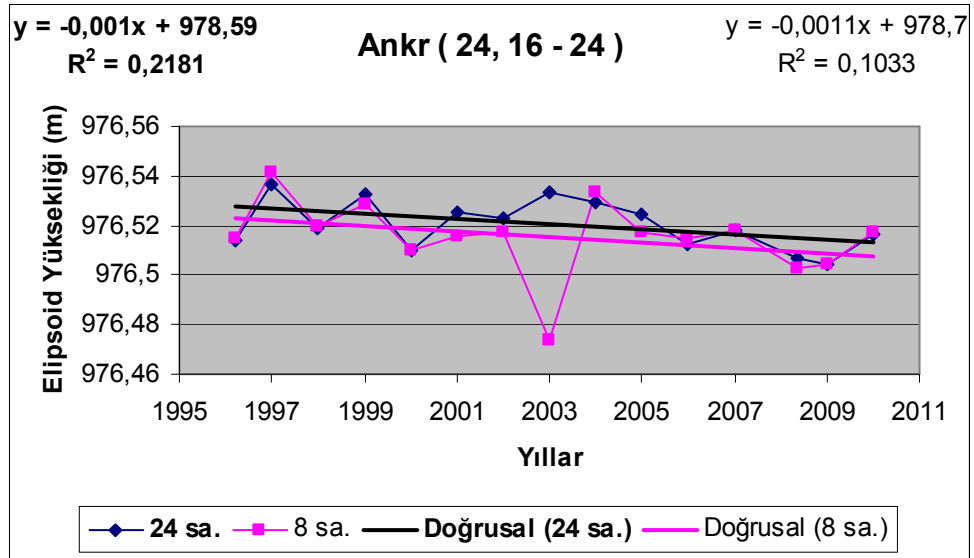
6.6.3 Ankr Noktası Sekiz Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri



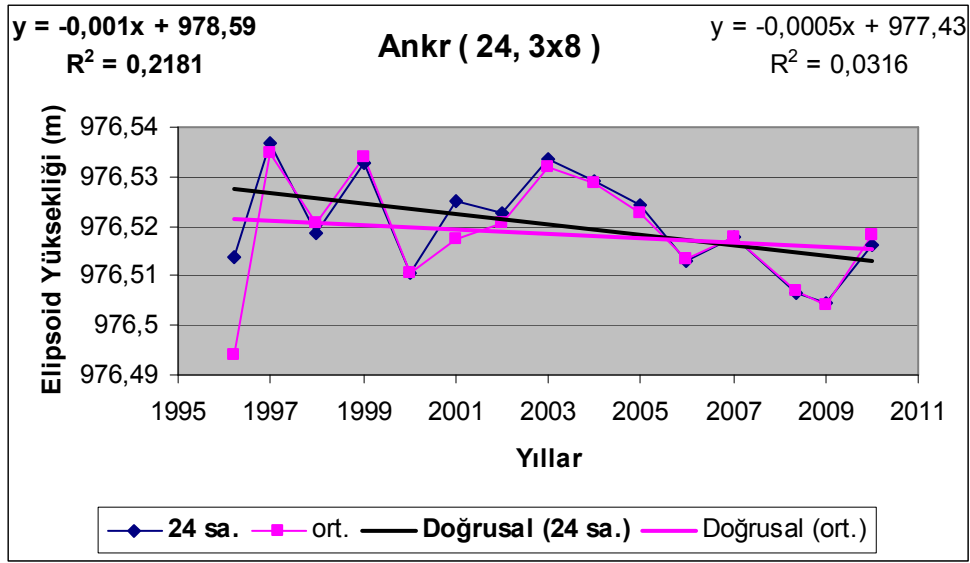
Şekil B1: Ankr noktası (24,0 – 8) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.



Şekil B2: Ankr noktası (24,8 – 16) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

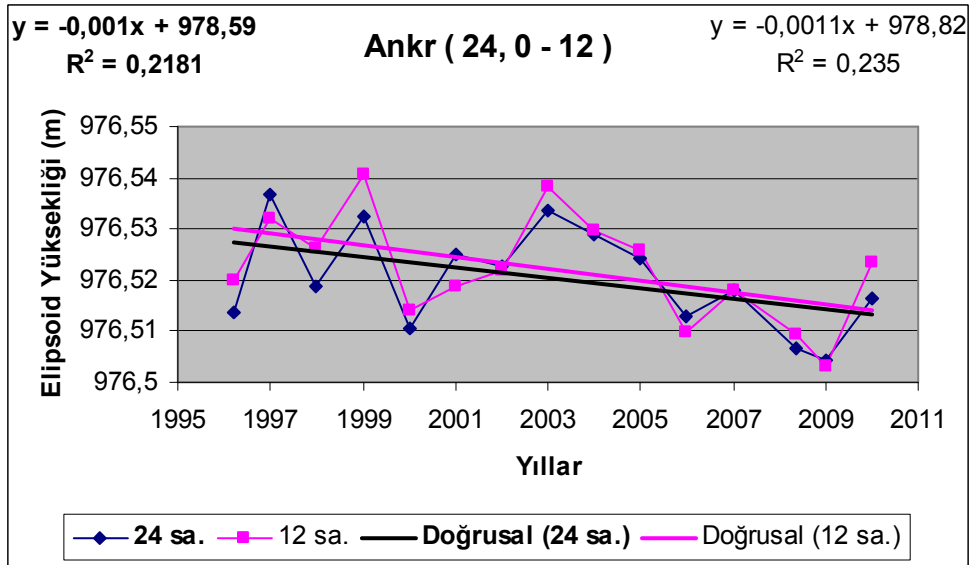


Şekil B3: Ankr noktası (24,16 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

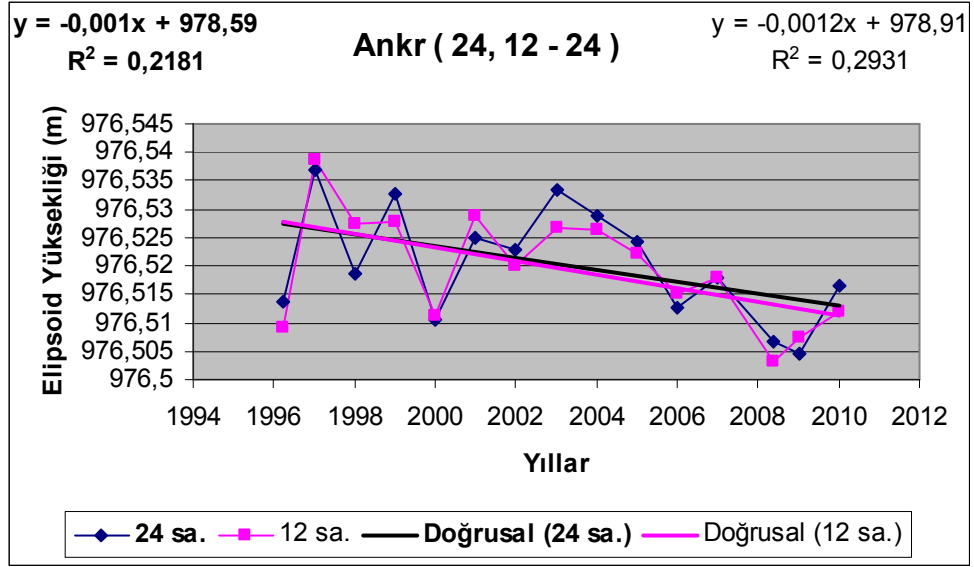


Şekil B4: Ankr noktası (24,3×8) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.

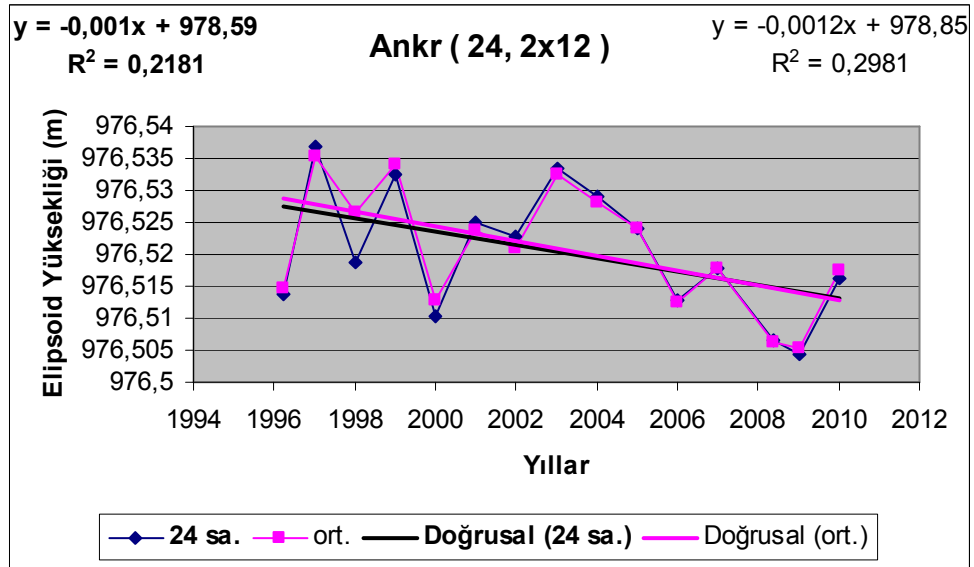
6.6.4 Ankr Noktası On İki Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri



Şekil B5: Ankr noktası (24,0 – 12) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.

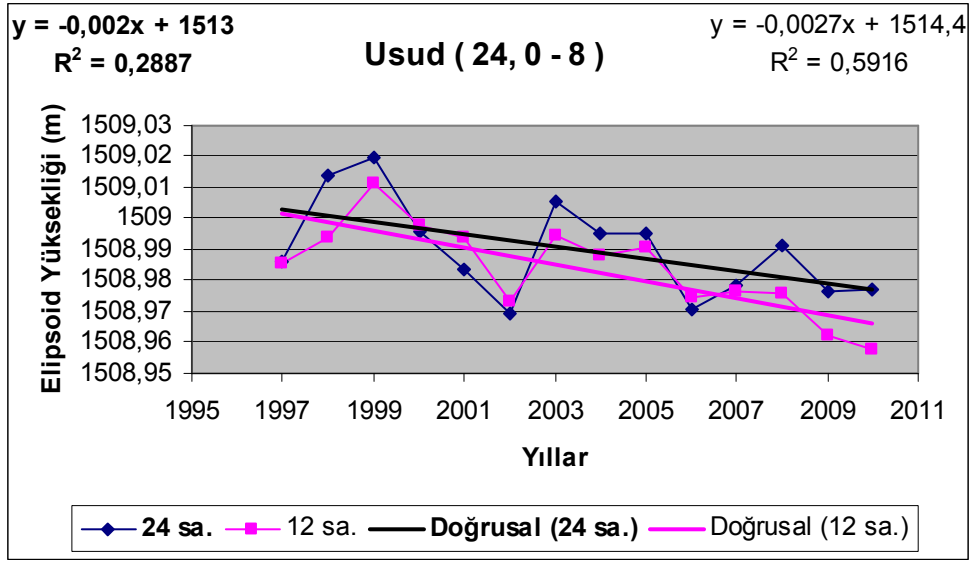


Şekil B6: Ankr noktası (24,12 – 24) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

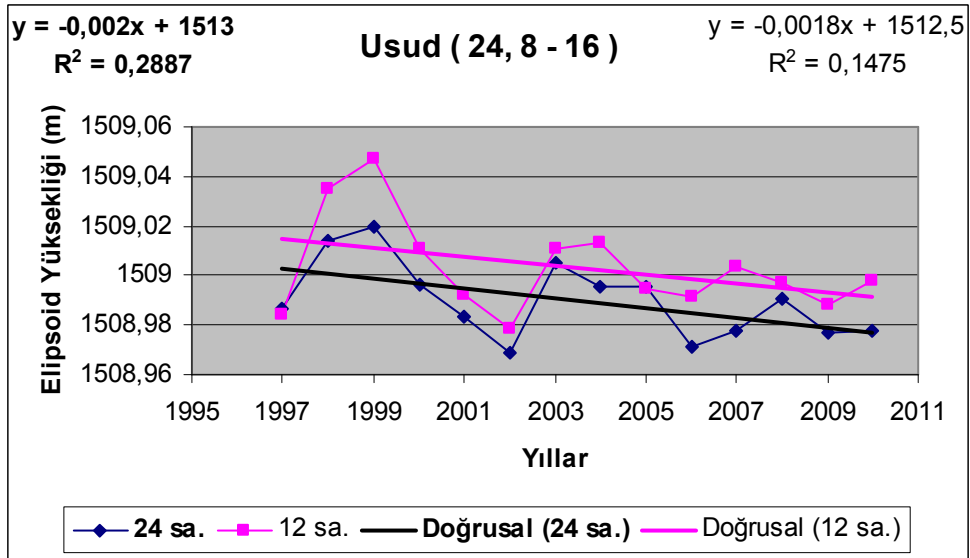


Şekil B7: Ankr noktası (24,2×12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

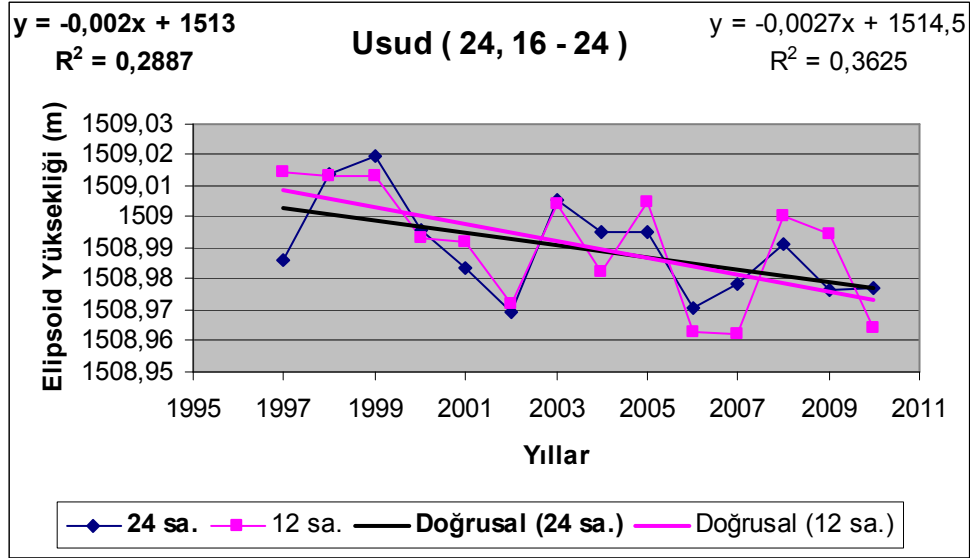
6.6.5 Usud Noktası Sekiz Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri



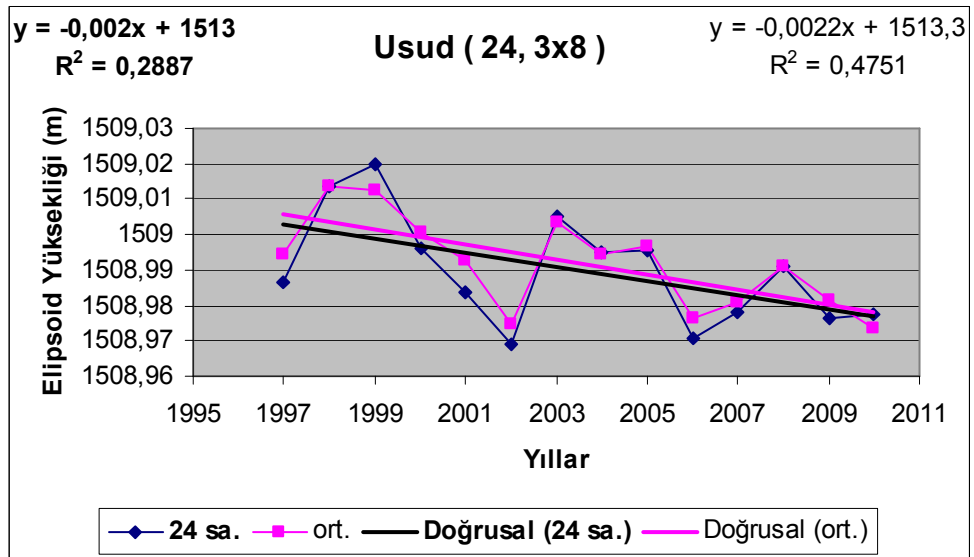
Şekil B1: Usud noktası (24,0 – 8) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.



Şekil B2: Usud noktası (24,8 – 16) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

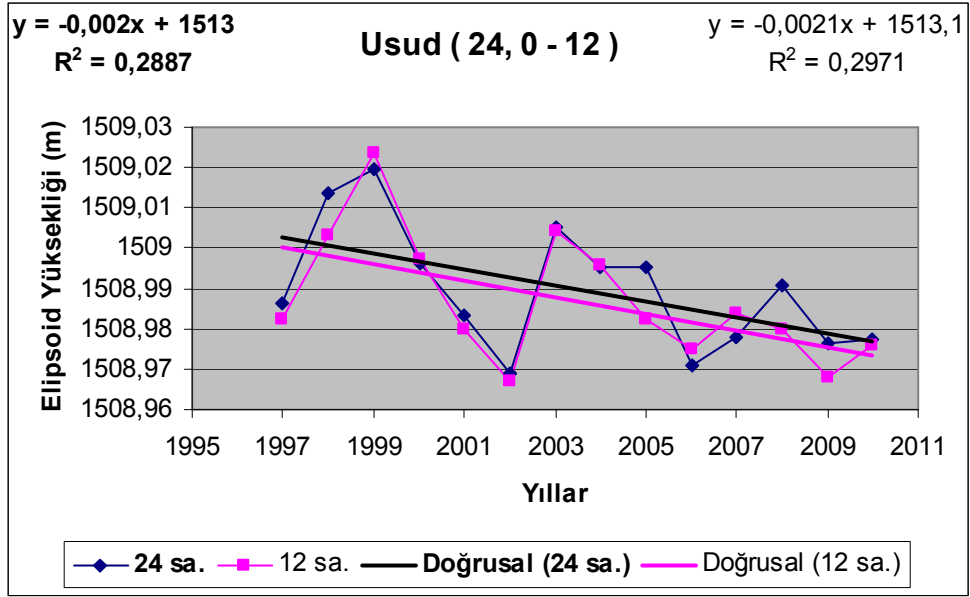


Şekil B3: Usud noktası (24,16 – 24) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.

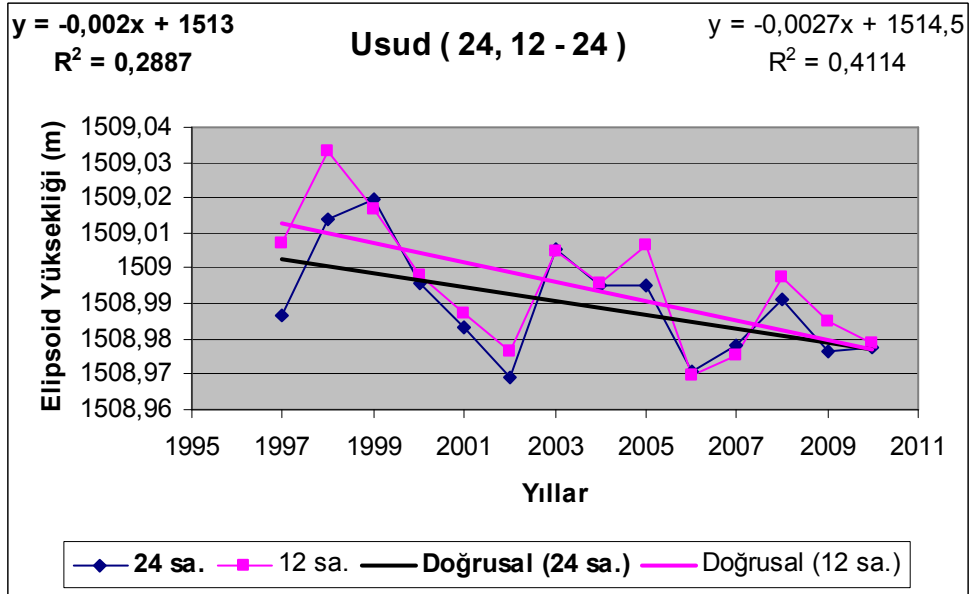


Şekil B4: Usud noktası (24,3×8) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.

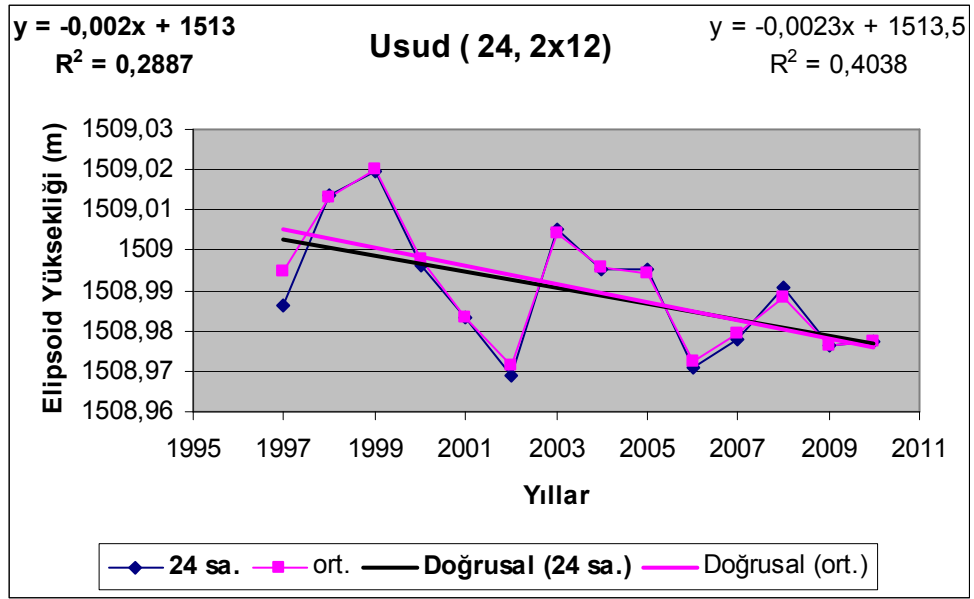
6.6.6 Usud Noktası On İki Saatlik Verilerinden Düşey Hız Değişim Grafikleri



Şekil B5: Usud noktası (24,0 – 12) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.



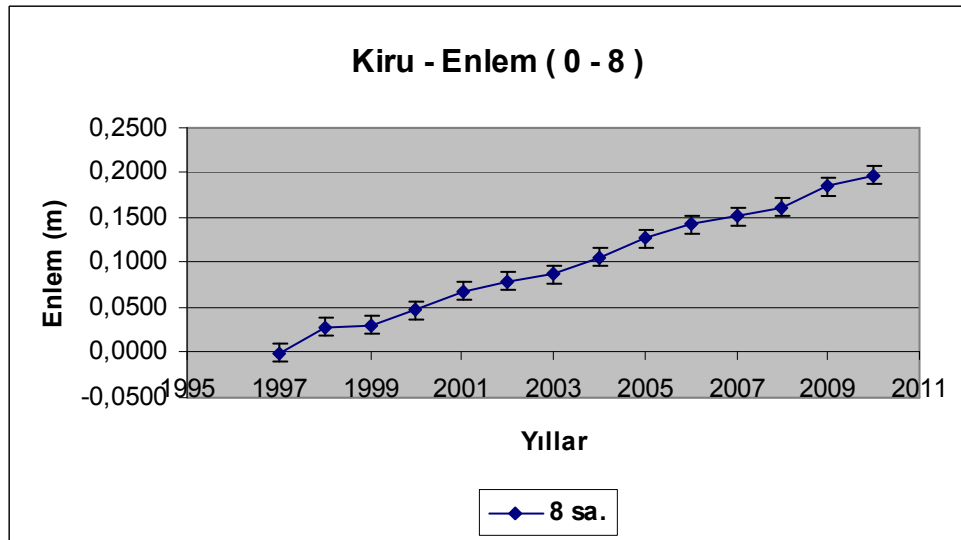
Şekil B6: Usud noktası (24,12 – 24) sa. için (*h*) regresyon analiz grafiği.



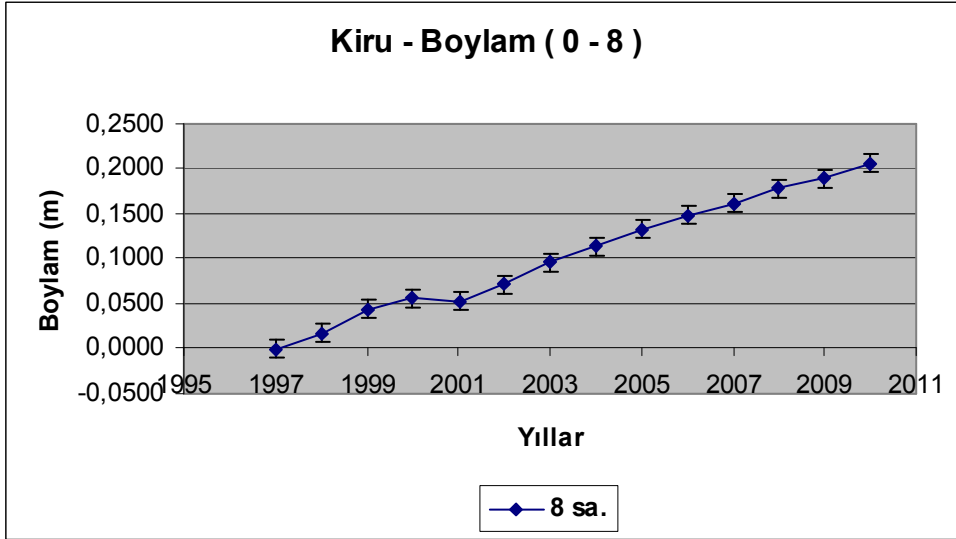
Şekil B7: Usud noktası (24, 2x12) sa. için (h) regresyon analiz grafiği.

6.7 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Enlem, Boylam ve (FSS) Değerlerinin Değişim Grafikleri

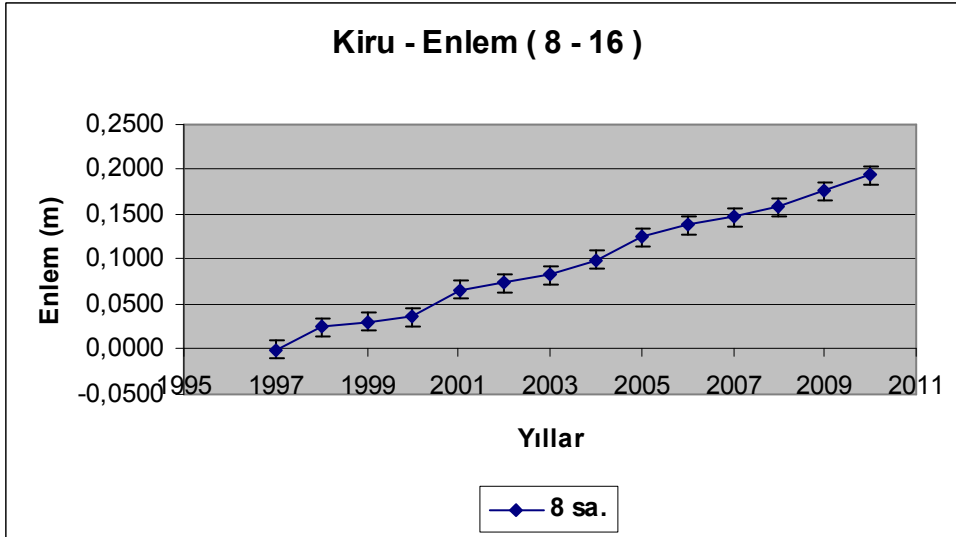
6.7.1 Kiru Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri



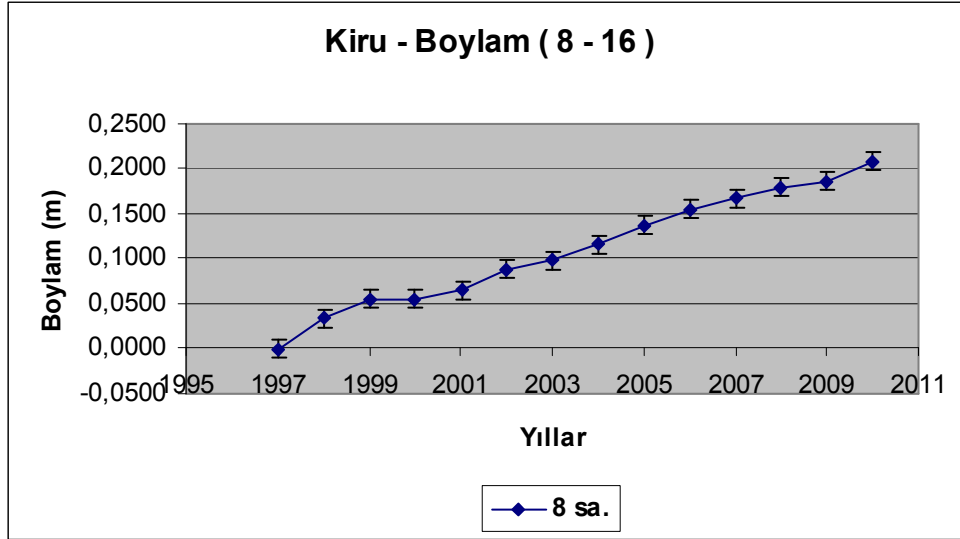
Şekil C1: Kiru noktası (0 – 8) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



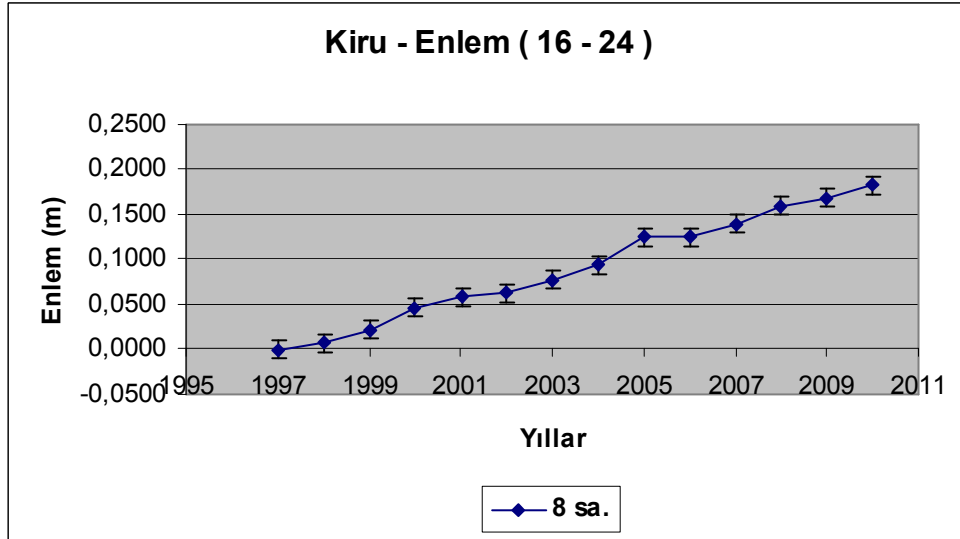
Şekil C2: Kiru noktası (0 – 8) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



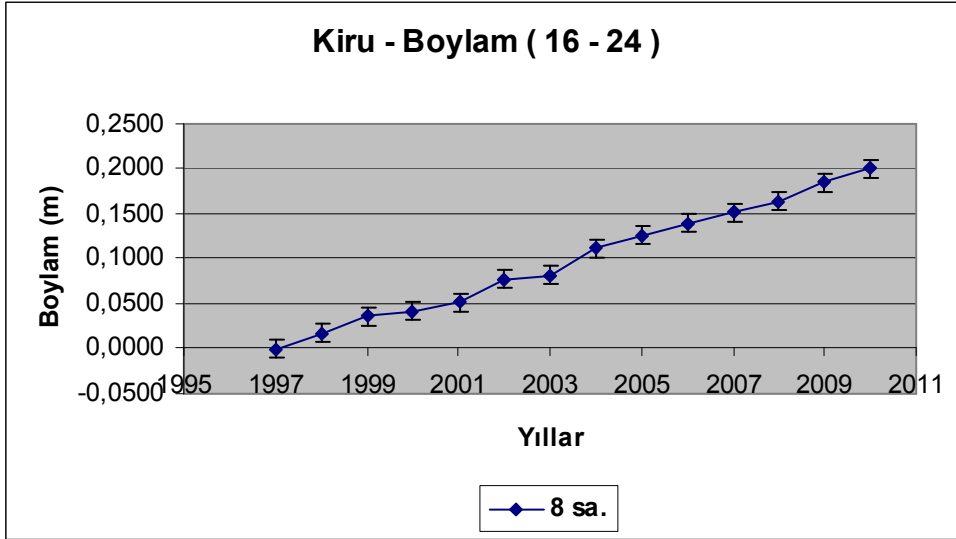
Şekil C3: Kiru noktası (8 – 16) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



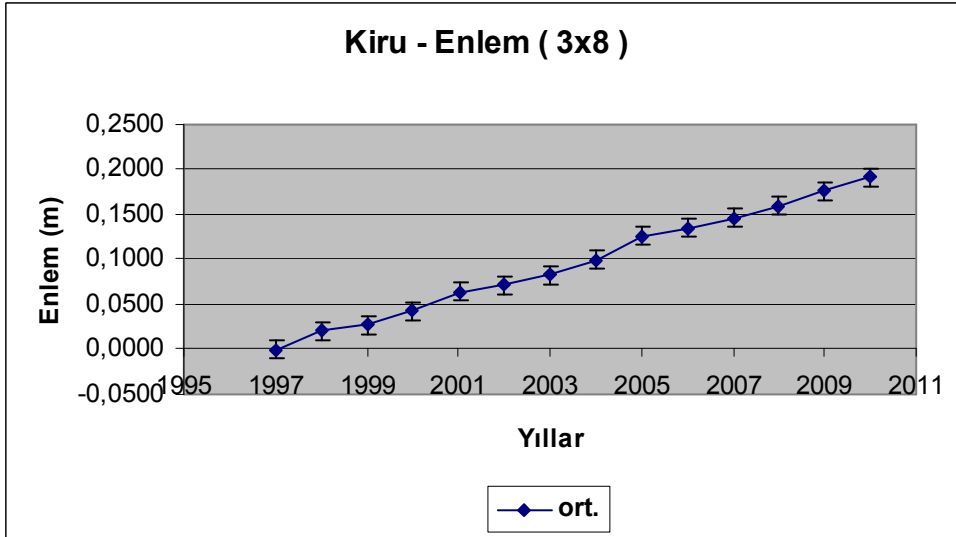
Şekil C4: Kiru noktası (8 – 16) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



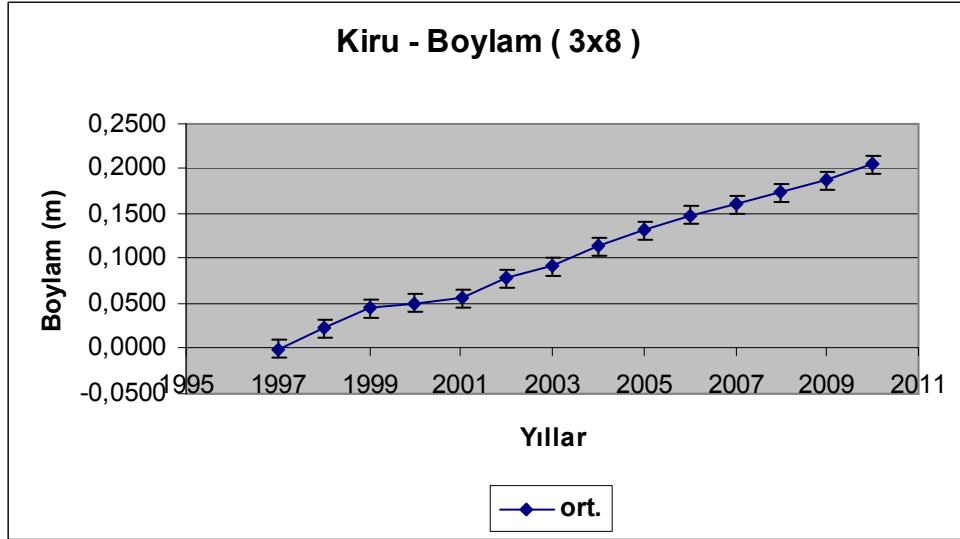
Şekil C5: Kiru noktası (16 – 24) sa. için boylam (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



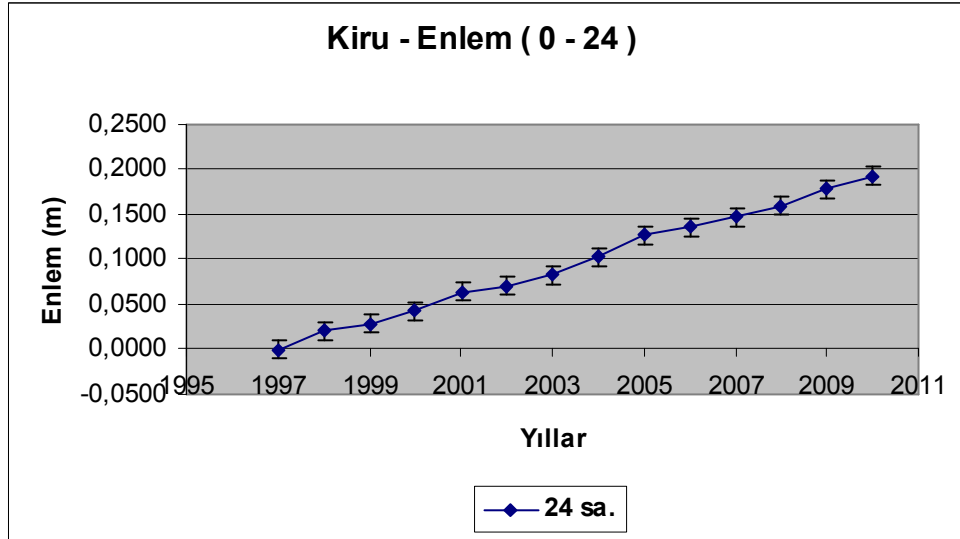
Şekil C6: Kiru noktası (16 – 24) sa. için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.



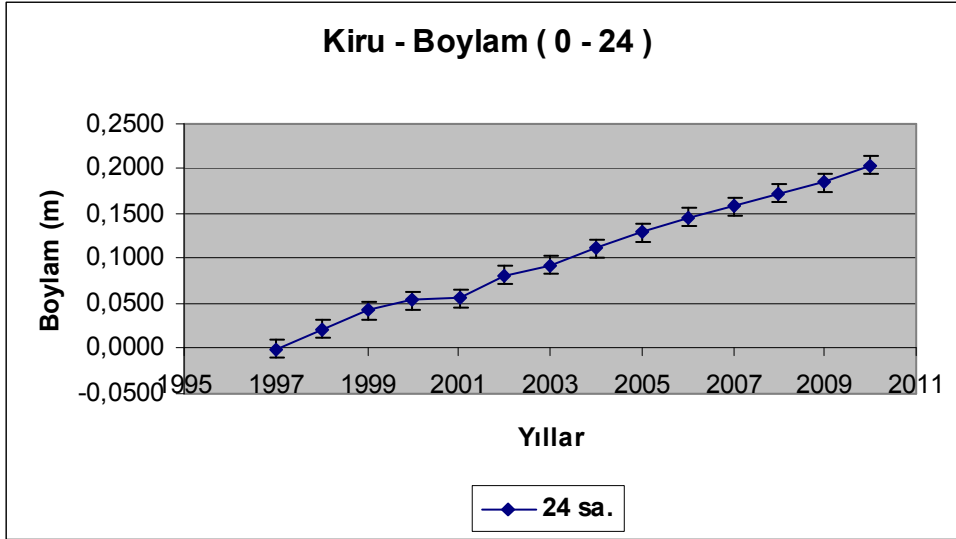
Şekil C7: Kiru noktası (3×8) 'e ait enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil C8: Kiru noktası (3 × 8) 'e ait boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.

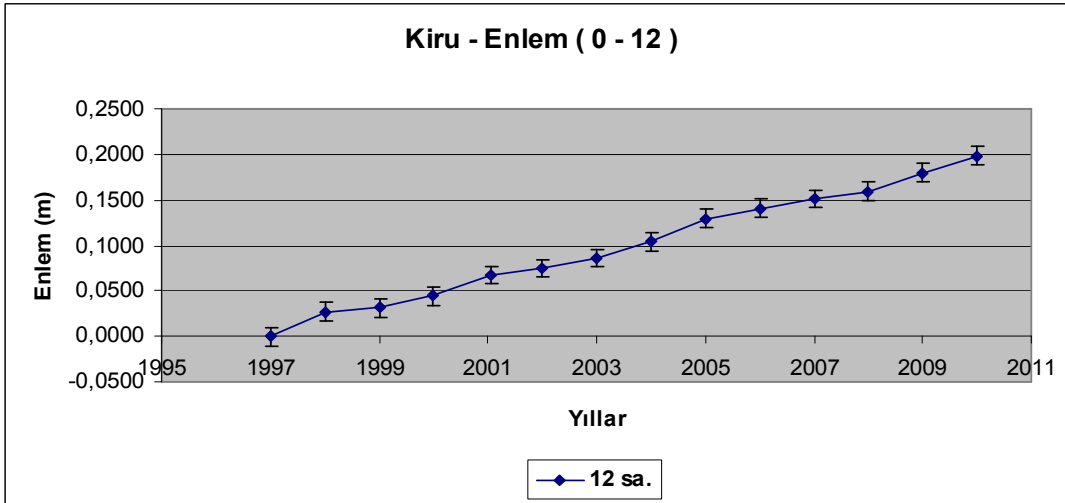


Şekil C9: Kiru noktası (0 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.

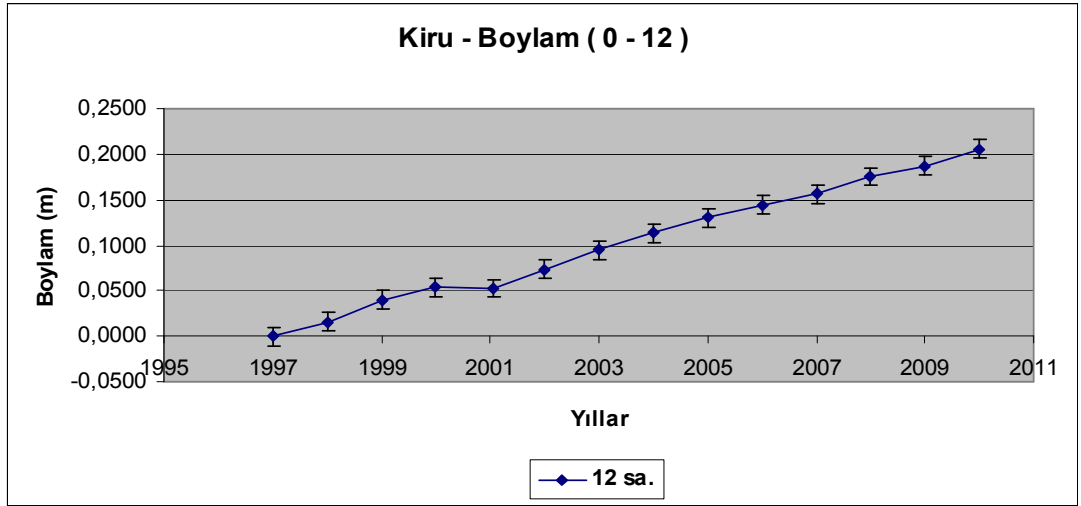


Şekil C10: Kiru noktası (0 – 24) sa. için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.

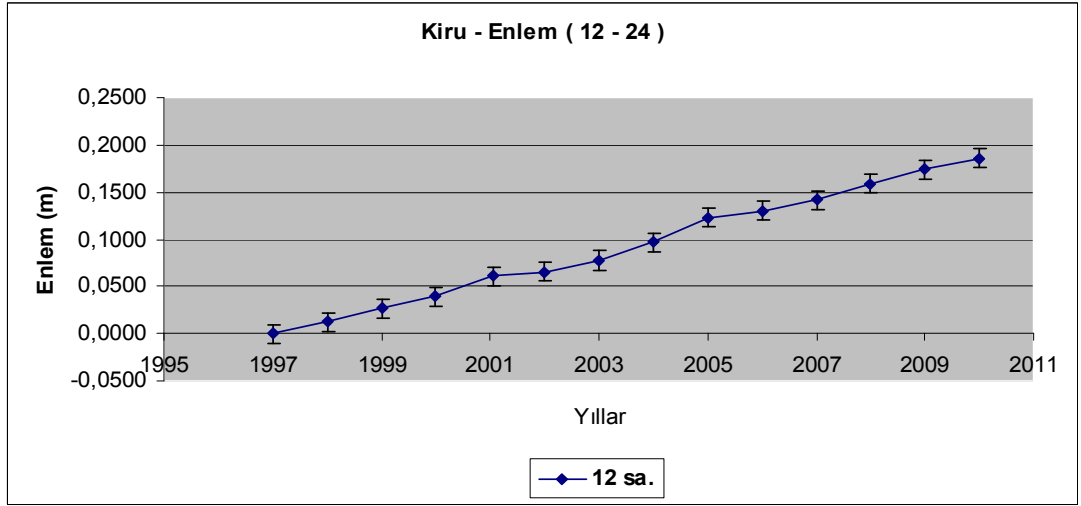
6.7.2 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri



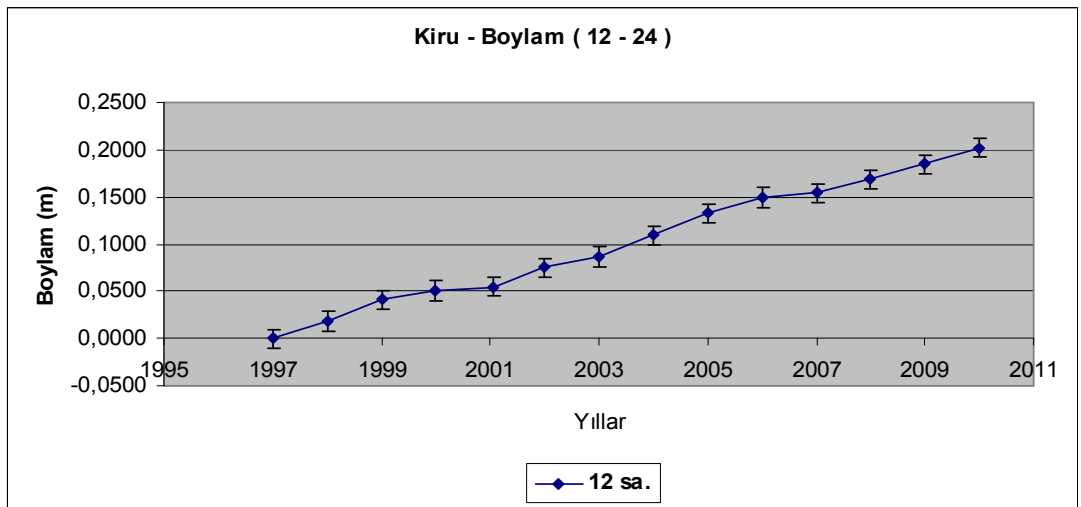
Şekil C11: Kiru noktası (0 – 12) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



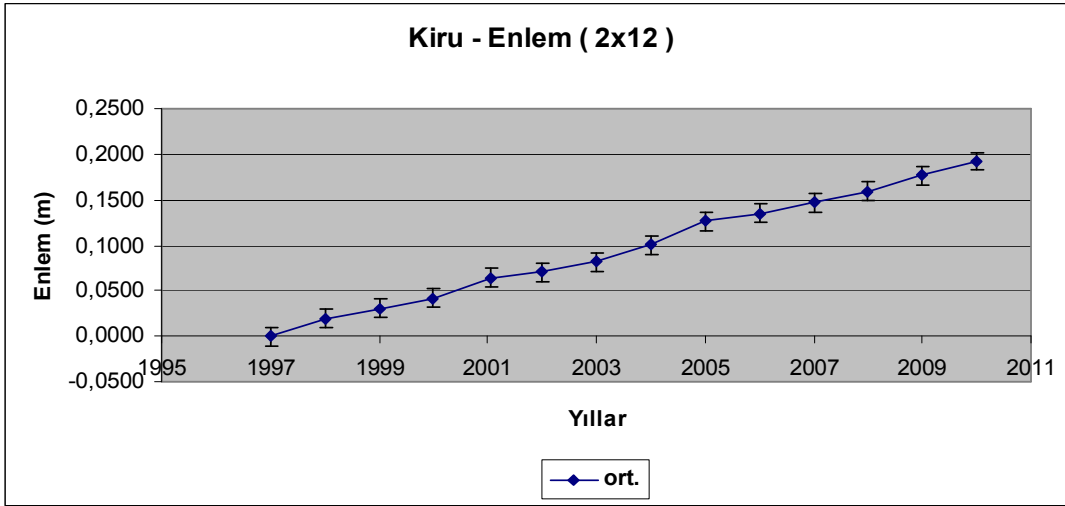
Şekil C12: Kiru noktası (0 – 12) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



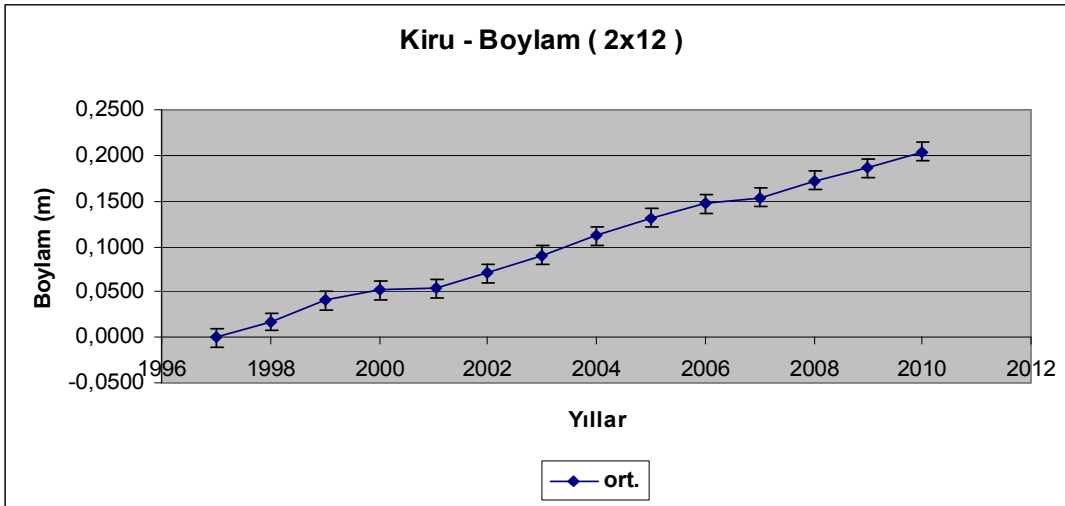
Şekil C13: Kiru noktası (12 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



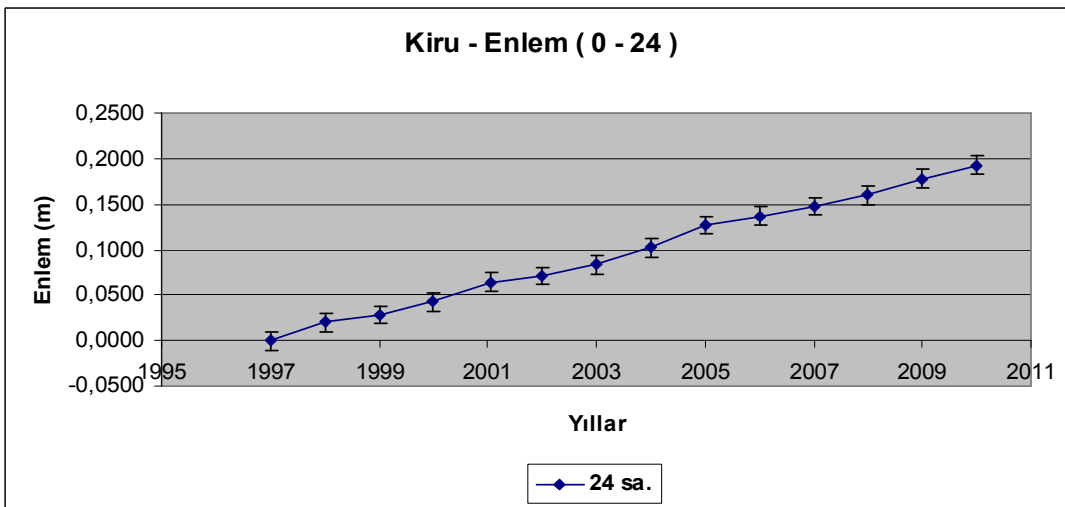
Şekil C14: Kiru noktası (12 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



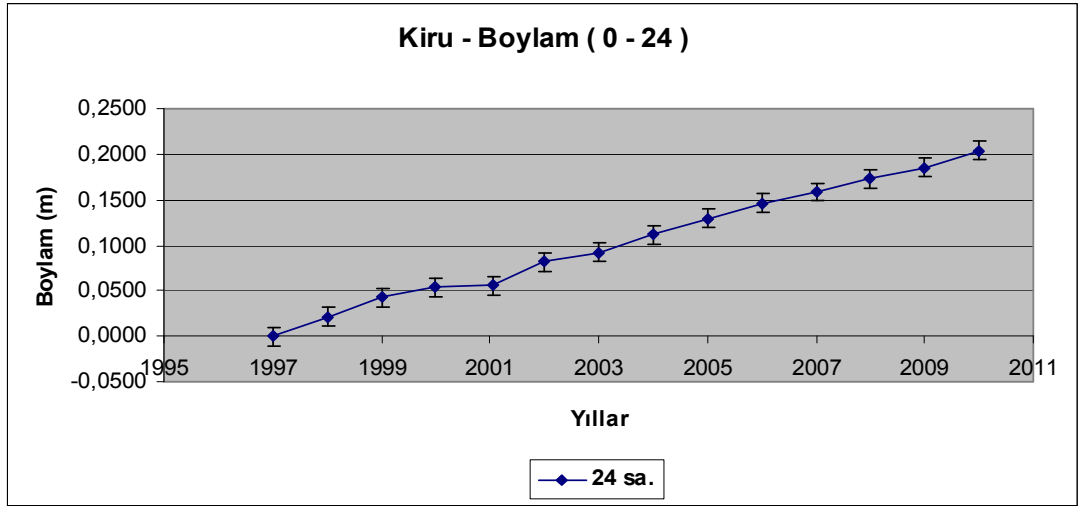
Şekil C15: Kiru noktası (2×12) için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil C16: Kiru noktası (2×12) için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.

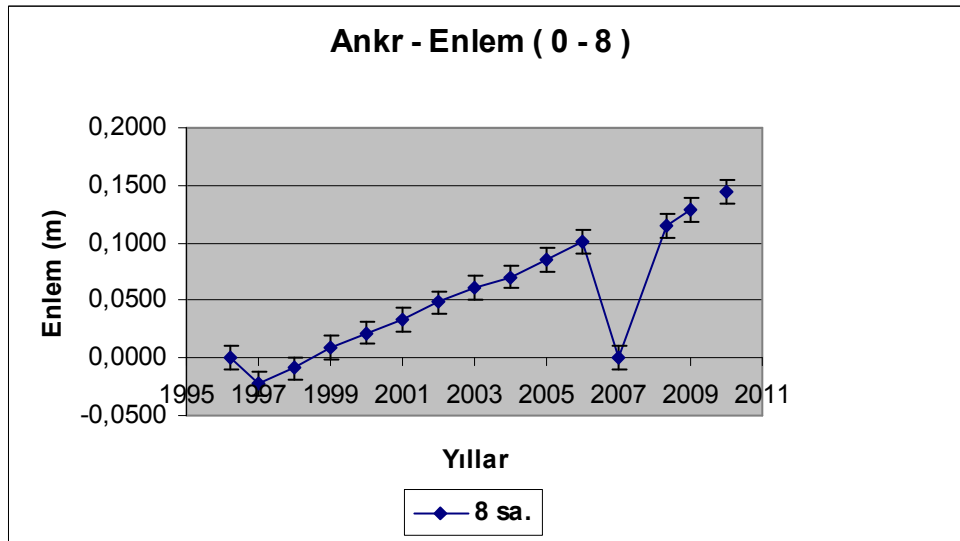


Şekil C17: Kiru noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.

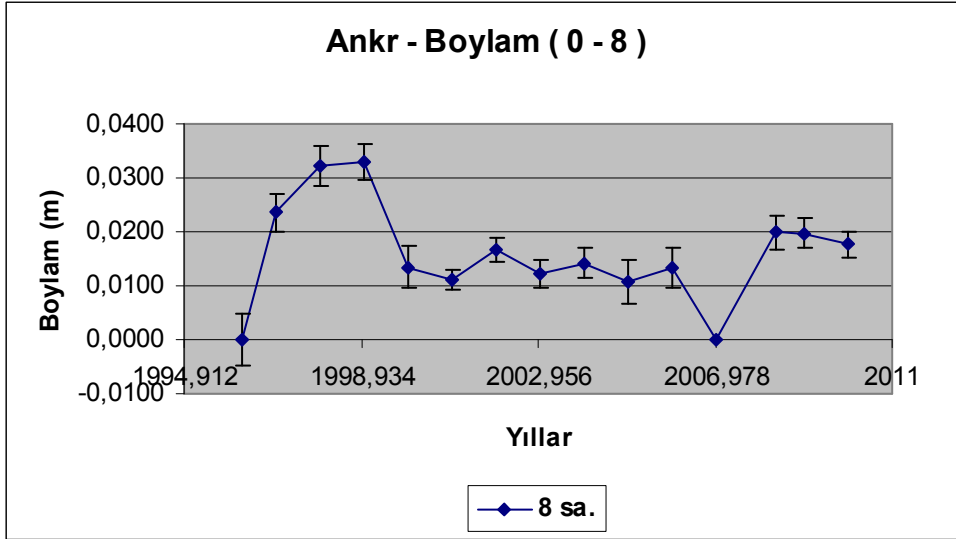


Şekil C18: Kiru noktası (0 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.

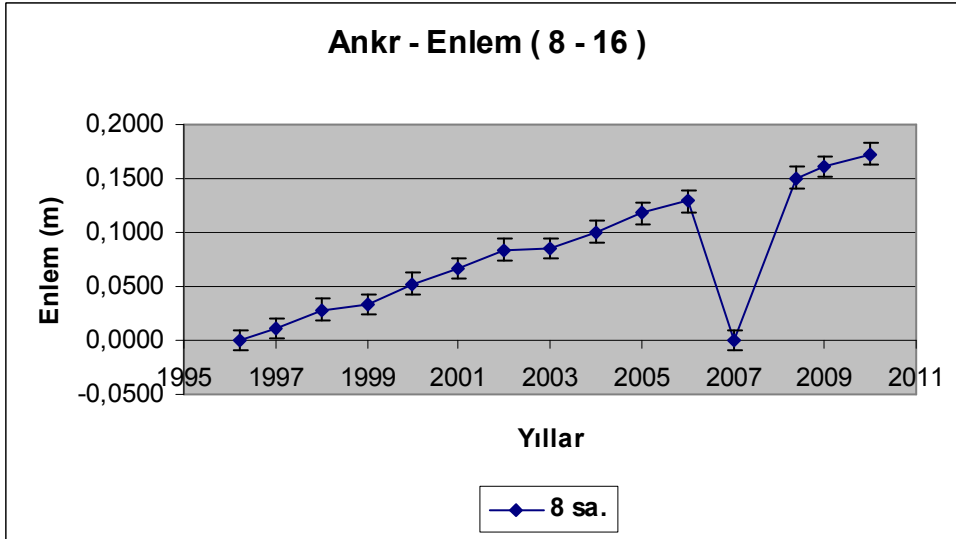
6.7.3 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri



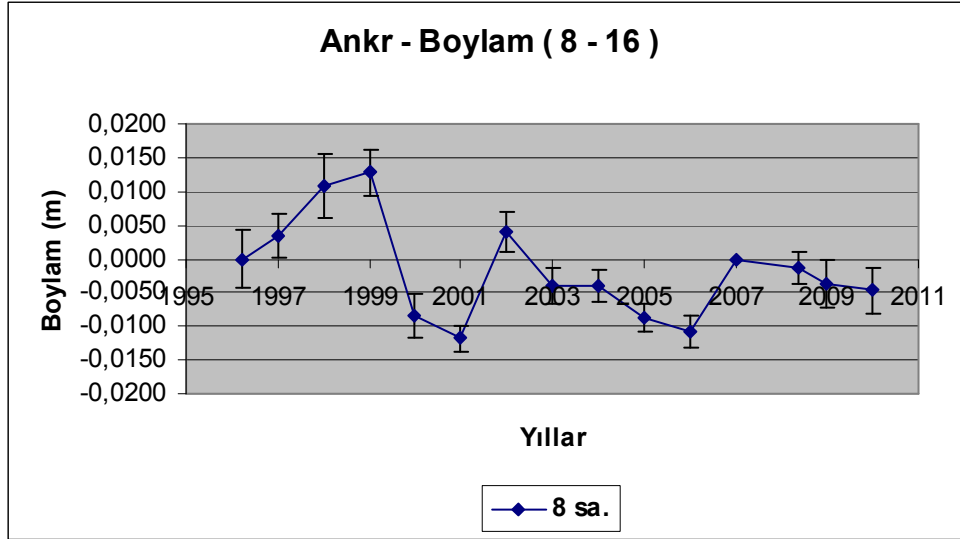
Şekil C1: Ankr noktası (0 – 8) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



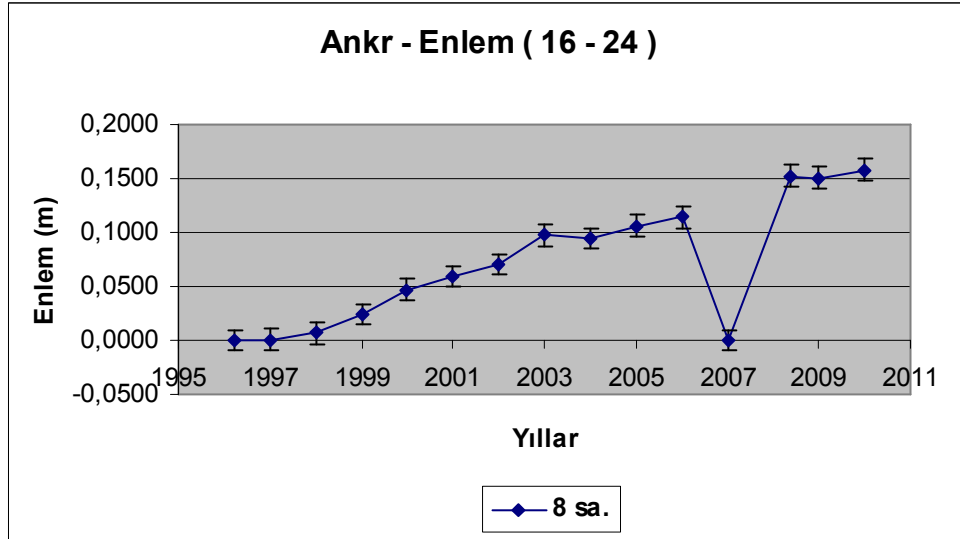
Şekil C2: Ankr noktası (0 – 8) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



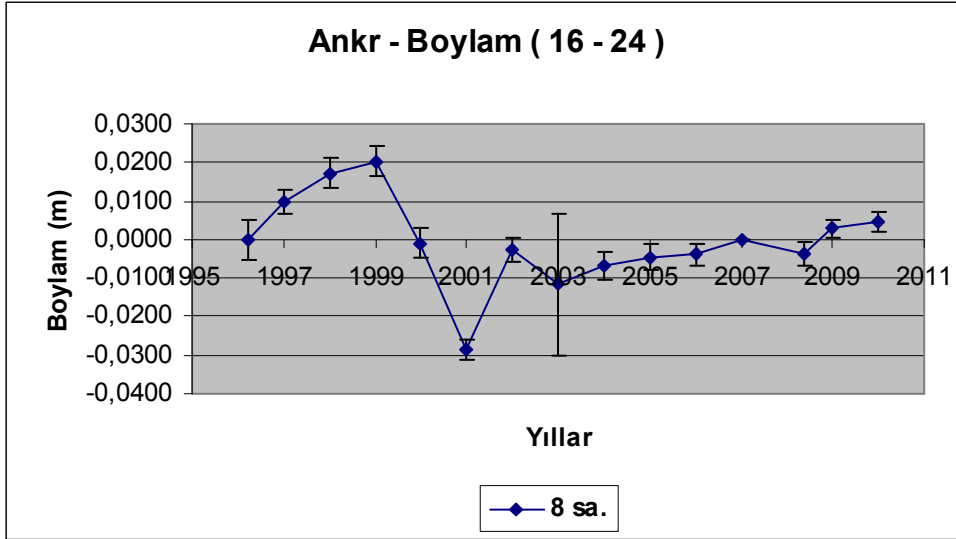
Şekil C3: Ankr noktası (8 – 16) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



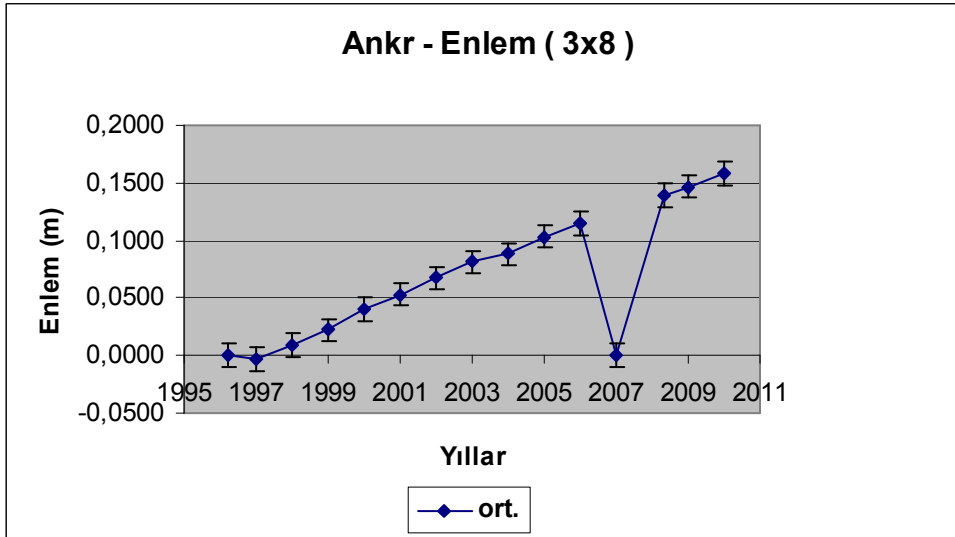
Şekil C4: Ankr noktası (8 – 16) sa. için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.



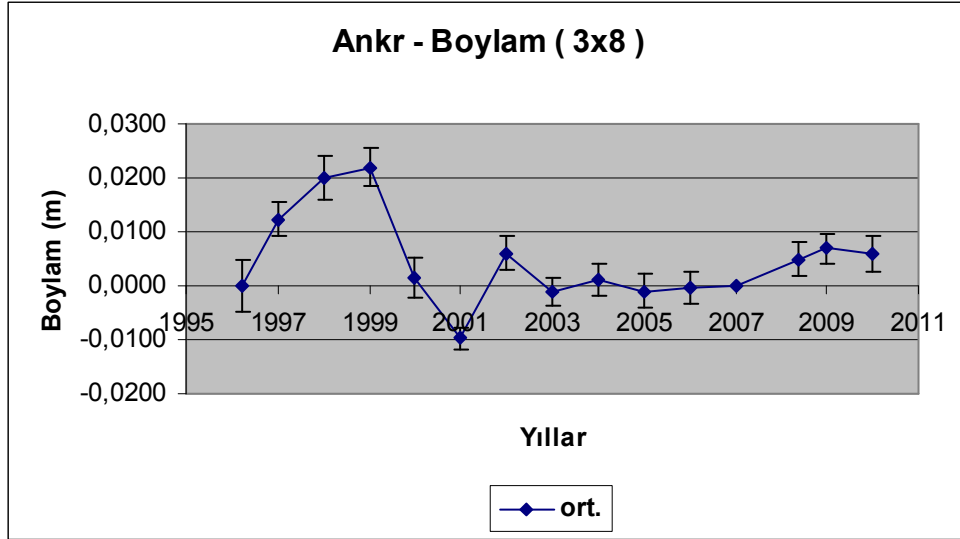
Şekil C5: Ankr noktası (16 – 24) sa. için boylam(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



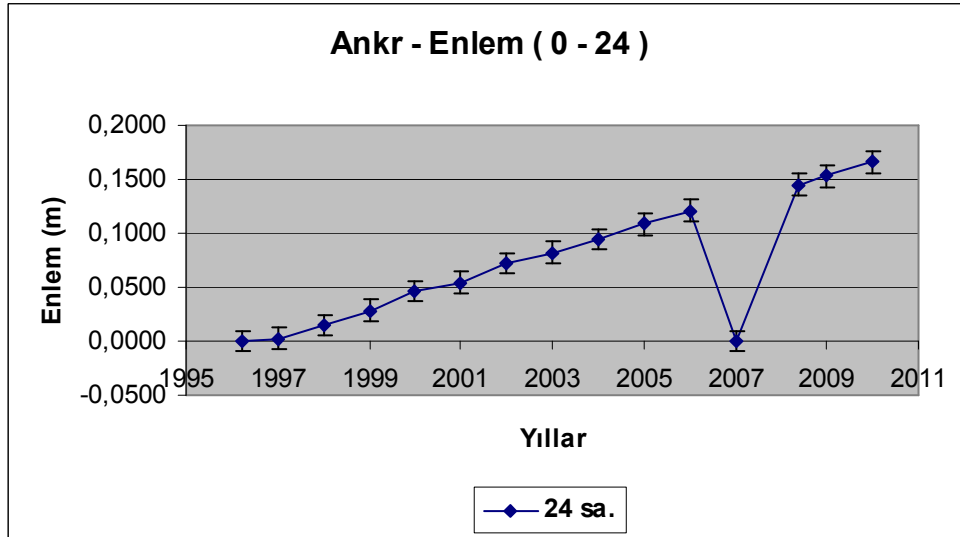
Şekil C6: Ankr noktası (16 – 24) sa. için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.



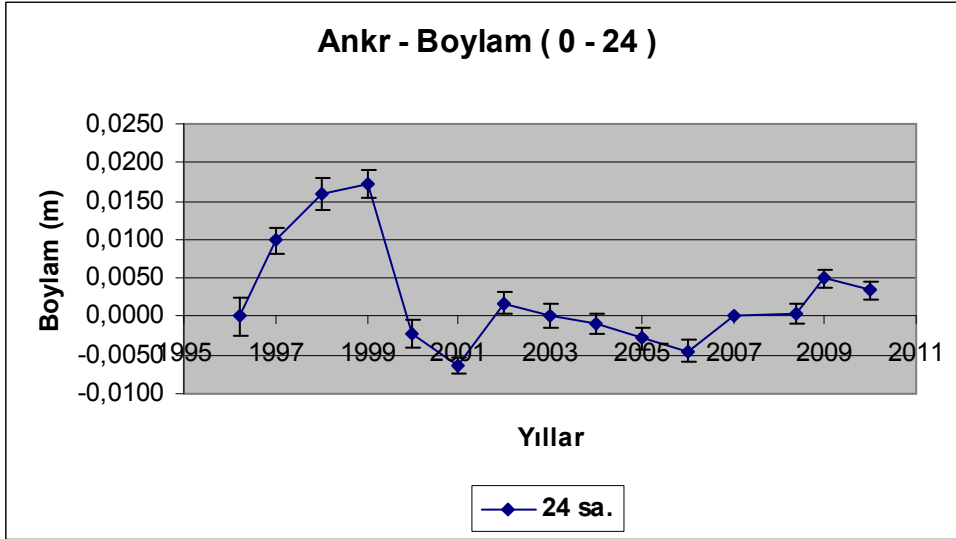
Şekil C7: Ankr noktası (3×8) 'e ait enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil C8: Ankr noktası (3×8) 'e ait boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.

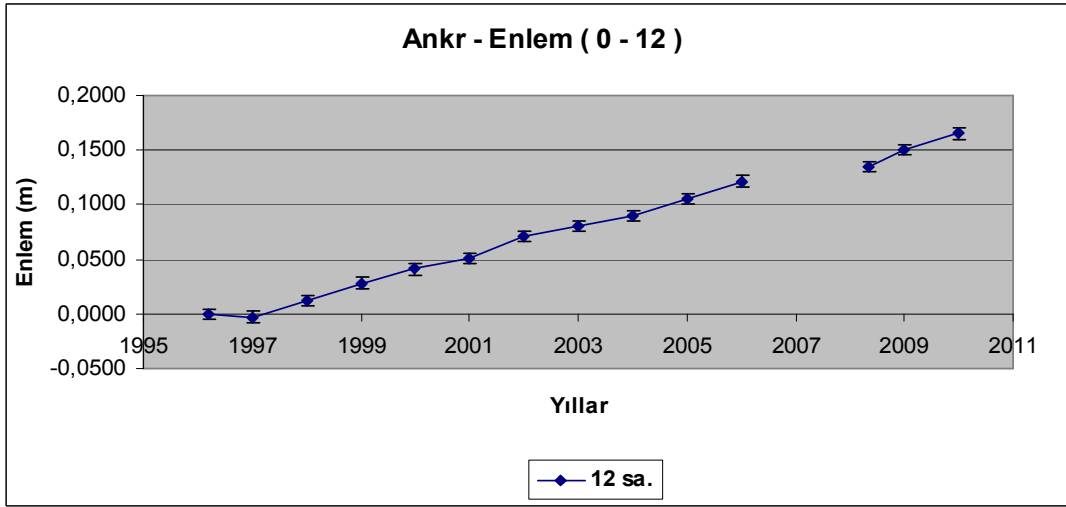


Şekil C9: Ankr noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.

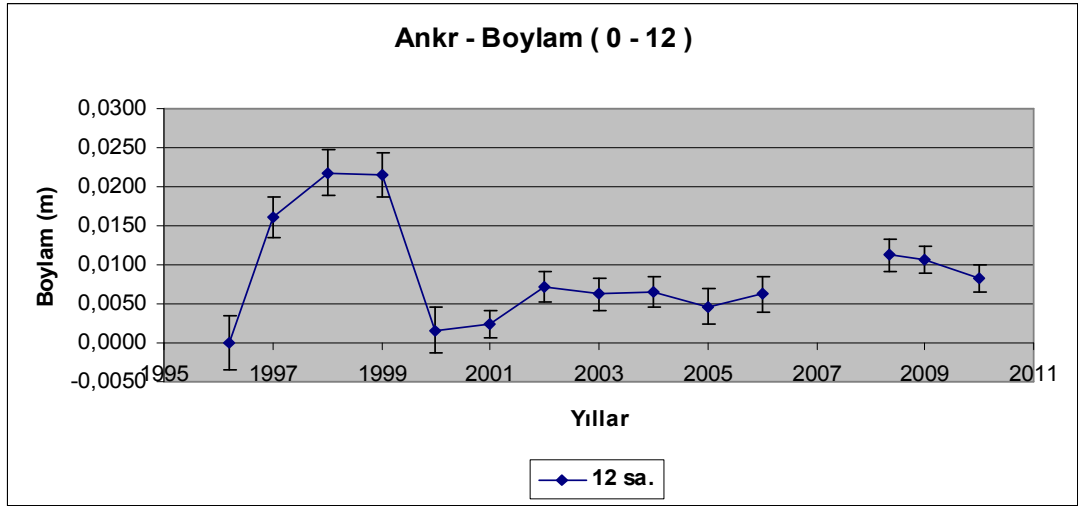


Şekil C10: Ankr noktası (0 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.

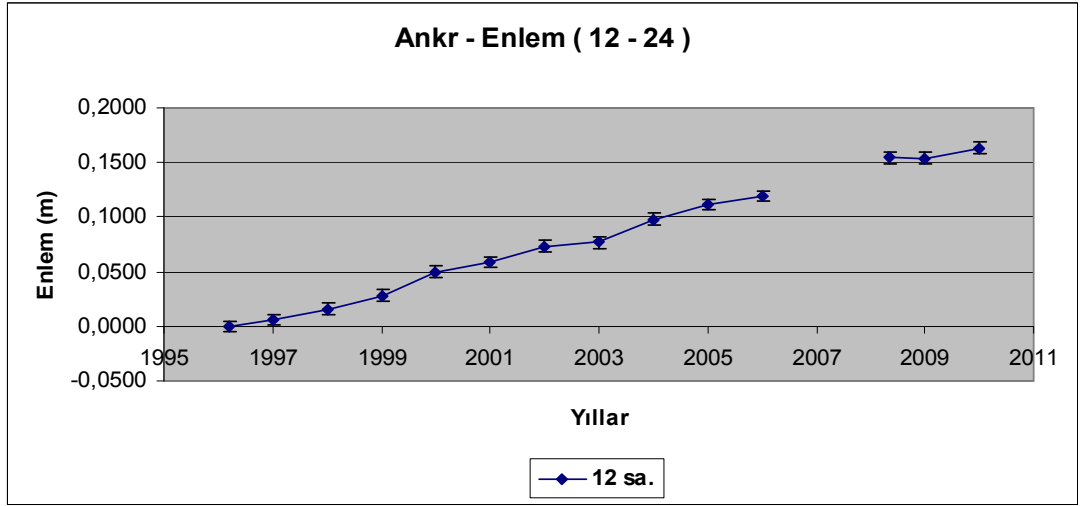
6.7.4 Ankr Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri



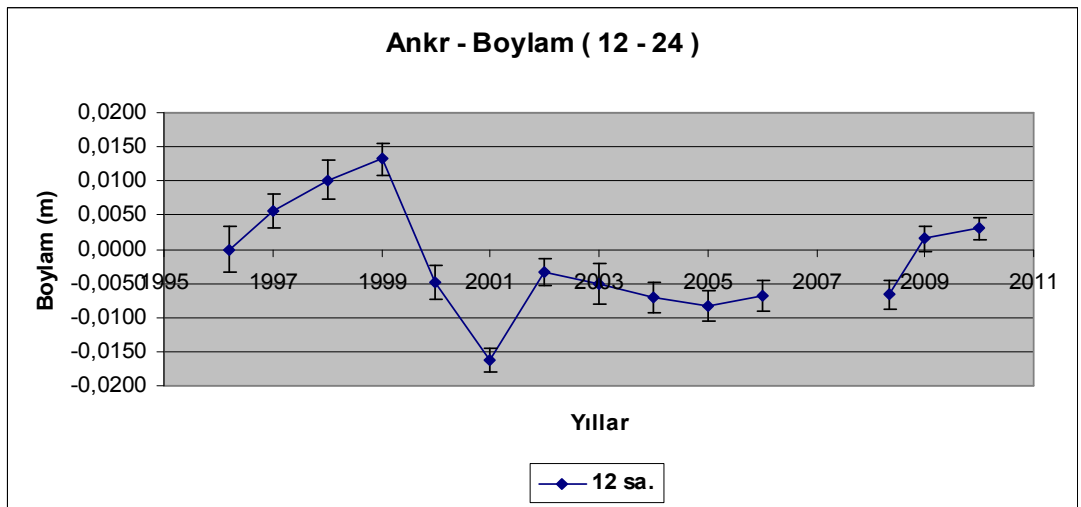
Şekil C11: Ankr noktası (0 – 12) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



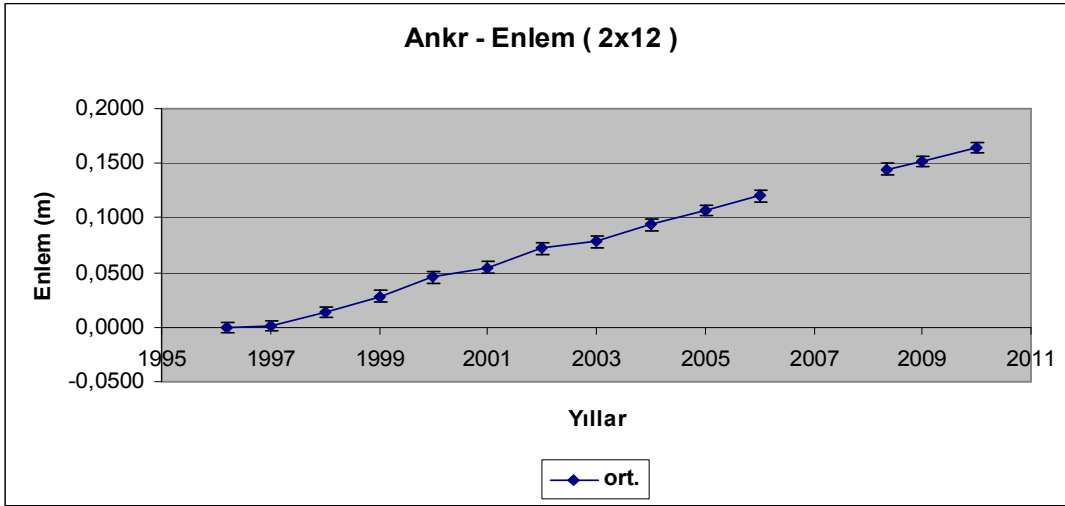
Şekil C12:Ankr noktası (0 – 12) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



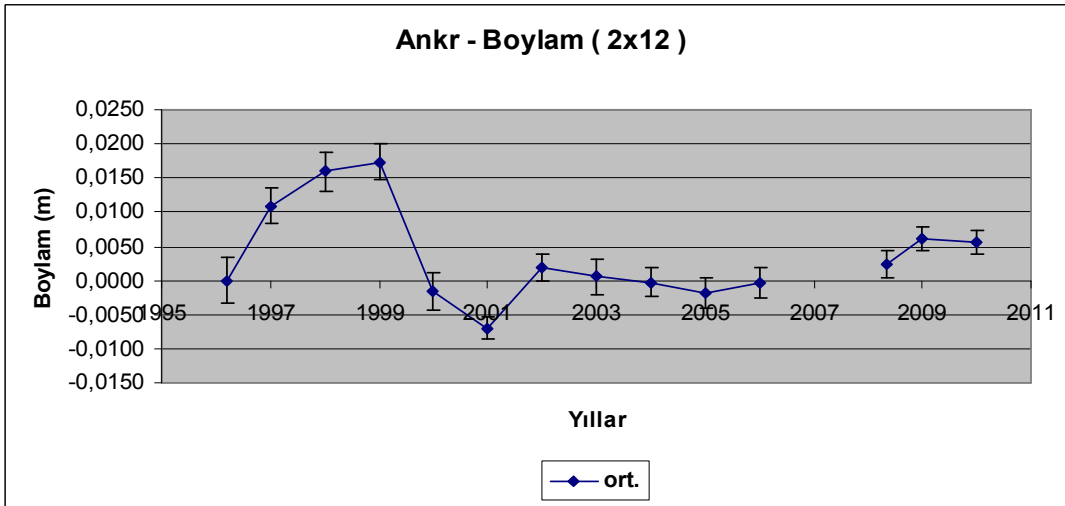
Şekil C13: Ankr noktası (12 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



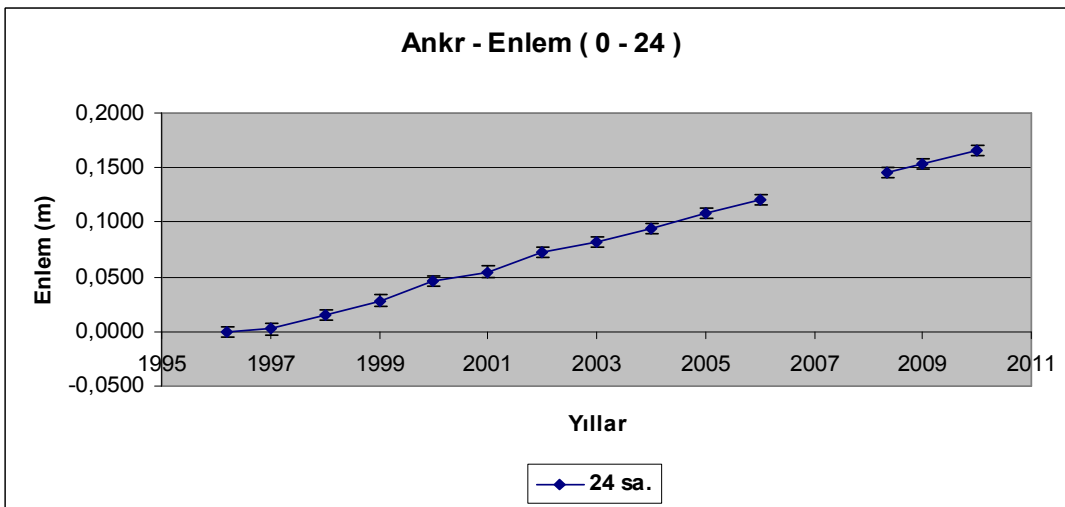
Şekil C14: Ankr noktası (12 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



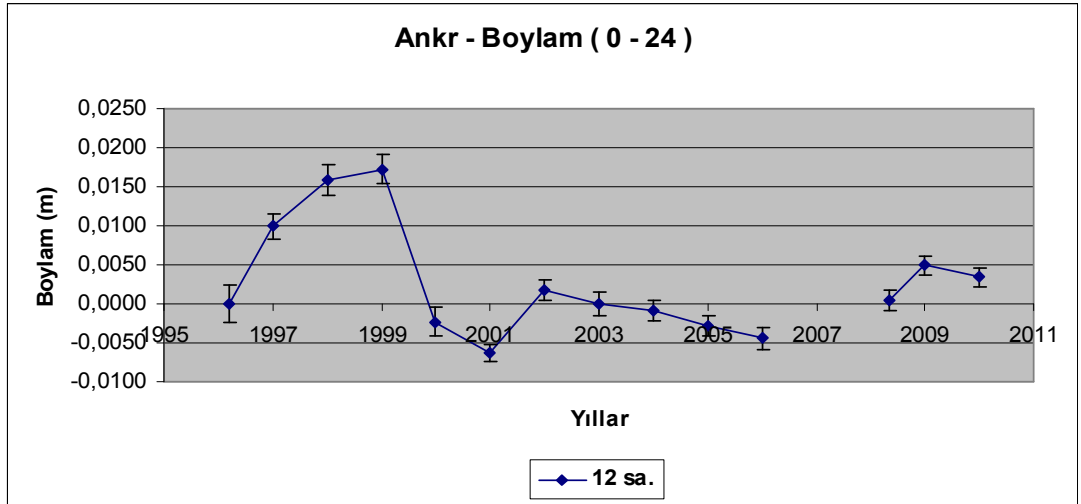
Şekil C15: Ankr noktası (2×12) için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil C16: Ankr noktası (2×12) için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.

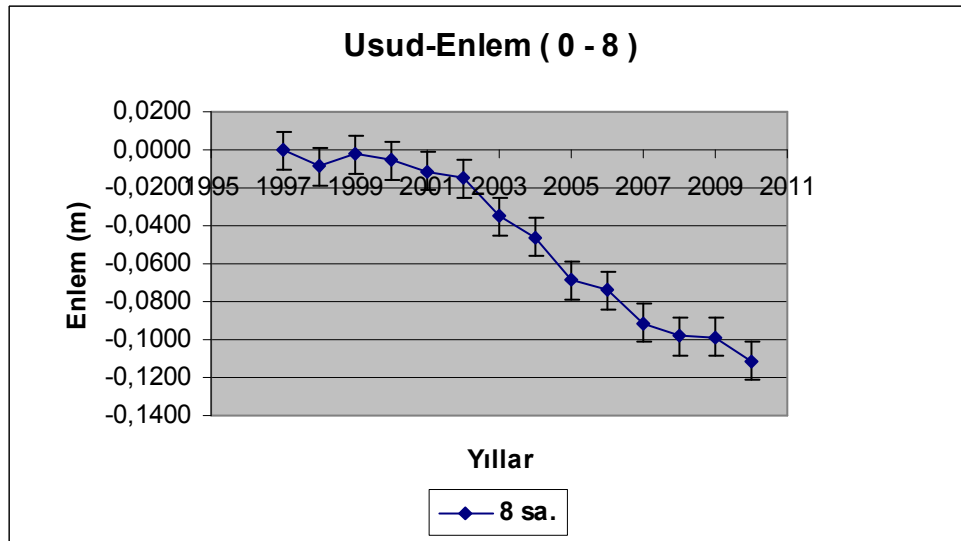


Şekil C17: Ankr noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.

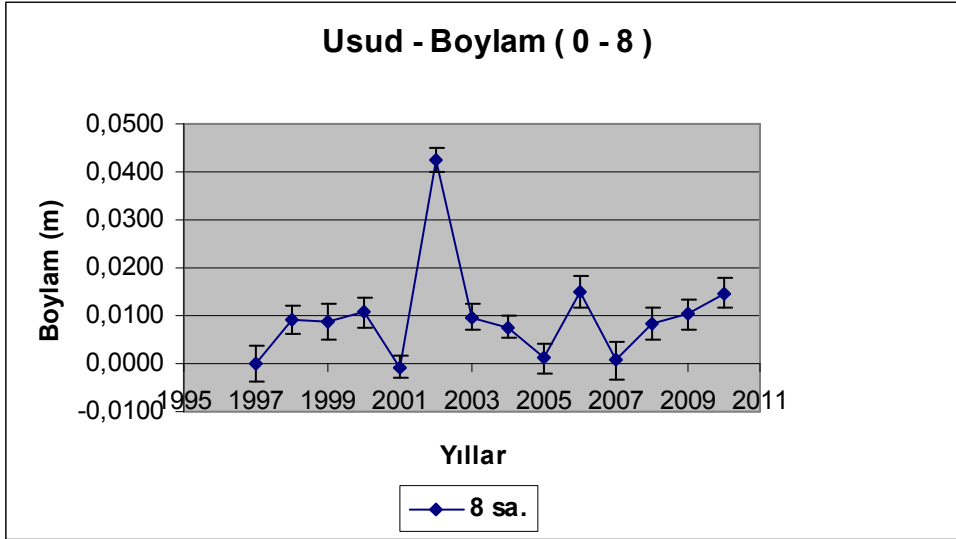


Şekil C18: Ankr noktası (0 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.

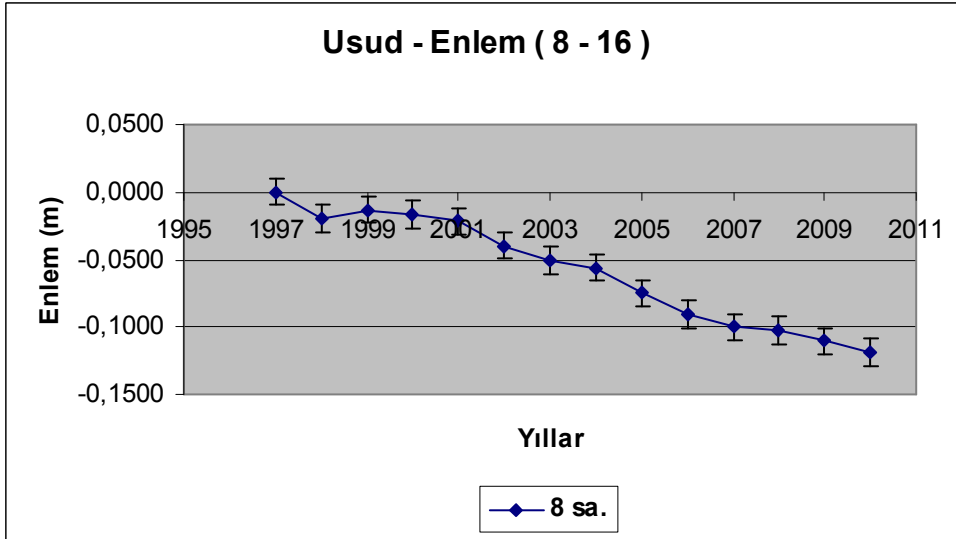
6.7.5 Usud Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri



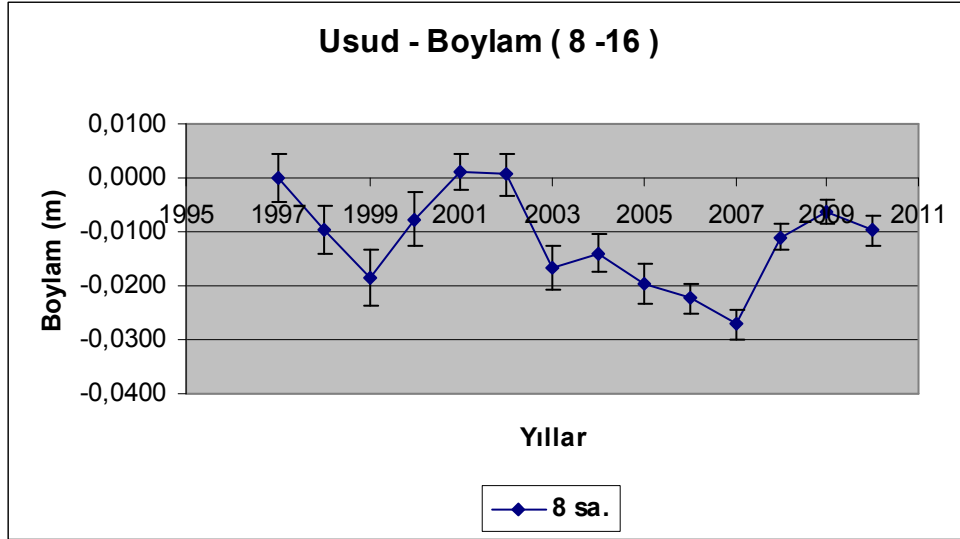
Şekil C1: Usud noktası (0 – 8) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



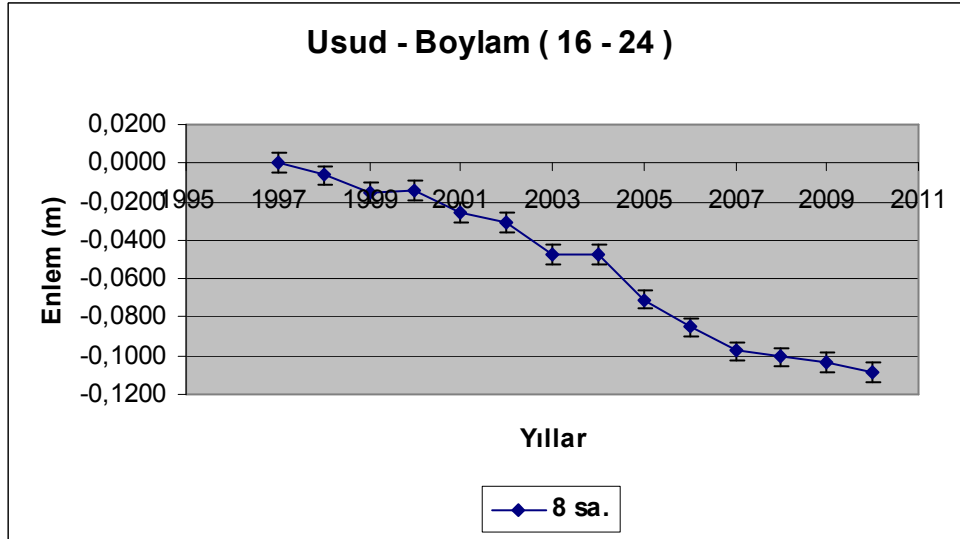
Şekil C2: Usud noktası (0 – 8) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



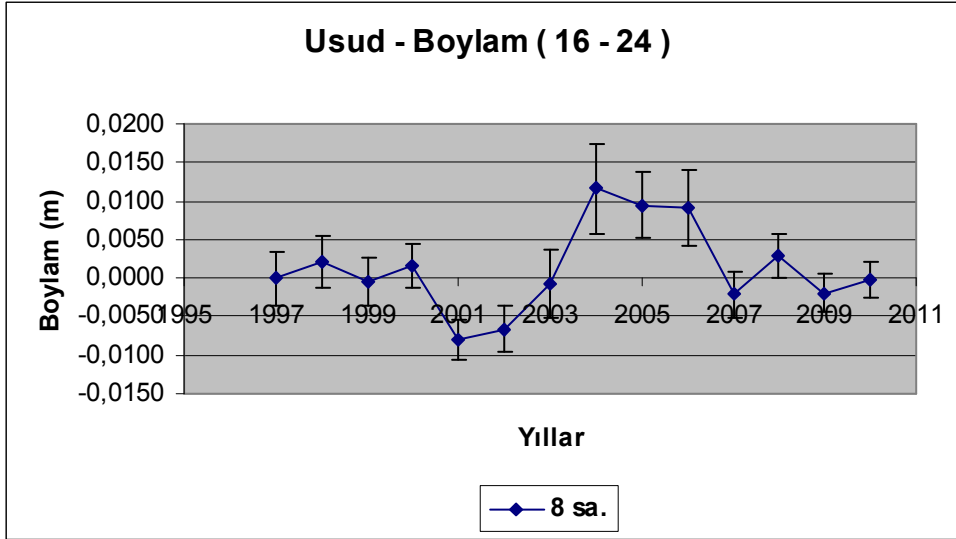
Şekil C3: Usud noktası (8 – 16) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



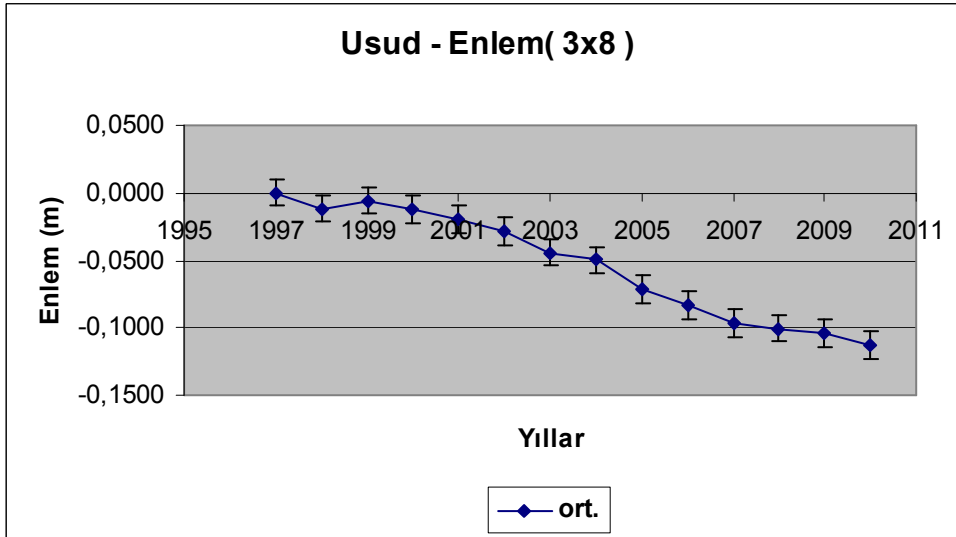
Şekil C4: Usud noktası (8 –16) sa. için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.



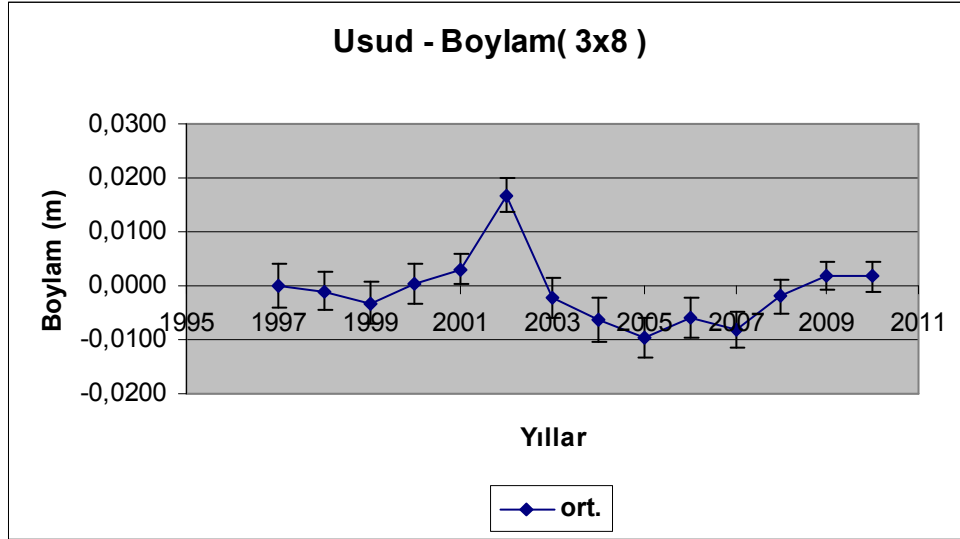
Şekil C5: Usud noktası (16 –24) sa. için boylam(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



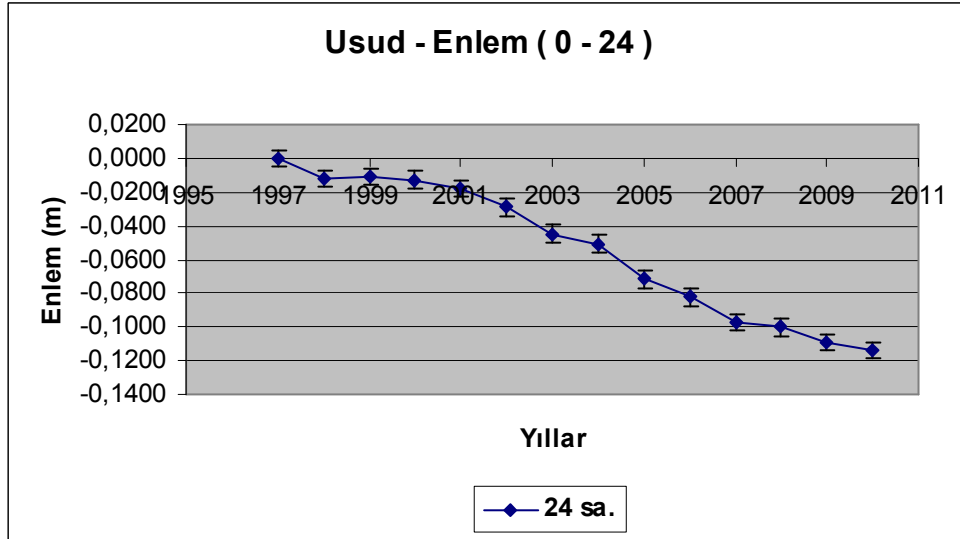
Şekil C6: Usud noktası (16 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



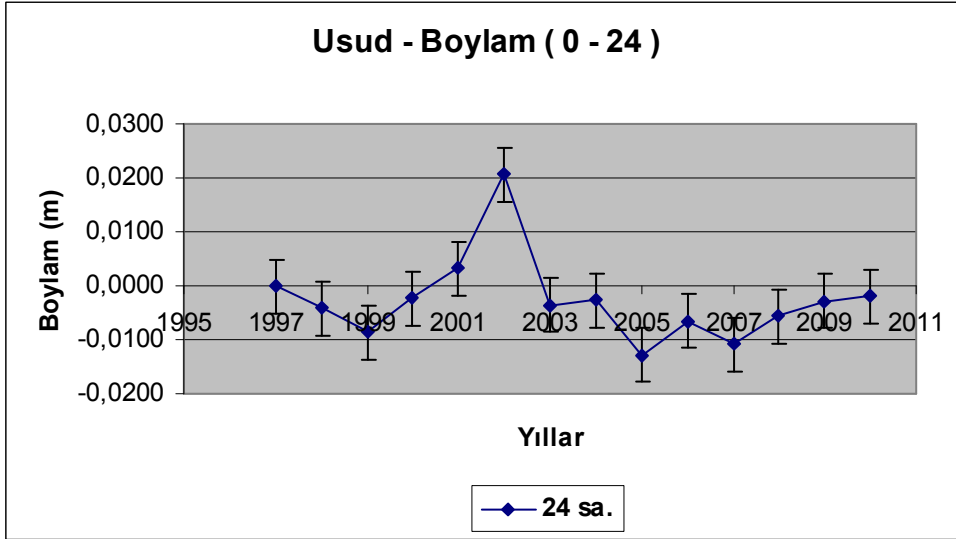
Şekil C7: Usud noktası (3×8) 'e ait enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil C8: Usud noktası (3×8) ’e ait boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.

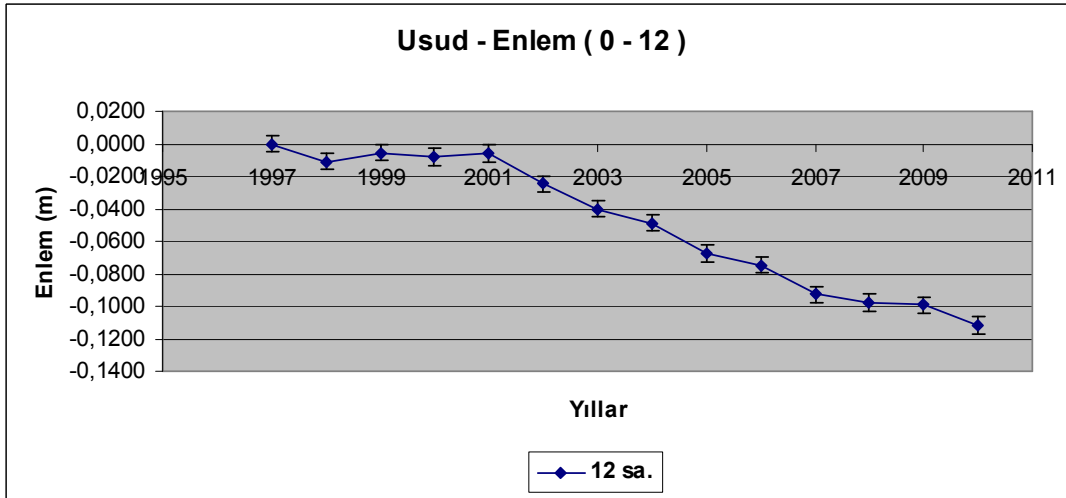


Şekil C9: Usud noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.

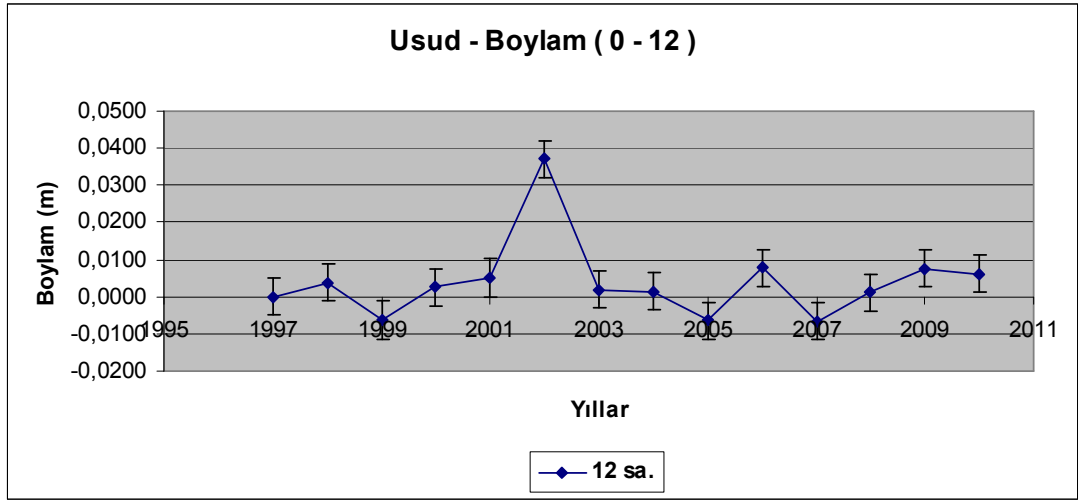


Şekil C10: Usud noktası (0 – 24) sa. için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.

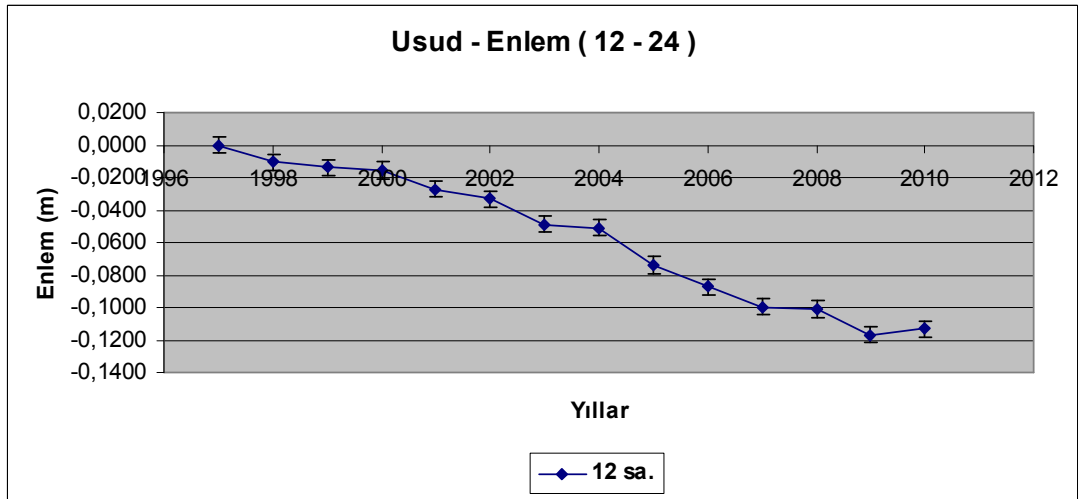
6.7.6 Usud Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Elde Edilen Enlem, Boylam Ve FSS Değerlerinin Değişim Grafikleri



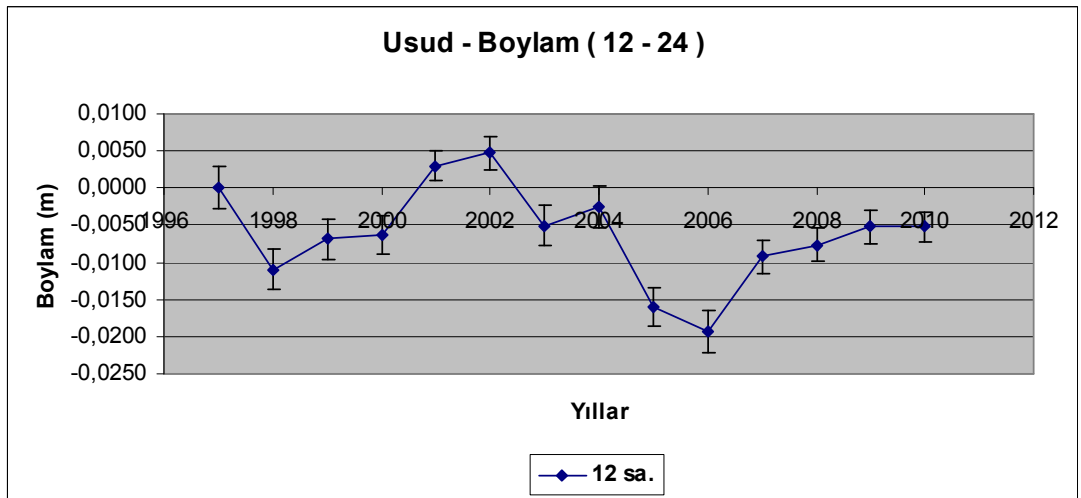
Şekil C11: Usud noktası (0 – 12) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



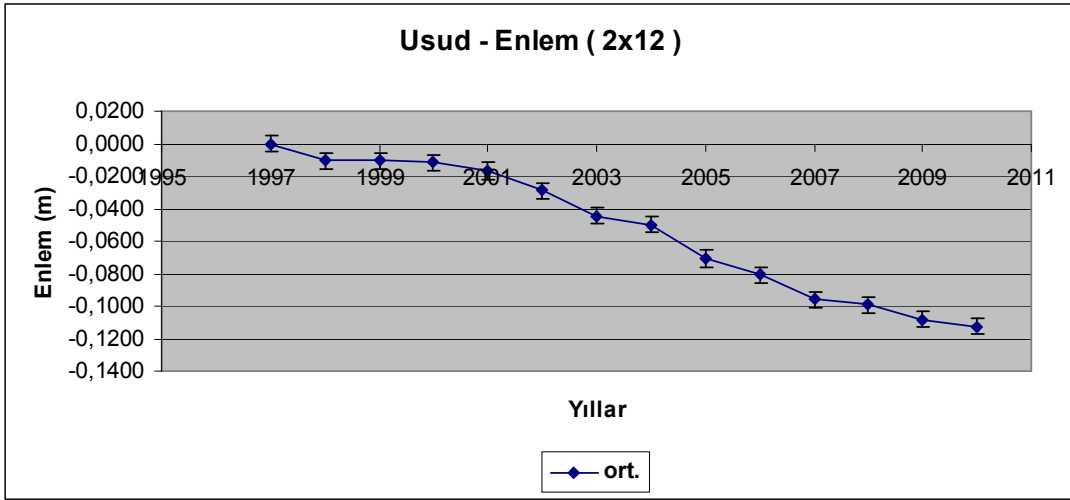
Şekil C12: Usud noktası (0 – 12) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



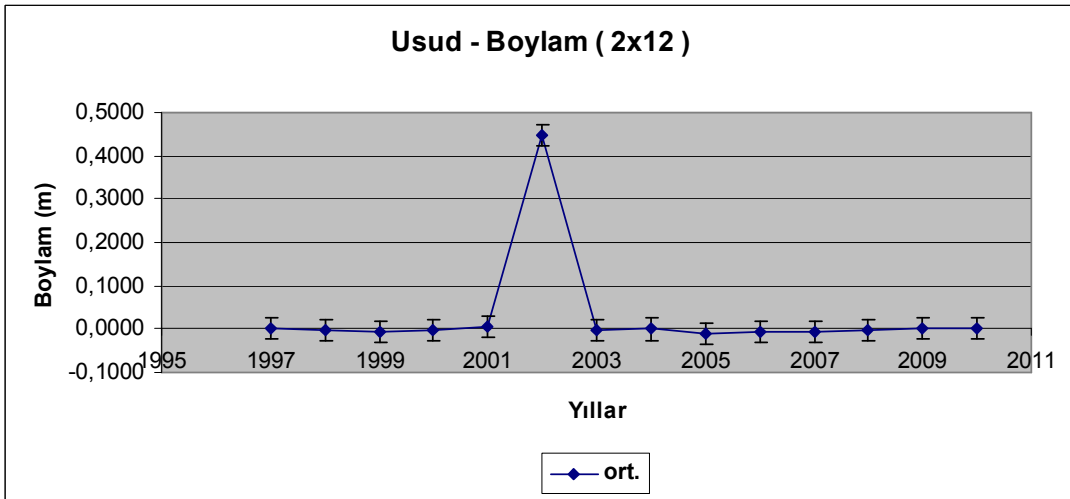
Şekil C13: Usud noktası (12 – 24) sa. için enlem (φ) ve (FSS) değişim grafiği.



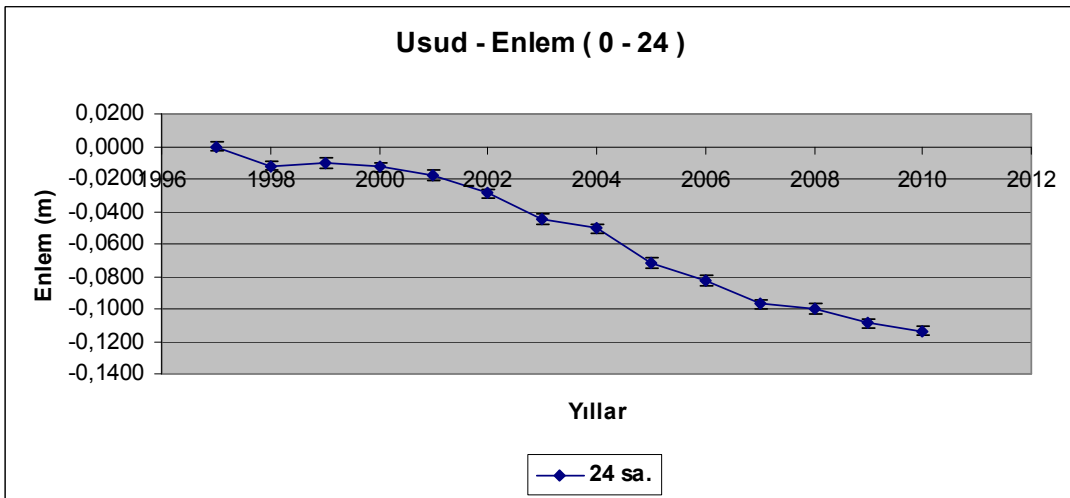
Şekil C14: Usud noktası (12 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.



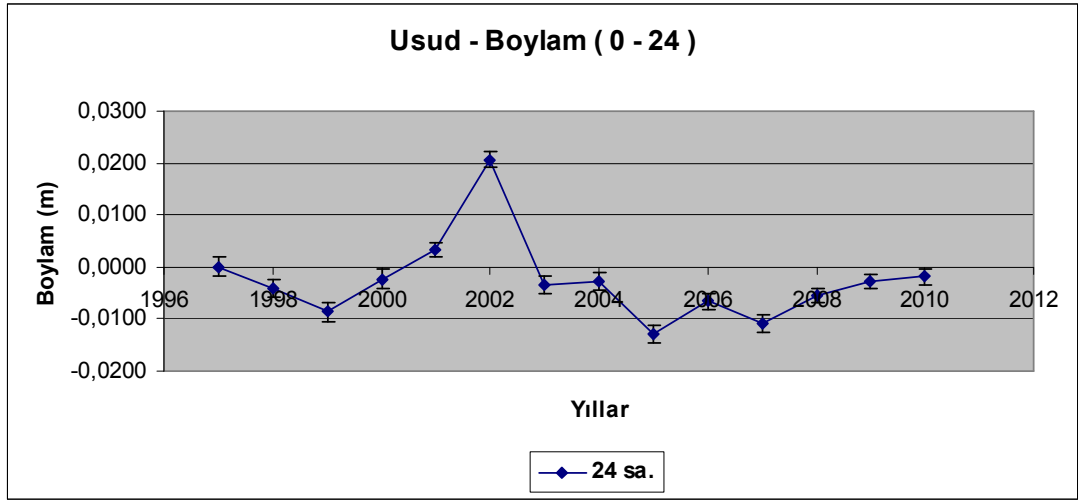
Şekil C15: Usud noktası (2×12) için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



Şekil C16: Usud noktası (2×12) için boylam(λ) ve (FSS) değişim grafiği.



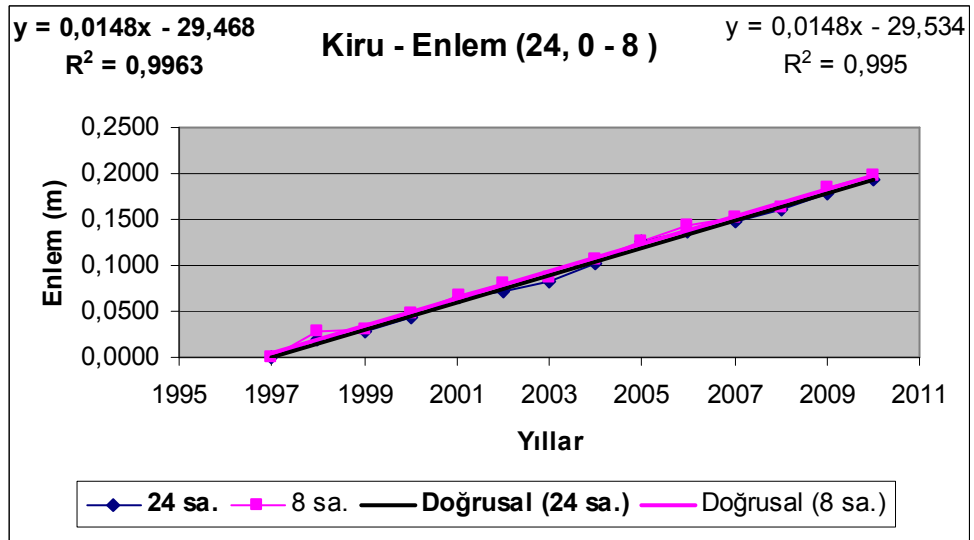
Şekil C17: Usud noktası (0 – 24) sa. için enlem(φ) ve (FSS) değişim grafiği.



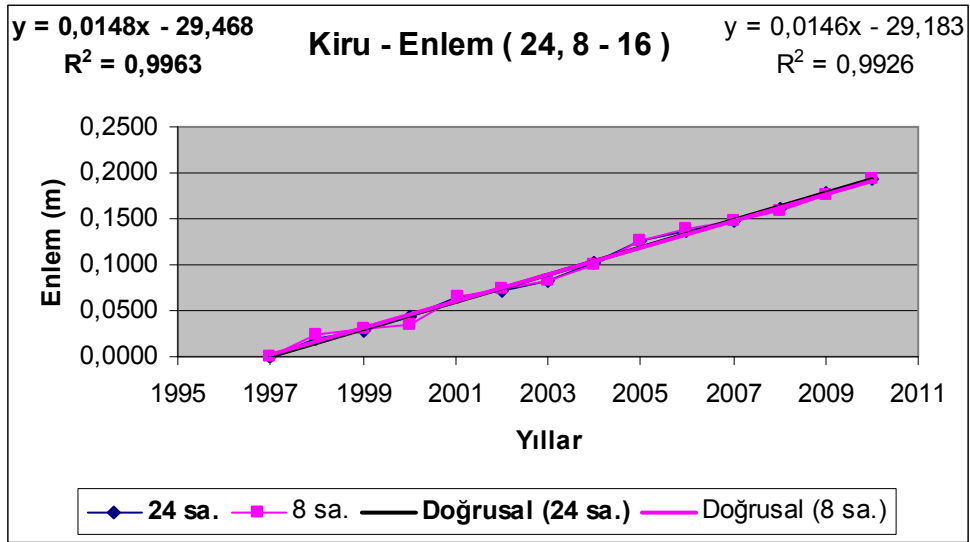
Şekil C18: Usud noktası (0 – 24) sa. için boylam (λ) ve (FSS) değişim grafiği.

6.8 Çalışmada Kullanılan GPS Noktalarının Yatay Hız Değişim Grafikleri

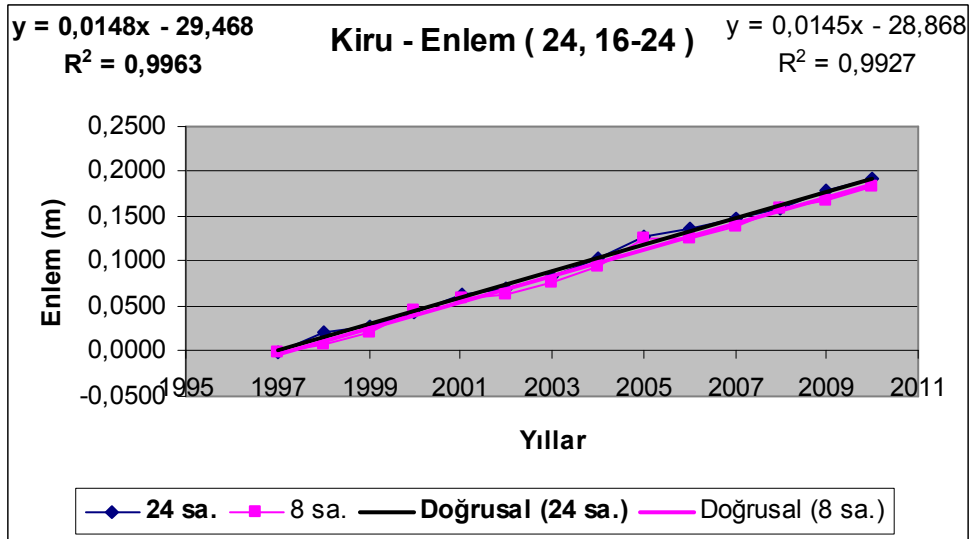
6.8.1 Kiru Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



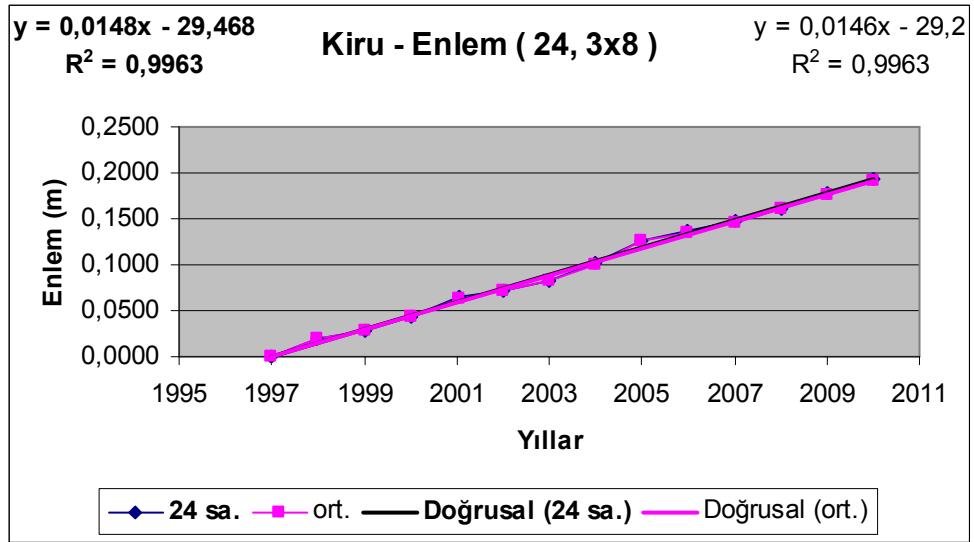
Şekil D1: Kiru noktası (24, 0 – 8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D2: Kiru noktası (24,8 – 16) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.

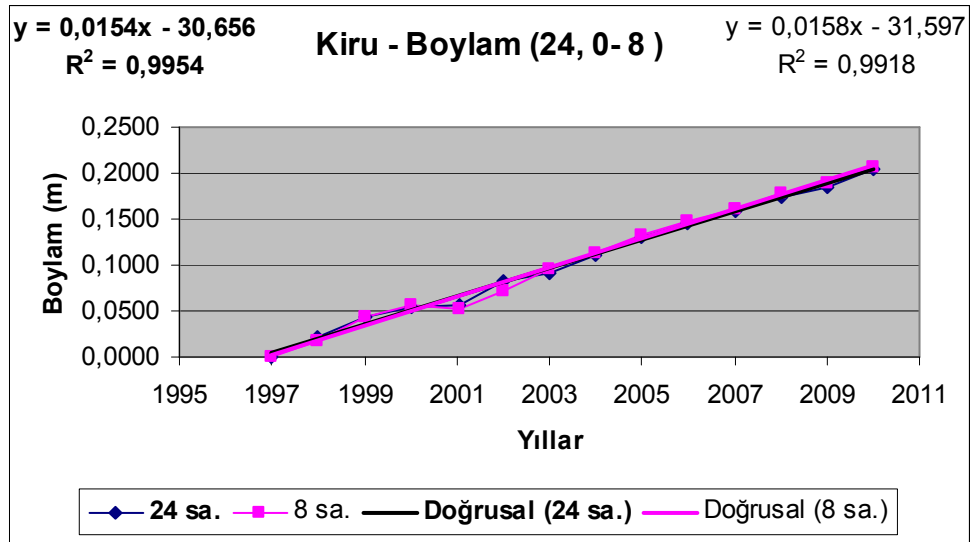


Şekil D3: Kiru noktası (24,16 – 24) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.

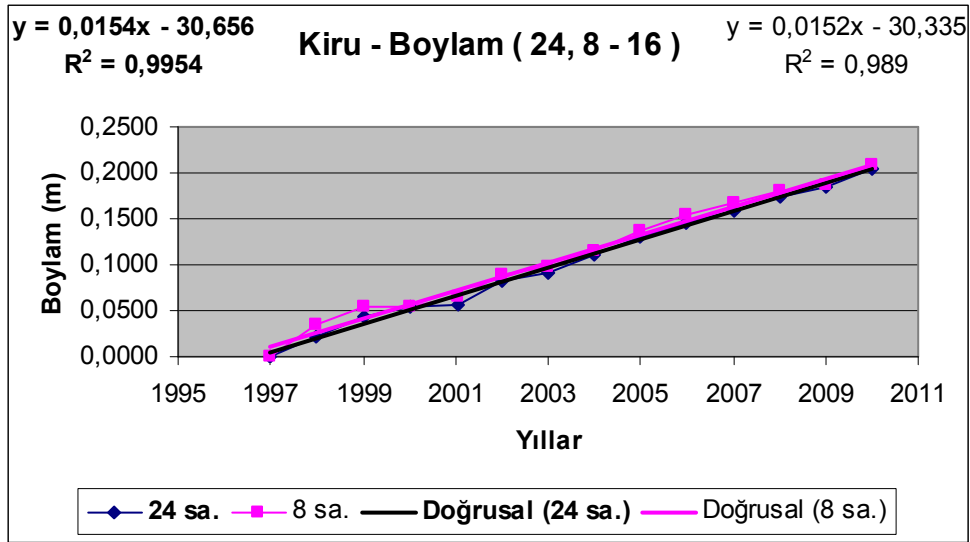


Şekil D4: Kiru noktası (24,3×8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

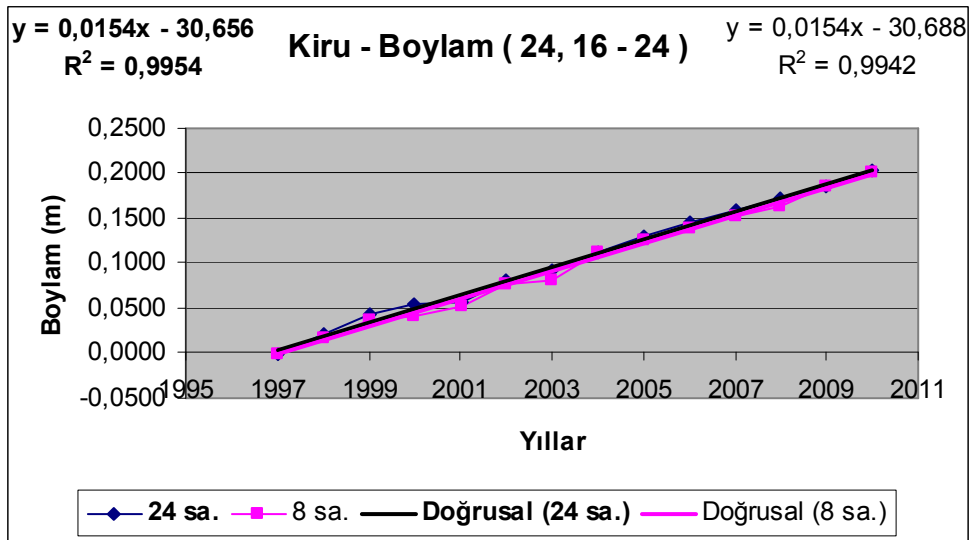
6.8.2 Kiru Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



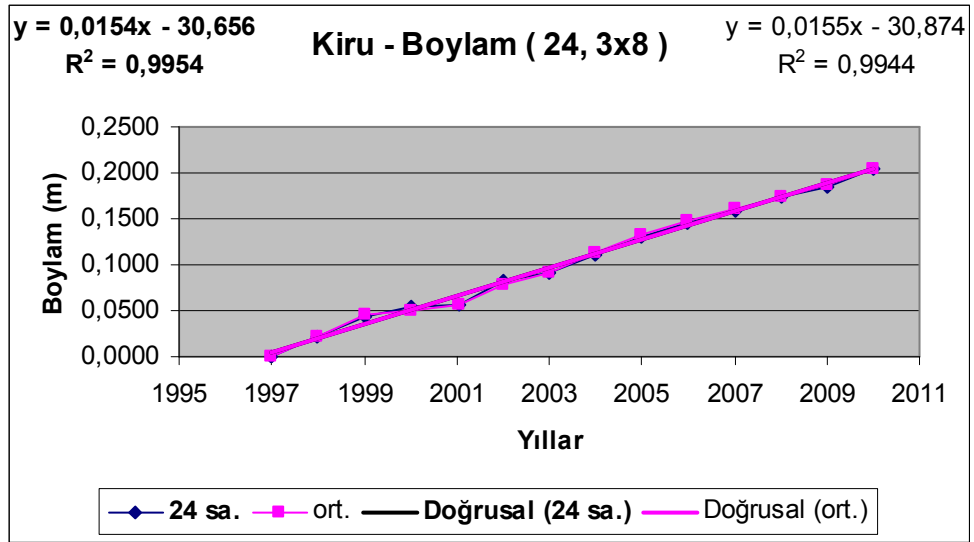
Şekil D5: Kiru noktası (24,0 – 8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D6: Kiru noktası (24,8 – 16) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

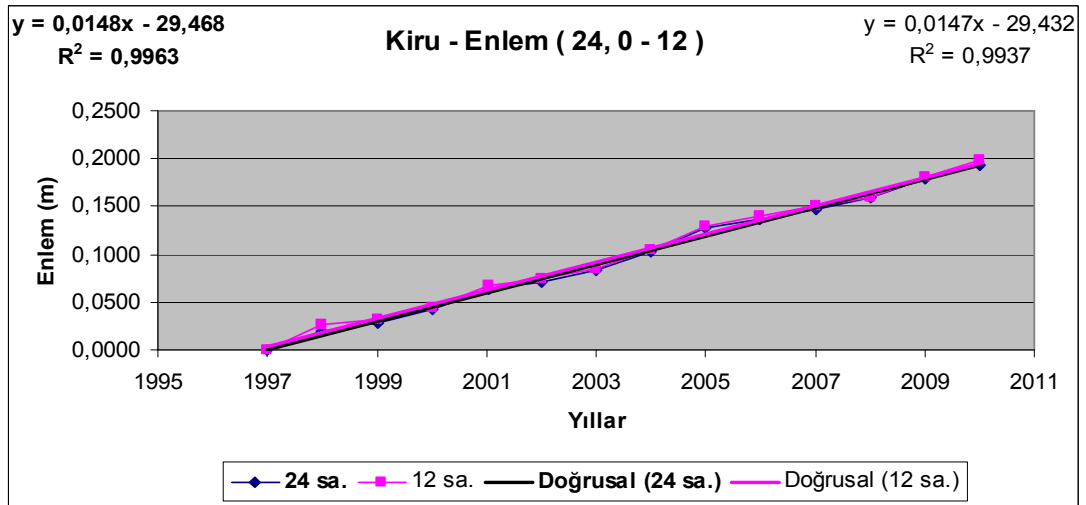


Şekil D7: Kiru noktası (24,16 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

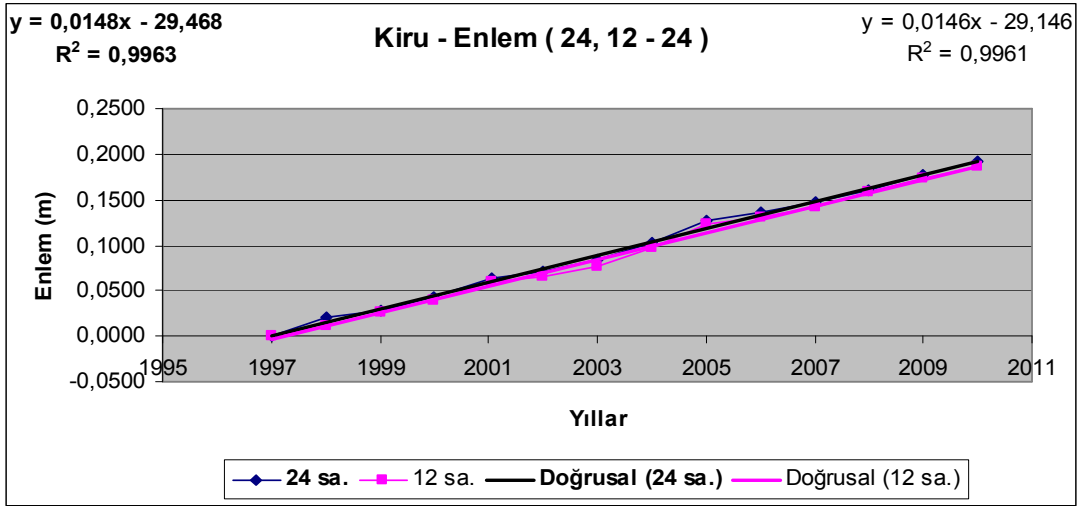


Şekil D8: Kiru noktası (24,3×8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

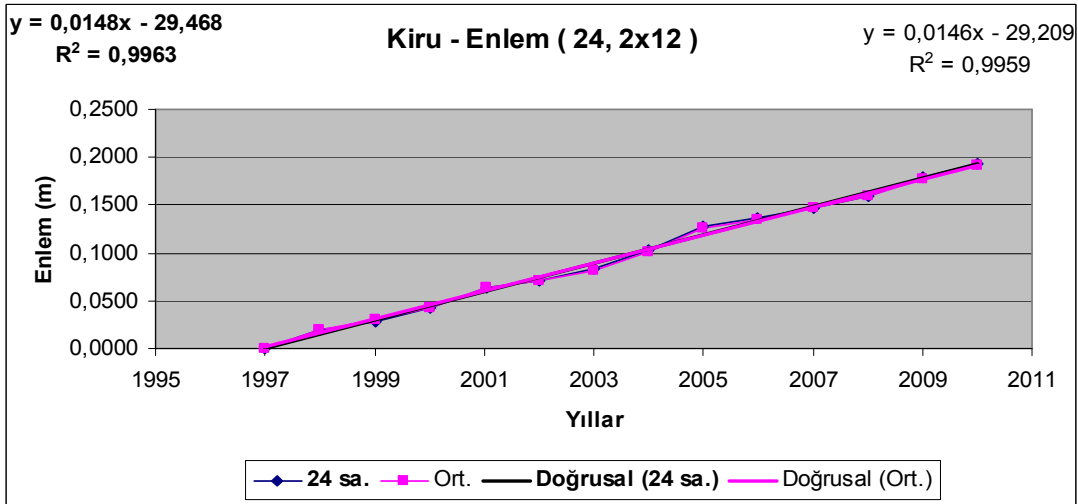
6.8.3 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



Şekil D9: Kiru noktası (24,0 – 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

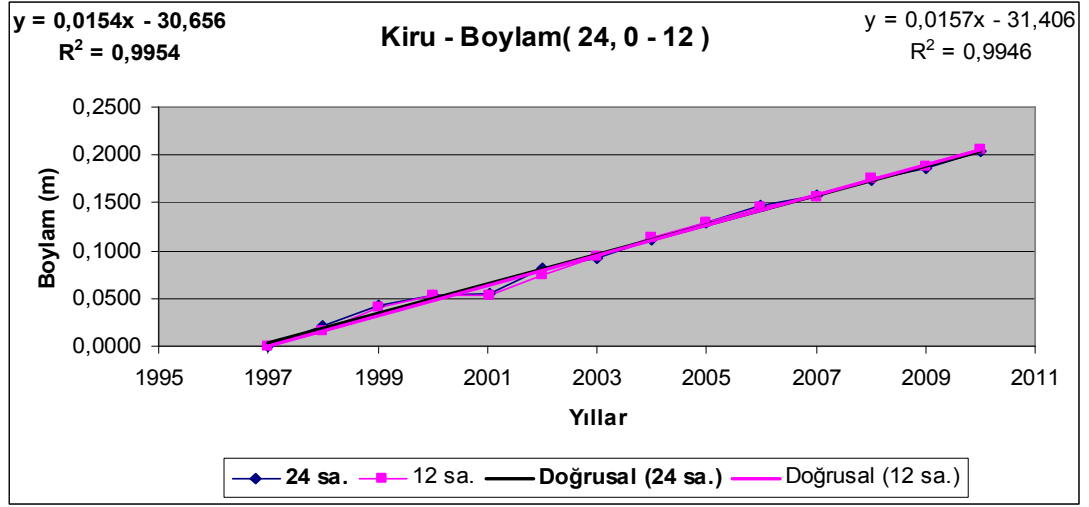


Şekil D10: Kiru noktası (24,12 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

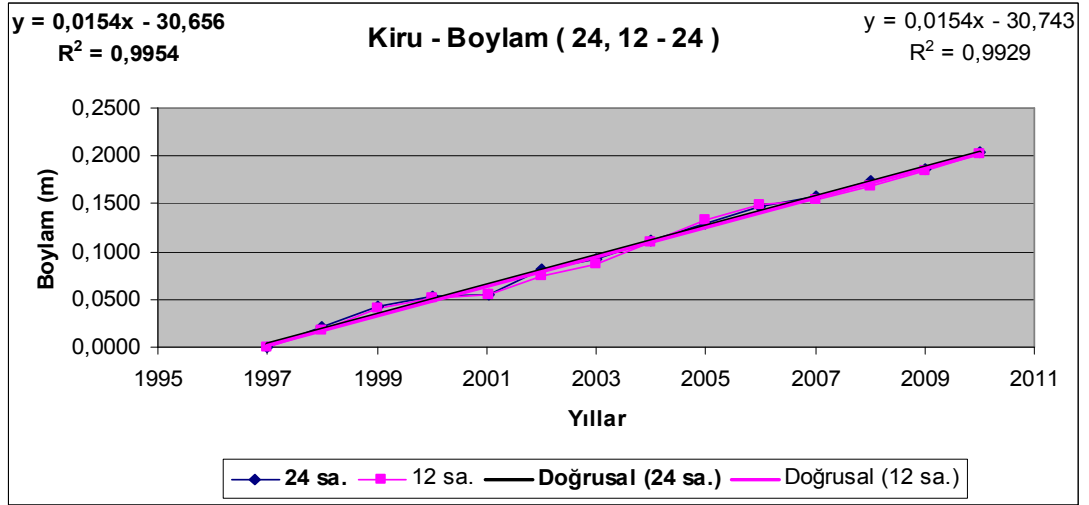


Şekil D11: Kiru noktası (24,2 × 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

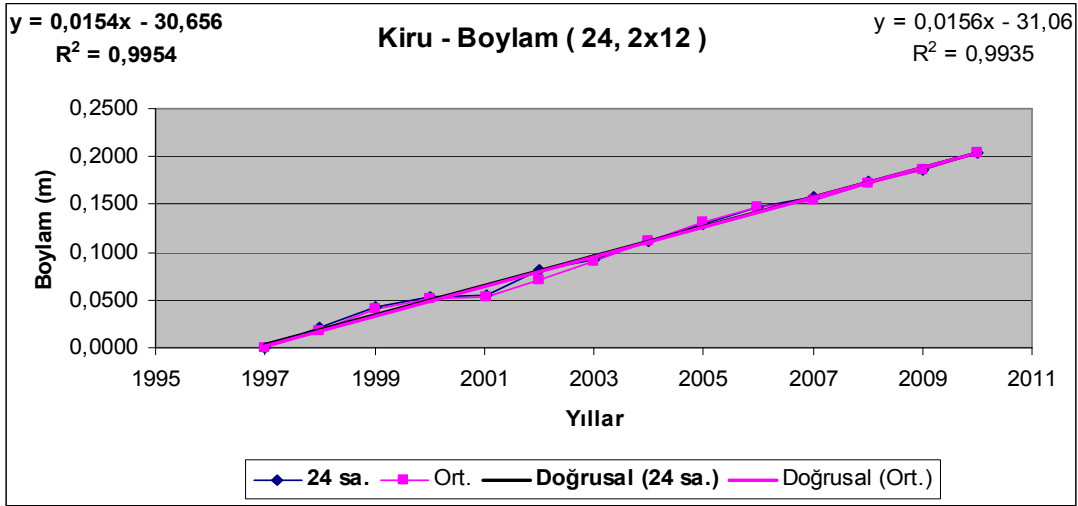
6.8.4 Kiru Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



Şekil D12: Kiru noktası (24,0 – 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

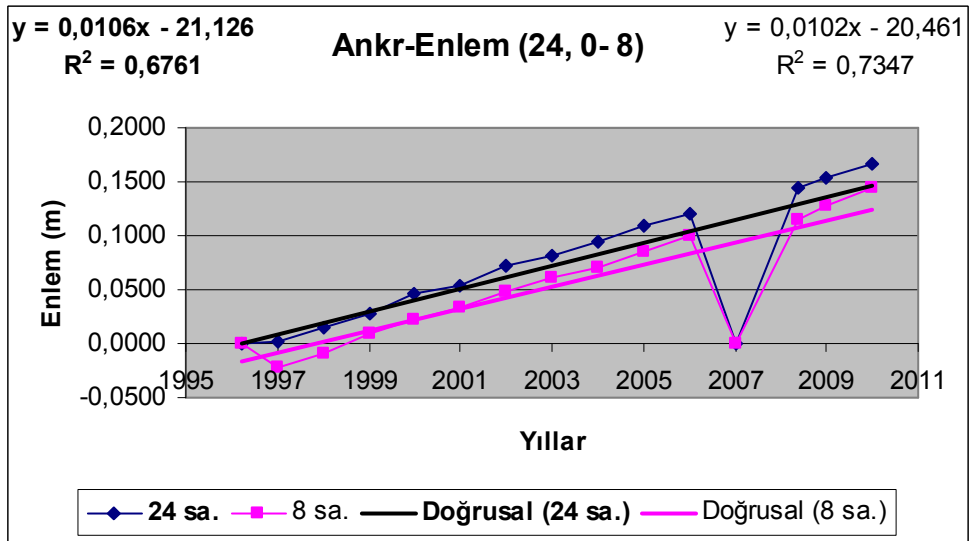


Şekil D13: Kiru noktası (24,12 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

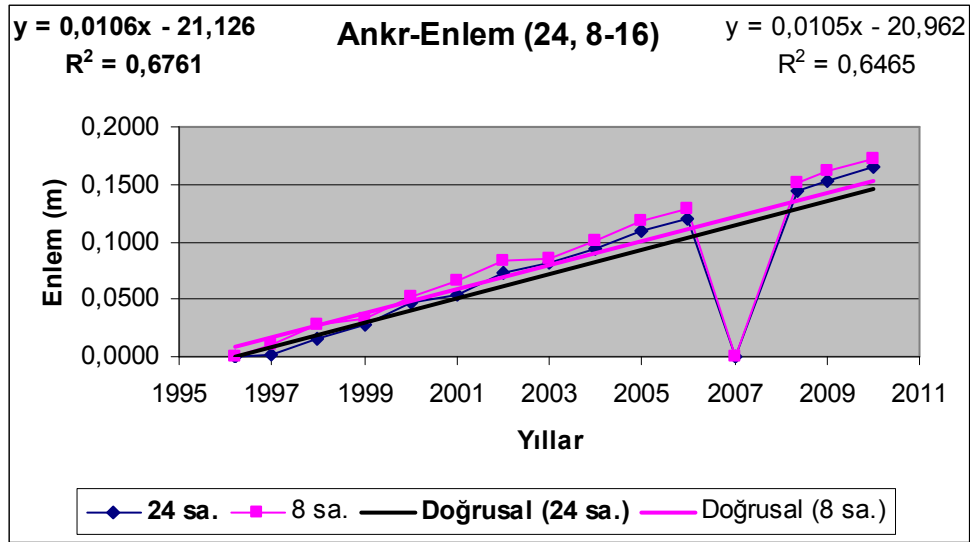


Şekil D14: Kiru noktası (24,2 × 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

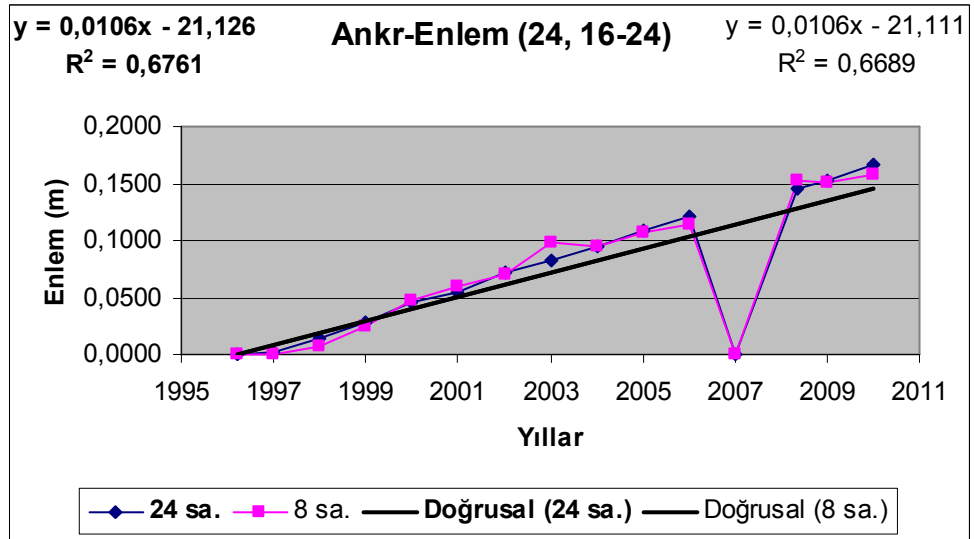
6.8.5 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



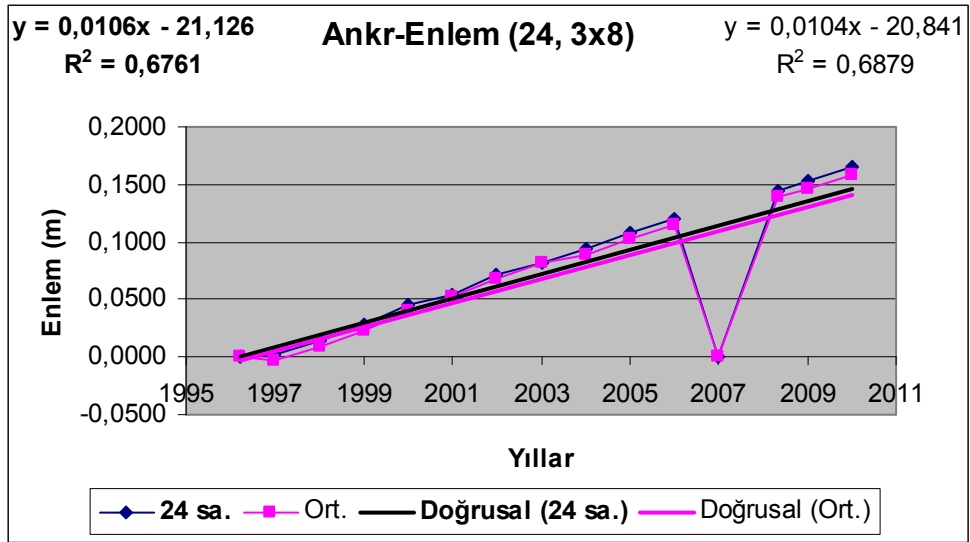
Şekil D1: Ankr noktası (24,0 – 8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D2: Ankr noktası (24,8 – 16) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

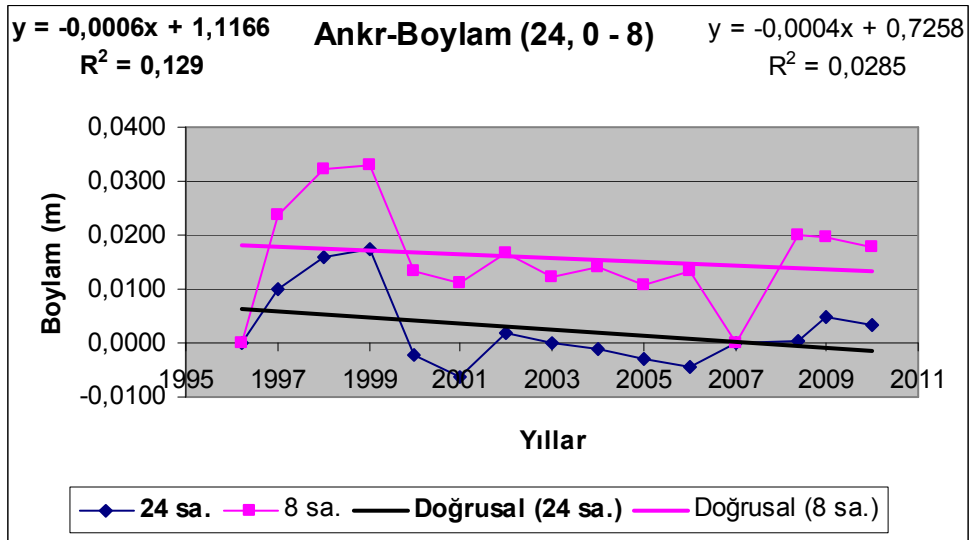


Şekil D3: Ankr noktası (24,16 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

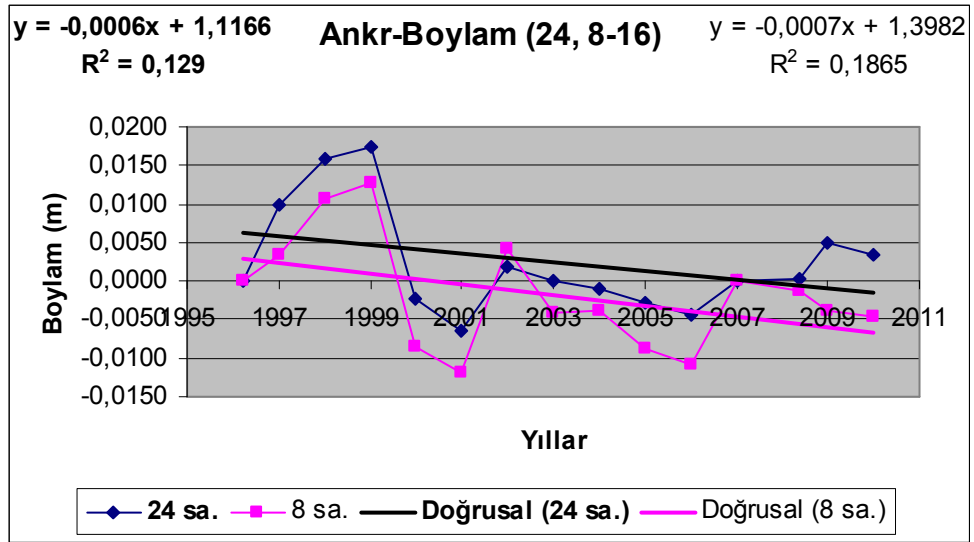


Şekil D4: Ankr noktası (24,3×8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

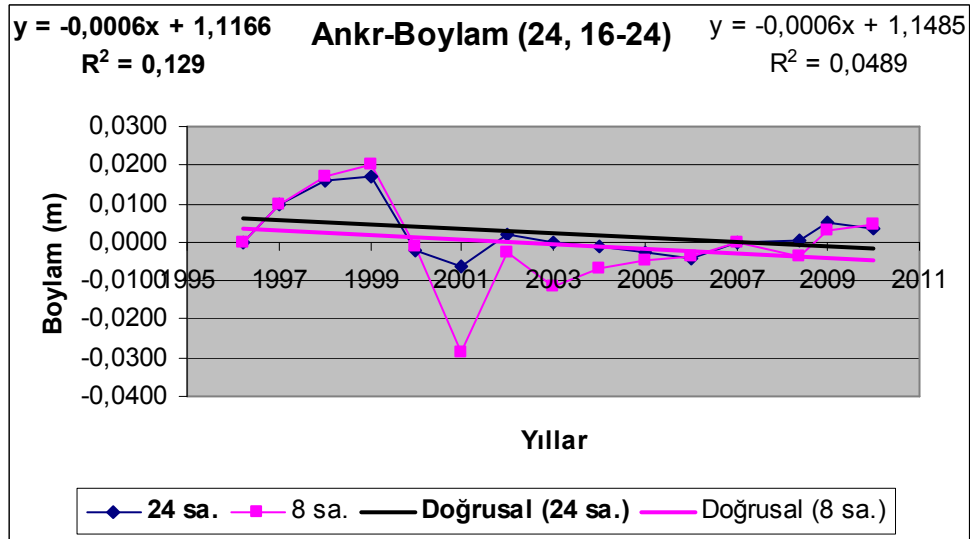
6.8.6 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



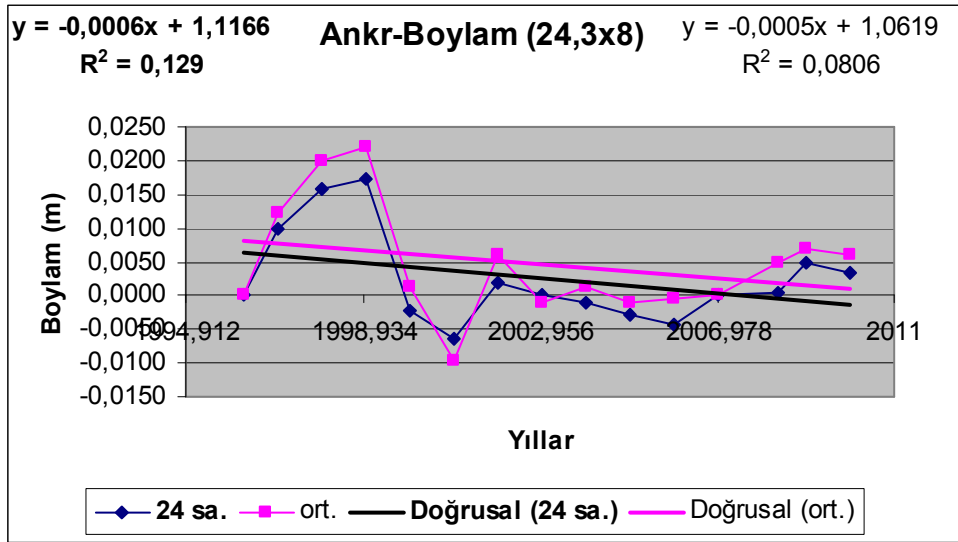
Şekil D5: Ankr noktası (24,0 – 8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D6: Ankr noktası (24,8 – 16) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.

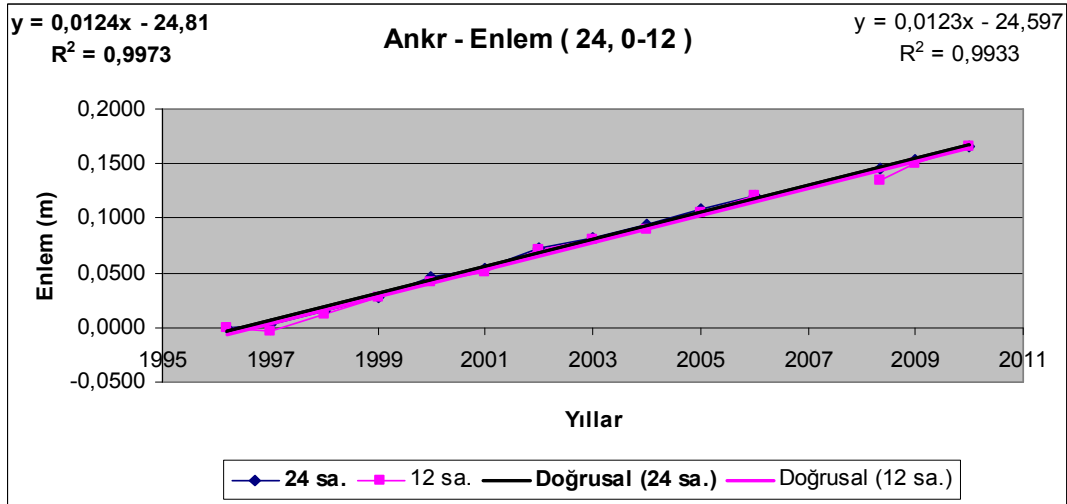


Şekil D7: Ankr noktası (24,16 – 24) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.

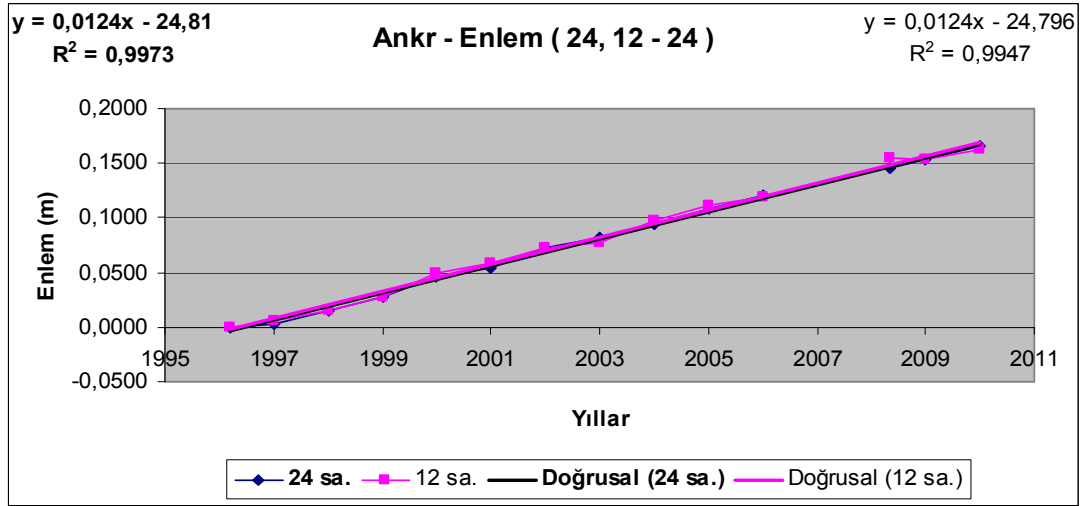


Şekil D8: Ankr noktası (24,3×8) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

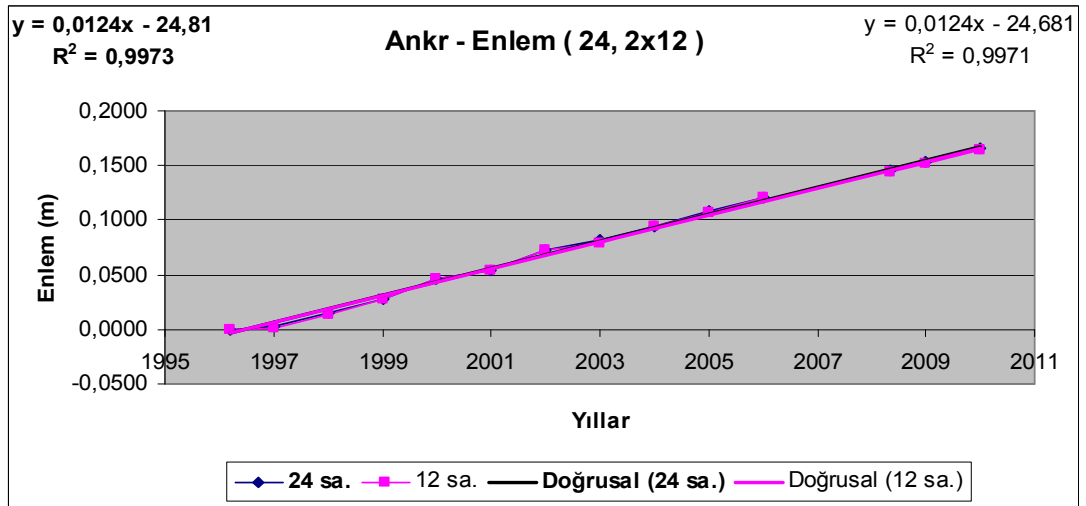
6.8.7 Ankr Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



Şekil D9: Ankr noktası (24,0 – 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

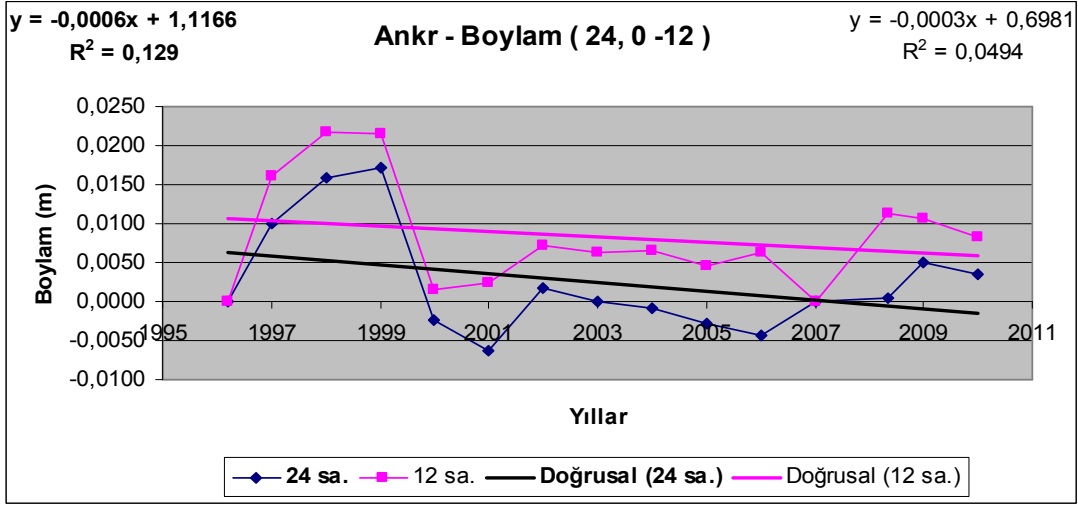


Şekil D10: Ankr noktası (24,12 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

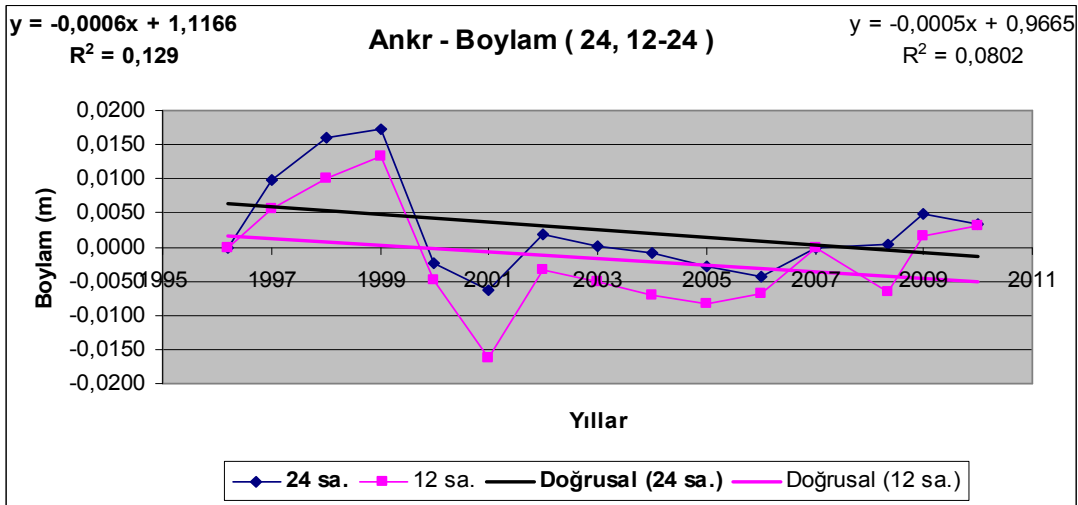


Şekil D11: Ankr noktası (24,2×12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

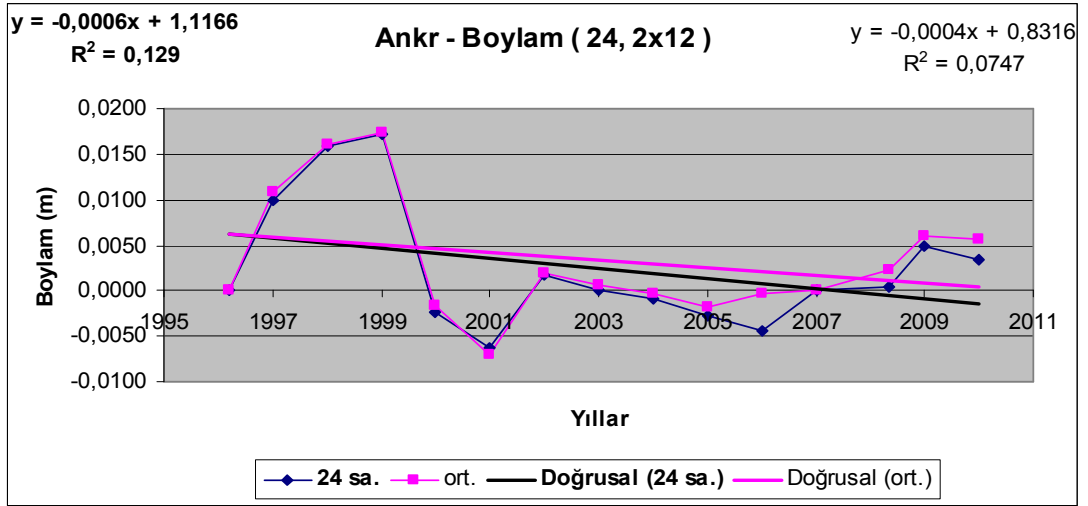
6.8.8 Ankr Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



Şekil D12: Ankr noktası (24,0 – 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

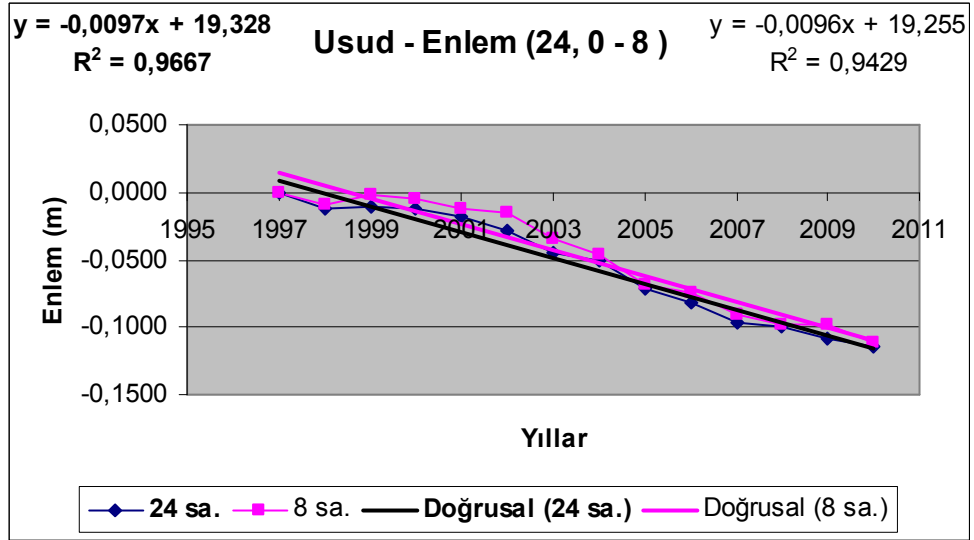


Şekil D13: Ankr noktası (24,12 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

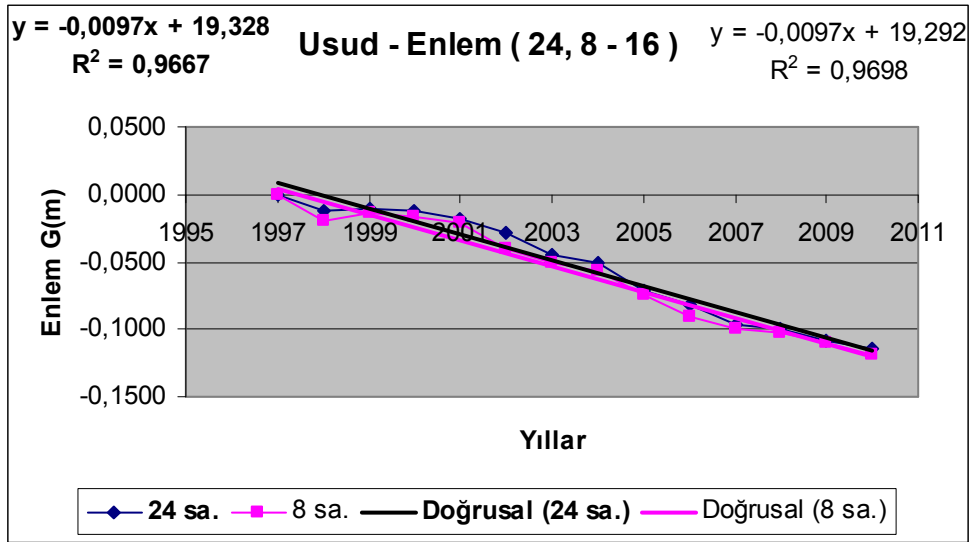


Şekil D14: Ankr noktası (24,2×12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

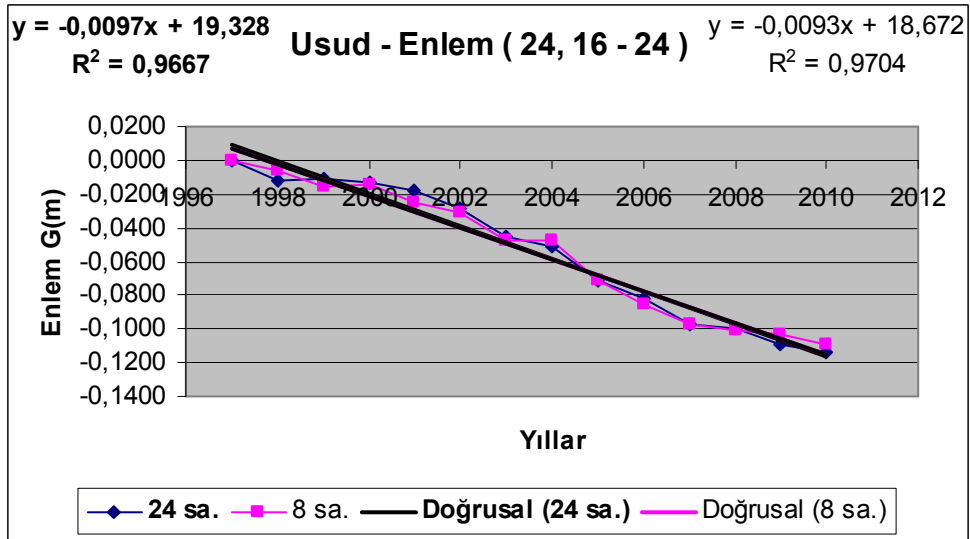
6.8.9 Usud Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



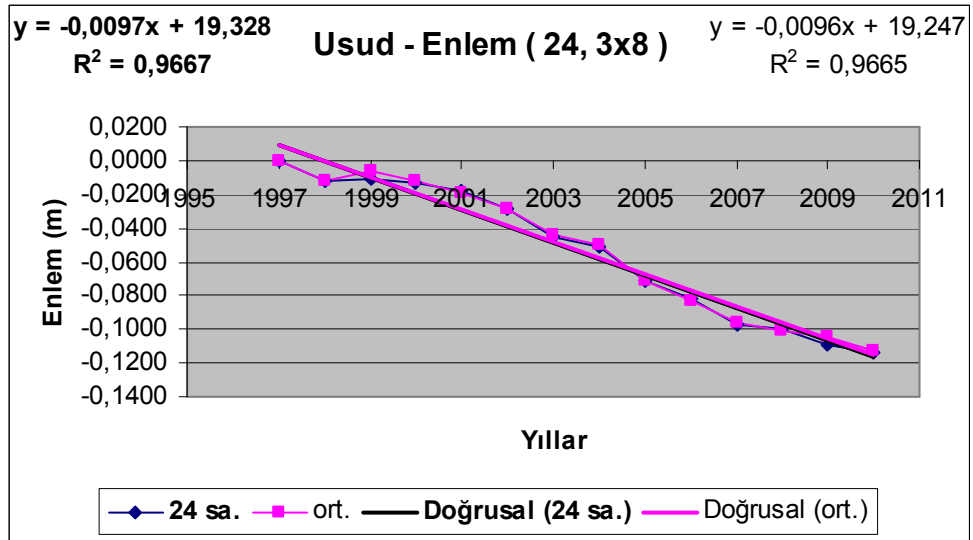
Şekil D1: Usud noktası (24,0 – 8) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D2: Usud noktası (24,8 – 16) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

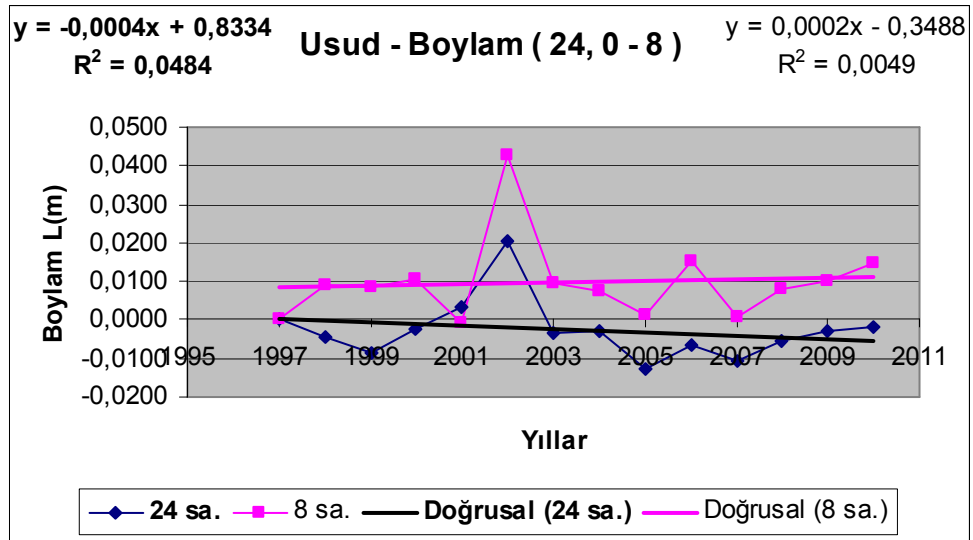


Şekil D3: Usud noktası (24,16 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

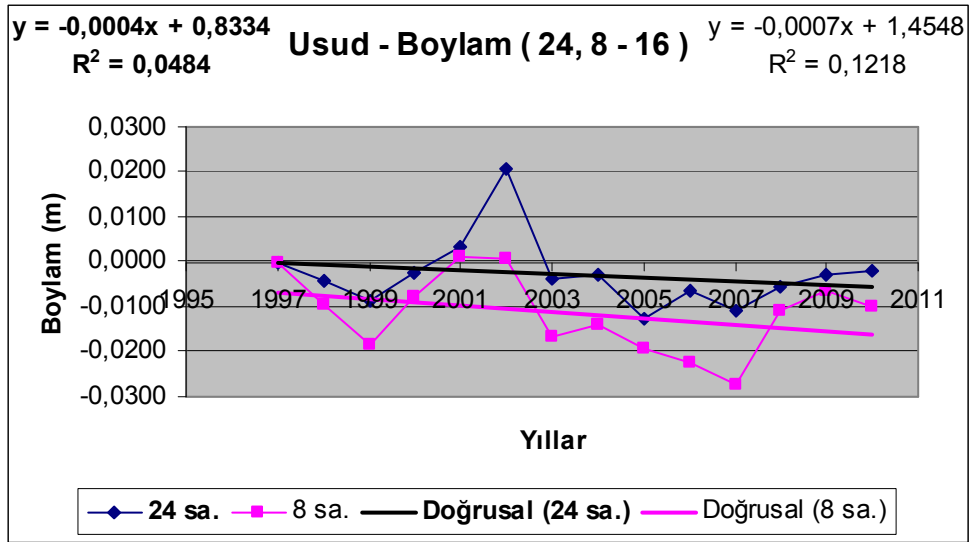


Şekil D4: Usud noktası (24,3×8) sa. için enlem(φ) regresyon analiz grafiği.

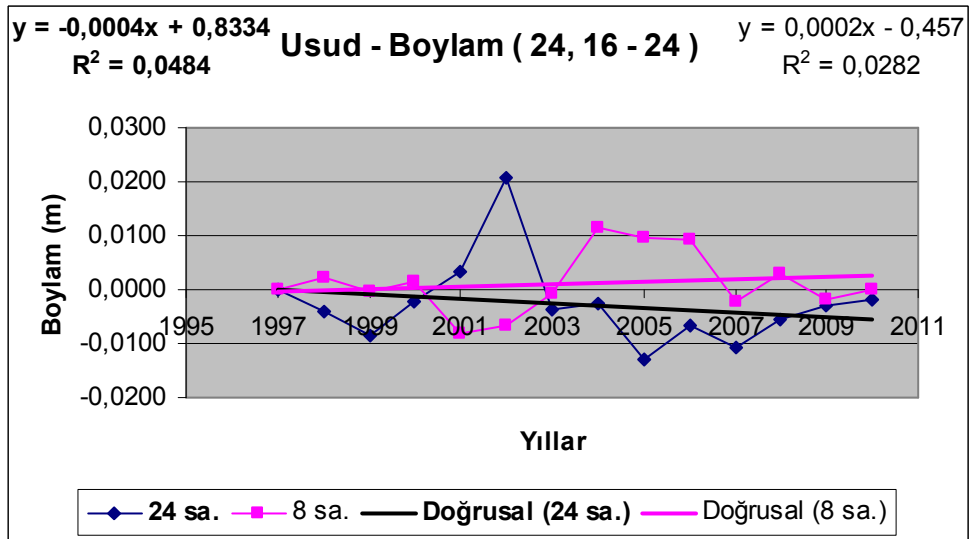
6.8.10 Usud Noktasının Sekiz Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



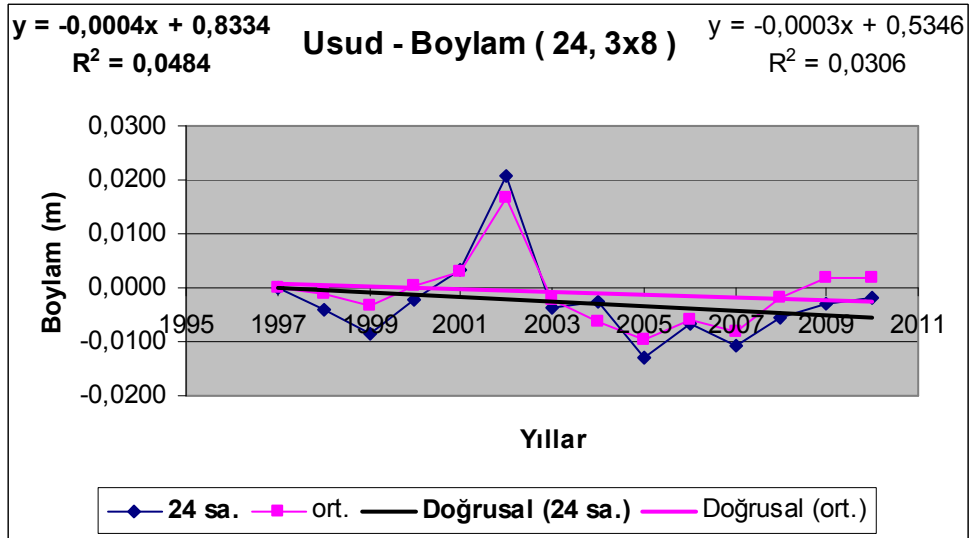
Şekil D5: Usud noktası (24,0 – 8) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D6: Usud noktası (24,8 – 16) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.

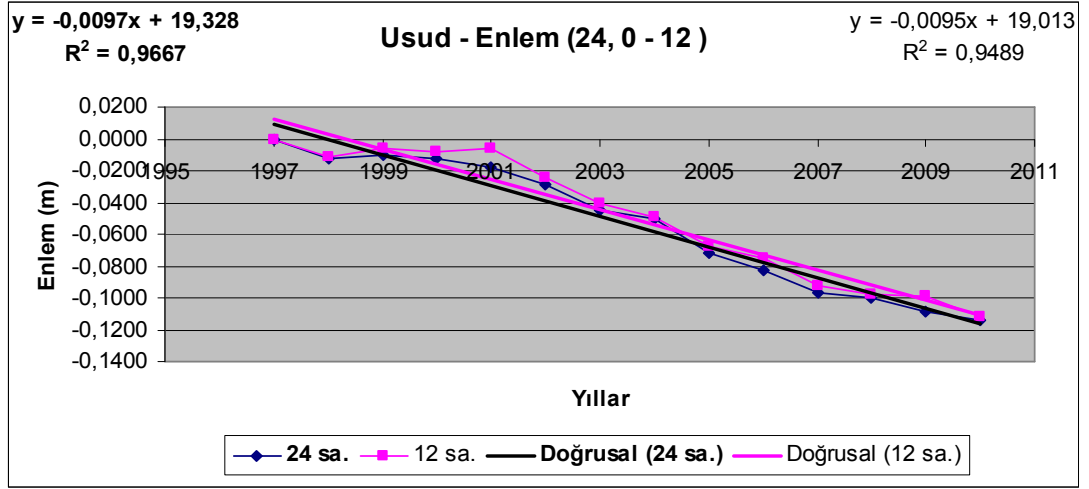


Şekil D7: Usud noktası (24,16 – 24) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.

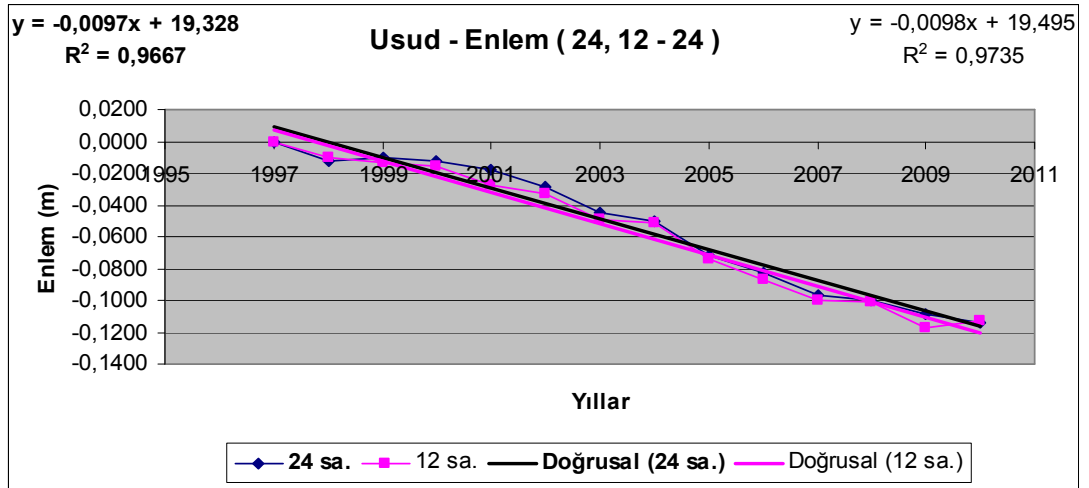


Şekil D8: Usud noktası (24,3 × 8) sa. için boylam(λ) regresyon analiz grafiği.

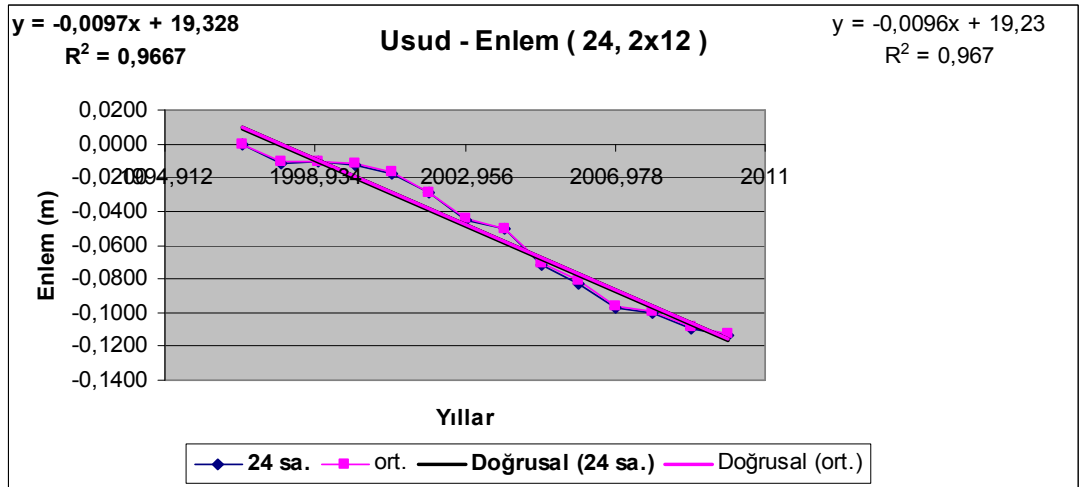
6.8.11 Usud Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Enlem Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



Şekil D9: Usud noktası (24,0 – 12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

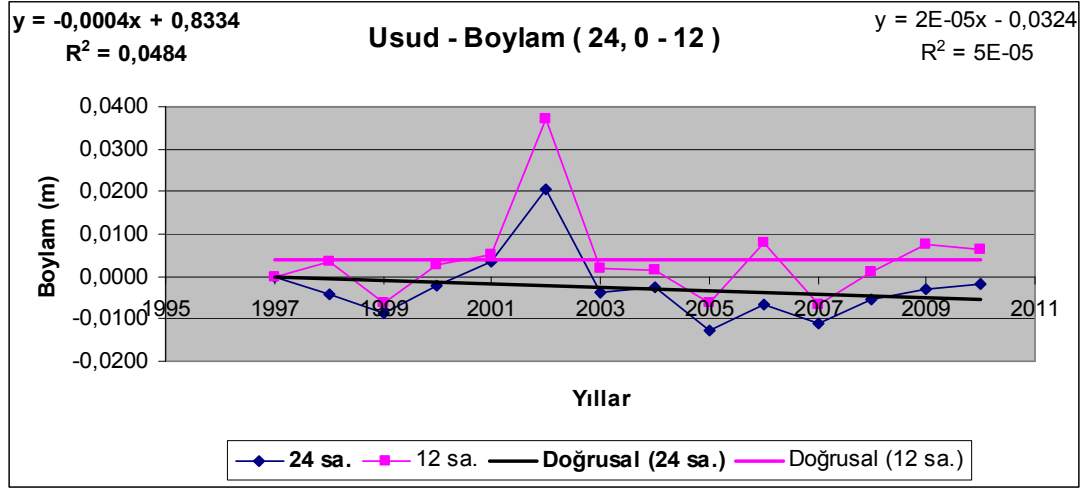


Şekil D10: Usud noktası (24,12 – 24) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

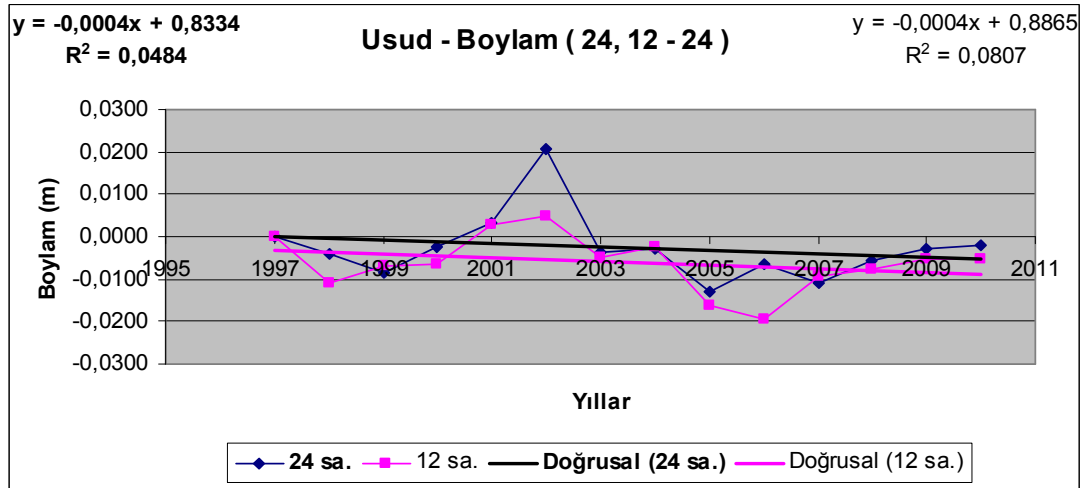


Şekil D11: Usud noktası (24,2×12) sa. için enlem (φ) regresyon analiz grafiği.

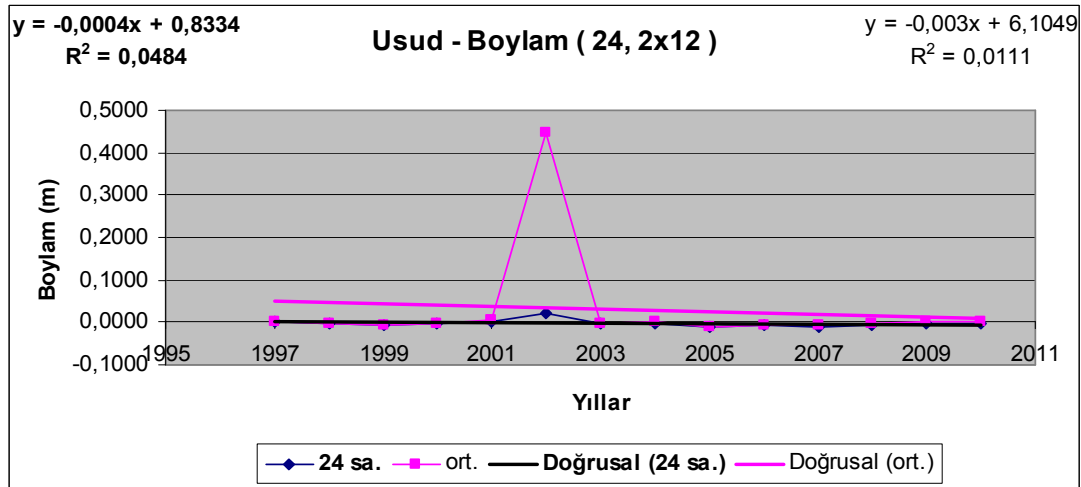
6.8.12 Usud Noktasının On İki Saatlik Verilerinden Boylam Boyunca Yatay Hız Değişim Grafikleri



Şekil D12: Usud noktası (24,0 – 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D13: Usud noktası (24,12 – 24) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.



Şekil D14: Usud noktası (24,2 × 12) sa. için boylam (λ) regresyon analiz grafiği.

6.9 Noktaların Düşey ve Yatay Hız Analiz Sonuçlarının Yorumu

6.9.1 Elipsoid yüksekliği boyunca düşey hız değişimlerinin yorumu

Nokta hızı denilince birim zamanda noktadaki düşey ya da yatay yönde yerdeğiştirme miktarı olarak anlaşılır. Hızın diğer bir tanımı ise hareketli bir objenin yol - zaman denkleminde yolun zamana göre birinci türevi hız olarak tanımlanır. Bölüm 6.4’de Şekil B ve Şekil D grubu grafiklerin sol ve sağ üst köşelerinde verilen lineer yol - zaman denklemlerindeki x bilinmeyen katsayısı hızı ifade etmektedir. Yukarıda anılan grafiklerde geçen x yılı y ise alınan yolu ifade etmektedir. Çalışmada düşey hız lineer doğru denklemleri yanında, Bölüm 3 ve Şekil 1’de tanıtılan 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında, yıllara ve veri kümesi büyüklüğüne bağlı olarak hesaplanan elipsoid yükseklikleri (h) ve formal standart sapmaları (FSS)’nin değişimi incelenmiştir. Bu amaçla 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığındaki herbir yılın 1 Ocak günlerine ait 24 saatlik (günlük) verileri, Bölüm 4’de anlatıldığı gibi (0-8), (8-16), (16-24) gibi üç adet 8’er saatlik ve (0-12), (12-24) gibi iki adet 12’şer saatlik veri dosyalarına bölünmüştür. Tüm noktalara ait her sekiz saatlik ve on iki saatlik veri dosyaları ayrı ayrı GIPSY 5.0 yazılımı ile analize tabi tutularak elde edilen (h) değerleri ile (FSS) hata çubuğu değerlerine ait değişim grafikleri, Ek C’deki Şekil A grubu grafikleriyle verilmiştir. (h) ve (FSS) Ek C’deki Şekil A grubu değişim grafiklerine bakıldığında 24 saatlik veriden elde edilen analiz sonuçlarının, üç sekiz ve iki on iki saatlik veri dosyalarının her birinin analizi sonuçları ile bunların ortalamasından elde edilen analiz sonuçlarından daha doğru olduğu görülmektedir.

Tüm noktaların (0-8), (8-16), (16-24) ve (0-24) saatlik veri kümelerinin analiz sonuçlarından elde edilen (h) ve (FSS) değerlerine ait EK C’deki 13 IGS noktasının Şekil A grubu grafikleri incelendiğinde, üç sekiz saatlik verilerin (FSS) hata çubuklarının, 24 saatlik verilere ait (FSS) hata çubuklarından daha büyük ve yani dolayısıyla daha kaba olduğu görülmektedir. 8 saatlik verilerin (FSS) hata çubuğu, 24 saatlik verilerin (FSS) hata çubuğunun 2 ya da 3 katı olduğu görülmektedir. Ek C’deki 13 IGS noktasına ait (h) ve (FSS) Şekil A grubu grafiklerine bakıldığında sekiz saatlik verilerin analiz sonuçları ile bunlardan elde edilen ortalama değer sonuçları, 24 saatlik verilerin analizi sonucu bulunan (h) ve (FSS) değerlerine yaklaşmadığı görülmektedir.

Demek ki günlük verilerin sekiz saatlik verilere bölünerek yapılan analiz ile bulunan (h) ve (FSS) sonuçları, 24 saatlik veri analiziyle bulunacak (h) ve (FSS) sonuçlardan daha kötü olduğu söylenebilir.

O halde 8 saatlik oturum süreleri (h) ve (FSS) için optimum sonuç vermemektedir. O halde başka oturum sürelerinin denenip, 24 saatlik oturum süresi sonuçlarıyla karşılaştırılması gerekmektedir.

Bu nedenle 13 IGS noktasının 24 saatlik günlük veri dosyaları bu kez (0-12) ve (12-24) şeklinde iki adet on ikişer saatlik veri dosyasına bölünerek yine GIPSY 5.0 yazılımı ile değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Bu değerlendirmeye ait EK C'deki Şekil A grubu grafiklerine bakıldığında, 13 IGS noktasının on iki saatlik verilerinin analizi sonucunda elde edilen (h) ve (FSS) değerlerinin, sekizer saatlik verilerinin analizi sonucunda elde edilen (h) ve (FSS) değerlerinden daha küçük olduğu ve yirmi dört saatlik verilerin analizi ile elde edilen (h) ve (FSS) değerlerine yaklaştığı görülmektedir.

(R^2) değerleri karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, 12 saatlik oturum süresi analiz sonuçlarının (R^2) değerleri, 24 saatlik oturum süresinden bulunan (R^2) lerden daha küçük ve 24 saatlik oturum süresinde bulunan (R^2) belirleme katsayılarına yaklaşan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. 1995-2010 yılları aralığında 13 IGS noktasının sekizer, on ikişer ve yirmi dört saatlik verilerinin analizi ile hesaplanan (h) elipsoidal yüksekliklerinin EK C'deki Şekil B grubu değişim grafikleri, düşey hız grafikleri bakımından değerlendirildiğinde ise Kely, Kiru, Tow2 ve Yell noktalarının düşey konum hareketlerinin yükselme eğiliminde oldukları, Ankr, Trak, Guam, Pol 2 ve Vill noktalarının düşey konum hareketleri ise alçalma-yükselme ve Dav1, Kour, Usud ve Vill noktalarında ise yükselme eğiliminde oldukları tespit edilmiştir.

EK C'deki 13 noktanın 1995-2010 yılları aralığında (h) elipsoidal yüksekliklerinin düşey konum hareketlerinin hızları, (0-8), (8-16), (16-24) gibi sekizer saatlik ve bunların ortalama değerlerine ait grafiklerle, (0-12), (12-24) gibi on ikişer saatlik ve ortalama değerlerine ait grafiklerin eğilimine, Ek C'deki Şekil B grubu değişim grafiklerinde bakıldığında, 24 saatlik grafiklerdeki eğilimle uyumlu olduğu görülür. Noktaların yirmi dört saatlik verileri ile elde edilen düşey hızlarının, sekizer saatlik veriler ve ortalaması (3x8) ile on ikişer saatlik veriler ve ortalaması (2x12) ile elde

edilen düşey hızların (R^2) belirleme katsayısı ile korelasyonuna (ilişkinine) bakmak için bir ölçüt olan, korelasyon katsayısı (r)'ye Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'e bakıldığında, on ikişer saatlik verilerden elde edilen belirleme katsayıları ile korelasyon katsayılarının, sekizer saatlik belirleme katsayıları ile korelasyon katsayılarından daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Çizelge 6.1: Tüm noktalar için sekiz ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen düşey hızlara ait belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	$R^2_{u(0-8)}$	$R^2_{u(8-16)}$	$R^2_{u(16-24)}$	$R^2_{u(3x8)}$	$R^2_{u(0-24)}$
Ankr	0.0142	0.3684	0.1033	0.0316	0.2181
Areq	0.0003	0.0012	0.1998	0.0056	0.0060
Dav1	0.5094	0.6736	0.4709	0.6353	0.6836
Guam	0.0652	0.1183	0.0514	0.2828	0.1769
Kely	0.000007	0.1100	0.1825	0.0600	0.1078
Kiru	0.7145	0.6874	0.6933	0.7450	0.7632
Kour	0.0042	0.4222	0.2119	0.3562	0.4610
Pol2	0.1120	0.0001	0.1560	0.0847	0.0847
Tow2	0.1612	0.0789	0.0960	0.1730	0.0507
Trak	0.1553	0.1552	0.0573	0.2862	0.4061
Usud	0.5916	0.1475	0.3625	0.4751	0.2887
Vill	0.0722	0.0202	0.3200	0.2218	0.1766
Yell	0.5020	0.5020	0.6650	0.6054	0.5918

Çizelge 6.2: Tüm noktalar için on iki ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen düşey hızlara ait belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	$R^2_{h(0-12)}$	$R^2_{h(12-24)}$	$R^2_{h(2x12)}$	$R^2_{h(0-24)}$
Ankr	0.2350	0.2931	0.2981	0.2181
Areq	0.0078	0.0002	0.0004	0.0060
Dav1	0.6034	0.5941	0.6680	0.6836
Guam	0.2636	0.0661	0.2093	0.1769
Kely	0.0427	0.2548	0.1201	0.1078
Kiru	0.7221	0.7662	0.7622	0.7632
Kour	0.3759	0.1912	0.4675	0.4610
Pol2	0.0429	0.1466	0.0791	0.0847
Tow2	0.1164	0.0430	0.0791	0.0507
Trak	0.4065	0.3430	0.4045	0.4061
Usud	0.2971	0.4114	0.4038	0.2887
Vill	0.1124	0.1926	0.1610	0.1766
Yell	0.3903	0.6350	0.5768	0.5918

Çizelge 6.3’de görüldüğü gibi on ikişer saatlik veriler ile elde edilen düşey hızlara ait (r) korelasyon katsayısı, yirmi dört saatlik veriler ile elde edilen düşey hızlara ait (r) korelasyon katsayısına yakınsamaktadır. On iki saatlik verilerin ortalamasından bulunan düşey hızların korelasyon katsayıları, sekizer saatlik verilerin ortalamasından bulunan düşey hızların korelasyon katsayılarından %10 ile %20 arasında, 24 saatlik verilerden bulunana yaklaştığı görülmektedir.

Çizelge 6.3: Tüm noktaların yirmi dört ile sekiz ve on iki saatlik verilerinin analizinden bulunan düşey hızlara ilişkin korelasyon katsayıları(r)

İstasyon	$r_{(24,3x8)}$	$r_{(24,2x12)}$	$r_{Ort(3x8)}$	$r_{Ort(2x12)}$
Ankr	0.88	0.97	0.75	0.90
Areq	0.98	0.97	0.80	0.88
Dav1	0.97	0.98	0.83	0.93
Guam	0.95	0.97	0.58	0.76
Kely	0.98	0.99	0.83	0.94
Kiru	0.99	1.00	0.96	0.98
Kour	0.97	0.98	0.56	0.79
Pol2	0.99	0.99	0.83	0.96
Tow2	0.98	0.99	0.79	0.86
Trak	0.92	0.98	0.61	0.93
Usud	0.96	0.99	0.81	0.91
Vill	0.96	0.99	0.90	0.96
Yell	0.99	0.99	0.91	0.95
Ortalama	0.96	0.98	0.78	0.90

Çizelge 6.3’de $r_{(24,3x8)}$ gösterimi, her bir yılın 24 saatlik oturum süresi ile hesaplanan elipsoid yükseklikler dizisi ile üç ayrı sekiz saatlik oturumu sürelerinde hesaplanan üç ayrı elipsoid yüksekliklerin aritmetik ortalaması ile oluşturulan dizi arasındaki korelasyon katsayısını ifade etmektedir. $r_{Ort(3x8)}$ gösterimi ise her bir yılın 24 saatlik oturum süresi ile hesaplanan elipsoid yükseklikler ile üç farklı sekiz saatlik oturum süresi ile hesaplanan farklı elipsoid yükseklikleri dizileri arasında hesaplanan üç farklı korelasyon katsayılarının aritmetik ortalamasını ifade etmektedir. $r_{(24,2x12)}$ ve $r_{Ort(2x12)}$ gösterimleri ise iki ayrı on iki saatlik oturum süreleri için benzer anlamları ifade etmektedir.

Nokta konum hızlarının bir bileşeni olan düşey hız denilince, bir düşey doğrultu olan elipsoid normalı boyunca (h) elipsoid yüksekliğinin zamana bağlı değişimi anlaşılır. Düşey hız, EK A'ya ait Şekil A.2'de verildiği gibi noktadan geçen elipsoid normalı boyunca hesaplanan (h) elipsoidal yüksekliğinin zamana bağlı değişimi ile belirlenir. Düşey hız Şekil A.2'deki P_i noktasında gösterilen (v_{u_i}) yukarı (up) değeridir.

Çizelge 6.4'de görüldüğü gibi 13 IGS noktasının 12 saatlik veriler ile belirlenen düşey hızları ve (R^2) değerlerinin, 24 saatlik veriler ile belirlenen düşey hızları ve (R^2) değerleri ile uyumlu oldukları görülmektedir. Yani on ikişer saatlik veriler ile elde edilen düşey hızların, yirmi dört saatlik veriler ile elde edilen hızlara yakınsaması, sekizer saatlik veriler ile edilen düşey hızlardan daha iyi bir yaklaşım sergilediği Çizelge 6.4'de görülmektedir.

Çizelge 6.4: 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında elipsoid normalı boyunca 3x8, 2x12 ve 24 sa. için düşey hızları (v_{u_i}) ve belirleme katsayıları (R^2) .

İstasyon	$(v_{u_i})_{3x8}$ (mm/yı)	$R^2_{u(3x8)}$	$(v_{u_i})_{2x12}$ (mm/yı)	$R^2_{u(2x12)}$	$(v_{u_i})_{24}$ (mm/yı)	$R^2_{u(24)}$
Ankr	-0.5	0.0316	-1.2	0.2981	-1.0	0.2181
Areq	0.3	0.0056	0.3	0.0040	0.3	0.0060
Dav1	-2.7	0.6353	-3.0	0.6880	-2.9	0.6836
Guam	-2.1	0.2828	-1.8	0.2093	-2.0	0.1769
Kely	-1.2	0.0600	-1.5	0.1201	-1.5	0.1078
Kiru	5.4	0.7450	5.6	0.7622	5.6	0.7632
Kour	-3.4	0.3562	-3.7	0.4675	-3.7	0.4610
Pol2	-0.7	0.0847	-0.6	0.0791	-0.7	0.0847
Tow2	-2.0	0.1730	-1.2	0.0791	-0.8	0.0507
Trak	-1.8	0.2862	-2.3	0.4045	-2.4	0.4061
Usud	-2.2	0.4751	-2.3	0.4038	-2.0	0.2887
Vill	-1.4	0.2218	-1.2	0.1610	-1.1	0.1766
Yell	3.5	0.6054	3.5	0.5768	3.7	0.5918

6.9.2 Enlem ve boylam boyunca yatay hız değişimlerinin yorumu

Yer yüzünde bulunan bir P_i noktasının yatay hızları, noktadan geçen meridyen ve meridyene dik doğrultudaki öteleme hareketinin değişimini ifade eder. Nokta konum hızlarının üç bileşeninden düşey hız dışındaki diğer iki hız, yatay hızlar olarak ifade edilir. Nokta yatay hızları denilince, yer yuvarının model şekli olan elipsoid yüzeyinde enlem (meridyen boyunca değişimi) ve paralel daire (boylam boyunca değişimi) boyunca öteleme hareketi anlaşılır.

EK A'daki Şekil A.2'de görüldüğü gibi yatay hızlardan biri, P_i noktasında geçen meridyen yayına P_i noktasında teğet olan kuzey (north) doğrultusu boyunca değişen (v_{n_i}) değeridir. Bu (v_{n_i}) yatay hız değerinin hesabı EK A'daki (A.1) eşitliği ile hesaplanır.

Diğer yatay hız ise Şekil A.2'de görülen P_i noktasında geçen paralel daire yayına P_i noktasında teğet olan doğu (east) doğrultusu boyunca değişen (v_{e_i}) değeridir. Bu (v_{e_i}) yatay hız değerinin hesabı ise EK A'daki (A.2) eşitliği ile hesaplanır.

Bir nokta konumuna ait bir düşey ve iki yatay hızın bileşkesi olan uzay vektörü, nokta konum hız vektörü olarak da isimlendirilir.

EK B'de (B.1) eşitliği ile verilen lineer regresyon doğru denklemindeki x 'in katsayısı a , düşey veya yatay hızların sayısal değerlerini ifade eder. EK C'de düşey ve yatay hız grafiklerinin sol ve sağ köşelerinde verilen lineer regresyon doğrularındaki x 'in katsayıları hız değerleridir. Doğru denklemlerinde geçen x zaman olarak yılı, y ise alınan yolu ifade etmektedir.

Aşağıdaki Çizelge 6.5, Çizelge 6.6, Çizelge 6.7, Çizelge 6.8, Çizelge 6.9 ve Çizelge 6.10'da görüldüğü gibi noktaların 12 saatlik verilerin analizi ile elde edilen (v_{n_i}) ve (v_{e_i}) boyunca yatay hız (R^2) ve (r) değerlerinin, 24 saatlik verilerin analizi ile bulunan enlem ve boylam boyunca yatay hızlara ait (R^2) ve (r) değerleri ile uyumlu oldu ve yakınsadığı görülmektedir.

Çizelge 6.5: Tüm noktalar için sekiz ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen enlem boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	$R^2_{\varphi(0-8)}$	$R^2_{\varphi(8-16)}$	$R^2_{\varphi(16-24)}$	$R^2_{\varphi(3x8)}$	$R^2_{\varphi(0-24)}$
Ankr	0.7347	0.6465	0.6689	0.6879	0.6761
Areq	0.5737	0.5680	0.5701	0.5771	0.5737
Dav1	0.6495	0.9039	0.9369	0.9758	0.9687
Guam	0.5801	0.5761	0.7348	0.7106	0.7571
Kely	0.9765	0.9742	0.9507	0.9942	0.9967
Kiru	0.9950	0.9926	0.9927	0.9963	0.9963
Kour	0.9956	0.9913	0.9211	0.9945	0.9556
Pol2	0.9792	0.9686	0.9730	0.9838	0.9833
Tow2	0.9675	0.9995	0.9991	0.9911	0.9996
Trak	0.9968	0.9917	0.9753	0.9961	0.9945
Usud	0.9429	0.9698	0.9704	0.9665	0.9667
Vill	0.9937	0.9954	0.9977	0.9988	0.9988
Yell	0.9928	0.9774	0.9944	0.9925	0.9944

Çizelge 6.6: Tüm noktalar için sekiz ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen boylam boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	$R^2_{\lambda(0-8)}$	$R^2_{\lambda(8-16)}$	$R^2_{\lambda(16-24)}$	$R^2_{\lambda(3x8)}$	$R^2_{\lambda(0-24)}$
Ankr	0.0285	0.1865	0.0489	0.0806	0.1290
Areq	0.6812	0.6705	0.6706	0.6770	0.6696
Dav1	0.6495	0.5418	0.7756	0.7232	0.8024
Guam	0.6550	0.9306	0.9096	0.9102	0.9444
Kely	0.5246	0.6312	0.7089	0.9387	0.9863
Kiru	0.9918	0.9990	0.9942	0.9944	0.9954
Kour	0.5840	0.7160	0.6112	0.7349	0.8581
Pol2	0.9978	0.9963	0.9981	0.9985	0.9985
Tow2	0.9600	0.9790	0.9964	0.9882	0.9973
Trak	0.9925	0.9902	0.9930	0.9972	0.9972
Usud	0.0049	0.1218	0.0282	0.0306	0.0484
Vill	0.9883	0.9943	0.9957	0.9974	0.9977
Yell	0.9859	0.9948	0.9966	0.9963	0.9977

Çizelge 6.7: Tüm noktalar için on iki ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen enlem boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	$R^2_{\varphi(0-12)}$	$R^2_{\varphi(12-24)}$	$R^2_{\varphi(2x12)}$	$R^2_{\varphi(0-24)}$
Ankr	0.9933	0.9947	0.9971	0.9973
Areq	0.5610	0.5717	0.5664	0.5680
Dav1	0.9682	0.9316	0.9688	0.9687
Guam	0.6241	0.6917	0.7066	0.7571
Kely	0.9970	0.9906	0.9984	0.6770
Kiru	0.9937	0.9961	0.9959	0.9963
Kour	0.9914	0.9886	0.9938	0.9956
Pol2	0.9757	0.9733	0.9844	0.9833
Tow2	0.9933	0.9995	0.9979	0.9996
Trak	0.9971	0.9852	0.9945	0.9945
Usud	0.9489	0.9735	0.9670	0.9667
Vill	0.9954	0.9982	0.9985	0.9931
Yell	0.9954	0.9899	0.9926	0.9944

Çizelge 6.8: Tüm noktalar için on iki ile yirmi dört saatlik verilerin analiziyle belirlenen boylam boyunca yatay hızlara ait belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	$R^2_{\lambda(0-12)}$	$R^2_{\lambda(12-24)}$	$R^2_{\lambda(2x12)}$	$R^2_{\lambda(0-24)}$
Ankr	0.0494	0.0802	0.0747	0.1290
Areq	0.6703	0.6666	0.6689	0.6696
Dav1	0.6661	0.8200	0.8103	0.8024
Guam	0.8530	0.9083	0.9212	0.9444
Kely	0.6776	0.7236	0.9848	0.6776
Kiru	0.9946	0.9929	0.9935	0.9954
Kour	0.8820	0.6419	0.9510	0.8581
Pol2	0.9986	0.9985	0.9985	0.9985
Tow2	0.9901	0.9968	0.9982	0.9973
Trak	0.9914	0.9960	0.9969	0.9972
Usud	0.00005	0.0807	0.0111	0.0484
Vill	0.9977	0.9959	0.9976	0.9961
Yell	0.9918	0.9974	0.9954	0.9977

Çizelge 6.9: Tüm noktaların yirmi dört ile sekiz ve on iki saatlik verilerinin analizinde bulunan enlem boyunca yatay hızların ortalamalarına ilişkin korelasyon katsayıları (r) .

İstasyon	$r_{(24,3x8)}$	$r_{(24,2x12)}$	$r_{Ort(3x8)}$	$r_{Ort(2x12)}$
Ankr	1.00	1.00	0.99	1.00
Areq	1.00	1.00	1.00	1.00
Dav1	1.00	1.00	0.89	0.99
Guam	0.98	1.00	0.92	0.96
Kely	1.00	1.00	0.98	1.00
Kiru	1.00	1.00	1.00	1.00
Kour	1.00	1.00	0.99	1.00
Pol2	1.00	1.00	0.99	1.00
Tow2	0.99	1.00	0.99	1.00
Trak	1.00	1.00	1.00	1.00
Usud	1.00	1.00	1.00	1.00
Vill	1.00	1.00	1.00	0.99
Yell	1.00	1.00	1.00	1.00
Ortalama	1.00	1.00	0.98	1.00

Çizelge 6.10: Tüm noktaların yirmi dört ile sekiz ve on iki saatlik verilerinin analizinde bulunan boylam boyunca yatay hızların ortalamalarına ilişkin korelasyon katsayıları (r) .

İstasyon	$r_{(24,3x8)}$	$r_{(24,2x12)}$	$r_{Ort(3x8)}$	$r_{Ort(2x12)}$
Ankr	0.97	0.98	0.85	0.92
Areq	1.00	1.00	1.00	1.00
Dav1	0.92	0.98	0.86	0.92
Guam	0.99	1.00	0.94	0.98
Kely	0.94	0.98	0.77	0.86
Kiru	1.00	1.00	1.00	1.00
Kour	0.95	0.94	0.94	0.93
Pol2	1.00	1.00	1.00	1.00
Tow2	1.00	1.00	0.99	1.00
Trak	0.99	1.00	1.00	1.00
Usud	0.94	0.86	0.69	0.82
Vill	1.00	1.00	1.00	1.00
Yell	1.00	1.00	1.00	1.00
Ortalama	0.98	0.98	0.93	0.96

Çizelge 6.11: 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında enlem boyunca 3x8,2x12 ve 24 sa için yatay hızları ve belirleme katsayıları (R^2).

İstasyon	Enlem (φ) (3x8) (mm/yıl)	$R^2_{\varphi(3x8)}$	Enlem (φ) (2x12) (mm/yıl)	$R^2_{\varphi(2x12)}$	Enlem (φ) (24) (mm/yıl)	$R^2_{\varphi(24)}$
Ankr	10.4	0.6879	12.4	0.9971	12.4	0.9973
Areq	-32.6	0.5771	-32.1	0.5664	-32.1	0.5680
Dav1	-4.9	0.9758	-4.8	0.9688	-4.9	0.9687
Guam	2.6	0.7106	2.5	0.7066	2.6	0.7571
Kely	11.7	0.9942	9.4	0.9984	11.5	0.9967
Kiru	14.6	0.9963	14.6	0.9959	14.8	0.9963
Kour	12.6	0.9945	12.7	0.9938	12.7	0.9956
Pol2	5.1	0.9838	5.4	0.9844	5.5	0.9833
Tow2	55.5	0.9911	54.9	0.9979	55.5	0.9996
Trak	18.4	0.9961	18.5	0.9945	18.5	0.9945
Usud	-9.6	0.9665	-9.6	0.9670	-9.7	0.9667
Vill	16.6	0.9988	16.6	0.9985	16.7	0.9931
Yell	-11.2	0.9925	-11.2	0.9926	-11.2	0.9944

Çizelge 6.12: 13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında boylam boyunca 3x8, 2x12 ve 24 sa. için yatay hızları ve belirleme katsayısı (R^2).

İstasyon	Boylam (λ) (3x8) (mm/yıl)	$R^2_{\lambda(3x8)}$	Boylam (λ) (2x12) (mm/yıl)	$R^2_{\lambda(2x12)}$	Boylam (λ) (24) (mm/yıl)	$R^2_{\lambda(24)}$
Ankr	-0.5	0.0806	-0.4	0.0747	-0.6	0.1290
Areq	-52.1	0.6770	-54.4	0.6689	-54.1	0.6696
Dav1	-2.6	0.7232	-2.7	0.8103	-2.7	0.8024
Guam	-8.7	0.9102	-9.1	0.9212	-9.4	0.9444
Kely	-18.4	0.9387	-18.0	0.9848	-13.8	0.9863
Kiru	15.5	0.9944	15.6	0.9935	15.4	0.9954
Kour	-5.2	0.7349	-4.8	0.9510	-5.0	0.8581
Pol2	27.3	0.9985	27.1	0.9985	27.2	0.9985
Tow2	28.9	0.9892	27.8	0.9982	28.0	0.9973
Trak	-38.0	0.9972	-38.4	0.9969	-38.4	0.9969
Usud	-0.3	0.0306	-0.3	0.0111	-0.4	0.0484
Vill	19.8	0.9974	18.8	0.9976	19.0	0.9977
Yell	-16.4	0.9963	-16.3	0.9954	-16.1	0.9977

Yukarıdaki, Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12’de görüldüğü gibi noktaların 12 saatlik verilerin analizi ile elde edilen enlem ve boylam boyunca yatay hız değerleri, 24 saatlik verilerin analizi ile bulunan enlem ve boylam boyunca yatay hız değerlerine iyi yakınsama gösterdiği görülmektedir.

13 IGS noktasının EK A’da verilen Şekil A.1’deki dönel elipsoit yüzeyinin bir P noktasından geçen meridyen boyunca, kısa yay uzunluğu (A.1) eşitliğiyle ve paralel daire boyunca yay uzunluğu ise (A.2) eşitliğine göre hesaplanmış değerlerine ait grafikler EK C’deki Şekil C değişim grubu grafiklerinde ve nokta hızlarının lineer regresyon denklemleri ve belirleme katsayıları ise Şekil D grubu grafikleri ile birlikte verilmiştir. Bu grafiklere bakıldığında, ankr noktası için enlem boyunca lineer yükselme ve boylam boyunca ise lineer olmayan yükselme-çökme eğilimi yanında; ayrıca yatay hızında İzmit 99 depremiden dolayı bir step fonksiyonu oluşumu, areq noktası için enlem-boylam boyunca lineer yükselme, 2001’de ani büyük bir çökmeden sonra durağanlık eğilimi; dav1 noktası için enlem boyunca lineer alçalma ve boylam boyunca lineer olmayan yükselme-çökme eğilimi; guam noktası için enlem boyunca yükselme ve boylam boyunca çökme eğilimi; kely noktası için enlem boyunca lineer yükselme ve boylam boyunca lineer çökme eğilimi; kiru noktası için enlem ve boylam boyunca lineer doğrusal yükselme eğilimi; kour noktası için enlem boyunca lineer eğilimli yükselme ve boylam boyunca daha çok çökme yer yer sinüs fonksiyonlu değişim eğilimi; pol2 noktası için enlem ve boylam boyunca lineer yükselme eğilimi; trak noktası için enlem boyunca lineer yükselme ve boylam boyunca ise lineer çökme eğilimi; tow2 noktası için enlem boyunca lineer yükselme ve boylam boyunca lineer çökme eğilimi; usud noktası için enlem boyunca lineer çökme ve boylam boyunca lineer olmayan yükselme eğilimi yanında dalma batma zonu üzerindeki tektonik hareketi ise sinüzoidal şeklinde; vill noktası için enlem ve boylam için lineer yükselme eğilimi ve yell noktası için ise enlem boyunca lineer çökme ve boylam boyunca lineer olmayan çökme eğilimi belirlenmiştir. Noktaların bu konum hareketleri bize, noktaların üzerinde bulunduğu kıtaların Alfred Wegener teorisine göre sürüklenmesini ya da tektonik hareketini gösteriyor.

EK C’de verilen 13 IGS noktasının yıllara bağlı ve üç sekizer saatlik, iki on iki saatlik ve yirmi dört saatlik oturum süreli gözlemlerden elde edilen boylam boyunca (FSS) hata baz çubukların büyüklükleri, enlem boyunca (FSS) hata baz çubukları büyüklüklerinin iki katı kadarı olabildiği tespit edilmiştir.

1995-2010 yılları aralığında noktaların enlem boyunca uzunluk karşılığı değişim eğiliminin genelde lineerlik yönünde olmasına karşın, boylam boyunca uzunluk karşılığı değişim eğiliminin bazen lineerlikten saptığı tespit edilmiştir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Optimum Oturum Süresi Tayini

Çalışmanın optimum oturum süresini deneysel olarak belirleyebilmek amacıyla Bölüm 3’de tanıtılan 13 IGS noktasının bir günlük veri dosyaları (her yıl için 1 Ocak günü verisi), Bölüm 4’de açıklanan ilkeler doğrultusunda üç adet sekizer ve iki adet on ikişer saatlik dosyalara bölünmüştür. Sekizer saatlik verilerin GIPSY 5.0 yazılımı ile noktalara ait elde edilen (h) elipsoid yükseklikleri, (φ) enlem ve (λ) boylam değerlerindeki değişim ve formal standart sapma (FSS) değerlerinin, yirmi dört saatlik değerlerden büyük olduğu, dolayısıyla sekizer saatlik verilerin optimum sonuç üretmediği anlaşılmıştır. Oysa ki on iki saatlik verilerle elde edilen (h) elipsoid yükseklikleri, (φ) enlem ve (λ) boylam değerleri ile formal standart sapma (FSS) değerlerinin, yirmi dört saatlik değerlere yakın sonuçlar vermesinden dolayı optimum oturum süresi olarak alınmıştır. On iki saatlik oturum süresinin günün 7 ve 19 saatleri arasında gün ışığında yararlanmak açısından da uygun bir gözlem süresidir. Ayrıca, 14 sa., 16 sa., 18 sa. veya 24 sa. gibi oturum süreleri gün ışığında faydalanılamamasından dolayı pratikte uygulanamayacağı gibi 12 saatlik oturum süresi sonuçlarına göre de çok az bir iyileşme getirmektedir. Hem gün ışığından faydalanma bakımından hem de 24 saatlik oturum süreli analiz sonuçlarına 8 saatlik oturum süreli analiz sonuçlarına göre daha iyi sonuçlar üretmesi nedeniyle 12 saatlik oturum süresinin, optimum (uygun) oturum süresi olarak alınabilir.

7.2 Elipsoid Yüksekliği Boyunca Düşey Hız Değişimleri

13 IGS noktasına ait 8, 12 ve 24 saatlik veri dosyaları GIPSY 5.0 yazılımı ile analiz sonucunda noktalara ait elipsoid yükseklikleri (h) ve formal standart sapmaları (FSS) hesaplandı. Noktaların elipsoid yükseklikleri ve formal standart sapmalarına ait hata çubuğu grafikleri, sadece Kırı, Ankr ve Usud (çok yer kapladığından bütün noktaların grafikleri EK C’deki CD’de verilmiştir) noktaları için altıncı bölümde yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde açıklanan ilkelerden hareketle tüm noktaların 1995-2010 yılları aralığında günlük (24 saatlik) verileri, hem 3 adet 8 saatlik hem de 2 adet 12 saatlik gözlem dosyalarına bölünerek GIPSY 5.0 yazılımıyla bulunan analiz sonuçları, 24 saatlik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken, 24 saatlik değerlendirmeye ait (h) elipsoid yükseklikler ile (FSS) hata çubukları doğru değerler olarak alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda, 8 saatlik verilerin hem üç ayrı sekizer saatlik değerlendirmelere hem de üç ayrı sekizer saatlik değerlendirmelerden elde edilen (3x8) ortalama değerlerden bulunan (h) ve (FSS) değerlerinin, yirmi dört saatlik değerlendirmelere ait (h) ve (FSS) değerlerinden büyük olduğu tespit edilmiştir. Oysa ki, 12 saatlik verilerin iki ayrı on iki saatlik değerlendirmelere ve bunların (2x12) ortalamasından bulunan değerlerine ait (h) ve (FSS) değerlerinin, yirmi dört saatlik değerlendirmelere ait (h) ve (FSS) değerlerine yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

13 IGS noktasının 1995-2010 yılları aralığında, her farklı yılın bir Ocak gününe ait verisinden hesaplanan elipsoid yükseklikleri (h) ve formal standart sapmaları (FSS) değerlerinin değişim grafiklerine EK C'deki Şekil A grubu grafiklerine bakıldığında 24 saatlik veriden elde edilen analiz sonuçlarının, üç 8 ve iki 12 saatlik veri dosyalarının her birinin analizi sonuçları ile bunların ortalamasından elde edilen analiz sonuçlarından daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir. Sekizer saatlik analiz sonuçları ve ortalamasının hata çubuklarının (FSS) büyüklükleri, 12 ve 24 saatlik analiz ile elde edilen hata çubuklarının (FSS) büyüklüklerinden, 2-3 katı daha büyük olduğu tespit edilmiştir.

Oysak ki, 13 IGS noktasının 12 saatlik verilerinin analizi sonucunda elde edilen (h) ve (FSS) değerlerinin değişimlerinin, sekizer saatlik verilerinin analizi sonucunda elde edilen (h) ve (FSS) değerlerinden daha küçük ve 24 saatlik verilerin analizi ile elde edilen (h) ve (FSS) değerlerine yaklaştığı görülmektedir.

EK C'deki Şekil B grubu grafiklerinde bulunan R^2 değerleri karşılaştırmalı olarak incelendiğinde, 12 saatlik oturum süreli analiz sonuçları, 24 saatlik oturum süreli analiz sonuçlarına yaklaşan bir eğilim gösterdiği görülmektedir. 1995-2010 yılları aralığında 13 IGS noktasının sekizer, on ikişer ve yirmi dört saatlik verilerinin analizi ile hesaplanan (h) elipsoidal yüksekliklerinin EK C'deki Şekil A grubu grafikleri, düşey konum hız grafikleri bakımından değerlendirildiğinde ise ankr noktası

yükselme-çökme eğilimli, areq noktası kosinüs fonksiyonu değişim (çökme-yükselme) eğilimli, dav1 noktası az yükselme daha çok çökme eğilimli, guam noktası kosinüs fonksiyonu (çökme-yükselme) değişim eğilimli, kely noktası yavaş çökmenin ardından büyük çökme sonra yükselme eğilimli, kiru noktası lineer olmayan dalgalı yükselme eğilimli, kour noktası lineer olmayan dalgalı çökme eğilimli, pol2 noktası yükselme çok-çökme az eğilimli, trak noktası lineer olmayan yükselme-çökme eğilimli, tow2 noktası lineer olmayan çökme-yükselme eğilimli, usud noktası sinüs fonksiyonu değişim (yükselme-çökme) eğilimli, vill noktası dengeli yükselme-çökme eğilimli ve yell noktası ise sinüs fonksiyonu değişim (yükselme-çökme) eğilimli oldukları tespit edilmiştir.

Ek C deki noktaların 1995-2010 yılları aralığında (h) elipsoid yüksekliklerinin düşey konum hareketlerinin hızları (0-8), (8-16), (16-24) gibi sekizer saatlik ve ortalama değerlerine ait grafiklerle, (0-12), (12-24) gibi on ikişer saatlik ve ortalama değerlerine ait grafiklerin eğilimine, EK C'deki Şekil B grubu grafiklerinde bakıldığında, 24 saatlik grafiklerdeki eğilimle uyumlu olduğu görülür.

Noktaların 24 saatlik verileri ile elde edilen düşey hızlarının, sekizer saatlik veriler ve ortalaması (3×8) ile 12 saatlik veriler ve ortalaması (2×12) ile elde edilen düşey hızların korelasyonuna (ilişisine) bakmak için bir ölçüt olan, belirleme katsayısı (R^2)'ye Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2'de bakıldığında, on ikişer saatlik verilerden elde edilen belirleme katsayılarının, sekizer saatlik belirleme katsayılarından daha iyi sonuç verdiği, dolayısıyla on ikişer saatlik veriler ile elde edilen düşey hızların, 24 saatlik veriler ile elde edilen düşey hızlara, 8 saatlik verilerden elde edilen düşey hızlardan daha iyi bir yaklaşım sergilediği görülmektedir

Çalışma için Bölüm 3 ve Şekil 1'de gösterilen 13 IGS noktasına ait 24 saatlik verilerden elde edilen düşey hızların, sekizer ve on ikişer saatlik veriler ve ortalamaları ile elde edilen düşey hızların korelasyonu (ilişkisi) için bir ölçüt olan, korelasyon katsayısı (r)'ye Çizelge 6.3'de bakıldığında, on ikişer saatlik verilerden elde edilen korelasyon katsayılarının, sekizer saatlik korelasyon katsayılarından 24 saatten bulunana göre daha iyi yaklaştığı görülmektedir. Diğer bir deyişle on ikişer saatlik veriler ile elde edilen düşey hızlar, 24 saatlik veriler ile elde edilen hızlara yaklaşmaktadır.

On iki saatlik verilerin ortalamasından bulunan düşey hızların korelasyon katsayıları, sekizer saatlik verilerin ortalamasından bulunan düşey hızların korelasyon katsayılarından %10 ile %20 arasında daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir (Çizelge 6.3).

Bu değerlendirmelere dayanarak, düşey hız sonuçları 24 saaten küçük gözlemlerle oturum sürelerinden etkilendiği söylenebilir.

Oturum süresi 8 saatten 12 saate genişletildiğinde düşey hızlarda ortalama %12 den %32'ye kadar bir iyileşme olduğu görülmektedir.

7.3 Enlem ve Boylam Boyunca Yatay Hız Değişimleri

Bölüm 6'daki, Çizelge 6.5, Çizelge 6.6, Çizelge 6.7, Çizelge 6.8, Çizelge 6.9 ve Çizelge 6.10'da görüldüğü gibi noktaların 12 saatlik verilerinin analizi ile elde edilen enlem ve boylam boyunca yatay hız (R^2) ve (r) değerlerinin, 24 saatlik verilerin analizi ile bulunan enlem ve boylam boyunca yatay hız (R^2) ve (r) değerleri ile uyumlu oldu ve yaklaşan (yakınsayan) değerler ürettiği görülmektedir.

Yine Bölüm 6'daki, Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12'de görüldüğü gibi noktaların 12 saatlik verilerinin analizi ile elde edilen enlem ve boylam boyunca yatay hız değerleri, 24 saatlik verilerin analizi ile bulunan enlem ve boylam boyunca yatay hız değerlerine iyi yakınsama gösterdiği görülmektedir.

13 IGS noktasının EK C'deki Şekil C grubu grafiklerinde noktaların enlem ve boylam boyunca uzunluk karşılığı ve (FSS) çubuğu değişimi ve EK C'deki Şekil D grubu grafiklerde ise noktaları enlem ve boylam boyunca hızlarının lineer regresyon denklemleri ve belirleme katsayıları birlikte verilmiştir. 13 IGS noktasının yıllara bağlı ve üç sekizer saatlik, iki on iki saatlik ve yirmi dört saatlik oturum süreli gözlemlerden elde edilen enlem boyunca (FSS) hata çubuklarının büyüklükleri, boylam boyunca (FSS) hata çubukları büyüklüklerinin iki katı kadarı olabildiği tespit edilmiştir. 1995-2010 yılları aralığında noktaların boylam boyunca uzunluk karşılığı değişiminin lineerlik eğiliminde olmasına karşın, enlem boyunca uzunluk karşılığı değişiminin lineer olmayan bir eğilimde olduğu tespit edilmiştir.

GPS statik ölçme yöntemiyle 8 ve 12 saatlik yatay hızlarda oluşan iyileşme oranı, düşey hızlara benzer %3 ile %13 arasında olabilmektedir.

GPS statik ölçme yöntemiyle, yer yuvarındaki plakaların tektonik hareketlerinin hız vektörü, fay hareketlerinin hızları, bir ülke ve/veya bölgeye ait jeodezik ağ noktalarının hareket hızları, geniş alanlara yayılan heyelanlar gibi büyük kütle hareketlerinin hızları ve baraj, asmalı köprü, derin temelli yüksek yapılar gibi büyük mühendislik yapılarının zaman içerisinde çeşitli nedenlere bağlı hareket hızlarının, en geçerli şekilde belirlenebilmesi için en az on iki saatlik oturum süresinde elde edilen GPS verilerinin değerlendirilerek analiz edilmesinde, hem pratiklik hem ekonomiklik hem de doğruluk bakımından uygun olacağı düşünülmektedir.

Bu sonuçlar bize geleneksel olarak uygulanan GPS kampanyalarının aktif oturum süreleri olan 6-8 saat yerine 12 saat olması gerektiğini göstermektedir. Yirmi dört saatlik GPS gözlemleri yerine, on iki saatlik GPS gözlemleri kullanılarak düşey hızlar %90, yatay hızlar enlem yönünde %96 ve boylam yönde ise %100 olarak ortaya çıkarılabilmektedir.

Ayrıca Eckl ve diğ. (2001)'deki yayınlarına dayanarak noktaların kuzey, doğu ve yukarı değerlerine ait standart sapma hesabı için Bölüm 2'de (2.29) eşitliği ile verilen ampirik formüllerin yanında, yine Bölüm 2'de (2.30), (2.31) ve (2.32) eşitlikleri ile verilen ve eşdeğer sonuçlar üreten alternatif formüller de kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Akarsu, V.** (2008). Geriden Kestirme Probleminin Çözümünde Yeni Bir Yöntem, YTÜ, *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt no: 26, Sayı: 4, 301-313.
- Akgüç, Ö.** (2009). Yorum, Fayda-Maliyet, *Cumhuriyet*, 22 Mayıs, İstanbul.
- Aktuğ, B. ve Lenk, O.** (2010). Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi, *Harita Dergisi*, 144, 40-50.
- Akyüz, Ö., Şuhubi, E. ve Koray, S.** (2010). Matematik Bilim midir? Bilim adamları tartışıyor! Panel, Yeditepe Üniversitesi, Kayışdağı / İstanbul. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, 192, 6-18.
- Arslan, E.** (1987). Ülke Nirengi Ağlarında İki ve Üç Boyutlu Dengeleme Modellerinin Uygulamalı Karşılaştırılması, *Doktora Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, C., Doğan, U. ve Demirel, H.** (2006). GPS Deformasyon Ağlarında Gözlem Süresi ile Ağ Duyarlılığı Arasındaki İlişki, *Harita Dergisi*, 135, 42-51.
- Bomford, G.** (1981). *Geodesy*, 5th ed., Clarendon Press, Oxford.
- Bos, M. S., Baker, T.F., Røthing, K. ve Plag, H-P.** (2002). Testing ocean tide modelsin the Nordic seas with tidal gravity observations. *Geophys JInt* 150(3):687–694.
- Boucher, C., Altamimi, Z., Sillard, P. ve Feissel-Vernier, M.** (2004). The ITRF2000, International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) *Technical Note 31*, Frankfurt, 289 pp.
- Çoker, D., Özer, O. ve Taş, K.** (1994). *Genel Matematik*, 3. Cilt, Adım Yayıncılık, 220-226, Ankara.
- Demirel, H.** (2009). *Dengeleme Hesabı*, 3. Baskı, YTÜ İnşaat Fakültesi, Sayı: İN.HM-2009.001.
- Doğan, U.** (2007). Accuracy analysis of relative positions of permanent GPS stations in the Marmara region, Tukey, *Survey Review*, 39, 304, pp. 156-165.
- Eckl, M.C., Snay, R.A., Soler, T., Cline, M.W. ve Mader, G.L.** (2001). Accuracy of GPS-Derived Relative Positions as a Functions of Interstation Distance and Observing-Session Duration, *Journal of Geodesy*, 75(12), 633-640.
- Engin, Ç. ve Şanlı, D.U.** (2007). IGS Ağı Ölçeğinde GPS Konum Belirleme Doğruluğu, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 11. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 2-6 Nisan, Ankara.

- Fang, P.** (2002). Analysis of Seasonal Signals in GPS Position Time Series, *Toulouse Workshop*, Sept. 2002 CGPS@TG Working.
- Ghilani, C.D. ve Wolf, P.R.** (2006). *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis*, 4th ed., John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.
- Grossmann, W.** (1969). *Grundzüge der Ausgleichungsrechnung*, Springer-Verlag, Berlin.
- Gurtner, W. ve Mader, G.** (1990). Receiver Independent Exchange Format Version 2, *GPS Bulletin*, 3(3), 1-8.
- Hakli, P., Koivula, H. Ve Puupponen, J.** (2008). Assessment of Practical 3-D Geodetic Accuracy for Static GPS Surveying, Integrating Geotransformations, *FIG Working Week 2008 Stockholm*, Sweden 14-19 June 2008.
- Hastaoglu, K.Ö. ve Sanli, D.U.** (2008). Modeling GPS Rapid Static Positional Accuracies for Monitoring Natural Hazards: Application to Koyulhisar Landslide, Turkey, *European Geosciences Union General Assembly 2008* Vienna, Austria, 13-18 April 2008 EGU2008-A-03010; G6-1WE5P-0374.
- Hastaoglu, K.Ö. ve Sanli, D.U.** (2011a). Hastaoglu K.O., Sanli D.U., Accuracy of GPS Rapid Static Positioning: Application to Koyulhisar Landslide, Central Turkey, *Survey Review*, 43(321), 226-240.
- Hastaoglu, K.Ö. ve Sanli, D.U.** (2011b). Monitoring Koyulhisar landslide using rapid static GPS: a strategy to remove biases from vertical velocities, *Nat Hazards*, 58(3), 1275-1294.
- Hastaoglu, K.Ö., Sanli, D.U. ve Ayazlı, İ.E.** (2009a). Bias on Rapid Static GPS Velocity Estimates due to Large Inter-station Height Differences: Examples from Koyulhisar Landslide in Central Turkey, *European Geosciences Union General Assembly 2009* Vienna, Austria, 19-24 April 2009 EGU2009, 1490.
- Hastaoglu, K.Ö., Şanlı, D.U., Ayazlı, İ.E. ve Gürsoy, Ö.** (2010). Heyelanların GPS İle İzlenmesinde Hızlı Statik Ölçü Yöntemin Doğruluğunun Araştırılması, 5. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 20-22 Ekim, Zonguldak, 503-513.
- Hastaoglu, K.Ö., Şanlı, D.U., Poyraz, F. ve Ayazlı, İ.E.** (2009b). GPS Hızlı Statik Yöntemde Troposferik Hata Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 27, 264-274.
- Hatanaka, Y.** (1996). A RINEX Compression Format and Tools, *Proceedings of ION GPS-96*, September 17-20, 177-183.
- Hekimoglu S., Erenoglu, R.C., Sanli, D.U. ve Erdogan, B.** (2011). Detecting Configuration Weakness in Geodetic Networks, *Survey Review*, 43, 323, pp. 713-730.
- Kahveci, M.** (2010). GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2010/1, Sayı 102, 3-10.

- Kaplan, S.** (2010). *Bir Bilim Adamının Serüveni Celal Şengör Söyleşi Kitabı*, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 1. Baskı, 38-39.
- King, M., Edwards, S. ve Clarke, P.** (2002). Precise Point Positioning: Breaking the Monopoly of Relative GPS Processing, GPS Techniques, *Engineering Surveying Showcase* Oktober.
- Koçak, Ş.** (2011). *50 Soruda Matematik*. Bilim ve Gelecek Kitaplığı-22, 50 Soruda Kitap Dizisi 9, 29-32.
- Mc Carthy, D. D. ve Petit, G. (Eds.)** (2004). IERS Conventions (2003), IERS *Technical Note 32*, Int. Earth Rotation Serv., Paris, pp. 127.
- Mikhail, E. M. ve Ackermann, F.** (1976). *Observations and Least Squares*, Dun-Donnelley, New York.
- Niell, A.E.** (1996). Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths. *Journal of Geophysical Research*, **101** (B2): 3227-3246.
- Ozturk, D. ve Sanli, D.U.** (2011). Accuracy of GPS Positioning From Local To Regional Scales: A Unified Prediction Model, *Survey Review*, 43, 323, pp.579-589.
- Özlem, D.** (2010). *Bilim Felsefesi*. Notos Kitap Yayınevi, 18-37, İstanbul.
- Öztürkcan, M.** (2006). İstatistik, Maltepe Üniversitesi Yayınları, 24, İstanbul.
- Psimoulis, P.A., Kontogianni, V.A., Nickitopoulou, A., Pytharouli, S.I., Triantayllidis, P. ve Stiros, S.C.** (2004). Estimating the Optimum Duration of GPS Static Observations for Short Baseline Length Determination in Greece, *FIG Working Week 2004*, Athens, Greece, May 22-27.
- Sanli, D.U. ve Engin, C.** (2009). Accuracy of GPS Positioning Over Regional Scales, *Survey Review*, **41**, 312 pp. 192-200.
- Sanli, D.U. ve Kurumahmut, F.** (2008). Accuracy of GPS Positioning in the Presence of Large Height Differences, Integrating Genetarians, *FIG Working Week 2008 Stockholm*, Sweden 14-19 June 2008.
- Sanli, D.U. ve Tekic, S.** (2010). *Accuracy of GPS Precise Point Positioning, A Tool for GPS Accuracy Prediction*, LAP Lambert Academic Publishing, Köln, Germany, 60 pp., ISBN 978-3-8383-5504-7, 2010, [BoD].
- Siegel, E.** (2011). The Power of Theory in Science, *Scientific American* 15 Temmuz. Derleyen: Reyhan Oksay, *CBT*, 26 Ağustos, Sayı:1275,s.10-11.
- Sigl, R.** (1994). Die Erde ist keineswegs rund. *Kultur u. Technik* 17, s.51-57, Deutschland. **Çeviren: Akarsu, V.** (1997). Dünya Kesinlikle Yuvarlak Değildir, *Harita Dergisi*, Sayı: 117, Ankara.

- Snay, R.A., Soler, T. Ve Eckl, M.** (2002). GPS Precisions with Carrier Phase Observations: Does Distance and/or Time Matter?, *Professional Surveyor*, **22**(10), 20, 22, 24.
- 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**(1), 45-55.
- Şahin, T.E.** (2006). *Bilim, Bilimler ve Bilgi Alanlar*. Dikey Yayıncılık, 46-47.
- Şanlı, D. U.** (2011b). Bölgesel/Ülke GPS Çalışmalarında Ölçme Planlama, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 18-22 Nisan, Ankara.
- Şanlı, D.U. ve Kurumahmut, F.** (2011a). Accuracy of GPS Positioning in the presence of large height differences, *Survey Review*, **43**, 320, 162-176.
- Şanlı, D.U.**, 2006: GPS İle Nokta Sıklaştırmada Düşey Konum Duyarlılığını Etkileyen Faktörler, *TUJK 2006 Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı 2*.
- Topdemir, H.G.** (2011). Galileo ve Doğanın Matematikle Kavranışı, *TUBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı: 526, 104-105.
- Torge, W.** (2003). *Geodesy*, 4rd ed., Walter de Gruyter, Berlin, New York.
- Weston, N.D., Soler, T. ve Mader, G.L.** (2009). Rover Station Positional Accuracies from OPUS as a Function of Reference Station Spacing and Rover Station Occupation Time, *Proc.FIG Working Week*, Eilat, Israel, 3-8 May 2009, 11p.
- Yalçın, B., İnal, C. ve Kalayıcı, İ.** (2008). GPS Ölçü Süresinin Nokta Konum Doğruluğu İle İlişkisi, *S.Ü. Müh.-Mim.Fak. Derg.*, c.23, s.1, 2008, 19-26.
- Yamak, R. ve Köseoğlu, M.** (2006). *Uygulamalı İstatistik ve Ekonometri*, KTÜ, İİBF, 3. Baskı, 291-304, Trabzon.
- Yıldız, S.S., Yağcı, A., Özkan, A., Yavaşoğlu, H., Altın, M.U. ve Tarı, E.** (2009). GPS Gözlem Süresinin Yüksek Doğruluklu Çalışmalarda Zaman Serileri ve Hız Vektörleri Üzerine Etkisi, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2009/3 Özel Sayı, 86-90.
- Zumberge, J. F., Heflin, M. B., Jefferson, D. C., Watkins, M. M., ve Webb, F. H.** (1997). Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, *Journal of Geophysical Research*, 102: 5005-5017.
- Url-1** < <http://igsceb.jpl.nasa.gov/network/list.html>, IGS>, alındığı tarih 12.06.2010.
- Url-2** <<http://igs.ensg.ing.fr/pub/igs/data/>, IGS>, 14.07.2010.
- Url-3** < <http://www.oso.chalmers.se/~loading/>> ,
- Url-4** <<http://apps.gdgps.net>> ,

Url-5 <[http:// www.unavco.org](http://www.unavco.org)>,

Url-6< [http:// sopac.ucsd.edu / dataArchive](http://sopac.ucsd.edu/dataArchive) >,

Url-7 <<http://tdkterim.gov.tr/bts/>>, alındığı tarih 03.08.2011.

EKLER

EK A : YAY UZUNLUĞU HESAPLAMALARI.

EK B : REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ.

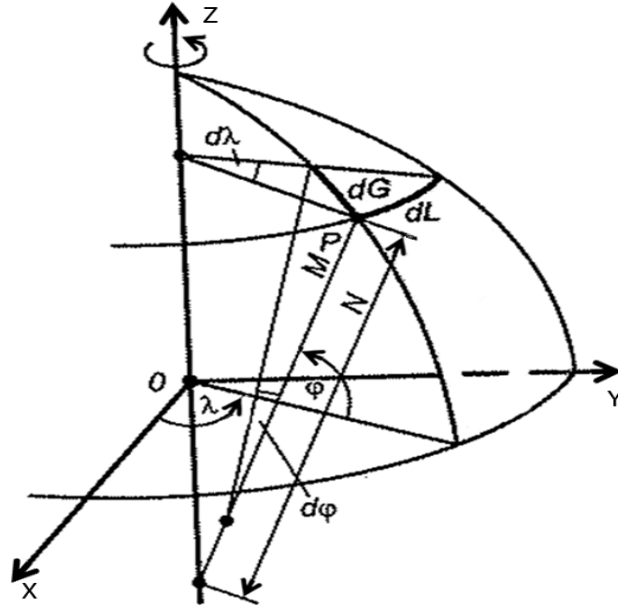
EK C : DÜŞEY VE YATAY HIZ GRAFİKLERİ CD'Sİ (4 MB).

**EK D : BİR VERİ KÜMESİNE EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİNE
GÖRE DENGELEME İLE FONKSİYON UYDURMA.**

EK A: YAY UZUNLUĞU HESAPLAMALARI

A.1 Kısa Meridyen ve Paralel Daire Yay Uzunlukları

Yer yuvarının şekli geoit olarak tanımlanmasına karşın, tüm yer yuvarı için geçerli bir geoit henüz belirlenememiştir. Geoit yüzeyini ifade eden denklemin jeodezik ölçülerin değerlendirilmesinde yarattığı güçlük nedeniyle, jeodezik problemlerin çözümünde elverişli olan ve geoitten olan sapması olabildiğince az olan, kutuplarda basık ekvatorunda şişkin bir dönel elipsoit tanımlanmıştır (Sigl, 1994). Şekil A.1’de dönel elipsoit yüzeyinin bir P noktasından geçen meridyen doğrultusunda kısa yay uzunluğu dG ve meridyene dik doğrultuda yay uzunluğu ise dL olarak gösterilmiştir. Şekil A.1’deki dG ve dL yay uzunluklarındaki değişimleri, $d\varphi$ (enlem farkı) ve $d\lambda$ (boylam farkı) değerlerinde oluşan diferansiyel anlamda çok küçük değişimleri ifade etmektedir.



Şekil A.1: Dönel elipsoitte dG ve dL yay uzunlukları.

A.2 Kenar Cinsinden Kısa Meridyen Yay Uzunluğu Hesabı

Şekil A.1'deki elipsoit yüzeyinde aynı boylamların ve farklı enlemlerin geometrik yerini ifade eden meridyen daire yayı üzerinde bulunan diferansiyel anlamdaki dG meridyen yay uzunluğu, yayın başlangıcı (i) ve bitişi (j) olan noktalarından geçen elipsoit normalleri arasındaki enlemler farkıyla oluşturulan diferansiyel anlamındaki açı $d\varphi_{ij} = \varphi_j - \varphi_i$ olmak üzere, aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Bomford, 1981).

$$dG_{ij} = \left(\frac{\varphi_j - \varphi_i}{\rho}\right)M + \frac{1}{8}e^2 M \left(\frac{\varphi_j - \varphi_i}{\rho}\right)^3 \cos(\varphi_j + \varphi_i), \rho = \frac{180^\circ}{\pi} \quad (\text{A.1})$$

dG_{ij} 'nin işareti $d\varphi_{ij}$ 'nin işaretine bağlıdır.

Eğer,

- $\varphi_j > \varphi_i$ ise dG_{ij} 'nin işareti pozitif (+) ve noktalar meridyen dairesinin güney-kuzey doğrultusu üzerindedirler.
- $\varphi_j < \varphi_i$ ise dG_{ij} 'nin işareti negatif (-) ve noktalar meridyen dairesinin kuzey-güney doğrultusu üzerindedirler.

A.3 Kenar Cinsinden Paralel Daire Yay Uzunluğu Hesabı

Şekil A.1'deki elipsoit yüzeyinde aynı enlemlerin ve farklı boylamların geometrik yerini ifade eden paralel daire yayı üzerinde bulunan diferansiyel anlamdaki dL paralel daire yay uzunluğu, yayın başlangıcı (i) ve bitişi (j) olan noktalarından geçen elipsoit normalleri arasındaki boylamlar farkıyla oluşturulan diferansiyel anlamındaki açı $d\lambda_{ij} = \lambda_j - \lambda_i$ olmak üzere, küre yüzeyindeki hesaba benzer şekilde aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır (Torge, 2003).

$$dL_{ij} = \rho N \cos \varphi (\lambda_j - \lambda_i), \rho = \frac{180^\circ}{\pi} \quad (\text{A.2})$$

dL_{ij} 'nin işareti $d\lambda_{ij}$ 'nin işaretine bağlıdır.

Eğer,

- $\lambda_j > \lambda_i$ ise dL_{ij} 'nin işareti pozitif (+) ve noktalar Greenwich başlangıç meridyen dairesinin doğusunda bulunurlar.

- $\lambda_j < \lambda_i$ ise dL_{ij} 'nin işareti negatif (-) ve noktalar Greenwich başlangıç meridyen dairesinin batısında bulunurlar.

(A.1) ve (A.2) eşitliklerinde geçen M ve N değerleri sırası ile meridyen doğrultusunda ve meridyene dik doğrultuda eğrilik yarıçapları, e^2 ve e'^2 ise sırası ile birinci ve ikinci eksentrisiteler olup, φ enlemi ve λ ise boylamı ifade etmektedir. Aşağıda, e'^2 ve e^2 hesabı (A.3)'de, M ve N eğrilik yarıçap değerlerinin hesabı ise (A.4)'deki eşitliklerinde verilmiştir.

$$e'^2 = \frac{a^2 - b^2}{b^2}, \quad e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (\text{A.3})$$

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^3}}, \quad N = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}} \quad (\text{A.4})$$

Aşağıdaki Çizelge (A.1)'de ise (A.1), (A.2), (A.3) ve (A.4) eşitliklerinin hesabında kullanılan WGS 84 elipsoidi parametreleri verilmiştir.

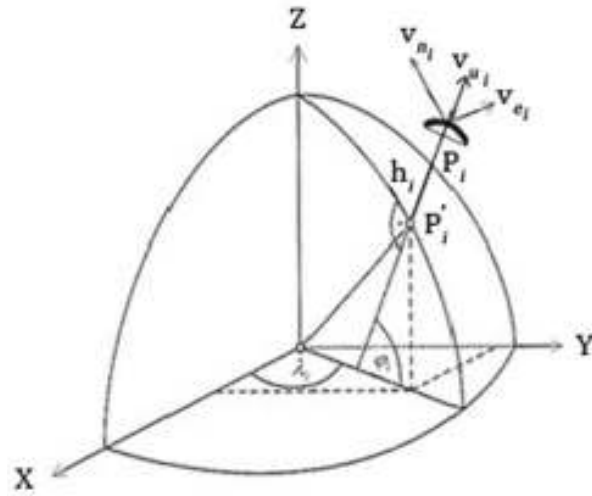
Çizelge A.1: WGS 84 elipsoidi parametreleri.

Parametreler	WGS 84 Elipsoidi
Büyük yarı eksen a	6 378 137.00000 m
Küçük yarı eksen b	6 356 752. 31425 m
I. Eksentrisite e^2	0.00669437999013
II. Eksentrisite e'^2	0.00673949674226

A.4 Nokta Düşey ve Yatay Hızları

Yer yuvarı üzerindeki her nokta için ayrı bir toposentrik sistem tanımlanır. Bunların en belirgin özelliği başlangıç noktasının durulan noktada olmasıdır (Arslan, 1987).

Şekil A.2’de görüldüğü gibi yeryuvarında bulunan bir P_i noktasının hızları denilince, noktanın düşey (v_{u_i}) ve yatay (v_{n_i}, v_{e_i}) hızları anlaşılır. Bu hızların yönleri yerel jeodezik koordinat sisitemi eksen takımı tanımları ile uyumludurlar. Şöyle ki; $v_{u_i}(z), v_{n_i}(x)$ ve $v_{e_i}(y)$ gibi bir sol el sistemi oluşturular.



Şekil A.2: P_i noktasının hız bileşenleri ($v_{u_i}, v_{n_i}, v_{e_i}$).

Genel olarak nokta hızları denilince Şekil A.2’de gösterilen üç bileşen söz konusudur. Bu hız bileşenlerinden biri, Şekil A.2 deki P_i noktasında geçen düşey doğrultudaki (elipsoid normali doğrultusunda) h_i elipsoid yüksekliğindeki hareketinin değişimini ifade eden (v_{u_i}) ile gösterilen düşey hız olup, diğer iki hız bileşenlerinden biri yer yuvarının model şekli olan elipsoid yüzeyinde, meridyen (φ_i enlem değişimi) doğrultusundaki hareketinin değişimini ifade eden Şekil A.2’de gösterilen (v_{n_i}) yatay hızı olup, diğer yatay hız bileşeni ise meridyene dik (λ_i boylam değişimi) doğrultudaki hareketinin değişimini ifade eden Şekil A.2’de (v_{e_i}) ile gösterilen hızdır.

Düşey hız, Şekil A.2’de görüldüğü gibi noktadan geçen elipsoid normali boyunca hesaplanan h_i elipsoid yüksekliğinin değişimi ile belirlenir.

Yatay hızlar ise yer yuvarında P_i noktasında geçen meridyen daire yayı (enlem doğrultusunda) ve paralel daire yayı (boylam doğrultusunda) doğrultularındaki değişimi ifade eder.

Şekil A.2’de görüldüğü gibi P_i noktasında geçen meridyen yayına P_i noktasında teğet olan kuzey (north) doğrultusu boyunca değişen (v_{n_i}) yatay hızın değeri yukarıdaki (A.1) eşitliği ile hesaplanır.

Şekil A.2’de görüldüğü gibi P_i noktasında geçen paralel daire yayına P_i noktasında teğet olan doğu (east) doğrultusu boyunca değişen diğer (v_{e_i}) yatay hızın değeri ise yukarıdaki (A.2) eşitliği ile hesaplanır.

EK B: REGRESYON VE KORELASYON ANALİZİ

B.1 Regresyon Analizi

Bir veya birden çok büyüklüğün sayısal verileri arasındaki istatistiksel ilişkinin niteliğini bulmada kullanılan yöntem regresyon analizi denir. Bir x_i gözlem değerine bağlı olarak y_i değeri regresyon analizi ile tahmin edilir. Çalışmada kullanılan (x_i, y_i) gözlem değerlerine uydurulan regresyon denklemi,

$$\hat{y}_i = ax_i + b \quad (\text{B.1})$$

bir doğru denklemdir.

(B.1) denkleminde geçen değişkenlerden ve sabitlerden,

$\hat{y}_i$: Bağımlı (tahmin edilen) değişkeni,

x_i : Bağımsız (tahmin eden) değişkeni,

b : Sabit katsayıyı ve $x = 0$ için $\hat{y}_i = b$ olur.

a : Doğrunun eğimini (yol-zaman grafiğinde ise hızı)

ifade etmektedir.

(B.1)'deki lineer yörünge denkleminin (x_i) 'e göre 1. türevi yine noktasal hızı verir.

(B.1) regresyon denklemi (x_i, y_i) şeklindeki gözlem ikililerinin ilişkisini tanımlar.

(x_i, y_i) gözlem ikilileri arasındaki ilişkinin yönü iki türlü olabilir:

Bir gözlem değeri artarken, diğer gözlem değeri de artıyor ise düz (pozitif) ilişki,

Bir gözlem değeri artarken, diğer gözlem değeri de azalıyorsa ise ters (negatif) ilişki, şeklinde adlandırılır.

B.2 (R^2) Belirleme Katsayısı Hesabı

Bir regresyon denkleminin gerçek verilere uygunluğu, bağımlı değişken $\hat{y}_i$ 'deki değişimlerin, ne kadarının bağımsız değişken x_i 'ler tarafından açıklanabildiğine bağlıdır. Bağımsız değişkendeki değişimlerin, bağımlı değişkendeki değişimlere oranı belirleme katsayısı (coefficient of determination) olarak ifade edilir ve (R^2) ile gösterilir (Öztürkcan, 2006).

$\hat{y}_i$: Bağımlı (tahmin edilen) değişken, regresyon denkleminde hesaplanır.

y_i : Gözlem değerleri,

$\bar{y}$: y_i gözlem değerlerinin ortalaması,

n : y_i gözlem değerleri sayısı

olmak üzere,

$\hat{y}_i$ ların ortalama değer $\bar{y}$ ye göre toplam değişim miktarı olan A değeri,

$$A = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad (\text{B.2})$$

(B.2) eşitliği ile hesaplanır.

y_i gözlem değerlerinin $\bar{y}$ ye göre toplam değişim miktarı olan B değeri,

$$B = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (\text{B.3})$$

(B.3) eşitliği ile hesaplanır.

A ve B değerleri oranlanarak belirleme katsayısı (R^2),

$$R^2 = \frac{\sum_i^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (\text{B.4})$$

(B.4) eşitliği ile hesaplanır.

- $A \langle B \text{ ve } A \rangle 0, B \rangle 0$ olduğundan R^2 'nin değeri $0 \leq R^2 \leq 1$ aralığında olur.
- $R^2 = 1$ ise y_i deki bütün değişim regresyon doğrusu tarafından açıklanır.
- $R^2 = 0$ ise y_i deki değişim regresyon doğrusu ile açıklanamaz.
- Toplam değişimin regresyon doğrusu tarafından açıklanamayan kısmı ise $(1 - R^2)$ miktarı kadar olur.
- (B.4) deki (R^2) ifadesi, (B.1) regresyon denkleminin (x_i, y_i) gözlem ikililerini temsil etme uygunluğunun bir ölçütü olarak kullanılır.

B.3 Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi iki büyüklük arasındaki ilişkinin niteliğine bağlı olarak bir büyüklüğün değerinin tahmin edilmesi olmayıp, aksine iki değişkenin verileri arasındaki ortak ilişkinin derecesinin belirlenmesidir. Başka bir ifadeyle korelasyon analizi (x_i, y_i) değişkenleri arasındaki lineer ilişkinin derecesinin belirlenmesinde bir ölçüt olarak kullanılır. (R^2) 'nin karekökü (r) korelasyon katsayısıdır.

Yani (r) korelasyon katsayısı,

$$r = \sqrt{\frac{\sum_i^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_i^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{B.5})$$

(B.5) eşitliği ile hesaplanır.

$y = ax + b$ modelinde $\sqrt{R^2} = r$ oluyor, fakat genel olarak değil.

Korelasyon Katsayısı r 'nin Özellikleri:

- r bir sayıdır, $-1 \leq r \leq +1$ orandan dolayı birimi yoktur.
- r 'nin değeri aralığında olup, r 'nin değeri bir'e yakın ise iki değişken arasında sıkı pozitif (düz) ilişkinin varlığını, r 'nin değeri eksi bir'e yakın ise sıkı negatif (ters) ilişkinin varlığı söz konusu olur.

- r 'nin değeri x_i ve y_i 'nin arasında ne kadar doğrusal ilişki olduğunun ölçüsüdür.
- (r) ile (R^2) arasında,
- $\left(\begin{matrix} \text{Korelasyon} \\ \text{Katsayı} \end{matrix} \right)^2 = \left(\begin{matrix} \text{Çoklu Belirleme} \\ \text{Katsayı} \end{matrix} \right)$

eşitlik ilişkisi vardır.

Korelasyon iki değişken arasındaki ilişkinin derecesini ölçmesine karşın, bu ilişki neden-sonuç ilişkisini kapsamaz ve kastetmez. Aksine korelasyon bir büyüklüğü başka bir büyüklük ile ilişkili kılan bağıntı demektir. Diğer bir ifadeyle, korelasyon iki değişkenin birlikteki değişkenliği hakkında bilgi sunan bir istatistiktir (Yamak ve diğ, 2006).

Korelasyon katsayısı r için,

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_A : \rho \neq 0$$

hipotez testi uygulanır.

Teste geçen semboller;

H_0 : Sıfır hipotez , H_A : Alternatif hipotez , $\rho : r$ korelasyon katsayısı değeri

anlamındadır.

EK C : DÜŞEY VE YATAY HIZ GRAFİKLERİ CD'Sİ (4 MB).

EK D: BİR VERİ KÜMESİNE EN KÜÇÜK KARELER YÖNTEMİNE GÖRE Dengeleme İLE FONKSİYON UYDURMA.

D.1 Üstel Fonksiyon Uydurma

Deneysel çalışmalar yapan araştırmacılar genellikle birbiriyle ilişkili olan (x_i, y_i) değişkenlerinin $P_1(x_1, y_1), P_2(x_2, y_2), \dots, P_n(x_n, y_n)$ şeklindeki rasgele hatalı ölçü kümesine, $y = f(x)$ şeklinde bir fonksiyon bulma ödevi ile karşılaşılır. Eğer, $y = f(x)$ fonksiyonunun bilinmeyen parametreleri, en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile bulunursa fonksiyona dengeleyici fonksiyon adı verilir (Demirel, 2009).

İkiden çok değişken içeren bir ölçü kümesine fonksiyon uydurma, iki değişkenli ölçü kümesine fonksiyon uydurmaktan daha zordur. Ölçüler arasındaki matematiksel ilişki biliniyorsa, iş sadece matematiksel ilişkiye ait parametreleri bulmakta ibarettir. Eğer ölçüler arasındaki matematiksel ilişki bilinmiyorsa bu durumda tüm (x_i, y_i) ölçülerinin düzlem dik koordinat sisteminde işaretlenmesi ile oluşan eğilime bakılarak bilinen uygun bir fonksiyon seçilir (Çoker ve diğ., 1994). Uygun fonksiyon üslü, üstel, trigonometrik vb. gibi bir fonksiyon olabilir.

$$y_i = f(x_i) = \alpha e^{\beta x_i} \quad (\text{D.1})$$

(D.1) eşitliği bir üstel fonksiyondur. (D.1) üstel fonksiyonda geçen α ve β parametreleri (bilinmeyenleri) $\alpha > 1$ ve $\beta < 1$ koşulları altında belirlenir.

(D.1) eşitliğinde geçen,

α, β : Üstel fonksiyon parametrelerini

(x_i, y_i) : Ölçü çiftini

ifade etmektedir.

Eğer, (x_i, y_i) ölçüleri (D.1) eşitliğindeki gibi lineer olmayan bir eğilim gösterir ise EKK yöntemine göre dengeleyici üstel fonksiyon uydurmak zor olur.

Bu nedenle lineer olmayan (D.1) üstel fonksiyonu aşağıdaki gibi lineerleştirme işlemine tabi tutulduktan sonra EKK yöntemine göre dengelemeyle dengeleyici üstel fonksiyon elde edilir.

(D.1) fonksiyonunun iki taraftan logaritması alınarak,

$$\ell n(y) = \ell n(\alpha) + \beta x \quad (\text{D.2})$$

(D.2) şekline dönüştürülür.

$$\ell n(y) = Y, \ell n(\alpha) = b, \beta = m, x = X \quad (\text{D.3})$$

(D.3) kısaltmaları (D.2) eşitliğinde yerine yazılırsa, (D.2) eşitliği,

$$Y_i = m X_i + b \quad (\text{D.4})$$

(D.4) deki lineer eşitliğine dönüştürülmüş olur.

$P_1(x_1, y_1), P_2(x_2, y_2), \dots, P_n(x_n, y_n)$ ölçülerinden,

$P_1(X_1, Y_1), P_2(X_2, Y_2), \dots, P_n(X_n, Y_n)$

değerleri bulunur.

$$\overline{Y}_i = Y_i + v_i = m X_i + b \quad (\text{D.5})$$

$$v_i = m X_i + b - Y_i \quad (\text{D.6})$$

(D.5) ve (D.6) eşitliklerinde geçen,

$\overline{Y}_i$: Y_i 'nin düzeltilmiş değerini

v_i : Y_i nin düzeltme miktarını

ifade etmektedir.

(D.6) düzeltme denklemine aşağıdaki işlemler uygulanarak,

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n (m X_i + b - Y_i)^2 \quad (\text{D.7})$$

$$\frac{\partial \sum v_i^2}{\partial b} = \sum 2(m X_i + b - Y_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n b + \sum_{i=1}^n X_i m - \sum_{i=1}^n Y_i = 0 \quad (\text{D.8})$$

$$\frac{\partial \sum v_i^2}{\partial m} = \sum 2(X_i)(m X_i + b - Y_i) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n X_i b + \sum_{i=1}^n X_i^2 m - \sum_{i=1}^n X_i Y_i = 0 \quad (\text{D.9})$$

Elde edilen b ve m gibi iki bilinmeyene göre lineer olan (D.8) ve (D.9) denklemlerinin oluşturduğu lineer denklemler sistemi, aynı zamanda bir normal denklemler sistemi olup, normal denklemler sisteminin matris gösterimi aşağıdaki (D.10) eşitliği ile verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i Y_i \end{bmatrix} \quad (\text{D.10})$$

(D.10) normal denklem sisteminin çözümü ise aşağıdaki (D.11) ile verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} b \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n X_i \\ \sum_{i=1}^n X_i & \sum_{i=1}^n X_i^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i Y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{bb} & Q_{bm} \\ Q_{mb} & Q_{mm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n Y_i \\ \sum_{i=1}^n X_i Y_i \end{bmatrix} \quad (\text{D.11})$$

(D.11) eşitliğinde b ve m bilinmeyenlerinin bulunan sayısal değerleri (D.3)'de yerine yazılarak, α ve β bilinmeyen parametrelerinin sayısal değerleri,

$$\alpha = e^b \text{ ve } \beta = m \quad (\text{D.12})$$

eşitlikleri ile hesaplanır.

D.2 Duyarlık (Precision) (Standart Sapma) Hesapları

Düzeltilmiş $\bar{y}_i$ değerlerine ait standart sapma hesabı

$$\sigma_{\bar{y}} = \pm \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-2}} \quad (\text{D.13})$$

$n : (Y_n, X_n)$ ölçü çifti sayısı

β veya m parametresine ait standart sapma hesabı

$$\sigma_m = \sigma_{\beta} = \pm \sigma_{\bar{y}} \sqrt{Q_{mm}} \quad (\text{D.14})$$

$Q_{mm} : m$ parametresine ait ağırlık katsayısı (kofaktörü)

b ve α parametrelerine ait standart sapma hesabı

$$\sigma_b = \pm \sigma_{\bar{y}} \sqrt{Q_{bb}} \quad (\text{D.15})$$

$$\sigma_{\alpha} = \pm \alpha \sigma_b \quad (\text{D.16})$$

$Q_{bb} : b$ parametresine ait ağırlık katsayısı (kofaktörü)



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:Veli AKARSU

Doğum Yeri ve Tarihi: Afşin/Kahramanmaraş, 10.05.1962

Adres: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Harita ve Kadastro Programı Kilimli/Zonguldak.

E-Posta: veli.akarsu@gmail.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, 1985-1989.

Yüksek Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, Jeodezi Anabilim Dalı, 1989-1992.

Mesleki Deneyim ve Ödüller:

- Öğr. Gör., ZKÜ Zonguldak Meslek Yüksekokul, 1999-...
- Ar. Gör., ZKÜ Zonguldak Meslek Yüksekokul, 1994-1999.
- Yük. Müh., TKİ, Afşin-Elbistan Kışla Köy Açık Linyit İşletmesi, 1993-1994.
- Müh., Almanya, Münih Gıda ve Tarım Bakanlığı Arazi Toplulaştırma Dairesi, 1992.

Yayın ve Patent Listesi:

Ural, S., **Akarsu, V.** ve Öztürk, D.A. (1994). Mine Surveying For Stop Stability Monitoring At Afşin-Elbistan Lignite Deposit, İstanbul-94, I st *International Symposium on Deformations in Turkey*, September 5-9, Turkey.

Akarsu, V. (1994). Prof. Dr. – Müh. Rudolf Sigl Emekli Oldu, *Cumhuriyet BilimTeknik*, Sayı: 384, s. 14, İstanbul.

Akarsu, V. ve Ergüder, İ. (1995). Jeodezik ve Jeofizik Etütlerle Afşin-Elbistan Linyitleri Kışla Köy Sektörü Kazı Sahasında Yer Altı Faylarının Belirlenmesi, *Mühendislikte 20. Yıl Sempozyumu*, 5-6 Ekim, Zonguldak.

Akarsu, V. (1995). Poligon Geçkilerinde Boyuna ve Enine Hata Formüllerinin Koordinat Dönüşüm Yöntemiyle Çıkartılması, *Mühendislikte 20. Yıl Sempozyumu*, 5-6 Ekim, Zonguldak.

Akarsu, V. (1995). Jeodezik Nokaların (x,y,z) Koordinatlarının Ölçülen Üç Düşey Açı Yardımıyla Sayısal ve Çizimsel Yöntemlerle Belirlenmesi, Celal Bayar Üniversitesi, *II. Spil Fen Bilimleri Kongresi*, 23-25 Ekim, Manisa.

- Akarsu, V.** (1995). İki Açının Sinüs ve Kosinüs Trigonometrik Fonksiyonlarının Toplam ve Farklarından Oluşan İfadelerin Yapay Aritmetik Dizi Yardımıyla Çarpım Haline Dönüştürülmesi, Celal Bayar Üniversitesi, *II. Spil Fen Bilimleri Kongresi*, 23-25 Ekim, Manisa.
- Akarsu, V.** (1995). Disiplinler Arası Çalışmalarda Jeodezinin İşlevi ve Somut Bir Uygulama Örneği, *HKMO Dergisi*, Sayı: 78, s.62-70, Ankara.
- Akarsu, V.** (1995). Jeodezik Çalışmaların Dünyanın Şekli İle Olan İlişkisi, *HKMO Dergisi*, Sayı: 79, s. 41-45, Ankara.
- Akarsu, V.** (1997). Carl Friedrich Gauss'un Ünlü On Yedigeni İçin Çizim Parametreleri'nin Hesabı, *HKMO Dergisi*, Sayı: 82, s. 75-80, Ankara.
- Sigl, R. ve **Akarsu, V.** (1997). Dünya Kesinlikle Yuvarlak Değildir, HGK, *Harita Dergisi*, Sayı:117, s. 64-73, Ankara.
- Akarsu, V.** (1997). Terimleri Trigonometrik Fonksiyonlar Olan Yapay Aritmetik Diziler, *HKMO Dergisi*, Sayı: 82, s. 99-102, Ankara.
- Akarsu, V.** (1997). Dünyanın Yuvarlak Olmadığının Hesabı, *Cumhuriyet Bilim Teknik*, Sayı: 555, s. 8-9, İstanbul.
- Akarsu, V.** (1997). Jeodezinin Bir Ödevi de Dünyanın Şeklinin Belirlemektir, *HKMO Dergisi*, Sayı: 83, s.80-89, Ankara.
- Akarsu, V.** (1997). Prof. Dr. – Müh. Rudolf Sigl Emekli Oldu, *HKMO Dergisi*, Sayı: 83, s.127-129, Ankara.
- Akarsu, V.** (1997). Düzlem Üçgende Açılış Teoremleri, Kırıkkale Üniversitesi, *II. Kızılırmak Uluslararası Fen Bilimleri Kongresi*, 23-25 Ekim, Kırıkkale.
- Akarsu, V.** (1997). Dünyanın Şeklini Belirleme Çalışmaları, *ZKÜ Kütüphanesi*, Zonguldak.
- Akarsu, V.** (1998). Matematik ve Jeodezi, *HKMO Dergisi*, Sayı: 84, s.66-67, Ankara.
- Akarsu, V.** (1998). Prof. Dr. – Müh. Rudolf Sigl' ın Ardından, *HKMO Harita Bülteni*, Sayı: 38, s.74, Ankara.
- Akarsu, V.** (1998). Prof. Dr. – Müh. Rudolf Sigl' ın Ardından, *Cumhuriyet Bilim Teknik*, Sayı: 577, s. 20, İstanbul.
- Akarsu, V.** (1998). Doğru Dediğimiz Şey Nedir ki !, *HKMO Dergisi*, Sayı: 85, s.126-127, Ankara.
- Akarsu, V.** (1999). Kuzey Anadolu Fay Hattı Bolu Yeniçağa Bölümü Tektonik Hareketlerinin GPS Tekniği İle Gözlenmesi Projesi, *I. Periyot Ölçülerine Katılım. Araştırma Fonu, DPT., ZKÜ*.
- Akarsu, V.** (2000). Kuzey Anadolu Fay Hattı Bolu Yeniçağa Bölümü Tektonik Hareketlerinin GPS Tekniği İle Gözlenmesi Projesi, *II. Periyot Ölçülerine Katılım. Araştırma Fonu, ZKÜ*.
- Akarsu, V.** (2001). Jeodezik Ağların Serbest Dengelenmesi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, *Bilim Haftası Etkinlikleri*, 9 sayfa, 30 Nisan-04 Mayıs, Zonguldak.

Akarsu, V. ve Koçak, M.G. (2002). Jeodezik Denklem Sistemlerinin özüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği 30. Yıl Sempozyumu*, 16-18 Ekim, Konya.

Koçak, M.G. ve **Akarsu, V.** (2002). Serbest ve Dinamik Aę özümleri İle Uygulamalar, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği 30. Yıl Sempozyumu*, 16-18 Ekim, Konya.

Akarsu, V. (2002). Geometride Uzay, Düşey ve Yatay Açılar Arasındaki Fonksiyonel İlişki, Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümü, Cumhuriyetimizin 80.Yılı, *I.Geometri Sempozyumu*, 3-4 Temmuz, Elazığ.

Akarsu, V. (2002). Cep Hesap Makinelerinin Pratik Kullanımı ve Programlanması, *ZKÜ Kütüphanesi*, Zonguldak.

Akarsu, V. (2003). Geometrik Geriden Kestirme Probleminin(GGKP) özümünde Yeni Bir Yöntem, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu(TUJK), 2003 Yılı Bilimsel Toplantısı, *Coęrafi Bilgi Sistemleri ve Jeodezik Ağlar alıştay*, Selçuk Üniversitesi, 24-25-26 Eylül, Konya.

Akarsu, V. (2004). Lineer Denklem Sistemleri özümünde Yuvarlatma Hatası Etkisinin İstatistik Analizi, *II. Temel Bilimler Yaz Okulu, Temel Bilimlerde İstatistik Yöntemler*, Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik- Bilgisayar Bölümü, 23-27 Ağustos, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları, Yayın No : 46, s.197-215, İstanbul.

Akarsu, V. (2005). Akarsu Yöntemiyle Geriden Kestirme Probleminin özümü, *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan, ODTÜ Kütür ve Kongre Merkezi, Ankara.

Akarsu, V. ve Tuęluoęlu, A. (2005). Gravite Ölçmeleri ve Jeodezide Uygulama Alanları, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu(TUJK), 2004 Yılı Bilimsel Toplantısı, *Jeoid ve Düşey Datum alıştay*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 22-26 Eylül.

Akarsu, V. (2005). Düşey Açı ve Eğik Uzunluk Ölçüleriyle Üç Boyutlu Koordinat Belirlemenin Doğruluğu, *2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, İstanbul Teknik Üniversitesi, 23-25 Kasım, İstanbul.

Akarsu, V. (2005). Geometride Uzay, Düşey ve Yatay Açılar Arasındaki Fonksiyonel İlişki, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu *Journal of Technical–Online*, Volume: 4, Number:3,s.134-142.

Şirinov, V.A., **Akarsu, V.** ve Kartal, M.E. (2006). elik Yapıların İlişkili Olduğu Konular, Karaelmas Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi 12. Mühendislik Dekanları Konseyi, *II. Ulusal Mühendislik Kongresi Bildiriler ve Poster Kitabı*, 11-13 Mayıs, 375-386, Zonguldak.

Akarsu V. ve Şirinov V. (2006). Düzlem Trigonometrinin Mühendislik Problemlerinin Modellenmesindeki Uygulamaları, Karaelmas Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi 12. Mühendislik Dekanları Konseyi, *II. Ulusal Mühendislik Kongresi Bildiriler ve Poster Kitabı*, 11-13 Mayıs, 387-392, Zonguldak.

Açıkgöz, B., **Akarsu, V.** ve Gümüş, M. (2007). Türk Bayrağının Zonguldak Şehir Stadyumuna Aplikasyonu, *3.Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 257-263, Selçuk Üniversitesi, 24-26 Ekim, Konya.

Akarsu, V. (2008). Geriden Kestirme Probleminin özümünde Yeni Bir Yöntem, *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt No:26, Sayı:4, Sayfa:301-313.

Akarsu, V. (2009). Geriden Kestirme Probleminin Çözümünden Yeni Bir Yöntem, *Konferans*, Düzce Üniversitesi, Düzce.

Akarsu, V. (2009). Düzlem Üçgende Açıların Kenarlardan Bulunması, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:25, Sayı: 1-2, s.390-399.

Akarsu, V. (2009). Türk Bayrağı ve Altın Oran İlişkisi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt:25, Sayı: 1-2, s.437-448.

Akarsu, V. ve Karakaya, T. (2010). Geriden Kestirmede Akarsu Yöntemi, MYO-ÖS 2010-Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu, 21-22 Ekim, Düzce, 1-10, 2010.

Akarsu, V. (2011). Jeodezi ve Ölçme Teknikleri Konularında Makaleler, *ZKÜ Kütüphanesi*, Zonguldak.