<u>İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ</u>

KUZEY ANADOLU FAYININ ORTA ANADOLU BÖLÜMÜNDEKİ GÜNCEL TEKTONİK AKTİVİTENİN JEODEZİK YÖNTEMLER VE ELASTİK YARI UZAY MODELLEME İLE BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ Hakan YAVAŞOĞLU

Anabilim Dalı : Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

Programı: Geomatik Mühendisliği

ARALIK 2009

<u>İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ</u>

KUZEY ANADOLU FAYININ ORTA ANADOLU BÖLÜMÜNDEKİ GÜNCEL TEKTONİK AKTİVİTENİN JEODEZİK YÖNTEMLER VE ELASTİK YARI UZAY MODELLEME İLE BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ Hakan YAVAŞOĞLU (501032603)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :04 Kasım 2009Tezin Savunulduğu Tarih :08 Aralık 2009

Tez Danışmanı :Prof. Dr. Ergin TARI (İTÜ)Diğer Jüri Üyeleri :Prof. Dr. Muhammed ŞAHİN (İTÜ)Prof. Dr. Okan TÜYSÜZ (İTÜ)Prof. Dr.Haluk ÖZENER (BÜ)Yrd. Doç. Dr. Ziyadin ÇAKIR (İTÜ)

ARALIK 2009

Aileme,

iv

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın süresince benden yardımını esirgemeyen, yol gösteren Tez Danışmanım Prof. Dr. Ergin Tarı'ya en içten saygı ve sevgilerimi ve kendisinin nezdinde tüm bölüm hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam sırasında her konudaki desteği için değerli hocam Prof. Dr. Muhammed Şahin'e minnettarım. Yaptığım çalışmalara değerli katkılarda bulunan ve Fransa'da huzurlu bir ortamda çalışmamı sağlayan Prof. Dr. Frederic Masson ve Michel Peyret'e teşekkürlerimi sunarım. Yer bilimleri açısından her konuda her sorumu sıkılmadan yanıtlayan Prof. Dr. Okan Tüysüz, Dr. Ufuk Tarı ve Doç. Dr. Semih Ergintav'a, InSAR ve modelleme konusunda samimi destek veren Y.Doç. Dr. Ziyadin Çakır'a sevgilerimi sunarım. Çalışma hayatım boyunca aynı odayı paylaştığım arkadaşlarım Himmet Karaman, Uğur Altın, Can Ünen ve Turan Erden'e çalışmalarında kolaylıklar diliyorum.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan aile büyüğüme şükranlarımı ve akademik hayatım boyunca bana inanan ve desteğini esirgemeyen eşime ve aileme sevgilerimi sunarım.

Bu tez çalışması TÜBİTAK 101Y035 nolu proje ve İTÜ Araştırma Fonu 1636 nolu proje ile desteklenmiştir. Fransa'da yapılan çalışmalar TÜBİTAK 2214 Bursu ile gerçekleştirilmiştir.

Kasım 2009

Hakan YAVAŞOĞLU Jeodezi ve Fotogrametri Yüksek Mühendisi

vi

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	V
İÇİNDEKİLER	Vİİ
KISALTMALAR	İX
ÇİZELGE LİSTESİ	Xİ
ŞEKİL LİSTESİ	Xİİİ
ÖZET	XVİİ
SUMMARY	XİX
1. GİRİŞ	1
2. JEODEZİK ÇALIŞMALAR İLE LEVHA HAREKETLERİNİN	
BELİRLENMESİ	5
3. GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS - UYDUL	ARLA
KÜRESEL NAVİGASYON SİSTEMLERİ)	11
4. YAPAY AÇIKLIKLI RADAR İNTERFEROMETRİ (INSAR)	21
4.1 Temel Çalışma Prensipleri	21
4.2 Sistemin Sınırlamaları	29
4.2.1 Dik baz (Normal baz)	29
4.2.2 Termal korelâsyonsuzluk	
4.2.3 Zamansal korelasyonsuzluk	
4.2.4 Yörünge hatası	31
4.2.5 Atmosferik etkiler	31
4.2.6 Topografya ve bitki örtüsünün etkisi	
5. LEVHA TEKTONİĞİ VE KUZEY ANADOLU FAYI	
5.1 Giriş	
5.2 Uzaklaştıran Levha Sınırları	
5.3 Yakınlaştıran Levha Sınırları	
5.4 Transform Faylı Sınırlar	
5.5 Türkiye'nin Tektonik ve Sismik Yapısı	
5.6 Kuzey Anadolu Fayı (KAF)	44
5.6.1 KAF'nın tarihi	44
5.6.2 KAF'nın geometrik karakteri	45
5.7 Çalışma Bölgesi	45
6. GPS ÖLÇMELERİ VE DEĞERLENDİRMELERİ	
6.1 Giriş	
6.2 GAMIT/GLOBK Yazılımı	
6.3 Istikşaf ve GPS Olçmeleri	53
6.3.1 GPS kampanyaları	
6.3.2 GPS verilerinin değerlendirilmesindeki işlem adımları	57
7. GPS VERILERININ MODELLENMESI	
7.1 Giriş	
7.2 DEFNODE Yazılımı	
8. INSAR DEGERLENDIRMESI	
8.1 Giriş	81

8.2 Değerlendirme Adımları	81
8.2.1 Değerlendirmeye hazırlık	83
8.2.2 Görüntü eşleştirme ve faz farkının belirlenmesi	83
8.2.3 Korelâsyon ve filtreleme	85
8.2.4 Faz çözümü (unwrapping) ve mutlak fazın hesaplanması	85
8.2.5 Yer merkezli koordinat sistemine dönüşüm (Geocoding)	86
8.3 Yazılımlar	87
8.3.1 DESCW99	87
8.3.2 ENVI	87
8.3.3 EoliSA	88
8.3.4 ROI_PAC	88
8.3.5 DIAPASON	98
8.4 InSAR Sonuçları	101
9. TARTIŞMA	105
9.1 InSAR Sonuçları	105
9.2 GPS Sonuçları	107
9.3 Model Sonuçları	110
10. SONUÇ VE ÖNERİLER	111
KAYNAKLAR	115
EKLER	123
ÖZGEÇMİŞ	183

KISALTMALAR

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
EDM	: Elektronik Mesafe Olçmesi
ERS	: Avrupa Uzay Ajansı Uydusu
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
GNSS	: Uydularla Küresel Navigasyon Sistemleri
GPS	: Küresel Konumlandırma Sistemi
HUAM	: Ham Uydu Alıcı Mesafesi
IGS	: Uluslararası GNSS Servisi
INSAR	: Yapay Açıklıklı Radar İnterferometri
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
MAM	: Marmara Araștırma Merkezi
PRN	: Uydu Yapay Rastlantısal Sinyali
RTK	: Gerçek Zamanlı Kinematik Ölçme
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SAR	: Yapay Açıklıklı Radar
SLC	: Odaklanmış Tek Bakış Görüntüsü
SLR	: Uydulara Lazer ile Mesafe Ölçmesi
VLBI	: Çok Uzun Bazlı İnterferometri

х

CIZELGE LISTESI

.

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1 : Son yüzyılda bölgede meydana gelen Ms=5 ve daha büyük depre	emler.
	46
Çizelge 6.1 : Orta-KAF GPS ağı istasyon noktaları.	55
Çizelge 6.2 : GPS kampanyasında kullanılan donanımlar ve IGS kodları	56
Çizelge 6.3 : GAMIT değerlendirmesinde kullanılan kısıtlamalar	59
Çizelge 6.4 : Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları	60
Cizelge 6.5 : Referans olarak kullanılan istasyonlar.	63
Cizelge 6.6 : Referans istasyonların test sonuçları.	64
Cizelge 7.1 : Dört blok ile yapılan değerlendirme.	68
Cizelge 7.2 : Üç blok ile yapılan değerlendirme.	70
Cizelge 7.3 : Euler kutup koordinatları.	72
Cizelge 7.4 : Depremler ve olustukları derinlikler	72
Cizelge 7.5 : DEFNODE ile vapılan derinlik&Chi2 değerlendirmesi	73
Cizelge 8.1 : SAR veri listesi	91
Cizelge 8.2 : Değerlendirilen görüntü ciftleri	
Cizelge 9.1 : Bölgenin diğer calısmalara ait hız değerleri	
Cizelge A.1 : 2001 Yılı ölcülen noktalar ve ölcme süreleri	126
Cizelge A.2 : 2002 Yılı ölcülen noktalar ve ölçme süreleri	127
Cizelge A.3 : 2003 Yılı ölçülen noktalar ve ölçme süreleri.	

Çizelge B.1 : "station.info" dosyası.
 132

 Cizelge F.1 : Dört yıllık verilerden elde edilen avrasya plakası sabit ITRF00 hız

xii

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sayfa</u>

Şekil 2.1 : Esnek yamulma enerji salınması kuramı [a) deformasyon öncesi, b)	
deformasyon maksimum, c) deformasyon ani, d) deformasyon sonrasi]	5
Sekil 2.2 : Yeryüzünün sismik aktivite haritası (URL-1).	9
Sekil 2.3 : Yeryüzündeki GPS ile belirlenen levha sınırları (URL-1).	9
Sekil 3.1 : WAAS sistemi (URL-2).	1
Sekil 3.2 : GNSS sistemleri (WAAS (Wide Area Augmentation System – Genis	
Alan Zenginlestirme Sistemi) EGNOS (European Geostationary	
Navigation Overlav Service – Avruna Vermerkezli Navigasvon Servisi)	
MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System – Cok	
Foksiyonlu Uvdu Zenginlestirme Sistemi)) (URL-3)	2
Sekil 3 3 · GPS uvduları dağılımı	2
Sakil 3.1 · GPS izleme istasyonları	т 5
Sokil 3.5 · Takli fork vöntami	ر و
Sakil 3.6 : Ciffli fark vöntomi	ວ ດ
Sekil 4.1 : Van görüs gözünürlüğü (a) masafa bilasani join va (b) azimut bilasani	,
join H uvdu väksakliši P. vaku masafa P. vzak masafa n vanama	
için. Fi uyuu yuksekiigi, K_n yakin mesare, K_f uzak mesare, ij yansına	
açısı, c işik mzi, u_p daibe (puis) zaman arangı, o R_g yeryüzündeki mesare	:
çozunurluğunun karşılığı, Sw sinyalın (bimin) yeryüzünde karşılık geldiğ	1
mesare, V_s uydunun nizi, θ bakiş açısı, λ raz daiga boyu, R mesare ve δR_a	1
azımut çözünürlüğünün yeryüzündeki karşılığı (Çakır, 2003)2.	2
Şekil 4.2 : Yapay açıklıklı radar gösterimi (Çakır, 2003)	4
Şekil 4.3 : SAR geometrisi (Bamler ve Hartl, 1998)2	5
Şekil 4.4 : Tekrarlı geçiş yönteminin geometrisi (Çakır, 2003)	3
Şekil 4.5 : Troposferin statik etkisi. 32	2
Şekil 4.6 : Troposferin dinamik etkisi 33	3
Şekil 5.1 : Yerkürenin katmanlı içyapısı (Press ve Siever, 1999)	5
Şekil 5.2 : Dünyamızın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram (Press ve	
Siever, 1999)	5
Şekil 5.3 : Astenosfer üzerinde litosfer parçalarının (Levhaların) hareketleri;	
birbirlerine yaklaşır, uzaklaşır ya da birbirlerine göre kayarlar (Tüysüz,	
2003)	7
Şekil 5.4 : Pangaea 33	8
Şekil 5.5 : Astenosfer üzerinde yüzmekte olan kıtasal litosfer düşük yoğunluklu	
kayalardan oluştuğu için ağır okyanusal litosfer gibi astenosfere dalamaz.	
Bu nedenle iki kıtasal litosferin birbirine yaklaştığı yerlerde bunların	
çarpışması sonucunda büyük dağ dıraları oluşur (Press ve Siever, 1999).	
	9
Şekil 5.6 : Anadolu ve Arabistan levhası arasındaki ilişkiler (Reilinger ve diğ, 2006)	
	0
Şekil 5.7 : Türkiye'de son bir yıl (20.08.2008-20.08.2009) içerisinde olusan	
depremler (URL-7)	2
Şekil 5.8 : Türkiye'de son yüzyıl içerisinde oluşan yıkıcı depremler (URL-8)4	3

Şekil	5.9 :	KAF üzerinde oluşan depremlerin tarih çizelgesi (Hartleb ve diğ., 2006;	
a		Erturaç, 2009)	44
Şekil	5.10	: Kuzey Anadolu Fayı ve Türkiye (MTA Diri Fay Haritası, URL-9)	45
Şekil	5.11	: Son yüzyılda KAF'da meydana gelen büyük depremler (Şengör ve diğ	.,
a			46
Şekil	5.12	: Çalışma bölgesi, (Altlik Google Earth kullanılıarak üretilmiştir. Çalışm	1a
~ • • •		bölgesini gösteren çızım Mirone programı ile çızılmıştır, (Luis, 2007)).	47
Şekil	5.13	: Orta-KAF çalışma bölgesi ve GPS istasyonları	47
Şekil	6.1 :	Orta-KAF GPS ağına aıt noktalar.	54
Şekil	6.2 :	Orta-KAF GPS ağı	55
Şekil	7.1 :	Çalışma bölgesinin dört bloklu model çizimi. Her bir renk bir bloğu, her	ſ
		bir çizgi fay hattını ve her bir mavi nokta fayın ve blokların tanımlandığ	;1
		noktaları göstermektedir. Kırımızı oklar model, siyah oklar ise GPS hız	
		vektörlerini ifade etmektedir. Kesikli çizgiler AA' ve BB' güneyden	
		kuzeye bölgede faya dik geçirilen profilleri göstermektedir	69
Şekil	7.2 :	Çalışma bölgesinin üç bloklu model çizimi, (Her bir renk bir bloğu-avra	ι;
		Avrasya, cank-Çankırı, anad-Anadolu bloğunu, her bir çizgi fay hattını -	—
		Kuzeyden güneye KAF Anakol ve Sungurlu ve her bir mavi nokta fayın	L
		ve blokların tanımlandığı noktaları göstermektedir. Yeşil oklar açılma	
		veya sıkışmayı, kırmızı oklar model ve siyah oklar ise GPS hız	
		vektörlerini ifade etmektedir, kesikli siyah çızgiler bölgede alınan faya	
~ • • •		dık profilleri göstermektedir)	70
Şekil	7.3 :	Çalışma bölgesinin euler kutup (pole) çızımı, (Mavı ve yeşil çemberler	
		sırasıyla Çankırı ve Anadolu bloklarının euler kutbunu ve merkezini	
a		göstermektedir).	71
Şekil	7.4:	KAF ana kol için Avrasya levhasına göre ortalama hiz ve derinlikteki	
a 1 u			73
Şekil	7.5 :	Sungurlu fayi için Avrasya levhasına göre ortalama hiz ve derinlikteki	~ 4
0.1.11	- (74
Şekil	7.6:	KAF ana kol için phi degeri.	/4
Şekii	/./:	Sunguriu tayi için phi degeri, (Phi degeri 1 ise hareketsiz (kilitii), 0 ise	75
G . I1	70.	Serbest (creeping) flade etmektedir	15
Şekii	7.0:	Faya paralel nareket.	15
Şekii	7.9:	Faya dik nareket.	/0
Şekii	/.10	i binnei pioni (Ust çizini pionini boigedeki yenni göstennektedi). Alt	
		yızınde yatay eksen, güneyden küzeye prom uzunugunu, düşey eksen,	
		aksona paralal aizgilar sırasıyla koşikli siyah aizgi Sungurlu fayını, düz	
		siyah sizgi KAE ana kolu ifada atmaktadir.)	77
Salvil	7 1 1	· İkingi profil (Üst gizim profilin bölgadaki yarini göstərməktədir. Alt	//
ŞEKII	/.11	cizimde vatav eksen: günevden kuzeve profil uzunluğunu, düsev eksen	
		yızınde yatay eksen, güneyden küzeye prom uzunugunu, düşey eksen	
		aksona paralal aizgilar sırasıyla koşikli siyah aizgi Sungurlu fayını, düz	
		siyah sizgi KAE ana kolu ifada atmaktadir.)	70
Salvil	7 1 2	• Artik hizlor	70
ŞEKII Sal-il	7.12 7.12	Aluk IIIziai Potesvon cikerilmis hiz vektörleri	17 80
ŞCKII Salril	7.13 Q 1 .	ROL DAC vazilimi islam akis divagrami	00 87
ŞCKII Salril	0.1: Q1.	Orta KAE (OKAE) Calisma bölgesing git SAM	02 80
ŞCKII Salii	0.2 : Q 2 .	DESCW Vazilimi ile dik baz mesafalarinin balirlanmasi	07 00
QUNI	0.2 .		70

Sekil 8.4 : Çalışma bölgesine ait görüntülerin yerleri (Kırmızı çerçeve-descending	
(iniş-azalan) yörüngede, Yeşil çerçeve-ascending (çıkış-artan) yörünge	de
alınan görüntüyü belirtmektedir)	.90
Şekil 8.5 : Date1.slc ve date2.slc görüntülerinden üretilmiş interferogram	93
Şekil 8.6 : Öncül yörünge bilgileri kullanılarak düzeltilmiş interferogram	94
Şekil 8.7 : Genlik bilgisine ait görüntü.	95
Şekil 8.8 : Sayısal arazi modeli (SAM).	95
Şekil 8.9 : Faz bilgisi çözülmemiş fark interferogramı	96
Şekil 8.10 : Filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmüş, fark interferogramı (faz değerleri).	.96
Şekil 8.11 : Filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmüş, fark interferogramı (genlik değerle	ri).
	97
Şekil 8.12 : Yer koordinat sistemine dönüştürülmüş, faz bilgisi çözülmüş	
interferogram (genlik değerleri).	97
Şekil 8.13 : Yer koordinat sistemine dönüştürülmüş, faz bilgisi çözülmüş	
interferogram (faz değerleri).	
Şekil 8.14 : Faz bilgisi çözülmemiş fark interferogramı	100
Şekil 8.15 : Filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmemiş fark interferogrami.	100
Şekil 8.16 : Faz gecikmesinin nem orani ve basınç ile değişimi (Zebker ve diğ.,	100
1997)	102
Sekil 9.1 : InSAK Sonuçları.	10/
Sekil 9.2 : Paleomanyetizma sonuçları (işseven ve Tuysuz, 2006)	109
Sekil D.1: 2001 Yili tekrariliklari.	150
Sekil D.2 : 2001 Yili tekrariliklari.	151
Sekii D.3: 2001 Yili tekrariliklarina ornek.	152
Sekil D.4 : 2002 Yili tekrarlılıkları	155
Sekil D.5: 2002 Yılı tekrarlılıklarına örnek	154
Solvil D 7 • 2002 Vili tekrarlılıkları	155
Sakil D $8 \cdot 2003$ Vili tekrarlılıkları	150
Sekil D 9 \cdot 2003 Vili tekrarlılıklarına örnek	157
Sekil D 10 \cdot 2004 Vili tekrarlılıkları	150
Sekil D 11 • 2004 Yılı tekrarlılıkları	160
Sekil D.12 : 2004 Yılı tekrarlılıklarına örnek	161
Sekil D.13 : Yıllık tekrarlılıklara örnek	162
Sekil E.1 : 1 2 ve 3 Yılların ölcülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem	102
cözümleri.	164
Sekil E.2 : 1., 2. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem	
cözümleri	165
Şekil E.3 : 1., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem	
çözümleri.	166
Şekil E.4 : 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem	
çözümleri	167
Şekil F.1: 1., 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri	170
Şekil G.1: 1., 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen DEFNODE yazılımının	n
ürettiği artık hız vektörleri	174
Şekil G.2 : 1., 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen DEFNODE yazılımının	1
ürettiği hız vektörlerinden rotasyonun çıkarılması	174
Şekil G.3 : Profil sonuçları	175
Şekil G.4 : GPS vektörlerinden oluşturulan kayma miktarı (Slip Vector)	176
Şekil G.5 : GPS vektörlerinden oluşturulan faya paralel hareket miktarı.	176

Şekil G.6 : GPS vektörlerinden oluşturulan faya dik hareket miktarı.	177
Şekil H.1 : InSAR değerlendirme sonuçları.	180
Şekil H.2: 27Kasım99-15Nisan00 interferogram.	181
Sekil H.3 : 1Mayıs99-27Kasım99 interferogram.	181
Sekil H.4 : 26Ağustos92-1Mayıs99 interferogram.	182
Sekil H.5: 26Ağustos92-27Kasım99 interferogram.	182

KUZEY ANADOLU FAYININ ORTA ANADOLU BÖLÜMÜNDEKİ GÜNCEL TEKTONİK AKTİVİTENİN JEODEZİK YÖNTEMLER VE ELASTİK YARI UZAY MODELLEME İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Kabuk deformasyonlarını belirleme çalışmaları çok eski yıllardan günümüze kadar farklı disiplinlerde çalışan bilim adamları tarafından yürütülmüştür. Jeodezik ölçme tekniklerinin bu çalışmalarda kullanılmaya başlaması ise 1900'lü yılların başlarına rastlamaktadır.

Önceleri klasik yersel ölçme teknikleri kullanılarak yürütülen çalışmalar teknolojinin gelişmesiyle beraber EDM, VLBI, SLR, GPS ve InSAR gibi yeni teknikler ile gelişme ve genişleme imkânı bulmuştur. Özellikle uydu bazlı jeodezik ölçme tekniklerinin gelişmesi yerbilimleri için önemli bir kazanç olmuştur. 1980'li yıllardan itibaren GPS ve InSAR, diğer teknikleri geride bırakarak, geniş kullanım alanı bulmuştur.

Kabuk hareketinin en önemli sonucu depremlerdir. Depremlerin önceden tahmini için yapılan çalışmalar son yüzyılda artarak devam etmiştir. Deprem tahminine yönelik en önemli çalışmalardan birisi de, fay hatları üzerine kurulan deformasyon ağlarının periyodik izlenmesidir. GPS bu izleme çalışmalarında kullanılan en önemli araçlardan birisidir. Düşük maliyetli, kolay taşınabilir ve yaygın kullanım olanağı gibi sebeplerden dolayı GPS tercih edilmektedir.

Kabuk deformasyonlarını izleme yöntemlerinden birisi de InSAR tekniğidir. InSAR tekniği de GPS gibi ucuz, kolay ulaşılabilir ve yüksek doğruluğa sahip bir yöntemdir. Özellikle uydunun bakış yönündeki deformasyonlara karşı duyarlılığı fazla olan bir sistemdir. Bu özelliği ile GPS gibi yatay bileşeni kuvvetli sistemlerde düşey bileşenin açığını kapayabilecek önemli bir araçtır.

GPS ve InSAR teknikleri, her teknikte olduğu gibi hem avantaj hem de dezavantajlara sahiptir. Özellikle InSAR tekniği sınırlayıcı ve zorlayıcı dezavantajları ile kısıtlı sonuç vermektedir.

Bu çalışmada, Dünyanın en önemli faylarından Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde, deformasyon belirleme çalışması yapılmıştır. Çalışma bölgesi olarak KAFZ'nun orta kesimi seçilmiş ve fayın ana kolu ve yan kolları çalışmaya dahil edilmiştir. Doğuda Amasya'dan batıda Ilgaz'a kuzeyde Sinop'tan güneyde Sungurlu'ya kadar geniş bir alan jeodezik yöntemler ile izlenmiştir. Bölge, KAFZ'nun en az incelenen bölgesidir. Kendi içinde birçok küçük kıtasal bloğa sahiptir. En önemlileri olarak Amasya, Merzifon, Osmancık ve Gümüş blokları sayılabilir.

Çalışma bölgesinde, bölgede var olan blokları temsil edecek noktalardan oluşan GPS ağı kurulmuştur. 2001-2004 yılları arasında 4 kampanya halinde veriler toplanmış ve GAMIT/GLOBK yazılım takımı ile değerlendirilmiştir. GPS verilerinden Avrasya plakası sabit alınarak ITRF2000 referans sisteminde hız alanı üretilmiştir.

Ayrıca bölgeyi kapsayan SAR görüntüleri Universite Montpellier 2 tarafından alınmıştır. Alınan görüntüler ROI_PAC ve DIAPASON yazılımları ile işlenmiştir. InSAR yöntemi ile yapılan değerlendirme bölge için istenilen sonuçlara ulaşmamıştır.

GPS verilerinden elde edilen hız alanı DEFNODE yazılımı ile değerlendirilmiş ve blokların birbirlerine göre rotasyonel hareketleri ve buna bağlı olarak gerinim birikimi incelenmiştir.

DETERMINATION OF RECENT TECTONIC ACTIVITY OF NORTH ANATOLIAN FAULT IN MID ANATOLIA REGION WITH GEODETIC METHODS AND ELASTIC HALF SPACE MODELING

SUMMARY

The execution of crustal deformation studies have been executed by scientists working out with different disciplines since 1800's. However, the geodetic measurement techniques were started to be used in these studies only by the early 1900's.

The previous studies were executed with the conventional (terrestrial) measurement techniques. After technological developments on Geodesy, the new projects have found a way to progress and extend to use these new techniques such as EDM, VLBI, SLR, GPS and InSAR measurements. Particularly, the development of space based geodetic techniques become very important gain for earth sciences. By 1980's, GPS and InSAR that are far ahead of the other techniques, have founded expanding usage field.

One important result of crustal movement is earthquake. In the last century, the earthquake prediction studies have increasingly been continued. One of the important studies to predict the earthquake is to establish deformation networks on the fault zone is monitored periodically. GPS is one of the important tools to monitor the network and has been preferred because of low cost, mobility and common usage.

InSAR is one of the monitoring techniques for crust movement. InSAR technique has also advantages like GPS. It is a system which is especially sensitive to the deformation on the line of sight. With this important characteristic, InSAR is an important tool to support the vertical component.

GPS and InSAR techniques have both advantages and disadvantages as other techniques. Especially, InSAR technique gives limited results because of constrains and limitations as compared with GPS, SLR and VLBI.

In this study, the determination of deformation on one of the most important fault system of the world, the North Anatolian Fault, has been studied. The central part of NAFZ was selected as the study area Amasya from east to Ilgaz to west and Sinop to Sungurlu, north to south. The main branch and splines of the NAFZ in the central part were included in the study. The study area has not been completely evaluated yet. The area contains a lot of continental blocks; most of the important blocks being Amasya, Merzifon, Osmancık and Gümüş blocks.

In the study area, a GPS network as covered entire field to represent all blocks which exist in area was designed. The four campaigns were carried out from 2001 to 2004. The observations were evaluated by GAMIT/GLOBK geodetic software. At the end of evaluation of GPS data, the velocity field was produced according to Eurasia plate in ITRF2000 reference frame.

SAR images covering the area were obtained by Universite Montpellier 2. The images were processed by ROI_PAC and DIAPASON software. The results produced using InSAR method, have not been reached expected purpose.

The velocity field obtained from GPS have been evaluated by DEFNODE software. In light of the foregoing, the results have been investigated to compute block rotations, and strain accumulation of the region.

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmenin ve bilimsel ilerlemenin günümüzde gelmiş olduğu nokta sayesinde birçok doğa olayı tanımlanabilmekte ve modellenebilmektedir. Yapılan bu çalışmalar eski çağlarda insanları korkuya düşüren birçok doğa olayının tanımlanmasını, tanımlanan hasar verici olaylara karşı alınacak tedbirlere ayrılan finansal kaynakların daha etkin kullanılmasını ve en önemlisi insan hayatının korumasını ve daha rahat hale getirilmesini amaçlamaktadır. Tüm bilimsel gelişmelere rağmen ne yazık ki bazen doğa olaylarının can ve mal kaybına neden olması önlenememektedir. En çok can ve mal kaybına neden olan doğa olaylarının başında da deprem gelmektedir.

Yurdumuz deprem açısından oldukça aktif bir bölgede bulunmaktadır. Yurdumuzu da içine alan bu aktif bölge "Akdeniz-Himalaya deprem kuşağı" olarak adlandırılmakta ve Cebelitarık'tan başlayarak Endonezya'ya kadar uzanmaktadır. Yurdumuzda, son olarak 17 Ağustos 1999'da İzmit ve 12 Kasım 1999'da Düzce depremleri ile bu aktivite kendini göstermiş ve maddi ve manevi ağır hasarlar vermiştir. 1999 yılından bu yana hasarı az büyüklüğü küçümsenmeyecek birçok deprem meydana gelmiştir. Yaşanan depremlerin Kuzey Anadolu Fayı (KAF) üzerinde gerçekleşmesi, bu fay hakkında daha fazla verinin toplanması ve daha fazla bilginin öğrenilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

Yer kürenin litosfer (taşküre) tabakasının birçok levhadan oluşması gerçeği kabuk hareketlerinin incelenmesinde yeni bir olgudur. Litosfer tabakası, bir bütün halinde olmayıp, sürekli hareket halinde olan levhalardan oluşmaktadır. Manto katmanında ısınan malzemenin yükselmesi ve soğuyarak tekrar sıcak malzemeye katılmasının neden olduğu hareketler sırasında levhalar birbirinden uzaklaşır, birbirlerine çarpar veya birbirlerine göre yanal harekette bulunurlar. Depremlerin nedeni de tüm bu hareketliliktir ve levha sınırlarında oluşmaları tesadüf değildir.

Levhaların birbirlerine göre hareketlerinin belirlenmesi ise birçok disiplinin günümüzde ilgilendiği bir konudur. Jeoloji, jeofizik, jeodezi, uzaktan algılama gibi birçok bilim dalı kendi yöntemleri ile levhaların hareketlerini ve dolayısı ile depremlerin yer ve zamanını, büyüklüğünü ve vereceği hasarı belirlemek amacı ile çalışmaktadır. Yapılan çalışmalar birçok anabilim dalının ortak veya münferit çalışmaları olarak kamuoyuna sunulmaktadır.

Levha sınırlarında yer alan fay hatları boyunca jeodezik yöntemler ile deformasyonun (yamulmanın) belirlenmesi için periyodik ölçmelerin yapıldığı ağlar kurulmaktadır (Reid, 1910; Reilinger ve diğ., 1997, 2006; McClusky ve diğ., 2000). Kurulan ağa ait noktaların periyodik olarak ölçülmesi ve aynı datum üzerinde koordinatlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda jeodezik yersel ölçme teknikleri ile çalışmak oldukça zor, maliyetli ve zaman alıcıdır. 20. yüzyılın son çeyreğinde uzay jeodezisinin de gelişmesi ile jeodezi bilimi de levha hareketlerinin belirlenmesinde önemli roller üstlenmiştir. İlk olarak 1970'li yılların başlarında uygulanan VLBI (Very Long Baseline Interferometry – Çok Uzun Bazlı İnterferometri) ve SLR (Satellite Laser Ranging – Uydulara Lazerle Uzaklık Ölçmeleri) teknikleri ile küresel ölçekte birbirinden kilometrelerce uzakta herhangi iki noktanın üç boyutlu konumlarının doğruluğu santimetreden milimetreye inmiştir. Fakat VLBI ve SLR tekniklerinin gerek yüksek maliyeti gerekse istenen her yerde ölçme yapma imkânının olmaması nedeni ile bu teknikler yerini GPS (Global Positioning System – Küresel Konumlama Sistemi) tekniğine bırakmıştır.

Yapılan çalışmalarda elde edilmek istenen sonucun, levhaların birbirine göre hareketlerinin belirlenmesi olduğu düşünüldüğünde ve elde edilen verilerin doğruluk kalitelerine bakıldığında jeodezik uzay teknikleri ve özellikle GPS tekniği levha hareketlerinin belirlenmesi için en uygun tekniktir.

20. yüz yılın son on yılında öne çıkan, uzay tabanlı bir diğer teknik olan InSAR da deformasyonların belirlenmesi için kullanılmaktadır. InSAR tekniği özellikle ERS uydularında tandem modunun yer alması sebebiyle yaygınlaşmıştır. Deprem, volkanizma, buzul erimesi vb. yer bilimleri çalışmalarında sıklıkla kullanılan bir tekniktir.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Avrasya levhası ile Anadolu levhasını birbirinden ayıran, doğuda Karlıova'dan batıda Saros körfezine uzanan dünyanın en önemli yanal atımlı faylarından birisidir (Ketin, 1948; Şengör ve diğ., 2004). KAFZ boyunca bugüne kadar birçok çalışma yapılmasına karşın orta Anadolu bölümü güncel jeodezik teknikler ile yeterince incelenmemiştir (McClusky ve diğ., 2000;

Reilinger ve diğ., 2006). KAFZ orta kesimi bu doktora tezi kapsamında çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Bölgede, Kuzey Anadolu Fayı'nın ana kolunun ve yan kollarının sınırladığı birçok küçük blok bulunmaktadır. Bu çalışmada, bölgede var olan blokların deformasyonu ve rotasyonu belirlenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) orta Anadolu bölümünde,

Güncel hız alanı ne kadardır? (GPS ve SAR verilerine göre)

Bölgenin sismik kilitlenme derinliği nedir?

Elde edilen hızların blok rotasyonu ile ilişkisi nedir? Rotasyona bağlı bölgede oluşan deformasyon/yamulma birikimi nedir?

Bölgede var olan ikincil fayların ve bu faylarla sınırlı kıtasal blokların rotasyonel hareketleri nelerdir?

sorularına cevap aranmıştır. Bu amaçla GPS ve InSAR tekniklerinde elde edilen veriler Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) için birlikte değerlendirilmiş ve elde edilen bulgular sunulmuştur. GPS tekniği kullanılarak elde edilen veriler modellenmiştir. InSAR tekniği ile görüntü alınan bölgeye ait interferogramlar oluşturulmuş ve faz farkları belirlenerek bölgedeki değişimlerin ortaya çıkarılmasına çalışılmıştır. GPS ve InSAR teknikleri birlikte kullanıldığında tamamlayıcı olabilmektedir ve nokta bazlı GPS sonuçları InSAR metodu ile alansal olarak bölgeselleştirilebilmektedir. Yöntemlerin birlikte değerlendirilmesi birçok kısıtlamanın aşılmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle InSAR tekniği için var olan sınırlamalar, çalışmaları olumsuz etkilemekte ve jeodezik yöntemlerle bu yöntemin birlikte değerlendirilmesini olumsuz yönde etkilemektedir.

Özetle, ayrıntılı olarak anlatılacak olan bu çalışmada, kabuk deformasyonlarının (levha hareketlerinin) belirlenmesi için GPS ve InSAR teknikleri kullanılmıştır. KAF'nın orta kısmında kurulan GPS ağının, bölgenin fiziksel özelliğinin belirlenmesindeki yararları tartışılmıştır. Ayrıca GPS ağının kurulmasından günümüze kadar olan gelişim süreci ile ölçme kampanyaları ve bu kampanyalar sonucu elde edilen sonuçlar, modelleme çalışmaları ve değerlendirmeler açıklanmıştır. Ayrıca InSAR görüntü işleme tekniği ve bölgeyi kapsayan görüntülerin işlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler sunulmuştur.

2. JEODEZİK ÇALIŞMALAR İLE LEVHA HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİ

1900 yıllarının başından itibaren jeodezik verilerin üretilmesi, değerlendirilmesi ve modellenmesi ile yeryüzünde oluşan deformasyonun belirlenmesi için yersel ve yersel olmayan tekniklere dayanan birçok çalışma yapılmıştır (Hayford ve Baldwin, 1906; Reid, 1910; Whitten, 1948, 1960; Savage ve Burdford, 1973; Hager ve diğ., 1991; Reilinger ve diğ., 1997, 2006; McClusky ve diğ., 2000; Galgana ve diğ., 2005; Gomez ve diğ., 2007; Podgorski ve diğ., 2007).

Geniş alanda jeodezik yöntemlerle veri toplanarak tektonik hareketleri açıklayan kuram, 1910 yılında H. F. Reid tarafından Esnek Yamulma Enerji Salınması veya Elastik Yer Değiştirme (Elastic Reboun) ismiyle yayınlanmıştır (Reid, 1910). Bu kurama göre, fay hattının ayırdığı iki blok fay düzlemi boyunca birbirlerine göre serbestçe hareket edemezler. Blokları hareket ettiren kuvvet sürtünme ve/veya deformasyon ile karşılanır. Sürtünme ve/veya deforme olma eşiği aşıldığında depolanan enerji aniden salınır ve iki blok birbirlerine göre ters yönde hareket ederler (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Esnek yamulma enerji salınması kuramı [a) deformasyon öncesi, b) deformasyon maksimum, c) deformasyon anı, d) deformasyon sonrası].

Bu kuramın anlaşılabilmesi için iki önemli parametrenin açıklanması önemlidir. İlki Stres (Stress) ve ikincisi Gerinim (Strain)'dir. Stres birim alana düşen kuvvet olarak ifade edilmektedir. Gerinim ise malzemenin strese bağlı olarak deforme olmasıdır. Malzeme strese maruz kaldığında üç farklı davranış sergiler; deforme olurlar (şekil veya hacim değişikliğine uğrarlar), akışkan davranış gösterirler veya gevrek yapıları nedeniyle kırılırlar. Stres ve gerinim arasındaki ilişki malzemenin özelliğine bağlıdır ve malzeme reolojisi olarak ifade edilmektedir. Stres sonucu oluşan gerinim tekrar strese neden olacaktır. Böylece bir devinim içerisinde iki parametre malzeme üzerinde birbirini tetikleyecek ve bir döngü oluşturacaktır. Reid tarafından açıklanan kuramda, fayın sınırladığı bloklar bölüm 5'de detayları verilen nedenlerden dolayı rölatif olarak hareket ederler. Blok sınırında, fay düzlemi boyunca rahatça hareket edemeyen sistem stres üretir ve elastik gerinim biriktirmeye başlar (Şekil 2.1-b). Biriken enerji, sürtünme veya elastik deformasyon eşiğini aştığında salınır. Deprem, fay boyunca biriken enerjinin aniden salınmasıdır ve yıkıcı ve acı sonuçlar doğurabilmektedir.

Açıklanan kuramın en önemli noktası fayın iki tarafında bulunan blokların veya blokları temsil eden noktaların rölatif hareketlerinin izlenmesidir. Jeodezik yöntemlerle yapılan izlemeler, ilk olarak açı ağları şeklinde başlamıştır. Sonraları teknolojiye bağlı olarak açı-kenar ağlarına dönüşmüştür. Günümüzde ise tasarlanan ağlar amaca ve kullanılan yönteme göre şekillenmektedir. Örneğin, yersel ölçmeler için tasarlanan ağların tesis edilen noktalarının birbirini görme zorunluluğu varken, GPS vb. uydu jeodezisi için tasarlanan ağlarda noktaların birbirini görme zorunluluğu yoktur.

Teknolojinin gelişimi ile doğru orantılı olarak düşen maliyetler ve artan ölçme doğruluğu sayesinde uydu jeodezisinin kullanım olanakları artmış ve dolayısıyla kullanım alanları da genişlemiştir. Özellikle levha hareketlerinin belirlenmesi gibi yerbilimleri çalışmalarında uydu jeodezisinin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. VLBI (Very Long Base Interferometry-Uzun Bazlı İnterferometri), SLR (Satellite Laser Ranging-Uydulara Baz Ölçmesi), InSAR (Yapay Açıklıklı Radar İnterferometri) ve GNSS (Global Uydu Konumlandırma Sistemi) vb. sistemlerin kullanımı yersel çalışmaların önüne geçmiştir. GPS vb. (GLONASS, GALILEO) sistemler maliyet, taşınabilirlik ve sağladıkları yüksek doğruluk nedeniyle özellikle tercih edilmektedir.

GPS'in yerbilimleri çalışmalarında kullanımı için blokların her birini temsil edecek noktalardan oluşacak şekilde bir ağ tasarımı yapılır. Bu ağın kurulması esnasında yeryüzüne yayılmış, çok uzun süreden beri ölçülen ve koordinatları hesaplanan noktalardan da faydalanılır. Bölgesel çalışmalar için fayın yakın ve uzak çevresine yeteri kadar istasyon noktası tesis edilir veya bölgede başka amaçlar için daha önceden tesis edilen istasyon noktalarının çalışma amacına uygun olanlarından yararlanılır. Bu noktalarında gözlemler belli aralıklarla tekrarlanır. Tesis edilen ağın noktaları belirli zaman aralıklarında (periyodik olarak) ölçülerek zamana bağlı konumsal değişimler elde edilir. Elde edilen yer değiştirmeler istatistiksel olarak incelenir ve ölçü hatalarının neden olduğu değişimler ayıklanır. Böylece istasyon noktalarının değişimini etkileyen kuvvet, yer hareketlerinin doğurduğu kuvvet olacaktır. Bu bağlamda, bilinen yer değiştirme vektörleri ile bölgede oluşan deformasyonlar ve miktarları tahmin edilebilir. Bu sayede bir bölgedeki olası depremler, deformasyonlar konusunda da bilgilenme mümkün olmaktadır (Şahin ve Tarı, 2000; McClusky ve diğ., 2000; Blewitt, 2003; Reilinger ve diğ., 2006).

GPS istasyonlarından oluşan bir ağ ile levha hareketleri belirlenmeye çalışıldığında, bu hareketin anlamlı ve bu levhaya bağlı bir biçimde belirlenebilmesi için levha çevresini de içeren kapsamlı bir çalışma gerekmektedir. Bunun için levhaya yayılmış ve sürekli ölçülen istasyonlara gereksinim duyulmaktadır. Bu istasyon noktalarındaki hız büyüklüklerinin ve yönlerinin belirlenmesi gerekir. Bunun için yeryüzüne tesis edilmiş, küresel anlamda, birçok ağ bulunmaktadır. Bu ağlardan en büyüğü ise IGS (International GNSS Services) ağıdır.

IGS tarafından yayınlanan arşiv bilgileri sayesinde bölgesel ağların IGS ağına bağlanması ve yüksek doğruluklarla bölgesel ağın istasyon noktalarının koordinatlarının ve bu noktalara ait hız vektörlerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır. IGS ağına ait istasyonların yatay hızları yıllık 5mm'nin altında bir doğrulukta bulunabilmektedir. Ayrıca bu bilgiler uydu yörünge bilgilerini elde etmek ve yeryüzü dinamiği için de kullanılabilmektedir. Ülkemizde de IGS ağına bağlı noktalar bulunmaktadır. Bu noktalar 25.10.2009 tarihinde IGS web sayfasında yer alan; Ankara, İstanbul, Diyarbakır ve Gebze istasyonlarıdır.

GPS tekniği yanında, yer bilimleri için bir diğer önemli teknik ise InSAR'dır. Bu teknik, temel olarak deformasyonun öncesi ve sonrasında veri toplamaya dayanmaktadır. Uydunun aynı bölgeden iki defa görüntü alması veya iki görüntünün

aynı anda farklı iki anten yardımı ile alınması gereklidir. Yerbilimlerinde yapılan çalışmalarda, olaydan önce alınan görüntü ile olaydan sonra alınan görüntü karşılaştırılır ve fark görüntüsü (interferogram) oluşturulur. Bu yeni görüntü yardımı ile bölgedeki olaya ait veri toplanmış olacaktır. Burada olay olarak heyelan, buzul erimesi, çökme ve deprem gibi doğa olaylarından bahsedilmektedir. Birçok alanda yararlanılan InSAR tekniği bu çalışmada levha sınırlarındaki hareketin belirlenmesi için kullanılmıştır. Depremlerin presismik (intersismik), cosismik ve postsismik olarak incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada intersismik olarak incelemeler yapılmıştır. InSAR tekniğine ait detaylı bilgi bölüm 4'de verilmektedir.

Bu çalışmada, Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) ait ERS–1 ve ERS–2 uydularının görüntülerinden yararlanılmıştır. Uyduların hem Asending (artan-çıkış) hem de Descending (azalan-iniş) yörünge üzerinden aldıkları görüntüler işlenmiştir. Görüntülere ait tarih, yörünge ve sıra bilgileri bölüm 4'de detaylı olarak verilmiştir.

Levha tektoniği, Dünya yüzeyindeki deformasyonun, levhalar arasındaki bağıl hareketler ile tanımlandığını göstermektedir (Davies, 1999). Levhalar arasındaki bu bağıl hareketler milyonlarca veya daha fazla yıllar boyunca oluşan hareketlerin tahminlerine ve sismik verilere davanılarak ortaya konmaktadır (Sekil 2.2). Böyle büyük zaman aralıkları için yapılan saptamalar ile GPS, InSAR ve diğer uzay teknikleri kullanılarak yapılan; kısa süreli denebilecek ancak bir kaç yıllık gözlemler ile ortaya konan hareketler birbirleri ile genel olarak çakışmaktadır (Şekil 2.3) (Zebker ve diğ., 1994; Massonet ve Feigl, 1995; Reilinger ve diğ., 1997; 2006, McClusky ve diğ., 2000; Wrigth ve diğ., 2001; Çakır, 2003; Galgana ve diğ., 2005; Gomez ve diğ., 2007; Podgorski ve diğ., 2007). Özellikle sismik veriler ile elde edilen levha sınırlarının jeodezik çalışmalarla elde edilen levha sınırları ile yüksek oranda uyuştuğu birçok makalede yayınlanmış bilimsel bir gerçektir (McClusky ve diğ., 2000; Bird, 2003; Nyst and Thatcher, 2004; Reilinger ve diğ., 2006; Akvardar ve diğ., 2009). Bunun yanında GPS ve InSAR yardımı ile daha önceden klasik jeodezi yardımıyla ortaya konamayan global levha dönüş hareketlerini de içeren referans sistemleri belirlenebilmekte, volkanizma, buzul erimesi vb yer hareketleri izlenebilmektedir (DeMets ve diğ., 1994; Wright, 2004; Tesauro ve diğ., 2006). Bu amaçla yapılan çalışmalarda uydu jeodezisi verilerinin toplanmasında ve analizinin yapılmasında öncelikle analizin yapıldığı bölgenin jeolojik, tektonik ve topografik özellikleri dikkate alınır. Bunun için bölgenin içinde bulunduğu levha ve faylara

ilişkin sismisite, paleosismisite, paleomanyetizma vb. bilgiler uydu jeodezisi bilgileri ile birlikte değerlendirilir ve sonucunda elde edilen bilgiler birlikte yorumlanır. Global olarak yapılan analizlerden elde edilen ilgili levhaya ve komşu levhalara ilişkin deformasyon bilgileri, çalışmaya konu bölgenin güncel tektonik bilgilerinin yorumlanması için önemli ipuçları sağlamaktadır (Oral, 1994; Nam, 1999; Park, 2000; Sella, 2001; Yavaşoğlu, 2003; Yavaşoğlu ve diğ., 2004, 2005).



Şekil 2.2 : Yeryüzünün sismik aktivite haritası (URL-1).



Şekil 2.3 : Yeryüzündeki GPS ile belirlenen levha sınırları (URL-1).

Özellikle 1980'lerden itibaren, depremlere neden olan aktif fay sistemleri boyunca deprem öncesinde (interseismic/preseismic), deprem sırasında (anında) (coseismic)

ve deprem sonrasında (postseismic) meydana gelen deformasyonların belirlenmesinde, uydu jeodezisi etkin biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Sürekli gözlem yapan GPS istasyonları, anlık deformasyon hareketlerinin belirlenmesini ve sismik riskin sürekli olarak izlenmesini olanaklı kılmıştır.

Bu çalışmada, deprem öncesi (interseismic) zamanda, bölüm 5'de detayları verilen çalışma bölgesinde bölüm6 ve 8'de açıklanan uydu jeodezisi yöntemleri ile veriler toplanmıştır. Bölüm 7'de açıklanan yöntemle modellenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

3. GNSS (GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS - UYDULARLA KÜRESEL NAVİGASYON SİSTEMLERİ)

GNSS, GPS (Global Positioning System-Küresel Konumlandırma Sistemi), GLONASS (Global Navigation Satellite System- Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) ve GALILEO (Avrupa Birliği Konumlandırma Sistemi) uydu bazlı sistemlerinin birlikteliğinden oluşmuştur. Günümüzde var olan GPS ve GLONASS ile kurulumu devam eden GALILEO yanında GNSS oluşumuna ileriki yıllar içinde Çin tarafından geliştirilen COMPASS/Beidou–2, Japonya tarafından geliştirilen QZSS ve Hindistan tarafından geliştirilen IRNSS sistemlerinin de katılması beklenmektedir. GNSS ile doğruluk ve entegrasyonun arttırılması hedeflenmektedir (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 2008). Sistem iki aşama olarak sınıflandırılmıştır;



Şekil 3.1 : WAAS sistemi (URL-2).

GNSS1, var olan uydu sistemlerinin birleştirilmesi aşamasını içermektedir. Burada bahsedilen sistemler GPS ve GLONASS sistemleridir. Uydu sistemleri birleştirilirken doğruluğun arttırılması ve sonuçların kullanıcılara iletimi için bölgesel ve global olmak üzere konum zenginleştirme sistemleri hayata geçirilir. Zenginleştirme işlemi, uydu sistemlerinin izlenmesi, izleme istasyonlarından alınan verinin merkez istasyona aktarılması ve işlenen veri ile elde edilen düzeltmelerin kullanıcıya aktarılmak üzere yermerkezli (Geostationary) yeni fırlatılacak uydulara iletilmesi işlemlerini kapsamaktadır. WAAS (Wide Area Augmentation System – Geniş Alan Zenginleştirme Sistemi) (Şekil 3.1), EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service – Avrupa Yermerkezli Navigasyon Servisi) ve SBAS (Satellite Based Augmentation Systems – Uydu Bazlı Zenginleştirme Sistemi) gibi zenginleştirme sistemleri sayılabilir (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 2008). Bu işlem bölgesel olarak, Amerika, Avrupa ve Çin/Japonya olmak üzere 3 bölgede yapılandırılmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : GNSS sistemleri (WAAS (Wide Area Augmentation System – Geniş Alan Zenginleştirme Sistemi), EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service – Avrupa Yermerkezli Navigasyon Servisi), MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System – Çok Foksiyonlu Uydu Zenginleştirme Sistemi)) (URL-3).

GNSS2, sivil kullanıcılar ile uydu sistemlerinin izlenmesini ve var olan sisteme entegre yeni sistem(ler)in oluşturulması adımını kapsamaktadır. Bu adımda daha önce bahsedilen GALILEO, QZSS, COMPASS ve IRNSS gibi sistemlerin hayata geçirilmesi ifade edilmektedir (Hofmann-Wellenhof ve diğ., 2008). Böylece yeni sistem, güvenlik, güvenilirlik, doğruluk ve entegrasyon olarak kullanıcılara büyük

avantajlar sağlayacaktır. Yüksek doğruluk isteyen çalışmaların daha hızlı ve daha az maliyet ile yapılmasına olanak sağlayacaktır. Ayrıca uygulama alanı artan bir uydu jeodezisi ortaya çıkacaktır. Bu bağlamda pratik uygulamalardaki uzay tabanlı jeodezik yöntemlerin kullanımı artacaktır. RTK (Real Time Kinematic) vb. yöntemlerin hassasiyeti artacaktır. Hassasiyetin eşit olduğu durumlarda yapılan çalışmanın süresi ve maliyeti göz önüne alındığında uzay tabanlı jeodezik yöntemlerin yersel yöntemlerden avantajlı olduğu bilinmektedir.

Bu çalışmada, 2000–2004 yılları arasında yapılan veri toplama işleminde yukarda adı geçen uzay tabanlı jeodezik sistemlerden yalnızca GPS sistemi kullanılmıştır. Aşağıda bu sisteme ait özet bilgi sunulmuştur.

Uzay tabanlı konumlandırma sistemi olan GPS, A.B.D. silahlı kuvvetleri ve NASA tarafından geliştirilen bir sistemdir. 1974 yılında ABD Savunma Bakanlığı gelecekteki askeri navigasyon amaçlarını karşılamak için bir proje başlatmış ve böylece NAVSTAR-GPS (Navigation Satellite Timing And Ranging-Global Positioning System) doğmuştur. 28 Haziran 1983 tarihinde ise Savunma Bakanlığı tarafından GPS'in sivil kullanımına izin verilmiştir.

GPS üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki olan uzay bölümü GPS uydularından oluşmaktadır. 24 uydu (3 yedek) ile tasarlanan sistemde 17.08.2009 tarihi itibariyle 32 uydu bulunmaktadır (URL-4). Uyduların dünya etrafındaki yörüngelerini tamamlama zamanı 11 saat 58 dakikadır. Yörünge eğim açısı ekvator düzlemine göre 55 derecedir ve 6 yörünge üzerinde dörder uydu vardır. Bu uydular iki modüle edilmiş frekansta yayın yaparlar. Bu iletim uydularda bulunan atomik saatlerle kontrol edilir Uydular aynı zamanda navigasyon bilgilerini içeren mesajlar gönderirler (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 : GPS uyduları dağılımı.

GPS uydularının dünyaya uzaklıkları ise yaklaşık 20200km'dir. Dünyanın her yerinden her an en az 4 uyduyu gözlemek olanaklıdır. Uydu her biri 7.2 m²'lik iki güneş kolektörü ile elektrik enerjisini sağlar. Uydunun güneşi görmemesi durumunda enerji sağlamak için 3 tane nikel-kadmiyum pil bulunur. Zaman bilgisi ise 2 tane rubidyum 2 tane sezyum atomik saatinden üretilir.

Bütün uydu sinyalleri temel frekans olan 10.23MHz'den üretilmiştir. Temel frekans atomik saatlerden üretilir. Temel frekans 154 ile çarpıldığında Ll taşıyıcı dalga frekansı olan Ll = 1575.42MHz, 120 ile çarpıldığında L2 taşıyıcı dalga frekansı olan L2 = 1227.60MHz bulunur. C/A ve P kodları eş zamanlı gönderilir. Her uydu kendine has C/A kodu üretir. Böylece uydulardan gelen eş zamanlı sinyaller birbirinden ayrılır. Ll sinyali hem P hem de C/A kodu ile modüle edilmiştir. L2 sinyali sadece P kodu ile modüle edilmiştir. Ll ve L2 sinyalleri sürekli olarak navigasyon verileri (uydu mesajları) ile modüle edilmektedir. Navigasyon verisi, yörünge bilgisi (broadcast ephemeris), uydu saat düzeltmesi, almanak bilgisi, iyonosfer bilgisi ve uydunun durumu hakkında bilgiler içerir.

GPS sisteminin ikinci bölümü kontrol bölümüdür. Bu bölüm Colorado Springs'te bulunan bir ana istasyon ile dünya üzerinde bulunan 4 adet gözleme istasyonundan oluşmuştur. Kontrol kısmının amacı uydu sinyallerini gözleyip efemerisi (uydu yörünge parametrelerini) önceden belirlemek, uydu saatini kalibre etmek ve navigasyon mesajlarını periyodik olarak güncelleştirmektir. Dünya yüzüne dağılmış beş istasyon noktası şunlardır (Şekil 3.4);
Colorado Springs	(ABD-Ana kontrol noktası)
Diego Garcia	(Hint Okyanusu-İzleme istasyonu-Yükleme istasyonu)
Ascension Island	(Güney Atlantik-İzleme istasyonu-Yükleme istasyonu)
Kwajalein	(Pasifik Marshall adaları-İzleme istasyonu-Yükleme istasyonu)
Hawaii	(Pasifik Okyanusu, Hawaii Adaları-İzleme istasyonu)



Şekil 3.4 : GPS izleme istasyonları.

İzleme istasyonlarının görevi uydu sinyallerini sürekli kaydetmek ve toplanan verileri ana kontrol merkezine göndermektir. Ana kontrol merkezinde, gönderilen verilerden yararlanılarak uydu yörünge parametreleri, uydu saati ve iyonosferik model parametreleri hesaplanır.

GPS istemindeki üçüncü bölüm ise kullanıcı bölümüdür. GPS sistemi özellikle askeri ve sivil kuruluşlar tarafından kullanılmaktadır. Buradaki kişiler alıcının yapısına göre elde edilen sinyalleri değişik şekillerde değerlendirirler.

Alıcı Tipleri:

- 1. C/A kod pseudorange alıcıları
- 2. C/A kod ve faz taşıyıcı dalgalar
- 3. P kod ve faz taşıyıcı dalgalar

GPS ölçmelerinin iki önemli çeşidi vardır. Bunlar pseudo uzaklıklar ve taşıyıcı faz ölçmeleridir. Pseudo uzaklık teknikleri genellikle navigasyon amaçlı kullanılır. Yüksek hassasiyet isteyen ölçmelerde ise taşıyıcı faz kullanılır. Pratikte orijinal taşıyıcı faz gözlemlerinin belirli kombinasyonlarının işlemden geçirilmesi yaygındır. Bunlar tekli, ikili ve üçlü farklardır. Bu kombinasyonların kullanılmasının sebebi sırasıyla uydu saat hatası, alıcı saat hatası ve tamsayı belirsizliğini gidermektir.

Pseudo (kod ölçüsü) uzaklık uydu anteniyle alıcı anteni arasında ölçülen mesafedir. Sinyallerin iletim zamanı uydular tarafından ve alıcı tarafından üretilen belirleyici sahte rastgele kodlar olan PRN kodlarının korelasyonuyla ölçülür. Alıcıdaki kod izleme devresi maksimum korelasyon oluşuncaya kadar PRN kodunun içteki kopyasını değiştirir. Korelasyon oluştuğunda zaman ötelemesi yani zaman farkı belirlenir. Bu zaman farkı ışık hızıyla çarpılarak pseudo uzaklık bulunur. Uydu ve alıcı saatinde kaçınılamayan zaman hataları ve sinyaldeki gecikmeler ölçülen uzaklığın hatalı olmasına sebep olmaktadır. Pseudo uzaklık ölçümü P veya C/A kodu ile yapılabilir, troposferik ve iyonosferik yayılım gecikmesi ölçülen pseudo uzaklığı

Pseudo uzaklık ölçümünün genel ifadesi

$$\rho_k^p = (t_k - t^p) * c$$
(3.1)

olup burada;

 $t_k = k$ alıcısı tarafından üretilen zaman

t^p= Uydu tarafından gönderilen nominal zaman

c =ışığın boşluktaki hızı

 ρ_k^p = Uydu ile alıcı arasındaki toposentrik mesafedir.

Pseudo uzaklık ölçmeleri navigasyon, araç izleme vb. amaçlar için kullanılır.

Faz gözlemleri GPS ölçmelerinde en çok kullanılan gözlemlerdir. Faz gözlemleri, taşıyıcı dalganın, P ve C/A kodları yerine, modüle edilmemiş (L1 ve L2) taşıyıcı dalgaya yapılmaktadır. Uydudan yayınlanan fazın benzeri alıcı içinde de üretilmekte ve bunlar arasında korelasyon sağlanmaktadır. Başka bir deyişle, faz gözlemi; t zamanında uydudan yayınlanan sinyalin (L1, L2) taşıyıcı fazı ile t_R zamanında alıcı tarafından üretilen referans sinyalin fazı arasındaki fark olarak tanımlanabilir (Leick, 2004, Kahveci ve Yıldız, 2007).

GPS uyduları dünyaya sürekli olarak sinyaller gönderirler. Alıcı açıldıktan sonra sürekli faz üretmeye başlar. Alıcıda sinyaller, uydudan gelen sinyalin tam devri ile birlikte sayılmaya başlanır ve uydu görüşten çıkıncaya kadar sayılır. Uydu ve alıcı

sinyalinin birlikte sayılmaya başlanmasından önceki uydu sinyalinin tam devir sayısı bilinmez ve bu integer ambiguity (tam sayı belirsizliği) olarak adlandırılır. Eğer çeşitli engellerden dolayı uydu sinyali kesilmezse, bir uydu ve alıcı için integer ambiguity sabittir. Faz ölçmelerinde bulunan diğer bir önemli hata kaynağı, saatlerin tam olarak senkronize olmamasından dolayı ortaya çıkar. Ayrıca düzenli ve rastlantısal başka hata kaynakları da vardır. Faz ölçmeleri; jeodezik çalışmalarda, deformasyon izleme ile deprem ve heyelan gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda kullanılır. En genel şekliyle faz denkleminin matematiksel ifadesi aşağıdaki biçimde verilmektedir (Leick, 1995 ve 2004, Yavaşoğlu, 2003).

$$\Phi_A^k(t) = -\frac{f}{c}\rho_A^k(t) + N_A^k + \Phi^k(t) - \Phi_A(t) + \text{diger hatalar}$$
(3.2)

 Φ_A^k = A noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz

 $\rho_A^k = A' \operatorname{dan} k' \operatorname{ya} \operatorname{geometrik} \operatorname{uzaklık}$

 N_A^k = Başlangıç tam sayı belirsizliği

 Φ^k = Uydu saat hatası

$$\Phi_A =$$
 Alici saat hatasi

$$f =$$
Frekans

c = Işığın boşluktaki hızı

Diğer hatalar =Troposferik ve İyonosferik hatalar + Gürültü + Değişik yüzeyden yansıma (multipath) + anten faz merkezi kayıklığı vb.

Kod ve faz gözlemlerinden yararlanılarak oluşturulan farklar yardımıyla alıcı saat hataları, uydu saat hataları ve faz başlangıç belirsizliği gibi birçok ortak hata kaynağı giderilmektedir. Gözlem fark kombinasyonları farklı şekillerde oluşturulabilmektedir. Bunlar genel olarak; alıcı arasında, uydular arasında, ölçü epokları arasında ya da Ll ve L2 frekansları arasında yapılmaktadır. Bu bağlamda jeodezik amaçlı olarak kullanılan faz gözlemleri arasındaki fark kombinasyonları aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

Tekli farklar olarak iki farklı alıcı noktasında aynı uyduya eş zamanlı olarak yapılan faz gözlemleri arasındaki farklardır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Tekli fark yöntemi.

A noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz

$$\Phi_A^k(t) = -\frac{f}{c}\rho_A^k(t) + N_A^k + \Phi^k(t) - \Phi_A(t) + \text{diger}$$

B noktasından k uydusu için t anında ölçülen faz

$$\Phi_{B}^{k}(t) = -\frac{f}{c}\rho_{B}^{k}(t) + N_{B}^{k} + \Phi^{k}(t) - \Phi_{B}(t) + \text{diger}$$

Yukarıdaki eşitlikleri taraf tarafa çıkarırsak tekli fark yöntemiyle uydu saatlerindeki hatalar giderilmektedir

$$\phi_{AB}^{k}(t) = -\frac{f}{c} \rho_{AB}^{k}(t) + N_{AB}^{k} + \phi_{AB}(t) + \text{diver}$$
(3.3)

İkili farklar (double differences) kısaca, iki tekli farkın farkı olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle aynı epokta iki farklı uydu için oluşturulan tekli farklar arasındaki farktır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Çiftli fark yöntemi.

k uydusu için tekli fark
$$\rightarrow \phi_{AB}^{k}(t) = \frac{f}{c} \rho_{AB}^{k}(t) + N_{AB}^{k} + \phi_{AB}(t)_{+\text{diğer hatalar}}$$

m uydusu için tekli fark
$$\rightarrow \phi_{AB}^{m}(t) = -\frac{f}{c} \rho_{AB}^{m}(t) + N_{AB}^{m} + \phi_{AB}(t)_{+\text{diğer hatalar}}$$

ikili fark
$$\rightarrow \phi_{AB}^{km}(t) = \frac{f}{c} \rho_{AB}^{km}(t) + N_{AB+\text{diger hatalar}}^{km}$$
 (3.4)

Bu yöntemle uydu ve alıcı saat hatalarının her ikisi birden giderilmektedir. Genellikle, GPS ölçülerini değerlendirme yazılımlarında temel gözlem eşitliği olarak ikili farklar kullanılmaktadır (Leick, 2004)

GPS sistemi bugüne kadar geliştirilmiş yüksek doğruluklu bir global konum belirleme ve navigasyon sistemi olmasına karşın, tüm diğer sistemlerde olduğu gibi, zayıf tarafları da vardır. Başka bir deyişle, GPS ölçmelerinden elde edilen sonuçları da etkileyen bazı rastlantısal ve sistematik hatalar söz konusudur. Bu sapmalar GPS'in birçok kullanım alanı için önemli bir sakınca oluşturmamakla beraber özellikle yüksek doğruluklu çalışmalarda bunların davranışının ve büyüklüğünün çok iyi değerlendirilmesi ve izlenmesi gerekir. Bu sapmalar çok farklı şekillerde olmakla beraber genel olarak uydulardan kaynaklanan hatalar, alıcı donanımına bağlı hatalar, ortam etkilerine bağlı hatalar olarak sınıflandırılabilir.

Bu çalışmada, faz ölçülerinden yararlanılmıştır. Ölçmeleri etkileyen hataları azaltmak için ek donanımlar kullanılmıştır. Multipath etkisini azaltmak için groundplane veya chock ring antenlerden yararlanılmış ve faz merkezi belirsizliğini gidermek için antenler kuzeye yönlendirilmiştir. Merkezlendirme hatalarını elemine etmek için zorunlu merkezlendirme sistemli noktalar seçilmiş veya tesis edilmiştir. Daha detaylı bilgi bölüm 6'da sunulmuştur.

Donanımdan kaynaklanan hataların elemine edilmesi için yapılan çalışmalara karşın oluşabilecek rastlantısal hataların giderilmesi için akademik bir yazılım kullanılmıştır. Bu yazılımın çalışma prensibi ve detayları bölüm 6'da sunulmuştur.

4. YAPAY AÇIKLIKLI RADAR İNTERFEROMETRİ (InSAR)

4.1 Temel Çalışma Prensipleri

InSAR, ingilizce Radio detection and ranging (*radar*), Synthetic Aperture (Yapay Açıklıklı) radar (*SAR*), ve Interferometric (İnterferometrik) SAR veya SAR Interferometry (İnterferometri) (*InSAR*) kelimelerinin kısaltmasıdır.

InSAR tekniği, radar görüntüsü toplayan uydu veya hava araçları vasıtasıyla elde edilmiş görüntülerin Sayısal Arazi Modeli-(SAM), yer yüzeyinin değişiminin incelenmesi ve buzul veya volkanik hareketlerin gözlemlenmesi vb. için görüntülerin birleştirilmesi işlemi olarak tanımlanabilir (Hanssen, 2001; Çakır, 2003).

InSAR, iki SAR görüntüsünün her birinde, uygun resim noktalarına ait faz farkının alınması ile hesaplanan faz bilgisine dayalı bir tekniktir. Faz farkı alınarak oluşturulan görüntü interferogram olarak adlandırılır (Zebker ve Goldstein, 1986). Elde edilen faz farkı görüntü üzerinde halkalar halinde girişim paterni oluşturur. Bu renk halkalarından her birine fringe adı verilir. Rölatif faz farkına bağlı olarak iki görüntüden oluşan fringelerin girişim (enterferans) yaparak oluşturdukları yeni görüntüye interferogram adı verilir. İnterferogramdaki faz değişimi, yeryüzündeki nokta ile görüntü alan platform arasındaki mesafenin değiştiğini göstermektedir. Bir tam faz halkası (2π radyan), dalga boyunun yarısı ile orantılı olarak (dalga boyunun yarısının katları olarak) mesafedeki değişimi gösterir (Curlender and McDonough, 1991; Çakır, 2003; Akoğlu, 2008; Şengün, 2008).

Radar interferometrisi ilk yıllarda genel olarak topografik çalışmalarda kullanılmıştır. İlk olarak Gabriel (1989) çalışması ile yeryüzü üzerindeki değişimin (deformasyonun) belirlenebileceği ortaya çıkmış ve bu çalışmada 1cm'lik yükseklik değişimi belirlenmiştir.

SAR verisi elde etmek için kullanılan yöntemler iki ana başlıkta incelenebilir, tek geçiş (Single-pass) ve tekrarlı geçiş (Repeat-pass). Tek geçiş yönteminde, iki antenin belirli bir baz mesafesi aralıkla yerleştirildiği platform bir bölgeyi tarar ve tek kaynaktan yayımlanan sinyal iki anten tarafından kaydedilir. Bu yöntem genellikle

uçaklarda kullanılmaktadır. Tekrarlı geçiş yönteminde ise tek kaynaktan yayımlanan sinyal bir anten ile kayıt edilir. Bu yöntemde aynı bölgeye ait iki görüntü almak için o bölgeden aynı yörünge üzerinde en az iki defa geçmek gereklidir. Bu yöntem ise genellikle uydularda kullanılmaktadır.

Kayıt edilen görüntüler, kompleks formatta geri yansıyan sinyal değerlerini içermektedir. Kompleks format ile sinyalin kompleks sayı içerdiği anlamı çıkarılmalıdır. Daha sonra elde edilen görüntüler sonraki değerlendirme adımları için yer istasyonlarına gönderilmektedir.



Şekil 4.1 : Yan görüş çözünürlüğü, (a) mesafe bileşeni için ve (b) azimut bileşeni için. H uydu yüksekliği, R_n yakın mesafe, R_fuzak mesafe, η yansıma açısı, c ışık hızı, τ_p darbe (puls) zaman aralığı, δR_g yeryüzündeki mesafe çözünürlüğünün karşılığı, Sw sinyalin (bimin) yeryüzünde karşılık geldiği mesafe, V_s uydunun hızı, θ bakış açısı, λ faz dalga boyu, R mesafe ve δR_a azimut çözünürlüğünün yeryüzündeki karşılığı (Çakır, 2003).

InSAR tekniğinde çözünürlük önemli bir terimdir ve iki önemli bileşene sahiptir azimut (azimuth) ve mesafe (range-menzil). Aynı zamanda azimut ve mesafe isimlendirmeleri yönlendirme için de kullanılmaktadır. Azimut hava aracının uçuş yönünü ve mesafe de hava aracından yapılan kayıt için gözlem yönünü ifade etmektedir. Çözünürlük, iki objenin birbirinden fark edilebilecek şekilde kayıt

edilebildiği yeryüzündeki en kısa mesafe olarak tanımlanabilir (Şekil 4.1) (Çakır, 2003).

Çözünürlük terimini tanımlamak için öncelikle bu terimi standart radar (gerçek açıklıklı radar) konusu içinde açıklamak gereklidir. Standart radar sistemi içinde çözünürlük bazı parametrelere bağlı olarak (anten uzunluğu, gözlem açısı, radar uydusunun yüksekliği ve radar faz gönderim aralığı gibi) değişim gösterir. Şekil 4.1'de azimut ve mesafe bileşenine ait çözünürlük için bağıntılar verilmiştir.

Şekil 4.1 (b)'de görüldüğü gibi L (anten boyu) çözünürlüğün azimut bileşeni için en önemli parametredir. L boyu değiştirilerek azimut yönündeki çözünürlük arttırılabilir veya azaltılabilir. Burada ters orantılı bir ilişki söz konusudur. Anten boyu ne kadar büyük olursa çözünürlük o oranda iyi olacaktır. Buna karşın anten boyunun uzatılması uygulamada kullanılabilecek bir çözüm değildir. Burada devreye sinyal işleme tekniği girmektedir. Doppler bilgilerinin kullanımı ile anten boyunun simülasyonla (yapay) büyütülmesi sağlanmaktadır (SAR-Yapay Açıklıklı Radar-Synthetic Aperture Radar).

Bu aşamada diğer önemli terim olarak Doppler prensibinden bahsedilmelidir. Kısaca, dalga özelliği gösteren herhangi bir fiziksel varlığın frekans ve dalga boyunun hareketli (yakınlaşan veya uzaklaşan) bir gözlemci tarafından farklı zaman ve/veya konumlarda farklı algılanmasıdır (Olmsted, 1993). Burada frekans sabit, dalga boyu değişiklik gösterse de bu iki büyüklük birbiri ile ilişkili olarak ifade edildiği için birindeki değişim diğerinin de değişmesi anlamına gelmektedir. Bu prensip kullanılarak yapay açıklık oluşturulur ve sanal anten boyunca görülen bölge için çözünürlük önemli ölçüde arttırılır.

Standart radar uygulamasında Şekil 4.1'de verilen bağıntıların kullanılması ile mesafe bileşeninde yaklaşık 14 km ve azimut bileşeninde 5 km çözünürlüğe ulaşılmaktadır (ERS sistemi için). Doppler prensibi ile yapay açıklıklı radar uygulaması ile 20 m mesafe bileşeninde ve 4 m azimut bileşeninde çözünürlüğe ulaşılmaktadır (ERS sistemi için). Burada bahsedilen Azimut bileşeni çözünürlük bağıntısı Şekil 4.2'de verilmektedir.



Şekil 4.2 : Yapay açıklıklı radar gösterimi (Çakır, 2003).

Mesafe çözünürlüğü ifadesi için bağıntı aşağıdaki şekilde verilebilir:

$$\delta R_R = \frac{c}{2B_{BW}} \tag{4.1}$$

Burada:

 B_{BW} gönderilen radar darbesinin (pulsunun) frekans bant genişliği ve c ise ışık hızını ifade etmektedir (Lyons, 2002).

(4.1) eşitliğinde de görüldüğü gibi mesafe çözünürlüğü görüntü alımı yapılan platformun yüksekliğinden bağımsızdır ve bant genişliğinin arttırılması ile doğru orantılıdır. Gönderilen darbe, dalga boyunun şekli değiştirilerek modüle edilmiş frekansıdır. Bu değişim chirp (güçlü enerji ve geniş dalga boyu) olarak adlandırılmaktadır (URL-5).

Yukarıda da bahsedildiği gibi InSAR görüntüleri iki yolla elde edilmektedir, tekrarlı geçiş ve tekli geçiş. Genel olarak tekrarlı geçiş yöntemi uydu sistemleri için uygun bir yöntem olmasına karşın bu yöntemi etkileyen birçok olumsuz sınırlama vardır. Bu sınırlamalardan başlıcaları; baz uzunluğu, geçici uyuşumsuzluklar (tarımsal faaliyetler, hafriyat vb.), topografik etkiler (çok hızlı yüksekliğin değiştiği dağlık topografya) olarak sayılabilir. Bahsedilen sınırlamalardan en önemlisi baz uzunluğu olarak bilinmektedir. Baz uzunluğu tanım olarak: uydunun iki geçiş yörüngesi arasındaki mesafeyi ifade eder (Klees and Massonet, 1999). Baz uzunluğu değerinin,

iyi bir çözüm için mümkün olduğunca küçük olması gereklidir. Bu değer literatürde kısaca şu şekilde ifade edilmektedir (Şekil 4.3);

Görüntü çifti oluşacak herhangi bir çalışmada	$B_{\perp} < 600 \mathrm{m}$
Sayısal arazi modeli oluşturulacak çalışmalarda	$B_{\perp} < 300 \mathrm{m}$
Deformasyon belirleme çalışmalarında	$B_{\perp} < 100 \mathrm{m}$

 B_{\perp} baz büyüklüğünün dik bileşenini göstermektedir (Normal/Dik baz). Dik baz bileşeni, baz uzunluğunun, ikinci uydu geçişinde aynı yer cismine uzanan doğrultuya dik olmayı ifade etmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : SAR geometrisi (Bamler ve Hartl, 1998).

Dik baz uzunluğu ile yapılacak çalışmanın hassasiyeti arasındaki korelasyon Solaas, (1994) ve Gupta, (2003) yayınlarında tartışılmıştır.

Uydu, birbirini izleyen iki geçişinde aynı yörüngeyi takip edemediği için yeryüzündeki noktanın iki farklı noktadan görüntüsü alınmaktadır. Bu durum noktaya ait stereo görüntü çiftini oluşturur ve ayrıca yeryüzündeki aynı nokta ile uydu arasında iki farklı yörünge nedeniyle faz farkı oluşmasına sebep olur (Şekil 4.4).

Mesafeye bağlı faz değişimi Gabriel ve diğ., (1989) ve Hanssen (2001)'de

$$\phi = -\frac{4\pi}{\lambda} \,\delta R \tag{4.2}$$

olarak verilmektedir.

Burada:

 λ radar sisteminde kullanılan sinyalin dalga boyu, δR mesafe değişimidir.

 ∂R mesafe değişimi şekil 4.4 dikkate alındığında yaklaşık olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir:

$$\delta R = B\sin(\theta - \alpha) \tag{4.3}$$

Burada:

B baz boyunu, θ bakış açısını ve α baz dönüklük açısını göstermektedir.

(4.2) eşitliğindeki mesafe değişimi h_a ile ilişkilidir. h_a topografik hassasiyet veya yükseklik belirsizliği olarak tanımlanmaktadır (altitude of ambiguity). h_a parametresi şu şekilde ifade edilebilir (Çakır, 2003):

$$h_a = \frac{R\lambda}{2B_h} \tan\theta \tag{4.4}$$

Burada kullanılan parametreler şekil 4.4'de açıklanmaktadır.

Sonuç olarak,

$$\Delta \Phi = 4\pi \left(-B \cos\theta / \lambda + h/(2 ha) + e/\lambda + noise \right) \qquad e = \vec{u} \cdot \vec{V}$$
(4.5)
elde edilir.

(4.5) eşitliği InSAR değerlendirmesinin 3 önemli bileşeninden oluşmaktadır.

- İlk bileşen, yörüngesel etkileri gösteren (B $\cos\theta / \lambda$) ifadesidir,
- İkinci bileşen, topografik etkiyi gösteren (h/(2 ha)) ifadesidir,
- Üçüncü bileşen ise deformasyon etkisini gösteren (e/λ) ifadesidir.

İlk bileşen, sisteme ait geometri ve yörüngenin etkisini göstermektedir. θ bakış açısı değiştikçe basit olarak 2 antenin dik baz bileşenine bağlı olarak faz farkları oluşacaktır. Bu faz farkı yanlış fringelerin oluşmasına sebep olabilir. Bu geometrik

hata hassas yörünge bilgisi ile kaldırılabilir. Bu noktada yörünge bilgisinin hatasının olmaması önem kazanmaktadır. Yörüngesel hatalar ise hem geometrik hataları arttırmakta hem de referans datumla olan ilişkinin güvenilirliğini azaltmaktadır (Şengün, 2008). Yörüngesel hataların yörünge düzleminde iki ve yarıçap doğrultusunda olmak üzere 3 bileşeni vardır. Hanssen (2001)'de bu üç bileşenden yarıçap ve yörünge düzlemine dik olan bileşenlerin etkin olduğu ifade edilmiştir. Bu hataların interferograma etkisi değişik şekillerde olmaktadır. Bu nedenle yörünge bilgisinin hassas olarak bilinmesi gereklidir. Değerlendirme esnasında kullanılan hassas yörünge bilgileri Delft üniversitesi tarafından yayınlanan hassas yörünge bilgileri SAR sistemi dışından bilgilerle zenginleştirilmiş ve ölçme zamanından sonra tekrar hesaplanarak hatalardan arındırılmıştır (URL-6).

İkinci bileşen ise topografik etkiyi ifade etmektedir. Topografik etki gerçekte hem topografyadan kaynaklanan etkiyi hem de yeryüzünün yuvarlak olması sebebiyle görüntünün etkilenmesini ifade etmektedir. Yeryüzünün düz olmaması bakış açısının değişimini ifade etmektedir. Eğer dünya düz olsaydı alım yapıldığında görüntü aynı bakış açısı ile ifade edilebilirdi (Zebker ve diğ., 1994). Yeryüzünün küreselliği de faz farkına yani interferograma etki edecektir. Ayrıca yeryüzü üzerindeki topografyada bakılan iki nokta arasındaki yükseklik değişimi 2π ve katları olacak şekilde faz farkına etki ederse daha önce de ifade edildiği gibi buna yükseklik belirsizliği denilmektedir. Faza olan etki bazın dik bileşeni (B_{\perp}) ile de orantılıdır. B_{\perp} değerinin her 100 m yükseklik artışı olduğunda faz farkına yaklaşık bir fringe kadar etkisi olacaktır. Bu nedenle B_{\perp} değerinin küçük olması önemlidir. Bu etkinin giderilmesi için Sayısal Arazi Modeli (SAM) de kullanılabilir.

İlk iki bileşenin bozucu etkileri giderildiğinde interferogram üzerinde fringe oluşturabilecek iki etki deformasyon ve atmosferdir. Atmosferin durağan ve stabil bir ortam olmaması atmosferde oluşacak gecikmenin tüm görüntü için farklı olmasına dolayısı ile farklı etkilere neden olmaktadır. Atmosferik etkilerin giderilmesi amacıyla troposfer için yersel ölçmeler yapılarak çözümler üretilmeye çalışılmışsa da etkili olmamıştır. İyonosfer için ise GPS sistemine benzer iki faza ihtiyaç vardır. Halihazırda böyle bir sistem mevcut değildir (Williams ve diğ., 1998; Bonforte ve diğ., 2001; Şengün, 2008). Belirlenebilen en küçük deformasyon değeri nedir? Bu sorunun cevabı için (4.2) eşitliğindeki δR değerini belirlemek gereklidir. ϕ değerinin interferogram üzerinde bir fringe (renk halkası) oluşturması için birim çember olduğu düşünüldüğünde tam dairenin 2π değerine eşit olduğu düşünülebilir. Ters çözüm yapıldığında $\delta R = \lambda/2$ değeri elde edilir. Bu nedenle alıcının bakış yönündeki belirleyebileceği en küçük değişim miktarı taşıyıcı fazın dalga boyunun yarısı kadar olacaktır. Örneğin, ERS uydusu için 2.8cm ve daha büyük değişimler fark edilebilecektir.



Şekil 4.4 : Tekrarlı geçiş yönteminin geometrisi (Çakır, 2003).

4.2 Sistemin Sınırlamaları

Bu bölüme kadar açıklanan teorik temellere dayanan InSAR, hızlı, kolay ve diğer jeodezik yöntemlere göre maliyeti düşük bir yöntemdir. Buna karşın var olan sınırlayıcı ve zorlayıcı limitler nedeniyle değerlendirme aşaması zor bir yöntemdir. Daha önce yapılan çalışmalarda bu konuya oldukça yoğun bir şekilde değinilmiştir (Massonnet ve Feigl, 1995; Hanssen, 2001; Çakır ve diğ., 2003; Çakır, 2003; Sun ve diğ, 2008; Şengün, 2008).

Yöntemin sınırları (dezavantajları);

- Dik baz mesafesi
- Termal, geometrik ve zamansal korelâsyonsuzluk
- Yörünge hatası
- Atmosferik etkiler
- Bölge topografyasının etkileri ve bitki örtüsü

sayılabilir (Şengün, 2008; Hanssen, 2001)

4.2.1 Dik baz (Normal baz)

InSAR geometrisi içinde iki görüntünün alım zamanına ve konumuna bağlı parametreler vardır. Bu parametreler "spatial and temporal seperation" olarak ifade edilen konum ve zamana bağlı farklardır. Zamana bağlı fark; aynı uydu ile aynı bölgenin iki görüntüsünün alım zamanı arasındaki farkı ifade eder. Konuma bağlı fark ise aynı uydunun aynı bölgede alım yaptığı anlarda yörüngeleri arasındaki mesafeyi ifade etmektedir (Şekil 4.3). Konuma bağlı fark kısaca baz olarak bilinmektedir.

Baz parametresi de kendi içinde bakış yönüne dik ve paralel olmak üzere iki bileşene sahiptir. Bu bileşenlerden bakış yönüne dik olan bileşen normal veya dik baz olarak ifade edilmektedir. Dik baz bileşeni InSAR değerlendirmelerinde önemli bir sınır olup maksimum değeri 1100 m'dir. Bu değerin üzerinde baza sahip görüntüler uyuşumsuz olup değerlendirilememektedir.

Ayrıca bazın dik bileşeni, yükseklik belirsizliğinin (altitude of ambiguity) hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu değer topografik hassasiyet olarak

bilinmektedir (Çakır, 2003). Yükseklik belirsizliği interferogram içinde hatalı fringelerin oluşmasına neden olabilir. Bu negatif etkinin giderilmesi için sayısal arazi modelinden veya ikinci bir interferogramdan yararlanılmalıdır (Solass, 1994; Zebker ve Villasenor, 1992; Mann, 2002).

4.2.2 Termal korelâsyonsuzluk

Termal korelâsyonsuzluk, interferogramda sinyal gürültü oranı ile ifade edilen SNR değerinin bir oranıdır.

Termal korelasyonsuzluk=
$$\frac{1}{1 + SNR^{-1}}$$
 (4.6)

olarak formüle edilebilir.

$$SNR = \frac{P_S}{P_N}$$
(4.7)

eşitliği ile verilmektedir. Burada P_S sinyal gücünü ve P_N gürültünün gücünü göstermektedir. SNR ise radar sistemine ait bir parametredir (Şengün, 2008; Curlender ve McDonough, 1991).

Termal korelasyonsuzluk iki görüntüdeki gürültünün görüntü eşleştirmesine olan etkisi olarak ifade edilebilir. Bu hatanın giderilmesi için SNR analizi yapılmalıdır (Oveisgharan, 2007).

4.2.3 Zamansal korelasyonsuzluk

Zamansal korelâsyonsuzluk, iki görüntünün alım zamanı arasında piksellerin geri yansıtım değerlerinde oluşan anlamlı olmayan anormal farkları ifade etmektedir. Tekrarlı geçiş sisteminde önemli bir etkiye sahiptir. İki görüntü arasında geçen zamanda oluşabilecek değişimler özellikle su kütlelerinde, tarım alanlarında, görüntülenen objelerin su ihtivasında vb. hızlı değişim gösteren objelerde ve bölgelerde interferogram üzerinde hatalı fringe oluşumuna yol açacaktır.

Değişim gösteren piksellerin komşu pikseller yardımıyla belirlenmesi olasıdır. Bu değişimin analitik olarak modellenmesi mümkün değildir. Özellikle yukarıda da bahsedildiği üzere su kütleleri, orman ve tarım arazileri ve hafriyat bölgelerinde zamana bağlı değişimler interferograma bozucu etki yapacaktır Bu nedenle görüntü seçiminde kurak, çıplak ve değişimin az olduğu yerlerin seçilmesi ve seçilen

bölgenin bitki indeksi vb. veri yapısına bakılması önemlidir (Şengün, 2008; Hanssen, 2001).

4.2.4 Yörünge hatası

SAR geometrisi içerisinde bazın hesaplanması ve elde edilen verilerin referans elipsoidi ile ilişkilendirilmesinde yörünge bilgisi gereklidir. Yörünge bilgisinde oluşacak hata interferogram üzerinde hatalı fringelerin oluşmasına neden olacaktır.

Yörünge hatasının uçuş yörüngesine paralel (along-track), uçuş yörüngesine dik (across-track) ve açısal olmak üzere üç bileşeni vardır. Uçuş yörüngesine paralel olan bileşen görüntü eşlemesi sırasında (co-registration) giderilmekte ve hata iki boyutlu hale dönüşmektedir (Hanssen, 2001).

İki boyutlu hatanın uzunluk bileşeni istatistik olarak belirlenebilir buna karşın açısal yani yönelimsel hata bilinmemektedir. Bu sebeple uydu yörüngesinin interferogram üzerinde hata üretmesi olasıdır. Bu etkinin kaldırılması için uydu yörüngelerinin hassas olarak belirlenerek ek bir bilgi olarak değerlendirmeye katılması anlamlı olacaktır.

Değerlendirmede kullanılan hassas yörünge bilgileri SLR gibi uzay tabanlı jeodezik sistemler ile DGM-E04 gravite modeli kullanılarak üretilen verilerdir. Bu veriler Delft üniversitesinin sitesinde yayınlanmaktadır. ODR (Orbital Data Records) kısaltması ile tanımlanan hassas yörünge dosyaları internet üzerinden ücretsiz olarak indirilebilir. Yayınlanan verilerin doğruluğu santimetreler mertebesinde olup sürekli güncellenmektedir (URL-6).

4.2.5 Atmosferik etkiler

En önemli bozucu etkilerden birisi de atmosferik etkilerdir. Atmosferik etkiyi iki başlıkta incelemek mümkündür. Birincisi İyonosferik etki ve ikincisi de Troposferik etkidir.

Atmosfer durağan ve homojen bir yapıda olsaydı interferogram üzerindeki etkisi de homojen ve sabit olacaktı. Gerçekte böyle bir durum doğada bulunmamaktadır. Özellikle tekrarlı geçiş yönteminde, görüntü alım zamanının farklı olması atmosferik gecikme etkisinin interferograma yansımasını arttırmaktadır. Yapılan çalışmalar bu etkinin 6cm'ye kadar ulaştığını göstermektedir (Delacourt ve diğ., 1998).

Atmosferik gecikmenin tespit edilerek ölçülerden temizlenmesi mümkün değildir. Bu nedenle ek parametrelerle veya model kullanılarak elemine edilmesi gereklidir. SAR sistemi nedeniyle temizlenmesi en zor sınırlama atmosferik gecikmelerdir.

GPS sisteminde olduğu gibi çift frekanslı sistemler olmadığından faz ölçmelerinden iyonosferik gecikmeler temizlenememektedir. Hâlihazırda var olan sistemler tek frekanslı olup çift frekanslı sisteme sahip değillerdir.

Troposferik etki ise yersel yöntemler, GPS verileri ve hava balonları gibi yöntemler ile toplanan veriler ile oluşturulan modeller yardımıyla kaldırılmaya çalışılmaktadır. Troposferik etkinin en önemli nedeni su buharındaki değişimdir. Bu değişim 2 alt başlıkta incelenebilir. Birincisi statik ve ikincisi ise dinamik (Holley ve diğ., 2005). Statik etki; bölgenin topografik yükseklik farkına bağlı olarak değişen su buharının hidrostatik etkisini göstermektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Troposferin statik etkisi.

Dinamik etki; Atmosfer içindeki su buharı kütlesinin yanal (yeryüzüne yatay) olarak değişimini ifade etmektedir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 : Troposferin dinamik etkisi.

Her iki etki de interferograma faz değişimi olarak yansımaktadır. Troposferik etkinin topografyanın, yüksek dağlar ve derin vadilerden oluşan bölgelerde interferogramı bozucu etkisi olacağı muhakkaktır. Çalışmalardan bu etkinin giderilmesinde modellenenin de yetersiz olduğu durumlar oluşmaktadır.

4.2.6 Topografya ve bitki örtüsünün etkisi

InSAR sisteminde topografyanın varlığı bozucu bir etkidir. Yükseklik değeri değişen bir bölgede topografyanın etkisi Bamler (1998)'de şöyle verilmektedir;

$$h_a = \frac{R\lambda}{2B_\perp} \sin\theta \tag{4.8}$$

Burada; R mesafeyi, λ dalga boyunu, B_{\perp} dik (normal) baz bileşenini ve θ bakış açısını ifade etmektedir. ERS sistemi için yaklaşık h_a (yükseklik belirsizliği) değeri 9300/ B_{\perp} olacaktır. Bu durumda B_{\perp} =100m olursa her 93m'de bir fringe çizgisi oluşacaktır. Oluşan bu topografik fazın belirlenerek interferogramdan çıkarılması gereklidir. Bunun için ek bir büyüklüğe ihtiyaç vardır. SAM (Sayısal Arazi Modeli) kullanılarak topografyanın etkisi interferogramdan giderilir. Tersi düşünüldüğünde, bu özellik kullanılarak deformasyonun olmadığı zamanlarda alınan görüntüler ile belirli bir bölgeye ait SAM oluşturmak mümkündür.

 B_{\perp} değeri küçük olursa h_a değeri büyüyecek ve yüzey değişiminde topografyanın etkisi azalacaktır. B_{\perp} değerinin, bölüm 4.2 içinde dik baz bileşeni olarak detaylı açıklaması yapılmıştır.

Bu çalışmada yer yüzeyinin deformasyonu ile ilgilendiğimiz için diğer tüm etkilerin interferogramdan kaldırılması gereklidir. Kaldırılmayan veya kaldırılamayan etkiler interferogram üzerinde hatalı fringelerin oluşmasına dolayısı ile incelenen bölgedeki deformasyonun yanlış yorumlanmasına neden olacaktır.

Topografik etkiyi kaldırmak için temel prensipleri aynı iki ayrı yöntem kullanılmaktadır. İlk yöntemde bir interferogram ve SAM (Sayısal Arazi Modeli) kullanılır ve bu nedenle bu yönteme iki geçiş interferogramı denir. Bu yöntemde, topografik etki SAM kullanılarak simüle edilir ve elde edilen simülasyon interferogramdan çıkarılır. İlk olarak Massonnet ve diğ. (1993) tarafından Landers Depremi çalışmasında kullanılmıştır.

İkinci yöntem ise iki interferogram kullanılması ile gerçekleştirilir ve üç geçiş interferogramı adını alır. Üç geçiş yönteminde, yüzey değişimi içermeyen ikinci interferogram deformasyon içerdiği düşünülen ilk interferogramdan çıkarılır. Elde edilen interferogramların birbirinden çıkarılmadan önce bazın paralel bileşeni oranı ile ölçeklenmesi gereklidir. İlk olarak Güney California'da tarım alanlarında 1cm'lik yükseklik farkı tespit edilen çalışmayla Gabriel ve diğ., (1989) tarafından kullanılmıştır.

Orta-KAF verileri değerlendirilirken iki geçiş yöntemi kullanılmıştır. Bu yönteme ait detaylı bilgi değerlendirmelerde kullanılan ROI_PAC ve DIAPASON yazılımlarının tanıtımı ile birlikte bölüm 8'de verilmiştir.

5. LEVHA TEKTONİĞİ ve KUZEY ANADOLU FAYI

5.1 Giriş

Yerküremiz, dıştan içe doğru Yer Kabuğu, Manto ve Çekirdek olarak adlandırılan katmanlardan oluşmuştur (Şekil 5.1). Yerin en dıştaki katmanı olan yer kabuğu, kıtalar altında 25–80 km, okyanusların altında ise 5–8 km'lik bir kalınlığa sahiptir (Şekil 5.2). Yer kabuğu kendisi gibi katı olan ve Litosfer adı verilen ve yaklaşık olarak 70–100 km kalınlığındaki katmanın en üst kısmını oluşturur. Litosferin altında ise Üst Mantonun daha yumuşak (akıcı) bölgesi olan ve Astenosfer olarak adlandırılan bölüm yer alır.



Şekil 5.1 : Yerkürenin katmanlı içyapısı (Press ve Siever, 1999).

Litosfer ile Astenosferi birbirinden ayıran ve Moho süreksizliği adı ile bilinen düzlem, sismik dalgalarda kuvvetli kırılmalara yol açmakta, bu nedenle jeofizik çalışmalarla kolayca saptanabilmektedir. Bunun nedeni Moho süreksizliğinin üstünde yer alan litosferin katı halde, altında yer alan astenosferin ise elastik olması ve Moho süreksizliğinin bu iki farklı fiziksel haldeki katmanı birbirinden keskin bir sınırla ayırmasıdır. Diğer bir deyişle Litosfer, Astenosfer üzerinde yüzmektedir (Savage, 1983). Litosferin katı yapısına karşılık astenosfer kendi içerisinde belirli bir hızla hareket etmektedir. Astenosferin bu hareketleri ısıtılan bir kaptaki suyun konveksiyon akımları ile kıyaslanabilir. Nasıl ki bir kapta ısıtılan su hafifleyip yukarıya doğru yükselmekte, yüzeyde ise soğuyup yoğunlaşarak tekrar aşağıya doğru hareket etmekte ise Astenosfer de Dünya'nın çekirdeğinden aldığı ısı nedeniyle benzeri bir hareket yapmaktadır. Astenosfer içerisindeki bu konveksiyon akımları üstteki Litosferin farklı yönlere sürüklenmesine neden olurlar. Astenosferin senede santimetre mertebesindeki hareketleri sonucunda Litosfer birbirine göre hareket eden çeşitli boyutlardaki parçalara ayrılmıştır. Bu litosfer parçalarına Levha (Plaka), adı verilir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 : Dünyamızın dış kısmındaki katmanları gösteren blok diyagram (Press ve Siever, 1999).

Dünyada yedi tane büyük, çok sayıda da küçük levha bulunur. Bunlar her yıl birbirlerine göre kabaca ifade etmek gerekirse 1 ile 10 santimetre arasında hareket etmektedirler. Çok yavaş olduğu için insan gözü ile fark edilmesi mümkün olmayan bu hareketler SLR (Uydulara Mesafe Ölçümü), VLBI (Uzun Bazlı İnterferometri), GPS (Küresel Konumlama Sistemi) ve InSAR (Yapay açıklıklı Radar İnterferometri) gibi yöntemler yardımı ile yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir.

Levhalar birbirlerine göre üç tür hareket yaparlar. Levhaların birbirlerinden uzaklaştıkları yerlere uzaklaştıran sınır, birbirlerine yaklaştıkları yerlere yaklaştıran

sınır, levhaların birbirlerine göre yanal olarak hareket ettikleri yerlere de yanal (transform) faylı sınır adı verilir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Astenosfer üzerinde litosfer parçalarının (Levhaların) hareketleri; birbirlerine yaklaşır, uzaklaşır ya da birbirlerine göre kayarlar (Tüysüz, 2003).

5.2 Uzaklaştıran Levha Sınırları

Levhaların birbirlerinden uzaklaştığı sınırlar okyanus tabanlarında ve kıtaların içlerinde görülmektedir. Batimetri (deniz tabanı) haritaları okyanusların dibinde karalardan çok daha uzun dağ sıralarının (okyanus ortası sırt) bulunduğunu göstermiştir. Bu dağ sıraları bugün Atlantik, Hint ve Pasifik Okyanusları içerisinde binlerce kilometre uzunluğunda yer kaplamaktadır.

Okyanus ortası sırtın iki tarafındaki levhalar alttaki konveksiyon akımlarının zorlaması ile sırt eksenine dik yönde birbirlerine zıt olarak hareket etmekte, arada meydana gelen boşluk astenosferden gelen sıcak magmanın her iki kenardaki levhalara eklenmesi yolu ile doldurulmaktadır (Şekil 5.3). Bu sürekli hareket sonucu okyanus tabanları her yıl uzaklaşma miktarı kadar büyümektedir.

Okyanus tabanları okyanus ortası sırtlarda birbirinden uzaklaşırken bir küre şeklinde olan dünyanın geometrisi gereği transform faylarla kesilir ve kendilerine has bir yapı oluştururlar (Şekil 5.3).

Yukarıda anılan açılma mekanizması jeoloji tarihi boyunca sürmüş ve Dünyanın çehresini sürekli olarak değiştirmiştir. Yaklaşık 250 milyon sene önce Dünya'daki kıtaların tek bir kıta halinde olduğu düşünülmektedir. Pangaea adı verilen bu süper kıta riftleşme yolu ile parçalanmış, farklı kıtalara bölünmüştür (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 : Pangaea.

5.3 Yakınlaştıran Levha Sınırları

Okyanus ortası sırtlarda oluşan levhalar bu sınırlardan uzaklaştıkça soğur, yaşlanır ve bu nedenle yoğunluğu giderek artar. Yaşlı okyanus kabuğunun yoğunluğu astenosferin yoğunluğuna yakındır. Bu durum okyanussal litosferin kolayca astenosfer içerisine batmasına neden olur (Şekil 5.3). Okyanussal litosferin astenosfer içerisine batmasına dalma-batma (subduction) adı verilir. Pasifik çevresinde görüldüğü gibi derin okyanus hendekleri (trench) boyunca meydana gelen bu dalma-batma ile okyanussal litosfer yeniden astenosfere döner, burada eritilerek astenosfer içerisinde özümsenir ve tüketilir.

Astenosfere dalan okyanussal litosfer sürtünme ve derine doğru artan sıcaklık nedeniyle erimeye başlar. Okyanus kabuğu üzerinde çökelen ve kısmen astenosfere dalan çökellerdeki su da erimeyi hızlandırır. Eriyen malzeme sıcak ve az yoğun olduğu için yükselerek üstteki levha içerisine sokulur.

Dalma-batma, okyanusun kapanarak okyanusun iki kıyısını oluşturan iki kıtanın çarpışmasına kadar sürer (Şekil 5.5). Hafif olan kıtasal malzeme dalamaz, bu nedenle çarpışır. Çarpışma sonucunda aradaki çökeller ve çarpışan kıtalar sıkışır,

bindirmelerle birbiri üzerine itilir ve sonuçta büyük dağ sıraları meydana gelir. Bu olaya orojenez (dağoluşumu) adı verilir. Alp-Himalaya sistemi, Kayalık Dağlar gibi büyük dağ kuşakları bu şekilde kıtalar arasındaki okyanusların dalıp batarak hareket etmesi sonucunda oluşmuştur.



Şekil 5.5 : Astenosfer üzerinde yüzmekte olan kıtasal litosfer düşük yoğunluklu kayalardan oluştuğu için ağır okyanusal litosfer gibi astenosfere dalamaz. Bu nedenle iki kıtasal litosferin birbirine yaklaştığı yerlerde bunların çarpışması sonucunda büyük dağ dıraları oluşur (Press ve Siever, 1999).

5.4 Transform Faylı Sınırlar

Transform faylı sınırlar boyunca levhalar birbirlerine göre ters yönde yatay olarak kayarlar. Buralarda levhalar ne uzaklaşır ne de dalar batar. Transform fayların büyük bir kısmı okyanus tabanı içerisinde bulunur. Bunlar okyanus ortası sırtları biçerek birbirine bağlarlar. Transform faylar doğrultu atımlı faylardan farklı olarak sadece levha sınırları arasında uzanırlar (Şekil 5.3). Bunun yanı sıra kıta içlerinde de büyük transform faylar bulunmaktadır. San Andreas ve Kuzey Anadolu fayları kıtalar üzerinde yer alan büyük transform faylardır (Barka, 1992, 1996; Barka ve diğ. 2000; Stein ve diğ., 1997; Şengör ve diğ., 2004).

5.5 Türkiye'nin Tektonik ve Sismik Yapısı

Türkiye'nin tektonik hareketlerini anlamak için yakın çevresinin güncel tektonik hareketlerine bakılması gerekir. Aşağıdaki harita levha tektoniğine göre çizilmiş olup, Türkiye ve yakın çevresindeki güncel tektonik hareketlerini göstermektedir (Şekil 5.6) (Reilinger ve diğ. 2006).



Şekil 5.6 : Anadolu ve Arabistan levhası arasındaki ilişkiler (Reilinger ve diğ, 2006).

Alp-Himalaya dağ kuşağı üzerinde yer alan Türkiye, depremsellik açısından en aktif ülkelerden biridir. Tetis okyanusunun kapanması sonucunda Arap yarımadası Anadolu ile çarpışmış, Kızıldeniz boyunca Afrika'dan ayrılan Arap yarımadası kuzeye ilerlemeye devam ederek Doğu Anadolu'yu sıkıştırmaya devam etmiştir. Bu sıkışmayı başlangıçta kısalıp kalınlaşarak karşılayan Anadolu daha sonra daha rahat bir ortam olan batıya doğru hareket etmeye başlamıştır (Şengör ve diğ., 2004). Anadolu'nun bu batıya hareketi Karlıova'dan başlayarak batıya uzanan iki büyük fay boyunca gerçekleşmiştir. Bunlardan güneyde yer alan Doğu Anadolu fayı Karlıova ile Antakya arasında uzanan 700 km uzunluğunda sol yanal atımlı bir faydır. Batıda Kızıldeniz'den gelmekte olan Ölü Deniz fayı ile kesilerek son bulur. Karlıova'dan başlayarak batıda Yunanistan'a kadar uzanan 1500 km uzunluğundaki Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ise sağ yanal atımlı bir faydır. Bu iki fay tarafından batıya taşınan Anadolu orta kısımdaki ova rejimini takiben, Ege bölgesinde kuzey-güney yönlü bir gerilme rejiminin etkisine girer. Böylece doğuda sıkışan ve iki fay boyunca batıya kaçan Anadolu levhası burada gerilme etkisi ile bir horst-graben yapısı kazanmaktadır (Şengör ve diğ., 2004).

McClusky ve diğ. (2000) ve Reilinger ve diğ. (2006) yayınlarında doğu Akdeniz ve özellikle ülkemizi içine alan bölgede GPS verileri toplanmış ve bölgenin kinematik özelliklerini belirlemek için modellenmiştir. Hesaplanan modele göre Arap Levhası Kızıldeniz boyunca Afrika'dan ayrılmakta ve 15 mm/yıl hızla kuzeye, Afrika Levhası 5 mm/yıl hı ile kuzeybatıya hareket etmektedir. Anadolu Levhası ise bu Kuzey Anadolu Fayı boyunca 24 mm/yıl ve Doğu Anadolu Fayı boyunca 10 mm/yıl hızla batıya ilerlemektedir. Doğu Akdeniz bölgesinde Anadolu Levhası, sabit kabul edilen Avrasya Levhasına göre saat yönünün tersine Sina yarımadası kutup noktası olacak şekilde dönmektedir. Yapılan güncel jeodezik çalışmaların milyonlarca yılda oluşan jeolojik veriler ile uyuştuğu görülmektedir (Hubert-Ferrari ve diğ., 2002; Hartleb ve diğ., 2003; Kozacı ve diğ., 2007).

McClusky ve diğ. (2000) ve Reilinger ve diğ. (2006) yayınlarında Anadolu içlerine uzanan Kuzey Anadolu Fayına ait yan kolların Anadolu içlerine doğru sönümlendiği ve bu nedenle modellemeye dahil edilmediği ifade edilmiştir.

Yukarıda kısaca tanıtılan tektonik çerçeve, Türkiye'nin hemen hemen her kesiminin tektonik açıdan aktif olduğunu göstermektedir. Ülkenin depremselliğine bakıldığında depremlerin yukarıda tanımlanan tektonik hatlarla son derece uyumlu olduğu izlenmektedir.

Türkiye aynı zamanda sismik yönden de oldukça aktiftir. Şekil 5.7'de de görüleceği gibi son bir yıl içerisinde meydana gelen depremler ülkenin tamamına yakınını kapsamaktadır.



Şekil 5.7 : Türkiye'de son bir yıl (20.08.2008-20.08.2009) içerisinde oluşan depremler (URL-7).

KAF ve kolları üzerinde meydana gelen depremler son yüzyıl içerisinde doğudan batıya bir tarih sırasını izlemiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Türkiye'de son yüzyıl içerisinde oluşan yıkıcı depremler (URL-8).

Depremler, KAF'ı üzerinde tarihsel olarak belirli periyotlarla tekrarlanmaktadır. Tekrarlanan periyotların belirlenmesi için yapılan bir çok çalışma yayınlanmıştır (Şekil 5.9) (Hubert-Ferrari ve diğ., 2002; Hartleb ve diğ., 2003; Şengör ve diğ., 2004).

Yapılan çalışmalarda tüm KAF üzerinde var olan deprem izleri araştırılmaya çalışılmıştır. Ayrıca eski dönemlere ait depremler için trenchler açılarak elde edilen malzemeler yaşlandırılmış ve sonuçta Şengör ve diğ. (2004) makalesindeki grafik oluşturulmuştur (Şekil 5.9).

Bu çalışmalara göre KAF üzerinde meydana gelen depremler tarhisel olarak belirli periyotlarla doğudan batıya göç etmektedir. Bu göç, Anadolu levhasının batıya göç hareketi sebebiyle oluşmaktadır. Ayrıca kırılan bir fay bir diğer komşu faya enerjisini aktarmakta ve muhtemel deprem riskini taşımaktadır. Böylece depremler birbirni takip etmekte ve bir halka (loop) oluşturmaktadır.

KAF hakkında geniş bilgi bölüm 5.6'da verilmektedir.



Şekil 5.9 : KAF üzerinde oluşan depremlerin tarih çizelgesi (Hartleb ve diğ., 2006; Erturaç, 2009).

5.6 Kuzey Anadolu Fayı (KAF)

5.6.1 KAF'nın tarihi

Kuzey Anadolu'da bir kırık hattının varlığı 1928 yılından beri bilinmekte, ancak bu aynı yerde bulunan (ve bugün bir okyanus kapanma çizgisi olduğu bilinen) bir yapı ile karıştırılmaktaydı. İlk defa 1948 yılında Prof. Dr. İhsan Ketin, bu çizginin daha önce Kuzey Anadolu'da meydana gelmiş olaylarla nedensel ilgisi olmayan bir fay hattı olduğunu ve bu fay hattı boyunca hareketin sağ yanal olarak meydana geldiğini gösterdi (Ketin, 1948, Barka, 1992). Bu, dünyada yanal atılımlı olduğu tüm güzergâhı boyunca belirlenmiş ilk fay hattının keşfiydi (A.B.D.'deki meşhur San Andreas Fay hattının yanal atılımlı karakteri tüm güzergâh boyunca ilk kez 1953'te belirlendi) (Şengör ve diğ., 2004).

1948'den yıllarca sonra dahi özellikle Türkiye'de Kuzey Anadolu Fayı'nın yanal atımlı karakteri tam olarak anlaşılamadı. Ancak bu konuda Nazario Pavoni ve Clarence T. Allen gibi yabancıların ve Ketin'in ellili ve altmışlı yıllarda yaptığı yayınlar, Türkiye'de Kuzey Anadolu Fayı'nın yanal atımlı karakterinin giderek daha yaygın tanınmasına neden oldu. (Şengör ve diğ., 2004).

5.6.2 KAF'nın geometrik karakteri

Kuzey Anadolu Fayı doğudan batıya doğru genişleyen bir yamulma bölgesi içine yerleşmiştir. Fay genel olarak bir fay çizgisi değil, doğudan batıya giderek dallanıp budaklanan bir fay ailesi şekline sahiptir. Bolu'dan batıya fayın iki ana kolu olduğu görülmektedir. Kuzey Kol adı verilen bir hat, Düzce, Adapazarı, Sapanca, İzmit üzerinden Marmara Denizi'ne girmekte ve Şarköy'ün hemen güneyinde karaya çıkarak Gelibolu yarımadasını Trakya'nın geri kalan kısmından ayırmaktadır. Güney Kol denilen hat ise Pamukova ve Yenişehir üzerinden Bursa-Ulubat ve Manyas çizgisini izleyerek Biga Yarımadasından Ege'ye çıkmaktadır. İznik üzerinden Gemlik'e ve güney Marmara sahilini yalıyarak Kapıdağ'a ulaşan bir fay çizgisi, bu güney kolun bir parçasıdır (Şekil 5.10) (Barka, 1992; Armijo ve diğ., 1999; Hubert-Ferrari ve diğ., 2002).



Şekil 5.10 : Kuzey Anadolu Fayı ve Türkiye (MTA Diri Fay Haritası, URL-9).

5.7 Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi Kuzey Anadolu Fayı'nın (KAF) Lâdik ile Ilgaz arasında kalan orta kesimini içermektedir. Burada KAF, güneye doğru uzanan içbükey kollar içerir. Bu kollar genel olarak sağ yanal atımlıdır. Sungurlu Fay'ı olarak bilinen kol bunların en büyüklerinden biridir. Bu fay Niksar'dan başlar ve güneybatıda Çankırı Havzası'na kadar uzanır (İşseven ve Tüysüz, 2006). Diğer önemli kollar Merzifon ve Lâçin

faylarıdır. Bu faylar ise literatüre geçmemiş ancak yakın zamanlarda depremler üretmiş aktif faylardır. Kuzey Anadolu Fay'ından ayrılarak güneye doğru, kavisler çizerek devam eden tali faylar üzerinde meydana gelen depremler Çizelge 5.1, Şekil 5.11'de ve bölgeye ait faylar ve GPS istasyonları Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Son yüzyılda bölgede meydana gelen Ms=5 ve daha büyük depremler.

Tarih	Deprem-Fay-Uzunluk	Ms
09.03.1902	Çankırı	5.5
25.06.1910	Osmancık (Çorum)	6.1
26.12.1939	Erzincan (KAF) 360km	7.8
21.11.1942	Osmancık (Çorum)	5.6
02.12.1942	Osmancık (Çorum)	5.9
20.12.1942	Erbaa (KAF)50km	7.1
01.02.1943	Tosya/Ladik (KAF) 260km	7.3
13.08.1951	Kurşunlu (KAF) 50km	6.9
07.09.1953	Kurşunlu/Çankırı	6.1
05.10.1977	Çankırı	5.8
14.08.1996	Merzifon (Mecitözü)	5.4
06.06.2000	Orta (Çankırı)	5.9



Şekil 5.11 : Son yüzyılda KAF'da meydana gelen büyük depremler (Şengör ve diğ., 2004).



Şekil 5.12 : Çalışma bölgesi, (Altlık Google Earth kullanılıarak üretilmiştir. Çalışma bölgesini gösteren çizim Mirone programı ile çizilmiştir, (Luis, 2007)).



Şekil 5.13 : Orta-KAF çalışma bölgesi ve GPS istasyonları.

Bu çalışmaya konu olan bölgede batıda Kurşunlu-Ilgaz, doğuda Amasya-Havza, güneyde ise Sungurlu yerleşim birimi ile sınırlanan alan içerisinde gerek Kuzey

Anadolu Fayının ana kolu gerekse yukarıda belirtilen tali kollar bölgeyi biçerek bazı kıtasal bloklara bölmüşlerdir. Fayların sınırladığı bu kıtasal bloklar, yakın zamanda gerçekleştirilen araştırmalara (İşseven ve Tüysüz, 2006) göre fayların etkisi ile bağımsız hareket etmekte ve düşey bir eksen etrafında farklı yönlere dönmektedir. Bu bölgede yapılan paleomanyetizma çalışmaları da günümüzde GPS ile belirlenen bu hareketin geçerliliğini ve olasılıkla KAF ile yaşıt başladığını işaret etmektedir (İşseven ve Tüysüz, 2006).

Bölgede 1990'lardan itibaren birçok çalışma yapılmış olup mikro ölçekli bir çalışma yapılmamıştır (McClusky ve diğ, 2000; Hubert-Ferrari ve diğ., 2002; Hartleb ve diğ., 2003; Reilinger ve diğ. 2006; Kozaci ve diğ., 2007,). Bu çalışma ile bölgede mikro ölçekte var olan fayların aktivitesi ve deprem potansiyelinin ortaya konması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda yapılan GPS ölçmeleri, InSAR değerlendirmeleri ve hız vektörlerinden üretilen elastik yarı-uzay (elastic half space) model ve model sonuçları ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.

6. GPS ÖLÇMELERİ VE DEĞERLENDİRMELERİ

6.1 Giriş

GPS verilerinin değerlendirilmesi için birçok yazılım bulunmaktadır. Bunlar ticari ve bilimsel olarak iki bölümde incelenebilir. Ticari yazılımlar daha çok alıcılarla beraber satılır ve her alıcı firmasının kendisine özgü bir yazılım paketi bulunmaktadır. Bu tür programlara örnek olarak GNSS solution ve Geo Office verilebilir. Ancak levha hareketlerinin belirlenmesi gibi yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda veriler. ticari programlar ile gereken doğrulukta değerlendirilememektedir. Bilimsel programlar ise genellikle üniversitelerin ve enstitülerin kullanması amacıyla geliştirilmiştir. Bugün levha hareketlerinin belirlenmesi gibi yüksek doğruluk gerektiren uygulamalarda GAMIT/GLOBK, BERNESE ve GIPSY gibi bilimsel programlar kullanılmaktadır. Yapılan bu calişmada verilerin değerlendirilmesi Massachusetts Institute of Technology tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılım paketi kullanılarak yapılmıştır. Bu yazılım paketi linux ve benzeri Unix türevi işletim sistemleri üzerinde çalışmaktadır. Değişik alıcılardan elde edilen verilerin, alıcıdan bağımsız olarak elde edilebilmesi için özellikle bu amaçla geliştirilmiş olan RINEX (Receiver INdependent EXchange Format) dosya yapısına dönüştürülmesi gerekmektedir. Verileri RINEX formatına çevirmek için de geliştirilmiş birçok programcık bulunmakta ve bunların büyük bir çoğunluğu ticari yazılımlar içine modül olarak yerleştirilmektedir. Bu çalışmada verilerin formatına dönüştürülmesi sırasında TEQC yazılımı kullanılmıştır.

Veriler ilk olarak GAMIT yazılımıyla değerlendirilir ve daha sonra ise bu değerlendirmenin sonucu ortaya çıkan işlenmiş veriler üzerinde GLOBK yazılımıyla kalman filtresi uygulanarak değişik amaçlı çözümler gerçekleştirilir (Herring, 2000; King ve Bock, 2002).

6.2 GAMIT/GLOBK Yazılımı

Bu yazılım paketi beraberinde birçok küçük programcık (betik, script) bulunsa da temel olarak iki ayrı yazılımdan oluşmaktadır. Bunlardan ilki GAMIT ikincisi ise GLOBK yazlımıdır. GPS verilerinin işlenmesinde ilk önce GAMIT yazılımı kullanılır. Bu yazılım ile veriler her gün için ayrı ayrı değerlendirilir. Bu yazılım kullanılarak istasyon koordinatları, atmosferik parametreler, uydu yörünge parametreleri, tam sayı belirsizlikleri ve yerin dönme elemanları kestirilir. Bunları yapmak için de faz ölçmelerinden ikili farklar oluşturulur. Optimal faz belirsizliklerinin belirlenebilmesi için genel olarak tek bir oturumdan lineer olarak bağımsız faz ölçmelerinin ikili farkları kullanılarak birden fazla dengeleme işlemi gerçekleştirilir. Uygun referans sistemi tanımlamak için bazı noktaların dengeleme öncesi koordinatlarının öncül (apriori) doğrulukları arttırılabilir.

GAMIT yazılımının ilk işlem adımında uydu saatleri ve uydu ön yörünge bilgileri elde edilir. Yörünge ve HUAM (Ham Uydu Alıcı Mesafesi) bilgileri ile apriori nokta koordinatlarına dayalı olarak ilgili istasyon saat düzeltmeleri hesaplanır. İkinci aşamada ise devir kesiklikleri (cycle slips) saptanır; düzeltilir veya ortadan kaldırılır. Uydu yörüngeleri ve nokta koordinatlarının apriori modeli, gözlenen faz ve HUAM ölçmeleri ile karşılaştırılan teorik gözlemlerin hesaplanmasında kullanılır. Devir kesiklikleri, gözlem farkları hesaplanması ve iyonosfer ve saat hatalarının etkilerini ortadan kaldıran faz gözlemlerinin kombinasyonlarının değerlendirilmesi ile saptanır. GAMIT, güvenli olarak kaldırılması mümkün olmayan fakat yanlış kestirilmesi durumunda ilgili diğer jeodezik parametreleri zayıflatacak olan tamsayı devir kesikliklerini işaretleyerek gösteren ek parametreler ekleme özelliğine de sahiptir (Yavaşoğlu, 2003).

Uyduların yörüngeleri birkaç parametreye bağlı olarak değişir. Bunlar ay, yerküre ve güneşin çekim alanı ve güneşin radyasyon basıncı en önemlileri arasındadır. Bunların yanında hız ve uydunun başlangıç konumunu tanımlayan bir durum vektörü ile saptanabilir. GAMIT bu kuvvetlerin etkisini kestirerek değerlendirmeye katmaktadır. Daha sonra uydular ile yersel referans sistemlerini karşılaştırmak için gerekli ilişkiyi kurmak gerekir. Bu da aynı şekilde birkaç parametreye bağlıdır. Bunlar yerin nutasyonu, presesyonu ve yerin dönme parametreleridir.

50
Atmosferik refraksiyon modelleri ile uydu ve alıcıların apriori konumlarından teorik gecikmeler saptanmaktadır. Güneşin ve ayın konumuna bağlı olarak katı yer gelgit etkisinden ileri gelen zamanla değişen bir düzeltme ise nokta koordinatlarına eklenebilmektedir. Genel olarak, alıcı ve uydu saatlerine ikinci dereceden polinom yardımıyla hesaplanan düzeltmeler getirilmektedir. Hidrostatik ve su buharı bileşimleri nedeniyle oluşan atmosferik yayılma gecikmeleri iki model ile saptanmaktadır.

Teorik faz ve HUAM gözlemleri, nokta ve uydu konumlarının apriori (dengeleme öncesi) modellerine göre bir kere hesaplandıktan sonra bu apriori değerlere, oturumlar boyunca yapılan faz ve HUAM gözlemlerine dayanan bir dizi en küçük kareler dengelemesi uygulanır. GAMIT, birbirinden bağımsız ikili farkları oluşturmak üzere bir algoritma kullanmaktadır. Üç boyutlu koordinatlar, her bir uydunun altı başlangıç koşulu, radyasyon basıncı parametresi ve her bir noktaya ilişkin oturum boyunca geçerli modellenmeyen atmosferik refraksiyon etkisi için zenit gecikme parametresi ve birbirinden bağımsız ikili farklar ile faz belirsizlik parametreleri dengeleme sonunda belirlenir (King ve Bock, 2002).

İlk dengelemede tüm parametreler iyonosferden bağımsız ikili farklar ile belirlenir. Orijinal taşıyıcı faz belirsizliği, bağımsız çiftli farkların faz belirsizlik parametreleri, faz verisinin dağılımı ve baz uzunluğuna dayalı bir birleştirme ile üretilir. Bu birleştirme, kısa baz uzunluklarından elde edilen belirsizlik çözümünün daha güvenli olmasının avantajını, ağın tamamı içinde kullanarak, en kısa bağımsız yola göre, birbirinden bağımsız ikili farklar kümesini oluşturur. Diğer adım ise çiftli farkları alınmış uzun dalga (wide-line) boylu belirsizlik parametreleri için en iyi tamsayıyı iterasyon ile hesaplamaktır. Bunu gerçekleştirirken L1 ve L2 faz gözlemleri bağımsız olarak kullanılırlar. Tamsayı değerleri saptanacak olan belirsizlik değerleri dışındaki tüm parametreler ilk iyonosferden bağımsız dengelemeden elde edilen değerlerine sabitlenir. Uzun dalga (wide-lane) boylu belirsizlikler bir kere güvenli bir şekilde çözüldükten sonra doğru tamsayı değerlerine yuvarlanır ve tüm parametreleri saptamak ve ardışık olarak kısa dalga (narrow-lane) boylu belirsizlikleri çözmek için iyonosferden bağımsız çift-farklı gözlemler üzerinde başka bir dengeleme işlemi yapılır (Herring , 2000; King ve Bock, 2002).

Belirsizlikler çözüldükten sonra tüm nokta ve uydu parametrelerinin ağırlıkları azaltılarak iki dengeleme daha gerçekleştirilir. Bu dengelemelerde uygun apriori (dengeleme öncesi) değerlerin seçilmesi; GLOBK kestirmelerini yanlış yönde etkilememek ve aynı zamanda GAMIT çözümlerinin de yeterli yaklaşıklıkta başlangıç değeri verilememesi nedeniyle ortaya çıkacak sayısal yetersizlik problemlerinden etkilenmemesini sağlamak için önemlidir. İlk dengelemede, tüm parametreler serbest olarak (apriori değerlerden bağımsız) saptanır ve tamsayı değerlerinin çözülmesi için hiçbir girişimde bulunulmaz ve bu dengeleme iyonosfer bağımsız - eğilim bağımsız (biases-free) olarak adlandırılır. İkinci dengelemede tamsayı belirsizlikleri, büyük ağırlıklar (apriori değerler kullanılarak) ile kısıtlanarak yapılan dengelemeden ve belirlenen diğer tüm parametrelerden elde edilen önceki değerlere yuvarlatılırlar ve bu dengeleme iyonosfer bağımsız - eğilim bağımlı (biases-fixed) olarak adlandırılır. Bu tek-ölçme (en fazla bir günlük) periyodu gözlemlerinin dengelenmiş değerleri, ağırlıklı ortalama nokta koordinatları, nokta hızları, uydu parametreleri ve GPS gözlemlerinin kısa ve uzun dönemli presizyonunu saptamak üzere GLOBK yazılımı tarafından kullanılır (Yavaşoğlu, 2003).

Uydu jeodezisi yardımıyla hesaplanan tüm çözümlerin ortak bir özelliği de GLOBK ile birleştirilerek bir araya getirilebilir olması ve kalman filtresi uygulanabilmesidir. GLOBK, veri olarak asıl ölçmelerin analizinden üretilen nokta koordinatları, yörünge parametreleri ve yerin dönüş parametrelerinin değerlendirilmiş büyüklükleri ile ilgili varyans-kovaryans matrislerini kabul eder. Bilindiği gibi kalman filtresi parametrelerin ardışık olarak kestirilmesi ile çalışan bir yapı üzerine kurulmuştur. Genellikle iki tip kalman filtrelemesi mevcuttur. İlki "ileri çözüm" adını alır. Ölçmelerin ağırlıklı ortalamalarının ve hız gibi diğer model parametrelerinin ardışık kestirimlerini verir. İkincisi ise "geri çözümdür" ve ileri çözüme göre ölçme düzeltmelerinin saptanmasını sağlayan bir sistematiği vardır. Bununla beraber kalman filtrelemesi için uygulanabilecek bir başka yöntem de, parametrelerin kestirimi için ağların ayrı ayrı kendi içlerinde değerlendirilerek elde edilecek doğruluk bilgilerinin ağırlık olarak kullanılması ile bir birleşik kestirim yapmaktır.

İdeal durumda tek ölçme periyodu dengelemesi için güvenli bir ağı oluşturan ağırlıklandırılmış noktalar coğrafi olarak iyi dağılmışlardır, yani hesaplanan bazlar üzerinde konum hatalarının etkisini daha aza indirgemek için bu noktalar birbirlerinden binlerce kilometre uzaktadır ve uydu yörüngelerinin hesabını iyileştirmek için hem doğu-batı hem de kuzey-güney yönünde iyi bir dağılıma sahiptirler. Daha güvenilir bir ağ ve baz uzunluklarının iyi bir dağılımı ile tamsayı belirsizliklerinin büyük bir bölümü çözülebilir. Tek bir ölçme periyodu dengelemesinde tamsayı belirsizliklerinin tümü çözüldüğü sürece; güvenilir ağın geometrisinde günden güne olan değişimler ve koordinatların belli bir hata aralığında sınırlandırılmış olması önemli değildir, çünkü bunlar GLOBK kalman filtre analizinde uniform olarak bir araya getirilirler (Yavaşoğlu, 2003)

6.3 İstikşaf ve GPS Ölçmeleri

KAF'nın orta segmentinde daha önce yapılan çalışmalara göre beklenen yanal hareket yılda ±2cm civarındadır (McClusky ve diğ.; 2000, Reilinger ve diğ., 2006). Bu hareketleri gerekli doğrulukta belirleyebilmek için GPS istasyonlarının zorunlu merkezlendirme donanımına sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle ağda kullanılacak noktaların pilye veya kaya zemin üzerine monte edilmiş çelik çubuklardan oluşması planlanmıştır. Bu bağlamda projede arazi öncesi çalışmalarla tasarlanan istasyon noktaları bazı kriterlere uygun şekilde seçilmiştir. Bunlar; bölgedeki tektonik hareketliliğin karakteristik özelliklerini belirleyecek şekilde uygun dağılımda seçilmesi, uygun dağılımda seçilen istasyon noktaların zorunlu merkezlendirme donanımına sahip olması, güvenlik, ulaşım ve lojistik açılarından elverişli olması, maksimum sayıda uydu görebilmesi ve noktaların sağlam zeminde olmasıdır.



Şekil 6.1 : Orta-KAF GPS ağına ait noktalar.

Bu koşullara sahip noktaları yeniden tesis etmenin maliyeti göz önünde bulundurularak; bölgede yukarıdaki özelliklere sahip diğer kurumlarca tesis edilen eski pilyelerin mevcut durumları kontrol edilerek uygun olanlarının kullanılması yoluna gidilmiştir. İstikşaf ile belirlenen noktalardan 15 adedi Orta-KAF GPS ağına dâhil edilmiştir yalnızca Osmancık yakınında herhangi bir pilye bulunamadığı için çelik çubuk ile tesis yapımı yoluna gidilmiştir (Şekil 6.1).

Nokta isimleri olarak istasyon noktasına en yakın yerleşim yerini karakterize eden ve uluslararası ilkelere uygun dört harfli isimler seçilmiştir. Alaca noktası için uygun görülen ALAC ismi, Kanada'da bir IGS noktasının ismi olduğu için ölçmeler sırasında kullanılmasına rağmen değerlendirme sırasında ALA1 olarak değiştirilmiştir. (Şekil 6.2, Çizelge 6.1).

İstasyon Adı	Yerleşim Bölgesi	İstasyon Adı	Yerleşim Bölgesi
ALAC/ALA1	Alaca	HMMZ	Hamamözü
CNKR	Çankırı	HVZA	Havza
DDRG	Dodurga	IHGZ	İhsangazi
GBAG	Göllübağlar-Amasya	KRGI	Kargı
GHAC	Gümüşhacıköy	KVAK	Kavak
GKCB	Gökçebel	ORTC	Ortalıca
GÖL1	Göl	OSMC	Osmancık
GYNC	Göynücek	SNGR	Sungurlu

Çizelge 6.1 : Orta-KAF GPS ağı istasyon noktaları.



Şekil 6.2 : Orta-KAF GPS ağı.

6.3.1 GPS kampanyaları

2001, 2002, 2003 ve 2004 yılları Temmuz-Ağustos ayları içerisinde GPS kampanyaları gerçekleştirilmiştir. Kampanyaya İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi (MAM) Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Enstitüsü (YDBAE) donanım ve iş gücü olarak ve TÜBİTAK ve İTÜ Araştırma Fonu finansal olarak destek vermiştir. Ayrıca bu üç kurumun yanı sıra ekipman olarak, Ashtech Türkiye temsilcisi Geomatics firması da kampanyaya GPS alıcısı vererek katkıda bulunmuştur.

GPS Alıcısı	Anten Bilgileri	Kurumu
TRIMBLE 4000SSI	L1/L2 microcentered TRM33429.00-GP	TÜBİTAK-MAM
TRIMBLE 4000SSI	L1/L2 Dorne Margolin element with choke-rings TRM29659.00	TÜBİTAK-MAM
ASHTECH Z-XII3 700845- 10(G)	Geodetic III "Whopper" ASH700718B	GEOMATICS
ASHTECH Zxtreme	Goedetic IV, Rew A with groundplane ASH701975.01Agp	İTÜ
TRIMBLE 5700	Trimble Zephyr Geodetic with Ground Plane	TÜBİTAK-MAM
LEICA SR399E	External micropulse antenna L1/L2, no groundplane with series 300 receivers LEIAT302-GP	İTÜ
LEICA SR399	Internal antenna with Ball element L1/L2, part of the SR399 receiver LEISR399_INT	İTÜ

Cizelge 6.2 :	GPS kamp	banyasında	kullanılan	donanımlar	ve IGS kodları.
, .		2			

Gerçekleştirilen kampanyalarda kullanılan ekipmanlar ve bu ekipmanlara ait IGS kotlarına göre oluşturulan teknik bilgiler Çizelge.6.2'de sunulmuştur. IGS kotlarına göre özellikleri belirlenen ekipmanlardan antenlerin, faz merkezi diyagramları dikkate alınarak arazide yapılan anten yükseklik ölçümleri faz merkezine kadar olacak şekilde dönüştürülmüştür. Bu hassasiyette yüksekliklerin belirlenmesi için anten yükseklikleri dört ayrı noktadan kontrollü bir şekilde ölçülerek ortalamaları alınmıştır.

Kampanya ölçmeleri üçer günlük iki aşamada ve toplamda altı günde tamamlanmıştır. Kampanyanın birinci asamasında, yedi istasyon, üç gün boyunca ölçülmüşlerdir. İkinci aşama ise, yedi istasyonun sonraki üç günde ölçülmesi şeklindedir (EK.A). Böylece, 2 sürekli istasyon, 14 (7+7) kampanya istasyonu toplamda 16 istasyon ölçülmüstür. Kampanya boyunca yapılan tüm ölçmelerde 15 sn aralıklı veri kaydı esas alınmıştır. Değerlendirmeler sırasında IGS istasyonları ile senkronizasyonu sağlamak için 30 sn aralıklı veriler kullanılmıştır. GPS verilerini etkileyen ve ufuk çizgisine yakın olan uydular gözlemlenmemiştir. Böylece atmosferik gecikmeleri veya anten faz merkezi değişimlerini modellemek daha kolay olmuştur. Bunun için ufuk açısı ölçmeler sırasında 5°, değerlendirmeler esnasında 10° olarak alınmıştır. Farklı iki değer kullanılmasının başlıca nedeni GPS verilerinin incelenmesi/calışılması gerektiğinde ileriki yıllarda atmosferik açıdan de kullanılabilmesidir.

Kampanya ölçmeleri boyunca iki aşama arasında gerekli ilişkiyi sağlamak ve ağda meydana gelebilecek içsel ölçme hatalarını kontrol edebilmek için SNGR (Sungurlu) ALA1 (Alaca) ve IHGZ (İhsangazi) noktalarından ikisi sürekli olarak (ölçmeler süresince 24 saat) ölçülmüşlerdir. Ölçülen kampanya istasyonlarında minimum 3 gün, 8 saat ölçme yapılmıştır. Bu uzun ölçmelerin temel nedeni baz çözümlerinin IGS istasyonlarına dayalı olarak yapılabilmesi ve çıkan sonuçların tekrarlılıklarının belirlenebilmesidir.

6.3.2 GPS verilerinin değerlendirilmesindeki işlem adımları

Birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü GPS ölçme kampanyalarında elde edilen veriler yukarıda çalışma prensibi anlatılan GAMIT/GLOBK yazılım takımı ile değerlendirilmiştir.

Öncelikle arazide toplanan verilerin RINEX formatına dönüştürmek için TEQC programı kullanılmıştır. TEQC internet üzerinden ücretsiz indirilen küçük bir yazılımdır. Tüm GPS alıcılarının formatını RINEX formatına dönüştürebilen ve Linux veya Windows üzerinde çalışabilen bir yazılımdır.

GPS verilerinin değerlendirmesi ise üç adımda gerçekleştirilmiştir.

Birinci adımda GAMIT yazılımının veri işleme formatına uygun olarak tüm istasyonlardan alınan veriler günlük olarak ayrılmıştır. Her bir gün GPS günü olarak değerlendirmeye alınmıştır. RINEX formatına dönüşen veriler ve o güne ait tüm parametre verileri, istasyon isimleri, anten yükseklikleri, veri toplama süreleri, ölçüler vb. ve bu değerlere ait öncül (apriori) varyans değerleri, oluşturulan gün dosyasına eklenmiştir. GAMIT yazılımının çalıştırılabilmesi için gerekli dosyaların güncelleştirilmesi yapıldıktan sonra istasyon noktalarının bilgilerini içeren ve değerlendirmelerde temel alınacak olan çizelge (station.info-EK.B) düzenlenmiştir. Daha sonra kısıtlamalar çizelgesi oluşturulmuş ve uzun süredir ölçülen noktaların koordinatlarının ağırlıkları arttırılmıştır (Çizelge 6.3)

İSTASY	ON	KOORDİNAT KISITLAMALARI							
		Enlem (m)			Boylam (m)		Çap(m)		
MATE			0.020			0.020		0.040	
ANKR		10.000 10.000			10.000				
GRAZ	0.020 0.020			0.	040				
SOFI			1.000			1.000		1.000	
NICO		1.000			1.000		1.000		
ZECK			1.000		1.000			1.	000
ONSA	A 0.010 0.010		0.010			0.	020		
TUBI		10.000		10.000		10.000		10	.000
Diğerler	i		100	100		1	00		
Yarı Eksen	D Merk	ış kezlik	Eğiklik	Yükseli	Ş	Perige Argümanı	a	Ort. nomali	Rady. Param. 1-9
0.01	0.0	01	0.01	0.01		0.01		0.01	0.01

Cizelge 6.3 : GAMIT değerlendirmesinde kullanılan kısıtlamalar.

Proje kapsamında oluşturulan GPS ağını IGS noktalarından oluşmuş ağa bağlamak amacıyla IGS ağına ait noktalar tüm değerlendirmelerde işleme katılmıştır. Bu yöntem ile hem milimetre duyarlılığındaki koordinatlardan yararlanılmakta hem de yörünge bilgilerinin ve dünya dönüş parametrelerinin daha hassas hesaplanması sağlanmaktadır. Çizelge 6,4'de dört kampanyada da kullanılan IGS istasyonlarının listesi bulunmaktadır. İlk kampanyada Trabzon-TRAB ve son kampanyada TÜBİTAK(Gebze)-TUBI istasyonları verilerinde belirlenen sorunların çözüme olumsuz etkileri nedeniyle değerlendirmeye katılmamıştır.

ANKR	Türkiye-Ankara
GRAZ	Avusturya-Graz
ISTA	Türkiye-İstanbul
TRAB	Türkiye-Trabzon
MATE	İtalya-Matera
NICO	Kıbrıs-Nicosia
SOFI	Bulgaristan-Sofya
ONSA	İsveç-Onsala
TUBI	Türkiye-Gebze
WTZR	Almanya-Koetzting
ZECK	Rusya-Zelenchukskaya

Çizelge 6.4 : Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.

GAMIT yazılımının analiz işlemlerinde oturum çizelgesi olarak anılan "session table" kullanılarak gerekli yönlendirmeler yapılabilmektedir. Bu yönlendirmeler arasında ölçülerin ağırlıklandırılması, tamsayı belirsizliğinin çözümü, atmosferik parametrelerin belirlenmesi, yörünge parametrelerinin saptanması ve model parametrelerinin kestirimi için gerekli birçok seçenek sayılabilir.

İlk adımda verilerin kalitesini belirleyici değer GAMIT yazılımının çalıştırılması sonucu ortaya çıkan sonuç (q dosyası) dosyasında yer alan dengeleme sonrası doğrulukların dengeleme öncesi doğruluklara oranı olan nrms (normalized root means square) değeridir. Bu değerin, gereken yaklaşıklıkta öncül (apriori) değerlerin verilmesi durumunda normal bir çözümün gerçekleştirilebilmesi durumunda (yeterli doğrulukta uydu yörüngeleri, çözülebilmiş veya yeterince belirlenebilmiş devir kesiklikleri, kabul edilebilir saat hataları, yeterli yaklaşıklıkta hesaplanabilmiş öncül istasyon koordinatları vb.) 0.20–0.25 değerleri arasında olması beklenir. Ayrıca bu dosyada değerlendirmenin yapıldığı gün için ortaya çıkan tüm değerlendirmelerin sonuçları ayrıntılı olarak görülebilir.

İkinci adımda ilk adım olan GAMIT yazımının çalıştırılması ile ortaya çıkan işlenmiş veri dosyaları (h dosyaları) kullanılır. Bu dosyalar IGS ağlarından alınan diğer veri

dosyaları ile yukarıda özetlenen parametrelerin daha başarılı bir şekilde kestirilebilmesi ve uzun veya kısa dönemli analizlerinin, ölçmelerin yapıldığı ağın dışında bulunan ve çok uzun sürelerden beri gözlenerek elde edilen sonuçlarla birlikte yapılabilmesini sağlamak için birleştirilir. Bu çalışma sırasında IGS tarafından üretilen igs1, igs2 ve eura genel ağları kullanılmıştır

GLOBK yazılımı kullanılarak istenirse günlük ölçmeler, zaman serileri ve özet doğruluk bilgilerinden yararlanarak analiz edilebilir. Analiz sonucuna göre ilk adıma geri dönülerek günlük çözümlerin tekrar değerlendirilmesi veya günlük çözümlerden yararlanarak yıllık işlenmiş ve birleştirilmiş veri dosyaları elde edilir. Yıllık veri dosyalarının birden fazla yıl için var olması durumunda istasyon noktalarının hız vektörlerinin kalman filtresi yardımı ile hesaplanması olasıdır.

Son adım olan üçüncü adımda ise tüm parametreleri belirlenen ve günlük değerlendirmelerden elde edilerek yıllık çözümleri elde etmek için birleştirilen işlenmiş ölçülerden, belli bir plaka üzerinde yatay hızları minimum olan (yani rijid bir plakayı temsil etmesi en olası olan) olurunca fazla sayıda nokta sabit seçilerek, hızların o plakaya göre dönüşümü yapılır. Böylece anlamlı bir hız ve yön kümesi bulunmuş olmaktadır. Bu adım genel olarak ikinci adımla birlikte uygulandığı için değerlendirme işlemi iki adım olarak da tanımlanmaktadır.

Günlük olarak birleştirilen verilerin doğruluğundan bahsetmek istenirse tekrarlılıklara bakılması gerekir. Tekrarlıkları bulmak için GLOBK kalman filtrelemesi yazılımının GLRED alt yazılımı kullanılmaktadır. Bu komutun çalıştırılması GLOBK yazılımının altında olup tekrarlılık için yazılmış bir komut dosyası ile yönetilir. Böylece ölçülerdeki kaba hataları belirlenebilmekte ve ölçülerin güvenilirliği hakkında bilgilere ulaşılabilmektedir. GLRED alt yazılımının sonuçlarını yorumlayabilmek için zaman serilerinde hesaplanan nrms ve wrms değerlerine (EK.C) ve bunları da içeren zaman serisi tekrarlılıklarının incelenmesi gerekir. İstasyonların dört kampanyaya ait tekrarlıkları EK-D'de verilmiştir. nrms ve wrms değerleri tekrarlılıkların doğrulukları hakkında bilgi verir.

nrms =
$$\sqrt{\frac{\sum \left(\frac{r}{\sigma}\right)^2}{n-1}}$$
 (6.1)

wrms =
$$\sqrt{\frac{\left(\frac{n}{n-u}\right)\sum\left(\frac{r}{\sigma}\right)^2}{\sum\left(\frac{1}{\sigma}\right)^2}}$$
(6.2)

r = Serbestlik derecesi

 σ = varyans

nrms = normalize edilmiş karesel ortalama hata

wrms = ağırlıklandırılmış karesel ortalama hata

Tekrarlılıkları kontrol edilen günlük işlenmiş veriler daha sonra yıllık işlenmiş veri oluşturmak için GLOBK yazılımı ile birleştirilir. Birleştirme işlemi için de farklı bir komut dosyası kullanılır. Bu çalışmada günlük veriler birleştirilerek yıllık işlenmiş veri kümeleri elde edilmiş ve bu işlem dört kampanya için de yapılmıştır. Bu birleştirme işlemi dört adımda gerçekleştirilmiştir. İlk adımda IGS h dosyaları birleştirilir ve her bir işlenmiş veri dosyasının birlikte değerlendirileceği kendisinden öncekilerle uyumunu gösteren öncül chi-kare değeri kaydedilir. Kullanılan igs işlenmiş veri (h dosyaları) dosyaları igs1 ve igs2 ağlarından alınmaktadır. Sonra eura h dosyalarını birleştirilir ve ortaya çıkan prt dosyasındaki öncül chi-kare değeri kaydedilir. Diğer adımda ise aynı işlem projenin h dosyaları ile yapılır. Kayıt edilen bu değerler tüm h dosyalarının birleştirmesi olan son aşamada dosyaların ağırlıkları olarak verilmektedir. Bu işlemler her yıl yapılan günlük ölçmeler için ayrı ayrı yapılır. Böylece her bir yıla ilişkin işlenmiş ve birleştirilmiş veri dosyaları elde edilir.

Bir sonraki aşamada öncelikle yıllık verilerin kontrolü için tekrar GLRED alt yazılımı çalıştırılır ve tekrarlılıklara bakılarak kontrol edilir. GLOBK yazılımı GLORG alt yazılımını otomatik olarak çalıştırmasına rağmen ikisini de çalıştırırken farklı komut dosyaları kullanılmaktadır. GLOBK ile hız kestirimi yapılıp GLORG ile bu hızlar, istenen levha için sabit olduğu öngörülen noktalar yardımıyla istenen levhaya göre bağıl olarak hesaplanırlar. Bu çalışmada Avrasya levhası sabit alınmış ve bu levhayı temsil etmek için kullanılan sabit istasyonlar Çizelge 6.5'de verilmiştir.

Çizelge 6.5'de verilen noktalar seçilirken birçok nokta ve yayın taranmıştır. Euref ağına ait noktalar, McClusky (2000), IGS istasyonlarından birçoğu ve Aktuğ ve Kılıçoğlu (2006) yayınlarında kullanılan ve Avrasya levhasını temsil eden noktalar denenmiş ve en küçük rms (KOH-Karesel Ortalama Hata) değeri Çizelge 6.5'de

verilen ve McClusky (2000) yayınında da kullanılan karma istasyon noktalarında elde edilmiştir (Çizelge 6.6).

İstasyon	Bulunduğu Yer
YAKT	Yakutsk, Rusya
IRKT	Irkutsk, Rusya
KSTU	Kransnoyarsk, Rusya
ARTU	Arti, Rusya
ZWEN	Zwenigorod, Rusya
GLSV	Kiev/Golosiiv, Ukrayna
GRAZ	Graz-Lustbuehel, Avusturya
WSRT	Westerbork, Hollanda
POTS	Potsdam, Almanya
WTZR	Wettzell, Almanya
KOSG	Kootwijk, Hollanda
CAGL	Cagliari, İtalya
NRIL	Norilsk, Rusya
NVSK	Novosibirsk, Rusya
VILL	Villafranca, İspanya

Çizelge 6.5 : Referans olarak kullanılan istasyonlar.

	İTÜ	McClusky ve		Aktuğ ve
	Değer.	diğ., 2000	EUREF IGS	Kılıçoğlu, 2006
	ARTU	BOR1	ANKR	VILL
	CAGL	BRUS	BOR1	POL2
n	GLSV	GRAZ	CAGL	KIT3
ula	GRAZ	HERS	ELAT	JOZE
lan	IRKT	JOZE	GRAS	ONSA
kul	KOSG	KIT3	GRAZ	BOR1
ii	KSTU	KOSG	JOZE	KOSG
k iç Irı	NRIL	METS	KIT3	MATE
nak ala	NVSK	NYAL	LAMA	GRAZ
lan okt	POTS	ONSA	MADR	POTS
	VILL	POL2	MATE	WTZR
tan yor	WSRT	POTS	METS	
tas	WTZR	TROM	ONSA	
isi	ZWEN	WTZR	POL2	
evh	YAKT	ZIMM	POTS	
a le		ZWEN	SFER	
asy			VENE	
Vr:			VILL	
A			WSRT	
			WTZR	
			KOSG	
Hız ort. RMS (mm)	0.50	0.59	1.10	0.60
Chi2	1.001	0.989	0.980	0.989

Çizelge 6.6 : Referans istasyonların test sonuçları.

Elde edilen hız bileşenleri 4 yıllık olabildiği gibi daha farklı yılların birleştirilmesi ile de hesaplanabilir. Dört senelik verilerin bulunması birçok kombinasyon yaparak, bölgedeki hız değişimini ve verilerin doğruluğu hakkındaki bilgileri kontrol etmemizi sağlar. Bu kombinasyonlarda (1., 2.ve 3.), (1., 3. ve 4.), (2., 3. ve 4.) ve (1., 2. ve 4.) kampanyalar birleştirilmiştir (EK.E), böylece tüm kombinasyonlar karşılaştırılabilir. Sonuçlar hakkında yorum yapmak içinse dört senenin verileri ile beraber elde edilen hız farklarının kullanılması uygun olacaktır (EK.F).

7. GPS VERİLERİNİN MODELLENMESİ

7.1 Giriş

Çalışma bölgesine ait detaylı sismik ve tektonik bilgiler bölüm 5'de verilmiştir. Tektonik hareketlerin belirlenmesinde önemli bir araç olan GPS verileri, yamulma (gerinim-strain) analizi yapılarak yorumlanmıştır. Analiz için gerekli olan model, 1973 yılında Savage ve Burford tarafından temelleri açıklanan ve 1985 yılında Okada tarafından nümerik olarak ifade edilen ve 2002 yılında McCaffrey tarafından yazılım haline getirilen (DEFNODE) elastik yarı-uzay dislokasyon (elastic halfspace dislocation) modelidir. Model çıktıları GMT ile çizilmiştir (Wessel ve Smith, 1998). GMT betikleri ise Yrd. Doç. Dr. Ziyadin Çakır tarafından hazırlanmıştır (Çakır, 2008).

7.2 DEFNODE Yazılımı

DEFNODE, blok sınırlarındaki faylar üzerindeki yamulma, deprem anı (cosismik) atım ve blok dönüklüklerini modellemek için kullanılan bir yazılımdır. Blokları ayıran fayların, intersismik hareketi ve euler kutbu ile tanımlanan blok hareketleri dikkate alınarak hesaplamalar gerçekleştirilir.

DEFNODE yazılımı temel olarak Okada (1985) yayınında açıklanan temel eşitliklere dayalı olarak kısaca aşağıda ifade edilen modeli kullanmaktadır.

Bu model, rotasyonel hareketin blok sınırlarında etkin olduğunu ve bloğun iç kısmında deformasyon oluşmadığı temeline dayanır. Fay sınırları ile ayrılan bloklar birbirlerine göre rölatif hareket ederler ve bir kutup etrafında dönerler. Üç boyutlu uzayda blok hareketini (deformasyonunu) açıklayan kuram Euler kuramıdır. Blokların dönme merkezine de Euler kuptu denir. Yazılım Euler parametrelerine göre sistemi hareket ettirir ve fay sınırları ile ayrılan bloklara rotasyonel hareket getirir. Elastik deformasyon, Savage (1983) ve Okada (1985) yayınlarında detayları ve formülasyonu verildiği şekilde hesaplanır. Bir sonraki adım ise phi değerinin hesabı ve "Euler hızı-(phi*Okada hız)" ile hareketsizlik oranının (Slip deficit/back slip) hesaplanmasıdır.

Bu model, litosferin faylarla sınırlı kapalı bloklardan oluştuğunu ve tanımlanan fayların üç boyutlu uzayda noktalarla gösterildiğini kabul eder (McCaffrey, 2002; Galgana ve diğ., 2007). Fayların derinliği sismik aktiviteye göre girilebileceği gibi en küçük kareler, monte-carlo veya chi2 test yöntemleri ile en iyi çözüm bulunarak modele dahil edilebilir. Rölatif blok hareketleri, Euler kutup hareketlerine göre hesaplanmaktadır. Elde var olan GPS hızları, fay geometrisi ve Euler kutup parametrelerine göre bloklar hareket ettirilir. Bu bağlamda elde edilen elastik deformasyon, elastik yarı uzay modelleme ile Okada, (1985)'de verilen eşitlikler yardımıyla hesaplanır. Noktalar ile tanımlanan fay geometrisinde noktalar arasında kalan alanda hesaplamalar biliner enterpolasyon ile yapılır (McCaffrey, 2002). Kilitli fayların belirlenmesi için phi (φ -fay etkileşim parametresi) değeri türetilmektedir. Bu değer,

$$\varphi = 1 - \frac{V_c}{V} \tag{7.1}$$

olarak verilmektedir (Galgana ve diğ., 2007).

Burada, Vc kısa dönem yer değiştirme oranını (short term displacement rate) ve V ise uzun dönem kaymayı (long term slip rate) göstermektedir. Uzun dönem ve kısa dönem kayma eşit olduğunda sonuç sıfır çıkacak dolayısı ile kilitlenme olmadan serbest hareket veya kayma (creeping) durumu gerçekleşecektir. Buna karşın kısa dönem kayma olmadığında phi değeri bir olacak ve sistemin hareketsiz veya kilitli olduğunu gösterecektir.

Phi değerine göre hareketsizlik oranı "back slip/slip deficit" hesaplanır.

Program ile;

- Faylar üzerindeki kilitli noktalar ve deprem anı (cosismik) atım dağılımı
- Blokların euler kutup değerleri
- Blok içindeki gerinim oranı
- Referans sisteme göre GPS hız vektörlerini

hesaplanabilmektedir.

DEFNODE yazılımı giriş parametreleri;

•	GPS hız vektörleri	(gerekli)
•	Yüzey kırığı	(isteğe bağlı)
•	Deprem ile olușan atım	(isteğe bağlı)
•	Yayılma oranı	(isteğe bağlı)
•	Dönme hızı	(isteğe bağlı)
•	Fayın kayma değerleri	(gerekli)
•	Blok sınırları	(gerekli)
•	Sismik derinlik ve fayın geometrisi	(gerekli)
•	Fayın başlangıç ve kırık noktalarının koordinatları	(gerekli)

olarak verilmektedir (URL-10).

Program Unix platformunda çalışmak üzere tasarlanmıştır. f77 fortran derleyici ile derlenerek çalıştırılabilir. Ayrıca cywing Unix emilatörü altında g77 ile derlenerek Windows ortamında da kullanılabilir.

Programın çıktı olarak verdiği değerler;

- Giriş parametrelerinin özeti
- Parametre kestirimine ait karesel ortalama hatalar
- Fayın tanımında kullanılan noktalara ait bilgi özeti
- Kutup parametre bilgileri
- GPS hız vektörüne ait artık hız bilgisi
- GPS hız alanının dönüklük (rotasyon) bilgisi
- GPS hız alanına ait deformasyon bilgisi
- Blok modellemeye ait çizim bilgileri (GMT ile çizilebilir)
- Belirli bir noktaya bağlı göreli hız bilgisi
- Tanımlanan fay segmentlerine ait bilgiler

olarak kısaca tanımlanabilir (URL-10).

Yazılımın kullandığı fayların modellenmesi için fay hattını tanımlayan, koordinatları bilinen noktalar dizisinden yararlanılmaktadır. Dolayısıyla faylara ait geometrinin detaylı olarak bilinmesine ihtiyaç vardır. Çalışma bölgesine ait fay bilgileri Prof. Dr. Okan Tüysüz ve çalışma ekibi tarafından 2001 yılında arazi çalışmaları ile belirlenmiştir ve İşseven ve Tüysüz (2006)'da yayınlanmıştır. Belirlenen faylar haritalanmış ve bölüm 5'de sunulmuştur. Yazılıma hesap kolaylığı sağlaması açısından faylar sadeleştirilerek, geometride değişimin olduğu köşeler, kırıklar ve kesiklikler noktalarla ifade edilmişlerdir Ayrıca bölgenin üç fay ile bölündüğü Kuzeyden güneye KAF ana kol, Laçin ve Sungurlu faylarının sırasıyla yer aldığı varsayılmıştır (Şekil 5.13 ve Şekil 7.1).

Yapılan değerlendirmede Laçin fayının ayırdığı CANK bloğunda ölçülen hız vektörleri ile model vektörleri arasında uyuşumsuzluk ortaya çıkmıştır (Şekil 7.1 ve Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1 : Dört blol	k ile yapılan	değerlendirme.
-------------------------	---------------	----------------

Blok	DEFNODE Sonuçları
cank	5.513- Chi2
okaf	6.701- Chi2
avra	1.36mm-wrms
cank	2.34mm-wrms
okaf	2.59mm-wrms
anad	1.66mm-wrms

değerlerine ulaşılmıştır.

Fay geometrisi değiştirildiğinde model sonuçlarının daha olumlu ve ölçülen değerler ile model değerlerinin birbirine uyuştuğu belirlenmiştir (Çizelge 7.2).



Şekil 7.1 : Çalışma bölgesinin dört bloklu model çizimi. Her bir renk bir bloğu, her bir çizgi fay hattını ve her bir mavi nokta fayın ve blokların tanımlandığı noktaları göstermektedir. Kırımızı oklar model, siyah oklar ise GPS hız vektörlerini ifade etmektedir. Kesikli çizgiler AA' ve BB' güneyden kuzeye bölgede faya dik geçirilen profilleri göstermektedir.

Yazılım, her fayın sınırladığı blok için rotasyonel hareket hesaplamaktadır. Laçin fayının ayırdığı CANK ve OKAF blokları için ayrı ayrı rotasyonel hareket hesabı yapılması durumunda GPS vektörleri ile model vektörleri birbirinden özellikle bölgenin batısında ayrılmaktadır (Şekil 7.1). Bunun en temel nedeni Laçin fayının ana kol ile beraber hareket etmesidir. Yapılan değişiklik, Laçin fayının geometrisinin yazılıma giriş parametresi olmaktan çıkartılmasıdır. Böylece CANK ve OKAF blokları tekbir blok haline getirilmiş ve CANK olarak isimlendirilmiştir. Laçin fayı olmadan bölge üç bloklu, iki faylı bir sisteme dönüştürülmüştür (Şekil 7.2 ve Çizelge 7.2).

Blok	DEFNODE Sonuçları
cank	1.259- Chi2
avra	1.76mm-wrms
cank	1.98mm-wrms
anad	1.10mm-wrms

Çizelge 7.2 : Üç blok ile yapılan değerlendirme.

değerlerine ulaşılmıştır.



Şekil 7.2 : Çalışma bölgesinin üç bloklu model çizimi, (Her bir renk bir bloğu-avra; Avrasya, cank-Çankırı, anad-Anadolu bloğunu, her bir çizgi fay hattını – Kuzeyden güneye KAF Anakol ve Sungurlu ve her bir mavi nokta fayın ve blokların tanımlandığı noktaları göstermektedir. Yeşil oklar açılma veya sıkışmayı, kırmızı oklar model ve siyah oklar ise GPS hız vektörlerini ifade etmektedir, kesikli siyah çizgiler bölgede alınan faya dik profilleri göstermektedir).

Kuzey Anadolu Fayı (KAF) orta kısmında yapılan GPS kampanyasına ait verilerin değerlendirmesi sonucunda elde edilen hız vektörleri bu program yardımı ile değerlendirilmiş ve bölgeye ait profiller geliştirilmiştir (Şekil 7.2).

Yazılıma giriş verisi olarak üç blok, kapalı bir alan oluşturacak şekilde tanımlanmıştır. Her bir blok birbirine fay hattı ile sınır oluşturmaktadır. Fay hatlarının dış kısımları kapalı alan oluşturmak üzere uzatılmış ama hesaplamalara katılmamıştır. KAF'nın ana kolunun ayırdığı 2 blok avra ve cank olarak isimlendirilmiştir. Sungurlu fayının ayırdığı bloklar cank ve anad olarak isimlendirilmiştir (Şekil 7.2). Belirlenen bloklara ait euler kutup değerleri McClusky ve diğ. (2000) yayını temel alınarak programa verilmiştir. Yazılım, başlangıç olarak verilen parametreleri kullanarak yeniden euler kutbunu hesaplamaktadır (Şekil 7.3 ve Çizelge 7.3).



Şekil 7.3 : Çalışma bölgesinin euler kutup (pole) çizimi, (Mavi ve yeşil çemberler sırasıyla Çankırı ve Anadolu bloklarının euler kutbunu ve merkezini göstermektedir).

Blokları Ayıran Faylar	İTÜ Değ. Enlem/Boylam	McClusky ve diğ., 2000 Enlem/Boylam
KAF Ana kol	31.6°/32.6°	210/220
Sungurlu	30.9°/32.4°	51 / 52

Çizelge 7.3 : Euler kutup koordinatları.

Bölgede kilitlenme derinliği deprem odak çözümlerine bağlı olarak (Çizelge 7.4) ve Reilinger ve diğ (2006) yayınında verilen değerler esas alınarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar iteratif olarak kilitlenme derinliği değiştirilerek chi2 değerinin bir veya bire en yakın olduğu değer elde edilinceye kadar sürdürülmüştür. Chi2 değeri 16 km için 1 değerine yakınsadığından bu değer kullanılmıştır (Çizelge 7.4 ve Çizelge 7.5).

Çizelge 7.4 : Depremler ve oluştukları derinlikler.

Coursh aritaria:			
Start date: 1976/1/1 End date: 2009/4/10			
$38 \le 43$ $32 \le 38$			
0 <=depth<= 1000 -9999 <=time shift<= 9999			
$0 \le mb \le 10$ $0 \le Ms \le 10$ $0 \le Mw \le 10$			
0 <=tension plunge<= 90 0 <=null plunge<= 90			
Boylam	Enlem	Derinlik (km)	Deprem
33.62	40.39	16	100577C
35.02	40.52	15	081496A
35.18	40.86	15	081496B
32.7	40.75	15	060600B
34.66	40.82	19	200504292228A
37.31	40.47	16	200505120925A
33.1	39.46	14	200507302145A
33.06	38.91	12	200712131806A
33.1	39.43	12	200712200948A
33.05	39.55	15	200712262347A
33.25	40.3	17	200801310001A
35.46	38.92	17	200811121403
Ortalama		15.25	

Kaynak: URL-11



Çizelge 7.5 : DEFNODE ile yapılan derinlik&Chi2 değerlendirmesi.

Sismik kilitlenme derinliği 16 km olarak belirlendikten sonra bloklar arasında kalan faylara ait hızlar hesaplanmıştır (Şekil 7.4 ve Şekil 7.5).



Şekil 7.4 : KAF ana kol için Avrasya levhasına göre ortalama hız ve derinlikteki değişimi.



Şekil 7.5 : Sungurlu fayı için Avrasya levhasına göre ortalama hız ve derinlikteki değişimi.

KAF ana kol ve Sungurlu faylarının hareketsiz (kilitli) veya serbest olup olmadığına bakılmıştır. Bu durumu gösteren parametre phi değeri olarak ifade edilmiştir (Wallace ve diğ., 2004; Galgana ve diğ., 2007). Phi değeri 1 olduğunda hareketsiz (kilitli), 0 olduğunda serbest bir hareket var anlamı taşımaktadır (Şekil 7.6 ve Şekil 7.7).



Şekil 7.6 : KAF ana kol için phi değeri.



Şekil 7.7 : Sungurlu fayı için phi değeri, (Phi değeri 1 ise hareketsiz (kilitli), 0 ise serbest (creeping) ifade etmektedir.

İlk olarak, bölgenin hareket karakteristiği ortaya konmaya çalışılmıştır. Bölgenin faya paralel ve dik bileşenli hareket vektörleri hesaplanarak grafiği çizilmiştir (Şekil 7.8 ve Şekil 7.9).



Şekil 7.8 : Faya paralel hareket.



Şekil 7.9 : Faya dik hareket.

Faya dik ve paralel hareket olmasının nedenleri ve sonuçları bölüm 9'da detaylarıyla verilmiştir.

İkinci olarak, depremsellik için bölgede var olan kilitli fayların deformasyon birikimlerinin belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle bölgede var olan faylara (Sungurlu ve ana kol) dik profiller alınmıştır (Şekil 7.2 kuzey-güney ve kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı iki adet kesikli siyah çizgi).

Bölgede iki iz (track) üzerinde alınan InSAR görüntüleri (bkz. Şekil 8.4) ile çakışık olması için iki profil geçirilmiştir.

Ayrıca Sungurlu fayının doğu kesiminin 1939 Erzincan depremi ile kırılmış olması (Barka, 1996) profilin Sungurlu fayının ortası ve batısına doğru seçilmesinin, bu fay üzerinde varsa deformasyon birikimini yansıtacağı düşünülmüştür. Profil üzerinde, bölüm 2'de açıklanan Reid (1910)'da açıklanan elastik yer değiştirme kuramına göre fay hattının iki yakasında elastik gerinim (deformasyon) birikimi ortaya konmaya çlışılmıştır. Noktaların sağlam zeminde olduğu, fay geometrisinin bilindiği ve rotasyonel hareket dışında tüm parametrelerin hesaptan çıkarıldığı düşünüldüğünde profilleri etkileyen tek faktörün rotasyon ve rastlantısal hatalar olduğu söylenebilir (Şekil 7.10 ve Şekil 7.11).



Şekil 7.10 : Birinci profil (Üst çizim profilin bölgedeki yerini göstermektedir. Alt çizimde yatay eksen; güneyden kuzeye profil uzunluğunu, düşey eksen; yıllık hız değerini ve kırmızı hata çentikleri hızların hatasını, düşey eksene paralel çizgiler sırasıyla kesikli siyah çizgi-Sungurlu fayını, düz siyah çizgi-KAF ana kolu ifade etmektedir.).



Şekil 7.11 : İkinci profil (Üst çizim profilin bölgedeki yerini göstermektedir. Alt çizimde yatay eksen; güneyden kuzeye profil uzunluğunu, düşey eksen yıllık hız değerini ve kırmızı hata çentikleri hızların hatasını, düşey eksene paralel çizgiler sırasıyla kesikli siyah çizgi-Sungurlu fayını, düz siyah çizgi-KAF ana kolu ifade etmektedir.).

Şekil 7.10 ve şekil 7.11'in yatay ekseninin sıfır değeri güneyi ve sayıların artış yönü kuzeyi göstermektedir.

Modelleme sonucunda elde edilen ve sistematik hataları göstermesi nedeniyle önemli olan artık hızlar (residual) kontrol edilmiştir (Şekil 7.12).



Şekil 7.12 : Artık hızlar.

Şekil 7.12'de de görüleceği gibi sistematik olarak yönlenmiş vektör grubu bulunmamaktadır. Bu şekil yapılan değerlendirmenin sistematik hatalardan etkilenmediğini gösteren önemli bir grafiktir.

Ayrıca GPS hızlarının rotasyon çıkmış sonuçları bölgede var olan deformasyonu gösterecektir. Bu bağlamda hesaplanan rotasyon çıkmış hareket vektörleri çizdirilmiştir (Şekil 7.13).



Şekil 7.13 : Rotasyon çıkarılmış hız vektörleri.

Yazılımdan elde edilen tüm sonuçlar toplu olarak EK-G'de sunulmuştur.

8. INSAR DEĞERLENDİRMESİ

8.1 Giriş

InSAR değerlendirmesi, 2006 ile 2008 yılları arasında öncelikle Universite Montpellier 2 kurumunda ve daha sonra İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (İTÜ) yapılmıştır. Fransa'da yapılan çalışmada DIAPASON ve ROI_PAC yazılımları kullanılmıştır. İTÜ'de yapılan çalışmada ise sadece ROI_PAC yazılımı kullanılmıştır. Değerlendirmelerin iki ayrı kurumda yapılmasının başlıca nedeni ESA'dan istenen görüntülerin üç farklı zaman içinde gönderilmesidir. Bu zamansal etki nedeni ile değerlendirmeler Fransa'da tamamlanamamış ve Türkiye'de sonuçlandırılmıştır.

Değerlendirme için kullanılan görüntüler ve yazılımlar bölüm 8.3'de detaylı olarak açıklanmıştır.

Değerlendirme yöntemi olarak iki geçiş yöntemi, iki görüntü ve bir SAM (Sayısal Arazi Modeli) kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan görüntüler ERS uydularına aittir ve SAM SRTM verisinden bölge için ENVI yazılımı ile oluşturulmuştur. DIAPASON yazılımından lisansı İTÜ'de bulunmadığından için sadece Fransa'da yararlanılmış ve sonuçların iki yazılımda kontrollü olarak elde edilmesi için kullanılmıştır. Kullanım kolaylığı açısından açık kaynak kodlu olan ROI_PAC ücretsiz, kodları açık ve kullanımı kolay bir yazılımdır. Her iki yazılımın sonuçları arasında önemli fark yoktur.

8.2 Değerlendirme Adımları

SAR görüntülerinin değerlendirmesi ROI_PAC yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Bu yazılım hakkında detaylı bilgi bölüm 8.3.4'de verilmiştir.

Veri işleme adımlarına geçmeden önce veri seçimi yapılmalıdır. Seçim yapılırken SAR limitleri, hata kaynakları ve çalışmanın özelliğine göre seçim yapılır. Bu adım için bölüm 8.3'de sunulan yazılımlar kullanılarak seçim işlemi hızlı ve kolayca yapılabilir.

ROI_PAC yazılımı ile çalışıldığında şekil 8.1'de verilen akış diyagramına bağlı olarak değerlendirme yapılır. Değerlendirme adımları sırasıyla şu şekilde verilebilir;



Şekil 8.1 : ROI_PAC yazılımı işlem akış diyagramı.

8.2.1 Değerlendirmeye hazırlık

Elde edilen SAR görüntüsü, ham (işlenmemiş) olarak alındığı takdirde odaklanmış SLC (single look complex) görüntüye dönüştürülmelidir. Veriyi ham olarak almak, maliyet ve veriyi değerlendirirken kullanıcıya sağladığı esneklik açısından genellikle tercih edilen bir yoldur. Ham veriler gerçek açıklıklı radar prensibine göre toplanmış veriler olduğu için sentetik açıklıklı radar tekniğine uygun olarak işlenmesi ve/veya işlenmeye hazır hale getirilmesi gerekir. İşlemler sonucunda veride var olan eksik satırlar tamamlanır, varsa hatalı satırlar veriden kaldırılır.

SAR işlemlerinde kullanılan görüntü çiftleri piksel boyutundan daha küçük olacak şekilde eşleştirilmektedir. Sayılan ve kaydedilen veri karşılaştırılır ve eğer eksik satır varsa bir önceki satırın kopyalanması ile tamamlanır (Al-Fares, 2004).

SWST (Sampling window start time) değeri geri yansıtım değerinin başlangıç zamanını belirtir. Bu değerin değerlendirme sırasında sabit olması istenir. Eğer bu değerde bir hata varsa değerlendirme öncesinde düzeltilmesi gerekir (Şengün, 2008, ROI_PAC Dokümanı, 2000).

Toplanan veriler, kompleks sayıdır ve 5 bit olarak kaydedilir. Çok kanallı olan verinin 10 bit olacak şekilde açılması gereklidir. Verilerin saklandığı donanımın depolama alanı yüksek bir kapasiteye sahip olmalıdır.

Değerlendirme öncesi SAR sistemine ait parametrelerin bilinmesi veya elde edilmesi gereklidir. Bu parametrelerden bazıları, sinyal tekrarlama sıklığı, sinyal boyu, sinyalin taşındığı dalga boyu ve örnekleme aralığı olarak verilebilir. Ayrıca uydu yörüngesi ve uyduya ait hız, konum ve referans yüzeyden yükseklik ile yeryuvarı yarıçapının da bilinmesi gereklidir.

8.2.2 Görüntü eşleştirme ve faz farkının belirlenmesi

Yazılım genlik bilgilerinden yararlanarak iki kompleks görüntüyü eşleştirir. Eşleştirme ile iki görüntü arasında oluşan küçük kayma vb. hatalar giderilmiş olur. Bu adımda yapılan işlem kısaca şöyle özetlenebilir; görüntülerdeki mesafe (rangemenzil) verisi topografya ve baz ile ilişkilidir. Bu nedenle görüntülerin eşleştirilmesi gereklidir. Birincil (master) ve ikincil (slave) görüntünün eşleştirilmesi yapılırken sistemin sınırları ve hataları (distorsiyonlar, ötelenmeler ve kayıklıklar) göz önüne alınır. Birincil görüntüde oluşturulan parça (64x64 piksel boyutunda), ikincil görüntüde oluşturulan parça (124x124 piksel boyutunda) ile karşılaştırılır. İkincil görüntüde daha fazla pikselli parça ile birincil görüntüdeki birçok parçanın kapsanması sağlanır. Böylece ikincil görüntü parçası birincil görüntüde birden fazla parçayı kapsar. Bu eşleştirme ile SNR (sinyal gürültü oranı) eşik değerini aşıp aşmadığı karşılaştırılarak korelasyonun en yüksek olduğu eşleşme bulunur. Bu adımda daha önceden odaklanmış genlik değerleri eşleştirme için kullanılır (Bürgman ve diğ., 2000; Al-Fares, 2004). ROI_PAC yazılımına eşik değeri kontrol dosyasında verilerek bu adım yönetilmektedir. Eşleştirmenin hassas olarak yapılmadığı durumlarda özellikle komşu piksellerin bozucu etkileri ve hataları değerlendirmeye fonksiyonel olarak girmekte ve değerlendirmenin tüm işlemlerine yayılmaktadır.

İnterferogram, 2 görüntüde kompleks değere sahip piksellerin eşlenik çarpımı ile oluşan yeni görüntüdür (Bürgman ve diğ., 2000; Al-Fares, 2004). Görüntülerin alınması esnasında bakış açısı farklılığı olması durumunda spektral öteleme olacaktır. Bu durum interferograma gürültü oluşturan temel unsurlardan birisidir. Bu hatanın belirlenip giderilmesi gerekir. ROI_PAC yazılımı bu hatanın giderilmesi için spektral filtreleme uygulamaktadır.

Oluşturulan interferogram, iki görüntünün alındığı zamanına bağlı olarak topografya ve deformasyona ait faz değerlerini gösterir. Bu noktada, interferogramdaki faz değerlerini etkileyen bir büyüklük daha vardır, yeryuvarı eğriliği. Yeryuvarı eğriliği nedeniyle interferogramda istenmeyen faz değerleri yani fringeler meydana gelebilecektir. Bu etkinin belirlenip interferogramdan kaldırılması gereklidir. Bunun için yazılım, SAR geometrisinden ve yörünge bilgisinden yararlanır ve bu etkiyi interferogramdan kaldırır. Bu işlem düzleme indirgeme (flattening) olarak adlandırılır (Bürgman ve diğ., 2000; Al-Fares, 2004).

Bu işlemlerden sonra görüntülerin alım noktaları (faz merkezleri) arasındaki mesafenin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem kısaca baz hesaplama olarak adlandırılmaktadır (Bürgman ve diğ., 2000; Al-Fares, 2004; Şengün, 2008). Baz değerine bağlı olarak topografyanın bozucu etkisi artmakta veya azalmaktadır. Bölüm 4.2'de baz bileşenine ait bilgi verilmiştir.

8.2.3 Korelâsyon ve filtreleme

Korelâsyon, alınan görüntülerin benzerlik derecesi olarak ifade edilebilir. Alım zamanına bağlı olarak görüntülenen bölgede meydana gelen değişimler veya bölgenin elektriksel özelliğinde oluşan değişim korelâsyonu etkilemektedir. Özellikle yağışlı bölgelerde, atmosferdeki değişim, çalışılan bölgenin su vb. materyallerle kaplanması veya tarım faaliyetleri vb. insan nedenli değişiklikler görüntülerde uyuşumsuzluğa sebep olmaktadır. Bu durum rastlantısal bir olay olup istatistiksel olarak değerlendirilir. Bu amaçla üretilen birçok istatistiki değerlendirme algoritması yayınlanmıştır (URL-12, Bürgman ve diğ., 2000; Al-Fares, 2004).

SAR görüntüleri daha önce de bahsedildiği üzere birçok hata kaynağı nedeniyle istenmeyen veri bozuklukları içermektedir. Bu hatalar bu işlem adımına kadar giderilmeye çalışılmışsa da tamamen ortadan kaldırılamamıştır. Veride var olan hataların sebep olduğu lokal faz değişimi ve spektral hatalar interferogramın kalitesine etki etmektedir. Bu nedenle interferogramın kalitesinin arttırılabilmesi için filtre uygulanması gereklidir. SNR (sinyal gürültü oranı) değerinin arttırılması için birçok algoritma yayınlanmıştır. ROI_PAC yazılımı Goldstein ve Werner (1998) yayınında detayları açıklanan filtreleme algoritmasını kullanmaktadır. Bu işlemler ile görüntü üst üste binecek şekilde alt gruplara ayrılır ve Fourier transformasyonu ile yumuşatılır. Alt gruplar bir biri üzerine çakıştığı için uç noktalarda kesiklikler oluşmaz veya en az seviyede oluşur. Bu işlem ile bir sonraki adım olan faz çözümü işlemi de kolaylaştırılır.

8.2.4 Faz çözümü (unwrapping) ve mutlak fazın hesaplanması

İnterferometride, faz değeri topografya ve deformasyonla ilişkili ve bu iki etkinin sonucunda değişen ölçüdür. Ölçülen faz değeri ise mutlak faz değerinin 2π modudur. Mutlak faz değerinin belirlenmesi için ölçülen faz değeri n tane 2π ile toplanması gerekir. Yani ölçülen faz değerinin çözülmesi ve mutlak faz değerinin hesaplanması gereklidir (Zebker ve Lu; 1998, Şengün, 2008).

Faz çözümü için geliştirilmiş birçok algoritma vardır. Bu algoritmaların başlıcaları Zebker ve Lu, (1998) yayınında incelenmiş ve ROI_PAC yazılımında da kullanılan "residue-cut tree" algoritması en efektif sonuçları vermiştir. Bu olgoritmada, mutlak fazı belirlemek için ilk olarak faz değerleri ayrıştırılmaktadır. Komşu pikseller arasında faz değerinin en fazla 2π 'nin yarısı kadar değişebileceği eğer daha fazla değişim varsa bunun artık (residue) olarak tanımlanması varsayılmıştır. Elde edilen artık değerler en yakın olan ile bir ağacın kolu gibi birleştirilir ve bir ağacın büyümesi gibi birbirine bağlanır. Tüm artık değerler birbirine bağlandığında bu lokasyonlar maskelenerek görüntüden çıkartılır. Burada temel yaklaşım komşu pikseller arasındaki faz değişim oranı yani faz gradyentidir. Daha öncede belirtildiği üzere 2π 'nin yarısı olacak şekilde iki komşu piksel arasında bağlantı kurulmaktadır. Faz kesikliğinin olduğu yerlerde ise bu yerler belirlenerek işlemden ayıklanmaktadır (Al-Fares, 2004; Şengün, 2008).

Mutlak faz değerine ulaşmak için birçok yöntem olmasına karşın en fazla tercih edilen yöntem yer kontrol noktası kullanılmasıdır. Çözülen faz değeri ile bilinen noktanın yüksekliği değerlendirilerek faz kayıklıkları ve gerçek faz değeri belirlenir (Al-Fares, 2004; Şengün, 2008).

Bu işlem GPS değerlendirmesinde karşılaşılan tam sayı devir kesikliği ile benzeşmektedir.

Faz çözümü ve mutlak faz belirlenmesi işlem adımı kendinden önceki işlem adımlarına bağımlı olması önceki adımlarda yapılacak hataların bu adıma etki etmesine sebep olmaktadır. Bu anlamda önceki adımlardan bağımsız probleme yaklaşan bir çözüm önerilmemiştir (Tsay and Chen, 2001).

8.2.5 Yer merkezli koordinat sistemine dönüşüm (Geocoding)

Değerlendirme işlemleri radar anteni bakış yönünde yapılmaktadır. Bu adım da ise interferogramın yer merkezli koordinat sistemine dönüştürülmesi islemi gerçekleştirilir. SAR geometrisi, SAM, yörünge bilgisi ve kontrol noktası ile görüntü yermerkezli koordinat sitemine dönüştürülür. İlk olarak görüntülerin lokal koordinat sistemi ile ver merkezli koordinat sistemi arasında ilişki kurulur (satır/sütun→enlem/boylam). İkinci olarak dönüşüm fonksiyonu yardımıyla resim koordinatları dönüşeceği yermerkezli koordinatlara oturtulur ve enterpolasyon ile piksel bazında yeni koordinatlar belirlenir ve yeniden örneklenen görüntü yer merkezli koordinat sistemine dönüştürülmüş olur (URL-13).
8.3 Yazılımlar

InSAR değerlendirmesi sırasında kullanılan yazılımlar alfabetik sıra ile aşağıda verilmiştir. Bu yazılımlardan DESCW99 ve EoliSA Windows işletim sistemi üzerinde çalışan ve ücretsiz olarak internet üzerinden elde edilebilen yazılımlardır. ENVI ve DIAPASON yazılımları ise Windows veya Linux işletim sistemi üzerinde çalışmaktadır ve lisanlı yazılımlardır. ROI_PAC Linux üzerinde çalışan ve akademik (ticari olmayan) çalışmalar için ücretsiz bir yazılımdır.

8.3.1 DESCW99

DESCW99 (Earth remote sensing Swath Coverage for Windows) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu yazılım ile ERS-1/2, LANDSAT-5/7, JERS-1, TERRA/MODIS ve ENVISAT yer gözlem uydularının görüntülerinin yeryüzünde kapladığı alanları görmek mümkündür. Böylece çalışma bölgesine ait görüntüler belirlenebilir ve sipariş edilebilir (URL-14).

8.3.2 ENVI

ENVI (The Environment for Visualizing Images), uzaktan algılama görüntülerinin temel değerlendirmelerinin yapılabildiği ve elde edilen sonuçların görüntülenebildiği çok kullanışlı ve yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. ENVI yazılımı kendi içinde kullanıcıya birçok araç sunmaktadır;

- Genel ENVI Fonksiyonları
- Sınıflandırma Araçları
- Transformasyon Araçları
- Haritalama Araçları
- Hiperspektral Araçlar
- Radar ve Topografik Araçlar
- ENVI Programlama Araçları
- Çeşitli (GIS, HDF, Bitki Örtüsü Analiz, FLAASH)

(URL-15)

8.3.3 EoliSA

EoliSA ESA'nın interaktif olarak kataloglarının taranması, sipariş verilmesi ve verilen siparişlerin izlenmesi için ücretsiz bir yazılımdır. Bunun yanında, diğer OpenGIS map sunucularına ulaşmayı ve çalışma alanına uygun interferometrik SAR sorgulamaları yapmayı mümkün kılar.

EoliSA iki durumda çalışma özelliğine sahiptir

- Online
- Offline

Online çalışma sırasında EoliSA ESA/ESRIN sunucusuna bağlanır ve sunucu üzerinden ürün detayı incelemeye ve görüntülerin taranmasına izin verir. Offline çalışma sırasında ise internet bağlantısı olmadan katalog sorgulamayı lokal diskte yapabilir (URL-16).

8.3.4 ROI_PAC

ROI_PAC (Repeat Orbit Interferometry Package) JPL/Caltech tarafından geliştirilmiş yaygın olarak kullanılan InSAR değerlendirme yazılımıdır. Program algoritmaları PERL programlama dili ile kontrol edilmektedir. Bu yazılım, ticari olmayan akademik çalışmalar için ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. Çalıştığı ortamlar Unix tabanlı işletim sistem(ler)idir.

Deformasyon belirleme amaçlı çalışmalarda, bölüm 4 ve 8.1 ve 8.2'de sözü edildiği gibi değerlendirme iki yolla yapılmaktadır.

Birinci yol, iki görüntü ve SAM (Sayısal arazi Modeli) ile yapılmaktadır. Görüntülerden biri deformasyonu oluşturan olay öncesinde ikincisi ise olaydan sonra alınmış olmalıdır. Bu yöntemde SAM topografik etkiyi interferogramdan kaldırmak için kullanılmaktadır.

İkinci yol ise üç veya daha fazla görüntü ile iki ve daha fazla interferogram oluşturmaktır. Bu durumda iki görüntü deformasyonu oluşturan olaydan önce alınmalı ve mümkün olduğunca yakın tarihli olarak seçilmelidir. Bunun nedeni bu iki görüntüden oluşacak interferogramda deformasyon olmamasını sağlamaktır. Elde edilen interferogram topografyanın elemine edilmesinde kullanılacaktır. Deformasyon için üretilen interferogramdan topografyanın etkisinin elemine edilmesi için iki interferogramın uygun piksellerinin faz değerleri birbirinden çıkarılır (ROI_PAC Dokümanı, 2000).

ROI_PAC yazılımı, hem iki geçiş hem de üç geçiş yöntemi için kullanılabilir. Buna karşın, çalışma bölgesi olan KAF'nın orta kesiminde elde ettiğimiz interferogramlar intersismik olduğu için deformasyon içerme olasılığına sahiptir. Bu nedenle SAM bilgisini dışarıdan alarak (örneğin SRTM-Shuttle RADAR Topography Mission) iki geçiş yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

ROI_PAC ile iki geçiş yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirmenin üç önemli bileşeni vardır, SAM, veri ve yörünge bilgisi.

SAM bilgisi SRTM'in 1 saniye çözünürlüklü verisinden çalışma alanını kapsayacak şekilde türetilmiştir. Bu işlem sırasında 33–37 derece enlemi ve 40–42 derece boylamı arasında kalan SRTM verisi ENVI yazılımı ile birleştirilmiştir (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 : Orta-KAF (OKAF), Çalışma bölgesine ait SAM.

ERS verileri 2006 Eylül ayında (Universite Montpellier 2 kurumunca) sipariş edilmiştir. Sipariş edilen veriler ascending (artan) ve descending (azalan) yörünge üzerinde olmak üzere iki gruptur. Bu görüntüler DESCW99 yazılımı ile belirlenmiştir ve tamamı 18 adettir. Ayrıca 2008 yılında Yard. Doç. Dr. Ziyadin Çakır'dan, Çakır ve Akoğlu (2008) yayınında da kullanılan 3 görüntü kullanılmıştır (Çizelge 8.1, 19, 20 ve 21 nolu görüntüler). Elde edilen görüntülerin her ikili seçiminden görüntü çiftleri oluşturulamamıştır. Bunun sebebi her çiftin dik (normal) baz bileşeninin uygun olmamasıdır. Burada DSCW99 yazılımından yararlanılarak, Track (iz numarası) üzerinde görüntülerin dik baz mesafelerine bakılmış ve bölüm

4.1'de de anlatıldığı üzere 100m civarında ve daha küçük bazlı görüntüler işlenmiştir (Şekil 8.3, Şekil 8.4).



Şekil 8.3 : DESCW Yazılımı ile dik baz mesafelerinin belirlenmesi.



Şekil 8.4 : Çalışma bölgesine ait görüntülerin yerleri (Kırmızı çerçeve-descending (iniş-azalan) yörüngede, Yeşil çerçeve-ascending (çıkış-artan) yörüngede alınan görüntüyü belirtmektedir).

Sıra No	Tarih	Frame	Track	Uydu
1	920513	2781	164	ers l
2	920826	2781	164	ers l
3	921209	2781	164	ers l
4	930402	0819	300	ers l
5	930611	0819	300	ers l
6	950421	2781	164	ers l
7	950604	0819	300	ers l
8	950805	2781	164	ers2
9	951223	2781	164	ers2
10	970609	0819	300	ers2
11	990501	2781	164	ers2
12	990510	0819	300	ers2
13	990719	0819	300	ers2
14	990926	0819	300	ers l
15	990927	0819	300	ers2
16	991127	2781	164	ers2
17	000415	2781	164	ers2
18	001007	2781	164	ers2
19	920930	2781	164	ers l
20	920617	2781	164	ersl
21	950526	2781	164	ersl

Çizelge 8.1 : SAR veri listesi.

Elde edilen görüntülerden oluşturulan çiftler Çizelde 8.2'de verilmiştir.

Elde Edilen görüntüler VDF (Volume Directory File-bölümlendirme bilgi dosyası), DAT (Raw data file-veri dosyası), LEA (SAR leader file-başlık dosyası) ve Null volume file (boş bölüm dosyası)'dan oluşmaktadır. Bu düzende oluşturulan SAR veri setine CEOS (The Committee on Earth Observation Satellites) formatı adı verilmektedir.

VDF dosyası medya üzerinde saklı verinin düzenini bildiren dosyadır.

DAT dosyası veri setini içermektedir.

LEA dosyası SAR veri seti hakkında önemli bilgileri içermektedir: verinin boyutu, uydunun yüksekliği ve hızı, alımın yapıldığı merkezin enlemi - boylamı ve alım zamanı vb. (ROI_PAC Dokümanı, 2000).

Çizelge 8.2 : Değerlendirilen görüntü çiftleri.

Descending-Azalan		
Birincil Görüntü (Master)	İkincil Görüntü (Slave)	
920930	950805	
	951223	
920617	950526	
	990501	
	991127	
950805	000415	
	001007	
950526	990501	
	991127	
	001007	
990501	001007	

Ascending-Artan				
Birincil Görüntü (Master)	İkincil Görüntü (Slave)			
930611	990510			
950604	990510			
970609	990719			

Yörünge bilgisi InSAR için önemli bir bileşendir. Değerlendirmeye başlamadan önce hassas yörünge bilgisi elde edilmelidir. Bu bilgiler DEOS (Delft Institute for Earth-Oriented Space Research) kurumu web sayfasından ODR (Orbital Data Records) formatında ücretsiz olarak indirilebilmektedir.

ROI_PAC yazılımı iki önemli adım içermektedir;

Birincisi, yazılım "make-raw.pl" betiği (scripti) ile verileri değerlendirmeye hazır hale getirir ve kullanımı şöyledir;

make_raw.pl orbite_type leader_file date

Burada:

orbite_type dosyası, ODR veya PRC olarak belirtilmelidir, bu seçim DEOS kurumundan alınan hassas yörünge bilgisine göre yapılır.

leader_file dosyası, SARLEADERDATE adıyla medya içinde bulunan ve ESA tarafından gönderilen dosyayı belirtmektedir.

date dosyası, verinin hangi tarihe ait olduğunu göstermektedir.

İkicisi, değerlendirmelerin yapıldığı ve "process_2pass.pl" betiği(scripti) ile kontrol edilen adımdır ve bu betiğin (scriptin) kullanımı şöyledir:

process_2pass.pl date1-date2.proc

date1-date2.proc dosyası, date1 (ilk verinin ait olduğu tarih) ve date2 (ikinci verinin ait olduğu tarih) tarihlerine ait verilerin değerlendirilmesi için gerekli parametre ve başlangıç değerlerini içermektedir.

ROI_PAC yazılımı ile elde edilen sonuçlar adım adım aşağıda sunulmuştur (URL-17); (Burada verilen örnekler 930611 (date1 olarak) ve 990510 (date2 olarak) tarihli verilerden üretilmiştir)

log ve *log1* dosyaları sırasıyla değerlendirmede kullanılan komut satırlarını ve standart olarak üretilen çıktı ve mesajları ASCII formatında içerir.

Date1.slc dosyası işlenmemiş görüntüden elde edilen SLC (Single Look Complex) görüntüyü içermektedir.

fitoff_ampcor.out dosyası SAR görüntülerini hizalamak(doğrultmak) için kullanılan parametreleri içerir.



Şekil 8.5 : Date1.slc ve date2.slc görüntülerinden üretilmiş interferogram.

Date1-Date2.int dosyası date1.slc ve date2.slc görüntülerinden türetilen date1 ve date2 tarihlerine ait interferogram Şekil 8.5'da verilmektedir.

Date1-Date2.amp dosyası çoklu bakış genlik değerlerini içerir.

zero.hgt sıfır değerindeki yüksekliği içerir.

flat_Orbit_Date1-Date2.int dosyası öncül yörünge bilgileri kullanılarak düzeltilmiş interferogramı göstermektedir (Şekil 8.6).



Şekil 8.6 : Öncül yörünge bilgileri kullanılarak düzeltilmiş interferogram.

ramp_Orbit.unw dosyası öncül yörünge bilgileri kullanılarak yeryüzü için düzleştirilmiş görüntüyü içerir.

Date1-Date2.cor dosyası flat_Orbit_Date1_Date2.int ile Date1-Date2.amp arasındaki korelâsyonu içerir.

radar_4rlks.hgt dosyası uydu koordinatlarında SAM bilgisinin çıkarılmasını içerir (Şekil 8.7 ve Şekil 8.8).



Şekil 8.7 : Genlik bilgisine ait görüntü.



Şekil 8.8 : Sayısal arazi modeli (SAM).

radar_Orbit_4rlks.unw dosyası uydu koordinat sisteminde simule edilmiş faz bilgisi çözülmüş interferogramı içerir.

Date1-Date2_sim_Orbit_4rlks.int dosyası faz bilgisi çözülmemiş fark interferogramını içerir (Şekil 8.9).



Şekil 8.9 : Faz bilgisi çözülmemiş fark interferogramı.

phase_var_Orbit_4rlks.msk dosyası faz değişiminden hesaplanan maskeleme bilgisini içerir.

radar_SIM_4rlks.unw dosyası yeniden kestirilen baz değerinden ve topografyadan revize ve simule edilmiş interferogram.

filt_Date1-Date2-sim_SIM_4rlks_c1.unw dosyası yeni baz bilgisi kullanılarak filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmüş, fark interferogramı (Şekil 8.10 ve Şekil 8.11).



Şekil 8.10 : Filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmüş, fark interferogramı (faz değerleri).



Şekil 8.11 : Filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmüş, fark interferogramı (genlik değerleri).

geo-Date1-Date2.unw dosyası sonuç ürünüdür ve filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmüş ve yer koordinat sistemine dönüştürülmüş fark interferogramını içerir (Şekil 8.12 ve Şekil 8.13) (ROI_PAC Dokümanı, 2000)



Şekil 8.12 : Yer koordinat sistemine dönüştürülmüş, faz bilgisi çözülmüş interferogram (genlik değerleri).



Şekil 8.13 : Yer koordinat sistemine dönüştürülmüş, faz bilgisi çözülmüş interferogram (faz değerleri).

8.3.5 DIAPASON

DIAPASON (Differential Interferometric Automated Process Applied to Survey Of Nature) yazılımı CNES (Centre National d'Études Spatiales – French Space Agency) tarafından geliştirilmiştir. Bu yazılımın değerlendirme için ihtiyaç duyduğu başlıca bilgiler SLC formatına getirilmiş görüntüler, yörünge bilgisi ve SAM olarak sayılabilir. Ham (RAW data) verinin ESA tarafından veya kullanıcı tarafından değerlendirme öncesinde SLC formatına dönüştürülmüş olması gereklidir.

DIAPASON yazılımına yardımcı ve SLC formatına dönüştüren alt programlar PRISME ve COPIER alt programlarıdır. Bu yardımcı alt programlar ile ham veri alınarak SLC formatına dönüştürülür ve DIAPASON programının kullanacağı formata getirilmiş olur (DIAPASON User's Guide, 2003). Yazılımın sırayla ilk görüntü ve SAM kullanarak yer koordinat sistemine dönüşüm ve simülasyon yapmaktadır, daha sonra ikinci görüntü ile ilk görüntüyü uyuşumuna göre değerlendirmekte ve uyuşumun olumlu olması durumunda piksel bazında faz farkını hesaplayarak interferogram oluşturmaktadır. Oluşan interferogramın faz bilgisi topografyadan ve hatalardan arındırıldığında elde edilen interferogramdaki faz farkı

DIAPASON (Differential Interferometric Automated Process Applied to Survey Of Nature) kelimelerinin baş harflerinin kısaltmasıdır. Fransız CNES (Centre National d'Études Spatiales – French Space Agency) kurumu tarafından ile geliştirilen yazılım hem Windows hem de Linux ortamında çalışabilen ücretli bir yazılımdır. Yazılım teori olarak iki geçiş tekniğini kullanmaktadır. Bu yöntem için gerekli olan bileşenler ROI PAC yazılımına ait bölüm 8.3.4'de anlatılan bileşenler ile aynıdır (SLC formatina getirilmis görüntüler, yörünge bilgisi ve SAM). Yazılımın değerlendirebildiği radar görüntüleri ERS1-2, ENVISAT, JERS1 ve RADARSAT olarak sıralanabilir. DIAPASON yazılımı Fortran programlarını çalıştıran betikler (scriptleri) ile kontrol edilen bir yazılımdır.

Genel olarak iki ana başlıkta toplanabilecek değerlendirme stratejisine sahiptir. Birincisi işlenmemiş ham verilerin değerlendirmeye hazırlanması ve ikinci olarak değerlendirme işlemlerinin yapılmasıdır.

İkinci değerlendirme bölümünde ise aşağıdaki adımlar sırası ile uygulanır. Bu adımları kontrol eden bir ana betik (script) ile değerlendirme kontrol edilmektedir.

Bu adımlar tek tek, başından sonuna veya ortasından sonuna kadar sırasıyla çalıştırılabilir. (Master görüntü; tarihsel sırada ilk olan, Slave görüntü; tarihsel sırada ikinci olan görüntüdür).

- SAM'den simülasyon oluşturma,
- Master görüntü ile SAM korele edilmesi,
- Yakın mesafe ve ilk satır için ilk alım zamanının düzeltilmesi
- Master ve Slave görüntülerin korelasyonu
- Deformasyon gridlerinin hesabı
- Kestirilen deformasyon gridlerine göre geometrinin değiştirilmesi
- Radar geometrisinde interferogramın hesabı
- İnterferogramdan topografyanın çıkarılması
- Projeksiyon geometrisine dönüşüm

Bu adımlar ile genel olarak yapılanları şu şekilde özetlemek mümkündür;

Yazılım sırası ile ilk görüntü ve SAM kullanarak yer koordinat sistemine dönüşüm ve simülasyon yapmaktadır, daha sonra ikinci görüntü ile ilk görüntüyü uyuşumuna göre değerlendirmekte ve uyuşumun olumlu olması durumunda piksel bazında faz farkını hesaplayarak interferogram oluşturmaktadır. Oluşan interferogramın faz bilgisi topografyadan arındırıldığında elde edilen interferogramdaki faz farkı deformasyona ait olacaktır. Bu adımlara ait örnek görüntüler şekil 8.14 ve 8.15'de verilmiştir.

DIAPASON yazılımı için kullanılan SAM ile ROI_PAC için kullanılan SAM, işlenmemiş görüntüler ve SAM-interferogram işlemleri ROI_PAC ile aynı olduğu için burada yeniden gösterilmemiştir.

(URL-18)



Şekil 8.14 : Faz bilgisi çözülmemiş fark interferogramı.



Şekil 8.15 : Filtrelenmiş, faz bilgisi çözülmemiş fark interferogramı.

8.4 InSAR Sonuçları

Bölge için alınan görüntüler ve işlenişi bölüm 4 ve 8.1, 8.2 ve 8.3'de anlatılmıştır. Yapılan görüntü değerlendirmesinin SAR interferometrisi bağlamında anlamlı bir sonucu olmamıştır. Bunun nedenleri araştırıldığında; ilk olarak, bölgenin InSAR tekniğine yöntem olarak uygun olmamasıdır. Görüntü alım zamanları arasındaki mevsimsel değişimler yanında özellikle topografyanın derinleştiği bölgelerde atmosfer değişimleri artmakta derin vadiler ile yüksek tepeler arasında atmosferden kaynaklanan hatalı fringeler oluşmaktadır. Hanssen (2001)'de piksellerin mesafe farkı (C bandı için);

$$\delta_{pq} = 28 \frac{\phi_{pq}}{2\pi} [mm] \tag{8.1}$$

olarak ifade edilmektedir. Burada;

p ve q, sırasıyla birinci ve ikinci görüntüdeki aynı pikseli, Ø, p ve q arasındaki faz değişkenliğini göstermektedir. 8.1'den anlaşıldığı gibi piksele etki eden değişkenlik, faz değişkenliği ile doğru orantılı olacaktır. Diğer faktörler göz ardı edildiğinde (baz mesafesi, zamansal korelasyonsuzluk vb.) faz değişkenliğini etkileyen atmosferik faktörleri, iyonosferik ve troposferik etkiler olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Bununla beraber troposferik etkinin ıslak ve kuru olmak üzere iki bileşeni vardır. Faza etkiyen atmosferik etki (mesafedeki toplam atmosferik gecikme (mesafe; uydu ile yer noktası arasındaki uzunluğu ifade etmektedir));

$$\Delta x = [(2.27 \times 10^{-3} - 1.11 \times 10^{-5} \times CosA) \times P_S] + [2.277 \times 10^{-3} \times [0.05 + \frac{1255}{T_s}] \times e_S]$$
(8.2)

olarak verilmektedir (Zebker ve diğ., 1997). Burada; Λ ölçülen noktanın enlemi, P atmosferik basıncı, T sıcaklık, e su buharının kısmi basıncını ifade etmektedir.

8.1 ve 8.2 eşitliklerinin X bandı (dalga boyu; 3.1cm), L bandı (dalga boyu; 24cm) veC bandı (dalga boyu; 5.7cm) için hesapları grafik olarak gösterilmiştir. Bu çalışmadaC bandı ERS görüntüleri kullanılmıştır.



Şekil 8.16 : Faz gecikmesinin nem oranı ve basınç ile değişimi (Zebker ve diğ., 1997).

Şekil 8.16'da gösterilen faz değişimleri bir uyduyu yani bir fazın atmosferdeki gecikmesini göstermektedir. Oysaki InSAR tekniği uydunun iki defa görüntü almasına dayanmaktadır. Dolayısı ile iki faz değerine sahiptir. İki fazın ayrı ayrı gecikme değerleri düşünüldüğünde, Şekil 8.16'da hesaplanan değişim değerleri iki katına çıkacaktır. Bu bağlamda troposferin faz gecikmesine etkisi kuru bileşende milimetre civarında (2.3mm Zebker ve diğ. 1997'de hesaplanan) olmaktadır. Birçok çalışmada bu bileşen bu küçük değer nedeniyle göz ardı edilmiştir (Massonet ve Feigl, 1998; Hanssen, 2001; Wright, 2002). Topografyaya bağlı, yükseklikle değişen basınç dağılımının etkisi hareket eden atmosfer kalınlığı ile ilintilidir. Bu bileşen de birçok çalışmada göz ardı edilmiştir. Topografyanın derin vadi ve tepelerden olustuğu bölgelerde dikkate alınması önerilmektedir (Zebker ve diğ., 1997). Son olarak Zebker ve diğ., (1997) yayında verilen troposferin ıslak bileşeninin faz gecikmesine etkisi 30cm ve hatta yağışlı bölgelerde daha büyük değerlere ulaşabileceği tartışılmıştır. Çalışma bölgesi atmosfer olarak (sadece kurak veya sadece yağışlı değildir) buna karşın topografyası yüksek tepelerden ve derin vadilerden oluşmaktadır (Şekil 5.12 ve Şekil 5.13). Zebker ve diğ., (1997)'de göre çalışma bölgesine benzeyen bölgelerde faz gecikmesi değeri 10cm ve daha büyük hataya yol açmaktadır.

İkinci olarak, bölgede beklenen tektonik aktivite yanal bileşende ortalama ± 20 mm/yıl ve düşey yöndeki bileşen ise ± 5 mm/yıl olarak GPS hızlarıyla hesaplanmıştır. Görüntülerin 1992-2000 yılları arasında olduğu düşünüldüğünde maksimum belirlenebilecek konum değişikliği yatayda toplam 16cm ve düşeyde 4cm olacaktır. Bu konum değişimi değerleri deprem anı (cosismik) ile karşılaştırıldığında

10 ila 30 kat daha azdır. Bu nedenle, intersismik çalışmalar için yalnızca InSAR tekniği yeterli olmayabilir.

Bununla beraber ERS uydularının 2000 yılına kadar sağlıklı veri toplaması ve 2000 yılından sonra uyduların tandem modunda kullanılamaması verileri sınırlandırmıştır.

Sonuç olarak, InSAR değerlendirmesi bölüm 4, 8.1, 8.2 ve 8.3'de bahsedilen sınırlamalar nedeniyle bölgenin depremselliğine anlamlı bir katkı verecek sonuçlar üretmemiştir.

9. TARTIŞMA

Yer bilimleri alanında Jeodezinin kullanımı son yüzyılın ikinci yarısında oldukça hızlı bir şekilde artmıştır. Jeodezi biliminin kendi içindeki gelişimi diğer disiplinleri de etkilemiş ve çalışmaların yönünü değiştirmiştir. Bununla beraber çalışmaların bilinmeyeni, yöntemi ve değerlendirmesi zenginleşmiş ve zenginleştikçe sonuçların daha detaylı tartışılması gerekmiştir.

Bu çalışmada GPS ve InSAR yöntemleri ile veriler elde edilerek değerlendirilmiştir. Kullanılan bu iki yöntemden GPS ile değerli sonuçlara ulaşılmış ve bu sonuçlar zaman zaman bilimsel toplantılarda sunularak paylaşılmıştır. Buna karşın InSAR yöntemi ise istenen ve beklenen kalite ve büyüklükte sonuçları vermemiştir.

9.1 InSAR Sonuçları

InSAR, bölüm 4 ve 8'de ifade edildiği gibi veri elde etmesi düşük maliyetli ve kolay buna karşın sınırları oldukça kısıtlayıcı olan bir yöntemdir. Deprem açısından incelendiğinde InSAR yöntemi ile yapılan çalışmaların çoğunluğu deprem anı (cosismik) ve deprem sonrasına (postsismik) dayanmaktadır (Çakır, 2003; Zebker ve diğ., 1994; Wright ve diğ, 2001; Sun ve diğ., 2008; Çakır ve Akoğlu., 2008). Deformasyon olarak incelendiğinde veya intersismik olarak bakıldığında ise çalışmaların az olduğu söylenebilir (Wright ve diğ., 2001). Creep (deprem üretmeden kayarak hareket eden sistem) olan bölgelerde intersismik çalışmalar yayınlanmışsa da sayısal bakımdan intersismik çalışmalar diğer çalışmalara göre az sayıda kalmıştır.

Çalışma bölgesi incelendiğinde, bitki örtüsü, atmosfer ve topografya bakımından InSAR yöntemine uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (Şekil 9.1).

Atmosferik etki önceki yayınlarda da oldukça geniş şekilde ele alınmıştır. Goldstein (1995) yayınında başlayan atmosferin interferograma etkisine dair tartışmalar, birçok yayında görülmektedir (Goldstein, 1995; Massonet ve Feigl, 1998; Hanssen, 2001; Bürgmann ve diğ., 2000; Oveisgharan, 2007). Bu çalışmalarda atmosferin iki

etkisinden bahsedilmektedir. Birinci etki iyonosfer ve ikinci etki ise troposferdir. İyonosfer, troposfere göre daha durağan ve interferograma olan olumsuz etkisi kaldırılabilir bir etkiye sahiptir. Buna karşın troposferin modellenmesi zordur ve anlık değişimlere uğrayabilmektedir. Troposferin interferograma etkisi içerdiği su buharı ile doğru orantılıdır. Topografyanın keskin şekilde değiştiği bölgelerde toprağın oluşturduğu su buharı yoğunluğu yükseklik azaldıkça artmakta dolayısı ile interferogram topografyanın hızlı değiştiği yerlerde gürültülü (noise) olmaktadır. Bu durum korelasyonu dolayısı ile interferogramın kalitesini düşürmektedir. Şekil 9.1'de c ve d görüntülerinde bu etki oldukça net olarak görünmektedir. Bu konuya ait bilgi bölüm 4.2.5'de ve interferogramlar EK.H'de sunulmuştur.



Şekil 9.1 : InSAR Sonuçları.

9.2 GPS Sonuçları

Yapılan GPS değerlendirmeleri ve model çalışmaları ışığında, Kuzey Anadolu Fayı (KAF)'nın orta kesiminde elde edilen sonuçlar yapılan diğer çalışmalar ile uyuşumludur. McClusky ve diğ, (2000) ve Reilinger ve diğ. (2006) yayınlarında çalışma bölgesine ait GPS veya model hız bilgisi olarak -24±0.2 mm/yıl değeri verilmektedir (Çizelge 9.1). Bu çalışmada elde edilen değerler ise KAF'nın ana kolu

için 20.5±1.8mm/yıl olarak belirlenmiştir. Adı geçen yayınlarda bölgeye ait hız değerleri az sayıda nokta ile belirlenmiştir. Teze konu olan ağ benzeri; yoğun, faya yakın ve uzak noktalar tesis edilmemiştir. Bu bağlamda elde edilen değerler arasında bir fark oluşması olasıdır ama bu farkın sayısal olarak birbirine yakınlığı yapılan çalışmaların doğruluğunu ifade etmektedir.

Yayın	Hız (mm/yıl)	mm/yıl) Hız Belirleme Yöntem	
McClusky ve diğ, 2000	25±1	Jeodezik	
Reilinger ve diğ.,2006	25.2±0.2	Jeodezik	
Hubert-Ferrari ve diğ., 2002	18±3.5	Jeolojik	
Hartleb ve diğ., 2003	18±3	Jeolojik	
Kozacı ve diğ, 2007	20.5±8.5	Jeolojik	

Çizelge 9.1 : Bölgenin diğer çalışmalara ait hız değerleri.

Kozaci ve diğ. (2007), Hartleb ve diğ. (2003) ve Hubert-Ferrari ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmalarda bölgenin jeolojik hızlarını belirlemişlerdir. Adı geçen yayınlarda yapılan çalışma bölgeyi içeren çalışma çukurlarından alınan yaşlandırma örneklerine, büyük akarsu ve dere ötelenmelerine ve aynı jeolojik yapıya sahip unsurların tektonik aktivite sonucu yer değiştirme oranlarının belirlenmesine dayanmaktadır. Burada fayın yaşı ile dere ve akarsu yaşlarının tutarlı olması gerekmektedir. Bu noktada, yapılan çalışmalarda tartışmalar yapılmış ve büyük akarsular yardımı ile belirlenen ötelenmeler ile dere ve küçük akarsuların taşıdıkları materyallerin yaşlandırılması ile karşılaştırmalar elde edilmiştir. Elde edilen değerler Çizelge 9.1'de verilmektedir. Bu bağlamda da yapılan çalışmanın uzun dönemli jeolojik sonuçlar ile uyuşum içinde olduğu söylenebilir.

Bölüm 5'de detayları verilen Kuzey Anadolu Fayı, çalışma bölgesinde içbükey kollara ayrılmaktadır. Balıksırtı olarak da literatüre geçen yapı, tarihsel ve aletsel kayıtlara göre oldukça aktiftir (Ambraseys ve Finkel, 1995, İşseven ve Tüysüz, 2006). Bölgede var olan fayların sınırladığı blokların rotasyonu paleomanyetizme çalışmaları ile belirlenmiştir (Şekil9.2, İşseven ve Tüysüz, 2006). Anılan çalışmada, blok rotasyonlarına ait detaylı bilgiler sunulmuştur.



Şekil 9.2 : Paleomanyetizma sonuçları (İşseven ve Tüysüz, 2006).

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında anılan çalışma ile uyuşum gözlemlenmektedir. Sungurlu fayının güneyinde kalan Tokat bloğu için verilen saat yönünün tersi dönüş GPS ve modellemeden elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Tokat bloğunu ayıran Sungurlu Fayı'nın GPS hız vektörleri ve modelleme sonuçlarına göre yavaş olduğu düşünülse de hareketin devam ettiği ve bu hareketin Anadolu Levhası'nın batıya kaçışına ve güneybatıya dönüşüne uygun olarak yapıldığı bu ve birçok çalışmada gözlemlenmiştir.(McClusky ve diğ., 2000; İşseven ve Tüysüz, 2006; Erturaç, 2009).

GPS verilerinin modellenmesi esnasında Laçin Fayı'nın geometriden çıkarılarak 2 faylı 3 bloklu sisteme ile modelleme yapılması önerilmiştir (bkz. Bölüm 7). Bölgede yapılan pelomanyetizma sonuçlarına göre Laçin Fayı ile sınırlanan Gümüş, Çaldağ, Merzifon ve Osmancık bloklarında anlamlı bir rotasyon görülmemiştir. Buna karşın beklenen rotasyon KAF'nın ana kolunun rotasyonudur (İşseven ve Tüysüz, 2006). Bu bağlamda Laçin Fayı'nın GPS modellemesi sırasında anlamlı bir sonuç üretmemesi ve geometriye oturtulamaması ve buna bağlı olarak ana kol ile birlikte düşünülmesinin yanlış olmadığı düşünülebilir.

Amasya bloğu, Sungurlu Fayı'nın kuzeyinde Laçin/KAF Ana kol arasında kalan bölgede Çankırı Havzasını da içeren alanda yer alır. Paleomanyetizma verilerine göre saat yönünde hareket ettiği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç iki sağ yanal atımlı fay arasında kalan blok için olağandır ve GPS ölçüleri ve Model sonuçları ile uyuşmaktadır (Lamb, 1994, İşseven ve Tüysüz, 2006).

9.3 Model Sonuçları

Bölüm 7'de açıklanan yazılım ile gerçekleştirilen modelleme sonucunda çalışma bölgesinde var olan blokların rotasyonu belirlenmiştir. GPS vektörleri, fay geometrisi, sismik kilitlenme derinliği ve blok sınırları yazılıma giriş verisi olarak verilmiştir. Bölgede var olan GPS istasyonları yazılımın kullanıldığı diğer çalışmalar ile karsılaştırıldığında oldukca azdır. Örneğin; Wallace ve diğ. (2004) için Yeni Zelanda bölgesinde 873 GPS istasyonu değerlendirmeye alınmış ve uyuşumsuz olan 55 istasyon çıkarılarak 813 istasyon ile modelleme 12 blok için gerçekleştirilmiştir. Galgana ve diğ. (2007) için ise Filipinler bölgesinde birçoğu sürekli ölçülen 52 istasyondan oluşan 4 blok için modelleme yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan istasyon 16 kampanya istasyonudur ve üç blok vardır. Çalışma bölgesinin ve blokların tanımlanmasında kullanılan istasyonların faya yakın ve uzak seçilmesi, rotasyonel hareketin izlenmesi için önemlidir. Bu anlamda Sungurlu Fayı'nın güneyinde ve KAF ana kol kuzeyinde daha fazla nokta olması ile rotasyonel hareketin daha net görüleceği açıktır. Sungurlu fayı için tesis edilen iki GPS istasyonu bu fayı denetlemekte yeterli olmamıştır. Buna karşın, McClusky ve diğ. (2000) ve Reilinger ve diğ. (2006)'da açıklandığı gibi Anadolu Levhasının içine uzanan Sungurlu Fayı'nın levhanın içlerine doğru sönümlendiği sonucu bu çalışmada da elde edilmiştir.

Şekil 7.12'de verilen artık hızlar (residual) yapılan çalışmada sistematik hata olup olmadığını göstermektedir. Vektörlerin ortalama 1-2 mm/yıl olması önemli sonuçlardan birisidir ve vektörlerin aynı yönlü olmaması sistematik hata olmadığını göstermektedir. Bu şekil, GPS verilerinin, yazılıma verilen giriş parametrelerinin ve hesaplanan sonuçların tutarlılığı için grafik özet olarak ifade edilebilir.

Şekil 7.13'de sunulan grafik bu değerlendirmede ortaya konan en önemli sonuçlardan birisidir. Rotasyondan arındırılan hızlar bölgede deformasyon olmaması halinde ölçme hatalarının olmadığı düşünüldüğünde sıfır değerine ulaşacaktır. Bu şekilde KAF ana kolu üzerinde görülen hız vektörleri ise bu bölgede var olan deformasyonu göstermektedir (Çakır, 2008).

10. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tez çalışması sırasında GPS ve InSAR ölçme yöntemleri ile jeofiziksel elastik yarı uzay modellemesi kullanılmıştır. Yapılan GPS ve InSAR ölçme ve değerlendirmeleri bölüm 4, 6, 7 ve 8'de detaylı olarak sunulmuştur. GPS kampanyaları 2001 ve 2004 yılları arasında 4 yıl olmak üzere periyodik olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar değişik bilimsel toplantılarda sunulmuş ve proje(ler) başarılı bir şekilde sonlandırılmıştır.

Bu çalışma süresince, fay zonunun yeri, genişliği, GPS istasyon noktalarının konumu vb. noktalarda jeolojik bilgilerden, GPS ve InSAR verilerinin elde edilerek değerlendirilmesinde jeodezik bilgilerden ve modelleme ve analiz kısmında ise jeofizik ve elektronik disiplinine ait bilgilerden yararlanılmıştır.

Elde edilen GPS ve elastik yarı uzay modelleme sonuçlarına göre;

1939 yılında Erzincan'da meydana gelen depremin bölgenin doğusuna (Sungurlu Fayı'nın başlangıcına) kadar kırıldığı bilinmektedir (Barka, 1996). Bu kırılmanın, Sungurlu fayı üzerinde yamulma birikimi yaratması, çalışma öncesi beklenen bir sonuç olmasına karşın GPS hız vektörleri ve gerinim analizi sonuçları Sungurlu fayının aktivitesinin beklenenden az olduğu görülmektedir. Sungurlu fayının kuzeyi ve güneyine kurulan istasyonlar incelendiğinde karşılıklı hız farkı doğudan batıya doğru (GYNC-GBAG ve GYNC-GKCB) ±5mm/yıl'dan (SNGR-ALA1) ±2mm/yıl değerine kadar düşmektedir. Bu sonuçlarda göstermektedir ki, fay doğuda Amasya bloğunun açılmasında etkisini sürdürmektedir. Buna karşın Anadolu levhasının içlerine doğru ilerledikçe yavaşlamakta ve sönümlenmektedir. Bu sonuç, bölüm 9'da açıklandığı gibi McClusky ve diğ. (2000) ve Reilinger ve diğ. (2006) yayaınları ile uyuşmaktadır.

KAF'nın ana kolunun diğer kollarının tersine aktif olduğu GPS hız vektörlerinden anlaşılmaktadır. Özellikle Tosya ve Gümüşhacıköy civarında var olan istasyonların hareket vektörlerinin fayın ana kolunun kuzeyinde kalan hız vektörleri ile sayısal büyüklük farkı buna işaret etmektedir. Bu fark ana kol boyunca yıllık yaklaşık ±18mm/yıl değerine kadar ulaşmaktadır.

Ana kol üzerinde doğudan batıya rotasyonel bir hareket açıkça görülmektedir (Şekil 7.3). Bu rotasyonel harekete ait euler kutup hesabı yapılarak bölüm 7'de hem hesap hem de grafik olarak verilmiştir.

Avrasya levhasında var olan istasyonlardan KRGI noktası, yapılan ölçme kayıt zaman aralığı hatası nedeniyle büyük hata elipsine sahiptir. Bu nedenle GPS vektörü türetilmiş fakat DEFNODE yazılımında kullanılmamıştır. KRGI noktasının hız vektörünün yön olarak kuzeydoğu-güneybatı uzanması da ayrıca düşündürücüdür. Bu bağlamda bu nokta için iki senaryo düşünülmektedir, birincisi noktanın üzerinde bulunduğu zemin etkili olmuş ve istasyon noktası lokal hareket etmiştir. İkinci senaryo ise istasyon noktasına yakın lokal bir fayın etkisidir. Bu sonuçlardan ilki ağırlıklı olarak değerlendirilmektedir.

Bölgede var olan proje öncesi aktif olduğu düşünülen küçük kıtasal blokların bazıları beklenenin aksine yavaş hareket etmektedir. Buna karşın Çankırı havzasında GPS vektörlerinin rotasyonel farkı bu bölgedeki tektonik aktiviteye işaret etmektedir.

DEFNODE yazılımı ile faya dik geçirilen profiller fay üzerindeki deformasyon birikimine işaret etmektedir. Bölgede oluşan deformasyon birikimi özellikle orta kesimde ve yüksek bir yıllık hızla devam etmektedir. Sismik kayıtlar incelendiğinde yapılan çalışma ile uyuşum görülmektedir (Şekil 5.11). Bölgedeki depremlerin önemli bir kısmı çalışma bölgesinin ortasında ve Çankırı havzasında oluşmaktadır. Bu durum da KAF ana kolun profillerde olduğu kadar hareketli olduğunu göstermektedir. 1942 Niksar-Erbaa (ölçülen maksimum yatay atım miktarı 1.7m-Barka, 1996) ve 1943 Tosya (ölçülen maksimum yatay atım miktarı 4.5m- Barka, 1996) depremlerinden sonra bölgenin batısında meydana gelen Orta depremi dışında önemli bir sismik aktivite görülmemiştir. Bu bağlamda, profillerden elde edilen sonuçlara göre deformasyon bikrimi %90 oranında ana kol üzerinde olmaktadır.

GPS verileri yanında InSAR çalışmaları ile sonuçların desteklenmesi planlanmıştır. Fakat SAR geometrisinden ve kısıtlayıcı sınırlardan dolayı görüntülerden istenen kalitede ve büyüklükte sonuç alınamamıştır. SAR sonuçları intersismik olarak incelendiğinde anlamlı bir sonuç yoktur. Bunun temel nedeni SAR sisteminin topografyanın hızlı değiştiği yani yükseklik gradyentinin fazla olduğu bölgelerde gerek topografya gerekse atmosferden etkilenerek faz değerlerinin gürültülü olmasıdır (Çakır, 2008). Sistemin bu eksikliği özellikle intersismik çalışmalarda kendini göstermektedir. InSAR tekniği yer bilimleri disiplininde herhangi bir aktivitenin (deprem, heyelan, çökme vb.) olması ile sonuç verebilmektedir. Bu çalışma ile bu sınırlama ortaya konulmuştur. Bununla beraber, InSAR verilerinin PS-InSAR tekniği ile yeniden işlenmesi bir sonraki çalışma adımı olarak planlanmaktadır.

Yerbilimleri ile arakesiti olan projelerde jeodezik ölçmelerin sonunda elde edilen verilerin, jeolojik ve jeofizik yöntemlerle toplanan veriler ile zenginleştirilmesi ve yorumlanması yorumlama ve analiz için gereklidir. Herhangi bir disiplinin tek başına ve sadece kendi yöntemini kullanarak veri değerlendirilmesi bilimsel açıdan günümüzde yeterli sonuçlara ulaşmamaktadır. Bu bağlamda bu çalışma için en önemli sonuçlardan birisi de disiplinler arası çalışmaların yoğunlaştığı günümüzde 2001 yılından beri devam eden ve yüksek lisans çalışması ile ara sonuçların sunulduğu önemli bir çalışma olmasıdır. Bu çalışmada jeodezik ve jeolojik yöntemlerle toplanan veriler jeofizik modelleme ile geliştirilmiş ve bu model sonuçlarının bilimsel açıdan analiz ve yorumu yapılmıştır.

InSAR değerlendirmeleri dışında yapılan çalışma bölgenin depremselliği hakkında sınırlı olan bilgileri çoğaltmakta ve literatüre jeodezik ölçmelerle yeni verileri katmaktadır. Bu çalışma ile elde edilen verilerin jeoloji ve jeofizik disiplinlerinde yeniden yorumlanması ve yeni veriler ve yeni yöntemler ışığında tekrar değerlendirilmesi deprem gibi yıkıcı doğa olaylarının önceden tahmininde önemli roller oynaması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Akoğlu, A. M., 2008. Analysis and Modelling of The Earthquake Surface Deformation with SAR Interferometry: Case Studies from Turkey and The World, İ.T.Ü. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul.
- Akyuğ, B. Ve Kılıçoğlu, A., 2006. Recent crustal deformation of Izmir, Western Anatolia and surrounding regions as deduced from repeated GPS measurements and strain field. *Journal of Geodynamics*, 41, 471-484.
- Akvardar, S., Feigl, K. L. ve Ergintav, S., 2009. Ground Deformation in an Area Later Damaged by Earthquake: Monitoring the Avcilar District of İstanbul, Turkey, by Satellite Radar Interferometry 1992-1999. *Geophys. J. Int.*, 178, 976–988.
- Al-Fares, R. A., 2004. The Utility of Synthetic Aperture Radar (SAR) Interferometry in Monitoring Sinkhole Subsidence, *Doktora Tezi*, University of Southern California, USA.
- Ambraseys, N. N. and Finkel, C. F., 1995. The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas-a Historical Review, 1500-1800. Eren, İstanbul, 240.
- Armijo R., Meyer B., Hubert A. ve Barka A., 1999. Westwards Propagation of The North Anatolian Fault into The Northern Aegean: Timing and Kinematics. *Geology*, 27, 267-270.
- Bamler, R. and Hartl, P., 1998. Synthetic Aperture Radar Interferometry, *Inverse Problems*, 14, R1-54.
- Barka, A., 1992. The North Anatolian Fault Zone. Annal. Tecton. 6, 164–195.
- Barka, A., 1996. Slip distribution along the North Anatolian fault associated with the large earthquakes of the period1939 to 1967. Bulletin of the Seismological Society of America. 86 (5), 1238–1254.
- Barka, A., Akyüz, H. S., Cohen, H. A. and Watchorn, F., 2000. Tectonic evolution of the Niksar and Tasova–Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: their significance for the motion of the Anatolian block. *Tectonophysics*, 322, 243-264.
- Bird, P., 2003. An Updated Digital Model of Plate Boundaries. *Geochemistry Geophysics Geosystems*. 4, 1-52
- Blewit, G., 2003. Self-consistency in Reference Frames, Geocenter Definition, and Surface Loading to The Solid Earth. *Journal of Geophysical Research.* 108, 10-1, 10-10.

- Bonforte, A., Ferretti, A., Prati, C., Puglisi, G. and Rocca, F., 2001. Calibration of Atmospheric Effects on SAR Interferograms by GPS and Local Atmosphere Models: First Results, J. Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 63, 1343-1357.
- Bürgmann, R., Rosen, P. A. and Fielding, E. J., 2000. Synthetic Aperture Radar Interferometry to Measure Earth's Surface Topography and its Deformation, Annu. Rev. Earth Planet, 28, 169-209.
- Curlender, J. C. and McDonough, R. N., 1991. Synthetic Aperture Radar Systems and Signal Processing, John Wiley & Sons, Inc., Press, New York, USA.
- **Çakır, Z.,** 2003. Analysis of The Crustal Deformation Caused by The 1999 İzmit And Düzce Earthquakes Using Synthetic Aperture Radar Interferometry, İTÜ FBE, *Doktora Tezi*, İTU, İstanbul.
- Çakır, Z., 2008, Kişisel görüşme.
- Çakır, Z. ve Akoğlu, A. M., 2008. Synthetic Aperture Radar Interferometry Observations of The M=6.0 Orta Earthquake of 6 June 2000 (NW Turkey): Reactivation of a Listric Fault. Geochemisty Gophysics Geosystems G^3 , 9, 1-20.
- Çakır Z., Barka A. A., Chabalier, J., Armijo, R. ve Meyer, B., 2003. Kinematics of the November 12, 1999 (Mw=7.2) Düzce Earthquake Deduced from SAR Interferpmetry, *Turkish J. Earth Sci.*, 12, 105-118.
- Davies, G. F., 1999. Dynamic Earth, Cambridge University Press. Cambridge.
- Delacourt, C., Briole, P. and Acheche J., 1998. Tropospheric Correction of SAR Interferograms with Strong Topography. Application to Etna, *Geophysical Research Letters*, 25, 2849-2852.
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., Stein, S., 1994. Effect of Recent Revision to The Geomagnetic Reversal Time Scale on Estimates of Current Plate Motions. *Geophysical Research Letter*, 21, 2191-2194.
- Erturaç, M. K, 2009. Amasya ve Çevresinin Morfotektonik Evrimi, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul.
- Gabriel, A. K., Goldstein, R. M. and Zebker, H., 1989. Mapping Small Elevation Change over Large Areas: Differential Radar Interferometry, *Journal* of Geophysical Research, 94, 9183-9191.
- Galgana, G., Hamburger, M., McCaffrey, R., Corpuz, E. and Chen, Q., 2007. Analysis of Crustal Deformation in Luzon, Philippines using Geodetic Observations and Earthquake Focal Mechanisms, *Tectonophysics*, 432, 63-87.
- Goldstein, R. M., 1995. Atmospheric Limitations to Repeat-Track Radar Interferometry, *Geophysical Research Letters*, 22, 2517–2520.
- Goldstein, R. M. and Werner, C. L., 1998. Radar Interferogram Filtering for Geophysical Application, *Geophysical Research Letters*, 25, 4035-4038.

- Gomez, F., Karam, G., Khawlie, M., McClusky, S., Vernant, P., Reilinger, R., Jaafar, R., Tabet, C., Khair, K. and Barazangi, M., 2007. Global Positioning System Measurements of Strain Accumulation and Slip Transfer Through The Restraining Bend Along The Dead Sea Fault System in Lebanon, *Geophys. J. Int.*, 168, 1021-1028.
- Gupta, R. P., 2003. Remote Sensing Geology, Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Hager, B. H., King, R. W. and Murray, M. H., 1991. Measurement of Crustal Deformation using the Global Positioning System, Annu. Rev. Earth Planet. Sci, 19, 351-382.
- Hanssen, R. F., 2001. *Radar Interferometry Data Interpretation and Error Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Hartleb, R.D., Dolan J. F., Akyuz H. S., and Yerli B., 2003. A 2000 Year-long Paleoseismologic Record of Earthquakes Along The Central North Anatolian Fault, from Trenches at Alayurt, Turkey. Seismological Society of America Bulletin. 93, 1935–1954.
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Kozacı, Ö., Akyüz, H.S., and Seitz, G.G., 2006, A 2500-yr-long paleoseismologic record of large, infrequent earthquakes on the North Anatolian fault at Çukurçimen, Turkey. *GSA Bulletin*, 118; no. 7/8, 823–840.
- Hayford, J. F. And Baldwin, A. L., 1906. Geodetic Measurements of Earth Movements, in the California Earthquake of April 18, 1906, *Carnegie Institution of Washington*, 1, 114-145.
- Herring, T. A., 2000. Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program, *Program Manuel*, Massachusetts Institute of Technology, Boston, USA.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E., 2008. GNSS--Global Navigation Satellite Systems : GPS, GLONASS, GALILEO, and More, Springer Press. Wien.
- Holley, R., Wadge, G. and Zhu, M., 2005. InSAR Measurement of Volcanic Deformation at Etna - Interferogram Atmospheric Correction Methods and The Role Of Forward Atmospheric Modelling, *RSPSoc poster* presentation, September 7-9.
- Hovanessian, S. A., 1980. Introduction to Synthetic Array and Imaging Radar, Dedham, MA, Artech House, USA.
- Hubert-Ferrari, A., Armijo R., King G., Meyer B., and Barka A. A., 2002. Morphology, Displacement, and Slip Rates Along The North Anatolian Fault, Turkey, *Journal of Geophysical Research*. 107, x1– x32.
- **İşseven, T. and Tüysüz, O.,** 2006. Palaeomagnetically Defined Rotations of Fault-Bounded Continental Blocks in The North Anatolian Shear Zone, North Central Anatolia. *Journal of Earth Sciences*. **28**, 469-479.
- Kahveci, M., ve Yıldız, F., 2007. GPS Global Konum Belirleme Sistemi Teori ve Uygulama, Nobel Yayın Dağıtım, Ostim, Ankara.

- Ketin, I., 1948. Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. Geol. Rund. 36, 77– 83.
- King, R. W. and Bock, Y., 2002. Documentation For .The GAMIT GPS Analysis Software, *Program Manuel*, Massachusetts Institute of Technology, ABD.
- Klees, R. and Massonet, D., 1999. Deformation Measurements Using SAR Interferometry: Potential and Limitations, *Geologie en Mijnbouw*, 77, 161-176.
- Kozaci, O., Dolan J. F., Finkel R. and Hartleb R., 2007. Late Holocene Slip Rate for The North Anatolian Fault, Turkey, from Cosmogenic 36Cl Geochronology: Implications for The Constancy of Fault Loading and Strain Release Rates. *Geology*. 35, 867-870.
- Lamb, S. H., 1994. Behavior of the Brittle Crust in Wide Plate Boundary Zones, Journal of Geophysical Research, 99, 4457-4483.
- Leick, A., 1995. *GPS Satellite Surveying*, John Wiley & Sons, Inc., Press, New Jersey, USA (2nd press).
- Leick, A., 2004. *GPS Satellite Surveying*, John Wiley & Sons, Inc., Press, New Jersey, USA (3th press).
- Luis, J. F., 2007. Mirone: A multi-purpose tool for exploring grid data, *Computers & Geosciences*, **33**, 31-41.
- Lyons, S. N., 2002. Investigations of Fault Creep in Southern California Using Interferometric synthetic Aperture Radar and GPS, *Doktora Tezi*, University of California, San Diego, ABD.
- Mann, D., 2002. Deformation of Alaskan Volcanoes Measured Using SAR Interferometry and GPS, University of Alaska Fairbanks, *Doktora Tezi*, Fairbanks, Alaska, USA.
- Massonnet, D., Rossi, M., Carmona, C., Adragna, F., Peltzer, G., Feigl, K., Rabaute, T., 1993. The Displecement Feild of The Landers Earthquake Mapped by Radar Interferometry, *Nature*, **364**, 567-570.
- Massonnet, D. ve Feigl, K., 1995. Discrimination of Geophysical Phenomena in Satellite Radar Interferograms, *Geophysical Research Letters*, 22, 1537-1540.
- Massonnet, D. ve Feigl, K., 1998. Radar Interferometry and Its Application to Changes in the Earth's Surface, *Reviews of Geophysics*, **36**, 441-500.
- McCaffrey, R., 2002. Crustal block rotations and plate coupling, in Plate Boundary Zones, *Geodynamics Series 30*, S. Stein and J. Freymueller, editors, 101-122, AGU.

- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A.,Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan. O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N. And Veis, G., 2000. Global Positioning System Constraints on Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5695-5719.
- Meade, J.B., Hager, B.H., McClusky, S., Reilinger, R., Ergintav, S., Lenk, O., Barka, A. and Özener, H., 2002. Estimates of Seismic Potential in the Marmara Sea Region from Block Models of Secular Deformation Constrained by Global Positioning System Measurements, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 208-215.
- Nam, Y., 1999. GPS Determination of Diurnal and Semidiurnal Variations in Earth Rotation Parameters and the Geocenter, The University of Texas at Austin, *Doktora Tezi*, Texas.
- Nyst, M. and Thatcher, W., 2004. New Constraints on The Active Tectonic Deformation of The Aegean. *Journal of Geophysical Research.* 109, B11406, 1-23.
- **Okada, Y.,** 1985. Surface Deformation Due To Shear And Tensile Faults In A Halfspace, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **75**(4), 1135–1154.
- Olmsted, C., 1993. Alaska SAR Facility Scientific SAR User's Guide, E-Book (http://www.asf.alaska.edu/content/reference/SciSARuserGuide.pdf), Fairbanks, Alaska, USA.
- **Oral, B. C.**, 1994. GPS Measurements in Turkey (1988-1992) Kinematics of the Africa-Arabia Eurasia Plate Collision Zone, Massachusetts Institute of Technology, *Doktora Tezi*, MIT, Boston.
- **Oveisgharan, S.**, 2007. Estimating Snow Accumulation From InSAR Correlation Observations, Stanford Universitesi, *Doktora Tezi*, Stanford, California, USA.
- Park, K., 2000. Determination of Glacial Isostatic Adjustment Parameters Based on Precise Point Positioning Using GPS, The University of Texas at Austin, *Doktora Tezi*, Texas.
- Podgorski, J., Hearn, E., McClusky, S., Reilinger, R., Taymaz, T., Tan, O., Prilepin, M., Guseva, T. and Nadariye, M., 2007. Postseismic Deformation Following The 1991 Racha, Georgia, Earthquake, *Geophysical Research Letters*, 34, doi:10.1029/2006GL028477.
- Press, F. and Siever, R., 1999. Understanding Earth, W.H. Freeman and Company, New York, USA.
- Reid, H.F., 1910. The Mechanics of the Earthquake, The California Earthquake of April 18, 1906, Report of the State Investigation Commission, Carnegie Institution of Washington, 2, 16-28.

- Reilinger R., McClusky, S., Oral, B., King, R., Toksoz, N., Barka, A., Kinik, I., Lenk, O. And Sanli, I., 1997. Global Positioning System Measurements of Present-day Crustal Movements in the Arabia-Africa-Erurasia Plate Collision Zone, *Journal of Geophys. Research*, 102, 9983-9999.
- Reilinger, R., McClusky S., Vernant P., Lawrence S., Ergintav S., Cakmak R., Ozener H., Kadirov F., Guliev I., Stepanyan R., Nadariya M., Hahubia G., Mahmoud S., Sakr K., ArRajehi A, Paradissis D., Al-Aydrus A., Prilepin M., Guseva T., Evren E., Dmitrotsa A., Filikov S. V., Gomez F., Al-Ghazzi R., and Karam G., 2006. GPS Constraints on Continental Deformation in The Africa-Arabia, Eurasia Continental Collision Zone and Implications for The Dynamics of Plate Interactions, *Journal of Geophys. Research - Solid Earth.* 111, B05411:1-26.
- ROI_PAC Dokümanı, 2000. Program Manuel, Cornell University, NY, USA.
- **Rüzgar, G.,** 2004. Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümündeki Hareketlerin Üç Yıllık GPS Ölçmeleri ile Belirlenmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, İstanbul.
- Savage, J. C. and R. O. Burford, 1973. Geodetic Determination of Relative Platemotion in Central California, J. Geophys. Res., 78, 832–845.
- Savage, J. C., 1983. A Dislocation Model of Strain Accumulation and Release at a Subduction Zone. *Journal of Geophysical Research.* 88, 4984-4996.
- Sella, G. F., 2001. Space Geodetic Constrains on Plate Rigidity and Global Plate Motions, Louisianan State University, *Doktora Tezi*, ABD.
- Solaas, G.A., 1994. ERS-1 Interferometric Baseline Algorithm Verification, ESA Technical Report, ES-TN-DPE-OM-GS02 version 1.0, ESA.
- Stein, R. S., Barka, A. A. and Dieterich, J. H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophysical Journal International*, 1997, **128**, 594-604.
- Sun, J., Shen, Z., Xu, X. ve Bürgmann, R., 2008. Synthetic Normal Faulting of The 9 January 2008 Nima (Tibet) Earthquake From Conventional and Along-Track SAR Interferometry, *Geophysical Research Letters*, 35, L22308.
- Şahin, M. ve Tarı, E., 2000. GPS Nedir? Ve Yerkabuğu Hareketleri GPS ile Sürekli Nasıl İzlenir?. Cumhuriyet Bilim-Teknik Dergisi, Sayı:670, 18-19.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Claude Rangin, C., 2004. The North Anatolian Fault: A new look. Ann. Rev. Earth Planet. Sci., 33. 37–112.
- Şengün, Y. S., 2008. GPS ve InSAR Ölçülerini Birlikte Kullanarak İzmit Depreminde Oluşan Deformasyonun Modellenmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul.
- Tesauro, M., Hollenstein, C., Egli, R., Geiger, A., Kahle, H. G., 2006. Analysis of Central Western Europe Deformation Using GPS and Seismic Data, *Journal of Geodynamics*, **42**, 194-209.

- Tüysüz, O, 2003. Active Tectonic Ders Notları, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- **Tsay, J. R. and Chen, H. H.,** 2001. DEM Generation in Taiwan by Using INSAR and ERS Data, 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore, November 5-9.

U rl-1 <http: 00v="" 0sfc="" denali="" dtam="" nasa=""></http:>	alındığı tarih 25 10 2009
Url-2 < http://www.ngvjagdaet.com/>	alındığı tarih $13.12.2009$
OII-2 <mup. td="" www.nuviguagei.com="" ~,<=""><td>annugi tarin 15.12.2009.</td></mup.>	annugi tarin 15.12.2009.
Url-3 <http: www.hho.edu.tr=""></http:> ,	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-4 <ftp: gps="" gpsb2.txt="" pub="" tycho.usno.navy.mil="">,</ftp:>	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-5 <http: www.seg.ethz.ch=""></http:> ,	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-6 <http: ers="" precorbs="" www.deos.tudelft.nl=""></http:> ,	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-7 <http: seismo="" www.koeri.boun.edu.tr=""></http:> ,	alındığı tarih 20.08.2009.
Url-8 <http: www.mta.gov.tr=""></http:> ,	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-9 <http: dirifay1.asp="" mta_web="" www.mta.gov.tr="">,</http:>	alındığı tarih 13.12.2009.
Url-10 <http: defnode="" www.rpi.edu="" ~mccafr=""></http:> ,	alındığı tarih 25.20.2009.
Url-11 <www.globalcmt.org>,</www.globalcmt.org>	alındığı tarih 10.04.2009.
Url-12 <http: insar="" www.npagroup.com=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-13 <http: www.gi.alaska.edu="" ~rgens=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-14 <http: descw="" earth.esa.int=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-15 <http: docs="" envi="" tutorials="" www.ittvis.com=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-16 <http: geteolisa="" muis-env.esrin.esa.it=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2008.
Url-17 <http: www.seismo.berkeley.edu=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2009.
Url-18 <http: html="" www.altamira-information.com=""></http:>	alındığı tarih 25.10.2009.

- Wallace, L. M., Beavan, J., McCaffrey, R. and Darby, D., 2004. Subduction Zone Coupling and Tectonic Block Rotations in the North Island, New Zealand, *Journal of Geophysical Research*, 109, B12406, doi:10.1029/2004JB003241.
- Wessel, P., and Smith W. H. F., 1998. New, Improved Version of Generic Mapping Tools Released, *EOS trans. AGU*, **79**, 579.
- Whitten, C. A., 1948, Horizontal Earth Movement, Vicinity of San Francisco, California, *Eos Trans. AGU*, **29**, 318-323.
- Whitten, C. A., 1960, Horizontal Movement in The Earth's Crust, J. Geophys. Res., 65, 2839-2844.
- Williams, S., Y. Bock, and P. Fang, 1998. Integrated Satellite Inteferometry: Tropospheric Noise, GPS Estimates and Implications for Interferometric Synthetic Aperture Radar Products, *Journal of Geophysical Research*, 103, 27051-27067.

- Wright, T. J., Fielding, E. and Parsons, B., 2001. Triggered Slip: Observations of The 17 August 1999 Izmit (Turkey) Earthquake Using Radar Interferometry. *Geophysical Research Letters*, 28, 1079-1082.
- Wright, T. J., 2002. Remote Monitoring of The Earthquake Cycle Using Satellite Radar Interferometry. *Phil. Trans. The Royal Society London*, 360, 2873-2888.
- Yavaşoğlu, H., 2003. Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümünün Kinematiğinin 2001 ve 2002 GPS Ölçmeleri ile Belirlenmesi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, İstanbul.
- Yavaşoğlu, H., Rüzgar, G., Baykal, O., Bilgi, S., Çakmak, R., Erden, T., Ergintav, S., İnce C. D., Karaman, H., Tarı, E., Tarı, U., Tüysüz, O., 2004. GPS Measurements Along The North Anatolian Fault Zone on The Mid-Anatolia Segment, 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Greece, April 14-20.
- Yavaşoğlu, H., Tarı, E., Karaman, H., Şahin, M., Baykal, O., Erden, T., Bilgi, S., Rüzgar, G., İnce, C. D., Ergintav, S., Çakmak, R., Tarı, U., Tüysüz, O., 2005. GPS Measurements Along The North Anatolian Fault Zone On The Mid-Anatolia Segment, *International Symposium* on Geodetic Deformation Monitoring, Jaén, Spain, March 17-19.
- Zebker, H. A. and Goldstein, R. M., 1986. Topographic Mapping from Interferometric Synthetic Aperture Radar Observation, *Journal of Geophysical Research*, 91, 4993-4999.
- Zebker, H. A. and Villasenor, J., 1992. Decorrelation in Interferometric Radar Echoes, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **30**, 950-959.
- Zebker, H. A., Rosen, P. A., Goldstein, R. M., Gabriel, A. and Werner, C., 1994. On The Derivation of Coseismic Displacement Fields Using Differential Radar Interferometry: The Landers Earthquake, *Journal* of Geophysical Research - Solid Earth, 99, No. B10, 19617-19634.
- Zebker, H. A., Rosen P.A. and Scott, H., 1997. Atmospheric Effects in Interferometric Synthetic Aperture Radar Surface Deformation and Topocraphic Maps. *Journal of Geophsical Research*, **102**, 7547-7563.
- Zebker, H. A. and Lu, Y., 1998. Phase Unwrapping Algorithms for Radar Interferometry: Residue-Cut, Least-Squares and Synthesis Algorithms. *Journal of the Optical Society of America*, **15**, 586-598.
EKLER

- EK A : Yıllık GPS ölçme çizelgeleri
- EK B : Station.info dosyası
- EK C : WRMS VE NRMS tabloları
- EK D : Tekrarlılıklar
- **EK E : 3** Yıllık hız vektörleri
- EK F: 4 Yıllık (tüm ölçmelerden) hız vektörleri
- **EK G :** DEFNODE program çıktıları
- EK H : InSAR sonuçları

EK A : Yıllık GPS ölçme çizelgeleri

			Ekip	No.	1	2																						
08.2001	240	Oturum	Kayıt	Süresi (sa:dk)	11:13	08:10					Х	Х		Х	Х		Х	Х	Х	Х		Х		Х	Х	Х	Х	Х
28.		Toplam	Kayıt	Süresi (sa:dk)	11:13	08:10																						
			Ekip	No.	-	2	2	2	2	2										7		3	3	8	1	4	5	6
08.2001	239	Oturum	Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	02:04	08:29	02:42	03:43	06:49	х	Х		Х	х		Х	х	Х	08:58		01:49	08:10	05:12	09:12	09:00	09:16	09:12
27.0		[oplam]	Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	23:47														08:58		09:59		05:12	09:12	00:00	09:16	09:12
			Ekip	No.	1	2	2					-								7	7	3		8	1	4	5	6
8.2001	238	Oturum	Kayıt	Süresi sa:dk)	24:00	04:12	19:45				Х	Х		Х	х		Х	х	х	06:59	01:25	08:50		05:53	09:16	09:01	08:45	09:18
26.0		oplam (Kayıt	Süresi sa:dk)	24:00	23:57														08:24		08:50		05:53	09:16	09:01	08:45	09:18
		L	Ekip	.0N	1	5	2													7		3		8	1	4	5	9
8.2001	237	Dturum	Kayıt 1	Süresi (sa:dk)	24:00	08:02	09:21				Х	Х		Х	Х		Х	Х	Х	07:44		10:13		06:03	07:17	09:04	08:41	07:20
25.0		Foplam (Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	17:23														07:44		10:13		06:03	07:17	09:04	08:41	07:20
			Ekip	No	-	2	2	2			10	1+9		8	3		4	5	6									
08.2001	236	Oturum	Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	04:22	04:26	09:57			10:00	10:23		07:14	10:04		09:07	08:51	10:58	Х		Х		Х	Х	х	х	Х
24.(oplam	Kayıt	Süresi sa:dk)	24:00	18:45				-	10:00	10:23		07:14	10:04		09:07	08:51	10:58									
			Ekip	No.	1	2					7	1+9	1+9	2	3	3	4	5	6									
8.2001	235	Dturum	Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	15:31				-	08:05	00:31	08:34	07:25	08:00	02:35	09:25	08:00	09:25	Х		Х		Х	Х	Х	Х	Х
23.(Coplam (Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	15:31				-	08:05	09:05		07:25	10:35		09:25	08:00	09:25									
			Ekip	No.	1					-	7	1+9		2	3	3	4	5	6									
08.2001	234	Oturum	Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00	×				-	05:57	13:08		08:09	08:00	01:02	09:22	08:56	08:51	Х		Х		Х	Х	Х	х	Х
22.		Toplam	Kayıt	Süresi (sa:dk)	24:00					-	05:57	13:08		08:09	09:02		09:22	08:56	08:51									
		-	Ekip	No.	1					-																		
08.2001	233	Oturum	Kayıt	Süresi (sa:dk)	09:25	x					Х	Х		Х	х		Х	Х	Х	Х		Х		Х	Х	х	х	Х
21.		Toplam	Kayıt	Süresi (sa:dk)	10:40																							
			Nokta	Kodu	IHGZ	SNGR					KVAK	GHAC		ALAC	GKCB		KRGI	ORTC	HVZA	GOL1		GBAG		CNKR	GYNC	OSMN	DDRG	HMMZ
Tarih	GPS Günü		İstasyon	İsmi	İhsangazi	Sungurlu					Kavak	G.hacıköy		Alaca	Gökçebel		Kargı	Ortalıca	Havza	Göl		Göllübağlar		Çankırı	Göynücek	Osmancık	Dodurga	Hamamözü
	L		#		-	2				Ē	3	4		5	6		7	8	9	10		11		12	13	14	15	16

Çizelge A.1 : 2001 Yılı ölçülen noktalar ve ölçme süreleri.

*10 dakika ve daha az kayıt süreli veriler çizelgeye katılmanıştır.
* \mathbf{X} veri yok

			d																										
~			Eki	No		1		3				9												L	8				
2.08.2002	224	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	14:04		14:01			Х	10:19		Х				Х		Х	Х	Х	Х	00:46	09:01	х	Х	Х	Х
1		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	14:04		14:01				10:19												09:46					
			Ekip	No.		1		2	2														6	1+7		7	4	10	8
1.08.2002	223	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		15:42	08:15		Х	Х		Х				Х		Х	Х	Х	08:46	10:33	Х	08:44	10:03	09:03	09:34
1		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		23:57															08:46	10:33		08:44	10:03	09:03	09:34
			Ekip	No.		1																	6	1		7	4	10	8
08.2002	222	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		Х			Х	Х		Х				Х		Х	Х	Х	08:33	11:11	Х	00:00	10:11	09:02	09:12
10.		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59																	08:33	11:11		00:00	10:11	09:02	09:12
			Ekip	No.		1		2	2														8			7	4	10	6
.08.2002	221	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		17:52	06:05		Х	Х		Х				Х		Х	Х	Х	08:37	Х	Х	00:60	09:25	09:02	09:22
60		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		23:27															08:37			00:60	09:25	09:02	09:22
			Ekip	No.		1		2	2		10	3		5	5	5	5	1+11		6	4+7	6			8				
.08.2002	220	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		02:11	21:46		09:03	06:20		00:50	00:44	03:45	03:57	09:01		12:30	09:15	09:02	Х	Х	05:36	Х	Х	Х	Х
08		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		23:57			09:03	06:20		09:16				09:01		12:30	09:15	09:02			05:36				
			Ekip	No.		1		5	5	5	10	3	3	3	3	3		1+11		6	4+7	6			8				
.08.2002	219	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		02:38	05:12	16:05	09:35	07:46	00:37	03:00	02:14	01:42		10:21		12:00	09:46	09:00	Х	Х	09:03	Х	Х	Х	Х
07		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59		23:55			09:35	08:23		06:56				10:21		12:00	09:46	09:06			09:03				
			Ekip	No.		1	1	2			10	3	3	5	5			11	11	1	4+7	6							
.08.2002	218	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	16:13	07:43	23:59			09:16	01:20	03:32	03:57	02:20			07:34	03:41	12:00	11:29	08:39	Х	Х	Х	х	Х	Х	Х
90		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:56		23:59			09:16	04:52		06:17				11:15		12:00	11:29	08:39							
			Ekip	No.		1		1																					
.08.2002	217	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	13:33		06:07			Х	х		Х				Х		х	Х	Х	Х	Х	Х	х	Х	Х	х
05		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	13:33		06:07																					
			Nokta	Kodu		IHGZ		ALAC			KRGI	GKCB		CNKR				SNGR		GHAC	ORTC	HMMZ	KVAK	GBAG	GOL1	GYNC	OSMN	DDRG	HVZA
Tarih	GPS Günü		İstasyon	İsmi	-	İhsangazi		Alaca			Kargı	Gökçebel		Çankırı				Sungurlu		G.Hacıköy	Ortalıca	Hamamözü	Kavak	Göllübağlar	Göl	Göynücek	Osmancık	Dodurga	Havza
			#			1		2			3	4		5				9		7	8	6	10	11	12	13	14	15	16

Çizelge A.2 : 2002 Yılı ölçülen noktalar ve ölçme süreleri.

*10 dakika ve daha az kayıt süreli veriler çizelgeye katılmamıştır. * X veri yok

- 1					-1	- 1											r											- 1								
			Ekip	No.		1^{+4}					1^{+4}																4		6	6	9	2	3	8	5	
1.08.2003	223	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	00:13					14:20			Х	Х		Х				Х		Х		Х	Х	08:50		00:58	09:00	08:39	08:45	09:38	08:44	08:16	
-		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	00:17					14:20																08:55		10:04		08:39	08:45	09:38	08:44	08:16	
			Ekip	No.		1+4	1+4				1+4																4		9	9	6	2	3	8	5	
0.08.2003	222	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	04:36	00:11				24:00			Х	Х		Х				Х		Х		Х	Х	09:09		01:40	00:00	09:03	09:14	09:52	09:35	09:05	
1		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	05:00					24:00																09:09		10:40		09:03	09:14	09:52	09:35	09:05	
			Ekip	No.		1^{+4}	1^{+4}	1^{+4}	1 + 4	1^{+4}	1^{+4}																4	4	9		6	2	3	8	5	
.08.2003	221	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	01:09	08:33	02:39	00:12	00:11	24:00			Х	Х		Х				Х		Х		Х	Х	00:39	08:19	10:24		08:49	09:17	09:52	09:23	09:03	
60		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	13:32	1	1			24:00																08:48		10:24		08:49	09:17	09:52	09:23	09:03	
			Ekip	No.		1^{+4}	1^{+4}				1^{+4}	1^{+4}	1^{+4}	9	4		7				2		8		3+9	5										
.08.2003	220	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	14:14	09:45				06:36	02:47	09:29	08:24	08:35		14:54				08:44		08:44		09:24	09:47	Х		Х		Х	Х	Х	Х	Х	
08		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	23:59					18:52			08:24	08:35		14:54				08:44		08:44		09:24	09:47										
			Ekip	No.		1^{+4}					1^{+4}			6	4	4	7	7	7	7	2		8		3+9	5										
.08.2003	219	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	24:00					24:00			09:28	00:11	09:33	12:00	00:11	03:59	07:56	09:05		09:48		10:15	10:00	Х		Х		Х	Х	Х	Х	Х	<pre>veri yok</pre>
07		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	24:00					24:00			09:28	09:44		23:56				09:05		09:48		10:15	10:00										*
			Ekip	No.		1+4	1+4	1+4			1+4			9	1+4		7				2	2	8	8	3+9	5										
.08.2003	218	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	06:39	05:40	07:51			24:00			10:38	11:03		19:39				00:24	10:07	09:40	00:41	12:09	11:25	Х		Х		Х	Х	Х	Х	Х	
06		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	19:54					24:00			10:38	11:03		19:39				10:31		10:21		12:09	11:25										amıştır.
			Ekip	No.		1+4					1+4																									e katılm
08.2003	217	Oturum	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	12:31					6:20			Х	Х		х				Х		Х		Х	Х	Х		Х		Х	Х	Х	Х	Х	çizelgey
05.		Toplam	Kayıt	Süresi	(sa:dk)	12:31					06:20																									üreli veriler
			Nokta	Kodu		IHGZ					SNGR			KVAK	CNKR		GHAC				GKCB		KRGI		ORTC	HVZA	ALAC		GBAG		GOL1	GYNC	OSMN	DDRG	HMMZ	a az kayıt s
Tarih	GPS Günü		İstasyon	İsmi		İhsangazi					Sungurlu			Kavak	Çankırı		Gümüşhacıköy				Gökçebel		Kargı		Ortalıca	Havza	Alaca		Göllübağlar		Göl	Göynücek	Osmancık	Dodurga	Hamamözü	*10 dakika ve dah
			#			1					2			3	4		5				9		7		8	9	10		11		12	13	14	15	16	

Çizelge A.3 : 2003 Yılı ölçülen noktalar ve ölçme süreleri.

	Tarih		(7	28.07.2004			29.07.2004			30.07.2	004		31.07	7.2004		01	.08.2004			02.08.200	+		03.08.2004	
	GPS Günü			210			211			212			2	13			214			215			216	
			Toplam	Oturum		Toplam	Oturum		Topla	m Otu	unu	Top	vlam 0	turum	-	loplam	Oturum		Toplam	Oturun	-	Toplam	Oturun	
#	İstasyon	Nokta	Kayıt	Kayıt	Ekip	Kayıt	Kayıt	Ekir	, Kayı	t Ká	iyit Ek	kip Ka	yıt I	Kayıt	Ekip	Kayıt	Kayıt	Ekip	Kayıt	Kayıt	Ekip	Kayıt	Kayıt	Ekip
	İsmi	Kodu	Süresi	Süresi	No.	Süresi	Süresi	No.	Süres	i Sü	resi N	lo. Süı	resi S	Süresi	No.	Süresi	Süresi	No.	Süresi	Süresi	No.	Süresi	Süresi	No.
			(sa:dk)	(sa:dk)		(sa:dk)	(sa:dk)		(sa:dk	:) (sa.	dk)	(sa:	dk) (s	sa:dk)	-	(sa:dk)	(sa:dk)		(sa:dk)	(sa:dk)		(sa:dk)	(sa:dk)	
1	İhsangazi	IHGZ	12:30	12:30	1	24:00	24:00	1	24:0() 24	: 00:	1 24.	:00	24:00	1	24:00	24:00	1	24:00	24:00	1	24:00	24:00	1
2	Sungurlu	SNGR	04:39	04:39	12	24:00	24:00	12	24:0() 24	:00 1	2 24.	:00	24:00	12	24:00	24:00	12	24:00	24:00	12	24:00	24:00	12
3	Kavak	KVAK		Х			Х			Х				x		09:05	09:05	6	09:16	09:16	9	00:60	00:60	6
4	G.hacıköy	GHAC		Х		10:36	10:36	6	11:15	11	:19	9 11	:32	11:32	6		Х			Х			Х	
5	Alaca	ALAC		Х		09:15	09:15	10	09:16	5 9:	16 1	.60 0	:06	9:06	10		Х			Х			Х	
9	Gökçebel	GKCB		х		08:53	8:53	2	30:60	.6 5	08 2+	60 6+	:11 (111	2+9		Х			х			х	
7	Kargı	KRGI		Х		09:23	09:23	8	09:28	3 9:	28 8	8 09.	:18	9:18	8		Х			Х			Х	
8	Ortalıca	ORTC		Х		09:39	09:39	3	09:48	3 9:	48	3 09.	:44	9:44	3		Х			х			Х	
6	Havza	HVZA		Х			Х			Х				x		09:36	09:36	5	10:02	10:02	5	09:40	09:40	5
10	Göl	GOL1		Х		08:50	08:50	9	30:60	60	:08	5 09.	:14 (<u> 9</u> :14	6		Х			Х			Х	
11	Göllübağlar	GBAG		Х			Х			Х				x		09:47	09:47	6	09:47	9:47	6	10:09	9:06	6
																							1:03	6
12	Çankırı	CNKR		Х			Х			Х				x		09:25	09:25	11	09:26	09:26	11	09:38	09:38	11
13	Göynücek	GYNC		Х			Х			х				x		09:06	09:06	2	09:02	09:02	2	09:04	09:04	2
14	Osmancık	OSMN		Х			Х			Х				X		09:53	09:53	3	10:10	10:10	3	09:48	09:48	3
15	Dodurga	DDRG		Х			Х			Х				X		09:15	09:15	8	09:19	09:19	8	09:19	09:19	8
16	Hamamözü	HMMZ		Х		08:53	08:53	5	0:60	60	:01	5 08.	:54 ()8:54	5		Х			Х			Х	
17	Samsun	SAMS		Х			Х			Х				X		09:08	09:08	4	09:00	00:00	4	09:02	09:02	4
18	Sinop	SINO		Х		09:39	09:39	4	09:37	100	:37 4	4 09	:35 (19:35	4		Х			Х			Х	

Çizelge A.4 : 2004 Yılı ölçülen noktalar ve ölçme süreleri.

*10 dakika ve daha az kayıt süreli veriler çizelgeye katılmamıştır. * X veri yok

EK B : "station.info" dosyası

dosyası
.info"
'station
••
B .1
ge
Çizel

bkaf																
) [a1,2(a4,1	x),a16,f7.	4,2(1x,f8.4),2(1x,at	6),1x,a5,	,1x,f5.2,	,1x,i4,	lx,i3,lx,i	2,6(1x,i2)									
zx,a) TRCK SI	ITE Station	1 Name Ant Ht	Ant N	Ant E	Rcvr	AntCod	HtCod Ve	rs Year Do	y SN							
Start St	op set undatad	via the CODAC D	otahaca (n 12_M	[ar_)∩(01 23.00-										
	and questio	ins, comments or co	oncerns 1	to pjamé	ason(a)	josh.ucsd	ledu									
Start Stury Start Stury Stury Stury Start Stury	op CAF GPS F	M Name ANT HI XAMPANYASI	Ant N	Ante	KCVT	Antcod		ers y ear do	NC ÁC							
[+]] +]] +]]+]]	\geq															
FRCK	SITE	Station Name	Ant Ht	Ant N A	nt E	Rcvr	AntCo	d HtCod	Vers N	/ear D	oy s	sN Star	t	Stop		
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.1923	0	0	ASHZ12	ATGE3B	DHTGP	0	2001	234	0	0 0	0 2	4 0	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.1915	0	10	ASHZ12	ATGE3B	DHTGP	0	2001	235	0	000	0 2	4 0	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.1929	0	0	ASHZ12	ATGE3B	DHTGP	0	2001	236	0	0 0	0	40	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	218	0	0 0	0	40	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	219	0	0 0	0	4 0	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	220	0	000	0 2	4 0	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	221	0	0 0	0 2	4 0	0
4LA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	222	0	0 0	0 2	4 0	0
4LA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	223	0	0 0	0 2	4 0	0
ALA1	ALA1	Alaca (tutga)	0.0594	0	0	TRMSSI	TRMDMG	DHPAB	7.29	2002	224	0	000	0 2	4 0	0
FRCK	SITE	Station Name	Ant Ht	Ant N A	NTE F	Rcvr	AntCo	d HtCod	Vers N	rear D	oy s	sN Star	ť	Stop	_	

ALA1 Alaca (urga) 0.1136 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 222 0 0 0 24 ALA1 Alaca (urga) 0.1136 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 222 0 0 0 24 ALA1 Alaca (urga) 0.1136 0 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 223 0 0 0 24 ALA1 Alaca (urga) 0.1015 0 OTRNSE T7.29 2004 211 0 0 24 ALA1 Alaca (urga) 0.1015 0 OTRNSE T7.29 2004 213 0 0 24 ALA1 Alaca (urga) 0.1015 0 OTRNSE T7.29 2004 213 0 0 0 24 ALA1 Alaca (urga) 0.1056 0 OTRNSE TRMMG DHBCF 7.29 2004 213	0 0	00	000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0 0	0 0	00
ALAI ALAI Alaca (tuga) 0.1136 0 0TRMZGP DHBGP 1.23 2003 221 0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
ALAI Alaca (utga) 0.1136 0 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1 0.23 2003 222 0 0 ALAI Alaca (utga) 0.1119 0 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 223 0 <td< th=""><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th><th>0</th></td<>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALAI ALAI Alaca (tuga) 0.1136 0 TRMZGP DHBGP 1 0.23 2003 222 0 0 ALAI ALAI Alaca (tuga) 0.1136 0 0 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 223 0 0 ALAI Alaca (tuga) 0.1015 0 0 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 223 0 0 ALAI ALAI Alaca (tuga) 0.1015 0 0 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 223 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALAI Alaca (utga) 0.1136 0 0TRS700 TRMZCF DHBGF 1 0.23 2003 222 0 ALAI Alaca (utga) 0.1119 0 0TR5700 TRMZCF DHBGF 1.23 2003 223 0 ALAI Alaca (utga) 0.1136 0 0TR5700 TRMZCF DHBGF 1.23 2003 223 0 ALAI Alaca (utga) 0.101 0 0TR5700 TRMXCF DHBCF 7.29 2004 211 0 ALAI Alaca (utga) 0.1015 0 0TRS700 TRMXCF DHBCF 7.29 2004 213 0 ALAI Alaca (utga) 0.1015 0 0TRS5 TRMMMG DHBCF 7.29 2004 213 0 201 237 0 201 237 0 201 238 0 201 238 0 201 238 0 201 238 0 201 231 <t< td=""><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></t<>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALAI Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRMZGP DHBGP 1 0.23 2003 221 ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TRMZGP DHBGP 1 .23 2003 223 ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TRMZGP DHBGP 1.23 2003 223 ALAI Alaca (tutga) 0.101 0 0 TRMSE TRMDMG DHBGP 1.23 2003 223 ALAI Alaca (tutga) 0.101 0 0 TRMSE TRMDMG DHBCP 7.29 2004 211 ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDMG DHBCP 7.29 2004 213 ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TGSB DHTGP 7.29 2004 213 ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 ATMSC DHBCP 7.29 2004 214	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALAI Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRSCF0 TRMZGF DHBGF 1 23 2003 ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TR5700 TRMZGF DHBGF 1 23 2003 ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TR5700 TRMZGF DHBGF 1 23 2003 ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDMG DHBCR 7.29 2004 ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDMG DHBCR 7.29 2004 ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDMG DHBCR 7.29 2004 ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0.1785 TRMDMG DHBCR 7.29 2004 ALAI Alaca (tutga) 0.1056 0 0.410212 ATGE3 DHTGP 7.29 2004 ALAI <t< td=""><td>221 0</td><td>222</td><td>223</td><td>211</td><td>212</td><td>213</td><td>237</td><td>238</td><td>239</td><td>218</td><td>219</td><td>220</td><td>218</td><td>219</td><td>220</td><td>214</td><td>215</td><td>216</td><td>237</td><td>238</td><td>239 0</td><td>221</td><td>222</td><td>223</td></t<>	221 0	222	223	211	212	213	237	238	239	218	219	220	218	219	220	214	215	216	237	238	239 0	221	222	223
ALAI Alaca (turga) 0.1136 0 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1 233 ALAI Alaca (turga) 0.1119 0 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1 233 ALAI Alaca (turga) 0.1119 0 0 TR5700 TRMZGP DHBGP 1.23 ALAI Alaca (turga) 0.101 0 0 TRS5700 TRMDMG DHBGP 1.23 ALAI Alaca (turga) 0.1015 0 0 TRMSSE TRMDMG DHBCR 7.29 ALAI Alaca (turga) 0.1015 0 0 TRS570 TRMDMG DHBCR 7.29 ALAI Alaca (turga) 0.1015 0 0 ASHZ12 ATGE3B DHTGP 0 CNKR CNKR Carkiri (pilye) 0.1965 0 0 ASHZ12 ATGE3B DHTGP 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 <td>2003</td> <td>2003</td> <td>2003</td> <td>2004</td> <td>2004</td> <td>2004</td> <td>2001</td> <td>2001</td> <td>2001</td> <td>2002</td> <td>2002</td> <td>2002</td> <td>2003</td> <td>2003</td> <td>2003</td> <td>2004</td> <td>2004</td> <td>2004</td> <td>2001</td> <td>2001</td> <td>2001</td> <td>2002</td> <td>2002</td> <td>2002</td>	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002
ALAIAlaca (tuga) 0.1136 00 $\Gamma RMZGP$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.1119 00 $\Gamma RMZGP$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.1136 00 $\Gamma RMZGP$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.102 00 $\Gamma RMSE$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.101 00 $\Gamma RMSE$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.101 00 $\Gamma RMSE$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.101 00 $\Gamma RMSE$ DHBGPALAIAlaca (tuga) 0.1016 0 0 DRMSEDHBGPCNKRCankir (pilye) 0.1016 0 0 ARMSEDHBGPCNKRCNKRCankir (pilye) 0.1060 0 0 ALUZ12ATGE38DHTGPCNKRCNKRCNKRCankir (pilye) 0.0608 0 0 0 ATUZ12ATGE38DHTGPCNKRCNKRCNKRCNKRCankir (pilye) 0.0607 0 0 0 0 0 0 0 CNKRCNKRCNKRCNKRCankir (pilye) 0.1066 0 0 0 0 0 0 CNKRCNKRCNKRCankir (pilye) 0.1066 0 0 0 0 0 0 CNKRCNKRCNKRCNKRCankir (pilye) 0.1066 0 0 0 0 0 CNKRCNKRCNKRCN	0.23	1.23	1.23	7.29	7.29	7.29	0	0	0	0	0	0	1.23	1.23	1.23	7.29	7.29	7.29	0	0	0	0	0	0
ALAI Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRAJC PHBCP ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TRAJCP PHBGP ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TRAJCP PHBGP ALAI Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRAJCP PHBGP ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 TRMSE TRMDMG PHBGP ALAI Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDMG PHBCR ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 TRMSE TRMDMG PHBCR ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 TRMSE TRMDMG PHBCR ALAI Alaca (tutga) 0.10169 0.10169 0.10172 DHPGB DHCR Conkin Cankin (pilye) 0.1086 0 0 ALUZ12 ATGE3B DHTGP CNKR Cankin (pilye) 0.1080 0	-																				0			
ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRMZGP 1 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRMZGP 1 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRMZGP 1 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRMZGP 1 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSSE TRMDMG 1 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSSE TRMDMG 1 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSSE TRMDMG 1 CNKR CNKR CNKR CNKR CNKR TRMSSE TRMDMG 1 CNKR CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1965 0 0 ATGE3B 1 CNKR CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.10607 0 0 TRMSC 1 CNKR CNKR Cankiri (pilye)	DHBGP	DHBGP	DHBGP	DHBCR	DHBCR	DHBCR	OHTGP	OHTGP	OHTGP	DHPAB	DHPAB	HPAB	DHBGP	DHBGP	OHBGP	DHBCR	DHBCR	DHBCR	OHPAB	DHPAB	HPAB	HPAB	HPAB	DHPAB
ALAU Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRMZGF ALAU Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRXZGF ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRXZGF ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TRXZGF ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSEF TRMDM ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDM ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDM ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TRMSE TRMDM CNKR CNKR CNKR Cankir (pilye) 0.1965 0 0 ATGE3B CNKR CNKR CNKR Cankir (pilye) 0.1065 0 0 ATGE3B CNKR CNKR CNKR Cankir (pilye) 0.10607 0 0 ATGE3B CNKR CNKR CNKR				<u>с</u>	<u>с</u>	сл СЛ										<u>с</u>	<u>с</u>	<u>с</u>						
ALAI Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1119 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1116 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 TR5700 ALAI Alaca (tutga) 0.1016 0 0 ASH212 CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1965 0 0 ASH212 CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1965 0 0 ATU212 CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.01607 0 0 TR5700 CNKR CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1182 0 0 TR5700 CNKR <td>TRMZGF</td> <td>TRMZGF</td> <td>TRMZGF</td> <td>TRMDM</td> <td>TRMDM</td> <td>TRMDM</td> <td>ATGE3B</td> <td>ATGE3B</td> <td>ATGE3B</td> <td>ATMR2C</td> <td>ATMR2C</td> <td>ATMR2C</td> <td>TRMZGF</td> <td>TRMZGF</td> <td>TRMZGF</td> <td>TRMDM</td> <td>TRMDM</td> <td>TRMDM</td> <td>ATGP4A</td> <td>ATGP4A</td> <td>ATGP4A</td> <td>ATMR2C</td> <td>ATMR2C</td> <td>ATMR2C</td>	TRMZGF	TRMZGF	TRMZGF	TRMDM	TRMDM	TRMDM	ATGE3B	ATGE3B	ATGE3B	ATMR2C	ATMR2C	ATMR2C	TRMZGF	TRMZGF	TRMZGF	TRMDM	TRMDM	TRMDM	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATMR2C	ATMR2C	ATMR2C
ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR570 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR570 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR570 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR570 ALA1 Alaca (tutga) 0.101 0 0 TR570 ALA1 Alaca (tutga) 0.1016 0 0 ASH21 CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1965 0 0 ASH21 CNKR CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1182 0 0 ATU21 CNKR CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0.1182 0 0 TR570 CNKR CN				Ц	Ц	Ц	2	2	2	2	2	2				Щ	Ц	Щ	2	2	2	2	2	2
ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1012 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 TR CNKR CNKR CNKR Cankiri (pilye) 0 0 TR <td< td=""><td>20(</td><td>200</td><td>200</td><td>ASS</td><td>ASS</td><td>NS</td><td>171</td><td>171</td><td>171</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td><td>20(</td><td>20(</td><td>20(</td><td>NS</td><td>ASS</td><td>NS</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td><td>JZ1</td></td<>	20(200	200	ASS	ASS	NS	171	171	171	JZ1	JZ1	JZ1	20(20(20(NS	ASS	NS	JZ1	JZ1	JZ1	JZ1	JZ1	JZ1
ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1056 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 0 ALA1 Alaca (tut	LR5	LR5	LR5	L R	L R	L R	ÅS F	ÅS F	4SF	AT L	AT L	ATL	LR5	LR5	LR5	R	LR N	LR N	AT L	AT L	ATC	ATC	ATC	ATC
ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1119 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1119 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.11136 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.101 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1015 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.10165 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1182 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1182 0 ALA1 Alaca (tutga) 0.1182 0 CNKR CNKR CNKR CNKR CNKR CNKR CNKR CNKR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALA1Alaca (tutga)0.1136ALA1Alaca (tutga)0.1136ALA1Alaca (tutga)0.101ALA1Alaca (tutga)0.101ALA1Alaca (tutga)0.101ALA1Alaca (tutga)0.1015ALA1Alaca (tutga)0.1015ALA1Alaca (tutga)0.1015ALA1Alaca (tutga)0.1015ALA1Alaca (tutga)0.1015ALA1Alaca (tutga)0.1015CNKRCnkrCankiri (pilye)0.1965CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1965CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1965CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1188CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1188CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1188CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1188CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1188CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1065CNKRCNKRCNKRCNKR <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 ALA1 Alaca (tutga) 0.1136 ALA1 Alaca (tutga) 0.102 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1085 ALA1 Alaca (tutga) 0.1085 ALA1 Alaca (tutga) 0.1075 ALA1 Alaca (tutga) 0.1085 CNKR CNKR CNKR CNKR <																								
ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1ALA1Alaca (tutga)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKRCankiri (pilye)0.1CNKRCNKR <t< td=""><td>136</td><td>119</td><td>136</td><td>102</td><td>101</td><td>015</td><td>979</td><td>966</td><td>965</td><td>308</td><td>.06</td><td>307</td><td>182</td><td>188</td><td>181</td><td>106</td><td>106</td><td><u> </u></td><td>776</td><td>793</td><td>788</td><td>305</td><td>308</td><td>345</td></t<>	136	119	136	102	101	015	979	966	965	308	.06	307	182	188	181	106	106	<u> </u>	776	793	788	305	308	345
ALA1Alaca (tutga)CNKR	0.1	0.1	0.1	ò	ò	0.1(0.19	0.19	0.19	0.0	0	0.0	0.1	0.1	0.1	ö	ò	0.1(0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ALA1Alaca (tutga)CNKR<						İ –	İ –	İ –		İ –	İ –	İ –	İ –	İ –	İ –	İ –		İ –				<u> </u>	<u> </u>	(
ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)ALA1ALA1Alaca (tutg)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)CNKRCNKRCankiri (pil)DNGDDRG(pilye)DDRGDDRG(pilye)DDRGDDRGDodurga (pDDRGDDRGDodurga (pDDRGDDRGDodurga (pDDRGDDRGDodurga (p	а)	(е	a)	a)	a)	a)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)				ilye	ilye	ilye		
ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t ALA1 ALA1 Alaca (t CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri CNKR CNKR Cankiri O	utg	utg	utgi	utgi	utgi	utgi	(pil)	(pil)	(lid)	(pil)	(pil)	(lid)	(pil)	(pil)	(lid)	(pil)	(lid)	(pil)				d) e	d) e	a (p
ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI	a (ti rge</td><td>nrgé</td></iri<></td></iri<></td></iri<></td></iri<>	kiri	kiri	<iri< td=""><td>kiri</td><td>kiri</td><td><iri< td=""><td>kiri</td><td><iri< td=""><td>kiri</td><td>(e</td><td>(i</td><td>(e</td><td>Jrg</td><td>nrge</td><td>nrgé</td></iri<></td></iri<></td></iri<>	kiri	kiri	<iri< td=""><td>kiri</td><td><iri< td=""><td>kiri</td><td>(e</td><td>(i</td><td>(e</td><td>Jrg</td><td>nrge</td><td>nrgé</td></iri<></td></iri<>	kiri	<iri< td=""><td>kiri</td><td>(e</td><td>(i</td><td>(e</td><td>Jrg</td><td>nrge</td><td>nrgé</td></iri<>	kiri	(e	(i	(e	Jrg	nrge	nrgé								
ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI	Alaci	Alac	Alac	Alac	Alac	Alac	Can	Can	Can	Can	Can	Can	Can	Can	Can	Can	(pil y€	(pil y€	(pily€	Dod	Dod	Dod		
ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI CNKR	Ì			È								Ĭ			Ĭ									
ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI	A1	-A1	-A1	-A1	-A1	-A1	NKR	NKR	NKR	NKR	NKR	JKR	NKR	NKR	JKR	NKR	NKR	NKR	DRG	DRG	DRG	DRG	DRG	DRG
ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI ALAI	AL	AL	F	٩٢	٩٢	AL	Ú	Ú	ΰ	Ú	Ú	Ū	Ú	Ú	Ū	Ú	ΰ	Ú	ī	D	D	D	D	D
	11	11	11	11	11	11	K	K	KR	K	K	K	K	K	K	K	KR	K	ßG	ßG	ßG	ßG	ßG	ßG
	<u>AL</u>	AL/	AL	AL^{I}	AL	AL	S	S	CS	S	S	S	S	S	S	S	S	S	DD	DD	DD	DD	DD	DD

Cizelge B.1 (devam) : "station.info" dosyası.

0 0	000	0 0	0 0	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	0 0	000	000	000	000	000	000	000	0 0	0 0
24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
221	222	223	214	215	216	237	238	239	222	223	224	221	222	223	214	215 0	216	234	235	236	218	219	220
2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002
9.6	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	7.29	7.29	7.29	0	0	0	1.23	1.23	1.23	7.29	0.29	7.29	0	0	0	0	0	0
DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHBGP	DHBGP	DHBGP	DHBCR	DHBCR 7	DHBCR	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB
ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	TRMICN	TRMICN	TRMICN	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	TRMZGP	TRMZGP	TRMZGP	TRMDMG	TRMDMG	TRMDMG	LC302N	LC302N	LC302N	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A
0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 TRMSSI	0 TRMSSI	0 TRMSSI	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 TR5700	0 TR5700	0 TR5700	0 TRMSSE	0 TRMSSE	0 TRMSSE	0 LC399E	0 LC399E	0 LC399E	0 ATUZ12	0 ATUZ12	0 ATUZ12
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.0765	0.078	0.079	0.0768	0.0775	0.0768	0.0738	0.0743	0.0737	0.0593	0.0603	0.0603	0.1221	0.122	0.1216	0.1075	0.106	0.106	0.1775	0.177	0.175	0.0546	0.0523	0.0513
Dodurga (pilye)	Dodurga (pilye)	Dodurga (pilye)	Dodurga (pilye)	Dodurga (pilye)	Dodurga (pilye)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gollubag (tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)
DDRG	DDRG	DDRG	DDRG	DDRG	DDRG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC
DDRG	DDRG	DDRG	DDRG	DDRG	DDRG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GBAG	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC

yası.
dos
f0"
n.in
station
; ;
evam)
(q
\mathbf{B}
Çizelge

0 0	00	00	0 0	0 0	00	00	00	0 0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0 0	00	00	0 0	0 0	000
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
218	219	220	211	212	213	234	235	236	218	219	220	224 0	218	219	220	211	212	213	237	238	239	218	219
2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002
1.23	1.23	1.23	7.29	9.9	9.9	7.29	7.29	7.29	0	0	0	0	1.23	1.23	1.23	9.9	7.29	7.29	0	0	0	0	0
DHBGP	DHBGP	DHBGP	DHBCR	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB 0	DHBGP	DHBGP	DHBGP	DHPAB	DHBCR	DHBCR	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB
TRMZGP	TRMZGP	TRMZGP	TRMDMG	ATGP4A	ATGP4A	TRMICN	TRMICN	TRMICN	ATMR2C	ATMR2C	ATMR2C	ATGP4A	TRMZGP	TRMZGP	TRMZGP	ATGP4A	TRMDMG	TRMDMG	LC399I	LC399I	LC399I	LC302N	LC302N
0 TR5700	0 TR5700	0 TR5700	D TRMSSE	DATUZ12	0 ATUZ12	D TRMSSI	D TRMSSI	D TRMSSI	0 ATUZ12	0 ATUZ12	DATUZ12	0 ATUZ12	0 TR5700	0 TR5700	0 TR5700	0 ATUZ12	D TRMSSE	D TRMSSE	0 LC_399	0 LC_399	0 LC_399	0 LC399E	0 LC399E
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.122	0.122	0.122	0.11	0.0715	0.0718	0.0788	0.0705	0.0737	0.059	0.059	0.059	0.0576	0.1266	0.1267	0.1269	0.0798	0.114	0.113	0.179	0.1798	0.18	0.1647	0.1647
Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gumushaci(tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Gokcebel (tutga)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)
GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GOL1	GOL1	GOL1	GOL1	GOL1
GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GHAC	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GKCB	GOL1	GOL1	GOL1	GOL1	GOL1

Çizelge B.1 (devam) : "station.info" dosyası.

135

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (24 (
0 0	00	00	00	00	0	0	00	00	00	0	0	0	0	0	0	00	0	00	00	00	00	00	00
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
220	224	221	222	223	211	212	213	237 0	238	239	221	222	223	221	222	223	214	215	216	237	238	239	218
2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002
0	0	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	0	0	0	7.29	7.29	7.29	1.23	1.23	1.23	9.9	9.9	9.9	0	0	0	0
DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHBCR	DHBCR	DHBCR	DHPAB 0	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHBGP	DHBGP	DHBGP	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB	DHPAB
LC302N	ATGP4A	TRMICG	TRMICG	TRMICG	TRMDMG	TRMDMG	TRMDMG	LC302N	LC302N	LC302N	TRMICG	TRMICG	TRMICG	TRMZGP	TRMZGP	TRMZGP	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A
) LC399E	ATUZ12	TRMSSI	TRMSSI	TRMSSI	TRMSSE	TRMSSE	TRMSSE) LC399E) LC399E) LC399E	TRMSSI	TRMSSI	TRMSSI	TR5700	TR5700	DTR5700	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12
		0	0															0			0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1637	0.0567	0.0747	0.0742	0.0742	0.11	0.1095	0.1107	0.175	0.177	0.176	0.0718	0.0721	0.0716	0.1201	0.1194	0.1196	0.075	0.0745	0.0745	0.073	0.0733	0.0735	0.069
Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Vezirkopru(illr)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Goynucek (tutga)	Hamamozu (iller)	Hamamozu (iller)	Hamamozu (iller)	Hamamozu (iller)
GOL1	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	ZMMH	HMMZ	HMMZ	ZMMH										
GOL1	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	GYNC	ZMMH	ZMMH	ZMMH	HMMZ										

Çizelge B.1 (devam) : "station.info" dosyası.

IMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0ATUZ12 ATGP4A DHPAB 0 2002 219 0 0 0 24 IMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0ATUZ12 ATGP4A DHPAB 0 2002 220 0 0 0 24 IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9 2003 221 0 0 0 24 IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9 2003 223 0 0 0 24 IMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9 2004 213 0 0 0 24 24 IMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9 2004 213 0 0 0 0 24 24 0	000	0 0	0	000	00	00	00	0 0	0 0	0 0	0 0	00	0 0	0 0	00	0 0	0 0	0 0	000	0 0	0 0	000	0 0	00												
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24												
IMMLX Hamamozu (iller) 0.072 0 0 10 2002 219 0 0 0 IMMLX Hamamozu (iller) 0.071 0 0 11/212 ATGP4A DHPAB 0 2002 220 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
IMMZ HimZ HimZ Hi	0	0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (0 (
IMMLX Hamamozu (iller) 0.072 0 0 TUZ12 ATGP4A DHPAB 0 2002 220 0 IMMLX HMMZ Hamamozu (iller) 0.07768 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 221 0 IMMLX HMMZ Hamamozu (iller) 0.0778 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 221 0 IMMLX HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 223 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
IMMLZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0 ATGP4A DHPAB 0 2002 220 IMMLZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 0 2002 220 IMMLZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 223 IMMLZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 233 IMMLZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 231 IMMLZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATGP4A DHPAB 9.9 2004 213 IMMLZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATGP4A DHPAB 9.9 2004 213 IMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATGP4A DHPAB 9.9 2004 213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.072 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9 2002 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2003 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2004 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2004 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2004 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB 9.9 2004	219	220	221	222	223 0	211	212	213	234	235	236	221	222	223	218	219	220	214	215	216	233	218	219	220												
IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.072 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0778 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 IMMZ HMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0ATUZ12 ATGP4A DIPAB 9.9 INVZA HVZA Havza (iller ba) 0.077 0 0ATUZ12 ATGP4A <	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2002	2002	2002												
IMMZ Hamamozu (iller) 0.072 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IMMZ Havza (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB INVZA HVZA Havza (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 ATGP4A DHPAB IVZA HVZA Havza (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 <t< td=""><td>0</td><td>0</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>0.9</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>9.9</td><td>7.29</td><td>7.29</td><td>7.29</td><td>7.29</td></t<>	0	0	9.9	9.9	0.9	9.9	9.9	9.9	0	0	0	0	0	0	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	7.29	7.29	7.29	7.29												
IMMZ Himmozu (iller) 0.072 0 0 ATUZ12 ATGP4A D IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0768 0 0 ATUZ12 ATGP4A D IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0768 0 0 ATUZ12 ATGP4A D IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A D IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4A D IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATU212 ATGP4A D IMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATU212 ATGP4A D IMMZ Havaa (iller ba) 0.0773 0 0 ATU212 ATGP4A D IVZA Hav2a (iller ba) 0.0772 0 0 ATU212 ATGP4A D IVZA HvZA Hav2a (iller ba) 0.0778 0 0<	HPAB	HPAB	HPAB	HPAB	HPAB 9	HPAB 0 ATUZ12 ATGP4. IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4. IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4. IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 ATGP4. IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATU212 ATGP4. IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATU212 ATGP4. IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATU212 ATGP4. IMMZ HWMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATU212 ATGP4. INVZA HVZA Havza (iller ba) 0.077 0 0 ATGP4. IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0601 0 0 ATGP4. IVZA	A	□ ▼	A	A D	A D	D A	A	□ ▼	D V	□ ▼	A D	A			A	□ ▼	□ ▼	□ ▼	A D	□ ▼	10 10	1G D	1G D	1G D						
IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.077 0 0 ATUZ12 IMMZ HAWZ Hawaza (iller ba) 0.077 0 0 ATUZ12 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.077 0 0 ATUZ12 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 0 ATUZ12 IVZA	ATGP4	ATGP4,	ATGP4	ATGP4, 0 AT HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 0 AT HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT MMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT MMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT MMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT MMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 0 AT MMZ Hamamozu (iller ba) 0.077 0 0 AT IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.077 0 0 AT IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 0 AT IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 <td< td=""><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>399E</td><td>399E</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>UZ12</td><td>MSSI</td><td>MSSI</td><td>MSSI</td><td>MSSI</td></td<>	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	399E	399E	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	MSSI	MSSI	MSSI	MSSI								
HMMZ Hamamozu (iller) 0.072 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 HVZA Havza (iller ba) 0.0777 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 IVZA HVZA Havza (iller ba)	0 AT 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0768 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0773 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0773 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 0 IVZA HVZA Havza (iller ba)																																			
IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.072 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.071 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0765 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 IMMZ HMMZ Hamamozu (iller) 0.0773 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0772 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0773 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0765 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0778 IVZA HVZA Havza (iller ba) 0.0776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHMMZHamamozu (iller)IMMZHWZAHavza (iller ba)IVZAHVZAHavza (iller ba) <td>0.072</td> <td>0.071</td> <td>0.0768</td> <td>0.0773</td> <td>0.0765</td> <td>0.0773</td> <td>0.077</td> <td>0.077</td> <td>0.074</td> <td>0.072</td> <td>0.077</td> <td>0.0601</td> <td>0.1653</td> <td>0.1653</td> <td>0.0778</td> <td>0.0778</td> <td>0.0778</td> <td>0.0753</td> <td>0.076</td> <td>0.0755</td> <td>0.076</td> <td>0.079</td> <td>0.079</td> <td>0.079</td>	0.072	0.071	0.0768	0.0773	0.0765	0.0773	0.077	0.077	0.074	0.072	0.077	0.0601	0.1653	0.1653	0.0778	0.0778	0.0778	0.0753	0.076	0.0755	0.076	0.079	0.079	0.079												
IMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIMMZHMMZHamamozu (illeIVZAHVZAHavza (iller ba)IVZA<	0	с С	(((<u> </u>	0	<u> </u>					_																							
IMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIMMZHMMZHamamozIVZAHVZAHavza (illeINCZHVZAHavza (illeINCZHVZAHavza (illeINCZHVZAHavza (ille </td <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>u (iller</td> <td>ır ba)</td> <td>ır ba)</td> <td>r ba)</td> <td>r ba)</td> <td>r ba)</td> <td>r ba)</td> <td>r ba)</td> <td>ır ba)</td> <td>ır ba)</td> <td>ır ba)</td> <td>ir ba)</td> <td>ır ba)</td> <td>pilye)</td> <td>pilye)</td> <td>pilye)</td> <td>pilye)</td>	u (iller	u (iller	u (iller	u (iller	u (iller	u (iller	u (iller	u (iller	ır ba)	ır ba)	r ba)	r ba)	r ba)	r ba)	r ba)	ır ba)	ır ba)	ır ba)	ir ba)	ır ba)	pilye)	pilye)	pilye)	pilye)												
IMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiIMMZHMMZHamaiINZAHVZAHavzaIVZAHVZAHavzaINCZHVZAHavzaINCZHVZAHavzaINCZHVZAHavzaINCZHAVZA <td>noz</td> <td>noz</td> <td>noz</td> <td>noz</td> <td>noz</td> <td>noz</td> <td>noz</td> <td>noz</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>(ille</td> <td>lazi(</td> <td>lazi(</td> <td>lazi(</td> <td>lazi(</td>	noz MMZHMMZHaIMMZHMMZHMMZHaIMMZHMMZHMMZHaIVZAHVZAHaIVZAHAHaIVZAHA <td< td=""><td>mar</td><td>mar</td><td>mar</td><td>mar</td><td>mar</td><td>mar</td><td>mar</td><td>mar</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>vza</td><td>ang</td><td>ang</td><td>ang</td><td>ang</td></td<>	mar MZIMMZHMMZIMMZHMMZIMMZHMMZIVZAHVZAHGZ	На MZ HM IMMZ HM IVZA HV	ZM	ΜZ	ZM	ZM	ZM	MΖ	MΖ	MΖ	ZA r>HVZA HVZA HVZA HVZA HVZA HVZA HVZA HVZ	́МН	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	Ш	ШM	НV.	ЧŃ	НV.	Η	Η	НV.	Η	ЧŃ	ЧŃ	ЧŃ	ЧV	ЧŃ	Η	ΞH	ΞH	H
	IMMZ	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0	00	00	00	00	00	00	00	00											
----------	----------	--------	----------	----------	----------	----------	----------	--------	----------	----------	----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------													
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0													
						_	_				_				-		_		_																	
221 0	222	223	224	217	218	219	220	221	222	223	210	234	235	236	218	219	22(218	219	220 0	211	212	213													
02	02	02	02	03	03	03	03	03	03	03	04	01	01	01	02	02	02	03	03	03	04	04	04													
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20													
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	23	0	0	0	0	0	0	9.9	9.9	9.0	9.9	9.9	9.9													
O	7.	7.	7.	7.	7.	7.	7.	7.	7.	7.	<u>-</u>							<i>°</i> ,	<i>°</i> ,		0,	0,	0,													
2	m	m	m	ĉ	ĉ	ĉ	ĉ	ĉ	ĉ	ĉ	٩	m	m	m	m	m	m	m	m	m 0	m	m	m													
PAI	ΡΑΙ	PAI	PAI	BCI	BCI	BCI	BCI	BCI	BCI	BCI	ВG	PAI	PAI	PAI	PAI	PAI	ΡAΙ	PAI	ΡΑΙ	ΡAΙ	PAI	PAI	PAI													
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	E	H	H	H	H	H													
<u>ں</u>	<u>ں</u>	_ ن	<u>ں</u>	<u>ں</u>	<u>ں</u>	<u>ں</u>	<u>ں</u>	_ ن	<u>ں</u>	<u>ں</u>	_						_																			
M	MC	MC	MC	M	MC	MC	MC	MC	MC	M	Ω.	44	4A	44	22C	2C	2C	44	4A	4A	44	44	44													
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	MZ	G	G	G	MF	ΜF	MF	G	G	G	G	G	Ģ													
ТВ	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	TR	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT	AT													
	10	31	31	10	3	31	10	31	31	10	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2													
1S9	1SS	1SS	1SS	1SC	1SS	1SS	1SS	1SC	1SS	1SC	20	171	171	121	121	171	171	17	17	121	171	17	121													
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R5	Г	Г	Г	Г	Г	Ч	Г	ЧГ	Ч	Г	Г	Ę													
0 T	01	0	01	01	0 1	0 1	01	0 1	0 1	01	0 1	√0	√0	√0	√0	√0	√0	√0	√0	√0	√0	√0	√ 0													
																							_													
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0														
179	179	179	179	68	68	68	68	68	68	68	2	178	88	88	345	82	315	85	179	91	179	179	'95													
0.0	0.0	0.0	0.0								0.1	0.0	.07	.07	.08	0.0	.08	.07	0.0	.07	0.0	0.0	.07													
·				0	0	0	0	0	0	0			0	0	0		0	0		0			0													
_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_																									
ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	ye)	(e	(e)	(e)	(e)	(e)	(e)	(e	(e)	(e)	e)	(e)	(e)													
lid)	lid)	lid)	lid)	(pil	lid)	(pil	lid)	(pil	(pil	(pil	(pil	oily	oily	oily	oily	oily	oily	oily	oily	oily	oily	oily	oily													
azi	azi	azi	azi	azi	azi	azi	azi	azi	azi	azi	azi	ii (I	ii (I	ili (I	ii (I	ii (I	ii (I	ii (I	ii (I	ii (I	ii (I	ii (I	ii (I													
ang	ang	ang	ang	ang	ang	ang	ang	ang	ang	ang	ang	ive	ive	ive	ive	ive	ive	ive	ive	ive	ive	ive	ive													
hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	hsa	lac	lac																							
_	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-													
52	22	32	52	52	52	32	22	32	32	22	52	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū	Ū													
Ξ	Ξ	Ξ	Ξ	Η	Ξ	Ξ	Ξ	Ξ	Ξ	Η	Η	ХЛ	К К	КR	К К	К К	К К	ХЛ	ХЛ	К К	ХЛ	ХЛ	К К													
Z	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ζ	Ę	E	Ę	Ę	E	Ξ	Ę	E	Ę	Ę	Ę	Ę													
IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	IG.	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC	RC													
II	II	II	II	II	II	IF	II	II	IF	II	II	\mathbf{K}	\mathbf{K}																							

0 0	00	00	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	00	0 0	0 0	00	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	00	0 0	0 0																				
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24																				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
234	235	236	221	222	223	218	219	220	214	215	216	234	235	236	218	219 0	220	218	219	220	211	212	213																				
2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004																				
0	0	0	0	0	0	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	7.29	0	0	0	0	0	0	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6																				
																0																											
IPAB	HPAB	IPAB	IPAB	IPAB	HPAB	HPAB	HPAB	HPAB	HBCR	HBCR	HBCR	IPAB	HPAB	HPAB	HPAB	HPAB	HPAB	IPAB	IPAB	IPAB	IPAB	IPAB	HPAB																				
占	占	占	Ъ	à	Ъ	占	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	à	Ъ	Ъ	Ъ	Ъ	Ъ	占																				
9	9	9	4A	4A	4A	С О	С О	С О	DMG	DMG	DMG	4A C39(TGP	TGP	TGP	RMI	RMI	RMI	RME	RME	RMC	TGP	2 4	2	2	1	1	1	Э́П	Э́П	Й	2	2	2	2	2	2	2 4	2	2	2	2 4	2 4
396	396	396	UZ1:	UZ1	UZ1	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	UZ1 Ľ	ATI	ATI	ATI	TR	TR	TR	TR	TR	TR	ATI 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																				
8	6	ω	5	5	e	2	2	2	8	8	e	2	5	6	2	5	8	4	2	ω	e	e	5																				
0.17	0.17	0.17	0.07	075	0.07	074	074	074	110	110	110	072	073	074	0.07	077	.077	.079	078	0.07	076	076	076																				
` <u> </u>	-	-	_	Ó	-	Ó	0	Ó	0	0	0	Ó	0	0	-	0	Ó	0	Ó	-	Ó	0	0																				
a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	a)	(((((((1)	(1)	()	(1	(1	(6																				
er b	er b	er b	er b	er b	er b	er b	er b	er b	er b	er b	er b	pilye	pily€	pily€	pily€	pily€	pilye	pily€	pilye	pily€	pilye	pily€	pily€																				
(ill	k (ill	(ill	(ill	(ill	< (ill	< (ill	(ill	< (ill	(ill	(ill	(ill	ca (aval	aval	aval	aval	aval	aval	aval	aval	aval	aval	rtali Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	Ŷ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
٩K	AK	AK	AK	AK	AK	AK	AK	AK	AK	AK	ДK	TC K<	K<	ζ Κ	Х К	Х К	Х К	λ K	Х К	Х К	ξ	OR ΛK	ΛK	ΛK	Ν	M	M	Ν	N	M	N	Ç	Q	Q	Q	Q	Q	Ç	Ç	Ç	Ç	C	Ç
(VA	V	V A	V A	V A	<v a<="" td=""><td>VA</td><td>VA</td><td>VA</td><td>VA</td><td>VA</td><td>$\langle V \rangle$</td><td><u>JRT</u></td><td>JRT</td><td>JRT</td><td>JRT</td><td>JRT</td><td><u>JRT</u></td><td>DRT</td><td>JRT</td><td>DRT</td><td>JRT</td><td>DRT</td><td>DRT</td></v>	V A	V A	V A	V A	V A	$\langle V \rangle$	<u>JRT</u>	JRT	JRT	JRT	JRT	<u>JRT</u>	DRT	JRT	DRT	JRT	DRT	DRT																				
I	I	Ĭ	ľ	ľ	ľ	ľ	ľ	I	ľ	I	ľ	\mathbf{C}	\sim	$\overline{)}$	\sim	\sim		\sim	$\overline{)}$	$\overline{)}$	\mathbf{U}		\sim																				

dosyası.
"station.info"
••
(devam)
B
Çizelge

00	0 0	00	00	0 0	000	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	0 0	00	00	0 0	00	0 0
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0 0	0 0	0 0	0 0	0 C	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 C	0 0	0 0	0 C	0 0	0 0
																						•	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
237	238	239	221	222	223	221	222	223	214	215	216	234 0	218	219	220	217	218	219	220	221	222	223	210
2001	2001	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2004	2001	2002	2002	2002	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2003	2004
0	0	0	0	0	0	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	.29	.29	.29	.29	.29	. 29	.29	.29	. 29	.29	.29	.23
						-	-		-			7 0	2	~	2	2	2	2	2	2	2	2	-
AB	PAB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB	GР	GР	GР	3CR	AB	AB	AB	3CR	3CR	3CR	3CR	3CR	3CR	3CR	ЗGР
DHF	НП	ЪНF	НЦ	DHF	ЦНО	ЦНО	ЦНО	ЦНО	SLB	SLB	SLB	ΗG	ΗH	НЦ	ΗD	ВНО	ΒHΘ	DHE	ВНО	ΒHΘ	DHE	ΒH	DHE
4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	4A	ЫG	Ċ	Ŋ	Ċ	ЫG	ЫG	МG	ЫG	ЫG	МG	ЫG	GР
TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	TGP	RMD	RMIC	RMIC	RMIC	RMD	RMD	RMD	RMD	RMD	RMD	RMD	RMZ
Ā	A A	Z V	Z V	Z Z	Ā	Ā	Ā	Ā	Ā	Ā	Ā	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	⊢ 	F
UZ1	UZ12	UZ1	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	UZ12	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	MSS	5700
DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT	DAT) TR) TR	0 TR) TR) TR) TR) TR) TR) TR) TR) TR) TR
		0	0								Ū												
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	389	669	355	343	338	.67	.67	.67	744	-38	734	14	304	304	<u>3</u> 04	53	53	53	53	53	53	53	.12
0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0	0	0	0.7	0.74	0.7	0.1	0.06	0.0	0.0	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0
			e)	e)	e)	e)	e)	e)	e)	e)	e)	a)	a)	a)	a)	(E	(E	(E	(E	(E	(E	(E	(E
			(pily	(pily	(pily	(pily	(pily	(pily	(pily	(pily	(pily	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga	tutga
			ncik	ncik	ncik	ncik	ncik	ncik	ncik	ncik	ncik	ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (ırlu (
ilye)	ilye)	ilye)	smai	smai	smai	smai	smai	smai	smai	smai	smai	nbur	nbur	nbur	nbur	nbur	nbur	nɓur	nbur	nbur	nɓur	nɓur	nbur
(d)	d)	d)	Ő	Ő	Ő	Ő	Ő	Ő	Ő	Ő	Ő	ดี	ดี	ы М	ดี	ดี	ดี	й	ดี	ดี	й	ดี	ดั
MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR	GR
OS	SO	SO	SO	OS	SO	SO	SO	SO	SO	SO	OS	Š	Š	Š	Š	Š	Š	ŠŇ	Š	Š	ŠŇ	Š	Š
IC	1C C	1C	1C	1C	'nR	'nR	'nR	ΪR	ĥΚ	ĥΚ	ìR	ĥΚ	ĥΚ	ìR	ìR	ίR							
OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	OSN	SNG	SNG	SNC	SNG	SNC	SNC	SNC	SNC	SNC	SNC	SNC	SNC

Çizelge B.1 (devam) : "station.info" dosyası.

140

0	0	0	000	0	0
24	24	24	24	24	24
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
211	212	213	214	215	216
2004	2004	2004	2004	2004	2004
9.9	6.6	9.9	6.6	6.6	9.9
SLBGP	SLBGP	DHARP	SLBGP	SLBGP	SLBGP
ATGP4A	ATGP4A	ATGD4A	ATGP4A	ATGP4A	ATGP4A
ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12	ATUZ12
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1.2300	1.2888	0.9849	1.2635	1.3435	1.3310
(ivi) dor	(ivi) dor	(ivi) dor	imsun (civi)	imsun (civi)	imsun (civi)
Sir	Sir	Sir	S Sa	s Sa	S Sa
SINO	SINO	SINO	SAMS	SAMS	SAMS
SINO	ONIS	ONIS	SMAS	SMMS	SAMS

Cizelge B.1 (devam) : "station.info" dosyası.

EK C : WRMS ve NRMS tabloları

OKAF		NRMS			WRMS	5
	North	East	Up	North	East	Up
ALAC	0,86	0,41	2,34	1,6	0,7	15,8
CNKR	0,36	0,78	0,87	0,5	1,2	4,3
DDRG	2,63	1,64	2,42	3,2	1,9	10,6
GBAG	1,53	1,03	1,71	2,2	1,3	9,0
GHAC	1,36	1,36	1,29	4,1	3,8	12,2
GKCB	0,88	1,40	1,78	1,5	2,2	10,3
GOL1	1,26	0,53	0,55	2,8	1,0	4,3
GYNC	1,15	1,26	0,70	2,5	2,5	5,4
HMMZ	1,61	1,46	0,91	2,1	1,8	4,4
HVZA	0,78	0,30	1,28	1,2	0,5	7,3
IHGZ	1,07	1,20	2,42	1,1	1,3	9,3
KRGI	1,03	0,07	2,21	4,5	0,2	26,0
KVAK	0,80	3,45	1,10	2,5	9,4	11,1
ORTC	1,83	1,06	2,12	3,9	2,1	14,8
OSMC	2,66	1,79	3,89	3,1	2,0	16,1
SNGR	1,26	1,67	1,55	1,1	1,8	5,6
Σ	21,07	19,41	27,14	37,90	33,70	166,50
Ort	1,32	1,21	1,7	2,37	2,11	10,41

Çizelge C.1 : 2001 Yılı nrms ve wrms değerleri.

IGS		NRMS		,	WRMS	
	North	East	Up	North	East	Up
ANKR	0,88	1,68	1,15	0,6	1,3	3,4
GRAZ	1,47	2,13	1,14	1,0	1,6	2,7
ISTA	0,72	1,11	1,82	0,8	1,4	7,0
MATE	1,53	3,02	1,32	1,3	2,7	4,3
NICO	1,17	2,05	1,07	0,7	1,3	4,2
ONSA	1,30	1,13	1,73	1,1	1,0	5,5
SOFI	1,19	2,48	1,34	0,9	2,2	3,9
TUBI	0,91	2,08	1,95	0,9	2,4	8,0
WTZR	1,38	1,55	2,02	0,8	1,0	4,1
ZECK	1,75	1,76	1,79	1,3	1,4	6,5
Σ	12,30	18,99	15,33	9,40	16,30	49,60
Ort	1,23	1,9	1,53	0,94	1,63	4,96

OKAF]	NRMS			WRM	S
	North	East	Up	North	East	Up
ALAC	0,99	1,75	1,22	2,1	5,7	13,0
CNKR	2,56	0,90	2,20	5,9	2,7	23,8
DDRG	0,97	0,14	0,61	2,0	0,4	6,4
GBAG	1,11	2,02	0,71	2,4	6,5	7,3
GHAC	1,95	1,64	1,69	4,1	4,9	17,5
GKCB	2,52	1,97	2,90	6,0	6,2	31,7
GOL1	1,46	2,55	2,06	3,5	8,2	22,9
GYNC	2,38	0,45	0,86	5,1	1,4	9,1
HMMZ	1,48	1,56	0,58	3,2	4,7	6,1
HVZA	0,79	0,34	1,77	1,7	1,1	19,3
IHGZ	1,15	1,29	1,01	2,1	3,6	10,2
KRGI	0,25	0,87	0,84	0,8	2,9	11,0
KVAK	0,60	0,49	0,48	1,3	1,6	5,0
ORTC	2,50	1,31	1,92	5,4	3,9	20,3
OSMC	0,92	0,60	0,36	1,8	1,8	3,7
SNGR	1,39	0,86	1,74	2,9	2,8	18,1
Σ	23,02	18,74	20,95	50,30	58,40	225,40
Ort	1,44	1,17	1,31	3,14	3,65	14,09

Çizelge C.2 : 2002 Yılı nrms ve wrms değerleri.

IGS]	NRMS			WRM	S
	North	East	Up	North	East	Up
ANKR	0,71	1,68	0,90	1,4	4,7	9,3
GRAZ	1,57	1,03	0,93	1,5	1,3	8,5
ISTA	1,02	1,74	1,51	1,7	4,0	15,3
MATE	1,12	0,69	1,11	1,6	1,0	11,0
NICO	0,88	1,82	1,24	2,3	5,6	13,2
ONSA	0,46	1,00	0,93	1,0	1,6	8,0
SOFI	1,06	1,04	1,47	1,4	1,8	14,5
TRAB	0,73	1,40	1,22	1,6	5,1	12,3
TUBI	1,28	1,47	0,84	2,2	3,5	8,5
WTZR	0,93	1,22	0,75	1,0	1,6	6,7
ZECK	0,92	1,35	1,13	1,9	5,0	11,2
Σ	10,68	14,44	12,03	17,60	35,20	118,50
Ort	0,97	1,31	1,09	1,6	3,2	10,77

OKAF	1	NRMS			WRMS	5
	North	East	Up	North	East	Up
ALAC	1,08	0,80	0,92	2,4	2,5	9,4
CNKR	0,96	0,73	0,46	1,8	2,0	4,4
DDRG	0,63	1,11	0,79	1,3	3,4	8,0
GBAG	0,90	1,01	0,71	2,0	3,2	7,3
GHAC	1,43	1,46	0,83	2,7	4,1	7,9
GKCB	0,40	1,09	0,39	1,0	4,0	4,8
GOL1	1,03	0,95	0,88	2,2	2,9	8,9
GYNC	0,55	0,69	0,30	1,2	2,2	3,0
HMMZ	1,16	1,06	0,38	2,5	3,2	3,9
HVZA	1,15	1,44	0,48	2,4	4,2	4,7
IHGZ	0,81	0,96	1,04	1,5	2,7	10,1
KRGI	0,82	0,69	0,70	2,4	2,2	8,5
KVAK	1,23	1,50	0,47	2,4	4,4	4,6
ORTC	1,02	0,36	0,55	2,1	1,0	5,4
OSMC	1,09	0,88	0,56	2,3	2,6	5,7
SNGR	1,34	1,74	0,35	3,5	5,7	6,0
Σ	15,60	16,47	9,81	33,70	50,30	102,60
Ort	0,98	1,03	0,61	2,11	3,14	6,41

Çizelge C.3 : 2003 Yılı nrms ve wrms değerleri.

IGS	1	NRMS		,	WRMS	
	North	East	Up	North	East	Up
ANKR	0,51	1,86	0,53	1,0	5,0	5,1
GRAZ	0,68	0,97	0,59	0,9	1,6	5,4
ISTA	1,15	1,41	0,74	2,0	3,4	7,2
MATE	1,00	0,87	0,56	1,6	1,6	5,4
NICO	0,22	2,07	0,52	0,5	6,2	5,2
ONSA	0,64	0,77	0,62	1,5	1,5	5,2
SOFI	0,66	0,29	0,76	1,0	0,5	7,1
TRAB	0,64	0,94	0,74	1,4	3,2	7,1
WTZR	0,66	1,06	0,66	0,9	1,8	5,8
ZECK	0,91	1,33	0,67	1,8	4,7	6,4
Σ	7,07	11,57	6,39	12,60	29,50	59,90
Ort	0,71	1,16	0,64	1,26	2,95	5,99

	NRMS			WRMS (mm)			
	North	East	Up	North	East	Up	
ALAC	0,45	0,83	0,80	1,3	2,7	9,4	
CNKR	0,34	0,96	0,49	1,0	3,2	5,9	
DDRG	0,39	1,39	0,23	1,4	5,3	3,2	
GBAG	0,50	0,79	0,46	1,7	3,1	6,3	
GHAC	1,55	0,52	0,99	4,1	1,6	10,7	
GKCB	0,43	0,37	0,43	1,6	1,4	6,3	
GOL1	0,93	0,59	0,21	2,9	2,0	2,6	
GYNC	0,43	1,12	0,44	1,5	4,4	5,8	
HMMZ	0,72	0,47	0,99	2,2	1,5	11,4	
HVZA	0,35	1,37	0,31	1,4	5,7	4,5	
IHGZ	0,73	1,15	0,37	1,8	3,6	4,0	
KRGI	0,24	0,41	0,22	1,9	2,8	6,2	
KVAK	0,59	1,11	0,52	2,1	4,4	6,9	
ORTC	0,52	0,66	0,93	2,0	2,5	12,8	
OSMC	0,45	1,62	0,95	1,5	6,0	12,4	
SNGR	0,54	0,92	0,40	1,3	2,8	4,2	
Σ	9,16	14,28	8,74	29,70	53,00	112,60	
Ort	0,57	0,89	0,55	1,86	3,31	7,04	

Çizelge	C.4 :	2004	Yılı	nrms	ve	wrms	değerl	leri.
----------------	--------------	------	------	------	----	------	--------	-------

IGS	NRMS			WRMS (mm)			
	North	East	Up	North	East	Up	
ANKR	0,64	0,84	0,71	1,2	2,3	6,0	
GRAZ	0,68	0,63	0,60	1,3	1,3	5,6	
ISTA	0,45	0,82	0,55	1,2	2,6	6,1	
MATE	0,41	0,64	0,49	0,8	1,5	4,7	
NICO	0,30	0,89	0,49	0,8	2,7	5,5	
ONSA	0,45	0,86	0,47	1,4	2,2	5,0	
SOFI	0,65	0,92	0,56	1,2	2,1	5,4	
TUBI	0,46	1,24	0,48	1,1	3,6	5,1	
WTZR	0,66	0,91	0,31	1,1	1,6	2,4	
ZECK	0,53	0,93	0,82	1,3	3,3	9,0	
Σ	5,23	8,68	5,48	11,40	23,20	54,80	
Ort	0,53	0,87	0,55	1,14	2,32	5,48	

EK D : Tekrarlılıklar



Şekil D.1 : 2001 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.2 : 2001 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.3 : 2001 Yılı tekrarlılıklarına örnek.



Şekil D.4 : 2002 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.5 : 2002 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.6: 2002 Yılı tekrarlılıklarına örnek.



Şekil D.7 : 2003 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.8 : 2003 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.9 : 2003 Yılı tekrarlılıklarına örnek.


Şekil D.10: 2004 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.11 : 2004 Yılı tekrarlılıkları.



Şekil D.12 : 2004 Yılı tekrarlılıklarına örnek.



Şekil D.13 : Yıllık tekrarlılıklara örnek.

EKE: 3 Yıllık hız vektörleri



Şekil E.1 : 1., 2. ve 3. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem çözümleri.



Şekil E.2 : 1., 2. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem çözümleri.



Şekil E.3 : 1., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem çözümleri.



Şekil E.4 : 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri ve deprem çözümleri.

EK F: 4 Yıllık (tüm ölçmelerden) hız vektörleri



Şekil F.1 : 1., 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen hız vektörleri.

			GLOBF	<pre>< hiz kestiri</pre>	im özeti		
Boylam	Enlem	Doğu Hız Bileşeni	Kuzey Hız Bileşeni	Doğu ±	Kuzey ±	İstasyon	Yatay Hızlar
Der	аза.	иш	ılyr	иш	n/yr		mm/yr
34.272	41.031	-12.96	3.19	1.09	1.26	ORTC	13.35
33.558	41.208	-2.59	1.28	0.66	0.63	IHGZ	2.89
33.620	40.614	-20.14	2.76	0.92	0.94	CNKR	20.33
34.707	41.022	-11.43	1.98	0.83	0.92	OSMC	11.60
34.422	41.150	-7.40	-2.56	1.80	2.26	KRGI	7.83
34.379	40.155	-21.40	3.83	0.70	0.67	SNGR	21.74
34.780	40.888	-15.10	4.43	0.83	0.93	DDRG	15.74
34.814	40.145	-19.54	3.75	0.93	1.03	ALA1	19.90
35.113	40.949	-13.70	6.22	1.04	1.15	GHAC	15.05
35.054	40.802	-14.66	5.05	0.86	0.96	HMMZ	15.51
35.316	40.666	-15.36	5.75	1.02	1.19	GKCB	16.40
35.166	41.146	-7.80	4.97	1.01	1.20	GOL1	9.25
35.830	40.681	-13.95	7.53	0.91	1.02	GBAG	15.85
35.645	40.919	-11.12	7.28	0.99	1.12	HVZA	13.29
35.604	40.471	-20.26	2.84	1.03	1.18	GYNC	20.46
36.046	41.065	-3.59	4.87	1.10	1.29	KVAK	6.05

Çizelge F.1 : Dört yıllık verilerden elde edilen avrasya plakası sabit ITRF00 hız değerleri.

EK G : DEFNODE program çıktıları



Şekil G.1 : 1., 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen DEFNODE yazılımının ürettiği artık hız vektörleri.



Şekil G.2 : 1., 2., 3. ve 4. Yılların ölçülerinden elde edilen DEFNODE yazılımının ürettiği hız vektörlerinden rotasyonun çıkarılması.



Şekil G.3 : Profil sonuçları

(Yatay eksene paralel siyah çizgi, GPS hızlarından kestirilen faya dik doğrultudaki hız değişimini (yamulma birikimini) göstermektedir. Değerlendirme için fay derinliği 16 km olarak alınmıştır).



Şekil G.4 : GPS vektörlerinden oluşturulan kayma miktarı (Slip Vector).



Şekil G.5 : GPS vektörlerinden oluşturulan faya paralel hareket miktarı.



Şekil G.6 : GPS vektörlerinden oluşturulan faya dik hareket miktarı.

EK H : InSAR sonuçları



Şekil H.1 : InSAR değerlendirme sonuçları.



Şekil H.2: 27Kasım99-15Nisan00 interferogram.



Şekil H.3 : 1Mayıs99-27Kasım99 interferogram.



Şekil H.4 : 26Ağustos92-1Mayıs99 interferogram.



Şekil H.5 : 26Ağustos92-27Kasım99 interferogram.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad:	Hakan YAVAŞOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi:	İzmir, 27.07.1977
Adres:	Göktürk Sk. Polat1 Apt. No:4 Gayrettepe, Beşiktaş, İstanbul
Lisans Üniversite:	Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği (2000) / İstanbul Teknik Üniversitesi
Vülvady Ligang Üniversiter	Landari va Eatagramatri Mühandialiži (2002) / İstanbul

Yüksek Lisans Üniversite: Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği (2003) / İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Erdoğan, S., Şahin, M., Yavaşoğlu, H., et al., "Monitoring of Deformations along Burdur Fethiye Fault Zone with GPS", 2007, Journal of Earthquake Engineering, 131, 152-159, ISBN: 978-3-540-38595-0.
- Yavaşoğlu H., Rüzgar G., et. al., "GPS measurements along the North Anatolian Fault Zone on the Mid-Anatolia segment", 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, V2 s904-907, 14-20 April 2004, Thessaloniki, Greece.
- Yavaşoğlu, H., Tari, E., Sahin, E. et. al. "Applications of Global Positioning System (GPS) in Geodynamics: With Three Examples From Turkey", RAST, 9-11 June, 2005, Istanbul.
- Yavaşoğlu, H., Tarı, E., et. al. "GPS Measurements on the Western Marmara Segment of North Anatolian Fault", Modern Technologies, Education And Professional Practice In Geodesy And Related Fields, 3-4 November, 2005, Bulgaria.
- Yavasoglu, H., Tari, E., Altin, M. U., et al, "GPS Measurements on The Western Marmara Segment Of North Anatolian Fault", XXIII International FIG Congress, 8-13 October 2006, Munich.
- Yavasoglu, H., Tarı, E., Masson, F., Peyret, M., "*Recent Tectonic Features of Mid-Segment of The North Anatolian Fault Using GPS and InSAR Techniques*", TIEMS 15th Annual Conference, 17-19 June 2008, Prag.
- Yavasoglu, H., Ipbuker, C., Ozerman, U., "Techno-Scientific Evolution of Engineering Professions and Its Effects to The Related Higher Education Programmes in Turkey", INTED2009 International Technology, Education and Development Conference, 9-11 March 2009, Valencia.