



**GEDİZ FAYI YERKABUĞU HAREKETLERİNİN
GNSS GÖZLEMLERİ İLE İZLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ergin DÖNMEZ

Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2018

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GEDİZ FAYI YERKABUĞU HAREKETLERİNİN
GNSS GÖZLEMLERİ İLE İZLENMESİ

Ergin DÖNMEZ

Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2018

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

31/05/2018

Ergin DÖNMEZ

TEZ ONAY SAYFASI

Ergin DÖNMEZ tarafından hazırlanan “GEDİZ FAYI YERKABUĞU HAREKETLERİNİN GNSS GÖZLEMLERİ İLE İZLENMESİ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 20/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Doç. Dr. Hakan YAVAŞOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi


İmza

Üye : Doç. Dr. Tamer BAYBURA
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi


İmza

Üye : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi


İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**GEDİZ FAYI YERKABUĞU HAREKETLERİNİN
GNSS GÖZLEMLERİ İLE İZLENMESİ**

Ergin DÖNMEZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Kabuk deformasyonlarının gözlenmesi ve incelenmesi gelecekte olabilecek depremlerin potansiyellerinin araştırılmasında hayati bir öneme sahiptir. Günümüzde jeodezik ağ kurma yöntemi yüzeysel kabuk deformasyonlarının izlenmesinde, oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Özellikle 1980’li yıllardan itibaren jeodezik ağ ölçümünde GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) kullanılması bu yöntemi oldukça kullanışlı hale getirmiştir. GNSS ile kurulan ağların ölçülmesi zamandan bağımsız olarak daha ucuza, daha kolay ve daha güvenilir olarak yapılabilmektedir. Gediz fayı tarihte büyük depremler üretmiş bir faydır. En son 28 Mart 1970 tarihinde, yerel saatle 23.00 civarında, merkezi Kütahya'nın batısındaki Gediz yöresinde bir deprem meydana gelmiştir. Depremde Batı Anadolu sarsılmıştır. 1970 Büyük Gediz depremi olarak bilinen depremden günümüze kadar fayda herhangi bir deprem meydana gelmemiştir. Fayın en uzun deprem üretme periyodu 48 yıldır.

Bu tez çalışmasında 48 yıldır deprem olmayan Gediz fayı GNSS gözlemleri yapılarak incelenmiştir. Çalışma bölgesi olan Gediz ilçesi çevresine 22 noktalı bir GNSS ağı kurularak 2016, 2017 ve 2018 yıllarında ağ düzenli ve periyodik olarak ölçülmüştür. Bölgeye ait hız vektörleri ve yamulma alanları hesaplanmıştır. Yamulma analizleri sonucunda bölgede genel olarak K-G yönlü açılmalar izlenmiştir. Bölgede yapılan jeolojik çalışmalar ile bulunan sonuçların uyum içinde olduğu görülmüştür.

2018, xi + 52 sayfa

Anahtar Kelimeler: Deprem, Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri (GNSS), Gediz
Fayı, GAMIT/GLOBK



ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**MONITORING OF TECTONICS MOVEMENTS OF GEDİZ FAULT
WITH GNSS OBSERVATIONS**

Ergin DÖNMEZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Observation and examination of crust deformations have a very important in exploring the potential of future earthquakes. Today, geodetic networking is a highly preferred method for monitoring superficial crustal deformations. Particularly, the use of GNSS in geodetic network measurements since the 1980s has made this method very useful. The measurement of networks established with GNSS can be done independently than time, cheaper, easier, and more reliable. The Gediz fault is a fault which has produced major earthquakes in history. The latest earthquake occurred on March 28, 1970, at around 23:00 local time in the Gediz region known as the west of central Kütahya. Western Anatolia shaken by this earthquake. After 1970 earthquake which known as the Great Gediz earthquake, any earthquakes have not occur on until today. The longest earthquake producing period of the fault is 48 years.

In this thesis study, Gediz fault which has not produced an earthquake for 48 years has been investigated by GNSS observations. A GNSS network with 22 points around the district of Gediz fault has been established. The network is regularly and periodically measured in 2016, 2017, and 2018. The velocity vectors and strain fields of the region are calculated. As a result of the strain analysis, the extensions has been observed that are generally in the direction of K-G in the region. It can be stated that the results of this study and the geological studies in the region are in harmony.

2018, xi +52 pages

Keywords: Earthquake, Global Navigation Satellite Systems (GNSS), Gediz Fault,
GAMIT / GLOBK



TEŞEKKÜR

Kendisini yüksek lisans eğitimimde tanıma fırsatı bulduğum, teorik ve pratik bilgisi, çalışma disiplini, vizyonu, azmi, özverisi, fikir üretme yeteneği, öğrenme ve öğretme yönüyle bana kılavuz olan sayın danışmanım Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU ‘na, lisans ve yüksek lisans eğitimlerim sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen, üzerimde emeği olan değerli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Sağladığı destekler için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu’na (Proje:115Y246) teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasında en az benim kadar emeği ve özverisi olan sevgili eşim Fatma’ya, yüksek lisans eğitimim sırasında dünyaya gelen ve oyun saatlerinde yokluğuma katlanan sevgili kızım Nil’e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Fatma DÖNMEZ ve Nil DÖNMEZ’e ithaf edilmiştir.

Ergin DÖNMEZ
AFYONKARAHİSAR, 2018

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GNSS VE TEKTONİK HAREKETLERİN GNSS ÖLÇÜLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ	3
2.1 Kod Ölçümü.....	5
2.2 Taşıyıcı Dalga Faz Ölçümü.....	6
2.3 Tektonik Hareketlerin Belirlenmesinde GNSS Kullanımı	6
3. FAYLARIN KİNEMATİK YAPILARI VE SİMAV FAY ZONUNUN TEKTONİK YAPISI	10
3.1 Deprem türleri.....	10
3.2.Fay ve Faylanma	10
3.3 Deprem Odak Mekanizması ve Deprem Çizimleri.....	13
3.4 Elastik Atım Teorisi	16
3.5 Batı Anadolu Fay Kuşağı Ve Gediz Fayı.....	19
4. ÇALIŞMA ALANI ve YAPILAN ÇALIŞMALAR	25
4.1 Çalışma Alanın Tanıtılması	25
4.2 Kurulan GNSS Ağı ve Ölçüleri	25
4.3 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi ve Nokta Hızlarının Hesaplanması	29
4.3.1 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi	31
4.3.1.1 Hazırlık Aşaması.....	31
4.3.1.2 Değerlendirme Aşaması.....	33
4.3.1.3 Kontrol ve Sonuç Aşaması.....	34
4.3.2 GAMIT Sonuçlarının GLOBK’ de Değerlendirilmesi	36
4.3.3 Faya Ait Elastik Atım Grafiklerinin Çizdirilmesi	39
4.3.4 Yamulma Analizi.....	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	45

6. KAYNAKLAR.....	47
ÖZGEÇMİŞ.....	52



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GAMIT	GPS Analysis at MIT
GLOBK	Global Kalman Filter
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
IGS	International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
LTT	Levha Tektoniği Teorisi
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NRMS	Normalized Root Mean Square
PRN	Pseudo Random Numbers
RINEX	Receiver Independent Exchange
SLR	Satellite Long Range
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
VLBI	Very Long Baseline Interferometry
WGS	World Geodetic System
WRMS	Weighted Root Mean Square

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 GPS alıcısının bir uyduya bağlanması durumu.....	4
Şekil 2.2 GPS alıcısının üç uyduya bağlanması durumu.....	5
Şekil 3.1 Fay çeşitleri	11
Şekil 3.2 Normal ve ters faylanma (İnt.Kayn.2)	12
Şekil 3.3 Doğrultu atımlı fay	12
Şekil 3.4 Normal faylanma ters faylanma (İnt.Kayn.2)	13
Şekil 3.5 Depremde oluşan dalgalar	14
Şekil 3.6 P dalgası yayılımı (İnt.Kayn.3)	14
Şekil 3.7 S dalgasının dağılımı (İnt.Kayn.3)	15
Şekil 3.8 Elastik kürenin elipsoide dönmesi	15
Şekil 3.9 Odak küresi üzerindeki hareketler ve yönleri	16
Şekil 3.10 İnter-Sismik dönem.....	17
Şekil 3.11 Pre-Sismik dönem	17
Şekil 3.12 Ko-Sismik dönem	18
Şekil 3.13 Türkiye’deki ana fay hatları	19
Şekil 3.14 Batı Anadolu’da meydana gelen depremler ve çözümleri (İnt. Kayn. 6)	20
Şekil 3.15 Gediz Fayı	21
Şekil 3.16 Erdoğmuş-Yenigediz grabenin tektonik yapıları (Gürboğa 2011-Siyah oklar fay kinematik analizlerini göstermektedir).....	23
Şekil 4.1 Fay Genel Görünüm.....	25
Şekil 4.2 YMRT noktası tesis çalışması.....	26
Şekil 4.3 Kurulan GNSS ağı	27
Şekil 4.4 Karamanca (A), Karaca Hisar (B), Eski Gediz (C), Vakıf (D) noktaları.....	30
Şekil 4.5 Station.info dosyasının bir bölümü	33
Şekil 4.6 GAMIT klasör yapısı	34
Şekil 4.7 Örnek q dosyasındaki postfit nrms değeri.....	35
Şekil 4.8 “autcln.post.sum.xxxx” dosyası örneği.....	36
Şekil 4.9 ERDO ve VAKF noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri.....	37
Şekil 4.10 Avrasya sabit hız alanı.	38
Şekil 4.11 YMRT ve DEDE zaman serileri	39
Şekil 4.12 Faya dik alınan profil	40

Şekil 4.13 Elastik Atım Modeli.....	41
Şekil 4.14 Yamulma alanı	42
Şekil 4.15 Yamulma alanları ile fay kinematik verilerinin karşılaştırılması.....	43



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Batı Anadolu’da meydana gelen bazı depremler	20
Çizelge 4.1 GNSS Ağının Kampanya Tarihleri	27
Çizelge 4.2 GNSS Ağının Ölçü Noktaları.....	28
Çizelge 4.3 GNSS Ölçü Zaman Çizelgesi.....	29
Çizelge 4.4 Station.info dosyasında kullanılan IGS istasyonları	32



1. GİRİŞ

İnsanlığın başlangıcından beri insanoğlu yaşadığı büyük felaket ve afetlerin neden kaynaklandığını merak etti ve bunlara karşı önlem alarak korunmak istemiştir. İşte bilim bu merakın ve korunma isteğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bilim, insanlık tarihi ve medeniyetinin geçmişten günümüze inanışlarla, merakla, tutkuyla, sorgulamayla, felaketlerle ve afetlerle yoğurmasının sonucunda ortaya çıkan bir oluşum ya da olgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde insanlığın bilimi kullanarak nedenini ve korunma yollarını aradığı felaketlerin ve afetlerin başında ise depremler öncelikli bir konu olarak hala başı çekmektedir. Gelişen bilim ve teknolojimize rağmen günümüzde bile depremler önemini ve gizemini korumaktadırlar.

Deprem kısaca yer kabuğunda bir anda ortaya çıkan enerji sonucunda meydana gelen sismik dalgalanmalar ve bu dalgaların yeryüzünü sarsması olarak tanımlanabilir. Günümüzde bu yıkıcı sarsıntıların ne zaman olacağını belirlemek hala kafaları ve bilimi meşgul eden bir sır olarak güncelliğini korusa da sarsıntıları meydana getiren sebepler ortaya konarak açıklanmıştır.

Depremlerin meydana gelmelerini sağlayan mekanizma 1915 yılında bilim adamı Alfred Lothar Wegener kendi ortaya koyduğu bir kuramın gelişmiş şekli olan Levha Tektoniği Teorisi (LTT) ile açıklanır. Wegner'in kuramına göre kıtalar Pangaea adı verilen tek bir kıtadan oluşuyordu ve Pangaea çeşitli kuvvetlerin etkisinde parçalanarak kıtaları oluşturmuştur. Kıtaların arasına suların dolmasıyla da okyanuslar ve denizler meydana gelmiştir. Wegener bu sonuca dünya haritasında yer alan kıtaların bir yapboz oluşturduklarını fark etmiştir. Wegner'in ortaya attığı kuram araştırmacılar ve bilim adamları tarafından sorgulanarak zaman içinde geliştirildi ve Levha Tektoniği Teorisi adını almıştır. LTT'ne göre yeryüzünün manto ve kabuk kısmını oluşturan Litosfer kırıklı ve parçalı bir yapıya sahiptir. Parçaların her birine levha, levhaların sınırlarını oluşturan kırıklara da fay denilir. Levhalar daima, bir birlerine göre milimetreyle ifade edilebilecek

küçük hızlarda, hareket halindedirler ve bu hareketler faylarda depremlerin olmasını sağlamaktadırlar.

Günümüzde levha hareketlerinin belirlenmesi sadece jeofizik mühendislerinin ilgilendiği bir konu olmaktan çıkarak diğer mühendislik dallarının da ilgisini çeken bir konu haline almıştır. Yerkabuğu üzerindeki levha hareketlerinin belirlenmesi ile ilgili yapılan güncel makale ve çalışmalarda meslektaşlarımızın, GNSS teknolojisini kullanarak jeodezik ağ kurma ve bu kurulan ağın hassasiyet, maliyet, zaman ve tekrarlılık açısından optimum işletilmesindeki, bilgi ve tecrübelerinin, konuya aktif katkı sağladığı dikkat çeken bir husus olarak kendini göstermektedir.

Bilindiği üzere Türkiye sabit Avrasya plakası ile ona itirme kuvveti uygulayan Arap ve Afrika plakalarının temas ettiği bölgede yer almaktadır. Başka bir deyişle dünyanın ana fay hatlarının birinin üzerindedir. Bu durum mal ve can kayıplarına sebep olan büyük depremlerin geçmişten günümüze olduğu ve olmaya devam edeceği anlamına gelmektedir. Bu tez çalışmasına konu olan Gediz fayının da geçmişte ürettiği büyük depremlerle mal ve can kayıplarına sebep olduğu bilinmektedir. Özellikle 28 Mart 1970 Gediz depremi bu fayda meydana gelen en son ve en büyük depremdir. Fay bu depremden sonra suskun kalmıştır. Bu fayda tutulan deprem kayıtlara göre fayın en uzun sessiz kaldığı süre 48 yıldır. Dolayısıyla son büyük depremden buyana 48 yıl geçmiştir. Buda bu fayın araştırılmasının can ve mal kaybı açısından ne kadar önemli olduğunu ifade etmektedir.

Bu çalışma ile Gediz Fayına GNSS ölçü noktaları tesis edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen GNSS ölçmelerinden yararlanarak öncelikle bölgenin hız alanı elde edilerek bu hız alanı ile bölgedeki faylar üzerindeki yamulma miktarları ve yönleri tespit edilmiştir.

2. GNSS VE TEKTONİK HAREKETLERİN GNSS ÖLÇÜLERİ İLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

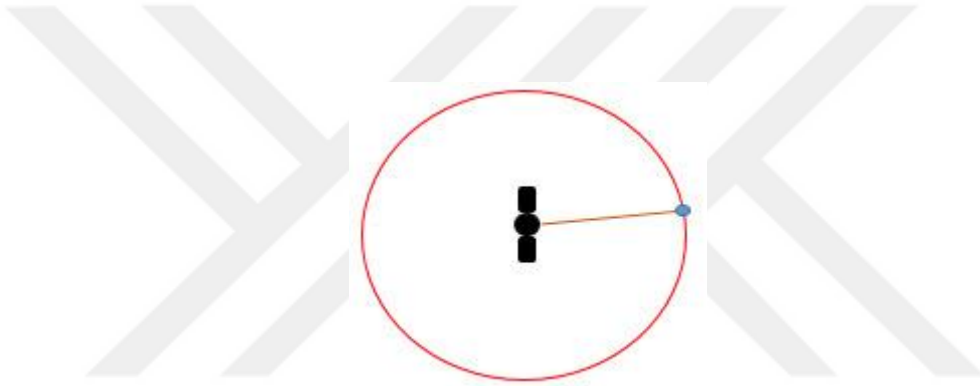
Gündelik hayatımızda sıkça kullandığımız ölçme terimi, bilinmeyen bir büyüklüğün bilinen benzer bir büyüklükle kıyaslanması anlamına gelir. Ölçme yöntemleri çeşitlilik gösterebilir de işlemler yapılırken kullanılan esaslar aynıdır. Ölçme işleminin yapılabilmesi için, başlangıç olarak kullanılabilecek bir referans noktasına ya da yüzeyine, herkesçe bilinen ya da kabul gören bir birim sistemine ve bu birim sisteminde tasarlanmış bir ölçme yöntemine ihtiyaç vardır.

Yeryüzünde de konum belirlemek için yapılan ölçmeler de aynı esaslara dayanır. Yani konumu bilinmeyen bir noktanın konumu, referans olarak kullanılan ve konumu çok iyi bilinen bir noktaya göre belirlenir. Bu konum belirleme işlemi yapılırken referans noktası ile konumu belirlenecek nokta arasında açı ve mesafe ölçümü yapılır. Yapılan bu konum ölçmesinin en kısıtlayıcı tarafı ise noktaların bir birlerini görme zorunluluğunun olmasıdır. Bu zorunluluk çoğu zaman sağlanabilse de çöller ve okyanuslar gibi sabit bir noktanın tesis edilemeyeceği ve konum sabitlemesinin yapılamayacağı ortamlarda imkânsız bir hal alır. İşte bu imkânsızlığı ortadan kaldırmanın en uygun çözümü, konumları yeryüzüne göre sabit olan gök cisimlerine veya yıldızlara rasat yapmaktır. Usturlap, sekstant ve hassas teodolitler bu amaç için geliştirilip kullanılan ölçü aletleridir. Bu aletlerin kullanımları yakın geçmişe kadar devam etmiştir.

1960'lı yılların başlarında Amerika Birleşik Devletleri Savunma Bakanlığı askeri amaçlar için, zamandan ve mekandan bağımsız olarak konum belirleyen GPS sistemini tasarlamış ve kullanıma geçirmiştir. GPS, dünyaya ve birbirlerine göre konumları çok iyi bilinen yapay uyduları referans noktası olarak kullanır. Referans noktası olarak kullanılan bu uyduların konumlarından da yeryüzündeki alıcılar kendi koordinatlarını kestirme hesabı yaparak hesaplarlar (Yıldız ve Kahveci 2012).

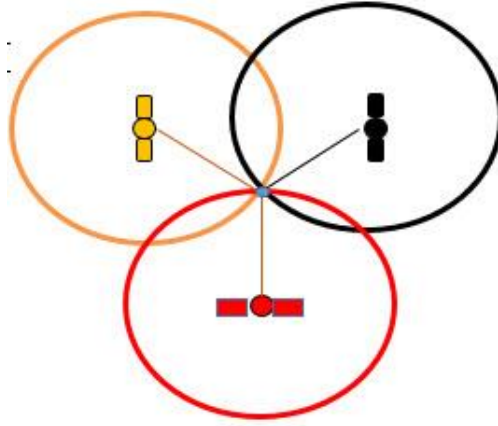
GPS, uydulara dayalı olarak ilk konum belirleme sistemi olsa da günümüzde tek sistem değildir. Günümüzde Rusya'ya ait olan tamamlanamamış GLONASS, uydularının fırlatılmasına devam edilen Avrupa Birliğine ait GALILEO ve Çin Halk Cumhuriyetine ait BEIDOU konum belirleme sistemleri mevcuttur.

Mevcut olan bu konum belirleme sistemlerinden GPS, GLONASS ve GALILEO sistemleri birleştirilerek Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System, GNSS) adını almıştır. GNSS alıcıları diğer alıcılara göre büyük bir avantaja sahiptir. Bu sahip olduğu avantaj konum belirleme sistemlerinin çalışma prensipleri ile açıklanabilir. Herhangi bir konum belirleme sistemine ait alıcının üç bilinmeyenli (enlem, boylam ve yükseklik) bir koordinatı hesapla çözmesi gerekir. Alıcı bu koordinat çözümünü de, kendisi ile bağlandığı uydu arasındaki mesafeyi belirleyerek yapar. Yani şekil 2.1 de görüldüğü gibi alıcı kendisi ile bağlandığı uydu arasındaki mesafeyi belirlediğin de, uyduyu merkez olarak alan bir dairenin yarıçapını da belirlemiş olur.



Şekil 2.1 GPS alıcısının bir uyduya bağlanması durumu.

Bu sebeple şekil 2.2 de görüldüğü gibi alıcının bulunduğu enlem ve boylamı belirleyebilmesi için en az üç uyduya bağlanabilmesi gerekir. Eğer enlem ve boylama ek olarak yükseklikte bulunacaksa bağlanılabilen uydu sayısı en az dört olmalıdır. Bu sebeple alıcılar en az dört uyduya bağlandıktan sonra koordinat çözümlemesi yapmaya başlarlar. Bağlanılan uydu sayısı ne kadar artarsa alıcının elde ettiği konumun hassaslığı da o oranda artar (Aktuğ ve Kılıçoğlu 2006). GNNS alıcısının diğer alıcılara göre en büyük avantajı bağlanabileceği uydu sayısının diğer sistemlerinkinden daha fazla olmasıdır.



Şekil 2. 2 GPS alıcısının üç uyduya bağlanması durumu.

GNSS alıcısının konum belirlemesi matematiksel olarak basit olsa da gerçekte durum bu kadar basit değildir. Alıcı konum belirlemek için iki gözlem yapar. Bunlardan biri kod ölçümü diğeri ise taşıyıcı dalga faz ölçümüdür.

2.1 Kod Ölçümü

Kod ölçmeleri elektro manyetik dalgaların seyahat sürelerinin belirlenmesi mantığına dayanmaktadır. Uydudan çıkan bir zaman sinyali alıcıya ulaştığında alıcı bu sinyali kendi ürettiği zaman sinyali le karşılaştırır. Bu zaman sinyaline PRN (Pose Random Noise) denir.

Zaman sinyalinin karşılaştırılması aslında sinyalin seyahat süresini belirler. Seyahat süresini ışık hızı ile çarpıldığında uydu ile alıcı arasındaki mesafe belirlenir. Fakat zaman sinyali uydudan çıkıp alıcıya ulaşmaya kadar özellikleri bir birinden farklı olan atmosfer tabakalarından geçer. Ayrıca uydularda zaman fiyatları çok yüksek olan atom saatleri ile belirlenirken alıcılarda ucuz kristal saatler tarafından belirlenir. Bunlar ve bunlara benzer birçok sebepten uydu ile alıcı arasındaki mesafeyi hesaplamak oldukça zordur. Yani gerçek uzaklık ile hesaplamalar sonucunda bulunan uzaklıklar aynı değildir. Buda konum hassaslığını düşüren bir faktördür (Ray 2000).

2.2 Taşıyıcı Dalga Faz Ölçümü

Taşıyıcı dalga faz ölçümü konum doğruluğu bakımından en hassas sonuç veren yöntemdir. Bu sebeple uydu alıcılarında konum belirlemek için kullanılan en yaygın yöntem budur. Bu yöntemde modüle edilmiş L1 ve L2 taşıyıcı dalgalarının fazlarının nereden yakalandığı belirlenmeye çalışılır. Bu belirsizliğe faz başlangıç belirsizliği (ambiguity) ya da tam sayı belirsizliği denir. Faz başlangıç belirsizliğinin belirlenmesi için alıcının bir süre aynı uyduları kullanarak gözlem yapması gerekir. Bu süre içinde alıcı kendi ürettiği faz ile uydudan gelen taşıyıcı dalga fazlarını uyuşuncaya kadar karşılaştırır. Bu sayede yakalanan taşıyıcı dalga fazının artan artık kısmı belirlenir. Ölçü süresi ne kadar uzun tutulursa bu belirsizliğin hesaplanan değeri gerçek değerine yaklaşır (Mekik ve Akçın 1998). Örneğin elimizde iki tane 2 saatlik ölçü verisi olsun. Bu ölçülerden birincisi 9 saniyelik epoklarla ikincisi de 3 saniyelik epoklarla yapılmış olsun. Toplam ölçü süresi aynı olmasına karşın birinci ölçüde çözülen faz başlangıç belirsizliği daha doğrudur. Çünkü birincide ölçü epogu süresi daha uzundur. Bu da özellikle jeodezik ağlarda ölçü planlaması ve ölçüm çalışması yaparken belirlenmesi gereken önemli bir husustur. Yani ölçümden önce jeodezik ağ ölçümünde kullanılacak alıcıların çalışma süreleri ve kayıt epoklarının amaca uygun olarak belirlenmesi gerekir (Tiryakioğlu 2012).

2.3 Tektonik Hareketlerin Belirlenmesinde GNSS Kullanımı

Deformasyon analizi Harita Mühendisliği' nin önemli konularından biridir. Büyük mühendislik yapılarının (Baraj, viyadük, gökdelen vb.) belirli dönem içerisindeki hareketlerinin izlenmesi ile yapıdaki deformasyonların belirlenmesi amacıyla değişik çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle GNSS teknolojisinde gelişmelerle birlikte bu deformasyonların izlenmesi daha da kolay bir hal almıştır. GNSS teknolojisi ile genel olarak yüksek doğrulukta koordinatlar elde edilmektedir. Bu koordinatların zamansal değişimlerinin izlenmesi ile elde edilen koordinat farklarının deformasyon olarak yorumlanmasının yanında bu değişimlere yol açan kuvvetler de incelenmektedir. Son yıllarda tektonik hareketlerin izlenmesinde GNSS ölçmelerinden elde edilen verilerin kullanımı popüler hale gelmiştir (Mc Clusky *et al.* 2000, Reilinger *et al.* 2006, Tiryakioğlu *et al.* 2013, 2017). Tektonik hareketlerin belirlenmesinde kullanılan en

önemli GNSS çıktısı hız verisidir. Bu hızlar farklı dönemlerde elde edilen koordinatlar arasındaki farklardan çeşitli matematiksel modellerle (Kalman Filtreleme vb.) elde edilirler. Günümüzde fayın geometrik yapısına göre kurulan bir jeodezik ağda farklı dönemlerde yapılacak olan GNSS ölçüleri ile faya ilişkin (fay kayma hız vb.) güncel bilgilere ulaşmak mümkündür. Özellikle bölüm 3 de açıklanacak olan İnter-Sismik, Pre-Sismik, Ko-Sismik ve Post-Sismik Dönemlerin her birinde GNSS verilerinin kullanılabilirliği birçok çalışmada gösterilmiştir (Brendan *et al.* 2016, Oktar ve Erdoğan 2018).

İnter sismik ve pre sismik dönemlerde GNSS hızları ile üst kabukta ortaya çıkan yamulmalar (yamulma-strain), yani yeryüzünde meydana gelen geometrik değişimler elde edilebilmektedir. Bu yamulmalardan yola çıkarak cisimdeki değişimlere neden olan kuvvet alanları kestirilmektedir. Yamulma analizlerinde çalışma bölgesi üzerinde GNSS hızları belirli noktalar seçilerek, bölgenin karakteristik hareketleri bu noktalara bağlı olarak ortaya konmaktadır. Bu nedenle yamulma analizi datum tanımından bağımsızdır. Koordinat farklarının analiz edildiği sistemlerde ortaya çıkabilecek datum bağımlılığı probleminden de kurtulmak için, datumdan bağımsız olan ve fiziksel özellikleri de yansıtan yamulma analizi deformasyonlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Baysal vd. 2010).

Yamulma kavramı, yer değiştirme (displacement) kavramı ile sıkı sıkıya ilgilidir. Yamulma, yeryüzü üzerindeki herhangi bir noktanın yaptığı hareketin vektörel büyüklüğüdür. Kütle hareketleri iki kısım olarak düşünülebilir:

- Kütlenin bir bütün olarak dönmesi, kayması,
- Kütle üzerindeki noktaların birbirlerine göre bağıl olarak hareket etmesi

Kütlenin dönmesi, katı blok hareketi olarak da adlandırılabilir. Bu tür hareket, ya ideal katı bloğa ya da homojen deforme olabilen kütlelerde görülebilir. Kütle üzerindeki noktaların birbirlerine göre hareketleri deformasyon olarak adlandırılır.

Yamulma, kütle üzerindeki noktaların birbirlerine göre bağıl hareketleri ile ilgili geometrik bir büyüklüktür. Gerilim gibi yamulmada da normal ve kayma yamulması

sınıflandırması yapılabilir. Normal yamulma, iki nokta arasındaki uzunluktaki değişimin, orijinal mesafeye bölümüdür. Kayma yamulması ise, başlangıçta birbirlerine dik olan iki doğrultu arasındaki açısal değişimdir. Buradan yola çıkarak yamulmanın boy değişimi ve açı değişimi olarak kendisini iki şekilde göstermektedir. Aynı şekilde cisim bir bütün halinde şekil değiştirmeksizin ötelenebilir. Anlaşılabileceği üzere her yer değiştirme mutlaka bir biçim değişikliği doğurmaz. Yer değiştirme; yamulma, birim deformasyon, öteleme, dönme ve biçim değişikliğinin genel adıdır. Birim deformasyon birimsiz olması ve temelde bir oranı ifade edemediği için bu adı almıştır.

Yer değiştirmelerin izlenmesi için deformasyon alanını en uygun şekilde temsil edecek noktalar seçilmelidir. Yer değiştirmeler ile hesaplanacak yamulma elemanları için yamulmanın homojen olduğu kabul edilmelidir. Bu yaklaşımlar sonucunda yamulma problemi, aslında bir dönüşüm problemine dönecektir. Yer değiştirme, aynı noktanın iki farklı zamanda hesaplanan kartezyen koordinatları arasındaki fark olarak düşünülebilmektedir. Bir noktanın t_1 zamanındaki koordinatının homojen deformasyona uğrayarak t_2 zamanında koordinatına haline gelmesi arasındaki ilişki basit bir afin dönüşüm eşitliği ile açıklanabilmektedir.

GNSS ölçümleri ile elde edilen hızlar ile yamulma parametreleri arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$u = Lx + \dot{t} \quad (2.1)$$

Burada u : nokta hızlarını, $\dot{t}$: öteleme hızlarını, x : konum vektörü ve L : katı blok dönüklükleri

$(\dot{\omega})$ ile yamulma parametrelerinin yıllık değişiminden $(\dot{\epsilon})$ oluşan deformasyon tensörüdür. L tensörü

$$L = \dot{\epsilon} + \dot{\omega} \quad (2.2)$$

şeklinde yazılabilir (Feigl 1990). $\dot{\omega}$ ve $\dot{\epsilon}$ ile strain parametrelerinin ilişkisi;

$$\dot{\omega}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), i \neq j, \dot{\omega}_{ii} = 0, i = j \quad (2.3)$$

$$\dot{e}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (2.4)$$

şeklindedir (Turcotte *et al.* 1982). Burada kısmi türevler kuzey ve doğu yönündeki gradyanlara karşılık gelir. GNSS hızlarından yamulma hızlarının elde edilmesi için kovaryans ağırlıklandırılmalı bir yöntem kullanılmıştır (Shen *et al.* 1996). Bu yöntemde, herhangi bir noktadaki yamulma hızlarının hesaplanmasında çevredeki GNSS hızlarının etkisi;

$$C_{ij} = Q_{ij} \exp \frac{\|\vec{r}_x\|^2 + \|\vec{r}_y\|^2}{\sigma_D^2} \quad (2.5)$$

şeklinde modellenmektedir. Burada, Q_{ij} kullanılan hızların kovaryans matrisi, $\vec{r}_x$ ve $\vec{r}_y$ ise hesaplama noktalarının x ve y GNSS noktalarına olan konum vektörleridir. σ_D ise konumsal düzgünleştirme için kullanılan düzgünleştirme katsayısıdır.

3. FAYLARIN KİNEMATİK YAPILARI VE SİMAV FAY ZONUNUN TEKTONİK YAPISI

3.1 Deprem türleri

Fay düzlemlerinde levhaların biriktirdikleri potansiyel enerjinin aniden kinetik enerjiye dönüşmesi olayı depremleri meydana getirir. Bu olay gerçekleşirken bloklarda ani hareketler ve kırılmalar gözlemlenir. Depremler oluş nedenlerine göre tektonik depremler, volkanik depremler, çöküntü depremleri ve tsunami olmak üzere 4'e ayrılırlar.

Tektonik depremler levhaların hareketleri sonucu oluşan depremlere denilmektedir. Genellikle depremler levhalarının bir birlerine temas ettikleri sınır bölgelerinde meydana gelseler de bazen levhalar üzerinde farklı yerlerde de ortaya çıkabilmektedirler. Dünyada en çok görülen deprem türleridir.

Volkanik depremler volkanların püskürme patlamalarında meydana gelen depremlerdir. Türkiye'de aktif volkan olmadığı için ülkemizde görülmezler. Bu depremin örnekleri daha çok İtalya ve Japonya'da görülmektedir.

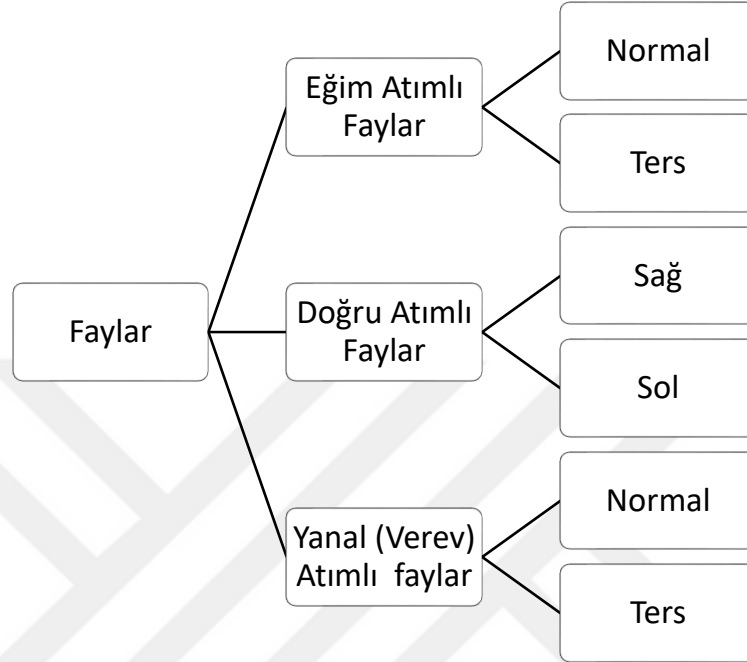
Çöküntü depremleri madencilik faaliyetleri, yeraltı sularının çekilmesi vb. gibi durumlardan ötürü meydana gelen yeraltı boşluklarının çökmesi sonucu oluşan depremlerdir. Bölgesel deprem olduklarından zararları çok büyük alanlara yayılmaz.

Tsunami'ler genelde okyanus, deniz gibi büyük su birikintilerinin altında meydana gelen depremler nedeniyle oluşan dev dalgalarıdır. Kıyılarda hasarları oldukça yıkıcı olabilmektedir (İnt.Kayn. 1).

3.2 Fay ve Faylanma

Levha tektoniğinde levhalar birbirlerine kuvvet ve basınç uygularlar. Bu kuvvet ve basınçtan dolayı levhalarda meydana gelen kırılmalara faylanma, faylanma sonucu oluşan şekle de fay denir. Faylarda kayma hareketinin olduğu düzleme fay aynası ya da fay düzlemi denir. Fay aynasına göre üstte kalan bloğa tavan bloğu, altta kalana ise taban bloğu denir. Tavan ve taban bloklarının fay aynası boyunca bir birleri ile yaptıkları

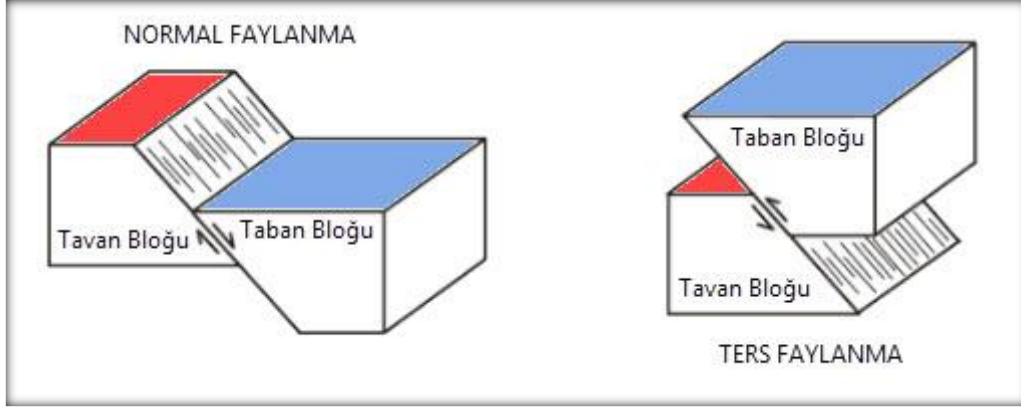
hareketlere göre fay türleri oluşmaktadır. Bunlar şekil 3.1 de de görüldüğü gibi eğim atımlı faylar, doğru atımlı faylar ve yanal (verev) atımlı faylardır.



Şekil 3.1 Fay çeşitleri.

Eğim atımlı faylarda fay aynasının her iki tarafında kalan tavan ve taban blokları bir birlerine göre yukarı – aşağı yönlü bir hareket yaparlar. Yani fay aynası boyunca iki blokta düşey yönlü hareket yaparlar. Eğer fay aynası boyunca tavan bloğu taban bloğuna göre aşağıya doğru bir hareket yapıyorsa ya da taban bloğu tavan bloğuna göre yukarı yönlü bir hareket yapıyorsa ve bloklar bir birlerinden uzaklaşıyorsa buna eğim atılı normal fay denir. Bu tip faylara Horst ve Graben örnek verilebilir.

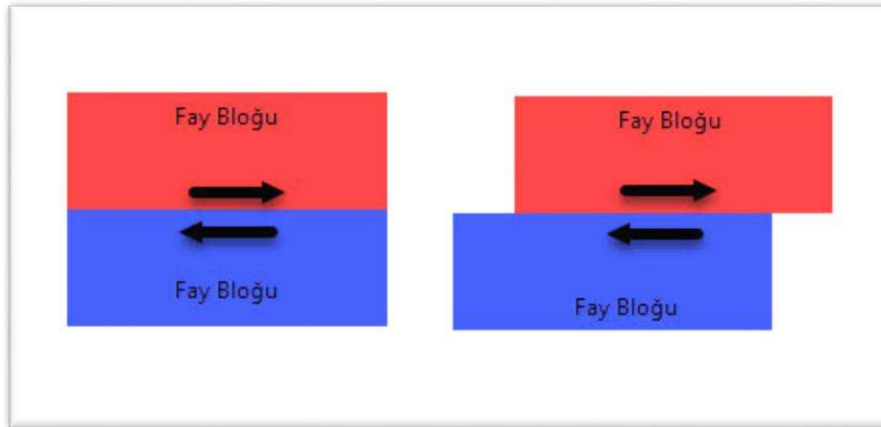
Eğim atımlı faylarda fay aynası boyunca bir birlerine yaklaşarak tavan bloğu taban bloğuna göre yukarı yönlü bir hareket yapıyorsa ya da taban bloku tavan blokuna göre fay aynası boyunca aşağı yönlü bir hareket yapıyorsa bu tip faylara eğim atımlı ters fay denir.



Şekil 3.2 Normal ve ters faylanma (İnt.Kayn.2).

Doğru atımlı faylarda bloklar bir birlerine göre fay boyunca yatayda hareket ederler. Bloklarda düşey bir hareket gözlenmez. Doğrultu atımlı faylarda kayma yönüne göre sağ atımlı veya sol atımlı olmak üzere ikiye ayrılırlar (Şekil 3.3).

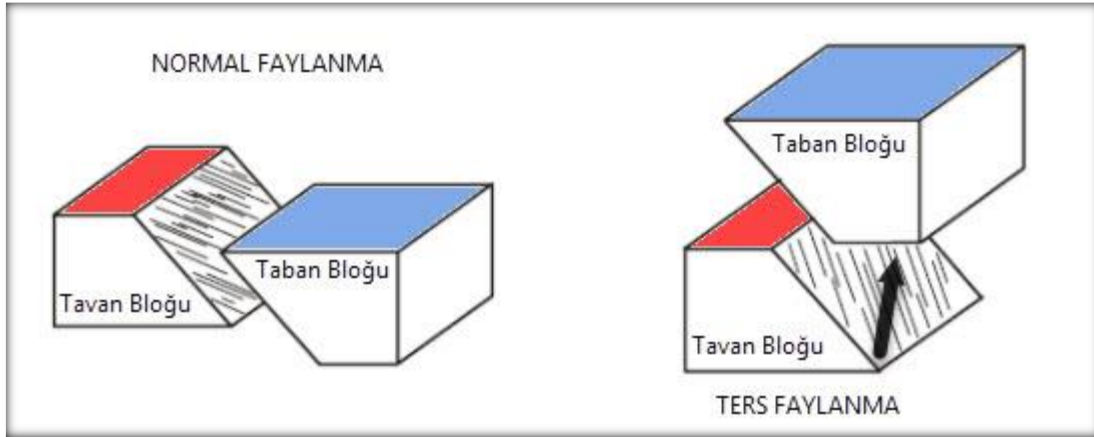
Blokların yatay hareket yapığı fay boyunca blokların herhangi birinde durulup karşı blok gözleendiğinde, karşı blokun kayma yönü gözleyen kişinin sağına doğruysa sağ atımlı, soluna doğruysa sol atımlı fay olarak adlandırılır. Bu faylara örnek olarak Amerika'daki San Andreas fayı ve Türkiye'deki Kuzey Anadolu fayları örnek verilebilir.



Şekil 3.3 Doğrultu atımlı fay.

Yanal atımlı faylara verev atımlı fayda denir. Bu fayların literatürde verev atımlı fay olarak isimlendirilmeleri daha yaygındır. Bu faylar hem eğik atımlı fayların hem de doğrultu atımlı fayların hareketleri gözlenir. Yani bu faylarda bloklar hem eğik atımlı

faylarda olduđu gibi dűşey yönde hem de dođrultu atımlı faylarda olduđu gibi yatayda hareket ederler. Aslında bu faylarda blokların hareketleri yatay ve dűşey yönlű hareketin vektörel bir bileşkesidir. Bu faylarda normal ve ters olmak üzere ikiye ayrılır. Blok hareketleri sonucunda fay boyunca bir ayrılma hareketi gözleniyorsa normal fay, sıkışma hareketi görülüyorsa buna da ters fay denir (Şekil 3.4).



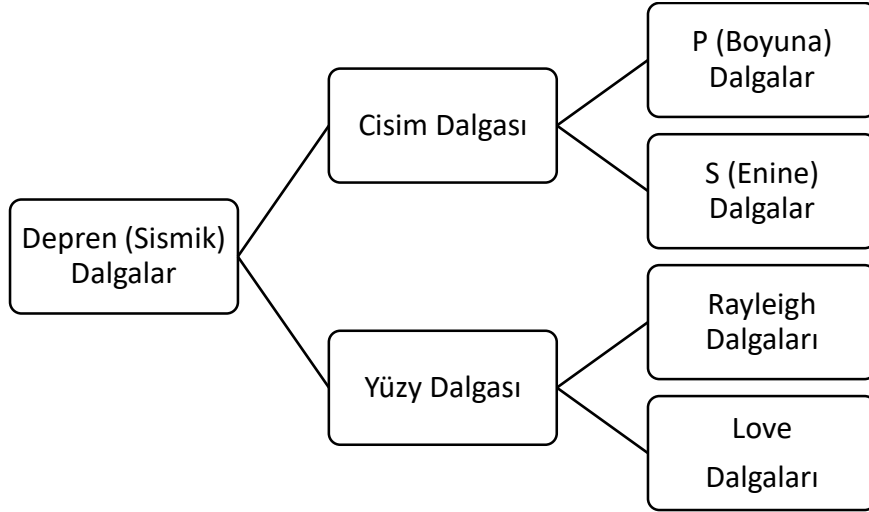
Şekil 3.4 Normal faylanma ters faylanma (İnt.Kayn.2).

3.3 Deprem Odak Mekanizması ve Deprem Çizimleri

Deprem odak mekanizmalarının çözümleri genellikle jeofizik haritalarında deniz topuna benzer çizimlerle gösterilmektedirler. Bu deniz topu çizimleri deprem odak mekanizmasının nasıl çalıştığını açıklamaktadırlar.

Deprem odak mekanizmasının çözülebilmesi için, deprem merkezinde yani odağında etkin olan kuvvetlerin nasıl çalıştığı, fay düzleminin eğimi ve doğrultusu, kayma vektörünün geometrisi ve odağın asal gerilme eksenlerinin durumunun belirlenmesi gerekir.

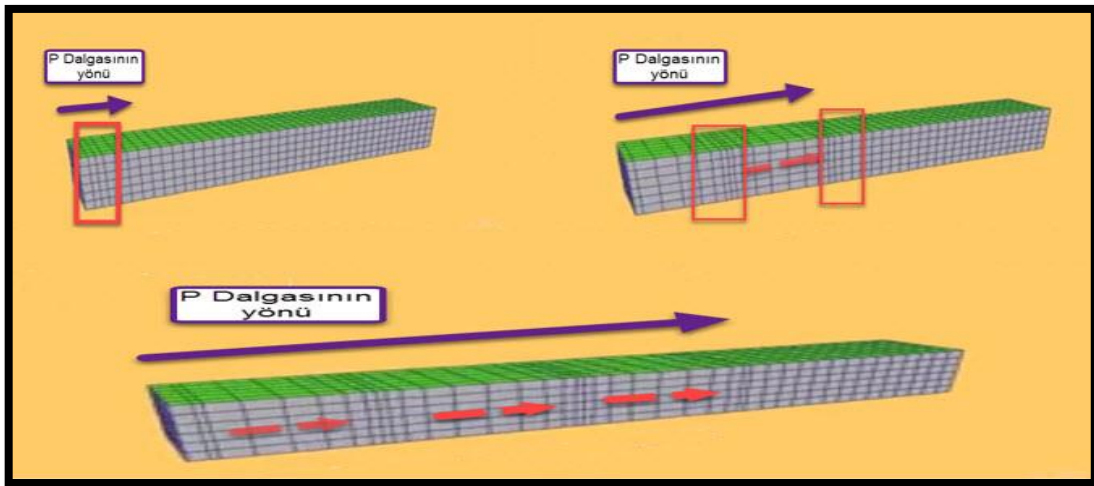
Bir depremde şekil 3.5 de görüldüğü gibi cisim dalgaları ve yüzey dalgaları olmak üzere iki tür dalga meydana gelir. Cisim dalgaları depremin odağından her yöne yayılan dalgalardır. Yüzey dalgaları ise depremin merkez üssünden yayılan dalgalardır.



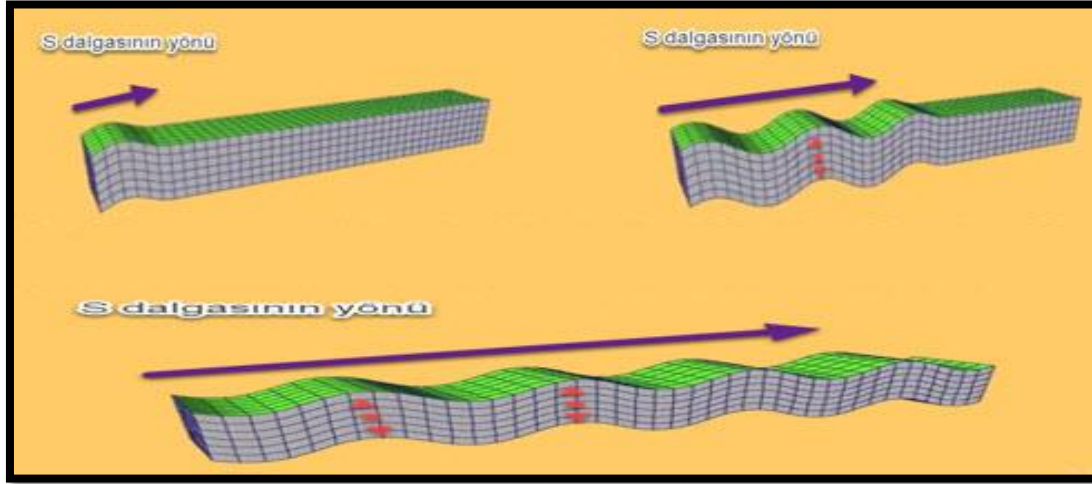
Şekil 3.5 Depremde oluşan dalgalar.

Cisim dalgaları P dalgası ve S dalgası olmak üzere ikiye ayrılır. P dalgası boyuna dalgalar için S dalgası da enine dalgalar için kullanılır. P ve S dalgalarının özellikleri şu şekilde sıralanabilir;

- I. P dalgaları sismografa ilk ulaşan dalgalar, S dalgaları ise sismografa ikinci ulaşan dalgalardır.
- II. P dalgasının hızı yer kabuğunun yapısına göre saniyede 1,5 km ile 8km arasında, S dalgasının hızı saniyede 1km ile 6,4 km arasındadır.
- III. P dalgası yeryüzündeki katı, sıvı, gaz ortamların hepsinde, S dalgaları sadece katı ortamda yayılırlar.

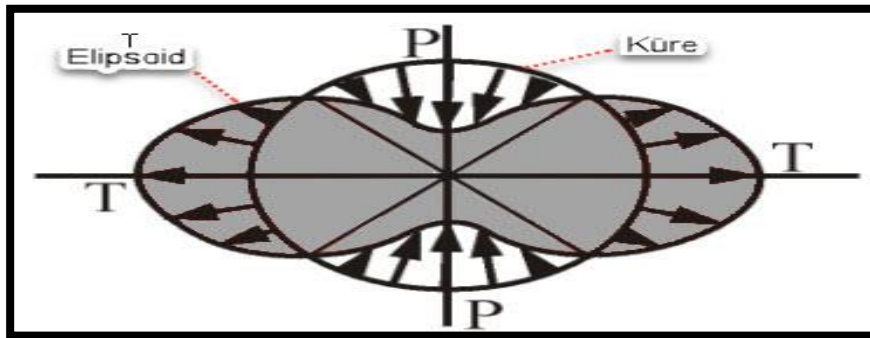


Şekil 3.6 P dalgası yayılımı (İnt.Kayn.3).



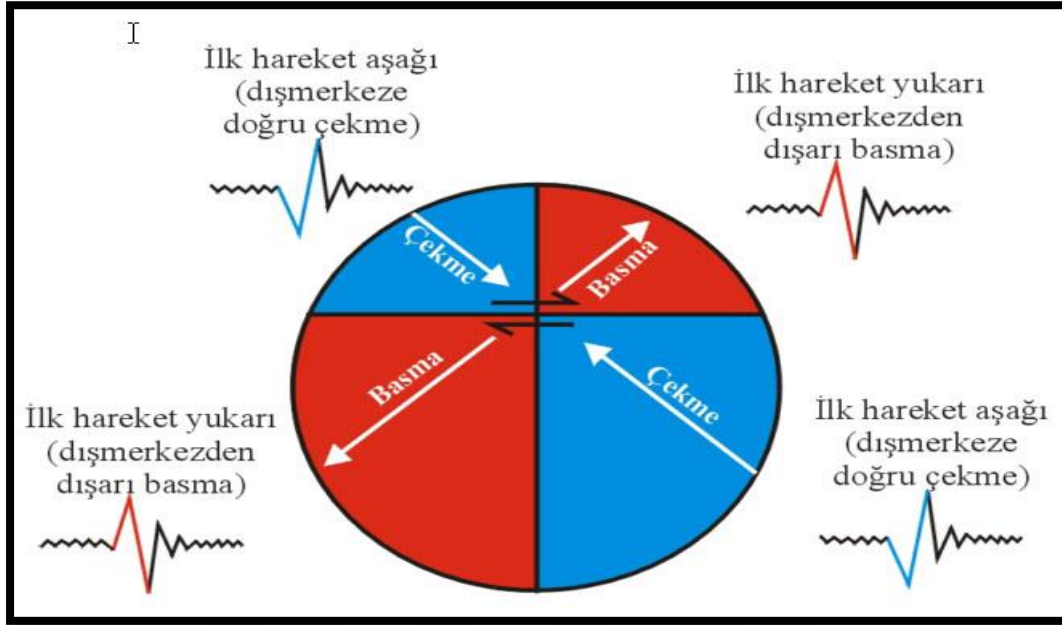
Şekil 3.7 S dalgasının dağılımı (İnt.Kayn.3).

P dalgası taşıdığı özelliklerden dolayı deprem odak mekanizmalarının çözümünde kullanılır. Elastik atım teorisine göre faylanma hareketi iki kuvvet çifti ile gösterilebilir. Deprem odağında top gibi elastik bir küre olduğu ve bu kürenin merkez noktasında etkili döndürme etkisi olmayan bir kuvvet çifti olduğu varsayılırsa, bu kuvvet çiftinin etkisiyle küre elipsoid şeklini alacaktır. Küre elipsoide dönerken, elastik küreyi dört bölgeye ayıracak şekilde ve kürenin merkezinde bir birlerine dik iki düzlem çizilirse düzlemler doğrultusunda en büyük çökmelerin ve en büyük genişlemelerin olduğu gözlenir (Şekil 3.8). Yani bu doğrultular boyunca etki eden çekme ve basınç kuvvetleri maksimum seviyededir. Bu doğrultular boyunca uygulanan kuvvetler plakalarda enerji birikimine sebep olan kuvveti aştığında bir kayma hareketi başlayacak ve buda depremi başlatacaktır. Eğer bu hareket belirlenebilirse depremin odak mekanizması da çözülmüş olur.



Şekil 3.8 Elastik kürenin elipsoide dönmesi.

Bu hareket depremin odağındaki küre üzerinde Şekil 3.9 deki gibi gösterilirse ortaya deniz topu şeklinde bir çizim çıkacaktır.



Şekil 3.9 Odak küresi üzerindeki hareketler ve yönleri.

Bu deniz topu şeklindeki çizim bize faydaki blokların hareketi ile ilgili bilgi vermektedir. Yani bu çizimlere bakılarak faylanmanın türünün ne olduğunu, basınç ve çekme bölgelerinin nerelerde ne kadar büyüklükte oldukları, yönlerinin nereler olduğu anlaşılır.

3.4 Elastik Atım Teorisi

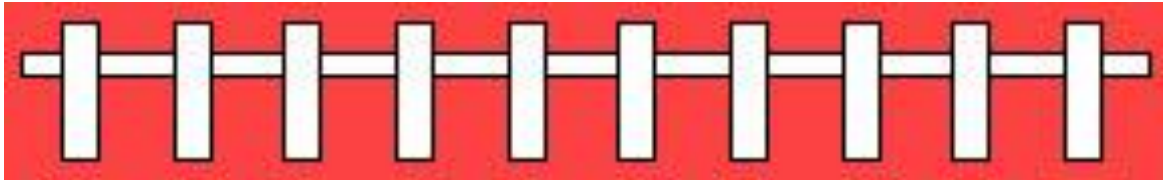
Depremlerin nasıl meydana geldiğini açıklamada kullanılan “Elastik Atım Teorisi ya da diğer adıyla Elastik Geri Sekme Kuramı (Elastic Rebound)” ilk kez 1910 yılında bilim adamı H.F. Reid tarafından ortaya atıldı. Reid’ in teorisine göre fay boyunca hareketli olan bloklar herhangi bir bölgede birbirlerinin hareketlerini engellediklerinde bu bölgede enerji birikmeye başlar. Bu enerji iki bloktan birinin veya her ikisinin kırılmasına kadar veya aradaki durdurucu sürtünme etkisini ortadan kaldırıncaya kadar birikmeye devam eder. Kırılma veya kayma olayı meydana geldiğinde buradaki enerji potansiyel enerjiden kinetik enerjiye dönüşür ve blok ya da bloklar zaman içinde almaları gereken yolu çok kısa bir süre içinde alır. Bu olayda depremi meydana getirir. Hareket miktarı kitlenme

bölgesine yaklaştıkça artar uzaklaştıkça azalır. Yani faya yakın bölgelerde deprem daha yıkıcı etki yapar (Reid 1910).

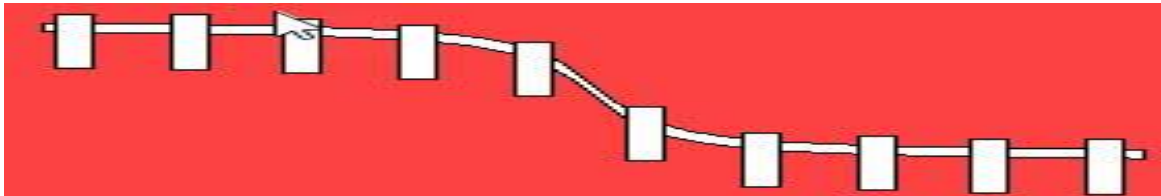
Reid bu teoriyi 1906 San Francisco depreminin öncesinde başlayıp sonrasına kadar devam ettirdiği çalışmalarının sonucunda ortaya koymuştur. Reid deprem öncesinden başlayarak belirli zaman aralıklarıyla bölgedeki nirengi ağlarında açı ve doğrultu okumaları yapmış ve sonra elde ettiği sonuçları birbirleriyle karşılaştırmıştır. Reid bu çalışmalarının sonucunda deprem öncesinde ve sonrasında meydana gelen blok hareketlerinin farklı olduğunu ortaya koymuştur. Reid' e göre deprem 4 aşamadan oluşur.

- I. İnter-Sismik Dönemi
- II. Pre-Sismik Dönemi
- III. Ko-Sismik Dönemi
- IV. Post-Sismik Dönemi

İnter-Sismik dönemde şekil 3.10 de görüldüğü gibi fay üzerinde herhangi bir hareket gözlenmez. Fakat kitlenmenin olduğu bölgede potansiyel enerji birikimi meydana gelir. Yani gerilim artar. Pre-Sismik dönemde şekil 3,11 de görüldüğü gibi biriken potansiyel enerji blok ya da bloklarda ya kırılma ya da kayma başlatacak kritik seviyeye gelir.

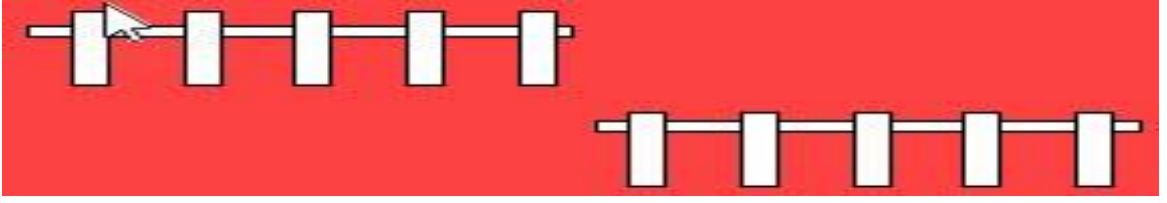


Şekil 3.10 İnter-Sismik dönem.



Şekil 3.11 Pre-Sismik dönem.

Ko-Sismik dönemde şekil 3.12 de görüldüğü gibi potansiyel enerji kinetik enerjiye döner. Yani bloklarda kaymanın ya da kırılmanın meydana geldiği zaman dilimidir. Başka bir deyişle depremin meydana geldiği kısa dönemdir.



Şekil 3.12 Ko-Sismik dönem.

Post-sismik dönemde deprem sonrası dönemdir. Bu dönemde fay ya İnter-Sismik döneme girmeye başlar ya da bloklarda deprem oluşturacak bir durum ortadan kalkar. Yani ya deprem döngüsüne tekrar girilir ya da deprem döngüsü son bulur (Aktuğ ve Kılıçoğlu 2006).

Elastik atım teorisi sayısal olarak basitçe aşağıdaki formül ile ifade edilir (Savage *et al.* 1973, Okada 1985).

$$V(x,t) = \frac{V}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{x}{D} \right) \quad (3.1)$$

Yukarıdaki fomülde;

V: Levhaların fayın kilitli olduğu derinlik altında görelî hareket hızı

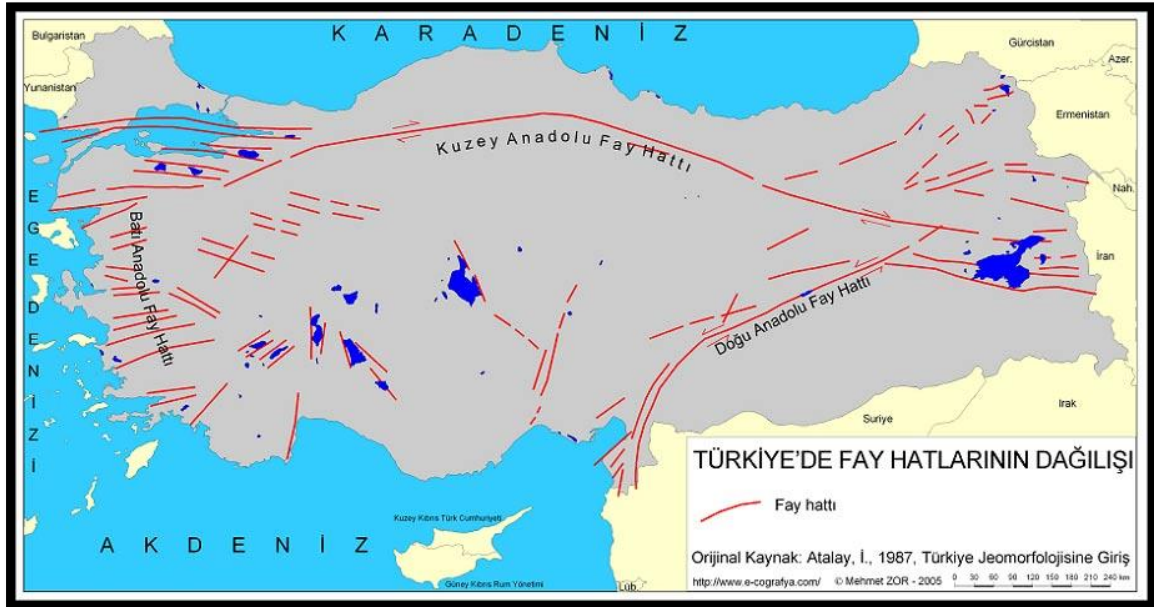
X : Fay sınırına göre noktaların dik uzaklıkları

D: Sismojenik tabaka kalınlığıdır (Okada 1985, Poyraz *et al.* 2011)

Günümüzde depremlerin yer kabuğu üzerinde iki tip deformasyona sebep oldukları bilinmektedir. Bunlardan biri kalıcı (statik) tipte diğeri ise geçici (dinamik) tipte deformasyonlardır (Çakmak 2001). Reid bu kalıcı deformasyonları gözlemek için jeodezik ağılardan faydalanılabileceğini de elastik atım teorisiyle beraber ortaya koymuştur. Yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde jeodezik ağların kullanımı geçmişten günümüze güvenilir bir yöntem olarak varlığını korumaktadır.

3.5 Batı Anadolu Fay Kuşağı Ve Gediz Fayı

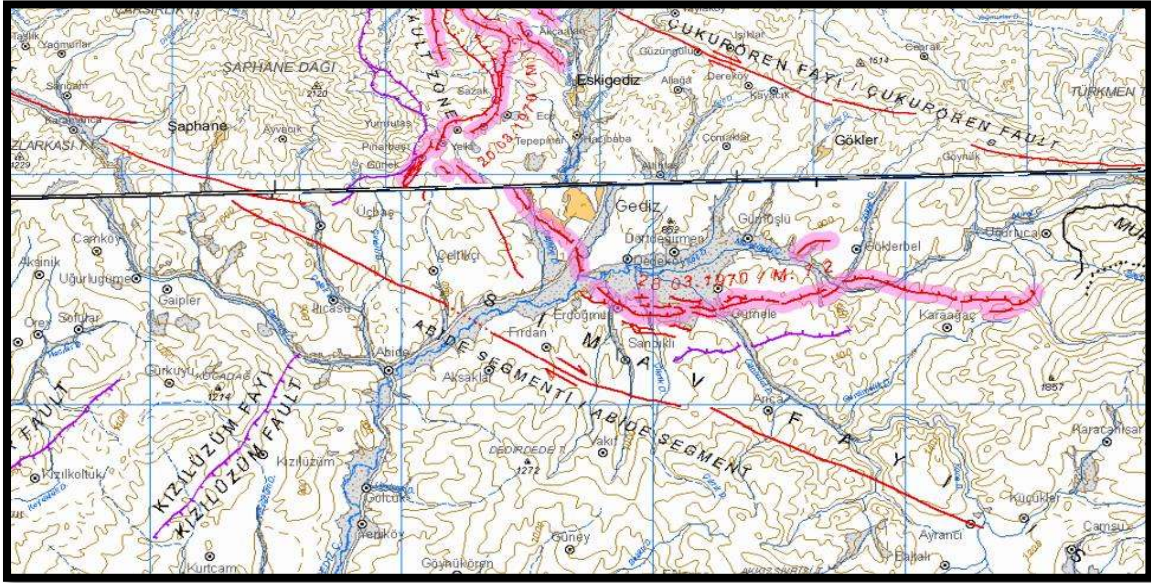
Batı Anadolu fay kuşağı çok eski zamanlardan beri bilinen ve büyük depremler oluşturma potansiyeli barındıran bir fay kuşağıdır. Fay kuşağı Ege kıyılarından başlayıp Aydın, İzmir, Manisa, Gediz, Kütahya, Afyon, Dinar, Isparta, Denizli, il ve ilçelerini içine alan geniş bölgede etkisini göstermektedir. Batı Anadolu fay kuşağının içinde yer alan faylar incelendiğinde bunların çoğunun eğim atımlı normal faylar oldukları görülmektedir. Bu sebeple Batı Anadolu bölgesinin topoğrafyası incelendiğinde birçok Horst ve Graben'e rastlanır.



Şekil 3.13 Türkiye'deki ana fay hatları.

Batı Anadolu fay kuşağının kuzeyinde Kuzey Anadolu fay kuşağı güneyinde ise Helen – Batı Kıbrıs yayı bulunmaktadır. Kuzeyinde ve güneyinde bulunan bu fay kuşaklarının sıkıştırma etkisi bu bölgede büyük maddi hasarlar meydana getirecek depremlerin olmasını sağlamaktadır (Tekin *et al.* 2004). Tarihi kayıtlardan bilindiği kadarıyla Batı Anadolu'da meydana gelmiş bazı depremler çizelge 3.1 de ve şekil 3.14 de verilmiştir.

Bu tez çalışmasına konu olan Gediz fayı da Batı Anadolu fay kuşağında yer almaktadır. Gediz fayı tarihte büyük depremler üretmiş bir faydır. En son 28 Mart 1970 tarihinde, yerel saatle 23.00 civarında, merkezi Kütahya'nın batısındaki Gediz yöresinde bir deprem meydana gelmiştir. Depremde Batı Anadolu sarsılmıştır. Bu depremi daha başka sarsıntılar takip etmiş ve haftalar sonra dahi farklı büyüklükte sarsıntılar ve ufak depremler hissedilmiştir. Yaklaşık olarak 3000 km² genişliğindeki sarsıntı alanında takriben 3500 ev tamamen yıkılmış, 7000 ev çok ağır ve 10.600 den fazla bina da ağır ölçüde hasara uğramıştır. 33.000 aile, yaklaşık olarak 80.000 kişi barınaksız kalmış, 6 saniye süren depremde 800 kişi (yabancı kaynaklarda 1086 kişi) ölmüş ve 520 (yabancı kaynaklarda 1260 kişi) yaralanmıştır. Deprem sonrasında yıkılan ve tamamen harabeye dönüşen ilçe Uşak yolu üzerinde 7 km de bulunan Kadınlar Pazarı mevkiine yeniden kurulmuş ve yıkılan ilçeye "Eski Gediz" adı verilmiştir.

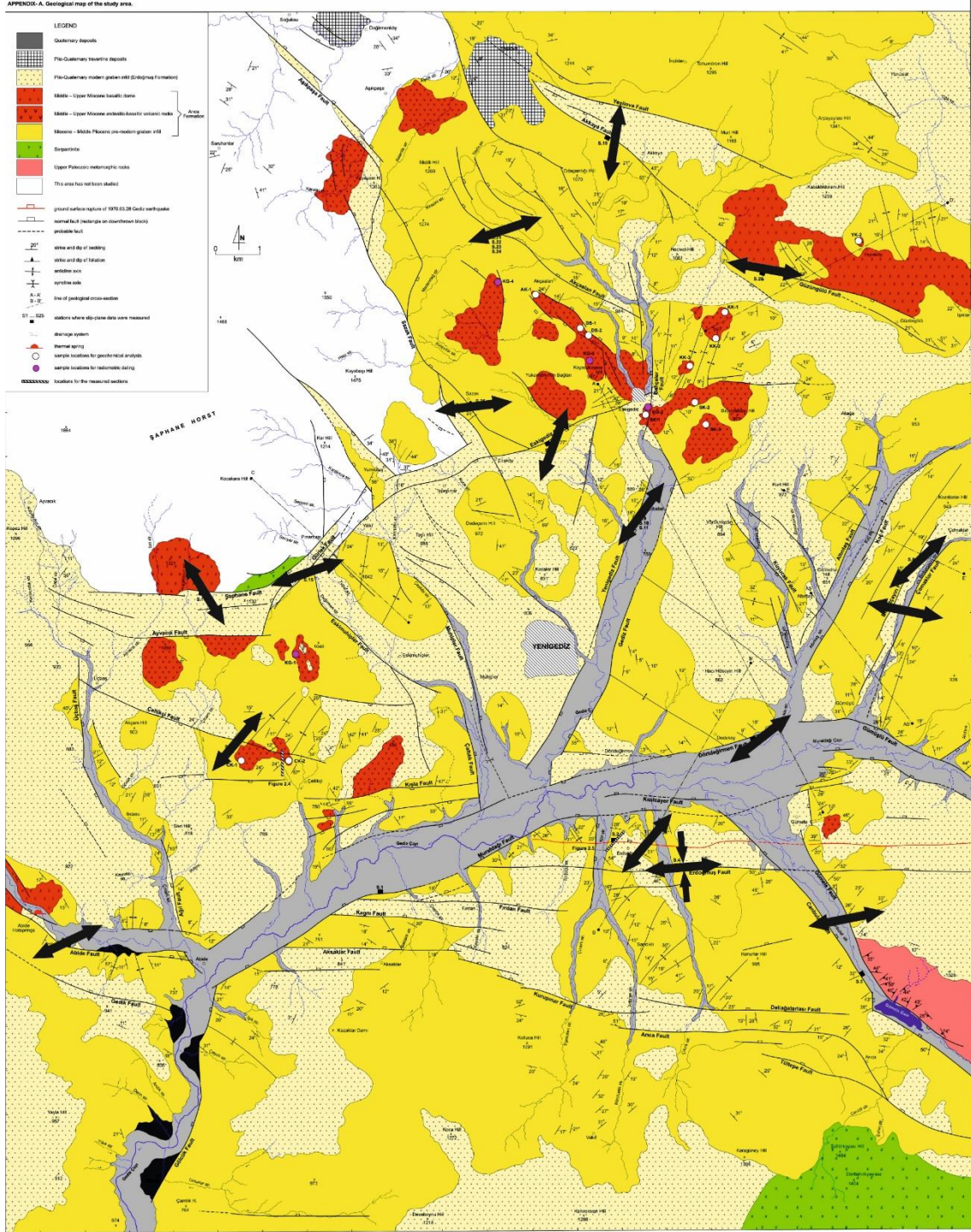


Şekil 3.15 Gediz Fayı.

Abdüsselamoğlu (1977) ve Ambraseys ve Tchalenko (1972), deprem sonrası Gediz ve çevresinin jeoloji ve tektoniğini ayrıntılı bir şekilde incelemiştir. Deprem sonrasında toplam 40 km uzunluğunda bir fay oluşmuştur. Fay üzerinde ölçülen maksimum yer değiştirme depremde kısa bir süre sonra 225 cm olarak ölçülmüştür. Erinc ve diğerleri (1970) bölgenin tektoniğine değinerek bölgenin batı kesiminde, Simav depresyonunun kademeli faylarla çöktüğünü, depresyonun kuzey kesiminde Hamzabey boğazı yörelerinde KKD-GGB doğrultusunda faylar bulunduğunu belirtmişlerdir.

Gediz fayının tektoniği ile ilgili olarak elde var olan kayıtlar ve veriler incelendiğinde bu fayda 1866 depremi, 1896 depremi, 1944 depremi ve 1970 depremlerinin meydana geldikleri görülmektedir. Bu tarihler arasında geçen zaman periyotlarına göz atacak olursak 1866 - 1896 yılları arasında 30 yıl, 1896 - 1944 yılları arasında 48 yıl ve 1944 - 1970 yılları arasında 26 yıl geçtiği görülmektedir. 1970 Büyük Gediz depremi olarak bilinen depremden günümüze kadar fayda herhangi bir deprem meydana gelmemiştir. Başka bir deyişle son depremden bu yana 48 yıl geçmesine rağmen fay suskunluğunu korumaktadır.

Çalışma bölgesi Akşehir Simav fay sisteminin batı bölümünde yer almaktadır. MTA 2012 aktif fay haritası incelendiğinde çalışma alanında birçok fay yapısı görülmektedir. Bölge, kuzeyde sağ yanal atımlı Çukurören fayı güneyde ise Simav fayının sağ yanal atımlı abide segmenti ile çevrilidir. Ayrıca 1970.03.28 Mw=7.2 Gediz depreminin yarattığı yüzey kırıkları bu iki fayın arasında kalmaktadır (MTA 2012). Bu harita dışında bölgede Gürboğa 2011 tarafından de yapılmış olan ayrıntılı haritalar mevcuttur (Gürboğa 2011). Gürboğa 2011 de bölgede 30 dan fazla fay tespit edilmiş ve bu fayların kinematikleri hakkında bilgiler verilmiştir. Birçok fay ilk kez bu çalışmada isimlendirilmiştir (Gürboğa 2011). Bu çalışmada özellikle Erdoğmuş-Yenigediz grabeni üzerine yoğunlaşmıştır. Erdoğmuş-Yenigediz grabeni GB Anadolu genişlemeli neotektonik bölgesindeki başlıca genişleme yapısı olan Akşehir-Simav Fay Sisteminin ana yapısal unsurlarından biridir. Bu graben yaklaşık 6-10 km genişlikte, 15 km uzunlukta ve DKD gidişlidir. 1970.03.28 Mw=7.2 Gediz depreminin de gösterdiği gibi oluşumu aktif olarak devam eden bir yapıdır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Erdoğmuş-Yenigediz grabenin tektonik yapıları (Gürboğa 2011-Siyah oklar fay kinematik analizlerini göstermektedir).

Erdoğmuş fayı yaklaşık 12 km uzunluğunda doğu batı uzanımlı az miktarda sağ yanal bileşene sahip normal bir faydır. 1970 Gediz depreminin bu fay üzerinde 50 cm lik yüzey kırıklarının oluşturması bu fayı bölgedeki en önemli faylardan birisi yapmaktadır. Gümele fayı, yaklaşık 6.5 km uzunluğunda KB-GD boyunca sol yanal atıma sahip normal

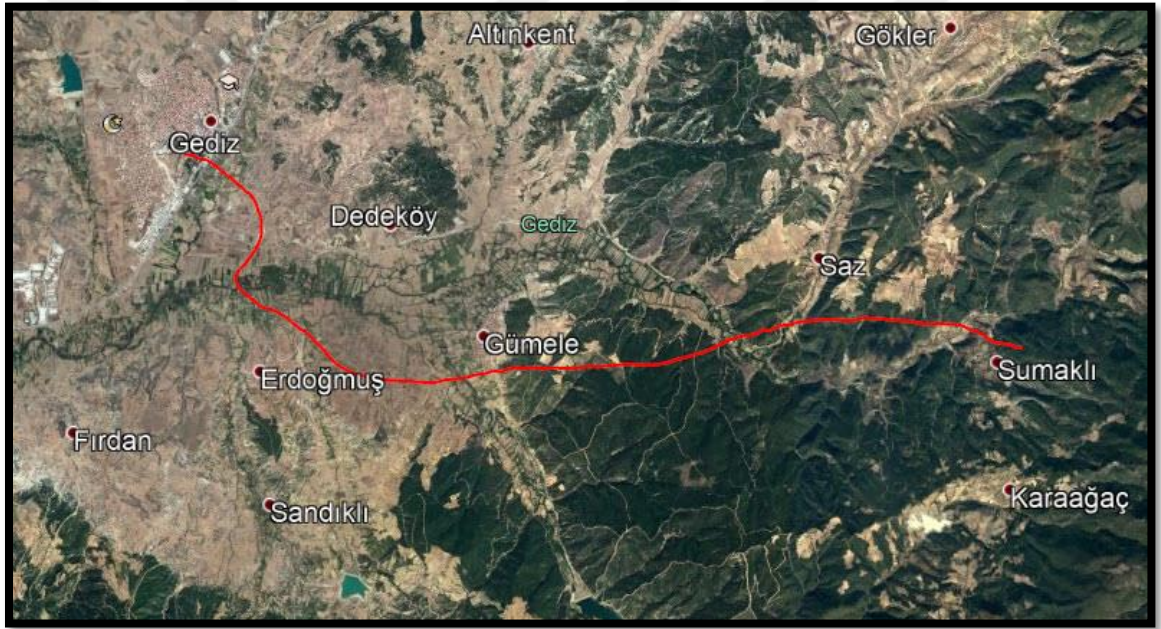
faydır. Çomaklar fayı, 4.5 km uzunluğunda KKD-GGB az miktarda sağ yanal atıma sahip oblik normal faydır. Gediz fayı 7.5 km uzunluğa sahip KKD-GGB uzanımlı sağ yanal atımlı oblik normal bir faydır. Yenigediz fayı 5 km uzunluğunda KKD-GGB uzanımlı sağ yanal atıma sahip oblik normal faydır. Dörtdeğirmen fayı 14 km uzunluğunda DKD-BGB uzanıma sahip az miktarda sağ yanal atıma sahip normal faydır. Abide fayı 5 km uzunluğunda BKB-DGD uzanımlı az miktarda sağ yanal atıma sahip normal bir faydır. Şaphane fay zone ise 1-4 km genişliğinde 36 km uzunluğunda D-B uzantısında normal bir fay sistemidir. Bu zone içindeki önemli faylar biriside şaphane fayıdır. 6 km uzunluğunda ki bu fay D-B dan DKD-BGB uzanımlı bir faydır.



4. ÇALIŞMA ALANI ve YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma bölgesi Batı Anadolu fay kuşağında bulunmaktadır. İncelenen fay Kütahya ili Şumaklı köyünün kuzeyinden başlayıp, Gümele köyünün güneyinden, Erdoğmuş köyünün kuzeyinden geçerek Gediz ilçesinin içinden, ilçenin kuzey doğusuna doğru devam etmektedir (Şekil 4.1). Çalışma alanı Kütahya ili Gediz ilçesini merkez alan yaklaşık 42 km yarıçaplı bir daireyi içermektedir. Çalışma alanı yaklaşık olarak 6000 km² dir.



Şekil 4.1 Fay Genel Görünüm.

4.2 Kurulan GNSS Ağı ve Ölçüleri

Çalışma bölgesinin 2016 yılında istikşafı yapılmıştır. İstikşaf Maden Teknik Arama Kurumu'nun diri fay haritası temel alınarak yapılmıştır. Daha sonra fayı kuzey – güney doğrultusunda dik ve doğu – batı doğrultusunda paralel takip edebilen 15 noktalı bir GNSS ağı tasarlanmıştır. Ağ tasarımı yapılırken bölgede önceden tesis edilmiş olan ve GNSS ölçüleri bulunan pilye ve noktalar aranmış tahrip olmamış olanlar belirlenmiştir. Önceden tesis edilmiş ve ölçüsü bulunan noktaların yetersiz olduğu görülünce yeni

noktaların tesis edilmesi ile ölçü ağı oluşturulmuştur. Yeni noktalar tesis edilirken bölgenin topoğrafik ve jeolojik yapısı dikkate alınarak ölçülebilir, kolay ulaşılabilen ve sağlam zeminde bulunmalarına dikkat edilmiştir. Fayın güneyine doğru gidildikçe arazi yapısının toprak olması ve kayalıklara pek rastlanmaması nedeniyle güneye tesis edilen yeni noktaların tespiti ve tesisi uzun bir zaman almıştır (Şekil 4.2).

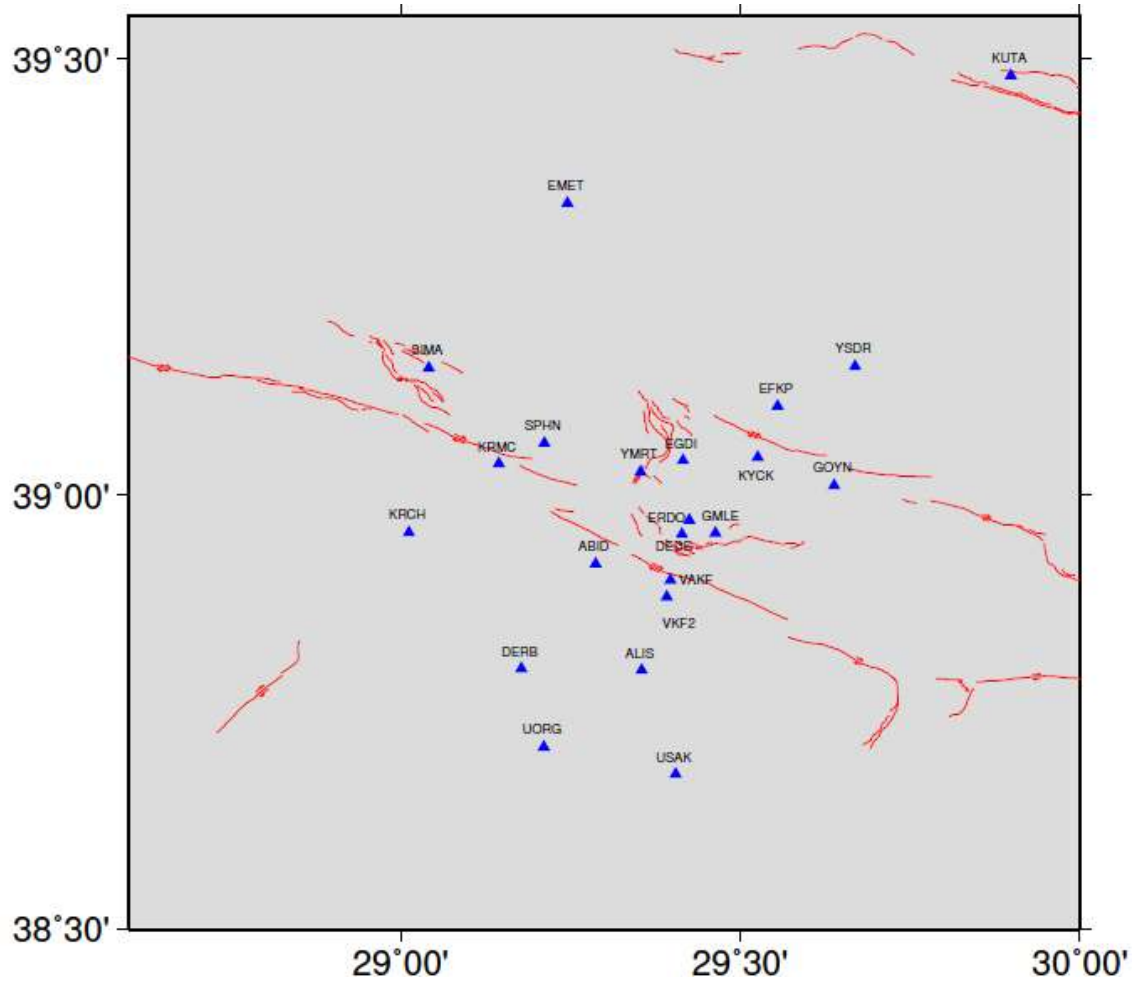


Şekil 4.2 YMRT noktası tesis çalışması.

GNSS ağı 2016 yılından başlanarak 3 ölçü kampanyası ile 2 periyot ölçü alınarak 2018 yılına kadar ölçülmüştür. Tüm GNSS ölçüleri, en az 8 saatlik eş zamanlı olarak 2 gün ölçülmüştür. 2016 yılında 1.kampanya ölçüsü yapıldıktan sonra 2017 yılında 2.kampanya ölçüsünde, fay çevresinde, GNSS ölçüsü bulunan çeşitli kurum ve kuruluşlara ait yeni noktalar bulunarak ağ genişletilmiş ve 22 noktaya ulaşan bu geniş ağ ölçülmeye devam edilmiştir. Son kampanya ölçüsü 2018 yılında yapılmıştır. Yapılan Kampanya tarihleri Çizelge 4.1 de ve genişletilen GNSS ağı Şekil 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 GNSS Ağıının Kampanya Tarihleri.

Kampanya No	Tarih	Ölçülen Nok. Sayısı	Ölçü süresi
1. Kampanya	8-9-10 Haziran 2016	12 nokta	1 gün 12 saat
2. Kampanya	10-11 Haziran 2017	14 nokta	2 gün 12 saat
3. Kampanya	19-20 Mayıs 2018	8 nokta	2 gün 12 saat



Şekil 4.3 Kurulan GNSS ağı.

Kurulan GNSS ağına ait ölçü noktaları Çizelge 4.2 de verilmiştir.

Çizelge 4. 2 GNSS Ağının Ölçü Noktaları.

SIRA NO	NOKTA ADI	GPS NOKTA ADI	ALICI TİPİ	İL	İLÇE	Enlem	Boylam	Tesis Türü
1	Abide	ABID	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.287	38.921	Pilye
2	Alişanlar	ALIS	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.354	38.799	Pilye
3	Dede	DEDE	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.425	38.972	Pilye
4	Derbent	DERB	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.177	38.800	Pilye
5	Efendi Köp.	EFKP	Z-MAX	Kütahya	Merkez	29.554	39.102	Pilye
6	Emet	EMET	Z Xtreme	Kütahya	Emet	29.245	39.335	Zemin
7	Erdoğan	ERDO	Z Xtreme	Kütahya	Gediz	29.414	38.955	Pilye
8	Eski Gediz	EGDZ	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.415	39.040	Zemin
9	Göynük Ören	GOYN	Z-MAX	Kütahya	Merkez	29.638	39.011	Pilye
10	Gümele	GUME	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.463	38.957	Pilye
11	Karacahisar	KRCH	Z Xtreme	Kütahya	Simav	29.012	38.957	Pilye
12	Karamanca	KRMC	Z-MAX	Kütahya	Şaphane	29.144	39.036	Pilye
13	Kayacık	KYCK	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.526	39.043	Zemin
14	Kütahya	KUTA	CORS TR	Kütahya	Merkez	29.898	39.480	Pilye
15	Simav	SIMA	Z Xtreme	Kütahya	Simav	29.041	39.146	Zemin
16	Şaphane	SPHN	Z-MAX	Kütahya	Şaphane	29.211	39.060	Pilye
17	Uşak	USAK	CORS TR	Uşak	Merkez	29.405	38.679	Pilye
18	Uşak	UORG	Z-MAX	Uşak	Uşak	29.211	38.711	Pilye
19	Vakıf	VAKF	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.397	38.902	Zemin
20	Vakıf2	VKF2	Z-MAX	Kütahya	Gediz	29.392	38.88	Pilye
21	Yeşildere	YDSR	Z Xtreme	Kütahya	Simav	29.669	39.148	Pilye
22	Yumrutaş	YMRT	Z Xtreme	Kütahya	Gediz	29.353	39.027	Zemin

Ağ ölçülürken ölçü kampanyalarında faz başlangıç belirsizliklerinin daha hassas modellenebilmesi için GNSS alıcıları 15 sn'lik epoklarla veri kaydı yapılmıştır. Çalışılan bölgede bazı noktaların etrafı sık çalı ve ağaçlarla kaplı olduğundan anten yükseklik açısı 10⁰ olarak ayarlanmıştır. Merkezleştirme hatasını azaltabilmek için ölçü noktalarının çoğunluğu pilye tesisi olarak seçilmiştir. Zemin noktalarının ölçümünde ise alet sehpa kullanılmıştır. Ağın ölçülmesi sırasında yapılan kampanyalara ait GNSS ölçü çizelgesi çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4. 3 GNSS Ölçü Zaman Çizelgesi.

SIRA NO	NOKTA ADI	İLÇE	Eski	2016	2017	2018
1	ABID	Abide	X	X	X	
2	ALIS	Alişanlar	X		X	
3	DEDE	Dede		X	X	X
4	DERB	Derbent	X		X	
5	EFKP	Efendi Köprüsü	X		X	
6	EGDZ	Eski Gediz	X	X	X	
7	EMET	Emet	X	X		
8	ERDO	Erdoğan		X	X	X
9	GMLE	Gümele	X	X		
10	GOYN	Göynük	X		X	
11	KRCH	Karacahisar		X	X	X
12	KRMC	Karamanca		X	X	X
13	KUTA	CORS TR	X	X	X	X
14	KYCK	Kayacık		X	X	X
15	SIMA	Simav	X	X		X
16	SPHN	Şaphane		X	X	X
17	UORG	Uşak Organizsanayi	X		X	
18	USAK	CORS TR	X	X	X	X
19	VAKF	Vakıf		X	X	X
20	VKF2	Vakıf2	X	X		
21	YMRT	Yumrutaş		X	X	X
22	YSDR	Yeşildere	X		X	

4.3 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi ve Nokta Hızlarının Hesaplanması

Bu çalışmada Massachussets Teknoloji Entitüsü (MIT) tarafından geliştirilip, açık kodlu olarak yazılmış GAMIT/GLOBK programları kullanılmıştır. GAMIT yer istasyonlarının yaklaşık üç boyutlu koordinatlarını, uydu yörüngelerini, atmosferik zenit gecikmelerini, yer yönelim parametrelerini bulmak için faz verilerini işleyen bir programlar topluluğudur. GLOBK ise ana amacı GPS, VLBI ve SLR ölçmeleri gibi çeşitli jeodezik çözümleri birleştiren bir Kalman filtresidir (İnt.Kayn.4).



Şekil 4.4 Karamanca (A), Karaca Hisar (B), Eski Gediz (C), Vakıf (D) noktaları.

GAMIT yazılımı herhangi bir ticari kuruluşa hizmet vermek için yazılmadığından GNSS ham verilerinin işlenmesi sırasında, uluslararası format olan Rinex (Receiver Independent Exchange Format)’i kullanır. Rinex ASCII dosya tipinde üç dosyadan oluşur. Bu dosyalar gözlem veri dosyası, navigasyon mesajı dosyası ve meteorolojik veri dosyasıdır (İnt.Kayn.6). Bütün marka ve modeldeki GNSS alıcılarının, çeşitli formatlarda kaydettiği veri dosyaları bir dönüştürücü program kullanılarak Rinex formatına rahatlıkla dönüştürülebilmektedir. Bu çalışmadaki GNSS alıcılarının kaydettiği dosyalar “ GNSS Solution” ve “TEQC” programı kullanılarak Rinex formatına dönüştürülmüştür.

4.3.1 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Rinex formatındaki ham verilerin GAMIT programında değerlendirilmesi işlemleri hazırlık, değerlendirme, kontrol ve sonuç olmak üzere üç temel aşamaya bölünebilir.

4.3.1.1 Hazırlık Aşaması

Bilgisayarın hard diskinde uygun bir yere ismi yalnızca dört karakterden oluşan bir klasör açılır. Bu açılacak olan klasör bütün girdi ve çıktı dosyalarını barındıracak olan ana klasördür. Örneğin “GEDZ” gibi. Bu ana klasör içerisine Ölçülerin yapıldığı yıllara ait yıl klasörleri açılır. Her bir yıl klasörünün içerisine de Rinex adında bir klasör daha açılır. Bu Rinex klasörü ilgili yıla ait Rinex formatındaki ham veri dosyasını içerecektir. GAMIT programında Rinex klasörleri içerisindeki dosya isimleri eğer büyük harf kullanılarak yazılmışsa bunların kesinlikle küçük harflere çevrilmesi gerekir. Bu hataya sebep olan önemli bir husustur. Yıl klasörünün içerisinde olması gereken bir diğer klasörde “Table” klasörüdür. Bu klasör içersin de GAMIT programının GNSS verilerini değerlendirirken gereksinin duyduğu bütün dosyaları içerir. Table klasörü içerisindeki bazı dosyalar ve özellikleri şöyledir (Herring *et al.* 2009);

- 1) “antmod.dat” bu dosyada dünyadaki bütün GPS antenlerine ait veri bilgileri yer almaktadır. Antenle ilgili bir sıkıntı yaşanması halinde buradaki dosyanın içine bakılması uygun olur.
- 2) “leap.sec” bu dosya atom saatiyle ilgili verileri barındırır.
- 3) “lunatab.x (lunar table)” bu dosya ayın çekim kuvvetinden kaynaklı gel git hesaplarının yapılmasını sağlayan veriler bu dosyada yer almaktadır.
- 4) “soltab.x (solar table)” güneş patlamalarından kaynaklı hataların hesaplanmasını sağlayan veriler bu dosya içinde yer alır.
- 5) “station.info” bizim için en önemli dosyalardan biri bu dosyadır. Bu dosya içerisinde tüm IGS istasyonlarının
 - a) Anten modelleri
 - b) İGS istasyonları
 - c) Ölçü süreleri
 - d) Alıcı modelleri yer almaktadır.

- 6) “sites. Defaults” bu dosyada değerlendirmede kullanmak istediğimiz IGS noktalarını GAMIT programına bildiririz ve GAMIT IGS için tanımlı dört siteden nokta ile ilgili verileri alır ve çalışma klasörünün içindeki “Rinex” klasörünün içine atar.
- 7) “process.default” burada GAMIT için gerekli donanımsal özellikler yanında sonuçların istenildiği şekilde bir mail adresinde göndermesi ayarlanabilir.
- 8) “sestbl” bu dosya GAMITin hesaplama řekillerine ve ayarlarına müdahale edebilecek verileri ihtiva eder.

Bu tez çalışmasında da yukarıdaki hazırlık adımları aynen takip edilerek station.info, process.defaults, site.defaults dosyalarında gerekli olan düzenleme ve eklemeler yapılmıştır. station.info dosyasında stabilizasyon ve tekrarlılık için kullanılacak IGS istasyonları girilmiştir (şekil 4.5). Bu IGS istasyonları izelge 4.4 de verilmiştir.

Çizelge 4. 4 Station.info dosyasında kullanılan IGS istasyonları.

Nokta Adı	lke	řehir	Nokta Adı	lke	řehir
ADIS	Ethiopia	Adis Ababa	LAUG	Lübnan	Lebanese
ANKR	Türkiye	Ankara	MATE	İtalya	Basılıcata
BAKU	Azerbaycan	Bak	NICO	Kıbrıs	Lefkoře
BOR1	Polonya	Wielkopolska	NOT1	İtalya	Sicilya
BUCU	Romanya	Bükreř	ONSA	İsveç	Onsala
CRAO	Ukrayna	Simeiz	POLV	Ukrayna	Poltava
DRAG	İsrail	Metzoki	POTS	Almanaya	Brandenburg
GLSV	Ukrayna	Kiev	RAMO	İsrail	Ramon
GRAS	Fransa	Maritimes	SOFI	Bulgaristan	Sofya
GRAZ	Avusturya	Graz	TEHN	İran	Tahran
ISTA	Türkiye	İstanbul	TELA	İsrail	Telaviv
KOSG	Hollanda	Kootwijk	VILL	İspanya	Madrid
KUWT	Kuveyt	Kuveyt	ZECK	Rusya	Zelenchuiskaya

Station ID	Name	Location	Year	Lat	Long	Elev	Antenna	Receiver	Program	Notes
1.64	ANKR	Ankara / Turkey	1995	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
3.00	T344	ANKR	1996	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
3.20	T318	ANKR	1996	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
3.20	T319	ANKR	1996	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
3.20	T394	ANKR	1996	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
3.20	T398U	ANKR	1996	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
3.20	T313U	ANKR	1996	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
2.60	AFUY1RUP015	ANK1	1991	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
1.64	ANKT	ANKR	1991	39.172	32.800	0.000	0.0600	DHPAB	0.0000	0.0000
1.64	ANNA	Anna Bay	2012	14.900	00.000	0.000	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000
4.48	ANP1	Annapolis 1	2001	17.000	00.000	0.000	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000
9.50	ANP2	Annapolis 2	2001	17.000	00.000	0.000	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000
9.50	ANTC	Antuco	2002	00.100	01.000	0.000	0.0000	DHPAB	0.0000	0.0000

Şekil 4.5 Station.info dosyasının bir bölümü.

process.default dosyasında “SYSTEM-DEPENDENT SETTINGS” altında bulunan mail adresi düzeltilerek yenilenmiştir. Bu dosya üzerinde başka bir işlem yapılmamıştır.

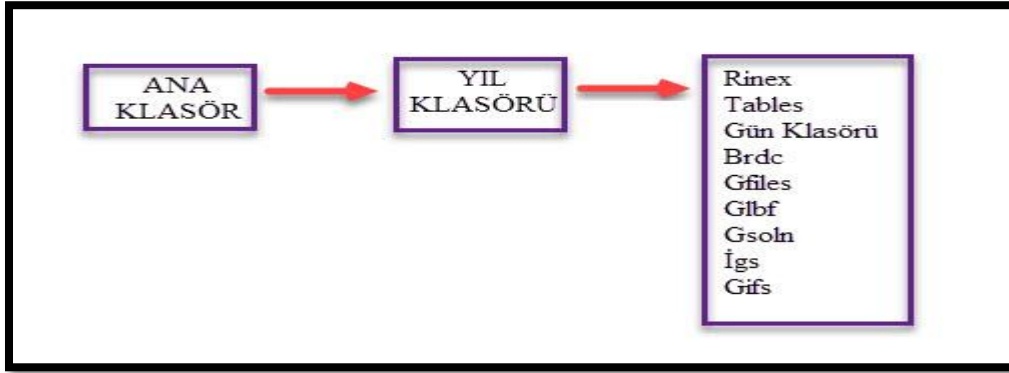
process.default dosyası hazırlandıktan sonra sestbl dosyası hazırlanmıştır. Sestbl dosyasında yapılan donanımsal ve çözüm stratejisi aşağıda verilmiştir.

Veri toplama aralığı 15 sn. uydu yükseklik açısı 10° , yörünge bilgisi IGS-F, anten faz merkezi bilgisi yüksekliğe bağlı model (IGS05_1552_plus.atx), yer dönme parametre bilgisi USNO_bull_b, çözüm için iterasyon sayısı dört, kullanılan troposfer model Sastamoinen öncül standart modele dayalı olarak 2 saat aralıklı, taşıyıcı dalga faz belirsizliği çözümü İyonosferden Bağımsız (Ionosphere-free) olarak girilmiştir.

4.3.1.2 Değerlendirme Aşaması

GAMIT programında bütün hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra sıra değerlendirme aşamasına gelir. GAMIT programında değerlendirme işlemi manuel olarak ya da otomatik olarak 2 şekilde yapılabilir. Bu tez çalışmasında “Sh_GAMIT” komutu çalıştırılarak değerlendirme işlemi otomatik olarak yapılmıştır. Komut girildikten sonra programdan herhangi bir hata mesajı alınmamıştır. “Sh_GAMIT” komutu çalıştırıldıktan sonra ana klasörün içindeki yıl klasörlerinin her birinin içinde ölçü yılına ait gün

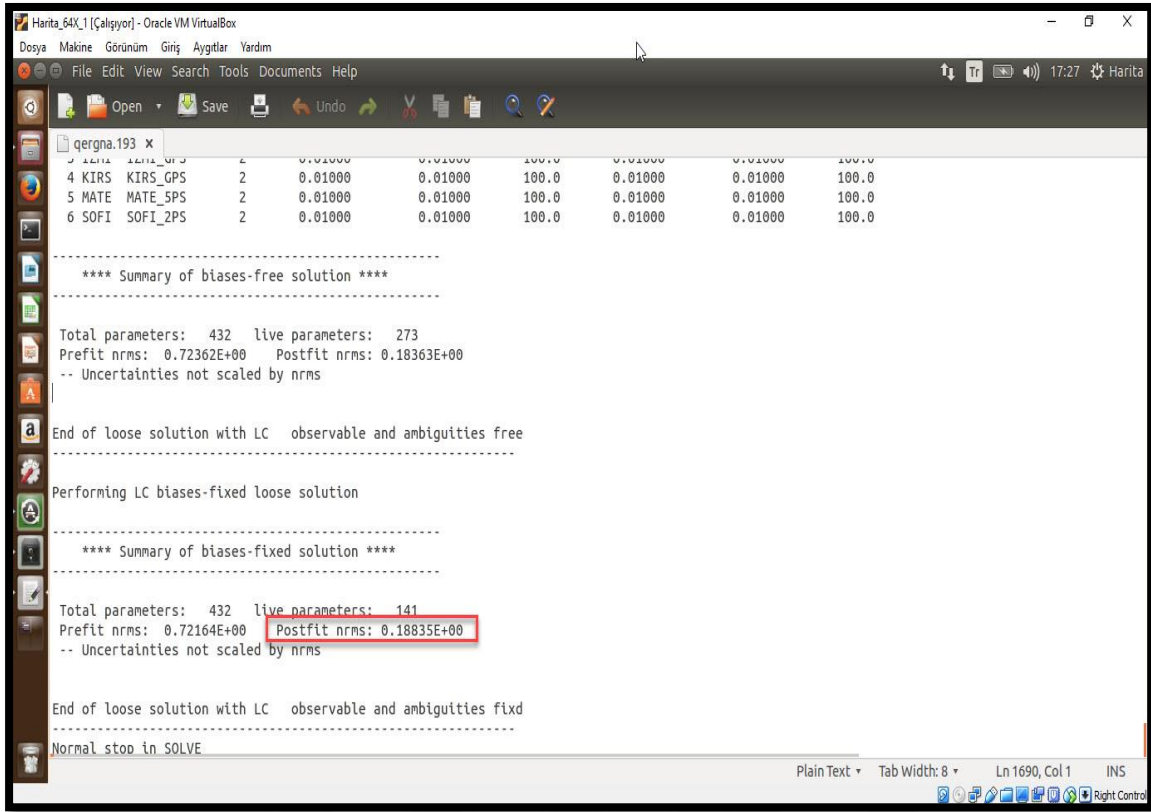
klasörleri, Brdc klasörü, Gfiles klasörü, Gsoln klasörü, gifs klasörü, glb klasörü ve igs klasörü oluşur (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 GAMIT klasör yapısı.

4.3.1.3 Kontrol ve Sonuç Aşaması

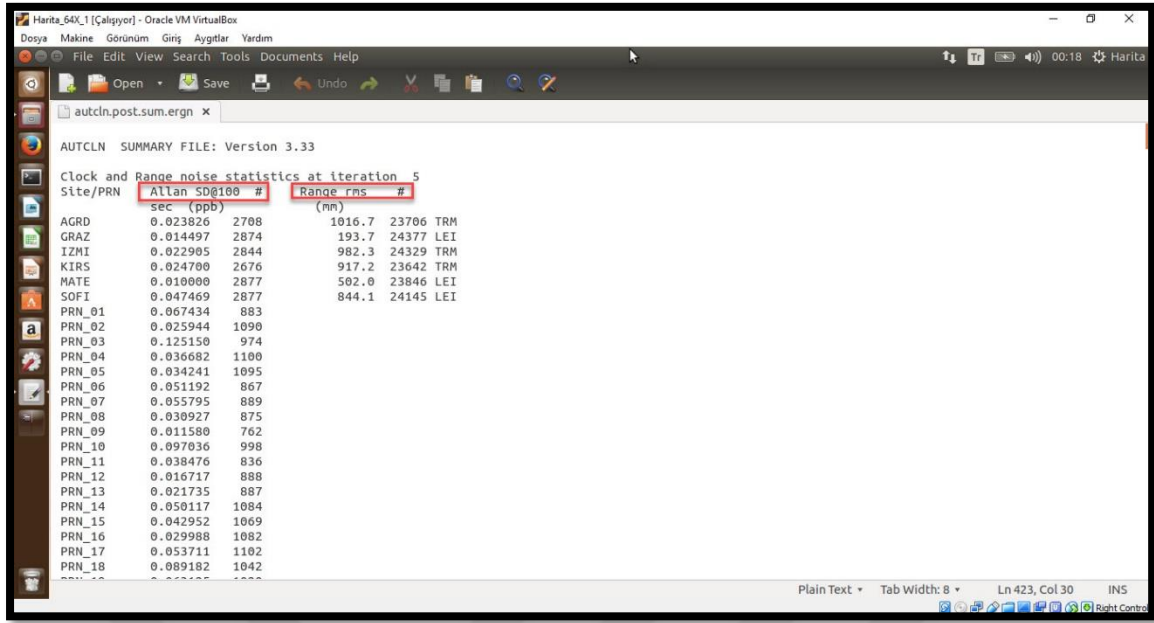
GAMIT programında “Sh_GAMIT” değerlendirme komutu çalıştırıldıktan sonra yıl klasörünün içerisinde açılan gün klasörlerinin içinde çeşitli sonuç dosyaları oluşur. Bu oluşan sonuç dosyalarının hatalı olup olmadıklarının denetiminin yapılması gerekir. Kontrol işlemi için bakılması gereken dosyalardan biri gün klasörü içerisinde oluşan “qxxxxa.ddd” dosyasıdır. Burada belirtilen q dosyasının ismi, GAMIT programının genel isim oluşturma formasyonu ile verilmektedir. Bu formasyonda “xxxx” yazan yer ana klasörün adını başka bir deyişle proje adını, “ddd” yazan yerde ölçüm yılının hangi gününe ait olduğu belirtmektedir. Örneğin “qGEDZa.236” dosyasının proje adı GEDZ, ölçüm yılındaki günü 236 dır. Oluşan q dosyasının içi açılarak en son satıra inilir. Burada bulunan postfit.nrms değerine bakılır (Şekil 4.7). Buradaki normlandırılmış karesel ortalama hata (nrms – Normalized Root Mean Square) değeri 0.15 den büyük 0.25 den küçük olmalıdır. Eğer nrms değeri bu değerler arasında ise kurulan modelin doğrudur ve ölçülerin noise seviyeleri kabul edilebilirdir. Ayrıca q dosyasının içerisinde istasyon koordinatları, yer dönüşüm parametreleri ve uydu bilgileri sınırlamaları bulunur (Herring *et al.* 2009, Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012).



Şekil 4.7 Örnek q dosyasındaki postfit nrms değeri.

Kontrol için bakılacak bir diğer dosyada “autcln.post.sum.xxxx” dosyasıdır (Şekil 4.8). Bu dosya isminde yer alan “xxxx” daha önce anlatıldığı gibi proje adı anlamına gelmektedir. Bu dosyada yapılacak kontrollerden biri Allan SD@100 değerinin kontrolüdür. Bu değer her GNSS ile ölçümü yapılan nokta için bu değer 50 ppb değerinden küçük olması gerekir. Bu değer olması gerekenden yüksek olması durumunda faz ölçüsünün kötü olduğu anlaşılır (Herring *et al.* 2009).

Bu dosya üzerindeki diğer bir kontrolde, ölçüm yapılan noktalara ait, range.rms değerleridir. P kod bozucu etki altında değilse bu değer metre altında olması beklenir. Eğer p kod bozucu etki altında ise bu değer 1000–2000 mm arasında olmalıdır (Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012). Eğer bir ölçü noktasında, bozucu etki altındaki ve bozucu etki dışındaki değerlerden başka değerler mevcutsa GAMIT bu ölçü noktasını hesaplamalara dahil etmez. “autcln.post.sum.xxxx” dosyasının içindeki bakılması gereken değerlerden biride one- way post-fit istatistikleridir. Bu değerler normalde 4–8 mm olmalıdır. Fakat normalden fazla sinyal yansıması olduğunda değerler 9–13 mm arasında da olabilir.

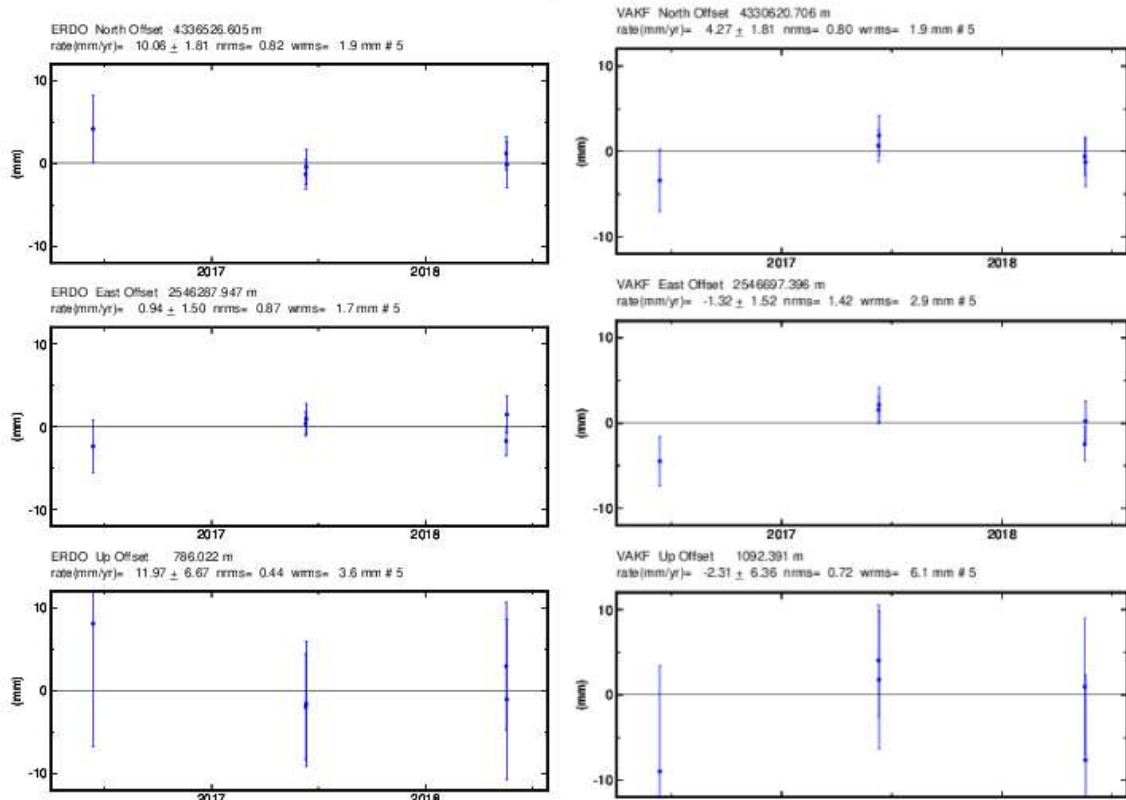


Şekil 4.8 “autcln.post.sum.xxxx” dosyası örneği.

4.3.2 GAMIT Sonuçlarının GLOBK’ de Değerlendirilmesi

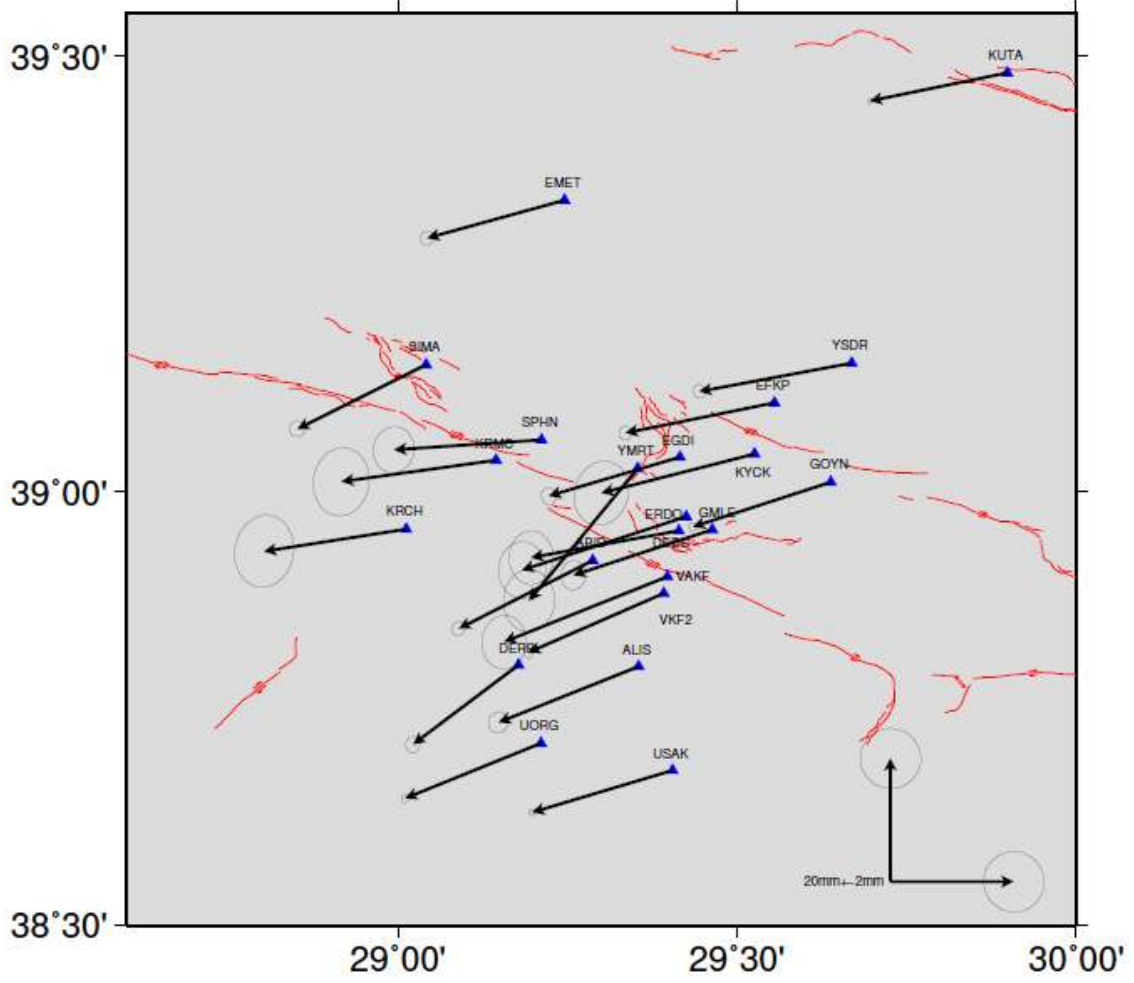
Bilindiği gibi yeryüzü çok parçalı bir plaka sisteminden oluşmaktadır. Bu plakaların zaman zaman bir birlerinden uzaklaştıkları zaman zamanda bir birlerine yaklaşarak çarpıştıkları bilinmektedir. Yani başka bir deyişle yeryüzü her saat ve her an dinamik bir hareketin etkisi altındadır. Bu hareket depremlerin oluşmasındaki ana unsurlardan biridir. Özellikle yeryüzünün yapısını ve depremleri inceleyen jeoloji bilimi ile konum belirleme ve konumlandırma yapan harita biliminde bu hareketin yönünün ve hızının bilinmesi hayati bir öneme sahiptir. Her iki bilim dalında bu hareketin yönü ve hızı belirlenip modellendikten sonra ancak hesaplamaların ve ölçümlerin sonuçları anlamlı ve doğru bir şekilde değerlendirilip yorumlana bilmektedir. Bu çalışmada kullanılan GLOBK programı da yukarıda bahsedilen plaka hareketlerinin modellenmesinde ve nokta konum değişikliklerine bağlı zaman serilerinin üretiminde kullanılan bir Kalman Filtrelemesidir. Kalman Filtresi basit olarak elde var olan verileri değerlendirip bir model kurar ve bu kurduğu bu modele göre gelecekteki verilerin ne olacağını tahmin eder. Eldeki veri miktarı ne kadar artarsa tahmindeki kesinlikte o oranda artar (Dong *et al.* 1998).

GLOBK programında tektonik hareketlerin gözlemlenmesini sağlayacak uzun dönem zaman serilerine (Yıllık Tekrarlılık) ihtiyaç vardır. Ölçüm ağına ait noktaların uzun dönem zaman serilerine ait grafikler GLOBK programında üretilerek noktalar tektonik açıdan değerlendirilir. Tez çalışması için yapılan gün çözümlerinden elde edilen ERDO ve VAKF noktalarının günlük tekrarlılık grafikleri Şekil 4.9 da verilmiştir.



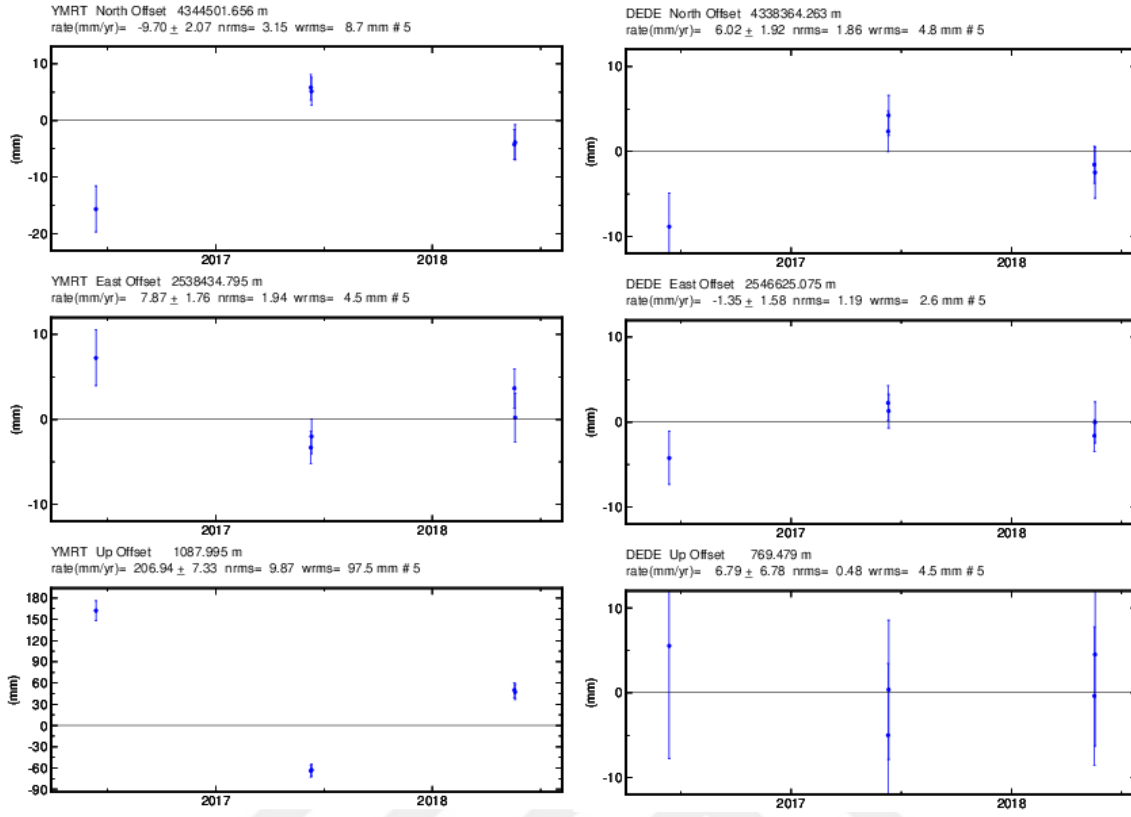
Şekil 4.9 ERDO ve VAKF noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri.

GLOBK aşamasının en önemli bölümü stabilizasyon çalışmasıdır. Global stabilizasyonda GAMIT adımıyla değerlendirmeye katılan IGS istasyonlarından uygun olanları stabilizasyon işlemi için kullanılmalıdır. Bu nedenle GAMIT adımıyla kullanılan ve çizelge 4.4 de verilen IGS istasyonlarından 26 istasyon kullanılmıştır. GLOBK stabilizasyon sonrası hesaplanan hız değerlerinin post RMS değerleri 1 mm/yıl altında, Avrasya plakası için 0.50 mm/yıl olarak elde edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu Avrasya sabit olarak elde edilen hızlar şekil 4.10 da verilmiştir.



Şekil 4.10 Avrasya sabit hız alanı.

Şekil 4.10'da SPHN, KRCH, KRMK, KYCK, ERDO noktalarının hata elipslerinin (1-2 mm) daha büyük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, bu noktalarda sadece 2 periyot 3 kampanya (2016-2017-2018) ölçü yapılmasıdır. Gelecek yıllarda yapılacak ölçülerle hataların küçüleceği düşünülmektedir. Şekil 4.10 incelendiğinde YMRT ve DEDE noktalarının bölge ile uyumlu hareket etmediği görülmüştür. Bu noktaların yıllık zaman serileri incelendiğinde 2016 yılında merkezlendirme hatasının yapıldığı görülmektedir. SIMA noktası incelendiğinde yine bölge ile uyumsuz olarak hareket ettiği görülmüştür. Bunun nedeninin SIMA istasyonunun ilk ölçüsün 2011 depreminden önce olması ve bu noktanın depremden etkilenmiş olacağı düşüncesidir.



Şekil 4.11 YMRT ve DEDE zaman serileri.

Yukarıda anlatılan sebeplerden dolayı sonraki adımlarda bu noktalar kullanılmayacaktır.

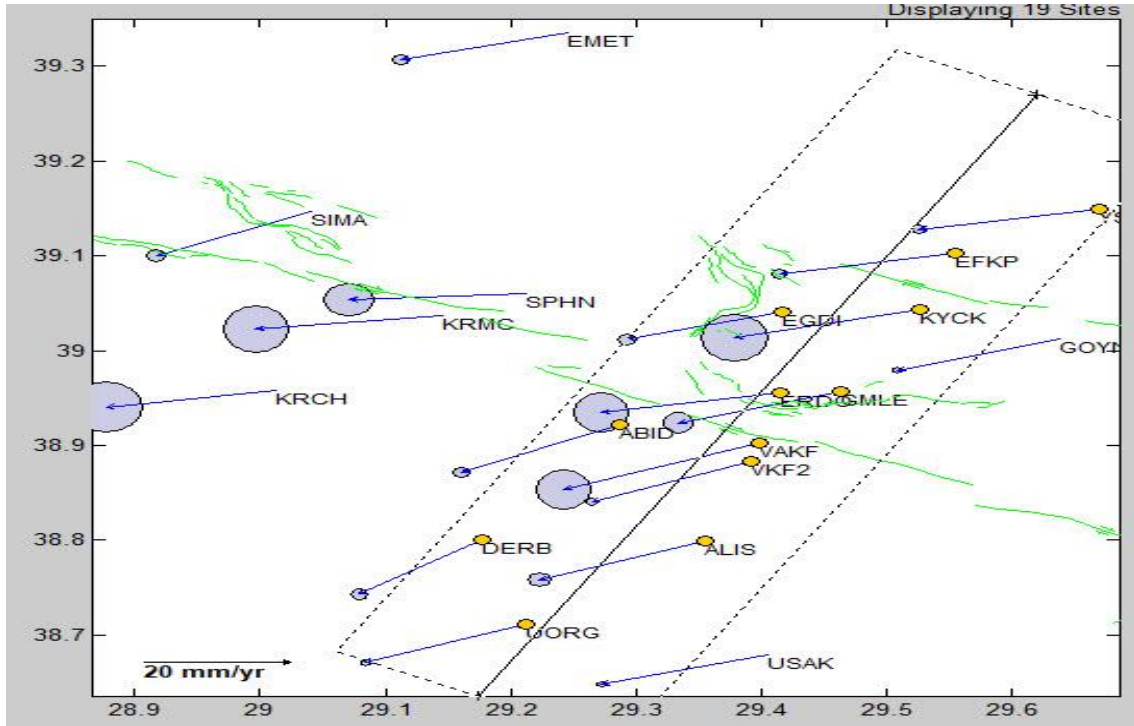
4.3.3 Faya Ait Elastik Atım Grafiklerinin Çizdirilmesi

Çalışmada kullanılan Gediz fayı Maden Teknik Arama Kurumu’nun diri fay haritasına göre doğrultu atımlı bir faydır. Bu sebeple fayın kabuk hareketlerinin izlenebilmesinde elastik atım modelinin kullanılması gerekir. Bu tez çalışmasında Gediz fayına ait elastik atım profili “Velview” programı kullanılarak çıkarılmıştır. Velview programı açık kodlu bir Matlab uygulamasıdır. GLOBK programı tarafından oluşturulan hız dosyalarını kullanılmıştır.

Velview programında profil oluşturma işlemi şu şekilde yapılmıştır.

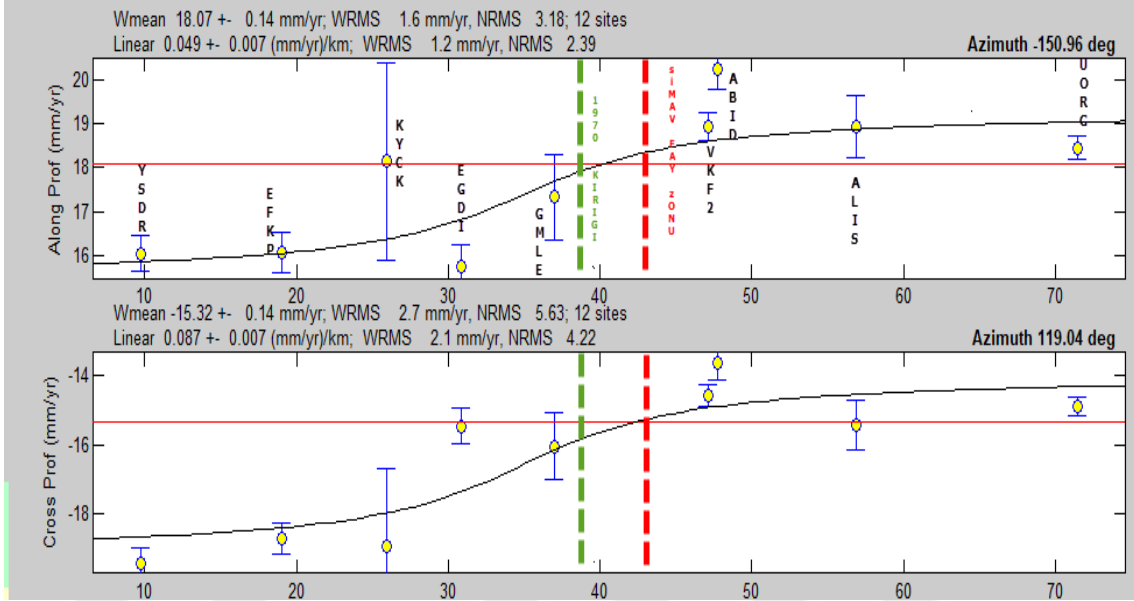
Velview programının olduğu klasörün içine org uzantılı GLOBK programının hız dosyası kopyalanmıştır. velview.m Matlab uygulaması çalıştırıldıktan sonra “primary velocity field” birincil hız alanı olarak org uzantılı GLOBK hız dosyanın adı uzantısında içerecek şekilde yazılmış ve “load” ile dosya yüklenmiştir (Şekil 4.12).

Yukarıdaki işlem yapıldığında ekrana GLOBK programından elde edilen hız vektörleri ve bunlara ait hata elipsleri belirecektir. Bu aşamadan sonra sıra faya dik profillerin seçim işlemi yapılmıştır. Velview penceresinde solda aşağıda bulunan “profile” sekmesine tıklanarak profil doğrultusu farenin sol tuşuna basılarak bırakılmadan profil seçimine başlanmıştır. Farenin sol tuşu bırakıldığında profilin doğrultusu belirlenmiş olur. Daha sonra profilin son noktasında farenin sol tuşuna tekrar tıklanarak profilin genişliği bölgedeki noktaları kapsayacak şekilde belirlenmiştir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Faya dik alınan profil.

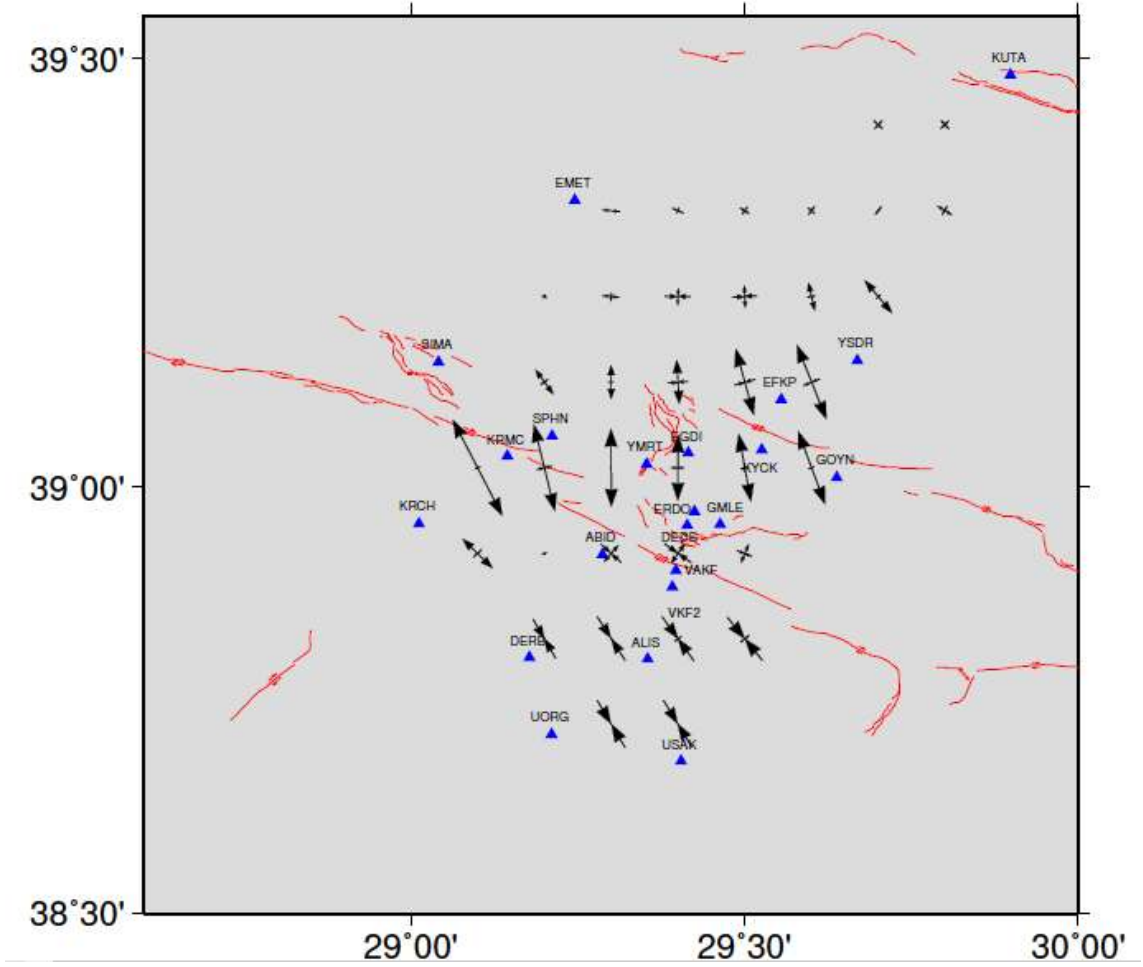
Profil boyunca ve profile hızların elde edilebilmesi için bölüm 3 de anlatılan Okada 1985 formülleri kullanılmıştır. Bölgenin elastik kabuk derinliği 7-11 km arasında değişmektedir (Tiryakioğlu 2012). Fay kitlenme derinliği olarak ortalama elastik kabuk derinliği olan ve bölge 2011 yılında meydana gelen Simav depreminin odak derinliği 8 km alınmış ve elastik atım grafikleri çizilmiştir.



Şekil 4.13 Elastik Atım Modeli.

4.3.4 Yamulma Analizi

Bölgedeki yamulma alanlarını hesaplamak için yamulma analizi yapılmıştır. Bu tez çalışmasında yamulma analizi Geodsuid yazılımı ile yapılmıştır. Programın temel girdileri elde edilen hızlar ve hızlara ait karesel ortalama hatalardır. Geodsuit yazılımı matematiksel algoritması Bölüm 3’de verilmiştir. Bu çalışmada 2 boyutlu yamulma analizi yapılmıştır. Bunun temel sebebi GNSS teknolojisinin henüz üçüncü boyutta istenilen doğruluğu vermemesidir. Çalışma bölgesi 0.1 x 0.1 derecelik gridlere ayrılarak her grid köşesine ilişkin yamulma alanları hesaplanmıştır. Elde edilen yamulma alanları Şekil 4.14’de gösterilmektedir.



Şekil 4.14 Yamulma alanı.

Yamulma alanı incelendiğinde genel anlamda bölgede bir açılma rejiminin hakim olduğu görülmektedir. Özellikle Çukurören fayı ile Simav fay zonunun Abide segmenti arasında kalan alanda ki büyük açılma değerleri görülmektedir. Ayrıca bölgenin güneyinde yer alan sıkışma rejimide dikkat çekmektedir.

Bölgede yapılan en kapsamlı jeolojik çalışma olan Gürboğa 2011 hesaplanan fay kinematik analiz verileri ile hesaplanan yamulma alanları karşılaştırılmıştır (Şekil 4.15).

Şekil 4.15 incelendiğinde Erdoğan fayı civarına düşen yamulma büyüklüklerinde baskın olarak K-G açılma ve az olarak D-B yönünde sıkışma görülmektedir. Bu sonuç Gürboğa 2011'de de belirtilmiş olan sağ yanal bileşene sahip normal bir fayın göstergesidir.

Gümele Fayında bulunan fay kinematik analiz verilerine göre yaklaşık DKD- BGB açılmaları yamulma analizi ile genel olarak uyum içinde olduğu söylenebilir. Bu bölgedeki yamulma analizlerinde KD-GB açılmanın yanı sıra baskın olarak KB-GD sıkışma da görülmektedir. Bu sonucun farklılığındaki ana sebebin yamulma analizi sonuçlarının Güneyinde bulunan Simav Fayı'nın sağ yanal atımlı Abide segmentinin de izlerini taşımasıdır.

Eski Gediz Fayı'ndan elde edilen fay kinematik analiz verilerine göre KKD-GGB açılmaların yamulma analizleri ile uyum içinde olduğu hatta fayın sağ yanal atım bileşeni yamulma analizlerinde de görülmektedir.

Abide Bölgesi'ndeki fay kinematik çözümlerinde KD-GB açılmalar görülmektedir. Yamulma analizlerinde bu açılımlara ek olarak sağ yanal atımlı fayın kinematik özelliğini de yansıtan KB-GD sıkışmalar görülmektedir.

Bölgenin kuzeyinde bulunan Akçaalan Akkaya fay kinematik çözümlerinin yine yamulma alanları ile uyumu dikkat çekmektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışma alanındaki hız ve yamulma alanını belirlemek için geçmiş yıllarda yapılan çalışmaların noktalarını da kapsayan 20 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. 2016 -2018 yıllarında GNSS ölçüleri yapılmıştır. Bölgede 2008 yılında kurulan 2 tane TUSAGA-Aktif istasyonu da bu ağa dahil edilerek 22 noktaya sahip ağ oluşturulmuştur. Ölçüler GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiştir.

Elde edilen hız alanı (Şekil 4.10) incelendiğinde çalışma bölgesinin Avrasya referans sistemine göre yıllık 20–25 mm’lik hızla batı-güneybatı yönlerine doğru hareket etmiştir. Bu sonuçlar bölgede yapılan diğer çalışmalarla uyum içinde olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.10’da SPHN, KRCH, KRMC, KYCK, ERDO noktalarının hata elipslerinin (1-2 mm) daha büyük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, bu noktalarda sadece 2 periyot 3 kampanya (2016-2017-2018) ölçü yapılmasıdır. Gelecek yıllarda yapılacak ölçülerle hataların küçüleceği düşünülmektedir. Şekil 4.10 incelendiğinde YMRT ve DEDE noktalarının bölge ile uyumlu hareket etmediği görülmüştür. Bu noktaların yıllık zaman serileri incelendiğinde 2016 yılında merkezlendirme hatasının yapıldığı görülmektedir. SIMA noktası incelendiğinde yine bölge ile uyumsuz olarak hareket ettiği görülmüştür. Bunun nedeninin SIMA istasyonunun ilk ölçüsün 2011 depreminden önce olması ve bu noktanın depremden etkilenmiş olacağı düşüncesidir. Faylara dik olarak çizilen profillerde elastik atım teorisi uygulanmıştır. Yine Şekil 4.13 incelendiğinde MTA fay harita üzerinde gösterilen 1970 Gediz depremi yüzey kırığı ile Simav fay zone olarak gösterilen sağ yanal atımlı fayın üzerinde yaklaşık 4 mm’lik bir birikim olduğu görülmektedir. Profiller incelendiğinde hem fay boyunca hemde faya dik bir birikimin olması bölgede yanal atımlı fayların dışında normal faylarında olduğu karmaşık bir yapı görülmektedir.

Şekil 4.14’de ki yamulma alanı incelendiğinde bölgenin neotektonik dönemi anlatan bir durum söz konusudur. Bölgenin güneyinde bir KB-GD bir sıkışma alanı olduğu görülmektedir. VAKF-ERDO ve ABID-YMRT noktaları arasında ise KD-GB açılma KB-GD sıkışma rejiminin baskın olduğu görülmüştür. Bu durum bölgede yanal atımlı

fayların olduğuna işaret etmektedir. MTA 2012 güncel fay haritasına bakıldığında bölgede Simav Fayının sağ yanal atımlı abide segmentinin olduğu görülmektedir. EGDI-KYCK-GOYN bölgesinde ise K-G yönlü açılmalar mevcuttur. Bu bölge Gürboğa 2011 de tanımlanan Erdoğan-Yenigediz grabenin tam orta kısmıdır. Bölgenin kuzey kısmı incelendiğinde ise (EFKP-KYCK-GOYN) KB-GD baskın açılma ile KD-GB hafif sıkışma bileşenleri görülmektedir. Bu yamulma alanları bölgede yanal atımlı fayların aktif olduğunu göstermektedir. MTA 2012 fay haritası da bu bölgede yanal atımlı Çukurören fayı gösterilmektedir. Buradaki noktaların Çukurören fayının hareketlerini yansıttığı görülmektedir. Yamulma alanları ile jeolojik çalışmalarda elde edilen fay kinematik çözümleri arasında büyük uyum olduğu görülmektedir.

Genel olarak bölgede en büyük yamulmaların Erdoğan-Yenigediz grabeni boyunca olduğu görülmektedir. 1970 Büyük Gediz depremi olarak bilinen depremden günümüze kadar fayda herhangi bir deprem meydana gelmemesi (48 yıl geçmesine rağmen fayın suskunluğunu koruması) ve yamulmaların maksimum olması nedeniyle yakın gelecekte bu bölgede deprem olma potansiyelinin büyük olduğunu göstermektedir.

Tez çalışması sonucunda elde edilen bilgiler ışığında tektonik amaçlı yapılacak GNSS ölçmelerinde dikkat edilmesi gereken hususlar ve bölgenin tektoniği ile ilgili öneriler aşağıda sıralanmıştır.

- Yapılan çalışmalar sonucunda zorunlu merkezleştirme olan pilye tesislerinde yapılan ölçülerin zemin tesislerinde alet sehpasıyla yapılan ölçülerden daha stabil olduğu görülmüştür.
- Yapılacak GNSS ölçülerinde mutlaka geçmişte ölçülere sahip noktaların kullanılması zaman para ve ölçü doğruluğu açısından önemlidir.
- Bölgeye daha fazla sayıda sabit GNSS istasyonu kurulması gerekmektedir.
- Yamulma alanları fazla olan Gediz sismik tehlikenin olmasından dolayı bölgelerde ki ilgili kurumların olası depremlere karşı önlem almaları konusunda bilgilendirilmelidir.
- Bölgede kurulan GNSS noktaların sonuçlarının iyileştirilmesi için GNSS ölçülerine devam edilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Aktuğ, B., ve Kılıçoğlu, A., (2006). “Recent Crustal Deformation of İzmir, Western Anatolia And Surrounding Regions as Deduced from Repeated GPS Measurements and Strain Field”, *Journal of Geodynamics*, **41**(5):471-484.
- Aktuğ, B., Lenk, O. (2010). Yeni Gelişmeler Işığında Ağ Hiyerarşisi, Ölçü Süreleri ve Duyarlık Ölçütlerinin İncelenmesi, *Harita Dergisi*, **144**: 40-50.
- Aktuğ, B., Özener, H., Doğru, A., Turgut, B., Halıcıoğlu, K., Sabuncu, A., Yılmaz, O., Havazlı, E. (2010). Doğu Anadolu Fay Sistemi Kayma Hızları ve Deprem Potansiyelinin Jeodezik Yöntemlerle Belirlenmesi.
- Altıntaş, F. (2014). Gümüşhane – Trabzon Hattı Boyunca Yerkabuğu Hareketlerinin Gnss Verileri İle İzlenmesi, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Gümüşhane.
- Arslan, A. (2004). Analysis Of Strain Accumulation Of The Faulting Zones By The Help Of Continuous Gps Stations, Submitted to the Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Geodesy İstanbul.
- Bakioğlu, M., Kadioğlu, N., Engin, H., 2001, “ Mukavemet Problemleri Cilt I”, Beta Basım.
- Baysal, D., Aktuğ, B., Koçyiğit, A. (2010). GPS Nokta Koordinatlarındaki Zamana Bağlı Değişimlerin Analizi ve Yorumu: İzmir Bölgesinde Uygulama, *Harita Dergisi* Temmuz, **144**.
- Brendan W. Crowell, David A. Schmidt, Paul Bodin, John E. Vidale, Joan Gomberg, J. Renate Hartog, Victor C. Kress, Timothy I. Melbourne, Marcelo Santillan, Sarah E. Minson, and Dylan G. Jamison (2016). Demonstration of the Cascadia G-FAST Geodetic Earthquake Early Warning System for the Nisqually, Washington, Earthquake, *Seismological Research Letters*, **87**:4, doi: 10.1785/0220150255.
- Çiftçi, N. B. (2007). Geological Evolution Of The Gediz Graben, Sw Turkey: Temporal And Spatial Variation Of The Graben, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü Orta Doğu Teknik Üniversitesi Doktora Tezi Ankara.
- Çakmak, R., (2001). Marmara Bölgesi’nde Kabuk Deformasyonlarının GPS Yardımıyla İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Çolak, B. (2010). Marmara Bölgesi'nde Doğu Kesiminde Yatay Yer kabuğu Hareketleri Ve Gerinim Birikiminin Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü FBE Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi İstanbul.
- Dirik, K. (2006). Yapısal Jeoloji Ders Notları HÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü.
- Doğanalp, S. (2003). Kalman Filtreleme Yöntemiyle Deformasyon Analizi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Semineri Konya.
- Dong, D., Herring, T.A., King R. W. (1998) Estimating Regional Deformation From a Combination of Space and Terrestrial Geodetic Data *Journal of Geodesy*, **72**: 200 - 214.
- Gül, D. (2016). Sarıgöl (Manisa) Bölgesi Tektonik Hareketlerinin Gps İle Belirlenmesi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Sivas.
- Gürboğa, Ş. (2011). Neo- And Seismo-Tectonic Characteristics Of The Yenigediz (Kütahya) Area, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Ankara.
- Hernandez, S. (2006). GPS Data Processing Via GAMIT/GLOBK: Applications to the East Africa Rift Academic Affiliation Senior The University of Texas at El Paso USA.
- Herring, T.A., King, R.W. ve McClusky, S.C. (2009). GAMIT reference manual, Release 10.4. Department of Earth, *Atmospheric and Planetary Sciences*, Mass. Inst. Of Technol.
- Karasözen, E., Nissen, E., Bergman, E.S., Johnson, K.L., Walters, R. J. (2016). Normal faulting in the Simav graben of western Turkey reassessed with calibrated earthquake relocations, *Journal of Geophysical*, doi:10.1002/2016JB012828.
- Kıranlıoğlu, Y. (2006). Gps Yöntemi İle Deformasyonların Tespitinde Gerinimlerin Belirlenmesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Gebze.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, 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. ve Veis, G., (2000). Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucaus, *Journal of Geophysical Research*, **105**:5695-5719.

- Mekik, Ç., Akçın, H. (1998). GPS'te Tamsayı Belirsizliği Çözüm Yöntemleri, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Dergisi*, **84**.
- Okada, Y. (1985). Surface Deformation Due To Shear And Tensile Faults In A Half-Space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **75**: 4, 1135-1154.
- Oktar, O., Erdoğan, H. (2016). Gnss İstasyonları Lineer Hareketlerinin Zaman Serileri Analizi İle Belirlenmesi, HKMO Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 19-21 Ekim, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Poyraz, F., (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Poyraz, F., Tatar, O., Hastaoğlu, Ö., Türk, T., Gür soy, Ö., Ayazlı, E. (2011). Elastik Atım Teorisi: Kuzey Anadolu Fay Zonu Örneği , TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Ray, J. K. (2000). Mitigation of GPS Code and Carrier Phase Multipath Effects Using a Multi-Antenna System. *Phd Thesis*, University of Calgary.
- Reid, H. F. (1910). The mechanism of the earthquake: The California earthquake of April 8. 1906. *Report of the State Investigation Commission*, **2**, Washington.
- 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., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G., (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Tectonics*, **111**:1-26.
- Sezer, L. İ. (2010). Kütahya Yöresinin Depremselliği, *Ege Coğrafya Dergisi*, **19/2**(2010), 35-52
- Shen Z.-K., Jackson D.D. and Ge X.B., (1996). Crustal deformation across and beyond the Los Angeles basin from geodetic measurements. *J. Geophys. Res.*, **101**(B12):, 27957-27980.

- Solak, H. İ. (2015). Gnss Hızları İle Güneybatı Anadolu'daki Gerinim Alanlarının Zamansal Değişimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Afyon.
- Tekin, F., Hafizoğlu, E. (2004). Batı Anadolu'daki Önemli Fay Zonları ve Depremselliğe Etkileri, *Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi*, C:1, S:1, Sayfa:21-34.
- Tiryakioğlu, İ., Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H., Turgut, B. (2017). Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series, *Earth Science Research Journal*, **21**: (3), 147-156, 2017.
- Tiryakioğlu, İ. (2012). GNSS Ölçüleriyle Güneybatı Anadolu'daki Blok Hareketleri Ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi İstanbul.
- Tiryakioğlu, İ., Dereli, M. A., Gülal, E. ve Erdoğan, S. (2010). Tektonik Hareketlerin Belirlenmesine Yönelik Ölçü Kampanyalarında GNSS Gözlem Sayı ve Sürelerinin Konum Doğruluğuna Olan Etkilerinin Araştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergi*, **1**: 32-38.
- Tiryakioğlu, İ., Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R. (2013). GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. *Geophys. J. Int.*, **195**: 1455–1463.
- Turcotte, D.L., and Schubert G., (1982). Geodynamics: Applications of Continuum Physics to Geological Problems, *John Wiley&Sons*, New York.
- Yalçın, B. (2007). Yerel Bir Ağda GPS Ölçü Süresinin Nokta Konum Doğruluğuna Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yalçın, H., Özaltan, İ., Kurnaz, T.F. (2013). Gediz Fayı Ve Yakın Çevresinin Deprem Tehlike Analizi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 25-27 Eylül 2013 MKÜ Hatay.
- Yavaşoğlu, H., (2009). Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümündeki Güncel Tektonik Aktivitenin Jeodezik Yöntemler Ve Elastik Yarı Uzay Modelleme İle Belirlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldız, F. ve Kahveci, M. (2009). GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri, Nobel Yayınları, Ankara.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.jeofizikmuhendisleri.com/makaleler/.Deprem.T%C3%BCrleri.Nelerdir>
01.05.2018
- 2) <http://fenbilgiyuvasi.blogspot.com.tr/2015/08/deprem-ve-fay-cesitleri.html>
01.05.2018
- 3) <https://www.britannica.com/science/seismic-wave> 01.05.2018
- 4) <http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/> 01.05.2018
- 5) <ftp://igs.org/pub/data/format/rinex301.pdf> 01.05.2018
- 6) https://www.researchgate.net/figure/Earthquake-epicentres-M-4-red-circles-between-January-2000-and-December-2010_fig1_277776829?_sg=q-WEZ2QA1mwtD0Wm_HvZ-cBMi_ro2ZltzLU8YHB0gls7DjlahC3XNKQN_Y88ZnfeirJb5CpkzrjAqyI0sDFC6A
01.05.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ergin DÖNMEZ
Doğum Yeri ve Tarihi : ELAZIĞ – 21.08.1982
Yabancı Dil : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 5324877425 / ergind@pau.edu.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yılı)

Lise : Balakgazi Lisesi (1996 - 1999)
Lisans : Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi,
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği (2002 – 2007)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Harita Mühendisliği A.B.D. (2015 - 2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Özel Sektör (2007 - 2011)
Adıyaman Üniversitesi (2011 – 2013)
Pamukkale Üniversitesi (2013 – Devam ediyor.)