



**GEDİZ GRABENİ SIYRILMA FAYI'NIN GNSS ÖLÇÜLERİ
İLE İZLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şirin ULUTAŞ

Danışman

Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2023

Bu tez çalışması 22.FEN.BİL.20 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GEDİZ GRABENİ SIYRILMA FAYI'NIN GNSS ÖLÇÜLERİ
İLE İZLENMESİ**

Şirin ULUTAŞ

Danışman

Prof. Dr. İbrahim TİRYAKIOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2023

TEZ ONAY SAYFASI

Şirin ULUTAŞ tarafından hazırlanan “GEDİZ GRABENİ SIYRILMA FAYI’NIN GNSS ÖLÇÜLERİ İLE İZLENMESİ” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 11 / 07 / 2023 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 : Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Başkan : Prof. Dr. Tamer BAYBURA
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

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

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cemil GEZGİN
Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

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

.....

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

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.

09 / 08 / 2023

Şirin ULUTAŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GEDİZ GRABENİ SIYRILMA FAYI'NIN GNSS ÖLÇÜLERİ İLE İZLENMESİ

Şirin ULUTAŞ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Ege Denizi'nden Batı Anadolu'nun iç kısımlarına kadar yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan bir koridoru şekillendiren Gediz Grabeni boyunca, aletsel dönemde çok sayıda yıkıcı deprem meydana gelmiş ve bu depremlerin bir kısmı yüzey kırığı oluşturmuştur. Ayrıca grabenin güneybatı kenarı, 28 Mart 1969 tarihinde meydana gelen 6.9 büyüklüğündeki bir deprem ile yeniden aktivitesini sergilemiştir.

Gediz Grabenindeki faylanma yapılarını incelemek için daha önce birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada ise Gediz Grabeninin güneyinde yer alan düşük açılı sıyrılma fayının kinematik yapısının incelenmesi amacıyla 47 noktalı GNSS ağı oluşturulmuştur. Bu çalışmada literatürden farklı olarak, Gediz Grabeninin tamamı ele alınmıştır. Bu nedenle çalışma sahasının farklı alanlarında yapılan çalışmalarda kullanılan noktalara ait geçmiş GNSS ölçüleri temin edilmiştir. Ağda yer alan noktalarda ise 2021 ve 2022 yıllarında 2 kampanya ölçü daha gerçekleştirilmiş ve tüm GNSS ölçüleri, GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiştir. Avrasya plakası sabit hız alanları ve gerinimler hesaplanmıştır. Hız alanı incelendiğinde çalışma bölgesinin yıllık 14–25 mm'lik hızla batı-güneybatı yönünde hareket sergilediği belirlenmiştir. Zaman serileri incelendiğinde ise maksimum çökme/yükselmenin TRAZ istasyonunda (-103 mm/yıl) olduğu görülmüştür. Gerinim alanları incelendiğinde, Gediz Grabeni içerisinde KKD-GGB yönlü en büyük açılma rejimi görülmüştür.

Güncel hız alanı kullanılarak hem graben için literatürde yer alan blok model test

edilmiş hem de yeni blok model çalışması yapılmıştır. Çalışmadaki üçüncü blok modelde her iki bileşen için de hata ± 0.8 mm'dir. Grabenin kuzey bloğu ile graben içi blok sınırında 1 mm/yıllık sol yönlü hareket ve 2.3 mm/yıllık bir açılma rejimi elde edilmiştir.

2023, xi + 60 sayfa

Anahtar Kelimeler: GNSS, GAMIT/GLOBK, Gerinim, Blok Model, Gediz Grabeni Sıyrılma Fayı.



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MONITORING THE GEDİZ GRABEN SUPRA-DETACHMENT FAULT BY GNSS TECHNIQUE

Şirin ULUTAŞ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Along the Gediz Graben, which shapes a corridor extending from the Aegean Sea to the interior of Western Anatolia in the E-W direction, many destructive earthquakes occurred in the instrumental period and some of these earthquakes formed surface fractures. In addition, the southwestern edge of the graben was reactivated by 6.9 magnitude earthquake on March 28, 1969.

There are many studies in the literature to investigate the faulting structures in the Gediz graben. In this study, 47-sites GNSS network was established to investigate the kinematic structure of the low-angle supra-detachment fault located in the south of the Gediz Graben. Unlike the literature, this study covers the entire Gediz Graben. For this reason, previous GNSS data of the sites used in these studies were obtained. Two more campaign GNSS measurements were carried out in 2021 and 2022 at the sites in the network and all data were processed with GAMIT/GLOBK software. Eurasian plate fixed velocity field and strain rates were computed. When the velocity field is analyzed, it is determined that the region moves in the west-southwest direction with an annual velocity of 14-25 mm. When the time series were analyzed, it was calculated that there was a vertical deformation of 103 mm/yr at TRAZ station. When the strain fields were analyzed, the largest extensions in the Gediz Graben was observed in the NE-SW direction.

Using the current velocity field, both the block model in the literature for the graben

was tested and a new block model study was carried out. The error of the suggested block model is ± 0.8 mm for both components. At the boundary between the northern block of the graben and the intra-graben block, 1 mm/yr the error of the suggested block model left lateral movement and 2.3 mm/yr extensional regime were obtained.

2023, xi + 60 pages

Keywords: GNSS, GAMIT/GLOBK, Strain, Block Model, Gediz Graben Detachment Fault.



TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince tecrübelerini her zaman bize aktarmaya çabalayan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU'na, lisans ve yüksek lisans eğitimlerim sırasında destek ve yardımlarını esirgemeyen, üzerimde emeği olan değerli hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu proje AKÜ BAP 22.FEN.BİL.20 numaralı proje ile desteklenmiştir. Sağladıkları destekten dolayı Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Arazi ölçümlerinde ve yazım aşamasında yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarıma teşekkür ederim. Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Şirin ULUTAŞ
Afyonkarahisar 2023

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. FAY VE FAY ÇEŞİTLERİ.....	5
2.1 Eğim Atımlı Faylar	7
2.1.1 Eğim Atımlı Normal Faylar	7
2.1.1.1 Sıyrılma (Detachment) Fayı	8
2.1.2 Eğim Atımlı Ters Faylar	8
2.1.2.1 Bindirme Fayı.....	9
2.2 Doğrultu Atımlı Faylar	10
2.2.1 Sağ Yönlü Doğrultu Atımlı Faylar.....	10
2.2.2 Sol Yönlü Doğrultu Atımlı Faylar	10
2.3 Yanal Atımlı Faylar	11
2.3.1 Yanal Atımlı Normal Faylar	11
2.3.2 Yanal Atımlı Ters Faylar	11
3. GEDİZ GRABENİNİN TEKTONİK YAPISI VE DEPREMSELLİĞİ	13
3.1 Gediz Grabeni Tektoniği	13
3.1.1 Gediz Grabeni Sıyrılma (Detachment) Fayı (GGSF)	15
3.1.2 Sarıgöl Fayı.....	16
3.1.3 Selimiye Fayı	17
3.1.4 Emcelli Fayı	17
3.1.5 Tırazlar Fayı.....	18
3.1.6 Çapköy Fayı	18
3.2 Çalışma Alanının Depremselliği.....	19
3.2.1 Tarihsel Dönem Depremleri.....	19
3.2.2 Aletsel Dönem Depremleri	20
4. UYGULAMA.....	24

4.1 Çalışma Alanı ve Kurulan GNSS Ağı	24
4.2 GNSS Ölçüleri	26
4.2.1 Çalışma Alanında Yapılan Eski Çalışmalar	26
4.2.2 GNSS Ölçüleri	28 29
4.3 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi	31
4.3.1 GAMIT ile Verilerin Değerlendirilmesi	31
4.3.2 GLOBK ile Verilerin Değerlendirilmesi	35
4.3.2.1 Çalışma Bölgesinin Hız Alanının Belirlenmesi	36
4.4 Gerilme ve Gerinim Analizi	38
4.4.1 Çalışma Bölgesinin Gerinim Alanı	40
4.5 Blok Modelleme	42
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	50
6. KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	60

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
GAMIT	GPS Analysis MIT
GLOBK	Global Kalman Filter
IGS	International GNSS Service
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
PRN	Pose Random Noise
MIT	Massachusetts Institute of Technology
RINEX	Receiver Independent Exchange
WGS	World Geodetic System

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Eğim atımlı normal fay (İnt. Kyn. 1)	5
Şekil 2.2 Fay kırığı (Solak 2015)	6
Şekil 2.3 Fay çeşitleri (Işık 2023)	6
Şekil 2.4 Fay ve gerilme eksenleri (İnt. Kyn. 2)	7
Şekil 2.5 a) Eğim atımlı normal fay (İnt. Kyn. 3), b) Horst ve Graben görünümü (İnt. Kyn. 4).....	8
Şekil 2.6 Sıyrılma fayı (İnt. Kyn. 3).....	8
Şekil 2.7 Eğim atımlı ters fay (Işık 2023)	9
Şekil 2.8 Bindirme fayı (Işık 2023, İnt. Kyn. 3)	9
Şekil 2.9 a)Normal fay, b)Ters fay (İnt. Kyn. 5).....	9
Şekil 2.10 Sağ yönlü doğrultu atımlı fay (Işık 2023).....	10
Şekil 2.11 Sağ yönlü doğrultu atımlı fay (Işık 2023).....	10
Şekil 2.12 Yanal (Verev) atımlı fay (a) eğim atım, b) doğrultu atım, c) net atım, d) dikey atım, e) yatay atım) (İnt. Kyn. 5).....	11
Şekil 2.13 Yanal atımlı normal ve ters fay(Dönmez 2018).....	12
Şekil 3.1 Gediz Grabeni(Emre vd. 2011)	14
Şekil 3.2 Acıdere fayı (Demirtaş vd. 2015)	14
Şekil 3.3 İnceleme alanının tektonik haritası (Gül 2016).....	15
Şekil 3.4 GGSF'nin Google Earth uydu görüntüsü (Kırmızı çizgiler sıyrılma fayı, sarı çizgiler yüksek açılı normal faylar, mor çizgiler çapraz faylar) (Alışık 2019) 16	
Şekil 3.5 Sarıgöl ilçe merkezinde, yüzey deformasyonları ve konut hasarları (Gül 2016)	17
Şekil 3.6 a) Tepeköy'de yıkılan binalar, b) Kemaliye'de batı duvarı yıkılan bina (Gören 2016).....	21
Şekil 3.7 Alaşehir depremi yüzey kırık hatlarını gösteren harita (Arpat ve Bingöl 1969)	22
Şekil 3.8 1900 – 2023 aletsel dönem depremlerini gösteren harita (İnt. Kyn. 6).....	23
Şekil 4.1 Çalışma kapsamında oluşturulan GNSS ağı	24
Şekil 4.2 a) GKCO, b) BSBK, c) YNSE noktaları.....	30
Şekil 4.3 GAMIT yazılımı değerlendirme klasör yapısı örneği.....	32

Şekil 4.4 Değerlendirme sonrası oluşan ana klasör yapısı örneği.....	34
Şekil 4.5 TMRK ve SRG1 noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri	36
Şekil 4.6 Çalışma bölgesinin güncel hız alanı.....	37
Şekil 4.7 AKCL ve TRAZ noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri	38
Şekil 4.8 Çalışma bölgesine ait gerinim alanı	41
Şekil 4.9 Blok model çözümü	44
Şekil 4.10 İkinci blok model çözümü.....	45
Şekil 4.11 Üçüncü blok model çözümü	47
Şekil 4.12 Poyraz vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen blok model çözümü	48
Şekil 4.13 Dördüncü blok model çözümü	49



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Gediz Grabeni içerisinde yer alan faylar ve üretebilecekleri maksimum deprem büyüklükleri (Emre vd. 2016, Duman vd. 2017).....	19
Çizelge 3.2 Salihli-Alaşehir ilçeleri civarında etkili olan tarihsel dönem deprem etkinliği	20
Çizelge 3.3 Batı Anadolu’da meydana gelen bazı depremler	20
Çizelge 4.1 GNSS ağıнын ölçü noktaları	25
Çizelge 4.2 Gediz grabenin doğu kesiminde Manisa Alaşehir ve Sarıgöl bölgelerinde tesis edilen ve GNSS ölçüm yapılan noktalar (Gül 2016, Poyraz vd. 2016)	27
Çizelge 4.3 GNSS ağıнын ölçü noktaları (Umutlu 2019)	28
Çizelge 4.4 GNSS ölçü zaman çizelgesi	29
Çizelge 4.5 Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları	33

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinin bütün dönemlerinde can ve mal kayıplarına neden olan sel, çığ, deprem gibi birçok doğal olayla karşı karşıya gelinmiştir. Böylesi olaylarda yaşanabilecek kayıpları ve ortaya çıkabilecek zararları azaltarak minimuma indirebilmek ve bu doğrultuda gerekli tedbirleri alabilmek amacıyla birbirinden farklı çalışmalar yapılmıştır (Emre vd. 2011, Koca vd. 2011, Doğan 2019). Deprem de buradaki olayların içinde önemli bir yere sahip olmuştur.

Güneyini Afrika ve Arabistan levhaları, kuzeyini ise Avrasya levhası sarmakta olan Türkiye, konumu itibarıyla birçok harekete maruz kalmaktadır. Bu levhalar birbirleriyle etkileşim içindedir ve kendi içlerinde barındırdıkları faylar depremleri ortaya çıkarmaktadır. Türkiye de başta Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Zonları ile Batı Anadolu Genişleme Bölgesi olmak üzere çok sayıda faya ev sahipliği yapmaktadır (İnt. Kyn. 8). Bu nedenle tarih boyunca Türkiye’de pek çok deprem meydana gelmiş ve çok sayıda can ve mal kaybı ortaya çıkmıştır (İnt. Kyn. 6). Ayrıca ülkemizde yer alan çok sayıda aktif faydan dolayı yeni depremlerin ve kayıpların yaşanma ihtimali de bulunmaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), doğudan batıya kadar ulaşan yanal atımlı faylardan oluşmaktadır ve unutulmayacak depremlere sebep olmuştur. Doğu Anadolu Fay Zonu, Güney Anadolu’dan Doğu Anadolu’ya geçip Kuzey Anadolu Fay Zonu ile kesilmektedir (İnt. Kyn. 8).

Ege’nin günümüzdeki egemen yapı unsurları olan D-B grabenler, geç miyosenden sonra olasılıkla Pliyosen sonu Pleyistosende gelişmeye başlamıştır (Yılmaz 2000). Bu grabenler Ege denizi içinde deniz taban topoğrafyasını şekillendirmiş ve az çok KD-GB gidişli derin graben çanakları oluşturmuştur. Grabenler çoğunlukla her iki tarafları da faylı olmakla birlikte asimetrik bir gelişim göstermiştir. Batı Anadolu bölgesi, K-G yönlü gerilmelerin etkisi altındadır. Bu K-G yönlü gerilmeler sonucunda oluşan D-B doğrultulu grabenler, Batı Anadolu’nun en egemen jeolojik ve morfolojik unsurudur. Bu grabenlerin kenarları normal faylarla sınırlıdır ve bu faylar sismik olarak oldukça aktiftir. Bu grabenler kuzeyden güneye doğru; Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav grabeni, Gediz-Küçük Menderes grabenleri, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi

grabenleri şeklinde sıralanabilir (Dünder 2010). Gediz Nehri'ni içinde barındıran D-B uzanımlı çöküntü alanı Gediz Grabeni olarak bilinmektedir. KKD-GGB yönlü açılma rejimi etkisi altında yaklaşık olarak 200 km uzunluğunda olup, batıda Manisa doğuda da Pamukkale sınırlarını oluşturmaktadır (Gül 2016, Umutlu 2019).

Gül (2016) tarafından Sarıgöl ve çevresindeki tektonik hareketliliği ve depremselliği araştırmak için Tırazlar, Emcelli, Selimiye, Çapköy ve Sarıgöl faylarını kapsayacak ve dik kesecek şekilde 10 noktalı bir Global Navigation Satellite Systems (GNSS) ağı kurulmuştur. GNSS ağına 2 kampanya ölçü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile grabenin dışında yükselmeler gözlenirken grabenin içinde yer alan TRAZ noktasında -108 mm/yıl ile AKCL noktasında -34 mm/yıl düşey yönde hareket sergilendiği sonucuna varılmıştır. Yapılan incelemelere göre Gediz Grabeninin doğusunda, batısına kıyasla daha hızlı çökme hareketinin olduğu görülmüştür.

Dönmez (2018), Gediz Fayı'nı incelemek için 22 noktadan oluşan bir ağ kurmuş ve ölçümleri 3 kampanya şeklinde 15 saniye aralıklarla kaydetmiştir. Verilerin değerlendirilmesi için GAMIT/GLOBK programı ile Kalman filtreleme tekniği kullanılmıştır. Fayın kabuk hareketlerini izleyebilmek için elastik atım modeli oluşturulmuştur. Elastik atım modeli için noktaların hız vektörleri, hız vektörlerinden de yamulma alanları hesaplanmıştır. Buradan elde edilen sonuçlara göre çalışma bölgesinin genelinde açılma görülürken güneyinde ise bir sıkışma hareketi göze çarpmaktadır. Daha önce yapılan jeolojik çalışmalar ile bulunan sonuçların uyum gösterdiği anlaşılmıştır.

Poyraz vd. (2016), Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından desteklenen projelerinde GNSS ve Permanent Scatterers Interferometric Synthetic Aperture Radar (PS-InSAR) tekniklerini kullanarak Gediz Grabeninin doğusuna ait yüzey deformasyonunun belirlenmesini amaçlamıştır. Bu verilerin değerlendirilmesinde yazılım takımı olarak GAMIT/GLOBK seçilmiştir. Diğer yöntem olan PS-InSAR sonuçları da 2013 yılından itibaren bir buçuk yıllık görüntülerin işlenmesiyle bulunmuştur. Değerlendirme verilerinin Gediz Grabenindeki tektonik deformasyonun bu alanda daha önce yapılan

jeolojik ve jeofizik çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile benzer olduğu görülmüştür. Grabenin kuzey ve güney uçlarında yükselmeler, grabeni oluşturan kısımda da çökmelerin olduğu anlaşılmıştır. Deformasyonun çalışma alanı tektonik yapısıyla benzer ve kuzey kenara kıyasla güney kenarın düşeydeki hareketliliğin daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Poyraz vd. (2019) tarafından Gediz Grabeninin (Türkiye) doğu kesimindeki blok hareketlerini belirlemek için 2013-2015 yılları arasında GNSS ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçülerin değerlendirilmesiyle grabenin en kuzey ve en güneyinde yer alan BMTF ve DGYF noktalarında en yüksek hız değerlerine (26 mm/yıl) ulaşılmıştır. Daha önceki çalışmalarda da olduğu gibi düşeyde en yüksek TRAZ, BGCL ve AKCL noktalarında yaklaşık -90 mm/yıl ile -13 mm/yıllık hız değerleri elde edilmiştir. DEFNODE yazılımı kullanılarak blok model çözümünde istenen parametrelerin (eğim açıları ve sismojenik kalınlık) girilmesiyle blok modeller oluşturulmuştur. Çözümde bölgedeki fayların $4 \pm 1,2$ mm/yıl ile $19,3 \pm 0,6$ mm/yıl arasında fayın doğrultusu yönündeki kayma miktarına ve $-23,3 \pm 0,5$ mm/yıl ile $-16,0 \pm 0,5$ mm/yıl arasında fayın eğimi yönündeki kayma miktarına ulaşılmıştır.

Doğan (2019), 1996 yılında Sarıgöl (Manisa) ilçe merkezinde başlayan yüzey deformasyonlarını tespit etmek için 2 profilden oluşan nivelman ağı oluşturmıştır. Bu profiller daha hassas sonuçlara ulaşmayı sağlayacak hassas nivelman yöntemi için 14 adet nokta ve deformasyonlara dik olarak tasarlanmıştır. Ölçümler 1,5 yılda her mevsimde gerçekleştirilmeye çalışılarak toplam 7 kampanya yapılmıştır. Ölçüler değerlendirilerek -100 ile -120 mm arasında düşey yönde bir hareket ve güneyde kalan bloğun düştüğü görülmüştür. Deformasyonun mevsimlere göre durumu incelendiğinde yaz aylarında bir artış olduğu fark edilmiş ve tarım bölgesi olduğu için su kullanımının artmasıyla yer altındaki su seviyesinin de etkisi olacağı düşünülmüştür.

Umutlu (2019), Gediz Grabeninin doğusunda yer alan Alaşehir ve çevresindeki deformasyonları ve deprem tekrarlama periyotlarını incelemek için bölgede bulunan mevcut fayları içine alacak şekilde GNSS ağı oluşturmıştır. İlk olarak 2013-2015 yılları arasında 3 kampanya ölçüm gerçekleştirilmiştir. Daha sonra mevcut GNSS ağına

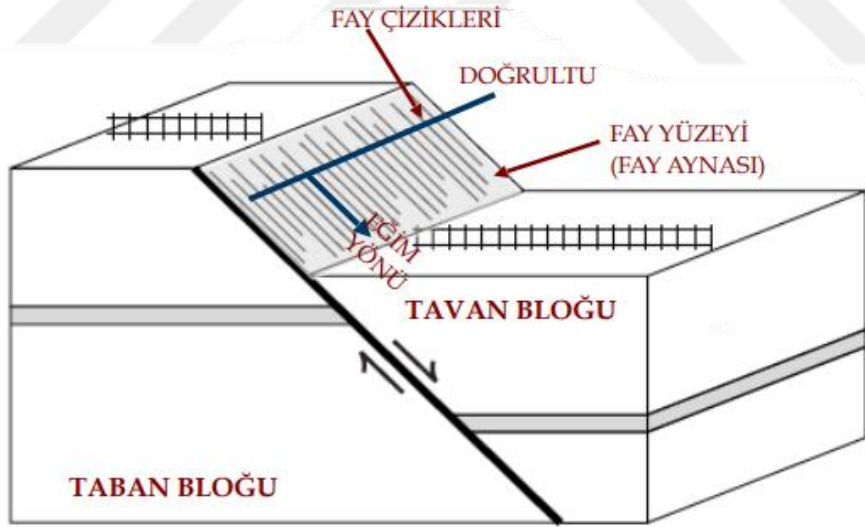
yeni noktalar eklenerek 2 kampanya daha ölçüm yapılmıştır. Verilerin işlenmesiyle GNSS noktalarının hızları elde edilmiştir. Geodsuit yazılımı ile hızlardan gerinim analizleri yapılmış ve gerinim alanları yardımıyla jeodezik deprem tekrarlama haritaları üretilmiştir. Yakın zamanda gerçekleşen $M=6.9$ büyüklüğündeki bir depremin tekrar olma olasılığı 400-500 yıl olarak gözlenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ise çalışma alanı Avrasya referans sistemine göre yıllık yatayda 18–29 mm/yıl hız ile hem güneybatıya hareket ettiği hem de bir açılma rejiminin olduğu görülmüştür.

Kaygusuz (2021), yıllardır Sarıgöl'de varlığını devam ettiren yüzey deformasyonlarını ve yer altı suyunun etkisini incelemek için 2017-2020 yılları arasında 11 kampanya hassas nivelman ölçümü gerçekleştirmiştir. Deformasyonu çözümleyebilmek için nivelman ağı yüzey deformasyonunu dik kesecek bir biçimde 2 güzergâhtan oluşturulmuştur. Yer altı suyunun devam eden deformasyona etkisini gözlemlemek için ölçümler mevsimlere göre gerçekleştirilmiştir. Yazın su kullanımının artmasıyla su seviyesinde düşmeler görülürken deformasyonun ise arttığı görülmüştür. Kış aylarında ise yağışlarla su seviyesi artarken deformasyonların da devam ettiği gözlenmiştir. Bunun sonucunda deformasyonlara farklı bir tektonik etkinin neden olabileceği düşüncesine varılmıştır. Değerlendirmeler neticesinde daha önce gerçekleştirilen çalışmalarla uyumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Gediz Grabeninin kuzey ve güney kısımlarına göre grabenin merkezlerinde daha fazla yer değiştirme gözlenmiştir.

Bu çalışma bağlamında, Manisa'dan Pamukkale'ye kadar uzanmakta olan Gediz Grabenini araştırmak amacıyla, 47 noktalı bir GNSS ağı oluşturulmuştur. Gediz Grabeninde bulunan faylanma yapılarını incelemek üzere, daha önce birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Fakat bu çalışmanın diğerlerine göre farkı, Gediz Grabeninin tamamını kapsıyor olmasıdır. Bundan dolayı, çalışma sahasının çeşitli alanlarında gerçekleştirilen çalışmalarda kullanılan noktalara ait geçmiş GNSS ölçüleri temin edilmiştir. Ayrıca bunların üzerine 2 kampanya ölçü daha gerçekleştirilmiş ve elde edilen tüm veriler değerlendirilmiştir. Noktaların hızları üretilerek bölgenin gerinim alanı elde edilmiştir. Blok sınırlarının fayları temsil ettiği düşünüldükçe, Geodsuit yazılımı yardımıyla yeni blok modeller üretilmiş ve bölge için önceki çalışmalarda kabul gören blok model güncel verilerle test edilmiştir.

2. FAY VE FAY ÇEŞİTLERİ

Yer kabuğunu oluşturan levhalar hareketleri esnasında birbirlerine karşı kuvvet uygulamaktadır. Kuvvetlerin uygulandığı kısımlarda ki kayaçlar içlerinde enerji birikimine neden olan dirençleri oluşturur. Dirençlerin yüzeyinde hapsolan enerji bulunduğu kayacın taşıyamayacağı bir noktaya geldiğinde yer kabuğunda farklı yönlerde doğru kaymalar ve kırılmalar gerçekleştirir. Kırılma olayına faylanma, faylanmadan sonra ortaya çıkan şekle de fay denir (Tiryakioğlu 2012) (Şekil 2.2). Faylar, gözle fark edilebilecek veya ölçülebilecek bir değer ile yeryüzünün hareket etmesini sağlayan kırıklardır. Faylanma sırasında kaymanın meydana geldiği yüzeye fay düzlemi ya da fay aynası adı verilir (Şekil 2.1). Hareket esnasında sürtünmeye bağlı olarak fay düzleminde birbirine paralel oluşan çizikler kaymanın doğrultusu hakkında bilgi vermektedir. Fay düzleminin yeryüzünü ikiye böldüğünde yüzeyin iki tarafında yer alan kayaç topluluklarına blok adı verilmektedir. Bu iki bloktan fay düzleminin üzerinde bulunan bloğa tavan, altında kalan bloğa da taban bloğu denilmektedir (Tiryakioğlu 2012).

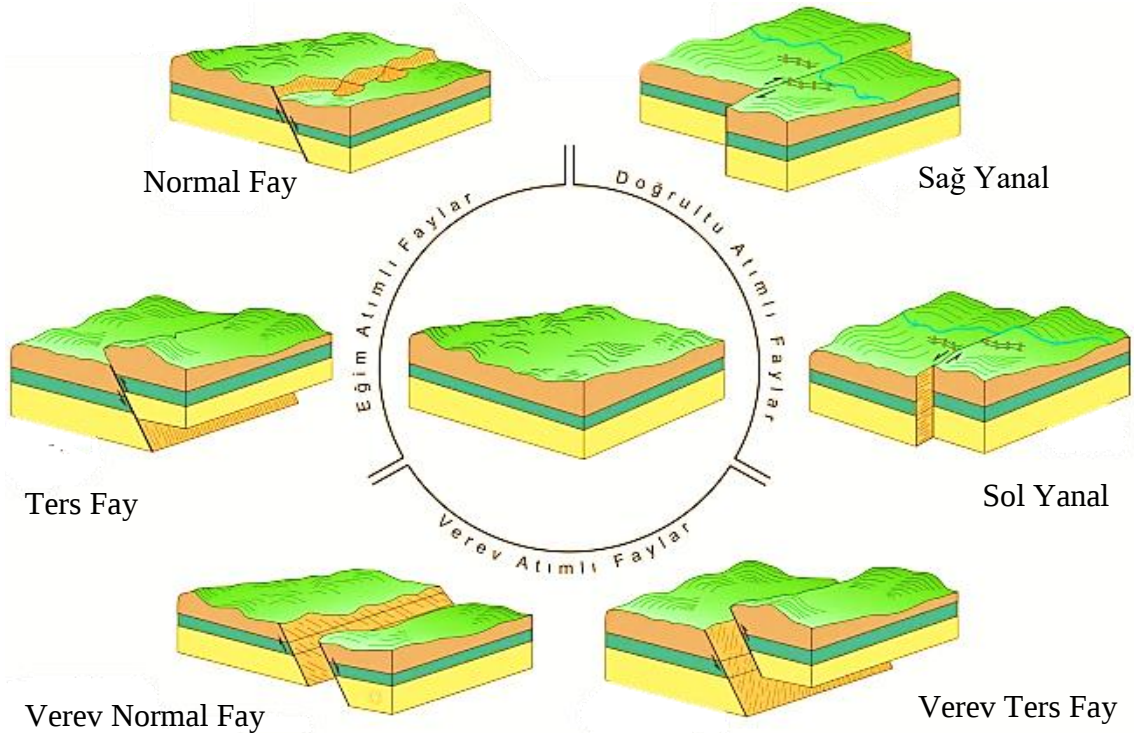


Şekil 2.1 Eğim atımlı normal fay (İnt. Kyn. 1).

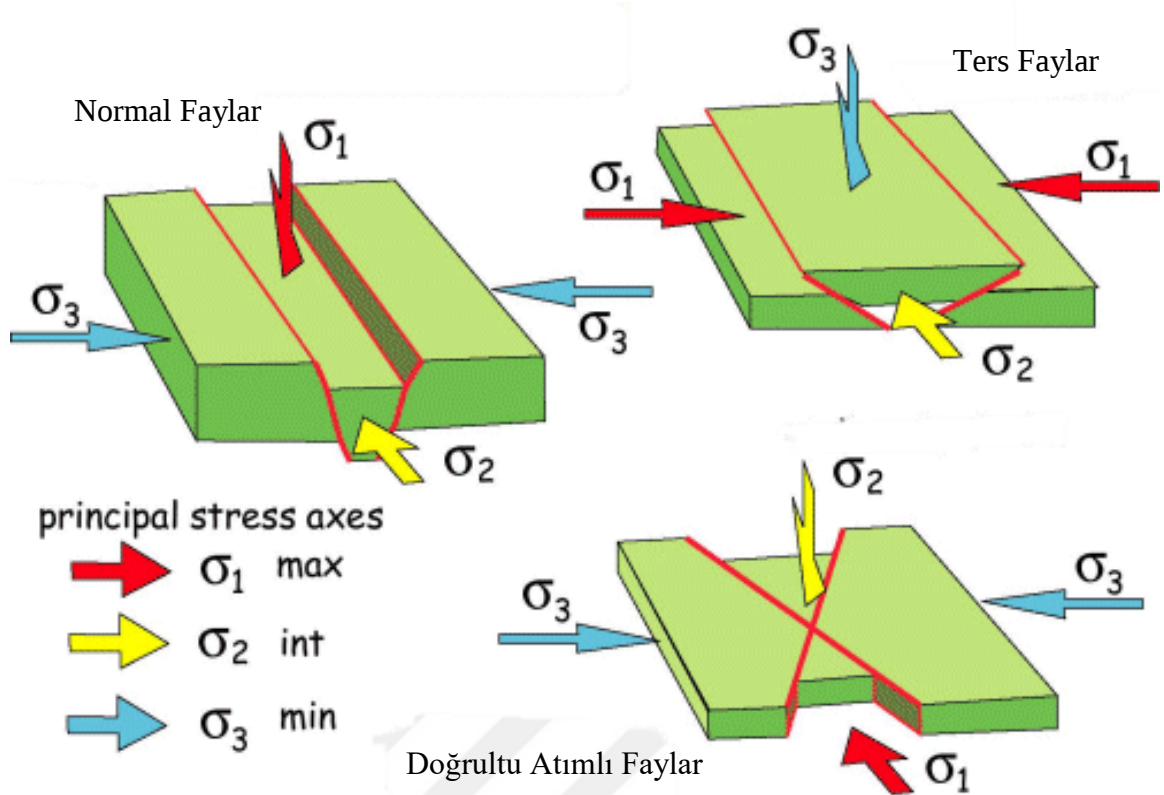


Şekil 2.2 Fay kırığı (İnt. Kyn. 9).

Fay düzlemindeki fay çizikleri ve blokların birbirlerine göre hareketleri incelendiğinde faylar kendi aralarında sınıflandırılırlar. Blokların yer değiştirmelerine ise atım denir. Bu faylar eğim, doğrultu ve yanal(verev) atımlı faylardır (Şekil 2.3) (Tiryakioğlu 2012). Bunun yanı sıra fayların oluşum mekanizmalarına veya fayın hareket etmesine neden olan kuvvetlere göre farklı bir sınıflandırma yapılmaktadır (Şekil 2.4). Fay düzleminde tavan ve taban bloğunun aşağı veya yukarı hareket etmesiyle normal ve ters faylar oluşmaktadır. Fay blokları birbirlerine göre fay doğrultusu yönünde hareket sergiliyorsa doğrultu atımlı fayların varlığı görülmektedir (Şekil 2.4) (İnt. Kyn. 2).



Şekil 2.3 Fay çeşitleri (Işık 2023).



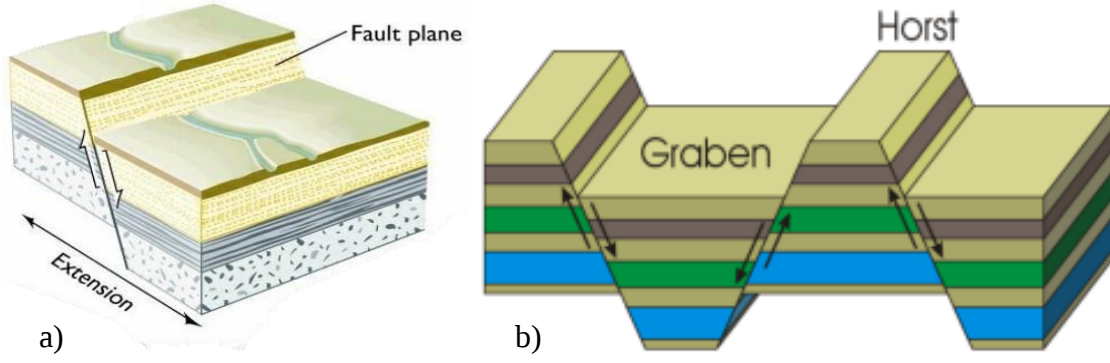
Şekil 2.4 Fay ve gerilme eksenleri (İnt. Kyn. 2).

2.1 Eğim Atımlı Faylar

Fay düzlemine göre tavan ve taban blokları aşağı ve yukarı doğru hareket sergilerler. Bu hareketler eğim yönünde veya eğime zıt yönlü gerçekleşmektedir (İnt. Kyn. 3).

2.1.1 Eğim Atımlı Normal Faylar

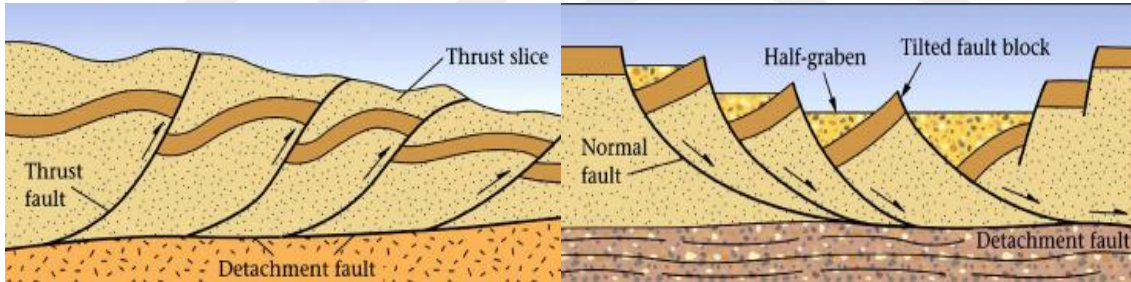
Tavan bloğu taban bloğuna göre fay düzleminde aşağıya doğru hareket ediyorsa ya da taban bloğu tavan bloğuna göre yukarıya doğru hareket ederek bloklar birbirinden uzaklaşıyorsa burada eğim atımlı normal faylar görülmektedir (Tiryakioğlu 2012) (Şekil 2.9). Eğim atımlı normal fayların yan yana gelmesi ile alçalan blok Graben, grabenin her iki tarafında yükselen bloklar Horst yapılarını oluşturur (Şekil 2.5). Ege Bölgesi'ndeki yapılar ülkemiz için en detaylı örnektir.



Şekil 2.5 a) Eğim atımlı normal fay (İnt. Kyn. 3), b) Horst ve Graben görünümü (İnt. Kyn. 4).

2.1.1.1 Sıyırılma (Detachment) Fayı

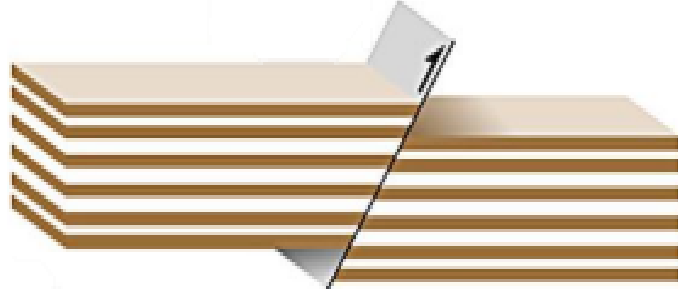
Normal fay olarak kendini gösteren ancak fay düzleminin eğim açısı genellikle 25° ile 30° den daha düşük veya hemen hemen düz olan, kilometrelerce uzunlukta genişliğe, yüzlerce metre atıma sahip düşük açılı normal fay ya da sıyırılma (detachment / ayrılma) fayı olarak tanımlanmaktadır (Alışık 2019) (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Sıyırılma fayı (İnt. Kyn. 3).

2.1.2 Eğim Atımlı Ters Faylar

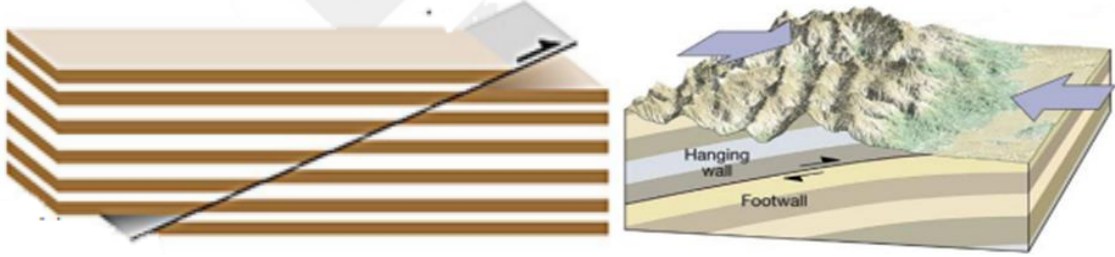
Fay düzlemi boyunca birbirine yaklaşarak tavan bloğu taban bloğuna göre yukarıya doğru hareket ediyorsa ya da taban bloğu aşağıya doğru kayıyorsa bu tür faylara eğim atımlı ters faylar denir (Şekil 2.7 ve 2.9). Bu faylarda fay düzlemindeki eğimin düşmesiyle Bindirme ve Şaryaj yapıları görülmektedir (Tiryakioğlu 2012). Türkiye'deki birçok dağ eğim atımlı ters faylar sonucunda oluşmuştur.



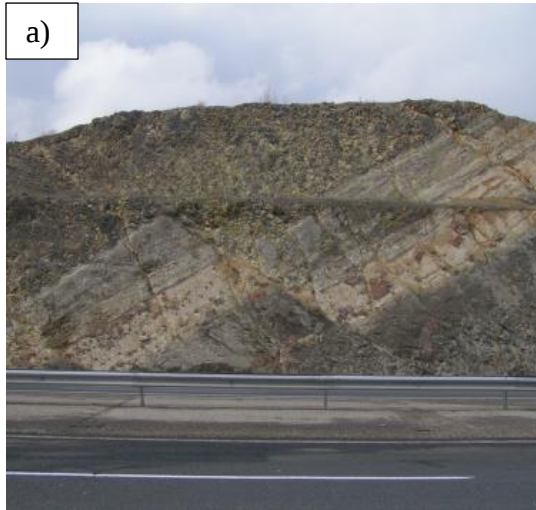
Şekil 2.7 Eğim atımlı ters fay (Işık 2023).

2.1.2.1 Bindirme Fayı

Ters faylar sisteminde fay düzleminin eğim miktarı 30° ve daha küçük bir açı ise düşük açılı bindirme fayı oluşmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Bindirme fayı (Işık 2023, İnt. Kyn. 3).



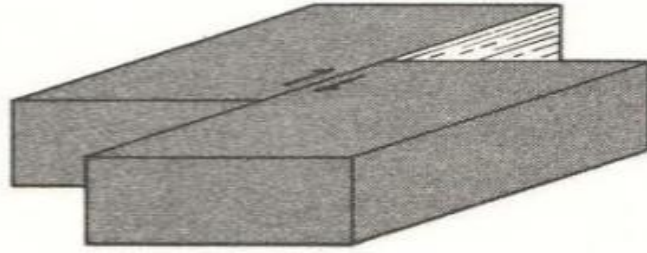
Şekil 2.9 a) Normal fay, b) Ters fay (İnt. Kyn. 5).

2.2 Doğrultu Atımlı Faylar

Fay düzleminin ayırdığı blokların sadece yatayda gerçekleştirdiği hareket doğrultusunda ortaya çıkan faylardır. Doğrultu atımlı faylarda her iki taraftaki blokta düşey yönde hiçbir hareketlilik olmazken yatay yönde birbirinden uzaklaşmaktadır (Karaman 2006). Gerçekleşen kaymanın hangi blokta olduğu fark etmeksizin atımın yönüne göre sol veya sağ yönlü doğrultu atımlı faylar olarak ikiye ayrılır (Karaman 2006).

2.2.1 Sağ Yönlü Doğrultu Atımlı Faylar

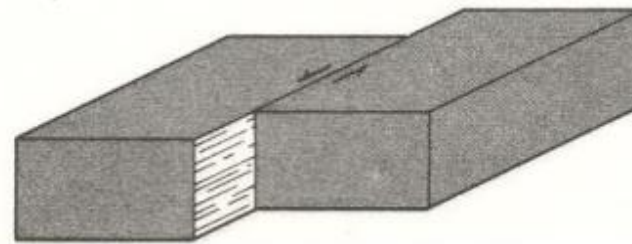
Sağ yönlü doğrultu atımlı faylarda, bloklardan biri üzerinde durup karşı bloğa bakan bir kimseye göre karşı blok sağa doğru hareket etmektedir (Işık 2023) (Şekil 2.10). Ülkemizdeki Kuzey Anadolu Fayı (KAF) bu faylara en önemli örnektir.



Şekil 2.10 Sağ yönlü doğrultu atımlı fay (Işık 2023).

2.2.2 Sol Yönlü Doğrultu Atımlı Faylar

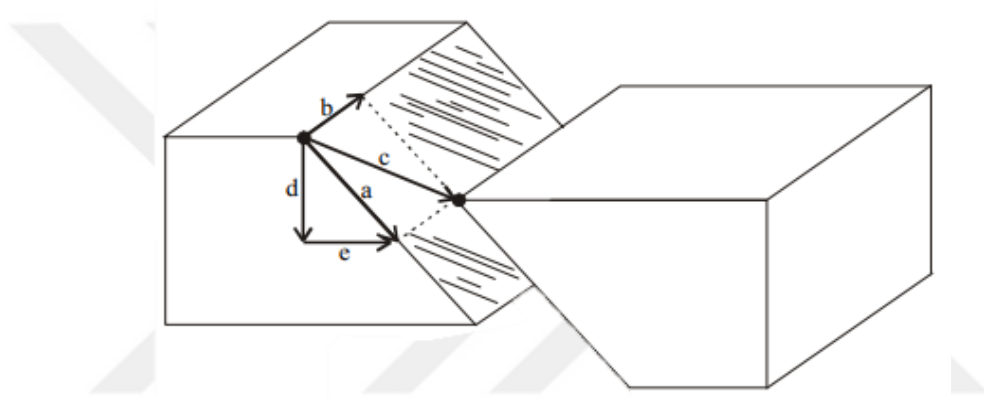
Sol yönlü doğrultu atımlı faylarda ise aynı şekilde, blokların biri üzerinden bakıldığında karşı bloğun sola doğru hareket ettiği görülmektedir (Karaman 2006) (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Sol yönlü doğrultu atımlı fay (Işık 2023).

2.3 Yanal Atımlı Faylar

Eğim atımlı ve doğrultu atımlı fayların tek bir blok üzerinde hareketlerini ortaya koymaları ile ortaya çıkan faylardır. Tavan ve taban bloklarının birbirlerine göre fay düzleminde aynı anda yatayda ve düşeyde kayma gerçekleştiren bu faylar, düşeydeki hareketten dolayı normal ya da ters yanal atımlı faylar olarak ikiye ayrılırlar (Şekil 2.12). Ayrıca çok yönlü fay olmaları nedeniyle verrev ve oblik atımlı fay olarak da anılmaktadır (Tiryakioğlu 2012). Fay çizgilerini incelemek bu fayları belirlemek için önemli bir yere sahiptir (Karaman 2006).



Şekil 2.12 Yanal (Verrev) atımlı fay (a) eğim atım, b) doğrultu atım, c) net atım, d) dikey atım, e) yatay atım) (İnt. Kyn. 5).

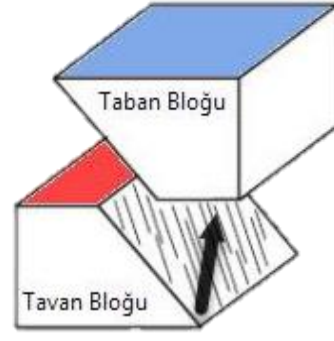
2.3.1 Yanal Atımlı Normal Faylar

Fay düzlemine göre tavan bloğunda hem çökme hem de sağ veya sol yönlü kayma görülüyorsa bu tür faylara yanal atımlı normal faylar denir. Bu hareketler sonucunda normal faylarda blokların birbirinden uzaklaşması söz konusudur (Karaman 2006). (Şekil 2.13).

2.3.2 Yanal Atımlı Ters Faylar

Tavan bloğunun hem yukarı yönlü hem de yatay yönlü hareket etmesi ile bloklar arasında bir sıkışma görülüyorsa bu hareketlerin gerçekleştiği faylara yanal atımlı ters faylar denir (Dönmez 2018) (Şekil 2.13).

Yanal Atımlı Normal Fay



Yanal Atımlı Ters Fay

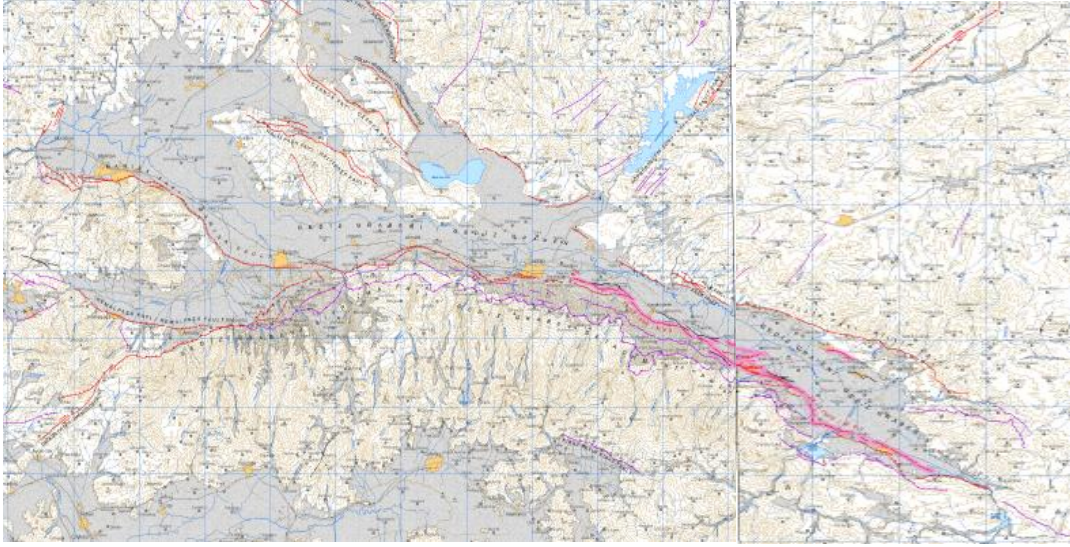
Şekil 2.13 Yanal atımlı normal ve ters fay (Dönmez 2018).

3. GEDİZ GRABENİNİN TEKTONİK YAPISI VE DEPREMSELLİĞİ

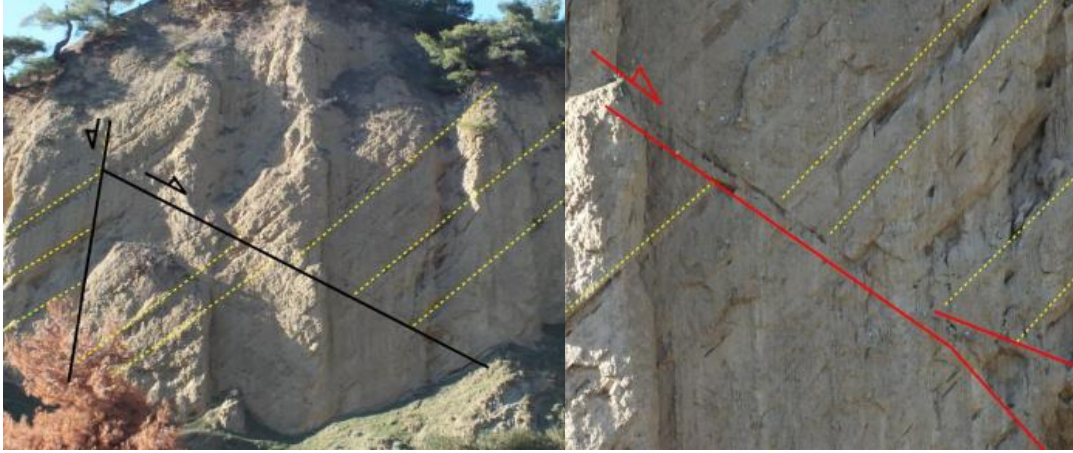
3.1 Gediz Grabeni Tektoniği

Batı Anadolu'da yer alan Gediz Grabeni, Erken Miyosen/Orta Miyosen yaşlı Karadut Fayı'nın kuzeye doğru gravitasyonel hareketinin başlıca belirleyici olduğu bir mekanizmanın sonucu meydana gelen yaklaşık D-B uzanımlı çöküntü alanının tümünü kapsamaktadır (Hetzl vd. 1995, Seyitoğlu ve Scott 1996, Emre 1996a). Batıda Manisa ve Kemalpaşa ile doğuda Sarıgöl ve Pamukkale arasında uzanan 3-40 km genişliğinde ve 200 km uzunluğunda çöküntü havzasıdır (Şekil 3.1). Gediz Grabeninin orta ve doğu bölümlerinde üç çökelim alanı (Çiftçi ve Bozkurt (2009) tarafından tanımlanan Alaşehir, Salihli ve Turgutlu alt havzaları) gelişmiştir. Batı Bölümde ise graben çatallanarak Kemalpaşa, Manisa ve Gölarmara havzaları olmak üzere üç kola ayrılır (Özkaymak 2012). Grabenin güneyi aktif bir yarım graben olan kıta içi açılma tektoniğine bağlı olarak bir rift havzası şeklindedir (Koçyiğit 2000).

Gediz Grabeninin güney bölümünde izlenen fay sistemleri iki grupta incelenebilir. İlk fay sistemi, genellikle 10-20° K eğime sahip düşük açılı normal faylar şeklindedir (Emre 1992, Hetzl vd. 1995). Farklı araştırmacılar tarafından bu sisteme farklı isimler verilmiştir. Örneğin, bu sistemi Emre (1996b) Karadut Ayrılma Fayı, Koçyiğit vd. (1999) ise Çamköy Ayrılma Fayı olarak isimlendirmiştir. Diğer yandan bu teze ismini veren kullanım şekli ile Emre ve Sözbilir (1995), Yılmaz vd. (2000), Bozkurt (2001a, b) tarafından Gediz Sıyrılma Fayı olarak tarif edilmiştir (Şekil 3.1). Gediz Sıyrılma Fayı Pliyosen öncesi döneme ait bir yapıdır ve günümüzde aktif olmadığı belirtilmektedir (Emre ve Sözbilir 1995) (Şekil 3.4). Diğer fay sistemi ise genellikle 45-50° KD eğime sahip yüksek açılı faylardan oluşmaktadır. Bu ikinci sistemin düşük açılı normal fayları keserek deforme ettiği birçok çalışmada belirtilmiştir (Seyitoğlu vd. 2000, Emre ve Sözbilir 1995, Sözbilir 2001). Normal fay yapısında ve yaklaşık 40 m'lik düşey atıma sahip olan ikinci fay sisteminin en uzun fayı Acıdere Fayı'dır (Sarıkaya 2000, Emre 1996b, Yılmaz vd. 2000) (Şekil 3.2). Emre (1996b) tarafından Dereköy Fayı olarak adlandırılan fay, Gediz Grabeninin güney sınırı boyunca en genç ve ovaya en yakın normal faydır (Alışık 2019).



Şekil 3.1 Gediz Grabeni (Emre vd. 2011).

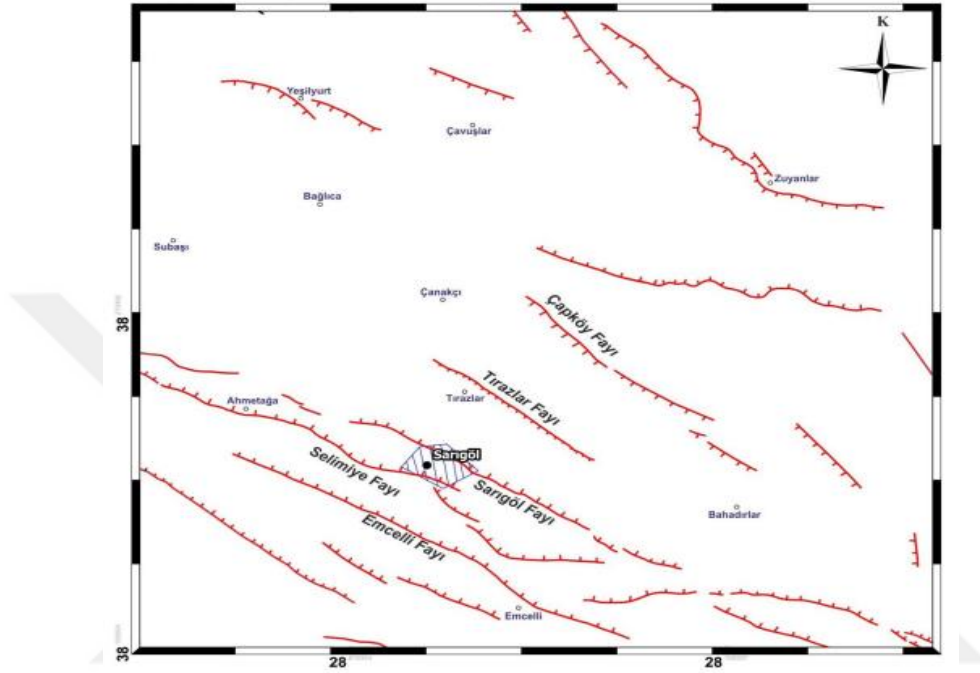


Şekil 3.2 Acidere fayı (Demirtaş vd. 2015).

Son yüzyılda graben içinde Alaşehir merkezli 28.03.1969 tarihinde Mw:6.9 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Seyitoğlu ve Scott 1996, Emre 1996a). Deprem Alaşehir ve çevresinde yaklaşık 36 km boyunca uzanan yüzey kırığı oluşturmuştur (Şekil 3.1). Depremi oluşturduğu faylanma yapısı incelendiğinde eğim atımlı normal fay olduğu görülmektedir. Depremle bu fayın KD bloğu düşmüştür ve depremin oluşturduğu yüzey kırığı kuzeybatıda yer alan Dereköy'den başlayarak, Alaşehir ilçe merkezinden devam etmektedir. Grabenin güneydoğusuna kadar uzanan ucu ise Doğuşlar köyüne ulaşmaktadır (Tepeuğur vd. 2006, Kaygusuz 2021).

Gediz çöküntü alanının doğusunda bulunan deprem bölgesinde son 20 yıldır aktif yüzey

deformasyonları görülmektedir. Alışehir ve yakın çevresinde çöküntü alanını sınırlayan eğim atımlı normal faylar çok belirgin olarak izlenmektedir. Bu faylar güneyde kuzeybatıya eğimli Emcelli, Selimiye ve Sarıgöl faylarıdır. Kuzeydeki faylar ise güneydoğuya eğimli Tırazlar ve Çapköy faylarıdır (Gül 2016) (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 İnceleme alanının tektonik haritası (Gül 2016).

3.1.1 Gediz Grabeni Sıyrılma (Detachment) Fayı (GGSF)

Karadut Fayı üzerinde grabenin güney kenarı boyunca faya paralel veya yarı paralel yüksek açılı normal faylar gelişmiştir. Bu faylar alttaki sıyrılma fayıyla birleşmektedir. Gediz Grabeninin kenar fayı olan düşük eğimli bir normal fay ve D-B uzanımlı 15° - 28° arasında değişen açılarla kuzeye doğru eğimlidir (Alışık 2019). Eğimin yönü Karadut Fayı tavan bloğunun hareket yönünü oluşturmaktadır (Emre 1996a). Yukarıda belirtildiği gibi, düşük açılı Gediz Sıyrılma Fayı Pliyosen öncesi döneme ait bir yapıdır ve günümüzde aktif değildir (Emre ve Sözbilir 1995) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 GGSF'nin Google Earth uydu görüntüsü (Kırmızı çizgiler sıyrılma fayı, sarı çizgiler yüksek açılı normal faylar, mor çizgiler çapraz faylar) (Alışık 2019).

3.1.2 Sarıgöl Fayı

Sarıgöl ilçe merkezinden geçen fay, Alaşehir depreminin oluşturduğu yüzey kırıkları gibi belli doğrultular üzerinde yüzey kırığı oluşturacak şekilde gelişmiştir (Şekil 3.3). Depremle meydana gelen yüzey kırığında yaklaşık 20 cm atım ölçülmüştür (Gül 2016, Poyraz vd. 2016).

Sarıgöl Fayı üzerinde 1969 depremi sonrasında KD bloğu 10-50 cm arasında düşey yönde deformasyonlar meydana gelmeye başlamıştır. Yaklaşık 4 km uzunluktaki yüzey kırıkları üzerinde yer alan aşağı yukarı 80-100 konutta büyük boyutta zararlar görülmüştür. Alaşehir depreminden günümüze gelene kadar yüzey kırıkları boyunca maksimum 40-50 cm civarında düşey ötelenmeler gerçekleşmiştir (Şekil 3.5) (Koca vd. 2011, Gül 2016, Kaygusuz 2021). Var olan yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilen ölçümlerde kırığın ortalama K65B doğrultulu ve KD'ya eğimli olduğu görülmektedir. Kırığın güney bloğu yükselmiş kuzey bloğu ise düşmüştür. Özellikle yerleşim yerindeki yol, bahçe duvarı ve evlerdeki deformasyonlardan gözlenen bu yüzey kırığı doğrultusu boyunca 2.5 km izlenebilmekte, daha ileride ise tarlalarda kaybolmaktadır. Kırıklar genel olarak eğim atımlı normal fay şeklinde gelişmiş olup kırık hattı boyunca

maksimum 60 cm ötelenme görülmektedir (Koca vd. 2011, Gül 2016) (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Sarıgöl ilçe merkezinde, yüzey deformasyonları ve konut hasarları (Gül 2016).

3.1.3 Selimiye Fayı

Selimiye Fayı, en güneyde yer alan Emcelli Fayı ile aynı yönelime sahip birbirine paralel birçok eğim atımlı fayların o bölgede toplanmasıyla oluşmuştur. Asartepe formasyonu içerisinde gelişen Emcelli ile Selimiye fayları arasında 80 m civarında düşey atım meydana gelmiştir. Fayın konumu K65B 45KD'dur (Şekil 3.3). İncelenen fayın güney bloğunda yükselmeler, kuzey bloğunda ise çökmeler görülmüştür. Bu faylanmalara bağlı olarak çevredeki akarsuların K-G ve GB-KD şeklinde boşalım yapmasıyla daha dar ve derin vadiler meydana gelmektedir. Fay 10-15 m derinliğinde bir zon içerisinde, fay zonu ise daha geniş bir zon içerisinde gelişmiştir. Fay boyunca atımın 10-20 m'den büyük olduğu düşünülmektedir (Gül 2016) (Şekil 3.3).

3.1.4 Emcelli Fayı

Grabenin güney sınırını oluşturan eğim atımlı normal faylar jeolojik açıdan aktif fayları

oluşturmaktadır. Emcelli Fayı da KD'ya eğimli normal fay ve aynı zamanda grabenin güney sınır fayıdır (Koca vd. 2011) (Şekil 3.3). K50-70B gidişli bu fay yaklaşık 8 km uzunluğa sahiptir. Fayın güney bloğu yükselmiş kuzey bloğunun ise düşmesi nedeniyle 250-650 m arasında dik bir yükselti oluşturmuştur (Gül 2016).

3.1.5 Tırazlar Fayı

Tırazlar normal fay yapısına sahiptir. Bu fayın GB bloğu K50- 60B arasında değişen bir açıya sahip olup yaklaşık 4 km uzunluğundadır. Tırazlar Fayı'nda aynı verilere rastlanmasına karşılık yanal devamlılığı daha sınırlıdır. Fay KB-GD doğrultulu ve GB'ya eğimlidir. Fayın kuzey bloğu yükselmektedir (Gül 2016).

3.1.6 Çapköy Fayı

Grabenin kuzey kenarında birbirini kesen iki normal fay gözlenmektedir. Bunlardan güneydeki K30B doğrultulu ve 55GB'ya eğimlidir. Diğeri ise hemen kuzeyinde metamorfik kayaların içinde gelişen K40B doğrultulu olan normal faydır. Bu faylar Çapköy Fayı olarak adlandırılmaktadır. Gözlenen fayların tümü Neojen ve sonrası dönemde gelişmiştir (Gül 2016).

Emre vd. (2011, 2018)'ne göre, çalışma alanında bulunan fayların birçoğu aktif (diri) faylar kategorisinde açıklanmaktadır. Bütün fayların meydana getirebileceği maksimum deprem büyüklüğünün kestirimi için büyüklük, kırılma uzunluğu, kırılma genişliği, kırılma alanı ve yer değiştirme gibi parametrelere ihtiyaç vardır. Büyüklükle bağdaştırılan en dikkat çekici detay, kayma tipinin bir fonksiyonunu oluşturan yüzey kırığının uzunluğudur (Wells ve Coppersmith 1994). Emre vd. (2016) tarafından bölgede bulunan fayların meydana getirebileceği maksimum büyüklükler ile Wells ve Coppersmith (1994) tarafından dile getirilen maksimum büyüklük ve yüzey kırığı uzunluğu arasındaki ilişki deneyler aracılığıyla incelenmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Gediz Grabeni içerisinde yer alan faylar ve üretebilecekleri maksimum deprem büyüklükleri (Emre vd. 2016, Duman vd. 2017).

Fay				Uzunluk		Doğrultu		Eğim (Derece)		Derinlik (km)		Büyüklük
Segment	Tip	ID No	AC	(km)	Min	Max	Min	Max	1	2	Est. Mw	
Manisa F	NN	44-7-2	H	45	26	272	333	55	65			6,73
	NN	44-7-1	H	35		1	358	55	65			6,90
Kemalpaşa F	NN	44-6	H	24		267	313	55	70			6,68
Akhisar F	NN	44-16	H	12		297	322	65	70			6,37
Akselendi F	NN	44-15	H	19		90	221	65	70			6,55
Gölmarmara F	NN	44-14	H	18		301	335	65	70	13	14	6,52
Ozanca F	NN	44-13	H	27		295	360	65	70			6,75
	NN	44-13-1	H	11		106	162	65	70			6,23
Halitpaşa F	NN	44-12	H	23		279	325	65	70			6,66
Killik F	NN	44-8	H	50		102	147	60	70			7,10
Köprübaşı FZ	RL	48	H	23		215	237	87	90			6,66
Kiraz F	R	49	Q	13		115	126	70	80			6,33
Selendi F	RL+N	117	H	16		4	67	75	80			6,45
Dagkızılca F	RL	41	H	27		216	239	87	90	13	13	6,75

F: Fay, FZ: Fay Zonu, H: Holosen, RL: Sağ yanal doğrultu atım, NN: Normal, R: Ters; Q: Kuvaterner.

3.2 Çalışma Alanının Depremselliği

Tarihsel ve aletsel dönem depremlerinin iyi bilinmesi, Batı Anadolu'nun tektoniğinin anlaşılması açısından son derece önemlidir. Bu bölge, fay sistemlerine bağlı olarak Anadolu plakasının en aktif deprem bölgelerinden birisidir. Tarihsel depremlerin birçoğu Büyük Menderes, Denizli ve Gediz grabenleri çevresinde yoğunlaşmaktadır (İnt. Kyn. 10).

3.2.1 Tarihsel Dönem Depremleri

Batı Anadolu birçok medeniyete ev sahipliği yapması nedeniyle tarihsel deprem kayıtları günümüze kadar ulaşmıştır. 1900 öncesi tarihsel dönemde yıkıcı depremlerin bölgede etkin olması nedeniyle depremlere ait bilgiler birçok katalogda yer almıştır (Pınar vd. 1952, Ergin vd. 1967, Karnik 1971, Ayhan vd. 1980, Soysal vd. 1981, Gören 2016) (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Salihli-Alaşehir ilçeleri civarında etkili olan tarihsel dönem deprem etkinliği.

Tarih	Konum	Şiddeti
M.Ö 65	Honaz - Denizli	VII
M.Ö 17	Manisa - Sart - Muradiye - Aydın	IX
60	Pamukkale - Honaz - Denizli	IX
494	Denizli	VIII - IX
44	Manisa - Efes	VIII
1595	Turgutlu - Salihli - Manisa	VIII
1651	Honaz - Denizli	VIII
1845	Manisa - İzmir	VIII
1845	Midilli - Manisa	VI
1850	İzmir - Kemalpaşa - Turgutlu	VIII
1850	İzmir - Manisa - Turgutlu - Ödemiş	VIII
1860	Kütahya - Manisa - İzmir	VI
1862	Turgutlu - Manisa	IX
1885	Alaşehir - Manisa	VI
1886	Denizli	VI
1887	Denizli ve Geniş Yöresi	VII

3.2.2 Aletsel Dönem Depremleri

1899 yılından sonra Aletsel Dönem olarak adlandırılan ve günümüze kadar geçen süreyi kapsayan zamanda çalışma alanını etkileyen pek çok deprem olmuştur. Bazı depremler bölgede can kaybı ve maddi hasarlar oluşturmuştur. Büyüklüğü 4 ve üzeri olanlar çizelge 3.3'te gösterilmektedir (İnt. Kyn. 10, KRDAE Deprem Kataloğu) (Şekil 3.8).

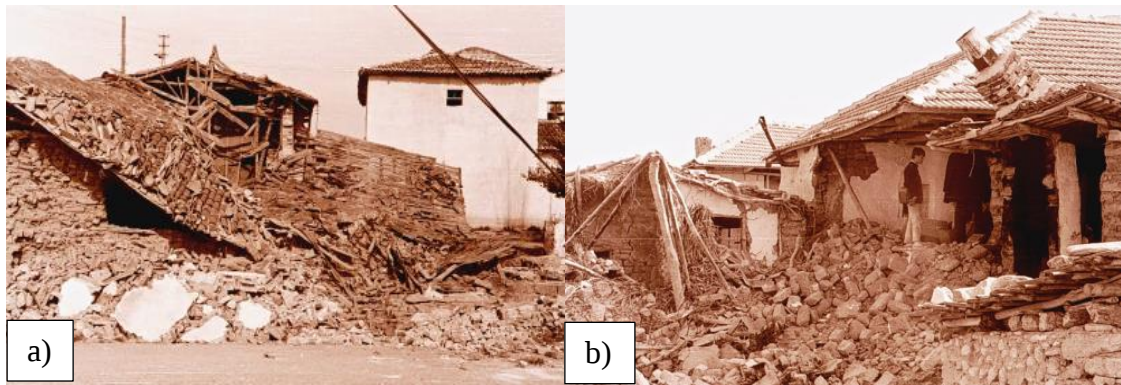
Çizelge 3.3 Batı Anadolu'da meydana gelen bazı depremler.

Tarih	Konum	Büyüklük	Tarih	Konum	Büyüklük
20.09.1899	Menderes	6,9	20.02.1956	Söğüt	6,1
18.12.1901	Ayvalık	5,9	14.09.1962	Balıkesir	4,5
03.10.1914	Burdur	7,0	11.03.1963	Buldan	5,6
18.11.1919	Soma	6,9	22.11.1963	Tefenni	4,6
26.09.1921	Argıthanı	5,9	13.06.1965	Honaz	5,6
20.11.1924	Altıntaş	6,0	25.03.1969	Demirci	6,1
07.08.1925	Dinar	6,0	28.03.1969	Alaşehir	6,5
31.03.1928	Torbalı	6,5	06.04.1969	Karaburun	5,8

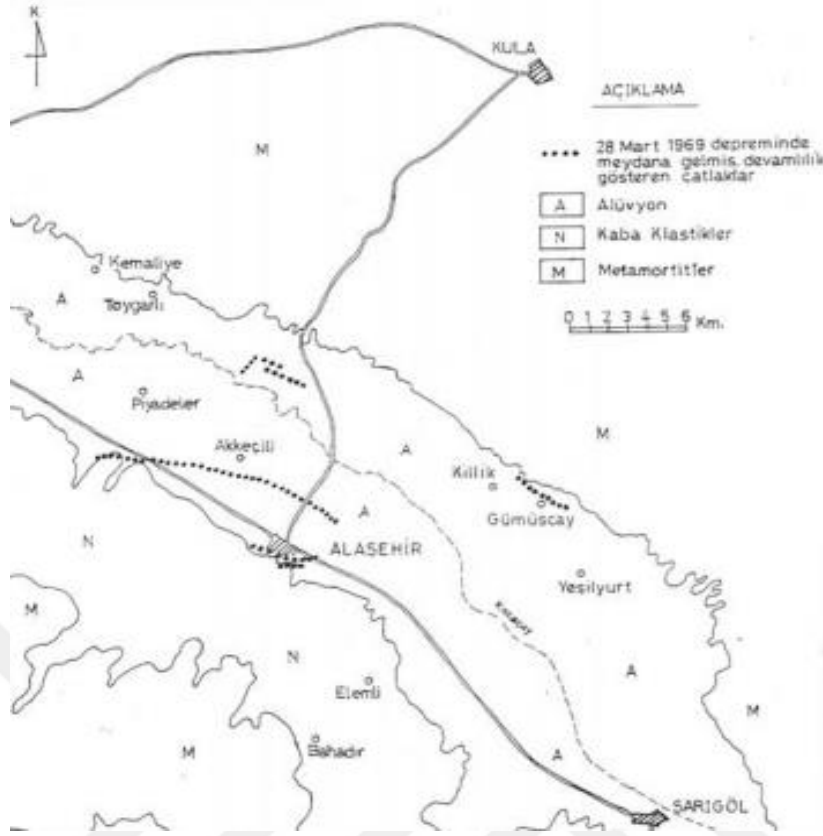
Çizelge 3.3 (Devam) Batı Anadolu’da meydana gelen bazı depremler.

Tarih	Konum	Büyükölük	Tarih	Konum	Büyükölük
31.03.1928	Emet	6,2	28.03.1970	Gediz	7,1
19.07.1933	Çal	5,8	23.02.1971	İvrindi	5,6
22.09.1933	Dikili	6,5	12.05.1971	Burdur	6,2
15.11.1942	Bigadiç	6,2	26.04.1972	Lesvos	4,9
25.06.1944	Şaphane	6,0	01.02.1974	İzmir	5,5
21.02.1946	Algıthanı	5,7	19.08.1976	Denizli	5,0
02.05.1953	Karaburun	5,6	01.10.1995	Dinar	5,9
16.07.1955	Söke	6,7	19.05.2001	Simav	5,9
26.07.2003	Buldan	5,4	17.10.2005	Urla	5,7
29.10.2007	Çameli	5,1	19.05.2011	Simav	5,9
12.09.2016	Akhisar	5,0	21.04.2017	Selendi	5,0
20.03.2019	Acıpayam	5,7	08.08.2019	Bozkurt	5,7
18.02.2020	Kırkağaç	5,2	30.10.2020	Ege Denizi	6,9
22.01.2022	Dursunbey	4,9	04.11.2022	Buca	5,0

Bu tez çalışmasına konu olan Gediz Grabeninde, 28 Mart 1969 tarihinde, Kandilli Rasathanesi kayıtlarına göre merkezi Alaşehir ilçesi olan Ms:6.5 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Yaşanan deprem Alaşehir’den sonra Salihli ve Sarıgöl ilçelerinde de çok şiddetli şekilde hissedilmiş ve büyük boyutta can ve mal kayıpları gerçekleşmiştir. Yıkılan ve ağır hasar alan toplam 4651 tane bina görülürken 50 kişi de hayatını kaybetmiştir (Gören 2016).



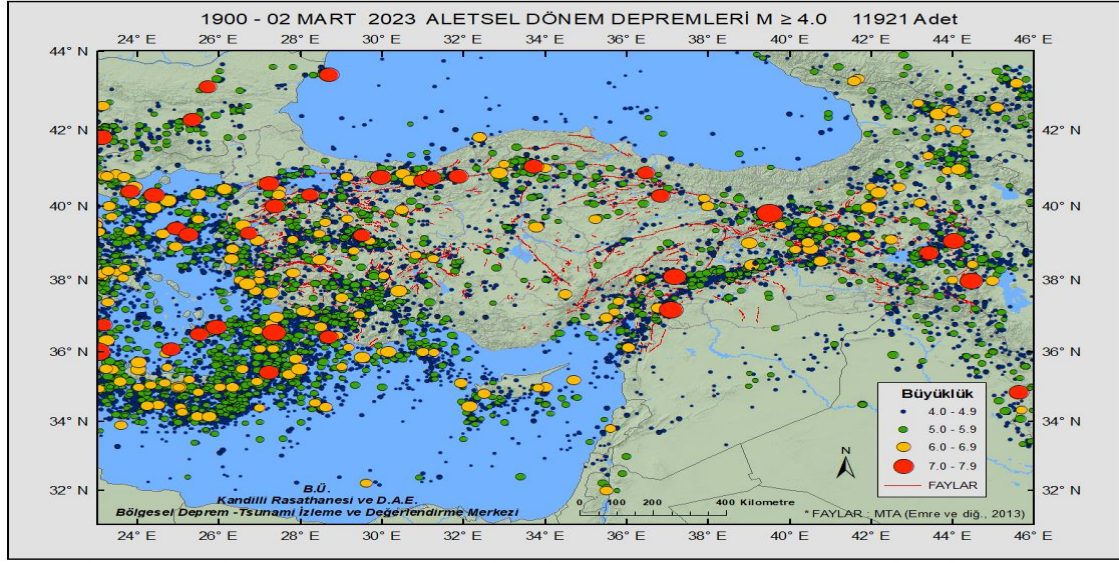
Şekil 3.6 a) Tepeköy’de yıkılan binalar. b) Kemaliye’de batı duvarı yıkılan bina (Gören 2016).



Şekil 3.7 Alaşehir depremi yüzey kırık hatlarını gösteren harita (Arpat ve Bingöl 1969).

Bu depremde birçok mahallede okul, cami ve binalar ağır hasara uğramıştır. Tepeköy de birçok bina yıkılmış ve daha sonra konumu değiştirilerek Tepeköy yeniden kurulmuştur. Diğer yandan Kemaliye taraflarında da zemine bağlı bina yıkılmaları veya köyün altından geçen fay hattına bağlı farklı yönde yıkılma olayları gerçekleşmiştir (Gören 2016) (Şekil 3.6 ve 3.8).

Arpat ve Bingöl (1969) tarafından Gediz Grabeninin güneyinde yer alan Akkeçili ile Piyadeler arasında bir tane ve Alaşehir merkezinde iki tane birbirine paralel kuzeye eğimli normal faylar tespit edilmiştir. Kasaplı ile Tepeköy arasında da üç parça ve Killik ile Gümüşçay çevresinde bir tane güneye eğimli fay görülmüştür. Bu faylar diri fay haritasına da işlenmiştir (Şekil 3.1 ve 3.7).



Şekil 3.8 1900 – 2023 aletsel dönem depremlerini gösteren harita (İnt. Kyn. 6).

istikametinde paralel izleyebilen 47 noktalı bir GNSS ağı oluşturulmuştur. Fay derinliği, fayın atım miktarı ve fay geometrisi gibi parametreler göz önünde bulundurularak noktalar seçilmiştir.

Ağ tasarlanırken zaman ve maliyet yönünden tasarruf edebilmek için nokta tesis etmek yerine bölgenin jeolojik yapısına göre kolay ulaşım sağlanan ve daha önceki haritacılık çalışmaları için pilye olarak tesis edilmiş noktalar tespit edilmiştir. Çalışmada merkezleştirme ve anten yükseklik hatalarını en aza indirebilmek için de pilye tesisleri seçilmiştir. Mevcut pilyelerin istikşafı yapılarak tahrip edilmemiş ve sağlam zemin üzerinde bulunanlar belirlenmiştir. Bu noktalara ait geçmiş ölçüler bölgede GNSS ölçüsü yapan kamu kurumu ve özel sektör temsilcilerinden ulaşılmıştır. Noktalar ile ilgili detaylar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 GNSS ağının ölçü noktaları.

Nokta No	GPS Nokta Adı	İl	İlçe	Enlem	Boylam	Zemin Tesis Türü
1	AKCL	Manisa	Alaşehir	28.48	38.39	Pilye
2	AKHI	Manisa	Akhisar	28.01	38.96	Pilye
3	ALAS	Manisa	Alaşehir	28.51	38.35	Pilye
4	BGCL	Manisa	Sarıgöl	28.67	38.31	Pilye
5	BHDL	Manisa	Sarıgöl	28.77	38.23	Pilye
6	BMTF	Manisa	Kula	28.79	38.42	Pilye
7	BOYA	Manisa	Gördes	28.11	38.82	Pilye
8	BOZM	İzmir	Ödemiş	28.07	38.34	Pilye
9	BRLU	Manisa	Köprübaşı	28.48	38.75	Pilye
10	BSBK	Manisa	Kula	28.69	38.51	Pilye
11	BULD	Denizli	Buldan	28.86	38.02	Pilye
12	CHMM	Manisa	Salihli	28.05	38.45	Pilye
13	CLTL	Manisa	Salihli	28.06	38.47	Pilye
14	CRTK	Manisa	Kula	28.61	38.42	Pilye
15	CYGZ	İzmir	Kiraz	28.29	38.22	Pilye
16	DERE	Manisa	Alaşehir	28.86	38.28	Pilye
17	DGNC	İzmir	Kiraz	28.44	38.20	Pilye
18	DGYF	Manisa	Alaşehir	28.52	38.20	Pilye
19	DMAT	Manisa	Salihli	28.18	38.38	Pilye
20	DRSL	Manisa	Salihli	28.22	38.54	Pilye
21	ELBG	İzmir	Ödemiş	28.09	38.36	Pilye
22	ESME	Uşak	Eşme	28.99	38.50	Pilye
23	GKCO	Manisa	Kula	28.48	38.57	Pilye
24	GOLM	Manisa	Gölmarmara	27.92	38.71	Pilye
25	GOM2	Manisa	Gölmarmara	27.93	38.76	Pilye

Çizelge 4.1 (Devam) GNSS ağıının ölçü noktaları.

Nokta No	GPS Nokta Adı	İl	İlçe	Enlem	Boylam	Zemin Tesis Türü
26	GRLI	Manisa	Alaşehir	28.59	38.25	Pilye
27	GURP	Manisa	Alaşehir	28.43	38.49	Pilye
28	HDLL	Uşak	Eşme	28.82	38.34	Pilye
29	HRZM	Manisa	Alaşehir	28.33	38.38	Pilye
30	KARC	Manisa	Alaşehir	28.56	38.14	Pilye
31	KDAG	Manisa	Alaşehir	28.29	38.34	Pilye
32	KONU	Manisa	Alaşehir	28.58	38.48	Pilye
33	KRDN	Manisa	Salihli	28.26	38.45	Pilye
34	KRPN	Manisa	Salihli	28.12	38.53	Pilye
35	KULA	Manisa	Kula	28.74	38.57	Pilye
36	KZCK	Manisa	Sarıgöl	28.65	38.15	Pilye
37	KZLC	Manisa	Alaşehir	28.48	38.32	Pilye
38	ODM2	İzmir	Ödemiş	28.03	38.20	Pilye
39	PZRK	Manisa	Salihli	28.04	38.57	Pilye
40	SALH	Manisa	Salihli	28.12	38.48	Pilye
41	SRGL	Manisa	Sarıgöl	28.69	38.23	Pilye
42	SRG1	Manisa	Sarıgöl	28.69	38.23	Pilye
43	TMRK	Manisa	Turgutlu	27.73	38.61	Pilye
44	TRAZ	Manisa	Sarıgöl	28.70	38.25	Pilye
45	TRTL	Manisa	Turgutlu	27.76	38.49	Pilye
46	ULUB	Uşak	Ulubey	29.24	38.42	Pilye
47	YNSE	Manisa	Kula	28.50	38.64	Pilye

4.2 GNSS Ölçüleri

4.2.1 Çalışma Alanında Yapılan Eski Çalışmalar

Gül (2016) tarafından Sarıgöl ve çevresindeki tektonik hareketliliği ve depremselliği araştırmak için Gediz Grabeninin doğusunda daha önce tesis edilmiş noktalardan çalışmanın özelliklerine göre 10 nokta seçilmiştir (Çizelge 4.2). Tüm noktalarda 30 sn'lik epoklarla en az 10 saatlik veri kaydı yapılmıştır. Bu GNSS ölçüleri, 2013 ve 2014 yıllarında eş zamanlı olarak 3 gün gerçekleştirilmiştir. GAMIT/GLOBK yazılım takımı kullanılarak GNSS ölçüleri değerlendirilmiş ve tüm noktaların zaman serileriyle birlikte Avrasya plakası sabit hızlarına ulaşılmıştır. Yataydaki hız değerleri incelendiğinde en yüksek hızlar yaklaşık 28 mm/yıl ile BMTF ve DGYF istasyonlarında görülmüştür. Düşeydeki hız değerlerine göre TRAZ istasyonunun -108 mm/yıl ve AKCL istasyonu -34 mm/yıl hareket ettiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre grabenin merkezinde çökmeler meydana gelirken, dışında yükselmeler görülmektedir. Ayrıca grabenin

merkezindeki TRAZ noktasında görülen yanal hareket, grabeni kuzeyden sınırlayan normal faylarda doğrultu atımının varlığını göstermektedir.

Poyraz vd. (2016) tarafından, Gediz Grabeninin doğusunda yer alan yüzey deformasyonunu incelemek için 2013-2015 yılları arasında 3 tane ölçüm yapılmıştır. UDAP-Ç-13-07 no'lu proje kapsamında 2013 yılında çalışma bölgesini doğru tanımlayacak mevcut pilyelerden 10 tane seçilerek bir GNSS ağı oluşturulmuştur (Çizelge 4.2). İlk ölçüm eylül ayında yapılmıştır. Tüm GNSS ölçümleri 30 sn'lik epoklarla eş zamanlı 3 gün ve 10 saat olarak gerçekleştirilmiştir. Bu ölçülerin değerlendirilmesinde yazılım takımı olarak GAMIT/GLOBK seçilmiştir. Bütün istasyonların ilk olarak zaman serileri, sonra da Avrasya plakası sabit kabul edilerek hız değerlerine ulaşılmıştır. Grabenin kuzey ve güney kenarlarındaki BMTF ve DGYF istasyonlarında en yüksek hız değeri yaklaşık 26 mm/yıl elde edilmiştir. Düşeydeki hız değerleri incelendiğinde -13 mm/yıl ile -90 mm/yıl olarak görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre grabenin merkezinde çökmeler meydana gelirken, dışında yükselmeler görülmektedir ve bu sonuçlar Gül (2016) ile de benzerlik göstermektedir. Hız değerlerinden gerilme analizleri yapılarak KD-GB çekmenin, GD-KB sıkışmanın yaşandığı görülmüştür. Burada elde edilen sıkışma ve çekme yönleri Gediz Grabenin tektonik yapısını içermektedir. Gediz Grabeninin güney ve kuzey kenar üzerinde elde edilen yatay ve düşey yer değiştirme değerleri karşılaştırıldığında aktif olan güney kenar üzerinde düşey yer değiştirmelerin daha fazla olduğu görülmüştür (Poyraz vd. 2016).

Çizelge 4.2 Gediz Grabeninin doğu kesiminde Manisa Alaşehir ve Sarıgöl bölgelerinde tesis edilen ve GNSS ölçümü yapılan noktalar (Gül 2016, Poyraz vd. 2016).

Nokta No	GPS Nokta Adı	Enlem	Boylam	Zemin Tesis Türü
1	BMTF	28.786	38.424	Pilye
2	AKCL	28.483	38.393	Pilye
3	BGCL	28.675	38.308	Pilye
4	GRLl	28.588	38.254	Pilye
5	BHDL	28.774	38.232	Pilye
6	TRAZ	28.701	38.250	Pilye
7	CRTK	28.613	38.424	Pilye
8	HDLL	28.821	38.338	Pilye
9	DGYF	28.522	38.203	Pilye
10	ALSE	28.482	38.314	Pilye

UDAP-Ç-13-07 no'lu proje ve TÜBİTAK 113Y526 no'lu proje kapsamında 2013 yılında bir GNSS ağı oluşturulmuştur (Poyraz vd. 2016). Bu GNSS ağı bölgedeki fayları kuzey – güney doğrultusunda dik ve doğu – batı doğrultusunda paralel izleyebilen 10 noktanın etrafında şekillenmiştir. Projeler doğrultusunda ilk ölçü 2013 yılında olmak üzere sırayla 2014 ve 2015 yıllarında da ölçüler gerçekleştirilmiştir.

Umutlu (2019) yaptığı çalışmada, yukarıda bahsedilen projelerde kullanılan noktalara 2017 yılında 6 nokta ilave ederek 16 noktalı GNSS ağı oluşturmuştur. Yeni oluşturulan GNSS ağında 2017 ve 2018 yıllarında 2 ölçüm gerçekleştirilmiş ve 5 kampanya ölçü verileri elde edilmiştir. Ölçülerde faz başlangıç belirsizliklerinin hassas modellenebilmesi için GNSS alıcılarıyla 15 sn'lik epoklarla en az 8 saatlik veri kaydı yapılmıştır. Tüm ölçülerin değerlendirilmesinde GAMIT/GLOBK yazılım takımı kullanılarak noktaların Avrasya plakası referans alınarak hızları elde edilmiştir. Zaman serileri incelendiğinde grabenin içerisinde yer alan TRAZ ve AKCL istasyonlarında, yıllardır bölgede devam eden asismik yüzey deformasyonları açıkça görülmüştür. TRAZ noktasında 108 mm/yıl ve AKCL istasyonunda 15 mm/yıl değerinde düşey yer değiştirme gerçekleşmiştir. Tüm noktalardaki bu değerlerden gerinim alanları hesaplandığında bölgede bir açılma rejiminin aktif olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3 GNSS ağının ölçü noktaları (Umutlu 2019).

Nokta No	GPS Nokta Adı	Enlem	Boylam	Zemin Tesis Türü
1	BMTF	28.786	38.424	Pilye
2	AKCL	28.483	38.393	Pilye
3	BGCL	28.675	38.308	Pilye
4	GRLL	28.588	38.254	Pilye
5	BHDL	28.774	38.232	Pilye
6	TRAZ	28.701	38.250	Pilye
7	CRTK	28.613	38.424	Pilye
8	HDLL	28.821	38.338	Pilye
9	DGYF	28.522	38.203	Pilye
10	ALSE	28.482	38.314	Pilye
11	ESME	28.993	38.505	Pilye
12	GKCO	28.484	38.566	Pilye
13	HRZM	28.329	38.382	Pilye
14	KRDN	28.259	38.451	Pilye
15	KRPN	28.120	38.531	Pilye
16	SRGL	28.695	38.232	Pilye

4.2.2 GNSS Ölçüleri

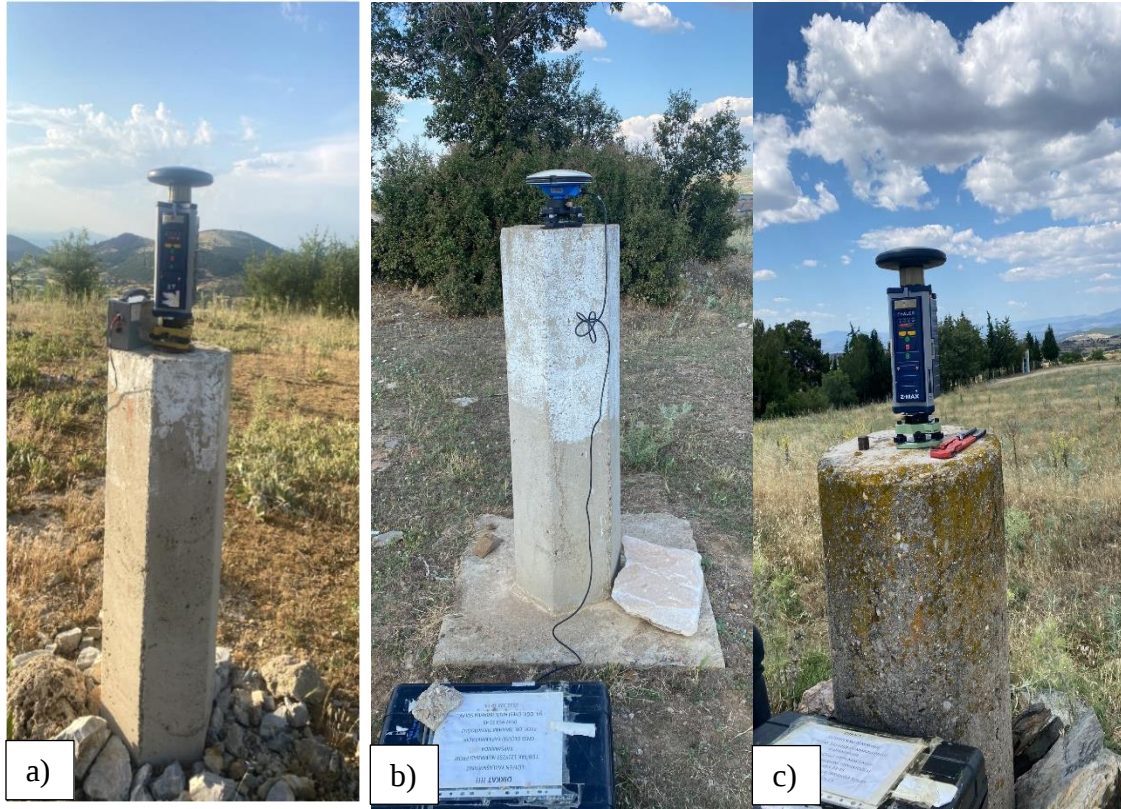
Oluşturulan GNSS ağına 47 noktada önceki çalışmalarda gerçekleştirilmiş olan en az 1 kampanya GNSS ölçüsü bulunmaktadır. Ağda yer alan istasyonların 2003-2020 yılları arasındaki mevcut ölçüleri çeşitli kurum, proje ve çalışmalardan sağlanmıştır. Bundan sonra bu GNSS ağına 2021-2022 yıllarında 2 kampanya ölçü gerçekleştirilmiştir. Tüm ölçümler en az 8 saatlik eş zamanlı olarak 2 gün şeklinde yapılmıştır. Ölçü kampanyalarında faz başlangıç belirsizliklerinin hassas modellenebilmesi için GNSS alıcıları 15 sn'lik epoklarla veri kaydı gerçekleştirilmiştir. GNSS ağına ait ölçü zaman çizelgesi de aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 GNSS ölçü zaman çizelgesi.

Nokta No	GPS Nokta Adı	İlçe	Enlem	Boylam	2003-2020	2021	2022
1	AKCL	Alaşehir	28.48	38.39	X		
2	AKHI	Akhisar	28.01	38.96	X		
3	ALAS	Alaşehir	28.51	38.35	X	X	
4	BGCL	Sarıgöl	28.67	38.31	X		X
5	BHDL	Sarıgöl	28.77	38.23	X		X
6	BMTF	Kula	28.79	38.42	X		X
7	BOYA	Gördes	28.11	38.82	X		
8	BOZM	Ödemiş	28.07	38.34			X
9	BRLU	Köprübaşı	28.48	38.75	X		X
10	BSBK	Kula	28.69	38.51	X		X
11	BULD	Buldan	28.86	38.02	X	X	
12	CHMM	Salihli	28.05	38.45	X		X
13	CLTL	Salihli	28.06	38.47	X		X
14	CRTK	Kula	28.61	38.42	X		X
15	CYGZ	Kiraz	28.29	38.22	X	X	X
16	DERE	Alaşehir	28.86	38.28	X		X
17	DGNC	Kiraz	28.44	38.20	X	X	X
18	DGYF	Alaşehir	28.52	38.20	X		X
19	DMAT	Salihli	28.18	38.38	X		X
20	DRSL	Salihli	28.22	38.54	X		
21	ELBG	Ödemiş	28.09	38.36	X		X
22	ESME	Eşme	28.99	38.50	X	X	
23	GKCO	Kula	28.48	38.57	X		X
24	GOLM	Gölmarmara	27.92	38.71	X	X	
25	GOM2	Gölmarmara	27.93	38.76	X		
26	GRLI	Alaşehir	28.59	38.25	X		
27	GURP	Manisa	28.43	38.49			X
28	HDLL	Uşak	28.82	38.34	X	X	X

Çizelge 4.4 (Devam) GNSS ölçü zaman çizelgesi.

Nokta No	GPS Nokta Adı	İlçe	Enlem	Boylam	Eski Ölçü	2021	2022
29	HRZM	Manisa	28.33	38.38	X		X
30	KARC	Alaşehir	28.56	38.14	X		X
31	KDAG	Alaşehir	28.29	38.34	X		X
32	KONU	Alaşehir	28.58	38.48	X		X
33	KRDN	Salihli	28.26	38.45	X		X
34	KRPN	Salihli	28.12	38.53	X		X
35	KULA	Kula	28.74	38.57	X		
36	KZCK	Sarıgöl	28.65	38.15	X	X	
37	KZLC	Alaşehir	28.48	38.32	X		
38	ODM2	Ödemiş	28.03	38.20	X	X	
39	PZRK	Salihli	28.04	38.57	X		X
40	SALH	Salihli	28.12	38.48	X		X
41	SRGL	Sarıgöl	28.69	38.23	X		
42	SRG1	Sarıgöl	28.69	38.23	X		X
43	TMRK	Turgutlu	27.73	38.61	X		
44	TRAZ	Sarıgöl	28.70	38.25	X		X
45	TRTL	Turgutlu	27.76	38.49	X		
46	ULUB	Ulubey	29.24	38.42	X		X
47	YNSE	Kula	28.50	38.64	X		X



Şekil 4.2 a) GKCO, b) BSBK, c) YNSE noktaları.

4.3 GNSS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada GNSS değerlendirmeleri GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla yapılmıştır. Bu program Massachussets Teknoloji Entitüsü (MIT) tarafından geliştirilmiş ve açık kaynak olarak yazılmıştır. Bu yazılımın GAMIT bölümünde gözlem yapılan noktalarına ilişkin koordinatlarının hesaplanması ve uydu yörüngelerine ilişkin parametrelerin kestirimleri gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte atmosferde etkileri ve saat hataları çözümlenmesi içinde kod ve faz gözlemlerinin verileri de işlenmektedir. GLOBK yazılımı ise, birincil gözlemlerin analizinden üretilen verileri Kalman Filtresi uygulayarak hız kestirimi yapan bir yazılımdır (İnt. Kyn. 7).

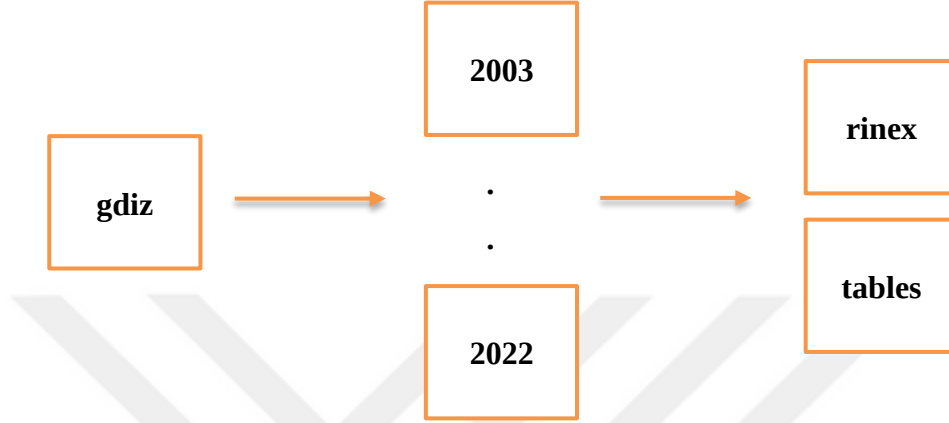
Bu yazılım takımı, farklı marka ve modeldeki alıcılardan elde edilen ham verileri RINEX (The Receiver Independent Exchange Format) formatına çevrilmesiyle elde edilen verileri değerlendirmektedir. Bu çalışmada değerlendirme aşamasında ihtiyaç duyulan bütün veriler RINEX format isim yapıları, kampanya yıllarına ve GNSS nokta isimlerine göre yeniden ayarlanmıştır.

4.3.1 GAMIT ile Verilerin Değerlendirilmesi

RINEX formatına dönüşümü yapılan verilerin, GAMIT modülü ile değerlendirilmesi genel olarak üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar hazırlık, değerlendirme, kontrol ve sonuç aşamaları şeklinde gruplanmaktadır. Hazırlık aşamasında ilk olarak; GAMIT modülünün çalışma ilkesine göre bir klasör ağı meydana gelmektedir. Bu ağı oluşturan en dış klasöre dört karakterden oluşan ve “gdiz” şeklinde bir proje adı konmaktadır (Solak 2015). Oluşturulan klasör bütün işlemlerin yapıldığı, girdi ve çıktı klasörleri içine alacak olan ana klasördür.

Ana klasör içerisinde GNSS ölçülerinin gerçekleştiği yıllar için birer tane yıl klasörü oluşturulur. Ayrı ayrı oluşturulan yıl klasörünün içerisinde de “rinex” adında birer klasör açılır. Bu klasör içerisine, ölçü yıllarına göre değerlendirmede kullanılacak olan verilerin RINEX formatları yerleştirilmelidir. GAMIT modülünde GNSS verilerinin değerlendirilebilmesi için gereksinim duyduğu (standart girdi dosyalarının) “tables”

klasörünün de rinex klasörü ile birlikte her yıl klasörü içerisinde yer alması gerekmektedir. Yıl klasörleri içerisinde açılan terminalde sh_setup -yr YILADI komutunun çalıştırılması ile tables klasörü otomatik meydana gelmektedir. GAMIT yazılımı değerlendirme yapısı aşağıda verilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 GAMIT yazılımı değerlendirme klasör yapısı örneği.

Tables içerisinde verilerin değerlendirilmesinde ihtiyaç duyulan; anten faz merkezleri, jeodezik datum parametreleri, alıcı ve anten özellikleri, ay efemeris tablosu, nütasyon, yer ve güneş efemerisi bilgileri bulunmaktadır. Diğer yandan IGS (International GNSS Service) noktalarına ait alıcı ve anten bilgileri gibi pek çok girdi dosyaları yine bu klasörde bulunmaktadır. Bu klasör içerisinde yer alan station.info, sites.defaults, lfile, process defaults ve sestbl. dosyalarındaki gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.

“station.info” dosyası çalışmada düzenlenmesi gereken en önemli yapıdır. İçerisinde ölçü yapılan noktaların isim, tarih, saat, alıcı ve anten bilgilerinin tekrardan girilip ayarlamaları yapılmaktadır. Oluşturulan GNSS ağını, global bir ağ ile birleştirmek ve mm duyarlılığındaki IGS istasyonları konumlarından yararlanarak, daha duyarlı çözümlere ulaşabilmek için stabilizasyon (IGS) noktalarının bulunduğu “sites.defaults” klasöründe çözümleme sırasında gerekli olan IGS istasyonlarının tespit edilerek gerekli ayarlamalar yapılmalıdır.

Verilerin değerlendirilmesi sırasında GAMIT, bu istasyonların günlük nokta koordinatları, noktalar için atmosferik gecikmeler ve yörünge bilgilerine ulaşarak, rinex

dosyası içerisine otomatik olarak yazmaktadır. Bu araştırma için gerekli olan “sites.defaults” dosyası ayarlanarak, çözümlemede kullanılan 26 tane IGS istasyonu aşağıda verilmiştir (Eyübagil 2020) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5 Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.

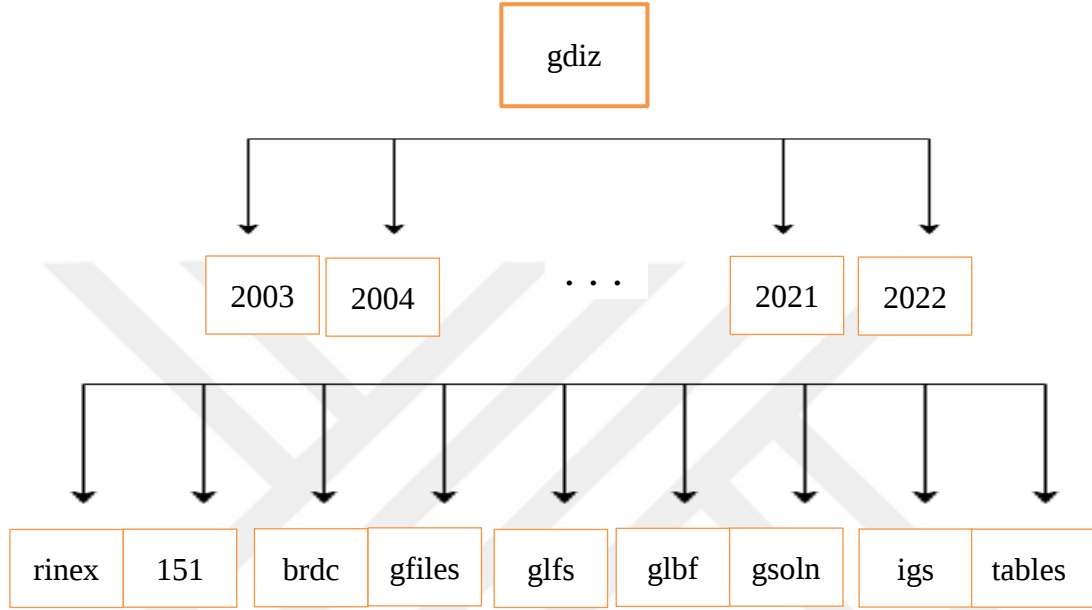
Nokta Adı	Ülke	Şehir	Nokta Adı	Ülke	Şehir
ADIS	Ethiopia	Adis Ababa	KUWT	Kuveyt	Kuveyt
ANKR	Türkiye	Ankara	MATE	İtalya	Basılıcata
BAHR	Bahreyn	Manama	NICO	Kıbrıs	Lefkoşa
BAKU	Azerbaycan	Bakü	NOT1	İtalya	Sicilya
BOR1	Polonya	Wielkopolska	NSSP	Ermenistan	Yerevera
BUCU	Romanya	Bükreş	ONSA	İsveç	Onsala
CRAO	Ukrayna	Simeiz	POLV	Ukrayna	Poltava
DRAG	İsrail	Metzoki	POTS	Almanya	Brandenburg
GLSV	Ukrayna	Kiev	RAMO	İsrail	Ramon
GRAS	Fransa	Maritimes	SOFI	Bulgaristan	Sofya
GRAZ	Avusturya	Graz	TUBI	Türkiye	Gebze
ISTA	Türkiye	İstanbul	VILL	İspanya	Madrid
KOSG	Hollanda	Kootwijk	ZECK	Rusya	Zelenchukskaya

Başlangıçtaki koordinat bilgilerinin bulunduğu “lfile.” dosyasının gözden geçirilmesi ve ölçüsü gerçekleştirilen noktaların başlangıca ait koordinat bilgilerinin klasör içerisinde bulunması gerekmektedir. Dosya içerisindeki denetimler yapılarak, ölçü istasyonlarına ilişkin başlangıç koordinatları için gerekli düzeltmeler gerçekleştirilmiştir (Eyübagil 2020).

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında belirlenecek girdi ve çıktı veri dosyalarını düzenlemek ve proses sonuç dosyalarının istenilen mail adresine gönderimini sağlamak için “process.defaults” dosyasında gerekli düzenlemelerin yapılması gereklidir. Bu dosya içerisinde olması gereken düzenlemeler gerçekleştirilerek, kontrol kısmına ait tüm komutların bulunduğu “sestbl.” dosyası düzenlenmiştir. Bu şekilde hazırlık aşamasına ait bütün şartlar gerçekleştirilmiştir. Sestbl. dosyası, değerlendirme sırasında ihtiyaç duyulan verilerin çözüm stratejilerinin düzenlendiği dosyadır (Eyübagil 2020).

Hazırlık aşamasının sona ermesi ile “sh_gamit” komutu işletilir ve değerlendirme

gerçekleştirilir. GAMIT ile verilerin değerlendirilmesi, manuel olarak gerçekleştirilebileceği gibi otomatik olarak da uygulanabilmektedir. Bu komut ile verilerin işlenmesi otomatik gerçekleştirilmiştir. GAMIT çalışma klasör olan “gdiz” dosyası içerisindeki yıl klasörlerinin hepsinde tek tek terminal açılarak, komut satırında “sh_gamit” komutu çalıştırılmasıyla verilerin işlenmesi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.4 Değerlendirme sonrası oluşan ana klasör yapısı örneği.

Değerlendirme aşamasının da sona ermesi ile her bir yıl klasörü içerisinde; brdc, gfiles, glfs, glbf, gsoln, igs ve GNSS ölçülerine ilişkin gün klasörleri meydana gelmektedir. Şekil 4.4’te değerlendirme sonucunda oluşan klasör yapısı gösterilmektedir.

GAMIT ile değerlendirilen GNSS verilerinin incelenmesindeki son adım, kontrol ve sonuç bölümüdür. Elde edilen yeni klasör yapısında gün klasörleri içerisinde, değerlendirmede ulaşılan sonuç dosyaları meydana gelmektedir. Elimizdeki sonuç dosyalarında hiçbir şekilde hata olmaması için denetimin dikkatlice gerçekleştirilmesi gereklidir. Kontrol aşamasında oluşan gün klasörü içerisinde bulunan “qxxxxa.ddd” kontrol dosyası incelenmektedir. Bu kontrol dosyasında “xxxx” çalışma klasör adını, “ddd” ise GNSS ölçüm yılın hangi gününe ait olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmadan yılın 151. günü için kontrol dosyası, “qgdiza.151” şeklinde ifade edilmektedir. Dosya içerisinde yer alan en son satırda, postfit.nrms değeri

normlandırılmış karesel ortalama hata (NRMS – Normalized Root Mean Square) değeri 0.15'ten büyük 0.25'ten küçük olması gerekmektedir. Değerlendirme aşamasında ulaşılan bu değer, istenilen şartlarda ise oluşturulan model doğru ve ölçü noise seviyeleri kabul görmektedir (Dönmez 2018). Bu dosyada nrms bilgisi yanında istasyon koordinatları, yer dönüş parametreleri ve uydu yörünge bilgileri sınırlamaları da görünmektedir (Herring vd. 2009, Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012).

Kontrol aşamasından sonra GNSS ölçüsü yapılan noktaların, aynı yıla ait farklı günlerin zaman serilerinin (günlük ve yıllık tekrarlılık) oluşturulması gerekmektedir. Bu zaman serilerinin oluşturulması için, “sh_gfred” komutu çalıştırılmıştır. Bu işlem sonucunda, “gsoln” klasörleri içerisinde ölçü günleri kadar glr, org, ve prt uzantılı dosyalar oluşmaktadır. Bununla birlikte bu komut ile GLOBK modülünde ihtiyaç olan “h” dosyaları oluşturulmuştur. Komut başlatılarak, Gediz GNSS ağında yer alan noktaların günlük tekrarlılık grafikleri (zaman serileri) üretilmiştir. Bu tekrarlılık grafikleri genel olarak ardışık günlerde yapılan ölçülerdeki merkezleştirme hatası vb. hataların tespitinde önemli rol oynar. Grafiklerde karşılaşılan bir kaba hata olması durumunda, o güne veya o noktaya ait çözümler yinelenebilir ya da doğruluğundan şüphe duyulan çözüm uygulamadan atılabilmektedir (Tiryakioğlu 2012, Eyübagil 2020).

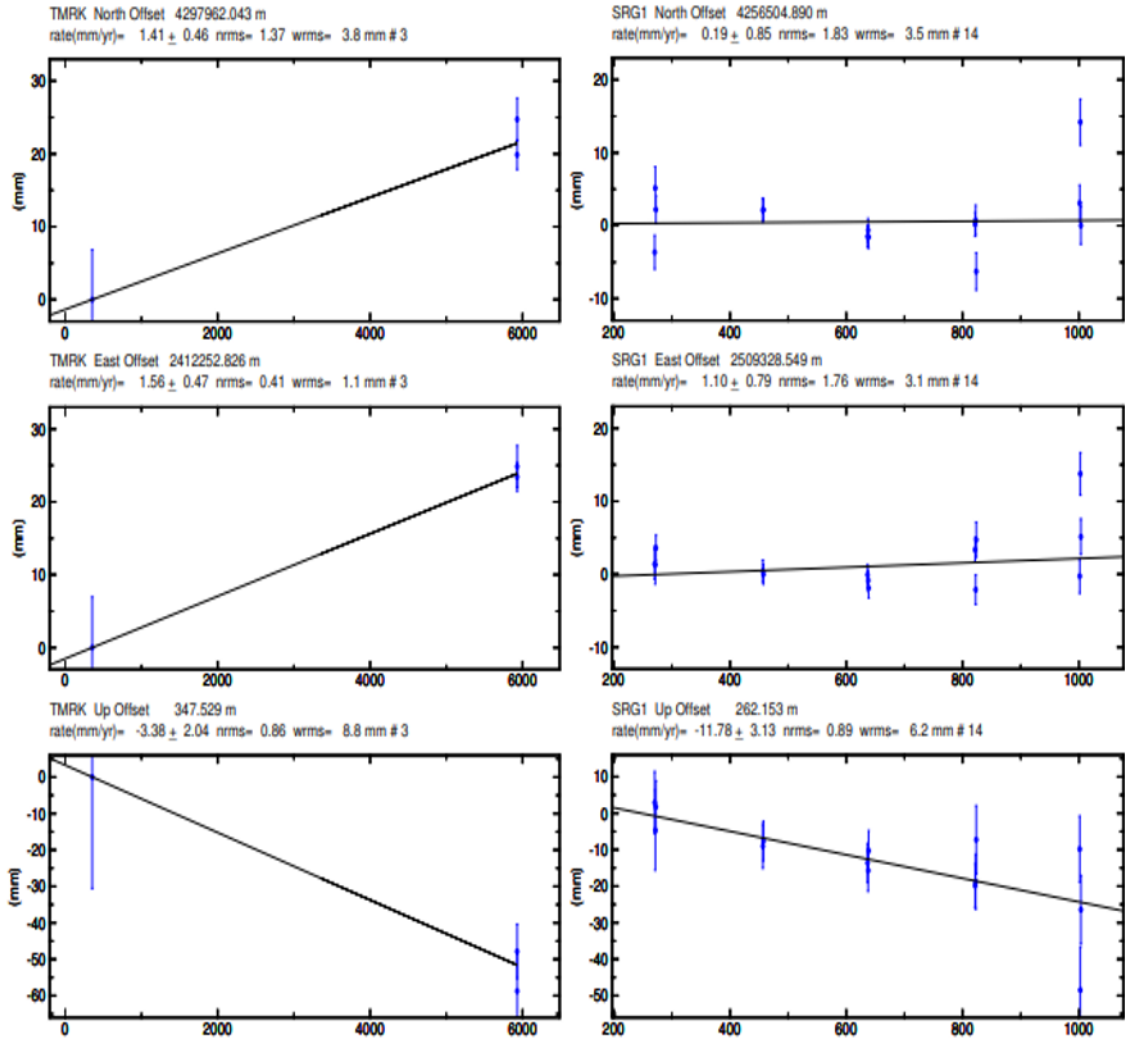
4.3.2 GLOBK ile Verilerin Değerlendirilmesi

GLOBK modülü genel olarak plaka hareketlerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte Kalman Filtrelemesi kullanarak konumun zaman bağlı değişimlerini modellemektedir. Genel olarak Kalman Filtresi elde edilen koordinatları kullanarak kurmuş olduğu modelde gelecek verileri kestirmektedir. Eldeki veri miktarı fazlalığı modelin tahmin gücünü arttırmaktadır (Dong vd. 1998).

GLOBK modülü ile uzun dönem zaman serileri de üretilmektedir. Özellikle Sabit GNSS istasyonlarının zaman serileri ile uzun dönemdeki hareketler modellenerek, tektonik hareketler için önemli bilgiler elde edilebilmektedir (Eyübagil 2020).

Zaman serisi grafiklerini çizdirmek için, ana klasör “gdiz” içerisinde çözümlerin yer

alacağı “vsoln” klasörü oluşturulmuştur. Bu klasör içerisinde, “sh_plotcd” komutu ile zaman serileri üretilir. Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları ve ölçü yapılan istasyonlara ilişkin uzun dönem zaman serileri tek tek incelenmiş, herhangi bir kaba hataya rastlanmamıştır. Bu çalışmada ölçü yapılan TMRK ve SRG1 noktasına ait uzun dönem zaman serisi aşağıda verilmiştir (Şekil 4.5).

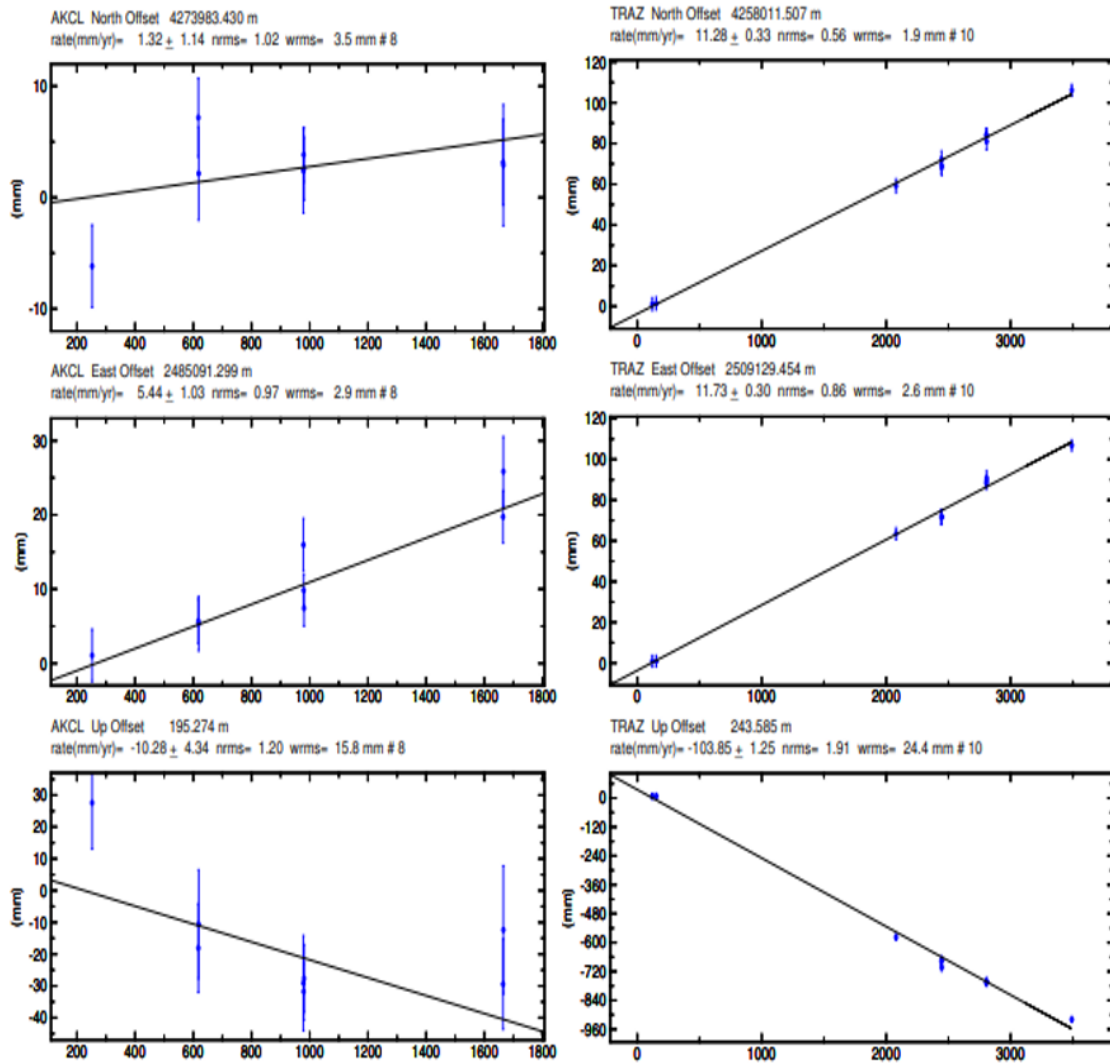


Şekil 4.5 TMRK ve SRG1 noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri.

4.3.2.1 Çalışma Bölgesinin Hız Alanının Belirlenmesi

GAMIT yazılımı ile değerlendirilen ölçülerden elde edilen koordinatlar kullanılarak GLOBK ile hız değerlerine ulaşılmaktadır. Bu hızın doğruluğu için IGS istasyonları kullanılarak yapılan stabilizasyon çalışmaları önemlidir. Oluşturulan GNSS ağını global

gözlenmiştir. TRAZ ve AKCL noktaları Alaşehir Grabeni üzerinde yer almaktadır. Umutlu (2019) ve Poyraz vd. (2016)'nin yapmış oldukları değerlendirmelerde belirtildiği gibi bu noktalar deformasyon zonu içerisinde kalmaktadır. Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görüldüğü gibi TRAZ istasyonunda yaklaşık 103 mm/yıl düşey yer değiştirme olduğu görülmektedir. Aynı şekilde AKCL noktası da Alaşehir Grabeni üzerinde yer alıp 10 mm/yıl ve BGCL noktasında 49 mm/yıl yer değiştirme göze çarpmaktadır. Bu değerlere göre buradaki noktalar uygulamanın devamında kullanılmayacaktır.



Şekil 4.7 AKCL ve TRAZ noktalarının yıllık tekrarlılık grafikleri.

4.4 Gerilme ve Gerinim Analizi

Gerilme (stres), birim alana denk gelen yük miktarı olarak tanımlanabilir. Bu kavram,

katı maddelerin karşı koyma ve direnç göstermeleri üzerine ortaya çıkmıştır. Gerilmenin birimi Strain (s)'dir. Bir maddeye isabet eden dış kuvvetlerin neticesinde doğan direnme, karşı durma gibi tepkiler; kuvvetlerin yönüne ve uygulanan alanın bölümlerine göre farklı gruplarda incelenmektedir. Hesaplanarak ulaşılabilen gerilmeler, uygulanan kuvvetlerin çeşitliliğine göre maddelerde farklı şekillerde gözlemlenebilen şekil değişimleri oluşturmaktadır (Poyraz 2009).

Gerinim (strain) ise gerilmelerin oluşturduğu birim alanda görülen yer değiştirmeler şeklinde ifade edilmektedir. Başka bir tabirle, maddenin birim yüzeyinde gerilme karşı ortaya çıkan biçim ve hacim değişmesi, birim deformasyondur (Poyraz ve Aydın 2009). Gerinimler, kuvvetin etkisiyle görülen değişimin, orijinal boyutlara bölünmesi ile ulaşılan büyüklükle ifade edilmektedir. Bu nedenle gerilme ve gerinim arasında ilişki bulunmaktadır. Maddeye etki eden kuvvetin bir büyüklük ve yöne sahip olması gerilmeler için en önemli özelliktir. Kuvvetin yönüne göre de görülen gerinimler vektörel büyüklüklerdir (Poyraz 2009).

Yer değiştirme, aynı nokta için farklı zaman dilimlerinde elde edilen kartezyen koordinatları arasındaki ayırım anlamına gelebilmektedir. Zaman dilimlerine göre konum değişiklikleri izlenerek, değişim gösteren bir madde veya yerin orijinali arasındaki bağlantı (gerinim alanı) temelde afin dönüşümü ile gerçekleştirilmektedir (Welsch 1981). Deformasyonları, değişimleri en uygun şekilde ortaya çıkaracak noktalar seçilerek inceleme yapılmalıdır. Doğruya yakın sonuç elde edebilmek için de gerinim alanının homojen olduğu varsayılır (Doğan 2002).

GNSS verilerinin değerlendirilmesiyle ulaşılan hızlar ile gerinim parametreleri arasındaki bağıntı (4.1) formülünde izah edilmektedir (Turcotte ve Schubert 1982, Aktuğ 2017).

$$u = Lx + \dot{t} \quad (4.1)$$

(4.1) formülünde u = noktalara ait hızları, $\dot{t}$ = öteleme hızlarını, x = konum vektörünü ve L = katı blok dönme hareketlerini (dönüklüklerini) açıklamaktadır. Katı blok

dönüklükleri, ($\dot{\omega}$) gerinim parametrelerinin yıllık değişiminden ($\dot{\epsilon}$) meydana gelen hız gradyent (deformasyon) tensörüdür. Bu açıklamalara göre L deformasyon tensörü (4.2) formülü ile

$$L = \dot{\epsilon} + \dot{\omega} \quad (4.2)$$

ifade edilebilmektedir (Feigl 1990, Baysal vd. 2010, Aktuğ 2017, Dönmez 2018, Eyübagil 2020). Gerinim parametreleri (tensörü) = $\dot{\epsilon}$ ile dönme tensörü = $\dot{\omega}$ arasındaki bağıntı ise (4.3) ve (4.4) formülleri ile

$$\dot{\omega}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), i \neq j, \dot{\omega}_{ii} = 0, i = j \quad (4.3)$$

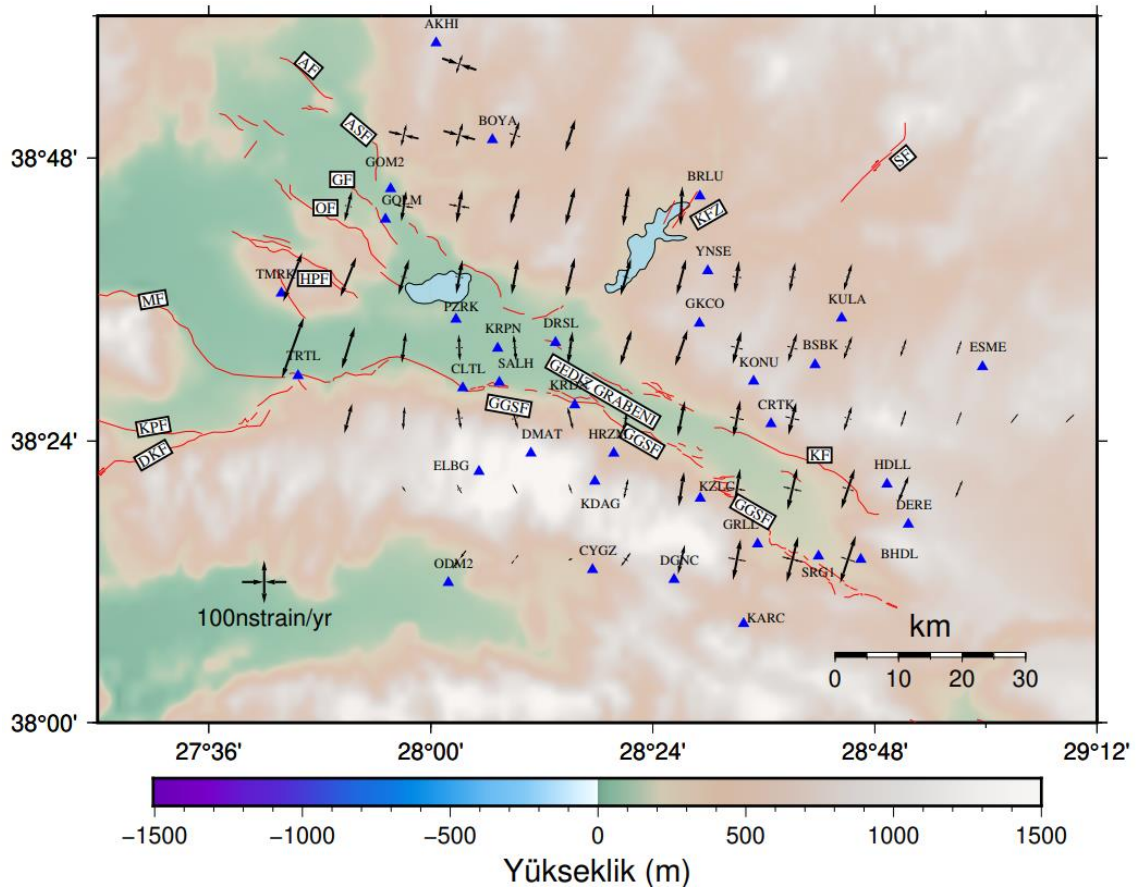
$$\dot{\epsilon}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (4.4)$$

açıklanabilmektedir (Turcotte ve Schubert 1982, Aktuğ 2017, Dönmez 2018, Eyübagil 2020). Burada gösterilen kısmi türevler kuzey ve doğu yönlerindeki konum değişimlerine ait değerlere tekabül etmektedir. Kovaryans ağırlıklandırılmalı bir metot uygulanarak, GNSS hızlarından gerinim hızlarına ulaşılmaktadır (Shen vd. 1996).

4.4.1 Çalışma Bölgesinin Gerinim Alanı

Bölgedeki GNSS ölçülerinin değerlendirilmesi ile ulaşılan hız alanı yardımıyla Geodsuit yazılımı kullanılarak gerinim analizi yapılmaktadır. Çalışma bölgesi 0.1 x 0.1 derecelik gridlere bölünerek her grid köşesine ait gerinim alanları belirlenmiştir. Gerinim analizini incelenecek ölçülerin durumuna göre 2 boyutlu veya 3 boyutlu gerçekleştirme imkânı bulunmaktadır. Fakat diğer kısımlarda açıklanan tekrarlılık grafiklerinde de belirtildiği şekilde GNSS teknolojisinde yükseklik bileşenin de henüz yüksek doğruluğun elde edilememesi nedeniyle GNSS ölçüleri ile gerçekleştirilen 3 boyutlu bir gerinim analizinde yükseklik bileşeninin hatası diğer bileşenlere de tesir edeceği için bu çalışmada gerinim analizi 2 boyutlu olarak gerçekleştirilmiştir (Solak 2020). Bu sonuçlardan ulaşılan gerinim alanı Şekil 4.8’de gösterilmektedir.

Gerinim verileri noktaların hızları ve doğrulukları kullanılarak iterasyon sonucu belirlenmektedir. Bunun sonucunda ulaşılmakta olan gerinim miktarları nokta dağılımı ve noktalar arası mesafe ile doğrudan ilişkilidir. Nokta yoğunluğunun fay üzerinde ve yakın çevresindeki artışı gerinim alanlarını daha anlamlı kılacaktır (Solak 2020). Bu çalışmada GGSF ve çevresindeki noktaların konumları ve doğrulukları, çalışma alanı için gerinim değerlerini ve bunun devamında ulaşılan sonuçları anlamlı kılacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.8 Çalışma bölgesine ait gerinim alanı.

Gerinim alanı değerlendirildiğinde genel olarak çalışma bölgesinde açılma rejiminin egemen olduğu göze çarpmaktadır. Özellikle Grabenin içerisinde açılma bileşeni en büyük seviyededir. Şekil 4.8 incelendiğinde açılma bileşenlerinin 100 ns/yıl olduğu görülmektedir. En küçük açılmalar Grabenin güneybatı ve doğu kısımlarında göze çarpmaktadır. ODM2 ve CYGZ noktaları da Küçük Menderes Grabeni içinde

kalmaktadır.

Grabenin kuzeydoğusunda yer alan YNSE, GKCO, KULA, BSBK, CRTK, HDLL, DERE ve ESME istasyonlarının birbirleriyle uyumlu hareket ettiği görülmektedir. Grabenin içerisinde bulunan istasyonlara göre daha küçük derecede KKD-GGB yönlü açılmalar görülürken, BKB-DGD yönlü sıkışmalar da göze çarpmaktadır.

Kuzeybatıda bulunan GOM2, GOLM ve TMRK istasyonlarında güneye doğru indikçe bunların hızlarındaki farklılık artmaktadır. Bu istasyonların arasında kalan Halitpaşa, Ozanca ve Gölarmara faylarının aktif faylar olarak çalıştığı dikkat çekmektedir.

Gediz Grabeni içerisindeki deformasyon zonu içinde kalan noktalar (AKCL-TRAZ-BGCL) çıkartıldıktan sonra geriye kalan noktalar (BHDL-DRSL-SALH-KRPN-KRDN-PZRK), graben içinde doğudan batıya doğru kuzey yönünde hızlanmayı göstermektedir.

Sıyrılma fayının en batısındaki fayların hemen üzerinde yer alan noktalardan TRTL haricindekilerin birbirleriyle uyumlu hareket ettiği görülmektedir. CHMM, CLTL ve ELBG noktalarının hızları birbirine çok yakın ve her biri sıyrılma fayının farklı katmanlarında yer aldığı için bu noktalar arasındaki hız farkı (0.3 – 0.5 mm) anlamlı değildir.

Grabenin güney tarafını oluşturan noktalar (DMAT-KDAG-HRZM-KZLC-GRLL-DGNC-KARC) arasındaki farkların minimal seviyede olduğu görülmektedir. Bu rijit bir blok olduğunu göstermektedir.

4.5 Blok Modelleme

GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla ulaşılan hızlardan noktasal olarak yıllık hareket miktarı elde edilirken, gerinim analizlerinde ise ulaşılan hızlara ve aralarındaki uzaklıklarla ilişkilendirilerek çalışma alanındaki stres birikimini ortaya çıkarmaktadır. Ancak faya komşu blokların (plaka) davranışlarının anlaşılabilmesi için blok modelleme çalışması gerçekleştirilmesi gerekmektedir. GeodSuit yazılımının önemli

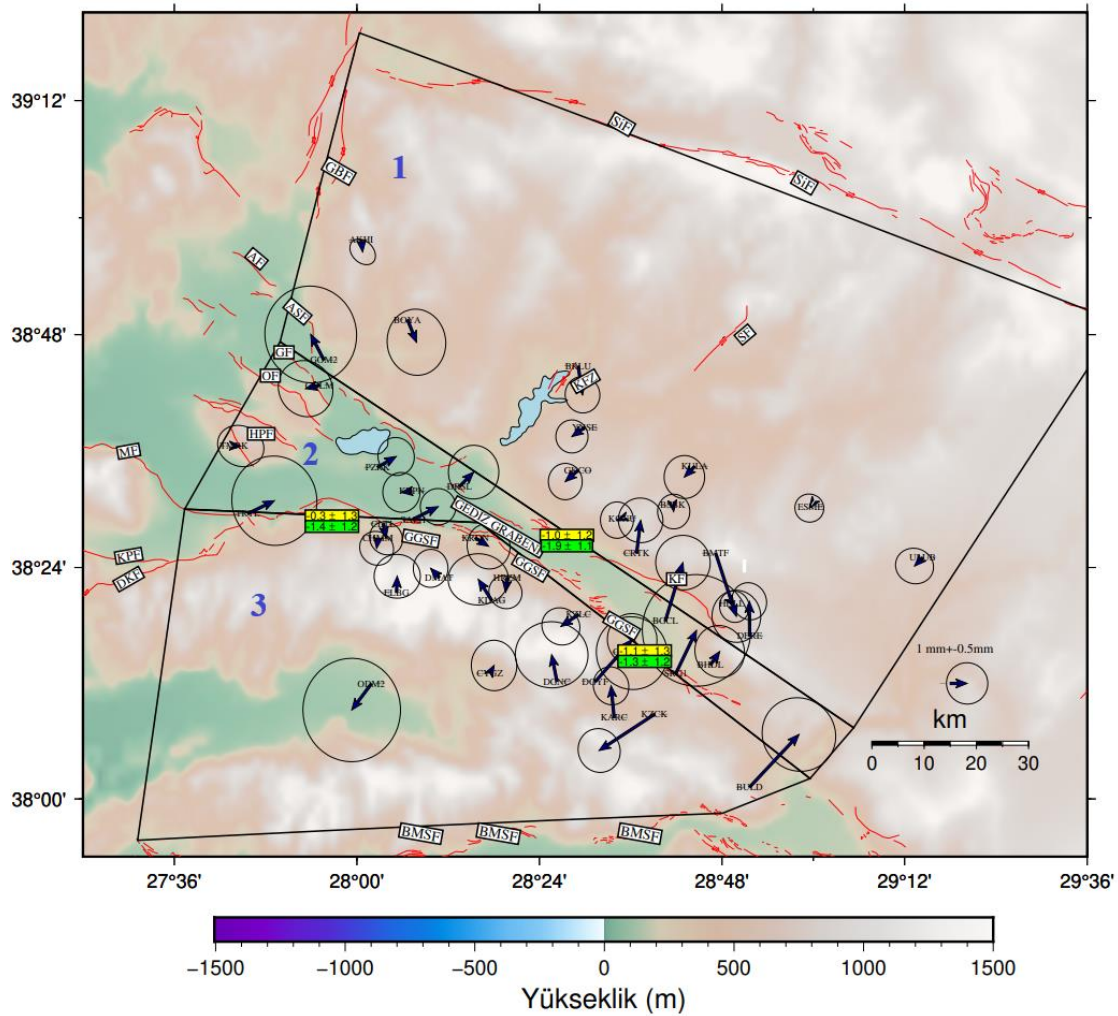
avantajlarından biri blok modelleme ve blok çözüm imkânı sunmasıdır (GeodSuit 2017, Solak 2020).

Blok sınırları oluşturulurken gerçekleştirilecek yaklaşım aynı blok üzerinde bulunan noktaların hızlarının aynı yönlü ve birbirine benzerlik gösteriyor olmasıdır. Hareketlerin faylanmanın hâkim olduğu alanlarda gerçekleştiği düşünüldüğünde blok sınırlarının fayları belirtmesi gerekmektedir. Bu nedenle blok sınırlarının faylar üzerinden geçmesi daha doğru sonuçlara ulaşmamızı sağlayacaktır (Solak 2020).

Tez çalışması kapsamında GeodSuit yazılımı aracılığıyla çalışma bölgesinde üç ayrı bloktan oluşan bir model önerilmiştir. Modele ait blok sınırları belirlenirken; Emre vd. (2011) tarafından hazırlanan MTA'nın aktif fay haritasından yararlanılmıştır. Bölgedeki aktif faylara ve bu çalışmada elde edilen birbirine yakın hız değerlerine sahip tüm GNSS noktalarına göre blok geometrisi belirlenmiştir. 1 numaralı blok sınırlarını Simav Fayı, Gelenbe Fay Zonu ve Gediz Grabeni kuzey kenarı oluşturmaktadır. 3 numaralı blok sınırı ise iki segmentten oluşmaktadır. 28.03.1969 tarihinde meydana gelen depremin ($M_w:6.9$) yüzey kırığı bu bloğun doğu segmenti, Gediz Grabeni güney kenarı batı segmentidir. Bu bloğun güneydeki sınırı ise Büyük Menderes Grabeni'dir. Kuzey-Güney blok sınırları arasında kalan alan ise Gediz Grabeninin içinde kalan noktaları kapsamaktadır.

Blok sınırları belirlenmesinin ardından çalışma bölgesindeki tüm noktaların GNSS hızları GeodSuit yazılımına girdi bilgisi olarak verilmiştir. Blok model çözümü için gerekli parametrelerden eğim açısı belirlenirken Duman vd. (2017) tarafından hazırlanan Türkiye ve yakın çevresindeki diri faylar ve özelliklerinin yer aldığı Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı'ndan yararlanılmıştır. Kaynağa göre çalışma bölgesi içerisinde (blok sınırlarında) yer alan fayların eğim açıları minimum 55° maksimum ise 70° olarak belirtilmektedir. Sismojenik kalınlık ise Solak (2020) tarafından yapılan çalışmada aletsel dönemde bölgede meydana gelen depremlerin derinlikleri kullanılarak 13 km olarak belirlenmiştir ve bu tez çalışması için GeodSuit yazılımında derinlik bilgisi olarak 13 km kullanılmıştır. Bu parametrelerle birlikte blok sınırlarına paralel ve dik olarak sergilediği davranışlar ile noktaların artık hızları

Her üç blok için fayların eğim yönündeki yıllık kayma miktarlarının (dip-slip) fayın doğrultusundaki yıllık kayma miktarlarına (strike-slip) göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durum graben tektoniğiyle uyumlu şekilde normal fay mekanizmasının (fayın eğimi doğrultusunda sol yönlü hareketi) ve açılma rejiminin varlığına işaret etmektedir (Şekil 4.9). Ancak modele göre blok çözümünde hesaplanan artık hızlar incelendiğinde; iki numaralı blokta Gediz Grabeni içerisindeki deformasyon zonu üzerinde konumlanan noktaların (AKCL-TRAZ-ALAS-SRGL) artık hızlarının 3 – 8 mm/yıl arasında değiştiği görülmektedir. Hızların sahip olduğu bu değerler önerilen blok modelin doğruluğunu etkilemektedir. Bu nedenle deformasyon zonu üzerinde yer alan bu noktaların hızları çıkarılarak önerilen blok modelin ikinci çözümü gerçekleştirilmiştir. İkinci blok model çözümü Şekil 4.10’da verilmiştir.



Şekil 4.10 İkinci blok model çözümü.

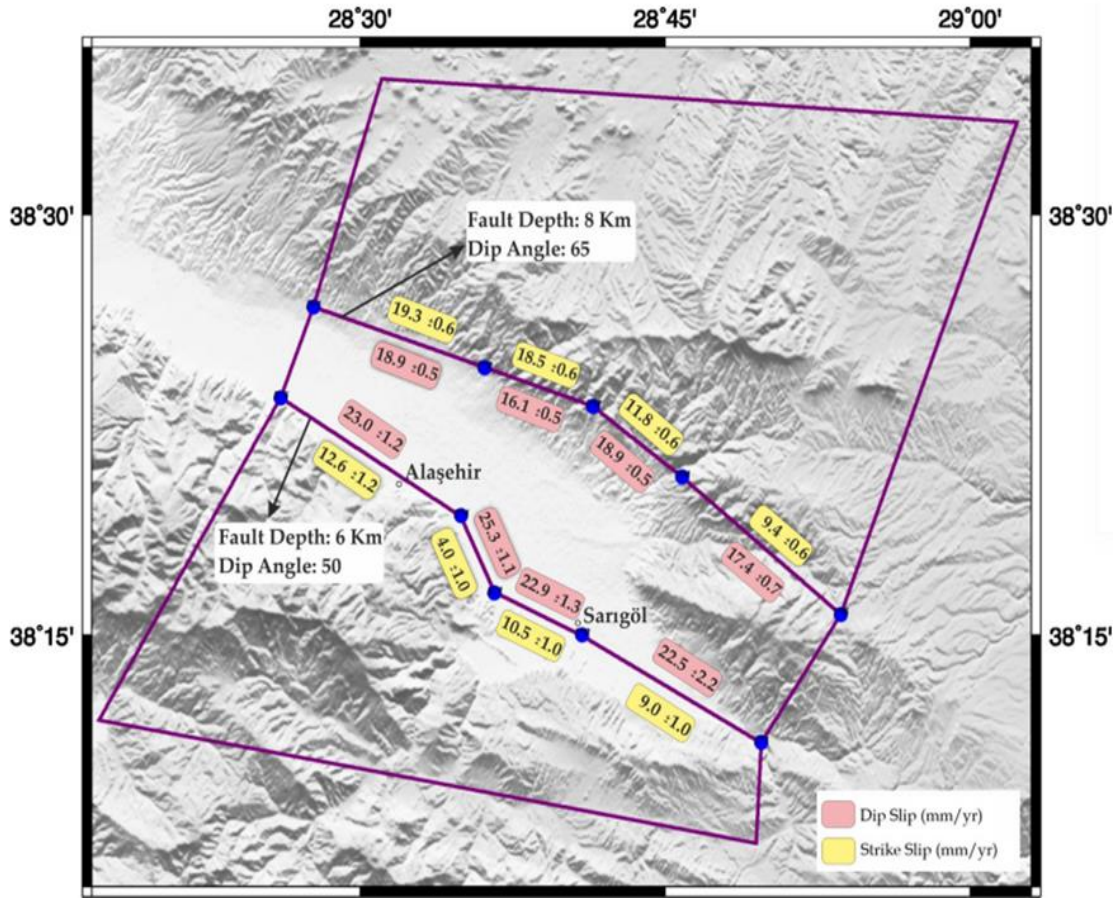
Şekil 4.10 incelendiğinde, bir ve iki numaralı blokların sınırında sol yönlü hareket ve açılma rejimi görülmektedir. Buradaki açılma rejimi 1.9 ± 1.1 mm/yıldır.

İki-üç numaralı blokların sınırındaki hızlar incelendiğinde, bir ve iki numaralı blok sınırındaki gibi sol yönlü hareket ve açılma rejimi dikkat çekmektedir. Bu yanal hareket batıdaki segment üzerinde 0.3 ± 1.3 mm/yıl ile anlamsız iken doğudaki segment üzerinde 1.1 ± 1.3 mm/yıl olarak belirlenmiştir. Deformasyon zonu üzerinde yer alan noktalar çıkarıldıktan sonra bölgenin en büyük açılma rejimi bir iki numaralı blok sınırı üzerinde 1.9 ± 1.1 mm/yıl olduğu görülmektedir.

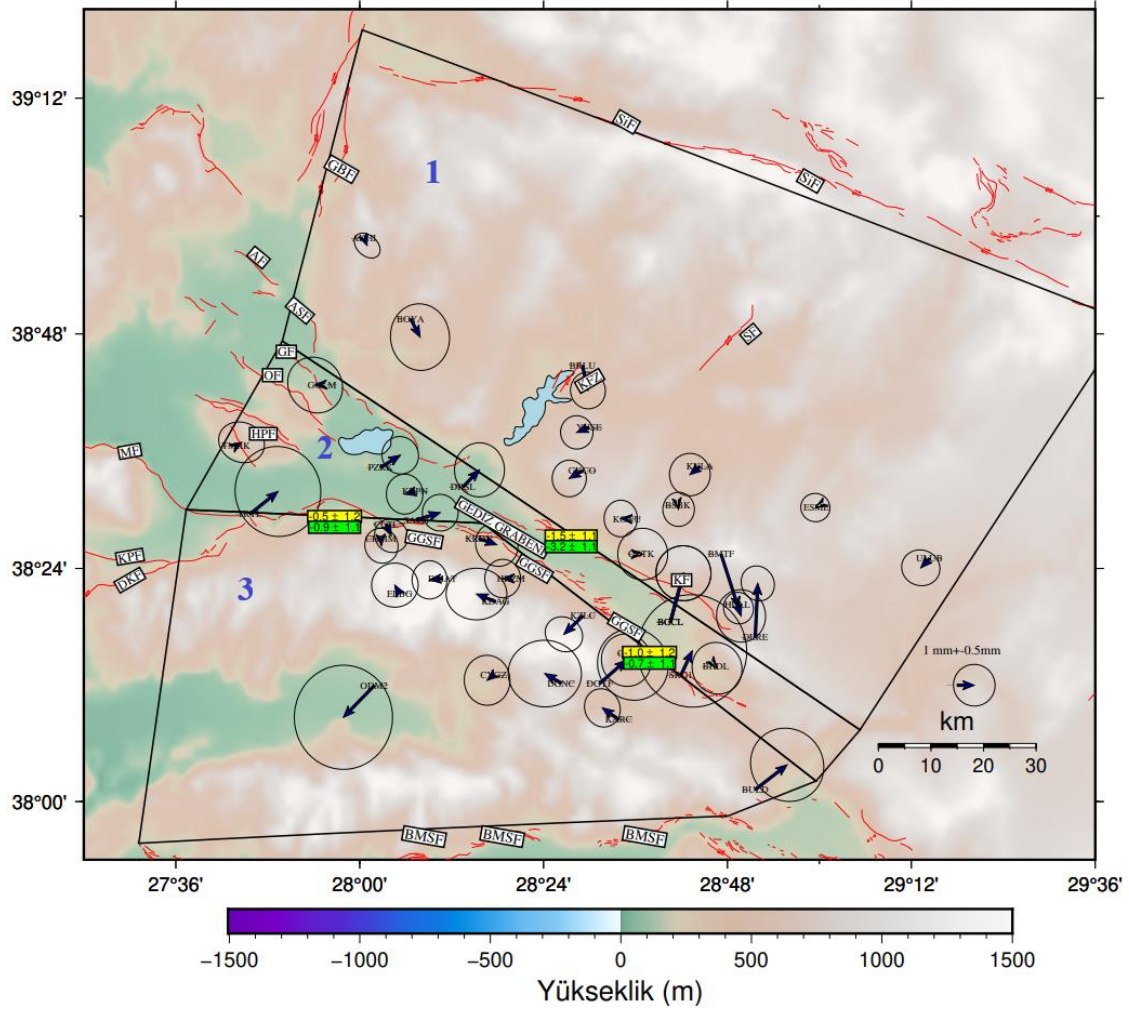
İkinci çözümde hesaplanan artık hızlar incelendiğinde, 0.1 mm/yıl ile 5 mm/yıl arasında değerlere sahip olduğu görülmektedir. Birinci blok model çözümüne kıyasla artık hız standart sapmalarında iyileşmeler görülmektedir.

İkinci çözümün blok model doğruluğunu arttırdığı belirlense de bir numaralı blok sınırları içerisinde yer alan GOM2 noktasının model doğruluğunu etkilediği düşünülmektedir. Bu nokta, çalışma bölgesinde yer alan Akselendi ve Gölarmara fayları arasında konumlanmaktadır ve bu noktanın bu fayların hareketlerinden etkilendiği düşünülmektedir. Ayrıca iki numaralı blok sınırı içerisinde grabene yakın konumlanan noktalar arasındaki hız farkları minimal seviyededir. Buna karşın bu blok içerisinde yer alan KZCK noktasının grabene yakın diğer noktalara göre artık hızı dikkat çekmektedir. ~ 5 mm/yıl artık hıza sahip bu nokta dere yatağına yakın bir konumda bulunmakta ve bu noktanın lokal bir deformasyona uğradığı düşünülmektedir. Bu nedenle GOM2 ve KZCK noktalarının hızları çıkartıldıktan sonra önerilen modelin üçüncü çözümü gerçekleştirilmiştir. Üçüncü blok model çözümü Şekil 4.11’de verilmiştir.

arasındaki farklılıkları incelemek amacıyla son bir blok çözümü daha gerçekleştirilmiştir. Bu çözüm esnasında; üçüncü blok çözümünde kullanılan hızlar ve tez çalışması kapsamında belirlenen blok sınırları korunarak, yalnızca girdi parametreleri (eğim açıları ve sismojenik kalınlık) Poyraz vd. (2019)'ne göre değiştirilmiştir. Eğim açısı bir ve iki numaralı blok sınırı için 65° iki ve üç numaralı blok sınırı için ise her iki segmentte de 50° olarak kullanılmıştır. Sismojenik kalınlık bir ve iki numaralı blok sınırı için 8 km iki ve üç numaralı blok sınırı için 6 km olarak kullanılmıştır. Poyraz vd. (2019) tarafından elde edilen blok model çözümü orijinal haliyle şekil 4.12'de dördüncü blok model çözümü ise şekil 4.13'te verilmiştir.



Şekil 4.12 Poyraz vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen blok model çözümü.



Şekil 4.13 Dördüncü blok model çözümü.

Şekil 4.13'teki iki ve üç numaralı blok sınırı incelendiğinde, doğu segmentte 1 ± 1.2 mm/yıl sol yanal hareket ve 0.7 ± 1.1 mm/yıl açılma rejimi görülmektedir. Bu çözüm, üçüncü blok model çözümü ile karşılaştırıldığında yanal hareket ve açılma rejiminin azaldığı görülmektedir. Batı segmentte ise 0.5 ± 1.2 mm/yıl sol yönlü hareket ve 0.9 ± 1.1 mm/yıl açılma rejimi görülmektedir. Batı segment önceki çözümle kıyaslandığında yanal harekette anlamlı bir değişim görülmemekte ancak açılma rejimi azalmaktadır.

Önceki çözümde bölgenin en büyük açılma rejimini gösteren bir ve iki numaralı blok sınırı, bu çözümde de 1.5 ± 1.1 mm/yıl sol yönlü hareket ve 3.2 ± 1.1 mm/yıllık açılma rejimi ile göze çarpmaktadır.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

GGSF çevresinde daha önceki çalışmalarda kullanılmak üzere tesis edilen noktalardan 47 tane ölçü noktası seçilerek bir GNSS ağı oluşturulmuştur. Noktaların seçiminde merkezleştirme ve anten yükseklik hatalarını en aza indirebilmek için pilye tipi tesisler tercih edilmiştir. Noktalara ait geçmiş yıllardaki GNSS ölçüleri diğer kurum ve kuruluşlardan temin edilmiştir. İhtiyaç duyulan 36 noktada 2021-2022 yıllarında 2 kampanya ölçü gerçekleştirilmiştir. Tüm GNSS ölçüleri uygun IGS istasyonları (Çizelge 4.6) ile GAMIT/GLOBK bilimsel yazılım takımında değerlendirilmiştir.

Şekil 4.6'daki hız alanı irdelendiğinde çalışma bölgesi, Avrasya sabit ve ITRF 2014 çerçevesinde yıllık ortalama 14–25 mm'lik hızla batı-güneybatı yönlerine doğru hareket gerçekleştirmektedir. Elde edilen sonuçlara göre bölgedeki diğer araştırmalar ile anlamlı sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir.

Son 25 yıldır bölgede aktif olarak asismik yüzey deformasyonları yaşandığı görülmektedir (Koca vd. 2011, Poyraz vd. 2019). Bilhassa graben üzerinde gözlemlenen bu deformasyonlar TRAZ, BGCL ve AKCL noktalarında apaçık olarak görülmektedir. Zaman serileri detaylı olarak irdelendiğinde TRAZ istasyonu 103 mm/yıl düşeyde bir deformasyon görüldüğü, yine BGCL ve AKCL istasyonlarında ise aynı şekilde deformasyonun 49 mm/yıl ile 10 mm/yıl değerlerinde meydana geldiği saptanmıştır. TRAZ istasyonunda deformasyonun noktanın ilk kurulduğu 2008 yılından itibaren süregeldiği açıkça izlenmektedir. Düşey yöndeki hareketler araştırıldığında ise grabenin merkezinde yer alan bu noktalarda en yüksek değerler elde edilmiştir. Grabenin dışını oluşturan çevredeki noktalarda da yükselmeler meydana geldiği göze çarpmaktadır. Bu durum grabenin özgünlüğünü ortaya koymaktadır.

Şekil 4.8 ve Şekil 4.9 irdelendiğinde çalışma alanında aktif bir açılma durumunun üstünlüğü göze çarpmaktadır. Bilhassa grabenin güneydoğusuna doğru açılma davranışları fazlalaşmaktadır. Emre vd. (2011) tarafından bölgede normal fayların hâkim olduğu anlatılmıştır. Daha sonra çalışma bölgesinin blok modeli üretilmiştir.

Şekil 4.9 incelendiğinde ise Gediz Grabenini içine alan ikinci blok ile grabenin güney kısmını kapsayan üçüncü blok arasındaki hızlara bakıldığında kuzey bloktaki (bir numaralı blok) gibi sol yönlü hareket ve açılma rejimi görülmektedir. Buradaki yanal hareket grabenin doğu segmentinde 1.1 mm/yıl iken batı segmentinde 0.1 mm/yıllık anlamsız olarak elde edilmiştir. Blok sınırlarında görülen bu hareketler Şekil 4.8'deki gerinim alanıyla ve bölge tektoniğiyle genel anlamda uyum gösterse de deformasyon zonu üzerinde konumlanan noktaların ve bölgedeki diğer aktif faylardan etkilenen ve lokal etki altında olan noktaların artık hızlarının blok modelin doğruluğunu etkilediği belirlenmiştir. Bu nedenle modelin ikinci ve üçüncü çözümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.10 ve 4.11). Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11 incelendiğinde, blok sınırlarındaki hareketlerin diğer çözümlere kıyasla üçüncü blok çözümüyle daha iyi sonuçlandığı belirlenmiştir.

Üçüncü blok model çözümü incelendiğinde, bölgenin en büyük genişleme rejimi 2.3 mm/yıl ile grabenin kuzey bloğu ile graben içini kapsayan sınırdaki (bir ve iki numaralı blokların sınırı) görülmektedir. Blok sınırındaki en büyük yanal hareket ise graben içi ile grabenin güneyini kapsayan blok sınırlarında doğu segment üzerinde ve 1.2 mm/yıl sol yönlü olarak belirlenmiştir. Batı segment üzerinde ise yanal hareket en düşük seviyededir (Şekil 4.11).

Girdi parametrelerinin önerilen blok modele etkisini incelemek amacıyla; üçüncü blok model çözümünde kullanılan hızlardan yararlanılarak, bu çalışma kapsamında belirlenen blok sınırlarıyla bölgede daha önce Poyraz vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen blok model çözümünde kullanılan fay parametreleri (eğim açıları ve sismojenik kalınlık) kullanılarak dördüncü blok çözümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.13).

Şekil 4.11 ve Şekil 4.13 incelendiğinde, dördüncü blok çözümünde eğim açısının azaltılması ve sismojenik derinliğin artırılması sonucu grabenin güney bloğu ile graben içini kapsayan blokların sınırındaki doğu segment üzerinde blok sınırına dik hareketlerin ve açılma rejiminin azalmasına neden olmuştur. Batıdaki segment üzerinde ise yanal harekette anlamlı bir değişim görülmemiş, sadece blok sınırına dik hareketin

azaldığı görülmüştür. Her iki çözümde de en az yanal hareket bu segmentte görülmüştür. Gül (2016) tarafından yapılan çalışmada Gediz Grabeninin doğu kesiminin batıya oranla daha hızlı çöktüğü belirlenmiştir. Bu iki sonucun birbirini destekler nitelikte olduğu görülmüştür.

Şekil 4.13'te grabenin kuzey bloğu ile grabeni içi blok sınırı 1.5 mm/yıllık sol yönlü hareket ve 3.2 mm/yıllık açılma rejimi ile bu çözüme göre bölgenin en büyük açılma rejimi ve en büyük yanal hareketini sergilemektedir. Burada elde edilen artık hızlarda görülen hata, $\pm 1.1-1.2$ mm'dir. Şekil 4.11'de ise, her iki bileşen için hata ± 0.8 mm'dir. Şekil 4.13 ile 4.11 kıyaslandığında, girdi parametrelerinin bu bloğun yanal hareketini ve açılma rejimini arttırdığı görülmüştür. Artık hızlardaki hata kıyaslandığında, parametre değişimi yapılan modelde model uyumunun azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.11 ve 4.13).

Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.13'teki üç blok çözümünde de bölgenin en büyük açılma rejimi grabenin kuzey bloğu ile grabenin içi blok sınırında görülmektedir. Bu durum tektonik olarak değerlendirildiğinde, graben içerisinde aktif olarak belirlenen ve çeşitli çalışmalarla (Poyraz vd. 2015, Doğan 2019, Kaygusuz 2021) ortaya konulan asismik yüzey deformasyonlarının etkisiyle en büyük genişleme rejiminin grabenin orta kısmında görüldüğü ve bu genişlemenin grabenin kuzey kenarına tektonik yükleme yaptığı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Aktuğ B, 2017, Jeodezik Deprem Tehlike Haritası, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16, Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Alışık H, 2019, Salihli ve Alaşehir (Manisa) Güneyinde Yer Alan Fayların Yapısal ve Paleosismolojik Özellikleri, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 76s, Denizli.
- Arpat E, Bingöl, E 1969, Ege Bölgesi Graben Sisteminin Gelişimi Üzerine Düşünceler, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 73, 1-9.
- Ayhan E, Alsan E, Sancaklı N, Üçer S B, 2000, Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu, 1881-1980, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Baysal D, Aktuğ B, Koçyiğit A, 2010, GPS Nokta Koordinatlarındaki Zamana Bağlı Değişimlerin Analizi ve Yorumu: İzmir Bölgesinde Uygulama, Harita Dergisi, 144, 29-39.
- Bozkurt E, 2001a, Neotectonics of Turkey-a synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Bozkurt E, 2001b, Late Alpine Evolution of the Central Menderes Massif, Western Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 89, 728-44.
- Çiftçi N B, Bozkurt E, 2009, Evolution of the Miocene Sedimentary Fill of the Gediz Graben, SW Turkey. *Sedimentary Geology*, 216, 49–79.
- Demirtaş R, Özdemir A, Arabacı F, Şahin B, 2015, Kavaklıdere-Alaşehir (Manisa) 265 Nolu Jeotermel Ruhsat Alanının Jeolojik Etüt Raporu, 167s.
- Doğan U, 2002, 17 Ağustos 1999 İzmit Depreminden Kaynaklanan Deformasyonların Kinematik Modellerle Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 136s, İstanbul.
- Doğan A, 2019, Yüzey Deformasyonlarının Hassas Nivelman Tekniği ile Belirlenmesi: Sarıgöl Örneği Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 62, Afyonkarahisar.
- 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.

- Dönmez E, 2018, Gediz Fayı Yer kabuğu Hareketlerinin GNSS Gözlemleri ile İzlenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 68s, Afyonkarahisar.
- Duman T Y, Emre Ö, Selim Özalp S, Çan T, Olgun Ş, Elmacı H, Şaroğlu F, 2017, Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve Özellikleri, Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı (Ed. T.Y. Duman), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-34, 12s, Ankara.
- Dündar G, 2010, Ege Bölgesi'nin Sismotektoniği, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 79s, İzmir.
- Emre T, 1992, Gediz Grabeninin (Salihli-Alaşehir Arası) Jeolojisi, Türkiye Jeoloji Kurultayı, 60s.
- Emre T, Sözbilir H, 1995, Field Evidence for Metamorphic Core Complex, Detachment Faulting and Accommodation Faults in the Gediz and Büyük Menderes Grabens (Western Turkey), International Earth Sciences Colloquim on the Aegean Region Proceedings 1, 73-94.
- Emre T, 1996a, Gediz Grabeninin Tektonik Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni, 39, 1-18.
- Emre T, 1996b, Gediz Grabeninin Jeolojisi ve Tektoniği, Turkish Journal of Earth Sciences, 5, 171-186.
- Emre Ö, Özalp S, Duman T Y, 2011, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Balıkesir(NJ35-3) Kütahya(NJ35-4) Paftası, Seri No: 11, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Şaroğlu F, Olgun Ş, Elmacı H, Çan T, 2016, Active Fault Database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, DOI: 10.1007/s10518-016-0041-2.
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Şaroğlu F, Olgun Ş, Elmacı H, Çan T, 2018, Active Fault Database of Turkey, Bulletin of Earthquake Engineering, 16(8), 3229-3275.
- Ergin K, Güçlü U, Uz Z, 1967, Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (Milattan Sonra

- 11 Yılından 1964 Sonuna Kadar), İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları, 24s, İstanbul.
- Eyübagil E E, 2020, GNSS Ölçüleri ile Tektonik Hareketlerin Modellenmesi: Gülbahçe Fayı Örneği, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Afyonkarahisar.
- Feigl K L, King R W, Jordan T H, 1990, Geodetic measurements of Tectonic Deformation in the Santa Maria Fold and Thrust Belt, California, Journal of Geophysical Research 9, 2679–2699.
- GeodSuit 2017, GeodSuit Kullanım Kılavuzu, Ankara.
- Gören R, 2016, Alaşehir ve Çevresinde Gediz Grabeni Güney Kenar Faylarının Holosen Aktivitesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 112s, Eskişehir.
- Gül D, 2016, Sarıgöl (Manisa) Bölgesindeki Tektonik Hareketlerin GNSS Tekniği ile Belirlenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Sivas.
- Hetzel R, Ring U, Akal C, Troesch M, 1995, Miocene NNE-Directed Extensional Unroofing in the Menderes Massif, Southwestern Turkey, Journal of the Geological Society of London, 152, 639–654.
- Işık V, 2023, 213 Yapısal Jeoloji Fay 2 Ders Notları, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 27s.
- Karaman E, 2006, Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları, Gelişim Yayınevi, 286s, Ankara.
- Karnik V, 1971, Seismicity of the European, Area Part 2. D.Reidel Publishing Company Dordrecht-Holland.
- Kaygusuz Ç, 2021, Sarıgöl’de Meydana Gelen Yüzey Deformasyonlarının Jeodezik Yöntemlerle İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s, Afyonkarahisar.
- Koca M Y, Sözbilir H, Uzel B, 2011, Sarıgöl Fay Zonu Boyunca Meydana Gelen Deformasyonların Nedenleri Üzerine Bir Araştırma Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 35, 151-174.

- Koçyiğit A, Yusufoglu H, Bozkurt E, 1999, Evidence from the Gediz Graben for Episodic Two-Stage Extension in Western Turkey, *Journal of the Geological Society*, 156, 605-616.
- Koçyiğit A, 2000, Güneybatı Türkiye'nin Depremselliği, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir, 30-38.
- Özkaymak Ç, 2012, Manisa Havzası'nın Aktif Tektoniği ve Depremselliği, Batı Anadolu, Türkiye, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 251s, İzmir.
- Pınar N, Lahn E, 1952, Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınları, 6, 36, 151, Ankara.
- Poyraz F, 2009, Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 140s, İstanbul.
- Poyraz F, Aydın Ö, 2009 Jeodezik Verilerden Strain (Gerinim) Elemanlarının Belirlenmesi Üzerine Bir İnceleme, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12, Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs, Ankara.
- Poyraz F, Tatar O, Hastaoğlu K Ö, Tiryakioğlu İ, Gürsoy Ö, Koçbulut F, Türk T, Demirel M, Duman H, Çiğir A F, Gül D, 2016. Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7, 17-28.
- Poyraz F, Hastaoğlu K Ö, Koçbulut F, Tiryakioğlu İ, Tatar O, Demirel M, Duman H, Aydın C, Çiğir A F, Gürsoy Ö, Türk T, Sığircı R, 2019, Determination of the Block Movements in the Eastern Section of the Gediz Graben (Turkey) from GNSS Measurements, *Journal of Geodynamics*, 123, 38-48.
- Sarıkaya N, 2000, The Plio-Pleistocene Age of Buyuk Menderes and Gediz Grabens and their Tectonic Significance on N–S Extensional Tectonics in West Anatolia: Mammalian Evidence From the Continental Deposits, *Geological Journal*, 35, 1-24.
- Seyitoğlu G, Scott B C, 1996, The Age of Alaşehir Graben (Western Turkey) and its Tectonic Implications, *Geological Journal*, 31, 1-11.

- Seyitoğlu G, Çemen İ, Tekeli O, 2000, Extensional Folding in the Alaşehir (Gediz) Graben, Western Turkey, *Journal of the Geological Society, London*, 157, 1097-1100.
- Shen Z-K, Jackson D D, Ge X B, 1996, Crustal Deformation Across and Beyond the Los Angeles Basin from Geodetic Measurements, *Journal of Geophysical Research*, 101(B12), 27957-27980.
- Solak H İ, 2015, GNSS Hızları ile Güneybatı Anadolu'daki Gerinim Alanlarının Zamansal Değişimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Afyonkarahisar.
- Solak H İ, 2020, İzmir-Balıkesir Transfer Zonu ve Çevresindeki Güncel Deformasyonların GNSS Yöntemleri ile İncelenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 163s, Afyonkarahisar.
- Soysal H, Sipahioğlu S, Kolçak D, Altınok Y, 1981, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Kataloğu (M.Ö. 2100-M.S. 1900).
- Sözbilir H, 2001, Extensional Tectonics and the Geometry of Related Macroscopic Structures: Field Evidence from the Gediz Detachment, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 10, 51-67.
- Herring T A, King R W, McClusky S C, 2009, GAMIT Reference Manual, Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.
- Tepeuğur E, Eravcı B, Yaman M, Erkmen C, Aktan T, Albayrak H, Kıyak N, 2006, 1969 Alaşehir Deprem Kırığı Üzerinde Yapılan Paleosimolojik Çalışmalar ve Yaşlandırmada OSL Yönteminin Kullanımı, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı, Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği, 2-4 Kasım, İzmir.
- Tiryakioğlu İ, 2012, GNSS Ölçüleriyle Güneybatı Anadolu'daki Blok Hareketleri ve Gerinim Alanlarının Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 173s, İstanbul.
- Turcotte D L, Schubert G, 1982, *Geodynamics: Applications of Continuum Physics to Geological Problems*, John Wiley&Sons, New York.

- Umutlu A İ, 2019, Alaşehir (Manisa) Bölgesindeki Gerinim Alanların Jeodezik Verilerden Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 57s, Afyonkarahisar.
- Wells D L, Coppersmith K J, 1994, New Empirical Relationships Among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement, Bulletin of the Seismological Society of America, 84, 974-1002.
- Welsch W 1981, Description of Homogeneous Horizontal Strains and Some Remarks to their Analysis, IAG Symposium on Geodetic Networks and Computation, German Geodetic Commission 188205.
- Yılmaz Y, 2000, Ege Bölgesinin Aktif Tektoniği, Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, İzmir, 3-11.
- Yılmaz Y, Genç, Ş C, Gürer F, Bozcu M, Yılmaz K, Karacık Z, Altunkaynak Ş, Elmas A, 2000, When Did the Western Anatolian Grabens Begin to Develop?, in: Bozkurt E, Winchester J A, Piper J A D, (Eds), Tectonic and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area, Journal of the Geological Society, Special Publications 173, 131-162.

İnternet Kaynakları

- 1- https://jeoloji.deu.edu.tr/wp-content/uploads/2019/03/DERS_4-1.pdf, 25.02.2023
- 2- <https://www.see.leeds.ac.uk/structure/faults/stress/stress.gif>, 25.02.2023
- 3- <https://bakiacil.com/faylar.html>, 19.02.2023
- 4- https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/68243/mod_resource/content/0/KABUK%20DEFORMASYONU%20VE%20DA%C4%9E%20OLU%C5%9EUMU.pdf, 19.02.2023
- 5- http://www.kursatozcan.com/ders_notlari/fiziksel_jeoloji/Ders-6.pdf, 19.02.2023
- 6- <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-verileri/depremsellik-haritalari/>, 02.03.2023
- 7- <http://geoweb.mit.edu/gg/>, 02.04.2023
- 8- <https://www.cografyaci.gen.tr/turkiyede-tekttonik-olaylar/>, 25.02.2023
- 9- <http://www.mucizeler.com/2011/03/yeryuzundeki-fay-hatlari>, 19.02.2023
- 10- <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/tarihsel-depremler/>, 02.03.2023