



**BANAZ FAYININ TEKTONİK HAREKETLERİNİN
GNSS YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet ÖZTÜRK

Danışman

Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

Bu tez çalışması 115Y246 numaralı proje ile TÜBİTAK ve 16 KARIYER 177 numaralı proje ile AKU-BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BANAZ FAYININ TEKTONİK HAREKETLERİNİN
GNSS YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ

Mehmet ÖZTÜRK

Danışman
Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Mehmet ÖZTÖRK tarafından hazırlanan “Banaz Fayının Tektonik Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle Belirlenmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 18/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. İbrahim TIRYAKIOĞLU

Başkan : Doç. Dr. Burak AKPINAR
Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi

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

Üye : Doç. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza



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

Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

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.

18/06/2019

Mehmet ÖZTÜRK



ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**BANAZ FAYININ TEKTONİK HAREKETLERİNİN
GNSS YÖNTEMİYLE BELİRLENMESİ**

Mehmet ÖZTÜRK
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU

Batı Anadolu'nun güncel tektonik yapıları Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Ege açılmalı tektonik rejimine bağlı olarak gelişmiştir. Banaz Fayı Akşehir Simav fay zone içinde kalan 25 km lik bir segmenttir. Çok segmentli Simav Fayı Batı Anadolu'yu etkileyen açılmalı tektonik rejim içinde, Sındırgı (Balıkesir) ile Afyon arasında, KB-GD genel doğrultusunda uzanan açılmalı sağ yönlü doğrultu atımlı bir diri fay sistemidir. Toplam 205 km uzunluğunda olan fay sistemi batıdan doğuya doğru Sındırgı, Simav, Şaphane, Banaz ve Sincanlı olarak adlandırılan beş alt fay segmentinden oluşur (Koçyiğit vd. 2002). Banaz fayı üzerinde günümüze kadar çok az bir jeolojik çalışma yapılmıştır. Henüz yapılan bir jeodezik çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Birçok çalışmada Afyon-Uşak arasında belirtilen sismik boşluk üzerinde yer alan Banaz fayı bu açıdan oldukça önemlidir.

Bu çalışmada Banaz Fayının geometrisine uygun 22 GNSS ölçü noktası tesis edilmiştir. 2016-2019 yılları arasında atlı aylık periyotlar halinde 5 kampanya 4 periyot ölçü yapılmıştır. Tez kapsamında elde edilen GNSS ölçmelerinden yararlanarak öncelikle bölgenin hız alanı hesaplanmıştır. Elde edilen hız vektörleri kullanılarak bölgedeki faylar üzerindeki gerilim ve gerinim miktarları ve yönleri tespit edilmiştir. Avrasya plakası sabit alınarak elde edilen hızlar 20-29 mm/yıl arasında hesaplanmıştır. Ayrıca bölgenin kuzeyinde KD-GB açılmalar, güneyinde ise KG sıkışma DB açılmalar görülmüştür. Bu veriler 2 yıllık ölçülerde elde edildiği için, bu hareketlerin doğrulanması için ek GNSS ölçüleri ve jeolojik çalışmalar yapılması gerekmektedir.

2019, x + 57 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Banaz Fayı, GNSS, Akşehir Simav Fay Zonu, Sismik Boşluk



ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**DETERMINATION OF THE TECTONIC MOVEMENTS IN THE BANAZ FAULT
WITH GNSS OBSERVATIONS**

Mehmet ÖZTÜRK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim TİRYAKİOĞLU

The active tectonic structures in the West Anatolia are formed by the concurrent activity of the North Anatolian Fault System (NAFS) and Aegean extensional tectonic regime. Banaz Fault is a 25 km segment located within the Aksehir Simav Fault Zone of the city of Aksehir. In Western Anatolian Extensional Tectonic regime, multi-segment Simav fault is an active and transtensional right lateral strike-slip fault system in NW-SE trending between Sındırgı (Balıkesir) and Afyon. The fault with the total length of 205 km is divided into five fault segments; namely Sındırgı, Simav, Şaphane, Banaz, and Sincanlı from west to east. There only a few geological studies have been carried out on the Banaz fault, and there have not been any geodetic studies found in the literature. Therefore, the Banaz fault located on the seismic gap between Afyon and Uşak is very important in this aspect.

In this study, 22 GNSS benchmarks were installed based on the geometry of the Banaz Fault. In the years of 2016 and 2019, 5 campaign (4 periods) surveys were carried out in monthly periods. Using the GNSS measurements obtained; first the velocity field of the region was calculated. Using the obtained velocity vectors, the amounts and directions of the strains were determined. The velocities were calculated by the assumption of the Eurasia plate fixed, and they found were between 20-29 mm / year. In addition, NE-SW expansions were observed in the north of the region while there are NS compressions and EW expansions observed in the south of the region. Since these data are obtained for 2 years, additional GNSS measurements and geological studies are required to confirm these movements.

2019, x +57 Pages

Keywords: Banaz Fault, GNSS, Akşehir Simav Fault Zone, Seismic Gaps



TEŞEKKÜR

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

Sağladığı destekler için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu’na (Proje:115Y246) ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu (Proje: 16.KARİYER.177) teşekkür ederim.

Yaşamım boyunca her daim başaracağıma inanan ve beni koşulsuz destekleyen, her türlü fedakarlığı yapan, maddi ve manevi desteğini bir an olsun esirgemeyen babam Mehmet ÖZTÜRK’e, annem Berrin ÖZTÜRK’e ve kardeşim Ayşe Nur ÖZTÜRK’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu tez çalışmasında en az benim kadar emeği ve özverisi olan sevgili meslektaşlarım; Şükrü ÇOBANOĞLU’na, Sercan KELEK’e, Kaan ÇALIŞKAN’a Yunus Emre KOPAR’a ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği öğrencilerine teşekkür ederim.

Dostluğuyla her daim destekçim olan, en zor günlerimde beni yalnız bırakmayan Necip ÖZDEMİR’e teşekkür ederim.

Mehmet ÖZTÜRK
AFYONKARAHİSAR, 2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	ii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Bölgenin Tektoniği.....	3
2.2 Bölgenin Depremselliği	6
2.3 Bölgede Bulunan Faylar.....	8
2.4 Banaz Depremi 30 Eylül 1887	10
3. MATERYAL ve METOT	12
3.1 Küresel Konumlama Sistemleri (GNSS-Global Navigation Satellite System).....	12
3.1.1 GPS	12
3.1.2 GLONASS	13
3.1.3 GALILEO	14
3.1.4 Diğer Konumlama Sistemleri	15
3.2 GNSS ile Kabuk Hareketlerinin Belirlenmesi	16
3.3 GAMIT/GLOBK Yazılım Takımı	18
3.4 Yamulma (Gerinim-Strain)	23
4. UYGULAMA.....	26
4.1 Çalışma Alanının Tanıtılması.....	26
4.2 GNSS Ağı.....	27
4.3 GNSS Ölçüleri.....	31
4.4 GNSS Ağı ve Ölçülerinin değerlendirilmesi.....	33
4.4.1 Hazırlık İşlemleri	33
4.4.2 Değerlendirme İşlemleri	39
4.4.3 Kontrol İşlemleri.....	40
4.4.4 Sonuç İşlemleri	45
4.5.GLOBK	45
5. BULGULAR	47

5.1 Bölgesel GNSS Hızlarının Hesaplanması	47
5.2 Yamulma Analizi	47
6. TARTIŞMA ve SONUÇ	49
7. KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	57



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
ASFS	Akşehir-Simav Fay Sistemi
ASFZ	Akşehir-Simav Fay Zonu
BDTİM	Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi
CORS	Continuously Operating Reference Stations
GAMIT	GPS Analysis at MIT
GLOBK	Global Kalman Filter
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
IGS	International GNSS Service
InSAR	Interferometric Synthetic Aperture Radar
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
JPL	Jet Propulsion Laboratory
KRDAE	Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
MIT	Massachusetts Institute of Technology
NRMS	Normalized Root Mean Square
NSF	National Science Foundation
PRN	Pseudo Random Numbers
PSInSAR	Permanent / Persistent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar
QZSS	Quasi-Zenith Satellites System
RINEX	Receiver Independent Exchange
SLR	Satellite Laser Ranging
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GPS Ağı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VLBI	Very Long Base Interferometry
WGS	World Geodetic System
WRMS	Weighted Root Mean Square

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 A) Türkiye ve yakın çevresini etkileyen önemli fay sistemleri B) Akşehir Fay Zonu ve bu zon içerisinde gelişmiş önemli depremleri gösteren harita (Koçyiğit vd. 2002) ..	3
Şekil 2.2 1/250000 ölçekli diri fay haritasında (Emre vd. 2011).	4
Şekil 2.3 Sultandağı Fayı boyunca son yüzyılda (1900-2014) meydana gelen yıkıcı depremlerin güneydoğudan kuzeybatıya doğru zaman içerisindeki göçünü gösteren harita Demirtaş vd. (2002) 'den değiştirilmiştir (Özkaymak 2017).	7
Şekil 2.4 (1964-2014) meydana gelen 3 ve üzeri depremler ve sismik boşluk ..	7
Şekil 2.5 Bölgede bulunan faylar ..	8
Şekil 2.6 Banaz, Uşak ve Gediz'de meydana gelen hasar ve zayıat ..	11
Şekil 4.1 Fay genel görünüm.	26
Şekil 4.2 Burhaniye noktası kayada bronz tesisi.....	27
Şekil 4.3 Banaz Meslek Yüksek Okulu (BMYO) Sabit GNSS İstasyonu ..	28
Şekil 4.5 A (DUMP), B(BRHY), C(GRLK) ölçü noktaları.....	31
Şekil 4.6 GAMIT klasör ağı.....	35
Şekil 4.7 station.info dosyası örneği ..	36
Şekil 4.8 sites.defaults dosyası örneği ..	37
Şekil 4.9 process.defaults dosyası örneği.....	38
Şekil 4.10 GAMIT yeni klasör ağı.....	40
Şekil 4.11 Postfit nrms değeri.....	41
Şekil 4.12 Cutoff elevation angle in SOLVE batch file bölümü.....	42
Şekil 4.13 A priori coordinate errors in meters bölümü.....	43
Şekil 4.14 Her bir uydu için çiftli farklar bölümü.....	44
Şekil 4.15 BMYO sabit GNSS istasyonu ve CRUM noktası yıllık tekrarlılıklar ..	46
Şekil 5.1 Avrasya plakası sabit alınarak elde edilen hızlar ..	47
Şekil 5.2 Bölgenin yamulma alanı ..	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Fayların Wells ve Coppersmith kuramına göre üreteceği deprem büyüklüğü (Koçyiğit vd. 2007).....	9
Çizelge 2.2 Banaz, Uşak ve Gediz’de meydana gelen hasar ve zayıat (Satılmış 2016)	11
Çizelge 4.1 Kurulan GNSS ağındaki CORS-TR noktaları	29
Çizelge 4.2 Çalışma alanına kurulan GNSS ağı noktaları.	30
Çizelge 4.3 GNSS ölçü çizelgesi	32
Çizelge 4.4 Tables klasörü içerisinde bulunan standart dosya adları ve içerikleri.....	33
Çizelge 4.5 Değerlendirme kullanılan IGS istasyonları.....	37
Çizelge 4.6 Değerlendirme kullanılan çözüm stratejisi	39
Çizelge 4.7 Gün çözümleri nrms değerleri çizelgesi	41

1. GİRİŞ

Tektonik hareketlerinin incelenmesi sayesinde bugün, büyük depremlerin birçoğunun nerelerde olacağı tahmin edilmektedir. Depremlerin önceden belirlenmesi ile ilgili her çalışmanın ise bu amaca yönelik bilgilere katkı sağlayacağı açıktır. Ülkemiz için özellikle 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra, 15 Aralık 2000 Akşehir ve 3 Şubat 2002 Çay depremlerinden de fark edilen önemli bir eksiklik de ülkemizin büyük bölümünde etkili olan deprem tehlikesine karşın yapılan çalışmaların ve ayrılan kaynakların gerekli bilgileri toplamak için yetersiz kaldığıdır.

Faylar üzerinde meydana gelen kayma hızını ortaya koymak ve fay zonunu oluşturan her bir fay segmenti üzerinde meydana gelen büyük depremlerin tekrarlanma aralıklarını belirlemek önemlidir. Özellikle 20. yüzyılın son çeyreğinde gelişen uzay jeodezisi bu anlamda levha hareketlerini belirlemede önemli roller üstlenmektedir. Bu yöntemler VLBI, SLR, InSAR/PSInSAR ve GNSS vb. olarak bilinmektedir. GNSS tekniği yöntemi VLBI ve SLR yöntemlerine göre daha avantajlı olup ekonomik yönden daha uygun olduğu için tercih edilmektedir. Jeodezik tekniklerin dışında yerbiliminin farklı disiplinleri tarafından birçok değişik yöntemler mevcuttur. Fakat bu yöntemlerin uygulanabilirliği, zamansal çözüm ve doğruluk olarak jeodezik yöntemlerin gerisinde kalmaktadır.

Banaz Fayı Akşehir Simav fay zonu içinde kalan 25 km lik bir segmenttir (Koçyiğit vd. 2002, Emre vd. 2011). Uşak ile Afyon arasında, KB-GD genel doğrultusunda uzanan açılmalı sağ yönlü doğrultu atımlı bir diri fay sistemidir. Banaz fayı üzerinde günümüze kadar çok az bir jeolojik çalışma yapılmıştır. Henüz yapılan bir jeodezik çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Bu proje, Banaz fayının aktif tektonik özelliklerinin belirlenmesi, grabenin tarihsel ve aletsel dönem deprem etkinliğinin araştırılmasını ve bu depremlerin bölgenin aktif tektonik yapısı içerisinde değerlendirilmesini amaçlanmıştır. Arazi çalışmaları kapsamında, Banaz fayının çevresine tektonik yapıya uygun 22 adet GNSS ölçü noktası tesis edilmiştir. Bu noktalar üzerinde 2016-2019 yıllarında 6 şar aylık dönemlerde 5 kampanya GNSS ölçüsü yapılmıştır. Ayrıca 115Y246 nolu TUBİTAK projesi

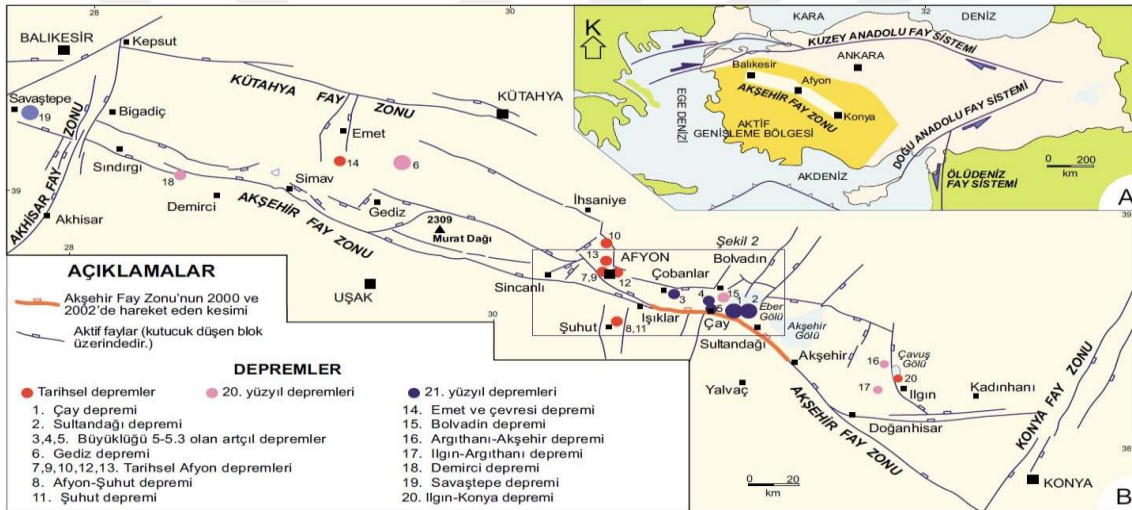
kapsamında satın alınan bir adet Sabit GNSS istasyonu Uşak Üniversitesi Banaz Meslek Yüksek Okulu bahçesine kurulmuştur. Proje kapsamında elde edilen GNSS ölçmelerinden yararlanarak öncelikle bölgenin hız alanı elde edilmiştir. Elde edilen hız vektörleri kullanılarak bölgedeki faylar üzerindeki gerinim miktarları hesaplanmıştır.



2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Bölgenin Tektoniği

Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS) ilk olarak Koçyiğit (1984) tarafından adlandırılmış olup, doğuda Konya ili güneyi ile batıda Balıkesir arasında uzanan yaklaşık 500 km uzunluğunda, KB-GD uzanımlı bir sismojenik zondur (Şekil 2.1). Oblik/eğim atımlı normal fay segmentleri, fay sistemi içerisinde, sistemin genel gidişine paralel çok sayıda horst ve graben türü yapıların gelişmesine olanak sağlamıştır. Güneydoğudan kuzeybatıya doğru Konya, Afyon-Akşehir, Sinanpaşa (Sincanlı), Altıntaş, Ağaçköy, Gediz, Simav ve Sındırgı grabenleri, ASFS sistemi içerisinde gelişen neotektonik yapılardır (Koçyiğit 1984, Koçyiğit vd. 2002, Koçyiğit ve Deveci 2007).



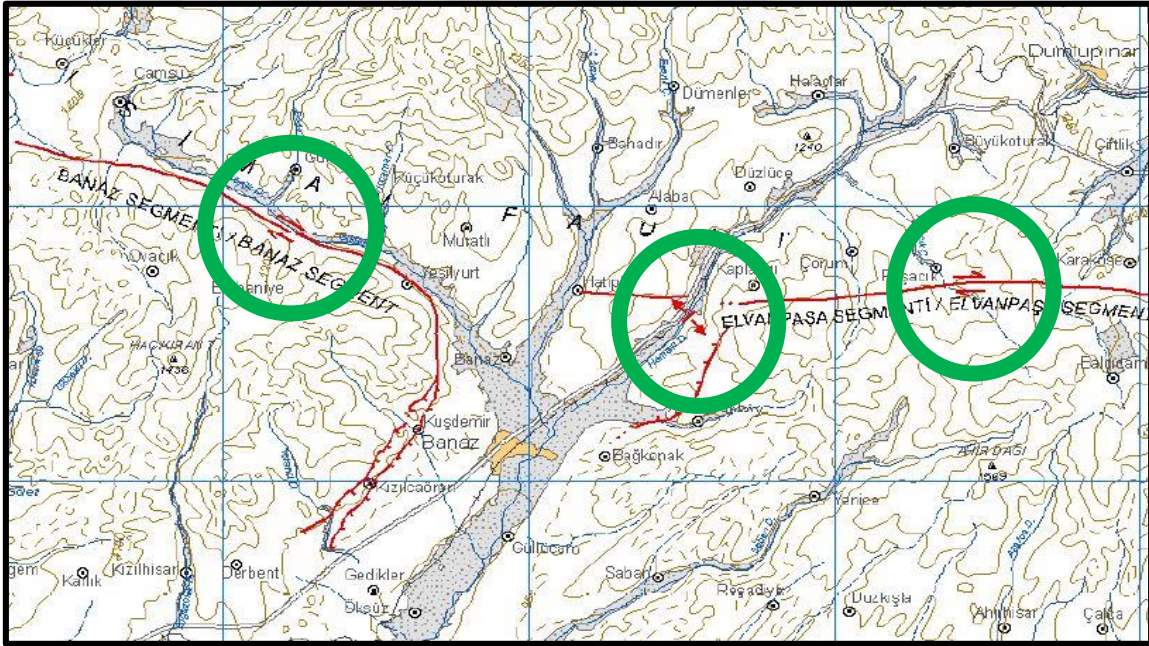
Şekil 2.1 A) Türkiye ve yakın çevresini etkileyen önemli fay sistemleri B) Akşehir Fay Zonu ve bu zon içerisinde gelişmiş önemli depremleri gösteren harita (Koçyiğit vd. 2002).

Çok segmentli Simav Fayı Batı Anadolu'yu etkileyen açılmalı tektonik rejim içinde, Sındırgı (Balıkesir) ile Afyon arasında, KB-GD genel doğrultusunda uzanan açılmalı sağ yönlü doğrultu atımlı bir diri fay sistemidir. Toplam 205 km uzunluğunda olan fay sistemi batıdan doğuya doğru Sındırgı, Simav, Şaphane, Banaz ve Sincanlı olarak adlandırılan beş alt fay segmentinden oluşur. Banaz Fayı Akşehir Simav fay zonu içinde kalan 25 km lik bir segmenttir (Emre vd. 2011, Koçyiğit vd 2002).

Banaz fayı üzerinde günümüze kadar çok az bir jeolojik çalışma yapılmıştır. Henüz yapılan bir jeodezik çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Koçyiğit vd. 2002 de Afyon-

Uşak arasında belirtilen sismik boşluk üzerinde yer alan Banaz fayı tektonik açıdan oldukça önemlidir. Akşehir-Simav fay zonu üzerinde kuzeybatıya doğru ilerleyen deprem göçü, bu deprem göçünün batıya doğru devam etme olasılığı, Banaz ve çevresinde haritalanan diri faylar ve bu alanda var olan sismik boşluk, gelecekte Afyonkarahisar-Uşak civarında meydana gelebilecek yıkıcı bir deprem olasılığını ortaya koymaktadır (Tiryakioğlu 2015).

Proje kapsamında tektonik hareketleri incelenecek olan Banaz Segmenti ve Elvanpaşa Segmenti; 2012 yılında güncellenen Uşak bölgesine ait UŞAK (NJ 35-8) pafta nolu 1/250000 ölçekli diri fay haritasında sağ tarafa hareket eden doğrultu atımlı fay olarak belirtilmiştir (Şekil 2.2) (Emre vd. 2011).



Şekil 2.2 1/250000 ölçekli diri fay haritasında (Emre vd. 2011).

Fay hareketlerinin belirlenmesinde özellikle son yıllarda jeodezik çalışmalar önem kazanmaktadır. Özellikle GNSS teknolojisinde ki gelişmeler meydana gelen depremlerin her aşamasında depremle ilgili önemli bilgilerin elde edilmesini sağlamaktadır. GNSS ölçümleri deprem periyotlarındaki (ko-sismik, post-sismik, intersismik dönemleri) deformasyonların belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Deprem öncesinde gerilme birikiminin belirlenmesinde, deprem anında depremin meydana getirdiği atımın

büyükliğünün belirlenmesinde ve deprem sonrası elastik hareketin bölgeyi etkileyişinin incelenmesinde çok sık olarak kullanılmaktadır (McClusky *et al.* 2000, Reilinger *et al.* 2006, Tiryakioğlu *et al.* 2013, Tiryakioğlu *et al.* 2017, Tiryakioğlu *et al.* 2018). Banaz fayı üzerinde doğrudan bir jeodezik bir çalışma olmasa bile Batı ve güneybatı anadoluyu kapsayan birçok çalışma yapılmıştır.

Bölgedeki ilk çalışma, diğer birçok çalışmaya altık olan McClusky *et al.* (2000) dir. [Bu çalışmada Kafkaslardan Adriyatik Denizi'ne, Avrasya plakasından Afrika plakasına kadar olan bölgede uzun süre GNSS gözlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada 189 noktanın hızları GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla hesaplanmıştır. Bu çalışmada Arap plakasının yıllık 18 mm/yıl hareket ile Avrupa plakasına yaklaştığını göstermiştir. Ayrıca Anadolu plakasının yaklaşık 20 mm/yıl ile batıya hareket ettiğini göstermiştir. Bu bulgular Türkiye'nin deformasyon hareketinin saat yönünün tersine göre ve son derece tutarlı bir hareket özelliği göstermektedir.

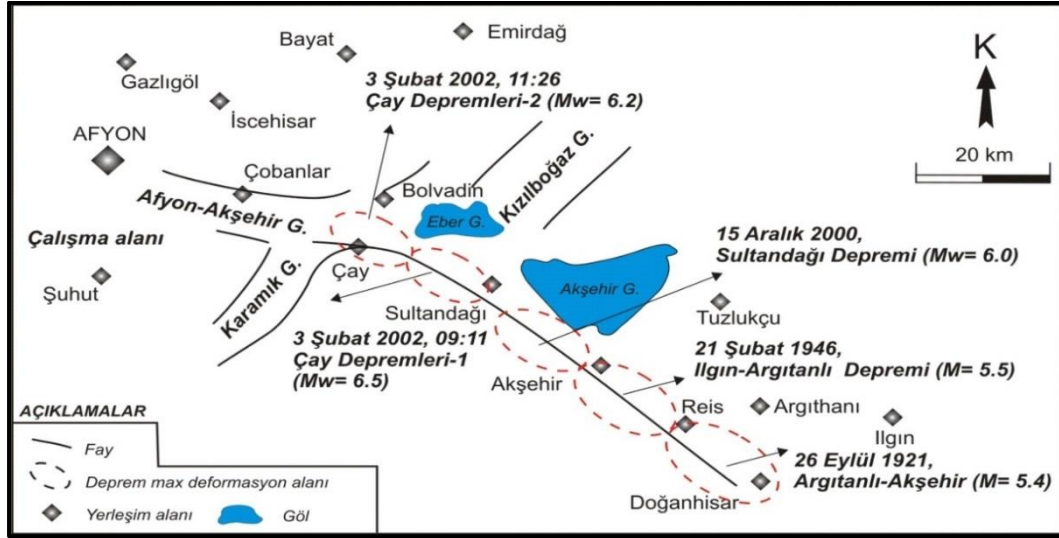
Diğer bir çalışmada ise çalışmasında, 1988-2005 yılları arasında batı anadoluyu kapsayan GNSS ölçüleri yapılmıştır (Reilinger *et al.* 2006). Çalışma, McClusky *et al.* (2000)'de yapılan çalışmanın güncellenmiş halidir. Çalışmada 440 istasyonda GNSS ölçüsü yapılmıştır. Bu çalışmanın en önemli sonuçlarından birisi Arap Yarımadası, İran'ın büyük bölümü, Kafkaslar ve Anadolu'nun batı kısmı 20-30 mm/yıl hızla hareket ettiğinin belirtilmesidir.

AKSF nin doğu ucunda yapılan jeodezik çalışmalardan Aktuğ vd. (2009) da 03.02.2002 Sultandağı depreminin ilk çözümler depremin geçmişte yoğun depremselliğin yaşandığı Konya-Afyonkarahisar-Balıkesir hattı yakınında Eber ve Akşehir Gölleri arasında meydana geldiğini belirtmiştir. Koçyiğit vd. (2002) depremin Akşehir fay zonu olarak tanımlanan zonda meydana gelerek 2000 Sultandağ Depreminin kuzey-kuzey-batıya doğru devamı şeklinde yorumlamıştır. Buna karşın Demirtaş vd. (2002) ise, ilk depremin Sultandağ fayı üzerinde diğerlerinin ise Eber Gölü'nün hemen güneyinde yer alan Üçkuyu fayları üzerinde meydana geldiğini iddia etmektedir. Koçyiğit vd. (2002)'ye benzer şekilde depremin Akşehir-Afyonkarahisar grabeninin batı ucunu oluşturan Çay-Eber Fayı üzerinde meydana geldiğini belirtmektedir. Gerek 2000 gerek 2002 yılında meydana gelen depremlerin odak mekanizması çözümleri normal bir faylanmaya işaret etmektedir.

Bölgedeki son güncel çalışma ise Aktuğ vd. (2011) ve Tiryakioğlu (2012) de yapılmıştır. Bu çalışmalarda batı Anadolu blok modeli oluşturulmuş ve fayların kayma hızları tespit edilmiştir. Bu çalışmalar genel olarak batı Anadolu üzerinde yoğunlaşmış ve Banaz fayı civarının kayma hızlarını bölgeye 40-50 km uzakta bulunan hızlar ile hesaplanmıştır.

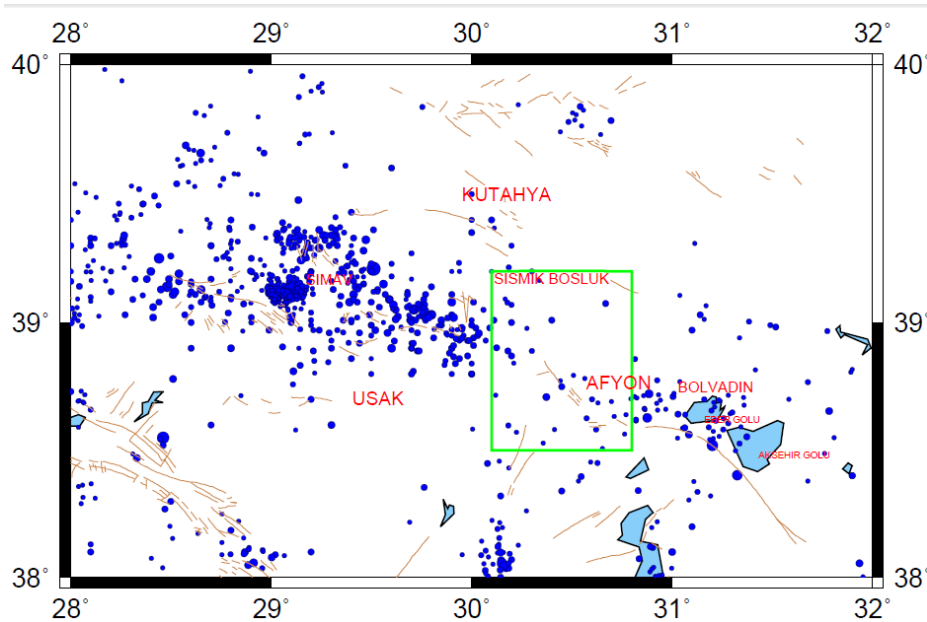
2.2 Bölgenin Depremselliği

Akşehir Simav fay zonu Banaz fayı dışında oldukça aktif bir zondur. ASFS içerisinde aletsel dönemde meydana gelen, 25.06.1944 Abide depremi (Ms: 6.0), 25.03.1969 Demirci depremi (Ms: 6.0), 28.03.1970 Gediz depremi (Ms: 7.2), 15.12.2000 Sultandağı depremi (Mw: 6.0), 03.02.2002 Çay depremleri (Mw: 6.3 ve 6.0) ve 19.05.2011 Simav depremi (Mw: 6.0) sistemin günümüzde de aktif olduğunu belgeleyen güncel verilerdir (Eyidoğan and Jackson 1985, Taymaz and Tan 2001, Tiryakioğlu *et al.* 2017, Kalafat ve Görgün 2017). Bununla beraber, 1969 Demirci, 1970 Gediz, 2000 Sultandağı, 2003 Çay, 2011 Simav depremlerinin odak mekanizma çözümleri, bu depremlerin eğim atımlı normal faylar üzerinde meydana geldiklerine işaret etmektedir (Eyidoğan and Jackson 1985, Taymaz and Tan 2001, Demirci vd. 2015, Kalafat ve Görgün 2017, Demirtaş vd. 2002, Emre vd. 2003, Koçyiğit and Özacar 2003, Yürür *et al.* 2003, Ulusay *et al.* 2004, Akyüz vd. 2006). Bu çalışmalarda özetle, 3 Şubat 2002 Çay (Afyon) depremleri ile Maltepe ve Çay bölgelerinde meydana gelen yüzey kırıkları haritalanmış, depremi üreten fay segmentleri tanımlanmış ve bölgenin depremselliği tartışılmıştır. Koçyiğit vd. 2002 hazırladıkları raporda Afyonkarahisar ili ve yakın çevresinde sismik boşluk özelliğini koruduğunu belirtmektedir. Daha doğuda yer alan Doğanhisar-Argıthanı-İlgın çevresinde sırayla Ms = 5.4 ve 5,5 büyüklüğündeki 1921 ve 1946 depremleriyle önemli miktarda enerji boşalımı (serbestlemesi) olduğunu belirtmiştir. Eber Gölü ve yakın çevresinde ise, 15 Aralık 2000 Sultandağı ve 3 Şubat 2002 Çay depremleri ve onların artçıl şokları ile önemli miktarda enerji boşalımı gerçekleşmiş olup, bu bölge deprem tehlikesini büyük ölçüde atlatmış gözükmektedir. Ancak Afyonkarahisar ili yakın çevresinde yeni depremlerin beklendiğini belirtmektedir (Şekil 2.3) (Akyüz vd. 2006).



Şekil 2.3 Sultandağı Fayı boyunca son yüzyılda (1900-2014) meydana gelen yıkıcı depremlerin güneydoğudan kuzeybatıya doğru zaman içerisindeki göçünü gösteren harita Demirtaş vd., (2002), 'den değiştirilmiştir (Özkaymak 2017).

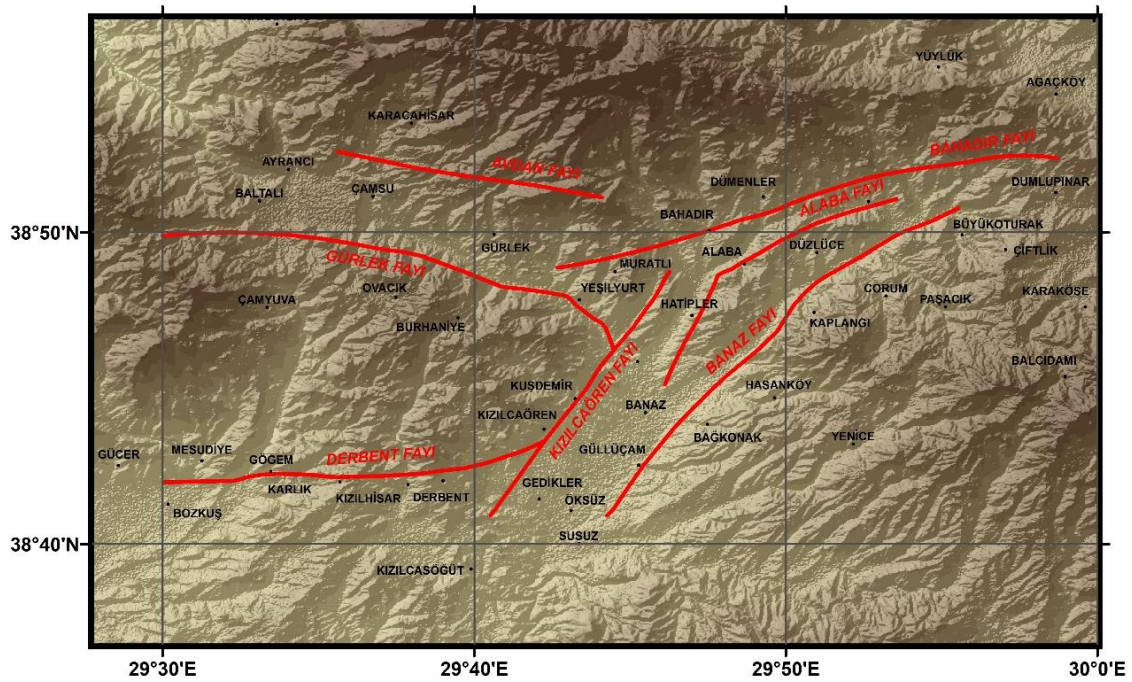
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE), Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi (BDTİM) den elde edilen verilere göre; Uşak İli Banaz İlçesi ve yakın çevresinde büyüklüğü 3.5 ile 5.6 olan depremler kaydedilmiştir. Bu verilere göre yaklaşık 100 yıldır Banaz İlçesi ve çevresinde büyük şiddetli depremler görülmemiş ve bölge Koçyiğit vd. (2002) de sismik boşluk olarak nitelendirilmiştir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 (1964-2014) meydana gelen 3 ve üzeri depremler ve sismik boşluk.

2.3 Bölgede Bulunan Faylar

Banaz Fayı Akşehir Simav fay zone içinde kalan 25 km lik bir segmenttir. Çok segmentli Simav Fayı Batı Anadolu'yu etkileyen açılmalı tektonik rejim içinde, Sındırgı (Balıkesir) ile Afyon arasında, KB-GD genel doğrultusunda uzanan açılmalı sağ yönlü doğrultu atımlı bir diri fay sistemidir. Toplam 205 km uzunluğunda olan fay sistemi batıdan doğuya doğru Sındırgı, Simav, Şaphane, Banaz ve Sincanlı olarak adlandırılan beş alt fay segmentinden oluşur. Bu seğmenlerden Banaz segmentini, Sivaslı Banaz Fay Zonu, Alaba Fayı, Kızılcaören fayı, Bahadır ve Gürlek fayları oluşturmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Bölgede bulunan faylar Koçyiğit, ve Deveci,. 2007. den düzenlenmiştir.

Sivaslı-Banaz fay zone yaklaşık 3-9 km genişlikte, 60 km uzunlukta, KKB, K-G- ve KKD gidişli diri bir fay zone olup birbirine paralel-yarı paralel, genelde sık aralıklı (0.5-4 km), uzunlukları 2.5-44 km arasında değişen çok sayıda normal fay segmentinden oluşur. Bu zone Güneyde Işıklı beldesi yakın kuzey-kuzeybatısından başlayan fay zone Sivaslı ilçesine değin K30°B yönünde devam eder. Sivaslı ilçesi yakınlarında doğuya 25°-30° lik bir dönüş yaparak K-G yönünde daha kuzeyde yer alan Susuz köyüne kadar uzanır. Susuz bölgesinden doğuya doğru gittikçe artan bir dönüş yaparak Dumlupınar ilçesi yakınlarında sona erer. Banaz fay zoneunu oluşturan önemli fay segmentleri

arasında güneyden kuzeye doğru, Banaz fayı, Kızılcaören fayı, Alaba fayı Bahadır ve Gürlek fayları sayılabilir (Koçyiğit vd. 2007).

Banaz fayı güneyde Sivaslı ilçesi ile kuzeyde Dumlupınar ilçesi yakın batısı arasında kalır. Yaklaşık 44 km uzunlukta, KKD gidişli ve batı-kuzeybatıya dikçe eğimli (60°-75°) verrev atımlı normal bir faydır (Koçyiğit vd. 2007).

Alaba fayı kuzeydoğuda Halaçlar köyü ile güneybatıda Banaz ilçesi yakın kuzeyi arasında K20°-55° D-gidişli yaklaşık 16 km uzunluğunda bir faydır (Koçyiğit vd. 2007).

Kızılcaören Fayı; yaklaşık olarak Kızılcaören, Kuşdemir ve Eski Banaz yerleşkeleri boyunca yüzeyleyen, 16 km uzunluğunda, K30°D gidişli normal faydır (Koçyiğit vd. 2007).

Bahadır fayı, Doğuda Dumlupınar ilçesi yakın kuzeyi ile batıda Küçükoturak köyü arasında yüzeyleyen Bahadır fayı, yaklaşık 24 km uzunlukta, K75°D gidişli, güneye graben içine doğru dikçe eğimli (70°) verrev atımlı normal bir faydır (Koçyiğit vd. 2007).

Gürlek fayı Yaklaşık 22 km uzunluğunda, kuzeye doğru 50°-60° de eğimli verrev atımlı normal bir fay olan Gürlek fayı kuzeye doğru dış bükey ve yarı doğrusal bir fay izi sunar. (Koçyiğit vd. 2007).

Fayların Wells ve Coppersmith'in (1994) kuramsal formülüne göre üreteceği deprem büyüklüğü çizelge 2.1 verilmiştir (Koçyiğit vd. 2007).

Çizelge 2.1 Fayların Wells ve Coppersmith kuramına göre üreteceği deprem büyüklüğü (Koçyiğit vd. 2007).

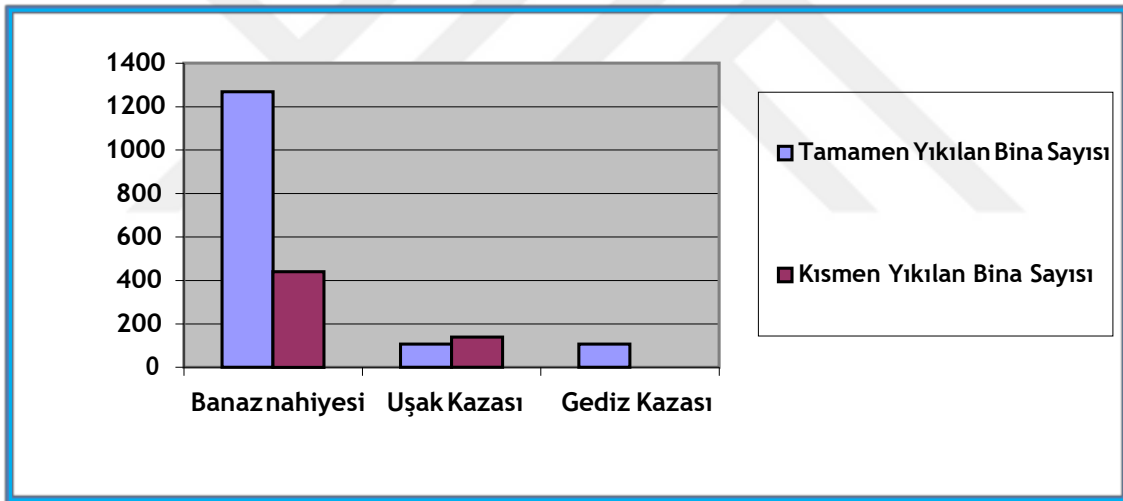
Fay Adı	Fay Bilgi	Büyüklik (Mw) (Wells ve Coppersmith)
Banaz Fayı	44 km uzunluğunda, KKD gidişli verrev atımlı normal fay	7.0
Alaba Fayı	16 km uzunluğunda, K20°-55°	6.5
Kızılcaören Fayı	16 km uzunluğunda, K30° gidişli normal fay	6.5
Bahadır Fayı	24 km uzunlukta, K75° gidişli verrev atımlı normal fay	6.5
Gürlek Fayı	22 km uzunluğunda verrev atımlı normal fay	6.6

2.4 Banaz Depremi 30 Eylül 1887

30 Eylül 1887 tarihinde Banaz bölgesinde meydana gelen deprem Satılmış 2016 tarafından yapılan bir yayında detaylıca anlatılmaktadır. Bu çalışmaya göre cuma günü saat 11.56'da meydana gelen deprem, bazı yerlerde 3-4 saniye, bazı yerlerde ise 10 saniye kadar devam etti. Yönü güneyden kuzeye doğru olan bu yer sarsıntısı, birkaç yerde gürültüler eşliğinde vuku bulmuştu. Meydana gelen hasar ve can kayıpları, depremin merkezinin Banaz nahiyesine ait köyler olduğunu göstermekteydi. Deprem, asıl etkisini Banaz nahiyesi, Uşak'ın doğusu ve Gediz kazasının güney kısımlarında göstermekle birlikte geniş bir alanda şiddetli ya da hafif derecelerde hissedilmişti. Deprem, Bursa, Afyon, Alaşehir, Demirci, Buldan, Burdur, Isparta, Eşme, Kula, Kütahya, Sürmeli, Aydın, Nazilli, Sarayköy, Marmaris ve Bodrum'da çok şiddetli bir şekilde; Sandıklı, Yenişehir, Denizli, Manisa, İzmir, Konya, Akşehir, Fethiye, Muğla, Akhisar, Saruhanlı ile Samos Adası'nda şiddetli ya da hafif şiddetli derecelerde hissedilmişti. Yukarıda ismi geçen yerlerin bazısında bir defa deprem meydana gelirken, birçok yerde birden fazla artçı şok yaşanmıştı. Yaşanan bu doğal afet, bölgenin zemininde bazı değişimleri de beraberinde getirmiştir. Evvela Banaz nahiyesinin pek çok mahallinde zeminde yarıklar oluşmuştur. Bunlardan en uzununu, Banaz'ın kuzeybatısında bulunan dağın eteklerinden Gediz kazasının güneyinde bulunan Comburt Vadisi'nin sonuna kadar uzanan yarıklardı. Bunun yanı sıra İslâmköy (Susuz) civarında zeminde iki metre kadar çöküntüler oluşmuştur. Dikkat çeken ikinci değişim ise deprem öncesinde Banaz ovasında akan bir soğuk suyun bir süreliğine kesintiye uğraması ve deprem sırasında oluşan yarıklardan bulanık ve sıcak suların fışkırmasıdır. Bahsi geçen sıcak sulardan bir kısmı kısa bir süre sonra kaybolurken, sıcak suyla birlikte ortaya çıkan kükürt kokusu varlığını bir müddet daha devam ettirmiştir. Depremin meydana getirdiği hasar doğu-batı çizgisinde 30 km uzunluğundaki bir alanı kapsamaktaydı. Bu alan içerisinde Banaz, Uşak ve Gediz bölgesinde can kayıpları ve ağır hasar meydana gelmiştir (Çizelge 2.2, Şekil 2.6) (Satılmış 2016).

Çizelge 2.2 Banaz, Uşak ve Gediz’de meydana gelen hasar ve zayıat (Satılmış 2016).

Yerleşim birimi/bina cinsi	Banaz Nahiyesi		Uşak Kazası		Gediz Kazası		Toplam
	Tamamen yıkılan	Kısmen yıkılan	Tamamen yıkılan	Kısmen yıkılan	Tamamen yıkılan	Kısmen yıkılan	
Ev	1246	435	106	139	101		2027
Cami	10	5			4		19
Tekke	2				1		3
Çeşme	4						4
Değirmen	4						4
Köprü	1						1
Derbent	1						1
Toplam	1268	440	106	139	106	0	2059



Şekil 2.6 Banaz, Uşak ve Gediz’de meydana gelen hasar ve zayıat (Satılmış 2016).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Küresel Konumlama Sistemleri (GNSS-Global Navigation Satellite System)

GNSS sistemi ABD Savunma Bakanlığı tarafından geliştirilen GPS uydu konumlama sistemi, Rusya Federasyonu tarafından geliştirilen GLONASS uydu konumlama sistemi ve Avrupa Birliği tarafından geliştirilmekte olan GALILEO vd. uydu konumlama sistemlerinin tümünün birden adlandırılmasıdır. GNSS alıcıları, açık alan sporlarında kullanılan düşük doğruluklu 150-400 dolarlık cihazlar olabildiği gibi, binlerce kilometrelik uzunlukların milimetre doğruluğunda belirlenmesinde kullanılan on binlerce dolar değerindeki jeodezik amaçlı aletler de olabilir. Günümüzde kabuk hareketlerinin izlenmesine yönelik olarak yürütülen çalışmalarda iki GNSS alıcısı arasındaki binlerce kilometrelik uzaklıklar 2-20 mm doğrulukla belirlenebilmektedir (Tiryakioğlu 2012).

3.1.1 GPS

Günümüzün modern konum belirleme teknolojisinin de temelini oluşturan ilk uydu tabanlı sistem Transit'tir. İlk prototip Transit uydusu 1961'de yörüngeye yerleştirilmiştir. Sistem 1967'de sivil kullanıma açılmıştır. Transit sistemi yeryüzünden yaklaşık 1100 km uzaklıktaki 6 uydudan oluşmuştur. Transit sisteminde amaç gerçek zamanlı konum ve hız bilgisinin belirlenmesi olmasına karşın Transit ile düşük doğruluk elde edilebilmiştir. Transit'ten elde edilen deneyimler sonucu doğru konum belirlemeye olanak veren bir sistem gereksinimi ortaya çıkmıştır. 1980'li yıllara gelindiğinde ABD tarafından GPS geliştirilmiştir (Tiryakioğlu 2012).

GPS sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar; uzay bölümü, kontrol bölümü ve kullanıcı bölümüdür. Uzay bölümü, Ekvator ile 55° eğim yapan 6 yörünge düzlemi üzerine yerleştirilmiş 32 uydudan oluşmaktadır. Uydular yer merkezinden 26560km (yeryüzünden yaklaşık 20200 km) uzaklıkta olup 11 saat 58 dakikada bir tam devir yapmaktadırlar (Tiryakioğlu 2012).

GPS uyduları iki frekansta taşıyıcı dalga yayımlar. L1 taşıyıcısının frekansı 1575.42 MHz'dir. L2 taşıyıcısının frekansı 1227.60 MHz'dir. L1 ve L2 taşıyıcı frekansları, uydu saat düzeltmeleri, yörünge parametreleri gibi bilgilerin yeryüzündeki alıcıya ulaştırılabilmesi amacıyla kodlarla ve navigasyon mesajı verileri ile modüle edilmiştir.

Bu modülasyon işlemi ile her uyduya tek anlamlı PRN (Pseudo Random Numbers) kod numarası verilmiştir. Tüm uydular aynı taşıyıcı frekansta veri yayını yapmasına karşın, uydu sinyalleri PRN kod modülasyonu tekniği nedeniyle birbiri ile karışmamaktadır. L1 taşıyıcısı, P kod, C/A kod ve Navigasyon mesajını taşır. L2 taşıyıcısı ise P kod ve navigasyon mesajını taşır. GPS'in elektromanyetik spektrumunda 1381.05 MHz frekansında olan L3 taşıyıcısı da mevcuttur. Ayrıca GPS sinyal modernizasyonu kapsamında uydulara L2C ve L5 sinyali eklenmiştir. L5 sinyalinin taşıyıcı frekansı 1176.45 MHz'dir (Tiryakioğlu 2012).

3.1.2 GLONASS

GLONASS sistemi; Sovyet Rusya tarafından GPS'e karşı geliştirilmiş olan konum belirleme sistemidir. Sistem 1980'li yılların başlarında tasarlanmıştır. Dönemim Sovyet Rusya'sı GLONASS sisteminin ilk uydusunu 12 Ekim 1982 yılında fırlatmıştır. Ancak Sovyet Rusya'nın dağılması ile sistemin uygulanışı 1990'lı yılların ortasına kadar askıya alınmıştır. 2003 yılında GLONASS M, 2005 yılında da GLONASS K uydularının fırlatılmasıyla günümüzde 3 yörüngede aktif 21, yedek 3 uydu ile hizmet vermektedir (Tiryakioğlu 2012).

21 uydu ile Dünya'nın %97'lik bölümünde en az 4 uydudan, 24 uydu ile Dünya'nın %99'luk bölümünde en az 5 uydudan sinyal alınabilmektedir. C/A kod üzerinden 100 m, P kod üzerinden 10-20 m doğrulukla konum belirleme imkânı sunmaktadır. 0.5625 MHz aralıklarla 25 kanallı, L bant üzerinden iki sinyal taşıyıcı frekansı (1602.5625 - 1615.5 MHz ve 1240 - 1260 MHz) kullanılmaktadır. 19.100 km de dairesel ve 64.8° eğiklikli yörüngelerin her birinde 8 uydu yörüngelerini 11 saat 15 dakikada tamamlamaktadır (Tiryakioğlu 2012).

GLONASS, koordinat sistemi olarak, yer parametre sistemi 1990'ı (PZ-90/Earth Parameter System 1990,) kullanmaktadır. PZ-90, WGS84 koordinat sisteminin kullanıldığı yer modeline benzer parametreler içermektedir. WGS84 ile PZ-90 arasında dönüşüm matrisi ile sistemler birbirine kolay çevrilebilmektedir (Tiryakioğlu 2012).

3.1.3 GALİLEO

Galileo Uydu Sistemi, GPS sisteminin Avrupa kaynaklı alternatifi olarak tasarlanmış bir navigasyon sistemidir. Galileo Uydu Sistemi için, 26 Mart 2002 tarihindeki Avrupa Ulaştırma Bakanları Kurulu toplantısında 450 Milyon avro'luk bir bütçe ayrılmıştır. Galileo Uydu Sistemi, 2000 yılında tasarlanmış olup 2002–2005 yılları arasında uydu geliştirilmesi, yer istasyonları ile altyapı tesislerinin oluşturulması ve test çalışmaları yapılmıştır. Sistemin ilk uydusu olan Giove uydusu 28 Aralık 2005 tarihinde Kazakistan uzay istasyonundan fırlatılmıştır. 2006–2007 yıllarında sistem uydularının tamamlanması, yörüngelerine oturtulması, çalışmaları tamamlanarak, 2008 yılında sistemin kullanıma açılması öngörülmüştür. Ancak sistemde meydana gelen aksaklıklar nedeniyle sistemin işletimi ve ticari kullanımı için öngörülen zaman 2014 olarak değiştirilmiştir (Tiryakioğlu 2012).

Galileo Uydu Sisteminde, her biri yaklaşık 675 kg ağırlığında ve boyutları 2.7 m x 1.2 m x 1.1 m olan 27 asıl 3 yedek olmak üzere toplam 30 adet uydudan oluşacaktır. Uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 23616 km dir. Bir uydunun dolanım süresi 14 saat 4 dakika olacaktır. Yörüngeler ekvatorla 56°'lik açı yapacaktır. Dünya üzerinde herhangi bir yer ve zamanda en az 6 uydunun gözlenebilmesi sağlanacaktır. Tam faaliyette iken ± 1 m hassasiyetinde konum belirleme yeteneği olacaktır. Galileo uyduları 6 navigasyon sinyali gönderecek ve bu navigasyon sinyalleri 6 frekans bandında üretilecektir. Bunlar L1F, L1P, E5a, E5b, E6C ve E6P sinyalleridir. Bu sinyallerin taşıyıcı frekansları E5 sinyali için 1164-1215 MHz, E6 sinyali için 1260-1300 MHz ve L1 sinyali için 1559-1592 Mhz olarak belirlenmiştir (Tiryakioğlu 2012).

GPS ve Galileo her ne kadar farklı sistemler olsa da kullanıcı alıcılarının en iyi ölçme performansını elde etmeleri için birlikte çalışabilirlik konusu zorunluluk haline gelmiştir. Bu bağlamda kısmi sinyal örtüşmesi, Jeodezik referans koordinat çatıları ve referans zaman çatıları konusunda ortak çalışmalar yapılmıştır. Galileo E5 ve E2-L1-E1 sinyali sırasıyla GPS L5 ve L1 sinyalleri ile kısmi olarak örtüşerek kullanıcı alıcıların ortak kullanımına sunulmuştur (Tiryakioğlu 2012).

Galileo, GPS referans koordinat sistemi WGS84'den farklı olarak GTRF (Galileo Terrestrial Reference Frame) kullanmaktadır. GTRF ile WGS84 arasında birkaç cm'lik fark olacağı düşünülmektedir. Bu farkın sadece çok hassas uygulamalar dışında önemli olmadığı düşünülmektedir. Galileo sistemi referans zamanı olarak GST (Galileo System Time) kullanmaktadır. Ancak sistemin GPS zamanından nanosaniyeler mertebesinde farklılık göstermesinden dolayı ikisi aynı kabul edilmektedir (Tiryakioğlu 2012).

3.1.4 Diğer Konumlama Sistemleri

BeiDou navigasyon sistemi Çin Halk Cumhuriyeti'nin bağımsız bir uydu navigasyon projesidir. BeiDou sistemi 4 uydudan oluşmakta ve deneysel olup, kısıtlı kapsama ve uygulama alanına sahiptir. Ancak Çin, 40'tan fazla uydudan oluşan COMPASS sistemi ile gerçek bir küresel uydu navigasyon sistemi geliştirmeyi planlamaktadır. Yeni sistemde 5 tanesi yer sabit yörünge uydusu ve 30 tane de orta yer yörüngesi uydusu bulunacak ve küresel kapsama sağlayacaklardır. Bu uyduların kaç farklı yörüngede olacağı henüz planlanmamıştır. Uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 21500 km olacaktır. Bir uydunun dolanım süresi 12 saat 35 dakikadır. Yörüngeler Ekvatorla 55° açı yapmaktadır. COMPASS uyduları sinyalleri 4 frekans bandında üretilmiştir. Bunlar B1, B1-2, B2 ve B3 sinyalleridir. B1 sinyali 1561.10 MHz, B1-2 sinyali 1589.74 MHz, B2 sinyali 1207.14 MHz, B3 sinyali 1268.52 MHz sinyalinin taşıyıcı frekansından yayınlanmaktadır. COMPASS, 10 servis sunacaktır; bunlardan beşi açık servisler olup diğer beşi de kısıtlı yetkili servisler olacaktır. Bu servislerin sekiz farklı taşıyıcı frekansla verilmesi öngörülmektedir. Açık servislerin 10 metrelik anlık konumlama doğruluğu sunarken yetkili (lisanslı) servisler açık servislerden daha doğruluklu olacak ve kullanıcıya sistem durumu hakkında bilgiler de sunacak. 2011 yılı itibarıyla COMPASS sistemi 10 aktif uyduya ulaşmış ve Asya-Pasifik bölgesinde kullanıcılara hizmet vermektedir. 2020 yılına kadar ise küresel ölçekte kullanıcılara hizmet vermesi planlanmaktadır (Tiryakioğlu vd. 2012).

QZSS ise Japonya'nın geliştirmekte olduğu bir sistem olup 11 Eylül 2010 tarihi itibarıyla ilk uydusu uzaya fırlatılmıştır. Eylül 2013 itibarı ile ise 3 uydusu aktif olup L1C, L2C ve L5 sinyallerini barındırmaktadır. Birincil görevi Japonya'nın pek çok kentsel oluşumunda GPS uydularının daha kesin sonuçlar vermesini sağlamak ve GPS ile veri elde eden

uygulamaların hassasiyetini, güvenilirliğini artırmak ve verimliliğini geliştirmek. QZSS Uyduları hem GPS'in L1C/A sinyalleri ile uyumlu hem de geliştirilmiş L1C, L2C ve L5 sinyalleri ile uyumlu iletimde bulunmaktadır (Tiryakioğlu 2012).

Hindistan ise kendi konumlama sistemi olan IRNSS için 7 uyduluk bir plan yapmış ve bunlardan ilkinin 1 Temmuz 2013 tarihinde uzaya fırlatmıştır (Tiryakioğlu 2012).

3.2 GNSS ile Kabuk Hareketlerinin Belirlenmesi

Teknolojideki gelişmelere paralel olarak düşen maliyet oranları ile GNSS'in kullanım alanları genişlemiştir. Özellikle tektonik hareketlerin belirlenmesinde GNSS kullanımı son derece yaygınlaşmıştır. Bunun en güzel örnekleri de 1990'lı yılların başlarında yapılan çalışmalarda 10-15 noktalı kurulan tektonik ağların yerini, günümüzde 50-60 noktalı ve sürekli gözlem yapan ağların çalışmalarda yer almasıdır (Tiryakioğlu *et al.* 2013, Feigl *et al.* 1990, Tiryakioğlu *et al.* 2017).

Tektonik hareketlerinin incelenmesi sayesinde bugün, büyük depremlerin birçoğunun nerelerde olacağı tahmin edilmektedir. Tektonik hareketler yüzünden litosfer parçalarında deformasyon meydana gelmektedir. Bu deformasyon sonucunda levha ve fayların iki taraflarındaki noktalar birbirine göre hareket etmektedir. Bu hareketin miktarı yıllık 10 cm'ye kadar çıkabilmektedir (Herring 1999). Bu hareket miktarları VLBI (Very Long Base Interferometry), SLR (Satellite Long Range) ve GNSS teknikleri kullanılarak tespit edilebilmektedir. GNSS tekniği yöntemi VLBI ve SLR yöntemlerine göre hem ekonomik yönden daha uygun, hem de her türlü hava koşullarında ve gece-gündüz kullanım olanağı sağlaması ve kullanıcı dostu olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir (Tiryakioğlu 2012).

Uzay jeodezisi, levhaların incelenmesi üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. GNSS teknolojisi tektonik hareketlerin zamana bağımlı hareketlerini anlama ve deprem riskini kestirme açısından oldukça önemli bir çalışma olmaktadır. GNSS tekniği yöntemi ile depremlere neden olan aktif kırık sistemleri boyunca deprem öncesinde, deprem sırasında ve deprem sonrasında meydana gelen deformasyonlar uzun gözlemler sonucu belirlenebilmektedir. GNSS'in tektonik kullanımı için, fay kırıklarının ayırdığı blokların üzerinde ve bloğun tamamını temsil edecek şekilde bir ağ tasarımı yapılır. Tesis edilen

bu ağ, bölgedeki kabuk kalınlığı kadar faya yakın ve uzak çevresine yeteri kadar GNSS noktası tesis edilir. Bu noktalarda belli aralıklarla kampanya tipi veya sürekli olarak gözlemler yapılır. Elde edilen ölçülerin değerlendirme aşamasında yeryüzüne yayılmış ve koordinatı çok uzun süreler boyunca ölçülen global noktalardan faydalanılır. GNSS gözlemlerinin değerlendirilmesi sonucu noktaların ilk tesis edildikleri andan son ölçmelerin yapıldığı zamana kadar olan yer değiştirmeleri belirlenmektedir. Zamansal değişimlere göre hesaplanan yer değiştirme vektörleri ile bölgede oluşan gerilme ve sıkışma miktarları tahmin edilebilmektedir (Tiryakioğlu 2012).

GNSS, levha tektoniği alanında eskiden beri var olan modelleri geliştirme görevini üstlenmiş durumdadırlar. Bu amaçla yapılan çalışmalarda GNSS verilerinin analizinin yorumunda öncelikle analizin yapıldığı bölgenin jeolojik ve tektonik özellikleri dikkate alınır. Bunun için bölgenin içinde bulunduğu jeolojik levha ve faylara ilişkin ilgili bilgiler GNSS analizi sonucunda elde edilen bilgilerle birlikte değerlendirilir. Global olarak yapılan analizlerden elde edilen ilgili levhaya ve komşu levhalara ilişkin hareket bilgileri, çalışmaya konu bölgenin güncel tektonik bilgilerinin yorumlanması için önemli ipuçları sağlamaktadır.

GNSS teknolojisi ve gerilim ve gerinim parametreleri yardımı ile elde edilen bilgilerin birlikte değerlendirilmesi sayesinde fayların zamansal hareketlerini anlama bölgedeki gerilmeyi kestirme yolunda oldukça ileri adımlar atılmıştır. Deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında meydana gelen deformasyonların sağladığı bilgileri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- a) Deprem sırasında olan deformasyonlar (coseismic dönem):** GNSS ölçümleri deprem kaynağında olan olaylar ile doğrudan ilişkilidir. GNSS yardımı ile ölçülen yüzey deformasyonları, deprem kırığının geometrisinin ve bu kırığın deprem sırasındaki hareketinin saptanmasında, InSAR ve sismoloji çalışmalarından elde edilen bilgileri tamamlayıcı olarak, yardımcı olur (Reilienger *et al.* 2006).
- b) Deprem sonrasında süre giden deformasyonlar (postseismic dönem):** Depremlerin anlaşılmasında GNSS'in en önemli rol oynadığı alan, depremlerden sonra bölgede oluşan zamana bağlı deformasyonların belirlenebilmesidir. Bu değişimler, depremden sonra yıllarca devam etmektedir ve artçı sarsıntı dağılımları ile bu konuda bir miktar

yol gösterici bilgi elde edilebilmesine rağmen, klasik sismolojik yöntemler ile bunları saptamak olanaksızdır. Deprem sırasında oluşan deformasyona bağlı olarak başlayan değişimler, ortamdaki başka kırıkların üzerindeki gerilme miktarlarını arttırarak, yeni depremlerin oluşmasına neden olabilmektedir.

- c) Deprem öncesinde oluşmakta olan deformasyonlar (interseismic/preseismic dönem): Deprem öncesi, levhaların birbirine göre göreceli hareketlerinin sonucunda ortamdaki gerilme artışını ve bunun sonucu oluşabilecek deprem riskini belirlemek mümkündür (Mc Clusky *et al.* 2000).

Projedeki amaçlara ulaşılması için kullanılacak yazılım paketinin temel olarak çalışma prensipleri ve izlenen genel yöntem aşağıda özetlenmiştir.

3.3 GAMIT/GLOBK Yazılım Takımı

GNSS verilerinin değerlendirilmesi için GNSS alıcı üreticileri tarafından yazılan ticari programlarla, üniversiteler ve bilimsel kuruluşlar tarafından geliştirilen bilimsel programlar bulunmaktadır. Ticari programlar firmanın kendilerine özgü ve müşterilerinin ihtiyaçları karşılayabilecekleri şekilde hazırlanmış kısıtlı programlardır. Ticari programlar kullanım kolaylığı ve kullanıcının daha az zamanda daha çok şey üretmesini sağlarken, aynı zamanda yazılımın çalışma prensibi bakımından bilinmeyenlerle dolu olmaları nedeni ile birer kara kutudurlar. Ticari programlara örnek olarak Thales GNSS, ASHTECH OFFICE SUITE ve SKI PRO verilebilir. Bilimsel programlar ise genellikle üniversitelerin ve enstitülerin kullanması amacıyla geliştirilmiştir. Günümüzde birçok bilimsel çalışmada BERNESE, GIPSY ve GAMIT/GLOBK gibi programlar kullanılmaktadır (Yavaşoğlu 2009, Erdoğan 2005).

GNSS veri analizi programları genel olarak iki ana fonksiyondan oluşmaktadır. Bunlar, fiziksel modelleri, algoritmaları ve araçları içeren yazılım kütüphanesi ile verilerin işlenmesini sağlayan veri işleme platformlarıdır.

Yazılım kütüphanesinde GNSS ölçülerine etki eden faktörleri minimize etmeye yarayan modeller bulunmaktadır. Bu modellere örnek olarak troposferik ve iyonosferik modeller verilebilir. GNSS verilerinin ön değerlendirilmesinin yapıldığı algoritmalarda yazılım

kütüphanesinde bulunmaktadır. Bu algoritmalarla örnek olarak saat, Kalman, Robust ve EKK algoritmaları verilebilir. Aynı zamanda fonksiyon kütüphanesinde veri işlemesine etki etmemesine rağmen işlemlerin görselleştirilmesi ve farklı sonuçları alınabilmesi sağlayan araçlarda mevcuttur (Dönüşüm ve görselleştirici araçlar vb). Veri işleme platformunda ise yazılım kütüphanesinde bulunan modeller ve algoritmalar kullanılarak GNSS verileri değerlendirilir (Xu, 2007).

Gerek ticari gerekse bilimsel yazılımlarda veri değerlendirme aşamaları aynıdır. Ancak ticari programlarda kullanılan modeller hem kısıtlı hem de değerlendirme stratejisine göre seçim sunmamaktadır. Bununla birlikte levha hareketlerinin belirlenmesi gibi, yüksek doğruluk gerektiren çalışmalarda veriler, ticari programlar ile gereken doğrulukta değerlendirilememektedir.

Bilimsel yazılımlar genellikle kaynak kodlu GPS yazılım paketlerindendir. Bunlardan GIPSY (GPS-Inferred Positioning System), 1985 yılında Jet Propulsion Laboratory (JPL) tarafından geliştirilmiştir. Yazılım birbirinden bağımsız iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım uzay araçları için geliştirilen yörünge belirleme yazılımından oluşur. İkinci kısım ise yer kabuğu dinamiği ve radyo dalgaları gecikmeleri modellemelerini kapsayan VLBI jeodezik yazılımından oluşur. Daha sonraları bu iki sisteme Kalman Filtreleme ile parametre tahmini ve interaktif veri düzeltme özellikleri eklenmiştir. Bu arada yazılıma ilave özellikler eklenerek modüler hale getirilmiş ve OASIS adını almıştır. Diğer bir yazılım olan BERNESE yazılımı biraz daha karmaşık bir sistemdir. Sadece ölçüm işlemini değil aynı zamanda bir gökyüzü cismi olarak GPS uydularının davranışları ve Dünya'nın bir gezegen oluşu gibi etmenlere bağlı olarak pek çok fiziksel etkiyi modellemektedir (Tiryakioğlu 2012).

GAMIT/GLOBK ise Amerika Birleşik Devletleri, MIT (Massachusetts Institute of Technology) bünyesinde geliştirilen ve NSF (National Science Foundation) finanse edilen bir yazılım takımıdır. Bu yazılım paketi bilimsel çalışmalarda yeni ilerlemelere araç olması ve açık kaynak olması nedeniyle birçok kullanıcı tarafından tercih edilmektedir. Yazılımın bir seri komut takımıyla yönetilmesi ve ara yüzü olmaması nedeniyle Linux ve benzeri Unix türevi işletim sistemleri üzerinde çalışmaktadır (Herring *et al.* 2009). GAMIT yazılımı ile GNSS verilerinin değerlendirilmesi için öncelikle, farklı

markalardaki alıcılarla toplanan verilerin belli bir standarda indirgenmesi sağlanmalıdır. Bunun için alıcıdan bağımsız değişim formatı olan RINEX (The Receiver INdependent EXchange FORMAT) veri formatına dönüşüm sağlanmıştır.

GAMIT modülü analizlerde genel olarak taşıyıcı dalga faz ölçmeleri ve Pseudo-range gözlemlerini kullanarak, üç boyutlu koordinatların, uydu yörüngelerinin, atmosferik zenit gecikmelerinin ve Dünya dönüklük parametrelerinin kestirimi yapılabilmektedir. Bu işlemleri gerçekleştirirken faz belirsizliklerinin çözümü için çiftli fark yöntemini kullanmaktadır.

GAMIT yazılımında GNSS ölçülerinin değerlendirmesinde birçok aşama mevcuttur. Bu aşamalar sh_GAMIT komutuyla otomatik yapıldığı gibi tek tek yapılabilir. Sh_GAMIT komutu tek tek yapılan işlem adımlarının sırasıyla çalışması için geliştirilmiş bir komuttur. Her iki seçenekte veriler aynı işlemde geçirildiği için sonuçlarda bir değişiklik olmamaktadır.

GAMIT yazılımının ilk işlem aşamasında uydu saatleri ve uydu ön yörünge bilgileri elde edilir. Yörünge ve kod ölçmeleri bilgileri ile yaklaşık nokta koordinatlarına dayalı olarak ilgili istasyon saat düzeltmeleri hesaplanır. İkinci aşamada ise faz kesiklikleri saptanır ve ortadan kaldırılır (Herring *et al.* 2009).

Sonraki adımlar için GAMIT, birbirinden bağımsız çift-farkları oluşturmak üzere bir algoritma kullanmaktadır. Çift-fark oluşturulmuş iyonosferden bağımsız gözlemleri kullanımı ile ilk dengelemede gerekli olan tüm parametreler kestirilir. Birinci dengelemede saptanan birbirinden bağımsız çift-farkların faz belirsizlik parametreleri, faz verisinin dağılımı ve baz uzunluğuna dayalı eşleme ile orijinal taşıyıcı faz belirsizliklerinden üretilir. Bu eşleme, kısa baz uzunluklarından elde edilen belirsizlik çözümünün daha güvenli olmasının avantajını ağırlıklı olarak kullanarak en kısa bağımsız yola göre birbirinden bağımsız çift-fark kümesini oluşturur. Bir sonraki adım, L1 ve L2 faz gözlemlerini bağımsız olarak kullanarak çift-fark uzun dalga boylu belirsizlik parametreleri için en iyi uyan tamsayıyı iterasyon yaparak hesaplama işlemidir. Uzun dalga boylu belirsizlikler bir kere güvenli bir şekilde çözüldükten sonra doğru tamsayı değerlerine yuvarlanır. Tüm parametreleri saptamak ve ardışık olarak kısa dalga boylu belirsizlikleri çözmek için iyonosferden bağımsız çift-farklı gözlemler üzerinde

başka bir dengeleme işlemi yapılır (Erdoğan 2005, Poyraz 2009, Tiryakioğlu, 2012).

Yukarıda kısaca anlatılan adımları uygulayabilmek için GAMIT içerisinde birçok küçük program kullanılmaktadır. Ancak bu programların sağlıklı bir şekilde çalışabilmesi için GAMIT girdi dosyalarının doğru hazırlanması gerekmektedir. GAMIT kütüphanesinde veri işlemesi için gerekli olan fiziksel modeller bulunmaktadır. GAMIT yazılımının verileri değerlendirmek için ihtiyaç duyduğu, fiziksel modeller ay ve güneş efemeris bilgileri (luntap, soltab files), istasyonlar hakkında bazı bilgiler (anten ve alıcı tipi, anten yüksekliği, başlangıç koordinatları) gibi bilgiler GAMIT içinde bulunan tables klasöründe bulunmaktadır. Bu klasörü oluşturmak için gerekli klasörünün içine girilip, sh_setup komutu kullanılmalıdır. Bu komut çalıştırılmasıyla GAMIT çalıştırıldığı dizin için tables klasörü için gerekli fiziksel modelleri (luntap, soltap, nutabl, leap.sec) linkleyecektir (Erdoğan 2005, Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012).

GAMIT ilk olarak MAKEXP ve MAKEX programlarını çalıştırmaktadır. MAKEXP programının girdileri olarak; RINEX, Station.info ve Sessions.info dosyalarını kullanmaktadır. RINEX dosyaları alıcı tarafından toplanan gözlem ve navigasyon veri dosyalarıdır. Station.info istasyonlara ve üzerlerinde kurulu olan alıcılara ait bilgileri içeren dosyadır. Sessions.info dosyası ise yapılan oturuma ait bilgileri içeren dosyadır. İçinde, oturumun yapıldığı yıl, gün, oturum sayısı, verilerin kaç saniye aralıklarla toplandığı ölçüye başlama ve bitiş zamanı ve gözlem yapılacak olan uyduların PRN numaraların ait bilgiler bulunmaktadır. MAKEXP programı çalıştıktan sonra GAMIT formatında hazırlanmış gözlem dosyalarını üreterek MAKEX ve diğer programlara girdi dosyası oluşturmaktadır. MAKEX programı girdileri ise L.file, X-files ve K dosyalarıdır. L.file dosyası istasyon koordinatlarını içeren dosyadır. Hassas şekilde elde edilmesi gereken istasyon dosyaları için veri işlemeye başlamadan önce, sabit kabul edilen istasyonun IGS'e (International GNSS Service) ait olmasına ve IERS (International Earth Rotation Service) tarafından koordinatlarının hassas şekilde hesaplanmış olmasına dikkat edilmelidir.

Bu iki programın çalıştırılması ile elde edilen dosyalar FIXDRV' da kullanılmak üzere girdi verisi olacaktır. FIXDRV ile girdi dosyaları düzenlenir, uydu ve alıcı saatine ait değerleri içeren dosyaları B ve I dosyalarını oluşturur. I dosyası her istasyon ve oturum

için saat farklarını ve oranlarını, B dosyasıda analiz boyunca kontrolü sağlayan bilgileri içermektedir. ARC ve MODEL programı çalışması ile yörünge efemerisleri ve türevlerine ait dosyalar oluşturularak, gözlenen ve teorik olarak elde edilen ölçme değerlerinin farkları hesaplanır. Daha sonra AUTCLN programında kullanılmak üzere C-dosyalarını oluşturur. AUTCLN programında C dosyaları kullanılarak devir kesiklikleri (cycle-slips) ve kaba hataları otomatik olarak düzenlenmesi işlemlerine geçilir. SOLVE programında tüm parametreler (istasyon konumlarına ve uydu yörüngelerine ait) en küçük kareler yöntemi ile dengelenir ve öncül (prefit) çözümler elde edilir. MODEL, AUTCLN ve SOLVE programlarında öncül çözümler tekrar kullanılarak soncul çözümler elde edilir. GAMIT yazılımı soncul çözümler sonucunda Q ve H sonuç dosyaları oluşturur. Q dosyalarında SOLVE programı sonucu elde edilen tam sayı belirsizliklerinin çözümü ve sonuçların hataları bulunur. Bu dosya sayesinde veri işlemin nasıl gerçekleştirildiği adım adım incelenebilmektedir. H dosyalarında ise dengeleme sonrası türetilmiş ölçüler ve kovaryans matrisleri bulunmaktadır (Erdoğan 2005, Poyraz 2009, Tiryakioğlu 2012).

GAMIT modülü tarafından türetilen H dosyaları GLOBK yazılımı için girdi verisi olarak kullanılmaktadır. GLOBK, nokta konumları, yörünge parametreleri ve yerin dönüş parametreleri ile ilgili kovaryans matrislerini veri olarak kabul eder. GLOBK' nın asıl işleyiş algoritmasında Kalman Filtresi kullanılmaktadır (Herring *et al.* 2009)

GLOBK veri işlemi aşamasında GAMIT gibi birden fazla program çalıştırmaktadır. Bu programlar HTOGLB, GLRED, GLOBK ve GLORG' dır. GLOBK ilk olarak GAMIT yazılımı SOLVE programı tarafından üretilen H dosyalarını GLOBK formatında kullanılabilecek H dosyalarına dönüşmesi için HTOGLB alt programı kullanır. GAMIT tarafından H dosyaları her bir oturum için ayrı ayrı elde edilir. Bütün kampanya H dosyalarını birleştirmek için global ölçekte değerlendirilmiş ve internet aracılığıyla kullanıcılara sunulan H dosyalarından faydalanılır. Global ve lokal H dosyaları yardımıyla çözümler bir araya getirilir. Bu entegrasyon işlemi GLRED programı aracılığıyla gerçekleştirilerek her bir istasyona ait uzun dönem ve kısa dönem zaman serileri elde edebilir. Elde edilen günlük birleştirilmiş H dosyaları amaca göre haftalık, aylık ve senelik olarak birleştirilerek tek bir H dosyası elde edebilir. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için GLOBK alt programı kullanılır. GLORG programı referans sisteminin tanımlanmasında ve istasyonlara ait hız bilgisinin elde edilmesinde kullanılır.

GAMIT'in nokta ve uydu vektörü sonuçları, büyük varyanslı ve korelasyonlu bir kovaryans matrisine sahip olup, ancak yüksek miktarlarda kısıtlanmış çözümlerin normal geometrik ilişkilerinin sürmesine olanak sağlar. Örneğin, bir durum vektörü, üç nokta konumu üzerinde yüksek miktarla kısıtlanmış bir Kalman filtresi kullanarak birleştirilerek bulunan çözüm vektörü, GAMIT'te kestirilen modele lineer olarak yakın bir apriori modele uygulandığında saptanan çözümün aynısı olmaktadır. Bu teknik, koordinatların eş zamanlı saptanması için birden fazla oturumdan gelen dengelemeleri birleştirmek kapasitesine sahip olup, hem nokta hem de uydu parametrelerindeki farklı apriori kabullerin kullanımının etkisini test etmek için etkin bir yöntemdir. Bu olanaklar özellikle farklı güvenilir ağların kullanılmasından çıkarılan dengelemelerin tek tip olarak birleştirilmesinde kullanışlıdır. Zamana göre noktaların hızlarını tanımlayan parametreler bu çerçeveye kolayca oturtulabilir ve bu oranla ilgili nokta koordinat kestirimlerinin dağılımı oturumlar arasındaki nokta koordinatlarını serbest bırakmak için stokastik (zamana bağlı) süreçler koyularak kestirilebilir (Erdoğan 2005, Poyraz 2009, Herring *et al.* 2009, Tiryakioğlu 2012).

3.4 Yamulma (Gerinim-Strain)

Yamulma kavramı, yer değiştirme (displacement) kavramı ile sıkı sıkıya ilgilidir. Yamulma, cismin komşu noktaları arasında fiziksel ve mekanik bağ kopmadan, gerilmeler etkisiyle meydana gelen yer değiştirmeleridir. Başka bir anlatımla, bir kütle üzerindeki herhangi bir noktanın yaptığı hareketinin vektörel büyüklüğü yer değiştirme olarak adlandırılır. Kütle hareketleri iki kısım olarak düşünülebilir:

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

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

Yamulma, kütle üzerindeki noktaların birbirlerine göre bağlı hareketleri ile ilgili geometrik bir büyüklüktür. Gerilim gibi yamulmada da normal ve kayma yamulması sınıflandırması yapılabilir. Normal yamulma, iki nokta arasındaki uzunluktaki değişimin, orijinal mesafeye bölümüdür.

Kayma yamulması ise, başlangıçta birbirlerine dik olan iki doğrultu arasındaki açısal değişimdir. Buradan yola çıkarak yamulmanın boy değişimi ve açı değişimi olarak kendisini iki şekilde göstermektedir. Boyca değişim basınç ve çekme gerilimi etkisi altında cisimde meydana gelen boy değişiminin birim uzunluğa düşen miktarıdır. Birim cismin komşu noktalar arasında fiziksel ve mekanik bağ koptuğu takdirde bu parçalar kuvvetlerin etkisinde öteleme hareketi yaparlar. Aynı şekilde cisim bir bütün halinde şekil değiştirmeksizin ötelenebilir. Anlaşılacağı üzere her yer değiştirme mutlaka bir biçim değişikliği doğurmaz. Yer değiştirme; yamulma, birim deformasyon, öteleme, dönme ve biçim değişikliğinin genel adıdır. Birim deformasyon birimsiz olması ve temelde bir oranı ifade edemediği için bu adı almıştır.

Yer değiştirmelerin izlenmesi için deformasyon alanını en uygun şekilde temsil edecek noktalar seçilmelidir. Yer değiştirmeler ile hesaplanacak gerinim elemanları için gerinimin homojen olduğu kabul edilmelidir. Bu yaklaşımlar sonucunda gerinim problemi, aslında bir dönüşüm problemine dönecektir. Yer değiştirme, aynı noktanın iki farklı zamanda hesaplanan kartezyen koordinatları arasındaki fark olarak düşünülebilmektedir. Bir noktanın t1 zamanındaki koordinatının homojen deformasyona uğrayarak t2 zamanında koordinatına haline gelmesi arasındaki ilişki basit bir afin dönüşüm eşitliği ile açıklanabilmektedir.

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

$$u = Lx + \dot{t} \quad (3.1)$$

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

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

$$L = \dot{\epsilon} + \dot{\omega} \quad (3.2)$$

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

$$\dot{\omega}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), i \neq j, \dot{\omega}_{ii} = 0, i = j \quad (3.3)$$

$$\dot{e}_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (3.4)$$

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

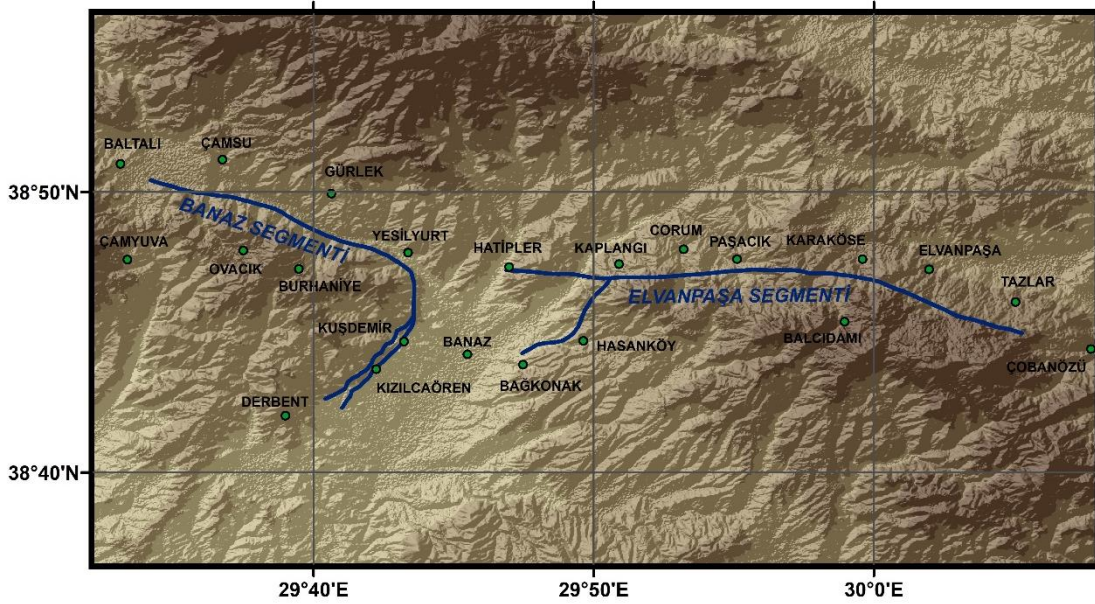
$$C_{ij} = Q_{ij} \exp \frac{\|\vec{r}_x\|^2 + \|\vec{r}_y\|^2}{\sigma_D^2} \quad (3.5)$$

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

4. UYGULAMA

4.1 Çalışma Alanının Tanıtılması

Bu tez çalışması kapsamında incelenecek olan Banaz Segmenti ve Elvanpaşa Segmenti; Akşehir-Simav Fay Sistemi (ASFS) içerisinde, Uşak İlının Banaz İlçesi ile Afyonkarahisar İli arasında bulunmaktadır. Banaz Segmenti; Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü'nün internet sitesinden temin edilen Uşak bölgesine ait UŞAK (NJ 35-8) pafta nolu 1/250000 ölçekli diri fay haritasında, kuzeyde Murat dağının eteklerinde bulunan Baltalı köyünden başlayarak, Çamyuva, Çamsu, Ovacık, Gürlek, Burhaniye, Küçükoturak, Yeşilyurt, Kuşdemir, Kızılcaören köylerine doğru güney batı yönünde devam ederek, Derbent köyüne varmadan son bulur. Elvanpaşa Segmenti; batıda Hatipler köyünden başlayarak Bağkonak, Hasanköy, Kaplangı, Corum, Paşacık, Karaköse, Elvanpaşa, Tazlar köylerine doğru doğu yönünde devam ederek Çobanozü köyüne varmadan son bulur. (Şekil 4.1) Çalışma alanı Banaz İlçesi merkez olan yaklaşık 40 km yarıçaplı bir daireyi oluşturur ve 5000 km² alana sahiptir.



Şekil 4.1 Fay genel görünüm.

4.2 GNSS Ağı

Banaz Fayı civarında önceki yıllarda GNSS ile tektonik hareketlerin incelenmesiyle ilgili bir jeodezik çalışma bulunmamaktadır. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) Denizli ve Eskişehir Bölge Müdürlüklerinden, Banaz İlçesi ve çevresinde bulunan B, C1, C2, C3 derece noktaların geçmiş yıllara ait “RİNEX” verileri temin edilmiştir. Noktalar Segmentlerle birlikte değerlendirilmiş ve istikşafı yapılarak hangi noktaların GNSS ölçüsünde kullanılacağı kararlaştırılmıştır. İstikşaf sırasında çalışma alanımızda Pilye tesisli noktalar araştırılmış ve deforme olmamış olanlar ağı dahil edilmiştir. Bölgede bulunan nokta sayısının az olması sebebiyle, fayın geometrisine uygun olarak yerli kayalar üzerine uzunluğu 20 cm olan bronz çiviler tesis edilmiş ve deformasyonu en aza indirmek için etrafına beton dökülmüştür (Şekil 4.2).



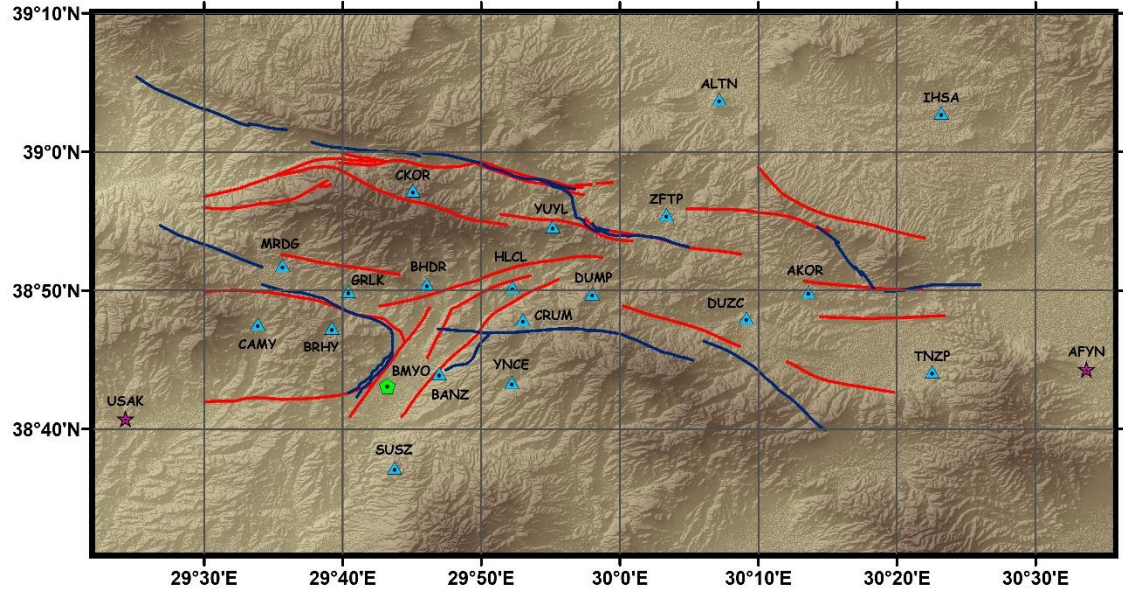
Şekil 4.2 Burhaniye noktası kayada bronz tesisi.

Fayın kinematığını daha hassas belirlemek için 115Y246 nolu TÜBİTAK projesi kapsamında tesisi Aralık/2016 döneminde yapılan Banaz Sabit GNSS İstasyonunun kurulumu 26.03.2017 tarihinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Banaz Meslek Yüksek Okulu (BMYO) sabit GNSS istasyonu.

Çalışma bölgemize en yakın bulunan TUSAGA-AKTİF İstasyonlarından USAK ve AFYN noktaları ağı dahil edilerek 3 tanesi sabit toplamda 22 noktali ağı tasarımı tamamlanmıştır. GNSS ölçüsü yapılacak noktaların yerlerinin belirlenmesi disiplinler arası ortak bir çalışma ile gerçekleştirilmiştir. Ölçü yapılacak noktaların belirlenmesinde bölgedeki blok sınırları, bölgenin jeolojik yapısının ve ölçme tekniğine uygunluğu göz önünde bulundurulmuştur. Noktaların yerleri Çizelge 4.1 – 4.2 ve Şekil 4.4 de verilmiştir.



Şekil 4.4 Banaz Fayı GNSS Ağı (Mavi renkli faylar Emre vd. 2011 diri fay haritalarından, kırmızı renkli faylar Prof. Dr. Ali KOÇYİĞİT' in Çukurören-Çobanlar (Afyon) arasının sismotektonik haritasından temin edilmiştir.).

Çizelge 4.1 Kurulan GNSS ağındaki CORS-TR noktaları

Nokta Adı	İl	İlçe	Mevkii	Boylam (°)	Enlem (°)	Tesis Türü
AFYN	Afyonkarahisar	Merkez	Merkez	30.56100	38.73836	Zemin Pilye
USAK	Uşak	Merkez	Merkez	29.40522	38.67921	Çatı Pilye

Çizelge 4.2 Çalışma alanına kurulan GNSS ağı noktaları.

Nokta Adı	İl	İlçe	Mevkii	Boylam (°)	Enlem (°)	Tesis Türü
AKOR	Afyonkarahisar	Sinanpaşa	Akdeğirmen	30.22679	38.83159	Zemin Pilye
ALTN	Kütahya	Altıntaş	Altıntaş	30.11960	39.06288	Zemin Pilye
BANZ	Uşak	Banaz	Banaz	29.78279	38.73328	Kayada Bronz
BHDR	Uşak	Banaz	Bahadır	29.76768	38.84063	Zemin Pilye
BMYO	Uşak	Banaz	Banaz MYO	29.72021	38.71848	Zemin Pilye (Sabit)
BRHY	Uşak	Banaz	Burhaniye	29.65373	38.78807	Kayada Bronz
CAMY	Uşak	Merkez	Çamyuva	29.56469	38.79252	Kayada Bronz
CKOR	Kütahya	Gediz	Çukurören	29.75105	38.95323	Zemin Pilye
CRUM	Uşak	Banaz	Corum	29.88350	38.79788	Kayada Bronz
DUMP	Kütahya	Dumlupınar	Dumlupınar	29.96683	38.82948	Zemin Pilye
DUZC	Afyonkarahisar	Sinanpaşa	Düzağaç	30.15239	38.80015	Zemin Pilye
GRLK	Uşak	Banaz	Gürlek	29.67352	38.83211	Kayada Bronz
HLCL	Uşak	Banaz	Halaçlar	29.87095	38.83702	Zemin Pilye
IHSA	Afyonkarahisar	İhsaniye	İhsaniye	30.38653	39.04634	Zemin Pilye
MRDG	Uşak	Banaz	Küçükler	29.59438	38.86337	Zemin Pilye
SUSZ	Uşak	Banaz	Susuz	29.72907	38.62003	Zemin Pilye
TNZP	Afyonkarahisar	Sinanpaşa	Tınaztepe	30.37559	38.73552	Zemin Pilye
YNCE	Uşak	Banaz	Yenice	29.87027	38.72250	Kayada Bronz
YUYL	Kütahya	Dumlupınar	Yüylük	29.91918	38.91013	Zemin Pilye
ZFTP	Kütahya	Altıntaş	Zafertepe	30.05582	38.92426	Zemin Pilye

4.3 GNSS Ölçüleri

Proje kapsamında toplamda 5 kampanya 4 periyot GNSS ölçüsü yapılmıştır. 1.Kampanya Ölçüleri 17.12.2016-18.12.2016 tarihlerinde, 2.Kampanya Ölçüleri 03.06.2017 ve 16.07.2017 tarihlerinde, 3.Kampanya Ölçüleri 16.12.2017-17.12.2017 tarihinde, 4.Kampanya Ölçüleri 20.05.2018-09.09.2018 tarihlerinde, 5.Kampanya Ölçüleri 26.01.2019-27.01.2019 tarihlerinde yapılmıştır. GNSS Ölçüleri 2 gün tekrarlı olarak, eş zamanlı yapılmış, günlük minimum 6 eş zamanlı saatlik veriler toplanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 A (DUMP), B(BRHY), C(GRLK) ölçü noktaları.

GNSS antenini etkileyen ve ufuk çizgisine yakın olan verileri kaybetmemek atmosferik gecikmeleri veya anten faz merkezi değişimlerini modellemede verilerin yetersiz kalmaması için kayıta minimum yükseklik açısı 5 derece olarak belirtilmiş ve 15 sn'lik epoklarla veri kaydı yapılmıştır. GNSS ölçülerinde alet sehpası ve pilye tesisleri kullanılmıştır. Kullanılan GNSS alıcıları Ashtech Z-Xtreme ve Thales Z-Max cihazlarıdır. Kampanya ölçülerine ait GNSS ölçü çizelgesi çizelge 4.3 verilmiştir.

Çizelge 4.3 GNSS ölçü çizelgesi.

NOKTA ADI		AKOR	ALTN	BANZ	BHDR	BRHY	CAMY	CKOR	CRUM	DUMP	DUZC	GRLK	HLCL	İHSA	MRDG	SUSZ	TNZP	YNCE	YUYL	ZFTP
2003	203	X																		
	204	X																		
	209			X																
	210			X																
2005	206										X									
2006	108															X				
	227												X							
	329							X												
	330							X												
2007	115		X																	
	116		X																	
	117			X															X	
	121																		X	
2008	89													X						
	96													X						
2011	154	X																		
	167		X																	
2013	82				X															
2016	159	X	X							X				X			X			
	160	X	X							X				X			X			
	174			X											X					
	175			X											X					
	352				X	X	X		X			X						X		
	353				X	X	X		X			X						X		
2017	154				X	X	X		X	X					X	X		X		
	155				X	X	X		X	X					X	X		X		
	196											X							X	X
	197											X							X	
	350				X	X	X		X			X						X		
	351				X	X	X		X											
2018	139							X												
	140				X			X	X	X							X	X		
	141				X				X	X							X	X		
	189		X								X			X						X
	192			X		X	X					X			X					
	193			X		X	X					X			X					
	251								X				X			X			X	
	252								X											
2019	26					X	X		X			X			X			X		
	27					X	X		X			X			X			X		

4.4 GNSS Ağı ve Ölçülerinin değerlendirilmesi

GNSS ölçü verilerinin prosesi MIT (Massachusetts Institute of Technology) kurumu tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis at MIT) ve GLOBK (Global Kalman Filter) yazılım araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. GAMIT yer istasyonların ve uydu yörüngelerinin üç boyutlu konumlarını, atmosferik zenit gecikmeleri ve dünya oryantasyon parametrelerini tahmin etmek için faz ve kod verilerini proses etmek için kullanılan programlar bütünüdür. Yazılım, herhangi bir UNIX işletim sistemi altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır (İnt. Kayn. 1). GLOBK' in ise temel amacı GPS, VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging) teknikleri gibi birçok jeodezik çözümleri birleştirmek olan Kalman filtreleme tekniğidir. Bu tez çalışması kapsamında 2003-2013 yılları arasında TKGM Bölge Müdürlüklerinden temin edilen GNSS ölçü verileri ile 2016-2019 yılları arasında tarafımızca yapılan 5 kampanya GNSS ölçü verilerinin prosesi yapılmıştır. GAMIT' te proses işlemleri hazırlık, değerlendirme, kontrol ve sonuç olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır. İşlem adımları aşağıda sırası ile anlatılmıştır.

4.4.1 Hazırlık İşlemleri

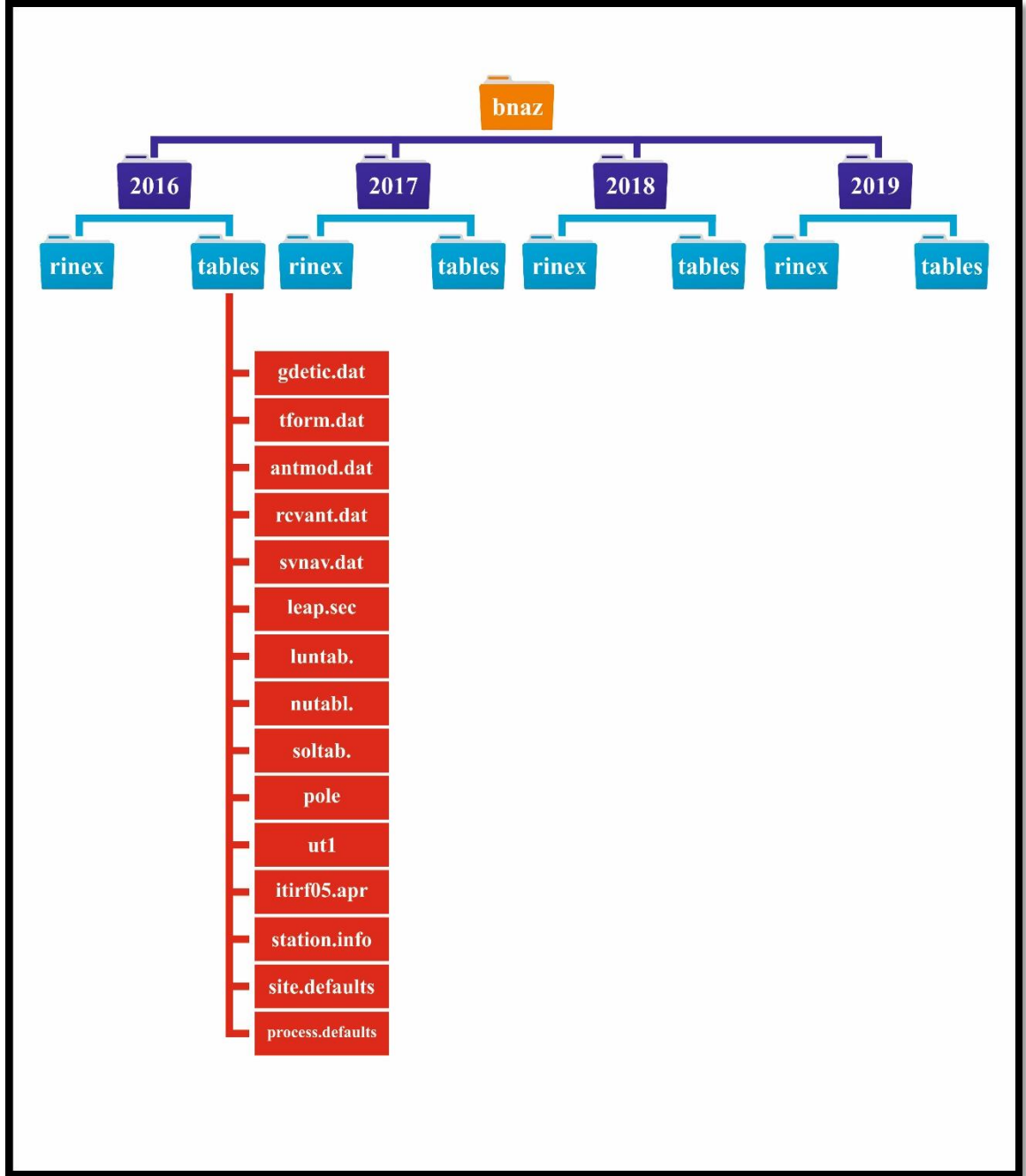
GAMIT' te GNSS verilerinin prosesine başlamadan önce değişik GNSS alıcıları tarafından kaydedilen ham verilerin alıcıdan bağımsız veri formatı RİNEX'e (Receiver Independent Exchange Format) dönüştürülüp, bütün veri formatlarının aynı olması sağlanır. Ham verilerin RİNEX formatına dönüştürülebilmesi ve RİNEX dosyalarının bölünebilmesi için birçok program bulunmaktadır. Bu çalışmada ham veriler “GNSS Solution” programı kullanılarak RİNEX formatına dönüştürülmüştür. RİNEX verilerini farklı günlere bölmek için ise “TEQC” programı kullanılmıştır.

Hazırlık işleminde GAMIT' in çalışma program yapısına uygun olarak ilk önce klasör ağı oluşturulur. Bu klasör ağını oluşturan en dış klasöre projemizin 4 karakterli ismi verilir. Çalışmamızda bu klasöre “banz” adı verilmiştir. Bu klasör GAMIT' in ana klasörü olup, yapılacak olan tüm işlemler bu ana klasör içinde olacaktır. “banz” klasörünün içine GNSS ölçüsü bulunan tüm yıllar için yıl klasörü oluşturulur. Projemizde çizelge 4.3 te belirtilen tüm yıllar için toplam 11 adet klasör açılmıştır. Yıl klasörlerinin içine ise birer adet

RİNEX klasörü oluşturulur. RİNEX klasörlerine ilgili yılın tüm RİNEX verileri kaydedilir. RİNEX dosyalarının proste hata vermemesi için büyük harflerin küçük harflere çevrilmesi gerekmektedir. Bunun için RİNEX klasörü terminal komut satırında sh_casfold komutu kullanılarak büyük harfler küçük harflere dönüştürülmüştür. Bu işlemin diğer yıllar içerisinde bulunan tüm RİNEX klasörlerinde uygulanması gerekmektedir. GAMIT yazılımı verileri değerlendirmek için standart girdi dosyalarına ihtiyaç duymaktadır (Tiryakioğlu 2012). Bu dosyaları oluşturmak için yıl klasörü içerisinde terminal komut satırına “sh_setup-year” yazılır. GAMIT komutun çalışmasının ardından otomatik olarak yıl klasörünün içerisine “tables” adında klasör oluşturur. Bu klasör içerisinde GAMIT’ in ihtiyaç duyduğu tüm standart dosyalar bulunur. “tables” klasörü içerisinde bulunan standart dosya adları ve içerikleri çizelge 4.4 , GAMIT klasör ağı şekil 4.6 verilmiştir.

Çizelge 4.4 Tables klasörü içerisinde bulunan standart dosya adları ve içerikleri.

Girdi Adı	Girdi İçeriği
gdetic.dat	Jeodezik datum parametreleri tablosu
tform.dat	Koordinat dönüşüm parametreleri
antmod.dat	Anten faz merkez ofsetleri tablosu
rcvant.dat	Alıcı ve anten özellikleri
svnav.dat	GNSS uydularının ismini ve PRN numaralarını tanıma tablosu
leap.sec	UTC’ye eklenen 1 saniyelik ofsetler
luntab.	Ay efemeris tablosu
nutabl.	Nutasyon parametreleri tablosu
soltab.	Güneş efemeris tablosu
pole	Kutupsal hareket değerleri tablosu
ut1	IERS bülteni UT1
itirf05.apr	Koordinat değerleri
station info	GNSS noktalarına ait alıcı, anten ve çalışma süresi bilgileri
site.defaults	IGS noktalarına ait bilgiler
process.defaults	Mail adresi bilgileri



Şekil 4.6 GAMIT klasör ağı.

“tables” klasörü içerisinde bulunan **station.info**, **site.defaults**, **process.defaults** dosyalarının; GAMIT prosese başlamadan önce düzenlenmesi gerekmektedir. “station.info” dosyası GNSS ölçüsü yapılan noktaların ve IGS (International GNSS Service) noktalarının bilgilerini içermektedir. Bu dosyanın içerisinde sırası ile 4 karakterli nokta adı, nokta tanımı, GPS oturumu başlangıç ve bitiş saati, anten yüksekliği, anten

yüksekliği ölçüm noktası, alıcı modeli, anten modeli gibi önemli bilgiler bulunur (Tiryakioğlu 2012). Bu dosyada ölçü noktalarımıza ait yukarıdaki verilen bilgiler girilerek kaydedilir. “station.info” dosyasına ait örnek şekil 4.7 verilmiştir.

ZOUF	Zouf Plan	2011	32	13	0	0	2012	10	12	13	0	0.0083	DHPAB	0.0000	0.0000	TPS GB-1000	3.3 May,05,2008 pl	3.30	T224074
ZOUF	Zouf Plan	2012	10	12	13	0	9999	999	0	0	0	0.0083	DHPAB	0.0000	0.0000	TPS GB-1000	3.5 Dec,24,2010	3.50	T224074
ZSE1	Seattle WAAS 1	2003	14	0	0	0	2003	109	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	7FC1
ZSE1	Seattle WAAS 1	2003	109	0	0	0	2007	137	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	7FC1
ZSE1	Seattle WAAS 1	2007	137	0	0	0	9999	999	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	7FC1
ZSU1	San Juan WAAS 1	2003	52	0	0	0	2003	116	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	80C1
ZSU1	San Juan WAAS 1	2003	116	0	0	0	2006	80	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	80C1
ZSU1	San Juan WAAS 1	2006	80	0	0	0	9999	999	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	80C1
ZTL4	Atlanta WAAS 4	2002	309	0	0	0	2003	122	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	81C1
ZTL4	Atlanta WAAS 4	2003	122	0	0	0	2006	339	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	81C1
ZTL4	Atlanta WAAS 4	2006	339	0	0	0	9999	999	0	0	0	0.0000	DHARP	0.0000	0.0000	NOV WAASGII	2.003	2.00	81C1
ZWE2	Astronomical Obs	2004	300	0	0	0	2007	164	12	0	0	0.0460	DHPAB	0.0000	0.0000	AGA SNR-8000 ACT	3.3.32.3	3.30	276-U
ZWE2	Astronomical Obs	2007	164	12	0	0	9999	999	0	0	0	0.1300	DHPAB	0.0000	0.0000	SEPT POLARX2	2.6.0	2.60	1348
ZWEN	Astronomical Obs	1995	67	0	0	0	1996	32	0	0	0	0.0460	DHARP	0.0000	0.0000	ROGUE SNR-8000	2.8.32.1	0.00	287
ZWEN	Astronomical Obs	1996	32	0	0	0	1996	64	0	0	0	0.0460	DHARP	0.0000	0.0000	ROGUE SNR-8000	3.2	3.20	270
ZWEN	Astronomical Obs	1996	64	0	0	0	1999	251	16	0	0	0.0460	DHPAB	0.0000	0.0000	ROGUE SNR-8000	3.2	3.20	270
ZWEN	Astronomical Obs	1999	251	16	0	0	2000	251	0	0	0	0.0460	DHARP	0.0000	0.0000	AGA SNR-8000 ACT	3.3.32.3	0.00	245
ZWEN	Astronomical Obs	2000	251	0	0	0	2000	265	0	0	0	0.0460	DHARP	0.0000	0.0000	AGA SNR-8000 ACT	3.3.32.3	0.00	279
ZWEN	Astronomical Obs	2000	265	0	0	0	2004	266	0	0	0	0.0460	DHARP	0.0000	0.0000	AGA SNR-8000 ACT	3.3.32.3	0.00	279
ZWEN	Astronomical Obs	2004	266	0	0	0	9999	999	0	0	0	0.0460	DHARP	0.0000	0.0000	AGA SNR-8000 ACT	3.3.32.3	0.00	279
#BANAZ 2019																			
GRLE	Tutga Pilye	2019	026	0	0	0	2019	028	0	0	0	1.1410	DHARP	0.0000	0.0000	ASHTech Z-X		9.90	
YNCE	Tutga Pilye	2019	026	0	0	0	2019	028	0	0	0	1.4580	DHARP	0.0000	0.0000	THALES Z-MAX		9.90	
MRDG	Tutga Bronz	2019	026	0	0	0	2019	028	0	0	0	0.4090	DHARP	0.0000	0.0000	THALES Z-MAX		9.90	
BRHY	Tutga Bronz	2019	026	0	0	0	2019	028	0	0	0	1.4940	DHARP	0.0000	0.0000	THALES Z-MAX		9.90	
CAHJ	Tutga Bronz	2019	026	0	0	0	2019	028	0	0	0	1.2560	DHARP	0.0000	0.0000	ASHTech Z-X		9.90	
CRUM	Tutga Pilye	2019	026	0	0	0	2019	028	0	0	0	1.0830	DHARP	0.0000	0.0000	ASHTech Z-X		9.90	
BMYO	Banaz MYO	2016	258	0	0	0	2021	131	12	0	0	0.0820	DHARP	0.0000	0.0000	LEICA GR10	1.00/4.005	1.00	1700065
BLV1	Bolvadin	2016	258	0	0	0	2021	131	12	0	0	0.0860	DHARP	0.0000	0.0000	LEICA GR10	1.00/4.005	1.00	1700065

Şekil 4.7 station.info dosyası örneği.

“site.defaults” dosyası içerisinde, GNSS ölçülerinin dengelenmesinde dayanak noktalarını oluşturan IGS noktalarının isimleri bulunmaktadır. Değerlendirmede kullanılacak IGS noktaları dosya içerisinde düzenlenerek kaydedilir. GAMIT prosese aşamasında “site.defaults” dosyasındaki IGS noktalarına ait verileri internetten temin eder ve RİNEX klasörü içerisine kaydeder. Değerlendirme kullanılan IGS istasyonları çizelge 4.5 ve “site.defaults” dosya örneği şekil 4.8 verilmiştir.

Çizelge 4.5 Değerlendirmede kullanılan IGS istasyonları.

Nokta Adı	Ülke	Şehir	Nokta Adı	Ülke	Şehir
ADIS	Etiyopya	Adis Ababa	LAUG	Lübnan	Lebanese
ANKR	Türkiye	Ankara	MATE	İtalya	Basılıcata
BAKU	Azerbaycan	Bakü	NICO	Kıbrıs	Lefkoşe
BOR1	Polonya	Wielkopolska	NOT1	İtalya	Sicilya
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	TEHN	İran	Tahran
ISTA	Türkiye	İstanbul	TELA	İsrail	Telaviv
KOSG	Hollanda	Kootwijk	VILL	İspanya	Madrid
KUWT	Kuveyt	Kuveyt	ZECK	Rusya	Zelenchukskaya

mate_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
nssp_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	
bahr_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu		glts
tela_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
tubi_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu		glts
ista_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu		glts
crao_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
tehn_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
laug_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu		glts
nssp_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
kuwt_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu		glts
baku_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
notl_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
polv_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
pots_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
kosg_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
adis_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
gras_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
borl_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
onsa_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
vill_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
drag_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
graz_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
ramo_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
bucu_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
ankr_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
nico_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
zeck_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
glsv_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
sofi_gps	banz	ftprnx	xstinfo	glrepu	glreps	glts
mrdr_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
brhy_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
camy_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
grlk_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
crum_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
ynce_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
bmyo_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts
blvl_gps	banz	localrx	xstinfo	glrepu		glts

Şekil 4.8 sites.defaults dosyası örneği.

“process.defaults” dosyası; proses sonuçlarının istenilen mail adresine gönderilmesini sağlamaktadır. Bunun için dosya içerisinde “SYSTEM-DEPENDENT SETTINGS”

bölümünün altında bulunan mail adresinin düzenlenmesi gerekmektedir. “process.defaults” dosya örneği şekil 4.9 verilmiştir.

```
## SYSTEM-DEPENDENT SETTINGS
# UNIX df command must be set to return the correct form
# Most machines (
  set udf = 'df -mk'
# but note that if you have free > 1 Tb, you will need to change this to Mb
# set udf = 'df -m'
# HP
# set udf = 'bdf'
# UNIX mail command
# Most machines
  set umail = 'mail -s'
# HP
# set umail = 'mailx -s'
# Mail address for sending the processing report (if '' will default to `whoami` in sh_gamit)
set mailto = ''
# Host name for email and anonymous ftp password use (if '' will default to `hostname` in sh_gamit)
set machine = ''
# Ghostscript path
set gspath = '/usr/bin'
# ImageMagick path for png conversion
set impath = '/usr/bin/X11'
set impath = '/usr/bin'
```

Şekil 4.9 process.defaults dosyası örneği.

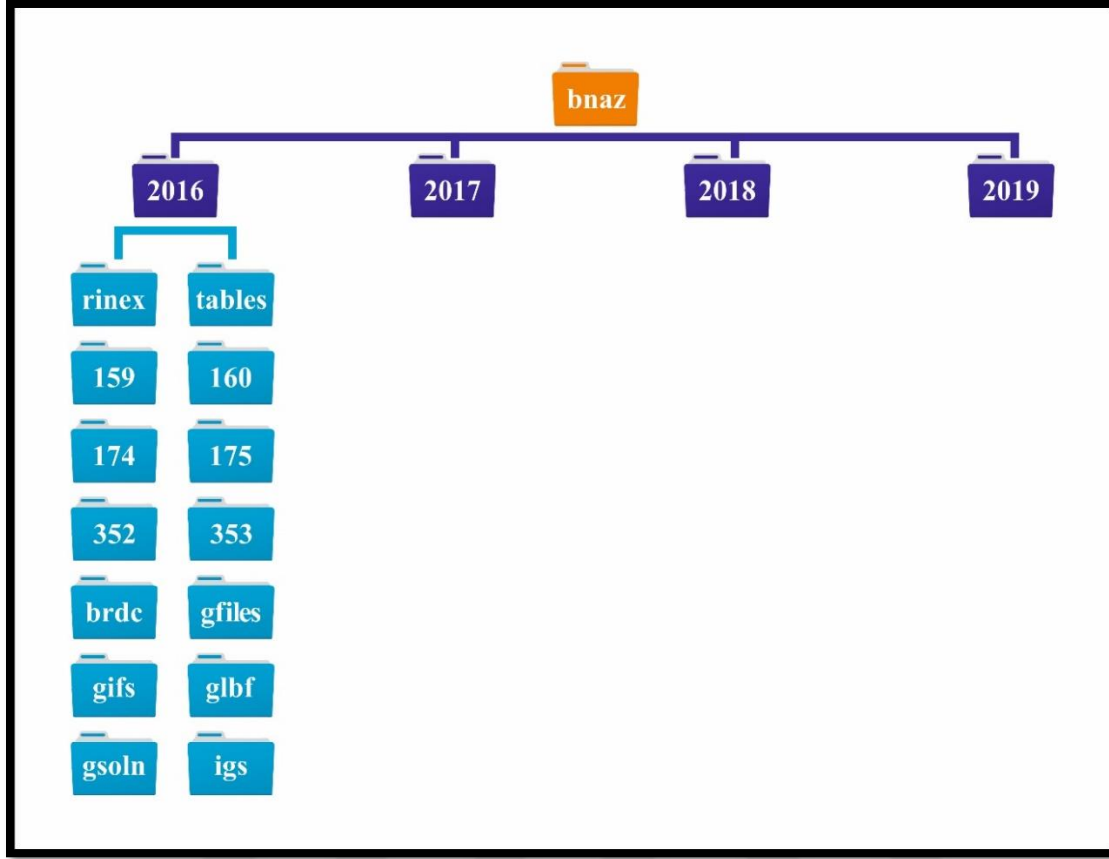
Bu girdi dosyaları hazırlandıktan sonra GAMIT programının tüm kontrol aşamasını içeren komutların bulunduğu “**sestbl.**” dosyası hazırlanmıştır. “sestbl.” dosyası ile verilerin değerlendirilmesi için gerekli olan stratejiler hazırlanmaktadır. Bu stratejiler kısaca ölçülerin ağırlıklandırılması, tamsayı belirsizliği çözümü, atmosferik parametrelerin ve yörünge parametrelerinin belirlenmesi ve model parametreleri (yer dönüş, yeryuvarı gel-git ve anten faz merkezi parametreleri) için yapılan kestirimlerdir (Tiryakioğlu 2012). Ayrıca “sestbl.” dosyasının zenit gecikmesi kestirimi büyük ölçekli ağlarda atmosfer parametrelerin özellikle zenit gecikme parametrelerinin kestirimi için gereklidir. Atmosferik gecikmeler, faz merkezi değişimleri ve istasyon nokta yükseklikleri, uydudan alıcıya gelen sinyalin yükseklik açısına bağlı olarak değişirler. GAMIT kontrol dosyası olan oturum tablosunda bu kontrol satırlarının yanı sıra yer dönme parametreleri, uydu yörünge parametreleri ve ölçüleri ağırlıklandırma ile ilgili kontrol satırları bulunmaktadır (Tiryakioğlu 2012). Tez çalışması için seçilen ve “sestbl.” dosyasına girilen çözüm stratejileri Çizelge 4.6 da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Değerlendirme kullanılan çözüm stratejisi.

Değerlendirme Stratejisi	
Veri Toplama Aralığı	15 saniye
Uydu Yükseklik Açısı	10 °
Yörünge Bilgisi	IGS-F
Yer Dönme Parametre Bilgisi	USNO_bull_b
Çözüm İçin İterasyon Sayısı	4
Kullanılan Troposfer Model	Sastamoinen öncül standart modele dayalı olarak 2 saat
Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği Çözümü	İyonosferden Bağımsız (Ionosphere-free)

4.4.2 Değerlendirme İşlemleri

Tüm hazırlık işlemleri bittikten sonra prosese başlamak için ilgili yıl klasörü içerisinde terminal komut satırında `sh_GAMIT` komutuyla proses başlatılır. GAMIT proses aşamasında herhangi bir hata mesajı alınmaması gerekmektedir. Eğer hata mesajı alınır ise hata dosyası içerisindeki problem araştırılarak giderilir. Proses bittikten sonra GAMIT yıl klasörü içerisinde `brdc`, `gfiles`, `gifs`, `glbf`, `gsoln`, `igs` ve GNSS ölçü gün sayısı kadar yeni klasörler oluşturur. GAMIT yeni klasör adı şekil 4.10 verilmiştir.



Şekil 4.10 GAMIT yeni klasör ağı.

4.4.3 Kontrol İşlemleri

GAMIT’ in proses işlemi tamamlandıktan sonra oluşturduğu bazı dosyaların hata sınırları içerisinde kalıp kalmadıklarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu dosyalar gün klasörleri içerisinde bulunan **qXXXXa.ddd** ve **autcln.post.sum.XXXX** dosyalarıdır. Burada XXXX:proje adını, ddd: GPS gününü göstermektedir. Örneğin qbanz.26: banz projesi 26. Gün sonuç dosyası. “qXXXXa.ddd” dosyası içerisinde 4 adet kontrolümüz bulunmaktadır. Kontroller aşağıda adım adım anlatılmıştır.

- 1) “qXXXXa.ddd” dosyasında en alt satırda bulunan normlandırılmış karesel ortalama hata postfit.nrms (Normalized Root Mean Square) değerinin $0.15 < nrms < 0.25$ değerleri arasında kalması gerekmektedir. Dosyamızda bulunan nrms değeri yukarıda belirtilen sınırlar arasında ise kurulan modelin doğruluğu ve ölçümlerin noise seviyelerini kabul edilebilir (Şekil 4.11). Çalışmamızda yapılan gün çözümlerine ait nrms değerleri çizelge 4.7 verilmiştir.

```

-----
**** Summary of biases-free solution ****
-----

Total parameters: 2348   live parameters: 1460
Prefit nrms: 0.53346E+00   Postfit nrms: 0.18369E+00
-- Uncertainties not scaled by nrms

End of loose solution with LC   observable and ambiguities free
-----

Performing LC biases-fixed loose solution

-----
**** Summary of biases-fixed solution ****
-----

Total parameters: 2348   live parameters: 659
Prefit nrms: 0.53184E+00   Postfit nrms: 0.19213E+00
-- Uncertainties not scaled by nrms

End of loose solution with LC   observable and ambiguities fixed
-----

Normal stop in SOLVE

```

Şekil 4.11 Postfit nrms değeri.

Çizelge 4.7 Gün çözümleri nrms değerleri çizelgesi.

Yıl	Gün	nrms	Yıl	Gün	nrms	Yıl	Gün	nrms
2003	203	0.17739	2011	154	0.17923	2018	139	0.19177
	204	0.17656		167	0.22557		140	0.17649
	209	0.18213	2013	82	0.19545		141	0.18120
	210	0.16851		159	0.18173	2019	189	0.18019
2005	206	0.19023	2016	160	0.18473		192	0.17702
2006	108	0.23564		174	0.17932	2017	193	0.17937
	227	0.16605	2017	175	0.17997		251	0.17498
	329	0.18336		352	0.19085	2019	252	0.17879
	330	0.17056	2017	353	0.19126		26	0.19213
2007	115	0.18277		154	0.17544	2019	27	0.18093
	116	0.18436	2017	155	0.17813			
	117	0.19832		196	0.15996			
	121	0.17592	2017	197	0.18522			
2008	89	0.19676		350	0.18039			
	96	0.17232	2017	351	0.18220			

- 2) Cutoff elevation angle in SOLVE batch file bölümünde GNNS ölçü noktalarımızın 4 karakterli isimleri bulunması gerekmektedir (Şekil 4.12).

Cutoff elevation angle in SOLVE batch file (degrees):			
Station	Cutoff angle		
1	ADIS	ADIS_GPS	0.00
2	ANKR	ANKR_9PS	0.00
3	BOR1	BOR1_3PS	0.00
4	BRHY	BRHY_GPS	0.00
5	BUCU	BUCU_3PS	0.00
6	CAMY	CAMY_GPS	0.00
7	CRAO	CRAO_2PS	0.00
8	CRUM	CRUM_GPS	0.00
9	DRAG	DRAG_GPS	0.00
10	GLSV	GLSV_3PS	0.00
11	GRAS	GRAS_4PS	0.00
12	GRAZ	GRAZ_8PS	0.00
13	GRLK	GRLK_GPS	0.00
14	ISTA	ISTA_2PS	0.00
15	KUWT	KUWT_2PS	0.00
16	MATE	MATE_6PS	0.00
17	MRDG	MRDG_GPS	0.00
18	NICO	NICO_4PS	0.00
19	NOT1	NOT1_3PS	0.00
20	ONSA	ONSA_2PS	0.00
21	POLV	POLV_2PS	0.00
22	POTS	POTS_6PS	0.00
23	RAMO	RAMO_3PS	0.00
24	SOFI	SOFI_3PS	0.00
25	TEHN	TEHN_4PS	0.00
26	TELA	TELA_4PS	0.00
27	TUBI	TUBI_4PS	0.00
28	VILL	VILL_7PS	0.00
29	YNCE	YNCE_GPS	0.00
30	ZECK	ZECK_4PS	0.00

Şekil 4.12 Cutoff elevation angle in SOLVE batch file bölümü.

- 3) A priori coordinate errors in meters bölümündeki IGS noktalarının birkaçı 5 cm doğruluğunda güvenilir olması gerekmektedir (Şekil 4.13).

A priori coordinate errors in meters				
Station		Latitude	Longitude	Radius
1	ADIS ADIS_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
2	ANKR ANKR_9PS	100.0000	100.0000	100.0000
3	BOR1 BOR1_3PS	100.0000	100.0000	100.0000
4	BRHY BRHY_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
5	BUCU BUCU_3PS	100.0000	100.0000	100.0000
6	CAMY CAMY_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
7	CRAO CRAO_2PS	0.0500	0.0500	0.0500
8	CRUM CRUM_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
9	DRAG DRAG_GPS	0.0500	0.0500	0.0500
10	GLSV GLSV_3PS	0.0500	0.0500	0.0500
11	GRAS GRAS_4PS	100.0000	100.0000	100.0000
12	GRAZ GRAZ_8PS	100.0000	100.0000	100.0000
13	GRLK GRLK_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
14	ISTA ISTA_2PS	100.0000	100.0000	100.0000
15	KUWT KUWT_2PS	100.0000	100.0000	100.0000
16	MATE MATE_6PS	0.0500	0.0500	0.0500
17	MRDG MRDG_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
18	NICO NICO_4PS	0.0500	0.0500	0.0500
19	NOT1 NOT1_3PS	0.0500	0.0500	0.0500
20	ONSA ONSA_2PS	100.0000	100.0000	100.0000
21	POLV POLV_2PS	0.0500	0.0500	0.0500
22	POTS POTS_6PS	0.0500	0.0500	0.0500
23	RAMO RAMO_3PS	0.0500	0.0500	0.0500
24	SOFI SOFI_3PS	100.0000	100.0000	100.0000
25	TEHN TEHN_4PS	0.0500	0.0500	0.0500
26	TELA TELA_4PS	100.0000	100.0000	100.0000
27	TUBI TUBI_4PS	100.0000	100.0000	100.0000
28	VILL VILL_7PS	0.0500	0.0500	0.0500
29	YNCE YNCE_GPS	100.0000	100.0000	100.0000
30	ZECK ZECK_4PS	100.0000	100.0000	100.0000

Şekil 4.13 A priori coordinate errors in meters bölümü.

- 4) Number of double differences for each satellite bölümününki tüm satırın “0” olmaması gerekmektedir (Şekil 4.14)

		Dışortogen Bıçımı Ekran Alınış																											
C-file		Elev	Number of double differences for each satellite PRN																										
		Cutoff	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
OBS	1	cadisc.026	10.00	207	530	603	0	298	245	599	488	211	361	206	451	498	111	214	381	293	95	146	312	426	173	192	154	267	175
OBS	2	cankrc.026	10.00	998	1156	1220	0	569	503	1122	1029	396	707	491	859	926	263	403	774	588	258	335	593	731	361	390	319	589	371
OBS	3	cborlc.026	10.00	1320	1407	787	151	678	495	1204	980	300	290	582	799	770	346	287	624	559	264	342	467	595	238	318	312	640	330
OBS	4	cbrhyc.026	10.00	0	1370	0	0	190	232	0	0	0	118	0	926	450	90	334	602	452	0	264	431	676	0	0	346	674	222
OBS	5	cbucuc.026	10.00	1655	1558	1389	0	676	574	1260	1268	388	759	652	910	1044	457	393	800	701	351	434	611	760	413	426	362	688	440
OBS	6	ccamyc.026	10.00	0	1366	0	125	662	230	410	100	104	118	0	921	1087	90	428	576	548	0	310	428	670	0	24	366	672	212
OBS	7	ccraoc.026	10.00	1539	1356	1295	275	731	576	1377	1138	390	755	570	866	1058	323	378	797	682	346	397	606	753	402	422	348	666	406
OBS	8	ccrumc.026	10.00	0	1280	0	0	248	222	28	0	0	112	0	890	782	80	380	598	504	0	302	392	624	0	0	358	666	222
OBS	9	cdragc.026	10.00	1611	1318	1542	394	744	597	1477	1259	436	824	656	959	1153	346	502	906	736	362	334	722	856	457	474	370	656	444
OBS	10	cglsvc.026	10.00	1605	1540	1296	0	713	564	1278	1111	362	728	660	863	1057	421	387	798	707	322	446	599	732	384	398	338	674	444
OBS	11	cgrasc.026	10.00	1708	1566	1365	361	636	534	1324	1194	370	800	665	904	1093	467	387	708	755	360	453	714	717	401	403	381	646	341
OBS	12	cgrazc.026	10.00	1696	1598	1350	0	630	572	1212	1194	376	846	672	932	1126	478	414	762	778	366	470	714	736	402	404	376	674	412
OBS	13	cgrlkc.026	10.00	0	1438	0	224	732	292	1002	100	180	118	0	926	1108	90	430	646	552	0	310	438	678	0	98	364	676	220
OBS	14	cistac.026	10.00	1664	1548	1430	0	688	590	1282	1254	404	788	626	924	1074	436	474	890	710	362	430	646	780	426	442	366	682	434
OBS	15	ckuwtc.026	10.00	1179	1099	1233	0	584	460	1098	853	353	637	599	802	1035	373	371	664	597	334	358	663	706	368	350	336	568	306
OBS	16	cmatec.026	10.00	1640	1486	1366	0	608	528	1208	1160	402	732	680	926	1100	392	368	736	696	380	436	680	736	398	426	382	690	358
OBS	17	cmdgic.026	10.00	0	1384	0	190	698	256	732	100	148	118	0	920	1106	92	424	608	532	0	308	436	678	0	60	368	674	220
OBS	18	cnicoc.026	10.00	1640	1328	1444	0	700	592	1316	1262	426	800	646	944	1090	340	486	908	730	364	380	676	822	446	466	368	660	438
OBS	19	cnotlc.026	10.00	1592	1470	1354	0	598	512	1150	1066	394	742	616	904	1046	312	370	704	684	382	462	626	728	432	420	372	656	332
OBS	20	consac.026	10.00	1638	1530	1316	350	739	560	1387	1238	344	819	654	841	1112	477	437	686	760	338	455	711	680	368	372	352	643	442
OBS	21	cpolvc.026	10.00	1607	1533	1357	0	735	571	1327	1260	374	745	614	858	1023	446	492	897	704	334	438	608	744	390	414	340	668	453
OBS	22	cpotsc.026	10.00	1683	1600	1386	362	706	592	1398	1242	360	792	676	894	1122	482	432	690	785	352	469	699	696	384	386	360	666	428
OBS	23	cramoc.026	10.00	1620	1293	1570	426	760	582	1481	1246	440	797	658	964	1166	330	463	841	723	364	324	703	842	459	482	370	646	434
OBS	24	csobic.026	10.00	1660	1570	1360	0	630	574	1244	1154	396	728	670	928	1058	446	354	722	704	368	444	620	734	416	430	372	682	382
OBS	25	ctehnc.026	10.00	1348	1084	1191	0	611	444	1194	1003	370	747	678	798	997	352	434	772	581	298	334	642	689	367	421	300	530	401
OBS	26	ctelac.026	10.00	1583	1275	1479	414	737	587	1375	1209	429	785	617	919	1087	324	476	895	692	349	316	675	820	434	473	345	648	418
OBS	27	ctubic.026	10.00	1330	1018	1018	0	526	476	948	883	368	615	524	782	880	275	314	672	532	292	282	492	676	372	366	314	594	308
OBS	28	cvillec.026	10.00	1473	1274	1162	326	498	338	1100	1032	325	683	596	743	947	389	356	609	623	333	358	568	609	354	348	357	527	312
OBS	29	cyncec.026	10.00	0	1211	0	68	280	230	122	24	26	110	0	875	982	44	410	560	541	0	295	380	647	0	0	351	646	218
OBS	30	czeckc.026	10.00	788	642	711	192	395	300	755	613	192	372	370	426	583	164	250	422	349	154	180	316	393	201	215	167	314	231

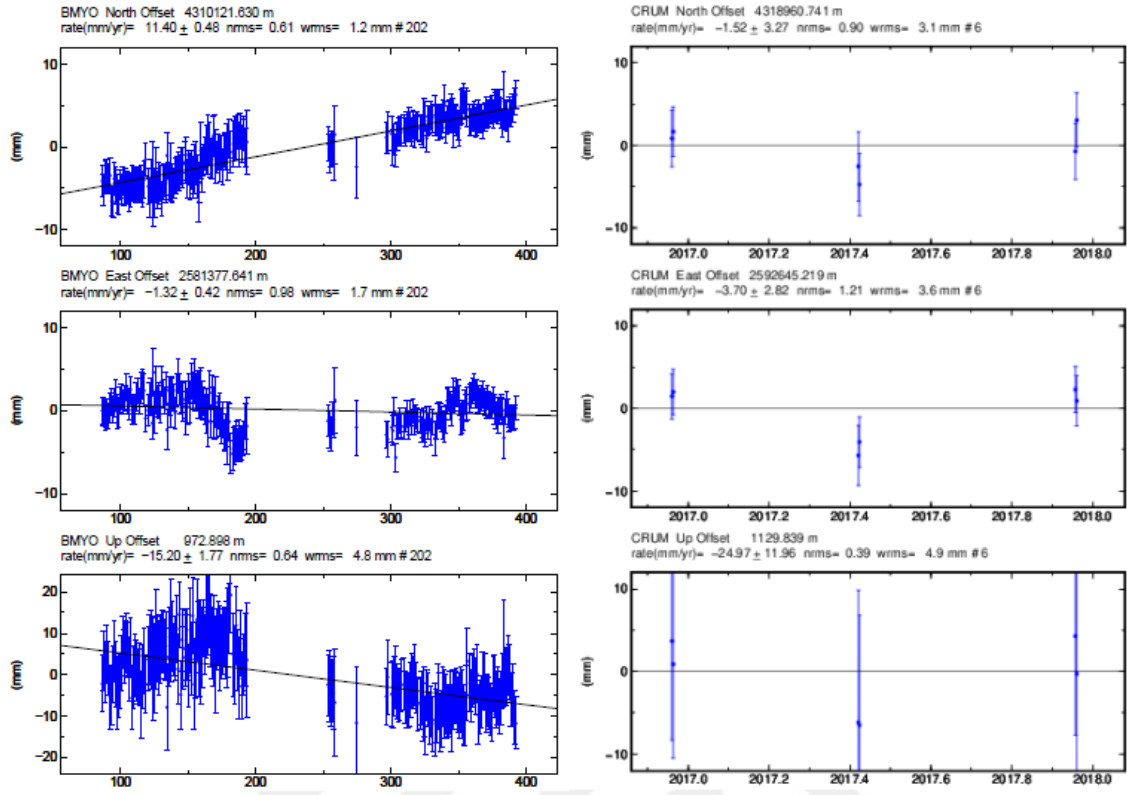
Şekil 4.14 Her bir uydu için çiftli farklar bölümü.

4.4.4 Sonuç İşlemleri

GAMIT’ te tüm kontroller sağlandıktan sonra GNSS ölçü noktalarının aynı yıl içerisinde farklı günlere ait zaman serilerinin (günlük ve yıllık tekrarlılık) üretilmesi gerekmektedir. Bunun için yıl klasörü içerisinde “sh_gfred” komutu çalıştırılır. Bu komut çalıştırıldıktan sonra “gsoln” klasörü içerisinde gün sayısı kadar “glr, org, prt dosyaları oluşmaktadır. Ayrıca GLOBK aşamasına geçmek için kullanıla “H” dosyaları ile zaman seri analizleri incelemek için “psbase_XXXX.SITE” (günlük tekrarlılık grafiği) dosyaları oluşmaktadır (XXXX: proje adı, SITE: nokta adı).

4.5 GLOBK

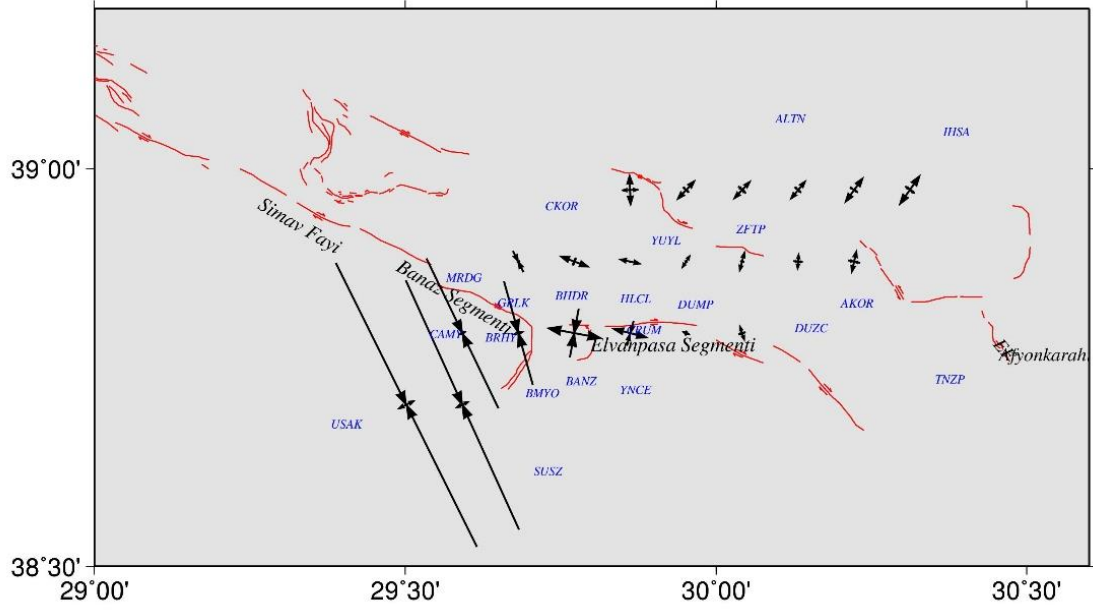
GLOBK farklı zamanlarda yapılan yersel ya da uzaysal ölçüleri Kalman Filtreleme Tekniği kullanarak birleştirme işlemini yapmaktadır. GLOBK aşamasının ilk adımı yıllık tekrarlılıkların yani uzun dönem zaman serilerinin üretilmesidir. Noktalara ait hız analizine geçmeden önce zaman seri grafikleri üretilip noktaların tektonik açıdan yorumlanmaya uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir (Şekil 4.15). Zaman serisi çalışmalarını yapmak üzere yıllarla aynı seviyede bir adet vsoln klasörü açılmalıdır. Bu klasörün içine girildikten sonra sh_plotcrd komutu ile zaman serileri üretilmektedir. Özellikle sürekli gözlen yapan GNSS istasyonlarında zaman serisi grafikleri incelenerek noktanın uzun dönem hareketleri hakkında bilgi elde edilebilmektedir. Kalman filtresi kullanılarak yapılan ileri ve geri çözümlerin hataları tüm zaman serileri boyunca yayması nedeniyle serilerden elde edilen her görüntü dikkatle izlenmeli ve yorumlanmalıdır.



Şekil 4.15 BMYO sabit GNSS istasyonu ve CRUM noktası yıllık tekrarlılıklar.

Elde edilen H dosyaları kullanılarak hız çözümlerinin yapmak için oluşturulan Vsoln klasörünün içine proje adı ile başlayan bir gdl uzantılı boş bir metin belgesi oluşturulur. Sh_glred komutu ile günlük tekrarlılıklar üretildikten sonra yıl dosyaları içinde ki glbf klasörleri içinde her ölçü gününe ait bir tane hyymmdd1200_XXXX.glx dosyası oluşur (yy:yıl, mm:ay, dd:gün, XXXX:proje adı). gdl dosyaları oluşturulduktan sonra GAMIT klasörü altında bulunan tables klasöründen GLOBK modülünü yönetecek olan globk_vel.cmd, glorg_vel.cmd dosyaları kopyalanılır. Bu komut dosyaları sayesinde IGS tarafından belirlenen genel referans sistemine dönüşüm için kullanılan istasyon noktalarına, uydu yörünge parametrelerine ve yer dönüş parametrelerine kısıtlamalar getirilir. GLOBK modülü referans sistemini tanımlamadan birleştirme işlemini yapmaktadır. Bu nedenle globk_vel.cmd dosyasındaki düzenlemelerin başında hızları belirlemek istediğimiz referans çatıyı seçmek gerekir.

serileri incelenmiştir. Bu noktalardan CAMY lokal deformasyon nedeniyle TNZP, DUMP, MRDG, CRUM standart sapmaları 2 mm yüksek olması nedeniyle yamulma analizlerinde kullanılmamıştır. Elde edilen yamulma alanları Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.2 Bölgenin yamulma alanı.

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Banaz Fayı civarının hız ve yamulma alanını belirlemek için 22 noktalı bir GNSS ağı kurulmuş ve 2016 -2019 yılları arasında 6 şar aylık 4 periyot 5 kampanya GNSS ölçüleri yapılmıştır. Bölgeye 2017 yılı mart ayında sabit GNSS istasyonu kurulmuştur. Ölçüler GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiştir.

Elde edilen hız alanı (Şekil 5.1) incelendiğinde çalışma bölgesinin Avrasya referans sistemine göre yıllık 20–29 mm’lik hızla batı yönünde bir hareket sergilediği görülmüştür. Bu hareketin birçok çalışmada belirttiği gibi Anadolu’nun batıya kaçış hareketini desteklemektedir. Elde edilen hızların doğrulukları incelendiğinde genel olarak 1-2 mm olduğu görülmektedir. Bazı noktaların hata elipslerinin büyük olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi noktaların geçmiş yıllarda ölçüsü olmadığı için yani farklı bir deyişle bu çalışma ile tesis edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Şekil 5.2 de bölgenin yamulma alanı sunulmuştur. Yamulma alanları incelendiğinde bölgenin kuzeyinde ALTN-ZFTP noktaları arasında KD-GB açılmaların olduğu görülmektedir. Bununla beraber asıl çalışma alanı olan Simav Fayının Banaz ve Elvanpaşa Segmentlerinde durum daha farklıdır. Banaz Segmentinin güneyinde bulunan USAK noktasından dolayı bölgede büyük KB-GD sıkışmanın baskın olduğu görülmektedir. Elvanpaşa segmentinde ise Emre vd. 2011 de sağ yanal atım gösterilmektedir. Bu çalışmada CRUM-BHDR noktaları civarında yaklaşık KG sıkışma DB açılma görülmektedir. Bu durum özellikle Elvanpaşa segmentindeki fayların sol yanal atımlı olabileceğini düşüncesini vermektedir. Ancak bölgedeki noktaların henüz iki yıllık ölçüsünün olması bu hareketin ölçü hatalarından kaynaklanabileceği düşüncesini vermektedir. Bu noktaların ölçümünün devam edilmesi bu hareketlin bölgenin tektonik yapısı ile tutarlılığını kıyaslamak açısından önemlidir. Bunun dışında genel anlamda yamulma alanlarında bölge ile uyumlu görülmektedir.

Bu çalışmanın en önemli sonucu bölgeye bir jeodezik ağ kurulmasıdır. Bölgede daha önce bir jeodezik çalışmanın olmaması çalışmanın önemini arttırmaktadır. Birçok çalışmada bölgenin sismik boşluk olarak tanımlanması gelecekte bölgede deprem olma potansiyelini arttırmaktadır. Bölgede kurulan GNSS ağına yeni bir çalışma kapsamında

2019-2020 yılları aralık ayında yapılacak 2 kampanya ölçü ile hesaplanacak hızların doğruluğu 0-1 mm/yıl mertebesine ulaşacağı düşünülmektedir. Böylelikle faylarda ki kayma miktarları, yamulma alanları ve faylanma yapılarına ilişkin anlamlı sonuçlar elde edilecektir.



7. KAYNAKLAR

- Aktuğ, B., Nocquet, J. M., Cingo, A., Parsons, B., Erkan, Y., England, P. ve Lenk, O. (2009). Deformation of Western Turkey From A Combination of Permanent And Campaign GPS Data: Limits to Block-Like Behavior, *Journal of Geophysical Research*, **114**:1-22.
- Aktuğ, B., Kaypak, B., Çelik, R.N., (2010). Source parameters of 03 February 2002 Çay Earthquake, Mw6.6 and aftershocks from GPS Data, Southwestern Turkey, *Journal of Seismology*, **14**: 445-456.
- Akyüz, S., Uçarkuş, G., Şatır, D., Dikbaş, A., Kozacı, Ö. (2006). 3 Şubat 2002 Çay depreminde meydana gelen yüzey kırığı üzerinde paleosismolojik araştırmalar, *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Dergisi*, **27**:41-52.
- Altiner, Y., Cigrovski-Deteliæ B., Èoliæ, K., Seeger, H., (1999). Present crustal deformations in the Adriatic Sea area on the basis of GPS observations, Second International Symposium Geodynamics of the Alps-Adria by means of Terrestrial and Satellite Methods, Dubrovnik, Croatia, 28th September - 2nd October 1998.
- Barka, A., Reilinger, R., Saroğlu, F. & Sengör, A.M.C., (1996). The Isparta Angle: its importance in the neotectonics of the eastern Mediterranean region, IESCA-1995, Izmir, Turkey.
- Demirtaş, R., Iravul, Y. ve Yaman, M. (2002). 3 Şubat 2002 Eber ve Çay depremleri ön raporu, *Jeoloji Mühendisliği Haber Bülteni*, **1**: 58-63.
- Dewey, J. F. ve Şengör, A. M. C., (1979). Aegean And Surrounding Regions. Complex Multiplate and continuum Tectonics in a Convergent Zone, *Geological Society Of America Bulletin*, **90**: 84-92.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F. ve Kuşçu, İ. (2003), 03 Şubat 2002 Sultandağı Depremi ön değerlendirme raporu, M.T.A., Ankara.
- Erdoğan, S., (2005). Burdur Fethiye Fay Zonunun GPS ile İzlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Eyidoğan, H. and Jackson, J.A. (1985). A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir ve Gediz earthquake of 1969-1970 in western Turkey: implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust, *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society*, **81**: 569–607.
- Feigl, K.L., King, R.W. ve Jordan, T.H., (1990). Geodetic measurement of tectonic deformation in the Santa Maria fold and thrust belt, *Journal of Geophysical Research*, **95**: 2679–2699.
- Gökten, E., Seyitoğlu, G., Varol, B. ve Işık, V. (2003). 03.02.2002 Çay (Afyon) depreminin mekanizması: bölgenin deprem etkinliği. Kocaeli 2003 Deprem Sempozyumu, Kocaeli Üniversitesi, 12-14 Mart 2003, Bildiri Özetleri, s. 24.
- Herring, T. A., (1999). Geodetic Applications Of GPS, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 87:1.
- Herring T.A., King, R.W., McClusky, S.C., (2009). Introduction to GAMIT/GLOBK, Release 10.4. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Mass. Inst. of Technol. [http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/Intro GG 10.4.pdf](http://chandler.mit.edu/~simon/gtgk/Intro%20GG%2010.4.pdf), 15 Aralık 2011.
- Kalafat, D. and Görgün, E. (2017). An example of triggered earthquakes in western Turkey: 2000–2015 Afyon-Akşehir Graben earthquake sequences, *Journal of Asian Earth Sciences*, **146**: 103-113.
- Koçyiğit, A. and Özacar, A. A. (2003). Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta Angle, SW Turkey: New field and seismic data, *Turkish Journal of Earth Sciences*, **12**: 67-90.
- Koçyiğit, A., (1984). Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, **27**: 1-16.
- Koçyigit, A., Bozkurt, E., Kaymakci, N., Saroglu, F., (2002). Subat 2002 Çay (Afyon) Depreminin kaynağı ve ağır hasarın nedenleri: Akşehir Fay Zonu Orta Doğu Teknik Üniversitesi Tektonik Araştırma Birimi Jeolojik Ön Raporu.

- Koçyiğit, A. ve Deveci, Ş. (2005). Akşehir-Simav fay sistemi: güneybatı Türkiye’de neotektonik rejimin başlama yaşı ve depremsellik [Akşehir-Simav fault system: initiation age of the neotectonic regime and seismicity in the southwestern Turkey, Deprem Sempozyumu özetler kitabı, Kocaeli, 26.
- Koçyiğit, A. & Deveci, Ş., (2007). A N-S-trending Active Extensional Structure, the Şuhut (Afyon) Graben: Commencement Age of the Extensional Neotectonic Period in the Isparta Angle, SW Turkey. *Turkish Journal Of Earth Sciences*, **16**: 391-416.
- Koçyiğit, A. ve Deveci, Ş. (2007). Çukurören-Çobanlar (Afyon) Arasındaki Deprem Kaynaklarının (Aktif Fayların) Belirlenmesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. Çevre, Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu. Final Raporu., 54-60.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. ve Veis, G., (2000). Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucaus, *Journal of Geophysical Research*, **105**: 5695-5719.
- Okay, A.I., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz S., (1996). Paleo- and Neo- Tethyan events in northwest Turkey: geological and geochronological constraints. in Tectonics of Asia (ed. A. Yin ve M. Harrison), Cambridge University Press, 420-441.
- Poyraz, F., (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Doktora Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G.,

- (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Tectonics*, **111**: 1-26.
- Satılmış, S., (2016) . 30 Eylül 1887 Banaz Depremi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **38**: 79-96.
- Shen Z.-K., Jackson D.D. and Ge X.B., (1996). Crustal deformation across and beyond the Los Angeles basin from geodetic measurements. *Journal Of Geophysical Research*, **101**: 27957-27980.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Boray, A., (1987). Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremselliği [Seismicity and Active Faults of Turkey]. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) Report No. 8174 [in Turkish, unpublished].
- Şengör, A.M.C., (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of lowangle normal faulting; Examples from western Turkey. In: *Continental Extensional Tectonics*, (Eds. M. P. Coward, J. F. Dewey and P. L. Hancock), Geological Society Of London Special Publications, **37**: 227-264.
- Taymaz, T. and Tan, O. (2001). Source parameters of June 6, 2000 OrtaÇankırı (Mw=6.0) and December 15, 2000 Sultandağı-Akşehir (Mw=6.0) earthquakes obtained from inversion of teleseismic Pand SH- body-waveforms. Scientific Activities 2001 Symposia Book, İstanbul Technical University, Faculty of Mines, May 8, 2001, İstanbul, Turkey, 96–107.
- Tiryakioğlu, I., (2012). Determination of block movements and field of tension on southwestern Anatolia region by GNSS observations, PhD thesis, Yıldız Technical University (in Turkish).
- Tiryakioğlu, I., (2013) Floyd, M., Erdoğan, S., Güral, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R., GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. *Geophysical Journal International* **195**: 1455–1463, 2013.
- Tiryakioğlu, I., (2017). Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H., Turgut, B. Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw

5.6), 2011 Van Earthquakes Using Long-Term GNSS Time Series, *Earth Science Research Journal*, **21**: 147-156.

Turcotte, D.L., and Schubert G., (1982). Geodynamics: Applications of Continuum Physics to Geological Problems, *John Wiley&Sons*, New York.

Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H. ve Gökçeoğlu, C. (2004). An attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey, *Engineering Geology*, **74**: 265-291.

Yavaşoğlu, H., (2009). Kuzey Anadolu Fayının Orta Anadolu Bölümündeki Güncel Tektonik Aktivitenin Jeodezik Yöntemler Ve Elastik Yarı Uzay Modelleme İle Belirlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Xu, G., (2007). GPS Theory, Algorithms and Applications, Springer, Berlin.

Yürür, T., Köse, O., Demirbağ, H., Özkaymak, Ç., Selçuk, L. (2003). "-Could the coseismic fractures of a lake ice reflect the earthquake mechanism (Afyon earthquakes of 2 March 2002, Central Anatolia, Turkey), *Geodynamica Acta*, **16**: 83-87.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://geoweb.mit.edu/gg/> 22.04.2019



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mehmet ÖZTÜRK
Doğum Yeri ve Tarihi : Banaz – 05.06.1990
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0553 433 69 86 / mhmt.oztrk.64@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Şehit Tuncay Durmuş Çok Programlı Lisesi (YDA),
(2004-2008)
Önlisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sandıklı Meslek
Yüksek Okulu, Harita ve Kadastro Bölümü, (2009-
2011)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Harita Mühendisliği
Bölümü, (2013-2016)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri
Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı,
(2016-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

6401-121 Nolu Lisanslı Harita Kadastro Mühendislik Bürosu: (Harita ve Kadastro
Teknikeri) (2011-2013)
ÇAİ (Çaba-Artland-İnotek) Adi Ortaklığı: (Harita Mühendisi) (2016)
Yeleğen Belediyesi: (Harita Mühendisi) (2016-2017)
Kocatepe Harita Mühendislik Bürosu: (Harita Mühendisi) (2018- Devam Ediyor).