

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**Mehmet Tufan BİRCAN** tarafından **Doç. Dr. Süha ÖZDEN** yönetiminde hazırlanan “**ULUABAT FAYI'NIN KİNEMATİĞİ, DEPREMSELLİĞİ VE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr Salih Zeki TUTKUN

---

Yönetici

Doç. Dr. Süha ÖZDEN

---

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER

---

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi: 04/02/2010

Prof. Dr. Ahmet Erdem

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Yüksek Lisans Tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (ÇOMÜ-BAP) tarafından 2008/66 no'lu projeden desteklenmiştir.

## AŞIRMA(İNTİHAL) BEYAN SAYFASI

**Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyarak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim**

Mehmet Tufan BİRCAN

## TEŞEKKÜR

Çanakkale Onsekizmart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı kapsamında hazırlanan bu çalışmada, gerek arazi çalışmaları gerekse büro çalışmalarında yardımını esirgemeyen ve beni yönlendiren sayın hocam Doç. Dr. Süha ÖZDEN'e;

İnceleme alanı ve çevresinde meydana gelen depremlerin odak mekanizması özümlemlerini yapan, sayın Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER'e,

Bu çalışmanın hayata geçirilebilmesi için gerekli maddi imkanı sağlayan ve gereken materyalleri en kısa sürede temin eden Ç.O.M.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Daire Başkanlığına (BAP),

Her koşulda beni yalnız bırakmayan, başta babam Rasim BİRCAN olmak üzere sevgili aileme ve dostlarıma katkı ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Mehmet Tufan BİRCAN

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

<b>KAF</b>	Kuzey Anadolu Fayı
<b>KAFZ</b>	Kuzey Anadolu Fay Zonu
<b>DAF</b>	Doğu Anadolu Fayı
<b>UFZ</b>	Uluabat Fay Zonu
<b>HZ</b>	Hasanağa Zonu
<b>MZ</b>	Mustafakemalpaşa Zonu
$\sigma$	Asal gerilme eksenini
$\tau$	Öngörülen kayma vektörü
<b>S</b>	Hesaplanan kayma vektörü
<b>ALOS</b>	Advanced Land Observing Satellite (Gelişmiş Yer Gözlem Uydusu)
<b>PALSAR</b>	Aşamalı donanımlı L – band tipindeki sentetik açıklıklı radar
<b>JERS – 1</b>	Japon Yer Araştırma Uydusu – 1
<b>HH</b>	Tek polarizasyonlu görüntüsü (Radar görüntüleri için)
<b>F</b>	Fay
<b>Rm</b>	Ortalama Stres Sapma Vektörü

## ÖZET

### ULUABAT FAYI'NIN KİNEMATİĞİ, DEPREMSELLİĞİ VE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMİYLE İNCELENMESİ

Mehmet Tufan BİRCAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

DANIŞMAN: Doç. Dr. Süha ÖZDEN

04.02.2010, 99

Bu çalışmada, Uluabat Fayı'nın kinematığı, depremselliği ve aynı zamanda uzaktan algılama çalışmaları aracılığı ile günümüzdeki davranış biçimi ortaya konmaya çalışılmıştır. Uluabat Fayı, KAF'nın Marmara Denizi güneyindeki kolu üzerinde yer alan, asıl olarak Uluabat Gölü güneyinde, Hasanağa (Bursa) ve Mustafakemalpaşa (Bursa) yerleşim birimleri arasında BGB-DKD doğrultusunda uzanan sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır ve Geç Miyosen'den beri aktif bir fay olarak varlığını sürdürmektedir. Bölgede yapılan 1/25000 ölçekli jeolojik harita alımı çalışmaları sayesinde fayın tüm uzanımı ortaya çıkarılmıştır. Fay topluluklarının kinematik analizi çalışmaları sonucunda ise; en büyük asal gerilme ( $\sigma_1$ ) ekseninin (K40B) ve en küçük asal gerilme ( $\sigma_3$ ) ekseninin (K45D) yatay düzlemde olduğu, R oranının 0.43 olarak hesaplandığı transtansiyonel (bir miktar normal bileşeni bulunan doğrultu atımlı fay) tektonik rejimin egemen olduğu görülmüştür. Güncel depremlerin odak mekanizmalarının ters çözümü sonucunda da; KB-GD doğrultulu sıkışma ve KD-GB doğrultulu açılma rejiminin günümüzde aktif olduğu ve kinematik verilerle örtüştüğü sonucuna varılmıştır. Yine bu rejimle uyumlu olan ters ve normal faylanmaların varlığı da saptanmıştır. Radar görüntüleri üzerinde belirlenen çizgiselliklerin, gerek Uluabat Fayı'nın uzanımı ve gerekse fayı oluşturan günümüz tektonik rejimiyle paralellik sunmaktadır. Uluabat Fayı'na bağlı olarak oluşan yapı ve

deformasyonları görmek için Uluabat Fayı üzerinde ve fayın gidişine dik olarak Fadıllı Köyü'nün yaklaşık 1500 m güneybatısında açılan bir hendekte, biri doğrultu atımlı (negatif çizek yapısı), diğeri ters olmak üzere iki adet fay tespit edilmiştir. En genç çökelleri kesen bu fayları içeren hendek çalışması sonucunda; Uluabat Fayı'nın günümüzde sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olarak çalıştığı belgelenmiştir. Tarihsel kayıtlara ait depremleri olan ancak aletsel dönemde üzerinde büyük deprem olmayan bu fayın, gelecekte orta büyüklükte bir deprem üretebilecek potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Uluabat Fayı boyunca, günümüzdeki tektonik rejimin transtansiyonel olarak çalışması (1) Doğu Anadolu'da Arap-Anadolu levhalarının çarpışması (2) Ege'de Afrika levhasının Anadolu bloğunu kendine çekmesi, (3) Afrika levhasının Kıbrıs ve Helen yitim zonları boyunca ağırlığını koruyamayarak kopması (4) Anadolu bloğunun batı-güneybatıya olan rotasyonu ile ilişkilendirilebilir.

**Anahtar sözcükler:** Uluabat Fayı, ALOS-PALSAR, Kinematik Analiz, Odak Mekanizması, Ters Çözüm, Hendek, Uzaktan Algılama.

## ABSTRACT

### KINEMATIC ANALYSIS, SEISMICITY AND REMOTE SENSING ANALYSIS OF ULUABAT FAULT

Mehmet Tufan BİRCAN

Çanakkale Onsekiz Mart University  
Graduate School of Science and Engineering  
Chair for Geological Engineering Thesis of Master of Science

ADVISOR: Assoc. Prof. Süha ÖZDEN

04.02.2010, 99

In this study, the kinematic evolution, seismicity and behavior style of Uluabat Fault are studied to be enlightened. This fault is the main active fault segment in south of Marmara Sea on southern branch of the North Anatolian Fault. It extends through the south of the Uluabat Lake with the WSW-ENE trending between Hasanağa (Bursa) and Mustafakemalpaşa (Bursa) as an active and right lateral strike-slip fault starting from Miocene. The inversion of slip vectors measured on fault planes indicates that transtensional stress regime is dominant and having a consistent N40W-trending  $\sigma_{Hmax}$  ( $\sigma_1$ ) and N45E-trending  $\sigma_{Hmin}$  ( $\sigma_3$ ) axes. Also,  $R_m$  value is the 0.43. The focal mechanism solution and inversion of the some earthquakes presented a NW-trending  $\sigma_{Hmax}$  ( $\sigma_1$ ) and NE-trending  $\sigma_{Hmin}$  ( $\sigma_3$ ) axes strike-slip stress regime. This result is concordant with fault kinematic analysis. Also we observed reverse and local normal faults in this active transtensional regime. The regional NW-SE directed compressional stress regime has been determined with the lineament analysis on the Palsar image by remote sensing studies. In trench studies, around the Fadıllı Village, two fault systems have been observed. These are the mainly strike-slip and local reverse fault. A negative flower structure has been determined in strike-slip deformation in trench walls. Uluabat Fault has a potential seismic gap both important historical record and instrumental periods. Transtensional tectonic

regime of the Uluabat Fault resulted from (1) coeval influence of the forces due to the subduction processes along the Cyprus and Hellenic arc in the south, (2) continental collision Anatolia/Arabian plate in the east, (3) anti-clockwise rotation and (4) westward escape and/or extrusion of the Anatolian Block.

**Keywords:** Uluabat Fault, ALOS-PALSAR, Kinematik Analysis, Focal Mechanism, Inversion, Trench, Remote Sensing.



# İÇERİK

## Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
AŞIRMA(İNTİHAL) BEYAN SAYFASI .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
<b>BÖLÜM 1 GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Çalışmanın Amacı.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Çalışmanın Konusu ve Kapsam .....</b>	<b>1</b>
<b>1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Ulaşım Olanakları .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.1. İnceleme Alanının Sınırları.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.2.Çalışma alanına Ulaşım Olanakları .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3.3. Morfoloji.....</b>	<b>5</b>
<b>BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>7</b>
<b>BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Çalışma Yöntemleri .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.1. Literatür Tarama ve Ön Saha Çalışmaları.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2. Saha Çalışmaları .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2.1. Jeolojik Harita Alımı.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.2.3. Kinematik Verilerin Toplanması.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.2.4. Aktif Faya Yönelik Hendek (Trench) Çalışmaları.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.3.Tez Yazımı.....</b>	<b>15</b>

<b>BÖLÜM 4 - ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLAR .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1. Stratigrafi .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.1. Karakaya Karmaşığı.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.1.1. Nilüfer Birimi .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.1.2. Orhanlar Grovaki .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.2. Bayırköy Formasyonu.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.3. Bilecik Formasyonu .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.4. Mudamköy Volkanitleri.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.5. Değirmendere Formasyonu .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.6. Hamamlı Formasyonu .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1.7. Karacaoba Tüf ve Aglomeraları.....</b>	<b>36</b>
<b>4.1.8. Alüvyon ve Taraçalar .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2. YAPISAL JEOLJİ.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2.1. Kuzeybatı Anadolu'nun Tektoniği.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.2. İnceleme Alanının Tektonik Konumu ve KAF ile İlişkisi.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.3. Yapısal Jeolojik Özellikler .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.3.1. Uyumsuzluklar .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.3.2. Kıvrımlar .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2.3.3. Faylar.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.3.4. Eklem - Çatlak Sistemleri ve Tabaka Durumlarının Değerlendirilmesi .....</b>	<b>53</b>
<b>4.3. FAY TOPLULUKLARININ KİNEMATİK ANALİZ ÇALIŞMALARI .....</b>	<b>56</b>
<b>4.3.1. Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Yöntemi.....</b>	<b>57</b>
<b>4.3.2. Fay Topluluklarının Kinematik Analizlerinin Sonuçları .....</b>	<b>60</b>
<b>4.3.2.1. KB-GD doğrultulu transtansiyonel tektonik rejim.....</b>	<b>62</b>
<b>4.3.2.2. KD-GB doğrultulu açılma rejimi.....</b>	<b>64</b>
<b>4.3.2.3. KB – GD doğrultulu sıkışma rejimi.....</b>	<b>65</b>
<b>4.4. DEPREMSELLİK .....</b>	<b>66</b>
<b>4.4.1. Uluabat Gölü ve Çevresinin Depremsellğine Genel Bakış.....</b>	<b>66</b>
<b>4.4.2. Uluabat Fayı ve yakın çevresinde 2003 - 2006 yılları Arasında Meydana Gelmiş Bazı Depremlerin Odak Mekanizması Çözümlenmeleri ve Ters Çözümü .....</b>	<b>69</b>

<b>4.5. ANA FAYA YÖNELİK HENDEK (TRENCH) ÇALIŞMALARI</b> .....	72
<b>4.5.1.Paleosismoloji</b> .....	72
<b>4.5.2. Uluabat Fayı (Arıkaya Sırtı Kuzeyi) Civarında Yapılan Hendek Çalışması</b> .....	74
<b>4.6. UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI</b> .....	80
<b>4.6.1.Görüntü İşleme Çalışmaları</b> .....	85
<b>4.6.1.1.Görsel Yorumlama</b> .....	85
<b>4.6.1.2.Görüntüdeki parazitlerin ortadan kaldırılması (Speckle Suppression)</b> .....	85
<b>4.6.1.3.Kenar Belirleme (Edge Detection)</b> .....	88
<b>BÖLÜM 5 - SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	91
<b>KAYNAKLAR</b> .....	94
<b>EKLER</b> .....	I
<b>ÇİZELGELER LİSTESİ</b> .....	II
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	III
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	VIII

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

#### 1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışması; Uluabat Fayı'nın kinematığı, deprenselliği ve uzaktan algılama yöntemleriyle incelemesini amaçlamıştır. Bu çalışma ile Uluabat fayı ve yakın civarının jeolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bununla birlikte aktif fay olma özelliği taşıyan fay segmentlerinin haritalanması, Uluabat Fayı'nın kinematik analizi, fay boyunca meydana gelen bazı depremlerin odak mekanizmalarının ters çözüm işlemleri ve radar görüntüleri (ALOS-Palsar) kullanılarak aktif olabilecek tüm çizgiselliklerin uzaktan algılama çalışmalarıyla ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Ayrıca; bu çalışma kapsamında, Uluabat Fayı üzerinde açılan bir hendekte gözlenen ve aktif olabilecek bazı faylar tespit edilmiş ve bunların mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır.

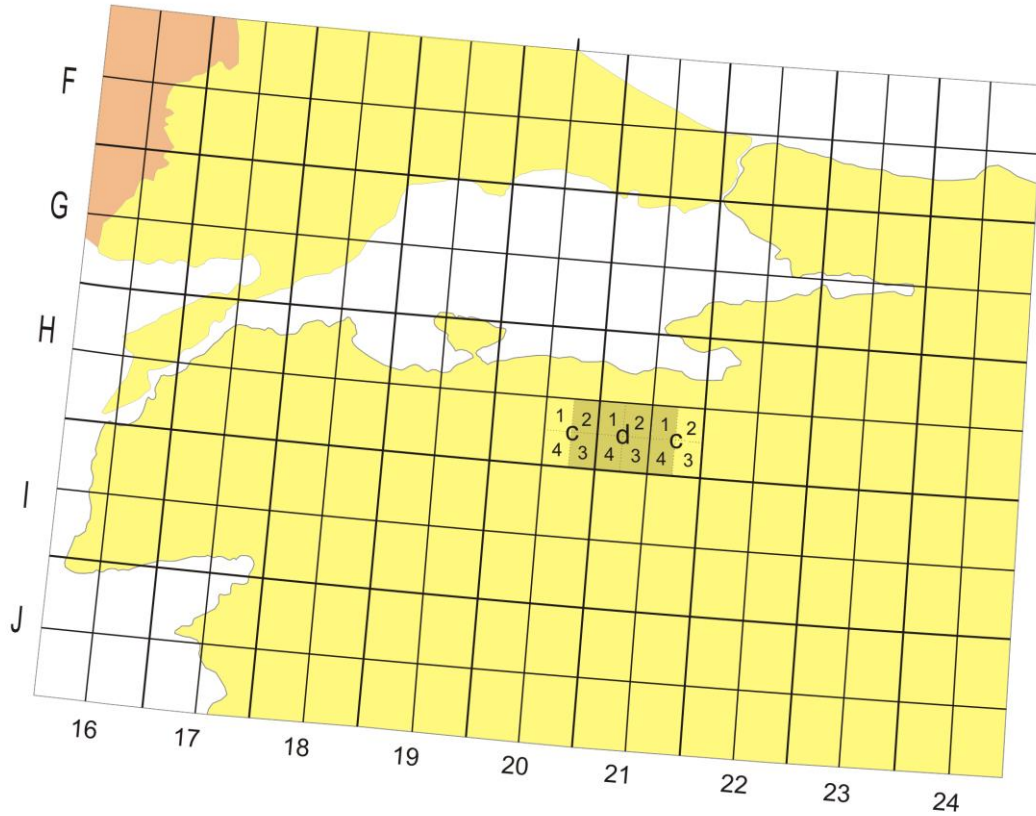
#### 1.2. Çalışmanın Konusu ve Kapsam

Bu çalışma deprem üretme potansiyeli taşıyan bir fayın geçmiş ve günümüzdeki özelliklerinin ortaya çıkarılması üzerine kurgulanmıştır. Kuzey Anadolu Fayının batı segmenti üzerinde ve Marmara Denizi güneyinde uzanan güney kolu üzerindeki önemli faylardan birisi olan Uluabat Fayı ve yakın civarında Neotektonik ve Sismotektonik özelliklerin; harita alımı, kinematik analiz, deprem odak mekanizması çözümleri, uzaktan algılama ve hendek çalışmaları aracılığı ile ortaya çıkarılmasını kapsayan bir tez çalışmasıdır.

### 1.3. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu ve Ulaşım Olanakları

#### 1.3.1. İnceleme Alanının Sınırları

İnceleme alanı 1 / 25.000 ölçekli H20 c2-c3, H21 d1-d2-d3-d3 paftaları ve H22 c1 paftasının batı, H22 c4 paftasının ise kuzeybatı kesimlerini kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma sahası, aynı zamanda Bursa'nın yaklaşık 12 km batısında kalıp doğudan ve batıdan; Karacabey (Bursa) ve Görükle (Bursa) ilçeleri tarafından sınırlanmaktadır. Kuzeydeki sınırı, Bursa – Bandırma karayolunun kuzeyinde kalan Karakoca köyü, güney sınırı ise Mustafakemalpaşa (Bursa) ilçesi oluşturmaktadır. İncelenen alan içerisinde Mustafakemalpaşa, Söğütalan, Akçalar, Uluabat, Gölyazı ve Hasanağa önemli yerleşim birimleridir.



Şekil 1. İnceleme alanının 1/100.000 ölçekli Türkiye Pafta İndeksi'ndeki durumu (www.mta.gov.tr adresinden alınıp değiştirilmiştir).

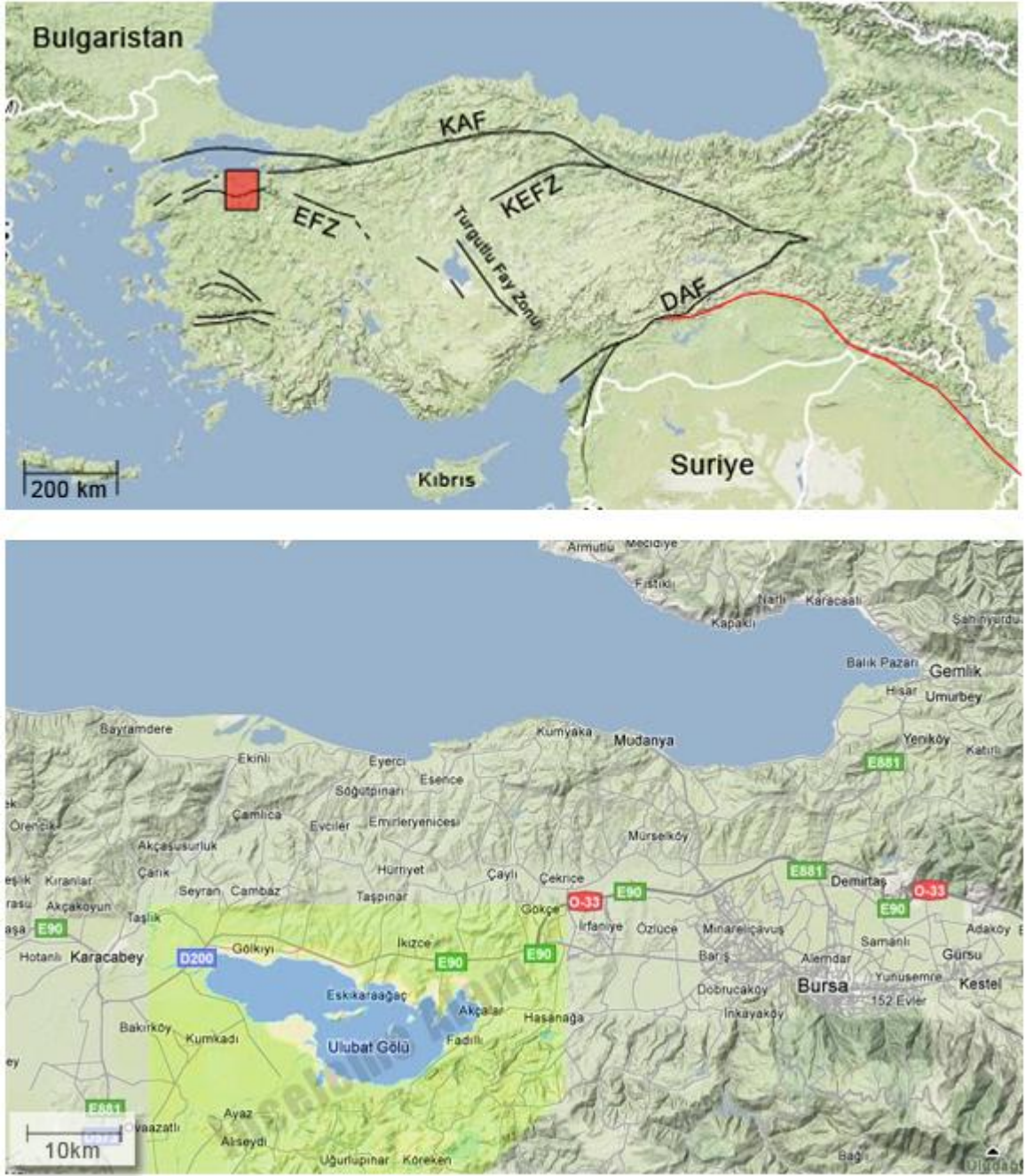
### 1.3.2.Çalışma alanına Ulaşım Olanakları

Marmara Denizi'nin Güneyinde yer alan çalışma alanına, karayolu ile rahatlıkla ulaşılabilmektedir. Bölgeye ulaşım; doğudan ve batıdan Bursa–Bandırma Yolu (E90) üzerinden, güneyden ise Balıkesir–Bursa Yolu (E881) ile sağlanmaktadır (Şekil 2).

Ankara, Eskişehir, Bilecik, Bursa istikametinde Bandırma'ya doğru İzmir Bulvarı (Bursa) üzerinden, Görükle Kavşağı'ndan sonra Balıkesir istikametine yaklaşık 12km gidildikten sonra inceleme alanının doğu sınırına ulaşılmaktadır (Şekil 2).

Çanakkale, Bandırma istikametinden Bursa'ya doğru gidilirken Karacabey'den yaklaşık 10 km sonra inceleme alanının batı sınırına ulaşılabilmektedir (Şekil 2).

Balıkesir istikametinden inceleme alanına ulaşılacak istendiğinde, Balıkesir - Bursa karayolu üzerinden kuzeye doğru gidiliğinde Susurluk'a ulaşılmaktadır. Susurluktan yaklaşık 20 km sonra Mustafakemalpaşa (Bursa) ilçesine ulaşılmaktadır. Mustafakemalpaşa'nın merkezinden doğuya doğru giden karayolu takip edildiğinde, arazi KB–GD yönünde boydan boya geçilebilmektedir.



Şekil 2. İnceleme alanına ait yerbulduru haritası (Google Maps kullanılarak hazırlanmıştır).

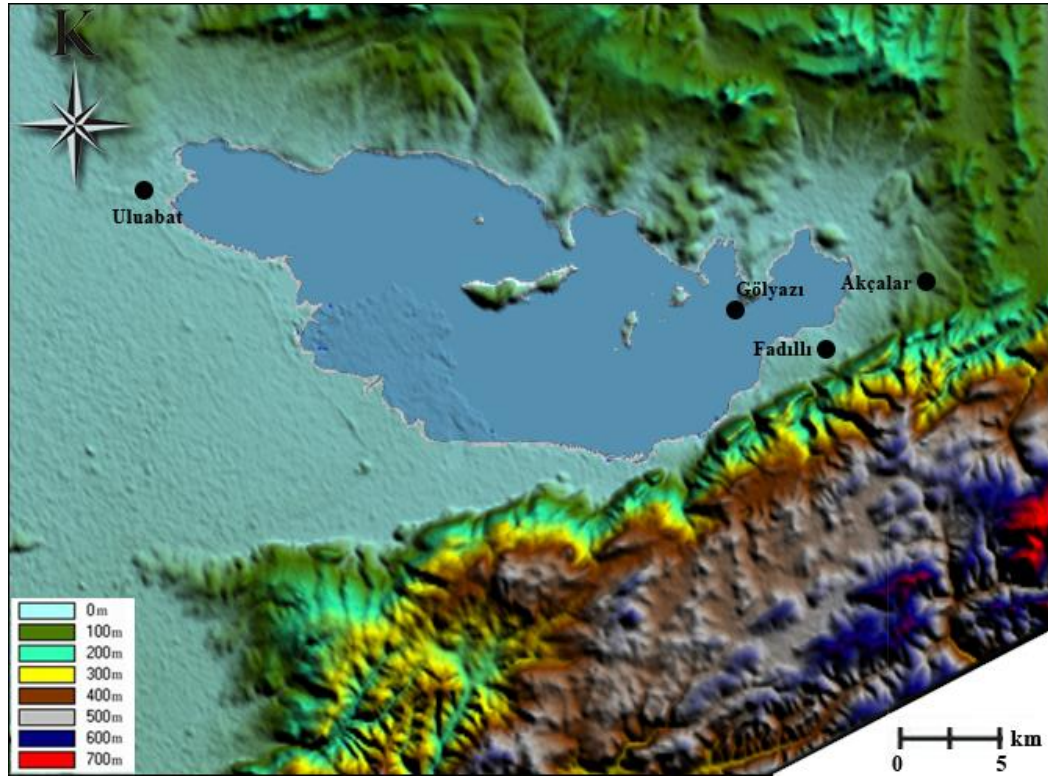
### 1.3.3. Morfoloji

İnceleme alanı yükselti göz önünde bulundurularak; Kuzey, Orta ve Güney kesim olmak üzere üç bölüme ayrılmıştır.

**a) Kuzey Kesim:** Bu bölümde, 50-200 m arasındaki yükselti görülmektedir. Bu yükselti kademeli ve yumuşak bir şekilde güneyinde bulunan Uluabat Gölü'ne doğru alçalmaktadır (Şekil 3).

**b) Orta Kesim:** Bu bölüm Uluabat Gölü'nü, Akçalar beldesinin kurulu olduğu alanı ve gölün güney kısmında bulunan yükselime kadar olan bölgeyi kapsamaktadır. Bu bölümde yükselti yaklaşık olarak 0-80 m arasında değişmektedir (Şekil 3).

**c) Güney Kesim:** Bu bölüm Uluabat gölünün güneyinden sonraki ani yükselimi ve bunun güneyinde bulunan bölgeyi kapsamaktadır. Bu bölgedeki yükselti 500-700 m arasında değişim göstermekte ve kuzey bölümünün aksine oldukça dik eğime sahip oldukları görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli.



Bölgedeki bazı önemli yükselimler; Avdal Tepe (284 m), Kışla Tepe (401 m), Akçalı Tepe (516 m), İncirli Tepe (150 m), Çalüstü Tepe (136 m), Kırklardağı Tepe (243 m), Çakıl Tepe (207 m), Kocayüksek Tepe (407 m), Kocaçalı Tepe (568 m), Kel Tepe (551 m), Dedebağı Tepe (779 m), Atalan Tepe (87 m), Sütüayazma Tepe (56 m), Bağlar Tepe (52 m), İncirli Tepe (79 m), Kara Tepe (104 m), Hasan Tepe (67 m), Çırayolu Tepe (230 m), Kirazgediği Tepe (298 m), Akçal Tepe (285 m), Fırla Tepe (201 m), Hanyeri Tepe (260 m) dir.

Yukarıda da belirtildiği gibi iki yükselim tarafından kuzeyden ve güneyden sınırlanan Uluabat Gölü yaklaşık olarak ters dönmüş bir üçgen şeklindedir. Gölün kenarlarını üçgenin kenarları olarak kabul edecek olursak; doğudaki ve batıdaki kenar kuzey ile 60'ar derecelik açı yapmaktadır. Gölün kuzey kenarı ise D-B doğrultusunda uzanmaktadır. Uluabat Gölünün kuzey kenarı yaklaşık 25 km, batı kenarı yaklaşık 16 km, doğu kenarı ise 12 km uzunluğa sahiptir. Ayrıca gölün içerisinde irili ufaklı yedi adet ada bulunmaktadır. Bunların en büyüğü Halilbey Adası'dır.

Gölün ortalama derinliği 2,5 metredir. Büyük bir bölümü oldukça sığ olup, bu kesimlerde derinlik 1-2 metre arasında değişmektedir. En derin yeri Halilbey Adası'ndaki 10 m.ye yaklaşan çukurluktur (<http://www.lifeinbursa.com>).

Gölü besleyen en önemli su kaynağı Mustafakemalpaşa Çayı'dır. Göl dibindeki ve çevresindeki karst kaynakları ile yağışlı dönemlerde göle ulaşan küçük dereler gölün beslenmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, gölün güneybatısındaki tarım alanlarının drenaj suları da göle verilmektedir. Göle giren su miktarı mevsimlere ve yıllara göre büyük değişiklik göstermektedir. Gölü besleyen diğer bir kaynak ise Uluabat gölünün batısından menderesli bir şekilde kuzeye doğru akan Susurluk Irmağı'dır. Bu ırmağın bir kolu doğuya doğru yönelmiştir. Bu kol Uluabat'ın içinden geçerek göle ulaşmaktadır. Uluabat Gölü'nün batı ve güneybatısında bu akarsuların oluşturduğu deltalar da bulunmaktadır.

Gölün güneyindeki yükseltinin hemen eteklerinde, akarsuların getirdikleri malzemeleri bırakmaları sonucunda oluşmuş alüvyal yelpazeler dikkati çekmektedir.

## BÖLÜM 2

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ketin (1964), Gönen–Manyas–Karacabey bölgesinde meydana gelen oldukça şiddetli deprem esnasında alüvyon zeminde bir sıra açık çatlaklar meydana geldiğini ve bu çatlakların Manyas gölü güneyindeki düzlüklerde ve depremin episantrı olan Salur, Bölceağaç-Kızılca çevresinde çok sayıda gözlemlendiğinden bahsetmektedir. Bu çalışma kapsamında çatlakları haritalayarak genel doğrultularını tespit etmiştir. Çalışma sonucunda bu çatlakların Kuzey Anadolu Fayı'nın istikamet ve yönüne tamamen uyduğunu söylemiştir.

Erentöz ve Kurtman (1964), 1964 yılının Ekim ayında, saat 16:35 sıralarında oluşan depremin, Manyas, Mustafakemalpaşa, Gönen, Susurluk, Karacabey ve Bandırma ilçeleri hudutları içerisinde az veya çok hasarlar yaptığı; Manyas-Apolyont gölleri arasındaki alüvyonla kaplı sahada, birçok yerlerde suların fişkırdığı, bazı sıcak ve soğuk su membalarının kurduğunu veya fazlaştığını söylemiştir. Ayrıca bu depremin, Gönen ve Mustafakemalpaşa ilçe merkezlerinde oldukça fazla hasar meydana geldiğini ifade etmiştir.

Herece (1990), Bursa-Gönen grabeninin, Geç Pliyosen-Kuvaterner'de doğrultu atımlı faylar arasında gelişmiş "pull-apart" havza özelliğinde olduğunu ve Grabenin güney kısmının faylar boyunca belirgin olarak batı-güneybatıya doğru 3.4 km hareket ettiğini, grabenin içinde doğu-batı yönlü 8.2 km'lik kuzey-güney açılmayı sağlayan, normal faylar geliştiğini söylemiştir.

Akyüz ve Okay (1998), Manyas güneyini kapsayan çalışmalarında; bölgenin esas olarak Sakarya zonuna ait Karakaya Kompleksi birimlerinden ve Neojen çökel ve magmatik kayalarından oluştuğunu, bunlar dışında da ufak bir mavişist klibinin Karakaya kompleksi üzerinde yer aldığını söylemektedirler. İnceledikleri alanda, Karakaya Kompleksi'nin, Nilüfer biriminden ve bunu tektonik olarak üzerleyen Triyas kırıntılı kayalarından (Hodul Birimi ve Orhanlar Grovakı) yapılı olduğundan bahsetmektedirler. Yazarlara göre, Nilüfer biriminin alt kesimlerini metabazit-metapelit-mermer aralanması, üst kesimlerini ise tekdüze mermerler oluşturur. Yeşilşist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Nilüfer birimin metamorfizma yaşının muhtemelen Geç Triyas olduğunu ifade etmektedirler. Nilüfer biriminin üzerinde tektonik dokanakla Permiyen ve Karbonifer yaşta neritik kireçtaşı ve seyrek spilit blokları kapsayan kırıntılı kayalar bulunur. Bunun

dışında mavişist metabazitlerinden oluşan ufak bir klip Manyas güneyinde Nilüfer birimi ve Triyas kırıntılı kayaları üzerinde yer alır. Mavişist metamorfizmasının yaşı Mustafakemalpaşa güneyindeki mavişistlerde yapılan yaş tayinlerine göre Geç Kretasedir. Mavişistlerin satha doğru yükselmeleri de büyük ölçüde Geç Kretase'nin sonlarında gelişmiştir. Bu durumda mavişistlerin Karakaya kompleksi birimleri üzerine bindirmesi muhtemelen Paleosende kıta-kıta çarpışması sırasında meydana gelmiştir. Esas mavişist kuşağının klibin güneyinde yer aldığı düşünülürse, bindirme yönünün kuzeye doğru olduğu ortaya çıkar. Bu durum, Alpler'de olduğu gibi, Batı Anadolu'da da kıta-kıta çarpışması sırasında çarpışma kuşağının ana verjansına ters yönde, ters bindirmelerin (retroşariyaj) geliştiği ifade edilmektedir.

Yaltırak (2002), Marmara Denizi ve çevresinin tektonik evrimini konu alan çalışmasında KAF'ın güney kolu Bursa ile Manyas arasında Uluabat Gölü'nün güneyine kadar bir yay şeklinde uzandığını söylemiştir.

Mater ve ark. (2003), Uluabat ve Manyas Gölleri (Güney Marmara) ve yakın çevresi Kuzey Anadolu Fay Zonu içinde kalması sebebi ile Türkiye'nin tektonik bakımından en aktif sahalardan birisi olduğunu ve bu özelliğini, sahanın özellikle Kuvaterner'de hızlı bir jeomorfolojik gelişim ve değişim aşaması geçirmesine neden olduğunu söylemişlerdir. Uluabat ve Manyas gölleri çevresinde drenajların faylar ile kesildiğinden ve bu genç fayların etkisiyle drenaj ağlarının ötelendiğinden bahsetmişlerdir.

Şengüler (2003), Uluabat, Bursa ve İnegöl faylarının kuzeyinde genellikle doğu-batı doğrultulu havzaların, güneyinde çekme rejimi etkisinde graben havzalarının geliştiği gözlemlenmiştir. Neotektonik dönem çökelleri havza ortalarında üzerine geldiği birimleri genellikle uyumlu olarak, havza kenarlarında ise aşmalı olarak örttüğünü ancak bu havzaların D-B yönlü ve fay kontrollü olmaları nedeniyle K-G yönlü havzalar ile üst üste geldiği alanlarda yersel açıl uyumsuzluklar söz konusu olacağından bahsetmektedir. Bursa Grabeni'nin ise 2-36 km genişliğinde, 150 km uzunluğunda ve çoğunlukla D-B uzanımlı bir çöküntü alanı olduğunu söylemektedir.

Şengör ve ark. (2004), Kuzey Manyas ve Uluabat havzalarını, Marmara Denizi'nin güneyindeki kıyı kesiminden tiltlenmiş dağ sıraları ve kıyıya paralel uzanan oblik faylarla ayrılan bir havza kompleksi olarak tanımlamışlardır. Ayrıca bu havza kompleksinde sedimantasyon Geç Miyosen'de flüvyal sedimanlarla ve hızlı gelişmiş gölsel çökellerle başladığını, gölsel çökellerin geç Pliyosen'de tekrar görüldüğünü ve Pleyistosen'de egemen hale geldiğini söylemişlerdir. Yazarlara göre Manyas ve Uluabat Gölleri bu bölgedeki çok büyük Pleyistosen göllerinin kalıntılarıdır. Gönen bölgesinde Tersiyer istifi Manyas Havzası'nın batısına kadar 400 m kalınlık sunmakta ve Üst Miyosen'deki sedimantasyonun fay kontrollü olduğu belirgin şekilde görülmektedir.

Kürçer ve Tutkun (2004), Araştırmacılar, Karlıova'dan başlayarak yaklaşık 1200 km'lik çizgisel bir zon şeklinde Adapazarı doğusuna ulaşan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ), buradan itibaren bir at kuyruğu yapısı (hortssetail structure) sunarak kuzey, orta ve güney kol olmak üzere üç kola ayrıldığını bahsetmektedirler. Kuzey kolun Sapanca Gölü güneydoğusundan başlayıp, İzmit Körfezi güneyinden geçerek, Marmara Denizi içerisinden Saros Körfezi'ne, oradan da Kuzey Ege'ye uzandığında ve Biga Yarımadası'ndaki KD-GB gidişli, düşey atım bileşenli, sağ-yanal doğrultu atımlı fayların, KAFZ' nun orta ve güney kollarını temsil ettiğini söylemektedirler. Araştırmacılara göre; orta kol, Sapanca Gölü güneydoğusundan başlayarak Geyve, Pamukova, İznik Gölü güneyini takip ederek Marmara Denizi güney kıyı şeridinden Kapıdağ Yarımadası'na kadar uzanır. Buradan itibaren Kapıdağ Yarımadası'nı GB yönünde keserek, KD-GB gidişli birkaç en-echelon fay ile Biga Yarımadası'nı kat etmektedir. Bu faylar, kuzeyden güneye doğru sırasıyla Edincik Fayı, Biga-Çan Fay Zonu, Sarıköy-İnova Fayı ve Etili Faylarıdır. Güney kolun ise Bursa, Uluabat, Manyas-Mustafakemalpaşa ve Yenice-Gönen segmentlerinden oluştuğunu belirtmişlerdir.

Selim ve Tüysüz (2004), Kuzey Anadolu Fayı, Kuzeybatı Anadolu'da kuzey ve güney kol olmak üzere iki kola ayrıldığını, güney kolun ise Güney Marmara Bölgesi içerisinde Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa faylarından oluştuğunu söylemişlerdir. Ayrıca bölgedeki tarihsel ve aletsel dönemlerde meydana gelen depremler güney kola ait faylar tarafından kontrol edildiğinden bahsetmişlerdir. Bu faylardan Yenice-Gönen Fayı'nın sağ yanal doğrultu atımlı, Manyas-Mustafakemalpaşa Fayı'nın bir miktar normal bileşene sahip sağ yanal doğrultu atımlı, Uluabat Fayı'nın ise sağ yanal doğrultu atımlı olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlara göre bölgenin stratigrafisi temel ve örtü birimlerinden oluşmakta, Güney Marmara Bölgesi'ndeki yükselim alanlarında temel birimler yer alırken çöküntü ve alçak yerlerde ise örtü birimleri görülmektedir. Yükselim alanları normal yada normal bileşene sahip doğrultu atımlı fayların etkisiyle yükselmiş, çöküntü alanları ise güney kola ait fayların pull-apart biçimde açılmasıyla oluşmuştur. Uluabat ve Bursa havzaları ise asimetrik pull-apart tipinde oluşan havzalardır.

Selim ve Tüysüz (2005a), Neotektonik dönemde Kuzey Anadolu Fayı ve kollarının, Marmara Bölgesi'nde en etkin tektonik yapıyı oluşturduklarını, buna bağlı olarak bu dönemde alçalım alanları, havzalar ve yükselim alanları geliştiğinden bahsetmişlerdir. KAF'ı, Marmara Bölgesi'nde kuzey ve güney olmak üzere iki kola ayırmışlardır. Bunlardan Marmara Denizi'nin kuzeyinden geçen kol kuzey kol, güneyinden ve inceleme alanından geçen kol ise güney koldur. Bandırma-Mudanya yükselimi, Uludağ yükselimi arasındaki alandan doğu-batı uzanımlı bir çöküntü (depresyon) alanı olarak bahsetmişler ve bu çöküntü alanı ve yükselim alanlarını, Neo-Tektonik dönemde Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolunun etkinliği ve kontrolü ile meydana geldiğini söylemişlerdir. Araştırmacılara göre; doğu-batı uzanımlı çöküntü (depresyon) alanı içerisinde yer alan Manyas-Karacabey havzasını kuzeyde Güney Marmara fayı, güneyde ise Manyas-Mustafakemalpaşa Fayı sınırlar. Bu iki fay arasındaki havza, alüvyon çökelleri ile örtülüdür ve bir çöküntü alanıdır. Havzanın kuzeyinde yer alan Güney Marmara Fayı normal fay, güneyinde yer alan Manyas-Mustafakemalpaşa fayı ise sağ yanal doğrultu atımlı faydır. Havzanın güneybatısında ise, Yenice-Gönen fayının güney kolu yer alır. Bu fay normal bileşenli sağ yanal atımlı (oblik) faydır ve havzanın genişlemesine sebep olur. Kuzeyi normal, güneyi ise doğrultu atımlı faylarla sınırlı olan bu havza, Plio-Kuvaterner'de açılmış ve çek-ayır (pull-apart) biçiminde oluşmuştur. Güney Marmara Bölgesi'nde bu havzalar Plio-Kuvaterner'de meydana gelmiştir. Burada KD-GB doğrultulu gerilme rejimi egemendir.

Selim ve Tüysüz (2005b), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güney kolunun Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa faylarından oluştuğunu, bölgedeki depremlerin KAF'nın güney kolu tarafından kontrol edildiğine ve Yenice-Gönen Fayı'nın sağ yanal doğrultu atımlı, Manyas-Mustafakemalpaşa ve Uluabat Faylarının sağ yanal doğrultu atım bileşeniyle normal bileşeni bulunan faylar olduğuna dikkati çekmiştir. Bursa Fayı'ndan ise normal bir fay olarak bahsetmişlerdir. Güney Marmara bölgesinde kuzey ve güneye yerleşmiş iki yükselim alanı arasında bir çöküntü alanı bulunduğunu söylemektedirler. Çöküntü alanı, havzalar ve yükselimler neotektonik dönemde meydana gelmiştir. Gönen, Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa havzaları KD-GB gidişli pull-apart nitelikteki çöküntü alanının da yer alırlar. Simetrik tipteki Gönen havzası pull-apart havza modellerine benzerlik göstermektedir. Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa havzalarının pull-apart asimetrik tipte havzalar olduğunu söylemektedirler.

Selim ve ark. (2005b), İnceleme alanında yer alan aktif faylar üzerinde ilk defa fay kazı çalışması yapmışlardır. Tarihsel ve aletsel dönemde bölgede meydana gelen yıkıcı ve hasar yapıcı depremlerden bahsederek, bunlardan aletsel dönemde Yenice-Gönen fayında bilinen en büyük depremin 1953 yılında ve fayın doğu ucunda oluşan depremin 1964 yılında olduğunu söylemişlerdir. İnceleme alanının doğusunda yer alan Mustafakemalpaşa-Uluabat ve Bursa faylarında ise tarihsel kayıtlara geçmiş 1851a, 1851b, 1855a ve 1855b olarak önemli depremler meydana geldiğini belirten araştırmacılar, tarihsel kayıtlarda yer alan 1851 ve 1855 depremleri için Mustafakemalpaşa-Uluabat ve Bursa fayları üzerinde morfolojik ve jeolojik özellikler göz önünde bulundurularak, Fadıllı Köyü'nün 3 km güneybatısında bulunan Göztepe'nin kuzeyinde fay kazı çalışması gerçekleştirmişlerdir. Gökçesu fay kazısında çökellerin bir akarsu ortamını yansıttığını, bu çökelleri çok ince taneliden kaba taneliye kadar değiştiğini, istifin zaman zaman düzgün tabakalı yapısının olduğunu, akarsuyun taşkınlara maruz kaldığını ve dolayısıyla taşkın çökellerinin geliştiğini söylemektedirler. Gökçesu Köyü fay kazısının tektonik yapısını ise fay kazısının güneyindeki Göztepe kazısında, Uluabat fayına yakın kesimde yer alan ezik zonda bir ters fayın varlığı nedeniyle, bölgenin kuzeybatı-güneydoğu yönünde sıkışma rejimine maruz kaldığını söylemişlerdir. Ayrıca bölgede sadece ana faya bağlı olarak güney yönünde tiltlenme meydana gelmesine rağmen birim içerisinde ana faya antitetik gelen fayların da etkili olduğunu, buna göre Uluabat Fayı'nın tarihsel gelişimi, morfolojik ve paleosismolojik çalışmalarla birlikte değerlendirildiğinde, bu fayın sürekli deprem etkinliğinde olan aktif bir fay olduğu sonucuna varmışlardır.

Selim ve ark. (2006), Kuzey Anadolu Fayı ve kollarının, neotektonik dönemde Marmara Bölgesi'nde en etkin tektonik yapıyı oluşturduğunu ve KAF'ın, Marmara Bölgesi'nde kuzey ve güney olmak üzere iki kola ayrıldığından bahseden araştırmacılar, güney kol üzerinde yer alan inceleme alanlarında kuzeyde Edincik, Kapıdağ, Bandırma-Mudanya yükselimleri, güneyde Uludağ yükselimi ve Söğütalan Platosu yer aldığını söylemişlerdir. Bu iki yükselim alanının ortasında doğu-batı uzanımlı bir çöküntü (depresyon) alanı bulunduğundan bahsetmektedirler. Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa havzalarının asimetrik çek-ayır havza tipinde geliştiğini ve güney Marmara bölümünde KAF'a ait güney kolun yaşının Erken Pliyosen-Kuvaterner olup dolayısıyla oluşan bu havzaların Pliyo-Kuvaterner'de meydana geldiğinden de bahsetmişlerdir,

Koçyiğit ve ark. (2006), Bursa Grabeni'ni 2-36 km genişliğinde, 150 km uzunluğunda ve yaklaşık D-B gidişli, sub-graben ve horst serileriyle bölünmüş ana çöküntü alanı olarak tanımlamışlardır. Grabenin kuzey ve güney kenarlarını sınırlayan fayların atım miktarları arasında büyük fark olduğundan ve fay kontrollü olarak Manyas ve Uluabat gölleri olmak üzere iki büyük gölün oluştuğundan söz etmektedirler. Ayrıca Bursa grabeninin güney kenarının kuzeye dalımlı olan Bursa Fay Zonu ile sınırlandırıldığından bahsetmektedirler.

Emre ve ark. (2006), Kuzeybatı Anadolu'nun, Kuzey Anadolu Transform Fay Sistemi (KAF) ve Ege bölgesi açılma rejimi arasında geçiş bölgesi olarak şekillendiğini söylemiştir. KB Anadolu'da ki aktif faylar üç ana büklüm sistemi görüldüğünü, bunların güneye doğru, konkav olarak geliştiğini ve bunlar doğudan batıya doğru Bursa, Gönen ve Balıkesir olduğundan bahsetmiştir. Yazarlara göre, bu büklümler sağ yanal doğrultu atımlı fayların kontrolünde meydana gelmiş, zirvelerinin batısında KD-GB gidişli faylar, ters atım veya bindirme bileşenine sahiptir. Hâlbuki doğusunda KB-GD gidişli faylar normal veya eğim atım bileşenine sahiptir. Bursa ve Gönen büklümleri Marmara Denizinin güneyinde Güney Marmara depresyonu ile morfolojik olarak sınırlanır. Uluabat fayı transpresyonel doğrultu atımlı bir fay iken, Bursa Fayı normal bir faydır.

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma; literatür tarama ve ön saha, saha, büro çalışmaları ile tez yazımı olmak üzere dört aşamada hazırlanmıştır. Bu aşamalar kısaca anlatılacaktır.

##### 3.1.1. Literatür Tarama ve Ön Saha Çalışmaları

Çalışmanın bu aşamasında; daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından, inceleme alanı ile ilgili olarak hazırlanan Jeoloji, Jeofizik ve Jeomorfoloji içerikli yayınlar derlenmiştir. Daha sonra inceleme alanına ait çeşitli ölçeklerde topografik haritalar ve uydu görüntüleri temin edilmiştir. Bu materyaller kullanılarak daha sonra yapılması planlanan arazi çalışmaları için bir bilgi sahibi olunmuştur. Bu sayede inceleme alanındaki önemli bölgeler belirlenmiştir. Ayrıca ön saha çalışmalarının son aşaması olarak bir günlük bir arazi gezisi yapılmıştır.

##### 3.1.2. Saha Çalışmaları

Jeolojik harita alımı, uzaktan algılama çalışmaları, kinematik verilerin toplanması ve aktif faya yönelik hendek (trench) çalışmaları olmak üzere dört aşamada gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar aşağıda kısaca özetlenecektir.

###### 3.1.2.1. Jeolojik Harita Alımı

2008 yılının yaz dönemini kapsayan harita alım çalışmaları 2009 yılının yaz döneminde kinematik verilerin toplanması sırasında da devam etmiştir. Harita alımında temel materyal olarak 1/25.000 ölçekli topografik haritalar kullanılmıştır. Bu haritalar üzerine, inceleme alanında bulunan farklı litolojilere sahip birimler işaretlenerek aynı ölçekte jeoloji haritası oluşturulmuştur. Ayrıca bölgedeki önemli çizgisellikler belirlenmiş, birimlere ait tabakalara durumları ölçülerek jeoloji haritası üzerine işaretlenmiştir.



### 3.1.2.2. Uzaktan Algılama Çalışmaları

Çalışmanın önemli bir bölümünü oluşturan uzaktan algılama çalışmaları, çalışmanın da amacına uygun olarak RADAR görüntüsü kullanılarak yapılmıştır. RADAR görüntüleri ALOS-PALSAR uydusundan alınan (L) bandında 1.27 GHz frekansında Level-1.5 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Görüntü (Fine Mode) tipinde olup Single (HH) polarizasyondur. Bu görüntü üzerinde çeşitli filtreler uygulanarak zenginleştirilmiş ve bu görüntüden çizgisellik analizi sonucu elde edilen veriler diğer veriler ile karşılaştırılmıştır.

### 3.1.2.3. Kinematik Verilerin Toplanması

2009 yılının yaz döneminde gerçekleştirilen bu çalışmalar kapsamında inceleme alanını DKD-BGB doğrultusunda kesen Uluabat fayı ve çevresinde bulunan birimler içerisindeki fay düzlemlerinin durumları ölçülmüştür. Ölçülen faylar içerisinde buldukları birimlere ve birimlerin yaşlarına göre gruplandırılmıştır. Fayların yoğun olarak görüldüğü bölgeler birer istasyon olarak belirlenmiştir. İstasyonlar ve çevresinden mümkün olduğunca çok fay düzlemi ölçülmüştür.

### 3.1.2.4. Aktif Faya Yönelik Hendek (Trench) Çalışmaları

Arazi çalışmalarının son aşaması olarak gerçekleştirilen hendek çalışması, Uluabat Gölü ile gölün güneyindeki yükselti alanı arasında kalan düzlükte, Uluabat Fayı'na bağlı olarak gelişen fayların durumlarını görebilmek amacıyla yapılmıştır. Hendek çalışması için Uluabat Fayı'nın kuzeyindeki düzlükte, bir faya bağlı olarak gelişebilen morfolojik unsurlar belirlenmiş ve en uygun yer hendek yeri olarak seçilerek hendek çalışması gerçekleştirilmiştir. Proje bütçesinin yetersiz olması nedeni ile hendek açılacak bölgenin tespitinde sismik ve elektrik v.b. yöntemlerden faydalanılamamış, sadece morfolojik veriler ışığında hendek yeri belirlenmiştir.

### 3.1.3. Tez Yazımı

Tez yazım çalışmaları kapsamında, yapılan çalışmalar sonucu elde edilen veriler değerlendirilip yorumlanarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez formatına uygun olarak yazılmıştır. Tez yazılırken bu projenin amaçlarına uygun olarak özellikle kinematik, depremsellik ve uzaktan algılama çalışmaları üzerinde durulmuştur. Bu şekilde ana bölüm olarak hazırlanan tez, başlıca şu bölümlerden oluşmaktadır.

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Giriş                           | 4.3. Kinematik Analiz Çalışmaları |
| 2. Önceki Çalışmalar               | 4.4. Depremsellik                 |
| 3. Materyal ve Yöntem              | 4.5. Hendek Çalışmaları           |
| 4. Araştırma Bulguları ve Tartışma | 4.6. Uzaktan Algılama Çalışmaları |
| 4.1. Stratigrafi                   | 5. Sonuçlar ve Öneriler           |
| 4.2. Yapısal Jeoloji               | 6. Kaynaklar                      |

Tezin giriş kısmında inceleme alanının konumu, jeomorfolojisi gibi konularda genel bilgiler verilirken, önceki çalışmalar başlığı altındaki bölümde inceleme alanı hakkında günümüze kadar yapılan araştırmaları kapsayan yayımlar derlenmiştir. Materyal ve yöntem bölümünde yapılan çalışmaların teknikleri ve kullanılan materyaller hakkında kısaca bilgiler verilmiştir.

Jeolojik inceleme yapılacak bir arazide mostra veren birimler, bunların stratigrafik özellikleri, dokanak ilişkileri, yayılımları gibi konular oldukça önemlidir. Bu nedenle stratigrafi başlığı altında bu özelliklere yer verilmiş ve yapılan haritalar ve kesitler ile daha anlaşılır hale getirilmiştir.

Yapısal jeoloji kısmında ise bölgede yer alan kıvrımlar, çatlaklar, faylar konusunda arazi çalışması sırasında elde edilen veriler sunulmuştur.

Kinematik analiz çalışmaları kapsamında arazi çalışmaları sonucunda derlenen faylara ait veriler gruplandırılıp değerlendirilerek bölgedeki tektonik rejim belirlenmeye çalışılmıştır. Bu başlık altında kinematik analiz yöntemleri ve pratik uygulamalar üzerinde durulmuştur.

Bir bölgenin depremselliğinin araştırılması, inceleme alanı ve çevresinde meydana gelen deprem verilerinin toplanması, bu depremlerden bazılarının ters çözümü ile ilgili bilgiler depremsellik başlığı altında sunulmuştur.

Proje kapsamında olmadığı halde ana faya uyumlu oluşan yapı ve deformasyonları görmek amacıyla hendek çalışmaları yapılmış ve aynı isimli başlık altında elde edilen verilere yer verilmiştir.

Uzaktan algılama çalışmaları tezin bir başka bölümünü oluşturmaktadır. Uzaktan algılama başlığı altında görüntülerin elde edilmesi, filtrelenmesi ve yorumlanması gibi teknikler anlatılmış ve inceleme alanını da kapsayan ALOS-PALSAR görüntüsü üzerinde bu tekniklerin uygulamalarına yer verilmiştir.

Elde edilen tüm veriler, sonuçlar ve öneriler başlığı altında toplanıp değerlendirilmiştir. Kullanılan yayınlara ait referanslar ise kaynaklar başlığı altında toplanmıştır.

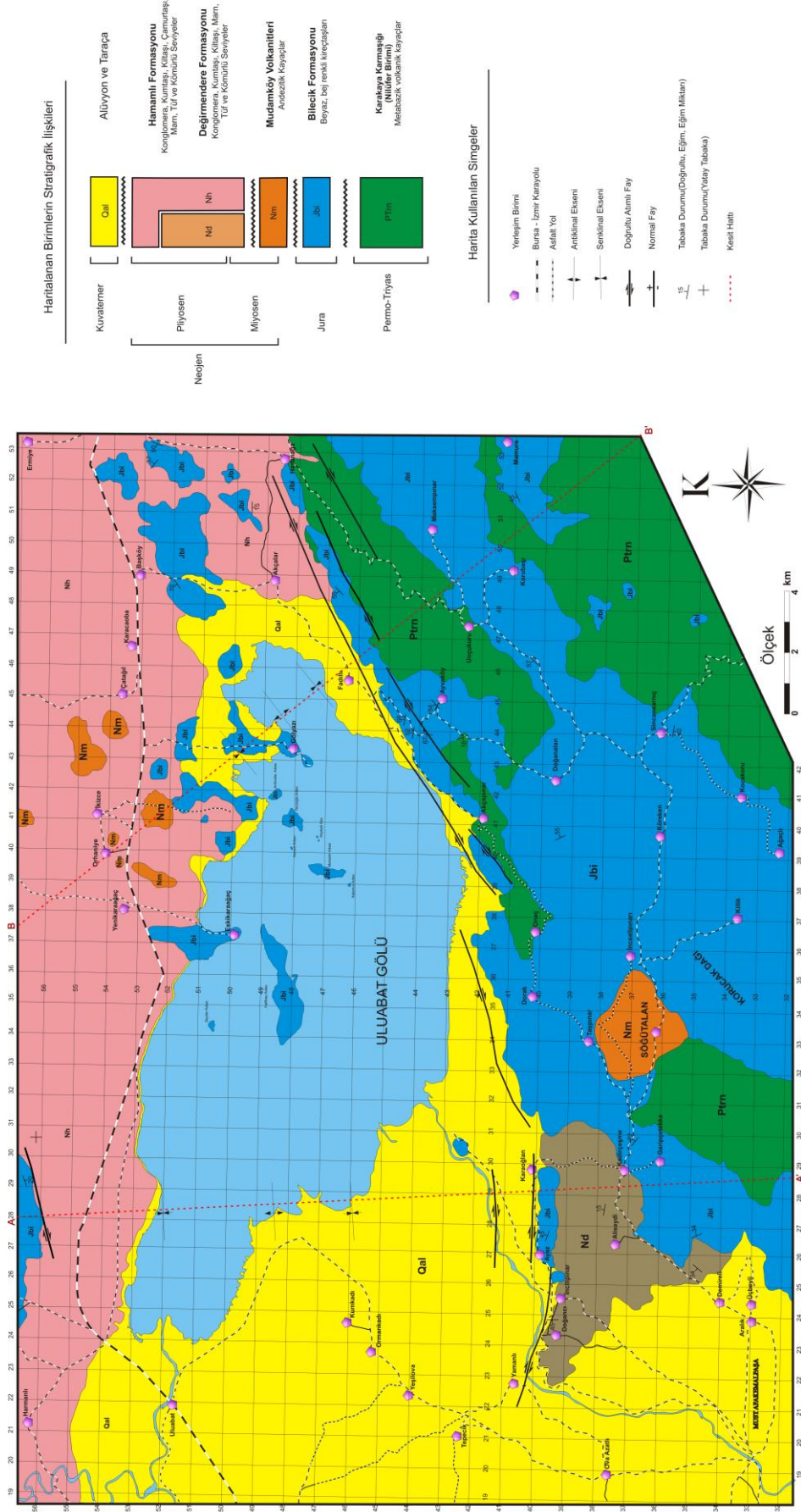
## BÖLÜM 4

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLAR

#### 4.1. Stratigrafi

Bir bölgede yapılacak çalışmalarda, sahada mostra veren birimleri ve bu birimlerin birbiri ile olan ilişkilerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında inceleme alanında mostra veren birimler ve bunların diğer birimler ile ilişkileri incelenerek bölgesel stratigrafi belirlenmiştir. Stratigrafinin belirlenmesinde, daha önce yapılan yayınların yanı sıra arazi gözlemlerinden de faydalanılmıştır. İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli haritası da arazi çalışmaları kapsamında hazırlanmıştır (Şekil 4 ve Ek 1).

İnceleme alanında; Permo-Triyas yaşlı birimlerden, Pliyo-Kuvaterner yaşlı çok genç birimlere kadar uzanan bir istif söz konusudur. Bu istifte Permo-Triyas yaşlı birimler inceleme alanındaki temel kayaları oluştururlar. Genellikle düşük derecede metamorfik, metadetritik ve metabazik kayaçlardan oluşmaktadırlar. Bunun üzerine, uyumsuz olarak bir taban konglomerası ile kumtaşı, kıltaşı, çakıltaşı ve şeyllerden oluşan bir istif gelmektedir. Bunun üzerine uyumsuz olarak Orta-Üst Jura yaşlı kalın ve oldukça deforme olmuş kireçtaşları gelmektedir. Alt-Orta Miyosen yaşlı volkanitler bu kireçtaşlarını uyumsuz olarak örtmektedir. Bunların üzerinde ise Ponsiyen (En Üst Miyosen) - Pliyosen yaşlı karasal çökeller bulunmaktadır. Bunların da üzerinde uyumlu olarak Üst Pliyosen yaşlı tuf ve aglomeralar yer almaktadır. En genç birim ise bütün birimlerin üzerini örten Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve taraçalardır (Şekil 5). İnceleme alanında mostra veren bu birimler sonraki bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır.



Üst Sistem	Sistem	Seri	Kat	Askat	Formasyon	Kalınlık	Litoloji	Açıklama			
									SENOZOYİK		
SENOZOYİK	NEOJEN	PLİYOSEN	MIYOSEN	Üst	Ponsiyen	Alüvyon	~ 5 m	Alüvyon ve Taraça			
									Hamamlı Formasyonu	~ 50 m	Aglomera ve Tüfler
									Mudamköy Volkanitleri	>250 m	Andezitik bileşimli voklanikler
									Bayırköy Formasyonu	>250 m	Sarımsı, kahvemsı renkte çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı, şeyl
MESOZOYİK	JURA	MALM Alt - Orta	Kimmericiyen - Tortoniyen	Bilecik Formasyonu	>500 m	Alt seviyelerinde Ammonitico - Rosso fosilleri içeren bej renkli kireçtaşı					
							DOGGER	Geç Sinemuriyen - Erken Pliensbahiyen	Bayırköy Formasyonu	>250 m	Sarımsı, kahvemsı renkte çakıltaşı, kumtaşı, kilitaşı, şeyl
PALEOZOYİK	PERMO-TRİYAS	KARAKAYA KARMAŞIĞI	Orhanlar Grovaku	Nüüfer Birimi	>1000 m	Metadetririk kayaçlar					
							Nüüfer Birimi	>1000 m	Metabazik kayaçlar		

Ölçeksiz

Şekil 5. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti.

#### 4.1.1. Karakaya Karmaşığı

Biga Yarımadası'nda çoğunlukla metamorfik kaya grupları tarafından temsil edilen ve Sakarya Zonu'nun temelini oluşturan birimler ilk defa Bingöl ve ark. (1973) tarafından Karakaya Formasyonu adıyla kullanılmışlardır.

Yalçınkaya ve Afşar (1980), Uluabat Gölü ve çevresinde yaptıkları çalışmalarında hafif derecede metamorfizma geçirmiş detritikler ve volkanik kayaları "Karakaya Grubu" adı altında toplamışlar ve bu grup içerisinde düşük derecede metamorfik detritikler ve bazik volkanikleri ayrı birer formasyon olarak incelemişlerdir.

Tekeli (1981), bu formasyonun, karmaşık yapısından dolayı tarafından "Karakaya Karmaşığı" adlandırmasını yapmayı uygun bulmuştur.

Okay ve Göncüoğlu (2004) ise, benzer şekilde, Permian-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığının genelde iki farklı fasiyese ayırmışlardır. Bu birimin alt kısmının Geç Paleozoyik veya Triyas'ta yeşil şist ve mavi şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş mafik lav, mafik piroklastik şeyl ve kireçtaşından, üst kesimlerinin ise oldukça deforme olmuş Permian-Triyas yaşlı kırıntılı volkanoklastik kayalardan oluştuğunu söylemişlerdir.

Birçok araştırmacı tarafından detaylı olarak çalışılan Karakaya Karmaşığı hakkında çeşitli görüşler ortaya atılmıştır. Bu görüşler doğrultusunda düşünülecek olursa; Karakaya Kompleksi'nin oluşumu hakkındaki görüşler üç gruba ayrılmaktadır. Buna göre;

- 1) Karakaya Karmaşığını oluşturan çökeller bir rifte ait çökellerdir ve bu riftin kapanmasıyla Karakaya Karmaşığı'na ait birimlerin meydana gelmiştir.
- 2) Permo-Triyas'ta Kimmer Kıtası'nın kuzeye hareket etmiş, Jura döneminde Lavrasya ile çarpışarak Paleotetis Okyanusu'nun kapanmasına ve güneyindeki Neotetis açılmasına yol açmıştır. Karakaya Karmaşığı da Lavrasya ile Kimmer Kıtası'nın çarpışmasından sonra Kimmer Kıtası üzerinde, Triyas'ta meydana gelmiş ve hemen kapanmış çok kısa ömürlü bir rifte ait kayalardan oluşmaktadır.
- 3) Triyasta meydana gelen bir yitim zonunda oluşan bir yığılım prizmasına ait kayalar bugünkü Karakaya Karmaşığı'nı oluşturmuştur.

Yalçınkaya ve Afşar (1980), Karakaya birimlerini bazik volkaniklerden oluşan Sultaniye Formasyonu ve metadetritiklerden oluşan Soldere Formasyonu olmak üzere iki ayrı formasyona ayırmışlar; Okay ve ark. (1990) ise, Yalçınkaya ve Afşar (1980) tarafından Soldere Sormasyonu adı altında toplanan Triyas yaşlı birimleri Orhanlar Grovakı olarak metabazik kayalar ise Nilüfer birimi olarak adlandırmışlardır. İnceleme alanında bulunan Karakaya karmaşığma ait birimler Okay ve ark. (1990)'nın ayırtlarına göre adlandırılacaktır.

#### **4.1.1.1. Nilüfer Birimi**

##### **Tanım**

Yalçınkaya ve Afşar (1980) Karakaya birimlerini bazik volkaniklerden oluşan Sultaniye Formasyonu, Okay ve ark. (1990) ise Nilüfer Birimi olarak tanımlanmıştır.

##### **Konum ve Yayılım**

Metabazik kayalardan oluşan Nilüfer Birimi inceleme alanı içerisinde bulunan Akçalar Beldesi'nin yaklaşık 2 km güneydoğusunda KD-GB doğrultusunda uzanan kireçtaşlarının hemen kuzeybatı eteklerinde sınırlı bir alanda yüzlek vermektedir.

İnceleme alanında gözlenen birimlerin temelini oluşturan Nilüfer Birimi'nin tabanı inceleme alanı içerisinde gözlenmemektedir. Ancak Paleozoyik yaşlı Uludağ Masifi üzerinde tektonik dokanakla yer aldığı bilinmektedir (Selim, 2004). Karakaya Karmaşığı'nın üst kesimlerini oluşturan Orhanlar Grovakı'yla grift durumda gözlemlenen birimin, Okay (1990) tarafından Bursa'nın güneyinde Orhanlar grovakı tarafından tektonik bir dokanakla üzerlendiğini belirtmektedir. Karakaya Karmaşığı'na ait bu birimleri Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiyen) yaşlı kırıntılılar diskordans örtmektedir.

Birimin kalınlığının tahmin edilmesi çok zordur fakat kesinlikle 1 km'den fazla kalınlığa sahiptir (Okay ve Göncüoğlu, 2004).



### Kaya Türü

Karakaya Kompleksi'nin alt kesimlerini oluşturan Nilüfer birimi, inceleme alanında kısıtlı bir alanda mostra vermekte ve uğradıkları metamorfizma nedeniyle oldukça deforme olmuş, bol çatlaklı metabazik kayalar şeklinde görülmektedir. Daha önceki araştırmacılar tarafından Nilüfer Birimi içerisinde görüldüğü söylenen fillat ve mermer ara katkılarına rastlamak mümkün olamamıştır.



Şekil 6. Karakaya Grubu içerisindeki az metamorfik ve bol çatlaklı bazik volkanik kayalar (Akçalar Belediyesi taş ocağı) (Bakış Yönü: GB'dan KD'ya; UTM: 35 T 0649698E, 4447446N).

### **Fosil ve Yaş**

İnceleme alanı içerisinde yüzlek veren Nilüfer Birimine ait kayalar içerisinde herhangi bir fosil içeriğine rastlanmamıştır. Ancak Ergül ve ark. (1980) tarafından Nilüfer birimi içerisindeki mermerlerden derledikleri fosillerden yararlanarak (*Trochammina olmtalensis*, *trochammina jaunensis*, *Inuolutina gaschei*, *Inuolutina sinuosa progsaides*, *Inuolutina mesotriasica*, *Trocholina multispira*, *Meondospira dinarica*, *Earlandia tintinniformis*, *Diplopora*, *Miliolipora sp.*, *Ophthalmipora sp.*) bu birimin yaşı Orta-Üst Permiyen olarak bulunmuştur (Selim, 2004). Ayrıca inceleme alanında Triyas yaşlı Nilüfer Birimi, üzerine gelen Jura yaşlı istif ile diskordan olarak örtüldüğü için yaşı Permo-Triyas olarak kabul edilmiştir.

### **Ortamsal Yorum**

Genç (2002), Nilüfer Birimi'ne ait volkanik kayalar üzerinde yaptığı jeokimyasal incelemede, bu kayaların levha içi alkali ve toleyitik bazalt özelliği gösterdiklerini tespit etmiştir. Birimin tektonostratigrafik niteliklerini de göz önünde bulundurarak Nilüfer Birimi'nin okyanusal bir birim olduğu, okyanusal plato veya denizaltı yükselim ortamlarının ikisini birden kapsadığı sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmada da Karakaya Karmaşığı'nın alt kesimlerini oluşturan Nilüfer Biriminin oluşum ortamı için bu görüş benimsenmiştir.

#### **4.1.1.2. Orhanlar Grovakı**

##### **Tanım**

İlk defa Brinkmann (1971) tarafından adlandırılan birimden Orhanlar Tabakaları olarak bahsedilmiştir. Daha sonra Okay ve ark. (1990) tarafından yapılan çalışmada, tip yeri Manyas'ın güneyindeki Orhanlar Köyü olan birim Orhanlar Grovakı olarak adlandırılmıştır.

##### **Konum ve Yayılım**

Orhanlar Grovakı, inceleme alanı içerisinde, Söğütalan yerleşim biriminin güneybatısında, Doğanalan, Unçukuru köyleri arasında ve Sincansarnıç Köyü'nün doğusunda yayılım göstermektedir.

Karakaya Karmaşığının üst kesimlerini temsil eden Orhanlar Grovakı, inceleme alanı içerisinde Permo-Triyas yaşlı metabazik kayalar ile girift durumda görülmesine karşın, Okay (1990) tarafından Bursa'nın güneyinde Nilüfer Birimi'nin üzerinde tektonik bir dokanakla bulunduğu belirtilmektedir. Bu birimi, tüm Karakaya Karmaşığı'na ait birimler gibi Liyas(Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiye) yaşlı kırıntılı kayalar uyumsuzlukla örtmektedir.

Orhanlar Grovakı, Brinkmann (1971)'a yaklaşık 1000 m kalınlığa sahiptir. İnceleme alanında ise Orta - Üst Jura yaşlı Bilecik Formasyonu altında mostra veren birimin kalınlığının 400 m' den fazla olduğu düşünülmektedir.

### **Kaya Türü**

İnceleme alanında görülen Orhanlar Grovakı'na ait birimler sarımsı yeşil, sarımsı kahverengi, oldukça deforme olmuş, tabakalanmaya çok az rastlanan, parçalanmış ve uğradıkları metamorfizma sonucunda şistozite düzlemleri gelişmiş grovaplardan oluşmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Fadıllı Köyü'nün 1,5 km güneydoğusunda görülen Orhanlar Grovakı'na ait metamorfik kırıntılılar. (Bakış Yönü: KB'dan GD'ya; UTM: 35 T 0646723E, 4444861N).

### Fosil ve Yaş

Bu çalışmada Orhanlar grovakı içerisinde herhangi bir fosile rastlanamamasına karşın içerdiği kireçtaşı bloklarında tespit edilen; *Archeodiscus* sp., *Endothyra* sp., *Konichopora* sp., *Girvanella* sp., *Paleotektularia* sp. fosillerine göre Alt Karbonifer; *Globoendothyra* sp. ve *Cribrogenarina* sp. fosillerine göre Üst Vizeen; *Dunbarula* sp., *Miselina* sp., *Cancelina* sp., *Shwagerina* sp., *Shubertelinidae* ve *Verbekiniidae* fosillerine göre de Üst Permiyen yaşı önerilmektedir (Yalçınkaya ve Afşar, 1980).

Akyüz ve Okay (1998), Orhanlar Grovakı içerisinde bulunan kireçtaşı bloklarından derledikleri fosillere (*Schvagerinidae*, *Schubertella* sp., *Deckerella* sp., *Paleotektularia* sp. (Permiyen); *Globivalvulina* sp., *Tetrataxis* sp. (Karbonifer-Permiyen); *Climacammina* sp., *Cribrogenarina* sp., *Eotuberitina* sp., *Glomospira* sp.) göre Orhanlar Grovakı'nın yaşını Üst Permiyen olarak önermişlerdir.

### Ortamsal Yorum

İnceleme alanı içerisinde Fadıllı Köyü'nün güneydoğusunda görülen Orhanlar Grovakı'na ait mostalarda, tabakalanma gözlenmemektedir. Buna karşın uğradığı metamorfizma nedeniyle iyi gelişmiş foliasyon düzlemlerine sahiptir. Nilüfer Birimi ile olan dokanağının tektonik olduğunu ve içerdiği kireçtaşı bloklarını da göz önünde bulundurursak bu birimin oluşum ortamının tektonik olarak aktif bir bölge olacağı kanısına varılmıştır. Bu verilere dayanarak birimin bir yitim zonunda oluştuğunu söylemek mümkündür.

#### 4.1.2. Bayırköy Formasyonu

##### Tanım

“Bayırköy Kumtaşı” adlaması, ilk defa Granit ve Tintant (1960) tarafından Bilecik-Osmaneli arasındaki bölgede görülen kumtaşları için kullanılmıştır. Daha sonra Altınlı (1973) tarafından litolojik özellikleri gözetilerek formasyon olarak adlandırılmıştır (Alkaya, 1981).

### **Konum ve Yayılım**

İnceleme alanında Ayvaköy–Doğanalan yolu üzerinde ve dar bir alanda ve Garipçetekke Köyü güneyinde mostra vermektedir (Şekil 7).

İnceleme alanında alt ve üst dokanakları kesin olarak gözlenememektedir. Altner ve ark. (1991) bu birime Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiye) yaşını vermişler ve Permo-Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu'na ait birimler üzerinde uyumsuzlukla bulunduğunu belirtmişlerdir (Selim 2004). Bayırköy Formasyonu'nun üzerinde ise diskordan olarak Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik Formasyonu gelmektedir.

Bayırköy Formasyonu'nun kalınlığı, birkaç metreden 500 m'ye kadar değişebilmektedir (Okay ve ark., 1990). İnceleme alanında ise Garipçetekke güneyinde İnatlar eski yerleşim birimi civarında yaklaşık 200-250 m kalınlığa sahip olabileceği düşünülmektedir.

### **Kaya Türü**

Bayırköy Formasyonu, inceleme alanı içinde orta-kalın tabakalı, sarımsı-kahverengi, kaba-ince taneli kumtaşları, çakıltaşları ve şeyller şeklinde kendini göstermektedir (Şeki 8). Yalçınkaya ve Afşar (1980), bu birimin üst seviyelerinde kırmızı kahverengi silttaşı, çamurtaşı seviyeleri görüldüğünü ve karbonat miktarının arttığını belirtmişlerdir. ve Ammonitico-Rosso fasiyesleri ile bunları izleyen kumtaşı ve şeyller ile son bulur (Yalçınkaya ve Afşar, 1980).



Şekil 8. Ayvaköy – Doğanalan Köyü asfaltı üzerinde görülen Bayırköy Formasyonu'na ait kumtaşı mostrası(Bakış Yönü: KB'dan GD'ya; UTM: 35 T 0643832E, 4442734N).

### Fosil ve Yaş

İnceleme alanı içerisinde, Bayırköy Formasyonu'na ait birimlerde de herhangi bir fosile rastlanamamıştır. Ancak Alkaya (1981), formasyonun üst seviyelerinde bulunan kumtaşları, çakıltaşları ve şeyller içerisinde bir kaç Crinoid sapı ve Ammonit tur parçalarına rastlamıştır. Okay ve ark. (1990), Formasyonun Çal Köyü'ndeki mostrasında *Bositra bronni* ye rastlamışlar ve buna dayanarak Bayırköy Formasyonu'na Üst Liyas yaşını vermişlerdir. Altınar ve ark. (1991) ise *Lenticulina* sp., *Ichthyolaria* sp., *Dentaline* sp., *Spirillina* sp. ve *Agerina martana* gibi fosillere dayanarak Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiye) olarak yaşlandırmışlardır.

### Ortamsal Yorum

Paleotetis Okyanusu'nun kapanmasından sonra Liyas'da meydana gelen transgresyonun ürünü olarak Bayırköy Formasyonu meydana gelmiştir. Karakaya Karmaşığı'na ait birimleri uyumsuz olarak örten bu formasyonun üst kesimlerini oluşturan kumtaşları inceleme alanında gözlenmektedir.

### **4.1.3.Bilecik Formasyonu**

#### **Tanım**

İlk defa Granit ve Tintant (1960) tarafından tanımlanan formasyon inceleme alanında geniş yayılım göstermektedir. Yalçinkaya ve Afşar (1980) genellikle Uluabat Gölü'nün güneyinde mostra veren kireçtaşlarını İnatlar Kireçtaşı olarak adlandırmışlardır. Bu formasyon daha sonra Altiner ve ark. (1991) tarafından Bilecik Grubu adı altında iki farklı formasyon olarak incelenmiştir.

#### **Konum ve Yayılım**

İnceleme alanının büyük bölümünde yüzlek veren Bilecik Formasyonu, yoğun olarak Uluabat Gölü'nün güney kesiminde, buna nazaran daha az olarak da kuzey kesiminde mostra vermektedir.

Bilecik Formasyonu, Yalçinkaya ve Afşar (1980) tarafından altındaki Bayırköy Formasyonu ile geçişli olarak ele alınmıştır. Fakat daha sonra Altiner ve ark. (1991) Orta – Üst Jura yaşlı Bilecik Formasyonu ile üzerine geldiği Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiye) yaşlı Bayırköy Formasyonu ile arasında paralel bir uyumsuzluk olduğunu ortaya koymuştur. Akçalar Beldesi'nin güneydoğusunda yer alan taş ocakları ve çevresinde görülen mostrada Bilecik Formasyonu doğrudan Karakaya Kompleksi birimlerinin üzerine gelmektedir. Bilecik Formasyonunun üst sınırı ise Neojen çökelleri ile uyumsuzdur.

#### **Kaya Türü**

Genel olarak bol kıvrımlı, bol eklemlı, gri ve bej renkli, midye kabuğu şeklinde kırılma yüzeyi veren kireçtaşlarından oluşmakta ve genellikle ondüleli olarak görülmektedir. Aşırı derecede deformasyona uğradığı için çoğu bölgede tabaka düzlemleri zorlukla ayırt edilebilmektedir. Buna karşın inceleme alanında faaliyet gösteren birçok mermer ocağında bu birimin daha alt seviyelerinden çok düzgün ve çatlaksız bloklar alınabilmektedir.



Şekil 9. Dorak Köyü'nün Doğusunda yüzlek veren, Orta Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarının görünümü (Bakış Yönü: GD'dan KB'ya; UTM: 35 T 0635408E, 4440095N).

### Fosil ve Yaş

Okay ve ark. (1990), Bilecik Formasyonu'nun temelinde, birkaç metre kalınlıkta, açık pembe-krem renkte Ammonitico Rosso fosilleri içeren bir seviye olduğunu söylemektedir (Şekil 10). Yalçınkaya ve Afşar (1980) ise inceleme alanında Bilecik Formasyonun tabanındaki bu seviyenin görüldüğü eski bir yerleşim yeri olan İnatlar Köyü civarından derlediği numunelerden şu yaşları elde etmişlerdir:

<i>Phylloceras heterophyllum</i>	(Toarciyen),
<i>Stephanoceras</i> sp.	(Orta Bajociyen),
<i>Stephanoceras frechi</i> RENZ	(Orta Bajociyen),
<i>Reineckeia</i> sp.	(Orta Calloviyen),
<i>Collotia</i>	(Üst Calloviyen),
<i>Progeronia</i>	(Alt Kimmericiyen).



Yalçınkaya ve Afşar (1980), bölgedeki Ammonit faunasından elde ettikleri yaşlara dayanarak Bilecik Formasyonu'nun yaşının Orta-Üst Jura-Alt Kretase aralığında olduğunu söylemişlerdir. Okay ve ark. (1990), Biga yarımadası ve çevresindeki Bilecik kireçtaşlarından derledikleri nokta numunelerin Geç Jura yaşını verdiğini belirtirken, Altınar ve ark. (1991) ise birimin üstten aşınmış olan en üst seviyelerden ise Geç Jura (Kimmericiyen-Tortoniyen) yaşını önermektedirler.

İnceleme alanında bu birimin İnatlar civarında yaklaşık 500-700 m kalınlıkta olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 10. Bilecik kireçtaşlarının İnatlar eski yerleşim birimi civarındaki Ammonit fosilleri (Demirci 2009).

### **Ortamsal Yorum**

Paleotetis okyanusunun kapanmasından sonra meydana gelen transgresyonun ilk çökeli olan Bayırköy Formasyonu'ndan sonra meydana gelen ikinci çökelleri Bilecik Formasyonu'na ait kireçtaşları oluşturmaktadır. Bu birimler Orta-Üst Jura'da derinleşen bir ortamı karakterize etmektedir.

#### 4.1.4. Mudamköy Volkanitleri

##### Tanım

Uluabat Gölü'nün kuzeyinde kalan volkanik kayalardan Yalçınkaya ve Afşar (1980) Mudamköy Volkanitleri olarak bahsetmiştir. Bu çalışmada da aynı isimle anılacaktır.

##### Kaya Türü

Andezitik, dasitik bileşimli sarımsı, yeşilimsi, bej renkli kayalardan oluşmaktadır. Dokusu çıplak göz ile çok zor ayırt edilebilmektedir.

##### Konum ve Yayılım

Bu birim yoğun olarak Uluabat Gölü'nün güneyinde İkizce ve Orhaniye köyleri çevresinde dağınık olarak bulunmaktadır. İkizce Köyü'nün güneyinde Bilecik Formasyonu ile olan kontağı net olarak görülmesi de harita alımı çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılmıştır. Bu volkanitler Miyosen'deki volkanizmanın ürünü olarak meydana gelmişlerdir. Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik Formasyonu'nun üzerine uyumsuz olarak gelmektedirler. Ponsiyen-Pliyosen zaman aralığında farklı fasiyelerde çökelen Hamamlı ve Değirmendere Formasyonları Mudamköy Volkanitleri'nin üzerine uyumsuz olarak gelmektedir.

Birimin İkizce Köyü civarında bulunan mostralara göre 250 m'den fazla kalınlığa sahiptir.

##### Fosil ve Yaş

Bu birim bu çalışmada yaşlandırılmamıştır. Ancak Ercan ve ark. (1987) Biga Yarımadası'ndaki (Kuzeybatı Anadolu) kalkalkalen volkanitlerin Alt-Orta Miyosen yaşında olduklarını belirtmektedir.

##### Ortamsal Yorum

Ercan ve ark. (1987) Pontidler ile Anatoliter arasında Üst Kreatese'de başlayan ve bunu izleyen Eosen'deki, kıta çarpışmasından sonra kabuktaki kalınlaşma sonucu Kuzeybatı Anadolu'da meydana gelen kalkalkalen volkanizma'dan bahsetmektedir. Bu volkanitler de kabuk kalınlaşması sonucu gelişen kalkalkalen volkanizmanın bir ürünüdür.

#### 4.1.5. Değirmendere Formasyonu

##### Tanım

Yalçinkaya ve Afşar (1980) tarafından yapılan, Mustafakemalpaşa ve çevreninin jeolojik özelliklerini konu alan çalışmada bu formasyondan Değirmendere Formasyonu olarak bahsedilmektedir. Selim (2004), formasyonun tip yerinin Soma (Manisa) olduğunu ve ilk defa Nebert (1978) tarafından adlandırılan Soma Formasyonu ile benzerlik gösterdiğini, birimlerin Manyas Gölü'nün güneyinde de görüldüğünü söylemiştir. Bu çalışmada Yalçinkaya ve Afşar (1980)'in yapmış oldukları Değirmendere Formasyonu adlaması benimsenmiştir.

##### Kaya Türü

Yalçinkaya ve Afşar, (1980), altta taban konglomasıyla başlayan, yukarı doğru kumtaşı, kömürlü seviyeler, miltaşı, kiltası, marn, tuf aralanması şeklinde devam eden, genellikle beyaz ve bej renklerin hakim olduğu karasal çökelleri Değirmendere Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Bu birimin taban çakıltaşları üzerine gelen kumtaşı ve kiltalarının, kırmızımsı, kahverengi ve yeşilimsi renklerde görüldüğünü söylemişlerdir (Selim, 2004). Bu birim inceleme alanında genellikle ince orta tabakalı, kırmızı, beyaz, bej ve sarımsı renklerde görülmektedir. Bu birime ait taban kongloması inceleme alanı içerisinde görülememiştir fakat bu formasyonun orta-üst kesimlerine ait mostralar inceleme alanı içerisinde görülmektedir.



Şekil 11. Hasanağa Sanayi Sitesi içerisinde Değirmendere Formasyonu'na ait birimlerin görünümü (Bakış Yönü: GB'dan KD'ya; UTM: 35 T 0651220E, 4448359N).

### **Konum ve Yayılım**

Değirmendere Formasyonu'nun İnceleme alanında en iyi görüldüğü yerler; Hasanağa Köyü yakınında bulunan Hasanağa sanayi sitesi, Aliseydi ve Kadirçeşme köyleri arasındaki maden ocağı ve Kadirçeşme ve Demireli köyleri arasındaki yol yarması ve Doğancı Köyü çevresidir.

Değirmendere Formasyonu'nun da altındaki Mudamköy Volkanitleri ile olan ilişkisi uyumsuzdur. Bu formasyonla eş zamanlı olarak fakat farklı fasiyeslerde çökelen Ponsiyen-Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu ile geçişli ve uyumludur.

İnceleme alanında birimin tabanının görülememesinden dolayı kalınlığı tespit edilememiştir. Fakat Yalçınkaya ve Afşar (1980) tarafından 50-350 m arasında bir kalınlık tespit edilmiştir.

### Fosil ve Yaş

Yalçinkaya ve Afşar (1980), Değirmendere Formasyonu içerisindeki polen ve sporlardan; *Laevigatosporites haardti* (Pot. ve Ven.), *İnaporturopollenites hiatus* (Pot.), *İnaporturopollenites dubius* (Pot. ve Ven.), *Pityosporites microalatus* (Pot. ve Ven.), *Triatriopollenites coryphaeus* (Pot.), *Triatriopollenites undulosus* (Wolf.), *Triatriopollenites henrici* (Pot.), *Triatriopollenites villensis* (Pot.) *Subtriporopollenites simplex* (Pot.), *Ovoidites parvus* (Cook ve Mütt.) Miyosen yaşını elde etmişlerdir. Ayrıca Kapan-Yeşilyurt ve Taner (1999) tarafından derlenen *Cepea* (C.), *Etekle* (HALAVATS), *Cepea krejicii* (Wenz), *Pseudammicola margaritula* (Fuchs) fosillerine göre de Ponsiyen (Geç Miyosen) yaşındadır (Selim, 2004).

### Ortamsal Yorum

Değirmendere Formasyonu litolojik olarak karasal fasiyes özelliklerini yansıtmakta ve bu birimin sakin bir ortamda çökelmiş olduğu anlaşılmaktadır. Bu haliyle görsel bir ortamı temsil etmektedir.

#### 4.1.6. Hamamlı Formasyonu

##### Tanım

Karasal çökeller ile temsil edilen Hamamlı Formasyonunun adı ilk kez Yalçinkaya ve Afşar (1980) tarafından kullanılmıştır. Bu çalışmada da bu adlama aynen kullanılacaktır.

##### Kaya Türü

Bu birim taban konglomerası ile başlayıp, yukarı doğru kumtaşı, kıltaşı, miltaşı, kömürlü seviyeler şeklinde devam etmektedir. Genellikle gri, beyaz, bej, kırmızı renkler hakim olarak görülmektedir. Ayrıca bu birim içerisinde eski akarsu kanallarını temsil eden çakıltaşı mercekleri ve çapraz tabakalar görülmektedir.



Şekil 12. Hasanağa sanayi bölgesi'nin kuzeyinde yer alan Hamamlı Formasyonuna ait karasal birimler (Bakış Yönü : Doğu'dan Batı'ya; UTM: 35 T 0651232E, 4449062N).



Şekil 13. Hasanağa sanayi bölgesi içerisinde yer alan Hamamlı Formasyonuna ait karasal birimler.(Bakış Yönü: Batı'dan Doğu'ya; UTM: 35 T 0651232E, 4449062N).

### **Konum ve Yayılım**

Uluabat gölü kuzeyinde oldukça fazla yayılım gösteren Hamamlı Formasyonu, Kadirçeşme Köyü–Mustafakemalpaşa yolu üzerinde ve Uluabat gölünün doğusunda Akçalar Beldesi ve Hasanağa sanayi sitesi içerisinde de mostra vermektedir.

Hamamlı Formasyonu Alt-Orta Miyosen yaşlı Mudamköy Volkanitleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Hamamlı Formasyonu, daha önce de bahsedildiği gibi Değirmendere Formasyonu ile farklı fasiyeslerde fakat eş zamanlı olarak çökelmiştir. Değirmendere Formasyonu'nuna ait çökellerin yaşı Pliyosen'e kadar çıkmadığı için aynı zamanda Değirmendere Formasyonu'nun üstüne uyumlu olarak gelmektedir. Hamamlı formasyonu üzerine gelen aglomeralar ile geçişlidir (Yalçınkaya ve Afşar, 1980).

### **Fosil ve Yaş**

Hamamlı Formasyonu'nun yaşı, volkanitlerin üzerine uyumsuzlukla gelen konglomeraların üzerindeki göl sedimanlarının (marnlar) içerisinde bulunan tatlı su formlarından yararlanılarak bulunmuştur. Bu formlar, Ponsiyen–Pliyosen yaşını verdikleri için Hamamlı Formasyonu'nun yaşı da Ponsiyen (En Üst Miyosen) - Pliyosen dir (Yalçınkaya ve Afşar., 1980).

### **Ortamsal Yorum**

Bu birimin, kırmızı rengi, içerisinde görülen çapraz tabakalar ve eski akarsu kanallarını temsil eden merceksel çakıltaşları ile karasal ortamı temsil ettiği çok açık bir şekilde anlaşılmaktadır.

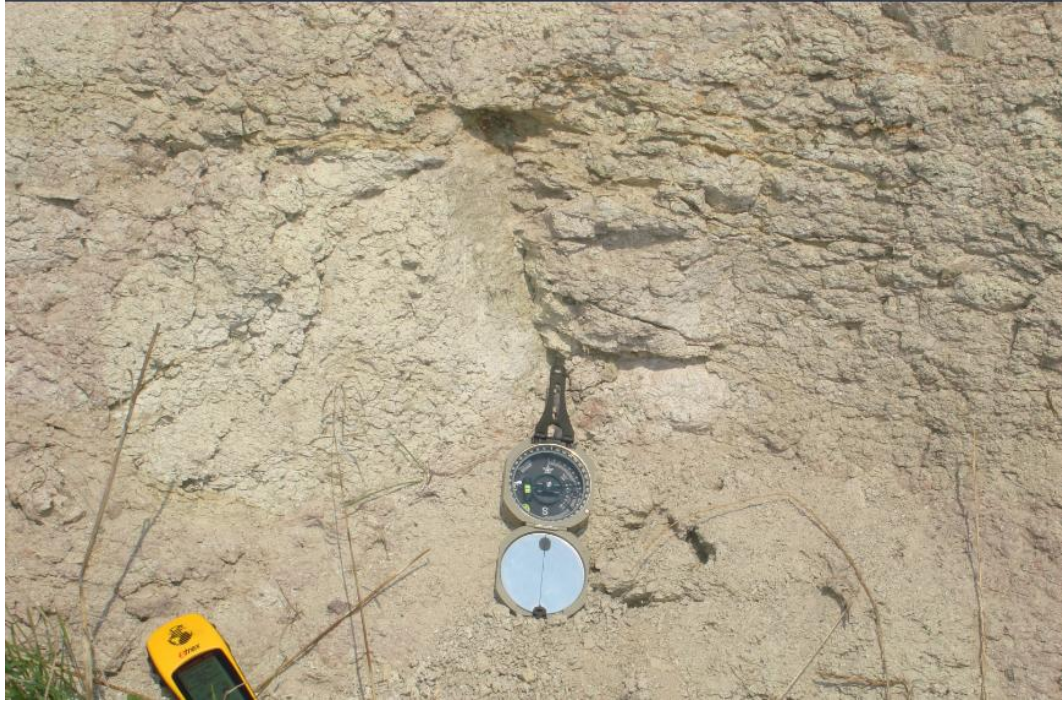
#### **4.1.7. Karacaoba Tüf ve Aglomeraları**

##### **Tanım**

Yalçınkaya ve Afşar (1980) tarafından Hamamlı formasyonu üzerine gelen tüf ve aglomeralar bu birim içerisine dahil edilmiştir.

### Kaya Türü

Tüf ve aglomeralar, beyazımsı bejimsi rengi ile dikkat çekmektedir. Matriksini tüflerin oluşturduğu birim içerisinde volkanik kayaç parçaları bulunmaktadır. Yani tüfler ile aglomeralar karışmış bir şekilde gözlenmektedir. Tüfler içerisindeki volkanik kayaç parçaları kalkalkalen volkanizma ürünü olan andezitlerdir.



Şekil 14. Karacaoba Köyü batısında, Bursa-Çanakkale karayolu üzerinde mostra veren Karacaoba tüfleri (Bakış Yönü: Güney'den Kuzey'e; UTM: 35 T 0645607E, 4453093N).

### Konum ve Yayılım

Bu birim Uluabat Gölü'nün kuzeyinde Karacaoba Köyü'nün batısında yayılım gösterir. Bursa-Çanakkale karayolu üzerinde de bazı mostraları görülmektedir. İnceleme alanı içerisinde mostra veren ve Miyosen volkanizmasının son ürünü olarak meydana gelen Karacaoba tüf ve aglomeraları, Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu ile girift durumda bulunmaktadır. Tüf ve aglomeralar, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile örtülmektedir.



### **Fosil ve Yaş**

Bu birim içerisinde fosil verisi bulunamamıştır. Ancak Hamamlı Formasyonu ile geçişli olan bu formasyonun yaşı Üst Pliyosen olarak önerilmiştir (Yalçinkaya ve Afşar., 1980).

### **Ortamsal Yorum**

Karacaoba tüf ve aglomeraları çok kısıtlı bir alanda görülmeleri ve andezitik bileşimleri (Yalçinkaya ve Afşar, 1980) ile yerel ve kıta içi bir volkanizmanın piroklastik ürünlerini temsil etmektedir.

#### **4.1.8. Alüvyon ve Taraçalar**

İnceleme alanında bulunan en genç birimlerdir. Genellikle Akarsu tortulları olarak kendini göstermektedirler. Uluabat Fayı'nın kuzeyinde kalan çöküntü alanında oldukça fazla görülmekte ve bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedirler.

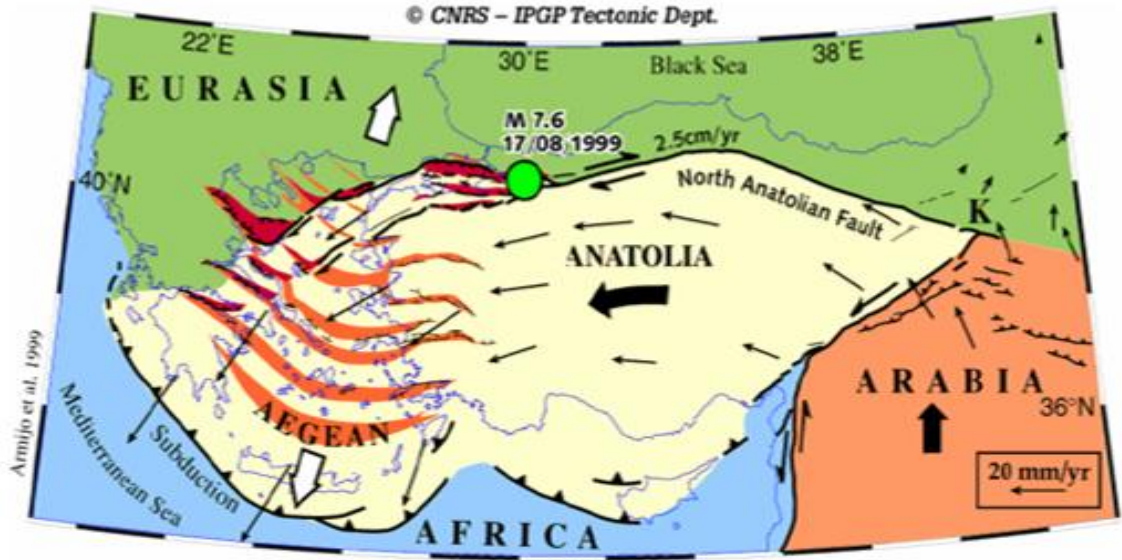
### **4.2.YAPISAL JEOLJİ**

İnceleme alanı, KAF'nın güney kolu üzerinde bulunmaktadır. Ayrıca KAF'ın güney koluna ait doğrultu atımlı bir fay olan Uluabat Fay Zonu (UFZ), inceleme alanını KD-GB doğrultusunda yaklaşık olarak 35km'lik bir hat boyunca katetmektedir. İnceleme alanının doğusunda bulunan Hasanağa yerleşim biriminin batısında birbirine paralel üç segmentten oluşan UFZ Ayva Köyü ile Onaç Köyü arasında birbirine paralel ve K60D gidişli iki segmentten oluşmaktadır. Akçapınar civarında ise K50D doğrultulu ve birbirine paralel üç segment halinde görülmektedir. Karacapınar ve Karaoğlan köyleri arasında K70D doğrultusunda uzanan UFZ Karaoğlan Köyü civarında D-B doğrultulu ve birbirine paralel iki segmentten oluşmaktadır. Mustafakemalpaşa Çayı, Karaoğlan Köyü kuzeyinde bulunan segment tarafından doğuya doğru sağ yanal olarak ötelenmiştir. K70B doğrultulu olarak Doğancı ve Yamanlı köyleri arasında uzanan segmentin de bu çayı kestiği ve 3000 m doğuya ötelelediği görülmektedir (Ek 2).

Uluabat Fayı üzerinde meydana gelen büyük tarihsel depremlerin varlığı, inceleme alanının, Neotektonik dönem ve sonrasında tektonik olarak aktif bir konumda yer aldığını göstermektedir.

#### 4.2.1. Kuzeybatı Anadolu'nun Tektoniği

Bir bölgede son tektonik rejim değişikliğinden önceki dönem paleotektonik dönem, sonraki dönem ise neotektonik dönem olarak adlandırılmaktadır. Türkiye'de ise Neotektonik dönem, Orta Miyosende Arabistan levhasının Anadolu levhası ile Bitlis–Zagros süturu boyunca çarpışmasıyla başlamış ve paleotektonik dönem sona ermiştir. Bundan sonra Arabistan Kıtası, Ölüdeniz Fayı boyunca kuzeye doğru hareketini sürdürmüştür ve bu hareket sonucu Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki kabuk yükselmiştir. Ayrıca K-G yönlü sıkışmanın sonucu olarak D-B uzanımlı ters faylar ve bindirmeler meydana gelmiştir. Bu kompresyonel rejim Pliyosende kaçma rejimine dönüşmüştür. Yani kuzeyden Avrasya Levhası, güneyden Arabistan levhası arasında kalan, KAF ve DAF tarafından sınırlanan Anadolu Levhası batıya doğru hareket etmektedir (Yılmaz, 1990; Yiğitbaş ve Bozcu, 2006). Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ve Doğu Anadolu Fayı boyunca saat yönünün tersi yönünde batıya doğru hareket etmektedir. Bu nedenle KAF ve DAF Türkiye'nin en önemli Neotektonik unsurlarıdır.



Şekil 15. Arabistan ve Avrasya levhalarının K-G doğrultulu sıkıştırması sonucu KAF ve DAF boyunca batıya kaçışı ve doğudaki sıkışmaya karşılık batıda görülen açılma rejimi (Armijo ve ark., 1999).

Kuzey Anadolu Fayı (KAF) dünyanın en iyi bilinen doğrultu atımlı fay zonlarından birisidir. Anadolu ve Avrasya plakaları arasında sınır teşkil eder. Aynı zamanda bir transform fay niteliğinde olan KAF, Doğu Anadolu'da Karlıova'dan başlayarak 1500 km uzunluğunda 100 m ile 40 km arasında genişliğe sahip bir zon boyunca, dış bükey olarak batıya doğru uzanmaktadır. Kuzey Anadolu Fay Zonu, Bolu'nun doğusunda dar bir deformasyon zonu halinde uzanırken Bolu'nun batısında çatallanarak iki ayrılır. Kuzey kol Düzce-Sapanca-İzmit Körfezi üzerinden Marmara Denizi'ne girer. Güney kol ise Geyve – Mekece-İzmit üzerinden Gemlik körfezine kadar uzanıp Gemlik'ten batıya doğru Bandırma körfezi ve Biga yarımadasında Çan-Bayramiç üzerinden Ege denizine devam eder (Uçarkuş ve ark., 2001).

Kuzey Anadolu Fayı bugünkü karakterine Geç Miyosen veya Pliyosen'de kavuştuğu genel olarak kabul edilmektedir. Buna karşın Trakya'da Kuzey Anadolu Fayı boyunca yapılan apatit fizyon iz ve apatit U/He çalışmaları fayın hiç olmazsa bir kesiminin Geç Oligosen ve Orta Miyosen'de de muhtemelen yanal atımlı bir fay olarak aktif olduğunu göstermektedir (Yiğitbaş ve Bozcu, 2006). Armijo ve ark (2002) ise KAF'mın Marmara bölgesindeki varlığının yaklaşık olarak 5 my öncesine yani Pliyosen başlarına kadar uzandığını söylemektedirler.

Türkiye üzerindeki bazı noktalara ait GPS ölçümleri ile bu noktaların hareket hızlarını tespit etmiştir. Bu ölçümlere göre Manyas-Mustafakemalpaşa fayı ve Bursa fayını kapsayan bölge için normal atım hızının,  $8.0 \pm 4.3$  mm/yıl ve yanal atım hızını ise  $3.6 \pm 2.0$  mm /yıl olarak belirtmektedir (Meade ve ark., 2002).

Kuzey Anadolu Fayı'ndaki toplam atım ise Hubert-Ferrari ve ark. (2002) tarafından  $85 \pm 15$  km, Armijo ve ark. (1999)  $75 \pm 10$  km olarak belirtilmiştir. Barka (1992) ise Erken Pliyosenden günümüze kadar Kuzey Anadolu Fayı'nda meydana gelen toplam atımın  $40 \pm 5$  km, Marmara Denizi'nin doğusundaki toplam atımın ise  $25 \pm 5$  km olduğundan bahsetmektedir (Pucci ve ark., 2008).

Ayrıca fayın doğudan batıya doğru karakteri değişmektedir. Doğu Anadolu'daki sıkışmadan dolayı ters bileşenli, Batı Anadolu'ya doğru gidildiğinde ise etkin olan açılma rejiminden dolayı normal bileşenli olarak izlenmektedir.

#### 4.2.2. İnceleme Alanının Tektonik Konumu ve KAF ile İlişkisi

İnceleme alanı, Türkiye'nin paleotektonik birliklerinden birisi olan Sakarya Kıtası üzerinde bulunmaktadır. Sakarya zonu'nun temelini Karakaya Karmaşığı olarak adlandırılan ve Permo-Triyas yaşta bir kaya topluluğu oluşturmaktadır. Bu kayalar inceleme alanında görülen en yaşlı kayalardır. Bu temelin üzerine Alt-Orta Jura'dan başlayan ve Neojen'e kadar uzanan bir istif gelmektedir. Neojen sonrası birimler hala Anadolu'da Miyosen döneminden sonra değişen tektonik rejimin etkisi altındadırlar.

Neotektonik dönemde oluşan unsurların en önemlilerinden birisi KAF'dır. Marmara Denizi'nin güneyinde bulunan inceleme alanı KAF'nın güney koluna ait olan Uluabat Fayı tarafından DKD-BGB doğrultusunda kesilmektedir. Selim (2004) sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olan Uluabat Fayı'nın bu bölgede güney ve kuzey olmak üzere iki koldan oluştuğunu belirtmektedir.

#### 4.2.3. Yapısal Jeolojik Özellikler

##### 4.2.3.1. Uyumsuzluklar

İnceleme alanında mostra veren birimler arasındaki uyumsuzluklar daha önce stratigrafi başlığı altında detaylı olarak anlatılmıştır. Bu nedenle inceleme alanındaki uyumsuzluklar maddeler halinde topluca verilmiştir;

1. İnceleme alanında mostra veren temel kayalar olan Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı'na ait Nilüfer Birimi'nin altındaki Uludağ Masifi ile olan ilişkisi inceleme alanında görülememektedir. Fakat Selim (2004) Nilüfer Birimi'nin Uludağ Masifi ile olan ilişkisinin tektonik olduğundan bahsetmektedir. Üstünde tektonik bir dokanakla Orhanlar Grovakı bulunmaktadır. Nilüfer Birimi ve Orhanlar Grovankı'nın üzeri ise Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiye) yaşlı Bayırköy Formasyonu ile uyumsuz olarak örtülmektedir (Altınar ve ark., 1991).

2. Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığında ait olan Orhanlar Grovakı inceleme alanında gözlenebilmesine rağmen Nilüfer Birimi olan ilişkisi net olarak görülememektedir. Nilüfer birimi üzerinde tektonik bir kontakla bulunduğu bilinmektedir (Okay, 1990). Orhanlar Grovakı'nın da üzerine uyumsuz olarak Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiyen) yaşlı Bayırköy Formasyonu bulunmaktadır (Altınar ve ark., 1991).
3. Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiyen) yaşlı Bayırköy Formasyonu Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı'na ait birimler üzerine uyumsuzlukla gelmektedir (Altınar ve ark., 1991). Bayırköy Formasyonu üzerinde Bilecik Formasyonu'na ait kireçtaşları bir uyumsuzlukla durmaktadır (Altınar ve ark., 1991).
4. Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik Formasyonu ile üzerine geldiği Liyas (Geç Sinemuriyen-Erken Pliensbahiyen) yaşlı Bayırköy Formasyonu ile arasında, zaman boşluğundan kaynaklanan bir uyumsuzluk vardır (Altınar ve ark., 1991). Ayrıca bu kireçtaşları Akçalar Beldesi güneyindeki taş ocağında görülen dokanakta olduğu gibi doğrudan Karakaya Karmaşığı'na ait birimler üzerine gelmektedir.
5. Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu ile Mudamköy volkanitlerinin dokanağı inceleme alanında izlenememektedir. Ancak Alt Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Mudamköy Volkanitleri üzerlerine gelen Ponsiyen (Kapan-Yeşilyurt ve Taner, 1999; Selim, 2004) – Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu'nu ile uyumsuz olup, dolayısıyla Hamamlı Formasyonu ile aynı zamanda fakat farklı fasiyelerde çökelmiş Ponsiyen yaşlı Değirmendere Formasyonu ile olan ilişkisi uyumsuzdur.
6. Üst Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu'nun, tabanında bulunan Mudamköy Volkanitleri ile olan ilişkisi uyumsuzdur. Üst seviyeleri Miyo-Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu ile geçişlidir.
7. Alüvyon ve taraçalar tüm birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.



Şekil 16. Akçalar Belediyesi taş ocağının güneyinde Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu'na ait bazik volkanitler ile Orta Üst Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşı'nın uyumsuz dokanağı (Bakış Yönü: Güneyabttı'dan Kuzeydoğu'ya; UTM: 35 T 0650014E, 4446757N).



Şekil 17. Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu'na ait birimler ve üzerinde açışal uyumsuz olarak bulunan Kuvaterner yaşlı taraçalar (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM: 35 T 0626177E, 4434595N).

#### 4.2.3.2. Kıvrımlar

İnceleme alanı içerisinde bulunan Neojen yaşlı birimlerde kıvrımlanma pek görülmemektedir. Buna karşın Neojen öncesi birimlerde kıvrımlara oldukça fazla rastlanmaktadır. Karakaya Formasyonu'na ait birimlerde ve özellikle Orta-Üst Jura Yaşlı Bilecik kireçtaşlarında kıvrımlar neredeyse her mostrada gözlenebilmektedir. Hatta oluşan kıvrımların tekrar kıvrımlandıkları ve karmaşık kıvrımlı yapılar meydana getirdikleri de görülmektedir. Bu birimlerin çeşitli noktalardan ölçülen tabaka durumları da sürekli değişim göstermektedir. Bu durum kireçtaşlarının uğradığı aşırı deformasyonun sonuçlarından birisidir. Bu mostrada ölçülen tabaka düzlemlerinin durumları değerlendirilerek kıvrım eksenlerin birbirini kestiği belirlenmiştir. Bu tip kıvrımlara konik kıvrım adı verilmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Üçbeyli Köyü güneydoğusunda Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşlarındaki kıvrımların görünümü, Doğu'dan Batı'ya (Bakış Yönü: Kuzey'den Güney'e; UTM: 35 T 0626314E, 4432583N).

Neojen sonrası birimlerden olan Değirmendere Formasyonunda ise kıvrımlı yapılar izlenememesine karşın, Kadirçeşme ve Demireli köyleri arasındaki asfalt yol çevresinde görülen bazı mostralarda bu formasyona ait birimlerin oldukça kıvrımlı bir yapı sergiledikleri görülmektedir.

#### 4.2.3.3. Faylar

İnceleme alanı tektonik olarak aktif bir bölgede bulunmaktadır. KAF'nın güney koluna ait Uluabat Fayı, inceleme alanında bulunan en önemli ve en aktif faydır. Uluabat fayı, Uluabat Gölü ile gölün güneyinde kalan yükselim arasında sınır oluşturacak şekilde, yaklaşık olarak DKD-BGB doğrultusunda bir zon şeklinde uzanmaktadır. Bu zonun özellikle kuzeyde bulunan segmentleri Bilecik Formasyonu'na ait kireçtaşları üzerinde oldukça güzel gelişmiş ve kuzeybatıya doğru eğimli üçgen yüzeylere sahiptir. Bu zon tarafından kesilen drenaj ağlarındaki ötelenmeler de göz önünde bulundurulduğunda, Uluabat Fayı'nın, sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olduğu anlaşılmaktadır. Uluabat Fayı tarafından drenaj ağında meydana getirilen ötelenmeler şu şekildedir.

- Ayaz Köyü doğusunda bulunan İbik Dere, kuzeye doğru devam ederken aniden doğuya dönerek 300 m sağa ötelenmiştir (Ek 2).
- Hanyeri Tepe'nin doğusundan kuzeybatıya doğru akan Armutlu Dere, aniden kuzeydoğuya dönüp Fırla Tepe batısında tekrar kuzeydoğu istikametine dönmekte ve yaklaşık 600 m sağa ötelenmektedir (Ek 2).
- Akçal Tepe'nin güneydoğusundan kuzeybatıya doğru akan Balat Dere, aniden kuzeydoğuya dönüp Kirazgediği Tepe batısında tekrar kuzeydoğu istikametine dönmekte ve yaklaşık 800 m sağa ötelenmektedir. Bu dere üzerinde Yenibağlar Mevkii'ne geldiğinde 200 m daha sağ yanal ötelenme görülmektedir (Ek 2).
- Arpa Dere ve Kömürlük Dere birleşerek kuzeybatıya doğru akmaktadırlar. Daha sonra Arıkaya Sırtı'nın güneydoğusunda yaklaşık olarak 100 m sağa doğru ötelenecek Yeşil Dere'ye birleşirler (Ek 2).
- Yaklaşık olarak batı-kuzeybatı yönünde akan Ayvalıkaynak Dere, Sarıbayır sırtı'nın kuzeybatısında Tasmalar Deresi ile birleşir. Tasmalar deresi de Çırayolu Tepe'nin doğusundan, kuzeydoğu istikametine akarak ovaya ulaşmaktadır. Bu derelerin oluşturduğu dere yatağı yaklaşık 1000 m sağa doğru ötelenmiştir (Ek 2).
- En büyük ötelenme ise Mustafakemalpaşa çayı üzerinde görülmektedir. Mustafakemalpaşa çayı kuzeydoğuya doğru akarken Doğancı Köyü'nün kuzeybatısında aniden güneydoğu istikametine dönmüş ve 2,8 km sağa doğru ötelenmiştir. Ayaz Köyü kuzeyinde ise 3 km daha sağa ötelenme görülmüştür (Ek 2). İnceleme alanında UFZ'nun toplam atımı, bu fay zonu tarafından sağ yanal olarak



5800 m doğuya ötelenen Mustafakemalpaşa Çayı üzerindeki ötelenmeden oldukça fazladır. Bu atımdan faydalanarak UFZ'nun bu bölgedeki yaşı ve toplam atımına bir yaklaşım yapmak mümkündür. Bölgedeki yanal atım hızının  $3.6 \pm 2.0$  mm/yıl (Meade ve ark., 2002) olduğu göz önüne alınır ve bu hareket hızının sabit olduğu varsayılırsa, UFZ'nun bu atımı yaratabilmesi için 1.6 my geçmesi gerekmektedir. Bu zaman da yaklaşık olarak Pleyistosen'in başlarına tekabül etmektedir. Yani UFZ'nun bölgedeki yaşı Pleyistosen'den daha önce olmalıdır. Diğer taraftan inceleme alanında Pliyosen yaşlı birimlerde görülen normal ve doğrultu atımlı fayların Miyosen birimlerde görülenlere göre çok fazla olması nedeniyle UFZ'nun oluşumuna Miyosen'in sonlarında başladığı fakat asıl gelişiminin Pliyosen'de olduğu söylenebilir.

İnceleme alanındaki ana yapısal unsur olan Uluabat Fay Zonu, segmentlerin gidişleri ve geometrileri göz önünde bulundurularak Hasanağa Zonu (HZ) ve Mustafakemalpaşa Zonu (MZ) olmak üzere iki ana zona ayrılmıştır. Hasanağa ve Akçapınar Köyü arasında görülen ve gidişleri yaklaşık olarak K60D olan ve inceleme alanının kuzeydoğusunda bulunan faylar Hasanağa Zonu (HZ) içerisine dahil edilmişlerdir. Bir yay şeklinde görülen MZ ise Onaç Köyü'nün kuzeyinde bulunan Onaç Segmenti'nden itibaren sağa doğru(Kuzey) sıçrayarak HZ'ndan ayrılmaktadır. (Şekil 19).

### 1.Hasanağa Zonu (HZ)

Hasanağa Zonu Hasanağa civarından birbirine paralel olan üç segment halinde başlayarak 15 km'lik bir hat boyunca Akçapınar Köyü'nün güneybatısına kadar uzanmaktadır. Ayva Köyü'nün kuzeydoğusundan Akçapınar Köyü'ne kadar ise iki segment halinde gelmektedir. Fadıllı, Kırklardağı, Bağlarbaşı, Ayva, Akçapınar segmentlerinden oluşmaktadır.

- a) **Fadıllı Segmenti:** Bu zonun en büyük segmentini 16 km uzunluğa sahip olan Fadıllı Segmenti oluşturmaktadır. Fadıllı Segmenti Hasanağa'dan başlayarak Onaç Köyü'nün kuzeydoğusuna kadar K60D doğrultusunda uzanmaktadır.
- b) **Kırklardağı Segmenti:** Hasanağa'nın güneybatısından başlayıp Fadıllı Segmenti'nin güneydoğusunda Kırklardağı Tepe'den Çırayolu Tepe'ye kadar K60D doğrultusunda Fadıllı Segmenti'ne paralel olarak uzanmaktadır. Yaklaşık olarak 4 km uzunluğa sahiptir.

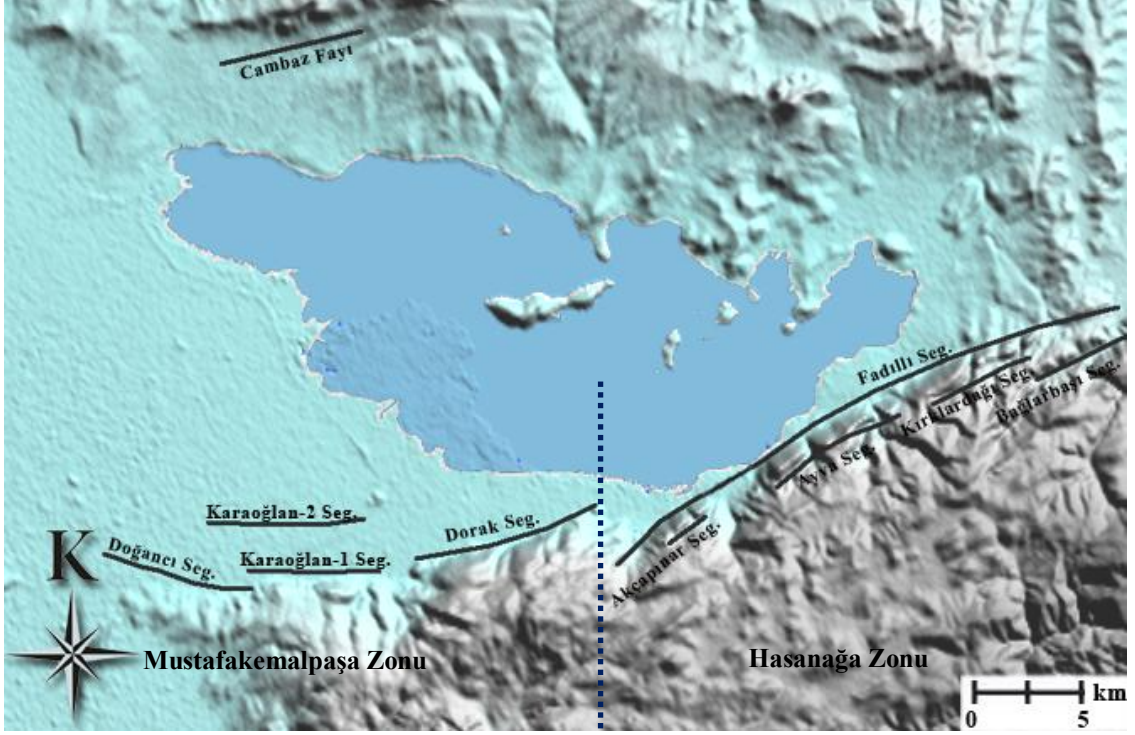
- c) **Bağlarbaşı segmenti:** Fadıllı segmentine ve Kırklardağı segmentlerine paralel konumda bulunup 4 km uzunluğa sahiptir. Bağlarbaşı Tepe'nin güneyinden başlayıp K60D doğrultusunda 4 km'lik bir hat boyunca güneybatıya uzanmaktadır.
- d) **Ayva Segmenti:** Fadıllı Segmenti ile Ayva Köyü arasında K60D doğrultusunda güneybatıya doğru uzanmaktadır. Yaklaşık olarak 3 km uzunluğa sahiptir.
- e) **Akçapınar Segmenti:** Akçapınar Köyü'nün güneybatısında Fırta Tepe ve Hanyeri Tepe'nin güneydoğu yamaçlarında, K50D doğrultusunda ve Fadıllı Segmenti'ne paralel olarak uzanmaktadır. Bu segment yaklaşık 3 km uzunluğa sahiptir.

## 2. Mustafakemalpaşa Zonu (MZ)

Genel uzanımı DKD-BGB olan bu zon, Dorak Köyü'nün kuzeydoğusundan, Yamanlı Köyüne kadar 15 km'lik bir hat şeklinde konkav olarak uzanmaktadır. Dorak, Karaoğlan-1, Karaoğlan-2 ve Doğancı segmentlerinden meydana gelmektedir.

- a) **Dorak Segmenti:** Dorak Köyü'nün kuzeydoğusundaki Pazar Tepe ile batısındaki Oğul Tepe arasında K70D doğrultusunda 5 km boyunca devam etmektedir.
- b) **Karaoğlan-1 ve Karaoğlan-2 Segmentleri:** Karaoğlan ile Ayaz köyleri arasında D-B gidişli olarak birbirine paralel iki segment halinde 4 km boyunca bulunmaktadırlar. Karaoğlan-1 segmentinin daha kuzeyde bulunan Karaoğlan-2 segmenti Mustafakemalpaşa Çayı'nı sağ yanal olarak 3000 m doğuya ötelemiştir.
- c) **Doğancı Segmenti:** Ayaz ile yamanlı köyleri arasında, K75B doğrultulu olarak yaklaşık 4 km boyunca devam etmektedir. Doğancı segmenti tarafından Mustafakemalpaşa Çayı üzerinde 2800 m sağ yanal atım meydana gelmiştir.

İnceleme alanının güneyinde kalan bölgedeki bu fay segmentlerinin yanı sıra Kuzey kesimde de Orta-Üst Jura yaşlı kireçtaşları ile Pliyosen-Kuvaterner yaşlı karasal çökeller arasında bir fay daha tespit edilmiş ve Cambaz Fayı olarak isimlendirilmiştir. Cambaz Fayı da Uluabat Gölü'nün içerisinde bulunduğu havzanın kuzey sınırını oluşturan faylardandır.

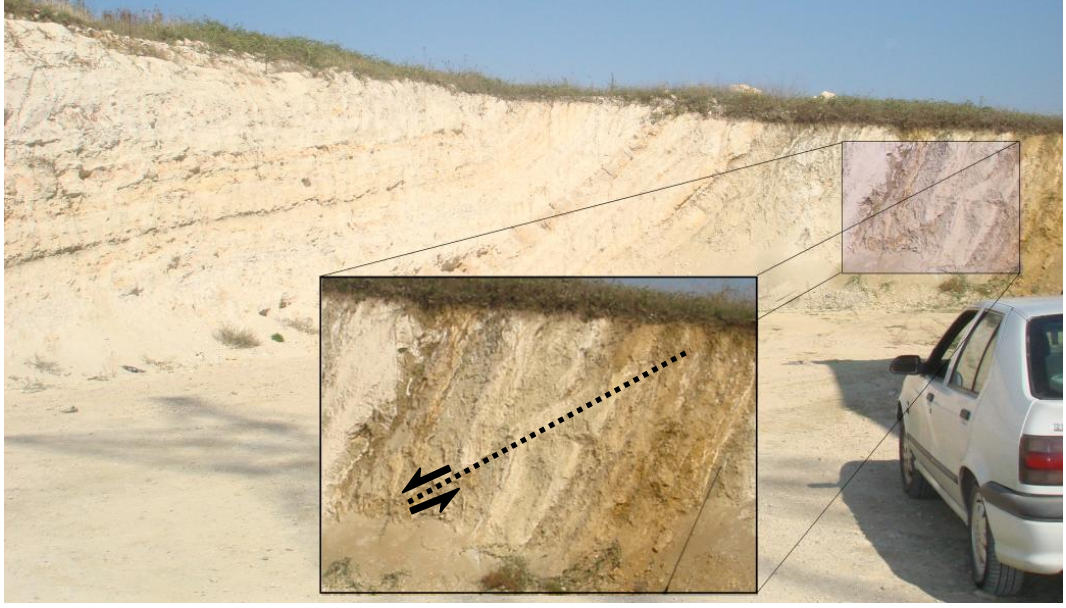


Şekil 19. Uluabat Fayı'nı oluşturan zonlar ve bu zonlara ait segmentler.

Tespit edilen tüm segmentler, sağ yanal doğrultu atımlı fay karakterindedir. Ancak Uluabat Gölü'nün içinde bulunduğu havzanın güney sınırını oluşturan Fadıllı (MZ), Dorak (MZ), Karaoğlan-1 (MZ), Doğancı (MZ) segmentlerinin ve kuzey sınırını oluşturan Cambaz Fayı'nın normal bileşenleri, diğer segmentlere göre çok daha fazladır.

İnceleme alanından geçen UFZ, Miyosenden sonraki tüm birimler içerisinde görülen deformasyonların ve fayların nedenidir. Sağ yanal doğrultu atımlı bir fay olan UFZ'nun doğrultu atım bileşeninin yanında bir miktar normal bileşeni de bulunmaktadır. UFZ'nun normal bileşeni Uluabat Gölü'nün içinde bulunduğu havzanın açılmasının ana nedenidir.

İnceleme alanında mostra veren genç birimlerde, UFZ'na ait segmentler üzerinde gelişmiş genç faylara rastlanmaktadır. Hasanağa sanayi bölgesindeki bir fabrika yakınındaki yarmada Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu içerisinde D-B doğrultulu ve üzerindeki ince toprak örtüyü kesmiş olarak bulunan eğim atımlı normal faylar görülmektedir (Şekil 20 ve 21). Bu faylar UFZ'nun Geç Miyosen'deki oluşum aşamasında gelişen normal faylardır.

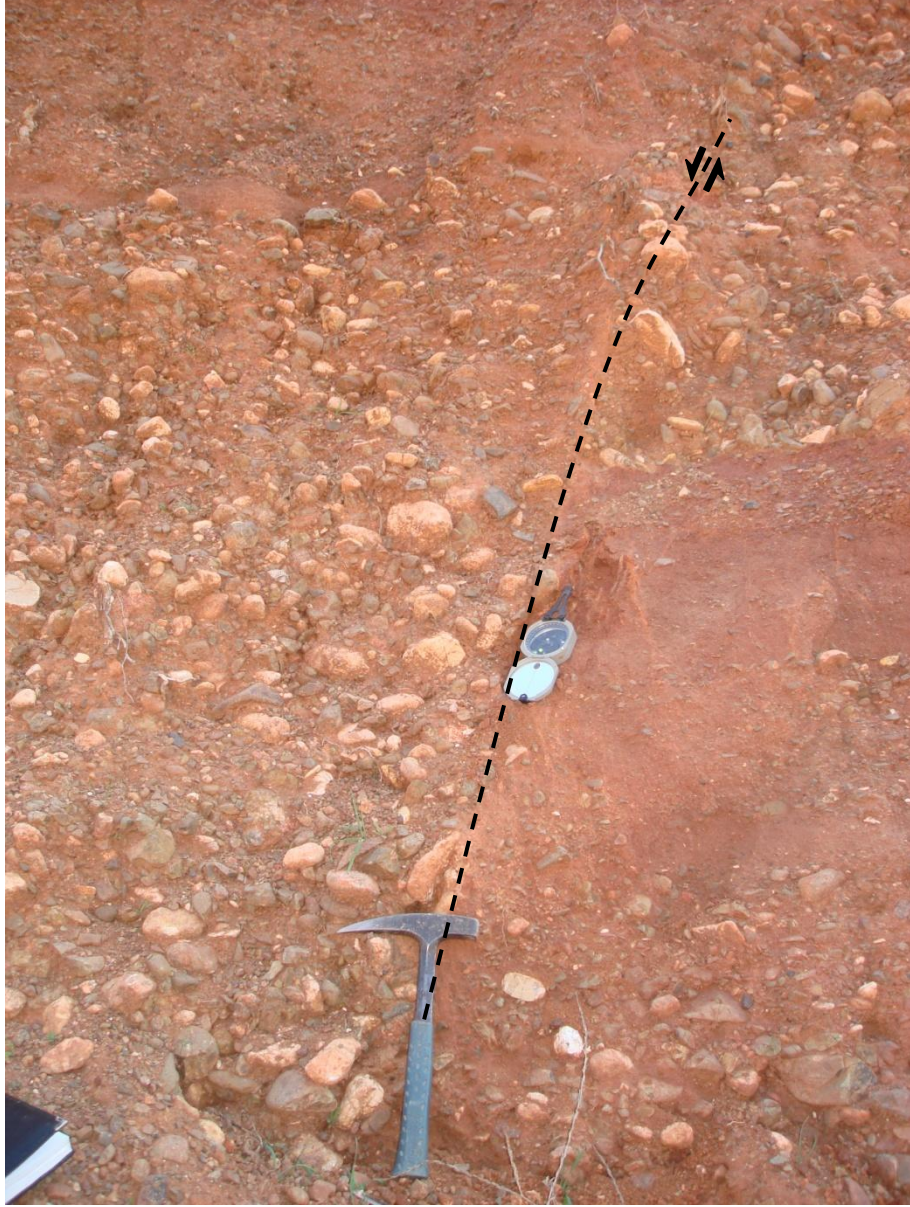


Şekil 20. Hasanağa sanayi sitesinin güney sınırında bir fabrika için açılan yarmada görülen Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu içerisinde görülen eğim atımlı normal fay (Bakış Yönü: Güneybatı'dan Kuzeydoğu'ya; UTM: 35 T 0651220E, 4448359N).



Şekil 21. Hasanağa sanayi sitesinin güney sınırında bir fabrika için açılan yarmada görülen Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu içerisinde görülen eğim atımlı normal fay (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM: 35 T 0651220E, 4448359N).

İnceleme alanında mostra veren ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerde meydana gelen faylar incelendiğinde lokal sıkışma bölgeleri hariç tamamının eğim atımlı normal faylar olduğu görülmektedir. Fay düzlemlerinin eğim yönlerinin ise genellikle güneye veya doğuya doğru olduğu görülür (Şekil 20-26).



Şekil 22. Hasanağa Sanayi Sitesi Akyapak Makine Sanayi'nin kuzeydoğusunda, Uluabat Fayı'nın kestiği Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu birimlerinde görülen eğim atımlı normal fay (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0651298E, 4449022N).



Şekil 23. Hasanağa Sanayi Sitesi Akyapak Makine Sanayi'nin kuzeydoğusunda, Uluabat Fayı'nın kestiği Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu birimlerinde görülen eğim atımlı normal faylar (Bakış Yönü : Doğu'dan Batı'ya; UTM: 35 T 0651232E, 4449062N).



Şekil 24. Akçalar atık depolama sahasından doğuya doğru giden toprak yol üzerinde fabrika inşaatı için açılan temelde gözlenen normal fay düzlemi (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM : 35 T 0651136E, 4448154N).



Şekil 25. Akçalar Beldesi doğusunda, Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu'na ait killi, kumlu, çakıllı birimler içerisinde görülen normal fay (Bakış Yönü Doğu'dan Batı'ya; UTM: 35 T 0649345E, 4448475N).

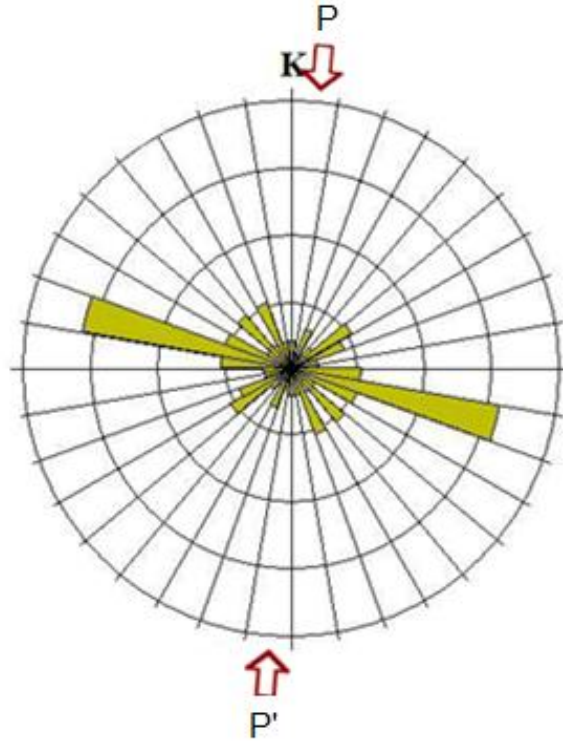


Şekil 26. Uluabat Gölü'nün kuzeyinde, karasal akarsu çökellerini kesen bir normal fay (Bakış Yönü: Kuzey'den Güney'e; UTM: 35 T 0630533E, 4456242N).

#### 4.2.3.4. Eklem - Çatlak Sistemleri ve Tabaka Durumlarının Değerlendirilmesi

İnceleme alanındaki kayaçların tabaka durumları ve bunlar içerisinde meydana gelen eklem ve çatlak düzlemlerinin durumları, bu kayaçların geçirdikleri deformasyon sırasında bölgede aktif olan sıkışma ve açılma yönleri (paleostres) hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır.

Bölgedeki, paleostres yönlerinin belirlenebilmesi için inceleme alanında en çok mostra veren birim olan Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarından tabaka durumları derlenmiştir. Bilecik Formasyonu'na ait birimlerden elde edilen tabaka verileri kullanılarak hazırlanan gül diyagramında, deformasyona neden olan sıkışma yönünün (PP') yaklaşık olarak K-G olduğu belirlenmiştir (Şekil 27). Tabaka verilerinin azlığı, sıkışma yönünün kinematik verilerden elde edilen ile bir miktar farklı olduğu gözlenmiştir.



Şekil 27. Orta - Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarından derlenen tabaka durumlarının doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı ve deformasyona neden olan sıkışma yönü.



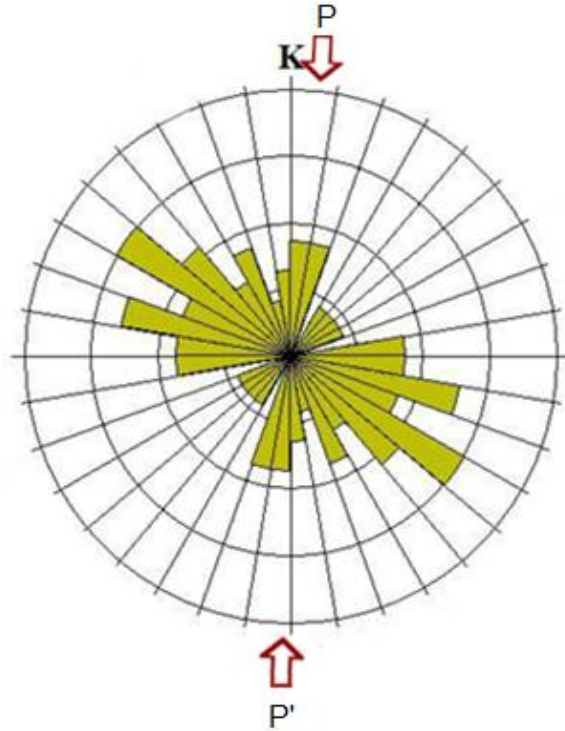
Arazi çalışmaları sırasında, Neojen ve daha genç yaştaki istifte eklem ve çatlak sistemleri gelişmemiştir. Buna karşın Triyaş yaşlı Karakaya Kompleksine ait birimler ve Orta-Üst Jura yaşlı birimler içerisinde oldukça iyi gelişmiş eklem ve çatlak sistemleri vardır (Şekil 28 ve 29). Bu birimlerden derlenen eklem ve çatlak düzlemlerinin durumları kullanılarak gül diyagramları hazırlanmış ve bu diyagramlar, Bilecik Formasyonu'na ait birimlerin tabaka durumlarından elde edilen sıkışma yönü ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Triyas yaşlı bazik volkanik kayalarda (Nilüfer Birimi) meydana gelen çatlakların makaslama, Orta-Üst Jura yaşlı kireçtaşlarında meydana gelen çatlaklar ise tansiyon çatlakları olduğu anlaşılmıştır (Şekil 30 ve 31).



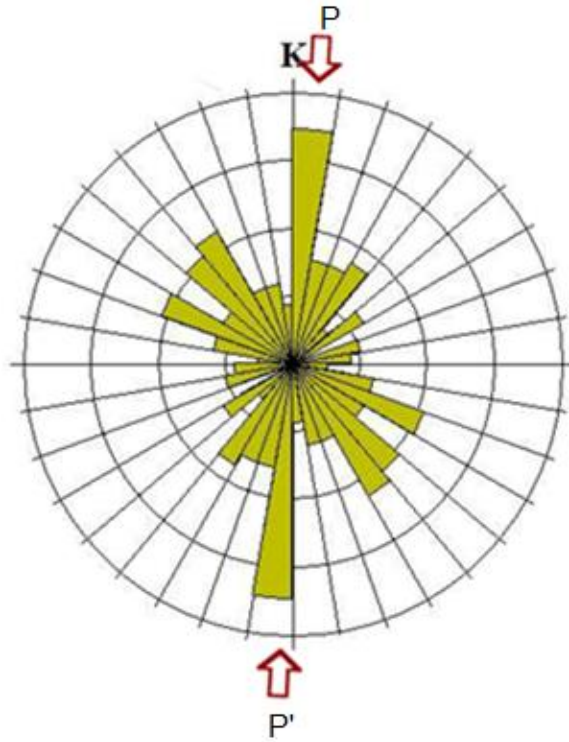
Şekil 28. Akçalar Beldesi atık depolama sahasının güneyindeki mostrada görülen, Triyas yaşlı bazik volkanik kayalara ait iyi gelişmiş çatlak sistemleri (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0648920E, 4447297N).



Şekil 29. Akçalar Beldesi atık depolama sahası civarında bulunan, Triyas yaşlı bazik volkanik kayalara ait iyi gelişmiş çatlak sistemleri (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0648747E, 4447106N).



Şekil 30. Triyas yaşlı bazik volkanik kayalardan derlenen eklem çatlak düzlemlerinin doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı ve deformasyona neden olan sıkışma yönü.



Şekil 31. Orta - Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarından derlenen eklem çatlak düzlemlerinin doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı ve deformasyona neden olan sıkışma yönü.

#### 4.3. FAY TOPLULUKLARININ KİNEMATİK ANALİZ ÇALIŞMALARI

Bir bölgedeki fayları oluşturan ana kuvvetlerin ve güncel tektonik rejimin belirlenmesi için kinematik analiz çalışmaları yapılması gerekmektedir. Arazi çalışmaları sırasında kinematik analiz yapmak ve dolayısıyla da tektonik rejim hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla inceleme alanı içerisinde fay izlerinin yoğun olarak gözlendiği bölgelerden ölçülen fay düzlemlerine ait parametreler (fayın doğrultusu, eğim miktarı, eğim yönü, rake değerleri) derlenmiştir. Derlenen veriler Carey (1979)'in sayısal analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem; aktif fay zonları üzerinde görülen kayma vektörlerinin ölçülüp değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Farklı yaş ve litolojilerden derlenen fayların özellikle genç döneme ait olanlar sayesinde bu fayın günümüzde veya son tektonik rejim içerisindeki kinematik durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

### 4.3.1. Fay Topluluklarının Kinematik Analiz Yöntemi

Bu çalışmada kullanılan yöntem ilk defa Carey (1979) tarafından bulunan ve daha sonra bazı araştırmacılar tarafından geliştirilen bir analiz yöntemidir. Bu yöntemin uygulanmasında dikkat edilecek bazı kriterler vardır.

Carey-Gauilhardis ve Mercier (1987)'e göre Tektonik deformasyonun geliştiği birçok bölgede, bu deformasyonun ürünü olan kırık sistemleri de iyi gelişmiş olarak gözlenebilmektedir. Bununla birlikte kaya türü ve mostra koşulları uygun olduğu takdirde hareketin özelliklerini yansıtan veriler fay düzlemi üzerinde korunabilmektedir. Bu tür verilerin saha içerisinde birçok lokasyonda ölçülmesiyle, hem fay sistemlerinin geometrisi ortaya konmakta hem de geniş bir alanda deformasyonun ana karakteri belirlenebilmektedir. Bu veriler, üst kırılmalı kabukta tektonik fazlar sırasındaki gerilme durumuyla yapısal deformasyon ilişkisinin belirlenmesini sağlamaktadır (Dündar, 2004).

Bir faya ait mostranın gözlemlendiği yerde, fayın doğrultusu, eğimi, kayma vektörü (pitch), fayın hareket yönü ile fayın türü belirlenebilir. Özellikle fayın hareket yönünün belirlenmesi kinematik analiz açısından büyük önem taşımaktadır. Bunlar kırıkların oluşturdukları fay takımlarının geometrik ve kinematik karakterlerinin belirlenebilmesi için ilk verileri oluşturacaktır.

Tüm kırıklar, diğer süreksizliklerle ilişkilerinden sadece geometrik olarak (arakesitler, gerilmeler) değil, bununla birlikte aynı fay düzlemi üzerinde gelişen ve birbirini üzerleyen kayma vektörleri sayesinde tektonik rejime ait (kronolojik) farklı fazların ayırt edilmesinde önemli rol oynamaktadır.

En iyi sonucu elde edebilmek için arazi çalışmaları sırasında oldukça fazla fay parametresinin derlenmesi gerekmektedir. Bu parametreler, inceleme alanının farklı bölgelerine dağılmış ve fay düzlemlerinin yoğun olarak görüldüğü istasyonlardan toplanmaktadır (Şekil 33). İstasyonlardan toplanan verilerin sınıflandırılıp stereonet üzerine aktarılması da verilerin toplanması kadar önem taşımaktadır.

Fayların geometrisi de diğer düzlemsel ve çizgisel veriler gibi klasik stereografik izdüşüm ile gösterilmektedir. Tektonik arazilerde Wulf veya Schmidt'in eş alanlı alt yarım küre projeksiyonu kullanılmaktadır. Bu diyagramda fay düzlemleri üzerinde yer alan kayma çizikleri yardımıyla hareket yönleri gösterilebilmektedir. Hareketlerin yönleri, düzleme ait doğrultu çizgisi ve eğim yayı üzerine çizilen oklarla (pitch) gösterilir. Genellikle bu küçük okların içe doğru ters, dışa doğru olanları normal hareketleri ve/veya bunların bileşenlerini ifade etmektedir (Angelier and Mechler, 1977).

Wallace (1958), Bott (1959), ve Price (1966)'nın mekanik yaklaşımlarının kullanılmasıyla birçok araştırmacı(Carey ve Brunier, 1974; Carey, 1976, 1979; Etchecopar ve ark., 1981) kırılmış kaya kütlelerindeki fayların kinematığının yorumlanması için bilgisayar destekli kantitatif yöntemler hazırlanmıştır.. Bu yöntemler için bazı temel ön koşullar şöyle sıralanabilir.

1. Kaya kütlesi bir tektonik faz, tek bir homojen stres tensörü ile karakterize edilmektedir.
2. Bu tektonik faz için malzemenin izotropik ve homojen olduğu, her bir fay düzlemi üzerinde gelişen atımın kayma ( $S_i$ ) çizgisi bu fay düzlemi üzerinde etkim çözümlenmiş makaslama gerilmesinin ( $\tau_i$ ) doğrultusunda ve yönünde olduğu kabul edilir.
3. Faylarla ayrılmış bloklar arasında sürekli deformasyonun olmadığı, deformasyon sırasında fay düzlemi rotasyonlarının olmadığı ve kayma çizikleri üzerindeki atımın bağımsız ve fay genişliğinden küçük olduğu kabul edilmektedir. Böylece kaya kütlelerinin deformasyonu, faylar boyunca rijit blokların görelî yer değiştirmesiyle meydana gelmektedir. Makaslama tensöründeki fark, blokların hareketine neden olan çözümlenmemiş gerilme tensöründen sorumludur. Yukarıdaki koşullar sağlandığında bir tektonik faz ile ilişkili gerilme tensörü, bu fazın sonunda ortaya çıkan bağımsız kayma çizgilerinden elde edilebilir (Angelier and Mechler, 1977).

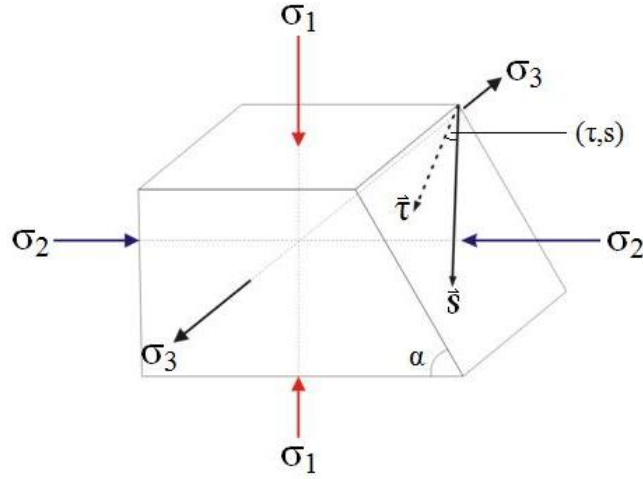
Her bir çözülmüş kayma çizgisi (1) için bir fay düzlemine uygulanan gerilme ( $\sigma_1$ )  $\sigma_1 = \sigma_{ni} + \tau$  olarak belirlenir. Yukarıda belirtilen hipotezi, öngörülen atım vektörü ( $\tau_i$ ) ile gözlenen atım vektörü ( $s_i$ ) arasındaki açının sifıra yaklaştığını gösterir. ( $\tau_i$ ) bileşenleri dört parametrenin fonksiyonudur. Bunlar bir coğrafik referans noktasında göre üç ana gerilme doğrultusunu veren üç Euler açısı ve ana gerilmeleri arasındaki **R** oranıdır (Carey, 1976; Carey-Gailhardis ve Mercier, 1987).

$$R = \sigma_2 - \sigma_1 / \sigma_3 - \sigma_1 \quad (4.1)$$

$\sigma_2$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_3$ , sırasıyla sıkışma, ortaç gerilme ve genişleme olmak üzere üç ana gerilme değerini vermektedir. R değeri 1 ( $\sigma_2 = \sigma_1$ ) ve ( $\sigma_3 - \sigma_1$ ) arasında değişmektedir. Dört değer ( $\tau_i, s_i$ )  $\rightarrow 0$  ile uyumlu olması ve bu nedenle aşağıdaki fonksiyonun minimum olduğu durumda dört değer ile belirlenmektedir.

$$F = - \sum_{n=1}^N k_i \cos^2 (\tau_i, s_i) \quad (4.2)$$

Burada N, fay düzlemlerinin sayısını ifade ederken, eğer ( $\tau_i, s_i$ )  $< 90$  ise  $k_i = 1$ , ( $\tau_i, s_i$ )  $\geq 90$  ise  $k_i = -1$  dir. Pratikte, indirgenme matematiksel olarak ( $\tau_i, s_i$ ) açısı 20'den küçük olduğunda iyi sonuç vermektedir (Carey, 1979). Çünkü histogram üzerindeki dağılım daha yakın bir aralıkta ve benzer faylar için bu sonucu verebilir. Pratikte ( $\tau_i, s_i$ ) açılarının %80'i 20'den küçük olması durumunda da sonuç güvenilir olarak kabul edilmektedir. Açı arttıkça, çözümün doğruluğu ve ikinci minimum daha da uzaklaşmaktadır. Birden fazla tektonik faza karşılık gelen verilerin ayrılmasında daha karmaşık hesaplamalar kullanılır (Carey, 1979; Etchecopar, 1981; Armijo ve ark., 1982). Bu metot seçilmiş sismik fay düzlemlerinin odak mekanizması çözümlerine de uygulanabilir (Özden, 1998).

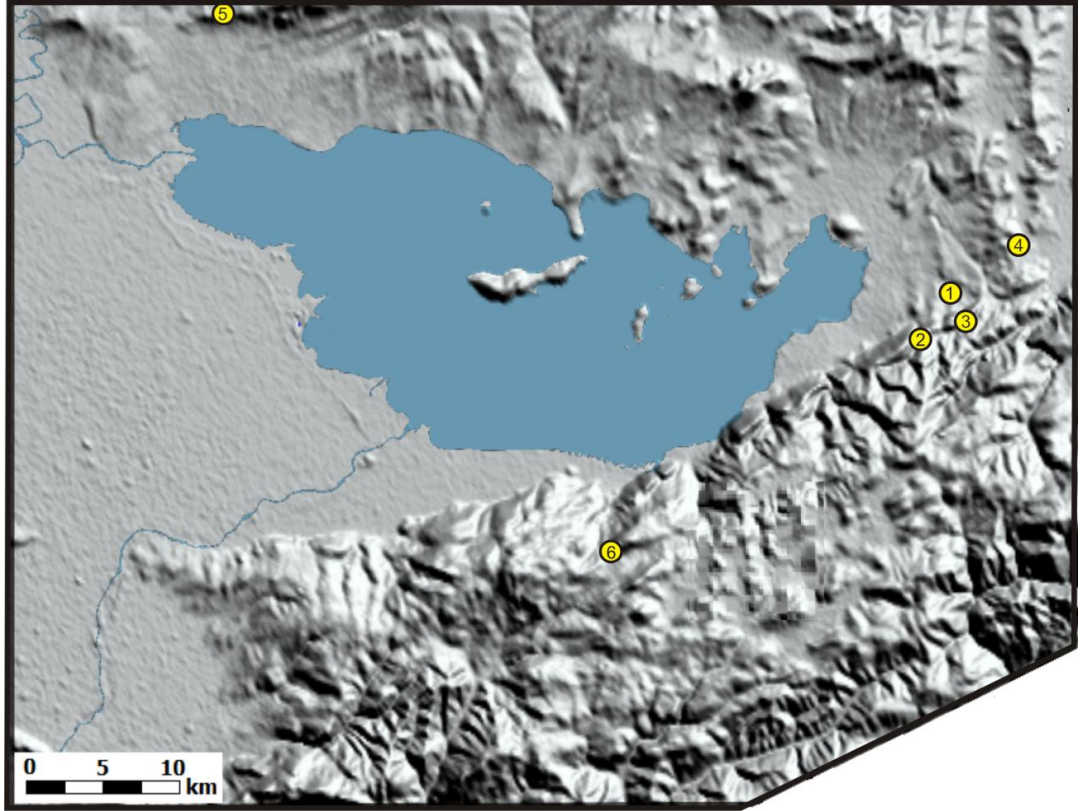


Şekil 32. Bir faya ait blok diyagramı üzerinde öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile ölçülen kayma vektörü ( $S$ ) arasındaki açı ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  ve  $\sigma_3$  sırasıyla sıkışma, orta ve genişleme ana gerilme yönleri) (Över ve ark., 2001).

#### 4.3.2. Fay Topluluklarının Kinematik Analizlerinin Sonuçları

İnceleme alanından derlenen fay parametrelerinin, Carey (1979)'in fay topluluklarının kinematik analizi için geliştirmiş olduğu metot kullanılarak elde edilen sonuçları bu bölümde verilecektir. Fay parametrelerinin derlendiği altı adet istasyon, farklı yaş ve litolojiye sahip birimlerden oluşmaktadır. Bu istasyonlardan en fazla veri sağlayan istasyonlar Orta - Üst Jura yaşlı kireçtaşları içerisinde bulunan istasyonlardır (Şekil 33, Çizelge 1).

Kinematik analiz çalışması sırasında, bazı istasyonlardan ölçülen benzer veriler gruplandırılarak ( $t_i$ ,  $s_i$ ) değeri mümkün olduğunca kabul edilebilir seviyeye çekilmeye çalışılmıştır. Çünkü daha öncede bahsedildiği gibi pratikte ( $t_i$ ,  $s_i$ ) değeri 20'den küçük olduğu takdirde iyi sonuç vermektedir (Carey, 1979). Bunun yanında ( $t_i$ ,  $s_i$ ) değerlerinin %80'inin 20'den küçük olması durumunda da sonuç güvenilir olarak kabul edilebilir. Buna göre 1 no'lu istasyon 1a&1b, 3 numaralı istasyon 3a&3b&3c ve 6 numaralı istasyon 6a&6b olmak üzere parçalara ayrılmıştır. Daha sonra bunlardan verilerin doğrultu atımlı faylanmayı gösterdiği 1a, 1b, 2, 3b, 4 ve 6a istasyonları ve normal faylanmayı işaret eden 3c ve 5-6b istasyonları birer grup olarak değerlendirilmiş, 3a istasyonu ise tek başına ayrı bir grup olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 33. İnceleme alanı içerisinde, kinematik analiz yapmak amacıyla oluşturulan istasyonların haritadaki yerleri.

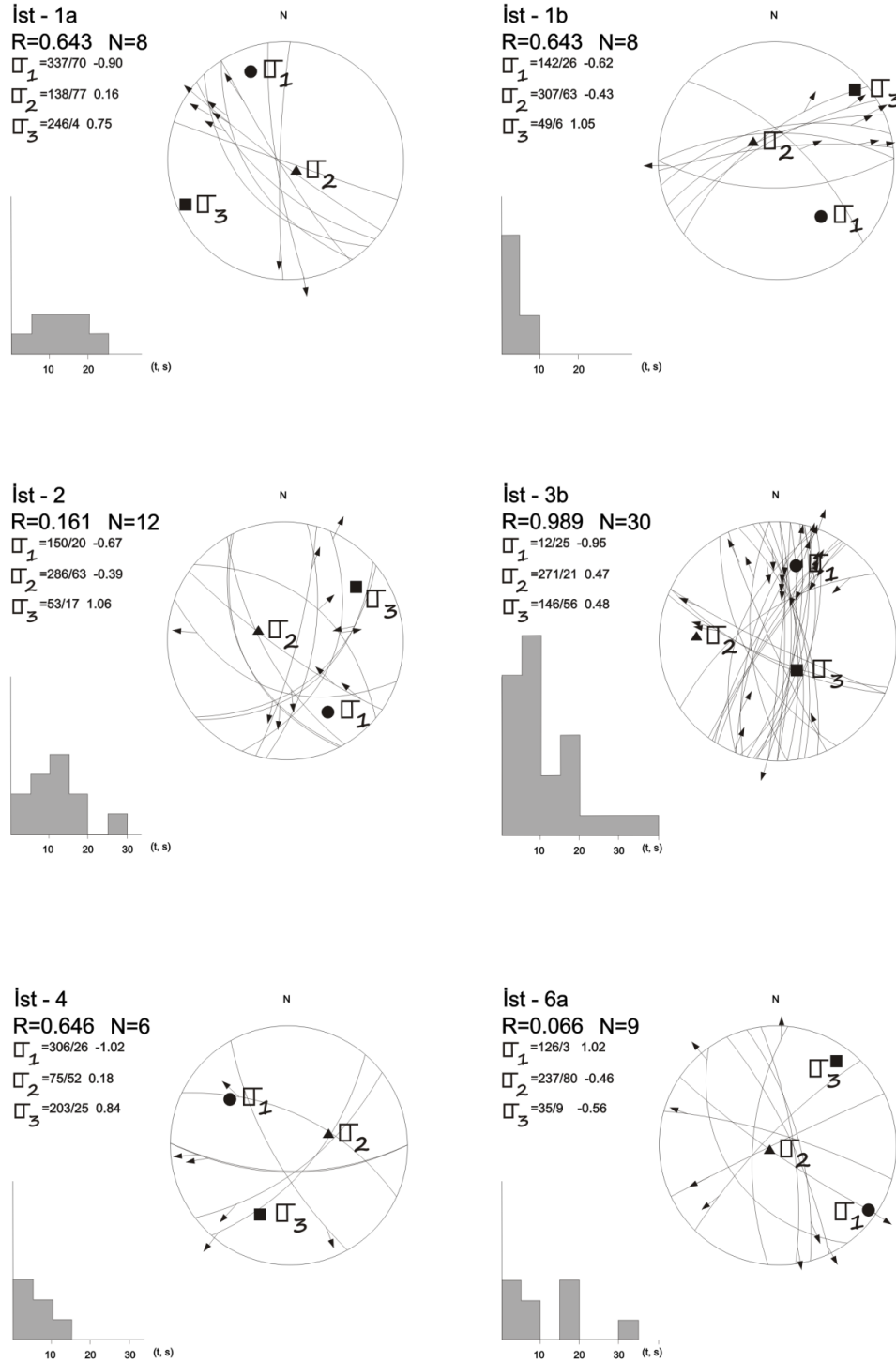
Çizelge 1. Kinematik verilerin derlendiği istasyonlara ait genel özellikler.

İst	Koordinat	Jeolojik Birim	Yaş	Mevki
1	0648920E 4447297N	Bazik Volkanik	Triyas	Akçalar Belediyesi Atık Depolama Alanı
2	0648411E 4446727N	Kireçtaşı	Orta-Üst Jura	Taş ocağı (Akçalar Beldesi Güneyi, Çırayolu Tepe)
3	0630732E 4436986N	Kireçtaşı	Orta-Üst Jura	Taş Ocağı (Akçalar Beldesi Güneyi Kırklardağı Tepe)
4	0651338E 4449542N	Karasal Çökeller (Kmt,Klt,Mrn)	Pliyosen	Hasanağa Sanayi Sitesi, Akyapak Makine San. Kuzeydoğusu
5	625561E 4456859N	Kumtaşı	Orta-Üst Jura	Karakoca Köyü'nün 500m batısı
6	638323E	Kireçtaşı	Orta-Üst Jura	Onaç Köyü'nün 1km güneydoğusu, asfalt yol üzeri
	4439261N			



#### 4.3.2.1. KB-GD doğrultulu transtansiyonel tektonik rejim

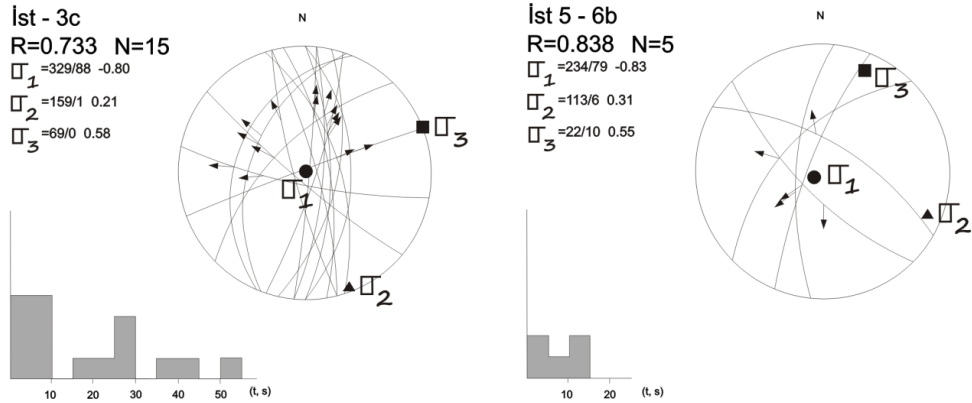
1a, 1b, 2, 3b, 4, 6a istasyonlarından derlenen doğrultu atımlı fay düzlemi kayıtlarına göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) durumu  $\sigma_1=140^\circ/29^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) durumu  $\sigma_3=45^\circ/11^\circ$  olarak, Rm oranı ise  $Rm=0.43$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 34). Asal gerilme eksenlerinin durumu göz önünde bulundurulursa, en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ), ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yataya daha yakın, ortaç asal gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) ise düşeye daha yakın olduğu bir tektonik rejim karşımıza çıkmaktadır. Yani bu eksenlerin konumu, bölgenin doğrultu atımlı bir fay oluşturacak şekilde çalışan bir tektonik rejim etkisinde olduğunu göstermektedir. Rm oranının da  $Rm=0.436$  olarak hesaplandığını da dikkate alırsak bölgede; KB-GD doğrultulu sıkışma altında gelişen sağ yanal doğrultu atımlı faylanma ile kendisini gösteren transtansiyonel bir rejimin hakim olduğu anlaşılmaktadır. Yukarıdaki veriler ışığında bölgedeki etkin olan sıkışma doğrultusu ( $\sigma_1$ ) K40B, buna bağlı olarak etkin açılma doğrultusu ( $\sigma_3$ ) K45D dur. Rm değerinin 0.5 den küçük olması nedeniyle bölgede transtansiyonel bir tektonik rejim etkilidir. Yani inceleme alanında KAF'ın Marmara Denizi'nin güneyinden geçen güney koluna ait Uluabat Fayı'nın oluşumu ile birlikte gelişen rejimin KB-GD doğrultulu sıkışmanın olduğu sağ yanal ve transtansiyonel bir rejim olduğunu göstermektedir. Bu da bize göstermektedir ki; inceleme alanında KAF'ın Marmara Denizi güneyindeki uzantısının bir parçası olan Uluabat Fayı'nın oluşumu ile başlayan ve günümüzde de devam eden rejim transtansiyoneldir. Bu veriler, Anadolu'nun Neotektonik dönemde gelişen yapılarında birisi olan KAF'ın güney kolunun bir parçası olan Uluabat Fayı'nın sağ yanal deformasyonunu da açıklamaktadır. Över (1996), Bellier ve ark. (1997), Özden ve ark. (2002), KAF'ın orta ve doğu kesiminde yaptıkları çalışmalarında; KAF'ın transpresyonel karakterde başlayıp transtansiyonel bir karaktere dönüştüğünü ve bu rejimin günümüzde de etkili olduğunu vurgulamaktadırlar.



Şekil 34. Doğrultu atımlı gerilme rejimine ait istasyonlarda lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarım küre (Wulf) üzerinde gösterimi. (Öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (S) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir).

#### 4.3.2.2. KD-GB doğrultulu açılma rejimi

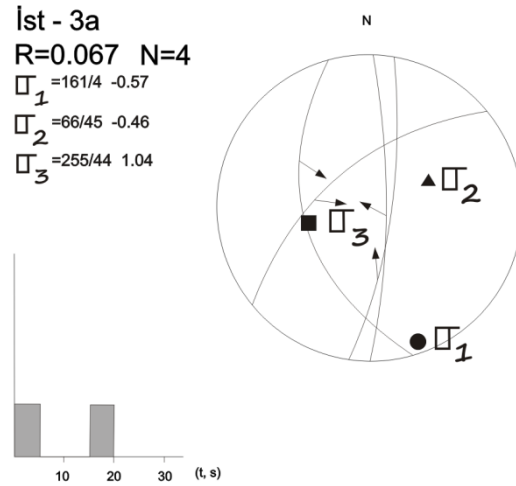
Normal faylanmayı işaret eden 3c&5-6b istasyonlarından, derlenen normal fay düzlemi kayıtlarına göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) durumu  $\sigma_1=192^\circ/84^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) durumu  $\sigma_3=226^\circ/5^\circ$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 35). Verilerin sınırlı sayıda olmasına rağmen yine de Rm oranı hesaplanmıştır ve  $Rm=0.785$  olarak bulunmuştur. Asal gerilme eksenlerinin durumu bakıldığında, en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) düşey, en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatay ve ortaç asal gerilme ekseninin ( $\sigma_2$ ) ise düşey konumda olduğu yani tansiyonel bir rejimi işaret etmektedir. Bölgedeki hakim açılma doğrultusu ise K46D olarak tespit edilmiştir. Bu veriler KAF'ın Marmara Denizi güneyindeki uzantısının bir parçası olan Uluabat Fayı'nın sağ yanal doğrultu atımlı deformasyonu içerisinde değerlendirilen ve bu rejime ait açılma yönleriyle uyumlu olan lokal bir normal faylanmayı açıklamaktadır.



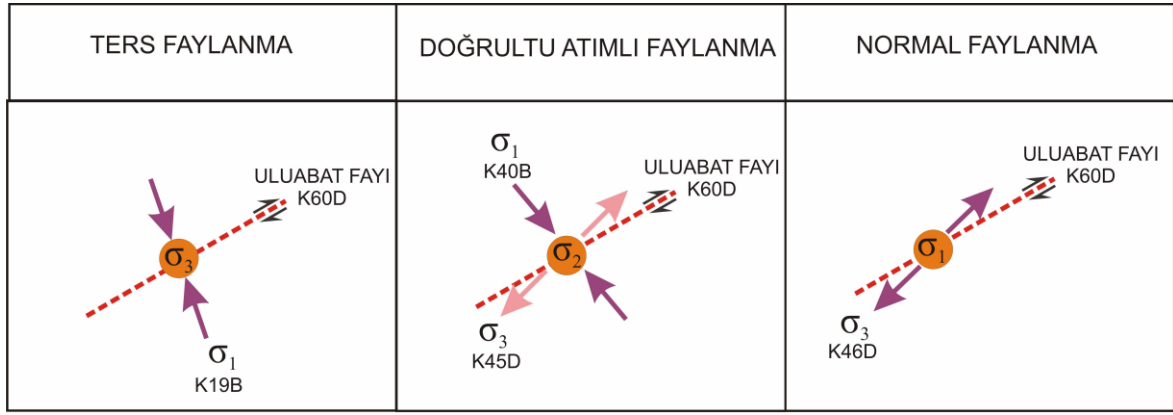
Şekil 35. Tansiyonel gerilme rejimine ait istasyonlarda lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarım küre (Wulf) üzerinde gösterimi (Öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (S) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir).

#### 4.3.2.3. KB – GD doğrultulu sıkışma rejimi

Ters faylanmayı işaret eden 3a istasyonundan, derlenen sınırlı sayıdaki ters fay düzlemi kayıtlarına göre en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) durumu  $\sigma_1=161^\circ/4^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) durumu  $\sigma_3=255^\circ / 44^\circ$  olarak hesaplanmıştır(Şekil 35). Verilerin sınırlı sayıda olması nedeniyle Rm oranı ise 0,067 olarak hesaplanmıştır. Asal gerilme eksenlerinin durumu bakıldığında, en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) yatay ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) düşey konumda olduğu sıkışmalı bir rejimi işaret etmektedir. Uluabat Fayı'nın sağ yanal doğrultu atımlı deformasyonu ile karşılaştırılmış ve güncel transtansiyonel rejim ile açılma ve sıkışma yönleri bakımından benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ancak bu rejimin; kesin olmamakla birlikte inceleme alanında Uluabat Fayı'nın oluşumundan önce bölgede aktif olan sıkışmalı bir tektonik rejimi temsil ettiği düşünülmektedir.



Şekil 36. Sıkışmalı gerilme rejimine ait tek istasyon olan (İstasyon-3a)'da gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarım küre (Wulf) üzerinde gösterimi (Öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (S) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir).



Şekil 37. İnceleme alanında elde edilen bölgesel gerilme durumlarının toplu olarak gösterimi.

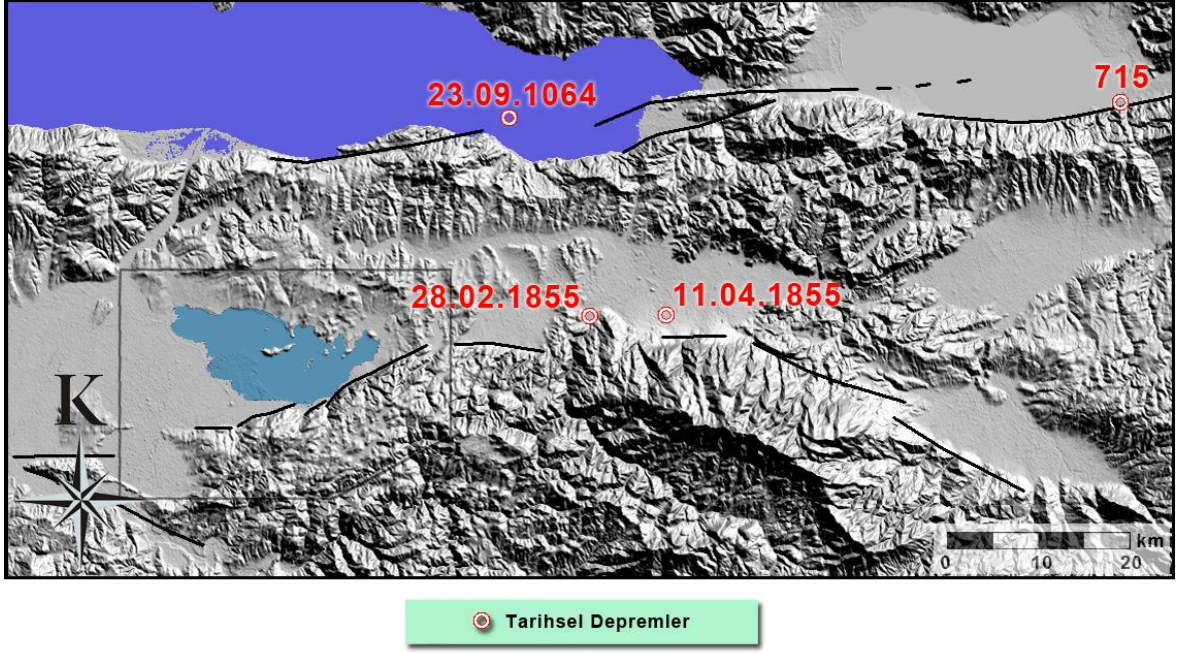
#### 4.4. DEPREMSELLİK

##### 4.4.1. Uluabat Gölü ve Çevresinin Depremselliğine Genel Bakış

Marmara'nın güneyi KAF'nın güney koluna ait faylar tarafından kesilmesi nedeniyle deprem aktivitesi fazla olan bir bölgedir. Bu bölgede tarihsel ve aletsel dönem içerisinde meydana gelmiş birçok yıkıcı deprem bulunmaktadır. Uluabat gölü ve çevresinde aletsel dönemde meydana gelen yıkıcı bir deprem olmamasına karşın, tarihsel dönemde meydana gelmiş olan büyük depremlerin varlığı bilinmektedir. İnceleme alanı ve çevresindeki ilk deprem 28 Şubat 1855 depremidir (Ambraseys ve Finkel, 1991, Selim ve ark., 2005a). Sandison (1855)'a göre, ikinci büyük deprem ise 11 Nisan 1855 tarihinde meydana gelmiştir. Bu depremlerin dışında, Gemlik Körfezinde 23.09.1064 tarihinde (IX) şiddetinde ve 716 yılında İznik Gölü'nün doğusunda (IX) şiddetinde meydana gelen yıkıcı tarihsel depremler de bulunmaktadır.

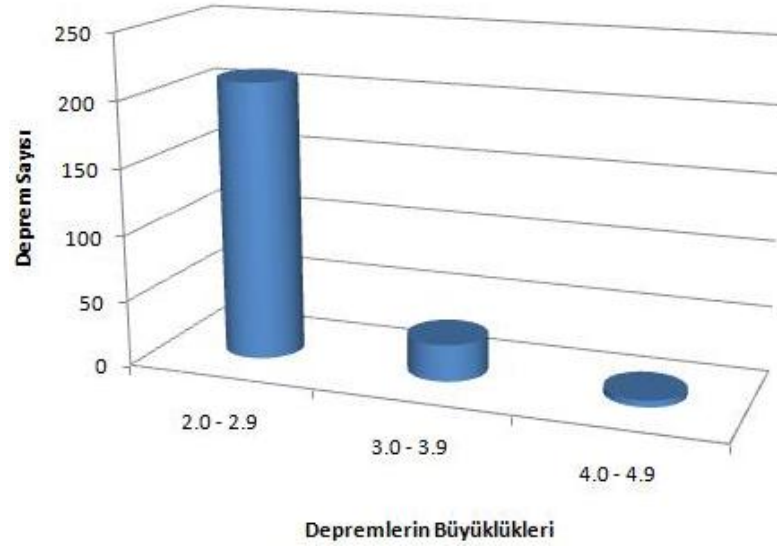
Çizelge 2. Fayı ve yakın çevresinde tarihsel dönemde (1900 öncesi) meydana gelmiş bazı depremlerin parametreleri (www.koeri.boun.edu.tr)

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer
715	40.40	29.70	IX	İznik, İstanbul
23.09.1064	40.40	28.90	IX	İznik, Bandırma, İstanbul
28.02.1855	40.20	29.00	IX	Bursa, Kemalpaşa
11.04.1855	40.20	29.10	X	Bursa



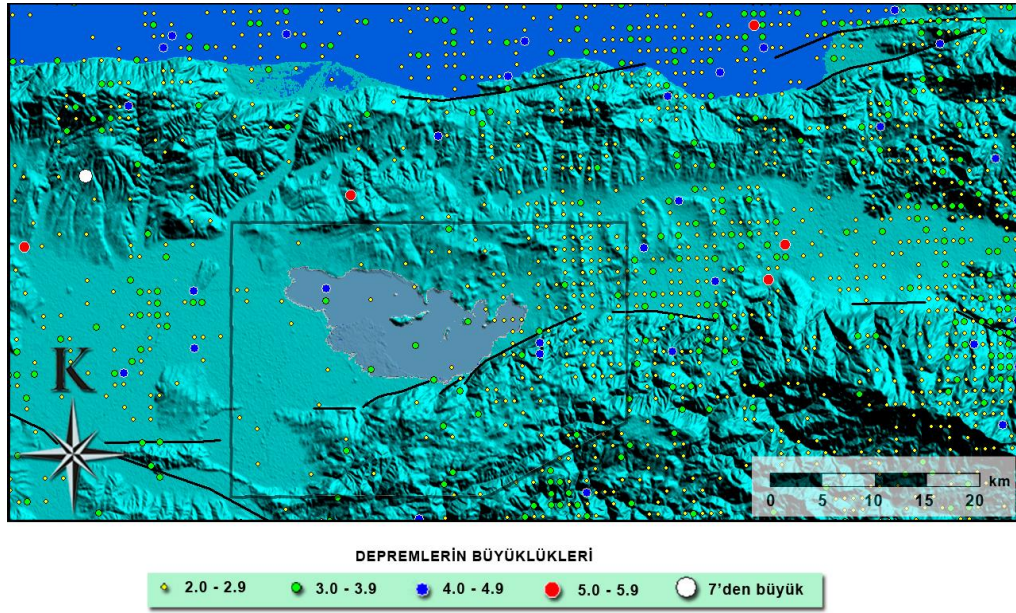
Şekil 38. Uluabat Fayı ve yakın çevresinde tarihsel dönemde (1900 öncesi) meydana gelmiş bazı depremler (Deprem verileri [www.koeri.boun.edu.tr](http://www.koeri.boun.edu.tr) adresinden derlenmiştir).

Kandilli Rasathanesi kayıtlarından, inceleme alanında meydana gelen depremlerin, aletsel dönem kayıtlarına bakıldığında; aletsel dönemde 2.0–2.9 büyüklüğünde; 211, 3.0–3.9 büyüklüğünde; 28 ve 4.0–4.9 büyüklüğünde; 5 adet deprem tespit edilmiştir. Uluabat fayı üzerinde meydana gelen depremlerin en büyüğü ise 4.9 büyüklüğündedir. Bu depremlerden başka, inceleme alanının yakın çevresinde gerçekleşen ve büyüklüğü 5.0–5.9 arasında 4 adet, büyüklüğü 7 olan bir deprem bulunmaktadır. Bu verilerden yola çıkarak, oldukça fazla sismik aktivite gözlenen Manyas- Danişment Fayı ve Bursa fayı arasında yer alan Uluabat Fayı'nın, sismik açıdan bu faylara nazaran oldukça sakin olması, Uluabat Fayı'nın üzerinde sürekli enerji birikimi olduğu ve orta büyüklükte bir deprem üretme potansiyelinin yüksek olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 39. 1900–2010 yılları arasında yani aletsel dönemde inceleme alanı içerisinde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre dağılımı (Deprem verileri [www.sayisigrafik.com](http://www.sayisigrafik.com) adresinden derlenmiştir).

Depremlerin episantr dağılımlarında bakıldığında, büyüklüğü 2.0-2.9 arasında olan depremlerin Uluabat Gölü'nün batısında yoğunlaştıkları ve yaklaşık olarak K-G doğrultulu olarak sıralandıkları, inceleme alanının batısında dağınık bir şekilde, havza içinde ise oldukça az görüldükleri belirlenmiştir. Büyüklüğü 3.0-3.9 olan depremler genellikle Uluabat gölü içinde ve gölün güneyi ve güneydoğusunda görülmekle beraber inceleme alanının batısında yoğunlaşmaktadır. İnceleme alanı içerisinde sınırlı sayıda görülen ve büyüklüğü 4.0–4.9 arasında olan depremler ise Uluabat Fayı'nın kuzeydoğu ucunda ve havza içerisinde dağılmış bir şekilde görülmektedir. Bunların dışında, inceleme alanının yakın çevresinde, büyüklüğü 5.0-5.9 olan 4 adet, büyüklüğü 7 olan bir adet deprem bulunmaktadır (Şekil 39 ve 40).



Şekil 40. 1900–2010 yılları arasında Uluabat gölü ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin episantır dağılımları (Deprem verileri [www.sayisalgrafik.com](http://www.sayisalgrafik.com) adresinden derlenmiştir).

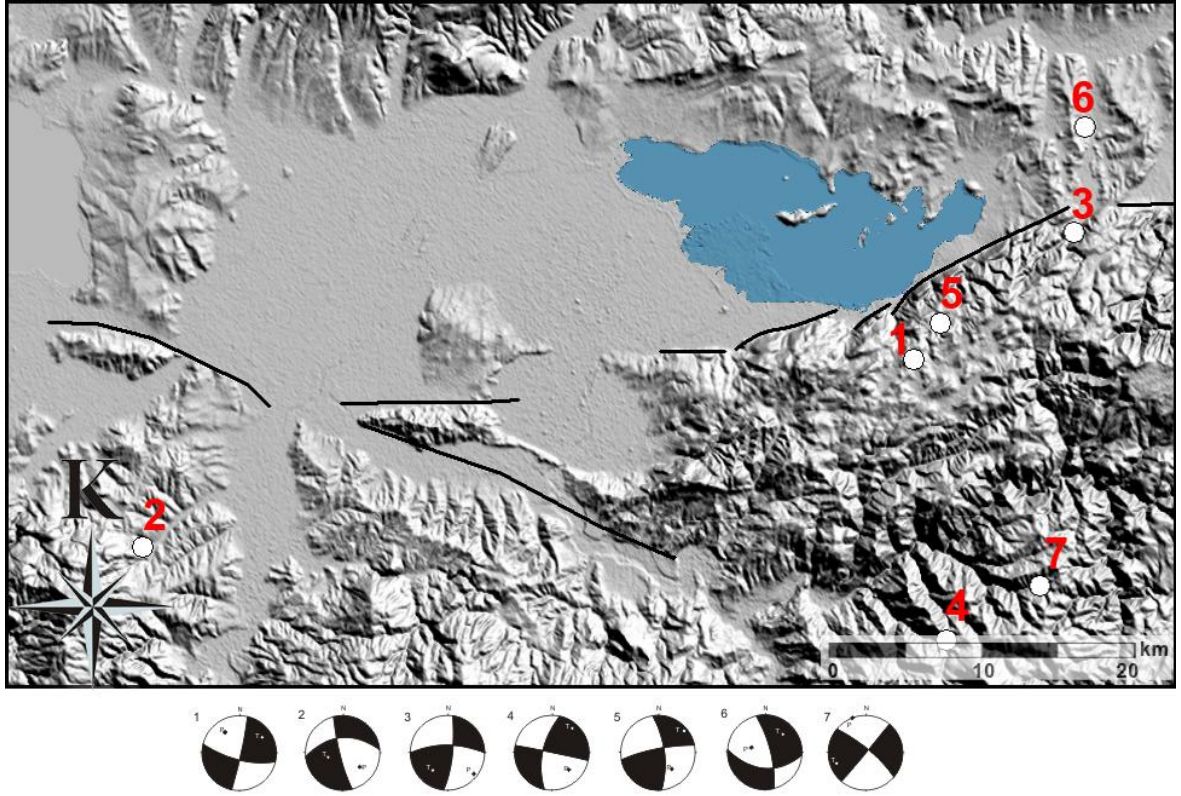
#### 4.4.2. Uluabat Fayı ve yakın çevresinde 2003 - 2006 yılları Arasında Meydana Gelmiş Bazı Depremlerin Odak Mekanizması Çözümlemeleri ve Ters Çözümü

Bu bölüm kapsamında, Uluabat Fayı'nın günümüzdeki davranış biçimini ortaya çıkarmak amacıyla, Boğaziçi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü'nün 2003-2006 yılları arasındaki verileri arasından seçilen 7 adet depremin odak mekanizması çözümlemeleri, Yrd. Doç. Dr. Tolga Bekler tarafından üç bileşen dalga formu modellemesi yöntemiyle (Dreger, 2002) yapılmış, ardından Carey-Gailhardis (1987) tarafından geliştirilen sayısal analiz yöntemiyle ters çözümleri yapılmıştır. Daha sonra jeolojik özellikler ve fayın gidişi dikkate alınarak, yapılan çözümden yardımcı düzlemler çıkarılmış ve diğer çözüme göre sağlıklı bir sonuç elde edilmiştir. Yapılan çözüme göre; en büyük asal gerilme eksenini ( $\sigma_1$ ) ve en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) yatay ve ortaç gerilme ekseninin düşey konumda olduğu bir rejimi ifade etmektedir. Bu eksenlerin durumuna baktığımızda; en büyük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_1$ ) durumu  $\sigma_1 = 144^\circ / 11^\circ$ , en küçük asal gerilme ekseninin ( $\sigma_3$ ) durumu  $\sigma_3 = 51^\circ / 13^\circ$  olarak hesaplanmıştır. Rm oranının da 0.143 olduğu dikkate alınırsa Uluabat Fayı'nın günümüzde transtansiyonel olarak çalıştığı söylenebilmektedir (Şekil 41, 42 ve 43).

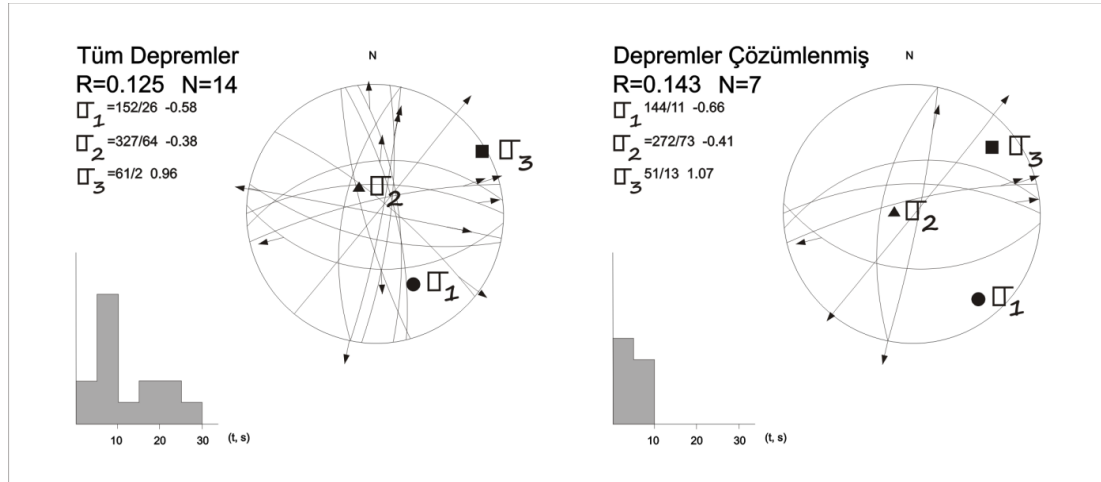


Çizelge 3. İnceleme İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş ve çözümlenen bazı depremlere ait parametreler

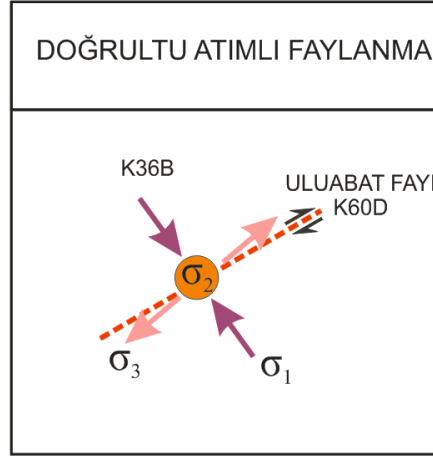
İst.	Tarih	Saat	Enlem	Boylam	Büyükük	Derinlik (km)	Yer	Deprem Parametreleri
1	15.03.2006	19:46	40.09	28.67	3.6	16	Uluabat	F1 = 12°/85°/-23° F2 = 104°/68°/-174° P = 325°/22° T = 60°/12°
2	13.04.2005	13:25	39.99	28.10	2.9	28	Manyas-Danişment	F1 = 165°/79°/-45° F2 = 265°/46°/-165° P = 130°/29° T = 254°/45°
3	31.04.2004	06:36	40.11	28.69	2.8	9	Uluabat	F1 = 7°/76°/26° F2 = 271°/65°/165° P = 128°/6° T = 221°/29°
4	25.02.2004	12:42	39.93	28.69	2.6	10	Manyas-Danişment	F1 = 282°/89°/-152° F2 = 192°/62°/-1° P = 135°/25° T = 41°/8°
5	04.01.2004	08:31	40.16	28.79	2.7	27	Uluabat	F1 = 258°/78°/-159° F2 = 353°/70°/-13° P = 142°/27° T = 50°/4°
6	18.06.2003	09:37	40.22	28.80	2.6	10	Uluabat	F1 = 347°/73°/-49° F2 = 95°/44°/-155° P = 158°/46° T = 45°/21°
7	20.03.2003	12:25	39.96	28.76	4.2	16	Yenice - Gönen Güneyi	F1 = 40°/89°/-1° F2 = 310°/78°/-168° P = 340°/1° T = 71°/70°



Şekil 41. İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş bazı depremlerin episantırları ve odak mekanizması çözümleri.



Şekil 42. İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş bazı depremlerin ters çözümleri.



Şekil 43. İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş bazı depremlerin ters çözümlerinden elde edilen etkin sıkışma ve açılma yönleri.

#### 4.5. ANA FAYA YÖNELİK HENDEK (TRENCH) ÇALIŞMALARI

##### 4.5.1. Paleosismoloji

Tez kapsamında gerçekleştirilen hendek çalışmaları, paleosismolojik çalışmalarda kullanılan yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle paleosismolojinin amacı ve kullandığı teknikler ve bu çalışmalar kapsamında neler yapıldığından bahsetmek gerekmektedir.

Paleosismoloji, tarihsel veya aletsel dönemde meydana gelmiş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin hareket hızı, hareket miktarı ve tekrarlanma aralığını saptamak için yapılan çalışmaların tümünü birden kapsayan ve son yıllarda aktif tektonik çalışmalarında oldukça çok kullanılan bir yöntemdir. Paleosismolojik yöntemler kullanılarak elde edilen veriler (deprem sayısı, depremlerin tekrarlanma aralığı, depremi meydana getiren fayın düşey ve yanal yöndeki atımı) deprem risk değerlendirmesinde kullanılmaktadır.

Tarihsel veya aletsel dönemde yüzey kırığı oluşturmuş faylardan daha önce bahsedilen parametreleri elde edebilmek için ana faya dik veya paralel olarak hendekler (trench) açılması gerekmektedir. Fakat geçmişte meydana gelen depremlerin yüzeyde bıraktıkları izler (yüzey kırığı, ani eğim değişimleri) erozyon ve sedimantasyon gibi nedenlerden dolayı her yerde saklanamamaktadır. Bu nedenle hendek yerinin seçimi paleosismolojik çalışmalar için oldukça önemlidir.

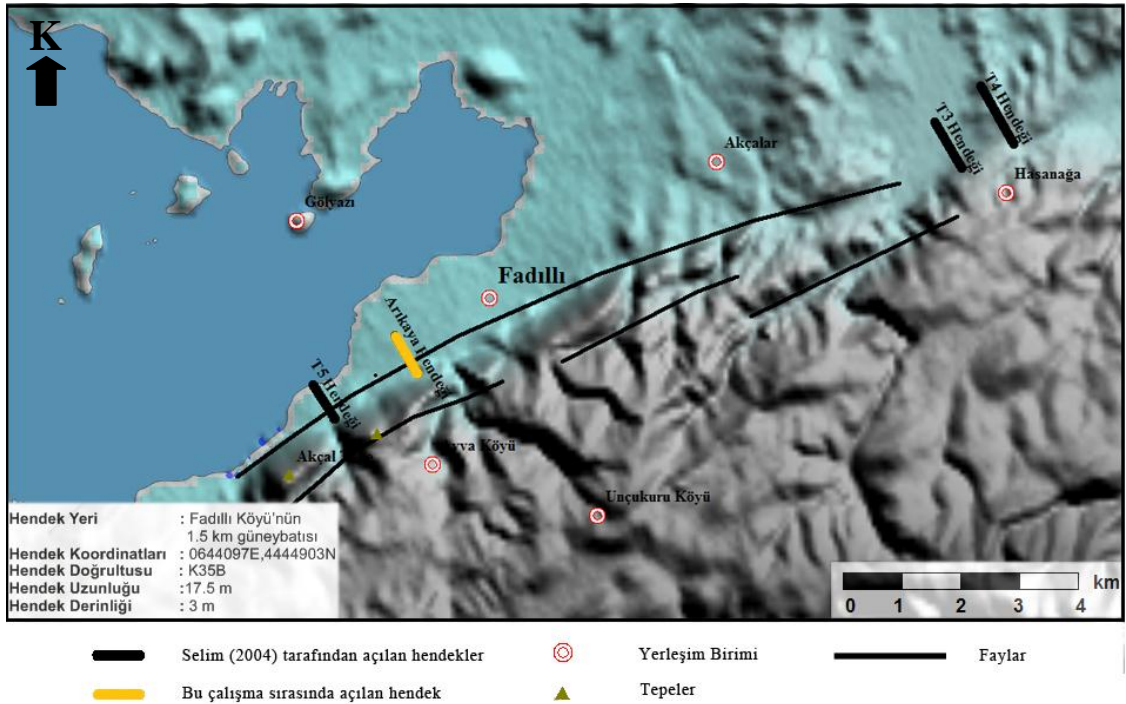
Hendek yeri seçilirken fay sarplıkları, akarsu sekileri, ötelenmiş ya da saptırılmış dereler, kıvrılmış ve eğimlenmiş topografya gibi morfolojide meydana gelen farklılıklar dikkate alınır. Ayrıca uydu görüntüleri, mikrotopografya çalışmaları, sondaj verileri, jeofizik yöntemler ile morfolojik veriler desteklenerek en doğru hendek yeri seçilir. Burada amaç aktif olan ana fayın hendek tarafından kesilmesidir(Dirik, (b.t.)).

Hendekler genellikle 1-3 m genişliğinde 30-35m uzunluğunda ve 3-4 m derinliğinde faya dik veya paralel olarak kazılabilmektedir. Aktif faya dik olarak kazılan hendekler sayesinde düşey hareket, paralel olarak açılan hendeklerde ise yatay hareket gözlenebilmektedir. Hendek duvarları kazı esnasında düşey veya iki yana eğimli olarak açılabilir. Hendek kazıldıktan sonra duvarları çeşitli el aletleri kullanılarak temizlenir ve oldukça düz hale getirilerek süreksizlikler ve sedimanter yapılar daha iyi görülebilir hale getirilmektedir. Daha sonra hendeğin duvarları 1m x 1m ebatlarında karelere bölünerek haritalanmaktadır. Hendek içerisinde görülen, süreksizlikler (depremler ve deprem sayıları), kolüvyal kamalar, çatlak dolguları, fosiller, bitki parçaları, karbon içeren materyaller dikkatlice haritalanır ve özellikle fayın kestiği bölgelerden olmak üzere gerekli görülen yerlerden örnekler alınır. Bu örnekler kullanılarak geçmişte meydana gelen depremler yaşlandırılacağı için örneklerin kullanılacak yaşlandırma yöntemine göre dikkatlice alınmaları gerekmektedir. Faylar tarafından kesilen bölgelerden alınan bu örneklerden elde edilen yaşlar kullanılarak depremlerin yaşları ve tekrarlanma aralıkları saptanabilmektedir (Dirik, (b.t.)).

Depremlerin tekrarlanma aralıklarının saptanabilmesi için hendek içerisinden derlenen numunelerin yaşlandırılması gerekmektedir. Yaşlandırmada kullanılan en yaygın yöntem C14 yaşlandırma metodudur. Bu yöntemde, tespit edilen fayları kestiği birimlerin her birinden mümkün olduğunca fazla miktarda karbon içeren (kömür partikülleri, fazlaca organik madde içeren toprak, ağaç kökleri) örnek alınmakta ve bu örnekler C14 izotopu kullanılarak her bir depremin yaşı tespit edilmektedir. Böylece depremlerin tekrarlanma aralıkları da saptanabilmekte ve bu sayede daha sonra olacak depremin zamanı tahmin edilebilmektedir. Bu çalışmada, fayların kestiği birimlerden, daha önce meydana gelen depremleri yaşlandırmak üzere örnekler alınmış olmasına rağmen maddi imkansızlıklardan dolayı yaşlandırma yapılamamıştır.

#### 4.5.2. Uluabat Fayı (Arıkaya Sırtı Kuzeyi) Civarında Yapılan Hendek Çalışması

İnceleme alanı içerisinde de KAF'ın güney koluna ait Uluabat Fayı üzerinde daha önce Selim (2004) tarafından Hasanağa sanayi sitesi civarında iki, Fadıllı köyünün yaklaşık 2500 m güneybatısında ise bir adet hendek çalışması yapmıştır. Selim (2004), tarihsel kayıtlarda yeralan 1851 ve 1855 depremlerini mekansal olarak tespit edip yaşlandırmak amacıyla Uluabat Fayı civarında, ikisi Hasanağa (T3 ve T4) bir tanesi de Fadıllı Köyü'nün 3 km güneybatısında (T5) olmak üzere üç adet hendek açmıştır. Bu hendeklerden T3 ve T4 hendeğinde stratigrafik veya depremesel bir bulguya rastlayamamıştır. Göztepe'nin kuzeybatı yamacında Uluabat Fayı'na dik olarak K40B doğrultusunda açtığı 4,5 m derinliğindeki T5 hendeğinde ise belirgin bir stratigrafiye ve bu stratigrafiyi kesen faylara rastlamışlardır. Hendek içerisinde Uluabat Fayı'na yakın kesimdeki ezik zonda muhtemelen eski bir depremin izini taşıyan bir ters fayın varlığını tespit etmiş ve bölgenin KB-GD doğrultusunda sıkıştığı sonucuna varmıştır. Hendekte tespit edilen fayları örten birimlerden yaşlandırma yapamamış, depremlerin tekrarlanma aralığını belirleyememiştir.



Şekil 44. Arıkaya Hendeği ve Selim (2004) tarafından açılan hendeklerin yerlerini gösteren harita.

İnceleme alanında yapılan hendek çalışması, Uluabat Fayı'nın güneyi ile Uluabat Gölü arasındaki düzlük alanda bu fayın hareketine bağlı olarak gelişen depremleri tespit etmek ve süreksizliklerin durumlarını öğrenmek amacıyla açılmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde ikinci kez Uluabat fayında hendek çalışması yapılmaktadır. Kazı alanı, Uluabat gölünün kenarında Fadıllı Köyü'nün 1500 m güneybatısında ve Arıkaya Sırtı'nın kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 44). Hendek yeri tespitinde sadece jeolojik ve morfolojik verilerden yararlanılmıştır. Gölün güneyindeki yükseltinin hemen güney etekleri ile göl arasında kalan düzlük alanda bulunan ve K50D doğrultusunda uzanan bir tümsek ve bu tümseğin güneyinde, arazinin eğiminde meydana gelen değişim göz önünde bulundurulmuştur. Bu morfolojik değişim arazide yaklaşık olarak 300 m takip edilmiş ve en uygun yer kazı alanı olarak seçilmiştir.



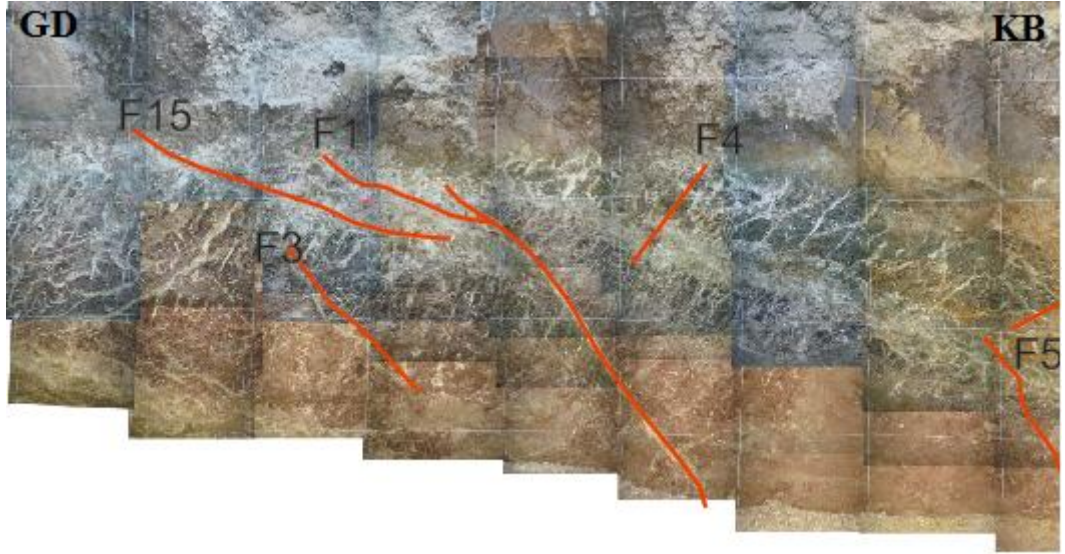
Şekil 45. Uluabat Gölü'nün güney kenarında, Arıkaya Hendeği'nin açılacağı bölgede morfolojide meydana gelen değişim (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM: 35 T 0644097E, 4444903N).

K35B doğrultusunda, yaklaşık 17 m boyunda, 1,5 m genişliğinde ve yaklaşık 2 m derinliğinde açılan hendek “Arıkaya Hendeği” olarak isimlendirilmiştir. Hendek içerisinde tespit edilen birimler, süreksizlikler ve süreksizliklere bağlı olarak gelişen yapılar dikkatlice incelenmiştir. Haritalama çalışması yapabilmek için hendeğin her iki duvarı da temizlenmiş ve ipler kullanılarak 50 cm<sup>2</sup> lik alanlara bölünerek gridlenmiştir. Bu sayede daha hassas bir haritalama işlemi yapılmış ve elde edilen veriler, hendeğin doğu ve batı duvarı için ayrı ayrı yapılan kesitlerde en sade biçimde verilmiştir (Şekil 50 ve Ek 3).

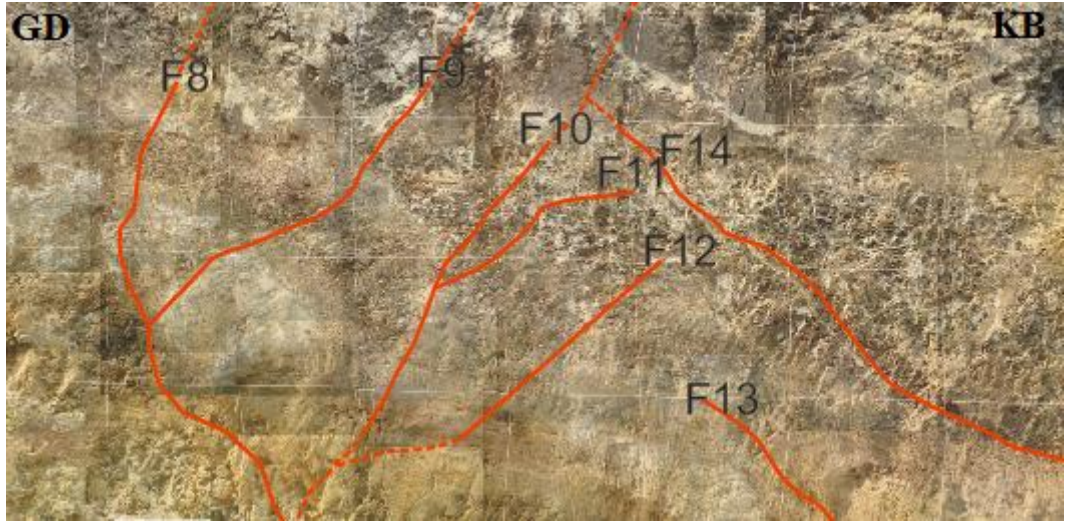


Şekil 46. Uluabat Gölü'nün güney kenarında, Fadıllı Köyü'nün 1500 m güneybatısında ve Arıkaya Sırtı'nın kuzeyinde Uluabat Fayı'na yaklaşık dik olarak açılan Arıkaya Hendeği'nin görünümü. (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0644097E, 4444903N).

Bu çalışma sonucunda, açılan hendekte killi, kumlu, çakıllı birimleri kesen, hendeğin tabanında birbirine birleşen ve doğrultu atımlı fay zonlarında görülen çiçek yapılarını andıran bir fay zonu (Şekil 48) ve bir ters fay (Şekil 47) gözlenmiştir. Bu fay zonunun durumu ise K55D doğrultulu ve hendek doğrultusuna dik olarak tespit edilmiştir. Ters fayın durumu K75D, 64KB olarak ölçülmüş olup Uluabat Fayı'nın gidişine uygun bir şekilde bulunmaktadır.



Şekil 47. Arıkaya Hendeği'nin batı duvarında tespit edilen ters fay(F1).



Şekil 48. Arıkaya Hendeği'nin doğu duvarında tespit edilen doğrultu atımlı fay zonu.

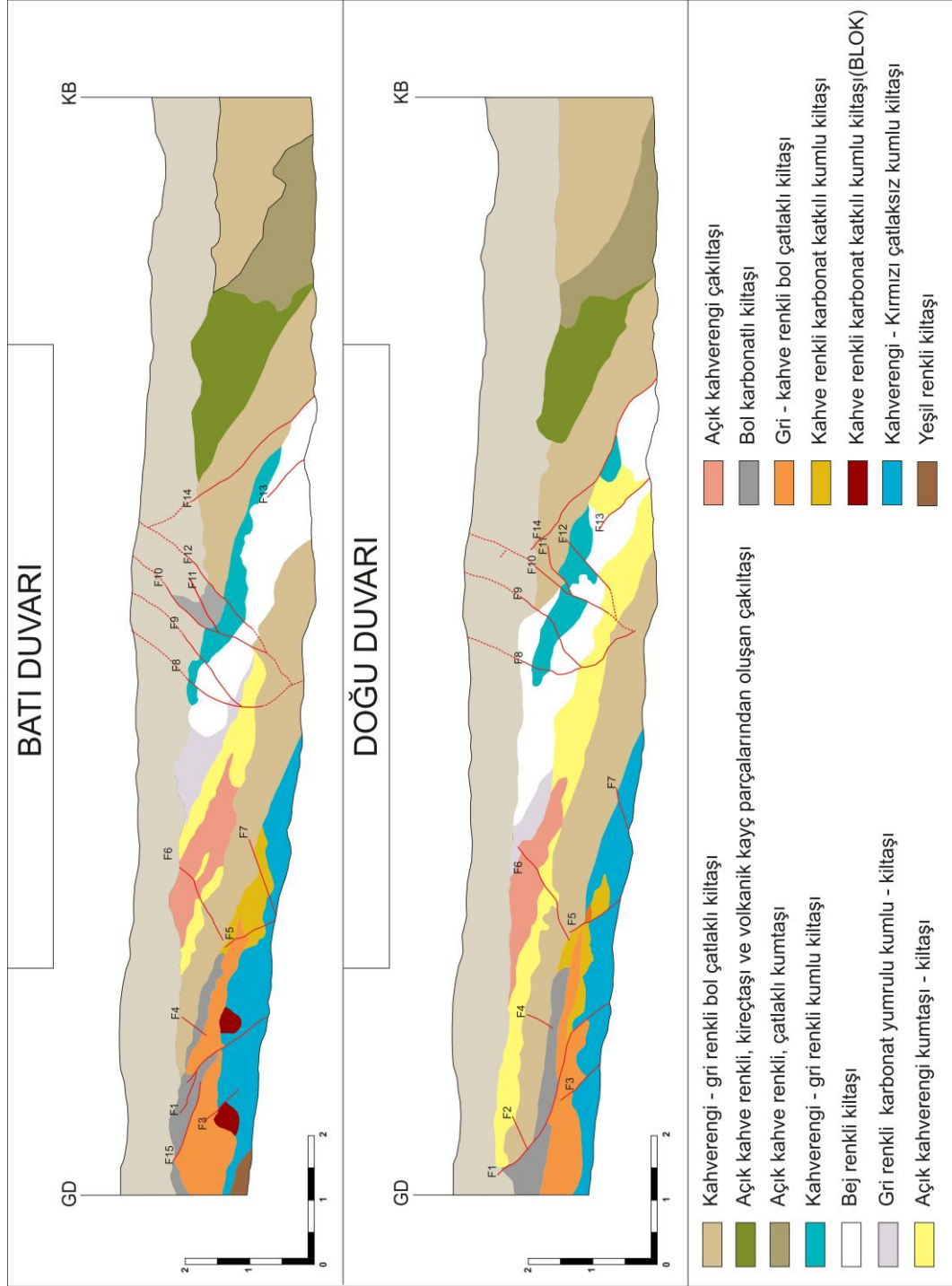


Hendekte tespit edilen ters fayın, taban bloğundaki tabakaların eğim miktarları yaklaşık  $10^\circ$  ve eğim yönleri ise yaklaşık olarak KB dir. Fayın tavan bloğundaki tabakaların eğim yönü KB ve eğim miktarı  $15^\circ$  dir. Bununla birlikte kuzeye doğru tabakaların eğim miktarları  $40^\circ$  ye kadar artmaktadır. Bunun nedeni ise, hendeği KD-GB doğrultusunda kesen doğrultu atımlı ve muhtemelen sağ yanal bir fay zonedir. Dolayısıyla doğrultuları da K30D olarak belirlenmiştir. Yani tabakaların doğrultusu yaklaşık olarak K30D ve eğim yönleri kuzeybatıdır (Şekil 47 ve 48).



Şekil 49. Arıkaya Hendeği'nin doğu ve batı duvarı haritalama için gridlendikten sonra ters fayın ve buna antitetik ve ikincil olarak oluşan normal fayın görünümü.

Sonuç olarak; inceleme alanında Neotektonik dönemde meydana gelen en büyük yapısal unsur Uluabat Fayı'dır. Bölgede, günümüzde etkin olan tektonik rejim ise transtansiyonel bir rejimdir. Bu hendek çalışmasında Uluabat Fayı direkt olarak kesilmiş olup hendek içerisinde doğrultu atımlı fay zonu şeklinde görülmektedir. Doğrultu atımlı fayların zaman zaman, sağa ve sola sıçraması, büklümlenmesi veya örgülenmesi nedeniyle yerel sıkışma bölgeleri oluşmasına neden olabilmektedir. Hendekte tespit edilen ters fay da bu şekilde oluşan yerel bir sıkışmayı temsil etmektedir.



Şekil 50. Fadıllı Köyü'ne 1.5 km mesafede açılan hendeğin doğu ve batı duvarında tespit edilen birimler ve süreksizlikler.

#### 4.6. UZAKTAN ALGILAMA ÇALIŞMALARI

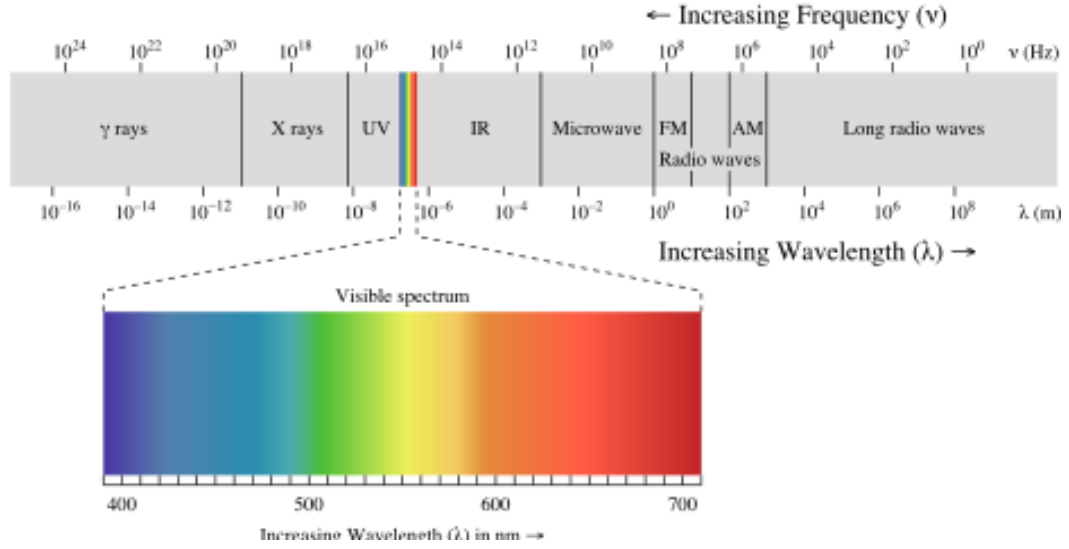
Günümüzde teknolojinin de ilerlemesi ile her alanda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayan tekniklerden birisi olan uzaktan algılama yöntemleri jeolojik çalışmalar için oldukça büyük önem kazanmış, hatta vazgeçilemez bir materyal haline gelmiştir. Jeolojik çalışmaların, araziden önceki hazırlık kısmında, inceleme alanındaki belirli yapısal ve morfolojik unsurların tespit edilmesi ve çalışılacak kilit noktaların bulunması sırasında oldukça büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu sayede arazi çalışmaları sırasında çalışma kilit noktalarda yoğunlaştırılarak daha verimli bir çalışma sağlanabilmektedir.

Uzaktan algılama; yeryüzünden belirli uzaklıklara, atmosfere veya uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm aletleriyle yeryüzünde bulunan doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve değerlendirme teknikleri olarak tanımlanabilmektedir. Bilimsel araştırmaların vazgeçilmez bir parçası haline gelen uzaktan algılama yöntemleri, jeolojik çalışmalarda; yeryüzü şekillerinin izlenmesi, doğal afetler, yapısal jeoloji ve özellikle doğal kaynakların incelenmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır. Bunların dışında daha birçok alanda etkili şekilde kullanılmaktadır.

Doğada, her cisim aynı ışık kaynağına farklı tepkiler vermektedir. İnsan gözü ise bu tepkileri renk olarak algılamaktadır. Ancak insan gözünün algılayabildiği alan elektromagnetik spektrumun sadece küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Uzaktan algılama yöntemleri sayesinde insan gözü tarafından algılanamayan dalga boyları görünür hale getirilerek bunlardan veri sağlanabilmektedir. Uzaktan algılamanın da temel prensibi budur (Dündar, 2004).

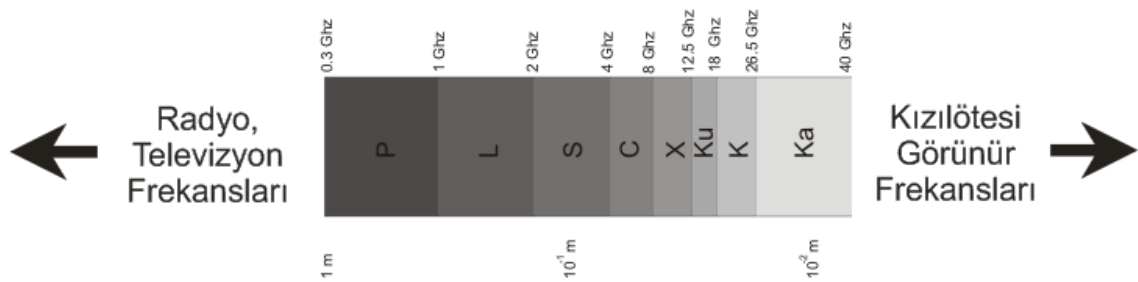
Elektromagnetik spektrumun 1mm – 1m dalga boyları arasında kalan bölge mikrodalga bölgesi olarak adlandırılır. Bu bölgedeki ışınlar gazlardan ve atmosfer şartlarından, karanlıktan ve bulutlardan hiç etkilenmeden görüntü sağlayabilmektedirler. RADAR görüntüleme sistemi de bu mikrodalgaları kullanarak görüntü elde etmektedir. Ayrıca bu dalgalar; yer yüzeyi ve yüzey örtüsüne karşı da hassastırlar.

Uzaktan algılama kullanılan kaynağın cisine göre aktif ve pasif kaynaklı sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal kaynak kullanan sistemler pasif, yapay kaynak kullanan sistemler ise aktif sistemlerdir. Mikrodalgalar da yeryüzünden doğal olarak yayılabildikleri gibi yapay olarak üretilebilmektedirler. Yani mikrodalgaları kullanan radar sistemleri hem aktif hem pasif olarak çalışabilmektedir.



Şekil 51. Elektromagnetik spektrumun dalga boyları(<http://image.absoluteastronomy.com>).

RADAR (Radio Dedection and Ranging) sistemleri ilk olarak 2.dünya savaşı sırasında kullanılmıştır. Savaş sırasında güvenliği sağlayabilmek için mikrodalgalara ait dalga boyları birer harf ile gösterilmiştir (Şekil 52). Bu harf sistemi bugün de aynen kullanılmaktadır (Dündar, 2004).



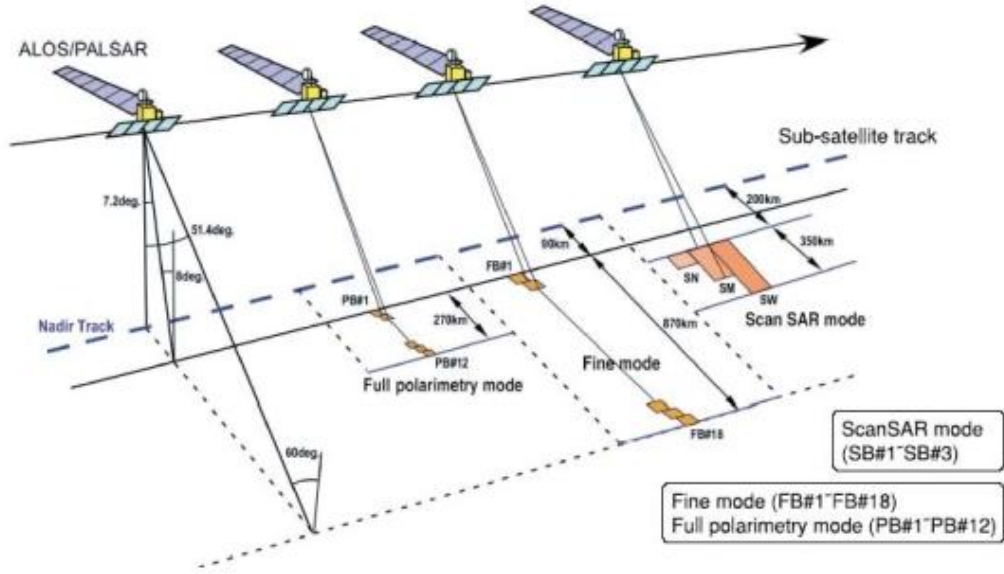
Şekil 52. Elektromagnetik spektrumun mikrodalga boyları (Short, (1994)'den değiştirilmiştir).

Bu çalışmada kapsamında, amaca uygun olarak aktif sistemlere dahil olan (L) bandında 1.27 GHz frekansında ALOS-PALSAR (Level-1.5) uydu görüntüsü kullanılmıştır. Görüntü (Fine Mode) tipinde olup Single (HH) polarizasyondur.

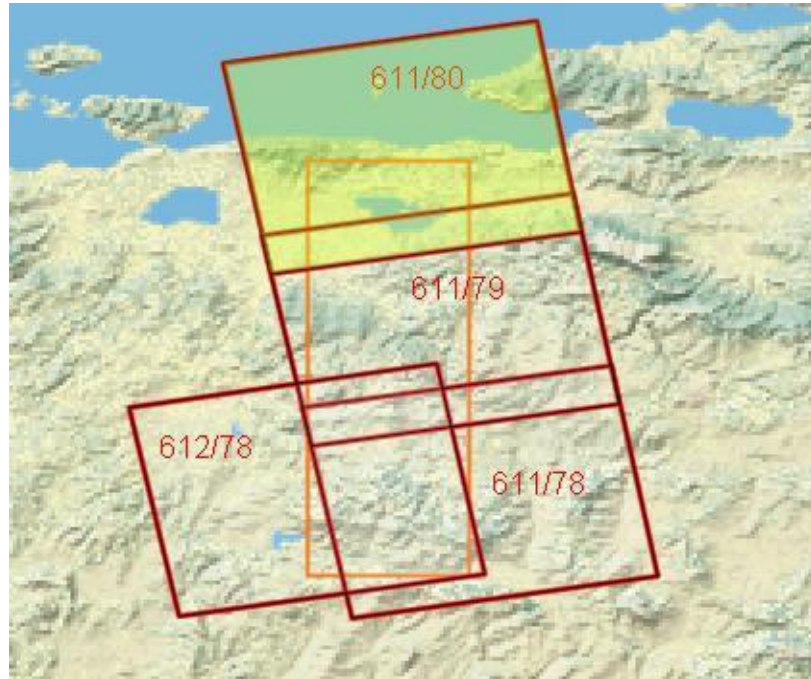
Çizelge 4. ALOS-PALSAR uydusunun genel özellikleri (www.mta.gov.tr adresinden alınmıştır)

PALSAR'IN GENEL ÖZELLİKLERİ		
Gözlem Modu	Yüksek çözünürlük	SCAN SAR
Frekans	L-band (1.27GHz)	
Polarizasyon	HH, VV, HH&HV, VV&VH	HH, VV
Çözünürlük	10m	100m
Görüntü Sayısı	2	8
Alan Genişliği	70km	20 – 350km
Off – Nadir Açısı	10 – 51 derece	
Nesigma0	Approx. -23dB	

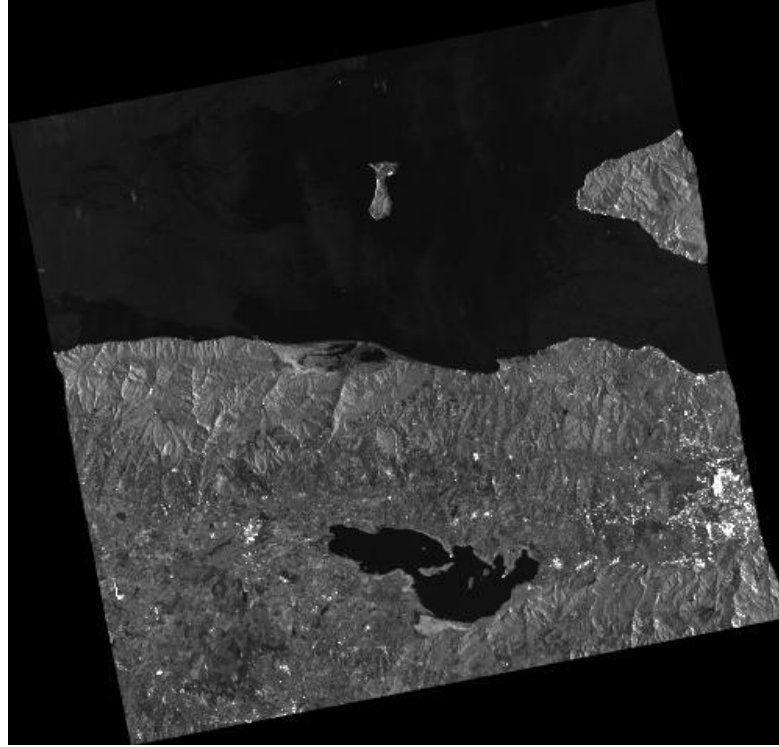
ALOS (üzerinde yer alan PALSAR sensörü ile) güneş-senkronlu yörünge içerisinde, her 100 dakikada bir veya bir günde 14 defa dünya çevresinde dönmektedir. ALOS, her 46 günde (tekrarlayan devir ile) bir kendi rotasında dönmektedir ve iç yörüngesi ekvatorun yaklaşık olarak 59,7 km uzaklıktadır. ALOS (Advanced Land Observing Satellite), kartografya, afet takibi, kaynakların incelenmesi ve bölgesel gözlemlere katkıda bulunmak için geliştirilmiştir. PALSAR (Aşamalı donanımlı L – band tipindeki sentetik açıklıklı radar) algılayıcısı olarak ALOS üzerine yerleştirilmiştir. PALSAR, L – band frekansını kullanan, Japonlara ait ikinci SAR uydusudur. Japon Yer Araştırma Uydusu – 1 (JERS – 1) üzerinde yer alan Sentetik Açıklıklı Radar (SAR)'a göre, geliştirilmiş fonksiyonları ve performansı sayesinde daha ileri bir teknoloji sunmaktadır. PALSAR, hava koşullarına bağlı olmaksızın gece ve gündüz gözlem yapabilme yeteneğine sahip olan aktif bir mikrodalga sensörüdür. Yeryüzünde gerçekleşen doğal afetler, çevresel etkilerin denetimlerinde ve kaynak araştırmaları gibi konularda büyük katkıları olacağı beklenmektedir(www.mta.gov.tr).



Şekil 53. ALOS-PALSAR uydusunun yeryüzünü tarama modları ve farklı özelliklere sahip görüntü elde edilmesi(www.nik.com.tr).



Şekil 54 ALOS-PALSAR uydusu inceleme (Fine Mode) tipinde tarama yaparken inceleme alanı üzerinden aldığı görüntüler (611/80 no'lu çerçeve inceleme alanını içine alıyor).



Şekil 55. Bu çalışma kapsamında kullanılan ve inceleme alanını da kapsayan tek polarizasyonlu (HH), 10 m çözünürlüklü, (Fine Mode) tipinde ALOS-PALSAR görüntüsü.

İnceleme sırasında kullanılan görüntü üzerinde gerçekleştirilecek jeolojik analiz inceleme alanı içerisindeki çizgiselliklerin ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır. RADAR görüntülerinin özelliği sayesinde, gökyüzünden bakılınca bitki örtüsü veya hava şartları gibi çeşitli nedenlerden dolayı görüleme imkanı olmayan topografya da görülebilmektedir. Yapılan analizle sayesinde yer yüzeyine yakın olan çizgisel yapıları görme imkanı da bulunabilmektedir. Ayrıca yansımalarındaki zıtlıklardan yararlanılarak jeolojik birimler de ayırt edilebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan ALOS-PALSAR görüntüleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Projeleri Komisyonu tarafından temin edilmiştir. Görüntünün analizi için ERDAS 8.5 görüntü işleme programı kullanılmıştır.

Arazideki topografyanın net olarak görülmesini engelleyen, bitki örtüsü, hava koşulları etkenlerden bağımsız olması, fay, kıvrım, kırık ve çatlak sistemlerinin daha rahat tespit edilebilmesini sağladığı için ALOS-PALSAR tercih edilmiştir. Özellikle inceleme alanının güneydoğu bölümü yoğun ormanlık alan olduğu için bu görüntü bu alandaki çizgiselliklerin ortaya çıkarılmasında önemli rol oynamıştır.

#### 4.6.1.Görüntü İşleme Çalışmaları

Görüntü işleme çalışmaları; inceleme alanı içerisindeki çizgiselliklerin tespit edilmesi ve yorumlanması amacıyla, ALOS-PALSAR görüntüsü üzerinde yapılan işlemleri içermektedir. Bu işlemler; görsel yorumlama, parazitlerin ortadan kaldırılması (speckle suppression) ve kenar belirleme (edge detection) olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

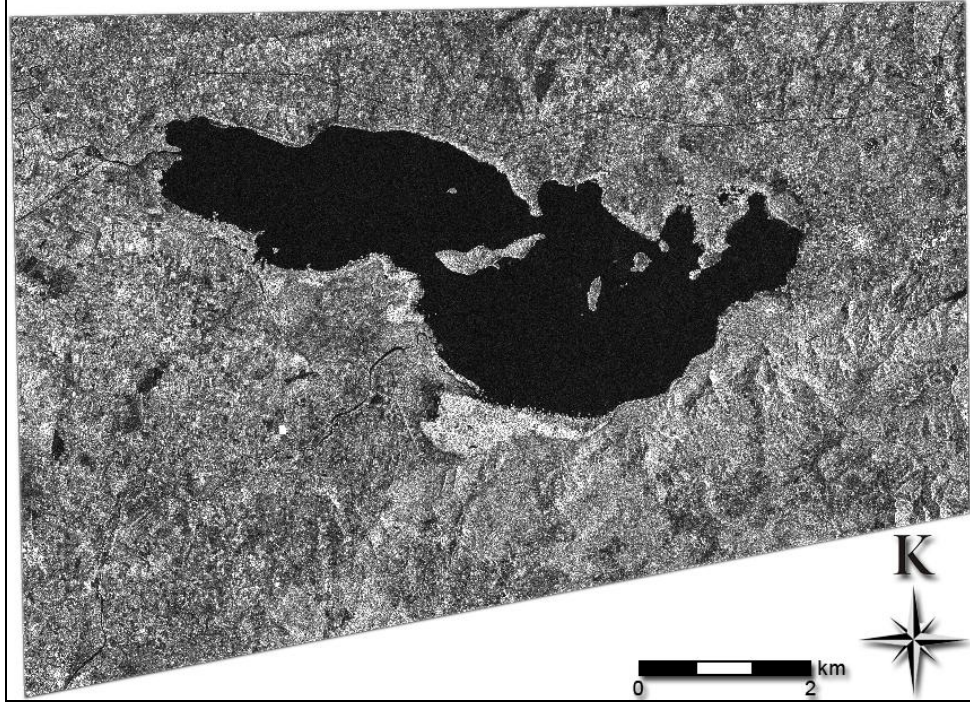
##### 4.6.1.1.Görsel Yorumlama

İnceleme alanı kapsayan ALOS-PALSAR görüntüsü çıplak gözle incelendiğinde göze çarpan en belirgin yapı, KAF'ın Marmara Denizi güneyindeki güney kolu üzerinde yer alan ve inceleme alanında K60D doğrultusunda uzanan Uluabat Fayıdır. Uluabat Fayı'nın güneydoğusunda bulunan yükselti de arazinin ortalama yüksekliğinin üzerinde görülmektedir. Gri tonlarında renklerden oluşan görüntü üzerindeki koyu renkli kısımlar düşük kotlu bölgeleri, daha açık renkli kısımlar ise daha yüksek kotlu bölgeleri, beyaza yakın renkte görülen bölgeler ise bataklıkları ve yerleşim alanlarını göstermektedir. İnceleme alanının ortasında kalan Uluabat gölü ise oldukça düşük yansımaya değerleri vermektedir. Bu nedenle gölün görüntü içerisindeki en koyu alandır. İnceleme alanının güney ve güneydoğusunda kalan bölgede drenaj ağları, drenaj ağlarının ötelenmesi, diğer çizgisellikler oldukça iyi gözlenirken diğer kesimlerde bu kadar iyi gözlenememektedir. Burada yer alan çizgisel yapıların tespit edilebilmesi için görüntünün bazı filtrelerden geçirilmesi gerekmektedir

##### 4.6.1.2.Görüntüdeki parazitlerin ortadan kaldırılması (Speckle Suppression)

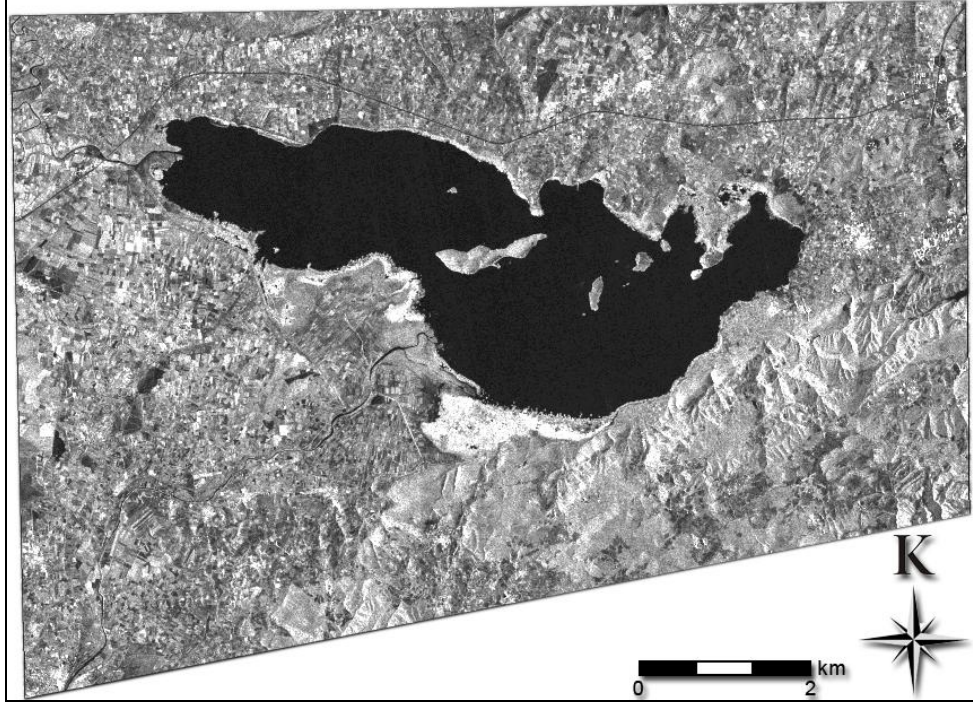
Uydulardan alınan radar görüntülerinden daha etkili şekilde faydalanabilmek için filtreler kullanılmaktadır. Radar görüntülerinin orijinal hallerine bakıldığında oldukça parazitli ve net olmayan bir görüntü olduğu açıkça görülmektedir. Görüntüden daha fazla veri sağlayabilmemiz için görüntünün daha anlaşılır bir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla görüntü işleme yazılımları tarafından görüntüye uygulanan matematiksel fonksiyonlar olan filtreler kullanılır.



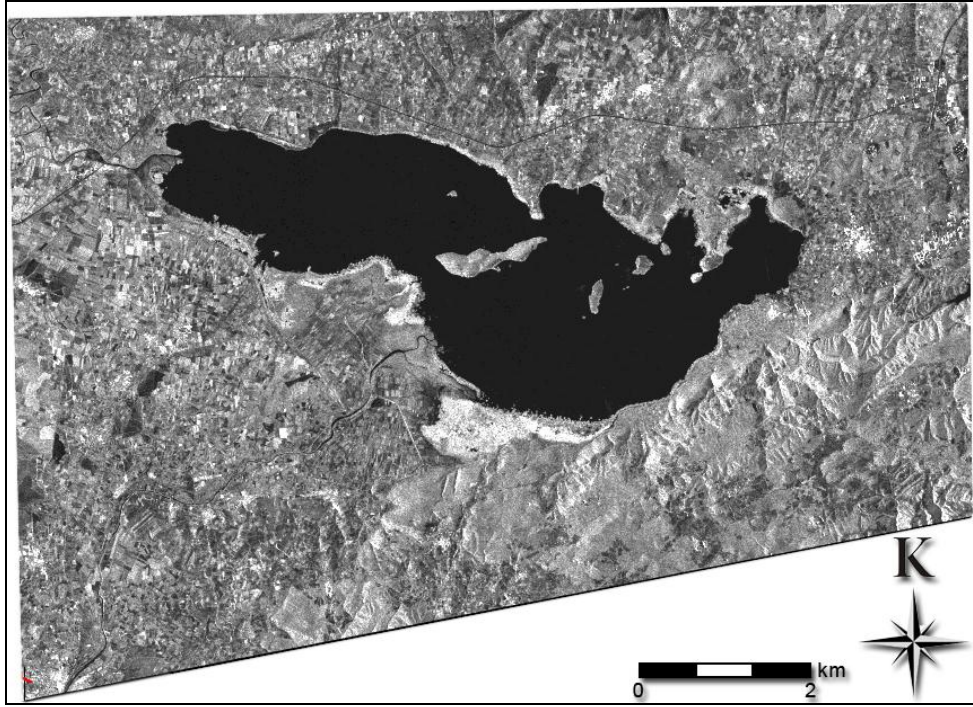


Şekil 56. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsünün filtrelenmeden önceki orijinal hali.

Bu çalışma kapsamında kullanılan ve inceleme alanını da kapsayan tek polarizasyonlu (HH), 10 metre çözünürlüğe sahip (Fine Mode) tipinde ALOS-PALSAR görüntüsünün hali (Şekil 56)'deki gibi görünürken Erdas 8.5 programı ile çeşitli filtreler uygulanarak görüntüdeki parazitler en aza indirilmeye çalışılmıştır. Test edilen filtreler içerisinde en yüksek kalite Lee-Sigma filtresi kullanıldığında elde edilmiştir. Diğer filtrelerin anlaşılabilirlikleri Lee-Sigma filtresine nazaran daha düşük, anlaşılabilirlikleri daha azdır(Şekil 56, 57, 58). Filtre uygulamasında sonra görüntüden elde edebileceğimiz veri miktarı da oldukça artmaktadır. İnceleme alanındaki en belirgin çizgisellik olan ve araziye K60D doğrultusunda kesen Uluabat fayı gerek orijinal görüntüde gerekse filtrelenmiş görüntüde net olarak izlenebilmektedir(Şekil 56, 57, 58). Fakat filtrelenmeyen görüntüde Uluabat fayına göre daha küçük olan ve ayrıntı olarak tanımlayabileceğimiz çizgisellikler ve yapıların tespit edilebilmesi çok zor, hatta neredeyse imkânsızdır.



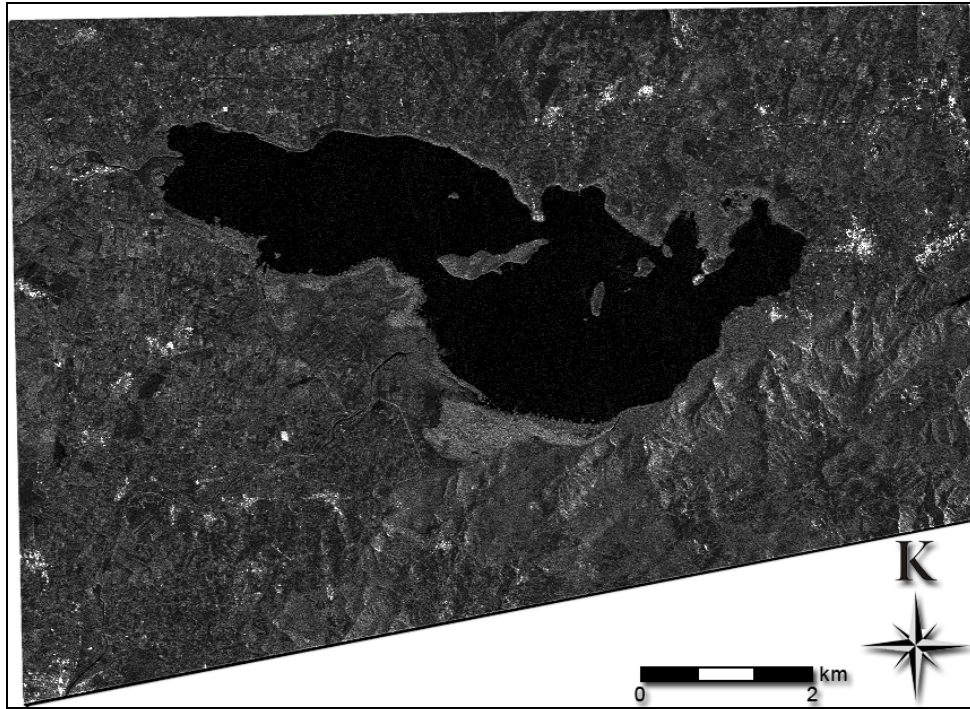
Şekil 57. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsünün parazitlerin ortadan kaldırılmasına yönelik Lee-Sigma filtresi uygulandıktan sonraki görünümü.



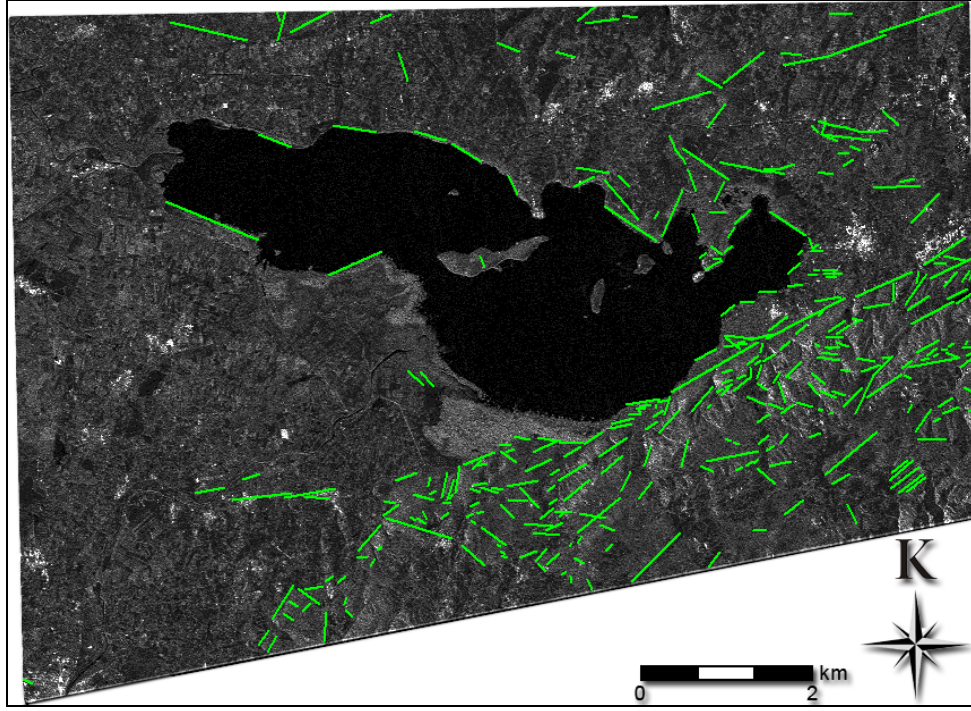
Şekil 58. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsünün parazitlerin ortadan kaldırılmasına yönelik Gamma Map filtresi uygulandıktan sonraki görünümü.

#### 4.6.1.3. Kenar Belirleme (Edge Detection)

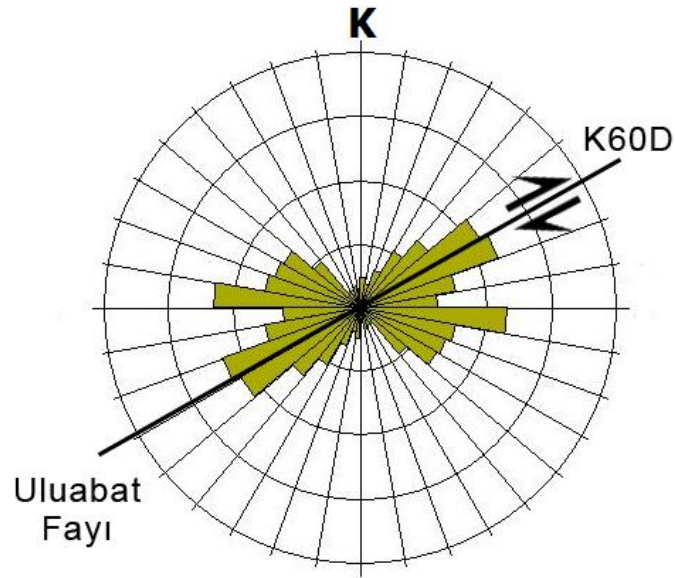
İnceleme alanında var olan çizgiselliklerin RADAR görüntüleri içerisinde belirlenmesine yönelik olarak kenar belirleme işlemleri yapılmaktadır. Bu işlem; RADAR görüntüsüne farklı yönlerden ışık verilerek belirli yöndeki çizgiselliklerin ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır. Aslında görüntüdeki parazitleri gidermek için kullandığımız ve bilgisayar programı yardımıyla görüntüye uygulanan farklı bir matematiksel fonksiyondur. Kinematik çalışmaların sonucuna göre bölgedeki aktif sıkışma yönü KB-GD olarak tespit edilmiştir. Bu veriden yola çıkarak RADAR görüntüsü üzerinde kenar belirleme işlemleri yapılırken, KB yönünden ışık kullanılarak çizgisellikler ortaya çıkartılmaya çalışılmıştır. Ancak kuzeyden verilen ışık ile daha iyi sonuç elde edilmiştir. Bunun dışında, filtreler sayesinde diğer yönlerden verilen ışık sayesinde farklı yönlerdeki çizgisellikler tespit edilmiştir. Çizgisellikler tespit edilirken, görüntüdeki, yollar, drenaj ağları, tarla sınırları diğer çizgisellikler ayırt edilmiştir. Kenar belirleme işleminden sonra drenaj ağlarının yapısı, ötelenmeleri ve çizgisellikler tarafından nerede kesildikleri net bir şekilde gözlenebilmektedir.



Şekil 59. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsüne, kuzeyden ışık verilerek kenar belirleme filtresi uygulandıktan sonraki görünümü.



Şekil 60. İnceleme alanını kapsayan ALOS-PALSAR görüntüsüne, kuzey yönlü ışık verilerek kenar belirleme işlemi yapıldıktan sonraki görünümü ve tespit edilen çizgisellikler.



Şekil 61. ALOS-PALSAR radar görüntüsünde tespit edilen çizgisellikler kullanılarak hazırlanan gül diyagramı.

ALOS-PALSAR radar görüntüsünde tespit edilen çizgisellikler kullanılarak bölgeye ait gül diyagramı hazırlanmıştır. Bu diyagramda çizgiselliklerin doğrultuları iki yönde yoğunlaşmıştır. Çizgiselliklerin en çok yoğunlaştığı doğrultu olan K60D doğrultusu aynı zamanda Uluabat Fayı'nın gidişi ile de örtüşmektedir. Bu doğrultudaki çizgisellikler Uluabat Fayı'na bağlı olarak ve yaklaşık bu faya paralel olacak şekilde gelişen çizgiselliklerdir. Bunun dışındaki çizgiselliklerin K70B doğrultusunda da yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu çizgisellikler ise yaklaşık olarak KB-GD yönlü sıkışmaya bağlı olarak gelişmiş genişleme çatlakları olarak yorumlanmıştır.

## BÖLÜM 5

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Uluabat Fayı'nın davranış biçiminin anlaşılması ve güncel tektonik rejimin belirlenebilmesi için inceleme alanından arazi çalışmaları sırasında derlenen fay atım verileri, kinematik analiz yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve bu çalışmaların sonucu olarak bölgede bir tektonik faz ortaya çıkarılmıştır. Bölgede etkili olan güncel tektonik rejim KB–GD doğrultulu sıkışmanın etkili olduğu transtansiyonel rejimdir. İnceleme alanındaki genç lokal normal faylar ise güncel rejim ile uyumlu olduğundan transtansiyonel rejim içerisinde değerlendirilmiştir. Diğer yandan bu tektonik rejim ile uyumlu ve göreceli olarak daha yaşlı bir tektonik rejim tespit edilmiş ve KB-GD yönlü sıkışma rejimi olarak tanımlanmıştır. Buna göre, bölgedeki güncel sıkışma doğrultusu ( $\sigma_1$ ) K40B, açılma doğrultusu ( $\sigma_3$ ) K45D ve  $R_m=0.436$  olarak tespit edilmiştir. Bu da bize güncel rejimin KB-GD doğrultulu sıkışmanın etkin olduğu transtansiyonel bir rejim olduğunu göstermektedir.
2. Bölgede etkin olan rejimin orta çıkarılması için kullanılacak en güncel verileri depremler oluşturmaktadır. Bu amaca yönelik olarak inceleme alanı ve civarında meydana gelen bazı depremlerin odak mekanizması çözümlerinden yararlanılarak ters çözümleri yapılmış, yapılan ters çözümlerden elde edilen sıkışma doğrultusu ( $\sigma_1$ ) K36B, açılma doğrultusu ( $\sigma_3$ ) ise K51D olarak tespit edilmiş ve bölgedeki etkin tektonik rejimin transtansiyonel rejim olduğu anlaşılmıştır. Bu veri aynı zamanda kinematik verileri de destekler niteliktedir.
3. Çalışmanın, daha verimli bir hale getirilmesi için, uydu görüntüleriyle destekli bir şekilde çizgisellik analizi çalışmaları yürütülmüştür. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsü, çeşitli görüntü zenginleştirme ve filtreleme işlemlerinden geçirilerek çizgisellikler ortaya çıkarılmıştır. Bu çizgisellikler kullanılarak gül diyagramında baskın çizgisellik doğrultusunun K60D yani Uluabat Fayı'nın gidişine uygun olduğu tespit edilmiştir.

4. Uluabat Gölü ile gölün güneyinde kalan düzlük alanda Uluabat Fayı'na bağlı olarak gelişen yapısal unsurları görebilmek için bir hendek açılmıştır. Uluabat Fay Zonu'nun gidişine dik olacak şekilde K35B doğrultusunda açılan Arıkaya Hendeği'nde Uluabat Fay Zonu (UFZ) direkt olarak kesilmiş ve buna bağlı olarak gelişen deformasyonlar tespit edilmiştir. Arıkaya hendeği içerisinde doğrultu atımlı UFZ tarafından meydana getirilen ve negatif çiçek yapısı şeklinde görülen bir fay zonu tespit edilmiş ve K50D doğrultulu bu fay zonunun, UFZ'nun doğrultusuna uygun olarak meydana geldiği anlaşılmıştır. Arıkaya Hendeği'nde, tespit edilen diğer bir yapısal unsur ise yaklaşık 0,4 m düşey atımı olan ters faydır. Bu fay ise UFZ içerisindeki doğrultu atımlı fayların örgü, büküm gibi geometrilerinden dolayı meydana geldiği düşünülmektedir. Arıkaya hendeğinde tespit edilen ve tarihsel dönemde meydana gelen depremleri temsil eden bu fayların kestiği ve bu fayları örten birimlerden, depremleri yaşlandırmak amacıyla karbon örnekleri alınmış fakat proje bütçesinin yetersiz olması nedeniyle bu örnekler yaşlandırılmamıştır.
5. İnceleme alanında mostra veren birimlerden derlenen; çatlak düzlemi ve tabaka düzlemi verilerinden yararlanılarak gül diyagramları hazırlanmış ve bunları oluşturan maksimum sıkışma yönünün güncel tektonik rejim ile uyumlu olduğu, Permo-Triyas yaşlı Nilüfer birimine ait metabazik kayalarda gelişen çatlakların makaslama, Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik Formasyonu'na ait kayalarda gelişen çatlakların ise tansiyon çatlakları olduğu sonucuna varılmıştır.
6. Bölgede aktif olabilecek çizgisellikler arazi çalışmaları ve uzaktan algılama çalışmaları sırasında tespit edilmiş ve bunlar 1/25000 ölçekli olarak haritalanmıştır. Bunun sonucunda, Uluabat Fayı'nın tek bir hattan oluşmadığı ve birbirbirine paralel segmentlerden oluştuğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle bu fay için Uluabat Fay Zonu adlanması uygun bulunmuştur. UFZ, Hasanağa Zonu (HZ) ve Mustafakemalpaşa Zonu (MZ) olarak iki alt zona ayrılmıştır. Hasanağa Zonu (HZ) Hasanağa civarından üç segment olarak başlayıp, paralel iki segment şeklinde Akçapınar Köyü'ne kadar KD-GB doğrultusunda uzanmaktadır. İnceleme alanında bir yay şeklinde görülen Mustafakemalpaşa Zonu (MZ) ise Dorak civarında UFZ'nun sağa(Kuzeybatı) sıçraması ile HZ'dan ayrılmaktadır. Dorak civarında KD-GB doğrultulu tek segmentten, Karaoğlan Köyü kuzeyinde yaklaşık DB doğrultulu ve birbirine paralel iki segmentten, Doğancı civarında ise KB-GD

doğrultulu tek segmentten oluşmaktadır. UFZ içerisinde bulunan tüm bu segmentler adlandırılmış ve Fadıllı, Kırklardağı, Bağlarbaşı, Ayva, Akçapınar segmentleri HZ'na, Dorak, Karaoğlan-1, Karaoğlan-2 ve Doğancı segmentleri ise Musrafakemalpaşa Zonu'na dahil edilmiştir. Buna göre UFZ toplam olarak 9 segmentten oluşmaktadır.



## KAYNAKLAR

- Akyüz S.H ve Okay A.İ., 1998. Manyas Güneyinin (Balıkesir) Jeolojisi ve Mavişistlerin Tektonik Konumu. *MTA Dergisi* (120): 105-120.
- Alkaya F., 1981. Bilecik Yöresi Lias Ammonit Zonları. *İstanbul Yerbilimleri*, 2, (3-4): 297-302.
- Alos/PALSAR (b.t.). 15 Aralık 2009, [http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire\\_/baskanliklari/RSC\\_WEB/index.php?id=paslar](http://www.mta.gov.tr/v1.0/daire_/baskanliklari/RSC_WEB/index.php?id=paslar).
- Alos-Palsar Teknik Özellikleri. (b.t.). 12 Kasım 2009, <http://www.nik.com.tr>.
- Alos-Palsar Teknik Özellikleri. (b.t.). 12 Kasım 2009, <http://www.mta.gov.tr>.
- Altıner D., Koçyiğit A., Farinacci A., Nicosia, U., Conti M.A., 1991. Jurassic, Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of north-western Anatolia. *Geologica Romana*, (28): 13-80.
- Altınlı İ.E., 1973. Orta Sakarya Jeolojisi. 50. Yıl Yer Bilim. Kong. Teb. 103-112.
- Ambraseys N.N. ve Finkel C.F., 1991. Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea region. *Terra Nova*. (3): 527-539.
- Angelier, J. ve Mechler P., 1977. Sur une methode graphiqi de recherche des contraintes principale egalement utilisable en tectonique et en sismologie: La methode c diedre droit. *Bulletin de la Societe Geologique de France*, 19, (6): 651-652.
- Armijo A., Carey E. ve Citernas A., 1982. The inverse problem in microtectonics and the separation of tectonic phases. *Tectonophysics*, (82): 145-160.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A. And Barka, A., 1999. Westwards Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics. *Geology*, (27): 267–270.
- Armijo R., Meyer B., Navarro S., King G., Barka A., 2002. Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian Fault?. *Terra Nova*, 14, (2): 80-86.
- Barka, A.A., 1992. The North Anatolian fault zone. *Annales Tectonicae*. (6): 164-195.
- Bellier O., Över S., Poisson A., Andrieux J., 1997. Recent temporal change in stress state and modern stress field along the North Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International*, (131): 61-86.

- Bingöl E., Akyürek B., Korkmazer B., 1973. Biga yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri: *Cumhuriyetin 50.Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler Kitabı*, 70-76.
- Bott M.H.P., 1959. The mechanism of onlque slip faulting, *Geological Magazine*, (96): 109-117
- Brinkmann R., 1971. Kuzeybatı Anadolu'daki genç Paleozoik eski Mezozoyik, *M.T.A. Dergisi*, (76): 61-75.
- Carey E., 1979. Recherche des directions principales de contraintes associees au jeu d'une population de failles. *Revue De Geologie Dynamique Et De Geographie Physique* (21): 57-66.
- Carey E., 1976. Analyse numérique d'un mod` ele mécanique élémentaire appliqué à l'étude d'une population de failles: Calcul d'un tenseur moyen des contraintes à partir des stries de glissement: Unpublished PhD thesis(Doktora Tezi), Tectonique Générale, Univ. Paris-Sud, Orsay.
- Carey E., 1979. Recherche des directions principales de contraintes associees au jeu d'une population de failles. *Revue De Geologie Dynamique Et De Geographie Physique*, (21): 57-66.
- Carey E. ve Brunier B., 1974. Analyse theorique et numerique d'une modele mecanique elementaire applique à l'etude d'une population des failles, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences Letters*, (270): 891-894.
- Carey-Gailhardis E. And Mercier J.L., 1987. A numerical method for determining the state of stres using focal mecanism of earthquake populations. *Earth and Planetary Science Letters*, (82): 165-179.
- Demirci M., 2009. İnatlar fosil varlığı. <http://static.panoramio.com/photos/original/>
- Dirik K., (b.t.). Aktif Tektonik Ders Notları, 29 Aralık 2009, [http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/active\\_tectonics.htm](http://yunus.hacettepe.edu.tr/~kdirik/active_tectonics.htm).
- Dreger D.S., 2002. Manual of the Time-Domain Moment Tensor Inverse Code (TDMT-INVC), Release 1.1, Berkeley Seismological Laboratory, Berkeley.
- Dündar Ş.S., 2004. Yeniçağa (Bolu) civarında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Kinematığı, Depremselliği ve Uzaktan Algılama Yöntemleriyle İncelenmesi (Yüksek Lisans tezi), Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

- Emre O., Doğan A., Şaroğlu F., Yıldırım C., Özaksoy V., 2006; Revised Active Fault Map of Northwest Anatolia: Fault geometry and kinematics surrounding the Sea of Marmara, MTA Geology Department.
- Ercan T., Ergül E., Akçören. F., Çetin. A., Granit, S., Asutay. J., 1987. Balıkesir Bandırma Arasının Jeolojisi, Tersiver VolkanumaMnm Petrolojisi ve Bölgesel Yayılımı, *MTA Dergisi*, (110): 113-130.
- Erentöz C. ve Kurtman F., 1964. 1964 yılı Manyas depremi üzerine Rapor, *MTA Dergisi* (63): 1-5.
- Ergül E., Öztürk, Z., Akçören F., Gözler Z., 1980. Balıkesir ili-Marmara denizi arasının jeolojisi: *MTA Raporu: 6760* (yayımlanmamış), Ankara.
- Etchecopar A., Vasseur G., Daigneries M., 1981. An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis: *Journal of Structural Geology*, (3): 51-65.
- Genç C., 2002. Nilüfer Biriminin Kökeni Üzerine Jeokimyasal Bir Yaklaşım (Bildiri), 55. Türkiye Jeoloji Kurultayı.
- Granit Y. ve Tintant H., 1960. Observations Preliminaires Sur Le Jurassique De La Region De Bilecik. *Comptes Rendus des Seances de l Academie des Sciences*, (251), 1801-1803, Paris.
- Herece E, 1990. 1953 Yenice-Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Biga Yarımadasındaki uzantıları. *MTA Dergisi*, (111): 47-59.
- Hubert-Ferrari A., Armijo R., King G., Meyer B., Barka A., 2002. Morphology, displacement, and slip rates along the northern Anatolian Fault, Turkey. *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2001JB000393, 107 (B10, 2235).
- Kapan–Yeşilyurt S., Taner G., 1999. Manisa (Soma) Yöresi (Batı Anadolu) Neojen Stratigrafisi ve Molluska faunası. 1, *Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu (Baksem '99) Bildiriler kitabı*, İzmir, 157- 165.
- Ketin İ., 1964. 6 Ekim 1964 Manyas Depremi esnasında zeminde meydana gelen tansiyon çatlakları, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 10, (1-2), 44-51.
- Koçyiğit A., Bozkurt E., Deveci Ş., 2006. The Transition zone between the Extensional and Strike-slip neotectonic regimes in southern Marmara region: Bursa Graben. "International Workshop on Comparative studies of the NAF (NW Turkey) and the SAF (Southern Californi).

- Kürçer A. ve Tutkun S.Z., 2004. 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi (Mw: 7,2) YüzeY Kırığı'nın Geometrik Özellikleri ve Paleosismolojik Ön Çalışma Sonuçları (Bildiri), *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 8. Toplantısı (ATAG-8) Bildiri Özleri Kitabı*, Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ, s.14.
- Matter B., Turoğlu H., Uludağ M., Cürebal İ., Yıldırım C., 2003. Uluabat-Manyas gölleri ve çevresinin jeomorfolojik gelişim modellenmesi (Bildiri), *Türküye Kuvaterner Çalıştayı IV*, İstanbul Teknik Üniversitesi Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü.
- Meade B. J., Hager B. H., McClusky S. C., Reilinger R. E., Ergintav S., Lenk O., Barka A., Ozener H., 2002. Estimates of Seismic Potential in the Marmara Sea Region From Block Models of Secular Deformation Constrained by Global Positioning System Measurements, *Bulletin of the Seismological Society of America*, (92), 208–215.
- Nebert K., 1978. Linyit içeren Soma Neojen bölgesi, Batı Anadolu, *M.T.A. Dergisi*, (90): 20-69.
- Okay A.İ., Siyako M., Burkan, K.A., 1990. Biga yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, (2):83 – 121.
- Okay, A.I., and Göncüoğlu, M.C., 2004. The Karakaya Complex: A review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, (13): 77-95.
- Över S., 1996. Analyse tectonique et etats de contrainte cenozoïques dans la zone centrale de la faïle Nord Anatolienne(Turquie), These Univ. Paris-Sud, Örsay, 4137, 260 p.
- Över S., Ünlügenç U.C., Özden S., 2001. Hatay bölgesinde etkin gerilme durumları. *Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni*, (23): 1-14.
- Özden S., 1998. Sivas havzası kuzeyinde İzmir-Ankara kenet kuşağının tektonostratigrafisi ve deformasyon biçimi (Sivas-KD Anadolu) (Doktora Tezi). C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özden S., Över S., Ünlügenç U.C., 2002. Quaternary stress regime change along the eastern North Anatolian Fault Zone, Turkey. *International Geology Review*, 44, (11): 1037-1052.
- Price N.J., 1966. Fault and joint development in brittle and semi-brittle rock, New York, Pergamon Press, 176 p.

- Pucci S., De Martini P. M., Pantosti D., 2008. Preliminary Slip rate of the Düzce segment of the North Anatolian Fault Zone from offset geomorphic markers, *Geomorphology*, 97, (3-4): 538-554.
- Sandison D., 1855. Notice of the Earthquakes at Brussa. *The Quaternely Journal of the Geological Society of London*, (11): 543-544.
- Selim H.H., 2004. Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait Yenice-Gönen, Manyas-M.Kemalpaşa, Uluabat ve Bursa faylarının Morfolojik, Sismolojik ve Jeolojik Özellikleri (Doktora Tezi), İTÜ.
- Selim H.H. and Tüysüz, O., 2004. Morphotectonic properties of the southern branch of the North Anatolian Fault. 5. International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Thessaloniki, Aristotle University, Greece.
- Selim H.H. ve Tüysüz O., 2005a. Güney Marmar Bölgesi'nin Pliyo-Kuvaterner'deki Jeodinamik Evrimi (Bildiri), Türkiye Kuvaterner Sempozyumu – V.
- Selim H.H. and Tüysüz O., 2005b. Evolution of pull-apart basins in the south Marmara region, NW Turkey. *Geophysical Research Abstracts*, 7, 01884.
- Selim H.H., Eyidoğan H., Tüysüz O., 2005a. Güney Marmara Bölgesinde tarihsel ve aletsel dönemde oluşan depremlerin sismolojik ve jeolojik incelenmesi (Bildiri), Deprem sempozyumu, Kocaeli.
- Selim H.H., Tüysüz O., Erturaç M.K., Taş Ö.K., 2005b. KAF'ın Güney Koluna Ait Yenice-Gönen ve Uluabat Fayları Üzerinde Yapılan Paleosismoloji Çalışmaları (Bildiri), *Türkiye V. Kuvaterner Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, İTÜ, AYBE, 20-25.
- Selim H.H., Tüysüz O., Barka A.A., 2006; Güney Marmara Bölümünün Tektoniği. *İTÜ Dergisi*, D, 5, (1): 151-160.
- Short N.M., 1994. *Radar and Microwave Remote Sensing*, Retrieved December 15, 2009, from [http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect8/spectrum\\_microwve.gif](http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect8/spectrum_microwve.gif).
- Şengör A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Claude Rangin, C., 2005. The North Anatolian Fault. A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, (33): 1–75.
- Şengüler İ., 2003. Güney Marmara kömürleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28, (2).
- Tarihsel Depremler*. (b.t.). 2 Ocak 2010, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/default.htm>.
- Tekeli O., 1981. Subduction complex of pre-Jurassic age, northern Anatolia, Turkey. *Geology*, Boulder, (9): 68-72.

- Türkiye Deprem Haritası* (b.t.). 2 Ocak 2010, <http://www.sayisalgrafik.com.tr>.
- Uçarkuş G., 2002. Gemlik faz zonunun aktif tektoniği, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Ens. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul, x+82s.
- Uçarkuş G., Barka A., Akyüz S., 2001. Gemlik Fay Zonu'nun paleosismik aktivitesi (Bildiri), Aktif Tektonik Araştırma Grubu (ATAG) Toplantısı-4.
- Wallace R.E., 1958. Geometry of Shearing Stres and relation to faulting. *Journal of Geol.*, (59): 118.
- Yalçinkaya S. ve Avşar Ö.P., 1980. Mustafakemalpaşa (Bursa) ve dolayının jeolojisi: *MTA Raporu*, 6717 (yayımlanmamış), Ankara.
- Yaltırak C., 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology* 190, (1/2): 493-530.
- Yılmaz Y., 1990. Allochthonous terranes in the Tethyan Middle East: Anatolia and the surrounding regions: *Philosophical Transactions of the Royal Society*, A331: 611-624.
- Yiğitbaş E. ve Bozcu M., 2006. Biga yarımadası ve Kazdağı'nın Jeolojisi, *Soma Teknik Bilimler Dergisi*, Manisa, (6/1).

## **EKLER**

Ek 1. İnceleme alanının jeoloji haritası

Ek 2. İnceleme alanındaki drenaj ağı ve UFZ tarafından akarsularda meydana getirilen ötelenmeler.

Ek 3. Arıkaya Hendeği'nin her iki duvarında tespit edilen faylar.

## ÇİZELGELER LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 1. Kinematik verilerin derlendiği istasyonlara ait genel özellikler.....	61
Çizelge 2. Fayı ve yakın çevresinde tarihsel dönemde (1900 öncesi) meydana gelmiş bazı depremlerin parametreleri (www.koeri.boun.edu.tr).....	66
Çizelge 3. İnceleme İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş ve çözümlenen bazı depremlere ait parametreler.....	70
Çizelge 4. ALOS-PALSAR uydusunun genel özellikleri.....	82



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1. İnceleme alanının 1/100.000 ölçekli Türkiye Pafta İndeksi'ndeki durumu (www.mta.gov.tr adresinden alınıp değiştirilmiştir). .....	2
Şekil 2. İnceleme alanına ait yerbulduru haritası (Google Maps kullanılarak hazırlanmıştır). .....	4
Şekil 3. İnceleme alanının sayısal yükseklik modeli. ....	5
Şekil 4. İnceleme alanının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası. ....	18
Şekil 5. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti. ....	19
Şekil 6. Karakaya Grubu içerisindeki az metamorfik ve bol çatlaklı bazik volkanik kayalar (Akçalar Belediyesi taş ocağı) (Bakış Yönü: GB'dan KD'ya; UTM: 35 T 0649698E, 4447446N). ....	22
Şekil 7. Fadıllı Köyü'nün 1,5 km güneydoğusunda görülen Orhanlar Grovakı'na ait metamorfik kırıntılılar. (Bakış Yönü: KB'dan GD'ya; UTM: 35 T 0646723E, 4444861N). .....	24
Şekil 8. Ayvaköy – Doğanalan Köyü asfaltı üzerinde görülen Bayırköy Formasyonu'na ait kumtaşı mostrası(Bakış Yönü:KB'dan GD'ya; UTM: 35 T 0643832E, 4442734N). ....	27
Şekil 9. Dorak Köyü'nün Doğusunda yüzlek veren, Orta Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarının görünümü (Bakış Yönü: GD'dan KB'ya; UTM: 35 T 0635408E, 4440095N). ....	29
Şekil 10. Bilecik kireçtaşlarının İnatlar eski yerleşim birimi civarındaki Ammonit fosilleri (Demirci 2009). ....	30
Şekil 11. Hasanağa Sanayi Sitesi içerisinde Değirmendere Formasyonu'na ait birimlerin görünümü (Bakış Yönü: GB'dan KD'ya; UTM: 35 T 0651220E, 4448359N). ....	33
Şekil 12. Hasanağa sanayi bölgesi'nin kuzeyinde yer alan Hamamlı Formasyonuna ait karasal birimler (Bakış Yönü : Doğu'dan Batı'ya; UTM: 35 T 0651232E, 4449062N). ...	35
Şekil 13. Hasanağa sanayi bölgesi içerisinde yer alan Hamamlı Formasyonuna ait karasal birimler.(Bakış Yönü: Batı'dan Doğu'ya; UTM: 35 T 0651232E, 4449062N). ....	35
Şekil 14. Karacaoba Köyü batısında, Bursa-Çanakkale karayolu üzerinde mostra veren Karacaoba tüfleri (Bakış Yönü: Güney'den Kuzey'e; UTM: 35 T 0645607E, 4453093N). .....	37

Şekil 15. Arabistan ve Avrasya levhalarının K-G doğrultulu sıkıştırması sonucu KAF ve DAF boyunca batıya kaçıışı ve doğudaki sıkışmaya karşılık batıda görülen açılma rejimi (Armijo ve ark., 1999).....	39
Şekil 16. Akçalar Belediyesi taş ocağının güneyinde Triyas yaşlı Karakaya Formasyonu'na ait bazik volkanitler ile Orta Üst Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşı'nın uyumsuz dokanağı (Bakış Yönü: Güneyabtı'dan Kuzeydoğu'ya; UTM: 35 T 0650014E, 4446757N).....	43
Şekil 17. Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu'na ait birimler ve üzerinde açışal uyumsuz olarak bulunan Kuvaterner yaşlı taraçalar (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM: 35 T 0626177E, 4434595N).....	43
Şekil 18. Üçbeyli Köyü güneydoğusunda Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik Kireçtaşlarındaki kıvrımların görünümü, Doğu'dan Batı'ya (Bakış Yönü: Kuzey'den Güney'e; UTM: 35 T 0626314E, 4432583N). ....	44
Şekil 19. Uluabat Fayı'nı oluşturan zonlar ve bu zonlara ait segmentler. ....	48
Şekil 20. Hasanağa sanayi sitesinin güney sınırında bir fabrika için açılan yarmada görülen Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu içerisinde görülen eğim atımlı normal fay (Bakış Yönü: Güneybatı'dan Kuzeydoğu'ya; UTM: 35 T 0651220E, 4448359N).....	49
Şekil 21. Hasanağa sanayi sitesinin güney sınırında bir fabrika için açılan yarmada görülen Miyosen yaşlı Değirmendere Formasyonu içerisinde görülen eğim atımlı normal fay (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM: 35 T 0651220E, 4448359N).....	49
Şekil 22. Hasanağa Sanayi Sitesi Akyapak Makine Sanayi'nin kuzeydoğusunda, Uluabat Fayı'nın kestiği Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu birimlerinde görülen eğim atımlı normal fay (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0651298E, 4449022N). ....	50
Şekil 23. Hasanağa Sanayi Sitesi Akyapak Makine Sanayi'nin kuzeydoğusunda, Uluabat Fayı'nın kestiği Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu birimlerinde görülen eğim atımlı normal faylar (Bakış Yönü : Doğu'dan Batı'ya; UTM: 35 T 0651232E, 4449062N).....	51
Şekil 24. Akçalar atık depolama sahasından doğuya doğru giden toprak yol üzerinde fabrika inşaatı için açılan temelde gözlenen normal fay düzlemi (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM : 35 T 0651136E, 4448154N). ....	51
Şekil 25. Akçalar Beldesi doğusunda, Pliyosen yaşlı Hamamlı Formasyonu'na ait killi, kumlu, çakıllı birimler içerisinde görülen normal fay (Bakış Yönü Doğu'dan Batı'ya; UTM: 35 T 0649345E, 4448475N).....	52

Şekil 26. Uluabat Gölü'nün kuzeyinde, karasal akarsu çökellerini kesen bir normal fay (Bakış Yönü: Kuzey'den Güney'e; UTM: 35 T 0630533E, 4456242N). .....	52
Şekil 27. Orta - Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarından derlenen tabaka durumlarının doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı ve deformasyona neden olan sıkışma yönü. 53	
Şekil 28. Akçalar Beldesi atık depolama sahasının güneyindeki mostrada görülen, Triyas yaşlı bazik volkanik kayalara ait iyi gelişmiş çatlak sistemleri (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0648920E, 4447297N). .....	54
Şekil 29. Akçalar Beldesi atık depolama sahası civarında bulunan, Triyas yaşlı bazik volkanik kayalara ait iyi gelişmiş çatlak sistemleri (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0648747E, 4447106N). .....	55
Şekil 30. Triyas yaşlı bazik volkanik kayalardan derlenen eklem çatlak düzlemlerinin doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı ve deformasyona neden olan sıkışma yönü. 55	
Şekil 31. Orta - Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşlarından derlenen eklem çatlak düzlemlerinin doğrultularına göre hazırlanan gül diyagramı ve deformasyona neden olan sıkışma yönü. 56	
Şekil 32. Bir faya ait blok diyagram üzerinde öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile ölçülen kayma vektörü (S) arasındaki açı ( $\sigma_1$ , $\sigma_2$ ve $\sigma_3$ sırasıyla sıkışma, ortaç ve genişleme ana gerilme yönleri) (Över ve ark., 2001). .....	60
Şekil 33. İnceleme alanı içerisinde, kinematik analiz yapmak amacıyla oluşturulan istasyonların haritadaki yerleri. ....	61
Şekil 34. Doğrultu atımlı gerilme rejimine ait istasyonlarda lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarım küre (Wulf) üzerinde gösterimi. (Öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (S) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir). .....	63
Şekil 35. Tansiyonel gerilme rejimine ait istasyonlarda lokasyonlarda gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarım küre (Wulf) üzerinde gösterimi (Öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (S) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir). .....	64
Şekil 36. Sıkışmalı gerilme rejimine ait tek istasyon olan (İstasyon-3a)'da gerçekleştirilen kinematik analiz sonuçlarının eşit açılı alt yarım küre (Wulf) üzerinde gösterimi (Öngörülen kayma vektörü ( $\tau$ ) ile hesaplanan kayma vektörü (S) arasındaki sapma açısının dağılımı histogramlarda verilmiştir). .....	65
Şekil 37. İnceleme alanında elde edilen bölgesel gerilme durumlarının toplu olarak gösterimi. ....	66

Şekil 38. Uluabat Fayı ve yakın çevresinde tarihsel dönemde (1900 öncesi) meydana gelmiş bazı depremler (Deprem verileri <a href="http://www.koeri.boun.edu.tr">www.koeri.boun.edu.tr</a> adresinden derlenmiştir).	67
Şekil 39. 1900–2010 yılları arasında yani aletsel dönemde inceleme alanı içerisinde meydana gelen depremlerin büyüklüklerine göre dağılımı (Deprem verileri <a href="http://www.sayisalgrafik.com">www.sayisalgrafik.com</a> adresinden derlenmiştir).....	68
Şekil 40. 1900–2010 yılları arasında Uluabat gölü ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin episantr dağılımları (Deprem verileri <a href="http://www.sayisalgrafik.com">www.sayisalgrafik.com</a> adresinden derlenmiştir).....	69
Şekil 41. İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş bazı depremlerin episantrları ve odak mekanizması çözümleri. ....	71
Şekil 42. İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş bazı depremlerin ters çözümleri. ....	71
Şekil 43. İnceleme alanı ve çevresinde 2003-2006 yılları arasında meydana gelmiş bazı depremlerin ters çözümlerinden elde edilen etkin sıkışma ve açılma yönleri. ....	72
Şekil 44. Arıkaya Hendeği ve Selim (2004) tarafından açılan hendeklerin yerlerini gösteren harita.....	74
Şekil 45. Uluabat Gölü'nün güney kenarında, Arıkaya Hendeği'nin açılacağı bölgede morfolojide meydana gelen değişim (Bakış Yönü: Güneydoğu'dan Kuzeybatı'ya; UTM: 35 T 0644097E, 4444903N). ....	75
Şekil 46. Uluabat Gölü'nün güney kenarında, Fadıllı Köyü'nün 1500 m güneybatısında ve Arıkaya Sırtı'nın kuzeyinde Uluabat Fayı'na yaklaşık dik olarak açılan Arıkaya Hendeği'nin görünümü. (Bakış Yönü: Kuzeybatı'dan Güneydoğu'ya; UTM: 35 T 0644097E, 4444903N). ....	76
Şekil 47. Arıkaya Hendeği'nin batı duvarında tespit edilen ters fay(F1). ....	77
Şekil 48. Arıkaya Hendeği'nin doğu duvarında tespit edilen doğrultu atımlı fay zonu. ....	77
Şekil 49. Arıkaya Hendeği'nin doğu ve batı duvarı haritalama için gridlendikten sonra ters fayın ve buna antitetik ve ikincil olarak oluşan normal fayın görünümü. ....	78
Şekil 50. Fadıllı Köyü'ne 1.5 km mesafede açılan hendeğin doğu ve batı duvarında tespit edilen birimler ve süreksizlikler.....	79
Şekil 51. Elektromagnetik spektrumun dalga boyları( <a href="http://image.absoluteastronomy.com">http://image.absoluteastronomy.com</a> ). ....	81
Şekil 52. Elektromagnetik spektrumun mikrodalga boyları (Short, (1994)'den değiştirilmiştir).....	81

Şekil 53. ALOS-PALSAR uydusunun yeryüzünü tarama modları ve farklı özelliklere sahip görüntü elde edilmesi(www.nik.com.tr).....	83
Şekil 54 ALOS-PALSAR uydusu inceleme (Fine Mode) tipinde tarama yaparken inceleme alanı üzerinden aldığı görüntüler (611/80 no’lu çerçeve inceleme alanını içine alıyor).....	83
Şekil 55. Bu çalışma kapsamında kullanılan ve inceleme alanını da kapsayan tek polarizasyonlu (HH), 10 m çözünürlüklü, (Fine Mode) tipinde ALOS-PALSAR görüntüsü. ....	84
Şekil 56. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsünün filtrelenmeden önceki orijinal hali.....	86
Şekil 57. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsünün parazitlerin ortadan kaldırılmasına yönelik Lee-Sigma filtresi uygulandıktan sonraki görünümü. ....	87
Şekil 58. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsünün parazitlerin ortadan kaldırılmasına yönelik Gamma Map filtresi uygulandıktan sonraki görünümü.....	87
Şekil 59. İnceleme alanını içerisine alan ALOS-PALSAR görüntüsüne, kuzeyden ışık verilerek kenar belirleme filtresi uygulandıktan sonraki görünümü. ....	88
Şekil 60. İnceleme alanını kapsayan ALOS-PALSAR görüntüsüne, kuzey yönlü ışık verilerek kenar belirleme işlemi yapıldıktan sonraki görünümü ve tespit edilen çizgisellikler.....	89
Şekil 61. ALOS-PALSAR radar görüntüsünde tespit edilen çizgisellikler kullanılarak hazırlanan gül diyagramı. ....	89

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mehmet Tufan BİRCAN

Doğum Yeri: Ankara

Doğum Tarihi: 14.03.1980

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi(2003-2007)

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi(2007-2010)

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

### BİLİMSEL FALİYETLER

#### Bildiriler

Özden, S., Bekler, T., Tutkun, S. Z., Kürçer, A., Ateş, Ö., Bekler, F., Kalafat, D., Gündoğdu, E., **Bircan, T.**, Çınar, S., Çağlayan, Ö., Gürgen, M., İşler, H., Yalçınöz, A., 2008, Biga Yarımadası ve Marmara Denizi Güneyinin Sismotektoniği ATAG-12, Bildiri Özleri Kitapçığı, Sayfa 48-49, Akçakoca, Türkiye.

### İŞ DENEYİMİ

Ankara City Hospital (Bilgi İşlem Sorumlusu) (2000-2002).

### İLETİŞİM

E-Posta Adresi: mtufanbircan@hotmail.com