

**Büyük Menderes Grabeninin Batı Kesiminin
Morfotektonik Özellikleri ve Tarihsel Deprem Aktivitesi**

Önder Yönlü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak 2008

**Morphotectonic Characteristics and Historical Earthquake Activity
of The Western Part of The Büyük Menderes Graben**

Önder Yönlü

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

January 2008

Büyük Menderes Grabeninin Batı Kesiminin
Morfolotektonik Özellikleri ve Tarihsel Deprem Aktivitesi

Önder Yönlü

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliđi Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Genel Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof.Dr. Erhan Altunel

Ocak 2008

Önder YÖNLÜ' nün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Büyük Menderes Grabeninin Batı Kesiminin Morfotektonik Özellikleri ve Tarihsel Deprem Aktivitesi” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye : Prof. Dr. Erhan Altunel

Üye : Prof. Dr. H. Serdar Akyüz

Üye : Prof. Dr. Halim Mutlu

Üye : Doç. Dr. Faruk Ocakoğlu

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hatice Kutluk

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Büyük Menderes Fay Zonu (BMFZ), Batı Anadolu'nun en önemli aktif fay zonlarından biridir. Aletsel ve tarihsel dönemde fay zonu üzerinde birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir ve bunlardan bazıları yüzey kırığı oluşturmuştur. Yapılan çalışmada, fay zonu üzerinde meydana gelmiş büyük ve yıkıcı tarihsel depremlerin yüzey kırıkları üzerinde jeolojik ve morfolojik gözlemler yapılmış ve fay zonunun Germencik'ten Ege Denizi'ne kadar olan kesimi ayrıntılı haritalanmıştır. Morali köyü batısında yapılan paleosismoloji çalışmasında 3 farklı olaya karşılık gelen faylanmalar tespit edilmiştir. Ayrıca Söke yakınlarında bulunan bir taş ocağı yarmasının güncel alüvyonlarında 3 farklı depremin izleri belirlenmiştir.

Aktif fay zonları üzerinde bulunan antik yerleşimler tarihsel depremlerin izlerini taşımakta ve tarihsel depremlerin büyüklükleri, yer değiştirme miktarları ile tekrarlanma periyotları gibi bilgilerin elde edilmesinde önemli katkılar sağlamaktadır. Priene antik kenti BMFZ'nun KD-GB doğrultulu batı segmenti üzerinde yer almaktadır ve tarihsel dönemde fay zonu üzerinde meydana gelmiş olan depremlerden etkilenmiş ve yapılarında hasarlar meydana gelmiştir. Sazlıköy'de bulunan ve 16.yy Osmanlı yapımı olan köprü üzerinde faylanmaya bağlı deformasyon belirlenmiş ve yersel LİDAR ile ölçümü yapılarak köprü üzerindeki deformasyon miktarı hassas olarak saptanmıştır.

Yapılan hendek çalışmasında, faylar tarafından kesilmiş olan birimler OSL yöntemi (Optically Stimulated Luminescence) ile yaşlandırılmış ve toplamda 132 cm'lik atım oluşturan üç farklı olayın 3000 yıl içerisinde meydana geldiği belirlenmiştir. Bu veri BMFZ'nun bu kesimindeki açılma hızının Holosen döneminde 0.25 mm/yıl olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyük Menderes Grabeni, Morfoloji, Arkeosismoloji, Paleosismoloji, Aktif Fay, Tarihsel Deprem

SUMMARY

The Büyük Menderes Fault Zone (BMFZ) is one of the most important active fault zones of western Turkey. The fault zone reactivated during the 20th century and in the historical times and involved surface rupturing earthquakes. In this study, geological and morphological observations were made on surface ruptures of large historical earthquakes. In addition, fault zone was mapped in detail between Germencik in the east and Aegean Sea in the west. Paleoseismological studies indicated 3 different faulting around Moralı village. Furthermore, 3 different faulting events were observed in Quaternary sediments in a man made cliff near Söke.

Ancient cities which are located on the active faults, provide evidence for large historical earthquakes and these evidences are reliable to estimate some parameters of historical earthquakes. The ancient city of Priene was located on the NE-SW trending western segment of the BMFZ and it was affected by historical earthquakes several times. In addition, an Ottoman bridge dated to 16th century A.D. was deformed by earthquakes near Sazlıköy and displacement on it was measured precisely by LIDAR.

In the trench study, offset units were dated by OSL technique (Optically Stimulated Luminescence) and trench studies showed that 3 different events, which caused 132 cm cumulative offset, occurred in 3000 years. This data indicates that extension rate on this part of the BMFZ is about 0.25 mm/year in Holocene.

Key words: Büyük Menderes Graben, Morphology, Archeoseismology, Paleoseismology, Active Fault, Historical Earthquake

TEŞEKKÜR

Gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmamda, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan ve en önemlisi bana bu fırsatı sunan danışmanım Prof. Dr. Erhan ALTUNEL'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmasının her aşamasında, özellikle arazi çalışmalarında ve yorumlanmasında önemli katkılarından dolayı Dr. Volkan KARABACAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarının değerlendirilmesinde yönlendirici fikirlerinden dolayı Prof. Dr. Serdar AKYÜZ'e teşekkür ederim.

Sığ jeofizik yöntemi GPR'ın arazi çalışmalarında uygulanması ve verilerinin yorumlanmasında katkılarından dolayı Jeo. Yük. Müh. C. Çağlar YALÇINER'e teşekkür ederim.

Paleosismolojik çalışmalarda kullanılan yaş analizlerinin yapılmasında Prof. Dr. Nafiye G. KIYAK'a ve Murat MANAZ'a teşekkür ederim.

Arkeolojik verilerin değerlendirilmesinde sağladıkları bilgiler ve desteklerinden dolayı Prof. Dr. Vedat İDİL, Prof. Dr. Orhan BİNGÖL ve Doç. Dr. Musa KADIOĞLU'na teşekkür ederim.

Son olarak, tüm öğrenim sürem içinde bütün varlıklarıyla bana en büyük desteği sağlayan anneme, babama ve abime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması 105Y348 nolu TÜBİTAK Projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	5
1.2. Çalışma Yöntemi.....	7
1.2.1. Fay zonu morfolojisi.....	9
1.2.2. Arkeosismoloji.....	9
1.2.3. Paleosismoloji.....	10
1.2.4. Morfometrik ölçümler.....	11
1.2.5. Sığ jeofizik çalışmalar.....	11
1.2.6. OSL yaşlandırma yöntemi.....	11
2. ÇALIŞMA ALANININ SİSMOTEKTONİĞİ ve JEOLJİSİ.....	12
2.1. Çalışma Alanının Neotektonik Konumu.....	12
2.1.1. Büyük Menderes Fay Zonu ve genel özellikleri.....	14
2.1.2. Büyük Menderes Fay Zonunun batı kesiminin depremselliği.....	14
2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	19
3. ARAZİ GÖZLEMLERİ.....	25
3.1. Grabenin Kuzey Kesimi.....	26

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.1.1. Moralı segmenti.....	26
3.1.2. Söke segmenti.....	38
3.1.3. Priene segmenti.....	44
3.2. Grabenin Güney Kesimi.....	51
4. ARKEOSİSMOLOJİK GÖZLEMLER.....	59
4.1. Priene Antik Kenti.....	59
4.1.1. Sarsıntıya bağlı gelişen hasarlar.....	64
4.1.2. Yüzey deformasyonuna bağlı gelişen hasarlar.....	69
4.2. Tarihi Osmanlı Köprüsü.....	79
4.3. Tarihi Su Kemerleri.....	82
5. PALEOSİSMOLOJİK ÇALIŞMALAR.....	84
5.1. Moralı Hendeği.....	84
5.2. Söke yarması.....	90
6. TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	93
7. KAYNAKLAR.....	99

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Ülkemiz sınırları içerisinde ve çevresindeki önemli aktif fayların konumu.	2
1.2. Batı Anadolu'nun ana tektonik elemanlarının genelleştirilmiş haritası.	3
1.3. Büyük Menderes Fay Zonu'nun SRTM dataları kullanılarak oluşturulmuş yükselti haritası üzerinde gösterimi.	4
1.4. Büyük Menderes Fay Zonu'nun batı kesimimin 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerine çizilen genelleştirilmiş haritası.	6
1.5. BMFZ'nun Germencik'ten Ege denizine kadar uzanan batı kesiminde çalışma alanının sınırlarını gösteren sayısal yükseklik haritası.	7
1.6. Neotektonik araştırmalarda kullanılan yöntemlere ait verilerin etkin olduğu yaş aralıkları dağılımı.	8
2.1. 1955 Söke-Balat depreminin eşşiddet haritası.	20
2.2. Çalışma alanının SRTM verileri kullanılarak elde edilmiş sayısal yükseklik modeli üzerine işlenmiş jeolojik haritası.	21
2.3. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Permiyen yaşlı kireçtaşları.	23
2.4. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Neojen birimleri.	24
2.5. Çalışma alanında, grabenin güney kenarında gözlenen Paleozoyik yaşlı metamorfikler.	25
3.1. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Germencik ile Sazlıköy arasında kalan kesiminin genelleştirilmiş jeoloji haritası.	28
3.2. Germencik güneyinde Reisköy civarında gözlenen morfolojik sarplıklar.	28
3.3. Moralı köyü doğusunda gözlenen fay sarplıkları.	29
3.4. Moralı köyü batısında gözlenen normal fay morfolojisi.	30
3.5. Moralı köyü batısında uygulanan GPR profillerinin konumu.	30
3.6. Moralı köyü batısında alınan 2 nolu GPR profilinin görünümü.	31
3.7. Moralı köyü batısında Küçükali Tepe'si önlerinde gözlenen fay sarplığı.	32

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.8. Argavlı köyü civarında fay morfolojisinden bir görünüm.	33
3.9. Argavlı köyü civarında fayın arazideki izi.	34
3.10. Argavlı köyü batısında fay zonu morfolojisinden bir görünüm.	35
3.11. Sazlıköy yakınlarında gözlenen kıvrımlanmış Permien yaşlı kireçtaşları.	36
3.12. Sazlıköy doğusunda açılmış olan yarmada gözlenen fay düzlemleri.	37
3.13. Sazlıköy beldesinde gözlenen heyelan olayı.	38
3.14. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Sazlıköy ile Gülemez arasında kalan kesimini gösteren haritası.	39
3.15. Çalışma alanında fayın Söke ile Sazlıköy arasında kalan kısmında kireçtaşları ile yamaç molozu içerisinde gözlenen fay düzlemleri.	40
3.16. Söke merkezinde fay morfolojisinden görüntüler.	41
3.17. Çalışma alanında Söke şehir merkezi ve civarında gözlenen Neojen birimleri. ..	42
3.18. Fay zonu Söke merkezinde Neojen birimlerinden oluşan yükseltilerin güneyinde yaklaşık D-B doğrultusunda uzanmakta ve Söke batısında güneye doğru büyük bir sıçrama yapmaktadır.	43
3.19. Gülemez beldesi batısında fay zonunun yaratmış olduğu morfolojiden bir görünüm.	44
3.20. Gülemez batısında taş ocağı yarmasında, fay tarafından birbirinden ayrılan Kireçtaşları ile Neojen birimleri ve Neojen birimleri üzerinde biriken yamaç molozu.	45
3.21. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Güzelköy ile Ege denizi arasında kalan kesimini gösteren haritası.	46
3.22. Güllübahçe doğusunda fay morfolojisinden bir görünüm.	47
3.23. Güllübahçe batısında gözlenen ütü altı yapısı.	48
3.24. Yuvacı köyü KD'sunda gözlenen fay aynaları.	49
3.25. Fay zonunun Yuvacı köyü ile Ege denizi arasındaki kesiminin Google Earth uydu görüntülerinden elde edilmiş görünümü.	50

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.26. Atburgazı beldesi ile Tuzburgazı köyü arasında fay morfolojisinden bir görünüm.	51
3.27. Doğanbey köyü güneyinden Büyük Menderes nehri deltasından genel bir görünüm.	51
3.28. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Tekeli köyü ile Tepeköy arasında kalan kesimini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.	53
3.29. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Tepeköy ile Ege denizi arasında kalan kesimini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.	54
3.30. Grabenin güney kenarında kireçtaşları üzerinde gözlenen fay kırıkları.	55
3.31. Bafa gölü batısında kireçtaşları içerisinde gözlenen fay düzlemleri ve bu düzlemlerde gelişmiş gri renkli fay kili.	56
3.32. Bafa gölü batısında fay morfolojisinden bir görünüm.	57
3.33. Fay zonunun Ege denizine ulaştığı noktada kireçtaşları üzerinde gözlenen fay düzlemleri ve kırık zonlar.	58
4.1. Büyük Menderes Grabeni'nin batı kesiminde yer alan tarihi yapılar.	60
4.2. Priene antik kentinin bulunduğu alanın morfolojik görünümü.	61
4.3. Priene antik kentinin bulunduğu alandan bir kesit görünüm.	62
4.4. Stadyumun kuzeyinde gözlenen fay yüzeyi.	62
4.5. Priene antik kenti içinde Athena tapınağı batısında gözlenen KD-GB doğrultulu fay düzlemi ve fay düzlemi üzerinde meydana gelmiş fay breşi.	63
4.6. Athena tapınağının kuzeyinde gözlenen ve ana fay düzlemine paralel gelişmiş antitetik fay yüzeyi.	64
4.7. Priene antik kenti tiyatrosu duvarlarında gözlenen hasarlar.	65
4.8. Tiyatro sahnesinin restorasyon ile birleştirilmiş tavan elemanları.	66
4.9. Bizans bazilikasında deprem sarsıntıları ile devrilmiş olan sütunların ve yapıtaşlarının taban dökülmesinde bırakmış oldukları izler.	67
4.10. Athena tapınağının sütunlarında gözlenen sarsıntıya bağlı deformasyon izleri. ..	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.11. Neotektonik normal fayların aktivitesini tavan blok üzerinde devam ettirmesi sonucu taban blok üzerinde meydana gelen basamak şeklindeki sarplık ve ana fay etrafındaki kırık zonu	69
4.12. Priene antik kenti ve üzerinde gözlenen deformasyonların lokasyonunu gösteren planı.	70
4.13. Antik kentin doğu girişinde bulunan D-B doğrultulu duvar üzerinde gözlenen tadilat izi.	71
4.14. Yukarı gymnasium'un doğu duvarında gözlenen farklı yapım aşamaları.	72
4.15. K-G yönlü cadde duvarının kuzeye eğimlenmiş ve deforme olmuş blokları.	72
4.16. Agoranın doğusunda gözlenen deformasyonlar.	73
4.17. Bulueterion'nun K-G doğrultulu batı duvarındaki deformasyonun izleri.	74
4.18. Agoranın batısındaki bir yapıya ait taban taşlarındaki deformasyon.	74
4.19. Priene antik kentinde agorada gözlenen deformasyon.	75
4.20. Kutsal salonun (Sacret stoa) batısındaki bir duvarda gözlenen deformasyon.	76
4.21. Agoranın batısında anakaya üzerinde fayın hareketi sonucunda meydana gelen deformasyonun izi.	77
4.22. Priene antik kenti çarşısında gözlenen deformasyon.	78
4.23. Sazlıköy beldesindeki tarihi Osmalı köprüsü.	79
4.24. Tarihi köprü üzerindeki sağ yanal olarak gözlenen deformasyon.	79
4.25. Tarihi Osmanlı köprüsünü yersel lidar ile elde edilen üç boyutlu görüntüsü.	80
4.26. Tarihi Osmanlı köprüsünün kuşbakışı görüntüsü.	81
4.27. Güllübahçe batısındaki tarihi su kemeri.	82
5.1. Morali hendeği lokasyon haritası.	84
5.2. Hendek alanında 500 MHz lik anten ile K-G yönlü olarak alınmış GPR profilinin filtre edilmiş görüntüsü.	85

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

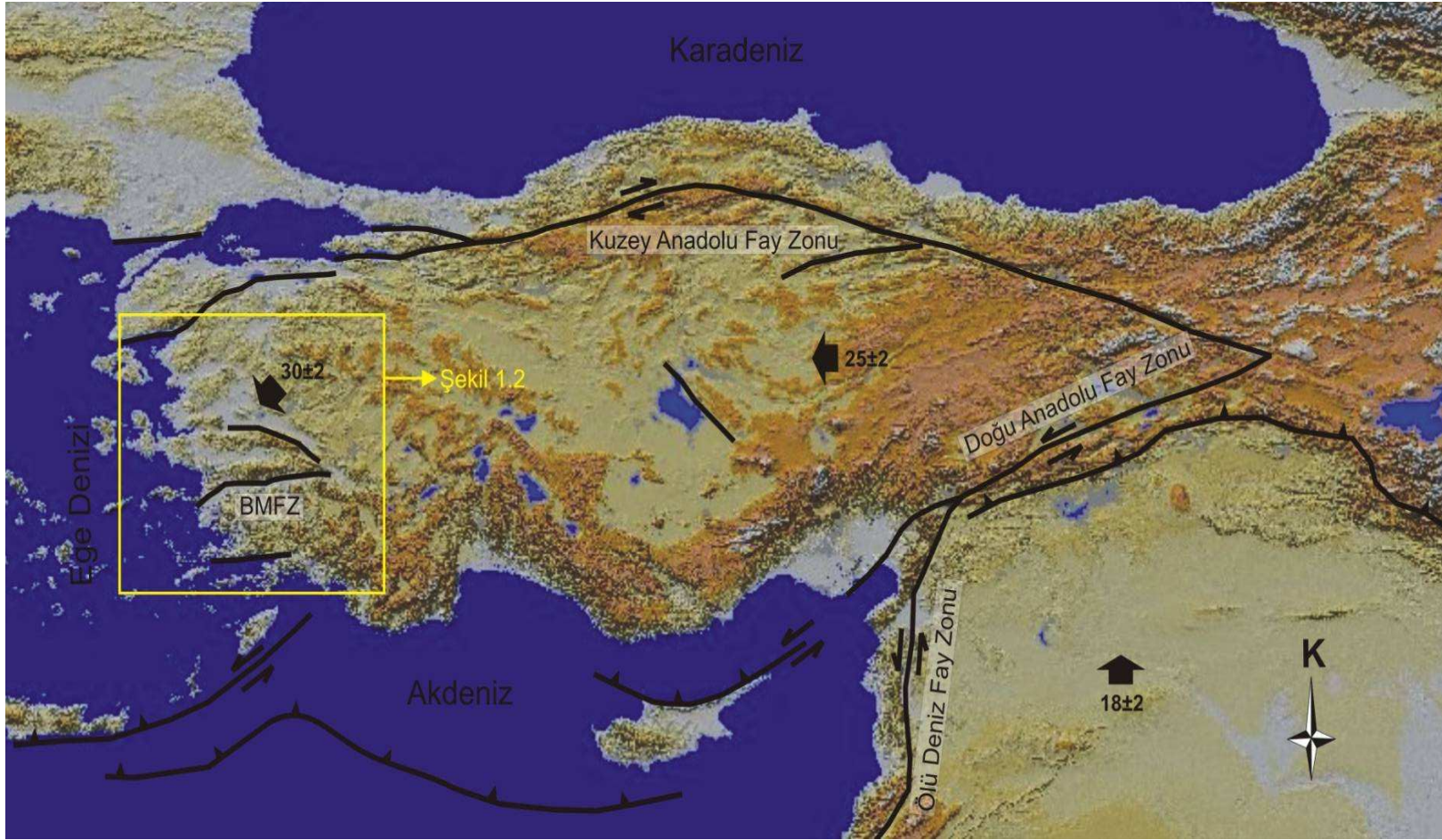
<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.3. Moralı hendeği batı duvar logu.	87
5.4. Moralı hendeği doğu duvar logu.	88
5.5. Söke yarması lokasyon haritası.	90
5.6. Taş ocağı yarması üzerinde loglanan kesimin konumu ve fay morfolojisinden bir görünüm.	90
5.7. Söke yarması logu.	91

ÇİZELGELER DİZİNİ

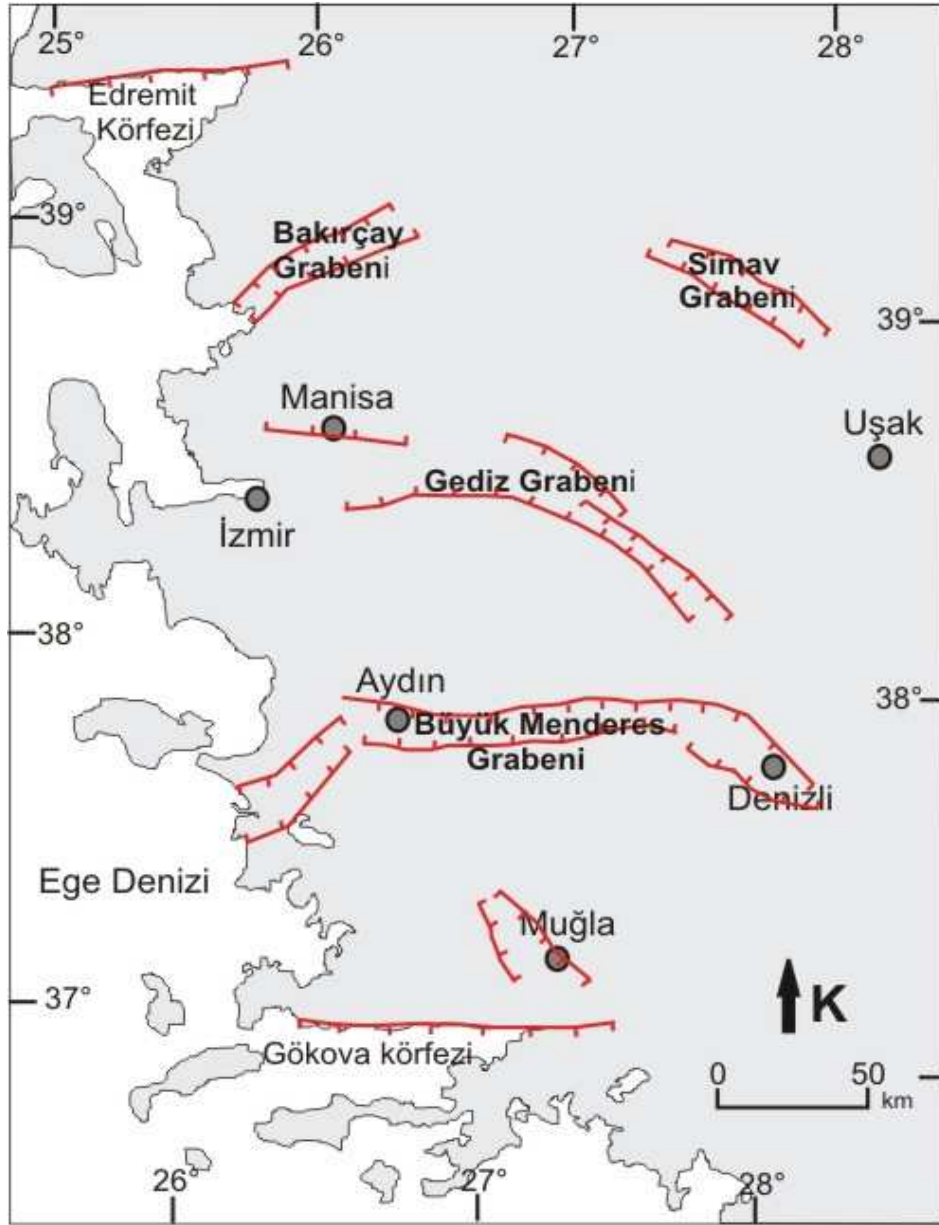
<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Batı Anadolu Bölgesi'ndeki K-G genişleme tektoniğinin başlangıç yaşını belirten çeşitli çalışmalar.	13
2.2. Büyük Menderes Grabeni'ninde meydana gelen kaydedilmiş tarihsel depremler.	16
5.1. Morali hendeği OSL analiz sonuçları.	89

1. GİRİŞ

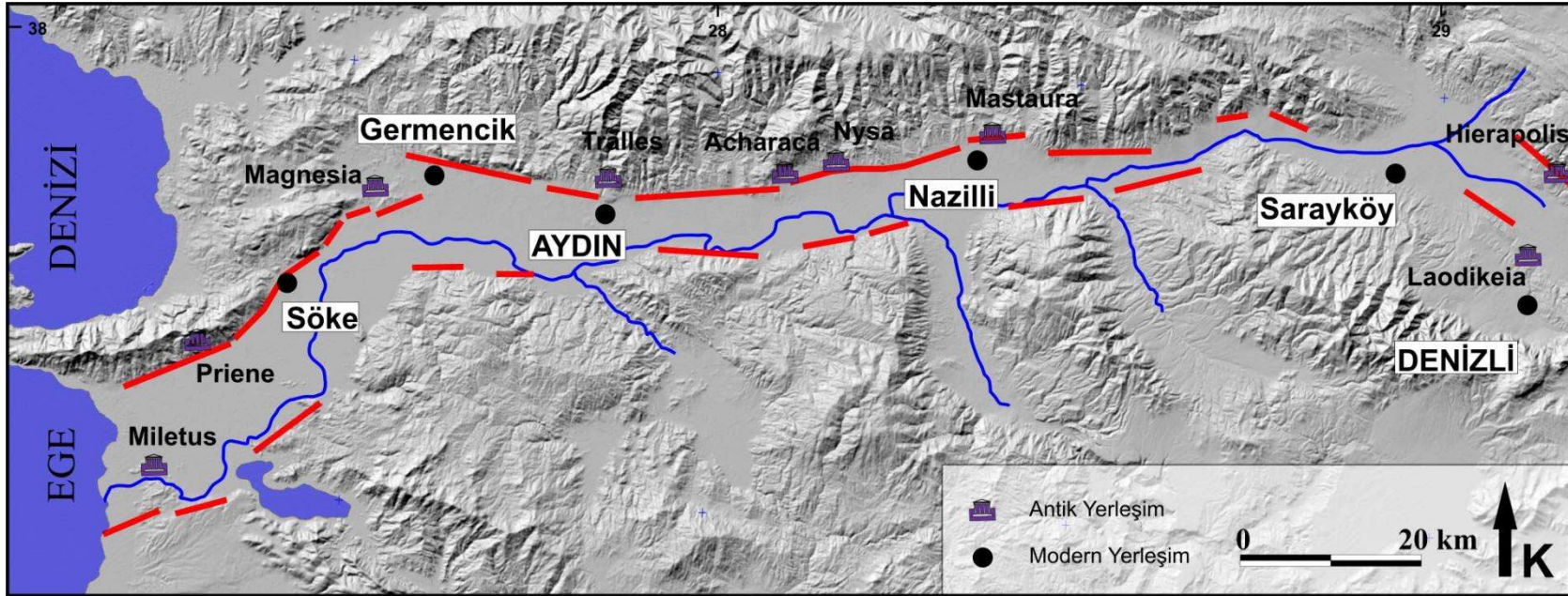
Büyük Menderes Fay Zonu (BMFZ) Türkiye’de aktif tektoniğin gözlemlendiği en önemli alanlardan biri olan Ege açılma bölgesi içinde yer almaktadır (Şekil 1.1). Günümüzde KKD-GGB yönlü açılmanın etkisi altında bulunan Batı Anadolu’da, D-B doğrultulu ana grabenler ile KD-GB ve KB-GD doğrultulu aktif graben sistemleri gelişmektedir (Dewey ve Sengör 1979; Şengör 1980, 1982; Paton 1992; Seyitoğlu ve Scott 1992; Cohen *ve diğ.* 1995; Koçyiğit *ve diğ.* 1999; Bozkurt 2000, 2001) (Şekil 1.2). Bunların en önemlilerinden biri olan Büyük Menderes Grabeni (BMG) kuzeyde aktif normal faylar tarafından sınırlanmaktadır (Altunel 1997, 1999; Bozkurt 2000; Cohen *ve diğ.* 1995; Hakyemez *ve diğ.* 1999; Koçyiğit *ve diğ.* 1999; Paton 1992; Seyitoğlu ve Scott 1992; Sözbilir 2000; Şengör 1980, 1982). Grabenin karalar içinde kalan kesiminin uzunluğu yaklaşık 150 km ve genişliği 5 ile 20 km arasında değişmektedir. KKD-GGB yönlü gerilmelerin altında gelişen Batı Anadolu bölgesi üzerinde GPS verilerine göre 30 mm/yıl’lık hareket hızı bulunmaktadır (McClusky *ve diğ.* 2003). Genel yönelimi D-B olan fay zonu Germencik-Ortaklar civarında KD-GB doğrultusu kazanarak yaklaşık K30D doğrultusunda Ege Denizi içine kadar devam etmektedir (Şekil 1.3). Fay zonunun Ortaklar’dan Ege Denizi’ne kadar uzanan bu kesimi üzerinde tarihsel dönemlerde ve 20. Yüzyılda birçok hasar yapıcı büyük deprem meydana gelmiştir (Ambraseys 1988; Ambraseys ve Finkel 2006). Bu depremlerden bazıları yüzey kırığı meydana getirirken, bir kısmı ise çevre yerleşimlerde sarsıntıya bağlı hasarlara neden olmuştur. Fay zonu üzerindeki günümüz yerleşimleri son yüzyıl içerisinde meydana gelen depremlerden etkilenmiş ve üzerlerindeki yapılarda hasarlar meydana gelmiştir. Bu depremlerden biri olan 16 Temmuz 1955 Söke-Balat depremi (M=6.8) özellikle Balat ve çevresinde büyük hasara neden olmuştur. Tıpkı bu depremde olduğu gibi antik dönemde varlığını sürdüren diğer yerleşimler de, fay zonunun bu kesimi üzerinde meydana gelmiş olan depremlerden etkilenmiş ve yapılarında hasarlar meydana gelmiştir.



Şekil 1.1. Ülkemiz sınırları içerisinde ve çevresindeki bazı önemli aktif fayların konumu (Şaroğlu ve diğ. 1992; Bozkurt 2001' den yararlanılarak çizilmiştir). Kalın oklar plaka hareket yönlerini, rakamlar mm/yıl cinsinden plaka hızlarını göstermektedir (McClusky, ve diğ. 2000).



Şekil 1.2. Batı Anadolu'nun ana tektonik elemanlarının genelleştirilmiş haritası (Şaroğlu ve diğ. 1992 ve Bozkurt 2001' den yararlanılarak çizilmiştir).

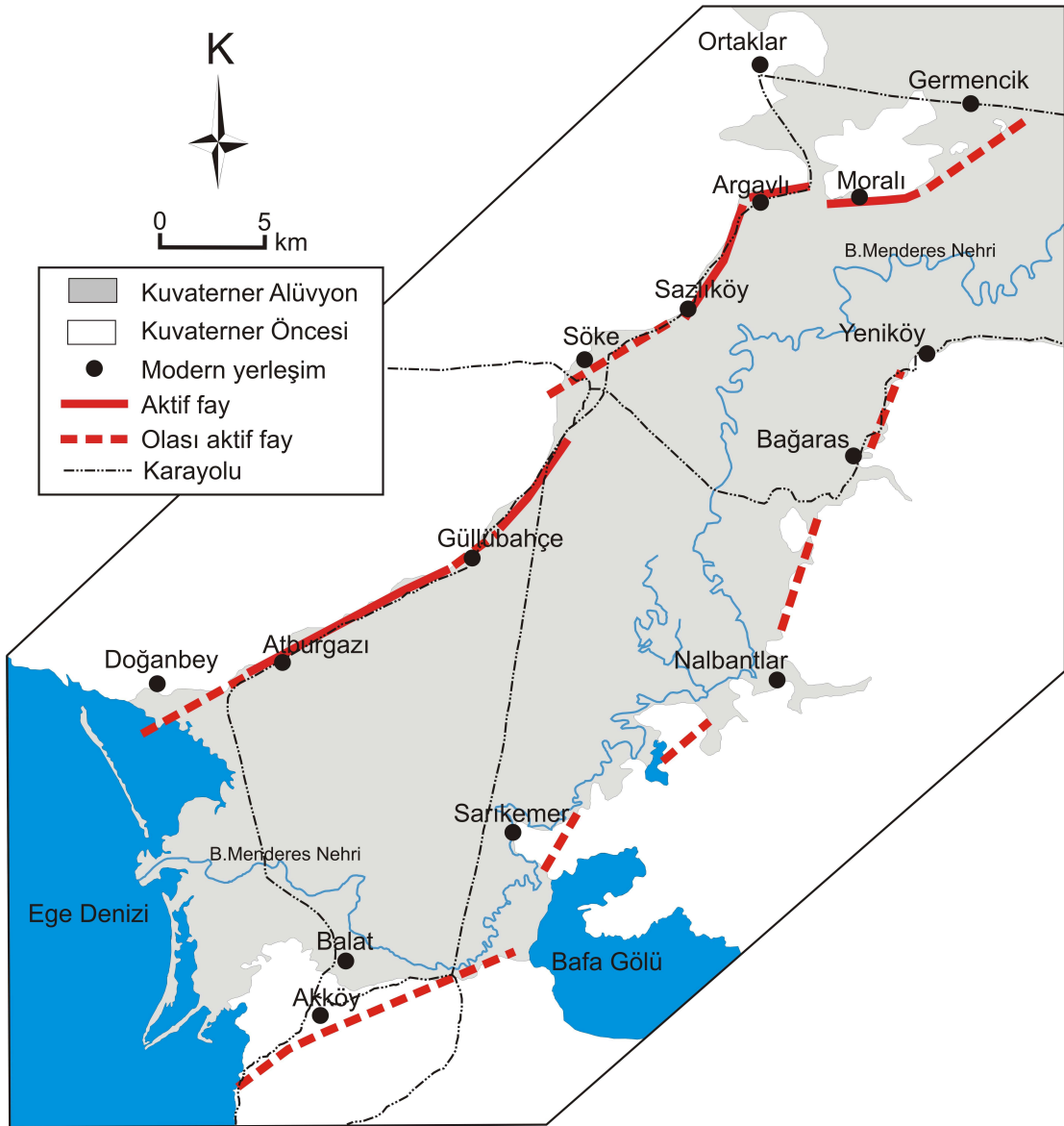


Şekil 1.3. Büyük Menderes Fay Zonu'nun SRTM verileri kullanılarak oluşturulmuş yükselti haritası üzerinde gösterimi.

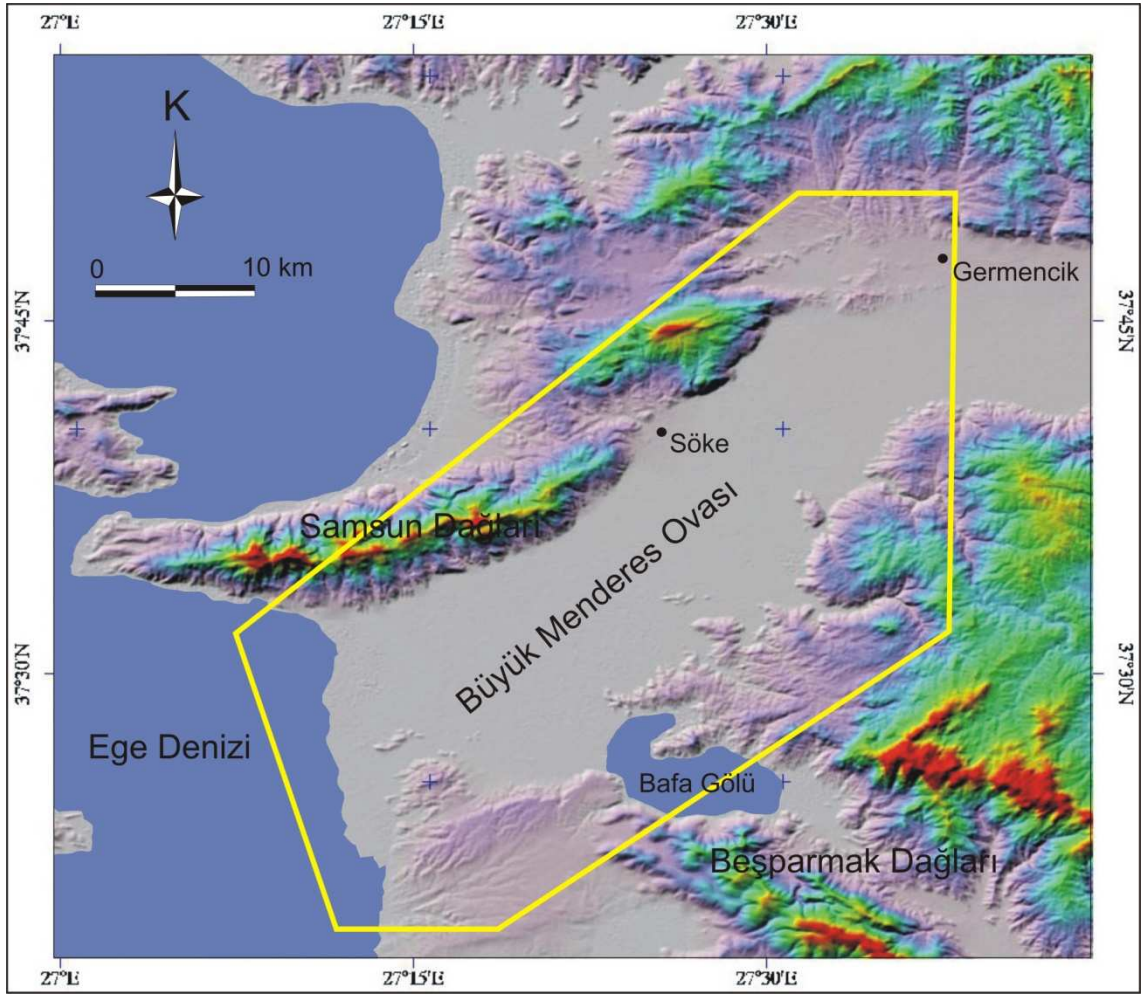
1.1. Çalışmanın Amacı

Yaklaşık D-B doğrultusunda Denizli havzasından Aydın ili batısına kadar uzanan BMFZ, Germencik yakınlarında yöneliminde önemli bir değişiklik yaparak KD-GB doğrultusunda Ege Denizi içine doğru uzanmaktadır (Şekil 1.4). BMFZ'nun KD-GB doğrultulu batı kesiminin grabenin kuzeyini ve güneyini sınırlayan faylar tarafından kontrol edildiği ileri sürülsede, grabenin güneyindeki fayların aktivitesi halen tartışma konusudur. Ayrıca grabenin kuzeyini sınırlayan fayın aktivitesi hakkında önemli bir bilgi bulunmamakla beraber 1955 Söke-Balat depreminin ($M=6.8$) grabenin kuzeyini sınırlayan fayın hangi segmenti üzerinde meydana geldiği ve yüzey kırığı oluşturup oluşturmadığı belirsizliğini sürdürmektedir. Büyük Menderes Grabeni üzerinde Söke-Balat depremi ve tarihsel dönem içerisinde meydana gelmiş olan yıkıcı depremler BMFZ'nun batı kesiminin Kuvaterner dönemi aktivitesinin birer göstergeleridir.

Çalışma alanı, doğuda Germencik ilçesi civarından, batıda Ege Denizi'ne kadar uzanan, kuzeyde Samsun dağları ve güneyinde Beşparmak dağları ile sınırlı bir alanı kapsamaktadır (Şekil 1.5). Tez çalışmasının amacı, bu sınırlar içerisinde BMFZ'nun batı kesimini incelemek ve fay zonunun batı kesiminin morfotektonik özellikleri ile tarihsel dönemdeki aktivitesini ortaya koymaktır. Bu kapsamda öncelikle Google Earth uydu görüntüleri ve 1/25000 ölçekli haritalar kullanılarak çizgisellik analizleri yapılmış; ardından tektonik yapılar arazide gözlemlenerek haritalanmıştır. Belirlenen faylar jeomorfoloji ağırlıklı, jeofizik destekli paleosismoloji ve arkeosismoloji çalışmaları ile değerlendirilmiş ve aktiviteleri yorumlanmıştır. BMFZ'nun batı kesimindeki aktif fayların uzanımları ve konumları belirlenerek haritalanmıştır. Bunlara ek olarak bölgede tarihsel deprem kayıtlarında yer alan büyük depremlerin kaynağı olan diri faylar jeolojik, jeomorfolojik ve arkeosismolojik yöntemlerle belirlenerek, bunlara ait parametreler ortaya konulmaya çalışılmıştır. Böylece BMFZ'nun batı kesiminin Kuvaterner dönemi içerisinde ve özellikle Holosen'deki aktivitesi anlaşılmasına çalışılmıştır.



Şekil 1.4. Büyük Menderes Fay Zonu'nun batı kesiminin 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerine çizilen genelleştirilmiş jeoloji haritası.

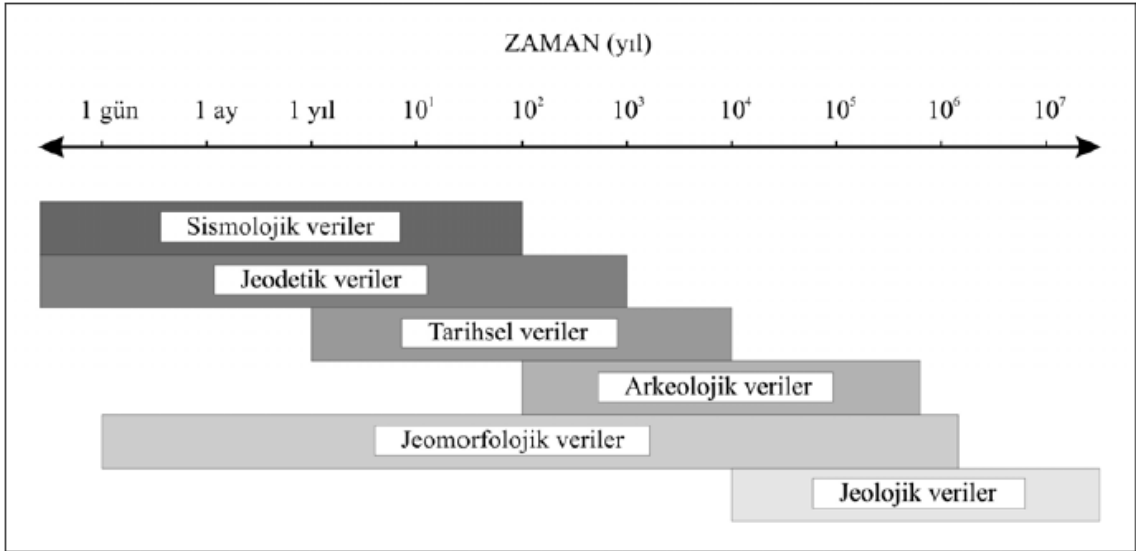


Şekil 1.5. BMFZ'nin Germencik'ten Ege denizine kadar uzanan batı kesiminde çalışma alanının sınırlarını gösteren sayısal yükseklik haritası (SRTM verileri kullanılarak elde edilmiştir).

1.2. Çalışma Yöntemi

Neotektonik; ayrıntılı analizi ve değişim hızı değerlendirmeleri yapılabilecek ölçüde güncel, geniş ölçekli ve aktif kabuksal deformasyonu inceleyen tektoniğin dalıdır (Vita-Finzi, 1986). Neotektoniğin yaş olarak nitelediği aralık ise, belirli bir bölge için günümüzde de devam eden gerilme alanı içerisinde oluşmuş veya tekrar diri hale gelmiş "tektonik yeniden yapılanma" dönemidir (Stewart ve Hancock, 1994). Örneğin, ülkemizde Neotektonik dönemin genel olarak Anadolu Bloğu ve Arap

Plakası'nın Orta Miyosen'de çarpışması (McKenzie, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey ve diğ., 1986; Le Pichon ve Gaulier, 1988) ile başladığı kabul edilmektedir ve bu dönem sonrasında oluşan yapılar Neotektonik yapılar olarak adlandırılmaktadır. Diri fayların Neotektonik dönem içerisinde özelliklerini inceleyen çalışmalarda araştırmacılar farklı disiplinlerden yararlanmakta ve bu disiplinlere ait verileri kullanmaktadır. Stewart ve Hancock (1994)'a göre bu disiplinlerin en önemli verileri sismolojik, jeodezik, tarihsel, arkeolojik, jeomorfolojik ve jeolojik verilerdir. Bununla birlikte bu disiplinlerin her biri farklı sınırlar içerisinde yararlı olabilmektedir (Vita-Finzi, 1986) (Şekil 1.6). Birkaçının bir arada kullanılması ise daha geniş zaman aralığında yorumlar yaparak daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesini sağlamaktadır. Tez çalışması ülkemizin önemli Neotektonik yapılarından biri olan BMFZ'nun KD-GB doğrultulu batı kesimini konu edinmektedir. Bu kapsamda fay zonunun genel özelliklerini ortaya koymak amacıyla farklı yöntemler kullanılarak elde edilen tarihsel, arkeolojik, jeomorfolojik, jeofizik ve jeolojik verilerden yararlanılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan yöntemlerden aşağıda kısaca bahsedilmiştir.



Şekil 1.6. Neotektonik araştırmalarda kullanılan yöntemlere ait verilerin etkin olduğu yaş aralıkları dağılımı (Stewart ve Hancock, 1994).

1.2.1. Fay zonu morfolojisi

Fay zonu jeomorfolojisi, Kuvaterner'de aktivitesini sürdüren fayların tanımlanmasında kullanılan temel yaklaşımlardan biridir (Pantosti ve Yeats, 1993; Keller ve Pinter, 1996; Burbank ve Veerson, 2001). Yüzeyde deformasyon meydana getiren depremler, üzerinde oluştukları fayların özelliklerine bağlı olarak yeryüzünde çeşitli izler oluşturmakta ve devam eden fay aktiviteleri ile bu izler gelişmektedir. Oluşan bu morfoloji kullanılarak fayların uzanımı haritalanmakta ve özgün özellikleri hakkında bilgi edinilebilmektedir. Bu morfolojik yapıların normal faylarda gözlenenlerinden başlıcaları; fay sarplıkları, ütü altı yapıları (triangler facet), aynı çizgisellik üzerindeki uçları kesilmiş sırtlar, depresyon alanları, eyer yapıları, eğimlenmiş birimler ve su kaynaklarıdır (Keller ve Pinter, 1996; Lettis ve Kelson, 1997). Tez çalışması kapsamında bu yapılar ayrıntılı olarak incelenmiş diri olduğu düşünülen fayların kinematik özellikleri hakkında fikir edinilerek bu faylar haritalanmaya çalışılmıştır.

1.2.2. Arkeosismoloji

Tarihsel dönemlerde meydana gelen büyük depremler insan yapımı yapıları etkileyerek bunlarda yıkımlara, ötelenmelere neden olmuş ve antik kentlerin tarihlerinde önemli izler bırakmıştır. Tarihsel ve tarih öncesi depremlerin bu arkeolojik delilleri ile ilgilenen bilim dalına arkeosismoloji denilmektedir (Stewart ve Hancock, 1994). Arkesismolojik çalışmalar özellikle yerleşik insan yaşamının ortaya çıkışından (M.Ö. 8000 sıralarında) (Akurgal, 1997), günümüze uzanan yaş aralığında etkin olarak kullanılabilir. Özellikle fay zonları üzerinde veya yakın çevresinde bulunan antik yerleşimlerin aktif yapılarında, fayların geçmiş hareketleri sonucu ötelenmeler ve çeşitli deformasyonlar meydana gelmekte ve bu hasarların oluşum zamanları yaşveırılarak fay üzerinde meydana gelmiş eski depremlerin tarihlerine ulaşılabilir. Tarihsel geçmişi hakkında bilgi sahibi olunan antik yerleşim

yerlerinde, yapıların yeniden inşaa, tadilat ve restorasyon tarihleri, tarihsel depremlerle karşılaştırılarak önemli sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Bu çalışmada tarihsel dönemde pek çok uygarlığa ev sahipliği yapmış olan Büyük Menderes Grabeni (BMG)' de bulunan antik yerleşimler ve yapılar incelenmiş ve tarihsel depremlerin bu yapılar üzerinde bırakmış oldukları hasarlar ve izler ortaya konulmaya çalışılmış; böylece eski depremlerin tarihlerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

1.2.3. Paleosismoloji

Depremler sırasında yüzeyde jeomorfolojik süreçlerde yerel ve bölgesel ölçeklerde dengesizlikler oluşmaktadır. Buna karşın aşınma ve çökme süreçleri yeniden dengeyi sağlamaya çalışmaktadır. Koşullar uygun olduğu zaman bu süreçler sonucu, yüzey faylanması oluşturmuş eski depremler jeolojik kayıta saklanmaktadır. Jeolojik birimlerde kaydedilmiş tarih öncesi depremleri yer, zaman ve büyüklük olarak inceleyen yöntem "Paleosismoloji" denilmektedir (Wallace, 1981; McCalpin, 1996). Bu kaydedilmiş verilerin incelenebileceği stveart bir paleosismolojik teknik olmamakla birlikte, farklı yer ve yapılarda farklı çalışma metodları kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı hendek açma metodudur. Hendek açma deprem sürecini anlamak ve diri fayların kayma hızı, miktarı ve geometrisi gibi karakteristik özelliklerini ortaya çıkartmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Uygun koşullarda bu yöntemle Holosen başına kadar olan dönemde yüzeyde faylanma meydana getirmiş depremlerin izleri genç çökeller içerisinde araştırılıp bulunabilmektedir. Bu şekilde belirlenen her bir deprem izi jeolojik kayıtlarla karşılaştırılarak yaşlandırılmakta ve fay hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Uygun morfolojik ve sedimantolojik unsurları bulunduran nadir alanlarda uygulanabilen yöntem, çalışma alanı sınırları içerisinde kalan bir bölgede denenmiş ve açılan hendek ile tarihsel depremlerin izlerine ulaşılmaya çalışılmıştır.

1.2.4. Morfometrik ölçümler

Diri faylar boyunca meydana gelen büyük depremler yüzey faylanması oluşturduğunda, fayın özelliklerine bağlı olarak üzerinde yerleşmiş yapılarda ötelenmeler meydana getirmektedir. Aynı fay boyunca tekrarlanan depremlere ait yerdeğiştirme miktarları bir öncekine eklenmekte ve uygun jeomorfolojik ve iklimsel koşullarda korunarak saklanmaktadır. Potansiyel olarak diri olduğu düşünülen bir fay izi belirlendiğinde üzerinde yapılacak temel çalışmalardan birisi fay zonu boyunca ötelenme miktarlarının kantitatif olarak ortaya konulmasıdır. Bazı durumlarda sadece yerdeğiştirme miktarları geçmiş olayların izleri hakkında önemli veriler sunabilmektedir.

1.2.5. Sığ jeofizik çalışmalar

Sığ jeofizik, genelde 0 ile 100 m derinlikler arasında bulunan ortamların fiziksel özelliklerini yüksek çözünürlükte tanımlamaya çalışan bir jeofizik araştırma dalıdır. Bu yöntemle yüzeye yakın ortamlar içerisinde gömülü olarak bulunan doğal olmayan ya da doğallığı bozulmuş yapıların boyut, derinlik, uzanım gibi özellikleri değişik fiziksel yöntemler yardımıyla tanımlanmaya ve görüntülenmeye çalışılmaktadır. Bu yöntemler elektrik özdirenç, yeraltı radarı (GPR), sismik yansıma, manyetik, elektromanyetik (örneğin, TEM, VLF-EM gibi) ve mikrogravitedir. Bunlardan özellikle ayrıntılı görüntü elde ederek boyut ve şekil tanımlamada kullanılan GPR yöntemi bu tez çalışmasında, fayın güncel alüvyon içerisindeki konumunun tespitinde kullanılmıştır.

1.2.6. OSL yaşlandırma yöntemi

Yaşadığımız çevre bir doğal radyasyon banyosu içinde yer almaktadır. Bu radyasyon banyosuna en büyük katkıyı uranyum ve toryum bozunum zincirinde yer alan radyoaktif izotoplar, Potasyum-40 izotopu ve uzaydan dünyamıza ulaşan kozmik ışınlar yapmakta, daha büyük oranlarda olmak üzere ^{27}Rb ve ^{14}C izotopları da bu çevresel

radasyon ortamına katkıda bulunmaktadırlar. Böylece bu doğal radyasyon banyosu içinde yer alan her cisim bulunduğu sürece sözkonusu radyoaktif ışınların etkisi altında kalır.

Kristal yapılı maddelerde valans bandda yer alan elektronlar radyasyon etkisiyle uyarılırlar ve üst iletkenlik bandına geçmeye çalışırlar. Bir kısım elektron, üst iletkenlik bandına geçişleri esnasında iletkenlik bandı ile valans band arasında yer alan tuzak ve potansiyel çukurlarında yakalanır. Bu elektronlardan bazıları bu tuzaklarda 10^6 ile 10^8 yıl gibi uzun bir süre kalabilme özelliği gösterirler. Radyoaktif ışınlar etkisi ile tuzaklara yakalanan bu elektronlar yerlerinden sökülerek ölçülür ve bu ölçümlerden hareketle o ana değin maruz kalınan radyasyon dozu saptanabilir. Bu olay fizikte "Luminesans Olay" olarak adlandırılır. Elektronlar tuzaklardan ışık göndererek boşaltılırsa Optically Stimulated Luminescence (OSL) teknik olarak adlandırılır.

OSL ise çok daha yeni olup malzemenin ışığa maruz kalması halinde elektronlar yerlerinden çıkartılmakta, sayılmakta ve uzaklarda kalma süreleri hesaplanabilmektedir. Bugün jeolojik sedimentlere en çok uygulanan yöntem OSL tekniğidir.

2. ÇALIŞMA ALANININ SİSMOTEKTONİĞİ VE JEOLJİSİ

2.1. Çalışma Alanının Neotektonik Konumu

Anatolid-Torid platformunu Afrika-Arap plakalarından ayıran Neotetis'in güney kolu Geç Kretase'de Afrika ve Avrasya plakaları arasında kapanmaya başlamıştır (McKenzie, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Dewey ve diğ. 1986; Le Pichon ve Gaulier, 1988). Bu kapanma Anadolu Bloğu ve Arap Plakası'nın Miyosen'de Bitlis-Zagros kesiminde çarpışması ile sonuçlanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu olay ülkemizde Neotektonik dönemin başlangıcı sayılmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Bitlis-Zagros kesimindeki kapanma ile Anadolu Bloğu sıkışarak kalınlaşmış ve bunun bir sonucu olarak yeni dönemde oluşan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca batıya kaçmaya başlamıştır (McKenzie, 1972; Le Pichon ve Angelier, 1979; Şengör, 1980; Şengör, ve diğ. 1985; Le Pichon ve Gaulier, 1988). Bu kaçış sonrası Anadolu bloğu içerisinde deformasyonlar meydana gelmeye başlamış ve Batı Anadolu K-G yönlü gerilemelerin etkisinde kalarak D-B yönlü aktif graben sistemleri tarafından şekillendirilmeye başlamıştır. Yapılan GPS çalışmalarına göre üzerinde yıllık 30-40 mm lik hareket gözlenen Batı Anadolu bölgesinde, bu hareketin yaşı ve kaynağı hakkında farklı görüşler bulunmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Batı Anadolu Bölgesi'ndeki K-G genişleme tektoniğinin başlangıç yaşını belirten çeşitli çalışmalar.

YAŞ	ARAŞTIRMACILAR
Erken Pliyosen	Koçyiğit (1999)
Pliyosen	Arpat ve Bingöl (1969), Arpat ve Şaroğlu (1975)
Pliyosen	Bingöl (1976)
Geç Miyosen-Erken Pliyosen	Genç ve diğ. (1999)
Geç Miyosen-Erken Pliyosen	Erinç (1955) Dumont ve diğ. (1979), Angelier ve diğ. (1981) Karamveeresi ve Yılmaz (1982), Koçyiğit (1984)
Geç Miyosen	Yılmaz ve diğ. (2000)
Geç Miyosen	İzdar (1975), Şengör (1980)

YAŞ	ARAŞTIRMACILAR
Orta Miyosen	Barka ve diğ., (1995)
Orta Miyosen	Sözbilir ve Emre (1990)
Orta Miyosen	Armijo ve diğ., (1992)
Orta Miyosen	Yılmaz (1997)
Orta Miyosen öncesi	Şenol (1983)
Erken Miyosen	Seyitoğlu ve Scott (1991, 1996)
Geç Paleojen-Erken Miyosen	Kaya (1982)
Geç Paleojen-Neojen arası	Ketin (1968)

Bu farklı görüşler üç ana model etrafında toplanmaktadır. 1- *Tektonik kaçış modeli*: Neotetis okyanusunun kapanmasının ardından Orta-Geç Miyosen’de gerçekleşen Arap plakası ile Avrasya plakasının Bitlis-Zagros yitim zonu boyunca çarpışması sonucu, Anadolu Boluğu’nun sol yönlü Doğu Anadolu ve sağ yönlü Kuzey Anadolu fayları boyunca batıya hareketi başlamıştır. Anadolu bloğunun batıya hareketi Ege denizi ve civarında blok içi deformasyonlara neden olmuş ve Batı Anadolu’da K-G yönlü gerilmelerin oluşmasını sağlamıştır (Dewey ve Şengör 1979, Şengör ve diğ. 1985; Görür ve diğ. 1995). 2- *Yay ardı yayılması modeli* : Avrasya ile Afrika plakalarının Helenik Yay boyunca çarpışması sonucu gelişen dalma-batma zonu üzerindeki hareketin Ege denizi ve çevresinde yaratmış olduğu çekme gerilmesi sonucunda, Batı Anadolu’da K-G yönünde gerilmeler oluşmuştur. Bu modeldeki olayların başlama yaşı halen tartışmalı olmakla birlikte farklı araştırmacılar 60 ila 5 milyon yıl arasında değişen farklı yaşlar ileri sürmektedirler (McKenzie 1978, LePichon & Angelier 1979). 3- *Orojenik çökme modeli*: İzmir-Ankara-Erzincan sutur zonunun aşırı kalınlaşması ile birlikte gravite etkisi altında çökmesi sonucunda, Geç Oligosen-Erken Miyosen döneminde Batı Anadolu’da lokal alanlarda açılma gözlenmektedir (Seyitoglu & Scott 1991,1992). Son zamanlarda ise yaygın olarak kabul gören bir diğer model ise *iki aşamalı* graben modelidir. Bu modelde Batı Anadolu’nun gelişimi iki safha olarak ayırt edilmekte ve ilk olarak orojenik çökmenin gerçekleştiği ve daha sonra Anadolu’nun batıya kaçışı ile gelişen K-G yönlü gerilmelerin egemen olduğu düşünülmektedir (Koçyiğit ve diğ 1999).

2.1.1. Büyük Menderes Fay Zonu ve genel özellikleri

Çalışma alanı dünyada açılma tektoniğinin gözlemlendiği yegane ve en aktif alanlardan birisi olan Ege açılma bölgesi içinde yer almaktadır. Günümüzde KKD-GGB yönlü açılmanın etkisi altında bulunan Batı Anadolu'da, D-B doğrultulu ana grabenler ile KD-GB ve KB-GD doğrultulu aktif graben sistemleri gelişmektedir (Şekil 1.2). Gökova, Büyük Menderes, Gediz, Bakırçay ve Simav grabenleri bu tektonik rejim altında Batı Anadolu'da meydana gelişmiş en belirgin neotektonik yapılarıdır. D-B doğrultulu ana yapılarından biri olan Büyük Menderes grabeni, doğuda Denizli havzasından batıda Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır (Şekil 1.3). Yaklaşık uzunluğu 150 km olan grabenin kuzey ve güney kenarları faylar tarafından sınırlanmaktadır. Grabenin kuzeyini sınırlayan fayların güneydeki faylara oranla daha aktif olduğu ve Holosen dönemindeki aktivitenin önemli kısmının grabenin kuzeyinde gerçekleştiği daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konulmuştur (Şengör 1982, Paton 1992, Seyitoğlu&Scott 1992, Cohen *ve diğ* 1995, Altunel 1999, Hakyemez *ve diğ* 1999, Bozkurt 2000, Sözbilir 2000). Grabenin kuzeyini sınırlayan bölümde iki ayrı fay takımı bulunmaktadır. Bunlardan en genci ve aktif olanı grabenin içinde depolanan güncel alüvyon ile Neojen birimleri arasında, daha kuzeydeki ve aktifliğini yitirmiş olan ise grabenin tabanını oluşturan Menderes metamorfikleri ile Neojen birimleri arasında bulunmaktadır. Günümüzde yükselmiş olarak gözlenen Neojen birimleri de grabenin kuzeyini sınırlayan fayların aktivitesini ortaya koymaktadır. Fay zonunun her iki kenarındaki sedimanter istifler incelendiğinde kuzey kenardakilerin ortalama 30° kuzeye, güney kenardakilerin ise yaklaşık 10° güneye eğimlendiği görülmüştür (Cohen *ve diğ* 1995) ve buda fayın kuzey kesimindeki fayların güney kesime göre daha aktif olduklarını göstermektedir.

2.1.2. Büyük Menderes Fay Zonu'nun batı kesiminin depremselliği

Depremler hakkındaki tarihsel kaynaklar aktif faylanma ve sismik tehlikenin ortaya çıkarılmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak 20.yy öncesi tarihçiler depremler ve yüzey kırıklarının ilişkili olduğundan habersizlerdi ve netice olarak tarihsel kaynaklar genellikle depremin hasarından bahsederken depremin yeri hakkında

bir bilgi sunmamaktadır. Depremin meydana geldiği alandan çok uzaklarda hasar meydana gelen yerleşimler depremin merkezi olarak yazılmakta ve yanıltıcı olmaktadır. Ambraseys (1998) ve Bellettati ve diğ (1993) nin de belirttiği gibi tarihsel depremlere ait ikinci veya üçüncü elden kaynaklardan elde edilen bilgilerde depremlerin tarihlerinde ve konumlarında önemli hatalar olabilmektedir.

Çalışma alanı içinde Milet ve Priene antik kentlerinin terkedilişlerinden sonra büyük yerleşim yeri haline gelen bir kent olmamıştır. Bu sebepten dolayı BMFZ'nun batı kesiminde meydana gelmiş olası depremler, civarın büyük yerleşimleri olan İzmir, Sisam adası, Aydın gibi şehirlerde hissedildiklerinde, buralarda yaşayan insanlar tarafından belgelenmiş ve depremler asıl lokasyonlarından farklı yerlerde kayıt altına alınmıştır. Bu nedenle M.S.68 (M=5.8) de meydana gelen ve Milet ile Söke'de hasara neden olan deprem ile 21.06.1846 tarihinde meydana gelen ve Sisam ile Söke'de hasara neden olan deprem dışında (Ergin ve diğ. 1967), çalışma alanı içerisine düşen büyük ve yıkıcı deprem kayıtları bulunmamaktadır. Bununla beraber Büyük Menderes grabenini sınırlayan aktif normal faylar üzerinde tarihsel dönemde (Çizelge 2.2) ve son yüzyıl içerisinde büyük yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Örneğin 1899 Menderes depremi, 1955 Söke-Balat depremi (M=6.8) ve 1965 Denizli depremi (M=5.7) bu bölgede son zamanlarda meydana gelmiş önemli depremlerdir.

Çizelge 2.2. Büyük Menderes Grabeni'ninde meydana gelen kaydedilmiş tarihsel depremler

Tarih	Koordinat	Şiddet I₀	Açıklama	Kaynak
M.Ö. 14 yy	37.93-28.35	IX	Nazilli ovasındaki birçok şehir bir gece içinde yok oldu.	4
M.Ö.1. yy	37.86-28.06	VIII	Nazilli çevresinde meydana gelen depremler şehirleri taş taş üstünde kalmayacak kadar yerle bir etti.	4
M.Ö. 65	37.45-29.10	VIII	Denizli ve çevresinde deprem.	10

Tarih	Koordinat	Şiddet I ₀	Açıklama	Kaynak
M.Ö.40	37.86-28.06	VIII	Birçok şehrin altı üstüne geldi.	4
M.Ö.31/30	37.85-27.84	VIII	Birçok şehir bir gün içinde yok oldu.	4,9
M.Ö. 26/25	37.85-27.84	VIII	Tralles' te deprem. İmparator Augustus yardımı ile onarılan şehrin adı Caesarea olarak değiştirildi.	3,9
M.Ö. 20		VII	Denizli ve çevresinde deprem	13
M.Ö. 12/11	37.84-27.84	VIII	Aydın' da tahribat	5,9
M.S. 60	37.55-29.10	IX	Hierapolis, Laodiceae, Colossia ve çevredeki birçok şehirde önemli hasar ve çevredeki birçok şehirde yeniden inşalar.	5,7,8,10
68	37.74-27.40	VII	Milet ve Söke yöresinde deprem.	5
3.yy			Hierapolis ve Laodiceae' de deprem.	7
238	37.86-28.06	VIII	M.S. 238, 244 ve 262 de bölgede meydana gelen depremler bölgedeki bütün Lidya, Iyonya ve Karya şehirlerini yıktı.	4
244	37.86-28.06	VIII		4
262	37.86-28.06	VIII		4
494			Laodiceae çevresinde deprem. Bu depremden sonra Laodiceae' deki hasarlar tamamen giderilemedi.	3,7
7. yy			7.yy' n başlarında Hierapolis ve çevresinde deprem.	7
747	37.86-28.06	IX	600 şehri bir vea yok eden deprem bu çevreyi baştanbaşa bir yıkıntıya çevirdi.	4
1354			Laodiceae ve Hierapolis' de deprem, halk çevre şehirlere göç etti	2

Tarih	Koordinat	Şiddet I ₀	Açıklama	Kaynak
1651	37.50-29.20	VIII	Laodiceae ve Honaz (Colossia)' da deprem, 700 kişi öldü.	1,10
22.2. 1653	37.93-28.35	IX	Aydın ve Nazilli yöresinde deprem. Aydın' ın yarısı yıkılmış, 1000 - 3000 arasında ölü, evler ve camiler yerle bir oldu. Yer yer yanlan topraklardan kara katranı ve iran sular fişkırdı. Sultanhisar ve Kuyucak' ta da birçok ev yıkıldı, önemli nüfus kayıpları oldu.	1,4,6,9
1702/(1703)	37.50-29,20	VIII	Denizli ve çevresinde deprem, 12 000 kişi öldü.	1,5,10
19.11.1717			Denizli'de deprem.	1
1744	37.93-28.35	VIII	Nazilli baştan başa yıkıldı. Halk başka yerlere göçtü. Birçoğu da daha az zarar gören bağ ve bahçelerdeki evlerine çekildi. Birçok köy halk ise birlikte göçüp gitti. Bu yer sarsıntısında Nazilli şehri ile çarşısı ayrı ayrı yerlerde kaldı.	4
1744			Denizli'de deprem	2
21.06.1846		IX	Söke ve Sisam adasında yoğun hasar meydana geldi.	5
1848	37.84-27.80	V	Aydın' da deprem	5
27.10.1848	37.85-27.84	VI	Aydın' da deprem	9
09.07.1850	37.85-27.85	VI	Aydın' da deprem	9
06.1885	37.85-28.20	V	Nazilli' de deprem	5
04.1886	37.45-29.05	VI	Denizli' de deprem.	5,10
01.1887	37.50-29.05	VII	Denizli'de deprem	10
18.09.1891	37.74-27.40	VI	Söke' de deprem	5
20.08.1895	37.85-27.84	IX-X	Aydın' da deprem, şehirde oldukça büyük hasar. Demiryolunu kesen bir kırık raylarda kıvrımlanmalar meydana getirmiş.	5,9

Tarih	Koordinat	Şiddet I ₀	Açıklama	Kaynak
14.11.1895	37.84-27.80	V	Aydın' da deprem	5
1896	37.84-27.80	V	Aydın' da deprem	5
02.1898	37.90-28.0	VI	Aydın' da deprem	5
20.09.1899	37.90-28.10	IX	Nazilli' de birçok ev, dükkan ve çarşı camileri yıkıldı. Nazilli bu sarsıntıda da büyük kayıplara uğradı. 1117 ölü, yüzlerce yaralı. Toplam 7126 ev yıkıldı, 8756 ev hasar gördü. Kırık Aydın' in batısından Nazilli' nin doğusunu kadar uzanıyor.	1,4,5,6,9,10
12.1899	37.45-29.05	VI	Denizli'de deprem	5,10

[1. Ambraseys ve Finkel (1995), 2. Ateş ve Bayülke (1982), 3. Bean(1989), 4. Dikmen (1952), 5. Ergin ve diğ. (1967), 6. Gençoğlu ve diğ. (1990), 7. Goidobani (1994), 8. İlhan (1971), 9. Sipahioğlu (1979) 10. Soysal ve diğ. (1981)].

16 Temmuz 1995 Söke-Balat depremi çalışma alanında meydana gelmiştir. 09:07 de meydana gelen deprem (M=6.8) (B.Ü. Kveilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi, Eyidoğan ve diğ. 1991); bölgede yoğun hasar yaratmış, 23 kişinin hayatını kaybetmesine ve Balat köyünde birçok evin yıkılmasına neden olmuştur. Milet harabelerinin olduğu yerde bulunan Balat köyü'nün yeri depremden sonra değiştirilmiş ve köy eski konumundan yaklaşık 1 km güneye inşa edilmiştir. Geniş alanlarda hissedilen depremde (Şekil 2.1) Sisam'da 60 ev yıkılmış, çok sayıda ev hasar görmüştür. Ayrıca Sisam Adası'nda bulunan Teghani (Pythagorio) ve Heraeo yerleşimlerinde yüksekliği 2 m'ye ulaşan ve 20 m kadar karaya giren tsunami meydana gelmiştir (Hellas Gazetesi 27.07.1955). Ana şoktan önce bölgede magnitudü 4.4'ü bulan birçok öncü deprem meydana gelmiştir (Papazachos ve diğ. 1997).

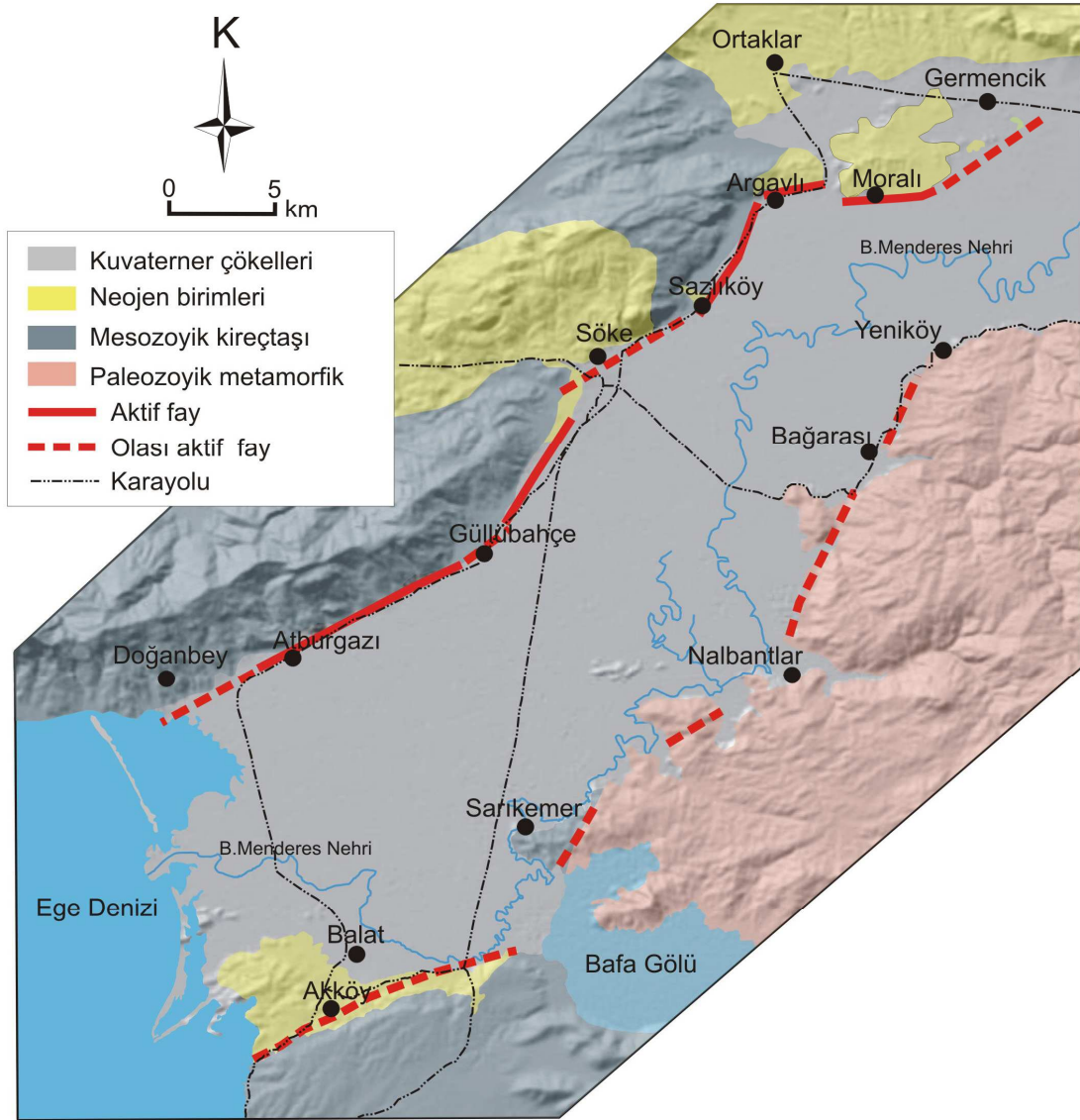


Şekil 2.1. 1955 Söke-Balat depreminin eşsiddet haritası [Ergin ve diğ. (1967)'den çizilmiştir, fay düzlemi çözümlemesi McKenzie (1972)'den alınmıştır].

2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı doğuda Germencik (Aydın) ilçesinden batıda Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır. Kuzey ve güney kenarları faylar ile sınırlı, oldukça güzel graben yapısı sergileyen çalışma alanı genelde metamorfik kayalardan oluşan sarp topoğrafik yükseltilerle çevrenmiştir. Grabenin merkezinde oldukça geniş bir alan kapsayan ve Büyük Menderes Nehri tarafından beslenen Büyük Menderes Ovası bulunmaktadır. Büyük Menderes Nehri, Denizli havzasından itibaren grabenin doğrultusunu takip etmekte çalışma alanı sınırları içerisinde geçerek Ege Denizi'ne dökülmektedir. Çok iyi gelişmiş drenaj sistemleri ile beslenen ve Türkiye'nin sayılı büyük ırmaklarından olan Büyük Menderes Nehri'nin taşıdığı alüvyonlar, çalışma alanının batısında, Ege Denizi'ne döküldüğü noktada Büyük Menderes Deltası'nı oluşturmakta ve kıyı çizgisinin aktif olarak deniz içerisine ilerlemesine neden olmaktadır.

Bölgede daha önce bir çok çalışmacı tarafından farklı amaçlar doğrultusunda jeolojik haritalamalar yapılmış ve bazı bölgelerde detaylı litolojik ayrımlar yapılmıştır, ancak bu çalışmalar genellikle grabenin D-B doğrultulu orta kesimi ve Denizli Havzası civarında yoğunlaşmıştır (Örneğin; Şaroğlu ve Yılmaz 1987, Sözbilir ve Emre 1990, Paton 1992, Bozkurt ve Park 1994, Cohen *ve diğ* 1995, Yılmaz *ve diğ* 1997, Ocakoğlu *ve diğ.* 2007). Çalışma alanı sınırlarını kapsayan birkaç çalışmada ise yoğun olarak Kuvaterner öncesi birimler üzerinde durulmuştur (Yüksel 1984, Aksu *ve diğ* 1987, Şaroğlu *ve diğ.* 1992, Sarıca 2000). Tez çalışmasının konusu bölgenin Kuvaterner aktivitesi olduğundan, Kuvaterner öncesi birimler metamorfikler ve Neojen birimleri olarak ayırt edilmiş ve ayrıntısına girilmemiştir, öncelikli olarak Kuvaterner birimleri ve bunların aktif faylar ile ilişkileri irdelenmiştir. Arazi çalışmaları sırasında birim sınırları harita üzerine işlenmiş ve çalışma alanının jeolojik haritası oluşturulmuştur (Şekil 2.2).

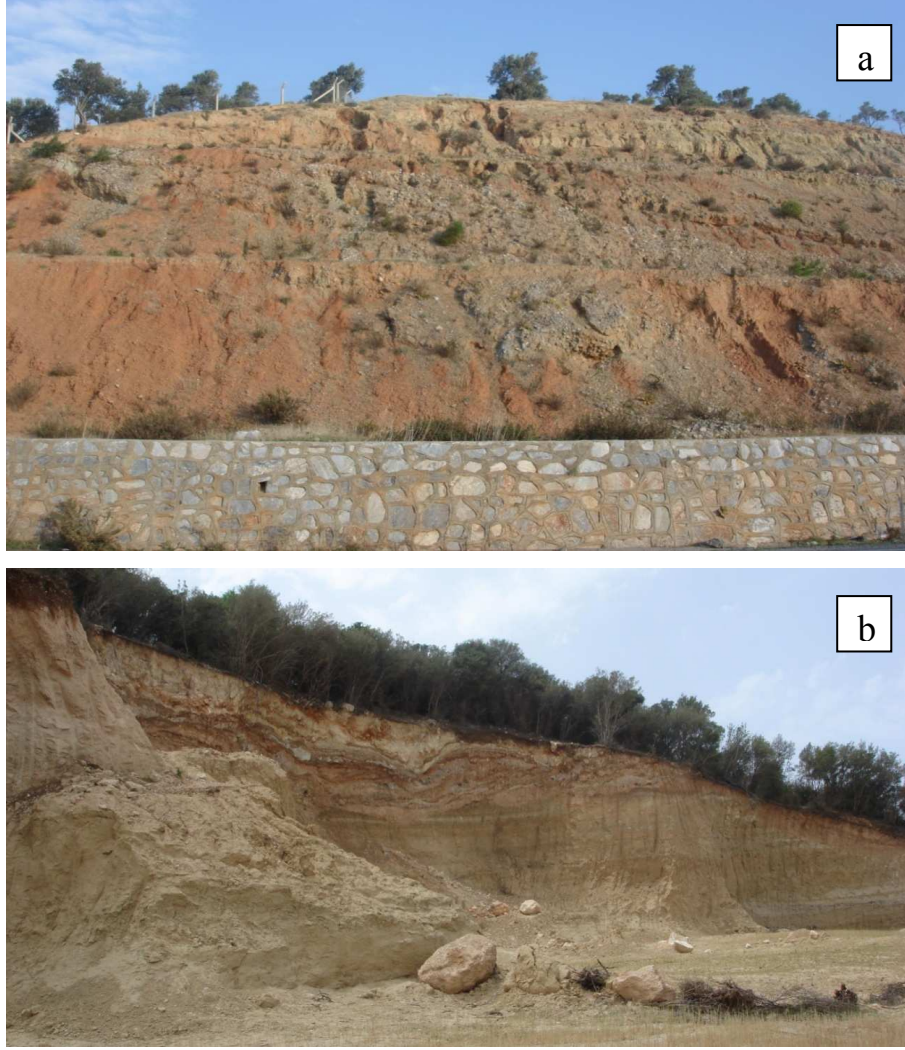


Şekil 2.2. Çalışma alanının SRTM verileri kullanılarak elde edilmiş sayısal yükselik modeli üzerine işlenmiş jeolojik haritası (MTA 1/500.000 lik jeoloji haritası ve Sarıca (2000)'den yararlanılarak çizilmiştir).

Çalışma alanı, temel kayaların oluşturduğu topoğrafik yükseltilerle çevrelenmiştir. Alanın kuzeyini sınırlayan ve grabenin kuzeyindeki horst yapısını oluşturan Samsun dağları, Permian yaşlı kireçtaşları (Şekil 2.3) ile Neojen yaşlı gölsel ve akarsu çökellerinden (Şekil 2.4a-b), grabenin güneyini sınırlayan Beşparmak Dağları ise Paleozoyik yaşlı metamorfikler (Şekil 2.5) ve Neojen yaşlı karasal çökellerden oluşmaktadır (MTA 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası).



Şekil 2.3. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Permian yaşlı kireçtaşları.



Şekil 2.4. Çalışma alanı içerisinde gözlenen Neojen birimleri. a. Grabenin kuzey kenarında gözlenen Neojen birimleri (Söke civarından bir örnek). b. Grabenin güney kenarında gözlenen Neojen birimleri (Yeniköy doğusundan bir örnek).



Şekil 2.5. Çalışma alanında, grabenin güney kenarında gözlenen Paleozoyik yaşlı metamorfikler, Azap Gölü civarından bir görünüm.

Çalışma alanında gözlenen Neojen yaşlı istifler karasal kırıntılılar ve gösel birimlerden oluşmaktadır. Bu birimler metamorfik kayalar ile Kuvaterner birimleri arasında bulunmaktadır. Neojen birimleri çalışma alanının kuzey kesiminde Moralı ve Argavlı köyleri ile Söke civarında mostra vermekte ve yaklaşık 30° kuzeye eğimlenmiş oldukları gözlenmektedir. Çalışma alanının GB'sında ise Akköy ile Yeniköy çevresinde mostrası gözlenen birimler yaklaşık 10° güneye eğimlenmiş olarak gözlenmektedir.

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar inceleme alanında en yaygın olarak görülen birimdir ve grabenin tavan bloğu üzerinde gözlenmekte ve güncel olarak çökmeye devam etmektedir. Kuvaterner yaşlı alüvyonel yelpazeler fayların sınırladığı alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir. Bu yelpazeler özellikle grabenin kuzey kesiminde fay kontrollü olarak gelişen topoğrafik sarplıkların önünde ve drenaj sistemlerinin kontrolünde gelişmektedirler.

3. ARAZİ GÖZLEMLERİ

Fay zonu jeomorfolojisi, Kuvaterner’de aktivitesini sürdüren fayların tanımlanmasında kullanılan en temel yaklaşımdır (Pantosti ve Yeats, 1993; Keller ve Pinter, 1996; Burbank ve Veerson, 2001). Bu yöntem ile fayların uzanımı haritalanabilmekte, depremlerin tekrarlanma aralığı, yerdeğiştirme miktarları ve kayma hızları gibi parametreler tahmin edilebilmektedir. Böylece bir fayın gelecekteki davranışları konusunda fikir yürütmek mümkün olmaktadır.

Aynı fay boyunca yinelenmiş depremlere ait yerdeğiştirme miktarları, bir öncekine eklenmekte ve jeomorfolojik olarak belirli izler bırakmaktadır. Yüzeyde deformasyon meydana getiren depremler, üzerinde oluştukları fayların çeşitlerine göre farklı özelliklerde yer şekilleri oluşturmakta ve uygun jeomorfolojik ve iklimsel koşullarda eski fay morfolojileri korunabilmektedir. Örneğin, normal faylarda tekrarlanan aktiviteler sonucu ütü altı yapıları (triangler facet), fay sarplıkları, çöküntü alanları, eyer yapıları, eğimlenme, doğrultu bileşenine göre dere ötelenmeleri ve sıcak su çıkışları gibi morfolojik yapılar ortaya çıkmaktadır (Keller ve Pinter, 1996; Lettis ve Kelson, 1997). Bu yapılar kullanılarak normal fayların haritalanması yapılabildiği gibi, aktiviteleri ve kinematik özellikleri hakkında da bilgiler ortaya konulabilmektedir.

Çalışma alanı içerisinde diri fay izlerinin haritalanması için, bölgenin 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaları, sayısal arazi modelleri, Google Earth uydu görüntüleri incelenmiş ve görüntü analizleri ile değerlendirilmiştir. 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar sayısallaştırılarak arazi modelleri oluşturulmuştur. Yine sayısal arazi verileri, 1:4:7 bantlarını içeren Lvesat TM (30 m çözünürlüklü) uydu görüntüleri ile birlikte kullanılarak geniş alanların arazi modellemeleri yapılmıştır. Tüm bu veriler ışığında BMFZ’nun batı kesiminin jeomorfolojik yapıları belirlenerek bu yapıların Kuvaterner’de diri olduğu düşünülen tüm yapılarla ilişkileri arazi çalışmaları ile ortaya konulmuş ve yapılan gözlemler haritalara aktarılmıştır. Bu çalışmalar tez metni içerisinde anlatımı kolaylaştırmak için çalışma alanı grabenin kuzey kesimi ve güney kesimi olarak 2 farklı bölgeye ayrılarak anlatılmıştır.

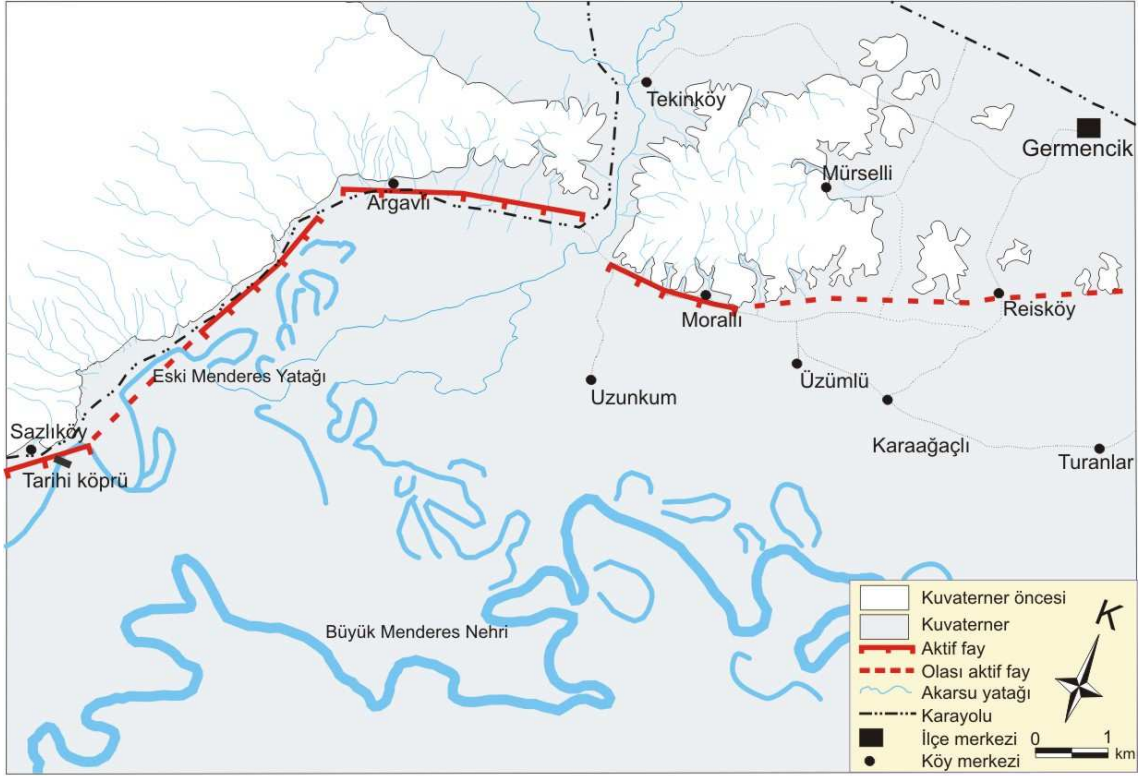
3.1. Grabenin Kuzey Kesimi

Genel doğrultusu KD-GB olan fay zonunun morfolojik izi doğuda Moralı köyünden batıda Ege denizine kadar net bir şekilde takip edilmektedir. Grabenin kuzeyini sınırlayan aktif normal faylar bazı bölümlerde paleotektonik yapıların doğrultularını takip etsede, genelde bu yapıların güneyinde bulunmakta ve Neojen birimleri ile Kuvaterner'i birbirinden ayırmakta ve güncel aktiviteyi Kuvaterner birimleri içinde devam ettirmektedir. Fay zonu çeşitli yerlerde küçük ve büyük ölçekte sağa ve sola sıçramalar yaparak enéhelon yapısı sergilemektedir. Fayın üzerindeki ana hareket normal faylanma ile gerçekleşmekle birlikte yaklaşık 35°'yi bulan sağ yönlü doğrultu bileşene sahiptir. Arazi gözlemleri sonucunda uzunluğu yaklaşık 50 km olan batı segmenti detaylı olarak haritalanmıştır. Yapılan arazi çalışmaları sonucunda fay zonunun morfolojisi ve kinematığı ile ilgili gözlemlerde bulunulmuş ve bu gözlemler doğuda Moralı köyünün doğusundan başlayarak aşağıda detaylı şekilde sunulmuştur.

3.1.1 Moralı segmenti

Doğuda Denizli havzasından batıya doğru D-B doğrultusunda uzanan fay zonu, Germencik kasabasından güneye doğru Moralı köyü civarına büyük bir sıçrama yaparak bir miktar daha D-B doğrultusunda uzanmakta ve Argavlı köyü batısından itibaren KD-GB doğrultusu kazanmaktadır (Şekil 3.1).

Fay zonunun batı segmentine ait morfolojik kanıtlar Germencik'in güneyinde bulunan Reis köyden itibaren net şekilde gözlenebilmektedir (Şekil 3.1). Güney yamaçları oldukça sarp olan fay sarplıkları her ne kadar birbirlerinden ayrı olarak görünselerde oldukça doğrusal dizilim göstermektedirler (Şekil 3.2) ve erezyonal aktivitenin etkisi ile aşınarak birkaç küçük tepelik dizisi halini almışlardır. Yaklaşık yükseklikleri 30 m yi bulan tepeler Neojen birimlerinden oluşmakta ve fay tarafından Kuvaterner birimlerinden ayrılmaktadırlar. Germencik'in hemen güneyinde bulunan bu alanda fayın aktivitesinin gözlenmesi fayın batı segmentinin Ortaklar'ın güneyinden değil, Reis köy'ün doğusundan başladığı ve bu alanın muhtemelen fayın Germencik kesimindeki D-B uzantılı kesimle bağlantılı olarak çalıştığı göstermektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Germencik ile Sazlıköy arasında kalan kesiminin genelleştirilmiş jeoloji haritası.



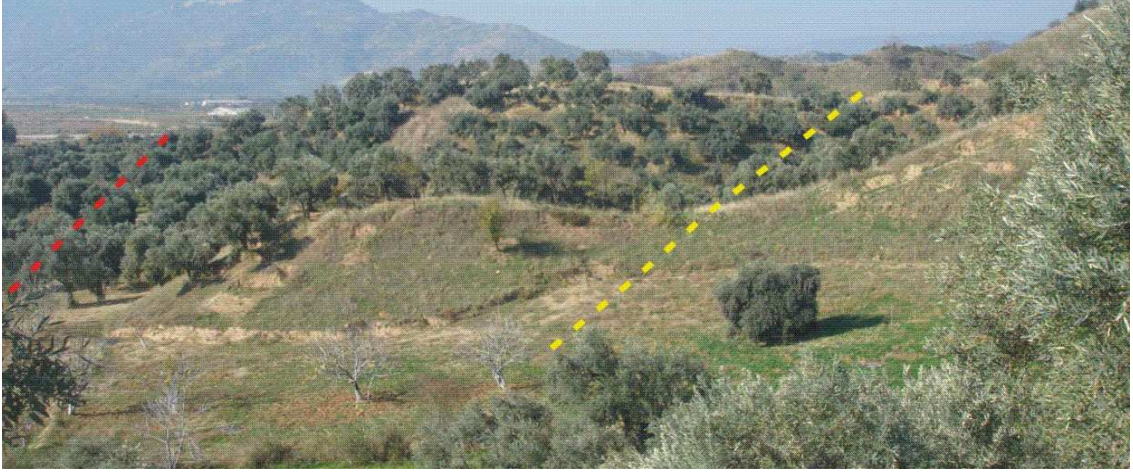
Şekil 3.2. Germencik güneyinde Reisköy civarında gözlenen morfolojik sarplıklar (Bakış yönü KD'ya doğrudur).

Moralı köyü civarında KDD-GBB doğrultusunda Neojen ile Kuvaterner birimlerini sınırlayan fay zonunun yaklaşık 2 km boyunca morfolojik izleri gözlenebilmektedir. Moralı köyünün yaklaşık 400 m doğusunda uçları kesilmiş ve aynı çizgisellik üzerinde kalan sırtlar görülmektedir (Şekil 3.3). Yükseklikleri yaklaşık 20 m yi bulan sarplıklar genç aktivitenin fayın bu kesiminde devam ettiğini göstermektedir. Bu alanda yapılan sığ jeofizik çalışmalarında fayın Kuvaterner birimleri içerisindeki konumuna ait veriler toplanmış ve fay detaylı olarak haritalanmıştır.

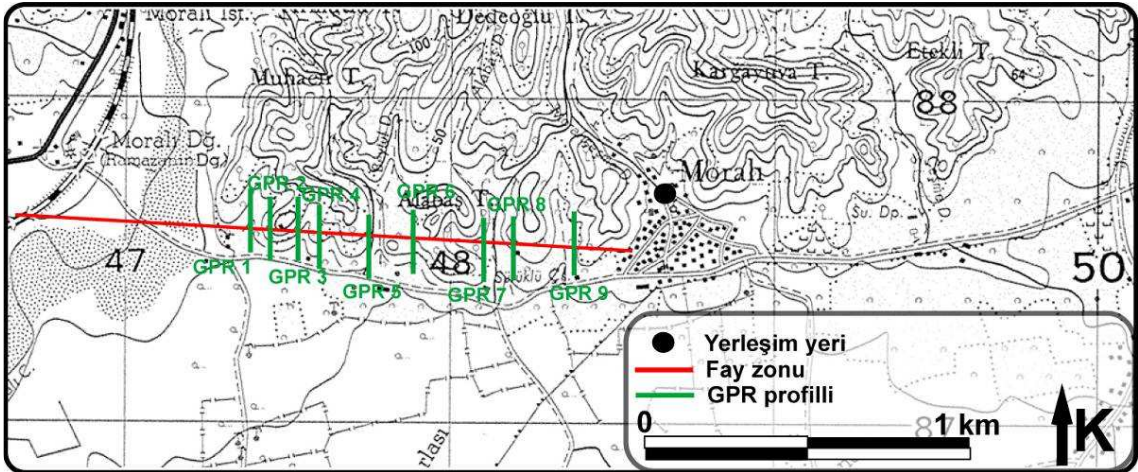


Şekil 3.3. Moralı köyü doğusunda gözlenen fay sarplıkları (bakış yönü KD'ya doğrudur).

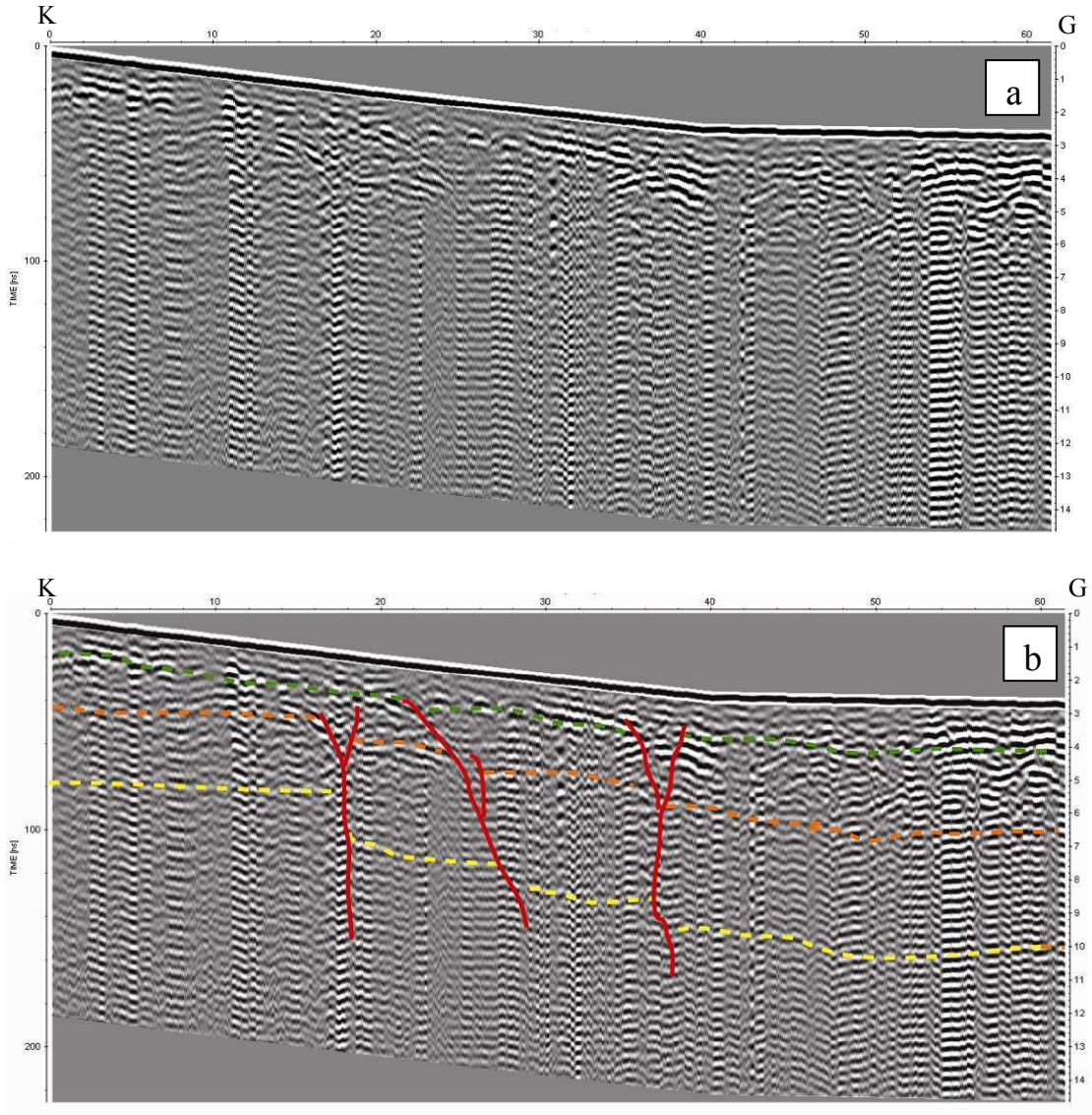
Moralı köyünün yaklaşık 300 m batısında gözlenen fay sarplıkları normal fay morfolojisini oldukça güzel sergilemektedir. Bu alanda fay normal faylarda gözlenen eyer yapısını ve basamak şeklinde güneye doğru alçalan morfoloji görülmektedir (Şekil 3.4). Yüksekliği 15 m'yi bulan sırtların güney yamaçları oldukça sarptır ve aniden Neojen birimlerinden Kuvaterner birimlerine geçiş yapmaktadır. Bu alanda fayın genç birimler içerisindeki konumu tespit etmek amacıyla Moralı köyü batısında GPR ile 9 adet profil uygulanmış (Şekil 3.5) ve profillerde süreksizlik düzlemleri belirlenmiştir (Şekil 3.6a-b).



Şekil 3.4. Moralı köyü batısında gözlenen normal fay morfolojisi. Sarı renkli kesikli çizgiler fayın Neojen birimleri içerisinde kalan ve daha önce kullveığı yüzeyi, kırmızı kesikli çizgiler ise fayın günümüzde kullveığı Neojen ile Kuvaterner'i ayıran yüzeyi göstermektedir.



Şekil 3.5. Moralı köyü batısında uygulanan GPR profillerinin konumu.



Şekil 3.6. Moralı köyü batısında alınan 2 nolu GPR profilinin görünümü. a. Filtre edilmiş GPR datası. b. İnterpolasyon uygulanmış olası süreksizlik alanı büyütülmüş GPR datası (Kesik çizgiler tabaka düzlemlerini, kırmızı çizgiler ise süreksizlik zonlarını göstermektedir).

Fay zonu Moralı Köyü batısında kuzey yönünde yaklaşık 200 m'lik bir sıçrama yaparak Küçükali Tepe'si önlerinde gözlenmektedir. Fay bu alanda Neojen birimlerinden birkaç 10 m kadar daha güneyde, Neojen yaşlı birimlerden türeyen sedimanter istiflerin içinde yer almaktadır. Fayın Neojen birimleri içerisinde kullveığı alan morfolojide net bir sarplık olarak göze çarpmakta, günümüzde kullveığı alan ise

daha düşük topoğrafik farklılıklılı bir sarplık sunmaktadır (Şekil 3.7). Fay muhtemelen yumuşak ve tıkızlaşmamış sedimanlar içerisinde her bir sonraki hareketini tavan bloğu üzerinde güneye doğru geniş mesafelerde göç ederek yaptığından bu alanda yüksek sarplıklar yerine, kuzeyden güneye doğru geniş bir alanda aralıklarla basamaklar şeklinde normal fay morfolojisi meydana getirmektedir. Aynı doğrultuda dizilmiş sırtların uçlarının keskin bir şekilde kesildiği ve önlerinde fay sarplıklarının meydana geldiği gözlenmektedir.



Şekil 3.7. Moralı köyü batısında Küçükali Tepe'si önlerinde gözlenen fay sarplığı (Bakış yönü kuzeye doğrudur).

Argavlı Köyü merkezinde grabenin tabanını oluşturan ve tektonizma etkisi altında yükselen Mesozoik yaşlı kireçtaşları üst kotlarda gözlenmektedir. Kireçtaşları bu alanda fayın genel yönelimine paralel şekilde KD-GB doğrultusunda uzanmaktadır. Muhtemelen bu doğrultu fayın Neojen'den önce kullanmış olduğu doğrultudur ve bu kesimden sonra aktif fay kireçtaşlarına ulaştığı noktada KD-GB doğrultusu kazanarak fayın daha önce kullanmış olduğu doğrultuya paralel olarak devam etmektedir (Şekil 3.8). Argavlı Köyü civarında fay morfolojisi Neojen birimleri içerisinde oldukça

nettir. Her ne kadar tarımsal faaliyetler fayın son kullveığı alandaki sarplığı tahrip etmiş olsada fayın Neojen birimlerinden türeyen birim içerisindeki morfolojisi net olarak izlenebilmektedir.



Şekil 3.8. Argavlı köyü civarında fay morfolojisinden bir görünüm. Sarı çizgiler fayın Neojen birimleri içerisinde daha önce kullveığı düzlemi, kırmızı çizgiler günümüzde kullveığı ve Neojen ile Kuvaterner sınırını oluşturan düzlemi göstermektedir.

Argavlı Köyü'nün hemen batısında ucu fay tarafından kesilmiş sırt oldukça düzgün bir normal fay morfoloji sunmaktadır. Yaklaşık 15 m yüksekliğindeki morfolojik sarplığın güney yamacı oldukça keskin ve aktif fay kontrolündedir (Şekil 3.9a). Sarplığın hemen yakınında kireçtaşları üzerinde gözlenen fay aynasındaki çizikler fayın normal bileşeninin yanında sağ yönlü doğrultu bileşeninde sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 3.9b). Gözlenen fay aynası kireçtaşları ile Neojen birimlerini sınırlamaktadır. Fay aynası herne kadar Kuvaterner dönemine ait bir olay olmasada, aynı sistem içerisinde olduğundan, fayın genel karakterini ve fay üzerindeki güncel hareketin nasıl olacağını göstermektedir. Fayın doğrultusunun değiştiği bu alanda KKD-GGB yönlü çekme gerilmesi altında fay üzerinde doğrultu bileşeni olacağı

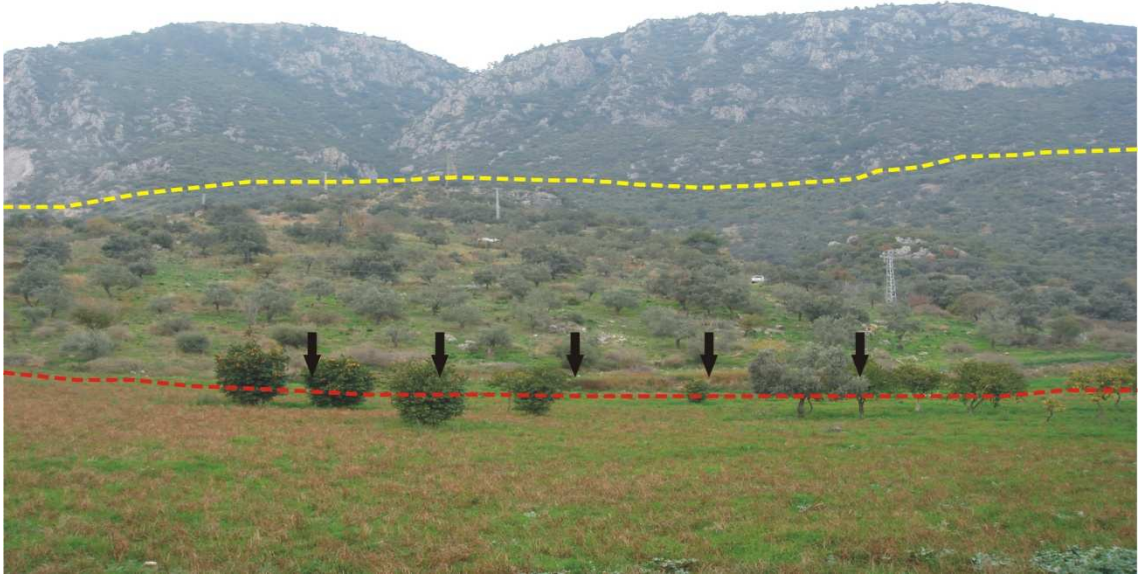
kinematik olarak kanıtlanabilmektedir. Bu alanda gözlenen K60D doğrultusundaki fay aynası üzerinde 30° lik sağ yönlü doğrultu bileşeni bulunmaktadır.



Şekil 3.9. Argavlı köyü civarında fayın arazideki izi. a. Argavlı köyü batısında gözlenen yaklaşık DKD-BGB doğrultulu fay sarplığı (Bakış yönü KB'ya doğrudur). b. Argavlı köyü batısında kireçtaşları üzerinde gözlenen fay aynası ve fay çizikleri.

Argavlı köyünden daha batıya gelindiğinde normal fay morfolojisinin belirgin olduğu bu alanda fayın daha eskiden kullveığı düzlem ile güncel olarak kullveığı düzlem görülmektedir (Şekil 3.10). Fayın güncel olarak kullveığı alanda meydana

gelen çöküntü ile küçük bir sedimanter havza oluşumu fayın güncel aktivitesinin kanıtıdır.



Şekil 3.10. Argavlı köyü batısında fay zonu morfolojisinden bir görünüm. Kırmızı kesikli çizgi fayın günümüzde kullandığı düzlemi, sarı kesikli çizgi ise geçmiş dönemdeki tektonik aktivitenin izini göstermektedir. Çöküntü alanı oklarla belirtilmiştir (Bakış yönü kuzeye doğrudur).

Söke-Aydın karayolu kenarında açılmış olan taşocağı yarmasında kıvrımlanmış gözlenen Permiyen yaşlı tabakalı kireçtaşları Batı Anadolu'nun Paleotektonik dönemde geçirmiş olduğu sıkışma rejiminin göstergesidir (Şekil 3.11). Gözlenen kireçtaşları Paleotektonik dönemin ardından başlayan ve güncel olarak izlenen açılmalı tektonik rejimin etkisi altında yükselerek yeryüzüne ulaşmışlardır. Kıvrımın hemen güneyinde koyu gri renkle gözlenen ve oldukça altere olmuş alan, sıkışma rejiminin sona ermesi (Paleotektonik dönemin bitmesi) ile başlayan neotektonik dönemde fayın kullanmış olduğu deformasyon yüzeyinin izidir.



Şekil 3.11. Sazlıköy yakınlarında gözlenen kıvrımlanmış Permiyen yaşlı kireçtaşları. Kıvrım eksenleri KD-GB olan kireçtaşları paleotektonik dönemde KB-GD yönlü bir sıkışmanın izlerini göstermektedir (Bakış yönü KD'ya doğrudur).

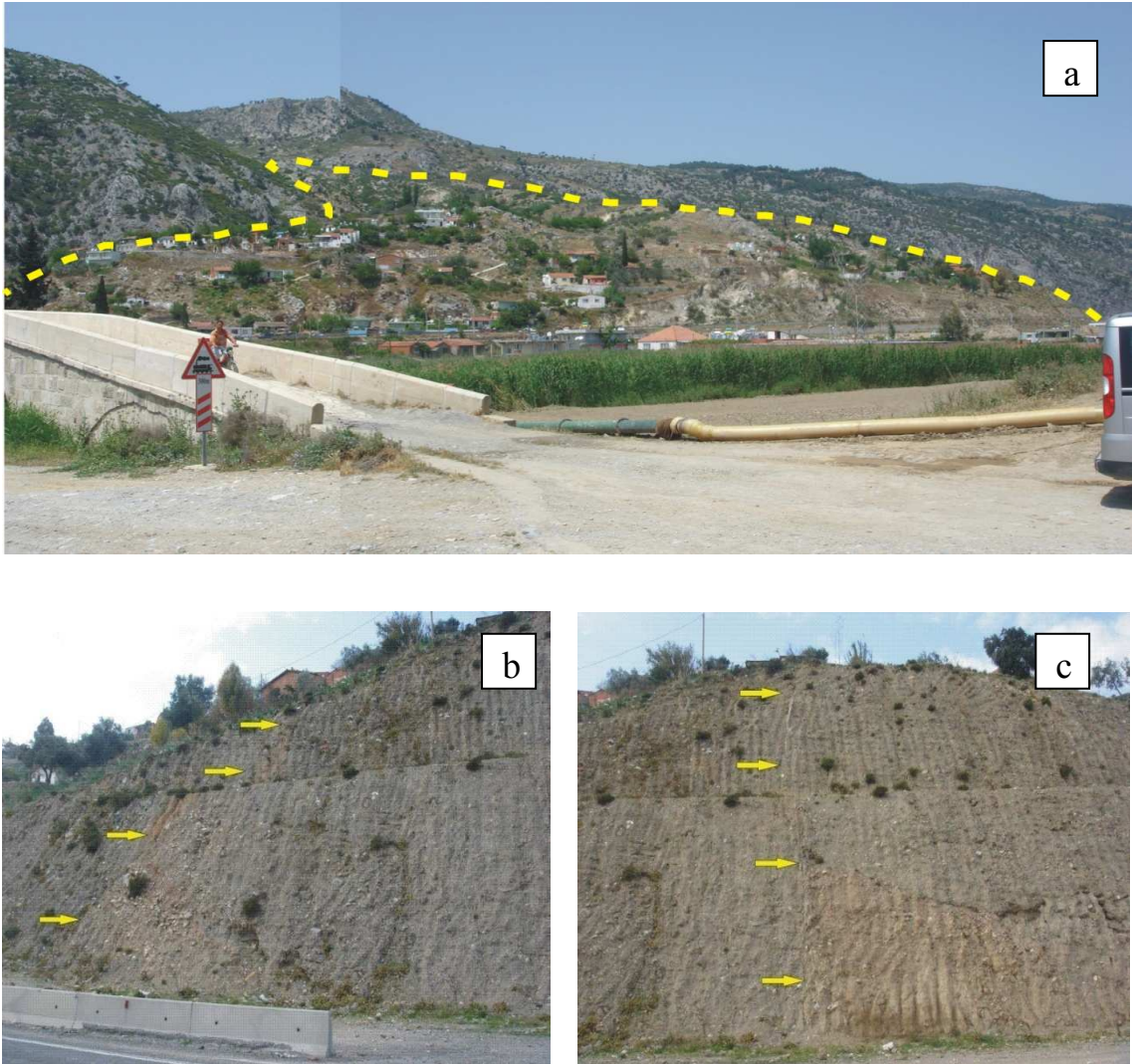
Sazlıköy doğusunda kireçtaşlarından oluşan yüksek morfolojik sarplığın güney kesiminde, yamaç önünde biriken yamaç molozu içerisinde malzeme alınması sonucu açılmış olan yarmada fayın daha önce kullanmış olduğu düzlemler gözlenmektedir (Şekil 3.12a-b). Fay düzlemleri Kireçtaşları ile Kuvaterner birimleri arasında yer almaktadır ve fay kırıklarının arasında fayın hareketi sonucu oluşmuş fay kili görülmektedir. Yarma üzerinde dar bir alanda birçok fay düzlemi görülmektedir ve her bir farklı fay düzlemi üzerinde farklı birimlerin çökeldiği görülmektedir, buda her bir düzlemin farklı birer olaya karşılık geldiğini göstermektedir.



Şekil 3.12. Sazlıköy doğusunda açılmış olan yarmada gözlenen fay düzlemleri. a. Kireçtaşları ile Kuvaterner yaşlı genç malzeme arasında gözlenen fay düzlemleri. Kırıkların arasında gri renkli fay kili gözlenmektedir (bakış yönü Batı'ya doğrudur). b. Kuvaterner yaşlı birimler içerisinde gözlenen fay düzlemleri (Bakış yönü Doğu'ya doğrudur).

Söke'ye bağlı Sazlıköy beldesinde üst kotlardaki Neojen birimlerinin alt kotlara doğru hareketi ile gerçekleşen heyelan olayı gözlenmektedir (Şekil 3.13a). Yer yer güncel olarak devam etmekte olan heyelan içerisinde birçok kayma düzlemi görmek mümkündür (Şekil 3.13b-c). Genel olarak karakteristik heyelan geometrisi taşımayan toprak kayması Neojen birimleri içerisindeki oldukça yumuşak ve suya doygun birimlerin fayın oluşturduğu morfolojik sarpılık sonucu, daha düşük kotlara inen tavan bloğun üstüne doğru hareketi ile gerçekleşmektedir. Yol yarmasında gözlenen ve yanal hareketi gösteren kayma düzlemleri ana fayın sıçırması ile oluşan doğrultu atımlı faylar

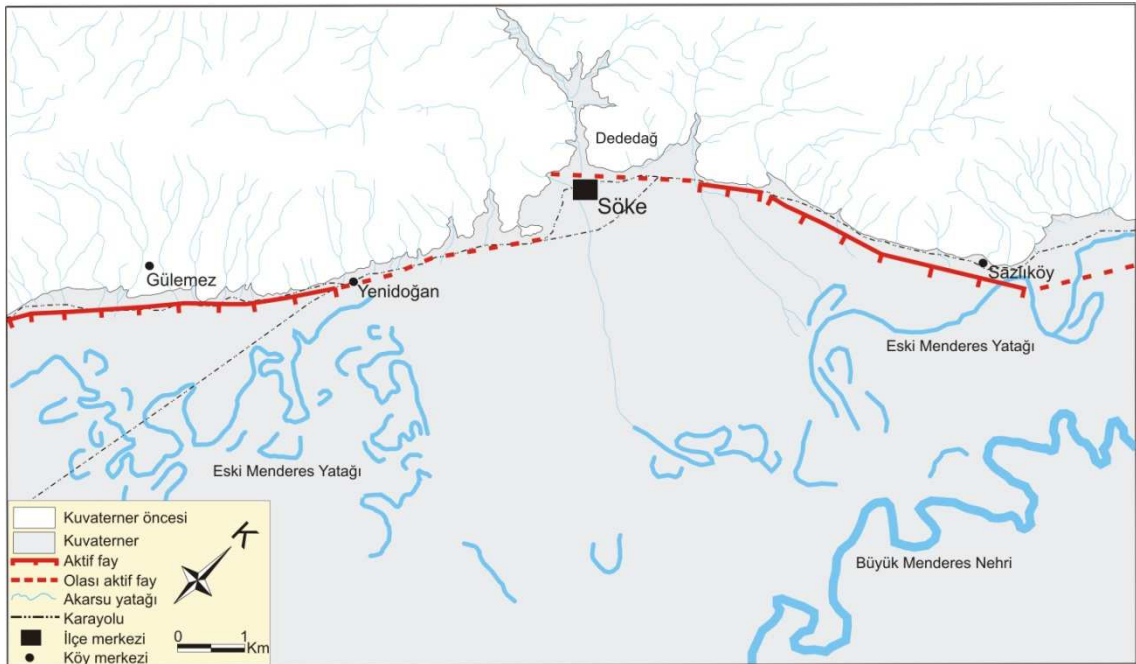
gibi gözüksede, alanın genel morfolojisi, ana fayın geometrisi ve konumu incelendiğinde bu fayların lokal olarak, muhtemelen toprak kayması sırasında gelişen ikincil düzlemler olduğu anlaşılmaktadır. Genç birimler içerisinde gözlenen bu kayma düzlemleri ana normal fayın kuzeyinde kaldığından ve doğrultuları bölgenin kinematik özellikleri ile uyummadığından güncel tektonizma ile ilişkili olmadıkları düşünülmektedir.



Şekil 3.13. Sazlıköy beldesinde gözlenen heyelan. a. Geniş bir alanı kaplayan heyelanın geliştiği alan sarı kesikli çizgiler ile belirtilmiştir. b-c. Sazlıköy beldesinde gözlenen heyelan içerisindeki KB-GD doğrultulu kayma düzlemleri

3.1.2. Söke segmenti

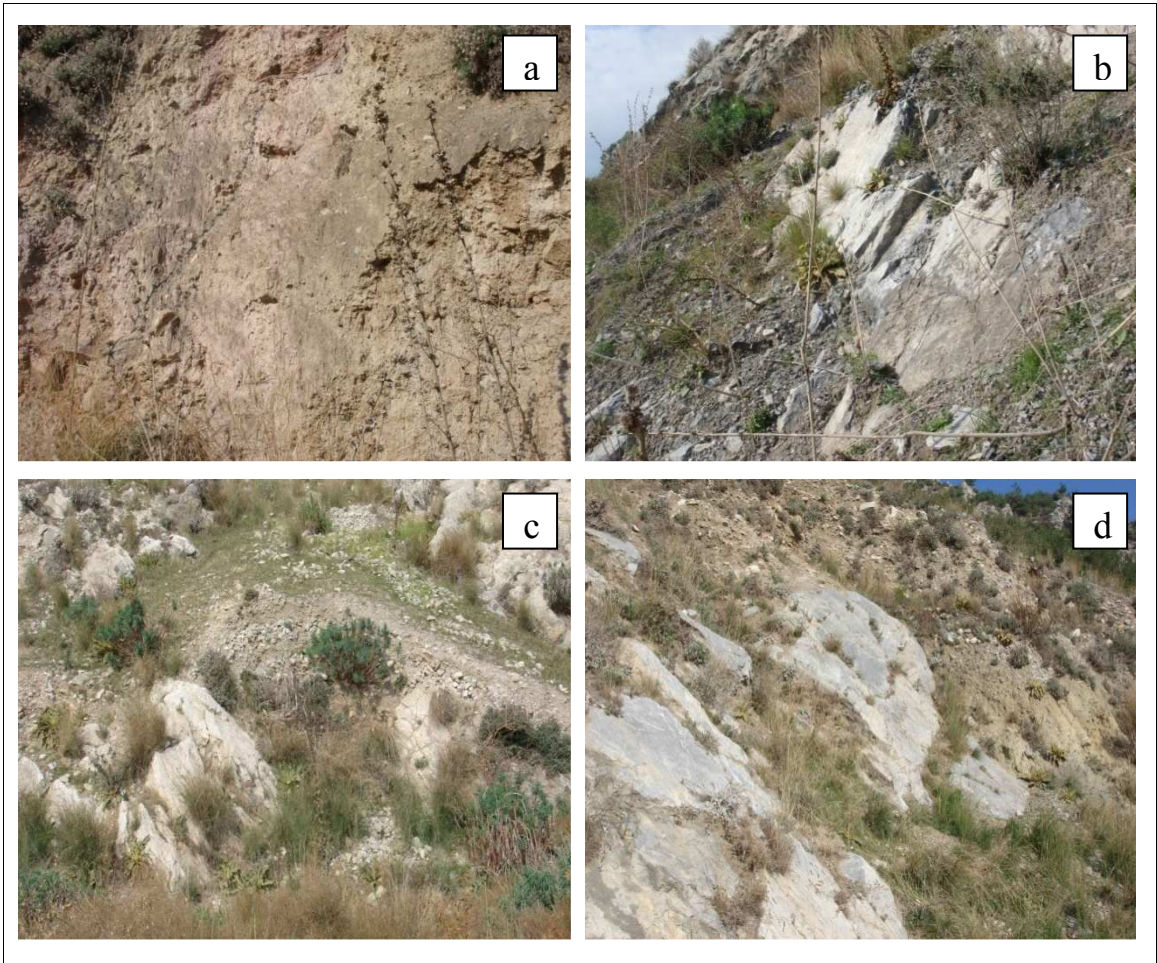
Söke ilçesi Sazlıköy beldesine kadar KD-GB doğrultusu ile takip edilen fay bu alandan sonra doğrultusunu KDD-GBB olarak değiştirerek Söke merkezine devam etmektedir (Şekil 3.14). Söke doğusunda yüksekliği 800 m’yi bulan sarp topoğrafyanın güneyinde devam eden fayın morfolojik izi Söke merkezinde Dededağ yamaçlarında gözlenmektedir ve bu kısımda dar bir alanda D-B doğrultusuna yakın bir doğrultu kazanmaktadır. Söke merkezinde yoğun yapılaşma nedeniyle çok net takip edilemeyen fay Söke’nin hemen batısında güney yönünde bir sıçrama yapmaktadır. Fayın sıçrama yaptığı bu alanda gelişen büyük dere yatakları geniş bir alüvyel yelpaze oluşturmakta ve fay morfolojisini gizlemektedir. Fay bu alandan sonra KD-GB doğrultusu ile tek bir çizgi halinde batıya doğru devam etmektedir.



Şekil 3.14. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Sazlıköy ile Gülemez arasında kalan kesimini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.

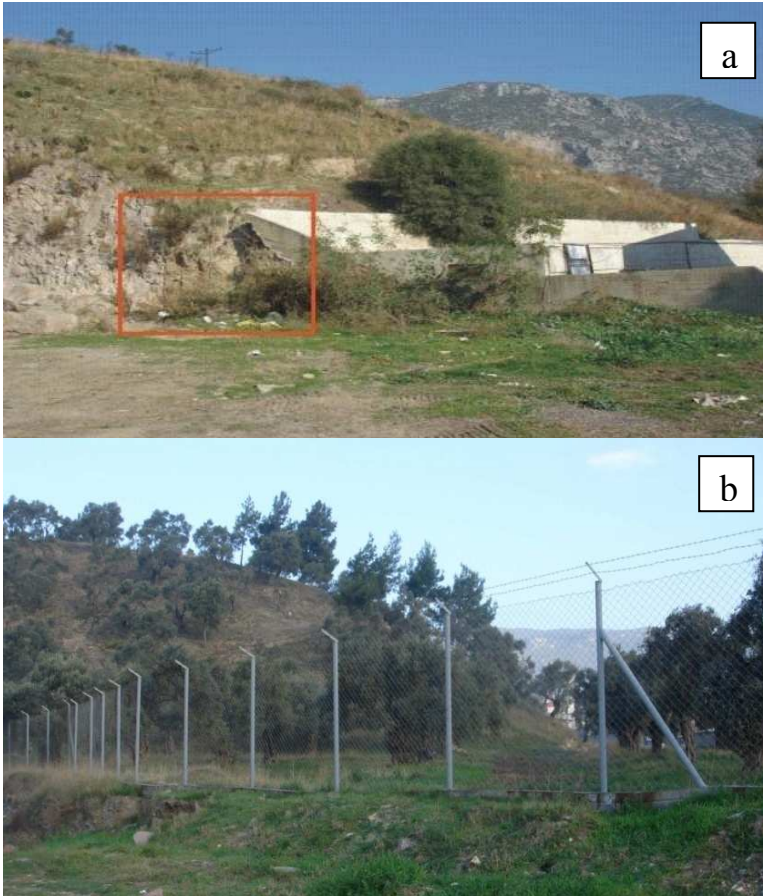
Fay zonu Sazlıköy ile Söke arasında kalan kesiminde Büyük Menderes nehrinin alüvyonları içinde kalmaktadır. Güncel sedimantasyonun devam ettiği bu alanda fayın

son hareketlerine ait morfolojik veriler elde edilemezken, fayın tarihsel dönem öncesinde kullveığı düzlemler kireçtaşları ve yamaç molozu üzerinde görülebilmektedir (Şekil 3.15a-b-c-d). Yaklaşık K38D doğrultulu fay düzlemleri 65° ile 80° arasında değişen eğim açlarına sahiptir. Fay düzlemleri atmosferik olaylar nedeniyle aşınmış olduklarından, düzlemler üzerinde fay çizikleri veya fay kertikleri gözlenmemektedir.



Şekil 3.15. Çalışma alanında fayın Söke ile Sazlıköy arasında kalan kısmında kireçtaşları ile yamaç molozu içerisinde gözlenen fay düzlemleri. a. Söke doğusunda yamaçmolozu içerisinde gözlenen K40D/80GD doğrultulu fay aynası. b. Söke doğusunda kireçtaşları içerisinde gözlenen eski bir fay aynası. c. Sazlıköy batısında yamaçmolozları ile bir kısmı örtülmüş eski bir fay aynası. d. Sazlıköy batısında kireçtaşları üzerinde gözlenen K37D/65GD doğrultulu eski bir fay aynası.

Söke merkezinde fayın morfolojideki izi uçları kesilmiş tepelerden izlenmektedir. Şehir merkezi doğusunda ana karayolu kenarında sarplık üzerine açılmış olan taş ocağı duvarında fayın daha önceki aktivitesini gösteren fay düzlemleri sarplığın hemen güney yamacında gözlenmektedir (Şekil 3.16a). Söke çimento fabrikasının batısından itibaren gözlenen sarplıklar Söke merkezi içine Dededağ yamaçlarına doğru devam etmektedir. Genel olarak Neojen birimlerinden oluşan tepelerin güney yamaçları oldukça sarp olup, Kuvaterner birimlerinden fay ile ayrılmaktadır (Şekli 3.16b).



Şekil 3.16. Söke merkezinde fay morfolojisinden görünümler. a. Söke doğusunda gözlenen fay sarplığı ve bu sarplık üzerine açılmış taş ocağı yarmasında belirlenen fay düzlemleri (Bakış yönü KD'ya doğrudur). b. Söke merkezinde güney ucu fay tarafından kesilmiş sırt (Bakış yönü KD'ya doğrudur).

Söke merkezinin kuzeyini sınırlayan ve iyi tıkızlaşmamış, muhtemelen geç Neojen yaşlı tabakalı birimler fayın Neojen aktivitesine bağlı olarak yaklaşık 20° kuzeye eğimlenmiştir (Şekil 3.17). Normal fayların klasik özelliklerinden olan tavan bloğu üzerindeki birimlerin eğimlenmesi olayı bu alanda belirgin şekilde izlenmektedir.

Fay günümüzdeki aktivitesini bu birimlerin güneyinde Kuvaterner birimleri içerisinde devam ettirmektedir.



Şekil 3.17. Çalışma alanında Söke şehir merkezi ve civarında gözlenen Neojen birimleri. Karasal çökellerden oluşan tabakalı birimler fayın daha önceki aktivitesine bağlı olarak tavan bloğun hareketiyle kuzeye eğimlenmiştir (Bakış yönü batıya doğrudur).

Fay Söke merkezinde Dededağ'ın güney yamacını izleyerek GDD doğrultusunda devam etmektedir. Şehir merkezinde yoğun yapılaşma nedeniyle tam konumu takip edilemeyen fay, Söke'nin batısında güney yönünde büyük bir sıçrama yaparak Özbeyyeniköy-Yenidoğan civarında devam etmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Fay zonu Söke merkezinde Neojen birimlerinden oluşan yükseltelerin güneyinde yaklaşık D-B doğrultusunda uzanmakta ve Söke batısında güneye doğru büyük bir sıçrama yapmaktadır. Kırmızı oklar fayın Kuvaterner birimleri içindeki konumunu göstermektedir (Bakış yönü GB'ya doğrudur).

Fayın Yenidoğan kasabası ile Gülemez arasında kalan bölümde topoğrafyada yaratmış olduğu morfolojik iz net şekilde gözlenebilmesine karşın, günümüzde en son kullveığı yüzey yoğun yapılaşma ve askeri alan sınırları içinde kalması nedeniyle belirlenememektedir. Fayın morfolojideki izini batıya doğru takip edildiğinde askeri bölgenin hemen batısında Gülemez kasabası yakınlarında, oldukça keskin ve çizgisel uzanan ütü altı yapısı (triangler facet) görülmektedir. Gülemez kasabası batısında fayın önceki dönemlerde kullanmış olduğu yüzey ve önünde gelişmiş olan yamaç molozu ile günümüzdeki hareketi sonucunda meydana gelmiş olan ütü altı yapısı yüzeyi birarada gözlenmektedir (Şekil 3.19). Bu alandan itibaren Büyük Menderes nehrinin günümüze yakın zamana kadar devam eden aktivitesi ile yaratmış olduğu yüksek sedimantasyon ve iyi gelişmiş drenaj sistemlerinin oluşturdukları büyük alüvyel yelpazeler nedeniyle, fayın güncel aktivitesine ait izler morfolojide gözlenememektedir.



Şekil 3.19. Gülemez beldesi batısında fay zonunun yaratmış olduğu morfolojiden bir görünüm. Kırmızı çizgiler fayın günümüzde kullveiği alanı, sarı çizgiler ise fayın paleotektonik dönemde kullveiği alanı göstermektedir (Bakış yönü kuzeye doğrudur).

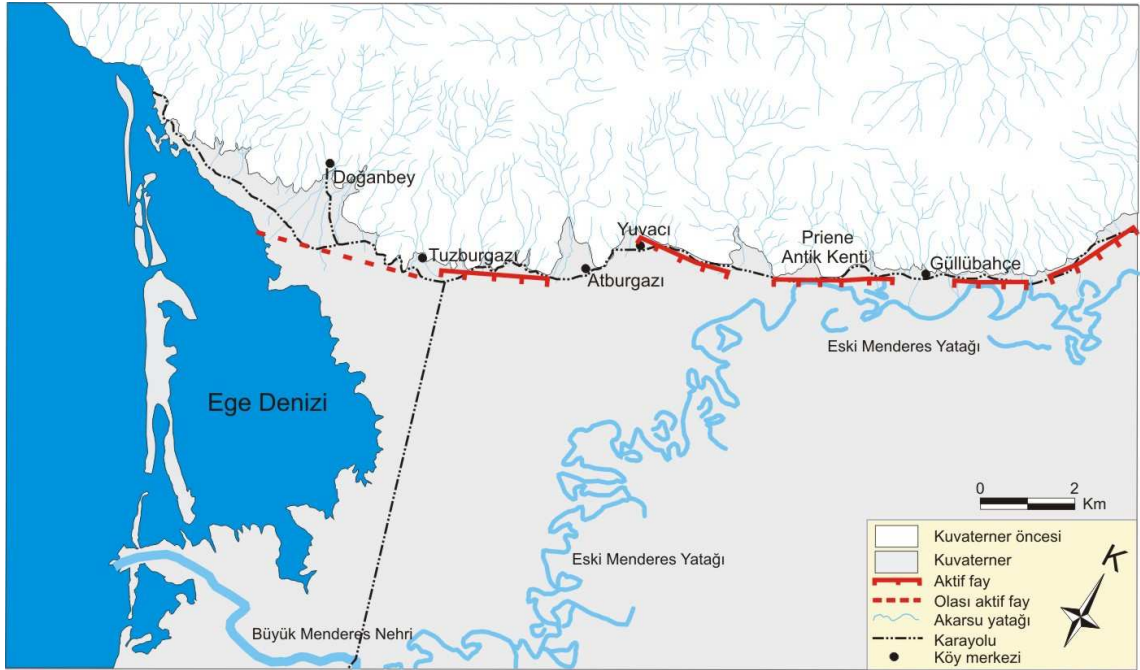
Gülemez beldesi batısında fay zonu üzerine açılmış olan taş ocağı yarmasında gözlenen Neojen birimleri ve üzerlerinde birikmiş yamaç molozu gözlenmektedir. Bölgede gelişen tektonik aktivite sonucu yükselen kireçtaşları, fayın düşey hareketi ile alçalmış ve yatay olarak çökeldikten sonra kuzeye eğimlenmiş Neojen birimlerinin üzerinde gözlenmekte ve kireçtaşlarından kopan ve bozunan parçalar Neojen birimleri üzerinde yamaç molozunu meydana getirmektedir (Şekil 3.20). Fayın günümüzde hareketini gerçekleştirdiği yüzey, Büyük Menderes nehrinin biriktirmiş olduğu genç sedimanların altında kaldığından dolayı, morfolojideki izi gözlenmemektedir.



Şekil 3.20. Gülemez batısında taş ocağı yarmasında, fay tarafından birbirinden ayrılan Kireçtaşları ile Neojen birimleri ve Neojen birimleri üzerinde biriken yamaç molozu. Mavi halka kireçtaşını, Siyah halka Neojen birimini ve kırmızı halka yamaç molozunu göstermektedir (Bakış yönü kuzeye doğrudur).

3.1.3. Priene segmenti

Çalışma alanının bu kesiminde fay zonu yaklaşık KD-GB doğrultusu ile Güllübahçe kasabasından Ege denizi içlerine kadar uzanmaktadır (Şekil 3.21). Kuzeyi yaklaşık 1000 m yüksekliğindeki kireçtaşları tarafından sınırlanan bu alanda Neojen birimleri yüzlek vermemektedir. Fayın bu bölümünde Büyük Menderes nehrinin güncel aktivitesi ve iyi gelişmiş drenaj sistemlerinin oluşturduğu geniş alüvyonel yelpazeler, fayın güncel aktivitesine ait morfolojik izleri örtmektedir. Fayla ilişkili morfolojik yapılar uzun alanlarda takip edilememekte ve Tuzburgazı köyünden itibaren Ege Denizi'ne doğru tamamen kaybolmaktadır.



Şekil 3.21. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Güzelköy ile Ege denizi arasında kalan kesimini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.

Güllübahçe doğusunda fayın önceki hareketleri sonucunda meydana gelen fay morfolojisi oldukça belirgin olarak izlenmektedir (Şekil 3.22). Bu alanda fayın güncel olarak kullveığı alanın izi görülmemekte ve yoğun sedimantasyon nedeniyle üzerinin örtüldüğü düşünülmektedir. Fayın yaratmış olduğu sarplık önünde yamaç molozunun birikmemiş olması, bölgede şiddetli aşınım veya yüksek hızla gerçekleşen sedimantasyon olaylarının etkin olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.22. Güllübahçe doğusunda fay morfolojisinden bir görünüm (Bakış yönü Kuzeye doğrudur).

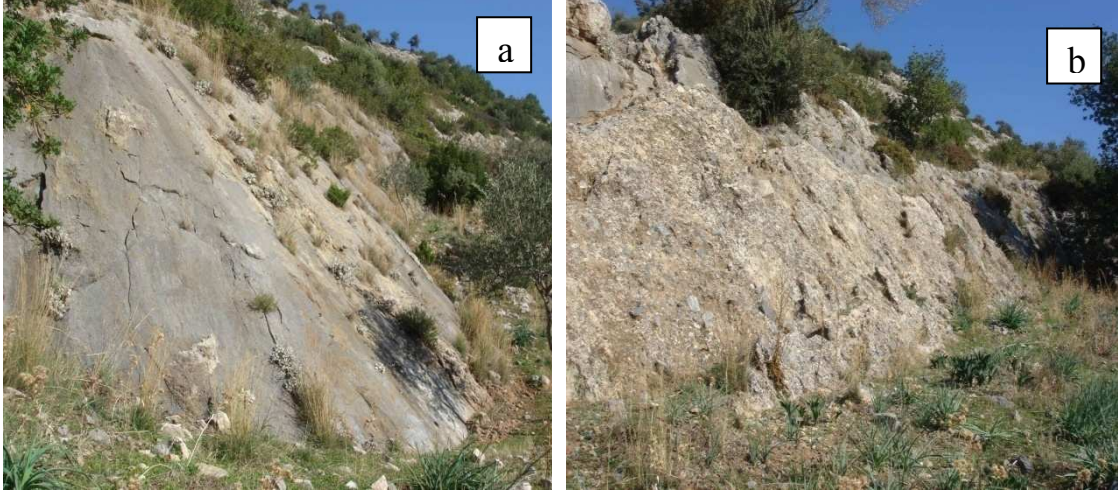
Güllübahçe batısında fayın aktivitesinin morfolojideki izi ütü altı yapısı yüzeyi ile belirlenmektedir (Şekil 3.23a). Ütü altı yapısının eteğinde tarihsel dönemlerde meydana gelmiş olan depremlere ait fay aynası gözlenmektedir (Şekil 3.23b). Bu alanda ütü altı yapısının hemen güneyinde Osmanlı dönemine ait bir değirmene su taşıyan su kemeri ile küçük bir hamam kalıntısı bulunmaktadır ancak her iki yapıda da tarihsel depremler sonucunda meydana gelmiş bir ötelenme bulunmamaktadır. Eski hamam kalıntısı Batı Anadolu'da normal faylar üzerinde çokça gözlenen sıcak su çıkışının bir göstergesidir. Bu alanda fayın güncel aktivitesini Kuvaterner alüvyonu içerisinde sürdürdüğünden, fayın izi K-G yönünde akan büyük derelerin biriktirdiği kalın sedimanter istifin altında kalmakta ve morfolojide izi gözlenmemektedir.



Şekil 3.23. Güllübahçe batısında gözlenen ütü altı yapısı. a. Ütü altı yapısı ve bu yüzeye çok yakın konumda bulunan tarihi su kemeri (sarı okla belirtilen) ve eski hamam kalıntısı (kırmızı okla belirtilen). (Bakış yönü KB'ye doğrudur). b. Ütü altı yapısının yamaç molozu ile birleştiği noktada gözlenen eski bir fay aynası (Bakış yönü batıya doğrudur).

Yuvacı köyü kuzeydoğusunda daha önceleri meydana gelmiş depremlere ait oldukça güzel ve düzgün doğrultu sunan yaklaşık D-B doğrultulu fay aynaları gözlenmektedir (Şekil 3.24a). Fay aynası üzerinde gözlenen fay breşi içerisindeki kırıklar aynı düzlemin bir defadan daha çok kullveğini göstermektedir. İçinde oldukça iri kireçtaşı parçaları içeren karbonat matrixli breş üzerinde birden çok kayma yüzeyi

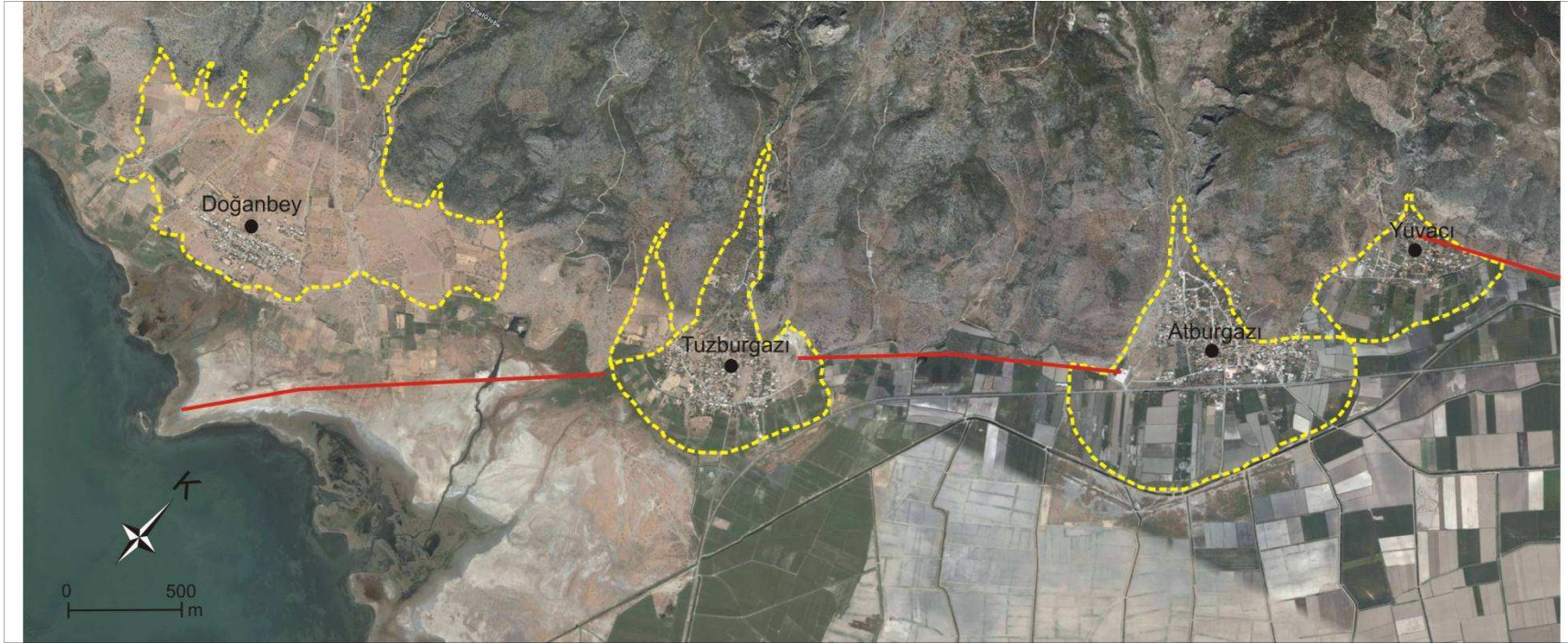
bulunmaktadır (Şekil3.24b). Fay aynaları önünde gözlenen genç yamaç molozu ve toprak oluşumu fayın bu düzlemi yakın geçmişte kullveiğini göstermektedir



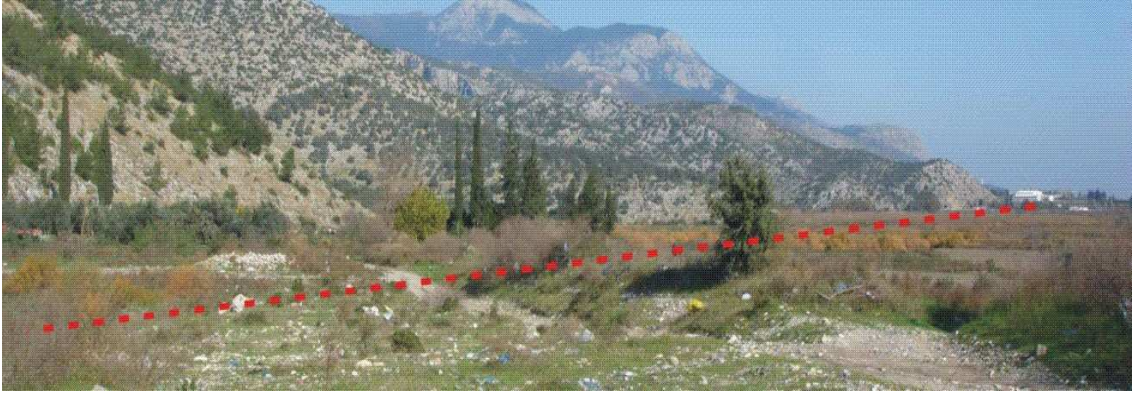
Şekil 3.24. Yuvacı köyü KD'sunda gözlenen fay aynaları (Bakış yönleri KD'ya doğrudur). a. Yüksekliği birkaç metreyi bulan oldukça düzgün fay aynası. b. Fay düzlemi üzerinde gözlenen fay breşi ve breş içerisindeki farklı kayma düzlemleri.

Yuvacı köyünden itibaren batıda Ege denizine kadar olan kısımda yüksekliği 1000 m'yi bulan Samsun dağları üzerinde iyi gelişmiş drenaj sistemlerinin taşımış oldukları malzemeler ile büyük alüvyel yelpazeler gelişmekte ve vadi ağzlarında fay zonunun morfolojideki izlerini örtmektedir. Bölgede gelişen alüvyonel fanlar Google Earth uydu görüntülerinde net şekilde gözlenmektedir (Şekil 3.25).

Atburgazı ile Tuzburgazı köyleri arasında fay zonunun morfolojisi daha yalın bir hal almaktadır. Bu alanda yüksek sedimantasyon nedeniyle güncel faylanmaya ait herhangi bir iz bulunmamakta ve sadece fayın geçmiş dönem dönem öncesinde kullanmış olduğu zon morfolojide belirgin olmaktadır (Şekil 3.26). Uçları kesilmiş sırtlar net bir çizgisellik sunmakta ve alüvyon ile birleştikleri noktalarda su çıkışları gözlenmektedir.



Şekil 3.25. Fay zonunun Yuvacı köyü ile Ege denizi arasındaki kesiminin Google Earth uydu görüntülerinden elde edilmiş görünümü. Kırmızı çizgiler fay zonu, sarı kesikli çizgiler ise bölgede gelişmiş güncel alüvyal yelpazeler göstermektedir.



Şekil 3.26. Atburgazı beldesi ile Tuzburgazı köyü arasında fay morfolojisinden bir görünüm. Uçları kesilmiş sırtların önündeki kırmızı çizgiler fayın günümüzde kullveığı muhtemel alanı göstermektedir (Bakış yönü KD'ya doğrudur).

Tuzburgazı köyü batısından itibaren aktif faylanmaya ait herhangi bir morfolojik kanıt gözlenememektedir. Fay bu alanda Büyük Menderes nehri deltasının alüvyonları ve Doğanbey köyünün kuzeyinde bulunan çok iyi gelişmiş drenaj sistemlerinin oluşturduğu büyük alüvyonel yelpazenin sedimanları tarafından örtülmektedir ve yüksek sediman akışı fayın güncel aktivitesine ait izlerini gözlemlenmesini imkansız kılmaktadır (Şekil 3.27). Bu alandan sonra fayın Doğanbey köyünün güneyinden Ege denizi içinde devam ettiği düşünülmektedir.



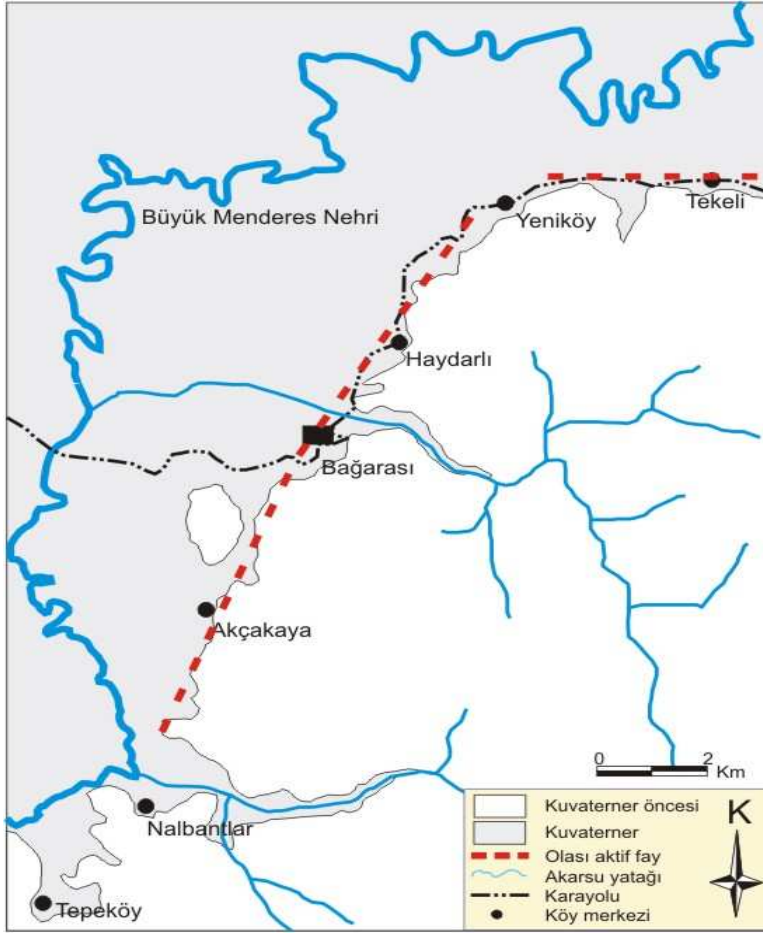
Şekil 3.27. Doğanbey köyü güneyinden Büyük Menderes nehri deltasından genel bir görünüm (Bakış yönü GB'ya doğrudur)

3.2. Grabenin Güney Kesimi

Grabenin güney kesimindeki morfoloji kuzey kesiminie paralel olarak yaklaşık K35D doğrultusunda Bağarası kasabasından Ege denizine kadar uzanmaktadır (Şekil 2.1). Grabenin güney kesimi kuzey kesimindeki kadar net olmayan bir fay morfolojisi sunmaktadır. Fay genelde Paleozoik yaşlı metamorfikler içerisinde, Kuvaterner alüvyonundan daha yüksek kotlarda görülmektedir. Fay zonu çok düzgün bir çizgisellik sunmasada meydana getirdiği normal fay morfolojisi topoğrafik haritada takip edilmektedir. Doğuda Bağarası kasabası kuzey doğusundan itibaren K50D doğrultusunda uzanan fayın yaratmış olduğu morfolojik sarplık, Bafa gölü civarında K35D doğrultusunu kazanarak Akköy güneyinden Ege Denizi içine doğru devam etmektedir (Şekil 2.1). Yaklaşık 50 km uzunluğundaki segmente ait morfolojik sarplık doğuda Bağarası beldesi ile Bafa Gölü arasında metamorfik birimler içerisinde gözlenmektedir. Bu alanda fayın daha önceki aktivitesine ait belirgin bir jeolojik veya morfolojik kanıt bulunmamaktadır. Fay Bafa Gölü'nden Ege Denizi'ne kadar olan kısımda daha belirgin bir normal fay morfolojisi sergilemekte ve Mesozoik yaşlı kireçtaşları ile Neojen birimlerini sınırlamaktadır. Neojen birimleri içerisinde de aktivitesini devam ettirmiş olduğu gözlenen fayın Holosen aktivitesine ait bir kanıt bulunmamaktadır.

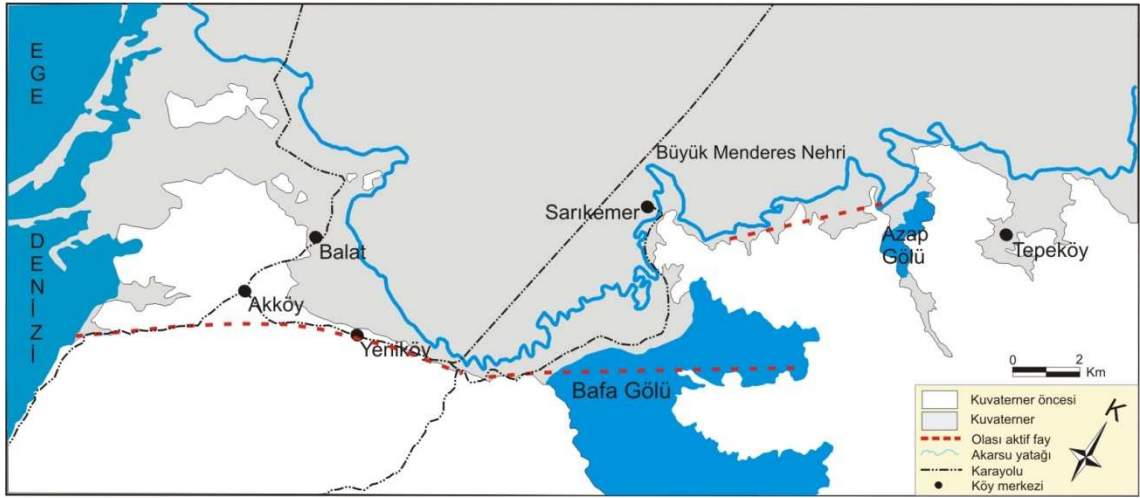
Her iki kenarı da faylar tarafından sınırlanmış olan Büyük Menderes havzasının güney kenarındaki aktivitenin kuzey kenarına nazaran daha düşük olduğu düşünülmektedir. Fay zonu grabenin güney kesiminde düzgün bir çizgisellik ile gözlenmesinin yanında, fayın bu kesimi üzerindeki düşük hareket hızı nedeniyle Kuvaterner aktivitesini kanıtlayacak herhangi bir güncel morfoloji gözlenmemektedir. 1955'te meydana gelen Söke-Balat depremi(M=6,8) hernekadar Balat köyünde büyük hasara neden olsada, bu depremin fay grabenin kuzey kenarını sınırlayan fay üzerinde meydana geldiği görülmektedir.

Grabenin güney kesimine ait fay morfolojisi doğuda Yeniköy ile Akçayaka köyü arasında yaklaşık K35D doğrultusuyla uzanan çizgisellik ile gözlenmektedir (Şekil 3.28). Uzunluğu yaklaşık 15 km yi bulan çizgisellik üzerinde fayın güncel aktivitesini kanıtlayacak herhangi bir veri elde edilememiştir.



Şekil 3.28. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Tekeli köyü ile Tepeköy arasında kalan kesimini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.

Fay zonu morfolojisi daha batıda Azap Gölü ve civarında 1/25000 lik haritada oldukça net izlenebilen çizgisellik ile takip edilmektedir (Şekil 3.29). Yaklaşık 5 km uzunluğundaki çizgisellik K45D doğrultusunda Tepe köyden Azap Gölü batısına kadar uzanmaktadır. Çizgisellik üzerinde bulunan Yağbasan Dağı'nın ve Azap Gölü'nün kuzey kesimin düşey olarak ötelenmesinin yanında, yaklaşık 150 m sağ yanal olarak ötelenmiş gibi gözükmekte, ancak gözlenen sağ yanal bileşen fayın güney kesiminde diğer alanlarda gözlenen fay çiziklerinin doğrultu yönleri ile uyum göstermemektedir.

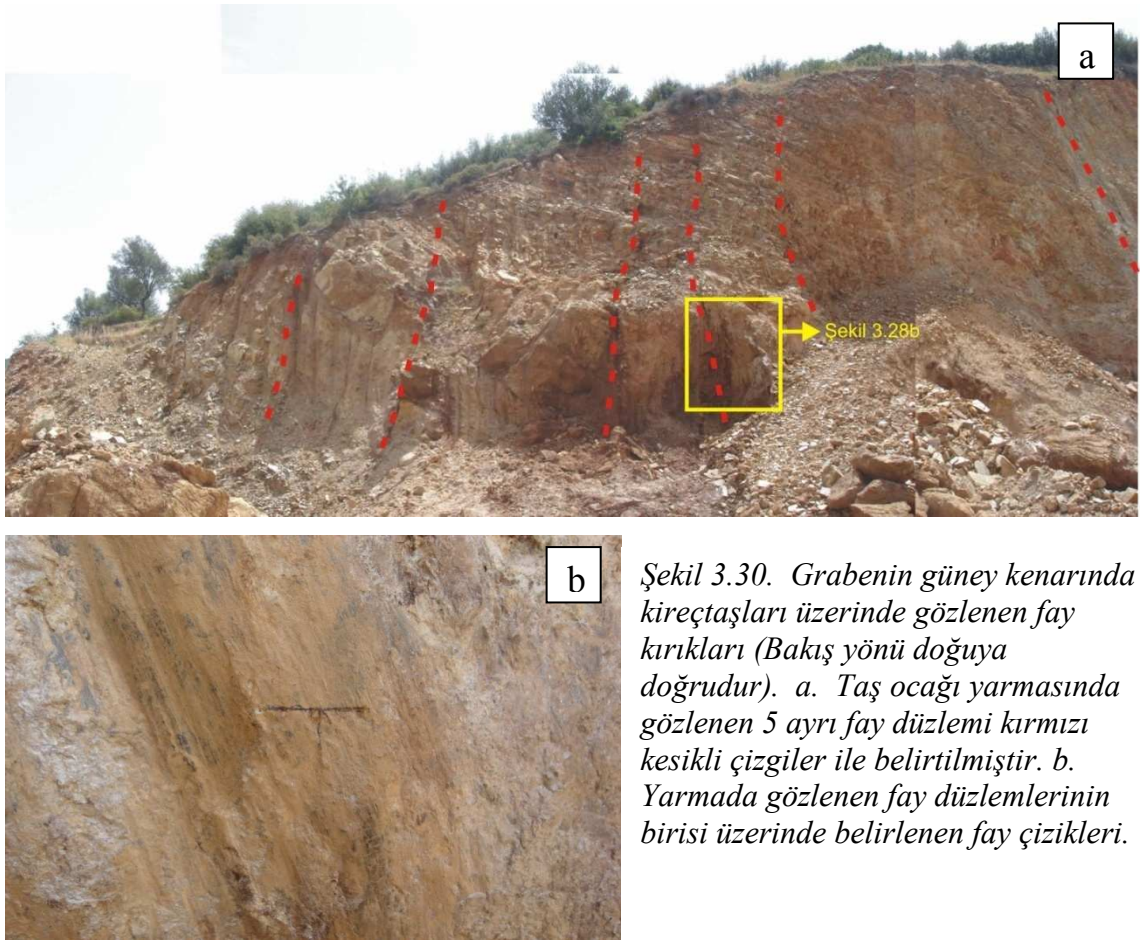


Şekil 3.29. Çalışma alanının 1/25000 ölçekli haritalar üzerine çizilmiş Tepeköy ile Ege denizi arasında kalan kesimini gösteren genelleştirilmiş jeoloji haritası.

Paleozoik yaşlı metamorfik kayalar içerisinde gözlenen sarplık üzerinde yapılan arazi gözlemlerinde aktif faylanmayı yansıtmayacak herhangi bir kanıt rastlanılmadığı gibi fay aynası veya fay çizigi gibi yapılarda gözlenmemiştir. Fay zonunun bu kesiminde gözlenen yerdeğiştirme muhtemelen Neotektonik dönem öncesinde meydana gelmiştir ve bozunma hızı oldukça düşük olan metamorfik kayalar içerisinde yer aldığından günümüze kadar çizgiselliğini korumuştur. Topoğrafyada belirgin olarak gözlenen sağ yanal bileşenli normal faylanmaya ait fay morfolojisi Büyük Menderes fay zonu üzerindeki hareket ile uyumaktadır ancak arazi verileri ve fayın kinematik özellikleri bu çizgiselliğin aktif faylanma ile gelişmediğini göstermektedir.

Bu alandan daha batıya gidildiğinde fay zonunun kireçtaşları içerisinde devam ettiği görülmektedir. Sarıkemer köyü doğusunda açılmış olan taş ocağı içerisinde fayın daha önceki zamanlarda kullveığı zon görülmektedir (Şekil 3.230a). Yaklaşık KB-GD doğrultusunda faya dik olarak açılmış olan yarma üzerinde fayın daha önceki hareketleriyle gelişmiş birçok fay düzlemi görülmektedir. Bu fay düzlemlerinin birisi üzerindeki fay çizikleri ölçümü ile K40D doğrultusunda uzanan fayın yaklaşık 32° sol yanal bileşene sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.30b). Bu değer grabenin kuzey

kenarındaki doğrultu bileşeni ile uyuşmakta, ancak doğrultu bileşenlerinin yönleri birbirini tutmamaktadır. Bu alanda gözlenen doğrultu bileşeni grabenin kuzey kenarı ile ilişkilendirildiğinde, tavan bloğunun taban bloğuna göre göreceli olarak batıya doğru daha hızlı hareket ettiği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.30. Grabenin güney kenarında kireçtaşları üzerinde gözlenen fay kırıkları (Bakış yönü doğuya doğrudur). a. Taş ocağı yarmasında gözlenen 5 ayrı fay düzlemi kırmızı kesikli çizgiler ile belirtilmiştir. b. Yarmada gözlenen fay düzlemlerinin birisi üzerinde belirlenen fay çizikleri.

Sarıkemer köyünden sonra fay zonu Bafa Gölü kuzeyinde doğrultusunu değiştirmekte ve küçük bir sıçrama yapmaktadır. Kireçtaşları içerisinde gözlenen fay yaklaşık K35D doğrultusunu kazanmaktadır. Bafa Gölü batısında bulunan balık çiftliği otoparkında fayın önceki hareketleri ile gelişen fay düzlemleri ve bu düzlemler arasında oluşmuş gri renkli fay kili gözlenmektedir (Şekil 3.31). Birçok kırılma ve kayma

düzlemleri içeren bu geniş zon birkaç metre kuzeyde sonlanmaktadır ve fayın Kuvaterner alüvyonuna kadar devam edip güncel alüvyonu kestiğine dair herhangi bir kanıt bulunmamaktadır.



Şekil 3.31. Bafa gölü batısında kireçtaşları içerisinde gözlenen fay düzlemleri ve bu düzlemlerde gelişmiş gri renkli fay kili (Bakış yönü KD'ya doğrudur).

Biraz daha batıya gidildiğinde Söke-Bodrum karayolu civarında Neojen birimleri gözlenmeye başlamaktadır. Fayın Neojen öncesi ve Neojen aktivitesi sonucunda yükselen Permiyen yaşlı kireçtaşları Neojen birimlerinden daha üst kotlarda gözlenmektedirler. Bu alanda faya ait morfoloji yaklaşık K25D doğrultulu kuzey kesimi oldukça düzgün çizgisellik sunan, ucu kesilmiş tepe ile izlenmektedir (Şekil 3.32). Fay zonu bu kesimde dar bir alanda K20-25D doğrultusunu ile Neojen birimleri içerisinde devam etmektedir.



Şekil 3.32. Bafa gölü batısında fay morfolojisinden bir görünüm. Fay bu alanda Neojen yaşlı birimlerden oluşan tepenin güney yamacındaki çizgisellik ile belirgindir (Bakış yönü güneye doğrudur).

Bu alandan sonra fay zonu Ege denizine kadar belli belirsiz bir fay morfolojisi sunmaktadır. Yeniköy merkezine kadar K20D doğrultusuyla uzanan fay Neojen birimleri içerisinde dar alanlarda birbirlerine paralel çizgisel yapılar sergilemektedir. Daha üst kotlardaki kireçtaşları üzerindeki çizgisellik arazide ve topoğrafik harita üzerinde oldukça belirginken Neojen birimleri içerisindeki fay morfolojisi aşınma etkisi ile bozulmuştur. Bu alandaki morfolojik yapılar kuzey yamaçları oldukça sarp ve keskin sırtlar ve tepeler ile gözlenmekte ancak aynı doğrultu açılına sahip olan bu yapılar, aynı çizgi üzerinde yer almamakta ve dağınık bir yapı sergilemektedir. Neojen birimleri içerisinde belli belirsiz takip edilebilen fayın Kuvaterner aktivitesine bağlı herhangi bir kanıt bulunmamaktadır. Bunun sebeplerinden biri fay zonunun bu kesiminin Neojen'den sonra aktivitesini yitirmesi, diğeri ise Neojen döneminden sonra aktivitesinin çok azalması ve büyük zaman aralıklarında gerçekleşen yüzey kırığı yaratabilecek depremlerin morfolojik izlerinin aşınma etkisi ile silinmesi gösterilebilir.

Fay zonu bu alandan sonra K35D doğrultusunda Akköy'ün güneyinden Ege Denizi'ne uzanmaktadır (Şekil 3.29). Bu alanda Yeniköy civarına nazaran biraz daha belirgin olan fay morfolojisi Neojen birimleri ve kireçtaşları içerisinde gözlenmektedir. Fay zonu Akköy Didim karayoluna paralel olarak uzanmakta ve karakol mevkiinde Ege

Denizi içine girmektedir. Bu alanda yol yarmalarında kireçtaşları içerisinde fayın daha önceki hareketlerine bağlı olarak gelişen kayma düzlemlerini görmek mümkündür (Şekil 3.33).



Şekil 3.33. Fay zonunun Ege denizine ulaştığı noktada kireçtaşları üzerinde gözlenen fay düzlemleri ve kırık zonlar (Bakış yönü batıya doğrudur).

4. ARKEOSİSMOLOJİK GÖZLEMLER

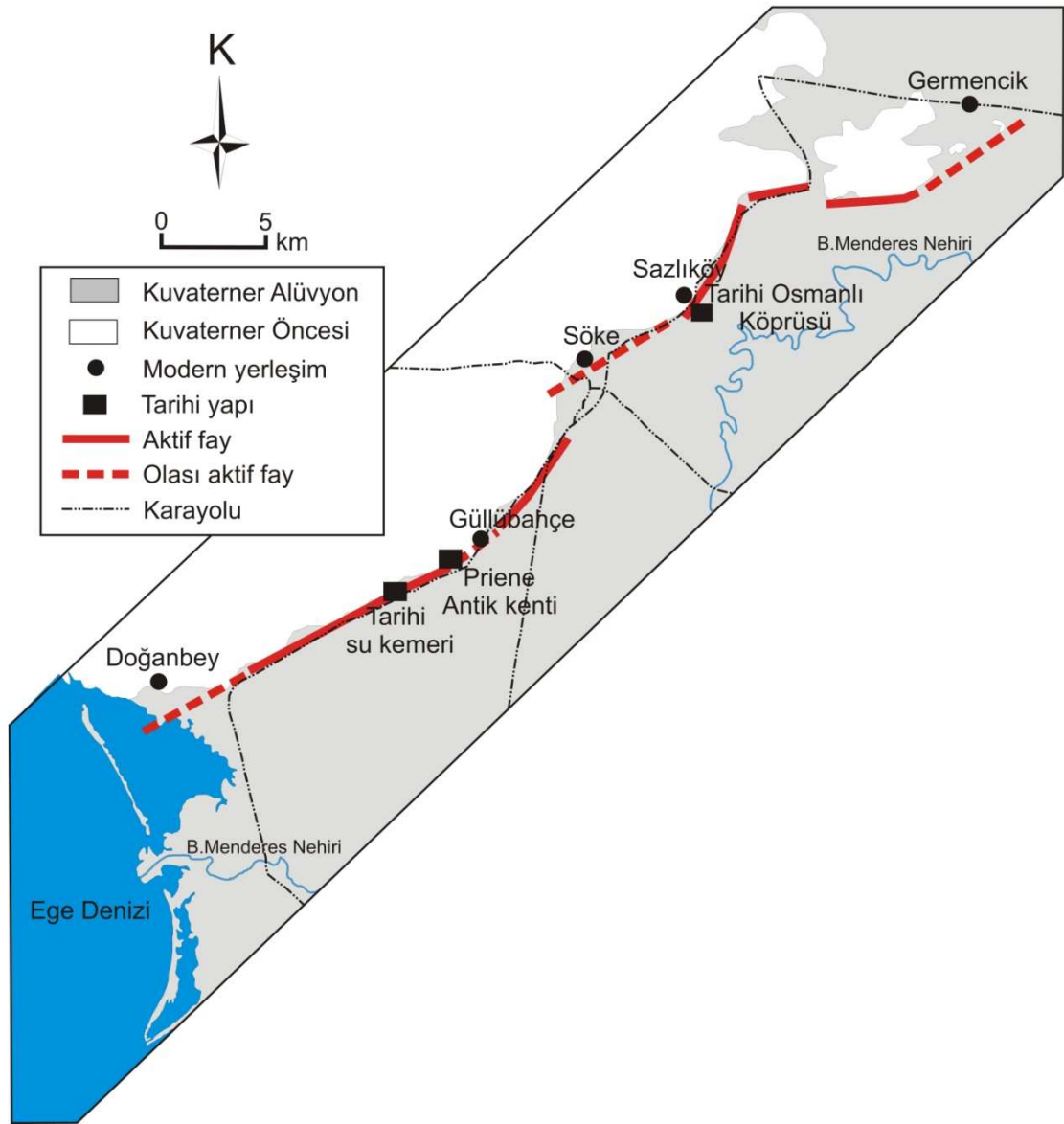
Batı Anadolu’ da tarihsel devirlerde de büyük depremler meydana gelmiştir. Arkeolojik ve tarihsel kaynaklarda birçok tarihi kentin değişik zamanlarda depremler ile yıkıldığı, çok sayıda insanın öldüğü ve hatta bazı tarihi şehirlerin yerlerinin değiştirildiği bildirilmesine rağmen depremler sırasında hangi bölgelerin kırıldığı ve ne tür hasarların olduğu konularında ayrıntılı bilgiler yoktur. Dolayısıyla tarihsel devirlerde meydana gelen depremler 20. yy’da olduğu gibi ayrıntılı çalışılmamıştır. Fakat bir bölgede yaşadığımız yüzyılda ve gelecekteki deprem aktivitesini öğrenmek ve zararlarını en aza indirmek için o bölgenin uzun döneme ait depremsellik aktivitesinin iyi bilinmesi gerekir. Bu da deprem verilerinin modern ve tarihsel perspektiften birlikte değerlendirilmesini gerektirir. Büyük Menderes Grabeni modern ve tarihsel deprem verilerinin birlikte değerlendirilmesine yönelik çalışmalar için iyi bir temel sağlamaktadır.

4.1. Priene Antik Kentinde Tarihsel Depremlere Bağlı Gözlenen Deformasyonlar

Priene antik kenti Söke’nin 15 km batısında Güllübahçe beldesi yakınında yer almaktadır (Şekil 4.1). Denizden yaklaşık 13 km içeride yer alan antik Priene kentinin bugün bulunduğu yer kentin ilk kurulduğu yer değildir (Baran 1965, Bean 1979, Akurgal, 1995). Bean (1979) ve Akurgal (1995)’a göre, kentin ilk kuruluş yeri kesinlikle bilinmemektedir ancak Aksu ve diğ. (1987) eski Priene’nin şimdiki şehrin yaklaşık 8 km doğusunda bir yerde ve M.Ö. 500 yıllarında liman kenti olduğunu ileri sürmektedirler. Eski Priene’nin tarihi iyi bilinmemekle beraber Duyuran (1948)’a göre M.Ö. 10. yy dan önce, Bayrak (1982)’a göre ise M.Ö. 12. yy’da kurulmuş, İyonya’ in en erken ve en önemli liman şehirlerinden biridir (Bean, 1979; Akurgal, 1995). Örneğin Priene, M.Ö. 494’de Persler ile yapılan Lade Savaşına 12 savaş gemisi ile katılmış, dünyanın yedi ünlü düşünüründen biri olan Bias M.Ö. 6. yy’in başında Priene’de yaşamıştır (Bean, 1979; Akurgal, 1995).

Bugünkü Priene, Atina’nın gösterdiği ilgi ve yardımlar ile M.Ö. 350 de kurulmuştur (Duyuran, 1948; Baran, 1965; Akurgal, 1995). İlk kurulduğunda bir liman

şehri olan yeni Priene, Strabon'un bildirdiğine göre kendi zamanında (M.Ö. 63 - M.S. 21) denizden yaklaşık 6 km içeride kalmıştır. Priene'de sırasıyla İonyalılar, Persler, Romalılar ve Bizanslar yaşamışlar, M.S. 14. yy'da kent tamamen terk edilmiştir (Tulay. S, Akat H. 2004). Priene'de günümüzde Athena Tapınağı, agora, Kutsal salon, Zeus Tapınağı, buleuterion, prytaneion, tiyatro, gymnasium ve stadyum gibi önemli binaların kalıntıları mevcuttur.

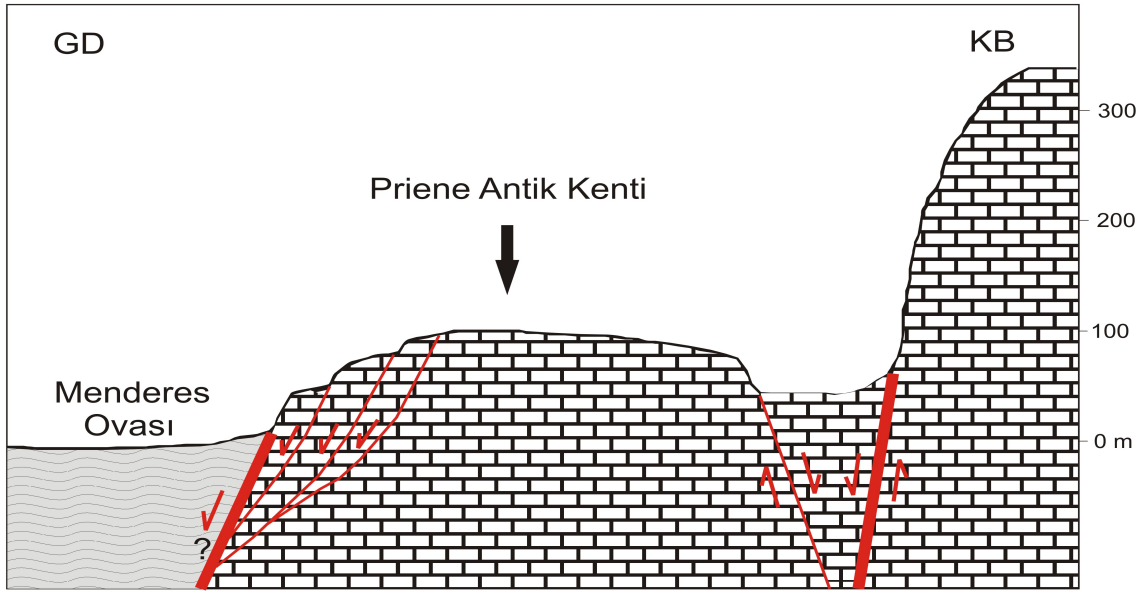


Şekil 4.1. Büyük Menderes Grabeni'nin batı kesiminin kuzey kenarında yer alan tarihi yapılar.

Priene antik kenti BMFZ'nun hareketleri ile meydana gelmiş olan topoğrafyadan yararlanarak, Samsun Dağları'nın eteğinde kireçtaşlarından oluşan büyük bir fay sarplığının yamacına kurulmuştur (Şekil 4.2). Fayın meydana getirmiş olduğu elverişli coğrafyadan faydalanan kent, BMFZ'nun üzerinde yer almasından dolayı tarihsel dönemde fay üzerinde meydana gelen hareketlerden etkilenmiş ve yapılarında hasarlar meydana gelmiştir (Altunel, 1998). Her ne kadar aktif fay kentin güney kenarında yer alsada, kent içerisinde fayın tarihsel dönem öncesinde kullanmış olduğu birçok eski fay düzlemi yer almaktadır (Şekil 4.3). Bu eski fay aynalarından biri stadyumun hemen kuzeyinde yaklaşık KD-GB doğrultusu ile yer almaktadır (Şekil 4.4). Oldukça belirgin olarak gözlenebilen fay aynası üzerinde kaymaya bağlı gelişen çizikler ve kertikler halen korunmaktadır. Fay çizikleri incelendiğinde normal bileşenin yanında 40°'lik doğrultu bileşenin varolduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Priene antik kentinin bulunduğu alanın morfolojik görünümü. Kentin kuzeyi büyük bir sarplıkla gözlenen tarihsel döneme ait fay yüzeyi ile sınırlanmaktadır ve kent düşen blok üzerinde yer almaktadır.



Şekil 4.3. Priene antik kentinin bulunduğu alandan bir kesit görünüm. Kireçtaşları üzerinde yer alan kentin KB'sında bozunmuş eski fay düzlemi ve buna paralel gelişmiş bir antitetik fay gözlenmektedir. Fayın günümüzde kullveığı alan kireçtaşları ile Kuvaterner alüvyonu arasındadır.



Şekil 4.4. Stadyumun kuzeyinde gözlenen fay yüzeyi. KD-GB yönünde birkaç on metre boyunca oldukça belirgin ize sahip olan fay aynası üzerinde kaymaya bağlı gelişen fay çizikleri, fay kertikleri ve sıyrılmaları gözlenmektedir.

Athena tapınağının hemen batısında yaklaşık KD-GB doğrultulu bir diğer fay yüzeyi gözlenmektedir (Şekil 4.5). Fay düzlemi üzerinde herhangi bir fay çizliği gözlenmemekle beraber fay üzerindeki hareketlere bağlı gelişmiş olan fay breşi, bu fay düzleminin geçmiş dönemlerde birden çok seferde kullanıldığının bir göstergesidir.



Şekil 4.5. Priene antik kenti içinde Athena tapınağı batısında gözlenen KD-GB doğrultulu fay düzlemi ve fay düzlemi üzerinde meydana gelmiş fay breşi (Bakış yönü doğuya doğrudur).

Antik kent içerisinde gözlenen ana hareket yönünde gelişen fayların dışında kentin kuzey yamacına yakın kesimde yaklaşık D-B uzanımlı bir antitetik fay gözlenmektedir (Şekil 4.6). Kentin kuzeyini sınırlayan eski ana fay düzleminin antitetiği olarak çalıştığı gözlenen fayın tavan ve taban bloğu arasında yaklaşık 20 m'lik bir kot farkı bulunmaktadır ve ana fay ile arasında bir çöküntü havzası meydana getirmektedir.



Şekil 4.6. Athena tapınağının kuzeyinde gözlenen ve ana fay düzlemine paralel gelişmiş antitetik fay yüzeyi. Bu fay Athena tapınağının kuzeyinde D-B doğrultulu çöküntü alanının oluşmasına neden olmuştur (Bakış yönü batıya doğrudur).

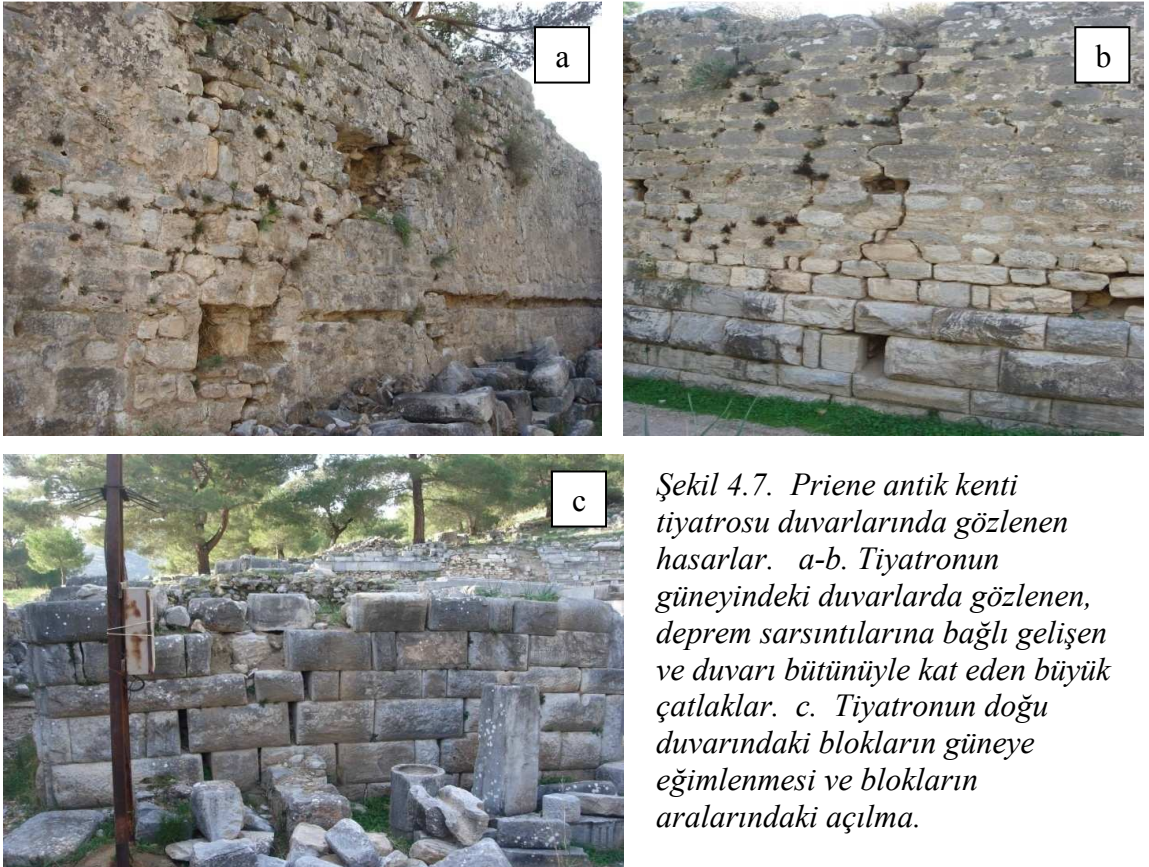
Priene antik kenti içerisinde gözlenen bu fay düzlemleri fayın kentin inşasından (M.S. 350) önceki hareketleri sonucunda meydana gelmiş olsalarda, fayın tarihsel dönem öncesinde yüzey kırığı yaratacak büyüklükte depremler ürettiğinin birer göstergesidir. Kent içerisinde bulunan yapılar bu fayların hareketinden daha sonra inşaa edilmişlerdir ancak, kentin kuruluşundan sonra kentin güneyinde güncel hareketini sürdüren aktif fayın hareketlerinden etkilenmiş ve üzerlerinde deformasyonlar meydana gelmiştir. Bu deformasyonlar aşağıda sıralanmıştır.

4.1.1. Sarsıntıya bağlı gelişen hasarlar

Aktif fay zonlarına yakın yerlerde kurulmuş olan yapılar, aktif fayların yüzey deformasyonlarından etkilenebilecekleri gibi, meydana getirdikleri yer sarsıntılarında da zarar göreceklere ve yapılarında sarsıntıya bağlı gelişen hasarlar meydana gelecektir. Deprem sarsıntılarında bağlı gelişen hasarlar, yapılar üzerinde benzer deformasyonlar bırakmaktadır. Stiros ve Pirazzolli (1995); Stiros (1996), Yunanistan ve Türkiye’de

Altunel ve Barka (1996); Hancock ve Altunel (1997); Altunel ve diğ. (2003) Türkiye’de ve Korjenkov ve Kaiser (2003), Almanya’da antik kentlerde yapmış oldukları çalışmalarda sarsıntıya bağlı deprem hasarlarının tarihsel depremler için karakteristik kriterler olduğunu ve bu tip hasarların depremlerin tarihlerini belirlemede kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Priene antik kentinde sarsıntıya bağlı gelişen hasarlar; duvarlardaki büyük çatlaklar, yapıtaşlarının aralarında meydana gelmiş olan büyük ayrılmalar, tadilat izleri, sütunların tamburlarında sallanma sonucu meydana gelmiş kırık ve patlaklar ile yapılardaki yıkılmalar şeklinde sıralanabilir. Kentteki sarsıntıya bağlı hasarlar tiyatro ve civarındaki yapılarda yoğunlaşmaktadır. Tiyatronun güney duvarındaki büyük çatlaklar (Şekil 4.7a-b) ve doğu duvarındaki bloklardaki bozunma ve eğilme (Şekil 4.7c), bölgede meydana gelen depremlerin sarsıntılarının yapılar üzerinde bıraktığı izlerdir.

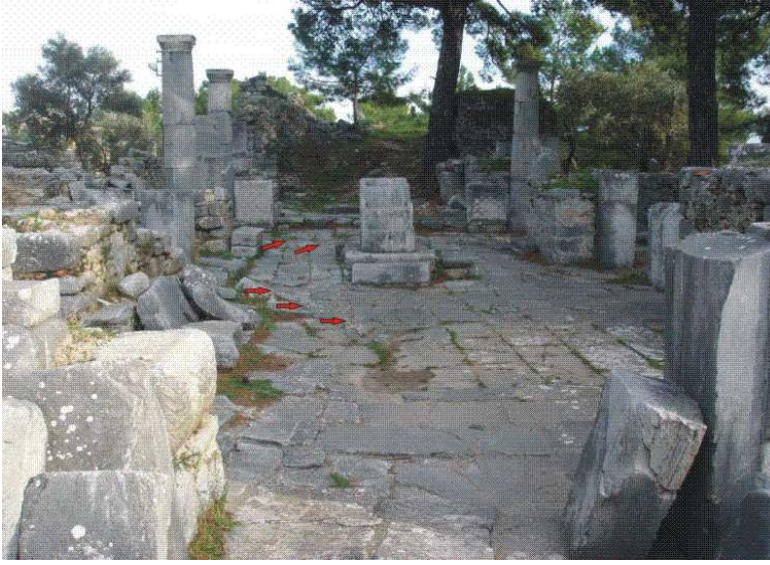


Ayrıca tiyatronun sahne kısmındaki kirişlerde gözlenen kırıklar (Şekil 4.8), yapının üst kısmındaki blokların bu kirişler üzerine düşerek tüm kirişleri orta noktalarından kırdıklarını göstermekte ve bu düşmenin sebebi olan yıkımın muhtemel tarihsel depremin sarsıntıları sonucunda meydana gelmiş olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.8. Tiyatro sahnesinin restorasyon ile birleştirilmiş tavan elemanları. Yapı taşlarının tümünün orta noktalarında gözlenen kırıklar, tiyatronun bu bölümünün tarihsel dönemlerde meydana gelmiş olan bir depremin sarsıntıları sonucu yıkıldığını ve bu taşların üzerlerine düşen diğer yapı elemanları sonucu kırıldığını göstermektedir.

M.S. 5.yy'da, büyük ölçüde eski yapılardan sökülen taşlarla yapılmış olan bazilika, tarihsel dönemde meydana gelmiş olan depremin sarsıntıları sonucunda meydana gelen deformasyonların izlerini taşımaktadır. Deprem sarsıntıları sonucunda devrilmiş olan sütunların, bazilika taban döşeme taşları üzerinde meydana getirdiği ezilmeler ve düşme izleri halen net şekilde görülmektedir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Bizans bazilikasında deprem sarsıntıları ile devrilmiş olan sütunların ve yapıtaşlarının taban döşemesinde bırakmış oldukları izler. Kırmızı oklar sütunların düştükleri alanlarda taban döşeme taşları üzerinde meydana getirdiği göcükleri göstermektedir.

Priene antik kentinde sarsıntıya bağlı olarak gelişen bir diğer hasar Athena tapınağındaki sütunlar üzerinde görülmektedir (Şekil 4.10). Deprem sarsıntısı sırasında sağa ve sola salınım yapan sütunların tamburları, bu sallanma sırasında birbirlerinin kenar kısımlarına basınç uygulamaktadırlar (Altunel, 1998). Uygulanan bu baskı kuvveti tamburların kenar kısımlarında çatlaklar ve kırıklar oluşturmaktadır. Eğer sarsıntı daha da büyür ve sütunların salınımları artarsa, tamburlar domino taşı sitilinde aynı yöne doğru devrileceklerdir. Athena tapınağı sütunlarında gözlenen bu deformasyon, tamburların üzerinde kırıklar ve patlaklar oluşturacak kadar salınım yaptırabilecek büyüklükte tarihsel depremin meydana geldiğini, ancak halen büyük kısmı ayakta duran sütunlar, bu depremin onları domino sitilinde devirecek kadar büyük olmadığını göstermektedir.

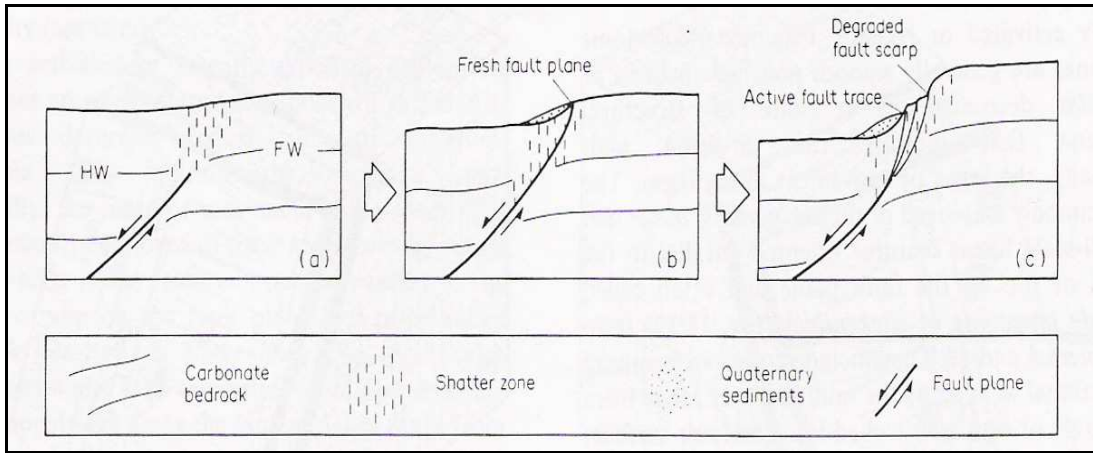


Şekil 4.10. Athena tapınağının sütunlarında gözlenen sarsıntıya bağlı deformasyon izleri. Tarihsel döneme ait bir depremin sarsıntıları sonucunda tamburların kenarlarında meydana gelmiş olan kırık ve patlaklar.

4.1.2. Yüzey deformasyonuna bağlı gelişmiş hasarlar

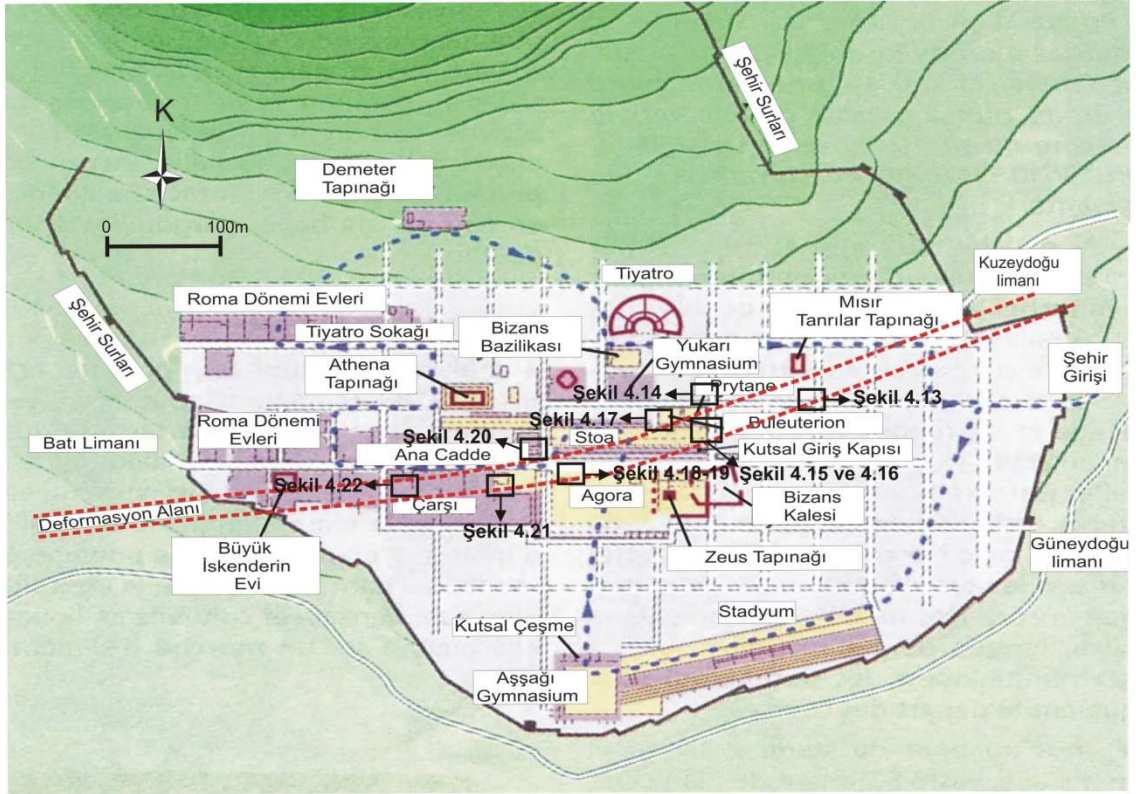
Aktif fay zonlarının yakın civarında bulunan yerleşim yerlerinin bazı yapıları eğer fay zonunun tam üzerinde kalıyorsa, fay üzerinde meydana gelen yüzey hareketi sonucunda üzerlerinde deformasyonlar meydana gelecek ve çeşitli hasarlar görecektir. Tıpkı günümüzde aktif fay zonları üzerine kurulmuş olan yerleşimlerin fayların hareketleri sonucunda yapılarında deformasyonlar ve ötelenmeler meydana geldiği gibi (17 Ağustos 1999 İzmit depreminde yüzey kırığı üzerindeki yol, bina, duvar gibi yapılarda ötelenmeler meydana geldiği görülmüştü), aktif fay zonları üzerinde kurulmuş olan antik kentlerde tarihsel dönemde fay üzerinde meydana gelmiş yüzey kırığı yaratan depremler sonucunda yapılarında ötelenmeler meydana gelmiştir. Büyük Menderes Fay Zonu üzerinde yer alan Priene antik kentinde tarihsel dönemde meydana gelmiş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerden hasar görmüş ve yapılarında ötelenmeler meydana gelmiştir. Antik kent her ne kadar fayın son olarak kullandığı düzlemin tam üzerinde yer almasada yapılarında eğilmeler, eğimlenmeler ve ötelenmeler meydana

gelmiştir. Stewart ve Hancock (1994)'e göre yüzey kırığı meydana getiren bir depremin yüzey kırıkları sadece aynı düzlem üzerinde değil, fayın taban bloğu üzerindeki zayıf zonlarda çeşitli deformasyonlar meydana getirebilmektedir veya ana fayın hareketi sonucunda taban bloğu üzerinde kalmış ve daha önceden kullanılmış olan fay düzlemleri, bazı alanlarda yeniden aktive olup üzerlerinde yerdeğiştirme meydana getirebilmektedir (Şekil 4.11a-b). Ana fay düzleminde meydana gelen hareketle eş zamanlı olarak oluşan bu deformasyonlar, irili ufaklı kırıklar şeklinde olabileceği gibi, sentetik veya antitetik faylar şeklinde de olabilmektedir.



Şekil 4.11. Neotektonik normal fayların aktivitesini tavan blok üzerinde devam ettirmesi sonucu taban blok üzerinde meydana gelen basamak şeklindeki sarpılık ve ana fay etrafındaki kırık zonu (Stewart ve Hancock, 1994)

Priene antik kentinde gözlenen bu tip deformasyonlar KB-GD doğrultulu, ana fay doğrultusuna paralel olarak uzanan bir zon içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Priene antik kenti ve üzerinde gözlenen deformasyonların lokasyonunu gösteren planı (Crouch 2003' den çizilmiştir).

Antik kentin doğu girişinde ana cadde üzerinde bulunan yaklaşık 5 m yüksekliğindeki D-B doğrultulu duvar, farklı yapı taşlarının ve iki farklı yapım safhasının izlerini taşımaktadır (Şekil 4.13). Altunel (1997)'deki çalışmasında batı kesimi yıkılan duvarın, farklı tür ve boyuttaki taşlarla onarılmış olduğunu ve bunun muhtemelen tarihsel bir depremin işareti olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4.13. Antik kentin doğu girişinde bulunan D-B doğrultulu duvar üzerinde gözlenen tadilat izi. Duvar üzerindeki farklı yapı elemanları tarafından inşaa edilmiş iki farklı bölüm olması, duvarın kırmızı oklarla gösterilen bölümünün yıkılmış olduğunu daha sonra farklı yapı elemanları kullanılarak tekrar yapıldığını göstermektedir.

Kent merkezinde D-B doğrultulu duvar üzerindeki tadilat izine benzer bir olay yukarı gymnasium'un doğu duvarında gözlenmektedir. K-G doğrultusunda inşaa edilmiş duvarın iki farklı onarım aşamasından geçtiği görülmektedir (Şekil 4.14). Her bir yapım aşaması duvarın farklı zamanlarda farklı malzemeler ile tadilat gördüğünü göstermektedir. Antik kentlerdeki deprem hasarları üzerinde yapılmış daha önceki çalışmalar (Örneğin; Stiros ve Pirazzoli 1995, Stiros 1996, Altunel 1998), kent yapılarındaki yeniden inşaa ve tadilat olaylarının deprem hasarlarının birer belirteci olduğunu göstermektedir. Buna göre yukarı gymnasium'un doğu duvarı üzerindeki 2 farklı tadilat ve onarım bu yapının en az 2 farklı depremden dolayı hasar gördüğünü göstermektedir.



Şekil 4.14. Yukarı gymnasium'un doğu duvarında gözlenen farklı yapım aşamaları. Duvar üzerinde sarı, kırmızı ve mavi ile gösterilen bölümler farklı yapı taşlarından inşa edilen bölümleri göstermektedir. Bu bölümler duvar üzerinde en az iki restorasyonun olduğunu göstermektedir.

Yukarı gymnasium'un birkaç metre güney batısında yer alan cadde duvarının blokları yaklaşık 20° kuzeye eğimlenmiştir (Şekil 4.15). Altunel 1997'de belirttiği bu K-G yönlü duvar, deformasyon zonunun içerisinde kalmaktadır ve muhtemelen tarihsel bir depremin izlerini yansıtmaktadır.



Şekil 4.15. K-G yönlü cadde duvarının kuzeye eğimlenmiş ve deforme olmuş blokları (Bakış yönü GD'dur).

Bu duvarın birkaç metre batısında, agoranın taban döşemelerinde ve duvarında benzer bir deformasyon gözlenmektedir. Yapının K-G yönlü duvarındaki taş bloklar kuzeye eğimlenirken, ön cephe döşeme taşlarında eğimlenmeler ve deformasyonlar gözlenmektedir (Şekil 4.16).

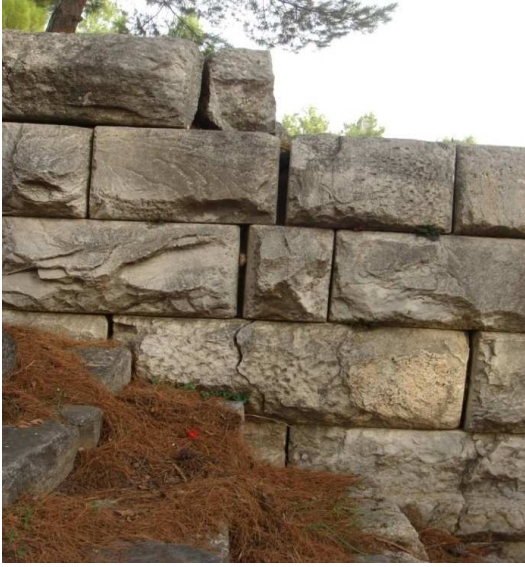


Şekil 4.16. Agoranın doğusunda gözlenen deformasyonlar.

a. Agoranın doğusundaki bir yapının K-G yönlü duvarında ve yer döşemesinde gözlenen deformasyonlar. Sarı oklar kuzeye eğimlenmiş duvarı, kırmızı oklar tiltlenmiş ve deforme olmuş yer döşemesini göstermektedir (Bakış yönü KD'ya doğrudur).

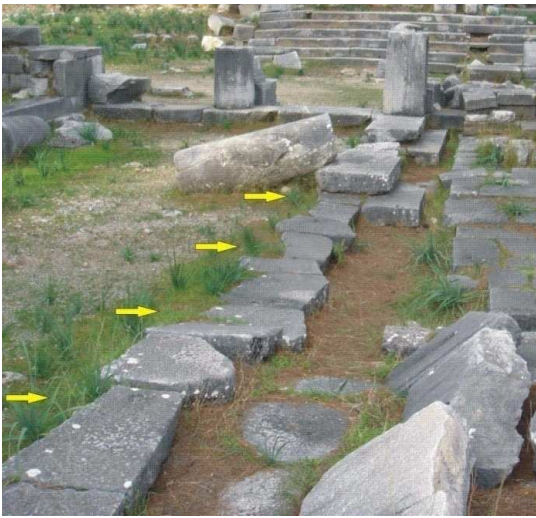
b. Yapının ön cephe döşeme taşlarındaki deformasyonun bir başka açıdan gösterimi. Blokların deformasyon zonu içerisinde eğimlenip ilksel konumlarını yitirdikleri gözlenmektedir.

Agoranın kuzey doğusunda yer alan Bulueterion'nun K-G doğrultulu batı duvarındaki bloklar birbirlerinden ayrılarak, güneydeki blokların güneye doğru eğimlenmiş olduğu gözlenmektedir (Şekil 4.17)

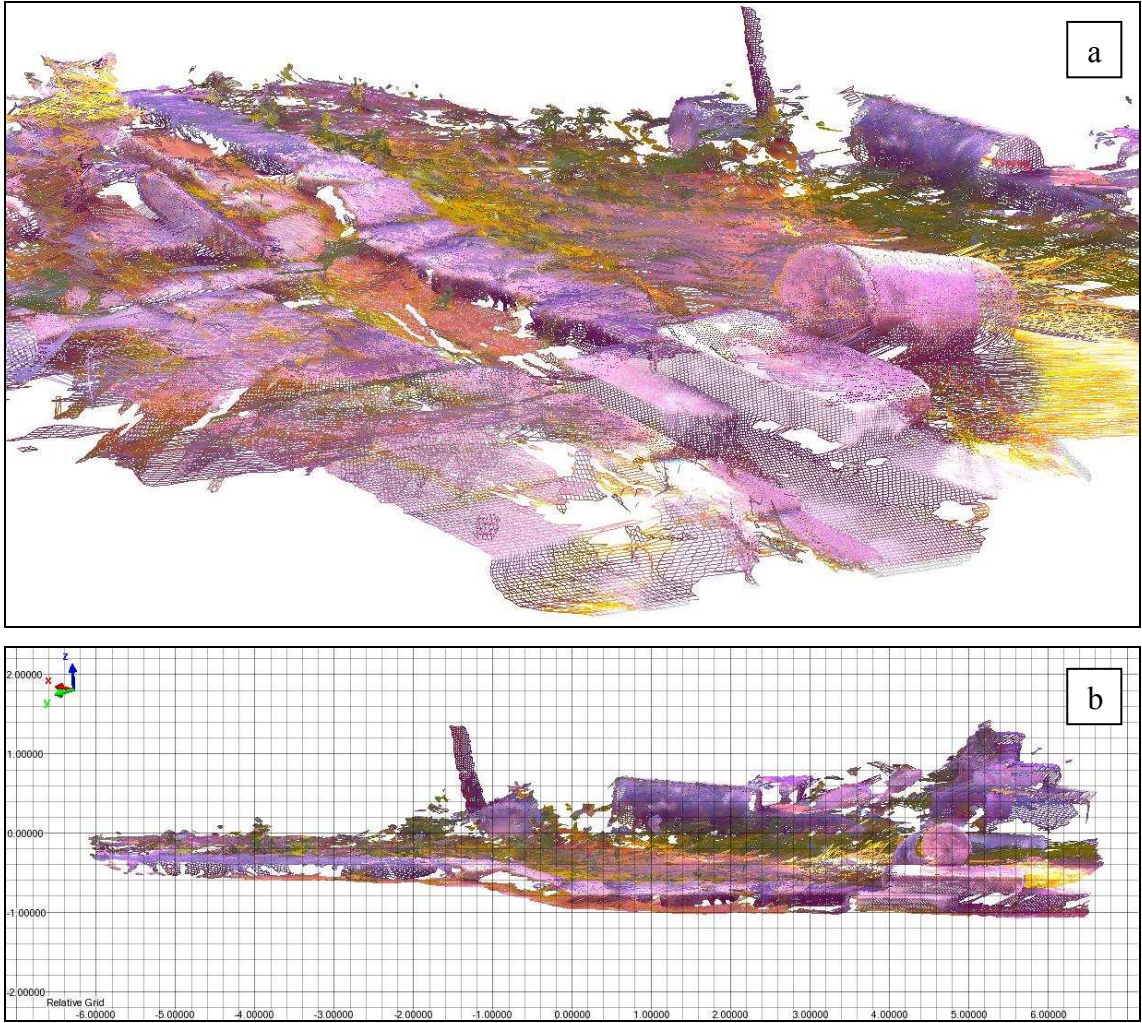


Şekil 4.17. Bulueterion'nun K-G doğrultulu batı duvarındaki deformasyonun izleri. Blokların birbirinden ayrılarak güney kısımda kalan blokların eğimlendiği gözlenmiştir (Bakış yönü batıya doğrudur). Bloklar arasında birkaç santimetreyi bulan açılma ve kırılmalar görülmektedir.

Agoranın doğusundaki bir yapıya ait taban taşları ilksel konumlarını yitirmişler ve eğimlenmişlerdir (Şekil 4.18). K-G yönlü taban taşlarının kuzeyde kalan birkaçı diğer taşlara göre düşey olarak yer değiştirmiştir. Taban taşlarının üzerindeki yer değiştirme yersel lidar kullanılarak detaylı olarak yapılmış ve blokların üzerinde 20 cm lik düşey yerdeğiştirme olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.19a-b).



Şekil 4.18. Agoranın batısındaki bir yapıya ait taban taşlarındaki deformasyon. Sarı oklarla belirtilmiş olan taban taşlarının bir kısmı düşey olarak ötelenmiştir (Bakış yönü kuzeye doğrudur).



Şekil 4.19. Priene antik kentinde agorada gözlenen deformasyon a. taban taşları üzerinde gözlenen deformasyonun yersel lidar ile taranarak ve nokta bulutunun üzerine gerçek görüntü giydirilerek elde edilmiş görüntüsü (Bakış yönü GB'ya doğrudur). b. Elde edilen 3 boyutlu görüntünün K-G doğrultusundaki kesit görünümü ve taban taşları üzerindeki yerdeğiştirme (Bakış yönü batıya doğrudur).

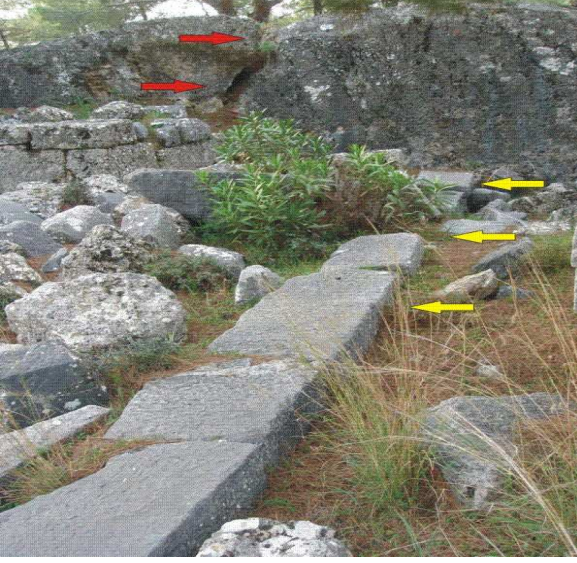
Kutsal salonun (Sacret stoa) batısında kalan duvar üzerinde farklı tür taş kullanılarak yapılmış bir bölüm gözlenmektedir (Şekil 4.20). Deformasyon zonunun içerisinde kalan bu duvarın daha sonradan farklı yapı taşları ile inşaa edilmiş olan kesimi diğer bloklardan ayrılmış ve güneye doğru eğimlenmiştir. Duvarın bu bölümü

muhtemel bir tadilat ve bu tadilattan sonra meydana gelen bir deformasyonun izlerini taşımaktadır.



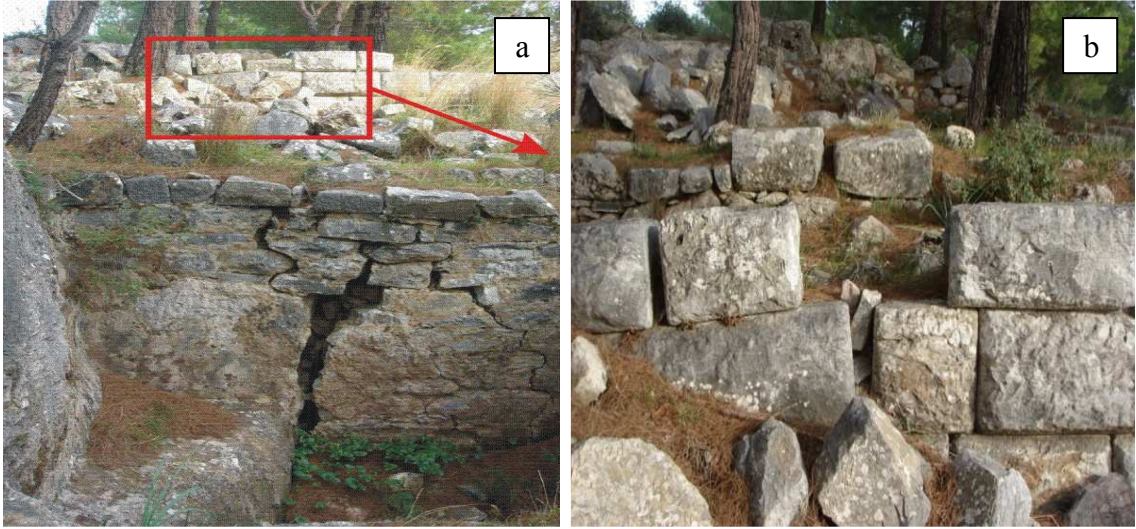
Şekil 4.20. Kutsal salonun (Sacret stoa) batısındaki bir duvarda gözlenen deformasyon. Duvarın hemen doğusundaki basamaklar tamamen fay bireşi içine oyularak inşa edilmiştir.

Agoranın batısında ana kaya üzerinde büyük bir ayrılma ve bu ayrılma ile aynı düzlem üzerinde bulunan bir yapının taban taşlarında deformasyon gözlenmektedir (Şekil 4.21). Yapının D-B doğrultulu taban taşlarını oblik olarak kesen deformasyon zonu, taş blokların ilksel konumlarının bozulmasına ve eğimlenmelerine neden olmuştur. Deformasyon izi taşıyan bloklar sıkışarak birbirlerinin üzerlerine doğru çıkmışlardır. Bu durum sağ yanal doğrultu bileşeni bulunan fay zonunun, D-B doğrultulu bir yapıyı kesmesi durumunda sağ yanal doğrultu bileşenin blokları sıkıştırmış olması şeklinde açıklanabilir.



Şekil 4.21. Agoranın batısında anakaya üzerinde fayın hareketi sonucunda meydana gelen deformasyonun izi sarı oklarla gösterilmektedir. Hemen önündeki bir yapının taban taşlarında kırmızı oklarla gösterilen bölümde fayın sağ yönlü hareketi sonucunda meydana gelen sıkışma nedeniyle taşların sıkıştığı, birbiri üzerine çıktığı ve burkulduğu gözlenmektedir (bakış yönü batıya doğrudur).

Athena tapınağının güneybatısında şehrin çarşısı içindeki bir yapının duvarında benzer bir deformasyon gözlenmektedir. Tarihsel dönem içerisinde fayın hareketine bağlı olarak K-G doğrultulu duvar üzerinde yaklaşık 10cm lik düşey yer değiştirme ve duvarın tavan bloğu üzerinde kalan kısmında doğrultu bileşenin etkisi ile burkulma meydana gelmiştir(Şekil 4.22a-b). Bu yapının hemen doğusundaki K-G doğrultulu duvarda da fayın hareketi sonucu meydana gelen deformasyon net bir şekilde gözlenmektedir. Duvarın üzerindeki bloklar fayın hareketi sonucunda yaklaşık 15° kuzeye eğimlenmiş ve bloklar arasında birkaç cm'yi bulan açılmalar meydana gelmiştir.



Şekil 4.22. Priene antik kenti çarşısında gözlenen deformasyon. a. Şehrin çarşısı içindeki bir yapının duvarında gözlenen bir deformasyon ve ötelenme (bakış yönü doğuya doğrudur). b. Bu yapının doğusundaki bir başka duvar üzerindeki açılma ve eğimlenme.

4.2. Tarihi Osmanlı Köprüsü

Söke'ye bağlı Sazlıköy beldesinde bulunan tarihi köprü 1595'de Ramazan Paşa tarafından inşaa ettirilmiştir (Söke tarihi araştırmacısı İ. Caner Genç ile sözlü görüşme) (Şekil 4.23). Sazlıköy'ün güneyinde eski Menderes Nehri yatağı üzerinde bulunan ve eski Osmanlı mimarisi sergileyen köprü fay zonunun üzerinde yer almaktadır (Şekil 4.1) ve muhtemelen tarihsel dönem içerisinde meydana gelmiş olan bir depremden etkilenmiştir. Yaklaşık GDD-KBB doğrultusundaki köprünün güney ucunda belirlenen ve sağ yanal hareketin izlerini taşıyan deformasyon, tarihsel dönemde fayın hareketi sonucu oluşan yüzey kırığının, köprü üzerinde meydana getirdiği yerdeğiştirmenin izidir (Şekil 4.24).



Şekil 4.23. Sazlıköy beldesindeki tarihi Osmalı köprüsü.



Şekil 4.24. Tarihi köprü üzerindeki sağ yanal olarak gözlenen deformasyon.

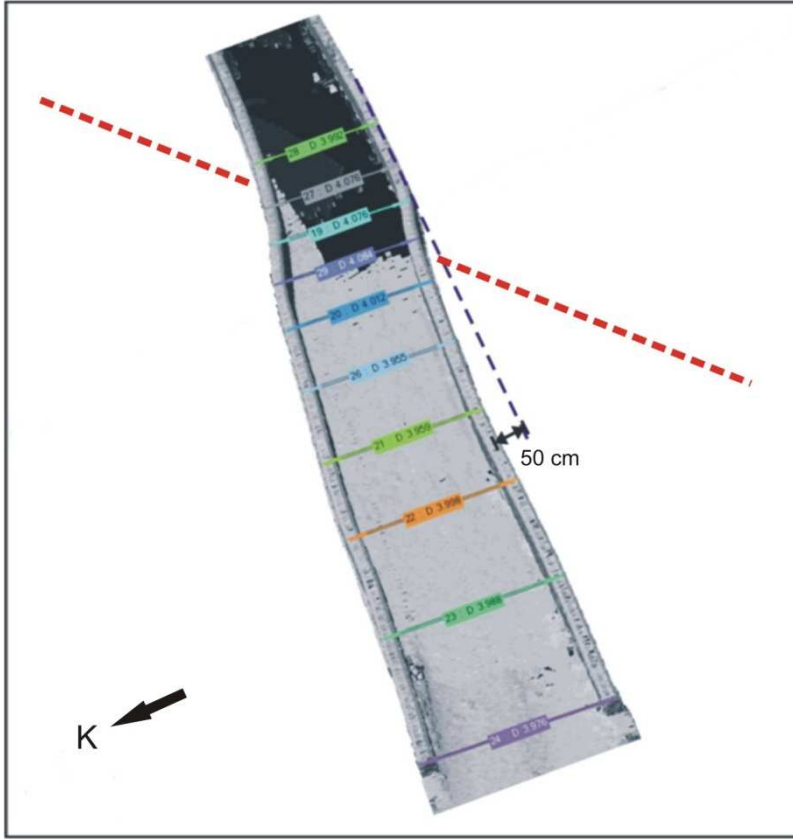
1980 ihtilali sırasında yıkılan köprü 1998 yılında Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu tarafından restore edilmiştir (Prof. Dr. Vedat İdil ve Doç. Dr. Musa Kadioğlu ile

sözlü görüşme). İlk inşaa edildiğinde tek bir hat halinde düz olarak yapılan köprü (Prof. Dr. Vedat İdil ve Doç. Dr. Musa Kadioğlu ile sözlü görüşme), fay tarafından kesilerek ötelenmiş ve ayakları arasında yerdeğiştirme meydana gelmiştir. Restorasyon sırasında aynı ayaklar üzerine inşaa edilen köprünün üst kısmı, ayaklarındaki kaykılma nedeniyle bir miktar yamuk olarak yapılmıştır. Böylece ayaklardaki deformasyon köprünün üst kısmında da korunmuş ve günümüze taşınmıştır.

Yapılan çalışmada köprü yersel lidar ile taranarak köprünün 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 4.25). Daha detaylı inceleme yapılabilen bu method ile köprünün 3 boyutlu görüntüsü üzerinde yapılan ölçümler sonucunda köprü üzerindeki yamulmanın 50 cm olduğu bulunmuştur (Şekil 4.26).



Şekil 4.25. Tarihi Osmanlı köprüsünü yersel lidar ile elde edilen üç boyutlu görüntüsü.



Şekil 4.26. Tarihi Osmanlı köprüsünün kuşbakışı görüntüsü. Kırmızı kesik çizgiler fayın konumunu belirtmektedir.

4.3. Tarihi Su Kemerı

Güllübahçe beldesinin batısında ütü altı yapısı üzerine kurulmuş olan su kemerı (Şekil 4.1) dağlardan gelen suyu değirmene iletmek amacıyla yapılmıştır (Prof. Dr. Orhan Bingöl ile sözlü görüşme) (Şekil 4.27a). Yaklaşık 15 m yüksekliği olan su kemerı fay düzlemi üzerinde, ütü altı yapısı yüzeye dayalı olarak yer almaktadır. K-G doğrultusundaki kemerin kuzey ve güney ucunda yıkıntılar mevcuttur. Kemerin suyu taşıdığı değirmen günümüzde gözlenmemektedir. Fay düzlenminin tam üzerinde konumlanmış kemer, yapının muhtemel bir tarihsel depremden hasar görmüş olabileceğini ortaya koymaktadır (Şekil 4.27b). Ancak yapılan gözlemlerde kemer üzerinde herhangi bir ötelenmeye veya faylanmaya bağlı gelişmiş deformasyon izine rastlanılmamıştır.



Şekil 4.27. a. Güllübahçe batısındaki tarihi su kemeri. b. Su kemerinin fay düzlemi üzerindeki konumu. Kırmızı oklar kemerin üzerine kurulduğu fay aynasını, sarı oklar su kemerinin lokasyonunu göstermektedir (Bakış yönü batıya doğrudur).

5. PALEOSİSMOLOJİK ÇALIŞMALAR

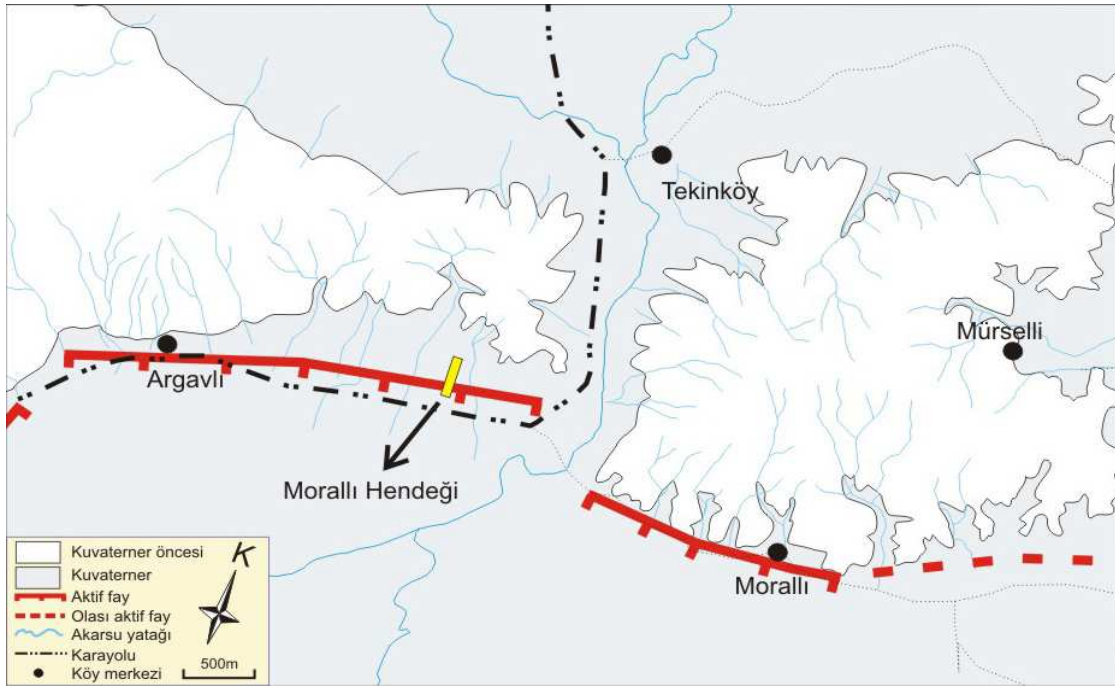
Depremler sırasında yüzeyde jeomorfolojik süreçlerde ötelenme, çökme, yükselme gibi yerel ve bölgesel ölçeklerde dengesizlikler oluşmaktadır. Buna karşılık aşınma ve çökme süreçleri yeniden dengeyi sağlamaya çalışmaktadır. Koşullar uygun olduğunda ise bu süreçler ile yüzey faylanması oluşturmuş eski depremler jeolojik kayıta saklanmaktadır. Bu jeolojik birimlerdeki kayıtları araştırarak tarih öncesi depremleri yer, zaman ve büyüklük olarak inceleyen yöntemle “*Paleosismoloji*” denilmektedir (McCalpin, 1996). Kaydedilmiş bu verilerin incelenebileceği steart bir paleosismolojik teknik olmamakla birlikte, farklı yer ve yapılarda farklı çalışma yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı hendek açma yöntemidir. Hendek açma deprem sürecini anlamak ve diri fayların kayma hızı, ötelenme miktarı ve fay geometrisi gibi karakteristik özelliklerini ortaya çıkartmak amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Uygun koşullarda bu yöntemle Holosen başına kadar olan dönemde yüzeyde faylanma meydana getirmiş eski deprem izleri genç çökeller içerisinde araştırılıp bulunabilmektedir. Bu şekilde belirlenen her bir deprem izi jeolojik kayıtlarla karşılaştırılarak yaşlandırılmakta ve fayın karakteristik özellikleri hakkında yorumlar yapılabilmektedir.

Çalışma alanında paleosismolojik çalışmalar 1 tane faya dik olarak yapılan fay kazısı ve bir adet yarma incelemesi şeklinde yapılmıştır. Hendek kazısı morfolojik verilerin takip edilmesi ile belirlenen, sedimantasyon koşullarının uygun olduğu alanda yapılmıştır. Kazı uzunluğunun azaltılması amacıyla daha önce benzer çalışmalarda etkin olarak kullanılan GPR sığ jeofizik yöntemi kullanılmıştır.

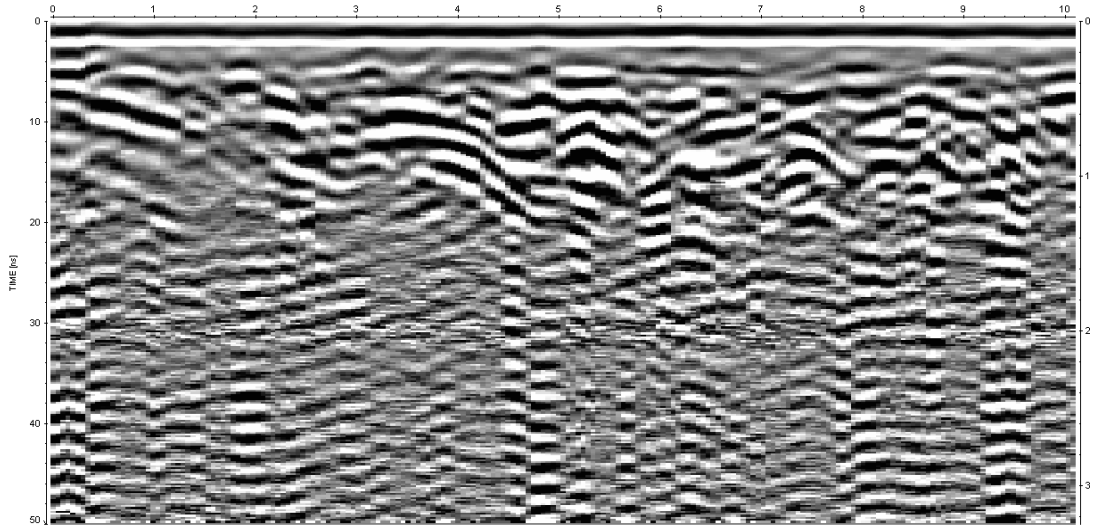
5.1. Morali Hendeği

Morali hendeği çalışma alanı sınırlarının batı kesiminde Morali köyü ile Argavlı köyü arasında açılmıştır (Şekil 5.1). BMFZ bu alanda Neojen birimleri içerisinde ve Neojen ile Kuvaterner birimleri sınırında oldukça belirgin bir morfoloji sergilemektedir. Bölgede saha gözlemlerinden sonra uygun olarak belirlenen alanda, hendek çalışmasını

kolaylaştırmak ve açılacak hendeğin boyunu daha kısa tutabilmek amacıyla GPR ile sığ jeofizik ölçümler yapılmış ve profillerde anomalilere rastlanmıştır (Şekil 5.2). Daha sonra uçları fay tarafından kesilmiş iki sırtın arasında belirlenen alanda hendek açılmıştır.



Şekil 5.1. Morallı hendeği lokasyon haritası.



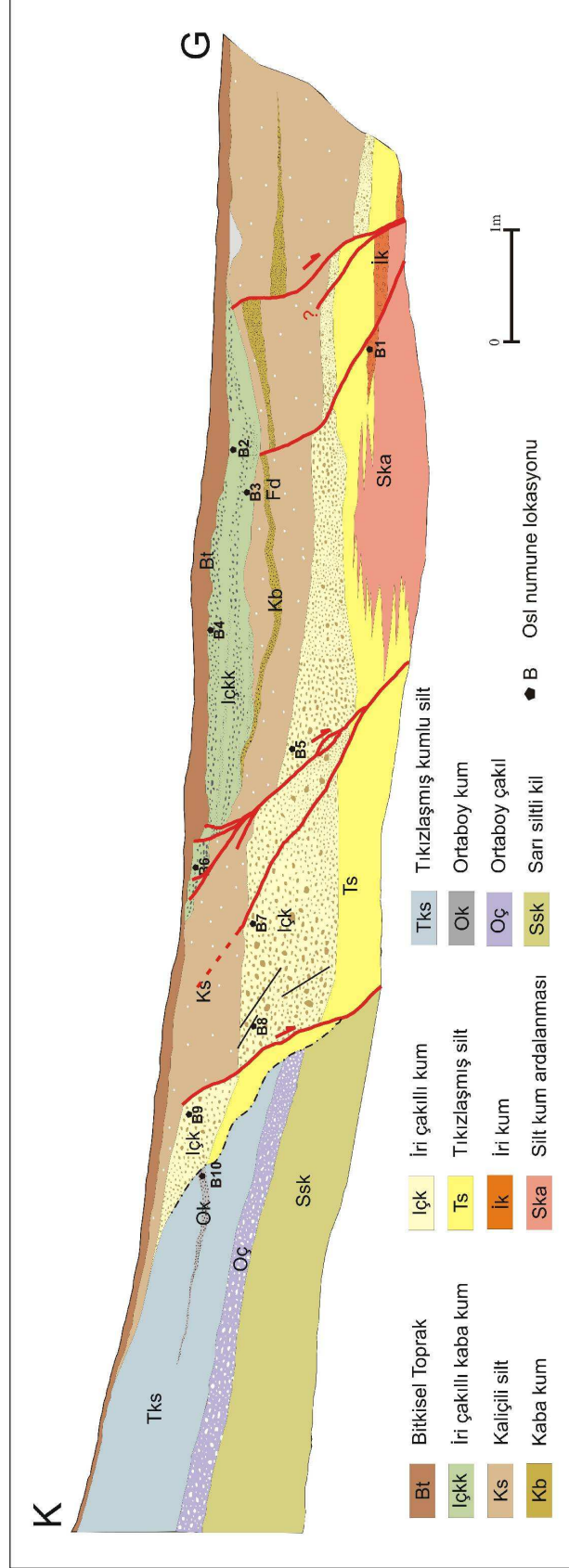
Şekil 5.2. Hendek alanında 500 MHz lik anten ile K-G yönlü olarak alınmış GPR profilinin filtre edilmiş görüntüsü.

Hendek duvarlarının her birinde 12 farklı birim ayırt edilmiştir (Şekil 5.3, 5.4). Bu birimlerin 7 tanesi üç farklı olay tarafından kesilmiş ve ötelenmiştir. Hendek duvarlarında gözlenen en yaşlı birimler hendeğin kuzeyinde bulunan ssk, oç, ok ve tks birimleridir. Bu birimler geçmiş dönemde yüzey kırığı oluşturan bir deprem sonucu düşey olarak ötelenmişler ve yüzey kırığının oluşturduğu sarplığın bozunması sonucunda oluşan uyumsuzluk düzlemi ile diğer birimlerden ayrılmaktadırlar. Bu birimlerin çökmesinden sonra meydana gelen faylanma ve fay sarplığının bozulması olaylarının ardından gelen birimlerin hepsi fay tarafından kesilerek ötelenmişlerdir.

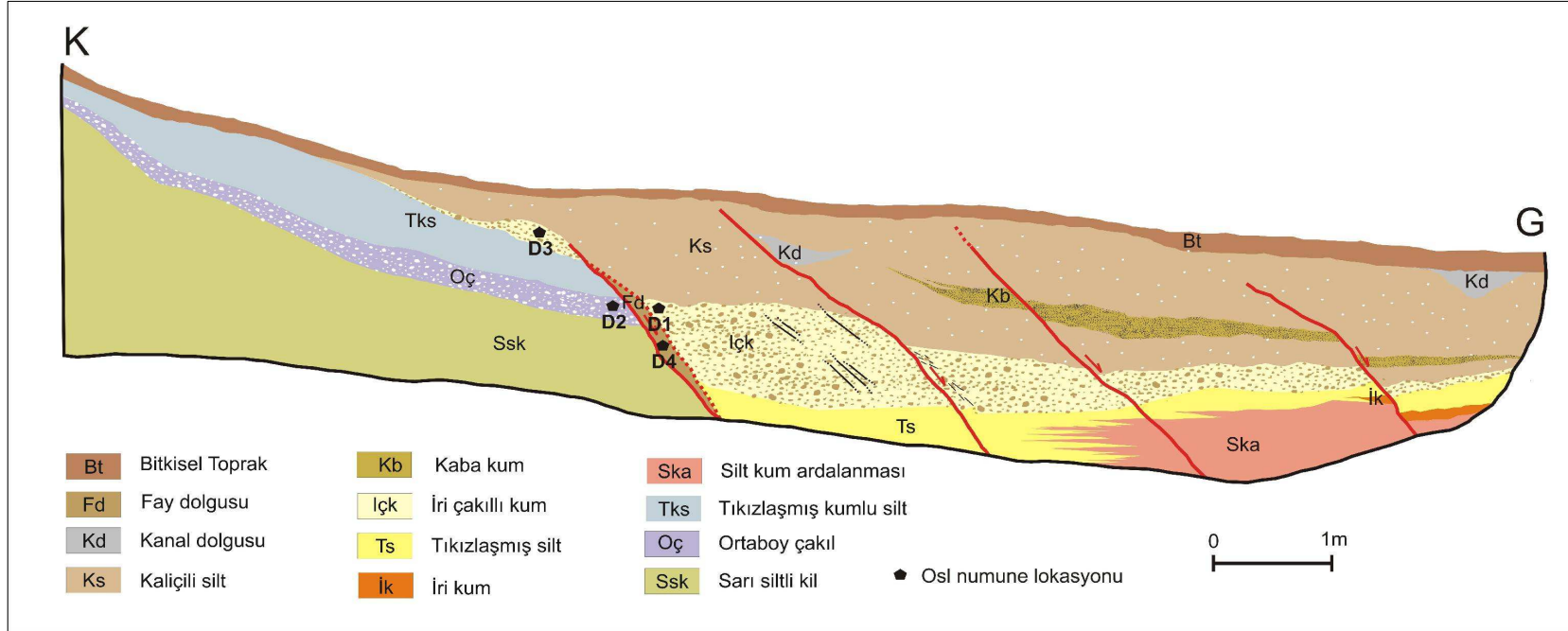
Hendek duvarında belirlenen en yaşlı olay hendeğin kuzeyinde gözlenmektedir. Tek bir hat olarak izlenen düzlem ks birimi tarafından örtülmektedir. Bu olayda içk birimi üzerinde 80 cm lik düşey ötelenme ölçülmüştür. Hendek duvarındaki en yüksek ötelenme miktarını veren bu olay fay zonu üzerinde meydana gelmiş olan çok büyük bir depremi gösteriyor olabileceği gibi, daha sonra meydana gelen depremler ile bu düzlem üzerinde bir miktar yerdeğiştirme meydana gelmiş olabilir. Hendekte belirlenen bir sonraki olay hendeğin güneyinde gözlenen faylanmadır. Bu olayda meydana gelen düzlem yüzeye yakın yerde iki kol halinde gözlenmektedir ve bu kollar içkk birimi

tarafından örtülmektedir. Her iki düzlemin kestiği birimlerdeki atımlar toplanarak bu olaydaki toplam atım miktarı 30 cm olarak bulunmuştur. Hendek duvarında en genç olarak gözlenen birim konum olarak diğer iki olayın arasında kalmaktadır ve diğer iki olayda kesilmeyen içkk birimini kesmektedir. Yüze doğru kollara ayrılarak dallanan fay üzerinde toplan 22 cm lik düşey yerdeğiştirme miktarı ölçülmüştür.

Bu depremleri tarihleyebilmek amacıyla OSL yöntemi ile birimler yaşlandırılmış alınan örneklerin OSL sonuçları Çizelge 5.1 de verilmiştir.



Şekil 5.3. Morali hendeki batı duvar logu.



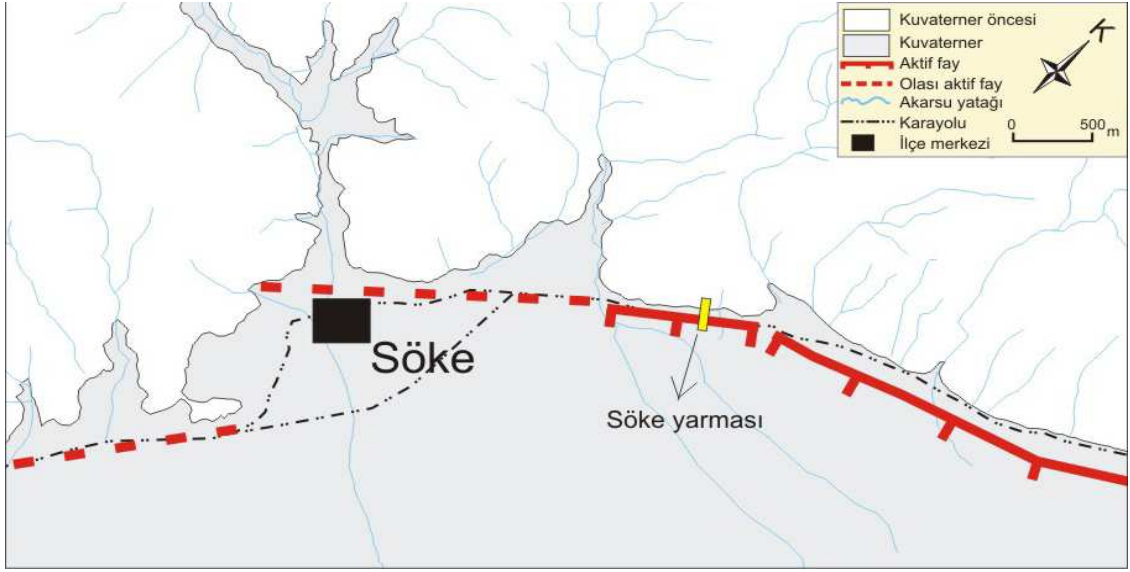
Şekil 5.4. Moralı hendeği doğu duvar logu.

Çizelge 5.1. Morali hendeği OSL analiz sonuçları.

Örnek Adı	Derinlik (cm)	Yaş (yıl)	Doz (Gy)	Doz oranı (Gy/ka)	Kosmik (Gy/ka)	Hata oranı (%)
BD01	144	13.134	33.587	2.557	0.196	13.46
BD02	22	11.196	28.716	2.565	0.276	10.13
BD03	42	12.011	30.583	2.546	0.257	11.23
BD04	16	11.704	30.048	2.567	0.278	5.42
BD05	94	11.030	27.654	2.507	0.218	6.01
BD06	12	10.313	26.537	2.573	0.284	9.50
BD07	64	10.724	27.053	2.523	0.233	13.21
BD08	80	10.250	31.762	3.099	0.227	9.62
BD09	32	10.294	31.964	3.105	0.233	6.87
BD10	52	13.304	39.867	2.997	0.218	6.87
DD01	110	10.256	30.453	2.969	0.191	15.96
DD02	105	12.395	36.826	2.971	0.192	6.64
DD03	40	10.372	31.175	3.006	0.227	11.82
DD04	140	10.242	30.332	2.961	0.183	14.35

5.2. Söke Yarması

Söke yarması Söke ilçesi'nin yaklaşık 300 m doğusunda, yeni açılan bir taş ocağının içerisinde yer almaktadır (Şekil 5.5). Yarma fay tarafından güney ucu kesilmiş ve çizgisel olarak uzanan bir sırtın üzerine açılmıştır (Şekil 5.6). Taş ocağı yarmasının açıldığı sırtın Kuvaterner alüvyonu ile kesişim alanındaki duvarın temizlip loglanması sonucunda birbirinden farklı üç adet fay düzlemine rastlanılmıştır. Çalışılan duvarın üst seviyeleri kazı sırasında oldukça deforme olduğu için üst seviyeler loglanamamıştır. Ayrıca duvarın güney kesiminde bulunan istimlak duvarı, güney kesimdeki yapıları bulmayı engellemiştir.



Şekil 5.5. Söke yarması lokasyon haritası.

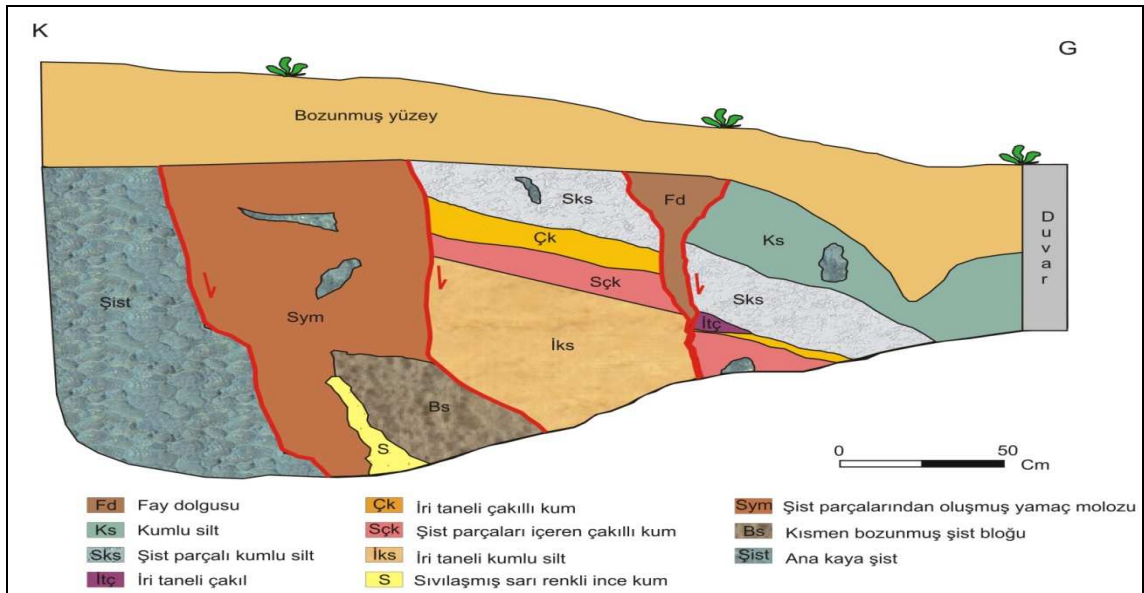


Şekil 5.6. Taş ocağı yarması üzerinde loglanan kesimin konumu ve fay morfolojisinden bir görünüm (Bakış yönü kuzeye doğrudur).

Temizlenip loglanan duvar üzerinde toplam 11 adet farklı birim ayırt edilmiştir (Şekil 5.7). Bu birimlerden en kuzeyde bulunan ana kaya şisttir ve diğer birimler şistten türemiş olan sedimentolojik birimlerdir. Duvar üzerinde belirlenen olaylardan en yaşlısı ana kaya şist ile “sym” birimleri birbirinden ayırmaktadır. Şist üzerinde geniş bir izi

bulunan düzlem birden çok kayma yapısı içermektedir ve büyük olasılıkla üzerinde birden çok hareket meydana gelmiştir. Ana kaya sınırında bulunan bu düzlem muhtemelen geçmiş dönemde fayın kullandığı zondur. Bir diğer olay “sym” birimi ile daha genç olan diğer birimler arasında yer almaktadır. Fay düzlemi yeşil kil dolgusuyla belirgindir. Üst sınırını örten bir birim gözlenemediği ve çok yaşlı bir birimi sınırladığı için bu fay düzleminin yine geçmiş döneme ait bir yapı olduğu düşünülmektedir. Duvar üzerinde en genç olarak gözlenen olay duvarın en güneyinde genç yamaç çökelleri içerisinde bulunmaktadır. Sçk, çk ve sks birimlerini ötelediği net şekilde gözlenen fay düzlemi içerisinde oldukça genç koyu kahverengi renkte toprak dolgusu yer almaktadır. Tıkızlaşmamış olan bu toprak dolgusu, düzlemin çok yaşlı olamayacağını göstermektedir. Fay düzlemi üzerindeki birimlerde 28-30 cm lik düşey yer değiştirme miktarları ölçülmüştür.

Çalışma yapılan duvar üzerinde yaş elde edilebilecek herhangi bir karbon numunesine rastlanılmadığı için yaşlandırma yapılamamıştır.



Şekil 5.7. Söke yarması logu.

6. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Türkiye'nin en önemli aktif fay zonlarından biri olan Büyük Menderes Fay Zonu, Germencik yakınlarında KD-GB doğrultusu kazanarak doğuda Moralı köyünden batıda Ege Denizi içlerine kadar uzanmaktadır. Fay zonunun 50 km'lik bu bölümünde yapılan arazi çalışmaları sonucunda, fayın Holosen'deki aktivitesini gösteren jeolojik, morfolojik ve arkeosismolojik kanıtlar elde edilmiştir.

Yapılan GPS çalışmaları ve fay üzerindeki aletsel dönemde meydana gelen hareketler fay zonunun batı bölümünün oldukça aktif olduğunu ve üzerindeki hareketin sağ yönlü doğrultu bileşeni içerdiğini göstermektedir (McClusky *ve diğ* 2003). Yapılan saha gözlemleri sonucunda fay üzerindeki hareketin sağ yönlü doğrultu bileşeni olan normal faylanma ile gerçekleştiğini gösteren fay çizikleri gözlenmiş (Şekil 3.19; 4,4) ve kuzeye doğru sağ yanal bileşenin arttığı belirlenmiştir.

Fay zonunun KD-GB doğrultulu bu kesiminde de Büyük Menderes Fay Zonu'nun genel karakteristiği olan iki farklı aşamada açılmanın izleri görülebilmektedir. Dewey ve Şengör (1979), Şengör ve diğ. (1985), Görür ve diğ. (1995)' e göre Geç Oligosen'de başladığı düşünülen ilk açılma safhasının izleri metamorfikler üzerinde ve metamorfikler ile Neojen birimleri sınırında, ikinci açılma safhasının izleri ise Neojen birimleri ile Kuvaterner alüvyonu sınırında ve Kuvaterner birimleri içinde gözlenmektedir. Fayın Mursallı ile Argavlı arasında kalan bölümünde Menderes metamorfikleri gözlenmemekte ve fay Neojen birimleri ile Kuvaterner alüvyonunun sınırını oluşturmaktadır (Şekil 2.2). Ancak fayın daha batı bölümlerinde Neojen birimleri yaygın olarak gözlenemediği için bu ayrımı yapmak oldukça güçtür. Fayın bu alanda gerek paleotektonik yapılara yakın konumda yer alması, gerekse graben tabanındaki yoğun sediman birikimi sonucunda son dönem aktivitesine bağlı izlerin belirlenmesi zorluk kazanmaktadır.

Fay zonu çeşitli alanlarda sıçramalarla birbirinden ayrılan, enéhelon yapısı gösteren birkaç kilometre uzunluğunda fay parçalarından meydana gelmekte ve bu fay parçaları muhtemel küçük ölçekli doğrultu atımlı faylar ile birbirlerine bağlanmaktadır.

Fayın Holosen aktivitesi Söke'nin doğusunda ucu kesilmiş sırtlar ve morfolojideki çizgisellik ile belirgin, Söke batısında Büyük Menderes nehrinin biriktirdiği alüvyonlar ve çok iyi gelişmiş drenaj sistemlerinin taşıdığı sedimanlar nedeniyle fayın son dönem aktivitesine ait izler net değildir (Şekil 3.25). Bu bölümde fay genel morfolojiden ve dar alanlarda gözlenen deformasyon izlerinden takip edilmiş ancak Tuzburgazı kasabasından batıya doğru fayın son dönem aktivitesine ait belirgin kanıtlar elde edilememiştir.

Genel doğrultusu D-B olan BMFZ'nun doğrultusunun KD-GB'ya döndüğü Germencik ilçesi ve civarı iki ana segmenti birbirine bağlayan bir geçiş zonu olarak çalışmaktadır ve buna bağlı olarak bu alan birçok küçük faydan oluşan karmaşık bir yapı sunmaktadır. Özellikle Reisköy'ün doğusundan Argavlı köyüne kadar olan kesimde fay zonu doğrultusunda dar alanlarda değişimler gözlenmektedir. Bu geçiş zonu BMFZ'nun D-B doğrultulu orta segmentin kontrolünde çalışabileceği gibi, KD-GB doğrultulu batı kesimi ile birlikte de çalışabilmektedir. Fay zonunun bütününde gözlenen tavan bloğu ile taban bloğu arasındaki 1000 m yi bulan topoğrafik farklılık, Germencik civarında 300 metrelere ve Moralı köyü civarında 200 metrelere düşmesi; fay zonunun bu kesiminin bir geçiş zonu olduğunu, bu alandaki yerdeğiştirmenin irili ufaklı birçok fay kolu tarafından karşıveğini ve bu bölümün fay zonunun hem D-B hemde KD-GB doğrultulu ana segmentleri tarafından kullanıldığını göstermektedir.

1955 Söke-Balat depremi Büyük Menderes Fay Zonu'nun batı kısmı üzerinde meydana gelmiştir. Mckenzie (1972) 1955 Söke-Balat depreminin fay düzlemi çözümünü yapmış ve depremi üreten fayın K55D/50GD konumlu bir düzlem üzerinde sağ yönlü doğrultu bileşeni olan normal faylanma sonucu geliştiğini hesaplamıştır. Yapılan arazi çalışmalarında gözlenen fay yüzeylerinin eğim, doğrultu ve hareket yönlerinin 1955 depremi için hesaplanan değerlerle aynı olduğu gözlenmekte ve 1995 Söke-Balat depreminin grabenin kuzeyindeki aktif fayların hareketi sonucu meydana geldiği görülmektedir.

Fay zonunun KD-GB doğrultulu kesimi üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde birçok yıkıcı deprem meydana gelmiştir (Çizelge 2.2). Fay zonu üzerinde bulunan Priene antik kenti bu depremlerden etkilenmiş ve yapılarında deformasyonlar meydana

gelmiştir. Priene antik kentinde yapılan gözlemler sonucunda kent yapılarında tarihsel dönemde fayın meydana getirdiği yüzey deformasyonlarına bağlı ve ayrıca deprem sarsıntılarına bağlı olarak gelişen iki tür deformasyonun izleri belirlenmiştir. Tiyatro duvarlarında, Athena tapınağı sütunlarında ve Bizans bazilikasında sarsıntıya bağlı gelişen hasarlar gözlenmiştir (Şekil 4.7, 4.8, 4.9, 4.10). Bizans bazilikasının eski yapıların taşlarından inşaa edilmesi M.S. 5. yy öncesinde şehrin yıkıldığını, taban taşları üzerine devrilen sütunların izleri ise M.S. 1300 yıllarında terk edilmiş olan yapının bu tarihe yakın bir zamvea meydana gelmiş bir deprem sonucunda yıkılıp ve terkedilmiş olabileceğini göstermektedir. Altunel (1998) de belirttiği gibi kent içerisindeki cadde duvarlarında, kent çarşısı içindeki bir yapıda, agoranın taban döşemelerinde ve bulueterionun duvarında yüzey deformasyonuna bağlı gelişmiş ötelenmeler belirlenmiştir (Şekil 4.16, 4.18, 4.19, 4.21, 4.22). Priene antik kentinde gözlenen bu tip deformasyonlar KB-GD doğrultulu, ana fay doğrultusuna paralel uzanan bir zon içerisinde yer almaktadır (Şekil 4.12). Aynı çizgisellik üzerinde bulunan ve kenti boydan boya kat eden bu deformasyonların hepsi tek bir deprem sonucunda oluşmuş olabileceği gibi, farklı depremler sonucunda da meydana gelmiş olabilirler. Antik kent içerisinde belirlenen deformasyonlar üzerinde yersel lidar ile 3 boyutlu görünümleri elde edilmiş ve detaylı ölçümler ile ötelenme miktarları ortaya konmuştur. Agoranın batısında taban döşemesinde gözlenen deformasyonda 20 cm'lik düşey yer değiştirme meydana geldiği bulunmuştur (Şekil 4.19). Bu veriler Priene antik kentinin taihsel dönem içerisinde meydana gelmiş olan depremlerden etkilendiğini ve yüzey kırığı meydana getiren depremlerin kırıklarının kentin yapıları üzerinde ötelenmeler meydana getirdiğini göstermektedir.

Sazlıköy beldesi güneyinde bulunan tarihi Osmanlı köprüsü 1595 yılında Ramazan Paşa tarafından yaptırılmıştır (İ. Caner Genç ile sözlü görüşme). Eski Büyük Menderes Nehir'i üzerinde yer alan köprüde gözlenen yamukluğun köprünün inşaa ile ilgili olmadığı ve bu deformasyonun daha sonra meydana geldiği belirlenmiştir (Prof Dr. Vedat İdil ve Doc. Dr. Musa Kadioğlu ile sözlü görüşme). Bu bilgiye dayanarak fay zonuna oldukça yakın bir konumda yer alan köprünün, fay üzerinde tarihsel dönemde meydana gelmiş hareket sonucunda hasar görmüş olabileceği düşünülmüştür. Köprü üzerindeki deformasyon miktarını bulmak amacıyla köprünün LİDAR ile 3 boyutlu

görüntüsü elde edilmiş ve güney bölümdeki deformasyon miktarı 50 cm olarak bulunmuştur (Şekil 4.26). Bu alanda fayın konumu K50D dur ve yaklaşık D-B uzanımlı köprüye obliktir. Şayet köprü üzerindeki deformasyon saf eğim atımlı bir fay tarafından meydana getirilmiş olsaydı her iki düzlemin birbirine oblik olması nedeniyle köprü üzerindeki deformasyon bir miktar sağ yönlü deformasyon olarak gözlenecekti. Ancak köprü üzerinde gözlenen 50 cm'lik sağ yanal deformasyonu yaratabilecek fayın aynı zamvea 170 cm ile 200 cm arasında bir düşey ötelenme meydana getirmesi gerekmektedir. Böyle büyük miktardaki bir düşey deformasyon köprü kemerlerinin konumlarını değiştirecek ve köprüde oldukça büyük bir iz bırakacaktır, ancak köprü kemerlerinin konumlarında bu denli büyük bir düşey yerdeğiştirmeyi yansıtabacak herhangi bir iz bulunmamaktadır. Bu durum köprü üzerindeki deformasyonun saf düşey yer değiştirme ile meydana gelmediğini, hareketin önemli ölçüde sağ yanal doğrultu bileşeni olduğunu göstermektedir. Bu veri Sazlıköy'ün doğusunda ve batısında, eski fay aynaları üzerinde ölçülen ve 45° lik sağ yanal hareketin izlerini gösteren fay çizikleri ile uyum göstermektedir. Zaman içerisinde restore edilen köprü üzerindeki düşey yerdeğiştirme yeniden inşaa sırasında yok edilmiş ancak köprü, yerdeğiştirmiş ayakların üzerine yeniden inşaa edildiği için yataydaki ötelenme korunmuştur. 1595 yılında inşaa edilen köprü üzerinde belirlenmiş olan deformasyon, tarihi köprünün fay zonu üzerinde yer aldığını, fay üzerinde meydana gelmiş olan tarihsel depremlerden etkilendiğini ve üzerinde deformasyon meydana geldiğini ve ayrıca fay zonunun bu kesimi üzerinde son 400 yılda yüzey kırığı yaratacak büyüklükte bir veya iki deprem meydana geldiğini göstermektedir.

Yapılan çalışmada fay zonu üzerinde belirlenen uygun alanlarda paleosismoloji çalışması için hendek yerleri belirlenmiş ve çalışma alanının doğusunda, Moralı ile Argavlı köyleri arasında bir adet hendek açılmıştır. Hendek üzerinde yapılan çalışmada, her iki duvarda da üç ayrı olaya karşılık gelen fay düzlemlerine rastlanılmış ve bu düzlemler üzerinde en gençten yaşlıya doğru sırasıyla 80, 22 ve 30 cm'lik düşey yer değiştirme miktarları ölçülmüştür. Hendek içerisindeki seviyelerde karbon numunelerine rastlanılmadığı için yaşlandırma sadece OSL yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Çizelge 5.1). Yapılan yaş analizi sonuçları birbirleri ile uyum göstermektedir ancak 13300 ile 10250 yılları arasında hesaplanan yaş değerleri, hendek

duvarında belirlenen olayların son olaylar olmadığını göstermektedir, fakat olayların yaşları Holosen dönemi içerisinde yer aldığı için fayın Holosen dönemindeki davranışı hakkında bilgi vermektedir. Hendekte gözlenen en yaşlı olay 10724-11030 üst sınır yaşlı içk biriminide keserek ks birimi içerisinde sonlanmaktadır. Bu olayda ölçülen yerdeğiştirme miktarları fay zonunun KD-GB doğrultulu bu kesiminin kendi başına deprem üretebilecek potansiyelde olduğunu göstermektedir. Ayrıca hendek duvarındaki birimlerde gözlenen 80 cm lik düşey yerdeğiştirmeyi meydana getirecek depremin yaklaşık 50-100 km lik bir yüzey kırığı oluşturabileceği göz önüne alınırsa, bu depremde fay zonunun D-B doğrultulu kesiminde de yüzey kırığının meydana geldiğini ve bu olayda fay zonunun her iki segmentinin birlikte kırıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu olay göstermektedir ki fay zonunun KD-GB doğrultulu batı kesimi ile D-B doğrultulu kesimi birbirlerinden bağımsız olarak çalışmamakta, kendi başlarına yüzey kırığı oluşturabilecek depremler üretebildikleri gibi, tek bir olayda her iki segmentinde kırılması mümkündür. Hendek duvarında gözlenen diğer olay birimler üzerinde 22 cm'lik düşey yer değıştirme meydana getirmiş ve ks birimi üzerine depolanan içkk biriminin altında sonlanmaktadır. Faylanmadan daha sonra çökelen içkk biriminin orta seviyesinden alınan bir OSL örneği bu birimin 10313 yıl önce depolveğini göstermektedir. Bu veri içkk birimi alt sınırında sonlanan olayın 10313 yıl öncesinden daha eski bir depreme karşılık geldiğini göstermektedir. Hendekte gözlenen en genç olay ise içkk birimini kesmekte ve kestiği birimler üzerinde 30 cm'lik düşey yer değıştirme meydana getirmektedir. 10313 yaşlı içkk birimini kesen bu olay 10313 yaşından daha genç bir olaya karşılık gelmektedir. Çizelge 5.1 den görüldüğü üzere, alınan örneklerin yaşları 13300 ile 10250 yılları arasında değışmektedir. Bu sonuçlar fay zonu üzerindeki son depremleri yansıtmamakla birlikte, hendek verileri ve yaş sonuçları değerlendirildiğinde, M.Ö. 11300 ile 8200 yılları arasında, yani yaklaşık 3000 yıllık bir dönem içinde bu fay zonu üzerinde en az 3 yüzey kırığı meydana getirecek büyüklükte depremin meydana geldiğini söylenebilir.

Hendek duvarlarında gözlenen olayların tümü ik birimini kesmekte ve en son gerçekleşen olay içkk birimini keserek bu birim üzerinde sonlanmaktadır. OSL yaşlandırma yöntemiyle yaşlandırılan ik biriminin üst seviyesi ve içkk birimi arasındaki zaman farkı yaklaşık 3000 yıldır. Bu zaman diliminde gerçekleşen 3 farklı olay

toplamda 132 cm'lik bir düşey yerdeğiştirme miktarı sunmaktadır. Bu veriden yola çıkarak Büyük Menderes Grabeni'nin bu kesimindeki açılma hızı yaklaşık 0,25 mm/yıl'dır. Bu alanda gözlenen açılma hızı, grabenin diğer kesimlerine göre daha düşüktür çünkü bu alan fayın doğrultusunun değiştiği ve fay üzerindeki hareketin birden fazla kol tarafından paylaşıldığı bir alverir.

Söke doğusunda taş ocağı yarmasında gözlenen yüzey üzerinde en az üç farklı depreme bağlı gelişmiş fay yüzeyleri tespit edilmiş ancak yarmanın güney bölümü istismak duvarı nedeniyle tahrip edildiği için daha genç olayların izleri gözlenememiştir. Belirlenen olaylardan en genci kahverengi renkli ve tıkızlaşmamış toprak dolgusuyla belirgindir ve birimlerde 30 cm lik düşey atım meydana getirdiği gözlenmiştir. Ana kaya içerisinde gözlenen diğer olaylar muhtemelen eski dönemlerde meydana gelmişlerdir ve oldukça yaşlıdır; ancak toprak dolgu ile belirgin son olay, grabenin bu kesiminde meydana gelmiş son olaylardan birini yansıtmaktadır ve fay zonunun bu kesiminde yüzey kırığı yaratan depremlerin meydana geldiğini göstermektedir.

Bu çalışmada elde edilen veriler, BMFZ'nun batı kesiminin geçmiş dönem ve günümüzdeki aktivitesini ortaya koymuştur ve fay zonunun bu kesiminin, yüzey kırığı meydana getirecek büyüklükte deprem üretebileceğini göstermektedir. Buna göre bölgede yapılacak imar planlarının ve mühendislik yapılarının deprem tehlikesi gözardı edilmeden yapılması gerekmektedir. Çalışmada alanı içerisinde yer alan birçok kasaba ve köy merkezi, ayrıca nüfusu neredeyse ortalama bir kent nüfusuna yakın Söke ilçesi fay zonunun üzerinde yer almaktadırlar. Bu yerleşimler fay üzerinde meydana gelecek orta büyüklükteki bir depremden etkilenecek ve çeşitli can ve mal kayıpları meydana gelecektir. Özellikle grabenin tavan bloğu üzerinde çökelen genç sedimanlar, yeraltı su seviyesinin yüksekliği ve malzemenin tane boyutu ve gevşekliği nedeniyle sıvılaşmaya çok müsaittir. Çalışma alanı içerisinde Sazlıköy beldesinde güncel olarak devam eden heyelan, olası bir depremde büyük kütle kaymalarına sebep olacak, can ve mal kaybına neden olacaktır. Bu heyelanın mühendislik jeolojisi açısından detaylı incelemesinin yapılması ve gerekli önlemlerin alınması önem taşımaktadır. Yüksek sedimantasyon nedeniyle fayın konumunun çok net belirlenemediği alanlarda daha detaylı jeofizik çalışmalar yapılarak fayın konumu tespit edilmelidir. Söke civarında ve batısında

paleosismoloji çalışması için uygun alanlar tespit edilip hendek çalışması yapılarak, fayın tarihsel dönem aktivitesi daha net saptanmalı, 1955 Söke-Balat depremimin varsa yüzey kırığı saptanmalıdır.

7. KAYNAKLAR

- Aksu, A.E., Piper D.J.W. ve Konuk T., 1987. Quaternary grow patterns of Büyük Menderes ve Küçük Menderes deltas, western Turkey. *Sediment Geology* 52. 227-250
- Akurgal, E., 1995. Anadolu Uygarlıkları. Net yayınları, İstanbul
- Akurgal, E., 1997. Anadolu Kültür Tarihi, Tübitak Yayınları, 414 s.
- Altunel, E. ve Barka A. 1996. Hierapolis'teki arkeosismik hasarların değerlendirilmesi (Evaluation of archeoseismic damages at Hierapolis) *Geol. Bull. of Turkey*. 39., 65-74
- Altunel, E. 1997. Evidence for damaging historical earthquakes at Priene, Western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science* 7, pp. 25-35
- Altunel, E. 1999. Geological ve geomorphological observations isn relation to the 20 September 1899 Menderes earthquake, Western Turkey. *Journal of the Geological Society, London*, vol. 156, pp.241-246
- Altunel, E., Stewart I.S., Barka A. Ve Piccardi L. 2003. Earthquake faulting at ancient Cnidus, SW Tukey. *Turkish Journal of Earh Sciences*. vol. 12, pp, 137-151
- Ambraseys, N.N. 1988. Engineering Seismology. *Earthquake Engineering, Structure ve Dynamics*, 17, 1-105.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel C.F. 1995. Türkiye'de ve komşu bölgelerde sismik etkinlikler; Bir Tarihsel İnceleme 1500-1800. Tübitak Yayınları Akademik Dizi-4.
- Armijo, R. Lyon-Caen, H. ve Papanastassiou, D.,1992, East-west extension ve Holocene normal-fault scarps in the Hellenic arc. *Geology*, 20, 491-494.

- Angelier, J., Dumont, J. F., Karamveeresi, H., Poisson A., Şimşek, S. ve Uysal, Ş., 1981, Analyses of fault mechanisms ve expansion of southwestern Anatolia since the late Miocene, *Tectonophysics*, 75, 1-9
- Arpat, E ve Bingöl E., 1969, The rift system of the western Turkey, thoughts on its development, *Bull. Miner. Res. Explor. Inst. Turk.*, 73, 1-9
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1975, Türkiye’de bazı önemli genç tektonik olaylar; *TJK Bült.* 18/1, 91-101.
- Ateş, R.C. ve Bayülke N., 1982. The 19 August 1976 Denizli, Turkey, earthquake: Evaluation of the strong motion accelerograph record. *Bull. Of the Seis. Soc. Am.*, 72, 5, 1635-1649
- Baran, M., 1965. Guide to Miletus. MEB eski eserler ve müzeler genel müd. Yayınları, seri 1, sayı 20.
- Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F., ve Şengör, A.M.C, 1996, The Isparta Angle: its importance in the neotectonics of the eastern Mediterranean region. *IESCA-1995*. İzmir,
- Bayrak, O., 1982. Türkiye’nin Tarihi Yerler Klavuzu. 2. Baskı. Remzi Kitabevi, İstanbul
- Bean, G.E. 1979. *Agean Turkey – An Archeological Guide*. Ernest Benn, London, 288 pp. (Turkish translation of the 1966 edition, translated by Delemen İ. 1995 İstanbul).
- Bean, G. 1989, *Turkey Beyond the Maeveer* (revised version of 1971), Ernest Benn, London (Revised ve edited by J. Bean [1980] ve published by John Murray, London.
- Bellattati, D., Camss R, ve Molin D., 1993. Fake quakes in Italy through parametric catalogues ve seismological compilations; case histories typologies. *Terra Nova*, 5, 488-495

- Bozkurt, E., ve Park R.G., Southern Menderes massif: an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. *Journal of the Geological Society*, London, 151,213-216.
- Bozkurt, E. 2000. Timing of extension on the Büyük Menderes graben, Western Turkey, ve its tectonic implications.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica acta* 14 (2001) 3–30.
- Brückner, H., 1997. Coastal changes in Western Turkey; rapid delta progradation in historical times; in: transformations ve evolution of the mediterranean coastline. *Bulletin de instute oceanographique*, Monaco, no: special 18.
- Brückner, H., Müllenhoff M., Hvely M., Lahn M. ve Van Der Borg K. 2002. Holocene lvescape evolution of the Büyük Menderes alluvial plain in the environs of Myous ve Priene (Western Anatolia, Turkey). *Z. Geomorphology n.f. Berlin. Suppl.–bd. 127.* 47-65.
- Burbank, D. W. ve Veerson, R. S., 2001, *Tectonic Geomorphology*, Blackwell Science, 274 p.
- Cohen, H.A., Dart C.J, Akyüz H.S., ve Barka A. 1995. Syn-rift sedimentation ve structural development of the Gediz ve Büyük Menderes graben, Western Turkey. *Journal of the Earth Society*, London, Vol.152, pp. 629-638.
- Crouch, D.P. 2003. *Geology ve settlement: Greco-Roman patterns*. Oxford University press, incorporated, p(1).
- Dewey, J.F. & Sengör, A.M.C. 1979. Aegean ve surrounding regions: complex multiplate ve continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84-92.
- Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Şaroğlu, F. ve Şengör, A. M. C., 1986, Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia – a young collision zone: in Coward, M. P. ve Ries, A. C., eds., *Collision Tectonics*, Geol. Soc. London Spec. Pub., 19 (R. M. Shackleton volume), 3-36.

- Dikmen, G., 1952, Nazilli Tarih ve Cografyasi. M.E.B. Aydın İl Kütüphanesi.
- Dumont, J. F., Uysal, Ş., Şimşek, S., Karamveeresi, H., ve Letouzey, J. 1979, Formation of the Grabens in southwestern Anatolia, Bull. Min. Res. Explor. Ins. Turk., 92, 7-18 p.
- Duyuran, R., 1948. Priene klavuzu (Guide to Priene). MEB Eski Eserler ve Müzeler Genel Müd. Anıtları Koruma Kurulu. Seri 1, sayı: X İstanbul.
- Ergin, K., Güçlü U. ve Uz Z., 1967. A catalog of earthquake for Turkey ve surrounding area (11 A.D. to 1964 A.D.) İTÜ Faculty of Mining Engineering, İstanbul, Turkey.
- Eriñ, S., 1955, Die morphologischen Entwicklungsstadien der Küçük Menderes-masse, Review Univ. Yst. Geogr. Inst., 2, 93-95
- Eyidoğan, H. ve diğ., Türkiye Büyük Depremleri Makrosismik Rehberi 1900-1988, İstanbul, 1991.
- Gencođlu, S., İnan E. ve Güler H., 1990. Türkiye'nin deprem tehlikesi, Türkiye Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Genç, Ş. C., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M. ve Yılmaz, Y., 1999, The Çubukludađ graben, south of İzmir: its tectonic significance in the Neogene geological evolution of the western Anatolia, Gedinamica Acta, 14 (2001), 45-55.
- Goidobani, E., Comastri, A. ve Traina, G., 1994, Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10 th century. Inst. Nazionale di Geofisica. 504 s.
- Görür, N., Şengör. A.M.C., Sakinç, M. ve diğ. 1995. Rift formation in the Gökova region, Southwest Anatolia: implications for the opening of the Aegean sea. Geological magazine, 132.
- Hancock, P.L. ve Altunel E. 1997. Faulted archeological relics at Hierapolis (Pamukkale), Turkey. Journal of Geodynamics. 24. no: 1-4, 21-3.

Hakyemez, Y.H., Erkal, T. Ve Göktaş F., 1999. Late Quaternary evolution of the Gediz ve Büyük Menderes grabens, Western Anatolia, Turkey. Quaternary Science Reviews, 18, 549-554.

Hellas Gazetesi 27.07.1955

İlhan, E., 1971, Earthquakes in Turkey. In: Geology ve History of Turkey (edited by Campbell, A.S.) Petroleum Exploration Society of Libya, 431-442.

İzdar, E. 1975, Batı Anadolu'nun jeotektonik gelişimi ve Ege Denizi çevresine ait üniteler ile karşılaştırılması, E.Ü. Müh. Bilimleri Fak. Yayınları No:8, 59. İzmir.

Karamveeresi, Y. H. ve Yılmaz, S., 1982, Gediz vadisinde genç tektonik olaylar ve buna bağlı jeotermal enerji olanakları, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri özetleri, 66 s.

Kaya, O., 1981, Miocene reference section for the coastal parts of west Anatolia, Newsletter Startigr., 10, 164-191.

Keller, E. A. ve Pinter, N., 1996, Active Tectonics, Prentice Hall, 338 p.

Ketin, Y., 1968, Türkiye'nin genel tektonik durumu ile başlıca deprem bölgeleri arasındaki ilişkiler, MTA Enst. Derg., 71, 129-134 s.

Koçyiğit, A., 1984, Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik Gelişim, TJK Bült., 24/1, 1-16

Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. ve Bozkurt, E. 1999. Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in Western Turkey. Journal of the Geological Society; London, 156,60541 6.

Korjenkov, A.M. ve Kaiser D. 2003. Historical-Macroseismic study of the town church Wittstock, northern Germany. Proceedings, 11th FIG Symposium on Deformation Measurements, Santorini, Greece.

- Lettis, W. R. ve Kelson K. I., 1997, Applications to Paleoseismology; Dating ve Earthquakes: Review of Quaternary Geochronology ve its Application to Paleoseismology.
- Le Pichon, X. ve Angelier, J. 1979. The Hellenic arc ve trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Le Pichon, X. ve Gaulier, J. M., 1988, The rotation of Arabia ve the Levant fault system, *Tectonophysics*, 153, 271-294.
- McCalpin, J. P., 1996, Paleoseismology, volume 62 in the International Geophysics Series: Academic Press, New York, 588 p.
- McClusky, S., Reilinger R., Mahmoud S., Ben Sari D. ve Tealeb A. 2003. GPS constraints on Africa (Nubia) ve Arabia plate motions. *Geophys. Journal int.* 155, 126-138.
- McKenzie, D.P. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30. 109-185.
- McKenzie, D.P. 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean sea ve surrounding regions (tectonics of aegean region). *Royal Astronomical Society Geophysical Journal*, 55, 217-254.
- Ocakoglu, F., Dirik, K., Demirtaş R., Özsayın, E. ve Açıkalin, S. 2007. Karacasu ve Bozdoğan çapraz Grabenlerinin (batı Anadolu) Stratigrafik, Sedimentolojik ve Tektonik Evrimi. Eskişehir Osmangazi Üni. Bilimsel Araştırmalar Komisyonu Raporu.
- Pantosti, D. ve Yeats, R. S., 1993, Paleoseismology of great earthquakes of the late Holocene, *Annali Di Geofisica*, 36, 3-4, 237-257.
- Papazachos, B.C., Papaioannou, Ch. A., Papazachos, C.B. ans Savvaidis, A.A. Atlas of isoseismal maps for strong earthquakes in Greece ve surrounding area. *Publ. Geoph. Lab. Univ. Thessaloniki*, 4, 200pp., 1997.

- Paton, S. 1992. Active normal faulting, drainage patterns ve sedimentation in Southwestern Turkey. *Journal of the Earth Society*; London. Vol. 149. pp. 1031-1044.
- Sarıca, N. 2000. The Plio-Pleistocene age of Büyük Menderes ve Gediz grabens ve their tectonic significance on N-S extensional tectonics in West Anatolia: mammalian evidence from the continental deposits. *Geological Journal* 35: 1-24
- Seyitoğlu, G. & Scott, B.C. 1991. Late Cenozoic extension ve basin formation in West Turkey. *Geological Magazine*, 128, 155-166.
- Seyitoğlu, G. & Scott, B.C. 1992. The age of Büyük Menderes Graben (West Turkey) ve its tectonic implications. *Geological Magazine*, 129, 239-242.
- Sipahioğlu, S., 1979, Büyük Menderes açılımı ile Menderes Masifi yükseliminin sınırını oluşturan kuşağa uygulanan bir deprem öncesi çalışma, *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, 25, 5-27.
- Soysal, H. Sipahioğlu, S. Kolçak, D. ve Altınok, Y., 1981, Türkiye tarihsel deprem kataloğu, Tübitak Proje No: TBAG 341, ss 86.
- Sözbilir, H. ve Emre, T., 1990, Neogene stratigraphy ve structure of the northern rim of the Büyük Menderes Graben, *IESCA 1990, proceedings*, 314-322.
- Sözbilir, H., 2000. Batı Anadolu'dan örneklerle aktif faylar ve potansiyel aktif faylar. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu.
- Stewart, I., S. ve Hancock, P., L., 1994, Neotectonics, Hancock, P., L. ed., *Continental Deformation*, Pergamon Press, 370-411.
- Şaroğlu, F. & Yılmaz Y., 1987. Geological evolution ve basin models during neotectonic episode in the eastern Anatolia. *Mineral Research ve Exploration Institute of Turkey (MTA) Bullutein*, 107, 74-94.
- Şaroğlu, F., Emre Ö. ve Kuşçu İ., 1992. Türkiye diri fay haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.

- Şengör, A. M. C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, TJK. Konf. Ser., no: 2, 40.
- Şengör, A. M. C. ve Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181–241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip deformation basin formation, ve sedimentation. in: Biddle, K. T. & Christie-Blick, N. (eds) strike-slip faulting ve basin formation. Society of Economic Paleontologists ve Mineralogists, Special Publications, 37,227-264.
- Şengör, A.M.C. 1982. Ege'nin neotektonik evrimini yöneten etkenler (factors governing the neotectonic evolution of the agean). in: Batı Anadolu'nun Genç Tektoniği ve Volkanizması Paneli. pp. 59-71.
- Stiros, S.C., ve Pirazzoli P.A. 1995. Paleoseismic studies in Greece: A review. *Quaternary International*. 25, 57-63.
- Stiros, S.C. 1996. Identification of earthquakes from archeological data: methodology, criteria ve limitations. İn: Archeoseismology (Edited by Stiros S.C. ve Jones R.E.) Fitch Laboratory Occasional Paper 7. British school at Athens. 129-152, Oxford.
- Strabon: Geograhya: Anatolia (Books:XII, XIII, XIV) (Tukish translation by Pekmen A. 1991. Arkeoloji ve Sanat Yayınları. İstanbul).
- Tulay, A.S. ve Akat H. 2004. Didyma, Miletos, Priene.
- Vita-Finzi, C., 1986, Recent Earth Movements: An Introduction to Neotectonics, Academic press, London, 226 p.
- Wallace, R. E., 1981, Active faults, paleoseismology, ve earthquake hazards in the western United States; in Simpson, D. W., ve Richards, P. G. (ends.), Earthquake Prediction: An International Review, Maurice Ewing ser., v. 4, p. 209-216, American Geophysical Union, Washington D.C.

Yılmaz, Y., Genç Ş., Gürses Ö.F., Bozcu M., Görür N. ve Akkök R. 1997. Batı Anadolu Neojen istiflerinin karşılaştırılması. Ulusal Deniz Araştırmaları Projesi, Tübitak, Ankara, 1-32.

Yılmaz, Y., Genç, Ş. C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. ve Elmas, A., 2000, When did the Anatolian grabens begin to develop, Geological Society, London, 173, 353-384.

Yüksel, V., 1984. Söke-Germencik bölgesinin jeolojisi ve jeotermik enerji olanakları. MTA derleme rapor no. 4677