



Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti Holosen Aktivitesi

Deniz Saraçoğlu

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2024



Holocene Activity of Eskişehir Fault Sultandere Segment

Deniz Saraçoğlu

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

July 2024

Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti Holosen Aktivitesi

Deniz Saraçoğlu

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Genel Jeoloji Bilim Dalında

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Prof. Dr. Volkan KARABACAK

“Bu çalışma, 123G010 numaralı TÜBİTAK-KAMAG projesi tarafından desteklenmiştir”

Temuz 2024

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Deniz Saraçoğlu'nun YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti Holosen Aktivitesi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Volkan KARABACAK

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Prof. Dr. Volkan KARABACAK

Üye: Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Didem YASİN

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

Prof. Dr. Fatma TÜRSEK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Volkan KARABACAK danışmanlığında hazırlamış olduğum “Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti Holosen Aktivitesi” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilişimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 18.07.2024

Deniz SARAÇOĞLU

ÖZET

Eskişehir Fayı, Bilecik ili Bozuyük ilçesi Erikli mahallesinden batı-güneybatı yönünde Eskişehir ili Odunpazarı ilçesi Türkmentokat mahallesine kadar uzanan, yaklaşık 78 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Fay genel olarak doğrultuları B-D ve BKB-DGD gidişli, deprem üretme potansiyeline sahip 4 farklı segmentten meydana gelmektedir. Bu çalışmada Eskişehir Fayı'nın en doğuda bulunan ve yaklaşık 20 km uzunluğa sahip Sultandere Segmenti detaylı jeolojik-jeomorfolojik arazi çalışmaları ile incelenmiş, segmentin Holosen aktivitesi açılan paleosismolojik hendekler yardımıyla araştırılmıştır.

Sultandere Segmenti üzerinde yapılan çalışmalar fay boyunca güncel dere yataklarında sağ yanal yerdeğiştirmeye ait izlerin varlığını ve genç morfoloji kontrollü çizgisellikleri ortaya koymuştur. Fay kazıları, Holosen çökelleri içerisinde mevcut uzanım boyunca tekrarlanan depremlerin varlığını göstermiştir. Mevcut arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirildiğinde, elde edilen paleosismolojik veriler Eskişehir Fayı Sultandere Segmentinin 6 ve üzeri büyüklükte deprem üretme potansiyeline sahip sağ yanal doğrultu atımlı bir aktif fay olduğunu kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Eskişehir Fayı, Sultandere, paleosismoloji, yüzey kırığı

SUMMARY

The Eskişehir Fault is a right-lateral strike-slip fault, approximately 78 km long, extending from Erikli (Bilecik) in a west-southwest direction to Türkmentokat (Eskişehir). The fault generally consists of 4 different segments with W–E and WNW–ESE directions, with earthquake generating potential. In this study, the Sultandere Segment, located in the easternmost part of the Eskişehir Fault and approximately 20 km long, was examined with detailed geological-geomorphological field studies, and the Holocene activity of the segment was investigated with the help of paleoseismological trenches.

Studies on the Sultandere Segment revealed the presence of traces of right-lateral displacement in the current stream beds along the fault and young morphology-controlled lineaments. Fault excavations showed the presence of repeated earthquakes along the current extension within the Holocene sediments. When evaluated together with the existing field observations, the obtained paleoseismological data prove that the Sultandere Segment of the Eskişehir Fault is a right-lateral strike-slip active fault with the potential to produce earthquakes of magnitude 6 and above.

Keywords: Eskişehir Fault, Sultandere, paleoseismology, surface rupture

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca görüşlerini, katkılarını ve desteğini esirgemeyen, bana tecrübesiyle yol göstererek bu çalışmanın gelişmesindeki yardımlarından dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Volkan KARABACAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışması TÜBİTAK tarafından 123G010 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir. Çalışmanın yapılmasını mümkün kıldıkları için Türkiye Diri Faylarının Paleosismolojik Özelliklerinin Belirlenmesi başlıklı TÜBİTAK Projesinin tüm paydaşlarına ve proje arkadaşlarım Jeoloji Yüksek Mühendisi İsmet ELMA, Jeoloji Mühendisi Mirza Agha SAFAROV, Jeoloji Mühendisi Nur Döndü ÖZKIR ve Jeoloji Mühendisi Büşra ÖZÇELİK'e teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kullanılan paleosismolojik fay kazıları, Eskişehir Büyükşehir Belediyesi tarafından hazırlanan jeolojik-jeoteknik etüt raporu ve paleosismoloji çalışmaları kapsamında hizmet alımı ihalesi yolu ile gerçekleştirilmiştir. Verilerin tez çalışmasında kullanımı konusunda verdiği izinden dolayı Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'ne teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarına katılıp tüm süreçlerde bilgi birikimini benimle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK'a,

Yüksek lisans sürecim boyunca bana cesaret veren ve tüm süreç boyunca bana sabırla destek olan sevgili eşim Canan SARAÇOĞLU ve canım oğlum Ekin SARAÇOĞLU'na,

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Emine SARAÇOĞLU, babam Kemal SARAÇOĞLU ve kardeşim Ezgi SARAÇOĞLU'na teşekkür ederim.

Deniz SARAÇOĞLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Bölgesel Jeoloji	3
2.2. Çalışma Alanı ve Yakın Civarının Jeolojik Özellikleri	6
2.3. Eskişehir ve Yakın Çevresinin Sismotektonik Özellikleri	8
2.3.1. Tarihsel Döneme Ait Depremsellik (1900 Öncesi)	11
2.3.2. Aletsel Dönem Deprem Aktivitesi	12
2.4. Eskişehir Fayı	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM	18
4. ARAZİ ÇALIŞMALARI	21
4.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Arazi Gözlemleri	21
4.2. Paleosismolojik Hendeğ Çalışmaları	33
4.2.1. Orman1 Hendeği (Eskişehir Fayı-O1H)	37
4.2.2. Orman2 Hendeği (Eskişehir Fayı-O2H)	40
4.2.3. Ihlamurkent1 Hendeği (Eskişehir Fayı-I1H)	43
4.2.4. Ihlamurkent2 Hendeği (Eskişehir Fayı-I2H)	46
4.2.5. Mezarlık Hendeği (Eskişehir Fayı-MH)	48
4.2.6. Varol Hendeği (Eskişehir Fayı-VH)	51
4.2.7. Sultandere Hendeği (Eskişehir Fayı-SDH)	54
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	57
5.1. Fay Parametre Bulguları	57
5.2. Paleosismolojik Verilerin Değerlendirilmesi	60
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
7. KAYNAKLAR DİZİNİ	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye Diri Fay Haritası üzerinde Eskişehir Fayı'nın uzanımı. Mavi çerçeve bu tez çalışmasının odaklandığı alanı ve 4 segmentten oluşan Eskişehir Fayı'nın en doğudaki Sultandere segmentini göstermektedir (Emre vd., 2011a ve b).	2
2.1. Doğu Akdeniz'in aktif fay haritası ve tektonik bölgeleri (Emre vd., 2018).....	4
2.2. Çalışma alanının Türkiye'nin ana tektonik birliklerinin dağılım haritasındaki yeri (Okay, 2011).	5
2.3. Çalışma alanı ile yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitleri (Sağlam Selçuk, 2009; Gündoğdu, 2009'dan değiştirilerek).	7
2.4. Türkiye Diri Fay Haritası üzerinde Eskişehir Fayı'nın yeri (Eskişehir Fayı: 140 numaralı fay) (Emre vd., 2011).....	9
2.5. Eskişehir Fayına dair 1/250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası üzerindeki görüntü (Emre vd., 2011).	10
2.6. Eskişehir Fayı ve yakın civarının 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritasındaki konumu (AFAD, 2024).	10
2.7. Çalışma alanını da kapsayan, Eskişehir civarı tarihsel dönem depremlerini gösterir sismotektonik harita. Mavi daireler tarihsel dönem depremlerini gösterir (Emre vd., 2011).	11
2.8. Eskişehir bölgesinin sismosite haritası (Emre vd., 2011; KRDAE-UDİM).....	13
3.1. Hendek yeri tespit etme çalışmaları.....	18
3.2. Paleosismoloji çalışmaları öncesinde yapılan kinematik analiz çalışmaları.	20
4.1. a. Sultandere Segmenti doğu kesiminin Türkmentakat yönünde genel görünümü. Bakış yönü güneydoğudur. b. Sultandere Segmenti orta kesiminin Eskişehir kent merkezi yönünde genel görünümü. Bakış yönü batıdır.	22
4.2. Sultandere Segmenti ve yakın çevresinin topografik kontur, üç boyutlu kabartı ve eğim haritaları.	23
4.3. Çalışma alanı batısında kalan Porsuk Nehri yatağının 5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli. Kırmızı çizgiler fay uzanımını, mavi çizgiler yerdeğiştirme gözlenen dere yataklarını göstermektedir.	24
4.4. Çalışma alanında Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti'nin Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kampüs alanına denk gelen kesiminin görüntüleri. a) 2002 yılı GoogleEarth uydu görüntüsü (oklar Porsuk Nehri'nin sağ yanal ötelenmesini, fayın oluşturduğu morfolojik çizgiselliği, kesikli çizgili alan ise bu iz boyunca sağ yanal deforme olmuş sırt uzanımını göstermektedir). b) 2023 yılı görüntüsü (yeşil çizgi olası fay uzanımını göstermektedir).....	26
4.5. Eskişehir Fayı boyunca gelişen morfolojik yapılar örnekler.	28
4.6. Eskişehir Fayı boyunca toplanan kinematik verilerin lokasyonlarını, hesaplanan fay düzlemi çözümlerini gösteren ve arazi çalışmaları sırasında oluşturulan diri fay haritası.....	30
4.7. a, b. Lokasyon 1'de gözlenen fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları. c, d. Lokasyon 2'de gözlenen fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.	31
4.8. Tez sahasında Sultandere Segmenti genel uzanımı ve bu uzanım boyunca açılan paleosismolojik hendeklerin lokasyon haritası.	35

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.9. Orman1 hendeğinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı. .	37
4.10. Orman1 hendeği açılması, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraflar.	38
4.11. Orman1 hendeği batı duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.	39
4.12. Orman2 hendeğinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.	40
4.13. Orman2 hendeği açılması, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraflar.	41
4.14. Orman2 hendeği batı duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.	42
4.15. Ihlamurkent1 ve 2 hendeklerinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.....	43
4.16. Ihlamurkent1 hendeği hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraf.	44
4.17. Ihlamurkent1 hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.....	45
4.18. Ihlamurkent2 hendek alanını gösteren fotoğraflar.....	46
4.19. Ihlamurkent2 hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.....	47
4.20. Mezarlık ve Varol hendeklerinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.....	48
4.21. Mezarlık hendeği hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraf.....	49
4.22. Mezarlık hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.....	50
4.23. Varol hendeğinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı. ...	51
4.24. Varol hendeği açılması, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraflar.	52
4.25. Varol hendeği batı duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.	53
4.26. Sultandere hendeğinin yerini gösterir saha fotoğrafı.....	54
4.27. Sultandere hendeği, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraf.....	55
4.28. Sultandere hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Eskişehir Fayı ve yakınındaki diğer fayların sismotektonik parametrelerini gösterir çizelge. Faylara ait kimlik numaraları (ID No) aynı zamanda Şekil 2.4 üzerinde de gösterilmiştir.	17
4.1. Eskişehir Fayı'na ait düzlemler üzerinden toplanan kinematik ölçümler.	29
4.2. Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti üzerinde açılan hendeklere ait bilgiler.....	36
5.1. Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti üzerinde açılan hendeklerde elde edilen fay parametreleri.	62

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Bu çalışma, Eskişehir Fayı'nın Sultandere Segmenti boyunca aktif tektonik ve paleosismolojik niteliklerini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Segmentin tamamını kapsayan çalışma alanı, Eskişehir il sınırları içerisinde yer almaktadır. Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında, 29-32 derece doğu boylamları ile 39-40 derece kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. 2020 TÜİK verilerine göre nüfusu 888.828 olan Eskişehir ilinde kilometrekareye 64,21 kişi düşmektedir. Eskişehir'in rakımı 792 m olup büyük bölümünde sert karasal iklim görülmektedir. Orta Anadolu'nun kuzeybatı köşesinde yer alan Eskişehir ilinin topoğrafik yapısı Sakarya ve Porsuk havzalarındaki ovalar ve çevre dağlardan oluşmaktadır. En yüksek dağı 1825 metre ile Türkmendağı Tepesi'dir. Arazisinin yaklaşık %22'si dağlarla, %26'sı ise ovalarla kaplıdır. Bu çalışmanın yapıldığı alan 1/100.000 ölçekli İ24 paftası içerisinde yer almaktadır.

Eskişehir Fayı MTA'nın 1:250.000 ölçekli yenilenmiş diri fay haritasına göre Eskişehir (NJ 36-1) paftasında (Emre vd., 2011), Kuzeybatı Anadolu'nun diri fay uzantılarından biri olarak haritalanmıştır. Bilecik ili Bozüyük ilçesine bağlı Erikli Köyü'nde başlayan fay, Eskişehir İli yerleşim yeri güneyinden geçerek, güneydoğuda Türkmentokat Mahallesi yönünde uzanır (Şekil 1.1.). Eskişehir İli ve yakınlarında tarihsel ve aletsel dönemlerde depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bu depremlerin çalışma alanına etkisinin olup olmadığının belirlenmesi, varsa eski depremlerin yerlerinin belirlenerek fay geometrileriyle birlikte değerlendirilmesi bölgenin deprem tehlikesinin daha iyi anlaşılması açısından önemlidir.

Bu çalışma kapsamında Eskişehir Fayı'nın Sultandere Segmenti'ne odaklanılmıştır. Saha çalışmaları öncesinde inceleme alanında yapılan önceki çalışmalar derlenmiş, bölgenin jeolojik ve stratigrafik özellikleri hakkında bilgi edinilmiş, inceleme alanına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve topografik haritalar incelenerek paleosismolojik fay kazısı çalışması yapılabilecek olası alanlar belirlenmiştir. İkinci aşamada büro çalışmaları sırasında planlanan olası hendek yerleri ayrıntılı saha gözlemleri ile netleştirilmiştir. Uzanım boyunca, fay kollarına kabaca dik yönde toplam 7 adet hendek çalışması yapılmıştır. Diri fay haritalama, aktif tektonik, kinematik/jeomorfolojik analiz ve hendek yeri belirleme amaçlı

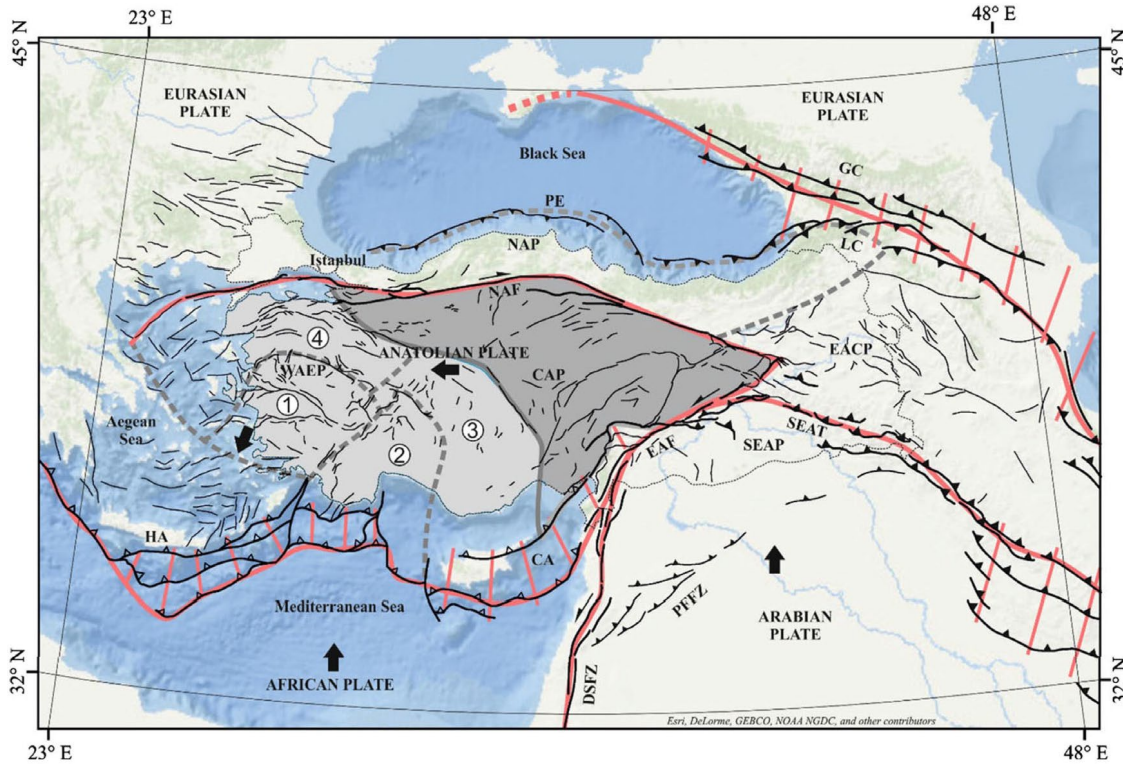
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Bölgesel Jeoloji

Miyosen jeolojik zamanında Anadolu Bloğu ile Arap Levhası'nın Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca çarpışmasıyla bölgede Neotektonik dönem etkinliği yaşanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu aktivite, Pliyosen'de oluşmaya başlayan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) boyunca Anadolu Bloğu'nun 30-40 mm/yıl hızla batıya kaçışıyla devam etmektedir (McKenzie, 1972; Le Pichon ve Angelier, 1979; Şengör, 1980; Şengör vd., 1985). Bu hareket 4 farklı görüşle açıklanmaktadır; 1- Tektonik kaçış modeli: Orta Miyosen sonunda Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca K-G sıkışma kuvvetlerinin etkisi ile Arap levhası ile Avrasya levhasının çarpışması sonucu meydana gelen hareket Neotetis okyanusunun kapanmasından sonra sol yönlü Doğu Anadolu ve sağ yönlü Kuzey Anadolu fayları oluşmuştur. Bu hareket Anadolu plakasının batıya doğru hareketi ile ilişkilidir. Bu hareketin Ege Denizi çevresindeki Yunan makaslama zonu tarafından karşılanması sonucu Batı Anadolu'da K-G yönünde genişleme meydana gelmiştir (Dewey ve Şengör, 1979, Şengör vd., 1985). 2- Yay ardı yayılma modeli: Avrasya ve Afrika levhalarının Ege Yayısı boyunca çarpışması sonucu Batı Anadolu'da dalma zonunun gerisinde K-G yönünde genişleyen bir yay ardı tektonik ortam oluşmuştur (McKenzie, 1978; LePichon ve Angelier, 1979). 3- Orojenik çökme modeli: Eosen sonunda İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının aşırı kalınlaşması ve Batı Anadolu kabuğunun yer çekimi etkisi altında sıyrılmaya fayları boyunca çökmesi ile açıklanmaktadır. Geç Oligosen-Erken Miyosen dönemine karşılık gelen bu çökme sonucunda Batı Anadolu grabenlerinin oluşumu gerçekleşmiştir (Seyitoğlu ve Scott, 1991 ve 1992). 4- İki aşamalı grabenleşme modeli. Bu modelde Batı Anadolu'da Miyosen'deki orojenik çöküşün gelişimi iki evre olarak ayrılarak, önce orojenik çöküşün meydana geldiği, daha sonra Anadolu'nun batıya kaçışıyla ilgili modelin devreye girdiği ileri sürülmektedir (Koçyiğit vd., 1999).

Batı Anadolu günümüzde güneyden Ege dalma batma zonu, kuzeyden ise KAFZ arasında uzanan yay gerisi bir tektonik ortamda deforme olmaktadır. Bölge bu deformasyon etkisinde parçalanarak yaklaşık D-B uzanımlı Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes,

Gökova gibi grabenlerle, oblik normal faylarla sınırlı KB-GD ve KD- GB uzanımlı çok sayıda çöküntü alanına bölünmüştür (Şekil 2.1.). Önemli bir bölümü Menderes Masifi üzerindeki bu havzalardan Simav, Gediz ve Büyük Menderes grabenlerinin oluşumu sıyrılma faylarıyla açıklanmaktadır (Bozkurt ve Park, 1994; Hetzel vd., 1995; Emre, 1996; Emre ve Sözbilir, 1997; Lips vd., 2001; Seyitoğlu vd., 2002 ve 2004, Gürer vd., 2009; Seyitoğlu ve Işık, 2015; Sümer vd., 2020). Duman vd. (2017) tarafından sunulan bir yayında, Arslan (2012) tarafından bölgesel gravite verilerinden üretilen Bouger anomalilerine göre, Batı Anadolu Genişleme Bölgesi (BAGB) içerisinde Eskişehir ve yakın civarındaki kabuk kalınlığı ortalama 38 km olduğu belirtilmektedir.



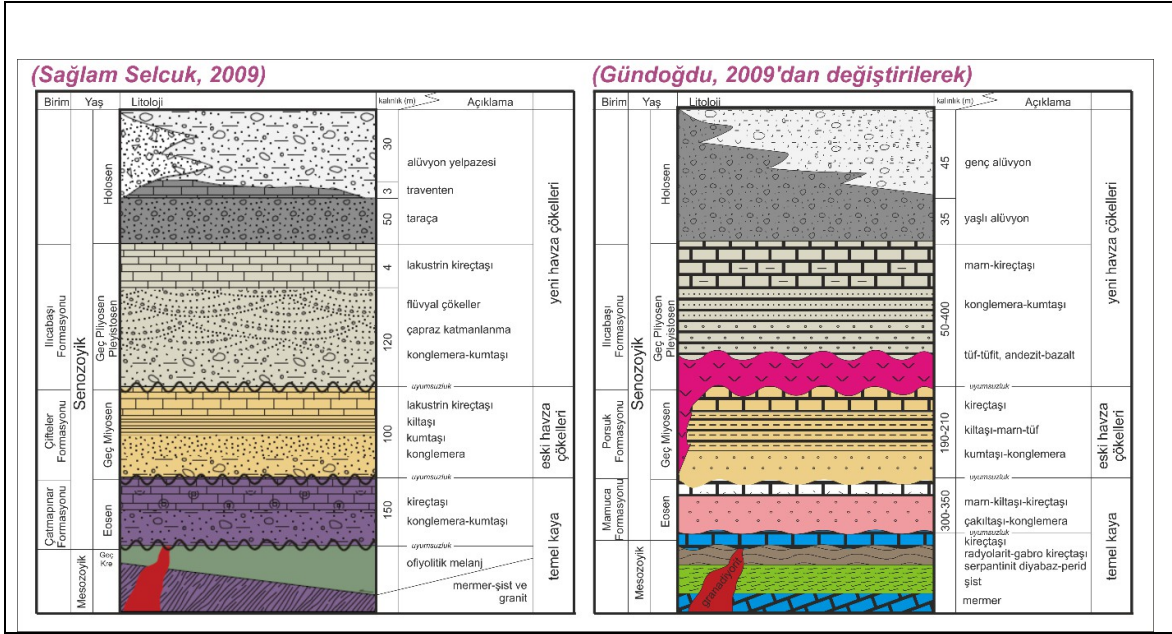
Şekil 2.1. Doğu Akdeniz'in aktif fay haritası ve tektonik bölgeleri (Emre vd., 2018).

Çalışma alanı, BAGB ile KAFZ makaslama bölgesi arasında ayrıcalıklı bir yere sahiptir. Son yıllarda yapılan bir çalışmada (Emre vd. 2018), BAGB içerisinde 4 farklı blok tanımlanmıştır. Eskişehir İli güney kesimleri bu bloklardan Kuzeybatı Anadolu Geçiş Zonu (4) içerisinde kalmaktadır ve bloğun KD sınırını oluşturmaktadır (Şekil 2.2). BAGB'nde yapılan GPS çalışmaları (Reilinger vd., 1997; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky vd., 2000; Nyst ve Thatcher, 2004), günümüzde BAGB'nin güneybatı yönünde Ege yayına doğru, saatin tersi yönünde yaklaşık 20 mm/yıl hareket ettiğini göstermektedir. Bu hareket

2.2. Çalışma Alanı ve Yakın Civarının Jeolojik Özellikleri

Bu çalışmada, çalışma alanı ve yakın çevresinin jeolojik özellikleri, özellikle Sağlam Selçuk (2016) ve Gündoğdu (2009) tarafından yapılan tanımlara odaklanılarak özetlenmiştir. Buna göre bölgedeki temel kayalar Sakarya Kıtası ve Tavşanlı Zonu'na ait kayalardan oluşmaktadır. Bahse konu birimler; İnönü Mermerleri, İnönü Mavişistleri ve bunların üzerinde tektonik dokanakla yer alan ofiyolitik melanjdır (serpantinit, gabro, peridotit, kireçtaşı). Tavşanlı Zonu'na ait bu temel birimler Triyas yaşlı Bozüyük granodiyoriti tarafından kesilmiştir. Triyas yaşlı bu temel birimlerin üzerinde Jura yaşlı Bilecik kireçtaşı adı verilen sedimanter bir dizi bulunmaktadır. Bütün bu Mesozoyik birimler kalın bir Tersiyer istifini tarafından örtülmektedir. Üçüncül dizi; Eosen yaşlı Mamuca Formasyonu'nu oluşturan çakıltaşı, marn, kıltaşı ve kireçtaşı ile başlar. Bu istifin üzerinde konglomera-kumtaşı, kil, marn, tuf ve kireçtaşından oluşan Üst Miyosen yaşlı Porsuk Formasyonu uyumsuz dokanakla örtülmektedir. Pliyosen dönemine ait Ilıca Formasyonu, volkanizmanın ürünü olan tuf ve bazaltlardan oluşan volkano-sedimanter bir dizi ile karakterize edilir. Bu birimlerin tamamı Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Temel kaya birimleri Mezozoyik yaşındaki Tavşanlı Zonu, İnönü Mermerleri, İnönü Mavi şistleri, Arifler Melanjı, Bozüyük granodiyoriti, Bilecik kireçtaşları ve Eosen yaşındaki Mamuca Formasyonu'ndan oluşmaktadır. Temel kayaya ait bu birimler çalışma alanının KKB kesiminde yayılım göstermektedir. Eski havza çökellerini ise; Geç Miyosen yaşlı Porsuk Formasyonu'nu oluşturmakta ve bu formasyona ait birimler Eskişehir Fayı'nın da gözlenmekte olduğu güneydoğu kesimlerinde konumlanmaktadır. Yeni havza çökellerini ise genç Pliyosen yaşındaki Ilıca Formasyonu ve Kuvaterner yaşındaki alüvyal/flüvyal sedimanlar oluşturmaktadır (Şekil 2.3).

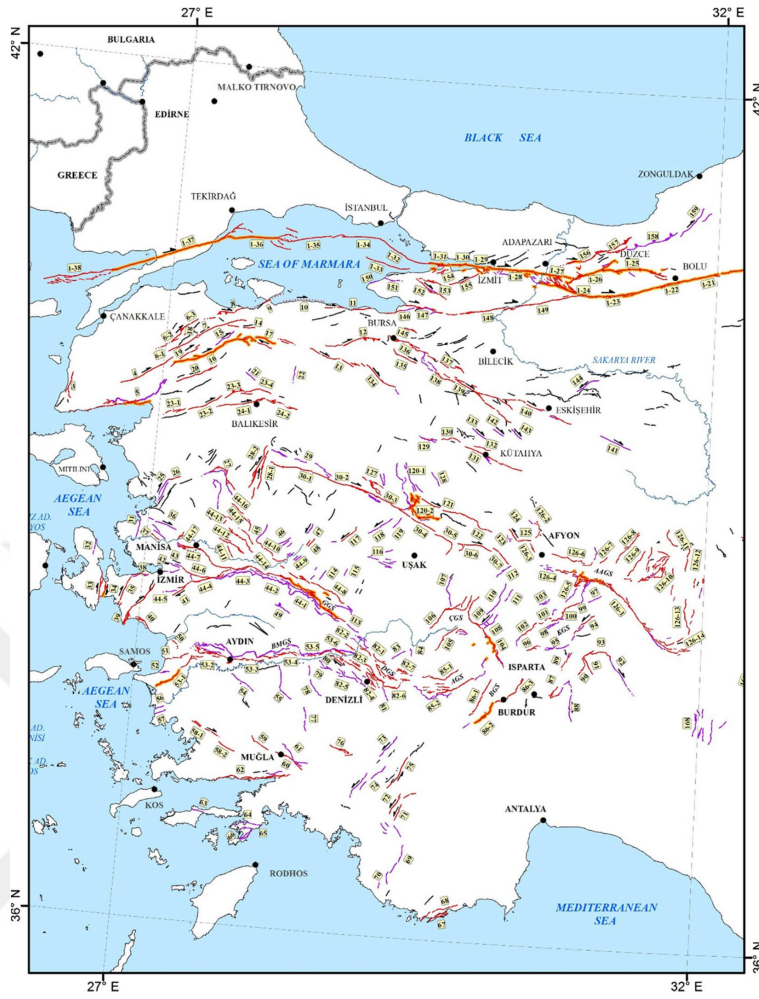


Şekil 2.3. Çalışma alanı ile yakın çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesitleri (Sağlam Selçuk, 2009; Gündoğdu, 2009'dan değiştirilerek).

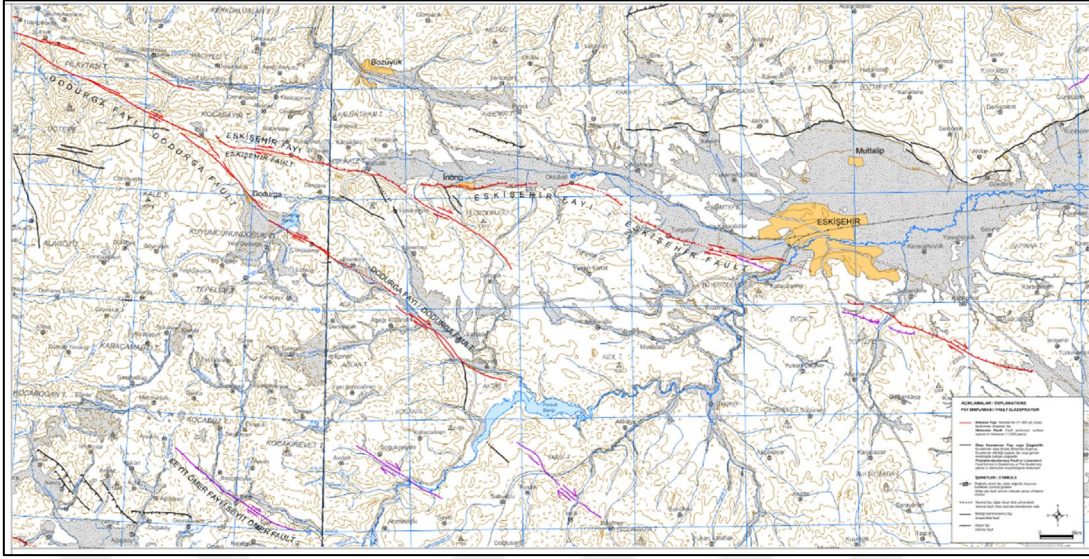
2.3. Eskişehir ve Yakın Çevresinin Sismotektonik Özellikleri

Eskişehir ili sınırlarının batı-güneybatı kısmında kalan alan bölgenin en önemli tektonik bileşenlerinden biri olan Eskişehir Fayı üstünde bulunmaktadır. Eskişehir Fayı, Emre vd. (2011) tarafından yapılarak yayınlanan 1/250.000 ölçekli yenilenmiş Aktif Fay Haritasında Eskişehir NJ 36-1 paftasında yer alır ve değişen uzunluklarda segmentlere sahiptir (Şekil 2.4. -2.6.).

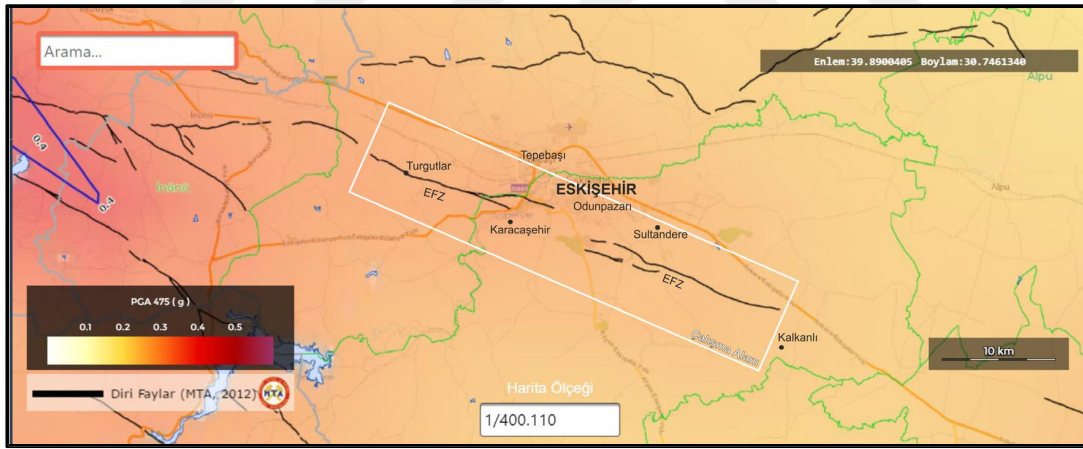
Küresel konumlandırma sistemi (KKS) hız vektörleri, Eskişehir Fayı'nın bulunduğu alanda batıya doğru hareketin mevcut olduğunu doğrulamaktadır (Relinger vd., 2006; Aktuğ vd., 2013). Yatay sıkışma yönünü işaret eden maksimum gerilme yönleri (SHmax) çalışma alanında batıkuzeybatı-doğugüneydoğu yönündedir (Heidbach vd., 2016). Aletsel dönem depremleri ($M > 4$) için odak mekanizması çözümleri (AFAD 2024; Seyitoğlu vd., 2016) KKS vektörleri ve gerilme yönleriyle örtüşmektedir. Odak mekanizması çözümleri, çalışma alanındaki sağ yönlü doğrultu atıma sahip faylanma ve eğim atıma sahip normal faylanma verilerini açıklamaktadır.



Şekil 2.4. Türkiye Diri Fay Haritası üzerinde Eskişehir Fayı'nın yeri (Eskişehir Fayı: 140 numaralı fay) (Emre vd., 2011).



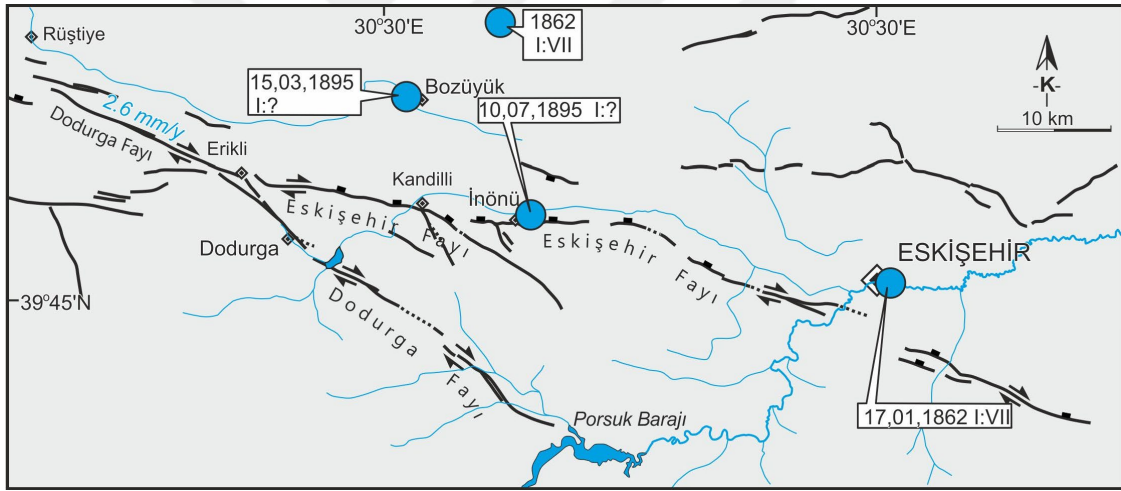
Şekil 2.5. Eskişehir Fayına dair 1/250.000 ölçekli Türkiye diri fay haritası üzerindeki görüntü (Emre vd., 2011).



Şekil 2.6. Eskişehir Fayı ve yakın civarının 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritasındaki konumu (AFAD, 2024).

2.3.1. Tarihsel Döneme Ait Depremsellik (1900 Öncesi)

Eskişehir Fayı ve yakın civarında tarihsel dönemlerde yıkıcı depremler meydana geldiği bilinmektedir. Örneğin, Ambraseys (2009) tarafından, 17 Ocak 1862 tarihinde meydana gelen depremde Eskişehir’de bazı eski evlerin yıkıldığı ifade edilmektedir. 15 Mart 1895 tarihinde yerel saat ile 10.11’de güçlü yerel bir depremin Bozüyük, Karaköy ve Bilecik’te hissedildiği belirtilmektedir. 10 Temmuz 1895 tarihinde ise İnönü’de bir depremin meydana geldiği ve sarsıntının Bozüyük, Karaköy ve Kütahya’dan hissedildiği belirtilmektedir. Aynı deprem katalogunda 7 Şubat 1897 tarihinde Beylikahur (günümüzde Beylikova)’da meydana gelen depremin Eskişehir’den de rapor edildiği belirtilmektedir (Ambraseys, 2009).



Şekil 2.7. Çalışma alanını da kapsayan, Eskişehir civarı tarihsel dönem depremlerini gösterir sismotektonik harita. Mavi daireler tarihsel dönem depremlerini gösterir (Emre vd., 2011).

2.3.2. Aletsel Dönem Deprem Aktivitesi

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem Merkezi (UDİM) verilerine göre çalışma alanına yakın bölgede aletsel dönemde ölçülmüş büyüklükleri 1,0 ile 6,4 arasında değişmekte olan 1335 deprem kaydı bulunmaktadır. Bunlardan 1220'si 1,0 ila 2,9 arasındadır. Büyüklüğü 3 ile 3,9 arasında değişen 99 adet, büyüklüğü 4,0 ile 4,9 arası olan 9 adet, büyüklüğü 5,0 ile 5,9 arası değişen 7 adet, büyüklüğü 6,0'ın üzerinde olan 1 adet deprem kaydı bulunmaktadır (Şekil 2.8).

Şekil 2.8'de gösterilen mikrosismik aktivite yoğunlukla İnönü'nün güney kısmında, Sobran ve İnönü arasında kalan bölge ile Eskişehir'in güneydoğusunda Sultandere Kalkanlı arasında kümelenmektedir. Bu bölge, Eskişehir Fayı'nın doğu alt segmentlerinin bulunduğu alana denk gelmektedir. Ancak büyüklükleri 3-5 arasında değişmekte olan depremlerin yoğun olarak Eskişehir Fayı'nın kuzey kısmında kalan Eskişehir Havzası'nda dağıldığı görülmektedir. Özellikle 1901, 1905 ve 1928 tarihlerinde yaşanan 5,3 ve 5,5 büyüklüğüne sahip depremlerin merkez üslerinin Eskişehir merkez olduğu, 1961 tarihli 5,3 büyüklüğüne sahip depremin ise Eskişehir Fayı'nın batı kesiminde İnönü ile Oklubalı arasında kalan kısımda meydana geldiği görülmektedir. Şekil 2.8'e göre, Eskişehir Fayı'nın Eskişehir yerleşim alanının batı kısmında kalan bölümünde büyüklükleri 1.0 ile 4 arasında değişen birçok deprem kaydı olduğu görülmektedir.

20 Şubat 1956 Depremi (Ms:6.4)

Aletsel dönemde meydana gelen en büyük deprem, 20 Şubat 1956 ($M_w=6.5$) Eskişehir depremidir (Öcal, 1959). Depremi meydana geldiği dönemde sismik ağların yetersiz olmasından dolayı depremin dış merkezinin yeri ve büyüklüğü tartışmalıdır. Öcal (1959), depremin meydana geldiği sene ve takip eden senelerde maddi imkânsızlıklar nedeniyle, deprem bölgesinde yerinde tetkik yapılamadığını belirtmektedir. Depremden sonra yapılan anket çalışmalarına ve resmi hasar kayıtlarına dayanarak yaptığı makrosismik değerlendirmelere göre depremin dış merkezinin Çukurhisar yakınlarında olduğunu belirtmiştir. Depremin yüzey kırığı oluşturup oluşturmadığı ile ilgili bir bilginin yer almadığı aynı çalışmada, depremin odak derinliğinin 23-24 km olduğu ileri sürülmektedir. Canitez ve Üçer (1967) ise depremin dış merkezinin Eskişehir'in kuzeyine düştüğünü ve büyüklüğünün $M=6.5$ olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde McKenzie (1972)'de depremin dış merkezinin Eskişehir'in kuzeyinde olduğunu ve büyüklüğünün $M=6.0$ olduğunu belirtmiştir. Altunel ve Barka (1998) ise Öcal (1959)'un 1956 Eskişehir depremi için önerdiği izoseistleri ve McKenzie (1972)'nin oluşturduğu odak mekanizması çözümlerini aynı anda değerlendirmiş ve yer sarsıntısının fayın Oklubalı-Turgutlar kısmında meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Ocakoğlu vd. (2007) ve Ocakoğlu ve Açıkalın (2010) depremin hasar dağılımı ile depreme ait ikincil yüzey kırıkları ve kütle hareketlerini inceleyerek, 1956 depreminin kaynağının Eskişehir kuzeyinde bulunan faylar (Uludere-Kavacık, Muttalip segmenti) olduğunu ileri sürmüşlerdir. Seyitoğlu vd. (2015) depremin dış merkezi ile ilgili görüş birliğinin sağlanamamış olmasından yola çıkarak depremin dış merkezini yeniden hesaplamayı denemiş ve dünya üzerindeki 145 farklı sismolojik istasyonda ölçülen verileri değerlendirmiştir. Sonuç olarak 20 Şubat 1956 depreminin dış merkezinin, 40 km uzunluğundaki Çukurhisar-Sultandere segmenti üzerinde olduğu ileri sürmüşlerdir.

2.4. Eskişehir Fayı

Güney Marmara'da Uludağ Yükselimi kuzeyinden güneydoğu yönünde Anadolu Bloğu'na doğru ilerleyen Eskişehir Fay Zonu, BAGB ve KAFZ makaslama Zonu arasında kalmakla karakteristiktir. (Barka vd., 1995; Şengör vd., 2005; Okay vd., 2008; Özalp vd., 2013; Selim ve Tüysüz, 2013). Genel anlamda Uludağ yükselimini de kontrol ettiği düşünülen bu uzanım ile alakalı tektonik oluşumlar, Oligosen'de tomurcuklanan kuzeybatı-güneydoğu doğrultusuna sahip bir sağ-yanal makaslama zonunun sonucudur (Okay vd., 2008; Yaltırak vd., 1998,2010) bu zonun sağ yanal bir transform zon (Trakya-Eskişehir Fay Zonu) olarak Trakya'ya kadar uzandığını ileri sürmektedirler. Araştırmacılara göre Uludağ Yükselimi bu zon dâhilinde Miyosen'de transpresyonal bir yükselim olarak ortaya çıkmıştır. Geç Pliyosen'de Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Marmara Bölgesi'ne varması ve bu zonun oblik bir şekilde kesmesiyle Uludağ Yükselimi güneydoğusunda kalan uzanım (Eskişehir Fay Zonu) gerilme tektoniği etkisiyle normal fay zonuna evrilmiştir (Yaltırak vd., 1998, 2010).

Önceki çalışmalarda Eskişehir Fay Zonu'nun Uludağ Yükselimi yakınlarındaki kesimlerinin neotektonik dönemde çoğunlukla Kuzey Anadolu Fay Zonu etkisi altında şekillendiği ileri sürülmektedir (Şengör, 1979; Şengör vd., 1985; Barka ve Kadinsky Cade, 1988; Barka, 1992; Seyitoğlu vd., 2016). Örneğin bu bölge Şengör vd. (2005) tarafından Kuzey Anadolu Makaslama Zonu içerisine dâhil edilmiştir. Bölgenin neotektonik resmini daha ayrıntılı bir biçimde açıklayan en son çalışma Karabacak vd. (2022) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada Uludağ'ın kuzey kısımlarını kontrol eden Ulubat, Bursa ve İnegöl fay oluşumlarının KAFZ'nun güney kolunu meydana getiren segmentlerle benzeşen gerilme etkisi altında şekillendiğini ortaya koymuştur. Buna ek olarak en az 500 bin yıl kadar önce KAFZ'nun güney kolunun bölgeye ulaşması ile eş zamanlı yeniden aktive olduğunu ileri sürmüşlerdir. Diğer yandan doğrultu atıma sahip faylar ile karakteristik olan KAFZ makaslama zonu ile normal atıma sahip faylar ile karakteristik olan Batı Anadolu Genişleme Bölgesi arasında yer alan İnegöl ve İnönü-Eskişehir havzaları, bu geçişteki tektonik davranışın anlaşılmasını sağlayacak verilere de sahiptir. Bununla birlikte, Eskişehir Fay Zonu'nun genel uzanımı ve geometrik davranışı üzerine tartışmalar da henüz netlik kazanmamıştır. Örneğin Dodurga Fayı, İnegöl ve İnönü-Eskişehir Havzaları uzanımında konumlandırılan batıkuzeybatı-doğugüneydoğu uzanımlı Eskişehir Fay Zonu'nu kuzeybatı-

güneydoğu doğrultusunda düşük açılı oblik şekilde kesmektedir. Emre vd. (2013, 2018) İnegöl Havzası güney kısmını kontrol eden İnegöl ve Oylat Faylarını Eskişehir Fay Zonu içerisinde normal fay olarak tanımlamaktadır. Diğer yandan Seyitoğlu ve Esat (2022) bu fayları Eskişehir Fay Zonu ile ilişkilendirmekle birlikte, doğrultu atımlı fay olarak tanımlamaktadır. Benzer şekilde, Selçuk ve Gökten (2012) de bu zonun Uludağ (Bursa)'ın batısından Tuzgözü'nün doğusuna kadar yaklaşık 400 km boyunca baskın olarak doğrultu atımlı faylanma ile karakterize veriler sunduğunu öne sürmektedir. Tokay ve Altunel (2005) ise Eskişehir Fay Zonu'nun, İnönü-Dodurga arasındaki fay düzlemlerinin KD'ya dalımlı fay çizikleri sunduklarını ve bu nedenle fay zonunun sağ yönlü atım bileşeni olan verev fay olduğunu ileri sürmektedir.

Eskişehir Fay Zonu'nun Dodurga Fayı ile kesiştiği noktadan doğuya uzanan kısmı ise güncel çalışmalarda Eskişehir Fayı olarak isimlendirilmektedir (Emre vd., 2013). Eskişehir Fayı batıkuzeybatı-doğugüneydoğu genel ilerleyişine sahip olan, yaklaşık olarak 75 km uzunluğundaki bir Holosen fayıdır. Bahse konu doğrultu ilerleyişi dâhilinde Eskişehir Fayı'nın kinematik değişimi ile alakalı iki ana fikir vardır; 1) Eskişehir Fayı ilk evresinde sağ yanal doğrultu atımlı fay niteliği taşıırken günümüzde yeniden aktive olmuş normal fay olarak davranmaktadır (Gözler vd., 1985; Yaltırak, 2002; Koçyiğit, 2005; Ocakoğlu, 2007). Buna ek olarak Ocakoğlu (2007) Eskişehir Fayı'nın Bozüyük ile Alpu arasında kalan kısımda Pliyosen sonrası aktif normal fay olarak davrandığını ve kuzeybatı uzanımlı doğrultu atımlı fayları kestiğini ileri sürmektedir. 2) Bölgede aktif doğrultu atımlı fayların egemen olduğu ileri sürülmektedir (Altunel ve Barka, 1998; Ayday vd., 2001; Şaroğlu vd., 2005; Seyitoğlu vd., 2010; Tün vd., 2010). Örneğin, en güncel çalışma niteliği taşıyan Türkiye Diri Fay Haritası'nda (Emre vd., 2013) Eskişehir Fayı normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı bir karakterde tanımlanmaktadır.

Eskişehir Fayı ile ilgili az sayıda paleosismolojik çalışma vardır (Altunel vd., 2003; Ocakoğlu vd., 2005; Kürçer vd., 2014). Eskişehir Fayı'na ait genel uzanım dâhilinde farklı segmentlerde yürütülen paleosismolojik saha çalışmaları sonucunda, fayın Holosen faaliyeti kesinleşmiş olmasına rağmen, deprem tekrarlar aralıkları ile ilgili sınırlı veri sunulmuştur. Örneğin, Ocakoğlu vd. (2005) Sultandere, Çukurhisar ve İnönü segmentlerinde yaptıkları derin hendek çalışmalarında güvenilir paleosismolojik veri elde edememişlerdir; bunun muhtemel nedeni sedimantasyon hızının deprem tekrarlar aralığından yüksek olmasıdır.

Altunel (2015), Eskişehir'e batı yönde 8 km uzaklıkta açılan hendekte alüvyon terasın bir fay tarafından kesildiğini tespit etmişlerdir. Buna ek olarak fay düzleminin önünde kolüvyon kamalarının oluştuğunu gözlemlemiş ve son 12000 yıl içinde bu birikintilerde yüzey kırıkları oluşturan en az 3 depremi tarihlendirmişlerdir. Son depremin yaklaşık 3200 yıl önce oluştuğunu iddia etmişlerdir. Kürçer vd. (2014), Eskişehir Fayı üzerinde yaptıkları paleosismolojik hendek çalışmasında en az 3 paleosismik olayın varlığını ortaya koymuşlardır. Hendekten toplanan verilere göre son paleosismik olayın MS 1280-1320 yılları arasında meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Çalışma alanında İnönü-Oklubalı segmentinde elde edilen en önemli eski deprem verisi Ocakoğlu vd. (2009) tarafından ortaya konulmuştur. İnönü'deki fay boyunca gelişen 3 moloz akışı 18000 yıl öncesine, 7900 yıl öncesine ve 1960'lı yıllara tarihlendirilmiş ve bu kütle hareketini tetikleyen en önemli etkenlerden birinin fay boyunca meydana gelen depremler olabileceği öne sürülmüştür. Türkiye Sismotektonik Haritası Özel Yayın Serisi eklerinde yer alan Ankara paftasında (Duman vd., 2017) inceleme alanı ve çevresinde bulunan aktif faylara ait değişik fay parametreleri sunulmuştur. Bu çalışmada Eskişehir Fayı ve yakındaki diğer faylara ilişkin sismoteknik parametreler Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Eskişehir Fayı ve yakınındaki diğer fayların sismotektonik parametrelerini gösterir çizelge. Faylara ait kimlik numaraları (ID No) aynı zamanda Şekil 2.4 üzerinde de gösterilmiştir.

Fay				Uzunluk	Doğrultu (RHR)		Eğim (Derece)		Kayma hızı (mm/yıl)		Derinlik (km)		Büyükük		
Segment	Tip	ID No	AC	(km)	Min	Max	Min	Max	Min	Max	1	2	Gözlene	Est. Mw	
Dodurga F	RL	139-1	H	56	19	290	310	85	90			18	16		6,59
		139-2	H		16	285	324	85	90						6,45
Eskişehir F	NN-RL	140-1	H	75	16	289	309	70	85			18	16		6,45
	NN+RL	140-2	H		19	286	311	70	85						6,55
	NN+RL	140-3	H		20	270	311	70	85						6,70
	NN+RL	140-4	H		20	280	307	70	85						6,62
Kaymaz F	RL	141	Q		26	293	298	85	90						6,73
Adlanmamış F	NN+RL	142	Q		9	303	306	85	90						6,23
Adlanmamış F	NN+RL	143	Q		10	307	319	85	90						6,18

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez, literatür araştırması ve arazi çalışmaları ile tez yazım aşamasından oluşmaktadır. Arazi çalışmalarından önce çalışma alanında daha önce yapılmış olan çalışmalar derlenerek, çalışma alanının jeomorfolojik özellikleri 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerinde incelenmiştir. Bu amaçla Google Earth uydu görüntülerine ek olarak, bölgedeki fayların konumu ve geometrisi MTA Jeoloji Bilimleri Harita Görüntüleyicisi ve Çizim Editörü aracılığıyla ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda ölçek farkından kaynaklanan konum hatası da dikkate alınarak sahadaki fayların konumu doğru bir şekilde belirlenmiş, arazi çalışmaları sırasında ayrıntılı olarak değerlendirilerek olası hendek konumları kesinleştirilmiştir (Şekil 3.1). Konumları kesinleştirilen hendek alanları için arazi sahiplerinden izin alınmıştır. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik verileri kullanılarak sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Hendek yeri tespit etme çalışmaları.

Hendek yeri tespit etme çalışmaları esnasında Eskişehir Fayı'nın çalışma alanı içerisinde kalan kısmında, 1/25.000 ölçekli fay haritalama çalışmaları, jeomorfolojik gözlemler ve izlenen fay düzlemleri boyunca fayın karakterini gösteren kinematik analiz çalışmaları yapılmıştır. Haritalama çalışmaları sırasında ağırlıklı olarak 1/25.000 ölçekli İ24b3, İ24b4, İ24c2, İ25a4, İ25d1 ve İ25d2 paftalardaki topografik haritalardan yararlanılmıştır. İyi muhafaza edilmiş kayma düzlemleri üzerinde saptanan fay çizgileri ve fay çentikleri gibi kinematik göstergeler ölçülerek kinematik analizler yapılmıştır (Şekil 3.2). Bu ölçümlerde aynı düzlem üzerinde tespit edilen fay hatlarının, üzerlerindeki yapılar ve çapraz kesişim ilişkisine göre bağıl yaş analizleri yapılmıştır. Arazi çalışmalarında yapılan kinematik ölçümlere göre, fay düzlemi çözümleri FaultKin (sürüm 8.0.7) programı kullanılarak oluşturulmuştur (Marrett ve Allmendinger, 1990; Allmendinger vd., 2012). Dağ cephe hatları, üçgen yüzeyler, alüvyon yelpazelerinin doğrusal dizilimi, ötelenmiş akarsular ve sırtlar, boyuna sırtlar gibi jeomorfolojik göstergelerin varlığına göre jeomorfolojik analizler gerçekleştirilmiştir.

Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti üzerinde fay kazısı/hendek çalışması planlanmıştır. Fay kazısı 100-120 cm kepçe genişliğine sahip Hidromek HMK200 ve Hitachi ZAXIS250 marka/model ekskavatörlerle yapılmıştır. Hendek genişliği ortalama 2,00 metre, derinliği ise hendek lokasyonu, litolojik özellikler ve yeraltı su seviyesine bağlı olarak ortalama 2,40-3,00 metre arasında planlanmıştır. Kazı esnasında hendeğin bir duvarı ışık koşullarına göre diğerine göre daha düzgün açılmıştır. Kazı sonrasında bu duvarda ve gerekirse karşı duvarda da yapısal elemanları, sedimantolojik özellikleri ve stratigrafik ilişkileri daha net gözlemleyebilmek amacıyla temizlik çalışması yapılmıştır. Temizlenen duvarlar 1 metre aralıklarla tek sıra halinde gridlenerek temizlenen duvarın fotoğrafları adım adım çekilmiş ve bu fotoğraflar bilgisayar ortamında Corel Draw X8 grafik programı yardımıyla fotomozaik görüntüye dönüştürülmüştür. Bu görüntü daha sonra hendek duvarının loglama aşamasında kullanılmıştır. Hendek duvarları 1:25 ölçeğinde loglanmıştır. Loglamada öncelikle hendek stratigrafisi oluşturulmuş, loglama öncesi değerlendirme amacıyla hendek duvarlarına renkli çiviler kullanılarak tabaka sınırları, olay numaraları (varsa) ve olay katmanları işaretlenmiştir. Çalışma sonunda hendekler orijinal haline getirilerek kapatılmıştır.



Şekil 3.2. Paleosismoloji çalışmaları öncesinde yapılan kinematik analiz çalışmaları.

Fay kazısı çalışmasının ardından, hendek duvarlarına ait yapısal, sedimentolojik ve stratigrafik özellikleri ve varsa olay sayısını gösteren logları Corel Draw X8 ve Agisoft Photoscan grafik yazılımları yardımıyla çizilmiştir. İncelenen her bir hendek duvarı için log ve fotomozaik görüntüsünü içeren bir şekil hazırlanmış ve tektono-stratigrafik bir kolon kesiti ve log açıklamalarını gösteren koordinatlar yerleştirilmiştir.

4. ARAZİ ÇALIŞMALARI

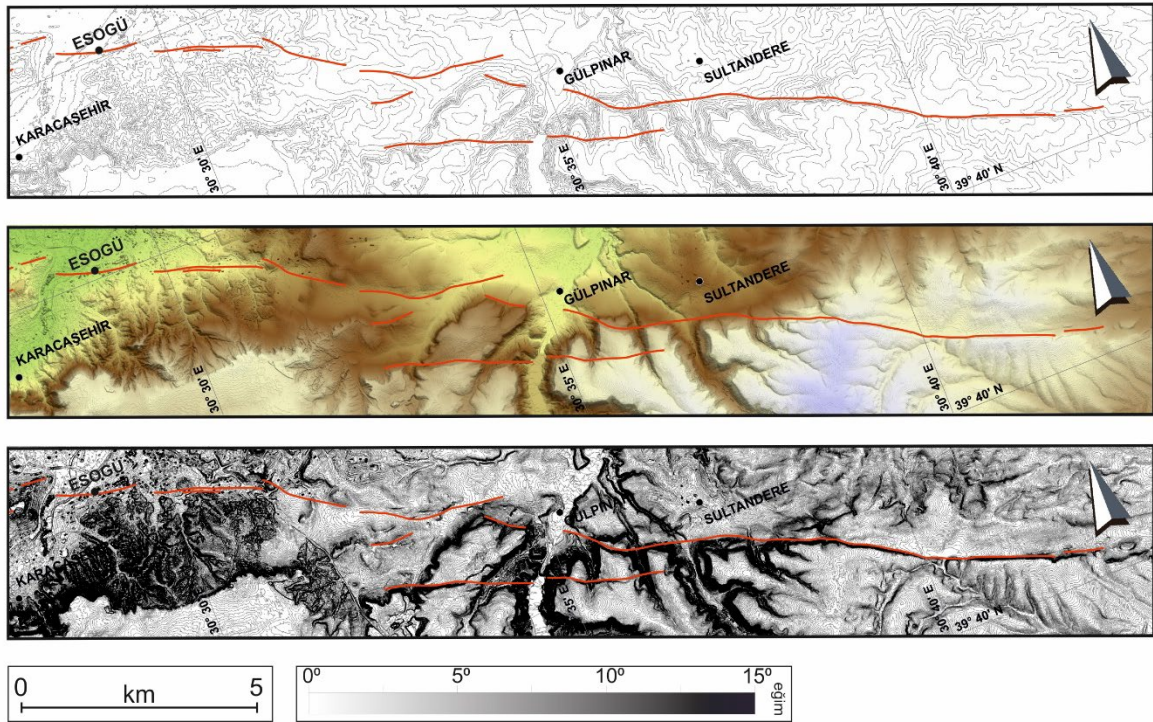
Bu tez kapsamında batıda Eskişehir İl merkezi ile doğuda Türkmentokat Mahallesi arasında arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sırasında doğrultusu boyunca fay geometrisi ve kinematığı ile ilgili jeolojik, jeomorfolojik gözlemler yapılmış, sonrasında ise paleosismolojik amaçlı en uygun hendek açma noktaları belirlenmek suretiyle paleosismoloji çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

4.1. Jeolojik ve Jeomorfolojik Arazi Gözlemleri

İnceleme alanının jeomorfolojik konumu Eskişehir Ovası içerisinde bulunmaktadır. Tektonik anlamda Eskişehir Havzası adıyla anılan doğu-batı gidişli bu havza, İnönü ilçesi çevresinde batıda daralıp doğuya gittikçe genişler. Havzadaki Kuaterner yaşlı alüvyon çökelleri, Eskişehir'in batısında maksimum 20 metre kalınlığa ulaşmaktadır. Çalışma alanının batısında doğu-batı uzanımlı ve doğuya doğru yol alan Sarısu Çayı, Eskişehir'in güneybatı bölgesinin en önemli akarsuyu olan Porsuk Nehri ile birleşir. Porsuk Nehri ve nehirle birleşen diğer küçük dereler, Eskişehir Havzası'nın güney kısmının alçak topografyasını oluşturmakta olup, kuzey ucunda yükseltiler 1800 metreye kadar ulaşmaktadır. Yüzey şekilleri açısından incelendiğinde Eskişehir Havzası'nın güney kesimi de dağlıktır (Şekil 4.1). Bu bölgede Triyas-Jura kalkerleri ve bu kalkerler içerisinde gelişmiş olan Eskişehir Fayı düzlemleri oldukça keskin bir morfoloji sunmaktadır. Bölgenin güneyini çevreleyen yükselti yer yer 900 metreyi aşmaktadır. Çalışma alanının güneydoğu kesimlerinde Sultandere yakınlarında yükseklik fay zonunun kuzeyinde 950 metreye, fay zonunun güney bloğunda ise 1050 metreye ulaşmaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. a. Sultantere Segmenti doğu kesiminin Türkmentokat yönünde genel görünümü. Bakış yönü güneydoğudur. b. Sultantere Segmenti orta kesiminin Eskişehir kent merkezi yönünde genel görünümü. Bakış yönü batıdır.



Şekil 4.2. Sultandere Segmenti ve yakın çevresinin topografik kontur, üç boyutlu kabartı ve eğim haritaları.

Tez konusu olan Eskişehir Fayı'nın Sultandere Segmenti, daha önce kullanılan aktif fay haritalaması ve uzaktan algılama yöntemlerine dayalı ön büro çalışmaları ile incelenmiştir. Buna istinaden 5 m çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modelleri ile haritalanan çizgiselliklere karşılık gelen uzantılar ortaya çıkarılmış ve bu uzantılar boyunca morfolojik yansımaların ve morfotektonik kökenli yapıların varlığı dikkatle incelenmiştir.

Eskişehir Fayı uzanımı boyunca kuzeyde kalan bloğun düştüğü yamaç, sağ yanal hareketin hâkimiyetini ifade eden doğrultu atımlı bir faylanma morfolojisi ve dere yatağı ötelenmeleri sunmaktadır. Örneğin, çalışma alanı batısında Porsuk Nehri'ndeki yerdeğiştirme 500 metreye ulaşmaktadır (Şekil 4.2).

uzanım üzerinde ise hava fotoğraflarında çizgisel şekilde kesilmiş sırt önleri düşük morfolojik sarplıklar oluşturmaktadır. Bu çizgisellik boyunca dikine kesilen bir sırt ise sağ yanal yerdeğiştirmenin delillerini sunmaktadır. Hava fotoğraflarındaki belirgin çizgisellikler, 2002 yılına ait uydu görüntülerinde yavaş yavaş silinmeye başlamıştır. Güncel durumda ise bu hat morfolojiden tamamen silinmiştir.

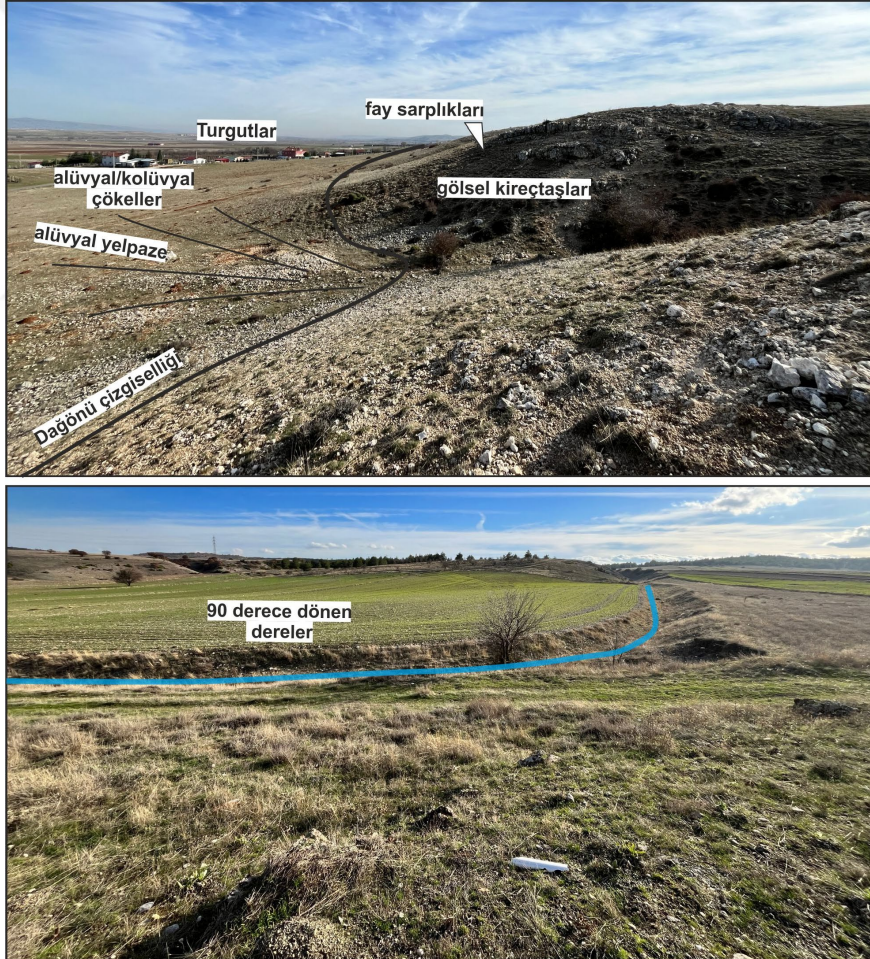




Şekil 4.4. Çalışma alanında Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti'nin Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kampüs alanına denk gelen kesiminin görüntüleri. a) 2002 yılı GoogleEarth uydu görüntüsü (oklar Porsuk Nehri'nin sağ yanal ötelenmesini, fayın oluşturduğu morfolojik çizgiselliği, kesikli çizgili alan ise bu iz boyunca sağ yanal deforme olmuş sırt uzanımını göstermektedir). b) 2023 yılı görüntüsü (yeşil çizgi olası fay uzanımını göstermektedir).

Yapılan arazi çalışmalarında Eskişehir Fayı'nın batıda İl merkezi ile doğuda Türkmentokat arasında kalan bölümü 1/25.000 ölçeğinde yeniden gözden geçirilmiştir. Bu alanın sayısal haritası oluşturulmuş ve fay zonu boyunca faylanma ile ilgili gözlemler yapılarak inceleme alanı ve çevresinde hendek yerlerini belirleme çalışmaları yapılmıştır.

Eskişehir Fayı üzerinde gerçekleştirilen paleosismoloji çalışmaları Eskişehir ili metropolitan sınırları içerisinde kalan alanda yoğunlaşmıştır. Eskişehir Fayı boyunca ön büro çalışmaları ile belirlenen çizgisellikler arazide de belirgin morfolotektonik yapılar sunmaktadır. Zon boyunca çok iyi gelişmiş fay sarplıkları ve düzlemleri gözlenmektedir. Fay boyunca alüvyal yelpazeler, dağ önü çizgiselliği, sağa 90° dönen, ötelenen dereler, faya paralel akan (eksenel) dereler ve vadiler, uzunlamasına sırtlar belirgindir (Şekil 4.5).





Şekil 4.5. Eskişehir Fayı boyunca gelişen morfotektonik yapılara örnekler.

Çizelge 4.1. Eskişehir Fayı'na ait düzlemler üzerinden toplanan kinematik ölçümler.

Lokasyon No	Fay Düzlemi	Rake	Fay Türü	Koordinat (UTM)	Şekil
1- Ihlamukent1 ve 2 Hendeği	K60B/74GB K30B/74KD K40B/75KD K34B/84KD K78B/82KD	23GD 14GD 12GD 20GD 05B	Sağ yanal	0288077-4401862	Şekil 4.7.a,b
2- Orman2 Hendeği	K53B/80KD K54B/81KD K52B/81KD	27KB 28KB 27KB	Sağ Yanal	0285778-4402874	Şekil 4.7,c,d

Arazi çalışmaları sırasında, Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti'ne ait fay düzlemlerinden iki farklı lokasyonda toplam 8 ölçü alınmıştır (Çizelge 4.1). Bu ölçümlere göre, Eskişehir Fayı'na ait düzlemler üzerinde sağ yanal faylanmaya ait kinematik göstergeler kayıt altına alınmıştır. Arazi çalışmaları ile elde edilen kinematik ölçümlerle fay düzlemlerinin çözümleri oluşturulmuştur. Bu analizlerde kullanılan fay düzlemi doğrultu eğimleri ve rake (yatım) açıları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti boyunca iki farklı alanda elde edilen kinematik verilere göre FaultKinWin programı kullanılarak 8 plot çizdirilmiştir (Şekil 4.6). Elde edilen sonuçlar, en büyük asal gerilimi olan sigma 1 ve en küçük asal gerilim eksenini olan sigma 3'ün genel olarak yataya yakın konumda olduğuna işaret etmektedir.

Lokasyon 1, Ihlamurkent'te cami inşaatı için açılan bir temel kazı alanında ve yakınlarda açılan hendekte gözlenen fay düzlemlerinden toplanan kinematik verileri içermektedir. Bu alanda fayın genel uzanımı K60°B olup, doğrultuları K30B ile K78B arasında olan çok sayıda ölçüm alınmıştır. Düzlemlerin genel eğimi 74-84 arasında kuzeydoğuya doğrudur. Düzlemler üzerinde gözlenen 05 ile 23 arası rake açıları ile gözlenen fay kerkikleri fayın sağ yönlü doğrultu atımlı karakterine işaret etmektedir (Şekil 4.7.a,b).



Şekil 4.6. Eskişehir Fayı boyunca toplanan kinematik verilerin lokasyonlarını, hesaplanan fay düzlemi çözümlerini gösteren ve arazi çalışmaları sırasında oluşturulan diri fay haritası.



Şekil 4.7. a, b. Lokasyon 1’de gözlenen fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları. c, d. Lokasyon 2’de gözlenen fay düzlemleri ve fay çiziklerine ait arazi fotoğrafları.

Lokasyon 2, Orman Hendeği-2 içerisindeki fay düzlemlerinden toplanan kinematik verileri içermektedir. Bu alanda toplanan veriler, fayın K53B doğrultulu ve yaklaşık 80 eğim açısına sahip olduğunu göstermektedir. lilen rake açıları 27-28 arasında olup, kinematik göstergeler fayın sağ yönlü doğrultu atımlı karakterde olduğuna işaret etmektedir (şekil 4.7.c,d).



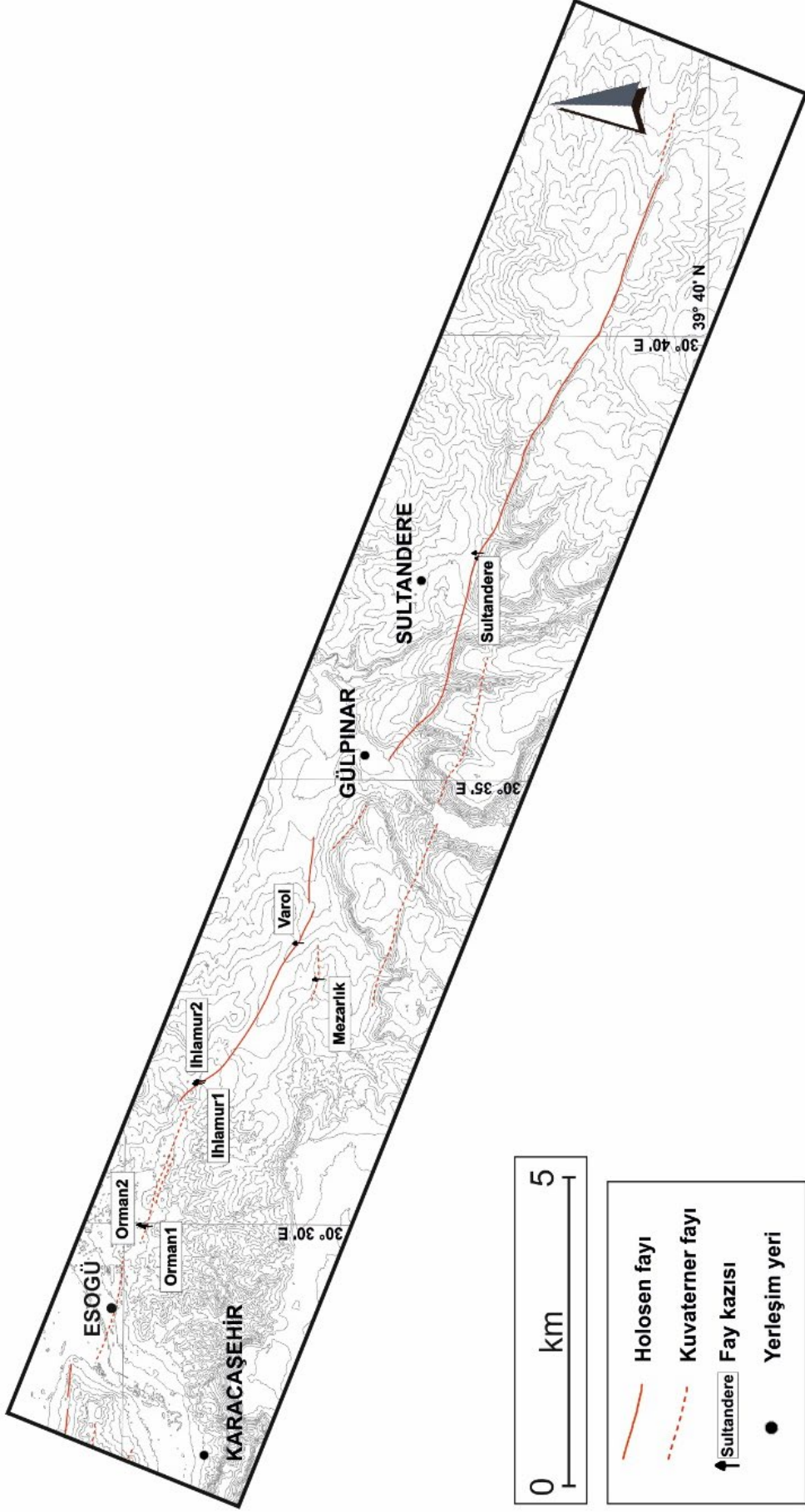
4.2. Paleosismolojik Hendek Çalışmaları

Paleosismolojik çalışmalar, aktif fayların saptanması, bu faylardan kaynaklanan büyük yer sarsıntılarının (aletsel dönem öncesi aktiviteler) tespit edilmesi ve bunla ilişkili olarak meydana gelme olasılığı olan depremlerin tekrarlanma aralıkları hakkında bilgi sağlaması nedeniyle son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (McCalpin, 1996; Gökçe vd., 2014). Bu çalışmada, Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti boyunca yüzey faylanmasına neden olabilecek büyüklükte depremler yaratabilecek aktif fayları araştırmak için paleosismolojik hendek çalışmaları yapılmıştır. Yüzey kırıkları, fay üzerinde meydana gelen hareketin yer yüzeyinde görünmesidir. Bu kırıklar genellikle yer yüzeyinde kuşaklar veya çizgiler halinde haritalanan aktif faylar boyunca orta yıkıcı büyüklükteki ($M \geq 6$) depremler sonucunda oluşur. Yüzey kırılmasının ihtimali ve yüzeydeki yer değiştirme miktarı, sarsıntı büyüklüğüne, odak derinliğine, fay geometrisine, kırılma sürecine ve yüzeye yakın zemin özelliklerine bağlıdır. Yüzey faylanması kaynaklı yer değiştirmeler, fay zonu boyunca yer alan yapılarda büyük hasara yol açabilir. Birçok durumda, yüzey faylanması riskini azaltmanın en kolay ve en uygun maliyetli yolu bundan kaçınmaktır. Bu nedenle, bir konumda yüzey faylanmasının varlığını veya yokluğunu ve varsa konumunu, fay geometrisini, yer değiştirme miktarını, yüzey biriminin iç özelliklerini ve faylanmanın üstünde yer alan yapılar üzerindeki etkilerini belirlemek önemlidir (Rathje vd., 2010).

Paleosismoloji, aletsel dönemden önce meydana gelen depremlerin yerini, oluş zamanını ve büyüklüklerini belirlemeyi amaçlamaktadır (Mc Calpin, 1996; Wallace, 1981). Paleosismolojik çalışmalar kapsamında, tarihsel dönemde depremlere neden olan fayların özellikleri araştırılmaktadır. Bu bağlamda bu faylar üzerinde meydana gelen depremlerin tekrarlanma aralıkları belirlenmekte ve gelecekte deprem olma olasılığı ve büyüklüğü gibi nicel veriler elde edilmektedir (Reiter, 1995; Wallace, 1981). Paleosismolojik çalışmalar yalnızca büyük depremlerin izleri kullanılarak yapılmaktadır. Çünkü küçük ve orta büyüklükteki depremler yüzeye ulaşan deformasyonlar oluşturmazlar. Başka bir deyişle, yeryüzünde yüzey kırıkları oluşturabilen büyük depremleri paleosismolojik açıdan incelemek mümkündür. Paleosismolojik çalışmalarda morfotektonik yapıların incelenmesi oldukça önemlidir. Örneğin, ötelenmiş nehirler, uzunlamasına sırtlar, gerilimle ayrılmış havzalar ve göller ve doğrultu atımlı faylar üzerinde oluşan basınç sırtları gibi morfotektonik

elemanlar, paleosismolojik hendek çalışmaları için yer belirlemede referans noktalarıdır. Bu amaçla, çalışma alanının morfolotektonik özelliklerini daha iyi anlamak için bölgenin bir eğim haritası oluşturulmuştur.

Eskişehir Fayı'nın Sultandere Segmenti boyunca, İl merkezi ve Türkmentokat Mahallesi yerleşim alanları arasından geçen kolları üzerinde belirlenen toplam 5 alanda hendek tabanlı 7 paleosismoloji çalışması gerçekleştirilmiştir. Açılmış hendeklerin yeri Şekil 4.7'de; hendeklere ait özet bilgiler ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Fayın doğrultu atımlı karakterine bağlı olarak fay üzerinde, fayın gidişine yaklaşık dik doğrultularda açılan hendek lokasyonları diri fay haritalama, tektonik jeomorfoloji, aktif tektonik ve uzaktan algılama çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Hendekler, fayın genişlik zonuna bağlı olarak ortalama 8 ile 20 metre arasındaki uzunluklarda ve hendek litoloji ile hendek içi yapısal gözlemlere bağlı olarak 2 ile 3,7 metre arası değişen derinliklerde ve 1,2 ile 2,7 metre arasında değişen genişliklerde açılmıştır (Çizelge 4.2). Loglanarak stratigrafik, sedimantolojik ve yapısal bakımdan değerlendirilen hendeklerin tamamı tekrar kapatılmıştır. Hendek açma ve kapatma çalışmaları sırasında Hidromek HMK200 ve Hitachi ZAXIS250 marka/model ve 100-120 cm. kova genişliğine sahip kazıcılar görev yapmıştır. Hendek içerisinde loglanan temel kayaların yaşı, Turhan (2002)'den alınmıştır. Alüvyonal birimlerin yaşı için süperpozisyon prensibi, kesen-kesilen ilişkisi, bileşen kuralı gibi jeolojinin temel prensipleri ile hendek içerisindeki birimlerin seramik vs insan yapımı içerikleri, kültür seviyelerinin stratigrafik olarak örtülmesi ve alüvyon yelpazesi, flüvyal, kolüvyal gibi güncel çökelme ortamı gibi kıstaslar dikkate alınarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.8. Tez sahasında Sultantere Segmenti genel uzanımı ve bu uzanım boyunca açılan paleosismolojik hendeklerin lokasyon haritası.

Çizelge 4.2. Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti üzerinde açılan hendeklere ait bilgiler.

Alan	Hendek Adı	Yeri	Koordinat-UTM (<i>Hendek Başlangıç ve Bitiş noktası</i>)	Gidişi	Uzunluk (metre)	Loglanan Duvar/ Uzunluğu (metre)	Genişlik/ Derinlik (metre)
1	Orman1 (Eskişehir Fayı-O1H)	ESOGU kampüs doğusu	0285782D/4402814K 0285780D/4402827K	K30B	18	B/10	2,2/2,4
	Orman2 (Eskişehir Fayı-O2H)	ESOGU kampüs doğusu	0285778D/4402874K 0285779D/4402859K	K15B	14	B/11	2,2/2,7
2	İhlamurkent1 (Eskişehir Fayı-I1H)	İhlamurkent	0288071D/4401945K 0288064D/4401948K	K50D	14	D/8	temel kazısı/2,5
	İhlamurkent2 (Eskişehir Fayı-I2H)	İhlamurkent	0288085D/4401927K 0288079D/4401914K	K40D	8	D/6	2,0/2,1
3	Mezarlık (Eskişehir Fayı-MH)	Mezarlık	0289678D/4399987K 0289691D/4399995K	K10D	20	D/16	1,2/3,5
4	Varol (Eskişehir Fayı-VH)	Mezarlık kuzeydoğusu	0290274D/4400321K 0290267D/4400311K	K30D	11	B/9	1,5/2,4
5	Sultandere (Eskişehir Fayı-SDH)	Sultandere güneyi	0296390D/4397056K 0296399D/4397084K	K10D	16	D/15	2,0/3,1

4.2.1. Orman1 Hendeği (Eskişehir Fayı-O1H)

Orman1 hendeği ESOGÜ kampüsü doğusunda Karaca Peyzaj karşısında, Orman arazisi olarak geçen alanda K30B doğrultusunda açılmıştır (Şekil 4.9). Kazı alanı MTA tarafından üretilen Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan uzanımın dışında, tarafımızdan yapılan detaylı jeolojik-jeomorfoloji arazi gözlemleri gözönünde bulundurularak seçilmiştir. Faylanmaya bağlı morfolojik veriler Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan fayın güneyinde ESOGÜ kampüs alanı yakınlarında sağa sıçramalı geometride bir çizgisellik sunmaktadır. Söz konusu geometrik uzanıma bağlı bir genişleme alanı ortaya çıkmaktadır. Şehir yerleşim alanları içerisinde silinen doğal morfolojik izler gözönünde bulundurulduğunda uygun kazı alanı bulmak ve izin almak oldukça güçtür. Buna göre, Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan fayın 420 m güneyinde bulunan morfolojik çizgisellik aday alan olarak seçilmiştir (Şekil 4.10).



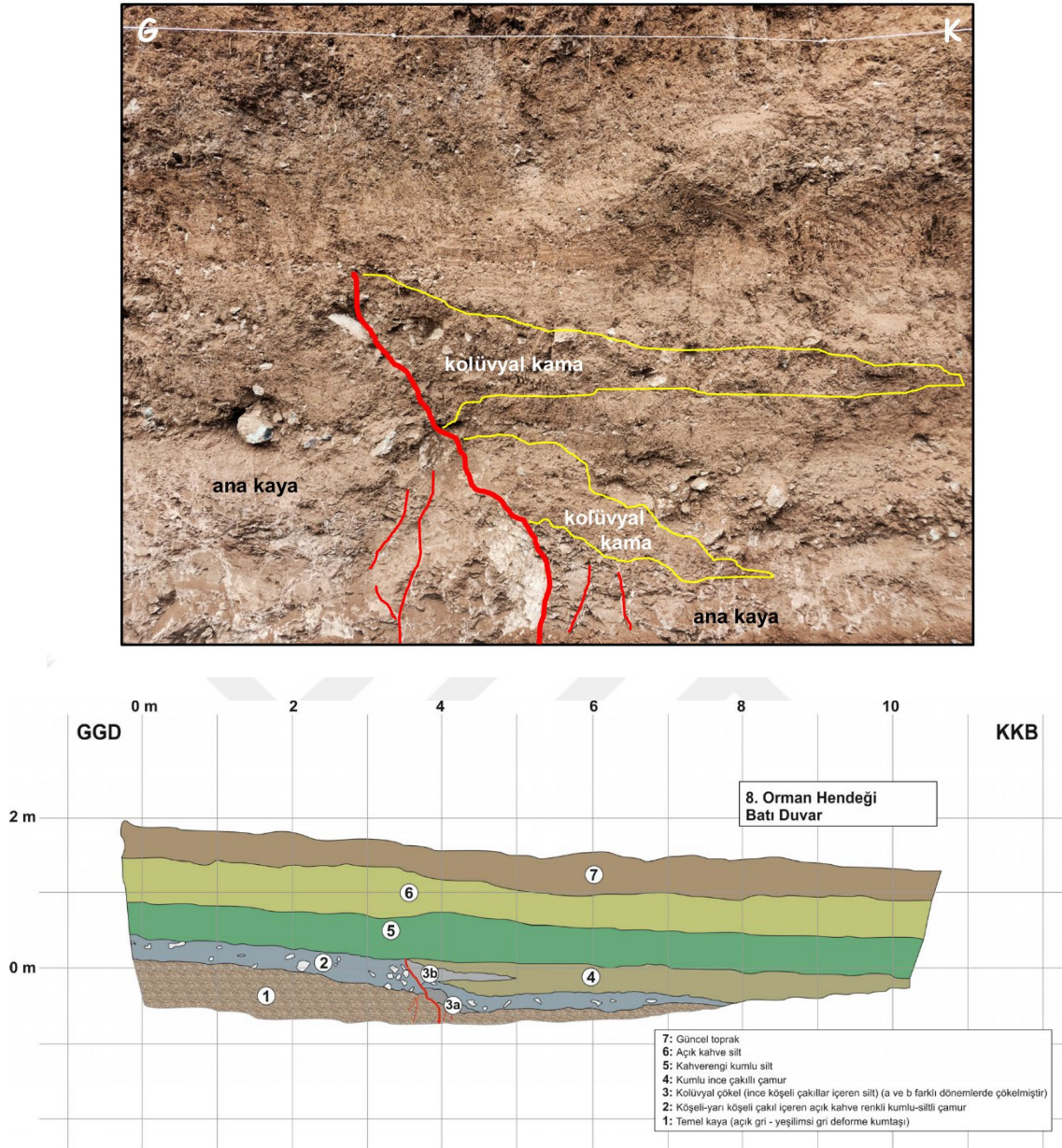
Şekil 4.9. Orman1 hendeğinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.



Şekil 4.10. Orman1 hendeği açılması, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraflar.

Orman1 Hendeği Batı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

18 metrelik kazının batı duvarının 10 metresi loglanmıştır. Toplam 7 farklı birim ayırt edilmiştir. En tabanda gözlenen 1 nolu birimde yoğun deformasyon dikkat çekicidir. Bunu üzerleyen sedimanter çökeller yataya yakın konumlanmıştır. Hendeğin 3. ve 4. metreleri arasında tabana yakın kesimlerdeki birimler bir fay tarafından kesilmektedir. Yüzeyin 150 cm altına kadar ulaşan kırık 5 nolu çökel tarafından örtülmektedir. 2 nolu birimde kuzey blokta yaklaşık yarım metrelik düşme dikkat çekicidir. Eskişehir yerleşim yeri batısındaki hendeklerde yüzeye daha yakın derinliklere kadar ulaşan fay kırıkları ile karşılaştırıldığında bu hendekte gözlenen olay daha eski bir faylanmaya işaret ediyor olabilir. Kırıgın görece pekişmiş çökeller içerisinde gözlenmesi ve hemen kuzey bloğunda belirgin şekilde ayırt edilebilen 2 farklı olaya ait kolüvyal kama çökelleri bulunması, hendekte gözlenen fayın Holosen öncesi (olasılıkla Pleyistosen) yüzey kırıklarına işaret ettiğini ortaya koymaktadır. Bu kırık üzerinde en az 2 farklı yüzey faylanması yorumlanabilir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Orman1 hendeği batı duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

4.2.2. Orman2 Hendeği (Eskişehir Fayı-O2H)

Orman2 hendeği ESOGU kampüsü doğusunda Karaca Peyzaj karşısında, Orman arazisi olarak geçen alanda K15B doğrultusunda açılmıştır (Şekil 4.12). Orman2 hendeği Orman1 hendeğinin hemen kuzeyindeki bir başka çizgiselliği denetlemek için, Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan fayın 390 m güneyinde seçilmiştir.



Şekil 4.12. Orman2 hendeğinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.

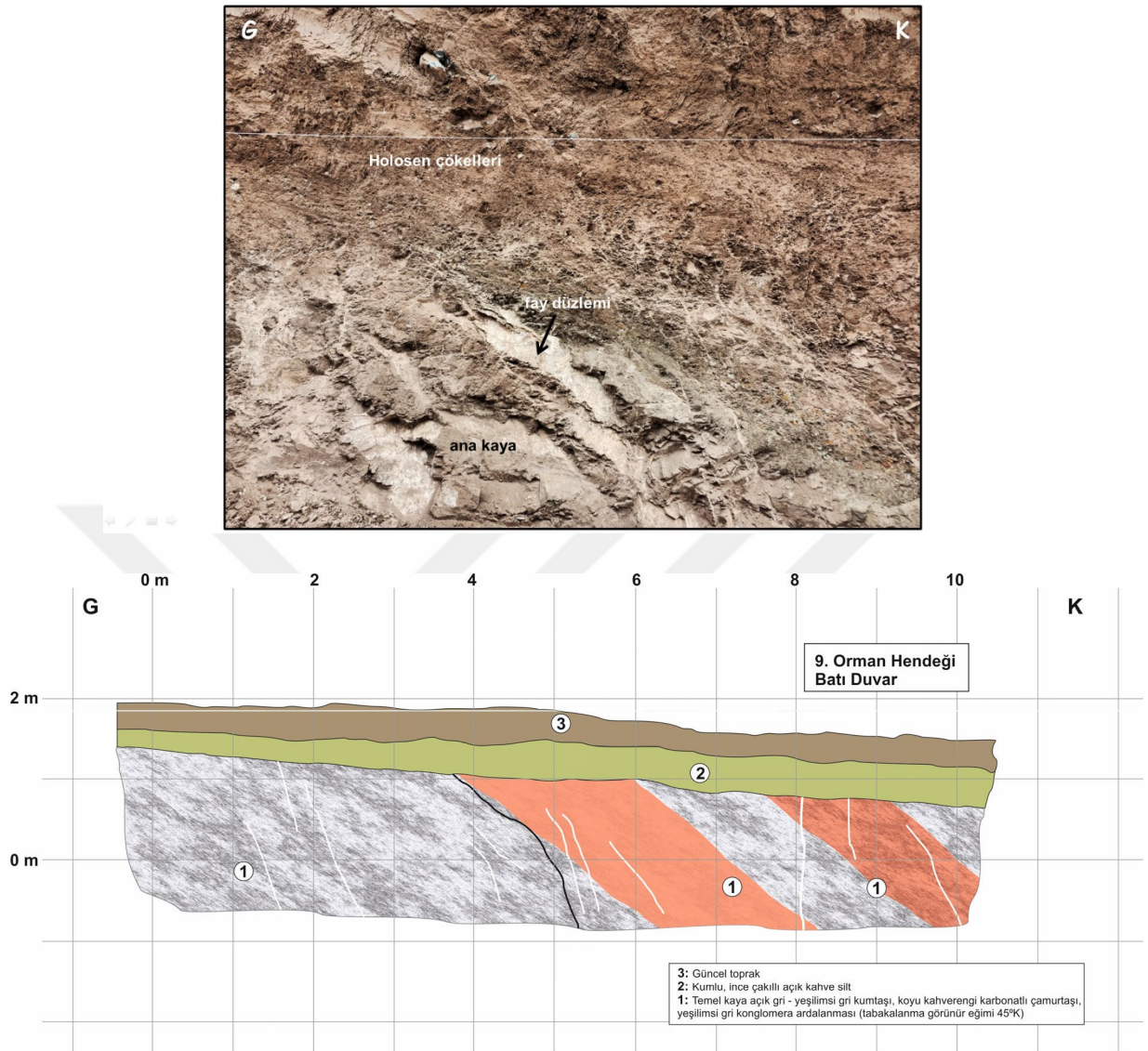
Orman2 Hendeği Batı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

14 metrelik kazının batı duvarınının 11 metresi loglanmıştır. Hendeğin tabanında Eskişehir yöresinde Eosen yaşlı konglemera olarak tanımlanan (Gözler vd., 1985) konglomeralar dikkat çekicidir (Şekil 4.13). Bu birim içerisinde gözlenen yaklaşık görünür eğimi 45 derece olan flüvyal paketler tek birim içerisinde (1 nolu birim) adlanmıştır. Bu birim kırık zonlarında kalsit çökeltileri ile kendini gösteren yoğun deformasyon özellikleri sunmaktadır. Belirgin fay düzlemleri sağ yanal faylanmanın baskın olduğu az miktarda eğim bileşenine sahip oblik faylanma özellikleri sunmaktadır. Bu birim ve içerisindeki

deformasyonlar 2 nolu silt paketi ile örtülmektedir. Herhangi bir belirgin kolüvyal çökele rastlanmadığından bu hendekdeki olaylar Holosen öncesi olarak yorumlanmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Orman2 hendeği açılması, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraflar.



Şekil 4.14. Orman2 hendeği batı duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

4.2.3. Ihlamurkent1 Hendeği (Eskişehir Fayı-I1H)

Ihlamurkent1 hendeği Kalabak su dolum tesisi doğusu Ihlamurkent girişi, izgiötesi sitesi yakınında K40D doğrultusunda açılmıştır (Şekil 4.14). Ihlamurkent1 hendeği çalışma alanının hemen yanında Cami inşaati için hazırlanmış temel kazısında gözlemlenen delillerin netleştirilmesi amacıyla planlanmıştır (Şekil 4.15).



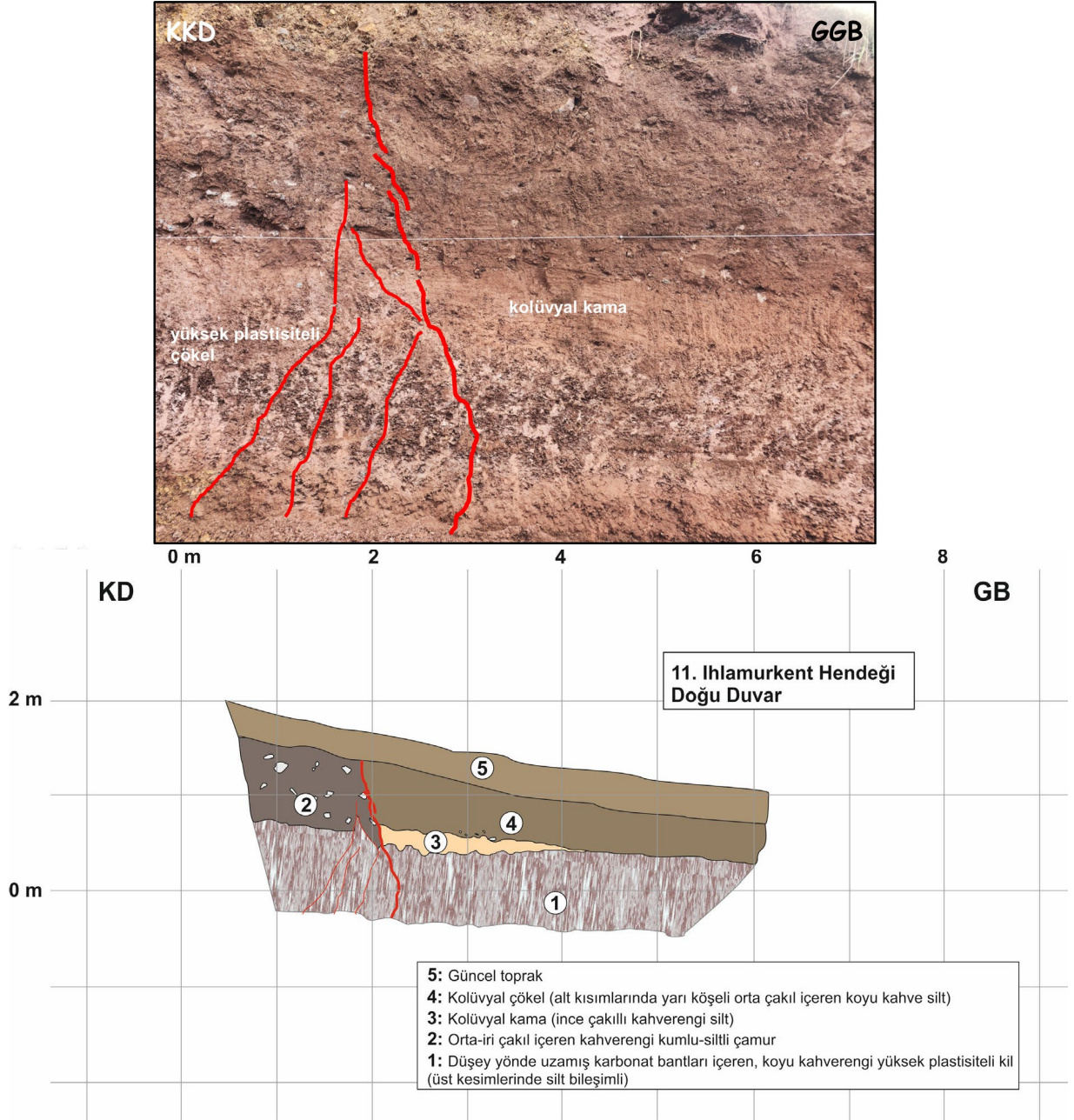
Şekil 4.15. Ihlamurkent1 ve 2 hendeğlerinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.



Şekil 4.16. Ihlamurkent1 hendeği hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraf.

Ihlamurkent1 Hendeği Doğu Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

8 metrelik kazının doğu duvarının 6 metresi loglanmıştır (Şekil 4.16). Ihlamurkent1 hendeği duvarında gözlenen birimler ve olaylar bu hendek içerisinde de aynen ayırt edilebilmektedir. Hendek içerisinde dar zonda gözlenen kırık güncel toprak seviyesi tarafından örtülmektedir. Kırığın güney bloğunda gözlenen kolüvyal kama bu uzanımın Holosen’de birden fazla kez kullanıldığını göstermektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17. Ihlamurkent1 hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

4.2.4. Ihlamurkent2 Hendeği (Eskişehir Fayı-I2H)

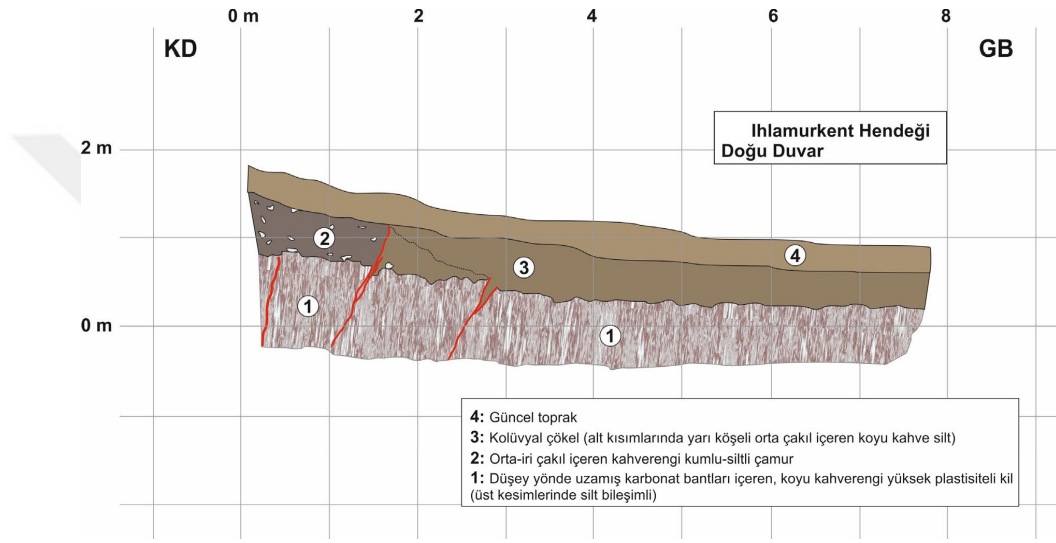
Ihlamurkent2 hendeği Kalabak su dolum tesisi doğusu Ihlamurkent girişi, Çizgiötesi sitesi yakınında K50D doğrultusunda çalışılmıştır (Şekil 4.18). Bu alanda MTA tarafından üretilen Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan uzanımda önemli bir sığrama gerçekleşmektedir. Bu geniş alan Diri Fay Haritasında yaklaşık 4.5 km genişliğinde bir kesiklik ortaya çıkartmaktadır. Tarafımızdan yapılan jeolojik-jeomorfolojik arazi gözlemleri ve detaylı ortofoto incelemeleri neticesinde alanın her iki tarafında haritalanan uzanımların; fayın kontrol ettiği morfolojik bir çizgisellik ile bağlantılı olduğu ortaya konulmuştur. Bu çizgisellik üzerinde öncelikle cami inşaatı için hazırlanmış temel kazısına odaklanılmıştır.



Şekil 4.18. Ihlamurkent2 hendek alanını gösteren fotoğraflar.

Ihlamurkent2 Hendeği Doğu Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

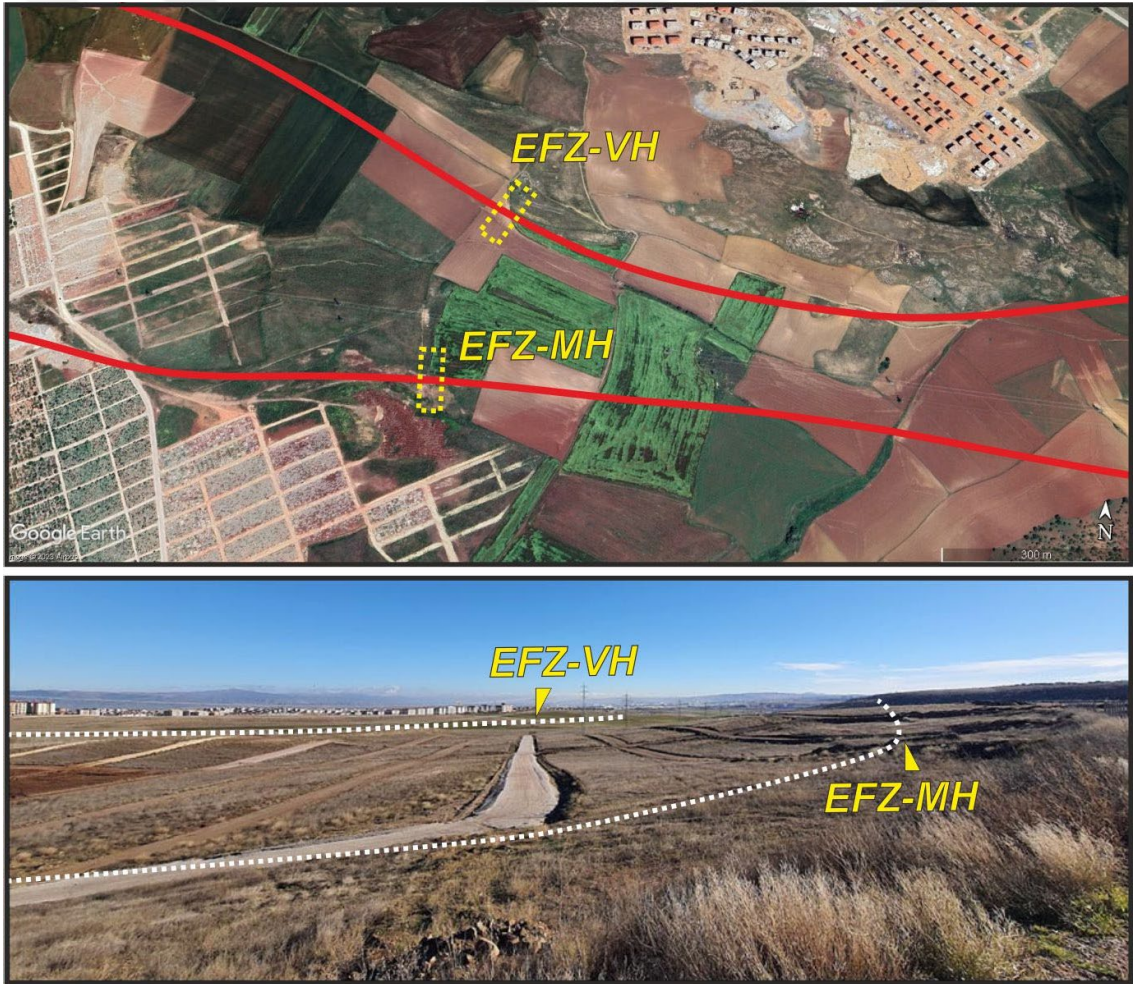
14 metrelik doğu duvarının 8 metresi loglanmıştır (Şekil 4.19). Güncel toprak seviyesi dışında 3 farklı stratigrafik çökel ayırt edilmiştir. Bunun dışında hendek duvarının KKD ucunda en üst seviyede bulunan dolgu malzeme, log çizimine aktarılmamıştır. Camii temel kazısı şeklinde açık bulunan alanda hendek duvarına dik uzanan duvarda hendeğin kuzey ucunda konumlanan faylanmaya ait düzlem oldukça belirgindir. 1 nolu güncel çökelleri kesen düzlem üzerindeki kayma izleri hareketin yataya yakın olduğunu göstermektedir. 3 nolu hendek alanında plastisitesi yüksek kil malzemede gözlenen deformasyon yapıları bu hendekte de belirgindir.



Şekil 4.19. Ihlamurkent2 hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

4.2.5. Mezarlık Hendeği (Eskişehir Fayı-MH)

Mezarlık hendeği Büyükşehir Belediyesi Asri Mezarlığı doğu kenarında K10D doğrultusunda açılmıştır (Şekil 4.20). Tarafımızdan yapılan detaylı jeolojik-jeomorfoloji arazi gözlemleri ve ortofoto incelemeleri Mezarlık Hendeği ve Varol Hendeği kazı alanlarında da ulaşılan faylanma verilerinin aynı doğrultuda doğuya devam ettiğini göstermektedir. Buna rağmen, kazı alanı MTA tarafından üretilen Türkiye Diri Fayları haritasında Mezarlık alanı kuzeydoğu kenarındaki morfolojik sarplığa haritalanan uzanımın denetlenmesi amacıyla seçilmiştir (Şekil 4.21).



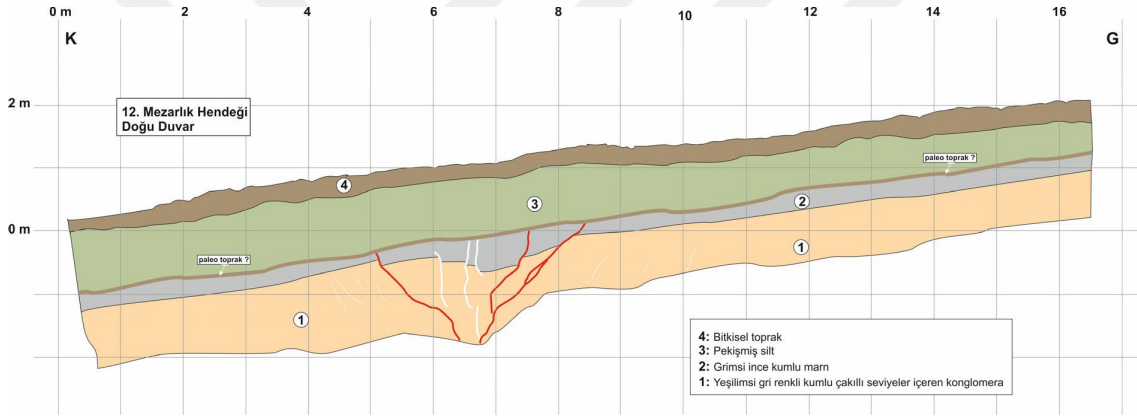
Şekil 4.20. Mezarlık ve Varol hendeklerinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.



Şekil 4.21. Mezarlık hendeği hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraf.

Mezarlık Hendeği Doğu Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

20 metrelik kazının doğu duvarının 16 metresi loglanmıştır (Şekil 4.22). Hendek duvarında 4 farklı birim ayırt edilmiştir. Bitkisel toprak dışında diğer birimler iyi pekişmiş kayaç görünümü sunmaktadır. 1 ve 2 nolu birimler yoğun deformasyon sergilemekle birlikte, hendeğin 5 ve 8. metreleri arasında belirgin bir negatif çökek yapısı dikkati çekmektedir. Bu yapının bulunduğu kısım tam olarak morfolojik çizgiselliğe denk gelmektedir. Bununla birlikte zonu oluşturan fay kırıkları 2 nolu birimin üst seviyesinde ayırt edilen olası paleotoprak seviyesini kesmemektedir. 3 nolu birim ise daha eski olayları örtmektedir. Bu durum çizgiselliğin bir faylanmaya işaret ettiği ve/fakat bu faylanmanın Holosen öncesi olaylarla ilişkili olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 4.22. Mezarlık hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

4.2.6. Varol Hendeği (Eskişehir Fayı-VH)

Varol hendeği Büyükşehir Belediyesi Asri Mezarlığı doğusunda tarım alanları içerisinde K30D doğrultusunda açılmıştır (Şekil 4.23). Kazı alanı MTA tarafından üretilen Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan uzanımın dışında, tarafımızdan yapılan detaylı jeolojik-jeomorfoloji arazi gözlemleri ve ortofoto incelemeleri gözönünde bulundurularak seçilmiştir. Tarafımızdan yapılan detaylı arazi gözlemleri ve ortofoto incelemeleri fayın Ihlamurkent hendeklerinden itibaren doğuya doğru devam ettiğini göstermektedir. Bu uzanım üzerinde, Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan fayın 325 m kuzeyinde bulunan morfolojik çizgisellik üzerinde hendek alanı seçilmiştir (Şekil 4.24).



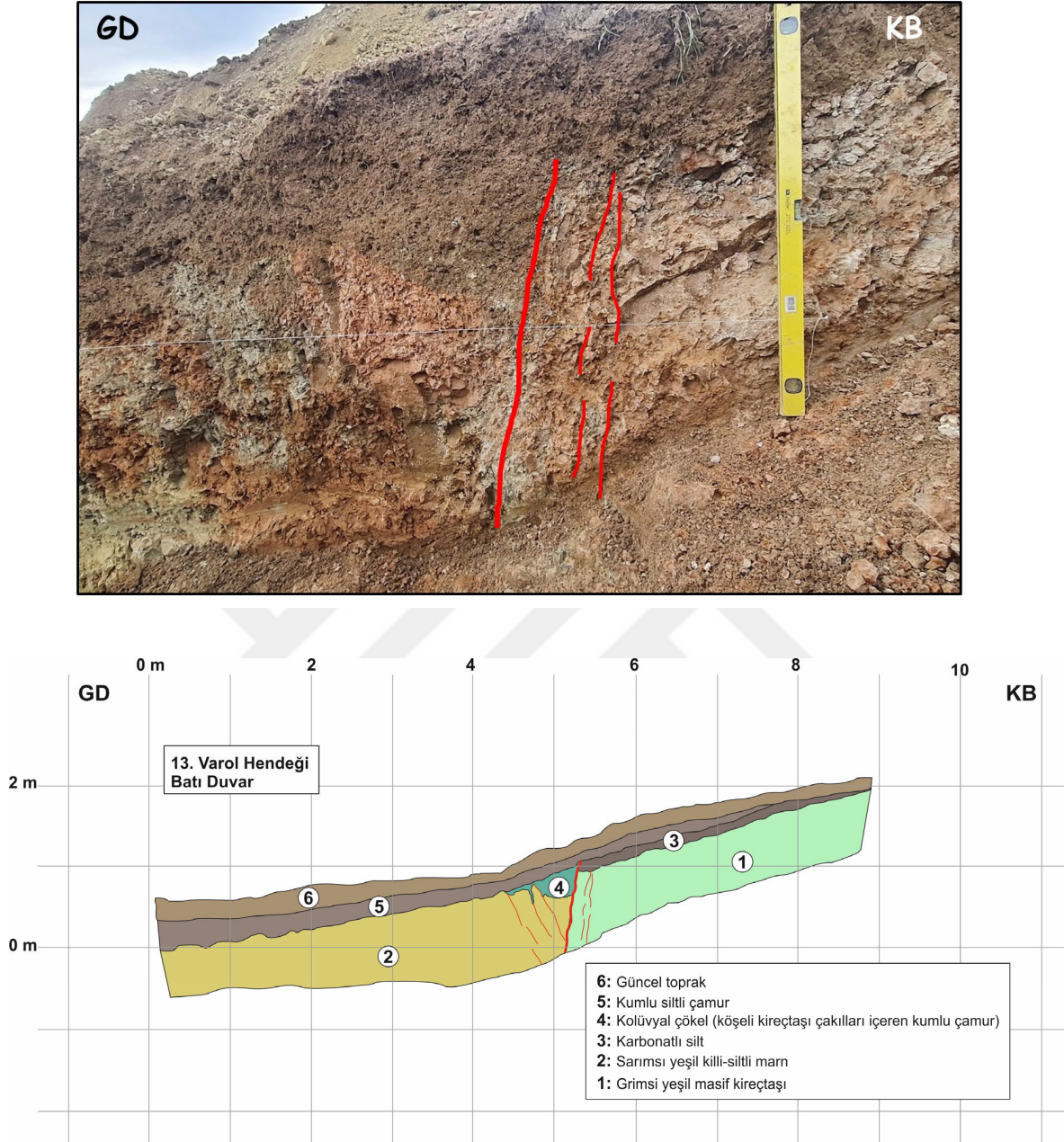
Şekil 4.23. Varol hendeğinin yerini gösterir Google Earth uydu görüntüsü ve saha fotoğrafı.



Şekil 4.24. Varol hendeği açılması, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraflar.

Varol Hendeği Batı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

11 metrelik kazının batı duvarının 9 metresi loglanmıştır. Hendek logunda 6 farklı stratigrafik birim ayırtlanmıştır (Şekil 4.25). En KB'da bulunan kireçtaşı (1 nolu birim) hendeğin 5. metresinde yüzeyin 30 cm altına kadar ulaşan dike yakın kırıklarla kesilmektedir. Az miktardaki açılma geometrisi ana kırığın hemen GD'sunda 4 nolu kolüvyal çökelle doldurulmuştur. Bu durum Holosen faylanması olarak yorumlanmıştır.



Şekil 4.25. Varol hendeği batı duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

4.2.7. Sultandere Hendeği (Eskişehir Fayı-SDH)

Sultandere hendeği Sultandere Mahallesi gúneyinde Orman alanı içerisinde K10D doğrultusunda açılmıştır (şekil 4.26). Sultandere Hendeği için belirlenen alanda bulunan belirgin çizgisellik test edilmiştir. Buna göre, Türkiye Diri Fayları haritasında haritalanan fayın 45 m kuzeyinde bulunan morfolojik çizgisellik aday alan olarak seçilmiştir (şekil 4.27).



şekil 4.26. Sultandere hendeğinin yerini gösterir saha fotoğrafı.



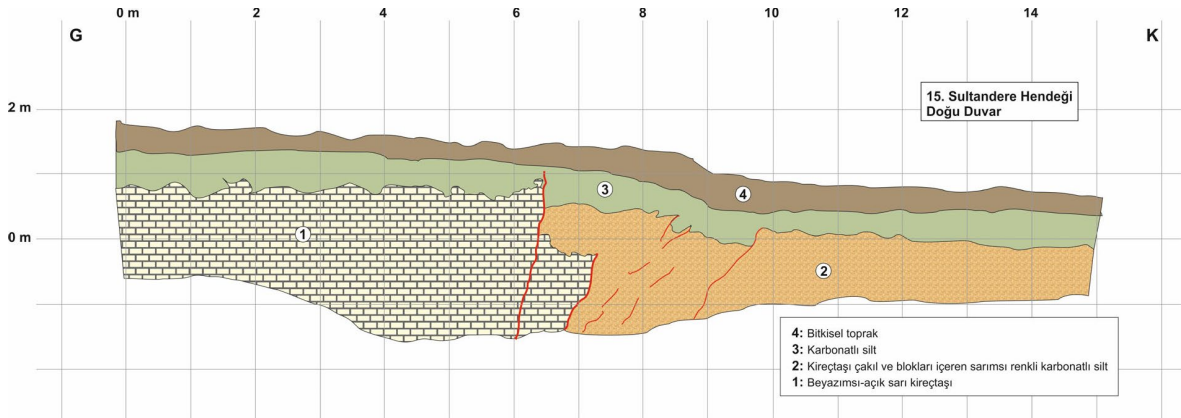
Şekil 4.27. Sultandere hendeği, hendek içi çalışmaları gösteren fotoğraf.

Sultandere Hendeği Doğu Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

16 metrelik kazının doğu duvarının 15 metresi loglanmıştır (Şekil 4.28). Hendekte 4 ayrı birim loglanmıştır. Morfolojideki belirgin çizgiselliğe denk düşen 6. metrede ana kaya aniden kesilmekte ve 10. metreye kadar devam eden bir deformasyon zonuyla birlikte 2 nolu birime geçmektedir. 3 nolu güncel çökel faylar tarafından kesilerek yaklaşık 60 cm kuzey blokta aşağı yer değiştirmiş bir görünüm sunmaktadır. En güneyde bulunan fay ana kayada benzer şekilde yaklaşık 60-70 cm düşmeye sebep olmaktadır. Güncel çökellerdeki kırıklar bu zonun Holosen'de kullanıldığı ve tekrarlanan yüzey kırıkları ürettiği şeklinde yorumlanmıştır.

Hendek alanının hemen doğu kesiminde aynı uzanım üzerinde Kürçer vd. (2014) tarafından gerçekleştirilen paleosismolojik çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Araştırmacılar açtıkları hendeklerde yaş verilerinden yararlanarak son 2800 yıllık periyotda en az 3 paleosismik olayın varlığını ortaya koymuşlardır. Hendeklerden toplanan veriler son paleosismik olayın 1280 ve 1320 A.D. arasında meydana geldiğini göstermiştir. Bu son olay dışında en az iki olayın daha varlığından söz eden yazarlar, bunlardan ilkinin 390 BC ve 20

AD aralığına, diğerinin ise 810 ve 770 BC aralığına yaşlandırıldığını belirtmişlerdir. Yaşlandırma sonuçlarına göre yüzey faylanması ile sonuçlanabilecek büyüklükte bir depremin tekrarlanma periyodunun 1000 yıl olabileceği öngörülmüştür. Bu sonuçlar tarafımızdan yapılan hendek çalışmasını destekler niteliktedir ve fayın Holosen aktivitesini kanıtlamaktadır.



Şekil 4.28. Sultantere hendeği doğu duvarına ait a) fotomozayik ve b) hendek logu.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular ve literatürden derlenen bilgiler birarada değerlendirilerek Eskişehir Fayı aktif tektonik özellikleri Sultandere Segmenti özelinde ana başlıklar altında aşağıda özetlenmiştir.

5.1. Fay Parametre Bulguları

Eskişehir Fayı ile ilişkilendirilen ve literatürde en sık rastlanan aletsel dönem depremi 20 Şubat 1956 (Ms:6.4) Eskişehir depremidir. Bu depremin dış merkezi ile ilgili farklı görüşler bulunmakla birlikte, genel görüş depremin dış merkezinin Eskişehir batısında Çukurhisar civarı üzerine düştüğü yönündedir. Altunel ve Barka (1998), deprem sonucu en fazla hasarın Çukurhisar'da olduğunu belirterek, bu köyün güneyinde depremle ilişkili 1 metre yüksekliğinde bir topoğrafik çatlaktan bahsetmiştir. 20.02.1956 tarihinde oluşan depremin neden olduğu ikinci derece yüzey kırıklarının saha verileri Ocakoğlu ve Açıkalın (2010) tarafından ortaya konmuştur. Araştırmacılar, Eskişehir'in kuzeyindeki Kavacık ve Uludere segmentleri üzerinde uyguladıkları arazi çalışmaları sırasında depreme bağlı (kosmik) yüzey kırıkları ile kütle hareketleri hakkında veriler elde etmişlerdir. Saha gözlemleri nihayetinde 1956 yılında gerçekleşen yer sarsıntısının düzensiz yüzey kırıkları oluşturduğunu, bununla birlikte bu düzensiz kırıkların çoğunlukla Uludere ve Kavacık fay sarplıkları içerisinde bulunan sert metamorfik kayalar üzerinde oluştuğunu vurgulamışlardır. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi insiyatifi ile şehir merkezi batısında Yusufkar Mahallesi yakın çevresinde gerçekleştirilen fay kazılarında (örneğin Şimşek çiftliği, Turgutlar Mahallesi, Yusufkar Mahallesi ve Karabayırbağları Mahallesi) güncel toprak altına kadar gelen fay izleri 1956 depreminin Eskişehir Fayı bu kesimin (Sultandere Segmenti batısına kadar) yüzey kırığı oluşturduğuna işaret etmektedir (Karabacak vd. 2024).

Çalışılan fay segmenti boyunca Eskişehir merkez alanı güneydoğusunda yoğun bir mikrosismik aktivite ($1.0 \leq M_w \leq 3$) gözlenmektedir. Bu alanda meydana gelmiş olan 01.03.2013 tarihli Kanlıpınar-Odunpazarı ($M_w:3.5$) ve 07.02.2010 tarihli Sultandere-Odunpazarı ($M_w:3.7$) depremlerinin dışmerkezleri Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti

üzerine düşmektedir. Odak mekanizma çözümleri BKB-DGD uzanımlı sağ yanal doğrultu atımlı faylanmaya işaret eden bu depremler ve mevcut mikrosismik aktivite segmentin diri olduğuna işaret eden önemli verilerdendir. Türkiye Sismotektonik Haritası Ankara paftasında (Duman vd., 2017), bu çalışmaya konu olan Eskişehir Fayı normal bileşenli sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır. Holosen fayı olarak nitelenen fayın 4 segmenti bulunmaktadır. En doğuda yeralan ve bu çalışmada Sultandere Segmenti olarak adlanması tercih edilen uzanım 20 km uzunluğunda tanımlanmıştır. Bu tez çalışmasında yapılan detaylı fay haritalamaları Sultandere Segmenti'nin tanımlanan uzunluğunu doğrular niteliktedir. Aktif fay düzlemleri üzerinde oluşabilecek azami deprem büyüklüklerine dair birbirinden farklı deneysel bağıntılar vardır. Bu bağlamda, bölgedeki aktif faylara ait segment uzunlukları Wells ve Coppersmith (1994) tarafından ortaya konan bağıntıyla ele alındığında, Sultandere Segmenti'nin üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 6.62 olarak tanımlanmıştır. Bununla beraber, çalışma alanı içerisinde ve civarında oluşan bazı depremlere ait odak mekanizma çözümlerine bakıldığında doğrultu atımlı faylanma bölgeyi domine etmektedir. Özellikle, 01.03.2013 tarihli Kanlıpınar-Odunpazarı (Mw:3.5) ve 07.02.2010 tarihli Sultandere-Odunpazarı (Mw:3.7) depremlerinin dış merkezleri Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti boyunca dizilim göstermekte ve bu fayın deprem ürettiği kabul edildiğinde, faylanma tipinin sağ yönlü doğrultu atımlı mekanizma olduğu anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, arazi çalışmaları esnasında gerçekleştirilen diri fay haritalama ve kinematik analiz çalışmaları sırasında Sultandere Segmenti üzerinde iki farklı lokasyonda faya ait kinematik ölçümler alınmıştır. Arazi çalışmaları ile elde edilen kinematik bulgular ve hendek duvarlarında gözlenen fay geometrileri, fayın sağ yönlü doğrultu atımlı karakterine işaret etmekte olup, bölgede meydana gelen son depremlerin odak mekanizma çözümleri ile oldukça uyum göstermektedir. Yapılan ölçümler ise fayın K25°B ile K82°B arasında doğrultulara sahip olduğuna işaret etmektedir.

Haritalama çalışmalarına göre, fayın Porsuk Nehri'ni kestiği alanda sağa sığraması hem sarpıklarda hem de Porsuk Nehri'nin sağa ötelenmesi ile belirgindir. Porsuk Nehri yakınlarında fayın doğrultusunda önemli bir açı değişimi ve güneye geniş alanda bir sığrama gözlenmektedir. 4 km uzunluğuna sahip ve 1.5 km genişlikteki bu sığrama alanının doğusunda Sultandere Segmenti uzanımı genel olarak K65B doğrultusuna dönmektedir. Daha doğuda Eskişehir Osmangazi Üniversitesi kampüs alanı içerisinde geçen fay kampüs doğu bitiminde tekrar sağa sığrar ve Eskişehir kent ormanını kuzeyden sınırlayarak yaklaşık

K80B doğrultusu boyunca önce Ihlamurkent içerisinde daha sonra ise Mezarlık kuzeyinden geçerek Gülpınar, Sultandere istikametinde Kalkanlı kuzeyine (Türkmentokat Mahallesi) kadar belirgin sarplıklar sunar.

Eskişehir Fayı'nın yıllık hareket hızı konusunda farklı görüşler olsa da deformasyon hızının yaklaşık 1-3 mm/yıl olduğu kabul edilmektedir (Barka vd., 1995; Reilinger vd., 1996, 1997; Şaroğlu vd., 2005). Barka vd. (1995) ile Altunel ve Barka (1998), Eskişehir Fayı dâhilinde oluşan deformasyon oranının az olmasının sebebini büyük depremlerin tekrarlanma sıklıklarının az olmasına bağlamaktadırlar. Slemmons ve McKinney (1977), tarafından yapılan sınıflamaya göre yıllık hızları 1 mm ile 1 cm arasında olan faylar, yüksek aktivite oranına sahip faylar olarak tanımlanmaktadır. Aynı sınıflandırmada kayma hızı bu aralıkta olan fayların istatistiksel olarak 6 ila 7 büyüklüğünde deprem tekrarlanma periyodunun 900 ila 2000 yıl arasında olacağı öngörülmektedir (Slemmons ve McKinney, 1977; Sözbilir vd., 2018).

5.2. Paleosismolojik Verilerin Değerlendirilmesi

Ayday vd. (2001), Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Eskişehir yerleşim yerinin yerleşim amaçlı jeoloji ve jeoteknik etüt raporu kapsamında arazi gözlemleri de içeren uzaktan algılama ağırlıklı çalışmalarla Eskişehir’de fay zonu konumunu belirlemişler ve sakınım bandı önermişlerdir. Altunel vd. (2003) ise belirlenen bu sakınım bandının Osmangazi Üniversitesi Kampüsü içinden geçtiği alanda fay kazısı ve jeofizik çalışmalar yaparak çalışma alanında herhangi bir fayın olmadığını, daha derinde aktif bir fay olsa bile bunun bugüne kadar yüzey kırığı oluşturmadığını ve sakınım bandına gerek olmadığını ifade etmişlerdir. Eskişehir Fayı üzerinde yapılan imar planlamasına yönelik bu çalışmaların yanısıra, sınırlı sayıda paleosismolojik çalışma da bulunmaktadır. Örnek olarak Ocakoğlu vd. (2005) Sultandere, Çukurhisar ve İnönü segmentlerinde yapmış olduğu derin hendek çalışmaları esnasında, muhtemelen birikim hızının deprem tekrar etme aralığından daha çok olması nedeniyle güvenilir bir sismik veriyle karşılaşmamıştır. Altunel ve Barka (1998), tarihi deprem kataloglarında ve Eskişehir tarihi üzerine yapılan incelemelerde 20. yüzyıl öncesine ait deprem kayıtlarının bulunmadığını belirtmişlerdir. Fakat Pleyistosen yaşındaki birimler içerisinde izlenen çamurtaşı dayklarının ve fay yüzeylerinin ön kısmında yer alan Holosen yaşındaki birimleri ile uyumsuz olmasının, Eskişehir Fayı’nı meydana getiren segmentlerin bu bölgede aktif olduğunu ve son 10.000 yıl içerisinde birçok kez 6 büyüklüğünde depremler ürettiğini ileri sürmüşlerdir.

Daha güncel bir çalışmada Kürçer vd. (2014), Sultandere Segmenti üzerinde paleosismolojik fay kazısı yapmışlardır. Açtıkları hendeklerde mikrostratigrafi, fay kolüvyal geometrisi ve yaş verilerinden yararlanarak son 2800 yıllık periyotta en az 3 paleosismik olayın varlığını ortaya koymuşlardır. Hendeklerden toplanan veriler son paleosismik olayın 1280 ve 1320 A.D. arasında meydana geldiğini göstermiştir. Bu son olay dışında en az iki olayın daha varlığından söz eden yazarlar, bunlardan ilkinin 390 BC ve 20 AD aralığına, diğerinin ise 810 ve 770 BC aralığına yaşlandırıldığını belirtmişlerdir. Yaşlandırma sonuçlarına göre yüzey faylanması ile sonuçlanabilecek büyüklükte bir depremin tekrarlanma periyodunun 1000 yıl olabileceğini öngörmüşlerdir.

Altunel vd. (2003), Altınok vd. (2014) ve Altunel (2015), Eskişehir'in yaklaşık 8 km batısında açtıkları yarmada alüvyon terasının fay marifetiyle kesildiğini ve fay aynası ön kısmında kolüvyal kamaların geliştiğini, son 12000 yılda bu sedimanlar içinde yüzey kırılmalarına neden olan en az 3 depremin meydana geldiğini belirtmişlerdir. Son depremin yaklaşık 3200 yıl önce meydana geldiğini ve eski depremler sırasındaki yer değiştirme miktarını (50-90 cm) göz önünde bulundurarak yüzey kırığı oluşturan depremlerin büyüklüğünün 7 civarında olduğunu ileri sürmüşlerdir. Son depremden sonra fay zonu dâhilinde hatra sayılır bir stres birikimi (min 90 cm) olduğunu ve stres birikiminin ortaya çıkabilmesi için aşağı yukarı 7 büyüklüğünde bir depremin gerçekleşmesi gerektiğini değerlendirmişlerdir.

İnönü ve Oklubalı arasında Eskişehir Fayı boyunca 2019 tarihinde Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi ve Afyon Kocatepe Üniversitesi'nden araştırmacıların katıldığı, İnönü ilçesi ve yakın civarında jeolojik, jeomorfolojik, aktif tektonik ve paleosismolojik amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar kapsamında İnönü segmenti üzerinde 7 adet paleosismolojik hendek çalışması gerçekleştirilmiştir. İlgili raporda eski depremler ile ilişkili en az 3 faylanmanın izine dair veriler sunulmuştur. İlgili rapora göre, bahse konu faylanmaları İnönü segmentinin, Kuvaterner'de yüzey kırığı oluşturan ve 6-6.7 büyüklüğüne varan depremler ürettiğini göstermekle birlikte Holosen aktivitesi şüphelidir.

Bununla beraber, Karabacak vd. (2024) çalışmalarında elde edilen veriler Eskişehir şehir merkezi batısında kalan segment boyunca en son olaya ait yüzey kırıklarının yüzeye oldukça yakın derinliklere kadar ulaştığını ve bu veriler ışığında 1956 yılında meydana gelen 6.4 büyüklüğündeki depremin Sultandere segmenti batısında yüzey kırığı oluşturmuş olabileceğine işaret etmektedir. Aletsel dönemde 22.02.1956 yılında meydana gelen depremin Turgutlar-Karabayırbağları segmentinden kaynaklandığı kabul edildiğinde, Sultandere Segmenti'ne stres yüklenmesi olduğu ve gelecekte 6 ve üzeri bir depreme neden olabileceği öngörülebilir. Bu anlamda, önceki çalışmalar ve mevcut veriler ışığında her durumda Sultandere Segmenti'nin yüksek bir deprem üretme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

Mevcut literatür çalışmaları gözönünde bulundurularak bu çalışma kapsamında ise,

Eskişehir yerleşim alanı güneyinden geçen Eskişehir Fayı'na ait Sultandere Segmenti'ne kabaca dik yönde, toplam 7 adet paleosismolojik amaçlı hendek çalışması yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında açılan hendeklerde elde edilen ve yerleşime uygunluk açısından önem arzeden fay parametreleri özetle Çizelge 5.1'de sunulmuştur. Buna göre; gerçekleştirilen paleosismolojik amaçlı hendek çalışmalarında elde edilen veriler eski depremlerle ilişkili faylar gözlemlendiğine işaret etmektedir. Hendek loglarındaki faylar incelendiğinde yüzey faylanması ile sonuçlanmış olayların 5 hendekte Holosen döneminde gerçekleşmiş olduğu yorumlanmıştır. Bahse konu hendeklerde Holosen döneminde en az 2 yüzey faylanması geliştiği tespit edilmiştir. Diğer 2 hendekteki aktivite ise Kuvaterner dönemine ait aktivite olarak yorumlanmıştır. Tüm hendeklerde faylanmanın 1-6 metre arasında değişen dar bir zonda olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5.1. Eskişehir Fayı Sultandere Segmenti üzerinde açılan hendeklerde elde edilen fay parametreleri.

Hendek Adı	Deformasyon zonu genişliği (m)	Yüzey kırığı verisi		Olası olay sayısı	Destekleyici literatür verisi
		Holosen	Kuvaterner		
Orman1 (Eskişehir Fayı-O1H)	1	-	√	2	
Orman2 (Eskişehir Fayı-O2H)	>2	-	?	?	
İhlamurkent1 (Eskişehir Fayı-I1H)	1	√	-	>1	
İhlamurkent2 (Eskişehir Fayı-I2H)	3	√	-	>2	
Mezarlık (Eskişehir Fayı-MH)	3,5	-	√	>1	
Varol (Eskişehir Fayı-VH)	1	√	-	>1	
Sultandere (Eskişehir Fayı-SDH)	4	√	-	>1	Kürçer (2014)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Eldeki verilere göre, uzunluğu 75 km'yi bulan Eskişehir Fayı en az 4 farklı segmentten oluşmaktadır. Fayın en doğudaki bileşeni olan Sultandere Segmenti DGD-BKB gidişlidir ve yaklaşık 20 km uzunluğa sahiptir. Batıda, Eskişehir İl merkezi güneybatısında genişlemeli bir sıçrama ile daha doğudaki segmentten ayrılmakta ve ESOGÜ kampüs alanı yakınlarından başlayarak en doğuda Türkmentokat Mahallesi güneyine kadar izlenebilmektedir.

Yapılan arazi çalışmalarına göre, Sultandere Segmenti hareketinin baskın sağ yönlü doğrultu atımlı olduğu görülmüştür. Elde edilen morfolojik veriler Sultandere segmenti uzanımı boyunca düşey yerdeğiştirmenin 100 metreyi geçmediği ve sağ yanal yerdeğiştirmenin ise maksimum 500 metreye ulaştığını göstermektedir. Açılan hendeklerde doğrultu atımlı faylanmayı belirten kinematik göstergeler net olarak izlenebilmiştir. Bunun yanı sıra kuzey bloğun düşen tarafı oluşturduğu eğim bileşeninin de bulunduğu (en fazla %20 oranında) değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada Sultandere Segmenti üzerinde açılan 7 hendekte paleosismolojik gözlemler yapılmış, yaş analizi olmaksızın, Holosen çökelleri olarak yorumlanan güncel istiflerde eski depremlerle ilişkili en az 2 yüzey faylanması varlığı ayırt edilmiştir.

Çalışmalar sonucunda segment uzunluğu dikkate alınarak ve Wells ve Coppersmith (1994)'de yer alan ampirik bağıntılar kullanılarak bu segmente Holosen'de 6.6 büyüklüğüne varan yüzey faylanması oluşabileceği söylenebilmektedir.

7. KAYNAKLAR DİZİNİ

- AFAD, 2018. *Türkiye Deprem Tehlike Haritası*.
- Aktuğ, B., Parmaksız, E., Kurt, M., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Gürdal, M.A. and Özdemir, S. (2013). Deformation of Central Anatolia: GPS Implications, *Journal of Geodynamics*, pp: 67-78.
- Allmendinger, R.W., Cardozo, N. ve Fisher, D. (2012) Structural geology algorithms: Vectors and tensors in structural geology: Cambridge University Press, 302 p.
- Altınok, S., Tunçel, E., Kurban, Y.Ç., Topçu, M.İ., Altunel, E., Karabacak, V., Yalçiner, C.Ç. ve Büyüksaraç, A. (2014). Eskişehir Fayının morfolojik özellikleri ve paleosismik aktivitesi. *ATAG 18, Bildiri Özleri Kitapçığı*, s.56, Muğla.
- Altunel, A. (2015). *Yurtbay Seramik Fabrikası sahasında aktif fay araştırması*. 43 s.
- Altunel, E. ve Barka, A. (1998). Eskişehir Fayının İnönü ve Sultandere arasında neotektonik aktivitesi. *T20urkiye Jeoloji Bülteni*, 41: 41–52.
- Altunel, E., Ocakoğlu, F., Karabacak, V., Orhan, A. ve Yalçiner, C. (2003). *Odunpazarı Belediyesi İçinde İmara Kapatılan Alanın Yerleşime Uygunluk Açısından İncelenmesi*, Odunpazarı Belediyesi İçin Hazırlanmış Etüt Raporu (yayınlanmamış).
- Ambraseys, N. (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press. ISBN 978 0 521 87292 8. doi:10.1017/S0016756810000452
- Arslan, S., 2012. Türkiye 1/1.500.000 Ölçekli Gravite Bouguer Anomali Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ayday, C., Atlan, M., Nefeslioğlu, H.A., Canıgür, A., Yerel, S. ve Tün, M. (2001). *Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Eskişehir Yerleşim Yerinin Yerleşim Amaçlı Jeoloji ve Jeoteknik Etüt Raporu*. Anadolu Üniversitesi, Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, Eskişehir.
- Barka, A. A., 1992, The North Anatolian fault zone, *Annales Tectonicae*, 6, p.164-195.
- Barka, A. A. ve Kadinsky-Cade, K. (1988). *Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity*. Tectonics. <https://doi.org/10.1029/TC007i003p00663>
- Barka, A. ve Reilinger R. (1997). Active Tectonics of Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic ve seismicity data, *Annali Di Geofisica*, X2(3), 587–610.
- Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F. ve Şengör, A.M.C. (1995). *The Isparta Angle: Its evolution and importance in the tectonics of the eastern Mediterranean region: Int. Earth Sci. Colloq. Aegean Region, Abs.*, p.6.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Bozkurt, E., & PARK, L. R. (1994). Southern Menderes Massif: an incipient metamorphic core complex in western Anatolia, Turkey. *Journal of the Geological Society*, 151(2), 213-216.
- Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 3-30.
- Canitez, N. ve Üçer, B. (1967). Computer determinations for the fault-plane solutions in and near Anatolia. *Tectonophysics*, 4: 235-244.
- Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. (1979). *Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone*: Geol. Soc. Of America Bull. Part I, 90, 84-92.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S., Çan, T., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Şaroğlu, F. (2017). *Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve Özellikleri. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı*, (Ed. T.Y. Duman). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-34, 12 s. Ankara-Türkiye.
- Emre, T. (1996). Geology and the Tectonics of the Gediz Graben. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 5(3), 171-185.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. ve Özalp, S. (2011a). *1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Eskişehir (NJ 36-1) Paftası, Seri No: 15*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y. ve Özalp, S. (2011b). *1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Kütahya (NJ 35-4) Paftası, Seri No: 10*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F. (2013). *1/250.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi, Ankara, Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. (2018). Active Fault Database of Turkey. *Bull Earthquake Eng.* DOI 10.1007/s10518-016-0041-2.
- Emre, T., ve Sözbilir, H. (1997). Field evidence for metamorphic core complex, detachment faulting and accommodation faults in the Gediz and Büyük Menderes grabens, western Anatolia. *Iesca Proceedings*, 1, 73-93.
- Gökçe, O., Tüfekçi, M.K. ve Gürboğa, Ş. (2014). *Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi ve Fay Sakınım Bantlarının Oluşturulması*. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, 387 s., Ankara.
- Gözler, M.Z., Cevher F. ve Küçükayman, A. (1985). *Eskişehir civarının jeolojisi ve sıcak su kaynakları*. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 21: 39–54.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Gündoğdu, E. (2009). *Eskişehir Fayı'nın Kinematiki Depremselliği ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İncelenmesi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gürer, Ö. F., Sarica-Filoreau, N., Özbüran, M., Sangu, E., & Doğan, B. (2009). Progressive development of the Büyük Menderes Graben based on new data, western Turkey. *Geological Magazine*, 146(5), 652-673.
- Heidbach, O., Custodio, S., Kingdon, A., Mariucci, M.T., Montone, P., Müller, B., Pierdominici, S., Rajabi, M., Reinecker, J., Reiter, K., Tingay, M., Williams, J., Ziegler, M. (2016). *Stress Map of the Mediterranean and Central Europe 2016*. GFZ Data Services. <https://doi.org/10.5880/WSM.Europe2016>
- Heidbach, O., Rajabi, M., Reiter, K., Ziegler, M., & Wsm Team. (2016). World stress map database release 2016. *GFZ Data Services*, 10, 1.
- Hetzl, R., Passchier, C. W., Ring, U., & Dora, O. O. (1995). Bivergent extension in orogenic belts: the Menderes massif (southwestern Turkey). *Geology*, 23(5), 455-458.
- Karabacak, V., Sançar, T., Yıldırım, G., and Uysal, T., (2022). When did the North Anatolian fault reach southern Marmara, Turkey? *Geology*, v. 50, p. 432-436, <https://doi.org/10.1130/G49726.1>
- Karabacak, V., Özkaymak, Ç., Koçbulut, F. (2024). Eskişehir Büyükşehir Belediyesi 148,68 Hektarlık Alana İlişkin Jeolojik-Jeoteknik Rapor ve Onayı İşİ Kapsamında Etüt Alanının, Aktif Tektonik, Paleosismolojik ve Yüzey Faylanma Tehlikesi Açısından Değerlendirilmesi.
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. and Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz Graben for Episodic Two-stage Extension in Western Turkey. "Journal of the Geological Society", 156, p.605-616.
- Koçyiğit A., Ünay, E. ve Saraç, G. (2000). *Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west central Anatolia and the Isparta Angle: a case study in the Akşehir-Afyon Graben, Turkey*. In: Bozkurt, E., Winchester, J.A. & Piper, J.D.A. (eds), *Tectonics and Magmatism in Turkey and Surrounding Area*. Geological Society, London, Special Publications, v.173, pp: 405-421.
- Koçyiğit, A. (2005). *Türkiye ve yakın çevresinin neotektonik bölümlenmesi: Güneybatı Türkiye'de Neotektonik rejimin gelişim tarihçesi, çok yönlü genişleme ve deprem tehlikesi*. Workshop, 1, 1-2.
- KRDAE-UDİM: Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/>).

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Kürçer, A., Pekkan, E., Tün, M. ve Kahraman, S. (2014). The first paleoseismic and new neotectonic data from Eskişehir fault, major Anatolian neotectonic structure, Central Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 16, EGU2014-11937.
- Le Pichon, X., & Angelier, J. (1979). The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60(1-2), 1-42.
- Lips, A. L., Cassard, D., Sözbilir, H., Yılmaz, H., & Wijbrans, J. R. (2001). Multistage exhumation of the Menderes massif, western Anatolia (Turkey). *International Journal of Earth Sciences*, 89, 781-792.
- Marrett, R. A., ve Allmendinger, R. W., 1990, Kinematic analysis of fault-slip data: *Journal of Structural Geology*, v. 12, p. 973-986.
- McCalpin, J. P. (1996). *Paleoseismology*, Amsterdam: Academic Press. 588 s.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., ... & Veis, G. (2000). Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B3), 5695-5719.
- McKenzie, D. (1972). *Active Tectonics of Mediterranean Region*, Geophys. J. R. Astro. Soc., 30, 109-185.
- McKenzie, D.P. (1978). *Active Tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: The Aegean Sea and Surroundings Regions (Tectonics of the Aegean Region)*, Geophys. J. R. Astr. Soc., 55, 217-254
- Mueller, St., H.-G. Kahle, and A. Barka, Plate tectonic situation in the Anatolian-Aegean region, in *Active Tectonics of Northwestern Anatolia: The Marmara Project*, edited by C. Schindler, and M. Pfister, Verlag der Fachvereine, Zurich, in press, 1997.
- Nyst, M., & Thatcher, W. (2004). New constraints on the active tectonic deformation of the Aegean. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B11).
- Ocakoğlu, F., Altunel, E. ve Yalçın, Ç. (2005). *Eskişehir bölgesinin neotektonik dönemdeki tektono-stratigrafik ve sedimantolojik gelişimi*. Eskişehir, Turkey: Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Final Raporu (in Turkish).
- Ocakoğlu, F. (2007). *A re-evaluation of the Eskişehir Fault Zone as a recent extensional structure in NW Turkey*. *J Asian Earth Sci* 31: 91–103.
- Ocakoğlu, F., Açıkalin, S., Gökçeoğlu, C., Karabacak, V., Cherkinsky, A. (2009). A multistory gigantic subaerial debris flow in an active fault scarp in NW Anatolia, Turkey: anatomy, mechanism and timing. *The Holocene*, 19(6), 955-965.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ocakoğlu, F. ve Açıkalın, S. (2010) *Field evidences of secondary surface ruptures occurred during the 20 February 1956 Eskişehir earthquake in the NW Anatolia*. J. Earth Syst. Sci. 119, No 6, p. 841-851.
- Okay A.I., Satir M., Zattin M., Cavazza W., Topuz G., 2008. An Oligocene ductile strike-slip shear zone: The Uludağ Massif, northwest Turkey—Implications for the westward translation of Anatolia, *GSA Bulletin* 120, 893-911.
- Okay, A. (2011). Tavşanlı Zonu: Anatolid-Torid Blok'nun Dalma-Batmaya uğramış kuzey ucu. *MTA Dergisi*, 142, 195-226, 2022.
- Öcal, N. (1959). *20 Şubat 1956 Eskişehir Zelzelesinin Makro ve Mikrosismik Etüdü*. İstanbul, Turkey: İTÜ Sismoloji Enstitüsü (in Turkish).
- Özalp S., Emre Ö., Doğan A. (2013). The segment structure of Southern Branch of the North Anatolian Fault and paleoseismological behaviour of the Gemlik Fault, NW Anatolia. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 147, 1-17.
- Rathje, E.M., Bachuber, J., Cox, B., French, J., Green, R., Olson, S., Rix, G., Wells, D., ve Suncar, O. (2010). *Geotechnical Engineering Reconnaissance of the 2010 Haiti Earthquake*, Geo-engineering Extreme Events Reconnaissance Report.
- Reilinger, R. E., McClusky, S. C., Oral, M. B., King, R. W., Toksoz, M. N., Barka, A. A., Kınık, O., Lenk, I., Sanli, I. (1997). Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B5), 9983-9999.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G. (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.
- Reiter, L. (1995). *Paleoseismology- a users perspective*. In *Perspectives in Paleoseismology*, (L.Serva ve D.B. Slemmons, eds.), Assoc. Eng. Geol. Spec. Publ. Vol. 6, pp. 3-6.
- Selçuk, A., & GÖKTEN, Y. E. (2012). Neotectonic characteristics of the İnönü-Eskişehir Fault System in the Kaymaz (Eskişehir) Region: influence on the development of the Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ Basin. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21(4), 521-545.
- Sağlam Selçuk, A., Gökten, E. ve Aktuğ, B. (2016). *The stress state of the region around İnönü-Eskişehir active fault system (Turkey); kinematic analysis accompanied with GPS data*. J. Ind. Geophys. Union, v.20, no.6, pp.527-535.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Selim H.H., Tüysüz O., 2013. The Bursa-Gönen Depression, NW Turkey: a complex basin developed on the North Anatolian Fault, *Geological Magazine* 150 (5), 801-821.
- Seyitoğlu, G., & Scott, B. (1991). Late Cenozoic crustal extension and basin formation in west Turkey. *Geological Magazine*, 128(2), 155-166.
- Seyitoğlu, G., & Scott, B. C. (1992). The age of the Büyük Menderes graben (west Turkey) and its tectonic implications. *Geological Magazine*, 129(2), 239-242.
- Seyitoğlu, G., Çemen, I., Şben, S., & Isbık, V. (2002, October). Extensional tectonics and related basin development in Western Turkey. In *Extensional Tectonics in the Southern Basins and Ranges, United States, and in Western Turkey. Denver Annual Meeting (October 27–30), Abstracts with Programs, The Geological Society of America, Session* (No. 79).
- Seyitoğlu, G., Işık, V., & Cemen, I. (2004). Complete Tertiary exhumation history of the Menderes massif, western Turkey: an alternative working hypothesis. *Terra Nova*, 16(6), 358-364.
- Seyitoğlu G, Esat K, Temel A. ve Telsiz, S. (2010). *Determination of main strand of a strike-slip fault by using subsidiary structures: Eskişehir Fault Zone as a case study*. In: *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa-Arabia, Abstracts with Programs* (8-1). Ankara, Turkey: METU, p. 38.
- Seyitoğlu, G., Ecevitoglu, G.B., Kaypak, B., Güney, Y., Tün, M., Esat, K., Avdan, U., Temel, A., Çabuk, A., Telsiz, S., Uyar Aldaş, G.G. (2015). Determining the main strand of the Eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary structures and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies. *Turkish J Earth Sci* 24: 1-20.
- Seyitoğlu, G., & Işık, V. (2015). Late Cenozoic extensional tectonics in western Anatolia: Exhumation of the Menderes core complex and formation of related basins. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 151(151), 47-106.
- Seyitoğlu G., Kaypak B., Aktuğ B., Gürbüz E., Esat K., Gürbüz A., (2016). An alternative route for the southern branch of the North Anatolian Fault Zone, NW Turkey. *Geological Bulletin of Turkey* 59 (2), 115- 130.
- Seyitoğlu, G., Esat, K., 2022. Uludağ Extensional Metamorphic Core Complex: preliminary field observations. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 169, 49-61
- Slemmons, D. B., & McKinney, R. (1977). *Definition of " active Fault"*. Department of Defense, Department of the Army, Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Soils and Pavements Laboratory.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Uzel, B., & Sümer, Ö. (2018). Criteria for Surface Rupture Microzonation of Active Faults for Earthquake Hazards in Urban Areas. In *Handbook of Research on Trends and Digital Advances in Engineering Geology* (pp. 187-230). IGI Global.
- Sümer, Ö., Sözbilir, H., & Uzel, B. (2020). Büyük Menderes Grabeni'nin Rolling Hinge (Yuvarlanan Reze) Modelinde Supra-Detachment (Sıyrıma Üstü) Havzadan Rift Havzasına Evrimi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 63(3), 241-276.
- Şaroğlu, F., Emre Ö., Doğan A. ve Yıldırım, C. Ç. (2005). *Eskişehir Fayı ve Deprem Potansiyeli*. Eskişehir Fayı ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı. Osmangazi Üniversitesi. 28-30 Nisan 2005, Eskişehir, Bildiri Özleri Kitapçığı.
- Şengör, A.M.C. (1979). *The North Anatolian Transform Fault. its age offset and tectonic significance*: J. Geol. Soc. Lond, 136: 269-282.
- Şengör, A.M.C. (1980). *Türkiye'nin neotektoniğinin esasları*: Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Serisi 2.
- 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 faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study*. Soc. Ecol. Paleontol. Mineral. Spec. Publ., 37, 227-264.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., Imren, C., Sakinç, M., Eyidogan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Rangin, C., 2005, The North Anatolian fault: A new look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112.
- Tokay, F. ve Altunel, E. 2005. Eskişehir Fay Zonu'nun İnönü-Dodurga Çevresinde Neotektonik Aktivitesi. *MTA Dergisi*, 130, 1-15
- Tün, M., Avdan, U., Kaplan, O., Güney, Y., Çabuk, A., Kaypak, B., Uyar Aldaş., G., Ecevitoglu, B., Esat, K. and Seyitoğlu G (2010). *A new look to the Eskişehir Fault. Seismic Interpretation Session 2, No: 43*. In: 19th International Geophysical Congress & Exhibition, Ankara, Turkey.
- Wallace, R.E. (1981). *Active faults, paleoseismology, and earthquake hazards in the western United States*.- In: Simpson, D.W. & Richards, T.G. (eds.): *Earthquake prediction: An international review*.- American Geophys. Union, Maurice Ewing Serie, 4-209-216.
- Wells, D.L. ve Coppersmith, K.J. (1994). *New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement*, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84, no. 4, 974-1002.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Yaltrak, C. (2002). Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190, 493-529.
- Yaltrak, C., Alpar, B. ve Yüce, H. (1998). Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (northeastern Aegean Sea, Turkey). *Tectonophysics*, 300, 227–248.
- Yaltrak, C., Mehmet, S., Tapırdamaz, C., Ocakoğlu, F., Demiroğlu, M., Özsayın, E., Açıkalm, S., 2010, Batı Anadolu ve Ege'de Miyosen tektonik bulmacasının kayıp parçası Trakya Eskişehir Fay Zonu TEFZ. 63. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Turkey

