

Aktif Fayları Geçen Antik Yollarda Tarihsel Deprem İzlerinin Araştırılması
Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Pilot alışma

İsmet Elma

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz 2020

Investigation of Effects of Historical Earthquakes on Ancient Roads Across Active Faults
A Pilot Study on the North Antolian Fault Zone

İsmet Elma

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

July 2020

Aktif Fayları Geçen Antik Yollarda Tarihsel Deprem İzlerinin Araştırılması
Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Pilot alışma

İsmet Elma

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

Danışman: Prof. Dr. Erhan Altunel

Temmuz 2020

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Erhan ALTUNEL danışmanlığında hazırlamış olduğum “Aktif Fayları Geçen Yollarda Tarihsel Deprem İzlerinin Araştırılması Kuzey Anadolu Fay Zonu Üzerinde Pilot Çalışma” 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 bilimsel etik 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. 27/07/2020

İsmet ELMA

İmza

ÖZET

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ülkemizin içinde bulunduğu bölgede yıkıcı depremlere kaynaklık eden en önemli aktif tektonik yapılardan biridir. KAFZ üzerinde yakın geçmişte ve tarihsel dönemlerde yıkıcı depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bu depremler, yüzey faylanması oluşturmuşlar ve üzerlerinde bulunan insan yapımı yapılarda hasarlara ve ötelenmelere neden olmuşlardır. Anadolu, dünyada ilk planlı yerleşimlerin ortaya çıktığı bir bölgede yer almaktadır ve yerleşimler o günden bugüne kesintisiz devam etmektedir. Anadolu'da yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte, farklı boyutlarda yerleşim yerleri ortaya çıkmış ve bu yerleşim yerlerinin birbirleri ile ticaret, savaş vb. nedenlerle iletişime geçmeleri sonucu aralarında ulaşımı sağlamak amacıyla yollar inşa edilmiştir. Anadolu'da zaman içinde gelişen yol ağları, bazı bölgelerde aktif fayları karşıdan karşıya geçmek zorunda kalmışlardır. Herhangi bir aktif fayı karşıdan karşıya geçen yollar, o fay zonu üzerinde meydana gelen yüzey kırığı yaratan depremlerden etkilenecekleri için deprem verilerini kayıt etme potansiyeline sahiptir. Bu tür arkeolojik kalıntılarda saklı kayıtların ortaya çıkarılması; fayın kesin yeri, fay zonu üzerinde meydana gelen tarihsel depremlerin büyüklükleri, deprem sırasındaki atım miktarı, kayma hızı gibi parametrelerin belirlenmesinde önemli bilgiler vermektedir. Arkeolojik kalıntıların bu potansiyeli göz önünde bulundurularak KAFZ'nun Havza Segmenti üzerinde bir çalışma yapılmıştır. Havza Segmenti üzerinde en son 1943 yılında $M=7.6$ bir deprem meydana gelmiş ve yüzeyde 6 m ye yakın sağ yanal yer değiştirmelere neden olmuştur. Havza Segmenti, Karadeniz kıyılarındaki önemli yerleşim yerleri ile İç Anadolu'daki yerleşim yerleri arasında bir tektonik sınır oluşturduğu için bu yerleşim yerleri arasında bulunan yollar bu segmenti karşıdan karşıya geçmek zorundadır. Bu nedenle, Havza Segmenti civarında yapılan çalışmalarda dört farklı lokasyonda bu segmenti karşıdan karşıya geçen antik yol belirlenmiştir. Çalışılan alanın en batısındaki 1. lokasyonda bulunan bir antik yolun yaklaşık 40 ± 5 metre, 2. lokasyonda yer alan antik yolun 10 metre, 3. lokasyonda yer alan antik yolun 8 m ve en doğudaki 4. lokasyonda yer alan bir başka antik yolun 40 ± 5 metre sağ yanal ötelenildiği tespit edilmiştir. Yolların yaşları bilinmemekle birlikte fay üzerinde 10 mm/yıl'dan fazla kayma hızı olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: KAFZ, aktif fay, arkeosismoloji, tarihsel deprem, antik yol

SUMMARY

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is one of the most important active tectonic structures which produces destructive earthquakes in Anatolia. It is well known that destructive earthquakes occurred on the NAFZ in recent and historical periods. These earthquakes involved surface ruptures and damaged man-made structures as a result of displacement. Anatolia is one of the first region where planned settlements were first established and going on continuously. Settlements in various size were emerged within time and roads were constructed between different settlements for transportation. Considering the extend of active faults and the road network all over Anatolia, some roads must cross active faults in some regions. Roads which cross an active fault have potential to record earthquake data since they are affected by surface ruptures of large earthquakes. Inferring these records in archaeological remains provide valuable information about some parameters of active fault such as the exact location of the fault, the magnitude of the historical earthquakes, amount of offset and slip rate. Considering the potential of archaeological remains, a study was conducted on the Havza Segment of the NAFZ. The last large earthquake on the Havza Segment was in 1943 with $M = 7.6$ earthquake which involved about 6 m of right lateral displacements on the surface. As the Havza Segment forms a tectonic border between the important settlements on the Black Sea coast and the settlements in Central Anatolia the roads between these settlements must cross this segment. Therefore, detailed study around the Havza Segment showed that ancient roads cross this segment in four different locations. From west to east along the segment, about 40 ± 5 m, 10 m, 8 m and 40 ± 5 m cumulative right lateral displacement was measured on ancient roads in four different locations. Although the ages of the roads are not known, the slip rate on the fault is observed more than 10 mm/yr.

Keywords: NAFZ, active fault, archaeoseismology, historical earthquakes, ancient road

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinden itibaren tez çalışmasının her aşamasında engin bilgisi ve deneyimleri ile beni yönlendiren, destekleyen ve sonuçlara ulaşmada yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Erhan ALTUNEL (ESOGÜ)'e çok teşekkür ederim.

Tezin yazım aşamasında desteğini esirgemeyen ve 1999 İzmit ve Düzce depremlerine ait fotoğrafları paylaşan Prof. Dr. H. Serdar AKYÜZ (İTÜ)'e çok teşekkür ederim. Bölge ile ilgili makalelerde yardımcı olan Dr. Özgür KOZACI (InfraTerra, Inc.)'ya teşekkür ederim. Saha çalışmalarına katkılarından dolayı Jeo. Yük. Müh. Mohammed HAYAS'a teşekkür ederim.

Tüm eğitimim boyunca beni hep destekleyen, cesaret veren ve bugünlere ulaştıran annem Şenay ELMA, babam Mehmet ELMA'ya, tez çalışmam boyunca tüm kalpleri ile yanımda olan kardeşlerim Ekrem ve Nur ELMA'ya sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	13
2.1. KAFZ ile İlgili Genel Çalışmalar	13
2.2. KAFZ-Havza Segmenti’ni de İçine Alan Çalışmalar	16
2.3. Fay Araştırmalarında Arkeolojik Verileri Kullanan Çalışmalar	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
4. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE SİSMOTEKTONİK DURUMU	21
4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi	21
4.2. Çalışma Alanının Sismotektoniği.....	23
4.2.1. Tarihsel depremler	23
4.2.2. Aletsel depremler	28
5. ARAZİ GÖZLEMLERİ	30
5.1. Tepeören-Köprübaşı Lokasyonu	32
5.2. Arslançayırı Lokasyonu	50
5.3. Mısmılağaç Lokasyonu	60
5.4. Başlamış Lokasyonu	64
6. BULGULAR VE TARTIŞMA	71
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR DİZİNİ	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Türkiye'nin ve yakın çevresinin ana tektonik yapılarını gösteren harita	2
1.2. Neotektonik çalışmalarda yararlanılan disiplinler ve her bir disiplinin etkin olduğu zaman aralıkları	2
1.3. a. KAFZ üzerinde 20. yy'da meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıklarının uzanımını gösteren harita b. KAFZ üzerinde meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıkları üzerindeki atım bütçesi	4
1.4. a. Arifiye (Adapazarı) yakınlarında 1999 depreminin yüzey kırığı tarafından ötelenen bir tarla yolu b. Güven köyü yakınlarında 1999 Düzce depreminin yüzey kırığı tarafından ötelenen yol	5
1.5. Günümüzde kullanılan modern yollar	7
1.6. a. Hitit Çağında Anadolu kentleri b. Anadolu ve çevresinde M.Ö. 9. ve 7. yy'lar arasında yaşamış olan medeniyetler c. Anadolu'daki Roma yolların güzergahı	8
1.7. Ülkemizin önemli aktif tektonik yapılarından KAFZ ve DAFZ'nu gösteren harita	9
1.8. Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu görüntüsü	10
1.9. a. 1943 depremi yüzey kırığının uzanımı ve Havza segmentinin konumu b. Çalışma alanını gösteren üç boyutlu sayısal yükseklik modeli	11
1.10. Çalışma alanı ve yakın çevresinde Roma Dönemi yollarını gösteren harita	12
4.1. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası	22
4.2. KAFZ üzerinde 20. yy'da meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıklarının uzanımı ve depremlerin odak mekanizması çözümleri	23
4.3. 1943 Tosya-Ladik depremi yüzey kırığının	28
4.4. 1943 yüzey kırığın Havza segmenti boyunca atım dağılımı	29
5.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası. Sarı dörtgenler arazi çalışmalarının yapıldığı alanları göstermektedir	31
5.2. Tepeören-Köprübaşı lokasyonunun Google Earth görüntüsü	33
5.3. Tarla sınırında görülen sağ yanal yamulma	34
5.4. a. Köprübaşı köyünde bulunan bir evin duvarında görülen çatlaklar b. Başka bir evin iç duvarında görülen çatlaklar	35
5.5. Köprübaşı köyü içinde bulunan eski bir duvar	36
5.6. a. Günümüzde kullanılan köprü ve eski köprünün ayakları, b. Eski köprü ayakları ve eski yol	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.7. Eski köprüye ait kalıntıların yakından görünümü	38
5.8. Köprünün kuzeyinde eski yol	39
5.9. Köprünün kuzeyinde eski yol üzerinde bulunan	40
5.10. Eski yolun Google Earth görüntüsü	42
5.11. a. K-G uzanımlı ana yolun bataklık içinde kalan kesimi b. yol kenarında eski duvar c. yaklaşık 8 m genişliğinde eski yol	44
5.12. Eski yolun kenarında bulunan çeşmenin görünümü	45
5.13. Ana yoldan batıya doğru ayrılan yolun görünümü	47
5.14. Ana yoldan doğuya doğru ayrılan yolun görünümü	49
5.15. Arslançayırı lokasyonunun Google Earth görüntüsü	51
5.16. a. Çayırılık alanda küçük bir dere yatağında görülen sağ yanal ötelenme b. Tarla sınırında görülen sağ yanal yamulma	52
5.17. 1943 depreminin yüzey kırığı olduğu düşünülen izler	53
5.18. a. Günümüzde kullanılan yol b. yolda görülen sağa doğru yamulmanın yakından görünümü	55
5.19. a. Eski yolun kenarında bulunan çeşme b. Gömülü insan yapımı bloklar c. Çeşmenin yapımında kullanılan eski dönemlere ait insan yapımı bloklar	57
5.20. Eski yolun Google Earth görüntüsü	58
5.21. Mezarlığın batı kenarı boyunca izlenebilen yaklaşık 7 m genişliğinde eski yol	59
5.22. Mısmılağaç lokasyonunun Google Earth görüntüsü	61
5.23. Tarla sınırlarında görülen sağ yanal yamulmalar	62
5.24. Mısmılağaç lokasyonunda yer alan yaklaşık 4 m genişliğinde eski yolda sağ yanal ötelenme	63
5.25. Başlamış lokasyonunun Google Earth görüntüsü	65
5.26. Tarla sınırlarında görülen sağ yanal yamulmalar	66
5.27. Başlamış lokasyonunda yer alan sag pond	67
5.28. Eski yolun hava fotoğrafı	68
5.29. Fayın kuzeyinde izlenebilen 7 m genişliğinde eski yol	69
5.30. Fayın güneyinde izlenebilen 7 m genişliğinde eski yol	70

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**Sekil****Sayfa**

6.1. Tepeören köyünün yaklaşık 2 km doğusunda bulunan eski yolun Google Earth görüntüsü	76
6.2. Başlamış lokasyonunda bulunan antik yolun Google Earth uydu görüntüsü	77
6.3. Arslançayırı lokasyonunda görülen antik yolun şematik görünümü	78
6.4. Mısmılağaç lokasyonunda görülen eski yolun şematik görünümü	79
6.5. Tepeören-Köprübaşı lokasyonunda görülen eski yolun şematik görünümü	81
6.6. Başlamış lokasyonunda görülen eski yolun şematik görünümü	82

ÇİZELGELER DİZİNİ

Cizelge

Sayfa

2.1. KAFZ üzerinde 20. yy'da meydana gelen büyük depremler	15
4.1. Çalışma alanı civarının paleosismoloji kataloğu	26
4.2. 1943 yüzey kırığı Havza segmenti boyunca yapılmış ötelenme ölçümleri	29
7.1. Havza Segmenti için hesaplanan kayma hızı verileri	84



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Acıklama

±	Artı eksi
~	Yaklaşık

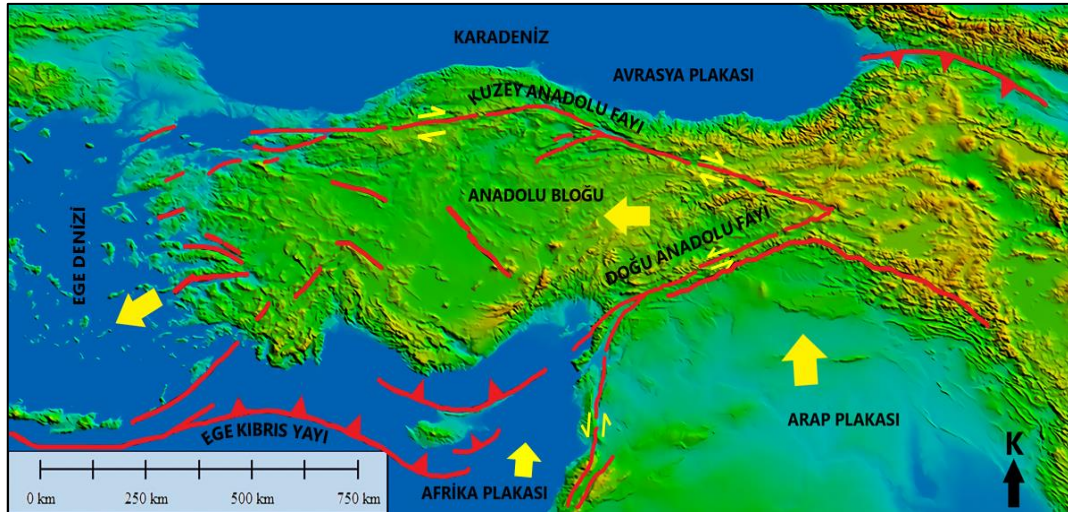
Kısaltmalar

Acıklama

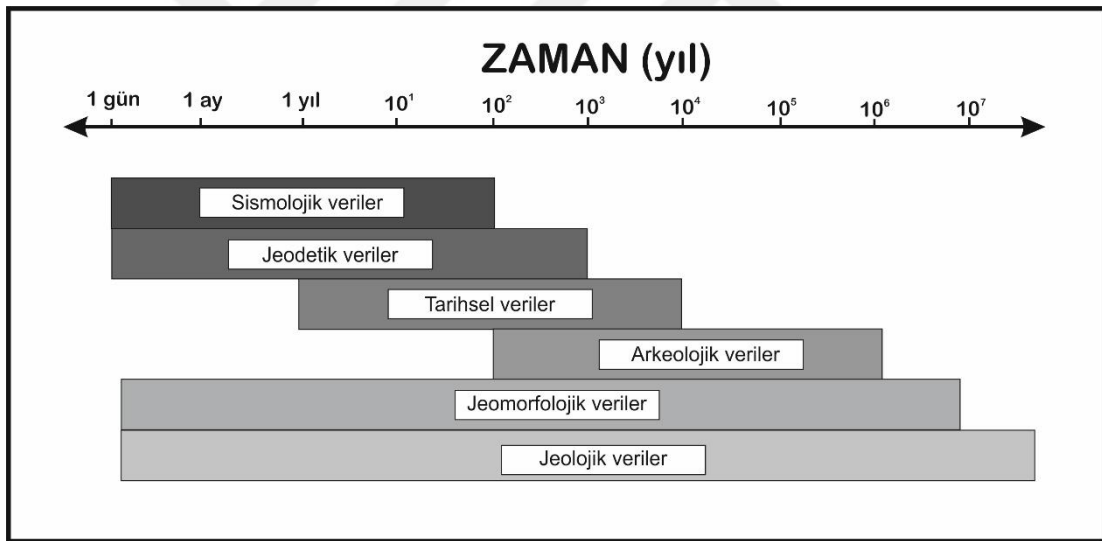
B	Batı
D	Doğu
DAFZ	Doğu Anadolu Fay Zonu
GD	Güneydoğu
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
KB	Kuzeybatı
KAFZ	Kuzey Anadolu Fay Zonu
KAMZK	Kuzey Anadolu Makaslama Zonu
KAK	Kuzey Anadolu Kerojeni
KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
M	Magnitüd
M.Ö.	Milattan Önce
M.S.	Milattan Sonra
MTA	Maden Tetkik ve Arama
ÖDFZ	Ölü Deniz Fay Zonu
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
³⁶ Cl	Klor 36 İzotop

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Yaşadığımız yerkürenin dinamik yapısı birçok doğal olayın meydana gelmesine neden olmaktadır. Bu doğa olaylarının en yıkıcılarından bir tanesi de depremdir. Ülkemiz, dünyanın en önemli deprem kuşaklarından birinde yer almaktadır ve ülkemizde yıkıcı depremlere kaynaklık ettikleri bilinen önemli aktif fay zonları bulunmaktadır (Şekil 1.1). Ülkemizde meydana gelen büyük depremler, etkiledikleri alan içinde önemli can kayıplarına ve maddi hasarlara neden olmaktadır. Büyük depremlerin neden olduğu bu tür hasarları minimum seviyeye indirmek için aktif fayların ayrıntılı araştırılması büyük önem taşımaktadır. Aktif fayların depremselliklerini güvenilir bir şekilde ortaya koyabilmek için fayın mümkün olduğunca uzun dönem aktivitesini araştırmak gerekmektedir. Bu amaçla farklı veri kaynaklarından yararlanılır ancak her veri kaynağının güvenilir bilgi sağlama potansiyeli sınırlıdır (Şekil 1.2). Aktif fayların araştırılmasında kullanılan veri kaynaklarından biri de arkeolojik verilerdir. İnsanoğlu, M.Ö. ~8000’li yıllarda yerleşik hayata geçmiştir (Özdoğan, 2014). Ülkemiz, insanoğlunun yerleşik hayata ilk geçiş yaptığı ve insan aktivitesinin hemen hemen kesintisiz devam ettiği bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle ülkemiz, arkeolojik veriler açısından zengindir. Ülkemizin aktif faylar açısından da zengin olduğu dikkate alınırsa, aktif fayların araştırılmasında bu zengin arkeolojik veri potansiyelinden yararlanılması önem kazanmaktadır. Ülkemiz arkeolojik açıdan zengin ve jeolojik açıdan önemli aktif faylara sahip olmasına rağmen, aktif fayların ve tarihsel depremlerin araştırılmasında arkeolojik verilerden yeteri kadar yararlanıldığı söylenemez. Bu çalışmada, ülkemizin en önemli deprem kaynaklarından biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun (KAFZ) yakın geçmişteki deprem aktivitesini anlamak için arkeolojik verilerden yararlanılması konusu ele alınmıştır.



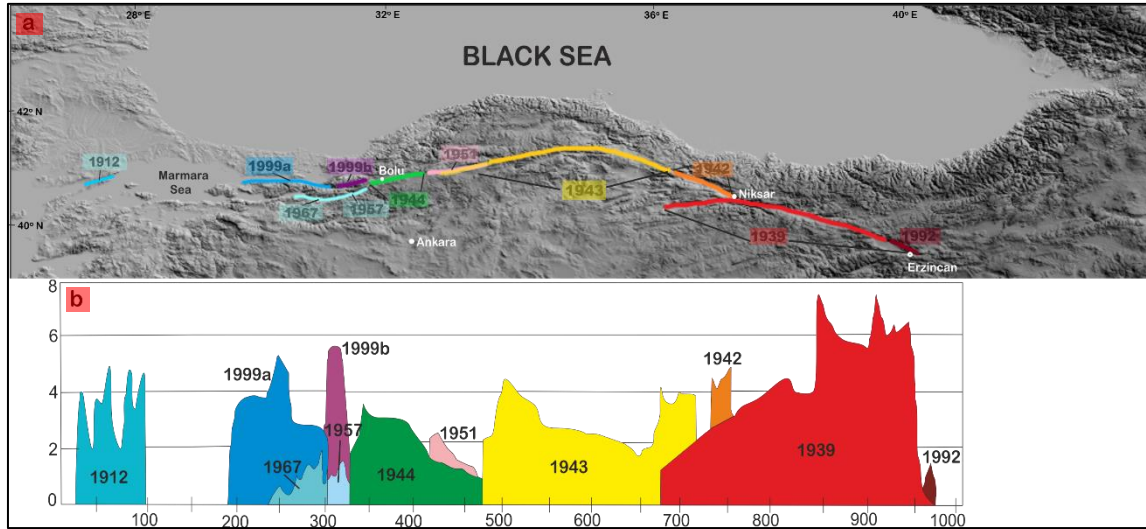
Şekil 1.1. Türkiye'nin ve yakın çevresinin ana tektonik yapılarını gösteren harita (Şengör vd., 1985; Barka, 1992; Bozkurt, 2001) (sarı okların yönü, levhaların hareket yönünü göstermektedir, sayısal yükseklik modeli SRTM verileri kullanılarak üretilmiştir).



Şekil 1.2. Neotektonik çalışmalarda yararlanılan disiplinler ve her bir disiplinin etkin olduğu zaman aralıkları (Stewart ve Hancock, 1994'ten yararlanılarak yeniden çizilmiştir).

Ülkemizde bulunan en önemli aktif tektonik yapılardan biri Kuzey Anadolu Fay Zonu'dur (Şekil 1.1) ve KAFZ üzerinde yakın geçmişte ve tarihsel dönemlerde yıkıcı depremlerin meydana geldiği bilinmektedir (Barka, 1996; Altunel vd., 2000; Barka vd., 2002). KAFZ üzerinde yakın geçmişte meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıkları (Şekil 1.3a), üzerlerinde bulunan insan yapıları yapılarında hasarlara ve ötelenmelere neden olmuşlardır. Örneğin, 1939 Erzincan depremi 360 km yüzey kırığı oluşturmuş ve bu yüzey

kırığı, üzerinde bulunan çeşitli yapılarda 2 ile 7.5 m arasında ötelenmelere neden olmuştur (Barka, 1996). Benzer şekilde, 1912 Mürefte-Şarköy depreminin 50 km uzunluktaki (Gaziköy ile Saroz Körfezi arasında karada izlenebilen) yüzey kırığı, çeşitli yapılarda 1.40 ile 5.40 m arasında ötelenmelere neden olmuştur (Altunel vd., 2000; Altunel vd., 2004). KAFZ üzerinde 1999 yılında meydana gelen İzmit (M=7.4) ve Düzce (M=7.2) depremlerinde ise doğuda Bolu Dağları ile batıda Çınarcık Havzası arasında yüzey kırığı oluşmuş ve kırık üzerinde bulunan çeşitli yapılar yaklaşık 5 metre sağ yanal olarak ötelenmiştir (Barka vd., 2002; Çağatay ve Uçarkuş, 2019) (Şekil 1.3b). 1999 yılında İzmit ve Düzce depremlerinin yüzey kırıkları üzerinde bulunan bütün yollar farklı miktarlarda sağ yanal olarak ötelenmişlerdir. Örneğin, İzmit depreminde Arifiye yakınlarında bir yol 5 m sağ yanal olarak ötelenirken (Barka vd., 2000) (Şekil 1.4a), Düzce depreminde ise Güven köyü yakınlarındaki bir yol yine 5 m sağ yanal ötelenmiştir (Akyüz vd., 2002) (Şekil 1.4b). Yollardaki benzer sağ yanal ötelenmelere KAFZ üzerinde meydana gelen diğer depremlerin yüzey kırıkları üzerinde de rastlanmaktadır. Örneğin, 1939 Erzincan depreminin yüzey kırığı üzerinde bulunan Refahiye'nin kuzeyindeki Çukurçimen köyünde eski bir köy yolunda 7 m (Barka, 1996), 1912 depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan Güzelköy yakınlarındaki bir yolda ise 2.6 m sağ yanal ötelenme (Altunel vd. 2000) ölçülmüştür. Benzer şekilde, aktif faylar üzerinde tarihsel dönemlerde de yüzey kırığı oluşturan depremler meydana gelmiş ve depremin olduğu tarihte var olan insan yapımı yapılar, yüzey faylanmasına bağlı olarak hasar görmüş ve ötelenmişlerdir. Tarihsel depremlerin yüzey kırıkları tarafından hasar gören insan yapımı yapılara ülkemizin farklı bölgelerinde rastlanmaktadır. Bunlara, Priene antik kenti (Altunel, 1998), Hierapolis antik kenti (Hancock ve Altunel, 1997), Söke yakınlarında bir Osmanlı köprüsü (Yönlü vd. 2010), Helenopolis (bugünkü Hersek) antik kentinde bir su kanalı (Kozacı vd. 2011) örnek olarak verilebilir. Ayrıca, Antioch (bugünkü Antakya) ile Halep antik kentleri arasındaki antik yol, Demirköprü (Antakya) yakınlarında Ölü Deniz Fay Zonu'nu geçmektedir ve bu antik yolun yaklaşık 25 m sol yanal olarak ötelendiği ileri sürülmektedir (Altunel vd., 2009).

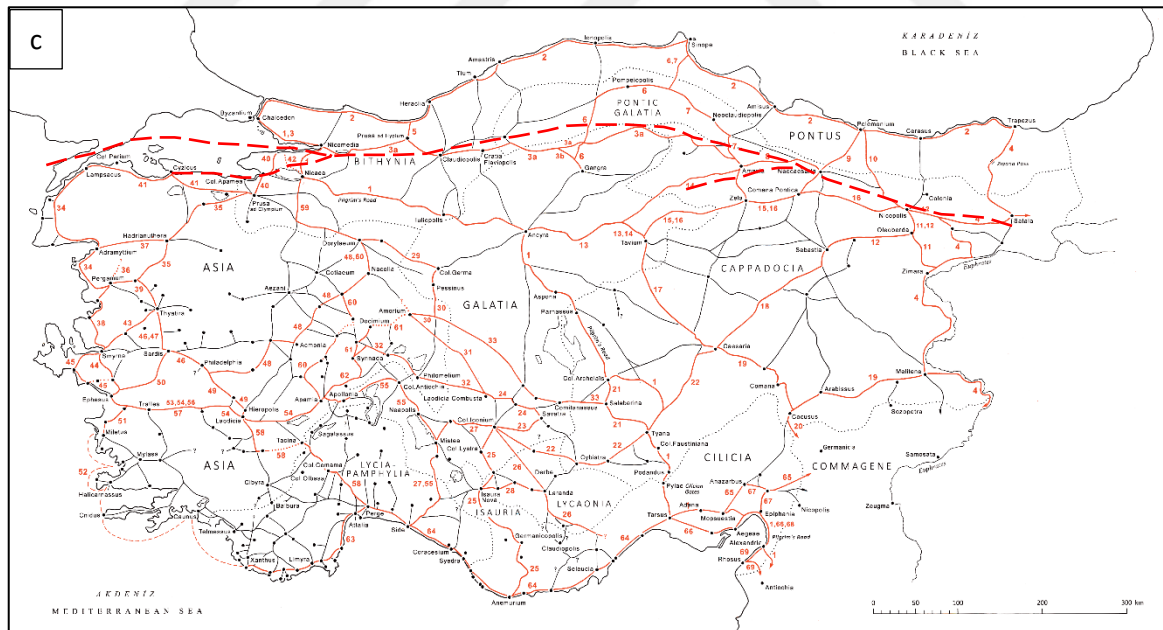


Şekil 1.3. a) KAFZ üzerinde 20. yy'da meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıklarının uzanımını gösteren harita (Sayısal Yükseklik Modeli SRTM verileri kullanılarak üretilmiştir). b) KAFZ üzerinde meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıkları üzerindeki atım bütçesi (1939, 1942, 1943, 1944, 1951, 1957, 1967 ve 1992 depremlerine ait veriler Barka (1996)'dan, 1912 depremi Altunel vd., (2000)'den, 1999a Barka vd., (2002)'den ve 1999b Akyüz vd., (2002)'den derlenerek tekrar çizilmiştir).

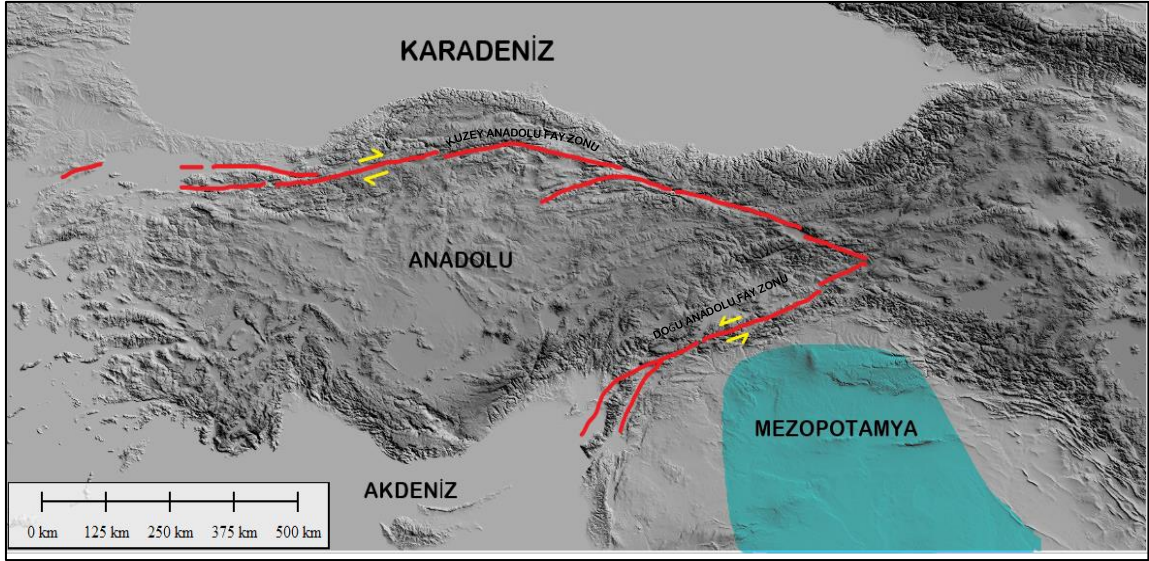


Şekil 1.4. a) Arifiye (Adapazarı) yakınlarında 1999 İzmit depreminin yüzey kırığı tarafından ötelenen bir tarla yolu (Fotoğraf E. Altunel). b) Güven Köyü yakınlarında 1999 Düzce depreminin yüzey kırığı tarafından ötelenen yol (Fotoğraf S. Akyüz) Sarı oklar yüzey kırığının uzanımını işaret etmektedir.

Anadolu, dünyada ilk planlı yerleşimlerin ortaya çıktığı bir bölgede yer almaktadır ve yerleşimler o günden bugüne kesintisiz devam etmektedir. Anadolu'da yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte, farklı boyutlarda yerleşim yerleri ortaya çıkmış ve bu yerleşim yerlerinin birbirleri ile ticaret, savaş gibi nedenlerle iletişime geçmeleri sonucu aralarında ulaşımı sağlamak amacıyla yollar inşa edilmiştir. Zaman içinde ortaya çıkan ihtiyaçlar doğrultusunda ya yeni yollar inşa edilmiş ya da mevcut yollar kullanılmaya devam edilmiştir. Ülkemizin en önemli deprem kaynaklarından biri olan KAFZ, Karadeniz kıyısı ile Anadolu'nun iç kesimleri arasında bir sınır oluşturmaktadır ve bu iki bölge arasında bulunan modern yollar, KAFZ'nu karşıdan karşıya geçmek zorundadır (Şekil 1.5). Benzer şekilde, bu iki bölge arasında antik dönemlerde de yollar bulunmaktadır ve bu yollar da KAFZ'nu karşıdan karşıya geçmek zorunda kalmışlardır (Şekil 1.6a,b,c). Ülkemizin bir diğer önemli deprem kaynaklarından olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ise Mezopotamya ile Anadolu arasında bir sınır oluşturmaktadır (Şekil 1.7). Bu fay zonlarını geçen yollar, fay üzerinde meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıkları tarafından hasara uğrayacaktır. Günümüzde örnekleri görüldüğü gibi (Şekil 1.4a,b), tarihsel depremlerin yüzey kırıklarının da depremin meydana geldiği zamanda var olan insan yapımı yapılarda ötelenmelere neden olması kaçınılmazdır. Bu çalışmanın amacı, Havza (Samsun) yakınlarında KAFZ'nu karşıdan karşıya geçen antik yolların fay ile kesiştikleri yerleri tespit etmek ve antik yollarda faylanmaya bağlı olarak herhangi bir ötelenme olup olmadığını ortaya koymaktır. Antik yollarda ötelenme tespit edilmesi halinde, saha verilerine dayalı olarak (makro gözlem) fayın aktivitesi ve eski depremlere ait parametreler (atım miktarı vb.) hakkında bilgiler elde edilmesi amaçlanmaktadır.



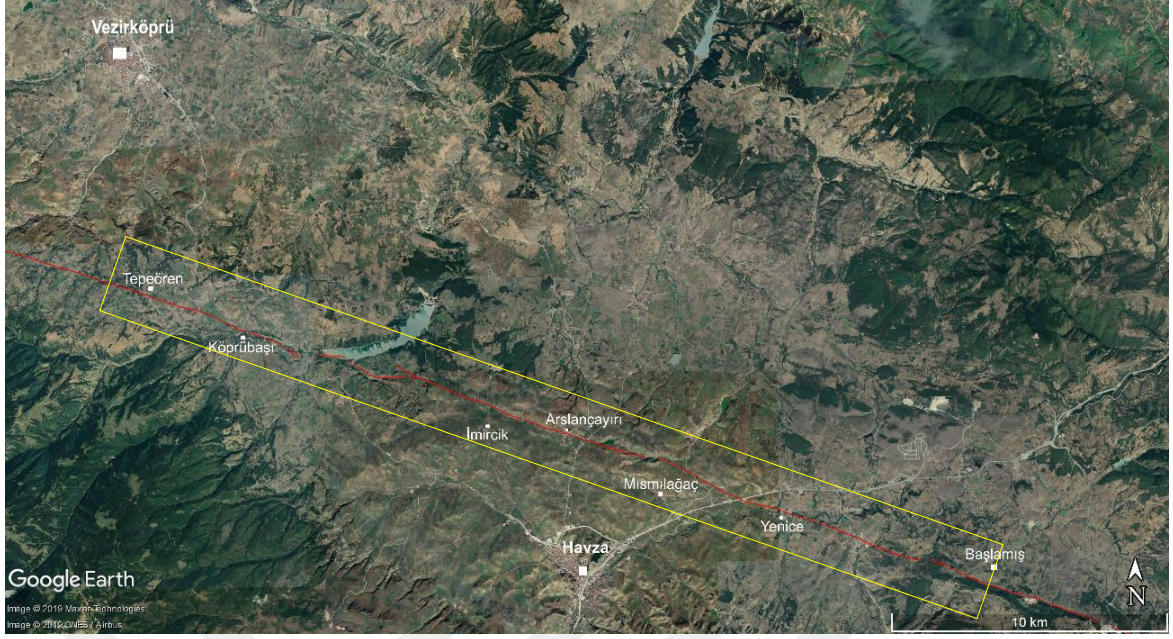
Şekil 1.6. a) Hitit Çağında Anadolu Kentleri (Alp, 2000'den alınmıştır, KAFZ kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiştir), b) Anadolu ve çevresinde M.Ö. 9. ve 7. yy'lar arasında yaşamış medeniyetler (Frank, 2008'den alınmıştır), c) Anadolu'daki Roma yollarının güzergahı (French, 2016'dan alınmıştır). KAFZ kesikli kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.



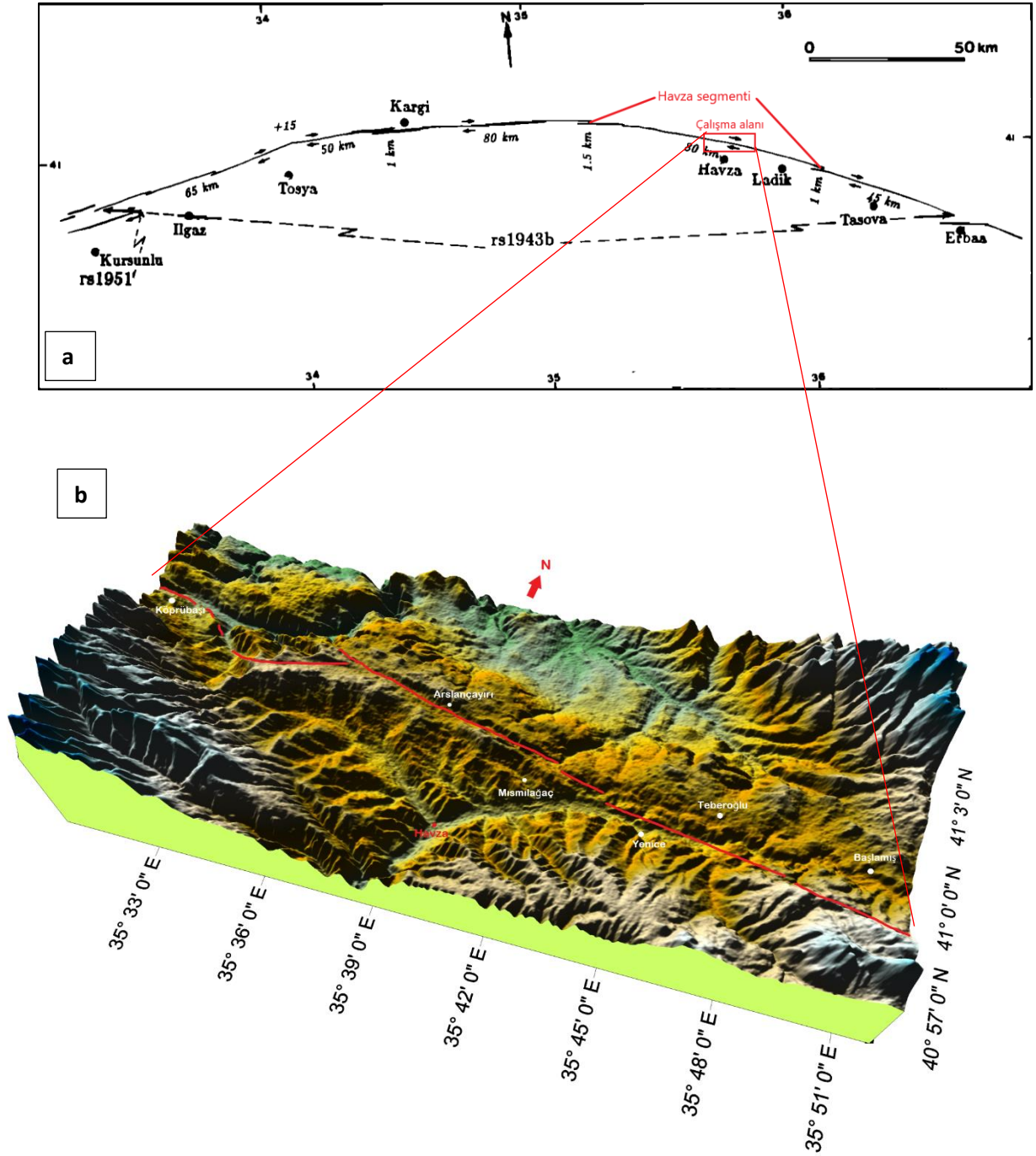
Şekil 1.7. Ülkemizin önemli aktif tektonik yapılarından KAFZ ve DAFZ'nu gösteren harita (KAFZ, Anadolu'nun iç kesimleri ile Karadeniz kıyısı arasında bir sınır oluştururken, DAFZ ise Mezopotamya ile Anadolu'nun iç kesimleri arasında bir sınır oluşturmaktadır, Sayısal yükseklik modeli SRTM verileri kullanılarak üretilmiştir).

KAFZ'nun Havza (Samsun) yakınlarındaki kesimini kapsayan çalışma alanı, batıda Tepeören Köyü (Vezirköprü güneyi) ile doğuda Başlamış Köyü (Havza doğusu) arasında bulunmaktadır (Şekil 1.8). KAFZ'nun bu kesimi üzerinde 1943 Tosya-Ladik depremi ($M=7.6$) meydana gelmiştir (Şekil 1.9a). 1943 depremi yüzey kırığı ile ilgili en kapsamlı segmentasyon çalışmaları Barka (1996) tarafından yapılmış olup, çalışma alanını içerisine alan bölüm araştırmacılar tarafından Havza Segmenti olarak isimlendirilmiştir (Şekil 1.9). Bu çalışmada da Havza segmenti tercih edilmiştir. Çalışma alanında KAFZ'nun uzanımı morfolojide belirgindir ve fayın uzanımı boyunca morfolojik bir koridor oluşmuştur (Şekil 1.9b)

Çalışma alanı ve civarında, antik dönemlerde bölgede Amasia (Amasya), Amisus (Samsun), Therma (Havza), Neoclaudiopolis (Vezirköprü) gibi önemli antik yerleşim yerleri mevcuttur. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki antik dönemlere ait yol ağı Şekil 1.10'da görülmektedir.



Şekil 1.8. Çalışma alanı (sarı dikdörtgen) ve yakın çevresinin uydu görüntüsü (Uydu görüntüsü Google Earth'den alınmıştır, fay zonunun çiziminde Emre vd., 2012'den yararlanılmıştır).



Şekil 1.9. a) 1943 depremi yüzey kırığının uzanımı ve Havza Segmenti'nin konumu (Barka ve Kadinsky-Cade (1988)). b) Çalışma alanını gösteren üç boyutlu sayısal yükseklik modeli (Sayısal yükseklik modeli SRTM verileri kullanılarak üretilmiştir). Kırmızı çizgi KAFZ'nun uzanımını göstermektedir.



Şekil 1.10. Çalışma alanı ve yakın çevresinde Roma Dönemi yollarını gösteren harita (French, 2016). KAFZ'nun uzanımı kesikli kırmızı çizgi ile gösterilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Batıda Saroz Körfezi ile doğuda Karlıova arasında uzanan yaklaşık 1100 km uzunluğundaki KAFZ, ülkemizde üzerinde en çok çalışma yapılan aktif tektonik yapılardan biridir. Bu çalışma, bu önemli tektonik yapının sadece bir segmenti ile sınırlıdır ve aktif tektonik ile birlikte arkeoloji gibi farklı bir disiplin de içermektedir. Bu nedenle çalışmanın bu kesiminde, KAFZ'nun genel aktif tektonik özellikleri verildikten sonra Havza Segmenti üzerinde yapılan çalışmalar ve konu ile ilgili arkeolojik bilgiler verilecektir.

2.1. KAFZ ile İlgili Genel Çalışmalar

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), dünyanın en önemli aktif doğrultu atımlı faylarından biridir. KAFZ, Avrasya Levhası ve göreceli olarak batıya doğru hareket eden Anadolu Bloku arasında tektonik bir sınır oluşturur. Yaklaşık 1100 km uzunluğunda olan ve Karadeniz kıyılarına az çok paralel uzanan KAFZ, doğuda Karlıova üçlü ekleminden başlayarak batıda Saroz Körfezi'ne kadar devam eder (Şengör, 1979; Şengör vd., 2005). Kuzeye doğru dış bükey bir geometriye sahip olan KAFZ, doğuda Karlıova'da dar bir tektonik koridor olarak başlar ve Bolu'nun hemen batısında iki farklı kola ayrılarak devam eder. Kuzey kol Marmara Denizi boyunca ilerlerken, güney kol ise Gemlik Körfezi'ne doğru uzanmaktadır.

Kuzey Anadolu Fayı üzerine yapılan ilk çalışmalar, fay zonunun oluşumunun, oluşum yaşının, fayın atımının, fay üzerindeki kayma hızının ve fay geometrisinin anlaşılmasına yönelik çalışmalardır. Örneğin, Ketin (1948) çalışmasında, fay zonunu yanal atımlı bir kıtasal levha sınırı olarak tanımlayarak, KAFZ'nu literatüre kazandırmıştır. Bu çalışmasında Ketin, 1939 Erzincan depremini takip eden bütün büyük depremlerin yüzey kırıklarının genellikle doğu-batı uzanımlı ve sağ yanal doğrultu atımlı karakterde bir fay olduğunu ifade etmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar (Ketin, 1969; Allen, 1969; Ambrasseys, 1970; Mc Kenzie, 1972; Şengör, 1979; Hancock ve Barka, 1980; Şengör vd., 1985; Barka, 1992; 1996) Kuzey Anadolu Fayı'nın anlaşılmasına önemli katkılar sağlamıştır. Örneğin, Ketin (1969) çalışmasında, KAFZ üzerinde meydana gelen büyük depremler (1939 Erzincan, 1942 Erbaa-Niksar, 1943 Tosya-Ladik, 1944 Bolu-Gerede, 1951 Kurşunlu, 1953 Yenice-Gönen, 1957 Abant ve 1967 Adapazarı-Mudurnu depremleri) sonucu oluşan yüzey kırıklarındaki yatay ve düşey yer değiştirme miktarlarını ölçerek fayın uzanımını ortaya koymuştur. Şengör

(1979), Şengör vd. (1985), çalışmalarında, Anadolu Bloku üzerinde bir kaçma tektoniği modeli öne sürerek, sıkışmalı tektonik rejimin Orta-Geç Miyosen başlarında yerini kaçma rejimine bıraktığını açıklamışlardır. Ambraseys (1970), KAFZ üzerinde, 1944 Bolu-Gerede depremi yüzey kırığı üzerinde bulunan bir duvarda ilk kez bir krip hareketinin varlığını tespit ederek, burada yapmış olduğu krip ölçümlerinde 20 mm/yıl kayma hızı elde ettiğini ileri sürmüştür. Stein vd. (1997) yaptıkları çalışmada, KAFZ üzerinde 1939-1992 yılları arasında meydana gelen depremleri inceleyerek, fay zonunun geometrisini, fay zonu üzerindeki kayma miktarlarını (Şekil 1.3b) hesaplayarak fay zonu boyunca yenilme stresi değişimini (Coulomb yenilme stresi modelini kullanarak) ortaya koymuşlardır.

KAFZ'nun doğuda Orta-Geç Miyosen'de ve batıda Geç Pleyistosen'de oluştuğu düşünülmektedir (Şengör vd., 2005). KAFZ boyunca GPS verilerinden elde edilen güncel kayma hızının 25 mm/yıl olduğu ileri sürülmektedir (Le Pichon ve Kreemer, 2010; McClusky vd., 2000; Reilinger vd., 1997). Reilinger vd., (2006), Doğu Akdeniz ve çevresinde yapmış oldukları GPS ölçümlerinden elde ettikleri verileri değerlendirerek levha sınırlarının hızlarını ortaya koymuşlar ve Doğu Akdeniz için bölgesel bir kinematik model geliştirmişlerdir. Bu modele göre, KAFZ üzerinde 24 ± 1 mm/yıl kayma hızı değeri ileri sürmüşlerdir. Ayrıca, KAFZ üzerinde, Eksik (Çankırı) civarında yapmış oldukları çalışmada Kozacı vd., (2007), jeomorfolojik verilere ve kozmojenik yaşlandırma (^{36}Cl) sonuçlarına dayanarak KAFZ'nun kayma hızının Geç Holosen için 20.5 ± 5.5 mm/yıl olduğunu ileri sürmüşlerdir.

KAFZ üzerinde jeolojik ve morfolojik gözlemlere dayanarak farklı miktarlarda toplam atım elde edilmiştir. Örneğin, Seymen (1975) tarafından 85 ± 5 km olarak belirtilen fay üzerindeki toplam atım miktarı, Şengör (1979); Şengör vd. (1985)'ne göre 50 km ile 100 km arasında değişmektedir. Şengör ve Canitez (1982)'e göre KAFZ üzerindeki toplam atım doğuda 80 ile 100 km arasında değişirken, Şengör vd. (2005)'e göre kuzey kol üzerinde batıdaki maksimum atım 4 km civarındadır. Hubert-Ferrari vd., (2002), morfolojik verilere dayanarak (nehir vadilerinin morfolojik evrimlerini inceleyerek), KAFZ'nun Kızılırmak'ta 80 km, Yeşilirmak'ta 75 km, Gerede Nehri vadisinde 65-95 km maksimum ötelenmeye neden olduğunu öne sürmüşlerdir. Benzer şekilde, jeolojik ve morfolojik gözlemlere dayalı olarak yaptıkları toplam atım hesaplamalarında, Herece ve Akay (2003) KAFZ üzerinde 7 ile 155 km arasında değişen atım miktarları ileri sürmüşlerdir.

Deprem potansiyeli yüksek olan KAFZ üzerinde, son yüzyılda yıkıcı birçok deprem meydana gelmiştir. 1939 Erzincan (M=7.8) depremi ile başlayan büyük depremler genelde doğudan batıya doğru göç etmiştir. 20. yy da KAFZ üzerinde meydana gelen büyük depremlerin büyüklükleri, yüzey kırığı uzunlukları ve atım miktarları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. KAFZ üzerinde 20. yy’da meydana gelen büyük depremler

Deprem	Büyükük	Yüzey kırığı uzunluğu (km)	Maksimum Atım (m)	Kaynak
9 Ağustos 1912 Mürefte-Şarköy	M=7.4	150	5	Altunel vd. 2000
26 Aralık 1939 Erzincan	M=7.8	360	7.5	Stein vd. 1997
20 Aralık 1942 Erbaa-Niksar	M=7.1	50	1.7	Stein vd. 1997
26 Kasım 1943 Tosya-Ladik	M=7.6	280	4.5	Stein vd. 1997
1 Şubat 1944 Bolu-Gerede	M=7.3	180	3.5	Ambraseys, 1970
1949 Elmalı	-	-	3.5	Sançar vd. 2008
26 Mayıs 1957 Abant	M=7.0	40	1.65	Stein vd. 1997
22 Temmuz 1967 Mudurnu	M=7.1	80	2.6	Stein vd. 1997
13 Mart 1992 Erzincan	M=6.8	30	0.95	Barka ve Eyidoğan, 1993
17 Ağustos 1999 İzmit-Gölcük	M=7.4	145	5.2	Barka vd. 2002
12 Kasım 1999 Düzce	M=7.2	40	5.5	Akyüz vd. 2002

17 Ağustos 1999 İzmit (M=7.4) ve 12 Kasım 1999 Düzce (M=7.2) depremleri ulusal ve uluslararası ilgiyi üzerine çekmiş ve bunun sonucunda KAFZ üzerinde yapılan çalışmalar hızla artmıştır (örn. Akyüz vd., 2000; Akyüz vd., 2002; Barka vd., 2002; Lettis vd., 2002; Rockwell vd., 2002). Şengör vd. (2005), KAFZ üzerine yapılan çalışmalardan elde edilen bilgileri derledikleri çalışmada, KAFZ’nun oluşumu ile ilgili bir model öne sürmüşlerdir. Bu yeni modele göre, KAFZ, Kuzey Türkiye’de batıya doğru genişleyen sağ yanal bir zon olan Kuzey Anadolu Makaslama Zonu (KAMK)’nın bir üyesidir. KAMK ve KAF ise Geç Paleozoyik’ten erken Tersiyere kadar değişen yaşta Kuzey Anadolu Tetisid yığışım karmaşığını kuşatan Kuzey Anadolu Kerojeni (KAK)’ın elemanlarıdır.

2.2. KAFZ-Havza Segmenti'ni de İçine Alan Çalışmalar

KAFZ'nun evriminin anlaşılması üzerine yapılan genel çalışmaların dışında çalışma alanı ve yakın çevresinde, Kuzey Anadolu Fayı'nın davranışsal özelliklerini anlamaya yönelik çeşitli çalışmalar da yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda (özellikle aktif tektonik çalışmalarında), farklı verilerden ve disiplinlerden yararlanılmıştır. KAFZ üzerinde meydana gelen 1943 Tosya-Ladik depreminin ($M=7.6$) yüzey kırığı, doğuda Erbaa'nın kuzeybatısından batıda Kurşunlu'nun kuzeyine kadar uzanmaktadır (Ketin, 1969). Barka ve Kadinsky-Cade (1988), 1943 yüzey kırığı üzerinde yaptıkları çalışmada, KAFZ'nun geometrisini ve batıya doğru ilerleyen deprem etkinliğini ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında 1943 depremi yüzey kırığını geometrik segmentlere ayırarak, bu teze konu olan çalışma alanını Havza Segmenti olarak adlandırmışlardır (Şekil 1.7a). Havza Segmenti ve çalışma alanında, aktif fayların araştırılmasında, farklı disiplinlerden yararlanılarak yapılan gözlem ve çalışmalar sınırlı olup, arkeolojik verilerden yararlanılarak yapılmış bir çalışma da mevcut değildir. Örneğin, Yoshioka vd. (2000) Havza'nın KB'sında açtıkları hendekte üç farklı faylanma tanımladıklarını öne sürerken en eski faylanma ile ilgili kesin bir tarih vermemişlerdir. Ayrıca, açmış oldukları hendekte Roma dönemine ait çömlek parçaları bulmuşlar ve bu bulgulara dayanarak, Roma Dönemi veya sonrasında bir depremin meydana gelmiş olabileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Hartleb vd. (2003) Alayurt'ta (Ladik KB'sı) yapmış oldukları paleosismoloji çalışmalarında, son 2000 yılda en az dört (muhtemel beş) yüzey faylanması olayının meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Bu olaylardan, dördüncü yüzey faylanmasının M.S. 236 depremine ait olduğunu öne sürerlerken, muhtemel beşinci olayı ise oldukça geniş bir zaman aralığında, M.S. 4. yy ile M.S. 11. yy arasındaki bir yüzey faylanması olarak yorumlamışlardır.

İnceleme alanı ve yakın çevresinde KAFZ'nun davranışsal özelliklerini anlamaya yönelik çalışmaların dışında, makro gözlemlere dayalı olarak yapılan arkeolojik çalışmalarda mevcuttur. Örneğin, Nielsen ve Jacobsen (2013) Vezirköprü ve Havza ilçelerinde yapmış oldukları yüzey araştırmasına ait yayınlamış oldukları raporda, Vezirköprü'den Havza'ya ulaşımı sağlayan Roma yollarını, tarihi bir köprüye ait kalıntıları ve Demir Çağ'a ait bir yerleşim yerinin varlığını ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde, ülkemizdeki arkeolojik çalışmalar ve yüzey araştırmalarından elde etmiş olduğu verileri derleyerek Roma Yolları haritası hazırlayan French (2016), Romalılar tarafından kullanılan

ve kilometre taşı olarak bilinen miltaşları üzerine detaylı bir araştırma yaparak hem bu yapıları ülkemiz arkeolojik varlıklar envanterine kazandırmış hem de bu yapılar üzerindeki yol tariflerinden yararlanarak antik yolların haritalanmasını sağlamıştır. French (2016) tarafından hazırlanan haritanın çalışma alanı ile ilgili olan kısmı Şekil 1.10'da verilmiştir.

2.3. Fay Araştırmalarında Arkeolojik Verileri Kullanan Çalışmalar

Atina (Yunanistan)'da 1991 yılında düzenlenen ve modern arkeosismoloji çalışmalarının başlangıcını işaret eden uluslararası bir konferansta arkeosismoloji; tarihsel depremlerin sosyal, kültürel, tarihsel ve fiziksel etkilerinin tamamlayıcı bir bakış açısı ile çalışılması olarak tanımlanmıştır (Stiros ve Jones, 1996).

Tarihsel dönemlerde meydana gelen büyük depremler insan yapımı yapılarda yıkımlara, ötelenmelere neden olmuş ve antik kentlerin tarihlerinde önemli izler bırakmıştır. Tarihsel ve tarih öncesi depremleri bu arkeolojik delilleri ile ilgilenen bilim dalına arkeosismoloji denilmektedir (Stewart ve Hancock, 1994). Bir başka deyişle arkeosismoloji, genel olarak arkeolojik kalıntılar üzerinde tarihsel deprem izlerinin araştırılmasıdır (Galadini vd. 2006b; Caputo ve Helly, 2008; Sintubin, 2011). Bununla birlikte, arkeosismolojinin aktif fay araştırmalarında yararlanılan diğer disiplinlerle ortak amacı, bir bölgedeki sismik tehlikeyi değerlendirmek ve deprem zararlarını azaltmaya yönelik yapılacak çalışmalara katkı sağlamaktır (Sintubin, 2011). Arkeolojik veri potansiyeli bulunan aktif tektonik bölgelerde bu veriler aktif fayların davranışlarının araştırılmasında ve depremselliklerinin ortaya konulmasında önemli bilgiler sunmaktadır. Ülkemiz ve yakın çevresi başta olmak üzere, dünyanın farklı yerlerinde aktif fayların araştırılmasında arkeolojik verilerden yararlanılmıştır. Örneğin, Hancock ve Altunel (1997), Pamukkale (Denizli) yakınlarındaki Hierapolis antik kenti ve yakın çevresinde, arkeolojik verilerden (özellikle Hierapolis fayı tarafından ötelenmiş olan Roma ve Bizans dönemine ait duvarlar ve sulama kanalları) yararlanarak Erken Roma Dönemi'nden itibaren (M.S. 60), en az 6 büyüklüğünde birkaç depremin meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Büyük Menderes grabeninin batı ucunda yer alan Priene Antik kentinde (İyonya yerleşim yeri), Altunel (1997) tarihsel depremlerin araştırılmasında arkeolojik verilerden (antik kentte yer alan cadde duvarları, sütunlar ve kolonlar) yararlanmıştır. Marco vd. (1997), Ürdün Nehri yakınlarındaki Ateret Kalesi (Haçlılara ait) duvarlarının (D-B uzanımlı) Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) tarafından sol yanal

olarak 2.1 m ötelendiğini tespit etmişlerdir. Kale duvarındaki yer değiştirme miktarından yararlanarak, araştırmacılar M.S. 1178 yılında meydana gelen depremin büyüklüğünün, $M=6.5$ ile 7.1 arasında bir büyüklükte olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Jeolojik ve jeomorfolojik verilerin tamamen yetersiz kaldığı Amik Ovası'nda (ovadaki aktif sedimantasyon ve tarımsal aktivite sonucu yüzeyde veri görülmemektedir) Altunel vd. (2009) arkeolojik verilerden (höyük ve antik yol) yararlanarak Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ)'nin Amik Ovası'ndaki uzanımını haritalamış ve fay üzerindeki kayma hızına ait (~6 mm/yıl) bilgiler elde etmişlerdir. Benzer şekilde, Meghraoui vd. (2003), Suriye'de bulunan ve ÖDFZ tarafından ötelenen Roma Dönemi'ne ait bir su kanalından yararlanarak son ~2000 yılda ÖDFZ'nun bu kesimi üzerinde meydana gelen büyük depremleri belirlemiş, kayma hızını elde etmiş ve büyük depremlerin tekrarlanma aralığını belirlemeye çalışmışlardır. Yönlü vd. (2010) Büyük Menderes grabeninin batı kısmında, Sazlıköy yakınlarındaki bir Osmanlı köprüsünde (16. yy'da yapıldığı düşünülen) yersel LİDAR kullanarak yaptıkları ölçümlerde, köprünün 76 cm düşey olarak ve 43 cm sağ yanal olarak ötelendiğini belirlemişlerdir. Köprü üzerinde ölçmüş oldukları bu ötelenmelerin, 1846 depremi sırasında meydana gelmiş olabileceğini ileri sürmüşlerdir. KAFZ'nun Hersek Deltası'ndaki uzanımını ve kayma hızını belirlemede Kozacı vd. (2011) Bizans Dönemi'ne ait bir sulama kanalından yararlanmışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Aktif tektonik, insanlık tarihini de içine alan bir zaman diliminde yer kabuğu üzerinde deformasyona neden olan tektonik süreçleri incelemektedir (Stewart ve Hancock, 1994). Aktif fayların araştırılmasında, başta jeolojik ve jeomorfolojik veriler olmak üzere aletsel ve tarihsel deprem kayıtları, jeodezik veriler ve arkeolojik kalıntılar gibi farklı kaynaklardan yararlanılır (Vita-Finzi, 1986). Aktif tektonik çalışmalarda yararlanılan disiplinlerin her biri farklı zaman aralıklarında ve farklı sınırlar içerisinde bilgi elde edilebilmesini sağlamaktadır. Örneğin, kayma hızı oranı elde etmek için GPS verilerinden yararlanılır ancak bu veriler son birkaç on yıl ile sınırlıdır. Benzer şekilde sismograf ağlarının yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte elde edebildiğimiz aletsel dönem (M.S. 1900-günümüz) deprem kayıtları da yaklaşık yüz yıl ile sınırlıdır. Arkeolojik kalıntılar ise aktif fayların birkaç bin yıllık süre içindeki davranışları hakkında daha güvenilir bilgiler vermektedir. Arkeolojik kalıntıların yapıldığı tarihler hakkında daha sağlıklı bilgiler mevcut olduğu için, bu arkeolojik kalıntıları etkileyen depremlerin yaşlandırılmasında arkeolojik veriler, paleosismolojik verilere göre hem daha güvenilirdir hem daha ekonomiktir. Birkaç farklı disiplinin bir arada kullanılması, bilginin denetlenmesini ve daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesini sağlamaktadır.

Tez çalışması kapsamında öncelikle büro çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda ilk olarak ülkemizdeki antik yollar araştırılmıştır. Bunun için, daha önce yapılmış olan yüzey araştırması sonuçları derlenmiş ve yol güzergahlarının gösterildiği haritalar incelenmiştir. Antik yolların belirlenmesi aşamasında, ülkemizdeki arkeolojik çalışmalara önemli katkılar sağlayan İngiliz arkeolog David French'in hazırlamış olduğu haritalardan yararlanılmıştır. Daha sonra, ülkemizin önemli aktif tektonik yapıları incelenmiş ve aktif tektonik yapılar incelenirken arkeolojik veri potansiyeli olan alanlar ortaya konulmuştur. Ülkemizin aktif tektonik yapılarını gösteren haritalar ve antik yolları gösteren haritalar birlikte incelenerek, antik yolların aktif fayları karşından karşıya geçtikleri alanlar tespit edilmiştir. Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları üzerinde, fayın yüzey izinin belirgin olduğu, antik yolların izlerinin belirgin olduğu ve bu yolların fayları mümkün olduğunca dik veya dike yakın geçmesi gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Bu çalışmaları takiben, belirlenen lokasyonlarda arazi gözlemleri yapılarak ihtiyaç duyulan arazi verileri toplanmıştır ve antik

yollar ile fayın kesiştiği alanların detaylı haritaları yapılmıştır. Elde edilen bütün veriler değerlendirilerek tezin yazımı gerçekleştirilmiştir.

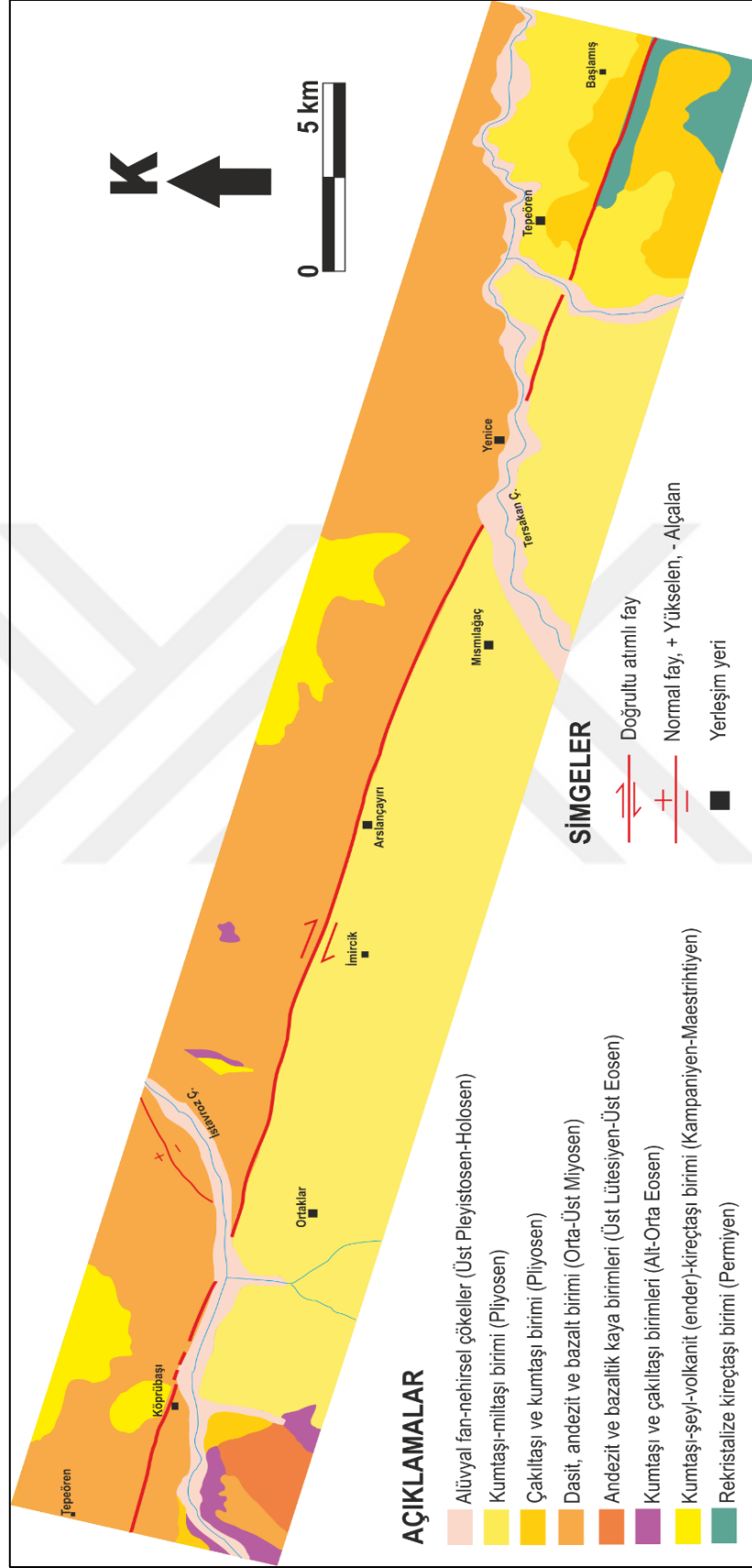


4. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE SİSMOTEKTONİK DURUMU

4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı ve yakın çevresi, KAFZ üzerinde yer aldığı için daha önce birçok araştırmacı bölgede farklı amaçlarla çalışmalar yapmıştır. Tektonik çalışmaların dışında, bölgenin jeolojisini ve birimlerin litolojik özelliklerini, stratigrafik dizilimlerini konu edinen çalışmalar da yapılmıştır (Özcan vd., 1980; Yoldaş vd., 1985). Tez çalışması kapsamında arkeosismoloji ağırlıklı bir çalışma amaçlandığı için, çalışma alanında yer alan birimlerin litolojik özelliklerinin ayrıntısına yer verilmemiştir. Çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan farklı jeolojik birimlerin özellikleri Şekil 4.1’de MTA tarafından hazırlanan jeoloji haritasında (Herece ve Akay, 2003) görülmektedir. Herece ve Akay (2003)’e göre, ilgili segment boyunca Permilen’den Kuvaterner’e kadar değişen farklı yaşlarda ve litolojik özelliklerde birimler yüzeylenmektedir.

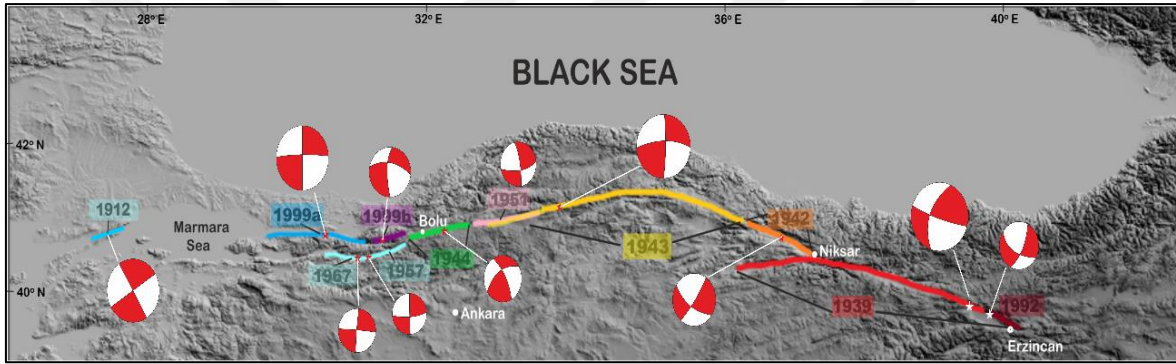
Çalışma alanı içinde yer alan en yaşlı birim Sakarya Birliği’ne ait olan Permilen yaşlı rekristalize kireçtaşı birimidir. Permilen yaşlı birim, çalışma alanının güneydoğu ucunda, fay zonunun güneyinde yüzeyler. Sakarya Birliği’ne ait birimlerin üzerinde, aşmalı transgresyonla havza büyümesi öncesi çökelmiş olan Kampaniyen ve Maestrihtiyen yaşlı kumtaşı-şeyl-volkanit-kireçtaşı birimleri yer almaktadır. Bu birimi ise açısız uyumsuzlukla gelen Alt-Orta Eosen yaşlı kumtaşı ve çakıltaşı birimleri takip etmektedir ve çalışma alanının kuzey batısında yüzeylenmektedir. Alt-Orta Eosen yaşlı birimin üzerinde, çalışma alanı içinde sınırlı alanda yüzlek veren Üst Lütisiyen ve Üst Eosen yaşlı andezitik ve bazaltik kaya birimleri yer almaktadır. Çalışma alanı içindeki tüm bu birimlerin üzerinde, fay zonunun kuzeyinde Oligo-Miyosen havzaları içinde gelişmiş olan Orta-Üst Miyosen yaşlı dasit, andezit ve bazalt birimleri yüzeylerken, fay zonunun güneyinde ise Pliyosen-Kuvaterner havzaları içinde gelişmiş olan Pliyosen yaşlı kumtaşı-miltaşı birimleri yüzeylenmektedir. Çalışma alanının güneydoğusunda fay zonunun hem kuzeyinde hem de güneyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı ve kumtaşı birimleri gözlenmektedir. Çalışma alanında yer alan en genç birimler ise Üst Pleyistosen-Holosen yaşlı alüvyal fanlar ve nehirsiz çökeller olup, çalışma alanının kuzeybatı ve güneydoğusunda Istavroz Çayı ve Tersakan Çayı çevresinde diğer birimleri örtmektedir (Herece ve Akay, 2003).



Şekil 4.1. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Herece ve Akay, (2003)'dan tekrar çizilmiştir).

4.2. Çalışma Alanının Sismotektoniği

Miyosen’de Anadolu Bloğu’nun Bitlis-Zagros kenet kuşağı boyunca Arap Plakası ile çarpışmasını takip eden süreçte, sıkışan Anadolu Bloğu’nun batıya doğru kaçışını sağlayan jeodinamik süreçlerin neticesinde KAFZ, yaklaşık 13-11 milyon yıl önce doğuda oluşmaya başlamıştır (Şengör vd., 2005). Sismik olarak aktif olan KAFZ üzerinde tarihsel dönemlerde ve aletsel dönemde (1900-günümüz) birçok yıkıcı depremin meydana geldiği bilinmektedir. Tüm bu depremlerin odak mekanizması çözümleri incelendiğinde, KAFZ’nun genellikle sağ yanal doğrultu atımlı faylanma (sistem içerisinde nadiren normal faylanmanın etkinliğini işaret eden genişleme bileşenleri olsa da) gösterdiği açıktır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. KAFZ üzerinde 20. yy’da meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıklarının uzanımı ve depremlerin odak mekanizması çözümleri (yüzey kırıklarına ait veriler; 1912 depremi Altunel vd., (2000)’den, 1999a ve 1999b depremleri Barka vd., (2002)’den, diğer tüm depremler Barka, (1996)’dan, odak mekanizması çözümleri ise Şengör vd., (2005) ve Tan vd., (2008)’den derlenerek tekrar çizilmiştir).

4.2.1. Tarihsel depremler

Ülkemizin önemli deprem kaynaklarından olan KAFZ üzerinde tarihsel dönemlerde meydana gelen depremlerin birçoğu kayıt altına alınmış olmasına rağmen söz konusu kayıtların jeolojik ve sismolojik bilgiler içerdiği söylenemez. Genellikle depremlerin oluş tarihi, şehirlerde meydana getirdikleri fiziksel ve sosyo-ekonomik hasarlar ile can kayıpları hakkında bilgiler içeren bu kayıtların aktif fayların davranışlarını ortaya koyma noktasında yeterli ve güvenilir oldukları düşünülemez. Aynı zamanda, bu kayıtların genellikle büyük yerleşim yerlerinde tutulması dolayısı ile depremlerin meydana geldikleri yerin dönemin büyük yerleşim yerlerine atfedilmiş olması tarihsel depremlerin yeterince anlaşılmasını

güçleştirmektedir. Örneğin, tarihsel kayıtlarda çalışma alanı ve civarında meydana gelen depremlerin, antik dönemlerde bölgenin önemli yerleşim yerleri olan Amasya ve Niksar'a atfedilmiş olması muhtemeldir. Ancak söz konusu yerleşim yerlerinin KAFZ üzerinde bulunması nedeni ile buralarda meydana gelmiş olan depremlerin, çalışma alanı civarında da hasar meydana getirmiş olabileceği gerçeği de göz ardı edilemez.

Çalışma alanı sınırları içerisinde ve yakın çevresinde antik yollar ve çeşitli yapılar mevcuttur. Çalışma alanı, ülkemizde yıkıcı depremlere kaynaklık eden KAFZ üzerinde yer alması nedeni ile tarihsel dönemde meydana gelen depremlerin buradaki antik yapılarda ötelenmelere neden olması kaçınılmazdır.

Çalışma alanı civarında en eski deprem kayıtları Niksar'da kaydedilmiş olan M.Ö. 323, M.S. 127, M.S. 330, M.S. 335, M.S. 343, M.S. 345, M.S. 366 ve M.S. 499 depremleridir (Guidoboni vd., 1994). Niksar için atfedilen bu depremlerden, M.S. 499 depremi için Hartleb vd., (2006) paleosismolojik bulgulara dayanarak, depremin yüzey kırığının Niksar doğusundan Erzincan'a kadar uzandığını ileri sürmüşlerdir. Benzer şekilde, Amasya'da kaydedilmiş olan ve çalışma alanı civarını etkilemesi mümkün olduğu düşünülen deprem kayıtları da mevcuttur. Örneğin, Havza yakınlarında Arslançayırı (Yoshioka vd., 2000) ve Alayurt'ta (Hartleb vd., 2003) yapılan paleosismolojik çalışmalarda, Amasya için atfedilen M.S. 236 depremine ait bulguların olduğu ileri sürülmüştür. Ayrıca Amasya ve çevresindeki diğer yerleşim yerlerinde, M.S. 523 ve M.S. 543 arasında bir veya birden fazla depremin olduğu kayıt edilmiştir (Guidoboni vd., 1994). Tarihsel kayıtlarda M.S. 529'de Amasya ve çevresini etkileyen bir depremin olduğu belirtilmektedir (Guidoboni vd., 1994). Paleosismolojik bulgular M.S. 1050'de KAFZ'nun orta kesiminde büyük bir depremin olduğunu göstermektedir (Hartleb vd., 2006; Fraser vd., 2010). M.S. 1579 ve M.S. 1598 yıllarında meydana gelen depremlerin Amasya ve Çorum bölgelerinde büyük hasar oluşturduğu bilinmektedir (Ambraseys ve Finkel, 1995). M.S. 1668 yılına ait kayıtlar, KAFZ üzerinde Bolu ve Erzincan arasında yaklaşık 400 km boyunca hasar meydana getiren ve Anadolu depremi olarak atfedilen büyük bir depremden bahsetmektedir (Ambraseys ve Finkel, 1995). 17 Ağustos 1668 Anadolu depreminin yüzey kırığı, 1942, 1943 ve 1944 depremlerinin yüzey kırıkları üzerinde yapılan bazı paleosismolojik çalışmalarda belirlenmiştir (Zabcı vd., 2011). Ayrıca, M.S. 1776'da Amasya, Merzifon ve Vezirköprü'de, M.S. 1794'te Çorum, Amasya ve Havza'da hasara yol açan depremler mevcuttur (Ambraseys ve Finkel, 1995).

Çalışma alanı ve civarında, tarihsel dönemlerde meydana gelmiş yıkıcı depremlerin araştırılmasında arkeolojik verilerden yararlanılan bir çalışma olmadığı gibi paleosismolojik çalışmalar da sınırlıdır. Mevcut paleosismolojik çalışmalar derlenerek Çizelge 4.1’de verilmiştir. Paleosismolojik çalışmalarda, M.S. 236 ve M.S. 1668 depremleri (Hartleb vd., 2003; Fraser vd., 2009) ile M.S. 529 depremi (Fraser vd. 2010) kesin tarihleriyle ortaya koyulmuştur.



Çizelge 4.1. Çalışma alanı civarında yapılan paleosismoloji çalışmaları

Yüzey Kırığı Oluşturan Son Deprem	Segment Adı ve Hendek Yeri	Depremlerin Tarih Aralıkları	İlişkilendirildiği Deprem	Açıklama	Kaynakça
1942	Niksar-Direkli		1942		Kondo vd. (2010)
		M.Ö. 480-M.S. 412	-		
1942	Niksar-Alaniçi		1942		Kondo vd. (2010)
		M.S. 500	-		
1943	Destek		1943	Destek segmenti için 385 ± 166 yıl deprem tekrarlanma aralığı ileri sürülmüştür.	Fraser vd. (2009)
		M.S. 1437-M.S.1788	1668		
		M.S. 1034-M.S.1321	-		
		M.S. 549-M.S.719	-		
		M.S. 17-M.S.585	236		
		M.Ö. 351- M.S. 28	-		
		M.Ö. 700-M.Ö.392	-		
M.Ö. 912-M.Ö.596	-				
1943	Havza-Alayurt		1943	1943 depreminin büyüklüğü $M=7.7$ olarak hesaplanmıştır. *yaşlandırma sonuçları güvenilir olmamakla birlikte olay, 1668 depremi olarak yorumlanmıştır.	Hartleb vd. (2003)
		M.S. 977-M.S.1885 *	1668		
		M.S. 800-M.S.1200	-		
		M.S. 100-M.S.300	236		
		M.S. 400-M.S.1000	-		
		M.Ö. 4600-M.Ö.3550	-		

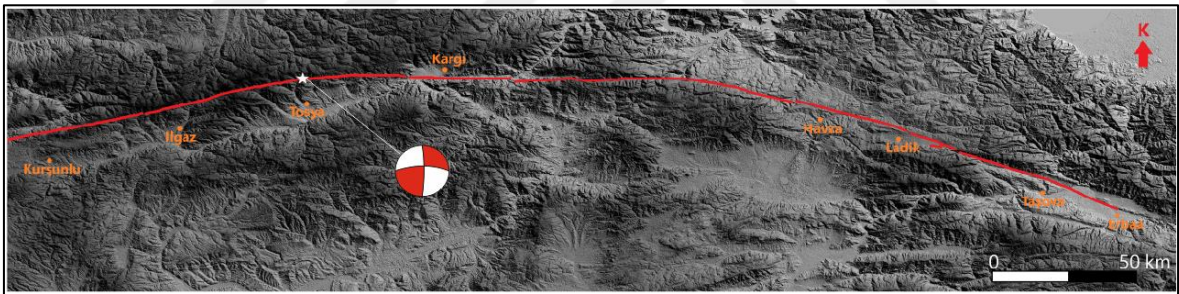
Çizelge 4.1. (devam) Çalışma alanı civarında yapılan paleosismoloji çalışmaları

Yüzey Kırığı Oluşturan Son Deprem	Segment Adı ve Hendek Yeri	Depremlerin Tarih Aralıkları	İlişkilendirildiği Deprem	Açıklama	Kaynakça
1943	Havza-Arslançayırı		1943	Deprem tekrarlanma aralığının 600-900 yıl olduğu ileri sürülmüştür.	Yoshioka vd. (2000)
		M.S. 986-M.S.1377	-		
		M.S. 235- M.S.999	-		
		M.Ö. 2330-M.S.2189	-		
1943	Kamil-Elmacık		1943	Segment boyunca kayma hızının 23.5 ± 1.5 mm/yıl olduğu ve deprem tekrarlanma aralığının 97-912 yıl olduğu ileri sürülmüştür.	Fraser vd. (2010)
		M.S. 549-M.S. 651	529		
		M.Ö. 23-M.S.103	-		
		M.Ö. 609-M.Ö.185	-		
		M.Ö.971-M.Ö.814	-		
		M.Ö.1227- M.Ö.968	M.Ö. 1200		
		M.Ö.2050- M.Ö.1777	-		
M.Ö.2556- M.Ö.2235	-				

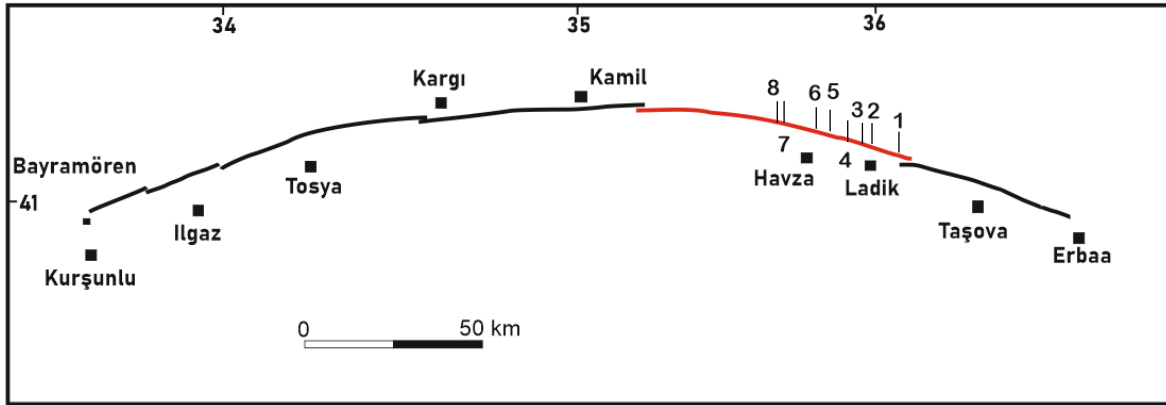
4.2.2. Aletsel depremler

Ülkemizde aletsel dönem deprem kayıtları 1900'lü yıllarda başlamıştır. Aletsel dönem deprem kayıtları da, tarihsel dönem deprem kayıtları gibi aktif bir fayın davranışsal özelliklerini ortaya koymada tek başına yeterli değildir. Buna karşın, depremler hakkında daha güvenilir bilgiler sağlamaktadırlar.

KAFZ'nun Havza segmenti, 1943 yılında meydana gelen $M=7.6$ büyüklüğündeki Tosya-Ladik depremi ile kırılmıştır (Şekil 4.3). Havza segmenti üzerinde, aletsel dönemde yüzey kırığı oluşturduğu bilinen bu son deprem doğuda Erbaa ile batıda Kurşunlu arasında yaklaşık 280 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşturmuştur (Ketin, 1969). Deprem sonrasında, Havza segmenti üzerinde yapılmış ötelenme ölçümleri mevcut olup oldukça sınırlıdır (Şekil 4.4). Yapılan ötelenme ölçümlerinde Havza segmenti üzerinde yatay yer değiştirmenin 1 m ile 3 m arasında değiştiği görülmektedir (Barka, 1996; Blumenthal, 1945a; Öztürk, 1980) (Çizelge 4.2).



Şekil 4.3. 1943 Tosya-Ladik depremi yüzey kırığının uzanımı (Sayısal yükseklik modeli SRTM verileri kullanılarak üretilmiştir).



Şekil 4.4. 1943 yüzey kırığının Havza segmenti boyunca atım dağılımı, Barka (1996)'dan yeniden çizilmiştir.

Çizelge 4.2. 1943 yüzey kırığı Havza segmenti boyunca yapılmış ötelenme ölçümleri (Düşey yerdeğiştirmelerde yükselen taraf güney ise G+, kuzey ise K+ ile gösterilmiştir, Barka (1996)'dan yararlanılarak yeniden düzenlenmiştir).

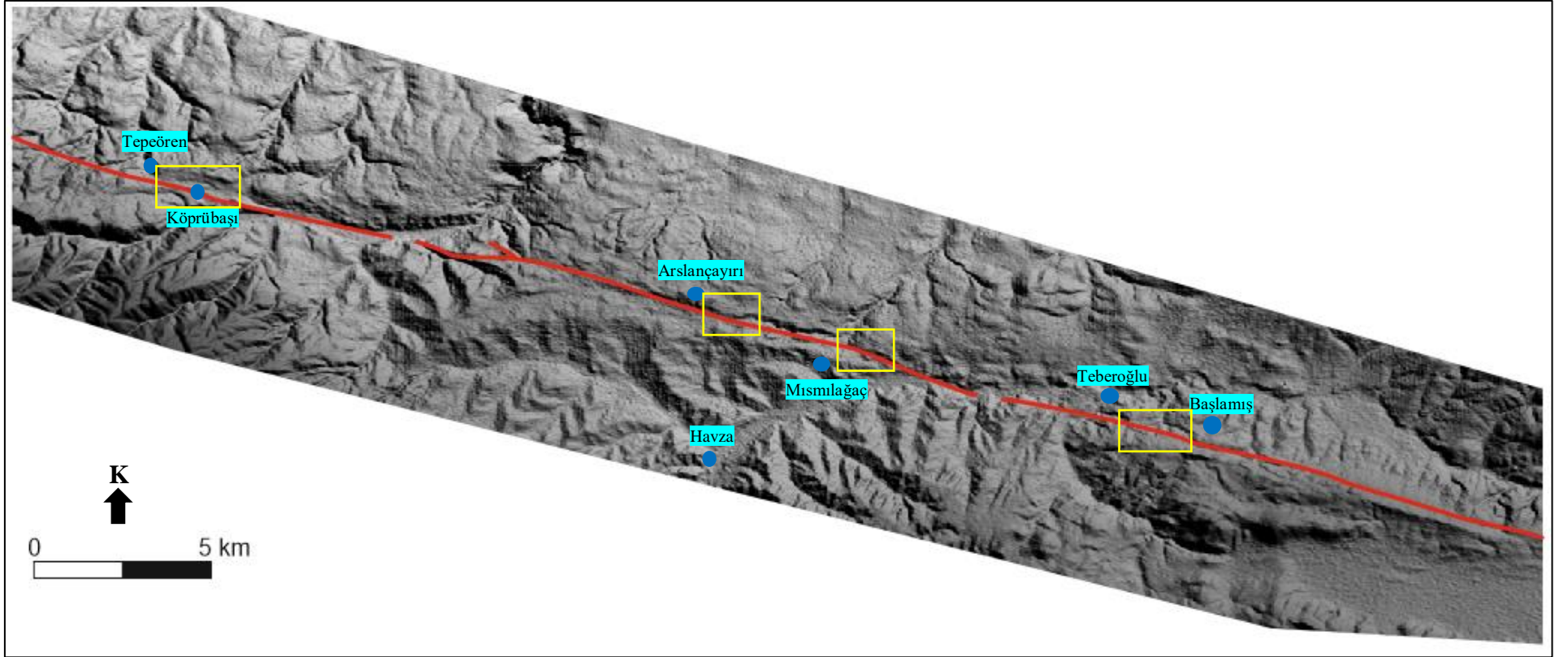
	Yer adı	Ötelenen yapı	Yatay Kayma (m)	Düşey Kayma (m)	Kaynakça
1	Kıranboğazı	Ağaç	2.5-3.0	-	Öztürk, 1980*
2	Arslantaş	Tarla sınırı	2.3-2.5	-	Barka, 1996
3	Arslantaş	Ağaç	2.0	-	Barka, 1996
4	Hasırcı	Yüzey kırığı	-	0.9 (K+)	Blumenthal, 1945 (a)*
5	Yenice	Fay yüzeyi	1.0-2.0	1.5 (G+)	Blumenthal, 1945 (a)*
6	Havza	Tren yolu	2.0	-	Blumenthal, 1945 (a)*
7	Dindardibi	Beşçay vadisi	-	1.0 (G+)	Blumenthal, 1945 (a)*
8	Dindardibi	Duvar	1.0	-	Barka, 1996

*Barka (1996) bu kaynaklara atıf yapmaktadır.

5. ARAZİ GÖZLEMLERİ

Aktif faylar boyunca meydana gelen büyük depremler yüzey faylanması oluşturduğunda, fayın türüne bağlı olarak morfolojide izler bırakılmaktadırlar. Bir fay zonu boyunca tekrarlanan depremlere ait yerdeğiştirme miktarları bir öncekine eklenmekte ve uygun jeomorfolojik koşullarda korunmaktadır. Bu nedenle, morfolojik veriler (fay zonu morfolojisi), fayların tanımlanmasında kullanılan önemli bir yaklaşımdır (Burbank ve Anderson, 2012). Fayların morfolojide bıraktığı izlerden yararlanarak, depremlere kaynaklık eden fayların uzanımı haritalanabilmekte ve depremlere ait bazı parametreler (depremlerin tekrarlanma aralığı, kayma hızı, yer değiştirme miktarı gibi) tahmin edilebilmektedir. Bir fay zonu boyunca yüzey kırığı oluşturan depremler, fayların türlerine bağlı olarak çeşitli yer şekilleri oluşturmaktadırlar. Örneğin, doğrultu atımlı fay zonlarının sürekli aktiviteleri sonucu, çizgisel vadiler, basınç sırtları, çöküntü gölcükleri (sag ponds), çek ayır havzalar (pull-apart basins) gibi morfolojik yapılar ve dere, yol vb. çizgisel yapılarda da ötelenmeler, yamulmalar meydana gelmektedir. Doğrultu atımlı fayların haritalanmasında kullanılan bu tür yapılar aynı zamanda, fayın aktivitesi ve kinematik özellikleri hakkında da bilgiler verebilmektedirler.

Arazi çalışmaları için yer seçiminde, ülkemizin aktif tektonik yapıları ve arkeolojik veri potansiyeli olan alanlar birlikte incelenmiştir. Fayların ve antik yolların yüzey izlerinin belirgin olması ve antik yolların fayı karşıdan karşıya geçmesi, tarihsel depremlerin antik yollarda meydana getirmiş olduğu ötelenmelerin ve hasarların görülebilmesi açısından önemlidir. Bu kriterler göz önünde tutularak, arazi çalışmaları öncesinde fayların ve antik yolların belirlenebilmesi için uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda Havza Segmenti boyunca antik yolların fayı karşıdan karşıya geçtiği yerler belirlenmiştir. Yapılan bu ön incelemeler neticesinde, Havza Segmenti boyunca dört farklı lokasyonda (Şekil 5.1) arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu lokasyonlarda, jeolojik ve arkeolojik gözlemlere dayalı yapılan çalışmalarda, fay zonu haritalanmış ve antik yollarda ötelenme ölçümleri yapılmıştır. Lokasyonlara en yakın yerleşim yerinin adı atfedilmiş olup, bu lokasyonlara ait gözlem ve ölçümlerin detayları batıdan doğuya doğru sırasıyla alt başlıklar altında verilmiştir.

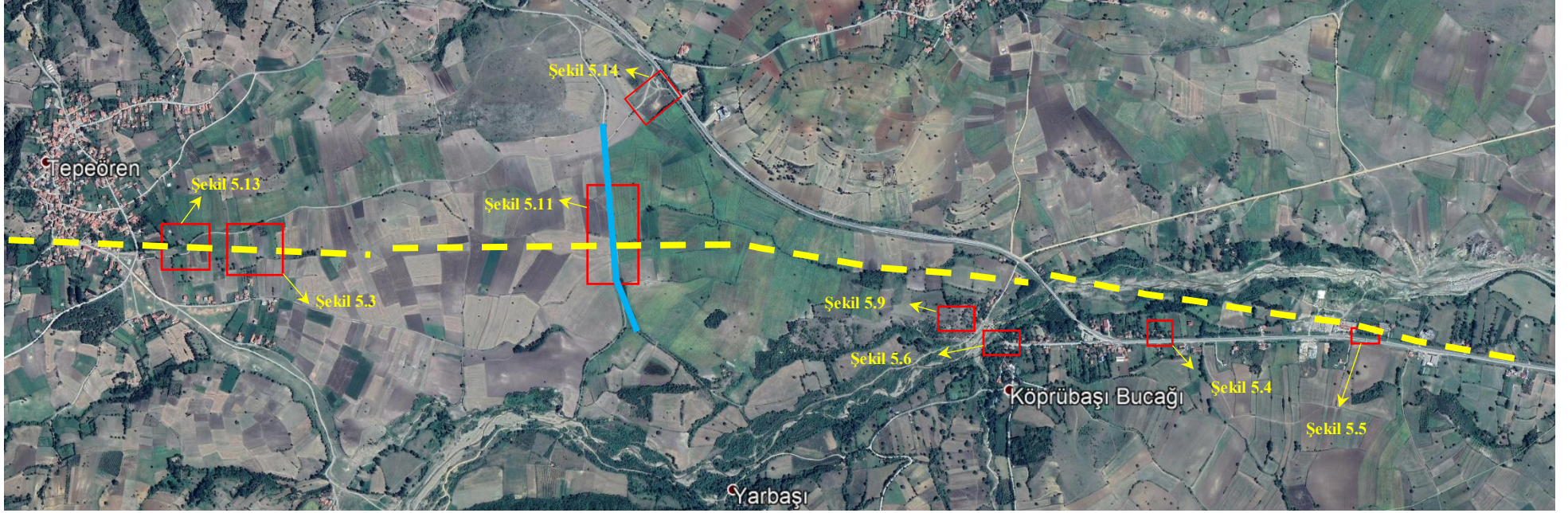


Şekil 5.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası. Sarı dörtgenler arazi çalışmalarının yapıldığı alanları göstermektedir.

5.1. Tepeören-Köprübaşı Lokasyonu

Çalışma alanı içerisinde en batıda yer alan Tepeören-Köprübaşı lokasyonu Havza'nın yaklaşık 16 km kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 5.1). Batıda Tepeören köyünden Köprübaşı köyüne doğru uzanan fay, Köprübaşı köyünün kuzeybatısında sağa doğru hafif büküm yaparak doğuya doğru devam eder (Şekil 5.2). Tepeören köyünün hemen doğusunda bulunan tarım arazilerinde, fayın uzanımı ile uyumlu morfolojik izler görülmektedir. Bu alanda bulunan tarla sınırlarında sağ yanal ötelenmeler görülmektedir (Şekil 5.3). Tepeören köyü ile Köprübaşı köyü arasında morfolojideki izi belirgin olan fay, Köprübaşı köyü içinde İstavroz Çayı'nın yatağını takip eder. Dere yatağında faylanmaya ait herhangi bir veri görülmemektedir. Ancak, dere yatağının güneyinde bulunan bir evin dış duvarında (Şekil 5.4a) ve bir başka evin iç duvarlarında (Şekil 5.4b) çatlaklar fark edilmiştir. Ev sahipleri, duvarlardaki çatlakları sürekli tamir etmelerine rağmen çatlakların açılmaya devam ettiğini belirtmişlerdir.

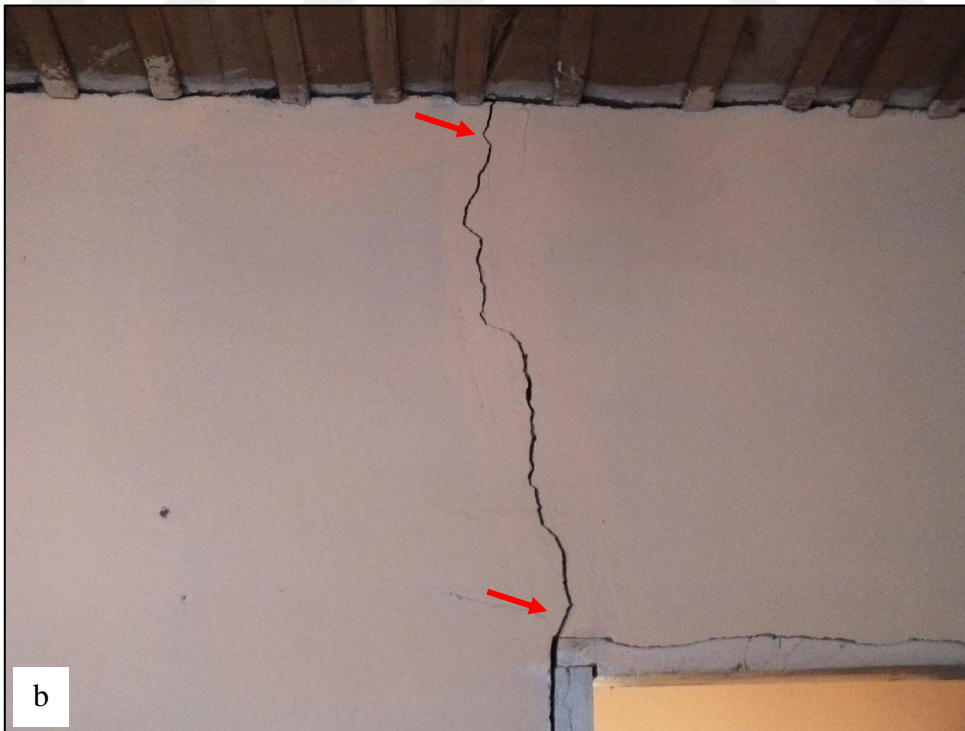
Köprübaşı köyüne Havza tarafından girerken yolun sağ tarafında karayoluna paralel, uzunluğu yaklaşık 50 m ve genişliği 60 cm olan eski bir duvar kalıntısı görülmektedir (Şekil 5.5). Bu eski duvar kalıntısının fark edilmesi sonucu, Köprübaşı köyü içinde ve çevresinde yapılan gözlemlerde eski bir köprünün ayaklarının kalıntıları bulunmuştur (Şekil 5.6). İstavroz Çayı'nın yatağında yer alan köprü ayağı kalıntıları 7 x 3 m boyutlarındadır (Şekil 5.7 a,b). Dere yatağında köprü kalıntılarının bulunması üzerine yol güzergahı olabilecek yerler arazide takip edilmiş ve eski köprünün ayaklarının yaklaşık 100 m kuzeybatısında bir yolun varlığı fark edilmiştir. Yaklaşık 250 m boyunca takip edilen yol (Şekil 5.8 a,b) çayırılık bir alana gelmektedir ve burada han kalıntıları görülmektedir (Şekil 5.9 a,b).



Şekil 5.2. Tepeören-Köprübaşı lokasyonunun Google Earth görüntüsü. Kesikli sarı çizgi faym uzanımını göstermektedir. Mavi çizgi eski yolu göstermektedir. Kırmızı dikdörtgenler, ilgili şekillerde görülen arazi verilerinin yerleri.



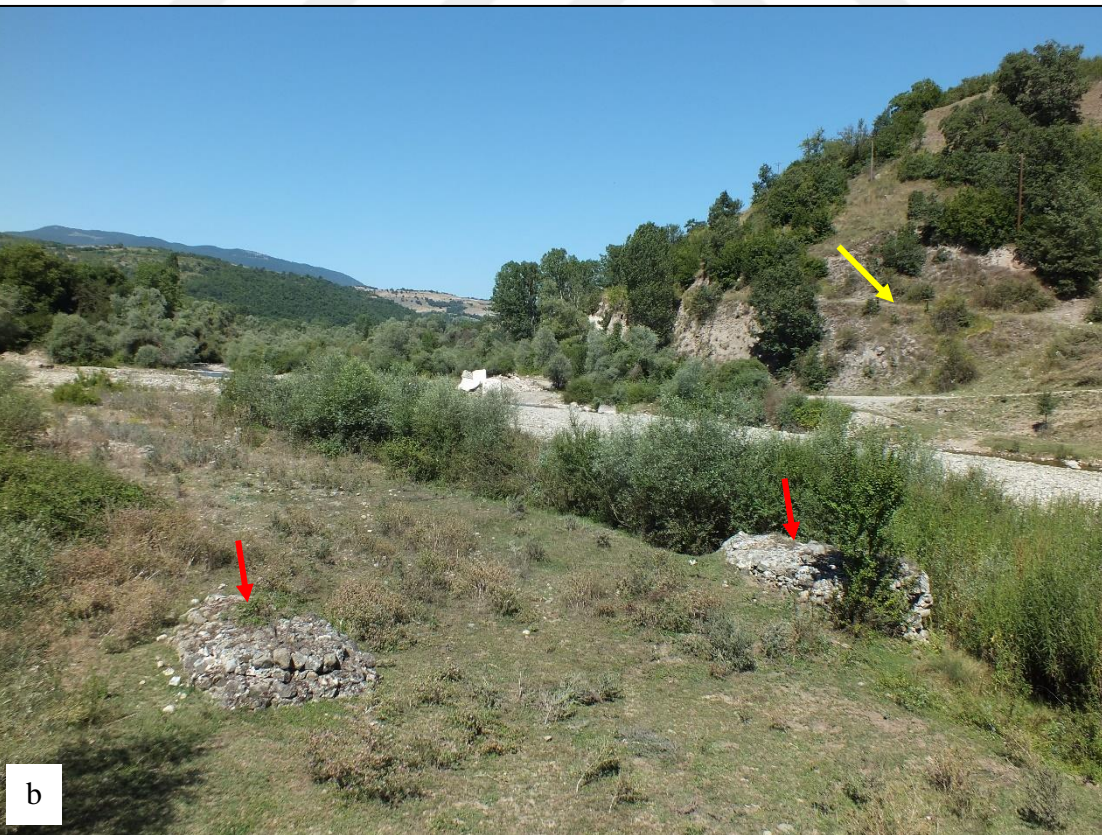
Şekil 5.3. Tarla sınırında görülen sağ yanal yamulma (kırmızı ok ile işaret edilmiştir). Lokasyonun yeri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



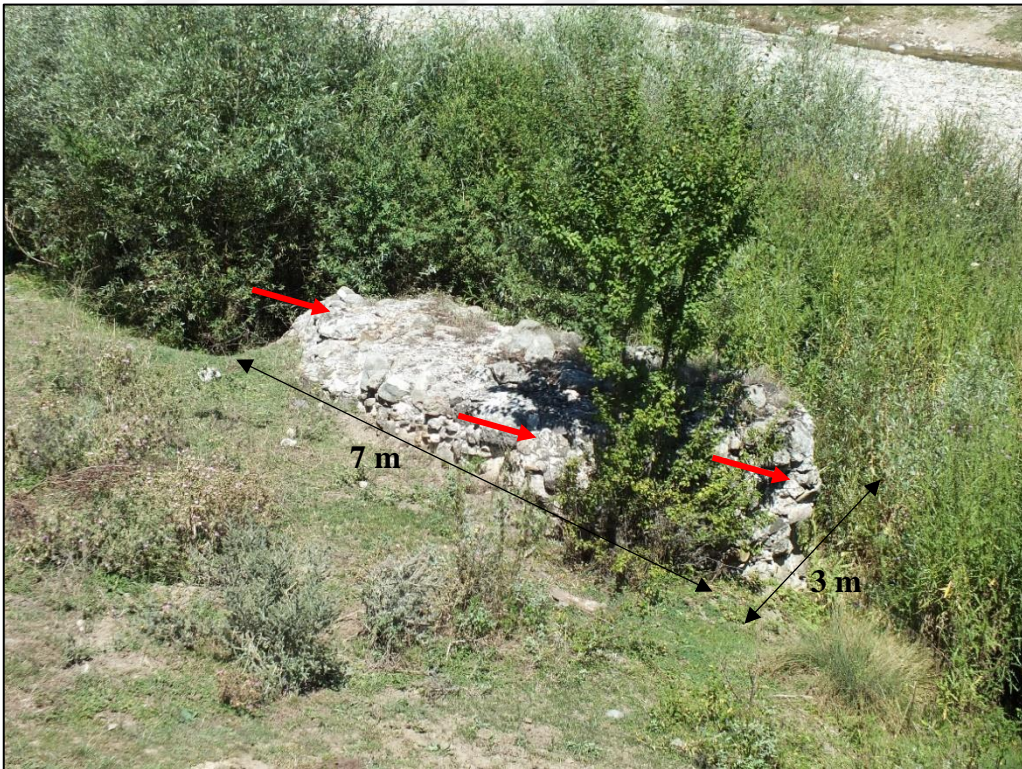
Şekil 5.4. a) Köprübaşı köyünde bulunan bir evin duvarında görülen çatlaklar (duvarın dışı).
b) Başka bir evin iç duvarında görülen çatlaklar. Kırmızı oklar çatlakları işaret etmektedir.
Lokasyonun yeri Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Köprübaşı köyü içinde bulunan eski bir duvar. Lokasyonun yeri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.6. a) Günümüzde kullanılan köprü ve eski köprünün ayakları, b) Eski köprü ayakları ve eski yol (sarı ok). Kırmızı oklar eski köprü ayaklarını işaret etmektedir. Lokasyonun yeri Şekil 5.2'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Eski köprüye ait kalıntıların yakından görünümü.



Şekil 5.8. Köprünün kuzeyinde eski yol.



Şekil 5.9. Köprünün kuzeyinde eski yol üzerinde bulunan kalıntılar (kalıntıların hana ait olduğu düşünülmektedir). Lokasyonun yeri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Köprübaşı köyünde yapılan gözlemlerde köyün içinde eski duvar kalıntısının, dere yatağında eski köprünün ayaklarının kalıntılarının ve köprüden geçen yol üzerinde han kalıntılarının fark edilmesi sonucu, eski yol güzergahı olabilecek yerler arazide takip edilmiş ve Tepeören köyünün yaklaşık 2 km doğusunda K-G uzanımlı bir yol bulunmuştur (Şekil 5.10). Bu yol ilk görüldüğü yerden itibaren belirli bir alanda bataklık içinde ilerlemekte ve bu alanda yol belirgin değildir ancak bir hat boyunca yer yer taş bloklar görülmektedir ve bu taşların yolun tabanına döşenen taşlar olduğu düşünülmektedir (Şekil 5.11a). Genişliği yaklaşık 8 m olan yol, 1 km boyunca takip edilebilmektedir ve tabanında yer yer taş döşemeler bulunmaktadır (Şekil 5.11b,c). Yol ile fayın kesiştiği yerin yaklaşık 110 m kuzeyinde bir çeşme bulunmaktadır. Çeşme civarında yapılan ayrıntılı gözlemlerde, çeşmenin duvarında ve yalağında (suyun toplandığı çanak) eski dönemlere ait olduğu düşünülen blokların kullanıldığı görülmektedir (Şekil 5.12). Kuzeye doğru devam eden yolun yer yer taş döşeme olması, yolun kenarında çeşme bulunması bu yolun eski dönemlerde kullanılan bir yol olduğunu göstermektedir. Çeşmenin yaklaşık 250 m kuzeyinde bu K-G uzanımlı yoldan batıya ve doğuya ayrılan daha dar yollar bulunmaktadır. Genişliği yaklaşık 5 m olan ve ana yoldan batıya ayrılan yol 2 km boyunca takip edilebilmektedir ve tabanında yer yer taş döşemeler bulunmaktadır (Şekil 5.13). Ana yoldan doğuya ayrılan yol büyük oranda yüzeyde korunmuştur (Şekil 5.14.a) ve yol üzerinde geniş bir alanda taş döşemeler bulunmaktadır (Şekil 5.14.b,c). Etrafta herhangi bir başka kalıntı görülmemesine rağmen zeminin taşla döşenmiş olması bu alanın eskiden bir han olarak kullanılmış olabileceğini düşündürmektedir. K-G uzanan ana yoldan doğuya ve batıya ayrılan bu yollar muhtemelen daha küçük yerleşim yerlerini birbirine bağlayan tali yollardır.

Bu lokasyonda yapılan ayrıntılı gözlemlerde ana yol ile fayın kesiştiği yer belirlenmiştir. Tali yollar fayın uzanımı dışında kaldığı için onlarda herhangi bir ötelenme gerçekleşmemiştir. Ancak, ana yolun fay ile kesiştiği yerde, yolda yaklaşık 35 ± 5 m sağ yanal yamulma tespit edilmiştir.



Şekil 5.10. Eski yolun Google Earth görüntüsü. Sarı oklar ana yolu, siyah oklar tali yolları, mavi ok çeşmeyi ve kesikli sarı dikdörtgen bataklık alanı işaret etmektedir. Kırmızı kesikli çizgi fayın yaklaşık uzunumunu göstermektedir.



a



Şekil 5.11. a) K-G uzanlımlı ana yolun bataklık içinde kalan kesimi, b) yol kenarında eski duvar (kırmızı ok), sarı ok yolun tabanına döşenmiş taş, c) yaklaşık 8 m genişliğinde eski yol. Kırmızı oklar taş döşemeleri işaret etmektedir. Lokasyonun yeri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



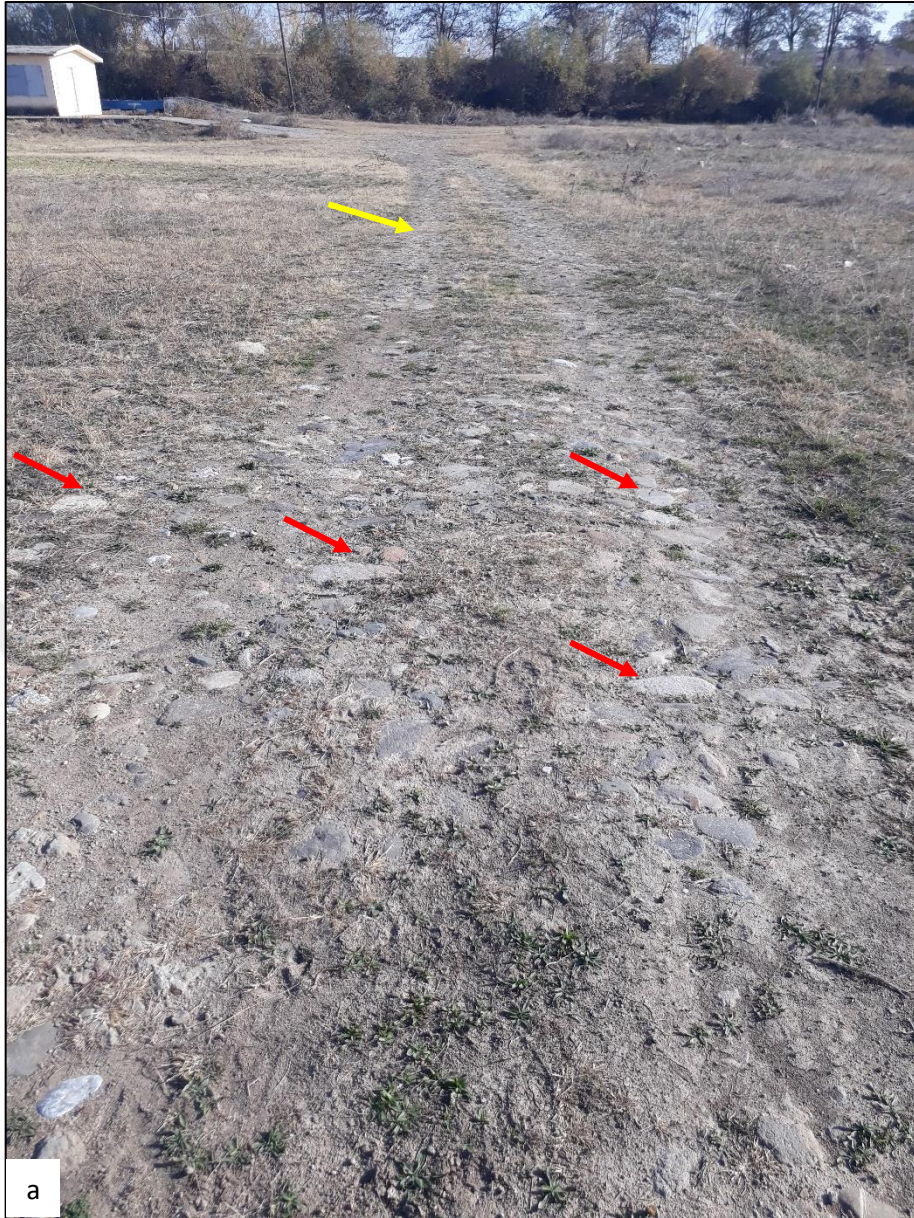
Şekil 5.12. Eski yolun kenarında bulunan çeşmenin görünümü. Çeşmede tamirat izleri görülmektedir. Sarı oklar eski dönemlere ait blokları işaret etmektedir. Mavi oklar yolda kullanılan taş döşemeleri işaret etmektedir.



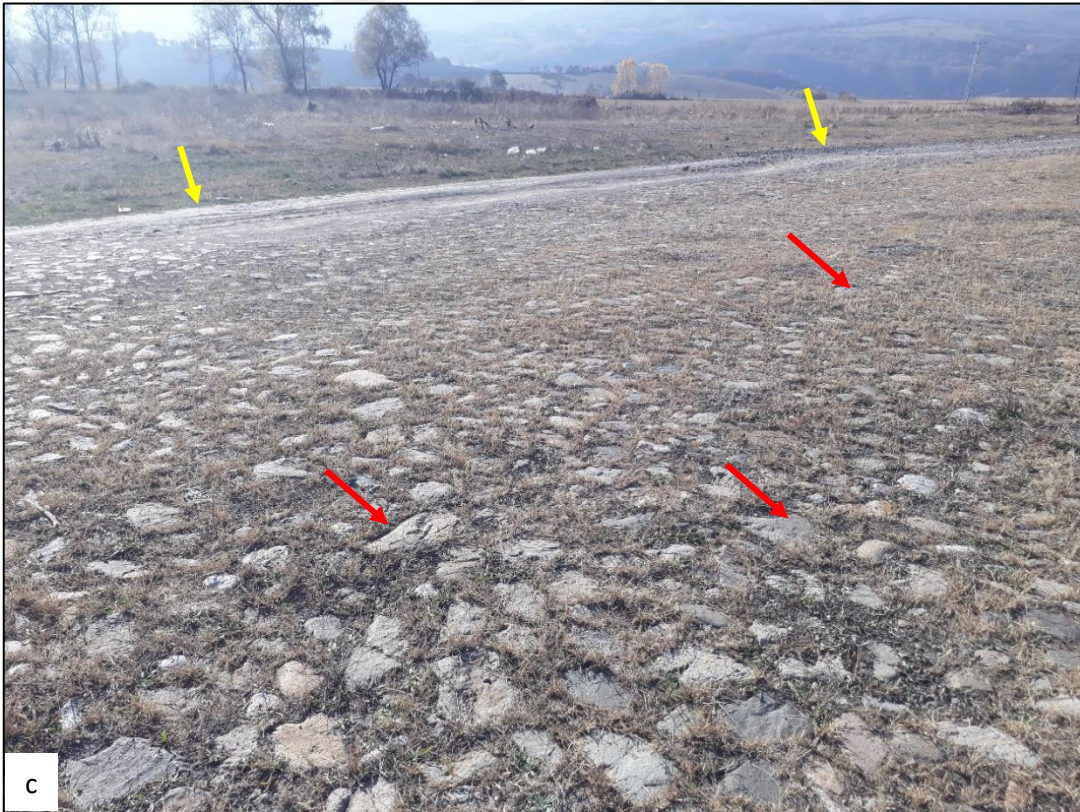
Şekil 5.13. (devam)



Şekil 5.13. Ana yoldan batıya doğru ayrılan yolun görünümü. Kırmızı oklar taş döşemeleri işaret etmektedir. Lokasyonun yeri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.14. (devam)



Şekil 5.14. Ana yoldan doğuya doğru ayrılan yolun görünümü. Kırmızı oklar taş döşemeleri işaret etmektedir. Taş döşemelerin yaygın bir alanda görünmesi, burada muhtemelen bir han olabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Lokasyonun yeri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

5.2. Arslançayırı Lokasyonu

Arslançayırı lokasyonu, Havza'nın yaklaşık 5 km kuzeyinde yer almaktadır. Batıdan Arslançayırı köyüne doğru uzanan fay, köyün bulunduğu yerde sağa doğru sıçrama yaparak doğuya doğru devam eder (Şekil 5.15). Köyün hemen doğusundaki çayırılık alanda, fayın uzanımı ile uyumlu morfolojik izler görülmektedir. Bu alanda bulunan tarla sınırlarında ve eski bir dere yatağında sağ yanal ötelenmeler de görülmektedir (Şekil 5.16). Çayırılık alandaki morfolojik izlerin fayın uzanımı ile uyumlu olması, tarla sınırları ve dere yatağında görülen sağ yanal ötelenmeler ile aynı doğrultu üzerinde bulunması, çayırılık alandaki bu izlerin 1943 depreminin yüzey kırığının kalıntıları olabileceğini düşündürmektedir (Şekil 5.17). Dere yatağı ve tarla sınırlarındaki ötelenmeler ve çayırılık alanda görülen çizgisellikler fayın dar bir zonda devam ettiğini göstermektedir.



Şekil 5.15. Arslançayırı lokasyonunun Google Earth görüntüsü. Kesikli sarı çizgi fayın uzanımını göstermektedir. Yeşil çizgi günümüzde kullanılan asfalt yolu, mavi çizgi eski yolu göstermektedir. Kırmızı dikdörtgenler, ilgili şekillerde görülen arazi verilerinin yerleri.



a



b

Şekil 5.16. a) Çayırılık alanda küçük bir dere yatağında (kesikli sarı çizgi) görülen sağ yanal ötelenme (kırmızı okların arası yaklaşık 2.5 m). b) Tarla sınırında görülen sağ yanal yamulma (kırmızı ok ile işaret edilmiştir). Lokasyonun yeri Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.17. 1943 depreminin yüzey kırığı olduğu düşünülen izler (kırmızı oklar). Lokasyonun yeri Şekil 5.15’de verilmiştir. Bakış yönü ilk şekilde batı, ikinci şekilde doğuya doğrudur.

Arslançayırı lokasyonunda yapılan ayrıntılı gözlemler, günümüzde kullanılan asfalt yolun fayı geçtiği yerde sağa doğru viraj yaptığını göstermektedir (Şekil 5.18). Fay ile yolun kesiştiği yerin yaklaşık 140 m kuzeybatısında (Şekil 5.19.a) bir çeşme bulunmaktadır. Çeşme civarında yapılan ayrıntılı gözlemlerde, çeşmenin hemen yanında gömülü insan yapımı bloklar (Şekil 5.19.b) bulunmaktadır. Çeşmenin duvarında ve yalağında (suyun toplandığı uzun çanak) eski dönemlere ait olduğu düşünülen insan yapımı blokların kullanıldığı görülmektedir (Şekil 5.19.c). Çeşmenin hemen kuzeyinde bulunan mezarlığın batı kenarı boyunca yaklaşık K35D uzanımlı bir yol bulunmaktadır (Şekil 5.20). Genişliği yaklaşık 7 m olan yol 250 m boyunca takip edilebilmektedir ve tabanında yer yer taş döşemeler görülmektedir (Şekil 5.21). Mezarlığın batı kenarı boyunca uzanan yolun yer yer taş döşeme olması, yolun kenarında çeşme bulunması bu yolun eski dönemlerde kullanılan bir yol olduğunu göstermektedir. Çeşmenin güneyinde eski yolun izlerine rastlanmamıştır. Günümüzde kullanılan modern yolun, bu alanda eski yolun üzerine yapıldığı, bu nedenle herhangi bir eski yol kalıntısına rastlanmadığı düşünülmektedir. Günümüzde kullanılan yolun fayı geçtiği yerde, yolda yaklaşık 10 m sağ yanal ötelenme ölçülmüştür.



Şekil 5.18. a) Günümüzde kullanılan yol. Sarı ok, yolda sağa doğru görülen dönmenin yerini göstermektedir, b) yolda görülen sağa doğru yamulmanın yakından görünümü. Lokasyonun yeri Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.19. (devam)



Şekil 5.19. a) Eski yolun kenarında bulunan çeşme (kırmızı ok eski yolu işaret etmektedir, bakış yönü kuzeye doğrudur), b) Gömülü insan yapımı bloklar (sarı ok). c) Çeşmenin yapımında kullanılan eski dönemlere ait insan yapımı bloklar (kırmızı ok). Lokasyonun yeri Şekil 5.15’de verilmiştir.



Şekil 5.20. Eski yolun Google Earth görüntüsü. Kesikli sarı çizgi fayın uzanımını göstermektedir. Yeşil çizgi günümüzde kullanılan asfalt yolu, mavi çizgi eski yolu göstermektedir.



Şekil 5.21. Mezarlığın batı kenarı boyunca izlenebilen yaklaşık 7 m genişliğinde eski yol (bakış yönü güneye doğrudur). Sarı oklar yolu işaret etmektedir. Kırmızı oklar taş döşemeleri işaret etmektedir. Lokasyonun yeri Şekil 5.15’de verilmiştir.

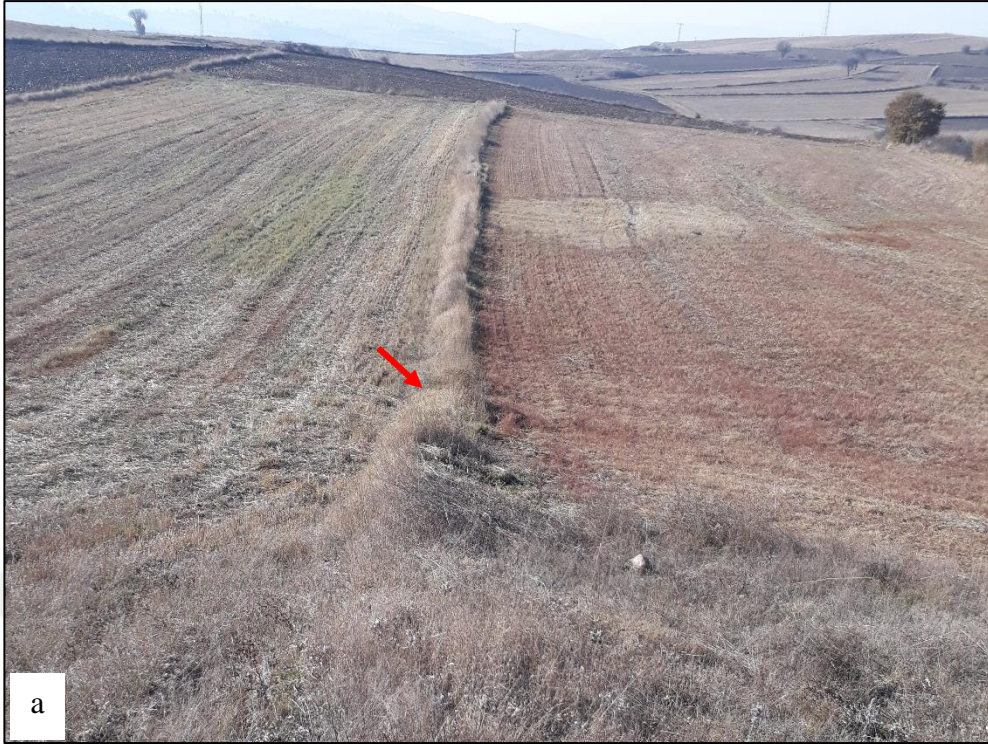
5.3. Mısmılağaç Lokasyonu

Mısmılağaç lokasyonu, Havza'nın yaklaşık 6 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 5.22). Bu lokasyonda fay KB-GD uzanımlıdır ve K25B uzanımlı bir yol fayı geçmektedir (Şekil 5.22). Bu lokasyonda fayın uzanımı ile uyumlu morfolojik izler görülmektedir ve tarla sınırlarında sağ yanal ötelenmeler görülmektedir (Şekil 5.23). Arazide görülen veriler, yolun yaklaşık 150 m batısında fayın sağa sıçrama yaptığını göstermektedir.

Yol ile fayın kesiştiği yerde yolun sağa doğru viraj yaptığı dikkat çekmektedir (Şekil 5.24). Genişliği yaklaşık 4 m olan yol 200 m boyunca takip edilebilmektedir. Eski yolun fayı geçtiği yerde, yolda 8 m sağ yanal ötelenme ölçülmüştür. Arazide yapılan detaylı gözlemlerde, çevrede eski dönemlere ait olabilecek herhangi bir yapı izine rastlanmamıştır.



Şekil 5.22. Mısmılağaç lokasyonunun Google Earth görüntüsü. Kesikli sarı çizgiler fayın uzanımını göstermektedir. Mavi çizgi eski yolu göstermektedir. Kırmızı dikdörtgenler, ilgili şekillerde görülen arazi verilerinin yerleri.



Şekil 5.23. Tarla sınırlarında görülen sağ yanal yamulmalar (kırmızı oklar ile işaret edilmiştir). Lokasyonun yeri Şekil 5.22’de verilmiştir.

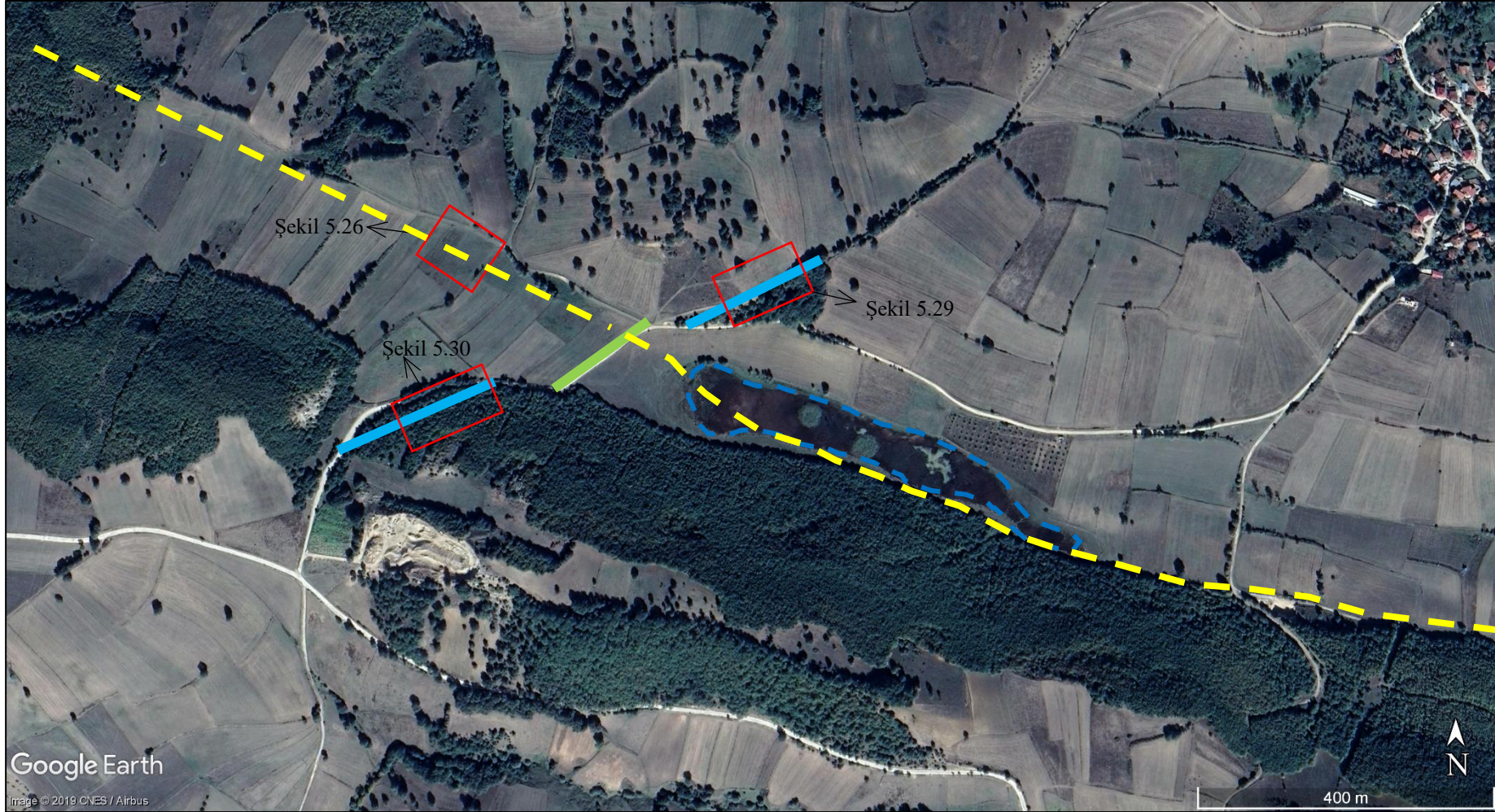


Şekil 5.24. Mısımlağaç lokasyonunda yer alan yaklaşık 4 m genişliğinde eski yolda sağ yanal ötelenme (kırmızı okların arası 8 m). Sarı oklar eski yolu işaret etmektedir. Lokasyonun yeri Şekil 5.22’de verilmiştir.

5.4. Başlamış Lokasyonu

Çalışma alanının en doğusunda yer alan Başlamış lokasyonu, Havza'nın yaklaşık 14 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Bu lokasyondaki yol, Başlamış köyünün batısında bulunmaktadır ve KD-GB gidişlidir (şekil 5.25). Yolum batısında, fayın morfolojideki izi belirgindir ve tarla sınırlarında sağ yanal yamulmalara neden olmuştur (şekil 5.26). Yolum doğu tarafında, uzun ekseni fayın uzanımına paralel olan küçük bir göl (sag pond) bulunmaktadır (şekil 5.25, 5.27). Yolum doğu tarafında yüzeyde faylanmaya ait herhangi bir veri görülmemektedir ancak burada gölcüğün bulunması muhtemelen fayın geometrisi ile ilgilidir, bu nedenle fayın bu lokasyonda sağa doğru büküm yaptığı düşünölmektedir.





Şekil 5.25. Başlamış lokasyonunun Google Earth görüntüsü. Kesikli sarı çizgi fayın uzanımını göstermektedir. Yeşil çizgi günümüzde kullanılan yolu, mavi çizgi eski yolu göstermektedir. Kesikli mavi çizgi sağ pond sınırını göstermektedir. Kırmızı dikdörtgenler, ilgili şekillerde görülen arazi verilerinin yerleri.

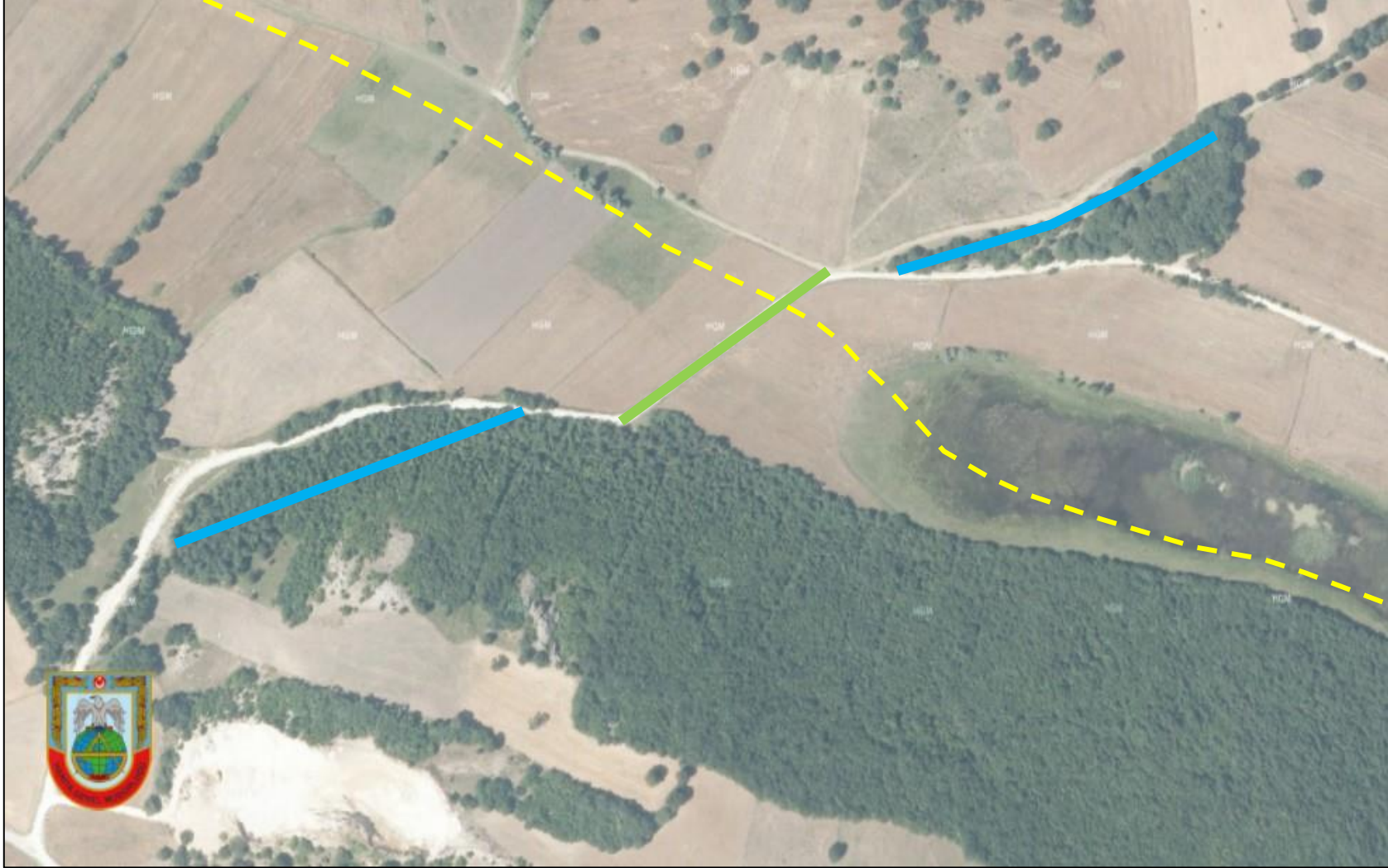


Şekil 5.26. Tarla sınırlarında görülen sağ yanal yamulmalar (kırmızı oklar ile işaret edilmiştir). Bakış yönü güneybatıya doğrudur.



Şekil 5.27. Başlamış lokasyonunda yer alan sağ pond (sarı oklar ile işaret edilmiştir). Kesikli kırmızı çizgi fayın uzanımını göstermektedir. Bakış yönü güneye doğrudur.

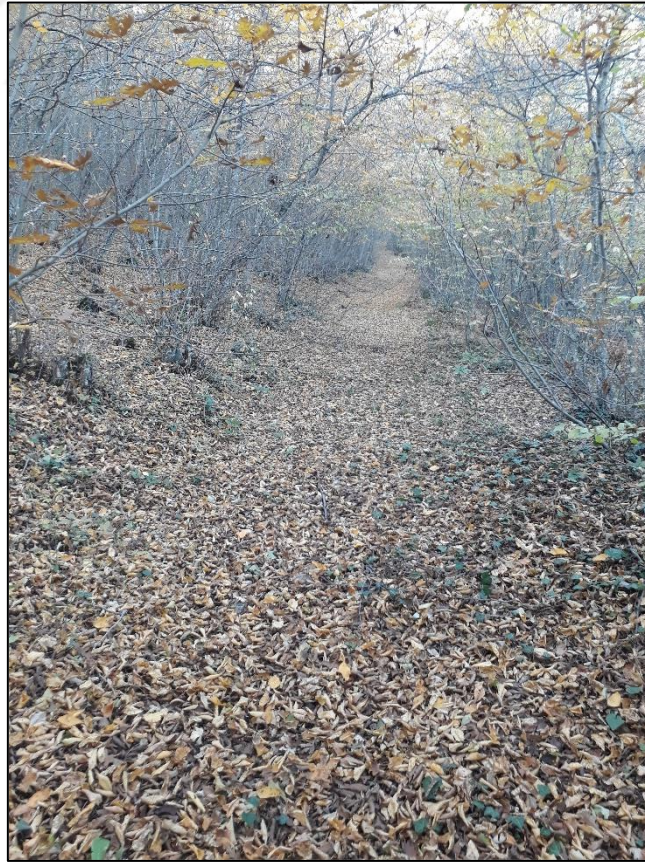
Başlamış lokasyonunda, fayın kuzeyinde ve güneyinde eski yolun kalıntıları görülmektedir (Şekil 5.29,30). Bu alanda, fayın kuzeyinde K65D uzanımlı ve yaklaşık 7 m genişliğindeki yol yaklaşık 200 m takip edilebilmektedir (Şekil 5.29). Benzer şekilde, fayın güneyinde de K65D uzanımlı ve yaklaşık 7 m genişliğindeki yol yaklaşık 200 m boyunca izlenebilmektedir (Şekil 5.30). Yolun fayı geçtiği yerde yapılan gözlemlerde, eski yolun izlerine rastlanmamıştır. Fayın kuzeyinde ve güneyinde görülen eski yol kalıntıları birbirlerinde doğru uzatıldığında yaklaşık 40 ± 5 m sağ yanal ötelenme olduğu görülmektedir.



Şekil 5.28. Eski yolun hava fotoğrafı (Hava fotoğrafı HGM'den alınmıştır). Kesikli sarı çizgi fayın uzanımını göstermektedir. Yeşil çizgi günümüzde kullanılan yolu, mavi çizgi eski yol güzergahını göstermektedir.



Şekil 5.29. Fayın kuzeyinde izlenebilen 7 m genişliğinde eski yol (Bakış yönü güneye doğrudur). Lokasyonun yeri Şekil 5.25’de verilmiştir.



Şekil 5.30. Fayın güneyinde izlenebilen 7 m genişliğinde eski yol. Lokasyonun yeri Şekil 5.25’de verilmiştir.

6. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ülkemizin en önemli deprem kaynaklarından biri olan KAFZ üzerinde yakın geçmişte ve tarihsel dönemlerde yıkıcı depremler meydana gelmiştir. Bu büyük depremler, etki alanları içinde bulunan yerleşim yerlerinde can kayıplarına ve maddi hasarlara neden olmuştur. Örneğin, KAFZ üzerinde en son 1999 yılında meydana gelen depremlerde 20 000 den fazla can kaybı ve milyarlarca lira maddi hasar meydana gelmiştir. Gerekli önlemlerin alınması halinde, büyük depremlerin neden olduğu can kayıpları ve maddi hasarları minimum seviyeye indirmek mümkündür. Depremlere karşı önlem alınmasının en temel çalışmalarını, deprem üreten fayların (aktif fayların) yerlerinin (yüzey izlerinin) kesin olarak bilinmesi ve davranışlarının anlaşılması oluşturmaktadır. Aktif fayların yerlerinin bilinmesinde ve davranışlarının anlaşılmasında, çalışılan alanın koşullarına göre farklı disiplinlerden yararlanılır (örneğin, paleosismoloji, jeomorfoloji, arkeosismoloji vb.). Arkeolojik açıdan zengin olan bölgelerde, aktif fayların araştırılmasında arkeolojik kalıntılar önemli bilgiler sağlamaktadır (Hancock ve Altunel, 1997; Meghraoui vd., 2003; Altunel vd., 2009; Kozacı vd., 2011). Örneğin, KAFZ'nun Hersek Deltası'ndaki kesin yerini jeolojik ve morfolojik verilerle tespit etmek mümkün değildir ancak Bizans Dönemi'ne ait bir su kanalı fayın kesin yeri hakkında güvenilir bilgi vermektedir (Kozacı vd., 2011). Benzer şekilde, Ölü Deniz Fay Zonu'nun Amik Ovası'ndaki uzanımını belirlemede jeolojik ve morfolojik veriler yetersiz kalmaktadır ancak arkeolojik verilerden (antik yol, höyük gibi) yararlanarak fayın uzanımı belirlenmiştir (Altunel vd., 2009).

KAFZ genel olarak uzanımı boyunca belirgin jeolojik ve morfolojik veriler sunmaktadır ve bu verilerden yararlanılarak zonun farklı segmentlerinin davranışını anlamaya yönelik çalışmalar yapılmıştır (Ketin, 1969; Şengör, 1979; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1996; Altunel vd., 2000; Barka vd., 2002; Hubert-Ferrai vd., 2002; Herece ve Akay, 2003; Altunel vd., 2004; Kozacı vd., 2007;). Ancak, ülkemiz arkeolojik açıdan zengin olmasına rağmen KAFZ'nun davranışının anlaşılmasında arkeolojik verilerden sınırlı olarak yararlanılmıştır. Halbuki özellikle fayın kesin yerinin anlaşılmasında, atım miktarının ve kayma hızının belirlenmesinde arkeolojik veriler hem güvenilir bilgi sağlamaktadır hem de hendek çalışması, yaşlandırma analizleri gibi çalışmalar gerektirmemektedir. Bu tez kapsamında, KAFZ'nun Havza Segmenti'ni karşıdan karşıya geçen antik yollar araştırılarak bu segment üzerinde meydana gelen depremlerin

(tarihsel ve aletsel dönemde) antik yollar üzerindeki etkileri belirlenmiş ve segmentin yeri ve davranışı hakkında bilgiler elde edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında, Havza Segmenti'nin batıda Tepeören ile doğuda Başlamış arasında kalan bölümü ayrıntılı olarak incelenmiştir. Havza Segmenti'nin bu bölümünde yapılan arazi çalışmalarında, yollar, tarla sınırları ve dere yatakları gibi çeşitli yapılarda görülen ötelenmeler ve yamulmalar ile morfotektonik yapılardan (örn. sag pond) yararlanılarak fay zonu haritalanmıştır. Benzer şekilde, Havza Segmenti boyunca antik yollar tespit edilerek bu yollar üzerinde ötelenme ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Havza Segmenti, çalışma alanı içinde (batıda Tepeören köyünden doğuda Başlamış köyü güneyine kadar) sağa sıçramalar veya büklümler yaparak uzanmaktadır. Havza Segmenti en son 1943 yılında meydana gelen $M=7.6$ büyüklüğündeki Tosya-Ladik depreminde kırılmıştır (Şekil 1.9).

Tarihsel kayıtlar incelendiğinde, Havza Segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan başka depremlerin de olduğu görülmektedir. Tarihsel kayıtlarda yer alan M.S. 236 ve M.S. 1668 depremlerinin Havza Segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturdukları paleosismolojik veriler ile desteklenmektedir (Fraser vd., 2009; Hartleb vd., 2003). Sınırlı olan paleosismolojik çalışmalardan elde edilen ve tarihsel kayıtlar ile ilişkilendirilemeyen bazı örnekler segment üzerinde M.Ö. 4000'li ve M.Ö. 2000'li yıllarda yıkıcı depremlerin meydana geldiğini göstermektedir (Fraser vd., 2010; Hartleb vd., 2003; Yoshioka vd., 2000). Ayrıca paleosismolojik veriler, Havza Segmenti üzerinde deprem tekrarlanma aralıklarının 385 ile 900 yıl arasında değiştiğini göstermektedir.

Kabukta biriken elastik deformasyon enerjisi, deprem sırasında fay zonu boyunca yer değiştirmelere (kosismik) neden olmaktadır. Ayrıca depremden sonra elastik deformasyon enerjisinin tamamen ortadan kalkması yani sistemin yeniden dengeye ulaşması zaman almaktadır. Bu süreçte fay zonu boyunca deformasyon postsismik olarak devam etmektedir (Wang vd., 2009). Postsismik deformasyonların, birkaç aydan birkaç on yıla kadar devam ettiği bilinmektedir (Savage ve Svarc, 1997; Kenner ve Segall, 2000). Bunun dışında fay zonları boyunca, deprem olmaksızın da deprem enerjisinin açığa çıktığı (krip) bilinmektedir (örn. 1944 Bolu-Gerede depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarı). Çalışma alanında haritalanan fay zonu üzerinde segmenti karakterize eden morfotektonik yapılar dışında en dikkat çeken durum, Köprübaşı köyü yerleşim yerinde iki

farklı evin dış ve iç duvarlarında görülen çatlaklar ve evlerden birinin bahçesinde bulunan fırının duvarında görülen sağ yanal yamulmadır (Şekil 5.4a,b). Fayın uzanımı ile uyumlu olan bu çatlaklar, Havza Segmenti üzerinde bir krip hareketinin veya postsismik deformasyonun devam ediyor olabileceğini düşündürmektedir. Çatlakların fark edilmesinden sonra yapılan saha gözlemlerinde segment üzerinde muhtemel bir krip hareketi ile ilişkilendirilebilecek başka bir deformasyona rastlanılmamıştır. Dolayısıyla burada görülen çatlakların, 1943 depremi sonrasında devam eden postsismik hareket veya krip hareketinden kaynaklanıp kaynaklanmadığını ortaya koyabilmek için makro gözlemler yeterli değildir. Bunun dışında, KAFZ üzerinde devam eden krip hareketlerinin olduğu bilinmektedir. Örneğin, 1943 depremi yüzey kırığı üzerinde Ladik-Taşova Segmenti üzerinde yer alan Destek Beldesi'nde ve yakın çevresinde duvarlarda ve mezar taşlarında deformasyonlar gözlenmiştir. Bu tür veriler her ne kadar muhtemel bir krip hareketinin varlığı ile açıklansa da (Karabacak vd., 2011), krip mi yoksa post-sismik deformasyon mu olduğu henüz netlik kazanmamıştır (Tunçel, 2015).

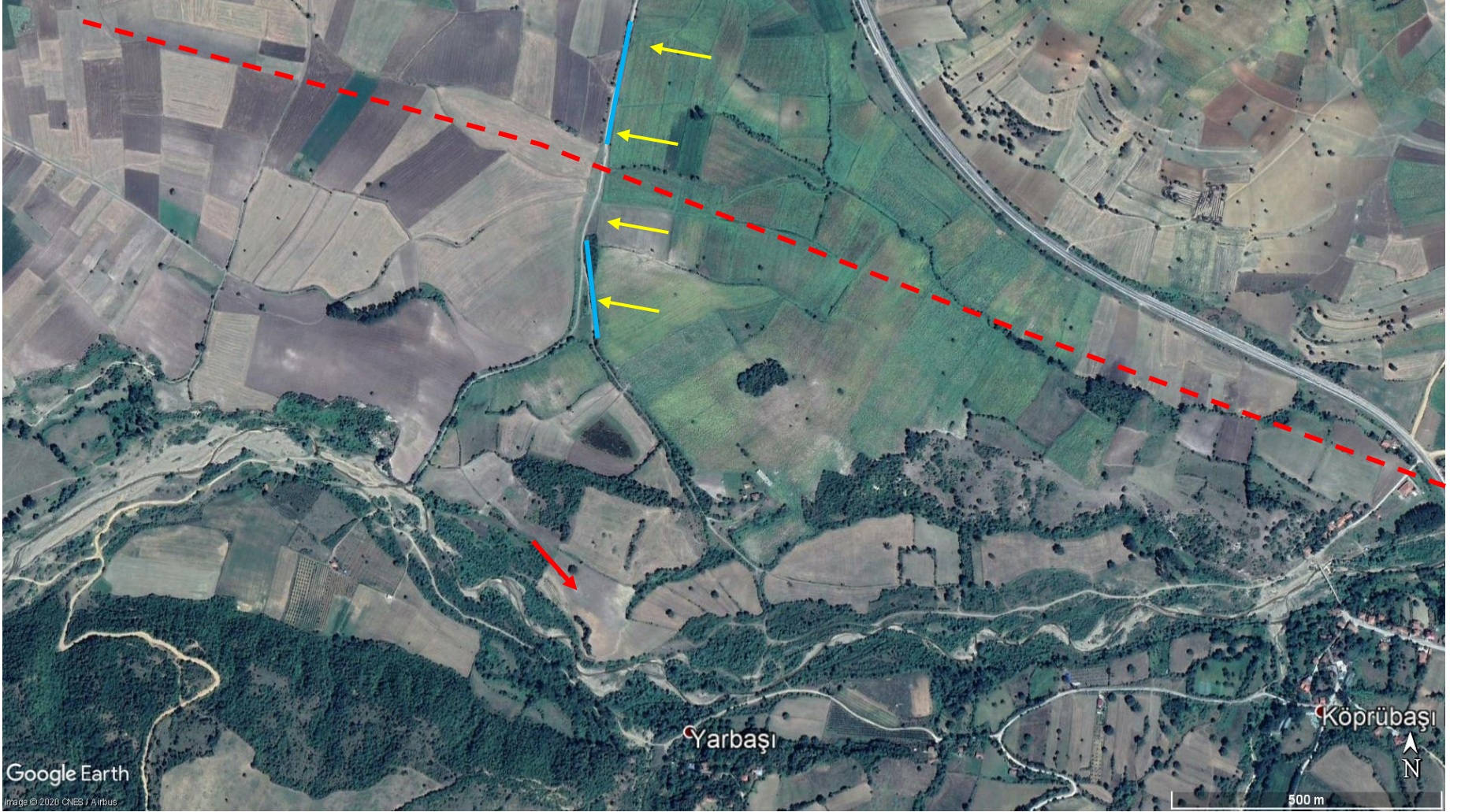
KAFZ'nun aktivitesine bağlı olarak oluşan morfoloji, günümüzde olduğu gibi geçmişte de Karadeniz ve İç Anadolu bölgeleri arasında doğal bir geçiş güzergahı oluşmasını sağlamıştır. Bölgede yerleşik hayata geçişin M.Ö. 3000'li yıllara kadar uzandığı ve eski dönemlerde ulaşımın, KAFZ'nun oluşturduğu doğal yol sistemi çevresinde gerçekleştiği bilinmektedir (Adatepe, 1988). Bölgede yerleşik hayata geçişin bu kadar eskiye ve ilk yazılı kaynakların, M.Ö. 2000'li yıllara (Adatepe, 1988) kadar uzanmasına rağmen tarihsel depremlerin kayıt altına alınmasına M.Ö. 3. yüzyıldan itibaren başlanılmıştır. Havza Segmenti boyunca yer alan yerleşim yerlerinde yapılan arkeosismolojik gözlemlerde eski yolların dışında tarihsel depremlerin meydana getirdikleri hasarları günümüze aktarabilecek bir antik kente rastlanılmamıştır. Bununla birlikte, çalışma alanında Hitit döneminden itibaren Roma, Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde de kullanıldığı düşünülen çeşitli yapı (yol, köprü, çeşme vb.) kalıntıları bulunmaktadır.

Köprübaşı köyü içinde İstavroz Çayı'nın yatağında yer alan köprü ayağı kalıntılarının Roma dönemine ait oldukları bilinmektedir (Nielsen ve Czichon, 2015). Ancak, kaçak kazı ve taşkın gibi etkilerin sonucunda büyük oranda tahrip edilmiş olan köprü ayaklarında tarihsel bir depremin muhtemel hasarlarının izleri görülememektedir. Köprü ayağı kalıntılarına oldukça yakın bir konumda yer alan ve günümüze kadar duvarlarının bir kısmı korunabilmiş olan han kalıntılarının Selçuklu ya da Osmanlı dönemlerine ait

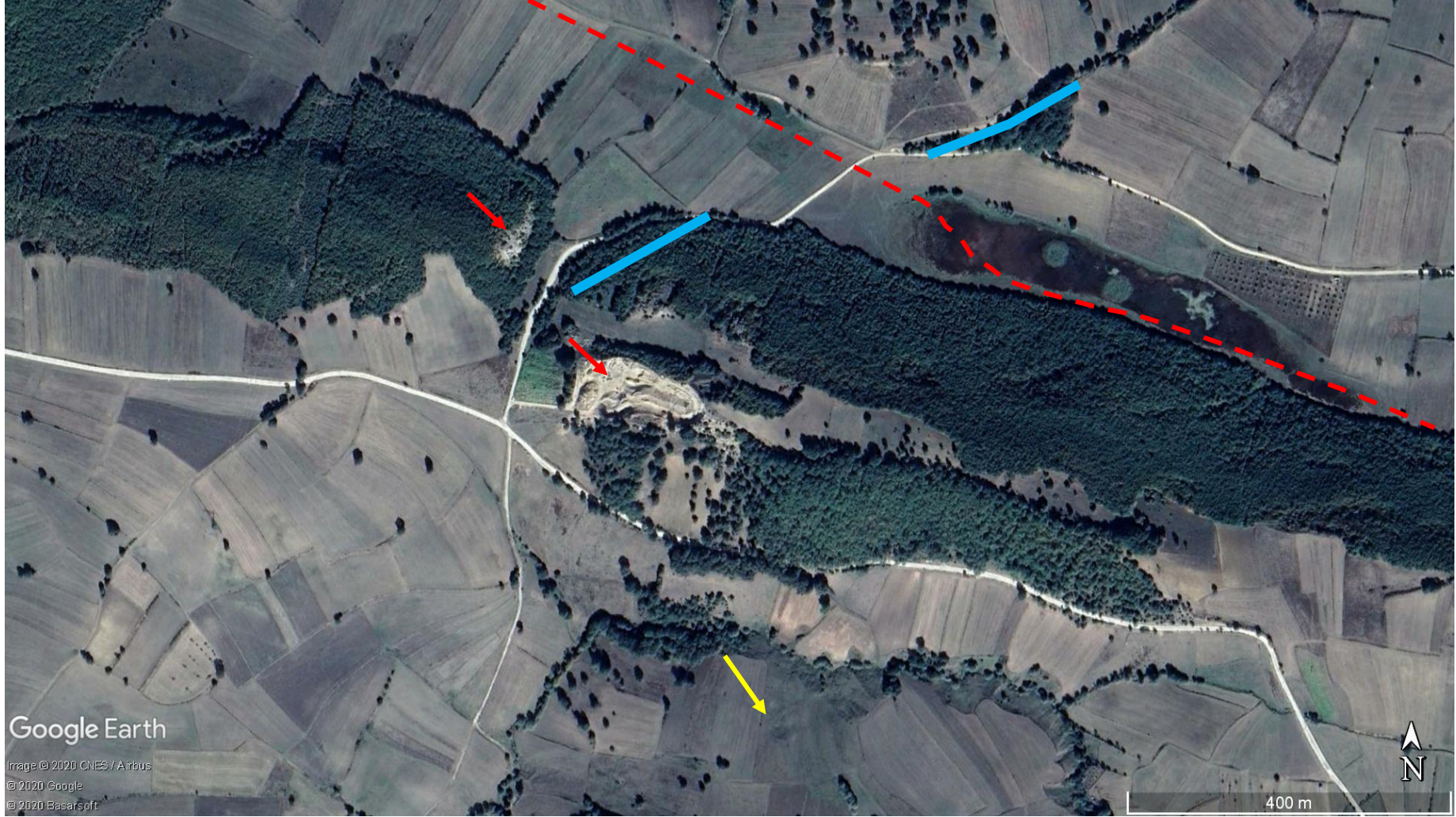
olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, han kalıntılarında da herhangi bir kırılma, eğilme veya duvar taşlarında yer değiştirme gibi eski bir depremin muhtemel hasarlarının izlerini taşıyan belirtilere rastlanılmamıştır.

Tepeören köyünün yaklaşık 2 km doğusunda bulunan yaklaşık 7 m genişliğindeki K-G uzanımlı yolun (Şekil 5.10) tabanında taş döşemeler kullanılmıştır. Bu eski yolun fay ile keşiştiği yerin yaklaşık 800 m güneyinde Hitit ve Demir Çağ'a ait keramik parçaları ile kırmızı ve siyah bant bezemeli kiremit parçalarının bulunduğu bir yerleşim yeri tespit edilmiştir (Jacobsen ve Nielsen, 2013). Hititlerin M.Ö. 1650'den itibaren Anadolu'ya yerleştikleri ve burada yerleşim yerleri kurdukları bilinmektedir (Alp, 2000). Hitit döneminde orta büyüklükteki bir Hitit kasabasının ortalama nüfusunun 3000 kişi olduğu bilinmektedir (Alp, 2000). Bu durum, sadece büyük kentler arasında değil orta büyüklükteki kasabalar arasında da ticari faaliyetleri ve iletişimi sağlayan önemli ulaşım yollarının yapılmış olmasını gerektirmektedir. Bu yerleşim yerinin varlığı, eski yolun Hititlerden itibaren kullanıldığını göstermektedir (Şekil 6.1). Ancak, yerleşim yerleri arasında ulaşımı sağlayan bu yolların bir gelişme sürecinin ürünü oldukları göz önünde bulundurulduğunda, söz konusu eski yolun yerleşim yeri ile aynı zamanda ortaya çıktığı düşünülemez. Bu nedenle eski yolun 3200 ± 100 yıl önce kullanılmaya başlandığı düşünülmektedir.

Başlamış köyünün güneyinde yer alan eski yolun İnkaya olarak anılan ve savunma amaçlı kullanıldığı düşünülen yamaç yerleşimlerine doğru devam ettiği görülmektedir. İnkaya tepesinin hemen güneyinde henüz kazılarla gün yüzüne çıkartılmamış ve kültür katmanları tarihlendirilmemiş bir höyük (Dedealtı yerleşimi) yer almaktadır (Şekil 6.2). Ancak, Adatepe (1988) yüzey araştırmalarına dayanarak söz konusu höyüğün M.Ö. 2000'li yıllara ait bir yerleşim yeri olduğunu iddia etmektedir. Dedealtı yerleşiminin hakim bir tepe üzerine kurulmuş olması ve savunma amaçlı bir yapının da varlığı buranın dönemin önemli yerleşimleri arasında olduğunu ve bu yerleşimin diğer büyük yerleşimler (örn. idari merkezler) ile bağlantı sağlayan önemli yol ağlarına sahip olması gerektiğini düşündürmektedir. Ancak, bu yolların ilk yerleşim yerlerinin ortaya çıkmasını takip eden gelişme sürecinde ortaya çıkmış olmaları gerekmektedir. Dolayısıyla, Başlamış köyündeki antik yolun 3600 ± 100 yıldır kullanıldığı düşünülmektedir.

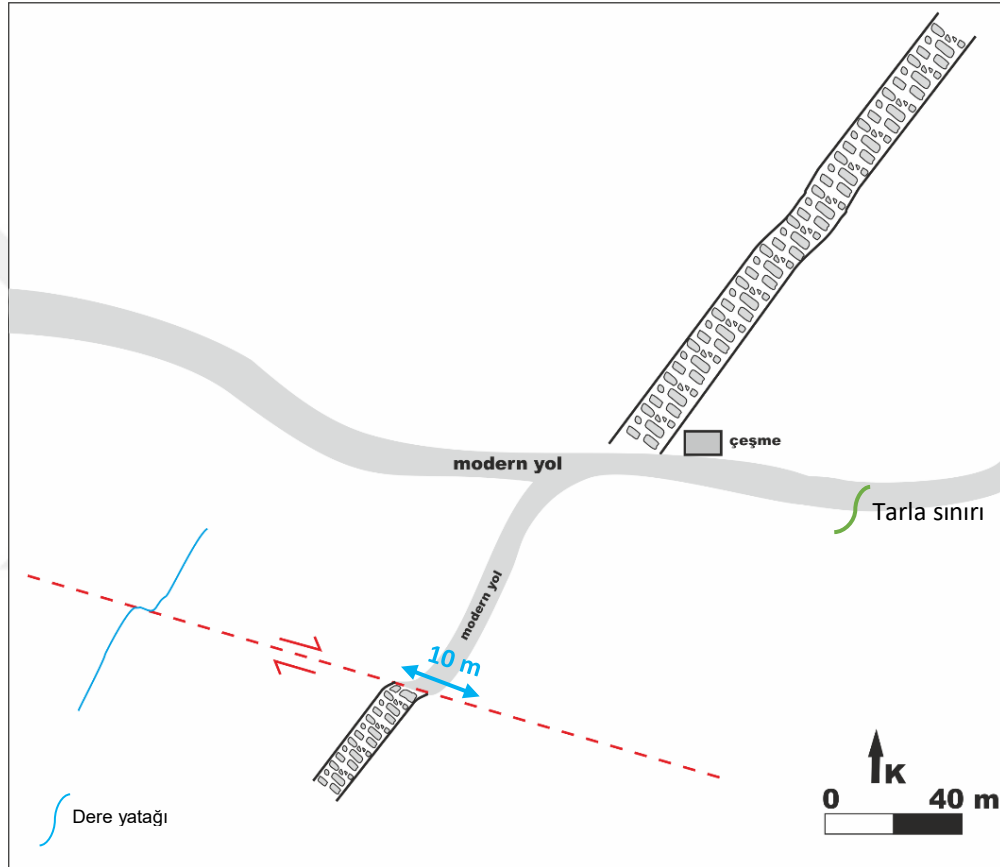


Şekil 6.1. Tepeören köyünün yaklaşık 2 km doğusunda bulunan eski yolun Google Earth görüntüsü. Sarı oklar eski yolu, kırmızı ok Hitit dönemine ait olan yerleşim yerini işaret etmektedir. Mavi çizgiler antik yolun yüzeyde görülen kısımlarını işaret etmektedir. Kırmızı kesikli çizgi fayın yaklaşık uzanımını göstermektedir.



Şekil 6.2. Başlamış lokasyonunda bulunan antik yolun Google Earth uydu görüntüsü. Kesikli kırmızı çizgi fayın uzanımını göstermektedir. Kırmızı oklar İnkaya yamaç yerleşimlerini, sarı ok Dedealtı höyüğünü işaret etmektedir. Mavi çizgiler antik yolun yüzeyde görülen kısımlarını işaret etmektedir.

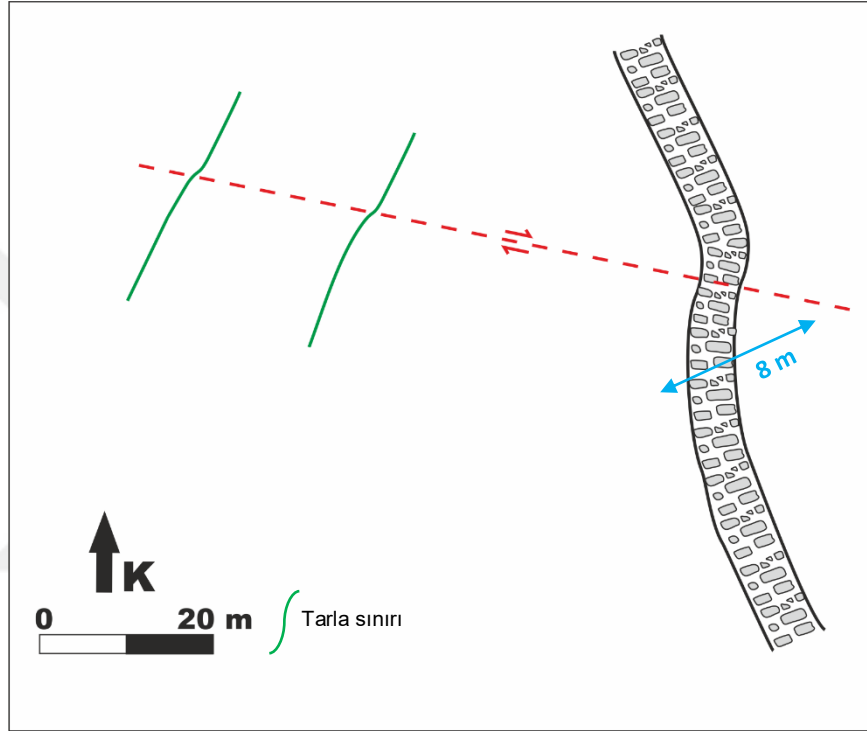
Arslançayırı köyünde yer alan eski yolun güneye devamının üzerine modern yolun yapıldığı düşünülmektedir. Mevcut veriler antik yoldaki toplam ötelenmenin en az 10 m olabileceğini göstermektedir (Şekil 6.3). Ancak, bu lokasyondaki yolun yaşı konusunda fikir yürütülebilecek herhangi bir veri elde edilememiştir.



Şekil 6.3. Arslançayırı lokasyonunda görülen antik yolun şematik görünümü

Mısmılağaç lokasyonunda yapılan gözlemlerde, yolun tarihsel geçmişi hakkında detaylı bilgi verebilecek herhangi bir veriye rastlanılmamıştır. Ancak, yolda ölçülen toplam yaklaşık 8 m sağ yanal ötelenme bu yolun fazla eski olmadığını göstermektedir (Şekil 6.4). 1943 yılındaki depremde Havza Segmenti üzerinde yaklaşık 3 m ötelenme meydana gelmiştir. 1943 depremine ait yerdeğiştirme çıkarıldığında geriye 5 m ötelenme kalmaktadır. Paleosismolojik (Hartleb vd., 2003; Fraser vd., 2009; Fraser vd., 2010; Yoshioka vd., 2000) ve dendrokronolojik (Kozacı, 2012) veriler bu segment üzerinde 1943 depreminden önceki

en son depremin 1668 depremi olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu yol üzerinde 1943 depreminin neden olduğu yaklaşık 3 m atım çıkarıldığında geriye kalan 5 m lik atım 1668 depremi ile ilişkili olabilir. 1668 depreminin Havza Segmenti üzerinde yaklaşık 5 m atıma neden olduğu göz önüne alınırsa, 1668 depreminin büyüklüğünün yaklaşık $M=7.5$ olduğu söylenebilir (Wells ve Coppersmith, 1994).

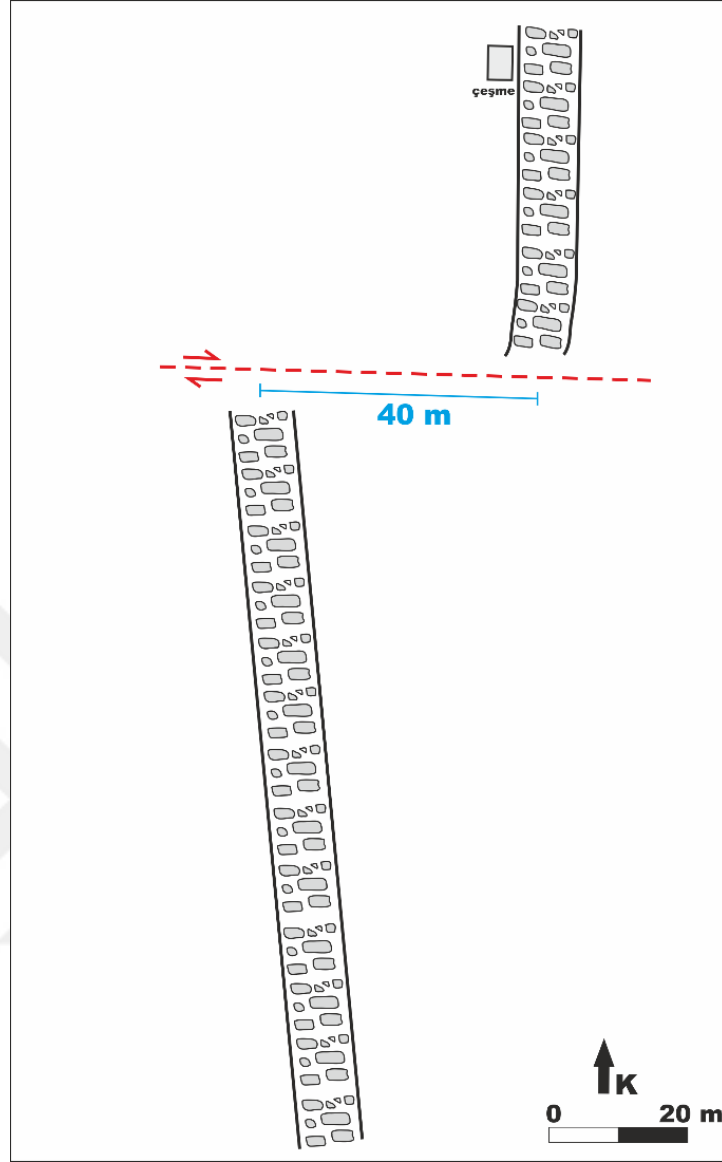


Şekil 6.4. Mısmılağaç lokasyonunda görülen eski yolun şematik görünümü

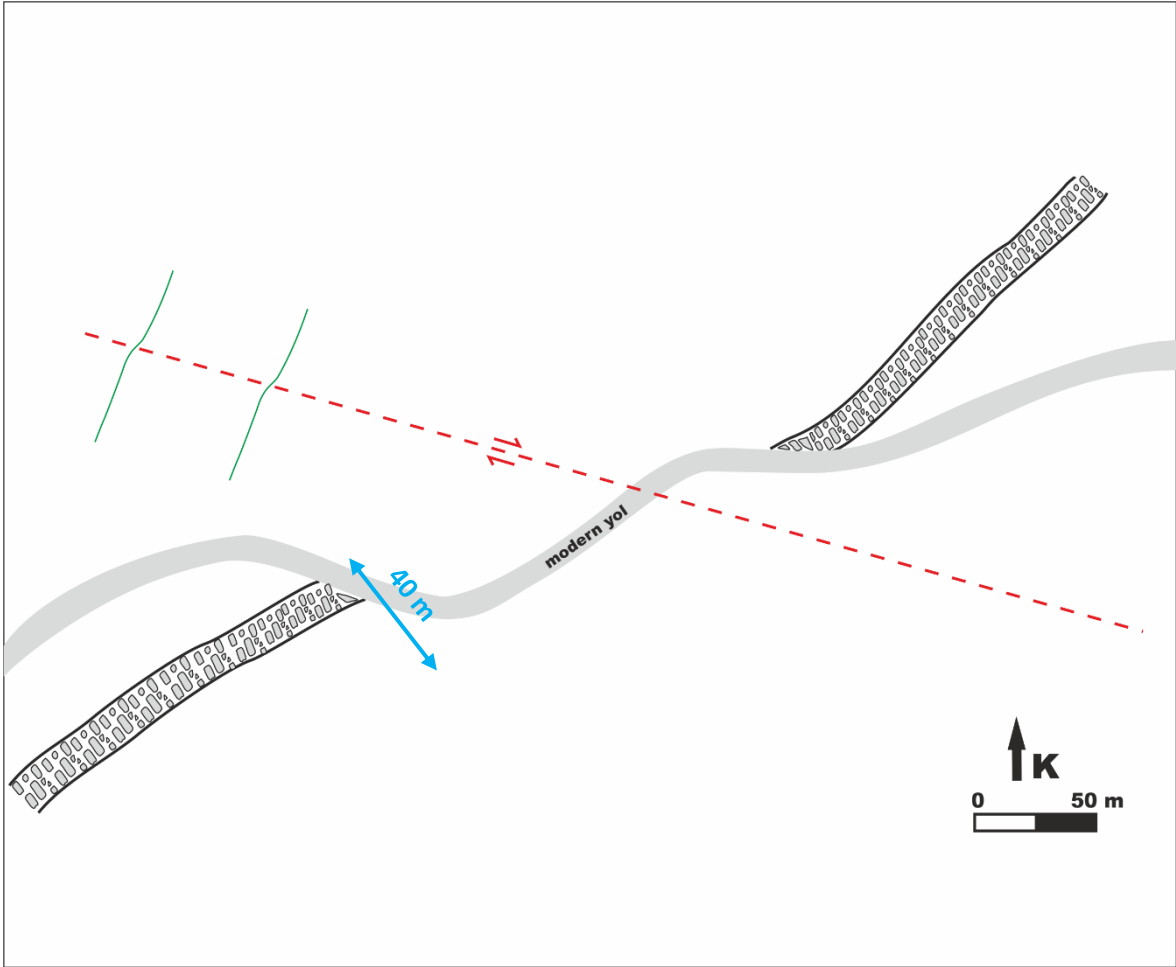
Tepeören köyünün yaklaşık 2 km doğusunda bulunan eski yol üzerinde toplam 40 ± 5 m sağ yanal ötelenme belirlenmiştir (Şekil 6.5). Benzer şekilde, Başlamış köyünün güneyinde bulunan antik yol üzerinde de toplam 40 ± 5 m sağ yanal ötelenme belirlenmiştir (Şekil 6.6). Aynı segmenti karşıdan karşıya geçen yollar üzerindeki toplam ötelenmenin birbirine yakın olması (Tepeören ve Başlamış lokasyonları) yolların aynı döneme ait olduklarını göstermektedir. Yolların kesin yaşı bilinmediği için kayma hızı elde etmek mümkün değildir. Ancak, yolların yakınlarında bulunan Hitit dönemi yerleşim yerleri ile yaşıt oldukları kabul edilse bile kayma hızının 10 mm/yıl'dan fazla olduğu görülmektedir. Mısmılağaç ve Arslançayırı lokasyonlarında yer alan eski yolların tarihsel geçmişleri

hakkında yeterli veriler olmadığı için bu eski yollardaki ötelenmeler ile kayma hızı arasında ilişki kurulamamıştır. Ancak, Mısmılağaç lokasyonunda yer alan ve fazla eski olmayan yoldaki ötelenme, Havza Segmenti üzerinde bilinen son tarihsel deprem olan 1668 depreminin büyüklüğü hakkında tahminde bulunmada yardımcı olmuştur.

Eski yollardan elde edilen kayma hızları, KAFZ için GPS çalışmalarından elde edilen 24 ± 1 mm/yıl (Reilinger vd., 2006), jeomorfolojik çalışmalarda elde edilen 20.5 ± 5.5 mm/yıl (Kozacı vd., 2007) ve bir diğer jeomorfolojik çalışmada KAFZ'nun orta kesimine Holosen (11.000 yıl) için atfedilen 18 ± 5 mm/yıl (Hubert-Ferrari vd., 2002) kayma hızlarından düşüktür. Bu farklılık ya yolların burada ileri sürüldüğü kadar eski olmadığını (Hitit dönemi) ve daha geç dönemlere ait olduğunu ya da KAFZ üzerindeki kayma hızının diğer yöntemlerle elde edildiği kadar yüksek olmadığını göstermektedir.



Şekil 6.2. Tepeören-Köprübaşı lokasyonunda görülen eski yolun şematik görünümü



Şekil 6.4. Başlamış lokasyonunda görülen eski yolun şematik görünümü

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Havza Segmenti'ni karşıdan karşıya geçen eski (antik) yollar araştırılarak segmentin aktivitesinin bu yollar üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma kapsamında Havza Segmenti batıda Tepeören köyü ile doğuda Başlamış köyü arasında haritalanmış ve fayın sağa sıçramalar veya büklümler yaparak uzandığı ortaya konulmuştur.

Havza Segmenti üzerinde Köprübaşı köyünde iki farklı evin duvarlarında çatlaklar gözlenmiştir. Ancak yapılan makro gözlemler bu çatlakların krip hareketi ile mi ilişkili olduğunu yoksa 1943 depreminin post-sismik deformasyonu mu olduğunu söylemek için yeterli değildir.

Havza Segmenti'nde yapılan arazi çalışmalarında dört farklı lokasyonda, KAFZ'nu karşıdan karşıya geçen antik yollar tespit edilmiştir. Bu eski yolların fayı geçtiği yerlerde ötelenme ölçümleri yapılmıştır. Fay zonu üzerinde yapılan arkeosismolojik çalışmalar ile segmentin aktivitesine ait veriler elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda, Tepeören köyünün doğusundaki eski yolun 40 ± 5 m, Başlamış köyünün güneyindeki eski yolun 40 ± 5 m, Mısmılağaç civarındaki eski yolun yaklaşık 8 m ve Arslançayırı köyünün hemen doğusundaki eski yolun ise en az 10 m sağ yanal ötelendiği ortaya konulmuştur. Yolların yaşları bilinmemekle birlikte fay üzerinde 10 mm/yıl'dan fazla kayma hızı olduğu görülmektedir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. Havza Segmenti için hesaplanan kayma hızı verileri

Yöntem	Kayma hızı (mm/yıl)	Kaynak
GPS ölçümleri	24±1	Reilinger vd. (2006)
Jeomorfolojik veriler	20.5±5.5	Kozacı vd. (2007)
Jeomorfolojik veriler	18±5 (Holosen)	Hubert-Ferrari vd. (2002)
	6.5 (Neojen)	
Paleosismolojik veriler	23.5±1.5	Fraser vd. (2010)
Arkeosismolojik veriler (antik yollardaki ötelenmeler)	>10±1.4	Bu çalışmada

Mısımlağaç lokasyonunda görülen eski yolda 8 m sağ yanal ötelenme ölçülmüştür. Ölçülen yer değiştirme miktarı yolun fazla eski olmadığını göstermektedir. Havza Segmenti üzerinde meydana gelen 1943 depreminde en fazla 3 m ötelenme meydana geldiği bilinmektedir (Barka, 1996). Dolayısıyla, bu 3 m ötelenme çıkarıldığında geriye kalan 5 m ötelenme muhtemelen Havza Segmenti üzerinde bilinen son tarihsel deprem olan 1668 depremi ile ilişkilidir. Wells ve Coppersmith (1994) tarafından hazırlanan deprem büyüklüğü ile ötelenme miktarı bağıntıları dikkate alınırca 1668 depreminin büyüklüğünün $M=7.5$ olduğu söylenebilir.

Köprübaşı köyündeki evlerin duvarlarında görülen çatlakların muhtemel bir krip mi yoksa post-sismik deformasyon mu olduğunun ortaya konabilmesi için, fay zonu üzerinde uygun ölçüm istasyonları kurularak uzun dönem deformasyon ölçümleri yapılmalıdır.

Havza Segmenti üzerinde yapılan paleosismoloji çalışmalarının yeterli olmadığı ve elde edilen bazı parametrelerin (özellikle deprem tekrarlanma aralıkları) tutarlı olmadıkları görülmektedir. Dolayısıyla, segment üzerindeki tarihsel depremleri, tekrarlanma aralıkları ve kayma hızı gibi parametrelerin ortaya konulabilmesi için segment üzerinde ayrıntılı paleosismolojik çalışmalar yapılmalıdır.

Mısmılağaç köyünün hemen doğusundaki eski yolun güneye devamının üzerine modern yolun yapıldığı görülmektedir. Bu nedenle, sığ jeofizik yöntemler(örneğin yeraltı radarı (GPR) yöntemi) kullanılarak eski yolun kesin yeri ortaya çıkarılabilir.

Bu çalışma kapsamında tespit edilen eski yollar yerbilimci gözüyle değerlendirilmiş ve fay tarafından ötelendikleri ortaya konulmuştur. Konunun uzmanı arkeologlarla yapılacak arazi çalışmalarında, yolların hangi dönemlere ait oldukları belirlenebilir ve bu durumda KAFZ'nun Havza Segmenti üzerindeki kayma hızına ait daha sağlıklı bilgiler elde edilebilir.

Bu çalışma kapsamında yapılan haritalama çalışmaları, Havza Segmenti'nin yerleşim yerleri içinden geçtiğini göstermektedir. Büyük depremler sırasında fay boyunca yüzey kırığı geliştiği için fayın izi üzerinde bulunan yapıların (ev, ahır, cami vb.) bir sonraki deprem sırasında yıkılacağı açıktır. Bir sonraki depremin can ve mal kayıplarına neden olmaması için gerekli önlemlerin bir an önce alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Adatepe, M.K., 1988, İ.Ö. II. Binyıl'da Orta Karadeniz Bölgesi, Yüksek Lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 167 s.
- Akyüz, H.S., Barka, A., Altunel, E., Hartleb, R. and Sunal, G., 2000, Field observations and slip distribution of the November 12, 1999 Düzce earthquake (M=7.1), Bolu-Turkey. In: *The 1999 Izmit and Düzce Earthquakes: preliminary results* (Eds. A. Barka, Ö. Kozacı, S. Akyüz and E. Altunel), İTÜ publications, p. 63-70.
- Akyüz, H.S., Hartleb, R., Barka, A., Altunel, E., Sunal, G., Meyer, B. And Armijo, R., 2002, Surface rupture and slip distribution of the 12 November 1999 Düzce earthquake (M=7.1), North Anatolian Fault, Bolu, Turkey. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, p.61– 66.
- Allen C.R. 1969, Active faulting in northern Turkey. Contrib. No. 1577, Div. Geol. Sci., Calif. Inst. Technol. 32 pp.
- Alp, S., 2000, Hitit Çağında Anadolu, TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları, s.45-52
- Altunel, E., 1998, Evidence for damaging historical earthquakes at Priene, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Science*, 7, p. 25-35.
- Altunel, E., Barka, A., Akyüz, H.S., 2000, Slip distribution along the 1912 Mürefte-Şarköy earthquake, the North Anatolian Fault, Western Marmara. In: *The 1999 Izmit and Düzce Earthquakes: preliminary results* (Eds. A. Barka, Ö. Kozacı, S. Akyüz and E. Altunel), İTÜ publications, p. 341-349.
- Altunel, E., Meghraoui, M., Akyüz, H.S., Dikbaş, A., 2004, Characteristics of the 1912 co-seismic rupture along the North Anatolian Fault Zone (Turkey): Implications for the expected Marmara Earthquake, *Terra Nova*, 16, p. 198-204.
- Altunel, E., Meghraoui, M., Karabacak, V., Akyüz, H.S., Ferry, M., Yalçın, Ç. and Munschy, M., 2009, Archaeological sites (Tell and Road) offset by the Dead Sea Fault in the Amik Basin, Southern Turkey. *Geophysical Journal International*, 179, p. 1313-1329.
- Ambraseys, N. N., 1970, Some characteristic features of the Anatolian fault zone, *Tectonophysics* 9, p. 143–165.
- Ambraseys, N. N., Finkel, C., 1995, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A Historical Review, 1500–1800, Muhittin Salih Eren, İstanbul, 0–240.
- Barka, A. A., 1992, The North Anatolian fault zone, *Annales Tectonicae*, 6, p.164-195.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Barka, A. A., 1996, Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with large earthquakes of the period 1939 to 1967, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86, p.1238-1254.
- Barka, A. A., Kadinsky-Cade, K., 1988, Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity, *Tectonics*, 7, p.663-684.
- Barka A, Akyüz S, Altunel E, Sunal G, Çakır Z, Dikbaş, A., Yerli, B., Rockwell, Dolan, J., Hartleb, R., Dawson, T., Fumal, T., Langridge, R., T., Stenner, H., Christofferson, S., Tucker, A., Armijo, R., Meyer, B., Chabaliere, J.B., Lettis, W., Page, W., Bachhuber, J., 2000, The August 17, 1999 İzmit earthquake, M=7.4, Eastern Marmara region, Turkey: study of surface rupture and slip distribution. In: *The 1999 İzmit and Düzce Earthquakes: preliminary results* (Eds. A. Barka, Ö. Kozacı, S. Akyüz and E. Altunel), İTÜ publications, p. 15-30.
- Barka, A., Akyüz, H.S., Altunel, E., Sunal, G., Çakır, Z., Dikbaş, A., Yerli, B., Armijo, R., Meyer, B., De Chabaliere, J.B., Rockwell, T., Dolan, J.R., Hartleb, R., Dawson, T., Christofferson, S., Tucker, A., Fumal, T., Langridge, R., Stenner, H., Lettis, W., Bachhuber, J., Page, W., 2002, The surface rupture and slip distribution of the 17 August 1999 İzmit earthquake (M 7.4), North Anatolian Fault. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, p.43–60.
- Blumenthal, M. M., 1945a, Ladik deprem hattı, *M.T.A. Mec*, 1/33, s.153-162
- Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey a Synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, p. 3-30.
- Caputo, R., Helly, B., 2008, The use of distinct disciplines to investigate past earthquakes, *Tectonophysics*, 453 (1-4), p. 7-19
- Çağatay, M.N., Uçarkuş, G., 2019, Chapter 16 - Morphotectonics of the Sea of Marmara: Basins and Highs on the North Anatolian Continental Transform Plate Boundary, Editor(s): João C. Duarte, *Transform Plate Boundaries and Fracture Zones*, Elsevier, P. 397-416,
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Kondo, H., Özalp, S., Elmacı, H., 2012, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Sinop (NK 36-12) ve Çorum (NK36-16) Paftaları, Seri No:29-30 Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Frank, H.T., 2008, *Atlas of the Bible Lands*, Hammond World Atlas Corporaiton.
- Fraser, J. G., Pigati, J. S., Hubert-Ferrari, A., Vanneste, K., Avsar, U., Altinok, S., 2009, A 3000-year record of ground-rupturing earthquakes along the central North Anatolian fault near Lake Ladik, Turkey. *Bulletin of the Seismological Society of America*, v.99, p.2681–2703.
- Fraser, J.G., Hubert-Ferrari, A., Vanneste, K., Altinok, S., Drab, L., 2010, A Relict Paleoseismic record of seven earthquakes between 600 AD and 2000 BC on the Central North Anatolian Fault at Elmacık, near Osmancik, Turkey. *Bull. of the Seis. Soc. of America*, 122, 11/12 1830–1845.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- French, D.H., 2016, Roman Roads and Milestones of Asia Minor, Vol. 4, The Roads, British Institute at Ankara, p. 86
- Galadini, F., Hinzen, K.G., Stiros, S.C, 2006b, Archaeoseismology: methodological issues and procedure, In: Galadini, F., Hinzen, K.G., Stiros, S.C, (Eds.), Archaeoseismology at the Beginning of the 21st century, Journal of Seismology, 10, p. 395-414
- Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G., 1994, Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century. Istituto Nazionale di Geofisica, 504.
- Hancock, P.L., Barka, A.A., 1980, Plio-Pleistocene reversal of displacement on the North Anatolian fault zone, Nature, Vol. 286, p. 591-594
- Hancock, P.L., Altunel, E., 1997, Faulted Archaeological Relics at Hierapolis (Pamukkale), Turkey, Journal of Geodynamics, Vol.24, p.21-36
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Akyüz, H.S., Yerli, B., 2003, A 2000-year-long paleoseismologic record of earthquakes along the central North Anatolian Fault, from trenches at Alayurt, Turkey. Bulletin of the Seismological Society of America, 93, 1935 – 1954.
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Kozacı, Ö., Akyüz, H.S., Seitz, G.G., 2006, A 2500-yr-long paleoseismologic record of large, infrequent earthquakes on the North Anatolian fault at Çukurçimen, Turkey. Bulletin of the Seismological Society of America, 118, 823 – 840.
- Herece, E., Akay, E., 2003, Kuzey Anadolu Fayı Atlası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Hubert-Ferrari, A., Armijo, R., King, G., Meyer, B., Barka, A., 2002, Morphology, displacement and slip rates along the North Anatolian Fault, Turkey, Journal of Geophysical Research, 107, doi: 10.1029/2001JB000393.
- Karabacak, V., Altunel, E., Çakır, Z., 2011, Monitoring aseismic surface creep along the North Anatolian Fault (Turkey) using ground-based LIDAR”, Earth and Planetary Science Letters, 304, p. 64-70.
- Kenner, S., Segall, P., 2000, Postseismic deformation following the 1906 San Francisco earthquake, J. Geophys. Res., 105, 13,195- 1, 209.
- Ketin, İ., 1948, Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. Geol. Rundsch. 36, 77–83.
- Ketin, İ., 1969, Über die nordanatolische Horizontalverschiebung, Bull Mineral Res. Explor. Inst. Turkey 72, p. 1-28.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kozacı, O., Dolan, J.F., Finkel, C.F., Hartleb, R., 2007, Late Holocene slip rate for the North Anatolian fault, Turkey, from cosmogenic ³⁶Cl geochronology: Implications for the constancy of fault loading and strain release rates. *Geology* 35 (10), 867–870.
- Kozacı, O., Altunel, E., Lindvall, S., Brankman, C., Lettis, W., 2011, The North Anatolian Fault on the Hersek Peninsula, Turkey: Its geometry and implications for the 1999 İzmit Earthquake rupture propagation, *Turkish Journal of Earth Science*, 20, p. 359–378.
- Kozacı, O., 2012, Dendroseismology on the central North Anatolian fault, Turkey: Documenting three centuries of surface rupture history using tree rings, *Journal of Geophysical Reserach*, 117, B01405, doi:10.1029/2011JB008795
- Le Pichon, X., Kreemer, C., 2010, The Miocene-to-Present Kinematic Evolution of the Eastern Mediterranean and Middle East and Its Implications for Dynamics, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 38, 323-351.
- Lettis, W., Bachhuber, J., Witter, R., Brankman, C., Randolph, C.E., Barka, A., Page, W.D., Kaya, A., 2002, Influence of releasing step-overs on surface fault rupture and fault segmentaion: examples from the 17 August 1999 İzmit earthquake on the North Anatolian Fault, Turkey, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 19-42
- Marco, S., Agnon, A., Ellenblum, R., Eidelman, A., Basson, U., Boas, A., 1997, 817-Year-Old Walls Offset Sinistrally 2.1 m by The Dead Sea Transform, Israel, *Journal Geodynamics* , 24 (1-4), p.11-20
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Tokgöz, M., Veis, G., 2000, Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.*, 105, p. 5695-5719.
- McKenzie DP. 1972, Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Astron. Soc.* 30:109—85
- Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, M.R., Van der Woerd, J., Mouty, M., Darkal, A.N., Radwan, Y., Layyous, I., Alnajjar, H., Darawcheh, R., Hijazi, F., Al-Ghazzi, R., Barazangi, M., 2003, Evidence for 830 years of seismic quiescence from paleoseismology, archaeoseismology and historical seismicity along the Dead Sea fault in Syria, *Earth and Planetary Science Letters*, 210 (1-2), p.35-52
- Nielsen, T.B., Jacobsen, K.W., 2013, Vezirköprü ve Havza İlçesi Yüzey Araştırması, Ekim 2013, Araştırma raporu.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nielsen, T.B., Czichon R.M., 2015, Ancient Roads and Bridges of the Vezirköprü District, *Geographica Historica*, 32, p. 295-305
- Özcan, A., Armağan, F., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M., Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi arasında kalan alanın temel jeolojisi: MTA Rap., 6722 (yayımlanmamış), Ankara.
- Özdoğan, M., 2014, *Anatolia: From the Pre-Pottery Neolithic to the End of the Early Bronze Age (10,500-2000 BCE)*, The Cambridge World Prehistory, Cambridge University Press, p.1508-1544
- Öztürk, A., 1980, Ladik-Destek yöresinin tektoniği, *Bull Geol Soc. Turkey* 23, no. 1, p.31-38
- Reilinger, R., McClusky, S., Oral, M., King, R., Toksoz, M., Barka, A., Kinik, I., Lenk, O., Sanli, I., 1997, Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone, *J. Geophys. Res.*, 102, 9983-9999.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. and 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-Solid Earth*, 111 (B5): Art. B05411, 52 p.
- Rockwell, T.K., Lindvall, S., Dawson, T., Langridge, R., Lettis, W., Klinger, Y., 2002, Lateral offsets on surveyed cultural features resulting from the 1999 Izmit and Duzce earthquakes, Turkey, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 79-94
- Savage, J. C., Svarc, J. L., 1997, Postseismic deformation associated with the 1992 Mw=7.3 Landers earthquake, southern California, *J. Geophys. Res.*, 102, 7565-7577.
- Seymen, İ., 1975, Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özelliği: Dr. Eng., İstanbul Tek. Üniv., Maden Fak., XIX+192 pp.+2 foldout maps
- Sintubin, M., 2011, Archaeoseismology: Past, present and future, *Quaternary International*, 242, p. 4-10
- Stein, R.S., Barka. A.A., Dieterich, J.H., 1997, Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering, *Geophys. J. Int.* 128, p. 594-604
- Stewart, I., S. and Hancock, P., L., 1994, Neotectonics, Hancock, P., L. ed., *Continental Deformation*, Pergamon Press, 370-411.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Stiros, S.C., Jones, R.E., 1996, Archeoseismology, Fitch Laboratory Occasional Paper 7, Institute of Geology and Mineral Exploration and The British Scholl at Athens
- Şengör, A.M.C. 1979a. The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London* 136:269–82
- Şengör, A.M.C., Canitez N., 1982, The North Anatolian Fault, In *Alpine-Mediterranean Geodynamics, Geodynamics, Ser. 7*, p. 205–216. Boulder, CO: Geol. Soc./Washington, DC: Am. Geophys. Union
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroglu, F., 1985, Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a case Study: Strike-Slip Deformation. Basin Formation, and Sedimentation. Edited by Biddle, K.T, and Mineralogists Special Publication. No. 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.
- Tunçel, E., 2015, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Ladik-Taşova Segmenti Üzerinde Devam Eden Deformasyon Takibi, Yüksek Lisans Tezi, 123 s.
- Vita-Finzi, C., 1986, Recent earth movements: an introduction to neotectonics, Academic press, London, 226 p.
- Wang, L., Wang, R., Roth, F., Enescu, B., Hainzl, S., Ergintav, S., 2009, Afterslip and viscoelastic relaxation following the 1999 M7.4 Izmit earthquake from GPS measurements: *Geophysical Journal International*, v. 178, p. 1220–1237, doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04228.x.
- Wells, D. L., and Coppersmith, K. J., 1994, New empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.84, No. 4, pp.974-1002.
- Yoshioka, T., Okumura, K., Kuşçu, İ., Emre, Ö., 2000, Recent surface faulting on the North Anatolian fault along the 1943 Ladik earthquake ruptures. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 51(1), p.29-35.
- Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, I., Ağrıdağ, D.S., Besbelli, B., 1985, Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölgenin) jeolojisi ve petrol olanakları: MTA Rap., 8130 (yayımlanmamış), Ankara.
- Yönlü, Ö., Altunel E., Karabacak, V., 2010, Offset archaeological relics in the western part of the Büyük Menderes graben (western Turkey) and their tectonic implications, *Geological Society of America Special Papers*, V.471, p.269-279.
- Zabcı, C., Akyüz, H.S., Karabacak, V., Sançar, T., Altunel, E., Gürsoy, H., Tatar, O., 2011, Paleoeearthquakes on the Kelkit Valley segment of the North Anatolian Fault, Turkey: Implications for the surface rupture of the historical 17 August 1668 Anatolian Earthquake, *Turkish Journal of Earth Sciences*, V.20, p.411-427