



**T. C.  
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU ANADOLU FAY ZONU'NUN, PALU SEGMENTİNİN,  
ÜÇDEĞİRMENLER-KARŞIBAHÇELER (PALU-ELAZIĞ)  
ARASINDA, PALEOSİSMOLOJİK VE MORFOTEKTONİK  
ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Burak BAYRAMOĞLU  
(201692214017)**

**Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT**

**SIVAS  
OCAK 2020**

**Burak BAYRAMOĞLU'nun hazırladığı ve “DOĞU ANADOLU FAY ZONU'NUN, PALU SEGMENTİNİN, ÜÇDEĞİRMENLER- KARŞIBAHÇELER (PALU-ELAZIĞ) ARASINDA, PALEOSİSMOLOJİK VE MORFOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.**

<b>Tez Danışmanı</b>	<b>Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT</b> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Doç. Dr. Uğur TEMİZ</b> Yozgat Bozok Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi</b>	<b>Dr. Öğr. Üyesi Fikret Sezen</b> Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	.....

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Özlem Pelin CAN**  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.  
Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Burak BAYRAMOĞLU, 2020





Çalışma sırasında bana destek olan biricik kızım ve eşime...

## ETİK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

8.01.2020

Burak BAYRAMOĞLU

## **KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR**

Tez konumun ve tez arazimin belirlenmesi ile birlikte arazi çalışmaları ve tez hazırlama sürecinin her aşamasında bilgilerini, tecrübelerini ve değerli zamanlarını esirgemeyen danışman hocam sayın Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT'a teşekkür ederim.

Yüksek lisansım döneminde çeşitli konularda yardım ve destek aldığım değerli hocam sayın Prof. Dr. Orhan TATAR'a,

Tez yazım aşamasında moral ve motivasyon yönünden desteğini gördüğüm aileme,

Katkılarından dolayı eşim Jeoloji Yük. Mühendisi Selen ÖZCE BAYRAMOĞLU'na ve kardeşim Jeofizik Mühendisi Murat BAYRAMOĞLU'na,

Arazi çalışmalarındaki katkıları ile teknik bilgi ve doküman yönünden desteklerini esirgemeyen Bayramoğlu Mühendislik ailesine,

Yoğun çalışmalarım sırasında gösterdiği sabır ve manevi desteklerini eksik etmeyen eşim ve biricik kızıma sonsuz teşekkür ederim.

## ÖZET

### DOĞU ANADOLU FAY ZONU'NUN, PALU SEGMENTİNİN, ÜÇDEĞİRMENLER-KARŞIBAHÇELER (PALU-ELAZIĞ) ARASINDA, PALEOSİSMOLOJİK VE MORFOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ

**Burak BAYRAMOĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT**

**2020, 109+xviii sayfa**

Palu ilçesi güneyinde yer alan Karşibahçeler Mahallesi içinden ülkemizin en önemli aktif sol yanal doğrultu atımlı fay sistemi olan Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Palu segmenti geçmektedir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Palu segmenti üzerinde tarihsel dönemde yıkıcı depremlerin olduğu bilinmektedir. Palu segmenti üzerinde Ms: 7.1 büyüklüğündeki en son tarihsel deprem 3 Mayıs 1874 yılında meydana gelmiştir. Tarihsel kayıtlara göre (Ambraseys 1988) bu depremde en çok hasar Hazar Gölü ile Palu arasında gelişmiştir. Hem tarihsel (Ambraseys ve Jackson 1988) hem de paleosismolojik bulgulara göre (Çetin ve diğ. 2003) bu deprem sonucunda yüzey faylanması meydana gelmiştir. Tarihsel dönemde Palu ilçesi yakınında meydana gelen üç ayrı deprem bulunmaktadır. 1064, 1985 ve 2185 kimlik numaralı depremler sırasıyla 28.05.1789, 1889 ve 09.09.1897 depremleridir. DAFZ üzerinde, son 30 yıl içerisinde paleosismik amaçlı bazı çalışmalar yapılmıştır. Ancak, bunların nerede ise tamamı ilgili zonun güney kesiminde gerçekleştirilmiştir. DAFZ'nun Palu bölümünde ise paleosismik çalışmalar yetersiz kalmaktadır.

Fay zonu boyunca jeolojik, jeomorfolojik ve paleosismolojik çalışmalar yaparak, eski büyük depremleri belirlemek ve parametrelerini ortaya koymak DAFZ'nun bölgedeki depremselliğini anlamak açısından büyük önem kazanmaktadır. Fay zonunun depremselliğinin iyi bilinmesi, gelecekte oluşacak olan büyük depremlerin mevcut insan yapıları üzerinde neden olacağı hasarları en aza indirmeye yönelik çalışmalara önemli katkılar sağlayacaktır.

Bu projenin amacı, DAFZ'nun, Üçdeğirmenler-Karşibahçeler (Palu-Elazığ) arasında kalan kesiminde, Palu segmentine ait aktif fayların haritalanarak segmentasyonunun ortaya konulması, bu faylar üzerinde meydana gelen büyük depremlere ait yüzey kırığı uzunluğu ve yer değiştirme miktarı, depremlerin tekrarlanma aralıkları gibi parametreleri belirlemektir.

Çalışma sınırları içinde yapılan paleosismolojik amaçlı 4 adet fay kazısı/hendek çalışması ilçenin Güneyinden geçen Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Palu segmenti üzerinde yapılmıştır. Açılan hendeklerden Palu 2 ve Palu 4 hendeklerinde eski 28.05.1789, 1889 ve 09.09.1897 depremlerle ilişkili faylar gözlenmiştir. Diğer iki hendekte yüzey faylanması oluşturmuş herhangi bir deprem aktivitesi izlenmemiştir. Palu 2 hendeği gözlenen fayların tamamen yaşlı kayalar içerisinde yer aldığı gözlenmiştir. Palu 4 hendeğinde ise 3 farklı olasılıkla birbirinden farklı 3 ayrı depremle ilişkili yüzey faylanması izine rastlanmıştır.

Çalışma alanında 1789 yüzey kırığı dışında oluşan diğer tarihsel depremlerin neden olduğu ötelenmelerin varlığı, 1789 depremi sonrasında oluşan yüzey kırığının 2.1 ile 3.1 metre arasında bir deformasyona neden olduğu ve daha önce oluşmuş olan tarihsel depremlerin çalışma alanı içerisinde, 14.6 metre genişliğinde deformasyon zonu oluşturduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Doğu Anadolu Fay Zonu, 1789,1874,1875 deprem kırık izi, Aktif Tektonik, Paleosismoloji, Palu.

## **ABSTRACT**

### **PALEOSISMOLOGICAL AND MORPHOTECTONIC CHARACTERISTICS OF PALU SEGMENT OF EASTERN ANATOLIAN FAULT ZONE**

**Burak BAYRAMOĞLU**

**Master of Science Thesis**

**Department of Geological Engineering**

**Supervisor: Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT**

**2020, 109+xviii pages**

Through geological, geomorphological and paleoseismological studies along the fault zone, determining the major big earthquakes and revealing their parameters are of great importance in terms of understanding the seismicity of the DAFZ in the region. Knowing the seismicity of the fault zone will make significant contributions to the studies aimed at minimizing the damages caused by the future earthquakes on the existing human structures.

The aim of this project is to map the active faults belonging to the Palu segment in the section of the EAFZ between Üçdeğirmenler-Karşibahçeler (Palu-Elazığ), to reveal the segmentation of the active faults on the faults, the surface fracture length and displacement intervals of these earthquakes. Parameters.

4 paleoseismological excavations / trenches were performed on the Palu segment of the Eastern Anatolian Fault Zone passing through the south of the district. Faults related to the old 28.05.1789, 1889 and 09.09.1897 earthquakes were observed in the Palu 2 and Palu 4 trenches. No other earthquake activity was observed in the other two trenches. It is observed that the faults observed in Palu 2 hemisphere are completely within the aged

rocks. In Palu 4 trench, traces of surface faulting associated with 3 different earthquakes were found with 3 different probability.

In the study area, it was observed that the displacement caused by other historical earthquakes other than 1789 surface fractures caused surface deformation after the 1789 earthquake and caused a deformation between 2.1 and 3.1 meters, and that the previously formed historical earthquakes formed a deformation zone with a width of 14.6 meters.

**Key Words:** Eastern Anatolia Fault Zone, 1789,1874,1875 earthquake cracking trail, Active Tectonic, Paleoseismology, Palu.

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>xvii</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>	<b>xviii</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. İncelemenin Amacı ve Kapsamı .....	1
1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Topoğrafik Özellikleri.....	2
1.3. Materyal ve Yöntem .....	4
1.3.1. Paleosismolojik çalışma yöntemleri.....	7
1.3.1.1. Hendek (Trench) açma.....	9
1.4. Önceki Çalışmalar.....	13
<b>2. JEOLOJİ .....</b>	<b>23</b>
2.1. Stratigrafi .....	24
2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Stratigrafisi .....	26
2.2.1. Hazar Formasyonu (Kh).....	28
2.2.1.1. Genel tanım .....	28
2.2.1.2. Yayılım ve konumu.....	28
2.2.1.3. Kayaç türü .....	28
2.2.1.4. Kalınlık.....	29
2.2.1.5. Fosil içeriği ve yaşı .....	29
2.2.2. Kardere Formasyonu (Temk) .....	29
2.2.2.1. Genel tanım.....	29
2.2.2.2. Yayılım ve konumu .....	29
2.2.2.3. Kayaç türü.....	29
2.2.2.4. Kalınlık .....	30
2.2.2.5. Fosil içeriği ve yaşı.....	30
2.2.3. Gehroz Formasyonu (Temg).....	31
2.2.3.2. Yayılım ve konumu .....	31
2.2.3.3. Kayaç türü.....	31
2.2.3.4. Kalınlık .....	32
2.2.3.5. Fosil içeriği ve yaşı .....	32
2.2.4. Kırkgeçit Formasyonu (Teok) .....	32
2.2.4.1. Genel tanım.....	32
2.2.4.2. Yayılım ve konumu .....	32
2.2.4.3. Kayaç türü.....	32
2.2.4.4. Kalınlık .....	33



2.2.4.5. Fosil içeriği ve yaşı.....	33
2.2.5. Çaybağı Formasyonu (Tmplç).....	34
2.2.5.1. Genel tanım.....	34
2.2.5.2. Yayılım ve konumu .....	34
2.2.5.3. Kayaç türü.....	34
2.2.5.4. Kalınlık .....	35
2.2.5.5. Fosil içeriği ve yaşı.....	35
2.2.6. Palu Formasyonu (Qp).....	35
2.2.6.1. Genel tanım.....	35
2.2.6.2. Yayılım ve konumu .....	35
2.2.6.3. Kayaç türü.....	35
2.2.6.4. Kalınlık .....	36
2.2.6.5. Fosil içeriği ve yaşı.....	36
2.2.7. Alüvyon (Qal) .....	37
<b>3. İNCELEME ALANI VE CİVARININ TEKTONİK ÖZELLİKLERİ .....</b>	<b>38</b>
<b>4. İNCELEME ALANI VE CİVARININ DEPREMSELLİĞİ .....</b>	<b>40</b>
4.1. İnceleme Alanı ve Civarının Depremselliliği .....	45
4.2. Tarihsel Döneme Ait Depremsellilik (1900 Öncesi) .....	47
4.3. Aletsel Dönem Deprem Aktivitesi.....	49
<b>5. ÇALIŞMA ALANININ PALEOSİSMOLOJİK İNCELEMESİ.....</b>	<b>57</b>
5.1. Çalışma Alanı Civarındaki Aktif Faylar .....	58
5.2. Fay Kazıları.....	59
5.2.1. Palu 1 Hendeği .....	60
5.2.1.1. Palu 1 Hendeği Güneybatı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği .....	64
5.2.2. Palu 2 Hendeği.....	68
5.2.2.1. Palu 2 Hendeği Kuzeydoğu Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği..	71
5.2.3. Palu 3 Hendeği.....	75
5.2.3.1. Palu 3 Hendeği Güneybatı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği ...	78
5.2.4. Palu 4 Hendeği.....	82
5.2.4.1. Palu 4 Hendeği Güneybatı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği ...	85
<b>6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....</b>	<b>92</b>
<b>7. YARALANILAN KAYNAKLAR .....</b>	<b>96</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>104</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Şekil 1.1</b> Çalışma alanının sayısal eşyüksekti modeli üzerindeki konumu.....	2
<b>Şekil 1.2</b> Palu ilçesi Karşibahçeler Mahallesi, Palu ilçesinin kuzeyinden genel görünüm.....	3
<b>Şekil 1.3</b> İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	3
<b>Şekil 1.4</b> Paleosismolojik fay kazısı çalışmaları öncesinde gerçekleştirilen ERT ve yer radarı çalışmasına ait örnek profiller.....	6
<b>Şekil 1.5</b> Aktif doğrultu atımlı fay üzerinde gelişen morfolojik veriler (Borcherdt, 1975'den değiştirilmiştir).....	8
<b>Şekil 1.6</b> İnceleme alanında açılan hendekten bir görünüm.....	10
<b>Şekil 1.7</b> İnceleme alanında açılan hendek duvarlarında yapılan temizlik ve 1 m aralıklarla yapılan karelajlama ile bu hendek duvarı üzerine yapıları belirginleştirmek için renkli çivilerin kullanımından bir görünüm.....	11
<b>Şekil 2.1</b> İnceleme alanı yakın çevresinin de yer aldığı bölgesel jeoloji haritası (1/100.000) harita içindeki mavi dikdörtgen alan çalışma alanının yaklaşık sınırını göstermektedir (MTA, 2011'den değiştirilerek).....	25
<b>Şekil 2.2</b> İnceleme alanı ve civarına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit.....	27
<b>Şekil 2.3</b> İnceleme alanında yüzeyleyen Hazar Formasyonu'ndan görünüm.....	28
<b>Şekil 2.4</b> İnceleme alanında yüzeyleyen Kardere Formasyonu'ndan görünüm.....	30
<b>Şekil 2.5</b> Palu-Alacakaya yolu üzerinde gözlenen Alt-Orta Eosen yaşlı Gehroz Formasyonu genel görünümü.....	31
<b>Şekil 2.6</b> İnceleme alanında yüzeyleyen Kırkgeçit Formasyonu'ndan görünüm.....	33
<b>Şekil 2.7</b> İnceleme alanında yüzeyleyen Çaybağı Formasyonu'ndan görünüm.....	34
<b>Şekil 2.8</b> Palu 2 km kuzeybatısında karayolu üzerinde gözlenen Palu formasyonu (Qp) ile Çaybağı formasyonu (Tmplç) arasındaki açısız uyumsuzluğu gösterir arazi fotoğrafı (Çolak ve diğ. 2012'den alınmıştır).....	36
<b>Şekil 2.9</b> İnceleme alanında yüzeyleyen Alüvyon birimler (Murat Nehri boyunca çökelmiş birimler).....	37
<b>Şekil 2.10</b> İnceleme alanını yüzeyleyen Alüvyon birimler (Murat Nehri Genel Görünüm).....	37
<b>Şekil 3.1</b> Türkiye'deki diri fayların rölief görüntü üzerinde yerleştirilmiş görünümü.....	39
<b>Şekil 4.1</b> Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kolları ve bu kollar üzerindeki fay segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre 2013'den alınmıştır). İnceleme alanının bulunduğu bölge turuncu renkli daire içinde gösterilmiştir.....	41

<b>Şekil 4.2</b>	İnceleme alanının da içinde yer aldığı Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Yarpuzlu ile Bingöl arasında kalan bölümünün haritası (Koçyiğit ve diğ. 2003 ve Çolak ve diğ. 2012'den değiştirilerek alınmıştır). Bu çalışmanın gerçekleştirildiği alan turuncu da daire içinde gösterilmiştir. ....	43
<b>Şekil 4.3</b>	Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Bingöl güneybatısında kalan Palu ve kuzeydoğusundaki Ilıca segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre 2013'den düzenlenerek alınmıştır).....	45
<b>Şekil 4.4</b>	Elazığ ilinin 1996 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki konumu..	46
<b>Şekil 4.5</b>	Palu ve yakın civarının yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndaki konumu. ....	47
<b>Şekil 4.6</b>	Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)'nden alınan ve Palu merkezli 50 km yarıçaplı alanda 1909-2017 yılları arasında meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin dağılımını gösterir sayısal yükselti modeli. ....	55
<b>Şekil 4.7</b>	Çalışma alanı ve çevresi 50 km yarıçaplı alanda 1909-2017 yılları arasında meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin arasındaki ilişkiyi gösteren histogram. ....	55
<b>Şekil 5.1</b>	Palu yakın civarında Doğu Anadolu Fay Zonu Palu segmentinin genel geometrisi (yerbilimleri.mta.gov.tr'den düzenlenmiştir). ....	59
<b>Şekil 5.2</b>	Palu İlçesi Karşibahçeler Mahallesinde açılan hendeklerin genel konumu. ...	60
<b>Şekil 5.3</b>	Palu 1 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü. ....	62
<b>Şekil 5.4</b>	Palu 1 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar. ....	63
<b>Şekil 5.5</b>	Palu 1 Hendeğinin güneybatı duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.....	63
<b>Şekil 5.6</b>	Palu 1 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	65
<b>Şekil 5.7</b>	Palu 1 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	66
<b>Şekil 5.8</b>	Palu 1 Hendeğinin 0-24 metre arası güneybatı duvarına ait log. ....	67
<b>Şekil 5.9</b>	Palu 2 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü. ....	69
<b>Şekil 5.10</b>	Palu 2 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar. ....	70
<b>Şekil 5.11</b>	Palu 2 Hendeğinin kuzeydoğu duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler. ....	70
<b>Şekil 5.12</b>	Palu 2 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	72
<b>Şekil 5.13</b>	Palu 2 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	73
<b>Şekil 5.14</b>	Palu 2 Hendeği içindeki fayların genel görünümü. ....	73
<b>Şekil 5.15</b>	Palu 2 Hendeğinin 0-24 metre arası kuzeydoğu duvarına ait log.....	74
<b>Şekil 5.16</b>	Palu 3 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü. Sağ üst köşede ise hendek yerinden alınan ERT (elektrik iletkenlik tomografi) profili bulunmaktadır.....	76
<b>Şekil 5.17</b>	Palu 3 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar. ....	77
<b>Şekil 5.18</b>	Palu 3 Hendeğinin güneybatı duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.....	77
<b>Şekil 5.19</b>	Palu 3 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	79
<b>Şekil 5.20</b>	Palu 3 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	80

<b>Şekil 5.21</b>	Palu 3 Hendeğinin 0-38 metre arası güneybatı duvarına ait log. ....	81
<b>Şekil 5.22</b>	Palu 4 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü. Sağ üst köşede ise hendek yerinden alınan ERT (elektrik iletkenlik tomografi) profili bulunmaktadır.....	83
<b>Şekil 5.23</b>	Palu 4 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar.....	84
<b>Şekil 5.24</b>	Palu 4 Hendeğinin güneybatı duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.....	84
<b>Şekil 5.25</b>	Palu 4 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	86
<b>Şekil 5.26</b>	Palu 4 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.....	87
<b>Şekil 5.27</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen F1a ve F1b faylarını gösterir fotoğraf. Stratigrafik seviyeler için Şekil 5.32'deki loga bakınız. ....	87
<b>Şekil 5.28</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen F2a ve F2b faylarını gösterir fotoğraf. Stratigrafik seviyeler için Şekil 48'deki loga bakınız. ....	88
<b>Şekil 5.29</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen F3a ve F3b faylarını gösterir fotoğraf. Stratigrafik seviyeler için Şekil 5.32'deki loga bakınız. ....	88
<b>Şekil 5.30</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen ve olasılıkla 1789 Palu depremi yüzey kırığını temsil eden F3a ve F3b faylarını (hendek içinde renkli çiviler olmaksızın) gösterir fotoğraf. Kırılmanın yüzeye kadar çıktığına dikkat ediniz. ....	89
<b>Şekil 5.31</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen ve olasılıkla 1789 Palu depremi yüzey kırığını temsil eden F3a ve F3b faylarını hendek içinde renkli çivilerle birlikte gösterir fotoğraf. Kırılmanın yüzeye kadar çıktığına dikkat ediniz. ....	90
<b>Şekil 5.32</b>	Palu 4 Hendeğinin 0-28 metre arası güneybatı duvarına ait log. ....	91
<b>Şekil 6.1</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen F2a ve F2b faylarını gösterir fotoğraf. ....	93
<b>Şekil 6.2</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen F1a ve F1b faylarını gösterir fotoğraf. ....	93
<b>Şekil 6.3</b>	Palu 4 Hendeğinde gözlenen F3a ve F3b faylarını gösterir fotoğraf. ....	94

## ÇİZELGELER DİZİNİ

- Çizelge 4.1** 1909-2017 yılları arasında Palu merkezli 50 Km yarıçaplı alanda meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin listesi (Deprem verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)'nden alınmıştır <http://koeri.boun.edu.tr>).....49
- Çizelge 5.1** Çalışma alanı içinde açılan hendeklere ait bilgiler.....58
- Çizelge 6.1.**İnceleme alanı sınırları içinde açılan Palu-4 ve Palu-4 hendeğine ait saptanan eski depremlere ait deformasyon zonu genişlikleri.....91

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>B</b>	: Batı
<b>D</b>	: Doğu
<b>K</b>	: Kuzey
<b>G</b>	: Güney
<b>DAFZ</b>	: Doğu Anadolu Fay Zonu
<b>DAF</b>	: Doğu Anadolu Fayı
<b>KAFZ</b>	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
<b>KAF</b>	: Kuzey Anadolu Fayı
<b>F</b>	: Fay
<b>GB</b>	: Güney Batı
<b>GD</b>	: Güney Doğu
<b>KB</b>	: Kuzey Batı
<b>KD</b>	: Kuzey Doğu
<b>M</b>	: Magnitüd
<b>ML</b>	: Lokal (Yerel) Büyüklük
<b>Ms</b>	: Yüzeysel Dalgası Büyüklüğü
<b>MTA</b>	: Maden Teknik Arama
<b>MW</b>	: Moment Büyüklüğü
<b>My</b>	: Milyon Yıl
<b>Qal</b>	: Alüvyon
<b>Qp</b>	: Palu Formasyonu
<b>Tmplç</b>	: Çaybağı Formasyonu
<b>Teok</b>	: Kırkgeçit Formasyonu
<b>Temg</b>	: Gehroz Formasyonu
<b>Temk</b>	: Kardere Formasyonu
<b>Kh</b>	: Hazar Formasyonu
<b>KRDAE</b>	: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü

## 1. GİRİŞ

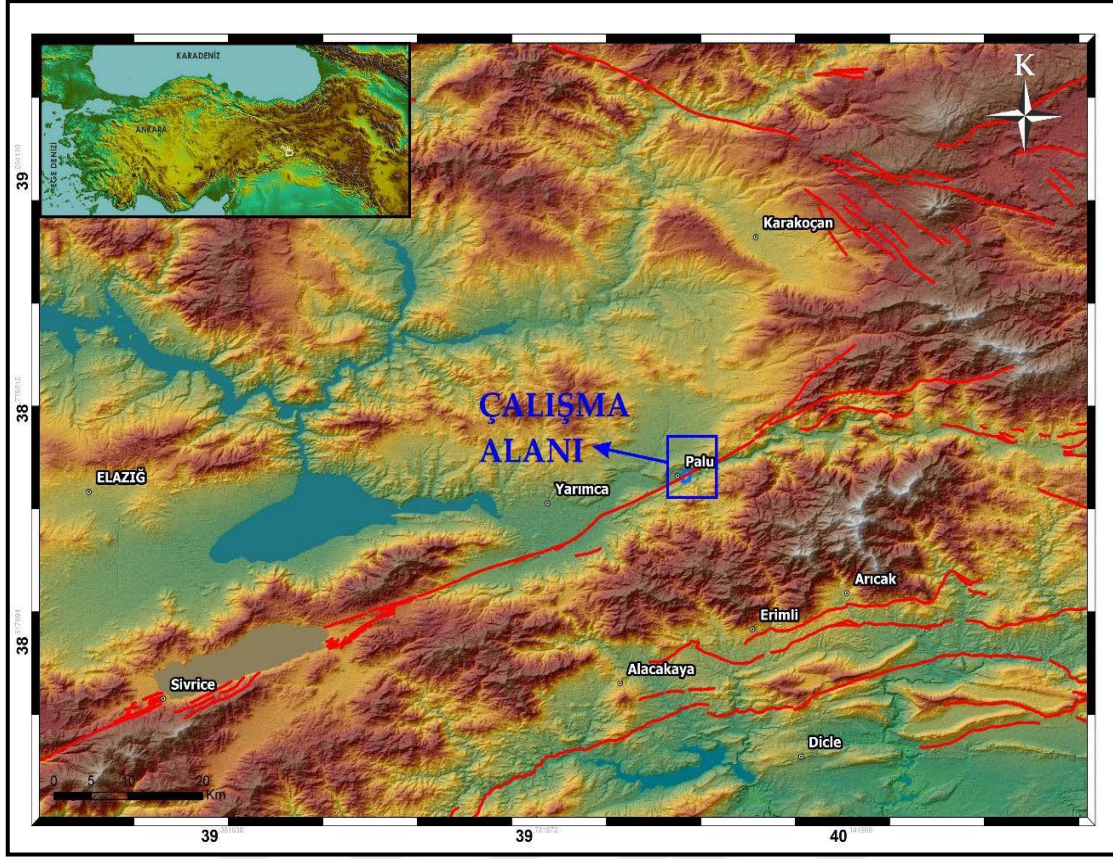
Bu yüksek lisans çalışmasının ana konusunu, iyi tanımlanmış fay izi ve sahip olduğu depremsellik geçmişi ile Türkiye'nin en önemli tektonik zonlarının başında gelen Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nu oluşturmaktadır.

Doğu Anadolu Fay Zonu tarihsel dönemde en son 1822 Antakya depremi ile başlayan 1866, 1872, 1874, 1875, 1893 depremleri ile devam eden ve son olarak 1905 Malatya depremi ile tamamlanan bir deprem serisi oluşturmuştur. Son yüzyılda 1971 Bingöl depremi dışında Doğu Anadolu Fay Zonu daha sakin bir döneme girmiş ve yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte bir deprem üretmemiştir. 1866 depreminden 105 yıl sonra, 1971 yılında, Karlıova-Bingöl segmentinde ikinci bir deprem olmuştur. 1971 depreminden 32 yıl sonra, 1 Mayıs 2003 yılında Karlıova-Bingöl segmentine dik doğrultuda bulunan Bingöl-Karakoçan fayında 6.1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. 65 km uzunluktaki Karlıova-Bingöl segmenti, ana hattı 3 km genişlikte olmasına karşın, çok sayıda, birkaç km ile 20-25 km uzunluklarda çok sayıda KD-GB ve KB-GD doğrultulu eşlenik faylar esas alındığında 40- 50 km genişlikte bir zondan oluşmaktadır. Geniş bir zon içerisinde çok sayıda fay segmentlerinden oluşan Karlıova-Bingöl segmentinde bir deprem serisi oluştuğunda kısa zaman aralıklı birkaç deprem oluşabilmektedir. Palu-Bingöl arasında kalan kesimde 1789 yılından bu yana 219 yıldır yıkıcı bir deprem olmaması, bu segmentin deprem potansiyeli yüksek bir sismik boşluk olduğuna işaret etmektedir.

### 1.1. İncelemenin Amacı ve Kapsamı

Bu yüksek lisans tezinin amacı, DAFZ'nun Palu güneyinde (Şekil 1.1) aktif fayların haritalanarak segmentasyonunun ortaya konulması, bu faylar üzerinde meydana gelen büyük depremlere ait yüzey kırığı uzunluğu ve yer değiştirme miktarı, depremlerin tekrarlanma aralıkları gibi parametreleri belirlemektir.

Söz konusu alandaki 1789, 1874, 1875 Deprem kırıkları üzerinde tespit edilen üç veya dört lokasyonda hendek (trench) açılarak ilgili fayın orta ve büyük magnitüdü deprem üretme aralıklarının tespit edilebilmesi, ilgili faya ait paleosismik bulguların değerlendirilmesi ve çalışma alanındaki ilgili fay sarplığının yer aldığı koridor boyunca jeolojik harita alımı çalışmalarının yapılmasıdır.



Şekil 1.1 Çalışma alanının sayısal eşyükseleti modeli üzerindeki konumu.

## 1.2. İnceleme Alanının Konumu ve Topoğrafik Özellikleri

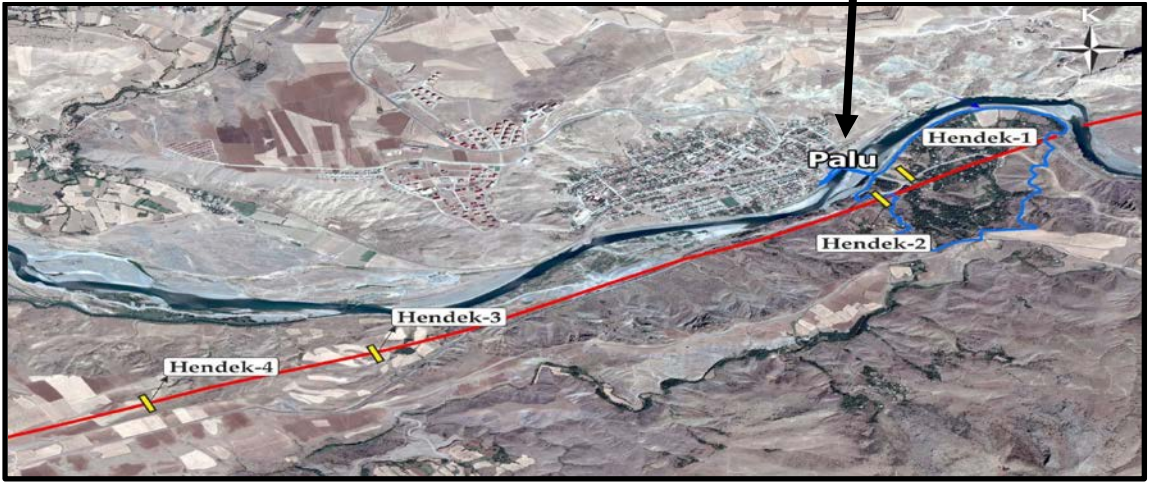
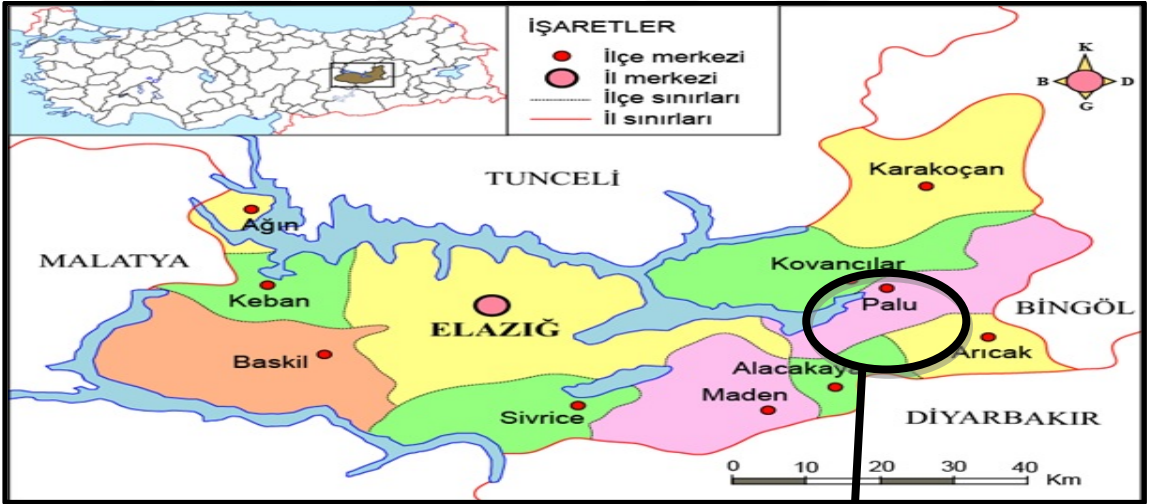
İnceleme alanı Elazığ İli, Palu İlçesi sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1 ve 1.2). Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında, Palu ilçesi sınırları içersinden diri fay geçen Üçdeğirmenler-Karşibahçeler arasında kalan kesimde paleosismoloji çalışması gerçekleştirilmiştir.

Karşibahçeler Mahallesi Palu ilçesine bağlıdır. Palu, Elazığ şehir merkezinin yaklaşık 75 km doğusunda yer almaktadır. İlçenin kuzeybatısında Kovancılar ilçesi, kuzeydoğusunda Beyhan Beldesi, güneydoğusunda Arıcak, güneyinde Erimli ve güneybatısında Alacakaya ilçeleri bulunmaktadır. Paleosismoloji çalışmasının gerçekleştirildiği alan 1/25.000 ölçekli K45c2 paftası içine düşmektedir. Çalışma alanlarının bulunduğu bölge coğrafik anlamda Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır (Şekil 1.1).





Şekil 1.2 Palu ilçesi Karşıbahçeler Mahallesi, Palu ilçesinin kuzeyinden genel görünüm



Şekil 1.3 İnceleme alanının yer bulduru haritası.

İnceleme alanının doğusundan bölgenin en önemli akarsu ağı olan Murat Nehri geçmektedir. Bölgede Murat nehrine bağlanan birçok irili ufaklı dere bulunmaktadır. Murat Nehri Palu ilçe merkezi ile bu çalışmanın gerçekleştirildiği Karşibahçeler Mahallesi'ni ikiye ayırmaktadır. İnceleme alanının içinden Palu-Alacakaya ve Palu-Beyhan yolu geçmekte, 8 km kuzeybatısında kalan Kovancılar ilçesi içinden ise, Elazığ-Bingöl karayolu geçmektedir (Şekil 1.3).

İnceleme alanı ve bağlı olduğu Elazığ ilinde karasal iklim ile Akdeniz iklimi arasında bir iklim görülmektedir. Yıllık ortalama yağış miktarı, Elazığ'da 427.1 mm dir. Yağışın aylara dağılışı düzensiz olup, en yağışlı ay genellikle Nisan, en kurak ay ise Ağustos olarak belirmektedir. İlkbahar en yağışlı, yaz ise en kurak mevsimdir. İlkbahar aylarının toplam yağış miktarı, yıllık yağışta payı Elazığ'da % 42 dir. Elazığ'da İlkbahar mevsimini % 31 lik değerlerle kış mevsimi takip etmektedir. Elazığ Ovasında Haziran'dan Eylül'e kadar süren ve toprakta su yetersizliği olarak beliren kurak ve sıcak bir dönem mevcuttur. Ekim'den Mayıs'a kadar olan dönemde ise Doğu Anadolu Bölgesinin diğer sahalarına oranla daha ılık ve nemli bir devre olarak belirmektedir. İnceleme alanında karasal iklime ait bitki örtüsü gözlenir. Kurak aylarda yapraklarını döken, yağışlı mevsimlerde yeşeren ağaçlar ve mevsimsel kırsal otlar ile kaplıdır.

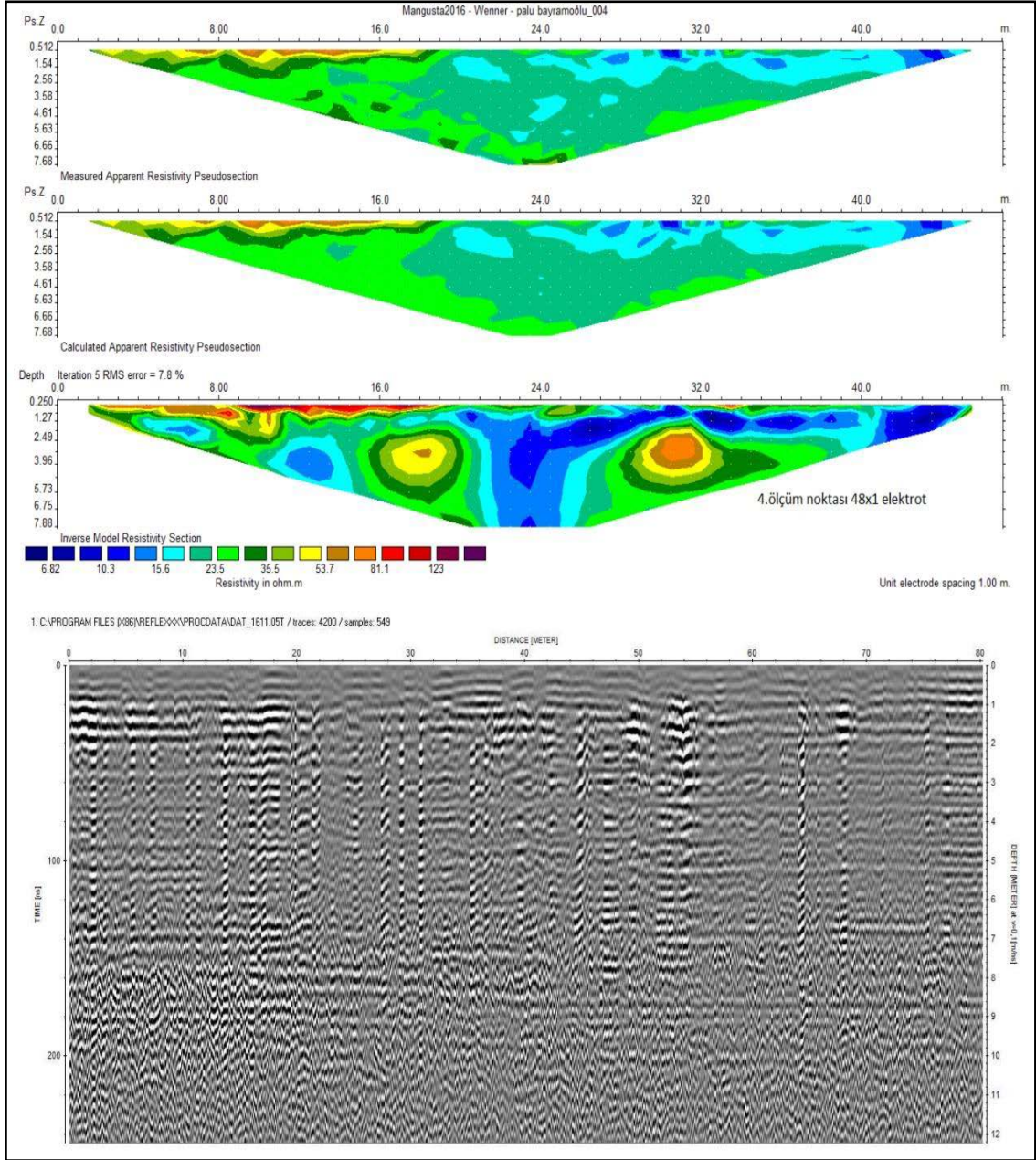
### **1.3. Meteryal ve Yöntem**

Bu yüksek lisans tezi; büro ve saha çalışmaları ile tez yazım aşamasından oluşmaktadır. Saha çalışmaları öncesinde, büroda inceleme alanında daha önce yapılan çalışmalar derlenerek, 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri üzerinde inceleme alanının jeomorfolojik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla Google Earth uydu görüntülerinin yanısıra, MTA Yerbilimleri Harita Görüntüleyici ve Çizim Editörü üzerinden bölgede bulunan fayların konumu ve geometrisi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda sahada fayların konumu ölçek farklılığından kaynaklanan yersel konum hatası da dikkate alınarak doğru bir şekilde belirlenmiş ve olası hendek yerleri saha çalışmaları sırasında detaylı bir şekilde değerlendirilerek kesinleştirilmiştir. Yeri kesinleştirilen hendek alanları için arazi sahiplerinden izin alınmıştır. İnceleme alanının sayısal yükseklik verileri kullanılarak sayısal yükselti modeli ve ArcGis yazılımı kullanılarak eğim haritası oluşturulmuştur.

Paleosismolojik amaçlı fay kazısı/hendek çalışmaları öncesinde uydu görüntüleri üzerinde olası yerleri belirlenmiş hendeklerin bulunduğu profiller boyunca önce elektrik rezistivite tomografi (ERT) ve yer radarı (GPR) ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümlere ait birer adet profil Şekil 1.4’de verilmiştir.

Fay kazısı/hendek çalışmaları Palu ilçesi sınırları içerisinde Üçdeğirmenler-Karşibahçeler arasında kalan kesimden geçen aktif fay üzerinde planlanmıştır. Fay kazısı Palu Belediyesi’ne ait Hidromek HMK200 marka/model ve 100 cm. kova genişliğine sahip kazıcı ile gerçekleştirilmiştir. Hendek genişliği ortalama 1.50 metre civarında, derinlik ise hendek konumu, litolojik özellikleri ve yeraltı su seviyesine göre ortalama 2.40-2.80 metre arasında planlanmıştır. Kazı sırasında ışık durumuna göre hendeğin bir duvarı diğerine göre daha düzgün bir şekilde açılmış, kazı sonrasında ise bu duvarda ve gerekirse karşı duvarda varsa yapısal unsurların, sedimantolojik özelliklerin ve stratigrafik ilişkilerin açık şekilde izlenebilmesi için temizlik çalışması yapılmıştır. Temizlenen duvarlar 1 metre aralıklı tek çizgi şeklinde gridlenmiş ve temizlenen duvarın aşmalı olarak fotoğrafları çekilmiş ve bu fotoğraflar bilgisayar ortamında Corel Draw X8 grafik programı yardımıyla foto mozaik görüntüsüne dönüştürülmüştür. Bu görüntü daha sonra hendek duvarının loglanması aşamasında kullanılmıştır. Hendek duvarları 1:25 ölçeğinde loglanmıştır. Loglamada öncelikle hendek stratigrafisi kurulmuş, loglama öncesi değerlendirme amaçlı katman sınırları, (varsa) olay sayısı ve olay katmanları hendek duvarlarında renkli çiviler kullanılarak işaretlenmiştir. Bu çalışma kapsamında hendeklerden yaşlandırma amaçlı örnekleme yapılmış fakat sonuçlandırılmamıştır. Açılan hendekler çalışma bitiminde ilk haline uygun duruma getirilerek kapatılmıştır. Hendek yerleri Çok Elektrotlu Düşey Elektrik Sondaj (ERT) çalışması ile belirlenmiştir.





**Şekil 1. 4** Paleosismolojik fay kazısı çalışmaları öncesinde gerçekleştirilen ERT ve yer radarı çalışmasına ait örnek profiller.

Fay kazısı çalışmalarını takiben hendek duvarlarının yapısal, sedimentolojik ve stratigrafik özelliklerini ve (varsa) olay sayısını gösteren loglar Corel Draw X8 ve Agisoft Photoscan grafik yazılımları yardımıyla çizilmiş ve raporda sunulan formata dönüştürülmüştür. Her bir hendeğin çalışılan duvarı için log ve foto mozaik görüntüsünün birlikte bulunduğu bir şekil hazırlanmış, sayfa kenarına ise log açıklamaları gösteren tektono-stratigrafik kolon kesit ve koordinat konulmuştur.

### **1.3.1. Paleosismolojik çalışma yöntemleri**

Paleosismoloji, aletsel dönem öncesi, başka bir deyişle tarihsel ve tarih öncesi dönemlerde oluşmuş ve yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin sayısını, büyüklüğünü, atım miktarını (düşey, yatay yada her iki yönde) ve yinelenme aralığını saptamak için yapılan çalışmaların tümüdür.

Paleosismoloji 'nin iki ana amacı vardır:

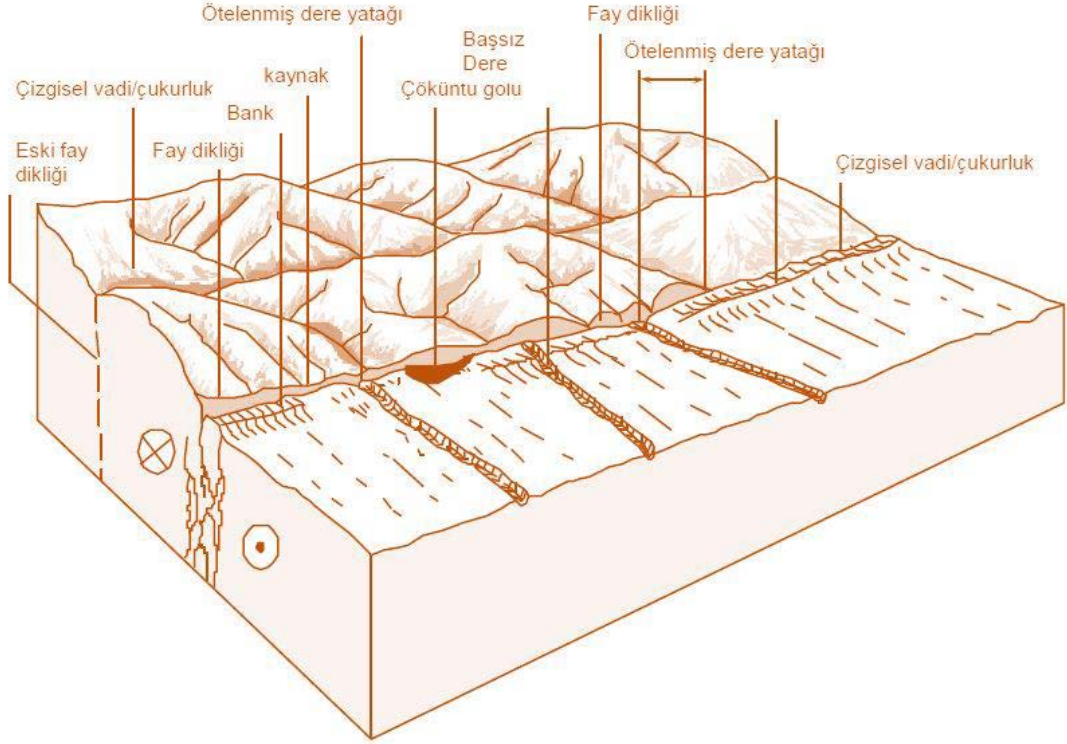
1. Aktif fay üzerindeki kayma hızını saptamak,
2. Aktif faydan kaynaklanan ve yüzey kırığı oluşturan tarihsel ve tarih öncesi depremlerin tarihleme ve yinelenme aralığını saptamak.

Her iki amaç, bir alan ya da bölgedeki deprem tehlike değerlendirmesinde kullanılan en önemli iki parametredir. Bu durum Paleosismoloji'nin deprem tehlikesi ve deprem riskinin azaltılmasındaki önemini yadsınamaz bir biçimde ortaya koymaktadır.

Paleosismoloji iki grup jeolojik veri kullanır:

#### **I. Morfolojik veriler (Şekil 1.5)**

- Fay sarplıkları
- Faylanmış yer biçimleri
  - Akarsu sekileri (terraces)
  - Kıyı şekilleri
  - Ötelenmiş ya da saptırılmış dereler
  - Kıvrılmış ve eğimlenmiş yer biçimleri



**Şekil 1.5** Aktif doğru atımlı fay üzerinde gelişen morfolojik veriler (Borcherdt, 1975'den değiştirilmiştir).

## II. Stratigrafik yapılar

- Yer değiştirmiş katmanlar.
- Kolüvyal kamalar
- Kum topları ya da kum mercekleri
- Açık çatlak dolguları
- Aniden gömülmüş malzemeler
  - fosiller ve kabukları - plaj kumları
  - odun parçaları - kanal dolguları
  - kömür-kömür parçaları - fosil ormanlar
  - bataklık tortulları
  - karbon bakımından zengin kahve-siyah renkli topraklar

Bu verileri elde etmek için paleosismoloji tarafından kullanılan yöntemler ise şunlardır:

1. Yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin analizi,
2. Hava fotoğrafı çalışması,
3. Yüzey jeoloji haritalaması,
4. Sondaj,

5. Yeraltı görüntüleme teknikleri (Sismik yansıma kesitleri, Jeoradar (Ground-penetrating radar),

6. Hendek açılması (Trenching),

7. Radyometrik yaşlandırma

Bu yöntemler kullanılarak elde edilen morfolojik ve stratigrafik veriler, paleosismoloji tarafından analiz edilir ve böylece aktif bir fayın (sismik segmentin) tarihsel ve tarih öncesi dönemdeki depremselliği ortaya konulur.

### **1.3.1.1. Hendek (Trench) açma**

Paleosismolojik hendek açma yöntemi (paleoseismic trenching), paleosismolojide sıkça uygulanan ve kayda değer veriler sağlayan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, faylanma tipine bağlı olarak aktif fay izine dik ya da koşut olarak kazılan hendekler içerisinde sedimantoloji, stratigrafi ve yapısal jeoloji esaslarına göre jeolojik değerlendirmeler yapılır. Daha sonra, eski depremlerin tarihlendirilmesine olanak sağlayacak çökellerden numuneler derlenir ve uygun radyometrik yaşlandırma teknikleri kullanılarak tarihlendirilir.

Bu çalışma, geçmiş yüzey faylanması oluşturmuş depremlere ait jeolojik belirtilerin tanımlanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Yukarıda bahsedildiği gibi geçmiş yüzey faylanması oluşturmuş depremlerin belirtilerinin, fay boyunca her yerde korunma ve tanıma olasılıkları aynı değildir. Bu yüzden hendek yerlerinin seçimi çok dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu amaç için iki şartın yerine getirilmesi gereklidir;

**1-**Bu yerlerde fay sarplıklarının yerleri birkaç metre hassasiyetle saptanmalı,

**2-**Bu yerlerin jeomorfolojik konumları, geçmiş depremlerin jeolojik kayıtlarının gömülmesi ile korunmasını sağlayacak uygun sedimantasyonun gelişmesi gereklidir.

Hendek yerleri, fay tarafından kesilmiş ve yaşlandırılabilir sedimanların korunmasını sağlayabilecek alanlarda seçilmelidir (Şekil 1. 6). Hendek derinliklerinde fayın her iki kenarında korunmuş daha fazla olay elde etmek için ötelenme miktarı az olsa da fayın her iki kenarında alüvyonların korunduğu yerlerde hendekler açmak oldukça iyi sonuçlar vermektedir.





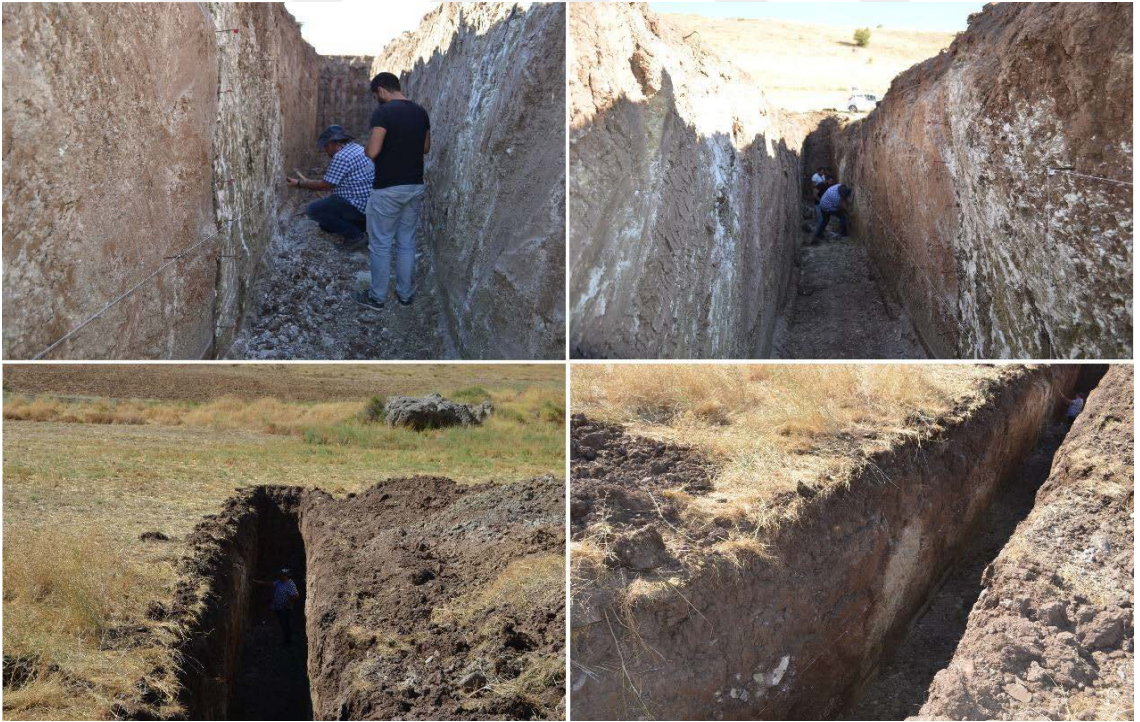
**Şekil 1.6** İnceleme alanında açılan hendekten bir görünüm. Koordinatlar 38.691808  
K39.938990 D

İncelenen fayın tipine bağlı olarak hendekler farklı şekillerde açılabilir. Eğim atımlı faylarda hendekler, fay sarplıklarına dik olarak, doğrultu atımlı faylarda sarplıklara dik ve paralel olarak bir çift hendek açılır. İlk durumda esas olarak düşey olan fay boyunca kayma, fay zonu mostrasında değerlendirilebilir. İkinci durumda ise, faya paralel olan hendeklerde eskiden yan yana olan hatların yeniden inşaa edilmesi, yatay atımın değerlendirilmesi için gereklidir. Hendekler, genellikle kazıcılar ile açılır. Bununla birlikte, kazıcılar ile erişilemeyen veya Çin gibi ülkelerde hendek açılmasının pahalı olduğu bölgelerde birkaç gün içerisinde el kazmaları ile hendek açılmaktadır.

Hendekler genellikle 20 ile 30 m uzunlukta, 3 ile 4 m derinlikte ve 1 ile 4 m genişliklerde açılır. Hendekler, fay tarafından etkilenmeyen kısımlara erişinceye kadar devam ettirilir. Sediman türüne bağlı olarak hendek genişliği ile derinliği arasındaki ilişki, hendek stabilitesi ve hendek içerisinde çalışan insanların güvenliği açısından önemlidir. Stabiliteyi artırmak için hendek duvarları desteklenebilir. Bu durumda hendek genişliği, 1 m kadar küçük boyutta olabilir. Desteklenme, makineli veya hidrolik krikolar kullanılarak ağaç çatılar inşaa ederek yapılabilir. Desteklenme mümkün değilse hendek genişlikleri 3 ile 4 m kadar olmalıdır. İki duvarın birinde 1 m genişlikte ve 1 m derinlikte basamaklar yapılarak emniyet sağlanabilir.



Hendek açıldıktan ve desteklendikten sonra bahçe veya inşaat araçları kullanılarak elle hendek duvarlarının düzleşmesi yapılır. Hendek duvarları mümkün olduğu kadar düzlemsel yapılarak sedimanter ve tektonik yapılar açık bir şekilde görülebilir. Önemli yapılar, boyalı çiviler veya çiviler ile birleştirilmiş renkli bayraklar kullanılarak gösterişli bir hale getirilir. Hendek açıldıktan sonra çalışmak için, duvarlarda ipler kullanılarak 1 m genişlikte karelerden oluşan yatay ve düşey gridler inşaa edilir. Bu gridler, hendek duvarlarından kesitlerin çizilmesi ve aynı yerlerde diğer hendeklerdeki yapıların karşılaştırılması amacı ile yapılır. Hendek için gerekli hazırlık aşamaları bitirildikten sonra tüm yapıları ve özellikleri detaylı bir şekilde göstermek için hendek duvarlarının ölçekli logları çizilir (Şekil 1.7). Log alınmaları ile birlikte hendek duvarlarındaki sedimanlar ve yapıların arasındaki ilişkilerin yorumlanması yapılabilir. Her bir ayrı paleodepremin jeolojik kayıtları incelenir ve aynı zamanda fay izlerinin geometrisi, hareketin tipi ve deformasyon miktarı değerlendirilebilir. Bazı durumlarda tekrarlı depremlerin kümülâtif deformasyonlarına ait delilleri tanımak mümkün olabilir. Bir paleodeprem zamanında zemin yüzeyini teşkil eden stratigrafik seviye, genellikle bir depremin horizonu olarak kabul edilir.



**Şekil 1.7** İnceleme alanında açılan hendek duvarlarında yapılan temizlik ve 1 m aralıklarla yapılan karelajlama ile bu hendek duvarı üzerine yapıları belirginleştirmek için renkli çivilerin kullanımından bir görünüm.

Hendek çalışmalarında en son ve en kritik aşama, faydaki paleodepremlerin yaşlarını sınırlayacak deprem horizonlarını yaşlandırmaktır. Genellikle her bir olay için yaş skalası, her bir özel deprem horizonunun altındaki ve üstündeki sedimanların yaşları ile sınırlıdır. Bir fay sarplığının oluşumunu belirten en bariz özellik, Kolüvyal kamalardır. Bunlar eğim atımlı faylardaki kaymalardan veya topoğrafyanın yanal olarak yan yana gelmesinden ileri gelen zemin yüzeyinin yükselimindeki ani ve keskin değişiklikle doğrudan ilgilidir. Kolüvyal kamalar, fay sarplığını kısmen örten ve fay sarplığının erozyonundan meydana gelen kama biçimli tortulardır (Wallace, 1977).

Kolüvyal kama, deprem sonrası tortulları temsil eder. Deprem horizonu, kamanın tabanında yer alır. Kolüvyal kamayı oluşturan birimler, depremden sonraki bir yaşa sahiptir ve örttüğü tortul, deprem öncesi bir yaşa sahiptir. Bazen eş-sismik deformasyon, hem fay yakınındaki karışıklıklardan dolayı hem de keskin bir kırıkta ziyade fay sarplığı, zemin ve sedimanların fleksürlenmesi ile eşlik edildiği için, sediman tabakaların tiltlenmesi gözlenir. Depremden sonra sedimantasyon yeniden başladığında, seride açılı bir uyumsuzluk oluşur ve yeni sedimanlar, fay sarplığının üzerine gelir. Bu uyumsuzluk, bir deprem horizonunu temsil eder. Deprem horizonları, fayların yukarıya doğru sona erdikleri yerlerde de yer alabilirler. Fay sarplıkları genellikle birkaç fay kolcuğundan oluşmuş bir zonla karakterize edilir. Ana fay izleri, genellikle tekrarlı faylanmalı olaylar esnasında aktif hale geçerken, ikincil kolcuklar, daha sonraki olaylar esnasında kayma göstermezler ve faylanmamış sedimanların altında gömülebilirler. Bir fay kolcuğunu örten bu faylanmamış sedimanların tabanı, bir deprem horizonunu temsil eder. Bununla birlikte, stratigrafide özel bir seviyede bir faylanma olayı için kanıt oluşturmayan görünür bir yukarıya doğru fayın sona erme olasılığı tartışmaya açıktır. Bu durum özellikle doğrultu atımlı faylarda olası olarak görünmektedir (Bonilla ve Lienkamper, 1990).

Tekrarlı yüzey faylanmalı depremler için diğer bir kanıt, artan sediman yaşı ile birlikte artan deformasyon miktarının saptanması ile ilişkilidir. Bu durum, özellikle kaymanın düşey bileşeni olduğu zaman belirgin olarak görülmektedir. Sedimanlar iyi tabakalanmışsa, sedimanlar tarafından kaydedilmiş düşey kayma miktarları detaylı bir şekilde ölçülebilir. Aynı kayma miktarına sahip bir seride üsttekiler daha belirgin olarak büyükse, seriler arasındaki sınır, bir deprem horizonu olarak yorumlanabilir.

Stratigrafi masif veya tabakalanma ayırt edilemediği zaman, belli bir zaman aralığı esnasında fay boyunca birikmiş sadece uzun süreli deformasyonu tahmin etmek mümkündür. Bu sık sık doğrultu atımlı faylarda ötelenmiş hatların (dere kanalları, yelpaze sınırları, teras yükselimleri gibi) birleştirilmesi sonucu yapılabilir.

Depremi ikincil etkileri, sismojenik kaynaktan birkaç yüz kilometre uzaklıklarda yer alan stratigrafik kesitler içerisinde gözlenebilir. Bu yapıların kökenleri, depremler tarafından meydana getirilmiş sarsıntılar ile ilgilidir ve belli yerlerdeki belirli şartlara bağlıdır. Bunlar; sıvılaşma, çökme, kaymalar, kaya düşmeleri, türbütler ve tsunami tortulları gibi yapılardır. Bu tür deprem etkileri, belli bir yere kadar erişmiş ivmeler ve belli bir zamandaki bir tsunami dalgasının varışı hakkında bilgiler verir. Fakat bu depremlerle ilgili sismojenik yapıların özellikleri hakkında bilgi vermezler.

#### **1.4. Önceki Çalışmalar**

**Ergin ve diğ. (1967); Ambraseys, (1989); Ambrassey ve Finkel, (1995); Ambrassey ve Jackson, (1998)**, Bölgede yapılan paleosismolojik çalışmalar ve tarihsel kayıtlar, bu yörede 7' den büyük depremlerin olduğunu açıkça göstermiştir.

**Allen (1969)**, Karlıova ile Hazar Gölü arasında uzanan bir fayın varlığını ilk olarak ortaya koymuş olsa da, DAFZ ismi ilk olarak Arpat ve Şaroğlu (1972) tarafından kullanılmıştır. McKenzie (1972) farklı deprem verilerini kullanarak hazırladığı modelde, DAFZ'nu bir transform fay olarak nitelemiştir. DAFZ'nun genel özellikleri daha sonraki birçok çalışmada farklı yöntemler kullanarak incelenmiştir.

**Şengör and Yılmaz (1981), Şengör et al. (1985), Dewey et al. (1986), Hempton (1987), Arpat ve Şaroğlu (1972), Lyberis et al. (1992), Perinçek and Çemen (1990)**, fayın yaşını Geç Miyosen-Erken Pliyosen olarak önermektedir.

**Şengör ve diğ. (1985)**, Türkiye'nin son dönem (neotektonik) tektonik çatısı hakkında önemli saptamalar yapmışlardır. Çalışmacılar, Geç Serravaliyen'den (~ 12 milyon yıl ) beri Türkiye'nin tektoniğinin, Doğu Anadolu yakınsama (covergent) zonunun Doğu Akdeniz'in okyanusal litosferi üzerine itilmesi nedeniyle Anadolu bloğunun, esas olarak Kuzey ve Doğu Anadolu doğrultu atımlı fay sistemleri boyunca batıya kaçışı tarafından karakterize edildiğini belirtmişlerdir.

Çalışmada bu tektonik rejimin: 1. Doğu Anadolu daralma (contractional) bölgesi: DAFS ve KAFS'nin kesiştiği noktanın doğusunda, kabaca K-G doğrultulu sıkışmayla karakterize edilen bölge, 2. Türkiye'nin KAFS'nin kuzeyinde kalan ve sınırlı şekilde D-B doğrultulu kısılma ile temsil edilen bölge, 3. K-G doğrultulu genişleme ile karakterize edilen Batı Anadolu bölgesi ve 4. KD-GB doğrultusunda kısılma ve KB-GD doğrultusunda açılma ile temsil edilen Orta Anadolu "ova" bölgesi olmak üzere dört farklı tektonik bölgenin oluşumuna neden olduğu vurgulanmaktadır. Türkiye ve çevresindeki tektonik kaçma rejimine, kabuksal kalınlık farklılıklarının sonucu olan itme kuvvetlerinin neden olmadığı; fakat bu unsurların, kaçma rejiminin devamında bir rolü olabileceği belirtilmiştir. Tektonik kaçmaya bağlı olarak oluşan havzaların jeolojisi hakkındaki veriler, hem kaçışın doğasının anlaşılması hem de jeolojik kayıtlarda tanınması açısından önem taşımaktadır. Yazarlar, Türkiye'nin güncel tektonik şemasının "kaçmanın" neden ve sonuçlarının anlaşılması ve fosil belirtilerinin tanınması için mükemmel bir kılavuz oluşturduğunu ifade etmektedirler.

**Dewey ve diğ. (1986)**, Doğu Anadolu bölgesinin yapısal evrimini denetleyen aktif tektonik rejim üzerinde durmuşlardır. Çalışmada, Doğu Anadolu bölgesinde neotektonik dönemin, bundan 12 milyon yıl önce Geç Serravaliyen'de başladığı belirtilmektedir. İncelemede, Arap bloğunun kuzeye, Avrasya Levhası içerisine doğru hareketinin, kama şekilli Anadolu bloğunu batıya doğru zorladığı ve batıya doğru hareketin, Kuzey ve Doğu Anadolu transform fay sistemleri tarafından sağlandığından söz edilmektedir. Deprem odak merkezleri 12 bölgede dağınık bir yayılım gösterirken, büyük depremlerin ana faylar üzerinde yoğunlaştığı ve bu depremlerin sığ odaklı depremler olduğu, bunun da deformasyonun orta ve üst mantoda meydana geldiğinin delili olduğu ifade edilmektedir. Yazarlar, doğrultu atım rejiminde oluşmuş çek-ayır havzalar ve K-G doğrultulu açılma çatlaklarına yerleşen neotektonik magmatik birimlerin, Pliyosen'de merkezi aktivitede güçlü bir değişimin meydana geldiğinin göstergesi olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada 500–1100 yılları arasında KAFS'nin sismik açıdan suskun bir dönemdeyken DAFS'nin aktif olduğu ve yakın gelecekte yine büyük depremler üretebileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca DAFS üzerinde 18–22 km lik sol yanal yer değiştirmeler ve 1.7 mm/yıl lık kayma hızının olduğu belirtilmiştir.

**Şaroğlu ve Yılmaz (1986)**, Doğu Anadolu bölgesinde Orta Miyosen’de başlayan neotektonik dönem aktivite ile havza modelleri arasındaki ilişkileri irdeledikleri çalışmada, neotektonik dönemde, bölgede K-G doğrultulu sıkışma sonucunda kıvrımlar, bindirme, doğrultu atımlı faylar ve açılma çatlakları geliştiğini belirtmişlerdir. Bölgede neotektonik dönemde, D-B uzanımlı ve senklinallere karşılık gelen havzalar ile antiklinallere karşılık gelen sırtlar, K-G doğrultulu açılma çatlakları ve sıçrama yapan doğrultu atımlı faylar arasında havzalar geliştiği; ayrıca K-G doğrultulu akarsuların yarma vadiler, D-B doğrultusundakilerin ise menderesli yataklar geliştirdiği belirlenmiştir. Çalışmacılar, neotektonik dönem kayalarının, Geç Miyosen’den günümüze kadar karasal ortamda gelişip, etkin tektonizma ve volkanizma ile temsil edildiğini ve paleotektonik dönemin en genç kayalarının, Erken Miyosen yaşlı olduğunu bildirmişlerdir.

**Şaroğlu ve diğ. (1987), Şaroğlu ve diğ. (1992), Trifanov et al. (1994)**, fayın aktivitesine Geç Pliyosen’de başladığını önermektedir.

**Muehlberger ve Gordon (1987)**, Doğu Anadolu Fay Sistemi’nin bireysel, tek bir yapı şeklinden çok, farklı kayma özellikleri gösteren segmentler şeklinde hareket ettiğini belirtmişlerdir. Fay zonunun; K-G doğrultulu sıkışma denetiminde, sıkışma bileşenli ve sıkıştıran büklüm geometrisi geliştirmiş segmentler ile fay zonuna daha paralel ve çizgisel, çekayır havzalar geliştiren segmentler olarak iki tip segmentasyon oluşturduğu saptanmıştır. Çalışmacılar, farklı tarzda segmentasyon gelişiminin sebebinin; Türkiye’nin farklı rijitlikte bloklar içermesi nedeni ile daha rijit olan Arap kıtasal bloğunun bu bölgenin içerisine girerken her biri farklı rijitlikteki bloklarda farklı miktarda girintiler ve deformasyon meydana getirmesi olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

**Perinçek ve diğ. (1987)**, “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Yanal Atımlı Faylar İle İlgili Yeni Gözlemler” başlıklı çalışmalarında Türkiye’nin, söz konusu kesiminde etkin durumda olan çok sayıda doğrultu atımlı fay üzerinde yoğunlaşmışlardır. Oldukça geniş kapsamlı olan bu çalışmada, Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde de ayrıntılı olarak durulmuş, zon içindeki fayların geometrik özelliklerine bağlı olarak gelişen çöküntü ve yükselim alanları 13 irdelenmiştir. Ayrıca, Doğu Anadolu Fay Sistemi ile Ölü Deniz Fay Sistemi arasındaki ilişkileri ortaya koyan yaklaşımlarda bulunulmuştur.

**Şaroğlu (1988)**, fayın doğu kesiminin harekete başlama yaşını 2.5 My öncesi olarak öngörmektedir.

**Ambraseys (1988); Ambraseys & Jackson (1998)**, Palu segmenti üzerindeki (Ms 7.1) büyüklüğündeki en son tarihsel deprem 1789 yılında meydana gelmiştir Tarihsel kayıtlara göre en çok hasar Hazar Gölü ile Palu arasında gelişmiş ve hem tarihsel hem de paleosismolojik bulgulara göre bu deprem sonucunda yüzey faylanması meydana gelmiştir.

**Barka ve Kadinsky-Cade (1988)**, Türkiye'deki doğrultu atımlı fayların geometrilerinin deprem davranışı üzerindeki etkilerini araştırmak üzere yaptıkları çalışmada, Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu fay sistemlerini, depremsellik ve geometrik açıdan karşılaştırmışlardır. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin de Kuzey Anadolu Fay Sistemi gibi ana fay izi boyunca uzanan, sıçrama (step-over) ve bükümler (bend) ile birbirinden ayrılan ana süreksizliklerle karakterize edildiğini, kayma hızının 0.5 mm/yıl olduğu; buna karşın tekrarlanma aralığının ise Kuzey Anadolu Fay Sistemi'ne (Erzincan yakınlarında 300–400 yıl) göre çok daha büyük (1.000 yıl gibi) olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bunun yanında, karakteristik deprem büyüklüklerinin de farklı olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla bu çalışmada, faylar arasında geometrik bir benzerlik olmasına karşılık, depremsellik açısından önemli farklılıklar bulunduğu ifade edilmektedir. Çalışmaya göre Palu-Bingöl arasındaki sıkıştırıcı büküm (restraining-bend) Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde, büyük bir deprem için uygun yapısal koşulları sağlayan kesimlerin başında gelmektedir.

**Ambraseys (1989)**, GD Türkiye'nin uzun dönem sismik aktivite davranışına sahip olduğunu ve kısa süreli sismik analizlerin yanıltıcı sonuçlar verebileceğini belirtmektedir. Bölgede, 1513 Tarsus-Malatya depremi sırasında meydana gelen büyük depremler ayrıntılı şekilde verilmiştir. Araştırmacı, söz konusu tarihsel depremlerin ve 20. yy daki sismik suskunluğun, GD Türkiye'de tipik bir uzun dönem sismik aktivite modelini işaret ettiğini ileri sürmektedir. Çalışmada, DAFS'nin, KAFS ile birleştiği noktadan GB ya doğru uzanarak, Antakya yakınlarında Ölü Deniz Fay Sistemi ile birleştiği ve 1796, 1822 ve 1872 depremlerinin de bu durumun delili olduğu ileri sürülmektedir. Ayrıca 1822, 1872, 1874 ve 1905 depremlerinin, DAFS içerisindeki faylanmaları işaret ettiği ve hem bu yüzyıl hem de daha önceki dönemlerde sığ sismik aktivitenin varlığının göstergesi olduğu belirtilmektedir.

Perinçek ve Çemen (1990), Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları arasındaki ilişkiyi irdeledikleri çalışmalarında bu iki fayın birleşebileceği üç bölge önermişlerdir. Olası birleşim noktalarından ilki, Amik ovasının güneydoğusu; ikincisi, fayların birbirine çok yakın oldukları Narlı kasabasının kuzeydoğusu; üçüncüsü, Ölü Deniz fayının kuzeydoğu devamı olarak kabul edilebilecek Adıyaman Fayı üzerinden Hazar Gölü'nün kuzeydoğusudur. Çalışmada Türkiye'nin GD sunu etkileyen en önemli yapısal faktörler olan Doğu Anadolu ve Ölü Deniz faylarının denetiminde gelişen Hatay çek-ayır havzası üç bölüme ayrılmıştır. Havzanın güney kesiminin batı bloğu düşüren normal (listric) faylar denetiminde geliştiği; merkezi kesimin ıraksayan bir doğrultu atımlı havza (divergent strike-slip basin) karakterinde olduğu ve kuzey bölümünün yarı graben (half graben) yapısıyla temsil edildiği belirtilmektedir. 14 Taymaz ve diğ. (1991), 14.06.1964 Malatya, 06.09.1975 Lice, 05.05-06.06.1986 Doğanşehir depremleri üzerinde yaptıkları incelemede DAFS için kayma hızını yaklaşık 29 mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Bu depremler için saptanan kayma vektörünün (0630 +/-100 ), Türkiye ve Arap levhaları arasındaki bağıl hareketin yönünü temsil edebileceği belirtilmiştir.

**Saroğlu ve diğ. (1992)**, “The East Anatolian Fault Zone of Turkey” adlı çalışmalarında fayın Geç Pliyosen'de oluştuğunu, yaklaşık 580 km uzunluğunda, maksimum ötelenmenin 20- 25 km olduğunu belirtmişlerdir. Fay zonu, ayrıntılı şekilde haritalanmış, faylar arasındaki sıçramalar ve doğrultudaki önemli değişiklikler baz alınarak, altı segment tanımlamışlardır. Fayın, Türkoğlu (Kahramanmaraş)'dan sonra güneye doğru devam ederek Türkoğlu-Antakya adını verdikleri segmentle son bulduğunu ileri sürmüşler ve güney uzanımının tartışmalı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, Türkiye'de yüzey kırığı meydana getiren depremlerin  $M > 6$  ve  $M = 7$  depremlerin ortalama tekrarlanma aralığının ise 300–400 yıl olduğu belirtilmektedir.

**Barka (1992)**, Fayın aktivitesine Pliyosen'den itibaren başladığını öne sürmektedir.

**Herece ve Akay (1992)**, “Karlıova-Çelikhan Arasında Doğu Anadolu Fayı” başlıklı çalışmalarında Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin söz konusu alanda belirgin, sol yanal atımlı iki ana faydan oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu iki fay segmenti arasında Hazar Gölü'nün bir çek-ayır havza olarak geliştiğini ve bu alanda faylar arasında yaklaşık 3 km lik bir sıçramanın bulunduğunu saptamışlardır. Çalışmada, Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Geç Pliyosen'den bu yana hareket etmeye başladığı ve bu aktiviteler sonucu, 9–13 km sol yanal atım kazandığı ileri sürülmektedir.

Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde saptadıkları atım değerlerinin örtüşmesi ve diğer jeolojik verilerden yola çıkarak iki fayın birleştiklerini savunmaktadırlar.

**Lyberis ve diğ. (1992)**, Geç Miyosen'den beri DAFS boyunca devam eden hareketin sol yanal bileşenli kısalma ile uyumlu yapılar meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Anadolu bloğu içinde geniş kıvrımlanma ve bindirmelerin olmasına dikkat çeken araştırmacılar, Anadolu-Arap levhalarının bağıl hareketlerinin önemli derecede bir yakınsama bileşeninin olduğunu ve bu iki levha arasındaki dokunağın basit bir transform fay olamayacağı ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar, kinematik bulguların, Anadolu-Arap levhalarının bağıl hareketlerinin hem sol yanal hem de yakınsak olduğunu ispat ettiğini ve DAFS'nin sol yanal doğrultu atımlı faylarının, Anadolu-Arap bloğunun K-G doğrultulu çarpışmasının ikincil ve yerel sonuçları olduğunu iddia etmişlerdir.

**Westaway and Arger (2001)**, Malatya Ovacık Fay Zonu'nun 3 My önce aktivitesini yitirmesinden sonra DAFZ'nun harekete başladığını ileri sürmektedir.

**Güneyli (2002)**, DAFS'nin Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde yapmış olduğu neotektonik ve paleosismolojik çalışmada, segment için yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükteki ( $M \geq 7$ ) depremler açısından tekrarlanma aralığının maksimum 280+55 yıl, minimum 190+40 yıl olduğunu belirlemiştir. Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde meydana gelen en son yıkıcı depremin, 1874 Hazar Gölü depremi ( $M_s=7.1$ ) olduğunu belirten araştırmacı, segment üzerinde 128 yıllık bir sismik enerji birikiminin söz konusu olduğunu vurgulamıştır.

**Nalbant (2002), Demirtaş (2003)**, Tarihsel deprem verileri kullanılarak Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde Gölbaşı-Türkoğlu ve Palu-Bingöl arasında iki sismik boşluk olduğu belirtilmiştir. Bingöl, Elazığ, Malatya, Kahramanmaraş, Hatay gibi büyük kentler ve Karakaya, Keban, Atatürk gibi büyük barajların yer alması, bu fay sisteminin yakın gelecekteki deprem davranışının bilinmesinin deprem zararlarının azaltılması açısından ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Doğu Anadolu Fay Zonu tarihsel dönemde en son 1822 Antakya depremi ile başlayan 1866, 1872, 1874, 1875, 1893 depremleri ile devam eden ve son olarak 1905 Malatya depremi ile tamamlanan bir deprem serisi oluşturmuştur.



Son yüzyılda 1971 Bingöl depremi dışında Doğu Anadolu Fay Zonu daha sakin bir döneme girmiş ve yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte bir deprem üretmemiştir.

**Çelik (2003)**, Hazar Gölü'nün KD sında DAFS üzerinde yaptığı çalışmada, önceki araştırmacılar tarafından ileri sürüldüğü gibi fayın bu alanda sıçrama yapmadığını; kuzey ve güney segment olmak üzere iki farklı segmentten oluştuğunu belirtmiştir. Güneydeki segmentin daha aktif olduğunu belirten araştırmacı, Hazar Gölü'nü güney kenarını doğrultu atımlı, kuzey kenarını listrik normal faylarla sınırlanan asimetrik bir graben olarak yorumlamış ve DAFS için yaklaşık 30 km lik bir atım önermiştir.

**Koçyiğit (2003)**, Türk-Arap levha sınırının, sol yanal kıta içi bir fay sistemi olan Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin oluşturduğunu; DAFS'nin KD da KAFS ile GB ise ÖDFS ile birleşerek Karlıova ve Reyhanlı adlarındaki iki adet tansform-tansform üçlü eklem 18 oluşturduğunu belirtir. Araştırmacı, DAFS'nin, serbestleten ve sıkıştırılan basamaklar ve bükümler, ayrılmalar gibi doğrultu atımlı faylanma karmaşıklıklarının yer aldığı en az 19 farklı boyutlu yapısal segmentten oluştuğunu vurgular. Bu yapısal segmentler, KD dan GB ya doğru: 1-Göynük, 2-Genç, 3-Palu-Sivrice, 4-Adıyaman, 5-Uluova, 6-İçme, 7-Çelikhhan-Sürgü, 8- Erkenek, 9-Gölbaşı, 10-Pazarcık-Narlı, 11-Amanos, 12-Hatay, 13-Başpınar, 14-Sakarkaya, 15- Kahramanmaraş, 16-Düziçi, 17-Osmaniye, 18-Karataş ve 19-Yumurtalık. Bunlara ek olarak Çermik-Lice Fayı'nı da DAFS'ne dahil etmiştir. Çalışmacı, ana doğrultu atımlı faylanma karmaşıklıklarının, KD dan GB ya doğru: Genç serbestleten basamağı, Gökdere sıkıştırılan bükümü, Palu ayrılması (bifurcation), Çelikhhan-Sürgü sıkıştırılan basamağı, Kahramanmaraş ayrılması, Narlı ve Türkoğlu serbestleten bükümü ve Osmaniye sıkıştırılan bükümü olduğunu belirtir. Çalışmada genellikle doğrultu atımlı faylanma karmaşıklıklarının, farklı geometri ve kinematik davranışa sahip fay segmentleri arasındaki hareket kilitlenmesine bağlı olarak nispeten uzun dönemli elâstik stres enerjisinin biriktiği yerler olduğu; doğrultu atımlı faylanma karmaşıklıklarının, aynı zamanda gelecekteki yıkıcı depremlerin potansiyel yerleri olduğu belirtilir.

**Koçyiğit (2003)**, Doğu Anadolu Fay Zonu'nun, Palu ve Pütürge segmentlerini Sivrice Fay Zonu adı altında incelenmiştir. Hazar Gölü Havzası ve civarında, Doğu Anadolu Fay Sistemi Koçyiğit (2003) tarafından beş büyük fay zonuna ayrılmıştır. Bunlar kuzeyden güneye doğru Elazığ Fay Zonu (EFZ), Uluova Fay Zonu (UFZ), Sivrice Fay

Zonu (SFZ), Adıyaman Fay Zonu (AFZ) ve LiceÇermik Fay Zonu (LÇFZ)'dur. Hazar havzası orta bölümünde Sivrice Fay Zonu bulunmaktadır.

Sivrice Fayı Zonu (SFZ), 2-6 km genişliğinde, 180 km uzunluğunda ve kuzeydoğudaki Palu İlçesi ile güneybatıda Yarpuzlu arasında uzanan, KD gidişli sol yanal doğrultu atımlı fay zonu olarak tanımlanmıştır.

**Koçyiğit ve diğ. (2003)**, DAFS'nin sıkıştıran basamaklar, ayrılmalar ve serbestleten bükümlerle birbirinden ayrılan en az 7 yapısal bölümden meydana geldiğini belirtir. Araştırmacılar, bunların en büyüğü olan Palu-Yarpuzlu bölümünün, 180 km uzunluğunda, 2400 K yönünde ve KD da Bingöl'ün kuzeybatısı ile GD da Yarpuzlu arasında yer alıp üç fay zonundan oluştuğunu ve bunların kuzeyden güneye doğru Elazığ, Sivrice ve Adıyaman fay zonları olduğunu belirtir.

**Gürsoy et al. (2003)**, fayın Osmaniye-Karataş uzanımını DAFZ'nun güneybatı uzanımı olarak kabul etmekte ve bu fayın başlangıç yaşının İskenderun Körfezi kuzeyinde 0.78 My olarak yaşlandırdıkları bazaltlardan daha yaşlı olmayacağını belirtmektedirler.

**Özdemir ve İnceöz (2003)**, DAFZ'nun Karlıova-Türkoğlu arasındaki bölümünde akarsu ötelenmeleri ile tektonik verileri karşılaştırdıkları çalışmalarında, fay zonundaki akarsu ötelenmelerinin, Karlıova'dan Türkoğlu'na doğru arttığını, bu veriye göre de DAFZ'nun başlangıçta Antakya-Kahramanmaraş arasında oluştuğunu ve daha genç dönemlerde segmentler halinde kırılarak Karlıova'ya ulaştığını ileri sürmüşlerdir.

**Ergin ve diğ. (2004)**, Anadolu, Arap ve Afrika levhaları arasındaki etkileşme doğasının Kuzeydoğu Akdeniz tektoniğinin önemli bir problemi olduğunu; Ölü Deniz ve Doğu Anadolu fay zonlarının bu alanda en çok göze çarpan yapısal elementler olduğunu belirtirler. Bu fayların kesiştikleri yerde bulunan Kilikya havzasının çok aktif bir sismik geçmişe sahip olduğu bilinmektedir. Bununla beraber âletsel gözlemler, yeterli bir sismik ağın yokluğundan ötürü eksiktir. Araştırmacılar, Kilikya bölgesinin sismo-tektoniğini analiz etmek için ve devam eden sismik aktiviteyi gözlemek için 1993 yılından beri TÜBİTAK'ın Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından sağlanan hız ileticili 18 adet istasyondan oluşan dijital bir sismik ağ kullanmaktadırlar. Bu bölgede kabuksal yapılar için, hiçbir ön çalışma yapılmamıştır. 19 Araştırmada uygun bir 1D hız modeli kullanılarak 1993–2002 yılları arasında yerel büyüklüğü 1.5 ten büyük olan ortalama 2500 depremin yeri belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlar gösteriyor ki Kilikya bölgesi, Afrika, Arap ve Anadolu levhaları arasında yayılmış bir levha sınırını işaret eden geniş bir sol yanal makaslama zonu meydana getirmektedir.

**Kaya (2004)**, “Gezin (Maden-Elazığ) çevresinin jeolojisi” başlıklı çalışmasında Hazar Gölü’nün doğu kesimindeki 95 km<sup>2</sup> lik sahada, Üst Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyoliti, Maastrichtiyen-Alt Eosen yaşlı Ceffan, Simaki ve Gehroz formasyonlarından oluşan Hazar Grubu ve Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı’ndan oluşan birimlerin geldiğini belirtmektedir. Guleman Ofiyoliti’nin üstündeki Hazar Grubu ile beraber kuzeyden güneye doğru, Maden Karmaşığı üzerine, Orta Eosen sonrasında naplar şeklinde itildiği vurgulanmaktadır. Araştırmacı çalışma alanından geçen sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fayı’nın, burada yaklaşık 5–6 km genişliğinde bir zon şeklinde olup KD-GB doğrultulu (K600D), yüksek eğim atım bileşenli, birbirine yaklaşık paralel birkaç büyük faydan oluştuğunu saptamıştır.

**Aksoy ve diğ. (2007)**, Doğu Anadolu Fay Sistemi’nin kuzeybatıda Anadolu ve güneydoğuda Arap-Afrika levhaları arasında yer alan, ortalama 30 km genişlikte, 700 km uzunlukta ve KD-gidişli sol yanal doğrultu atımlı büyük bir makaslama kuşağı olduğunu; kuzeydoğuda Karlıova ilçesi ile güneybatıda Karataş (Adana) - Samandağ (Antakya) arasında yer aldığını belirtirler. Çalışmada DAFS’nin Hazar Gölü bölgesinde 5 fay kuşağından oluştuğu ve bunların kuzeyden güneye doğru, Elazığ, Uluova, Sivrice, Adıyaman ve Lice-Çermik fay kuşaklarından oluştuğu vurgulanmıştır. Hâlbuki önceki çalışmalarda DAFS, yalnızca Sivrice fay kuşağı olarak tanıtılmıştır. Hazar Gölü’nün içinde bulunduğu doğrultu atımlı fay çöküntüsü, daha önce DAFS’nin ana kırığının Hazar Gölü’nün kuzeydoğu köşesinde sola sıçramasıyla oluşmuş, klâsik bir çek-ayır havza ya da eşkenar dörtgen biçimli bir graben havzası olarak yorumlanıp rapor edilmiştir. Araştırmacılar ise bu görüşün aksine, aktif fayların ayrıntılı haritalanması ve fayların geometrisine (dağılım biçimi ve birbirleriyle ilişkisi) göre ana fayın Hazar Gölü kuzeydoğu köşesinde sola sıçrama yapmadığını; bunun yerine ana fayın, daha doğuda yer alan Kartaldere Köyü yakınlarında iki alt kola ayrılmakta olduğunu ve bu iki alt kolun güneybatı yönünde Hazar Gölü boyunca güneybatıya doğru devam ederek birbirinden bir yükselti ile ayrılan, yarı paralel ve mercek biçimli iki çöküntünün oluşumuna yol açtığını belirtirler. Doğrultu atımlı bu yeni geometri, negatif çiçek yapısı olarak yorumlanıp, adlandırılmıştır.

Bu yorum aynı zamanda, önemli miktarda normal atım bileşeni olan ve havzaya doğru iç bükey kenar fayları ve Hazar Gölü'nün geometrisi tarafından da desteklenmektedir.

**MTA (2008)**, Karlıova-Sincik arasında PliyosenPleyistosen ile korele edilebilen fosil zonunun fayın bu kesimi için üst yaş olarak kabul etmekte ve buna bağlı olarak Karlıova ile Sincik arasındaki kesimini 1.9 My ve daha genç olarak yaşlandırmaktadır.

**Herece (2008)**, Hazar Gölü doğusunda, segmentin batı bölümü üzerinde 3.6 metrelik sol yanal ötelenme ölçülmüştür.

**Emre ve diğ. (2010), Tan ve diğ. (2011)**, Palu segmenti Bingöl Havzasının güneybatısından başlamaktadır. Palu segmenti Gökdere sıkıştırma bükümünü ve Hazar Gölü gevşeten bükümünü tarafından sınırlandırılmıştır. 8 Mart 2010 Karakoçan depreminin ana şok ve artçı depremlerinin dağılımının kuzey sınır fayı boyunca yoğunlaştığı gözlenmiştir. Bununla birlikte bu depremle ilgili bazı kılcal çatlaklar dışında yüzey faylanması rapor edilmemiştir.

**Duman ve Emre (2013)**, Palu doğusunda, segmentin doğu bölümünde 2.5 metrelik ötelenme ile batıda ölçülen ötelenmelerin her ikisi de segmentin uç noktalarına yakın alanlarda yer almaktadır. Bu gözlemlerle uyumlu olarak, 1789 depreminin ortalama atımı segmentin orta bölümünde Duman ve Emre (2013) tarafından  $3.5 \pm 0.5$  m. olarak ölçülmüştür.

## 2. JEOLojİ

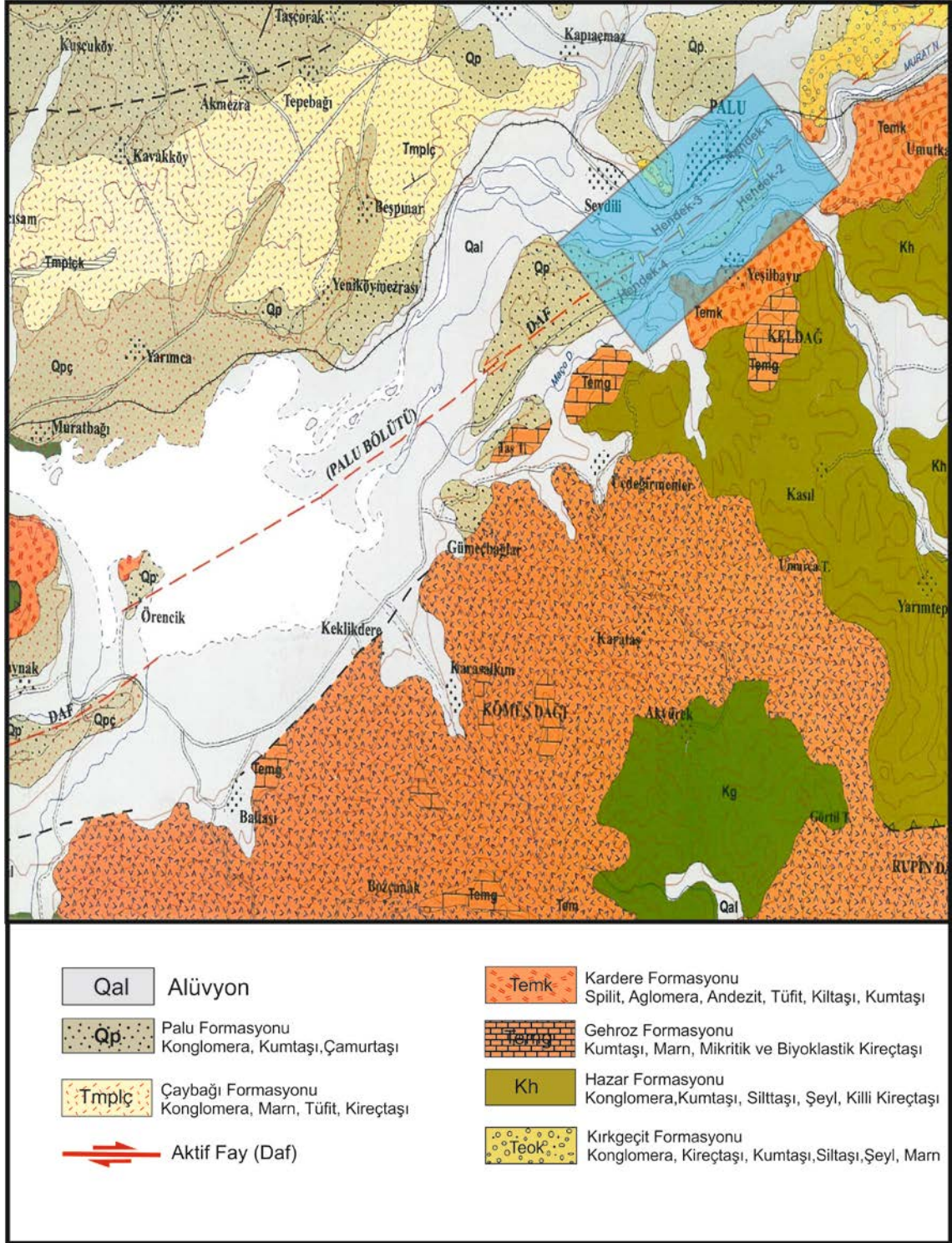
Çalışma alanında mostra veren Bitlis metamorfitleleri; Triyas yaşlı serizitşist, kloritşist, glokofanşist, metakuvarşist, metatüf, mermer ve kristalize kireçtaşlarından oluşmuştur. Peridotit ile diyabaz, bazalt ve tabakalı gabrolardan oluşan Guleman ofiyoliti ile bazik, ultrabazik ve sedimanter kayaçları kapsayan Yüksekova karışığı, Maastrichtiyen yaşlı Hazar formasyonu tarafından açısız uyumsuzlukla örtülmüştür. İçerisinde çökelmeyle eş yaşlı olistostromal akmalari, çakıltaşı, kumtaşı, kireçtaşı ayrıca spilit ve bazalt gibi volkanik kayaçlar içeren Orta Eosen yaşlı Maden karışığı, Hazar formasyonu üzerinde açısız uyumsuz olarak yer alır. Maden karışığı içindeki spilit, aglomera, kumtaşı, kıltaşı, miltaşı ve olistostrom düzeyleri bulunan birim Karelere formasyonu, kumtaşı, çakıltaşı, kıltaşı-miltaşı, şeyi ve kireçtaşlarından oluşan birim Melefan formasyonu, blok ve ilksel konumda olan kireçtaşları ise Gehroz formasyonu olarak adlandırılmıştır. Geç Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit formasyonu; konglomera, kumtaşı, siltaşı, marn ve killi kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Kırkgeçit formasyonu üzerine geçişli olarak gelen Gevlaçayı formasyonu çakıltaşı, kireçtaşı, killi kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Sedimanter ve volkanik kayalardan oluşan Maden karışığı, Çüngüş formasyonu ve Lice formasyonu üzerine bindirmiş olarak izlenir. Çüngüş formasyonu, kumtaşı, kıltaşı, siltaşı, şeyi ve marn ardalanmasından oluşur ve Lice formasyonu üzerine bindirmiş olarak izlenir. Çalışma alanının güneyinde dar bir alanda yüzeylenen Erken Miyosen yaşlı Lice formasyonu, Eosen yaşlı Maden karışığı altında yer alır ve kumtaşı, şeyi, marn ve kireçtaşı ardalanmasından oluşur. Çaybağı formasyonu ve Solhan volkanitleri daha yaşlı kayaçlar üzerine açısız uyumsuzlukla gelirler. Çaybağı formasyonu; çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, killi kireçtaşı ve tüfitlerden, Solhan formasyonu ise bazaltik, andezitik lav, aglomera, gölsel kireçtaşı, tüfit, kıltaşı ve kumtaşı ardalanmasından oluşur. Akarsu ve yelpaze çökellerinden oluşan Kuvarterner yaşlı Palu formasyonu, Çaybağı ve diğer yaşlı birimleri (Yüksekova karışığı, Kırkgeçit formasyonu) açısız uyumsuzlukla örter. En geç Pliyosen'den beri hareket eden Doğu Anadolu Fayı (DAF) yanında Eosen ve Miyosen'de gelişmiş doğu-batı doğrultulu bindirme fayları da gelişmiştir.

## 2.1. Stratigrafi

Şist ve mermerlerden oluşan Bitlis metamorfikleri, çalışma alanının en yaşlı kayaçlarını oluşturur. Bu metamorfik kayaçlar Bığra Dağı güneyinde Eosen yaşlı Maden karışığı ve Eosen- Miyosen yaşlı Çüngüş formasyonu üzerinde tektonik olarak yer alır. Kretase yaşlı Guleman ofiyoliti ve Yüksekova karışığı, Geç Kretase yaşlı Hazar formasyonu tarafından aşıl uyumsuzlukla örtülmüştür. Eosen yaşlı Maden karışığı (Ayrılmamış) Hazar formasyonunu uyumsuz olarak örter ve Çüngüş formasyonu üzerinde tektoniktir.

Erken Miyosen yaşlı Lice formasyonu, Çüngüş formasyonu altında tektonik olarak yer alır. Maden karışığı (Ayrılmamış) Melefan formasyonu, Kardere formasyonu ve Gehroz formasyonundan oluşur. Orta Eosen yaşlı Maden karışığı ile Geç Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit formasyonları arasındaki dokanak ilişkisi, net olarak belirtilmemiştir. Kırkgeçit formasyonu üzerine geçişli olarak Gevlaçayı formasyonu gelir. Kırkgeçit formasyonunu aşıl uyumsuzlukla örten Çaybağı formasyonu, Solhan formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmüştür. Kuvarterner yaşlı Palu formasyonu daha yaşlı birimler üzerinde aşıl uyumsuz olarak yer alır.

Çalışma alanı yakın çevresinde Maastrichtiyen yaşlı Hazar Formasyonu, Orta Eosen yaşlı Kardere Formasyonu, Orta Eosen yaşlı Gehroz Formasyonu, Üst Eosen – Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı Çaybağı Formasyonu, Pleyistosen yaşlı Palu Formasyonu, Holosen yaşlı Alüvyon çökeller yüzeylemektedir. (Şekil 2.1).



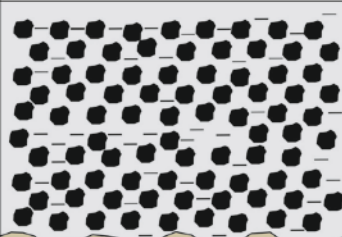
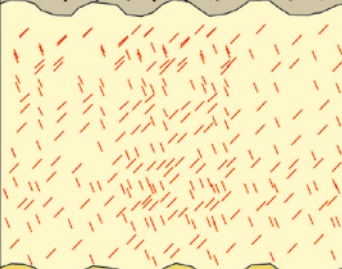

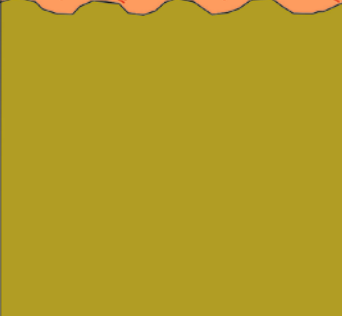
**Şekil 2.1** İnceleme alanı yakın çevresinin de yer aldığı bölgesel jeoloji haritası (1/100.000) harita içindeki mavi dikdörtgen alan çalışma alanının yaklaşık sınırını göstermektedir (MTA, 2011'den değiştirilerek).



## 2.2. Çalışma Alanının Jeolojisi ve Stratigrafisi

Çalışma sahası Alp-Himalaya sistemine bağlı Toros Orojenik kuşağının doğu bölümünde, Güneydoğu Anadolu sürüklenim kuşağı sınırı içinde, Elazığ ilinin doğusunda yer almaktadır. Bu yüzden farklı yaş ve özellikteki formasyonlar, çeşitli orojenez dönemlerinde meydana gelen tektonik hareketler sonucu kıvrımlı, bindirmeli, faylı ve eğimli yapı kazanmışlardır (Özdemir, 1989). Çalışma alanında bulunan en yaşlı formasyon Üst Kretase-Paleosen dönemine ait Simaki Formasyonu kırmızı-kahverengi kilaşlarından oluşur. Gehroz Formasyonu ise Paleosen-Alt Eosen yaşlı tortul istifleri içermekte ve sahadaki yüksek topoğrafyaların yapısını oluşturmaktadır. Kardere Formasyonuna ait bazaltik tuf ve aglomeralar Murat nehri ve Caro çayının güney yamaçları boyunca geniş alanlarda yüzeylemektedir. İnceleme alanında Neotektonik dönemde meydana gelen kayaç toplulukları genel bir tabir ile Palu'nun veya Murat nehri vadisinin kuzeyinde yayılmaktadır. Miyosen dönemi Akmezra kireçtaşı üyesi ve Kırkgeçit Formasyonuna ait çakıltası, kumtaşı ve kireçtaşları, İnceleme alanında Kuvaterner birimler içerisinde en eski yaşta olan ve ismini Palu'dan alan formasyon, ilçe merkezinin yakın batısı ve güneybatısında ayrıca güneyinde Caro çayı vadisinde yayılış göstermektedir. Kuvaterner birimlerden Alüvyon yelpazesi karakterindeki gevşek tutturulmuş alüvyonlar Kovancılar çevresinde ve İnceleme alanının güneydoğusunda geniş alanlarda yayılış göstermektedir. Sahadaki en genç birimler ise Murat nehri ve Sekrat deresi vadi tabanlarında görülmektedir.



Sistem	KUVARTERNER				Litoloji	AÇIKLAMALAR
	Seri	Formasyon	Kalınlık(m)	Simge		
TERSİYER	HOLOSEN			Qal		Alüvyon
	PLİYOSEN	Çaybağı Formasyonu	700	Tmplç		Konglomera, Marn, Tüfit, Kireçtaşı
	EOSEN	Gehroz Formasyonu	?	Temg		Kumtaşı, Marn, Mikritik ve Biyoklastik Kireçtaşı
	GEÇ	Hazar Formasyonu	1000- 1500	Kh		Konglomera, Kumtaşı, Silttaşı, Şeyl, Killi Kireçtaşı

Şekil 2.2 İnceleme alanı ve civarına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit.

### 2.2.1. Hazar Formasyonu (Kh)

İlgili birim, çalışma alanında yer alan en yaşlı temel birimi oluşturmaktadır.

#### 2.2.1.1. Genel tanım

Çakıltası, kumtaşı, şeyi ve bol lamelli kavkılı, gri, killi kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim, Özkaya (1978) tarafından Hazar formasyonu olarak tanımlanmıştır. Sungurlu (1974), Perinçek (1979 b) ve Herece ve diğerleri (1992) ise Simaki formasyonu olarak tanımlanmıştır.

#### 2.2.1.2. Yayılım ve konumu

Birim çalışma alanında Mastar Dağı'nın güneyinde, Hazar Gölü'nün doğusunda ve Palu'nun G-GD'sunda yaygın olarak izlenir.

#### 2.2.1.3. Kayaç türü

Birim altta, serpantin ve ultrabazik çakıllı, tane destekli boylanmamış çakıltası düzeyiyle başlar, üste doğru çakıltası-kumtaşı ve rudisli bağlamtaşı- istiftasına geçer. Birimin üst düzeylerini gri, kahverenkli şeyl, kırmızı ince taneli kumtaşı, siltaşı ve bol lamelli kavkılı, gri, kili kireçtaşı, şeyi ardalanması oluşturur. Birim içinde yer yer ince bazalt düzeyleride gözlenmiştir.



Şekil 2.3 İnceleme alanında yüzeyleyen Hazar Formasyonu'ndan görünüm.

#### **2.2.1.4. Kalınlık**

Hazar formasyonu, Maden karışığı tarafından uyumsuz olarak örtülür, Guleman ofiyoliti üzerine ise açısız uyumsuzlukla gelir. Birimin kalınlığı 1000-1500 metre arasında değişir.

#### **2.2.1.5. Fosil içeriği ve yaşı**

Herece ve diğerleri (1992) tarafından Hazar formasyonunun (Simaki formasyonu) taban fasiyeslerinde; *Orbitoides medius* (d'Archiac), *Lepidorbitoides* sp., *Siderolites* sp. ve *Siderolites calcitrapoides* Lamarck gibi Maastrichtiyen yaşı veren fosiller saptanmıştır. Perinçek (1980) Kk Akdağ kuzeybatısında istifin taban ve tavanından aldıkları örneklerden Maastrichtiyen yaşı veren fosiller bulmuştur. Bu nedenle istifin tamamının Maastrichtiyen yaşta olduğu belirtilmiştir. Kaya türü özelliklerine göre Hazar formasyonu açık deniz koşullarında ve Şelf üzerinde okelmiştir.

#### **2.2.2. Kardere Formasyonu (Temk)**

Kardere formasyonu . Hazar Formasyonu zerine açısız uyumsuz olarak gelmektedir.

##### **2.2.2.1. Genel tanım**

Spilit, miltaşı, kiltası, aglomera, kumtaşı ve olistostrom ar dalanmasından oluşan birim, Açıkbaş ve Baştuğ (1975) tarafından Kardere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Perinçek (1979) ile Herece ve diğerleri (1992) aynı adı kullanmışlardır.

##### **2.2.2.2. Yayılım ve konumu**

Kardere formasyonu, Sarıkamış köyü kuzeyinde geniş bir alanda, Palu'nun güneyinde yer alan Keldağ ve Umutkaya çevresinde yüzeylenir.

##### **2.2.2.3. Kayaç türü**

Kardere formasyonu genel olarak; spilit, aglomera, andezit, tüfit kırmızı, yeşil kiltası, yeşilimsi gri, orta -kalın tabakalı kumtaşı, bordo renkli miltaşı-radyolarit, bordo, yeşil renkli yastık lavlar ve olistostromal düzeylerden oluşur.





**Şekil 2.4** İnceleme alanında yüzeyleyen Kardere Formasyonu'ndan görünüm.

#### **2.2.2.4. Kalınlık**

Birim, yer yer dayklar tarafından kesilir. Sarıkamış kuzeyinde Melafan formasyonu ile düşey ve yanal geçiş gösterir. Kardere formasyonu Geç Kretase yaşlı Hazar formasyonu (Simakı formasyonu) üzerine açısız uyumsuz olarak gelir. Üzerinde ise tektonik dokanakla Guleman ofiyoliti yer alır. Birimin tip yerinde kalınlığı 830 metre ölçülmüştür.

#### **2.2.2.5. Fosil içeriği ve yaşı**

Kardere formasyonunun değişik düzeylerinden derlenen örneklerden; *Cocalithus formasus* Kamptner, *Coccolithus eopelagicus* (Bramlette ve Riedel), *Discuaster deflandrei* (Bramlette ve Riedel), *Cyclicargolithus floridanus* (Roth ve Hay), *Reticulofenestra bisecta* (Hay, Mohler ve Wade) gibi Orta Eosen (Lütesiyan) yaşı veren nannoplankton fosilleri bulunmuştur (Herece ve diğerleri, 1992). Birim derin şelf ya da abisal ortam koşullarında çökelmiştir.

### **2.2.3. Gehroz Formasyonu (Temg)**

Gehroz formasyonu . Kardere Formasyonu üzerine açısal uyumsuz olarak gelmektedir.

#### **2.2.3.1. Genel tanım**

Maden karışığı içinde yer yer ilksel konumunu korumuş yer yer de değişik boyutlarda bloklar şeklinde yer alan birimi, Özkaya (1978)'da Ergani-Maden yöresindeki çalışmasında Gehroz formasyonu olarak tanımlamıştır.

#### **2.2.3.2. Yayılım ve konumu**

Gehroz formasyonu çalışma alanının güneydoğusunda Keldağ ve Küpdağı çevresinde mostra vermiştir.

#### **2.2.3.3. Kayaç türü**

Gehroz formasyonu genel olarak, altta kırmızı kumtaşı ve marnlarla başlar. Üste doğru, masif, bej, gri, fosilli mikritik ve biyomikritik kireçtaşlarına geçer. Birim içinde yer yer kırmızı marn ve şeyi ara düzeyleri de gözlenmiştir.



**Şekil 2.5** Palu-Alacakaya yolu üzerinde gözlenen Alt-Orta Eosen yaşlı Gehroz Formasyonu genel görünümü.

#### **2.2.3.4. Kalınlık**

Gehroz Formasyonunun kalınlığı hakkında herhangi bir bilgi bulunamamıştır.

#### **2.2.3.5. Fosil içeriği ve yaşı**

Gehroz formasyonu içindeki kireçtaşlarından alınan örneklerden; *Discocyclina* sp., *Assilina* sp., *Operculina* sp., *Mastopora* sp., *Nummulites* sp., gibi Orta Eosen (Lütesiyen) yaşı veren fosiller saptanmıştır(Özkaya, 1978).

#### **2.2.4. Kırkgeçit Formasyonu (Teok)**

Kırkgeçit formasyonu çalışma alanının kuzeyinde Yüksekova karışığı ve Maden karışığı üzerine açılmal uyumsuzlukla gelir. Geçişli bir dokanakla Gevlaçayı formasyonuna geçer. Üzerinde ise açılmal uyumsuzlukla Geç Çaybağı, Solhan ve Palu formasyonları yer alır.

##### **2.2.4.1. Genel tanım**

Çakıltaşı, killi, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, şeyi ve marn ardalannasından oluşan birim, Perinçek (1989) tarafından Kırkgeçit formasyonu olarak adlandırılmıştır. Daha sonra Elazığ-Malatya yörelerinde çalışanlarda birimi aynı ad altında haritalamışlardır (Avşar, 1983, Asutay ve diğerleri, 1986; Herece ve diğerleri, 1992).

##### **2.2.4.2. Yayılım ve konumu**

Birim çalışma alanının kuzeyinde Keban Baraj Gölü çevresinde yaygın olarak izlenir. Van iline bağlı Kırkgeçit köyü birimin en iyi izlendiği yerdir.

##### **2.2.4.3. Kayaç türü**

Birim genel olarak kalınlıkları 1-10 m arasında değişen, kötü boylanmış tane ve matriks destekli çakıltaşı düzeyi ile başlar, üste doğru gri, beyaz, ince-orta, yer yer kalın tabakalı, yer yer laminalı türbiditik kumtaşı ve şeyl-marn ardalannasına geçer.





Şekil 2.6 İnceleme alanında yüzeyleyen Kırkgeçit Formasyonu'ndan görünüm.

#### 2.2.4.4. Kalınlık

Çalışma alanında birimin kalınlığı 250-500 metre arasında değişir.

#### 2.2.4.5. Fosil içeriği ve yaşı

Birimin alt düzeyindeki kireçtaşlarından alınan örneklerde; *Fabiania cassis* (Oppenheim), *Nummulites* sp., *Asterigerina* sp., *Gypsina* sp., *Eorupertia* sp., *Nummulites* cf. *aturicus* Joly ve Leymerie (A-B formu) gibi geç Lütésiyan yaşı veren fosilleri ile *Reticulofenestra coenua* (Rheinhardt), *Helicosphaera recta* (Hag) ve *Zgyrhablithus bijugatus* (Deflandre) gibi Oligosen yaşı veren nannoplankton fosilleri saptanmıştır ve formasyonun yaşı geç Lütésiyan-Oligosen olarak kabul edilmiştir (Herece ve diğerleri, 1992). Sirel ve diğerleri (1975) Kırkgeçit formasyonunun yanıl devamı olan birimi Gevlaçayı formasyonu olarak adlandırmışlar ve yaşını da Orta-Geç Oligosen olarak kabul etmişlerdir. Birimin tabanında izlenen çakıltaşları karasal koşullarda, üzerine gelen birimler kısmen derinleşen şelf ortamında, üst düzeylerindeki birimler ise sığ şelf-karasal koşullarda çökelmiştir.

### **2.2.5. aybağı Formasyonu (Tmpl)**

Birim yer yer Pleyistosen yaşlı Palu formasyonu tarafından açısal uyumsuzlukla örtülür. Solhan formasyonu ile geçişlidir. Akpazar'ın doğusunda volkanoklastikler ve Kırkgeçit formasyonu üzerine uyumsuzlukla gelir.

#### **2.2.5.1. Genel tanım**

akıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı, kömür ara katkılı kiltarşı, marn, tüfit ve kireçtaşlarından oluşan birim Türkmen (1991) tarafından Çaybağı formasyonu olarak tanımlanmış ve haritalanmıştır.

#### **2.2.5.2. Yayılım ve konumu**

Çalışma alanında, kuzeyde Akpazar kuzeyi ve Darıkent civarlarında, güneyde ise Çaybağı'ndan itibaren doğuya doğru geniş bir alanda yüzeyler.

#### **2.2.5.3. Kayaç türü**

Çakıltaşları, genellikle kırmızı renkli, andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşı çakıllarından oluşmuştur. Çakıllar genellikle iyi boylanmış ve iyi yuvarlaklaşmıştır. Kumtaşları açık gri renkli, zayıf çimentolu ve masif yapılıdır. Kırmızı renkli çamurtaşları ve gri, sarı renkli kiltarşları içinde ince seviyeler halinde kömür, jips, mikritik kireçtaşı ve st düzeylerinde tüfit ara düzeyleri yer alır.



**şekil 2.7** İnceleme alanında yüzeyleyen Çaybağı Formasyonu'ndan görünümler.



#### **2.2.5.4. Kalınlık**

Birimin kalınlığı yaklaşık 700 metredir.

#### **2.2.5.5. Fosil içeriği ve yaşı**

Herece ve diğerleri (1992)'de yaptıkları çalışmada birimin değişik düzeylerinden topladıkları örneklerden; *Promimomys moldavicus*, *Apodemus cf. dominans* ve *Castoridae* gen. et. sp. indet gibi Erken Pliyosen yaşı veren mikromemelli fosilleri bulunmuştur. Türkmen (1991) ise aynı birimin yaşını Geç Miyosen-Pliyosen olarak kabul etmiştir. Özcan (1967) tarafından tanımlanan Mollakulaçdere formasyonu ile deneştirilebilir.

#### **2.2.6. Palu Formasyonu (Qp)**

Palu formasyonu yörede en genç birim olup Yüksekova karmaşığı, Kırkgeçit formasyonu, Çaybağı formasyonu ve Solhan formasyonlarını aşıl uyumsuzlukla örter.

##### **2.2.6.1. Genel tanım**

Çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan birim Çetindağ (1985) tarafından Palu formasyonu olarak adlandırılmıştır. Kerey ve Türkmen (1991), Herece ve diğerleri (1992) çalışmalarında aynı adı kullanmışlardır.

##### **2.2.6.2. Yayılım ve konumu**

Palu formasyonu genel olarak Murat Nehri civarında yüzeyleir. Tipik kesiti ise Palu çevresinde izlenir.

##### **2.2.6.3. Kayaç türü**

Birim genel olarak; tane ve matriks destekli, iyi ve kötü boylanmış, gri, kırmızı renkli teknesi ve düzlemsel tabakalanma gösteren çakıltaşları, gevşek çimentolu, gri renkli, orta ve iri taneli kumtaşları ve kırmızı, bordo renkli masif, seyrek çakıllı kalış içeren çamurtaşlarından oluşmuştur.



**Şekil 2.8** Palu 2 km kuzeybatısında karayolu üzerinde gözlenen Palu formasyonu (Qp) ile Çaybağı formasyonu (Tmplç) arasındaki açısal uyumsuzluğu gösterir arazi fotoğrafı (Çolak ve diğ. 2012'den alınmıştır).

#### **2.2.6.4. Kalınlık**

Kalınlığı 20-70 m olup batıya doğru giderek incelenerek kamalanır.

#### **2.2.6.5. Fosil içeriği ve yaşı**

Kerey ve Türkmen (1991) birimin yaşını stratigrafik konumuna göre Pliyo-Kuvaterner, Herece ve diğerleri (1992) tarafından Pleyistosen olarak kabul edilmiştir. Palu formasyonu örgülü nehir çökelleri ve alüvyon yelpaze çökelleri ortamında çökelmiştir.



### 2.2.7. Alüvyon (Qal)

Kuvaterner yaşlı bu oluşuklar günümüz akarsuları ve taşkın ovası boyunca biriken düzensiz boyutlu çökellerdir. Çalışma alanındaki alüvyon birimler genellikle çakıl, kum, silt ve kil boyutundadırlar.. Alüvyal çökeller, inceleme alanında akış gösteren Murat Nehri boyunca çökelmişlerdir. İnceleme alanındaki alüvyon birimlerin kalınlığı 50-100 metre arasında değişmektedir.



Şekil 2.9 İnceleme alanında yüzeyleyen Alüvyon birimler (Murat Nehri boyunca çökelmiş birimler).



Şekil 2.10 İnceleme alanını yüzeyleyen Alüvyon birimler (Murat Nehri Genel Görünüm).

### 3. İNCELEME ALANI VE CİVARININ TEKTONİK ÖZELLİKLERİ

Doğu Anadolu'da, neotektonik rejim başlangıcının günümüzden yaklaşık 10-14 milyon yıl önceki zaman aralığını kapsayan, Serravaliyen (Miyosen) katının son dönemlerinde olduğu belirtilmektedir (Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve Yılmaz, 1983; Dewey ve diğ., 1986; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz ve diğ., 1987; Koçyiğit ve diğ., 2001). Bu araştırmalarda, Doğu Anadolu'daki neotektonik rejimin, yaklaşık 12 milyon yıl önce Avrasya ile Arap plakalarının çarpışması sonucu Neotetis okyanus tabanının tamamen yok olması ile geliştiği belirtilmektedir. Çarpışmayı takiben gelişen yeni bir tektonik rejim ile eşzamanlı olarak magmatik aktivite de başlamıştır. Doğu Anadolu'da neotektonik dönem boyunca, bölgesel bir yayılım gösteren Batı-Doğu doğrultulu kıvrımlar, bindirmeler ve eşlenik doğrultu-atımlı faylar etkin olmaya başlamışlar; ayrıca volkanların çıkışlarını denetleyen K-G yönlü açılma çatlakları da gelişmiştir. Çarpışma sonrası kıta-kıta birleşmesini takip eden bu dönemdeki etkin deformasyon, kabuk kısılması ve kalınlaşması dolayısıyla da bölgenin yükselmesine neden olmuştur (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Yılmaz ve diğ., 1987). Çarpışmaya bağlı olarak bölgede etkin olan K-G yönlü kısılma ile kalınlaşan kabuk, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu transform faylarının oluşmasına, sonrasında ise D-B açılmalarla sıkışma tektoniğine uyum sağlamıştır (Yılmaz ve diğ., 1987). Bilindiği gibi kıta-kıta çarpışmasının olduğu bu bölgede, jeolojik bir yapı olarak Bitlis Kenet Kuşağı yer alır ve bu kuşak daha doğuda İran sınırlarına kadar uzanır. Bazı yeni araştırmalarda, Geç Miyosen sonu ile Erken Pliyosen sonu arasındaki dönemde, sıkışma kısılma ile temsil edilen tektonik rejimin, ancak Bitlis Kenet Kuşağı boyunca etkin olabileceğinden söz edilmektedir (Koçyiğit ve diğ., 2001). Erken Pliyosen'in sonlarında sağ yönlü Kuzey Anadolu Fayı, sol yönlü Doğu Anadolu Fayı ve ikisi arasında daha sonra Afrika okyanusal litosferine doğru kaçmaya başlayan Anadolu Plakacığı olmak üzere başlıca 3 ana yapının meydana geldiği bilinmektedir (Hempton, 1987; Koçyiğit ve Beyhan, 1998). Koçyiğit ve diğ. (2001) daha yeni olan bu görüş doğrultusunda, sıkışmalı-daralmalı tektonik rejimin yerini, geç Pliyosen'de sıkıştırırmalı-genişlemeli türdeki neotektonik rejime bıraktığını belirtmektedir (Şekil 3.1). Yazar ayrıca, yeni tektonik rejimi temsil eden yapılar olarak da eşlenik doğrultu atımlı fayları ve bunlara ilişkin kaçma tektoniğine (Tapponnier, 1977) yönelik alkalin nitelikli volkanik püskürmeleri belirtmektedir.

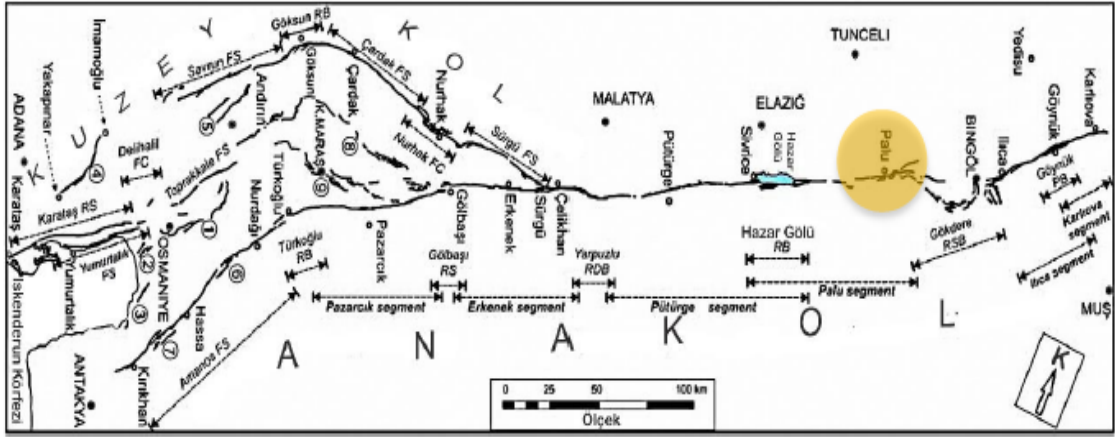




#### 4. İNCELEME ALANI VE CİVARININ DEPREMSELLİĞİ

İnceleme alanında depremselliğe neden olan en önemli yapısal unsur Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), olup Türkiye'nin depremselliği üzerinde oynadığı önemli rol nedeniyle bu fayın karakteristik özelliklerine ve deprem aktivitesine bu bölümde ayrıntılı olarak değinilmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Karlıova üçlü eklem noktasından başlar ve Bingöl, Palu, Hazar Gölü, Pötürge, Sincik, Narlı, Türkoğlu yörelerinden geçerek İskenderun Körfezine kadar uzanan geniş bir alanda konumlanır. Kuzeydoğu-Güneybatı doğrultusunda uzanan bu kuşak yaklaşık 700 km uzunluğunda olup, ortalama 30 km genişliktedir (Arpat ve Şaroğlu 1972; Koçyiğit ve diğ. 2003; Aksoy ve diğ. 2007). Bu kuşak içerisinde çok sayıda paralel veya yarı paralel sol yanal atımlı faylar bulunmaktadır. Bu faylarda sıçrama (stepover), ayrılma, bükülme (bending) ve yön değiştirmelere rastlanmaktadır. Ayrıca bu yapılar arasında dere ötelenmelerini, fay yamaçlarını, dönmüş (rotated) fay vadi ve sırtlarını, asılı vadileri, heyelanları, su kaynaklarını ve doğrultu atımlı havzaları görmek mümkündür (Çetin ve diğ. 2003, Arslan 2014). Bunlardan birisi de, Hazar Gölü (çek-ayır) havzasıdır.

Duman ve Emre (2013) Doğu Anadolu Fay Zonu'nun geometrisini ve segmentasyonunu ayrıntılı olarak çalışmıştır. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun tümünü 1:25.000 ölçeğinde yeniden haritalayan yazarlar, fay zonunu ana kol, kuzey kol ve Karasu Çukuru şeklinde 3 ana bölüme ayırmışlardır. Bu üç bölümde ise birbirinden farklı 20 ayrı segment tanımlamışlardır (Şekil 8). Karlıova ile Antakya arasında yaklaşık 500 km uzunluğunda bir plaka sınırı oluşturan ana kol, KD'dan GB'ya doğru Karlıova, Ilıca, Palu, Pötürge, Erkenek ve Pazarcık segmentlerinden oluşmaktadır. Bunlar içinde, Bingöl kuzeydoğusunda Ilıca ve Karlıova, güneybatısında ise Palu segmenti yer almaktadır. Bu segmentler üzerinde aktif sol yanal faylanmayı ve Holosen aktivitesini gösteren tektonomorfolojik yapılar çok belirgindir.



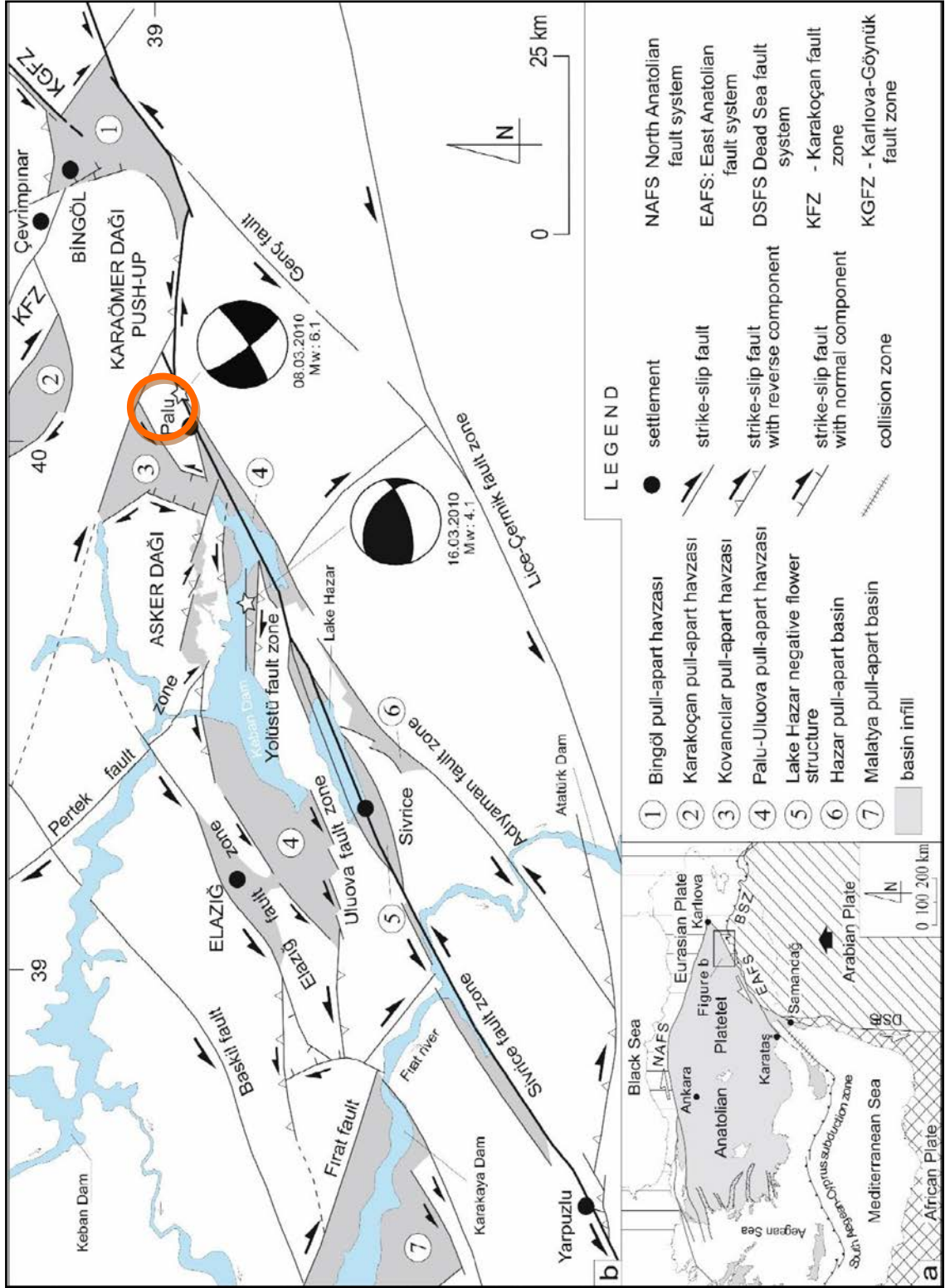
**Şekil 4.1** Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kolları ve bu kollar üzerindeki fay segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre 2013'den alınmıştır). İnceleme alanının bulunduğu bölge turuncu renkli daire içinde gösterilmiştir.

Bingöl kuzeydoğusunda yer alan segmentlerden Karlıova segmenti Kuzey Anadolu Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu'nun birleştiği noktadan başlar ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'na eşlenik (conjugate) bir geometri sunar. Bu kesişim noktası Karlıova Üçlü Birleşme Noktası olarak bilinir (Şengör 1979, Şaroğlu 1985, Şengör ve diğ. 1985). Karlıova segmenti daha güneybatıda bulunan Ilica segmentine Göynük ikili (paired) bölümlü ile bağlanmaktadır. Karlıova segmenti 4-12 km genişliğinde değişen sağa atlamalı bölümlerden oluşmaktadır. Segment üzerinde aktif sol yanal hareketi gösteren yapılar bulunmaktadır. Dere yataklarındaki sol yanal ötelenmeler birkaç metreden birkaç yüz metreye kadar değişmektedir. Karlıova yakınında Boncukgöze Köyü'nün 1 km güneydoğusunda fay üzerinde 3.5 metrelik sol yanal ötelenme gözlenmiştir (Herece 2008). Bu ötelenme Ambraseys ve Jackson (1998) tarafından bu bölge için tanımlanan 7.0 büyüklüğündeki 1866 tarihsel depreminin yüzey kırığı ile karşılaştırılabilir.

Bingöl kuzeydoğusunda bulunan Ilica segmenti Göynük ve Ilica arasındaki dağlık alanları kesmekte ve uzanımı boyunca büyük ölçekli uzamış sırtlar ve ötelenmiş dere vadileri oluşturmaktadır. Bu segment Göynük Vadisi boyunca tek bir fay izi şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4.1). Bununla birlikte Alatepe civarında 100 metre genişliğinde bir sağa atlama ile temsil edilir. Bu bölgeden sonra Ilica Beldesi batısında üç ayrı kola ayrılarak Bingöl Havzası kuzeyinde son bulur. Ilica civarında bu segment ile ilişkili sıcak su kaynakları ve traverten oluşumları gözlenmektedir.

Göynük vadisi boyunca fayın her iki tarafında gözlenen metamorfik kayaç kütlelerinin karşılaştırması sonucu 14.5-15 km civarında bir yer değiştirme hesaplanmıştır (Seymen ve Aydın 1971, Herece 2008). Bu ötelenme Arpat ve Şaroğlu (1972) ve Şaroğlu (1985)'e göre 17 km civarındadır. Duman ve Emre (2013) ise benzer şekilde 17 km'lik yer değiştirme hesaplanmıştır. Palu ve Pütürge segmentleri Koçyiğit (2003) tarafından Sivrice Fay Zonu adı altında incelenmiştir (Şekil 4.2). Hazar Gölü Havzası ve civarında, Doğu Anadolu Fay Sistemi Koçyiğit (2003) tarafından beş büyük fay zonuna ayrılmıştır. Bunlar kuzeyden güneye doğru Elazığ Fay Zonu (EFZ), Uluova Fay Zonu (UFZ), Sivrice Fay Zonu (SFZ), Adıyaman Fay Zonu (AFZ) ve Lice-Çermik Fay Zonu (LÇFZ)'dir. Hazar havzası orta bölümünde Sivrice Fay Zonu bulunmaktadır. Sivrice Fayı Zonu (SFZ), 2-6 km genişliğinde, 180 km uzunluğunda ve kuzeydoğudaki Palu İlçesi ile güneybatıda Yarpuzlu arasında uzanan, KD gidişli sol yanal doğrultu atımlı fay zonu olarak tanımlanmıştır. SFZ, DAFS'nin ana kolunu da içerir ve ve kendi içinde üç alt fay setine (Gezin-Sivrice Fay Seti, Kartaldere-Gölardı Fay Seti, Uslu-Karaçalı Fay Seti) ayrılmıştır. SFZ, hem ana fayın Palu-Gezin bölümünün yeniden aktive kazanmasından kaynaklanan, 3 Mayıs 1874 tarihli yüzey faylanması oluşturmuş tarihsel depremle de kanıtlandığı gibi (Ambraseys & Jackson 1998; Güneyli 2002) gibi sismik olarak da aktif bir fay zonudur (Koçyiğit ve diğ. 2007).



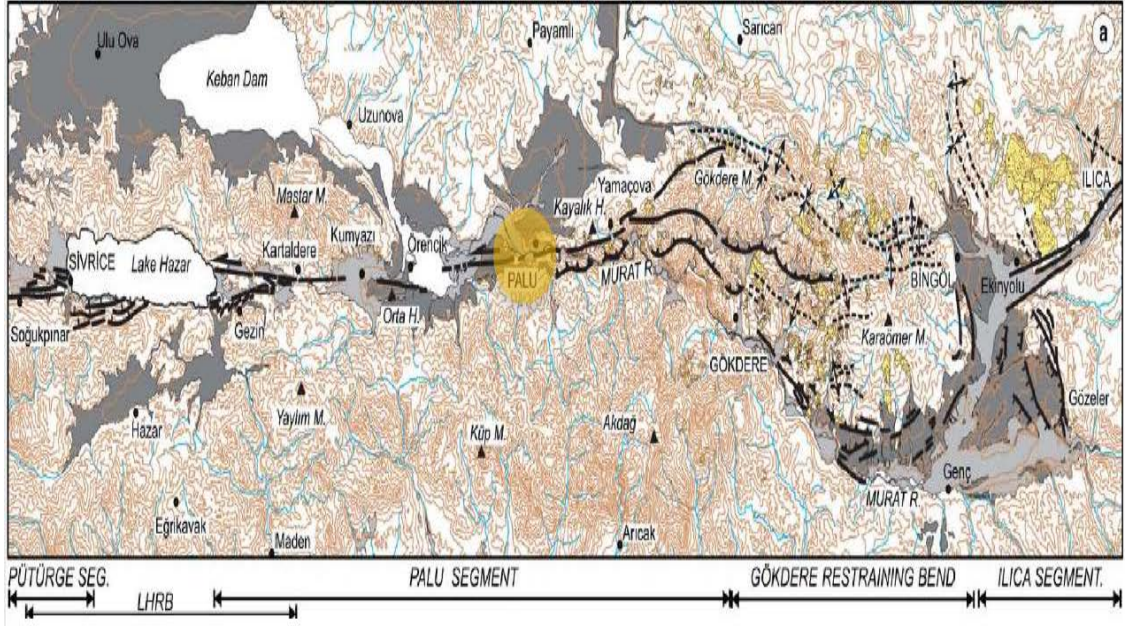


**Şekil 4.2** İnceleme alanının da içinde yer aldığı Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Yarpuzlu ile Bingöl arasında kalan bölümünün haritası (Koçyiğit ve diğ. 2003 ve Çolak ve diğ. 2012'den değiştirilerek alınmıştır). Bu çalışmanın gerçekleştirildiği alan turuncu daire içinde gösterilmiştir.

6.8 büyüklüğündeki 1971 Bingöl Depremi Karlıova ve Bingöl arasında Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelmiştir (Mckenzie 1972, Şekil 4.3). Bu deprem sonucunda Göynük vadisinde ve Bingöl havzası içinde süreksiz olarak gözlenmiş 35 km uzunluğunda yüzey kırığı ve maksimum 0.25 metre ötelenme rapor edilmiştir (Arpat ve Şaroğlu 1972; Seymen ve Aydın 1972). Karlıova segmenti üzerindeki yüzey faylanmasının Göynük bükümünün daha KD'suna uzanmadığı gözlenmiştir.

Palu segmenti ise Bingöl Havzasının güneybatısından başlamaktadır (Şekil 4.3). Palu segmenti Gökdere sıkıştırma bükümü ve Hazar Gölü gevşeten bükümü tarafından sınırlandırılmıştır. 8 Mart 2010 Karakoçan depreminin ana şok ve artçı depremlerinin dağılımının kuzey sınır fayı boyunca yoğunlaştığı gözlenmiştir (Emre ve diğ. 2010, Tan ve diğ. 2011). Bununla birlikte bu depremle ilgili bazı kılcal çatlaklar dışında yüzey faylanması rapor edilmemiştir.

Palu segmenti üzerindeki (Ms 7.1) büyüklüğündeki en son tarihsel deprem 3 Mayıs 1874 yılında meydana gelmiştir (Ambraseys 1988; Ambraseys & Jackson 1998). Tarihsel kayıtlara göre (Ambraseys 1988) en çok hasar Hazar Gölü ile Palu arasında gelişmiş ve hem tarihsel (Ambraseys ve Jackson 1988) hem de paleosismolojik bulgulara göre (Çetin ve diğ. 2003) bu deprem sonucunda yüzey faylanması meydana gelmiştir. Hazar Gölü doğusunda, segmentin batı bölümü üzerinde 3.6 metrelik sol yanal ötelenme ölçülmüştür (Herece 2008). Yukarıda belirtildiği gibi Palu doğusunda, segmentin doğu bölümünde 2.5 metrelik ötelenme ile batıda ölçülen ötelenmelerin her ikisi de segmentin uç noktalarına yakın alanlarda yer almaktadır. Bu gözlemlerle uyumlu olarak, 1874 depreminin ortalama atımı segmentin orta bölümünde Duman ve Emre (2013) tarafından  $3.5 \pm 0.5$  m. olarak ölçülmüştür. Palu segmentinin bu bölümünde fayla ilişkili genç yüzey şekilleri daha belirgindir.



**Şekil 4.3** Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Bingöl güneybatısında kalan Palu ve kuzeydoğusundaki Ilıca segmentlerini gösterir harita (Duman ve Emre 2013'den düzenlenerek alınmıştır).

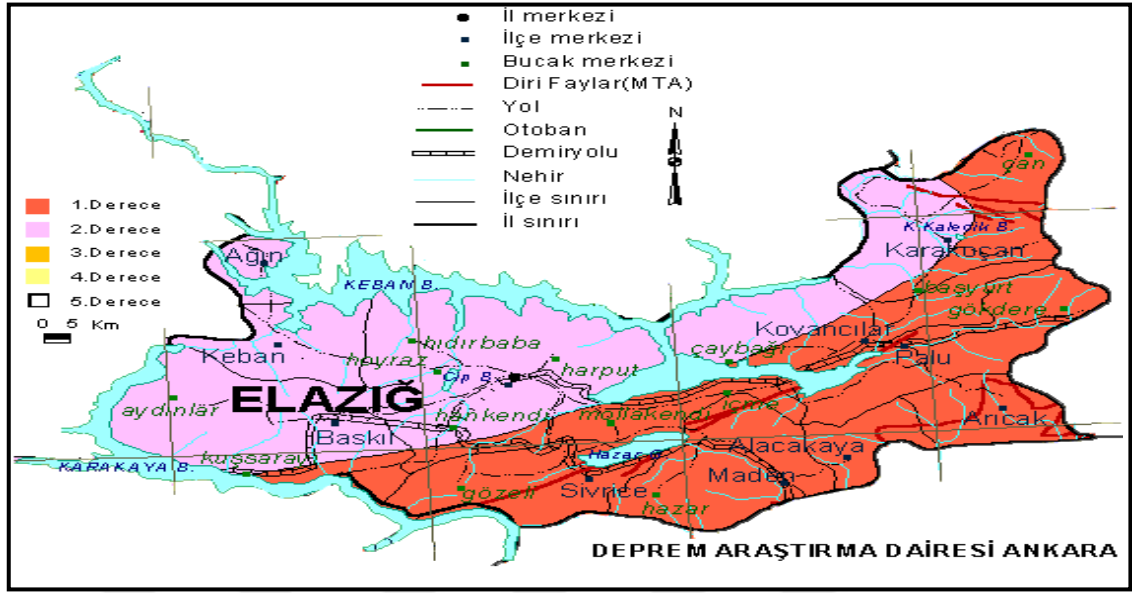
#### 4.1. İnceleme Alanı Deprem Tehlikesi

İnceleme alanı ve yakın civarı en geniş anlamda Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi içinde yer almaktadır. Bu bölge içinde sıkışma rejimine bağlı olarak değişik özellikte tektonik yapılar gelişmiştir. Bu yapılar içinde en önemlisi sol yanal doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu'dur. Gerek tarihsel, gerekse son yüzyıldaki aletsel kayıtlar bu faylar boyunca çok sayıda yıkıcı depremin geliştiğini gösterir. DAFZ'nun Bingöl-Karlıova arasında kalan kesiminde 22 Mayıs 1971 Bingöl depremi (Ms: 6.8) meydana gelmiştir.

Çalışma alanının bulunduğu Elazığ ili ve çevresi birbirinden farklı iki ayrı deprem bölgesinden oluşmaktadır. 1996 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre Elazığ kent merkezinin bulunduğu alan ile kuzey bölümü tümüyle 2. Derece deprem bölgesi içinde yer alırken, Palu İlçesinin de üzerinde yer aldığı Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde kalan, Elazığ güneyindeki bölge ise 1. Derece deprem bölgesi içindedir (Şekil 4.4).

Bu çalışma kapsamında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)'nden alınan 1909-2017 yılları arasına ait Palu merkezli 50 Km yarıçaplı alanda meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki deprem verileri Tablo 1'de gösterilmektedir.

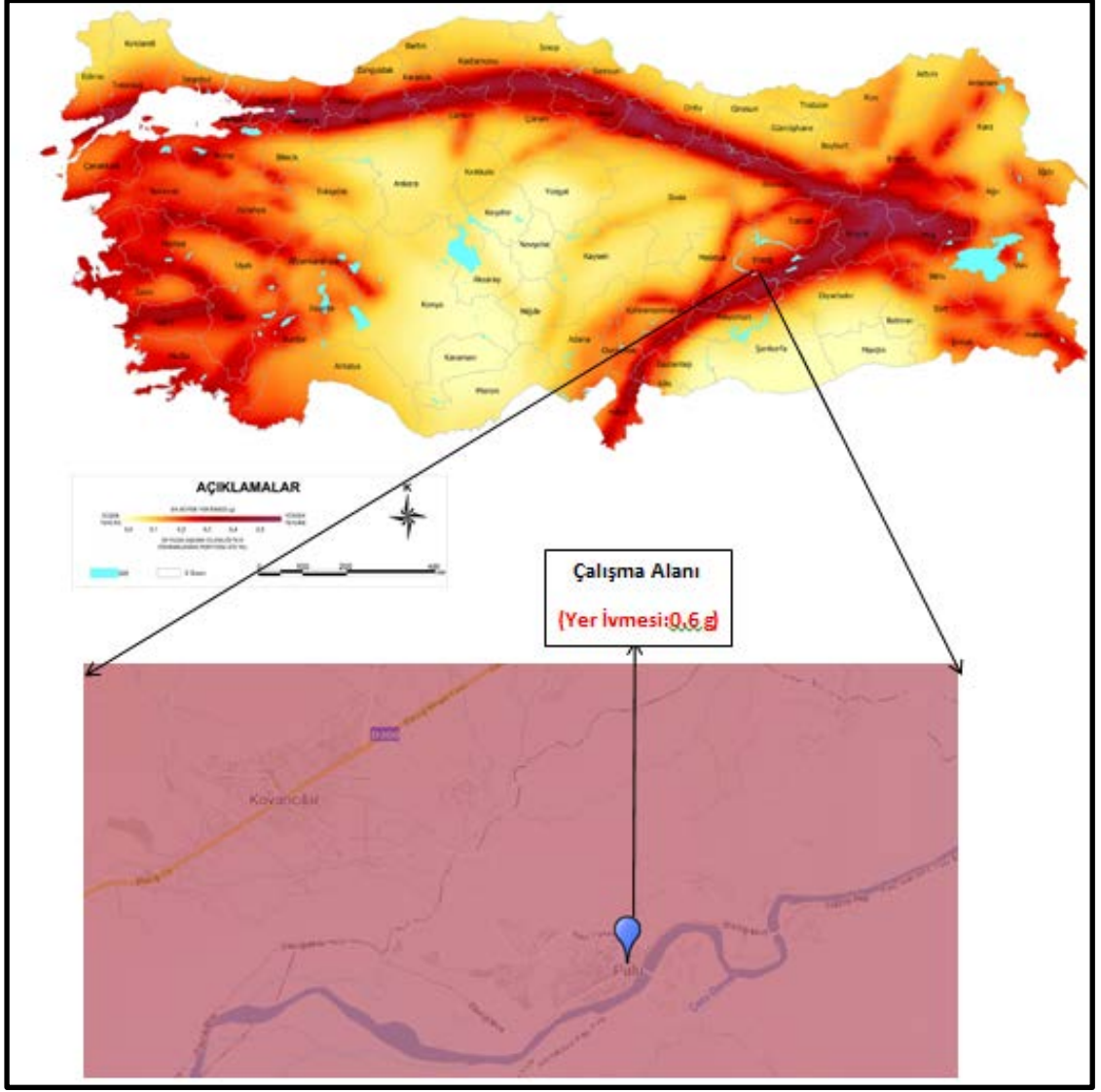
Bu verilere göre bölgede 50 km yarıçaplı alanda aletsel dönemde meydana gelen deprem büyüklükleri 6.1'e kadar ulaşmaktadır.



Şekil 4.4 Elazığ ilinin 1996 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasındaki konumu.

1 Ocak 2019 tarihinde yürürlüğe giren Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda ise deprem bölgelerinin derecelendirilmesi uygulaması kalkmış, bunun yerini ivme yöntemi almıştır. Bu harita ile nokta bazında sorgulama yapılarak bir noktanın ivme değerleri hesaplanabilmektedir. Çalışma alanı ve yakın kesiminin en büyük yer ivme değerine bakıldığında yüksek tehlike düzeyinde (0.6g) olduğu görülmüştür (Şekil 4.5). İnceleme alanında tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelmiş ve bölgeyi de etkilemiş depremler özet halinde aşağıda tarihsel ve aletsel dönem deprem aktivitesi bölümlerinde verilmiştir.





Şekil 4.5 Palu ve yakın civarının yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndaki konumu.

#### 4.2. Tarihsel Döneme Ait Depremsellik (1900 Öncesi)

Karlıova üçlü birleşim bölgesi civarında yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu'nun segmentlerinde, tarihsel dönemde oldukça yıkıcı, büyük depremler meydana gelmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun kuzeydoğu ucunda, 65 km uzunluktaki Karlıova-Bingöl fay parçasında 1866 yılında M:7.0 büyüklüğünde bir deprem olmuştur. Hemen batısında uzanan 50 km uzunluktaki Palu-Hazar ve 85 km uzunluktaki Hazar-Sincik iki alt fay parçalarından oluşan toplam 135 km uzunluktaki Palu-Sincik fay parçasında, 216 yıl önce, 1789 yılında 51 bin kişinin ölümüne neden olan çok büyük bir deprem olmuştur.

Palu-Hazar alt fay parçasında en son 1874 yılında, M:7.1, Hazar-Sincik alt fay parçasında ise en son 1875 yılında, M:6.8 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir.

Yörenin tarihsel deprem etkinliğine bakıldığında, özellikle 1789 Palu (Io:VIII; 51.000 can kaybı), 1866 Hazar Gölü Güneyi-Elazığ (Io:VIII), 1874 Harput-Elazığ-Diyarbakır (Io:VIII), 1875 Karlıova-Bingöl-Palu-Elazığ (Io:VIII; M=6.1) depremleri bölgedeki önemli depremlerdir.

Bölgede yapılan paleosismolojik çalışmalar ve tarihsel kayıtlar, bu yörede 7'den büyük depremlerin olduğunu açıkça göstermiştir (Ergin ve diğ. 1967; Ambraseys, 1989; Ambrassey ve Finkel, 1995; Ambrassey ve Jackson, 1998). Hazar Gölü, Palu ve Bingöl yörelerinde olan 1874, 1875 ve 1971 depremleri bunların en fazla bilinenleridir. 1874 Mayıs ayında büyüklüğü Ms:7.1 olan deprem Hazar Gölü ve yakın çevresini ciddi bir şekilde etkilemiş ve gölün güney kenarı 1-2 m yükselmiştir. Bu yükselme sonucunda Hazar Gölü suyunu Dicle nehrine boşaltan kanal askıda kalmış ve göl suyunun nehre akışı durmuştur. Bu olay göl seviyesinin yükselerek yakın çevredeki yerleşim alanlarını (Kilise Adası) basmasına neden olmuştur (Arslan 2014).

Büyüklüğü Ms:6.7 olan 1875 depremi sırasında da güney kenar, dolayısıyla Dicle nehrine bağlanan kanal 2 m daha yükselmiş ve bugünkü konumunu almıştır. Bingöl depremi (Ms:6.8), 1971 yılında Bingöl ve yakın çevresini etkilemiş ve büyük oranda can ve mal kaybına neden olmuştur (Ambraseys 1989; Ambraseys ve Jackson, 1998).

Tarihsel deprem verileri kullanılarak Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde Gölbaşı-Türkoğlu ve Palu-Bingöl arasında iki sismik boşluk olduğu belirtilmiştir (Nalbant 2002, Demirtaş 2003).

DAFZ boyunca Bingöl, Elazığ, Malatya, Kahramanmaraş, Hatay gibi büyük kentler ve Karakaya, Keban, Atatürk gibi büyük barajların yer alması, bu fay sisteminin yakın gelecekteki deprem davranışının bilinmesinin deprem zararlarının azaltılması açısından ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

Doğu Anadolu Fay Zonu tarihsel dönemde en son 1822 Antakya depremi ile başlayan 1866, 1872, 1874, 1875, 1893 depremleri ile devam eden ve son olarak 1905 Malatya depremi ile tamamlanan bir deprem serisi oluşturmuştur. Son yüzyılda 1971 Bingöl depremi dışında Doğu Anadolu Fay Zonu daha sakin bir döneme girmiş ve yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte bir deprem üretmemiştir.

1866 depreminden 105 yıl sonra, 1971 yılında, Karlıova-Bingöl segmentinde ikinci bir deprem olmuştur. 1971 depreminden 32 yıl sonra, 1 Mayıs 2003 yılında Karlıova-Bingöl segmentine dik doğrultuda bulunan Bingöl-Karakoçan fayında 6.1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. 65 km uzunluktaki Karlıova-Bingöl segmenti, ana hattı 3 km genişlikte olmasına karşın, çok sayıda, birkaç km ile 20-25 km uzunluklarda çok sayıda KD-GB ve KB-GD doğrultulu eşlenik faylar esas alındığında 40-50 km genişlikte bir zondan oluşmaktadır. Geniş bir zon içerisinde çok sayıda fay segmentlerinden oluşan Karlıova-Bingöl segmentinde bir deprem serisi oluştuğunda kısa zaman aralıklı birkaç deprem oluşabilmektedir. Palu-Bingöl arasında kalan kesimde 1789 yılından bu yana 219 yıldır yıkıcı bir deprem olmaması, bu segmentin deprem potansiyeli yüksek bir sismik boşluk olduğuna işaret etmektedir.

#### **4.3. Aletsel Dönem Deprem Aktivitesi**

Bu çalışma kapsamında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)'nden alınan 1909-2017 yılları arasına ait Palu merkezli 50 Km yarıçaplı alanda meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki deprem verileri Tablo 1'de verilmiş ve bu depremler Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Tabloda 162 farklı deprem verisi bulunmaktadır. Deprem verileri Palu ilçesi merkez alınarak 50 km yarıçaplı bir alan içindeki büyüklüğü 3.5 ve üzeri olan depremleri içermektedir (Şekil 4.7). 3 ve üzeri büyüklükteki depremlerin taranması sonucu çok fazla sayıda deprem verisi çıktığı için 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremler bu çalışma kapsamında derlenmiştir.

1909-2017 yılları arasında oluşmuş depremlerin yer aldığı Şekil 4.6'da depremlerin özellikle Palu kuzeydoğusunda, Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Palu segmenti ile Bingöl kuzeybatısında kalan faylar ve Palu güneybatısında, Palu segmentinin Hazar Gölü doğusunda kalan bölümü üzerinde yoğunlaştığı gözlenmektedir.

### **8 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan Depremi (Ms:6.1)**

8 Mart 2010 günü saat 04:32'de Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ, Bingöl, Tunceli, Muş, Diyarbakır, Erzurum yöresinde geniş bir alanda hissedilen Mw:6.1 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) kayıtlarına göre depremin dış merkezi (koordinatlar: 38,8070K-40,0998D, KRDAE) Elazığ ili, Karakoçan ilçesi, Başyurt beldesi yakın doğusuna rastlar. Ana şoku takiben bölgede üçü M:5.0'dan büyük olmak üzere çok sayıda artçı sarsıntı gerçekleşmiştir. Deprem, Elazığ ilinin Kovancılar, Karakoçan ve Palu ilçeleri ile Bingöl merkez ilçeye bağlı bazı köylerinde can kaybı ve yapı hasarlarına yol açmıştır. 42 kişi hayatını kaybetmiş, 137 kişi yaralanmış, Elazığ iline bağlı 82 yerleşmede 1580'i ağır olmak üzere toplam 2558 konut, Bingöl merkez ilçeye bağlı 4 köyde ise 115 konut ağır hasar görmüştür (Emre ve diğ. 2010).

**Tablo 4.1** 1909-2017 yılları arasında Palu merkezli 50 Km yarıçaplı alanda meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin listesi (Deprem verileri Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)'nden alınmıştır <http://koeri.boun.edu.tr>).

No	Oluş Tarihi	Oluş Zamanı	Enlem	Boylam	Der (Km)	M	Yer
1	29.04.2017	10:39:12.89	38.8403	40.1588	7.5	3.6	Aşağıdemirci-Kovancılar
2	20.03.2017	14:39:44.57	38.6543	39.8012	5.6	4.0	Yeniköymezreasi-Kovancılar
3	01.02.2017	11:21:56.66	38.6098	39.5497	1.4	3.5	İçme- (Elazığ)
4	13.06.2015	01:03:14.56	38.6520	40.1307	5.0	3.7	Altınölçek-Palu
5	10.05.2015	14:09:09.07	38.6633	40.1505	5.0	3.5	Güllüce-Palu
6	09.05.2015	21:35:03.62	38.6652	40.1505	7.8	3.9	Güllüce-Palu
7	22.11.2014	19:19:53.01	38.7270	39.9900	6.4	3.9	Şenova-Kovancılar
8	21.11.2014	01:04:09.06	38.7618	39.9927	1.4	3.5	Karaman-Kovancılar
9	19.12.2013	19:46:35.92	38.4795	39.6412	4.6	3.8	Kayalar-Maden
10	07.07.2012	13:55:53.52	38.5928	39.5802	5.0	3.5	Yukarıbağ- (Elazığ)
11	25.06.2012	05:59:55.75	38.6288	39.6512	8.0	3.5	Konakalmaz- (Elazığ)
12	12.05.2012	23:58:05.98	38.5770	39.5718	9.7	3.5	Yeşilova-Maden
13	04.08.2011	03:13:07.95	38.5688	39.6765	5.0	4.4	Kumyazı-Maden
14	22.07.2011	21:20:37.03	38.5795	39.6460	5.0	3.6	Kumyazı-Maden
15	21.07.2011	11:26:55.12	38.5942	39.6372	5.0	3.5	Kumyazı-Maden
16	26.06.2011	20:16:00.89	38.5405	39.6132	4.5	3.5	Tepecik-Maden

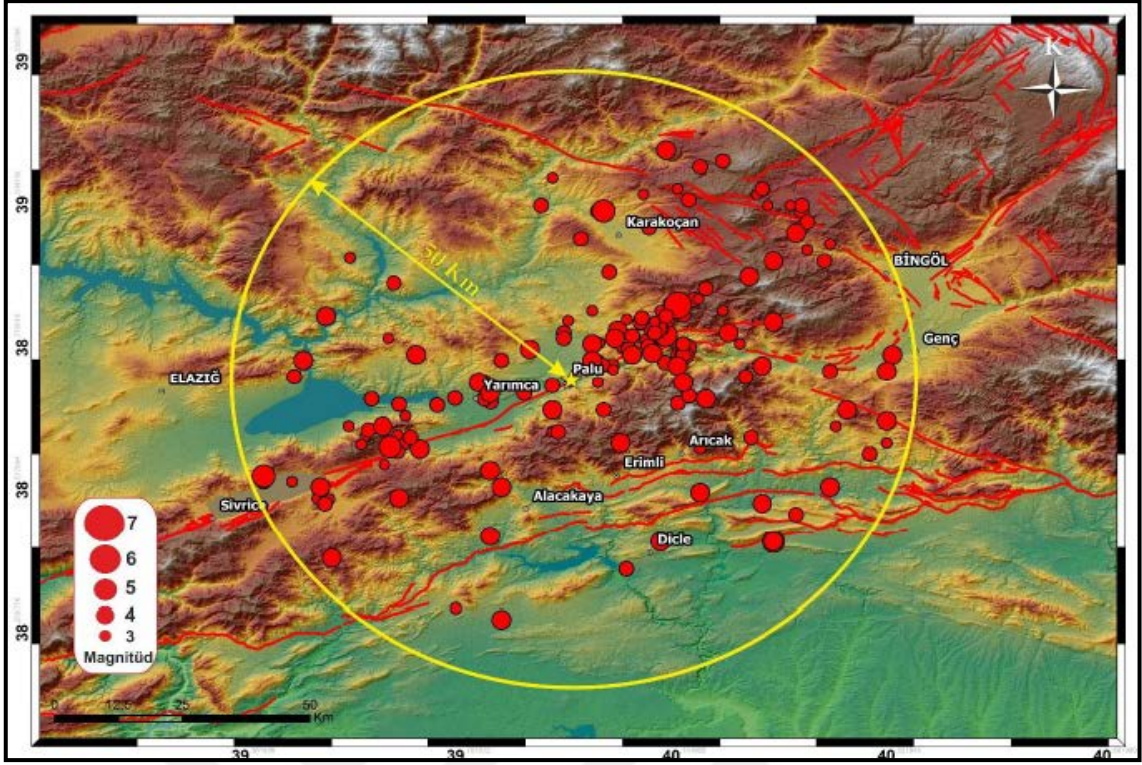


17	23.06.2011	12:00:04.62	38.5647	39.6372	5.0	3.8	Kartaldere-Maden
18	23.06.2011	07:34:42.88	38.5732	39.6232	5.5	5.4	Kartaldere-Maden
19	09.10.2010	16:37:02.41	38.6842	39.9098	5.0	3.7	Palu (Elazığ)
20	27.09.2010	16:22:02.00	38.7197	40.0142	5.0	3.8	Örgülü-Palu
21	08.05.2010	01:46:27.81	38.7942	40.0645	5.0	3.5	Karasungur-Kovancılar
22	24.04.2010	05:15:07.31	38.8122	40.1403	2.5	3.9	İsağamezrası-Kovancılar
23	03.04.2010	13:19:05.95	38.7215	39.9975	5.3	3.7	Umutkaya-Palu
24	24.03.2010	14:11:30.33	38.7757	40.1092	5.0	5.1	Yukarımirahmet-Kovancılar
25	20.03.2010	11:22:49.15	38.7535	40.0325	5.0	3.5	Sarıbuğday-Kovancılar
26	18.03.2010	13:46:10.67	38.7887	40.0860	6.5	3.5	Yukarımirahmet-Kovancılar
27	18.03.2010	02:58:36.94	38.6487	39.7072	5.0	3.6	Yolüstü- (Elazığ)
28	16.03.2010	09:33:27.47	38.6612	39.7385	6.5	3.8	Muratbağı-Kovancılar
29	12.03.2010	22:50:44.81	38.7662	40.0770	3.8	3.8	Yukarımirahmet-Kovancılar
30	12.03.2010	01:35:12.71	38.7262	40.1082	5.0	3.6	Beyhan-Palu
31	11.03.2010	09:02:43.87	38.8033	40.1125	5.0	3.6	Yukarımirahmet-Kovancılar
32	11.03.2010	06:30:48.89	38.7868	40.1050	5.0	3.5	Yukarımirahmet-Kovancılar
33	09.03.2010	17:10:39.50	38.7472	40.0502	5.0	3.5	Sarıbuğday-Kovancılar
34	09.03.2010	07:34:35.50	38.7527	40.1465	5.0	4.1	Beyhan-Palu
35	09.03.2010	07:21:23.66	38.8815	40.2565	5.0	4.2	Kayalık-Kovancılar
36	09.03.2010	06:14:57.00	38.7398	40.1357	5.0	4.2	Beyhan-Palu
37	09.03.2010	00:09:18.77	38.7527	40.0840	5.0	4.0	Yukarımirahmet-Kovancılar
38	08.03.2010	15:04:51.42	38.7842	40.0248	5.0	4.7	Demirci-Kovancılar
39	08.03.2010	14:17:35.24	38.7398	40.1417	3.6	4.1	Beyhan-Palu
40	08.03.2010	12:50:40.88	38.8407	40.1670	4.0	3.5	Asağidemirci-Kovancılar
41	08.03.2010	11:12:10.52	38.7888	40.0913	5.0	5.3	Yukarımirahmet-Kovancılar
42	08.03.2010	10:14:23.49	38.8292	40.1252	5.0	5.2	İsağamezrası-Kovancılar
43	08.03.2010	09:30:04.60	38.8600	40.1800	5.0	3.7	Yılbaşı-Kovancılar
44	08.03.2010	09:21:58.70	38.8200	40.1000	2.0	3.5	Aşağıkanatlı-Kovancılar
45	08.03.2010	08:52:14.60	38.8000	40.0900	5.0	3.5	Yukarımirahmet-Kovancılar
46	08.03.2010	08:06:07.20	38.7800	40.0900	2.0	3.8	Yukarımirahmet-Kovancılar
47	08.03.2010	02:32:31.09	38.8300	40.1308	5.0	6.1	İsağamezrası-Kovancılar
48	24.01.2010	19:54:56.14	38.9155	39.5517	2.0	3.5	Pirinçci-Pertek
49	26.05.2009	02:01:32.87	38.7003	39.4538	5.0	3.8	Kıraçköy- (Elazığ)
50	08.07.2007	22:27:48.25	38.7133	40.0167	7.4	3.5	Örgülü-Palu
51	15.02.2007	06:49:14.75	38.7990	40.0650	5.0	3.7	Karasungur-Kovancılar
52	30.01.2007	22:54:05.15	38.7513	40.0442	5.0	3.6	Sarıbuğday-Kovancılar
53	30.01.2007	22:50:33.78	38.7562	40.0788	5.0	3.6	Yukarımirahmet-Kovancılar
54	27.01.2007	19:27:01.24	38.8068	40.0673	5.0	3.8	Karasungur-Kovancılar

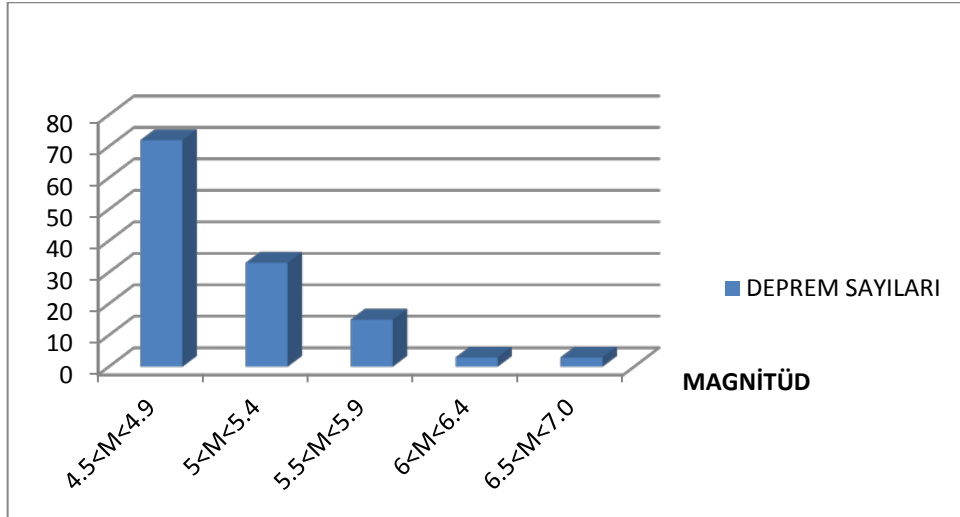
55	26.01.2007	09:00:48.96	38.8047	40.0410	5.0	3.5	Karasungur-Kovancılar
56	26.01.2007	08:20:34.24	38.7432	40.0858	5.0	4.8	Beyhan-Palu
57	17.01.2007	05:15:24.14	38.7747	40.0505	5.0	3.9	Aşağımirahmet-Kovancılar
58	25.12.2006	02:22:25.45	38.6032	39.5843	5.0	3.9	Yukarıbağ- (Elazığ)
59	20.01.2006	17:32:53.23	38.4782	39.5157	5.4	3.5	Kızıltepe-Maden
60	28.07.2005	01:43:34.72	38.4795	39.4945	8.8	3.5	Hatunköy-Maden
61	28.07.2005	01:24:10.88	38.4697	39.5078	10.0	3.6	Kızıltepe-Maden
62	09.03.2005	10:55:36.27	38.8020	39.9378	15.0	3.5	Yeşilköy-Kovancılar
63	25.10.2004	19:41:22.50	38.5900	39.6600	10.0	3.7	Kumla- (Elazığ)
64	16.06.2004	05:07:17.60	38.8100	40.1100	7.0	3.6	İsağamezrası-Kovancılar
65	12.06.2004	13:37:52.00	38.6100	39.6100	10.0	4.5	Şehsuvar- (Elazığ)
66	20.02.2004	08:19:38.70	38.6900	39.7800	10.0	3.6	Kavakköy-Kovancılar
67	10.02.2004	23:26:11.90	38.7300	39.8200	1.0	3.7	Taşçanak-Kovancılar
68	07.02.2004	13:13:45.40	38.6900	39.7900	5.0	3.6	Akmezrea-Kovancılar
69	05.02.2004	08:01:32.20	38.7600	40.2400	10.0	3.5	Gökdere-Palu
70	22.01.2004	21:21:02.90	38.6500	39.6400	5.0	3.6	Konakalmaz- (Elazığ)
71	06.09.2003	06:28:26.10	39.0300	40.2700	5.0	3.5	Uğurova- (Bingöll)
72	19.06.2003	22:22:02.90	38.9300	40.3600	1.0	3.5	Çevrimpınar- (Bingöll)
73	19.06.2003	22:17:57.70	38.9400	40.4000	10.0	3.5	Alibir- (Bingöll)
74	23.05.2003	03:28:13.00	38.7800	39.9300	9.0	3.7	Yeşilköy-Kovancılar
75	21.05.2003	03:11:16.60	38.7400	40.5100	7.0	4.3	Gümüşlü- (Bingöll)
76	15.05.2003	18:46:50.10	38.7700	39.9300	10.0	3.8	Köprüdere-Kovancılar
77	07.05.2003	21:56:01.40	39.0000	40.3500	13.0	3.6	Yazgülü- (Bingöll)
78	06.05.2003	11:02:56.30	39.0100	40.3500	7.0	3.5	Uzunsavat- (Bingöll)
79	04.05.2003	06:40:52.30	39.0100	40.3500	10.0	3.6	Uzunsavat- (Bingöll)
80	03.05.2003	23:37:01.60	38.9700	40.3500	5.0	3.8	Gökçekanat- (Bingöll)
81	01.05.2003	10:31:45.30	38.9800	40.3600	10.0	3.9	Gökçekanat- (Bingöll)
82	01.05.2003	01:31:26.40	38.9100	40.3900	4.0	3.7	Bılaloğlu- (Bingöll)
83	01.05.2003	01:01:33.60	39.0100	40.3300	10.0	3.5	Yazgülü- (Bingöll)
84	10.03.2003	02:28:51.10	38.5800	40.5000	8.0	3.5	Ecemiş-Lice
85	18.01.2003	19:43:12.20	38.8200	40.2100	5.0	3.5	Yoncalıbayır-Kovancılar
86	08.01.2003	01:23:00.20	38.5600	40.4700	8.0	3.8	Şenlik-Lice
87	09.02.2002	16:36:14.90	38.6900	39.9400	7.0	3.5	Palu
88	09.02.2002	03:31:16.20	38.9700	40.0800	10.0	3.6	Kalecik-Karakoçan
89	17.01.2002	06:08:25.30	38.6100	40.4100	11.0	3.5	Yelkaya-Genç
90	16.01.2002	20:10:31.20	38.4500	40.3400	5.0	3.6	Çukurköy-Hani
91	10.10.2001	21:22:29.80	39.0800	40.1700	10.0	3.6	Yeşilbelen-Karakoçan
92	09.10.2001	00:36:01.30	38.6000	39.9100	10.0	3.5	Akyürek-Palu

93	02.09.2001	22:05:44.50	38.7400	40.1400	13.0	3.9	Beyhan-Palu
94	02.09.2001	21:42:27.40	38.6400	39.9100	6.0	4.4	Üçdeğirmenler-Palu
95	06.06.2001	15:51:47.80	38.8900	40.0100	2.0	3.6	Durmuşköy-Karakoçan
96	11.05.2001	12:30:32.80	38.7600	39.9800	8.0	4.2	Çakırkaş-Kovancılar
97	09.05.2001	06:23:23.00	38.8200	39.9800	7.0	3.5	Kuşçu-Karakoçan
98	19.04.2001	20:28:07.90	38.6900	39.9900	10.0	3.5	Umutkaya-Palu
99	26.01.2001	09:54:00.50	38.6600	39.5900	10.0	3.7	Uzunova-Kovancılar
100	25.01.2001	04:18:24.80	38.7000	40.2500	12.0	3.6	Doğanlı-Genç
101	24.12.2000	11:30:47.00	38.4900	40.1700	0.0	4.5	Bukardı-Arıcak
102	27.06.2000	22:04:12.80	39.0200	40.1500	4.0	3.7	Yücekonak-Karakoçan
103	14.05.2000	03:18:59.10	38.6000	39.9200	0.0	3.8	Akyürek-Palu
104	10.04.2000	01:39:15.40	38.5700	40.1700	7.0	3.5	Erbağı-Arıcak
105	13.01.2000	17:56:08.80	38.6600	39.7900	0.0	3.6	Yarımca-Kovancılar
106	12.01.2000	02:47:51.30	38.6900	39.7800	0.0	4.1	Kavakköy-Kovancılar
107	25.10.1999	10:07:40.20	39.0400	40.1300	5.0	3.5	Yücekonak-Karakoçan
108	05.09.1999	08:32:01.10	39.0400	40.2800	5.0	3.6	Yaygınçayır- (Bingöll)
109	21.08.1999	18:41:55.80	39.0000	39.9900	18.0	3.9	Kızılca-Karakoçan
110	17.07.1999	10:37:09.40	38.3500	40.0400	0.0	3.8	Yeşilsirt-Dicle
111	08.04.1999	16:09:13.40	39.0600	39.9100	5.0	3.5	Pamuklu-Karakoçan
112	08.03.1999	16:06:48.70	38.2800	39.7400	31.0	3.5	Bahçekeşi-Ergani
113	15.01.1999	11:47:45.10	38.5900	40.2600	0.0	3.7	Ericek-Genç
114	03.01.1999	12:27:21.90	38.2600	39.8200	31.0	4.1	Karşıbağlar-Ergani
115	02.01.1999	02:57:18.70	38.6700	39.8000	0.0	4.1	Yeniköymezreasi-Kovancılar
116	20.12.1998	03:21:12.80	38.7700	40.0200	1.0	4.5	Sarıbuğday-Kovancılar
117	18.11.1998	17:02:36.20	39.0300	40.0700	0.0	3.5	Çatalyol-Karakoçan
118	18.11.1998	13:17:10.30	39.0100	40.2900	10.0	3.5	Yazgülü- (Bingöll)
119	10.11.1998	05:20:19.00	38.7600	40.1400	0.0	3.6	Beyhan-Palu
120	15.10.1998	15:49:40.60	39.0100	39.8900	5.0	3.7	Akdüven-Mazgirt
121	08.10.1998	20:48:09.10	38.7800	40.2200	7.0	4.4	Kırkbulak-Palu
122	28.04.1998	03:51:55.30	38.6400	40.4300	0.0	4.3	Üçgül-Genç
123	20.09.1997	23:42:17.50	39.0900	40.2100	7.0	3.8	Bazlama-Karakoçan
124	17.07.1997	22:36:40.80	38.5100	39.4500	0.0	3.5	Gölordı- (Elazığ)
125	17.11.1996	21:42:15.50	38.7700	39.6200	26.0	3.5	Soğanlı-Kovancılar
126	06.11.1996	13:49:08.30	38.7100	40.4000	22.0	3.8	Çamlıyurt-Genç
127	22.06.1996	11:51:14.10	38.7500	39.8700	8.0	4.1	Karıncaçöy-Kovancılar
128	20.06.1996	10:45:08.40	38.5100	39.4000	6.0	4.0	Cevizdere- (Elazığ)
129	25.04.1996	05:09:15.60	38.6700	39.8600	0.0	3.9	Beşpınar-Kovancılar
130	22.04.1996	23:47:19.90	38.7200	40.1300	13.0	4.1	Beyhan-Palu

131	21.04.1996	14:13:57.50	38.7300	39.9800	5.0	4.6	Şenova-Kovancılar
132	15.12.1994	01:17:26.90	38.8700	39.6300	0.0	3.9	İsmailli-Mazgirt
133	01.06.1994	11:33:09.00	38.3700	39.5200	29.0	4.3	Topaluşağı-Maden
134	07.05.1992	19:15:03.30	38.6900	40.1400	18.0	5.0	Güllüce-Palu
135	13.12.1988	15:46:24.00	38.7300	39.4700	10.0	4.2	Yeşildere-Kovancılar
136	02.10.1986	15:53:35.00	38.9100	40.3000	9.0	4.3	Dikme- (Bingöll)
137	27.03.1985	10:43:34.30	38.6400	40.0000	10.0	3.7	Yarıntepe-Palu
138	12.09.1979	16:14:54.00	38.4100	39.8000	35.0	4.9	Sağırılı-Maden
139	21.03.1979	05:04:16.30	38.5000	39.5000	10.0	4.5	Plajköy-Maden
140	17.07.1977	09:00:34.20	38.5300	39.8000	33.0	4.3	Kayaönü-Palu
141	14.05.1977	21:43:38.00	38.7400	40.0500	4.0	4.5	Karaman-Kovancılar
142	25.03.1977	02:39:58.90	38.5800	40.0300	29.0	5.0	Kayahisar-Arıcak
143	02.07.1976	08:50:17.00	38.4000	40.1000	59.0	4.3	Baltacı-Dicle
144	07.01.1976	13:59:05.00	38.8000	40.3000	62.0	4.1	Gemtepe-Palu
145	30.12.1975	16:00:22.00	38.4700	40.2800	40.0	4.5	Üçocuk-Arıcak
146	30.12.1975	14:36:08.00	38.6200	40.5000	28.0	4.5	Yayla-Genç
147	28.11.1975	23:33:40.00	38.4000	40.3000	51.0	3.7	Tepe-Dicle
148	08.11.1975	12:54:12.00	38.5000	40.4000	51.0	4.9	Akçayurt-Hani
149	07.10.1975	04:59:56.30	38.7100	40.5000	40.0	4.9	Şehitköy-Genç
150	11.09.1975	09:40:57.00	38.4000	40.3000	53.0	5.2	Tepe-Dicle
151	10.09.1975	05:42:27.10	38.4000	40.3000	33.0	4.2	Tepe-Dicle
152	10.09.1973	03:02:05.00	38.4800	39.6400	39.0	5.0	Kayalar-Maden
153	07.12.1971	15:00:34.60	39.1100	40.1100	71.0	4.4	Hamurkesen-Karakoçan
154	17.07.1971	21:45:23.40	38.7200	40.2800	25.0	4.8	Doğanlı-Genç
155	24.05.1971	12:49:11.50	38.8100	39.5100	33.0	4.3	Konurat-Pertek
156	22.05.1971	17:32:34.20	38.9600	40.3400	80.0	4.4	Gökçekanat- (Bingöll)
157	09.05.1970	03:36:01.30	38.9500	39.9600	13.0	3.9	Çamardı-Karakoçan
158	09.06.1964	07:16:00.40	38.6600	40.1800	65.0	4.3	Sırmalıoşa-Genç
159	14.03.1964	23:02:01.10	38.5000	39.8200	44.0	4.6	Sularbaşı-Alacakaya
160	18.04.1957	05:25:04.80	38.7400	39.6700	10.0	4.9	Topağaç-Kovancılar
161	08.02.1930	05:20:17.80	38.5200	39.4000	100.0	5.3	Cevizdere- (Elazığ)
162	05.03.1909	12:16:00.00	39.0000	40.0000	30.0	5.5	Hamzalı-Karakoçan



**Şekil 4.6** Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem Merkezi (UDİM)’nden alınan ve Palu merkezli 50 km yarıçaplı alanda 1909-2017 yılları arasında meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin dağılımını gösterir sayısal yükselti modeli.



**Şekil 4.7** Çalışma alanı ve çevresi 50 km yarıçaplı alanda 1909-2017 yılları arasında meydana gelen 3.5 ve üzeri büyüklükteki depremlerin arasındaki ilişkiyi gösteren histogram.

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan ve 18 Mart 2018 tarih ve 30364 sayılı (mükerrer) Resmi Gazetede yayımlanan Türkiye Deprem Tehlike Haritası, 1996 yılında yayımlanan Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasından farklılıklar sunmaktadır. Yeni harita en güncel deprem kaynak parametreleri, deprem katalogları ve matematiksel modeller dikkate alınarak çok daha fazla ve ayrıntılı veriyle hazırlanmıştır. Yeni haritada, bir önceki haritadan farklı olarak deprem bölgeleri yerine **en büyük yer ivmesi değerleri** gösterilmiş ve “deprem bölgesi” kavramı ortadan kaldırılmıştır (AFAD Web sitesi). 1 Ocak 2019 tarihinden itibaren yürürlüğe giren yeni Türkiye Deprem Bina Yönetmeliği ve Türkiye Deprem Tehlike Haritası’nda sunulan uygulamadaki haritalar, Zemin koşulu (VS)30 = 760 m/s esas alınarak hazırlanmıştır. Şekil 4.6’da Palu ve yakın civarının Yeni Türkiye Deprem Tehlike Haritası’ndaki konumu bilgi amaçlı olarak verilmiştir. Yerel Zemin koşullarının neden olabileceği sıvılaşma, büyütme, farklı oturma gibi tehlikeleri içermemektedir. 1996 tarihli Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 1. Derece deprem bölgesinde gösterilen inceleme alanında, elli yılda aşılma olasılığı % 10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olarak alındığında en büyük yer ivmesi değerinin 0.6 g ve üzeri olduğu görülmektedir. Harita üzerinde bu çalışma kapsamında paleosismoloji çalışması yapılan alanlar ve bu alanları kesen aktif faylar da gösterilmiştir (Şekil 4.6).

## 5. ÇALIŞMA ALANININ PALEOSİSMOLOJİK İNCELEMESİ

Paleosismoloji çalışmaları son yıllarda aktif fayların tespiti, bu faylardan kaynaklı olan büyük depremlerin (aletsel dönem öncesindeki aktivitelerinin) belirlenmesi ve buna bağlı olarak oluşması muhtemel depremlerin tekrarlanma aralıkları ile ilgili bilgi vermesi sebebiyle oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gökçe ve diğ. 2014).

Bu çalışmada Doğu Anadolu Fay Zonu'nun, Palu Segmentinin, Üçdeğirmenler-Karşibahçeler (Palu-Elazığ) arasında yüzey faylanması oluşturabilecek büyüklükte deprem üretebilecek aktif fayların varlığını araştırmak amacıyla paleosismolojik hendek çalışması yapılmıştır. Yüzey faylanması, fay üzerinde meydana gelen hareketin yer yüzeyindeki görünümüdür. Genellikle bu yer değiştirmeler, yer yüzeyinde kuşaklar ya da hatlar halinde haritalanmış aktif faylar boyunca orta-yıkıcı büyüklüğe ( $M \geq 6$ ) sahip depremler sonucu oluşurlar. Yüzey faylanmasının gerçekleşme olasılığı ve yüzeydeki yer değiştirme miktarı, deprem büyüklüğü, odak derinliği, fay geometrisi, kırılma süreci ve yüzeye yakın zeminin özelliğine bağlıdır. Yüzey faylanması sonucu oluşan yer değiştirmeler, kırılma kuşağı boyunca konumlanmış yapılarda çok büyük hasarlara yol açabilirler. Birçok durumda, yüzey faylanması riskini azaltmanın en kolay ve hesaplı yolu, ondan kaçınmaktır. Bu yüzden, yüzey faylanmasının bir yerde varlığını ya da yokluğunu saptamak ve varsa konumunu, fay geometrisini, yer değiştirme miktarını, yüzeydeki yer biriminin içsel özelliğini ve faylanmanın üzerinde yer alacak yapılara etkisini ortaya koymak önem taşımaktadır (Rathje ve diğ., 2010).

Paleosismoloji, aletsel dönemden önce meydana gelmiş depremlerin yerini, oluş zamanını ve büyüklüğünü belirlemeyi amaçlar (Mc Calpin, 1996; Wallace, 1981). Paleosismolojik çalışmalar kapsamında, tarihsel dönemde oluşmuş depremleri yaratan fayların özellikleri araştırılıp, bu faylar üzerinde oluşan depremlerin tekrarlanma aralığı belirlenerek gelecekte olabilecek depremlerin olasılığı ve büyüklüğü gibi kantitatif veriler elde edilmeye çalışılır (Reiter, 1995; Wallace, 1981). Paleosismolojik çalışmalar ancak büyük depremlerin izleri kullanılarak yapılır. Zira küçük ve orta büyüklükteki depremler yüzeye kadar ulaşan deformasyonlar oluşturmamaktadır. Bir başka deyişle yeryüzünde yüzey kırığı yaratabilecek ölçüde büyük depremleri paleosismolojik açıdan incelemek mümkündür.

Paleosismoloji çalışmalarında morfotektonik yapıların incelenmesi oldukça önemlidir. Örneğin doğrultu atımlı faylar üzerinde meydana gelmiş ötelenmiş dereler, bel verme gölcükleri, basınç sırtları gibi morfotektonik öğeler paleosismolojik hendek çalışmaları için yer belirlemede referans noktalarıdır.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında Palu ilçesi Karşibahçeler-Üçdeğirmenler arasında kalan bölge içinden geçen Doğu Anadolu Fay Zonu, Palu segmentine hemen hemen dik yönde açılmış 4 adet paleosismolojik amaçlı hendek çalışması yapılmıştır.

### **5.1. Çalışma Alanı Civarındaki Aktif Faylar**

Çalışma alanı ve çevresinde, 1/250.000 ölçekli Yenilenmiş Diri Fay Haritası Serisi Elazığ NJ 37-7 paftasında (Duman ve diğ. 2012) tanımlanmış aktif fay sistemleri bulunmaktadır (Şekil 5.1). Bölge, Duman ve Emre (2013) tarafından tanımlanmış Doğu Anadolu Fay Zonu ana kolu Palu segmenti üzerinde yer alır. Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Palu segmenti Bingöl güneybatısından başlayarak Hazar Gölü doğu-kuzeydoğu kenarına kadar uzanmaktadır. Bingöl güneyinde Çayağzı Köyü civarından başlayan ve toplam 77 km uzunluğa sahip Palu segmenti Murat Nehri boyunca güneybatıya doğru devam ederek, Hazar Gölü KD kenarına kadar ulaşır. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği Palu ilçesi ve civarında tek bir fay halinde izlenen Palu segmenti bölgede kabaca K40-45D gidişlidir. Fay Palu ilçesi ana yerleşim yeri ve Murat Nehri güney-güneydoğusundan, Karşibahçeler Mahallesi içinden geçerek Murat Nehri ve Alacakaya karayoluna paralel bir şekilde güneybatıya doğru devam eder. Palu ilçesi güneybatısında Gümeçbağlar ve Yeniköy mezrası civarında ise Keban Baraj gölü içine girer. Baraj gölü güneybatısında Gümüşkaynak ve Kumyazı köyleri içinden geçerek Kartalderesi köyü güneyine kadar tek parça halinde izlenir. Bu noktadan itibaren Hazar Gölü doğusunda Gezin Beldesine kadar fay saçılmış bir geometri sunar. Bölgede fay boyunca belirgin morfotektonik yapılar gelişmiş olup, bunlar arazi çalışmaları bölümünde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.





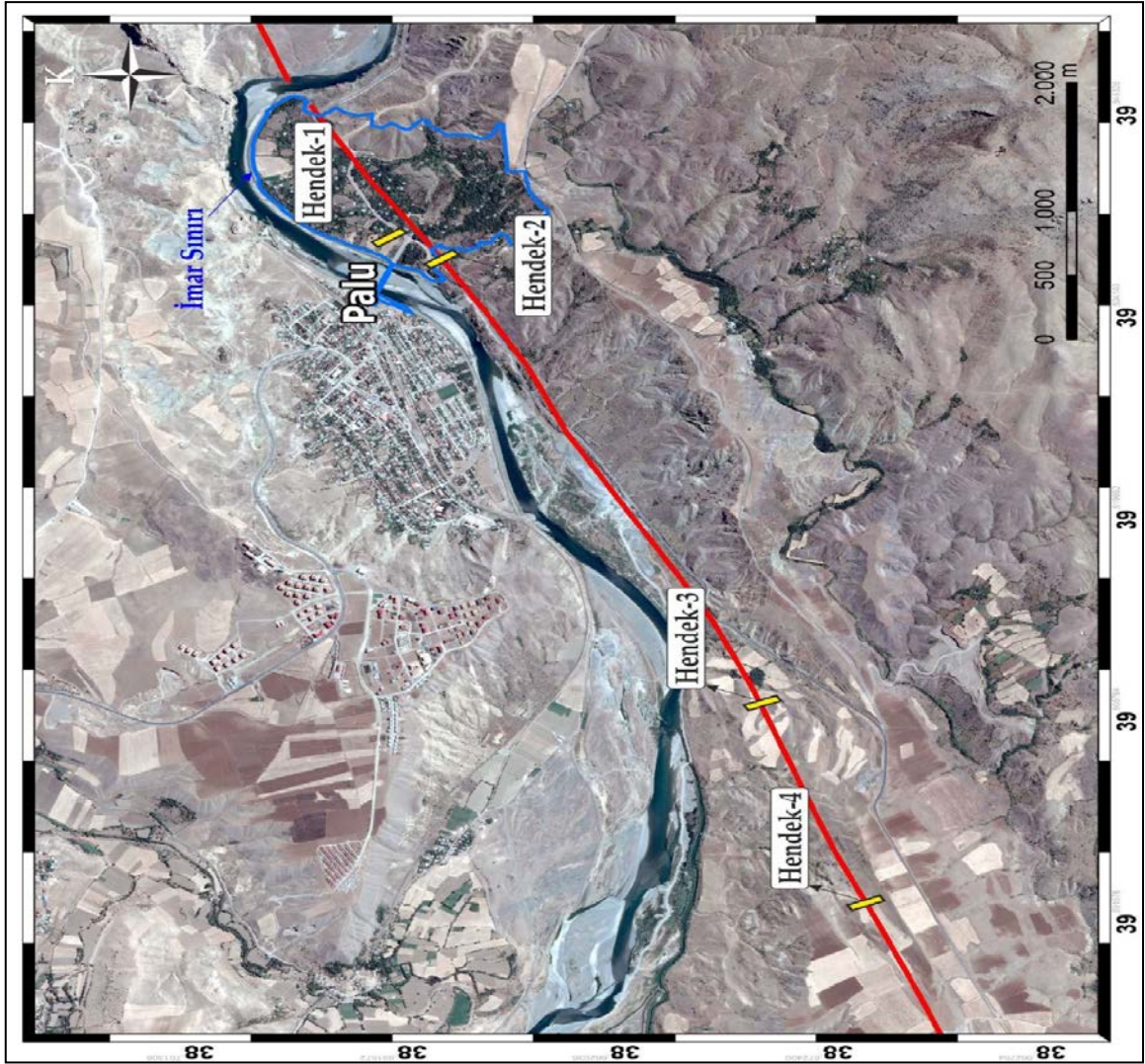
**Şekil 5.1** Palu yakın civarında Doğu Anadolu Fay Zonu Palu segmentinin genel geometrisi (yerbilimleri.mta.gov.tr’den düzenlenmiştir).

## 5.2. Fay Kazıları

Bu çalışma kapsamında Doğu Anadolu Fay Zonu’nun, Palu Segmentinin, Üçdeğirmenler-Karşibahçeler (Palu-Elazığ) arasından geçen Doğu Anadolu Fay Zonu, Palu segmentine hemen hemen dik yönde açılmış 4 adet paleosismolojik amaçlı hendek çalışması yapılmıştır. Açılan hendeklerin yeri Şekil 5.2; özet bilgiler ise Tablo 5.1’de verilmiştir.

**Tablo 5.1** Çalışma alanı içinde açılan hendeklere ait bilgiler.

Hendek Adı	Yeri	Koordinat (Hendek orta noktası)	Gidişi	Uzunluk (metre)	Loglanan Duvar ve Uzunluğu	Genişlik/ Derinlik
Palu 1	Palu Köprüsü 160 m. doğusu	38.691808 K 39.938990 D	K71B	28	GB/24	1.50/2.50
Palu 2	Palu Köprüsü 230 m. güneyi	38.689465 K 39.937406 D	K30B	28	KD/24	2.00/3.00
Palu 3	Palu- Alacakaya yolu kuzeyi	38.674924 K 39.906238 D	K50B	40	GB/38	1.60/2.60
Palu 4	Palu- Alacakaya yolu kuzeyi	38.670273 K 39.892206 D	K30B	32	GB/28	1.60/2.80



Şekil 5.2 Palu İlçesi Karşibahçeler-Üçdeğirmenler arasında açılan hendeklerin genel konumu.

### 5.2.1. Palu 1 Hendeği

Palu 1 Hendeği, Palu ilçesi Karşibahçeler Mahallesiinde açılan ilk hendektir. Fay kazısının yapıldığı alan Palu segmentinin geçtiği alanın yaklaşık 120 metre kuzeydoğusunda kalmaktadır. Hendek yeri Murat Nehri güneydoğusunda, Palu-Alacakaya-Beyhan yol ayrımınının yaklaşık 90 metre kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 5.2, 5.3, ve 5.4). Palu 1 hendeği, Murat Nehri üzerindeki köprünün ise yaklaşık 160 metre doğusunda düşmektedir. Bu hendek yeri Palu ilçesi Karşibahçeler Mahallesi sınırı içinde yer almakta olup, paleosismolojik hendek çalışması yapılan yerin yaklaşık 1000 m kuzeydoğusunda, Palu segmenti Murat Nehrini keserek daha kuzeydoğuya doğru devam etmektedir.

Palu 1 hendeğinin güneyinden geçen segment, kabaca K40-45D gidişlidir. Palu 1 hendeği bu segmentin gidişine bir miktar verev yönde, K71B gidişli açılmıştır. Palu 1 hendeğinin açıldığı alanda tümüyle Murat Nehrinin ince taneli alüvyal çökelleri izlenmektedir. Daha güneyinde kalan alanlarda ise Alt-Orta Eosen yaşlı volkanitler ve sedimanter kayalar izlenmektedir. Hendek yerinden Murat Nehrine doğru yaklaştıkça alüvyal malzemenin tane boyutu büyümekte ve kaba taneli çakıl ve blok boyutundaki malzemelere geçilmektedir. Fay kazısı Murat Nehrinin ince taneli alüvyal çökelleri içinde gerçekleştirilmiştir. Bölgede Kuvaterner yaşlı ve daha genç çökeller Murat Nehri yatağı dışında, daha çok güneybatıya doğru Murat Nehrinin Keban Baraj Gölüne bağlandığı alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir. Bu akarsu çökelleri fay kazısı/hendek çalışmasının yapıldığı alanlarda oldukça kalın bir şekilde gözlenmektedir.

Palu 1 hendeğinin bulunduğu yerin denizden yüksekliği 858 metre, hendeğin derinliği 2.50 metre ve genişliği 1.50 metre civarındadır. 28 metre uzunluğunda açılan hendeğin güneybatı duvarında 24 metrelik tek çizgi oluşturularak stratigrafik birimler 1/25 ölçeğinde loglanmıştır (Şekil 5.5). Palu 1 Hendeğinin genelinde gri renkli ince çakıllı, orta iri taneli kumlu, üste doğru koyu kahve renkli, kumlu, siltli ve killi seviye gözlenmektedir.





Şekil 5.3 Palu 1 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü.





Şekil 5.4 Palu 1 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar.



Şekil 5.5 Palu 1 Hendeğinin güneybatı duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.

### **5.2.1.1. Palu 1 Hendeği Güneybatı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği**

Palu 1 hendeğinin güneybatı duvarına ait logda (Şekil 5.8) görüleceği üzere, en üstte yer alan bitkisel toprak hariç, yamaçlardan taşınan malzemenin oluşturduğu ve çeşitli kırıntı boyuna sahip bir okel istifini temsil eden dört stratigrafik seviyeden oluşur (Şekil 5.6, 5.7 ve 5.8). Şekil 5.8'da "A" ile gösterilen ilk okel paketi 10 cm. kalınlığındaki koyu kahverenkli bitkisel toprak örtüdür. "A" okel paketinin altında koyu kahverenkli, kumlu, siltli, killi seviye yer almaktadır.

Palu 1 hendeği içerisinde tanımlanan stratigrafik okel paketlerini deforme eden fay görülmemiştir. Bu durum Palu 1 hendeğinin açıldığı yerde, hendekte tanımlanan okel paketlerinin oluşmaya başladığı zamandan itibaren yüzey kırığı yaratan bir deprem oluşmadığını işaret eder. Palu 1 hendeği çalışması sonrasında fayın daha güneyden geçtiği kanaatine varılmıŐtır.

Hendek içerisinde çakıllı ve kumlu, kırıntılı birimler yer almaktadır. En alt seviyede E birimi olarak gösterilen gri renkli, ince çakıllı, orta-iri taneli kumlu seviye yer alır. E birimi, hendeğin tabanında 30-55 cm. arasında bir kalınlıkta gözlenmektedir. Bu durum hendek derinliğinin farklılıklar göstermesinden dolayı ortaya çıkmıştır.

E seviyesini rten D okel paketi gri-kirli sarı renkli, siltli, kumlu seviyeden oluşmaktadır. Birimin kalınlığı ilk 11 metrede 30 cm. olup, 11. metreden itibaren kalınlaşarak, 11-16. metreler arasında 40 cm.lik kalınlığa ulaşmakta, 16. metreden sonra ise tekrar incelerek, 35 cm.lik bir kalınlığa düşmekte ve bu kalınlığını koruyarak log sonuna kadar devam etmektedir.

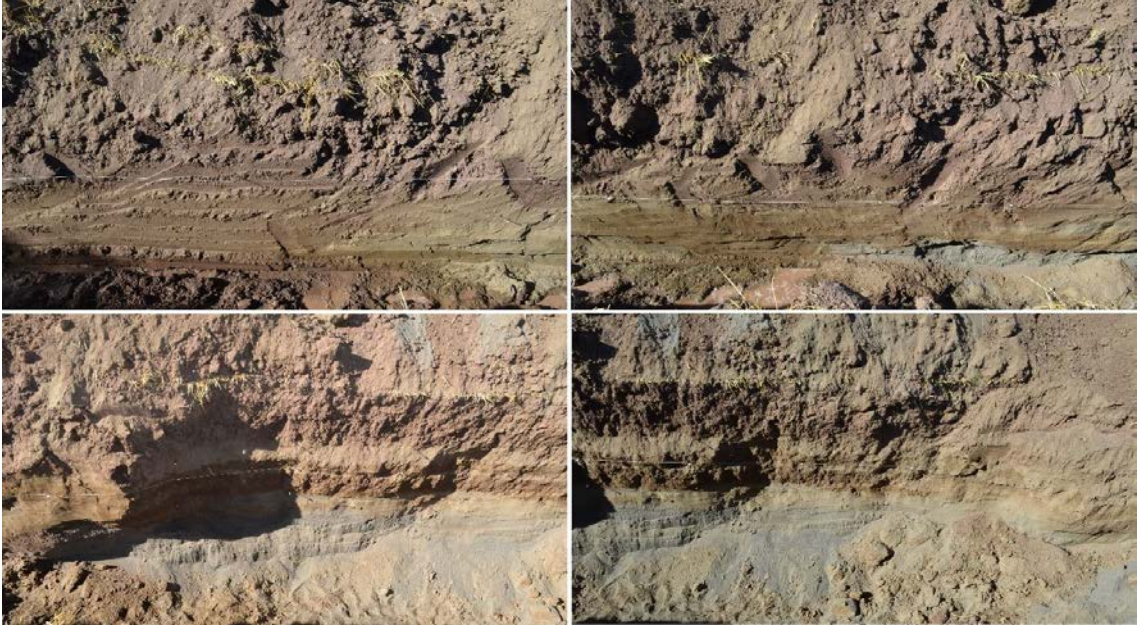
Gri-kirli sarı renkli D birimi üzerine gelen C birimi ise açık kahverenkli, kumlu, siltli seviyeden ibaret olup, logun ilk 4 metresinde 35 cm. kalınlığa sahiptir. Bu seviye 4. metreden itibaren kalınlaşarak, 4-14. metreler arasında 45 cm. bir kalınlığa ulaşmakta ve 14. metreden itibaren tekrar incelerek, 40 cm.lik bir kalınlıkla log sonuna kadar devam etmektedir.

Koyu kahverenkli, kumlu, siltli, killi okel paketi B birimi olarak adlandırılmıştır. Bu birim logun ilk 5 metresinde 45 cm. kalınlığa sahip olup, sonraki metrelerde ise kalınlaşarak, 5-17. metreler arasında 60 cm.lik bir kalınlığa ulaşmakta, 17. metreden sonra ise tekrar incelerek, 40 cm.lik bir kalınlıkla log sonuna kadar devam etmektedir.

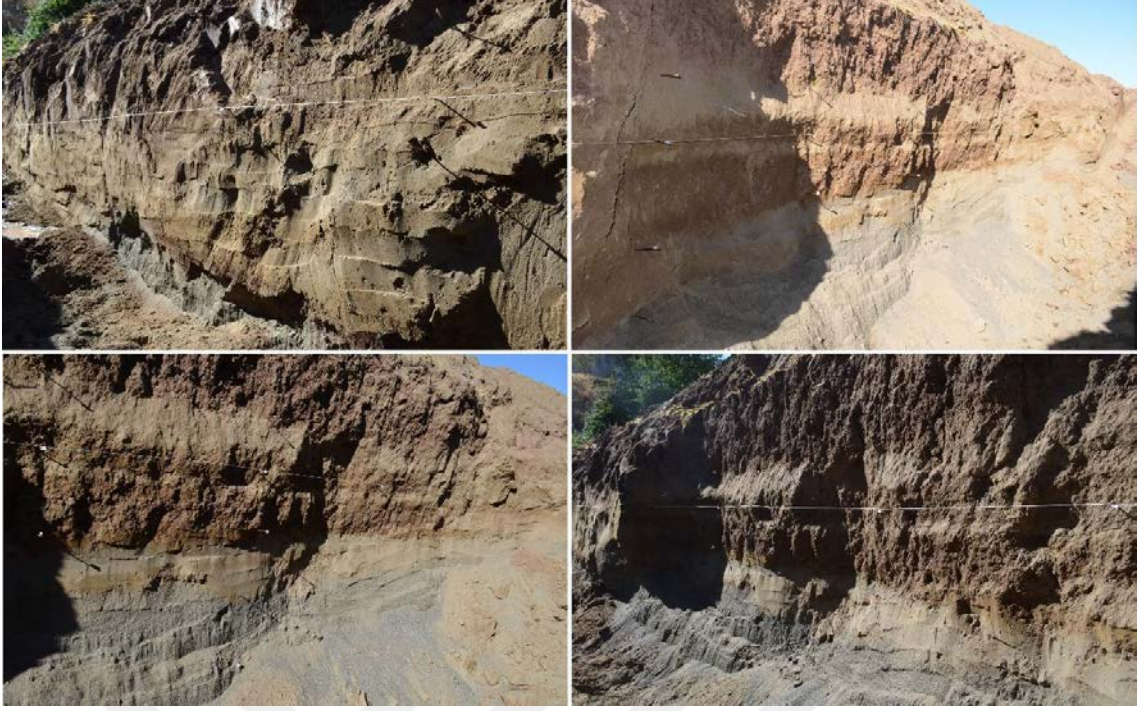


Hendeğin en üstünde ise 10 cm. kalınlığındaki A ile gösterilen koyu kahverenkli bitkisel toprak seviyesi yer alır.

Palu 1 hendeği içerisinde herhangi bir deprem aktivitesi ile ilgili fay izine rastlanmamıştır. Bu durum Palu 1 hendeğinin açıldığı yerde, hendekte tanımlanan çökel paketlerinin oluşmaya başladığı zamandan itibaren yüzey kırığı yaratan bir deprem oluşmadığını işaret eder. Ancak, rapor kapsamında yaşlandırma çalışmaları yapılmadığı için bu zaman dilimi hakkında kesin veri yoktur.



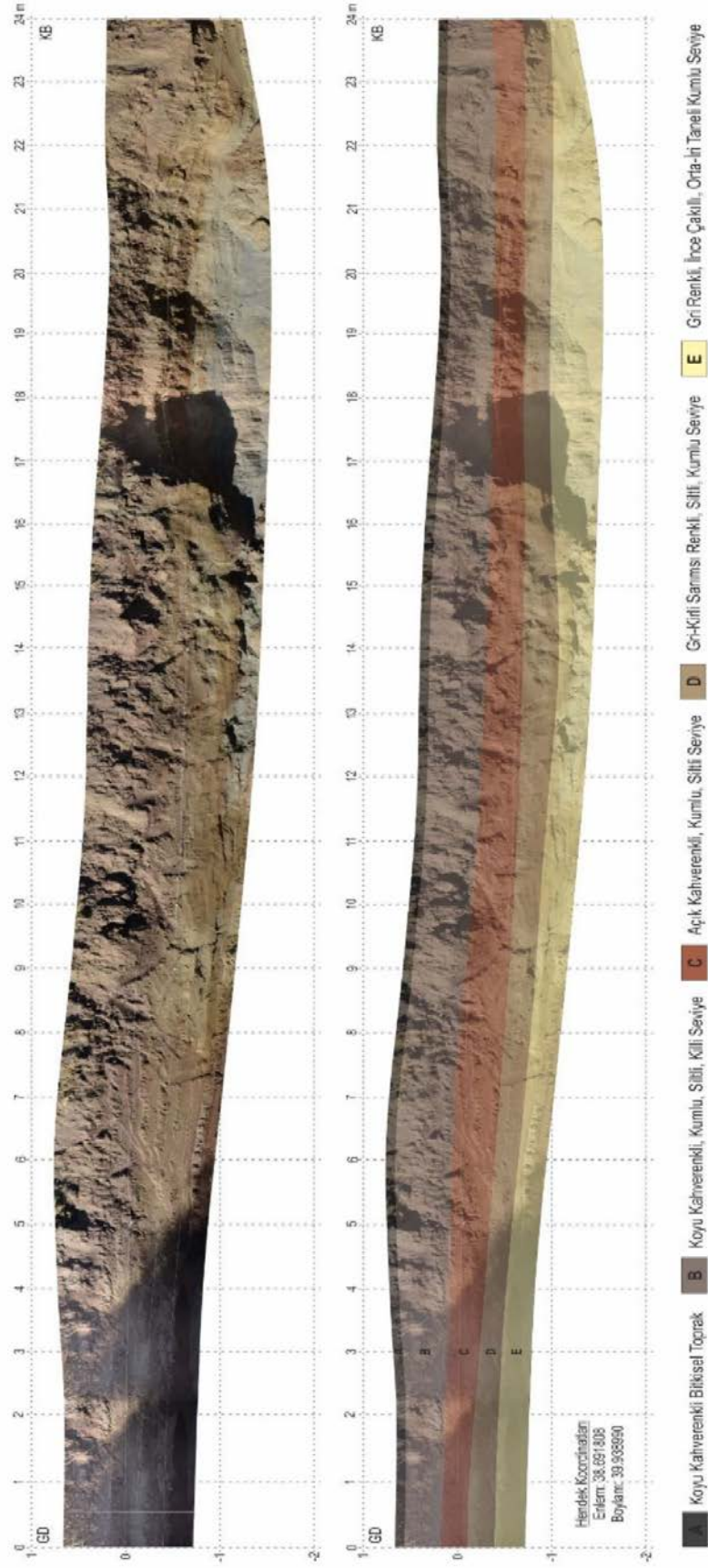
**Şekil 5.6** Palu 1 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.



**Şekil 5.7** Palu 1 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.



## PALU 1 HENDEĞİ, GÜNEYBATI DUVARI LOGU

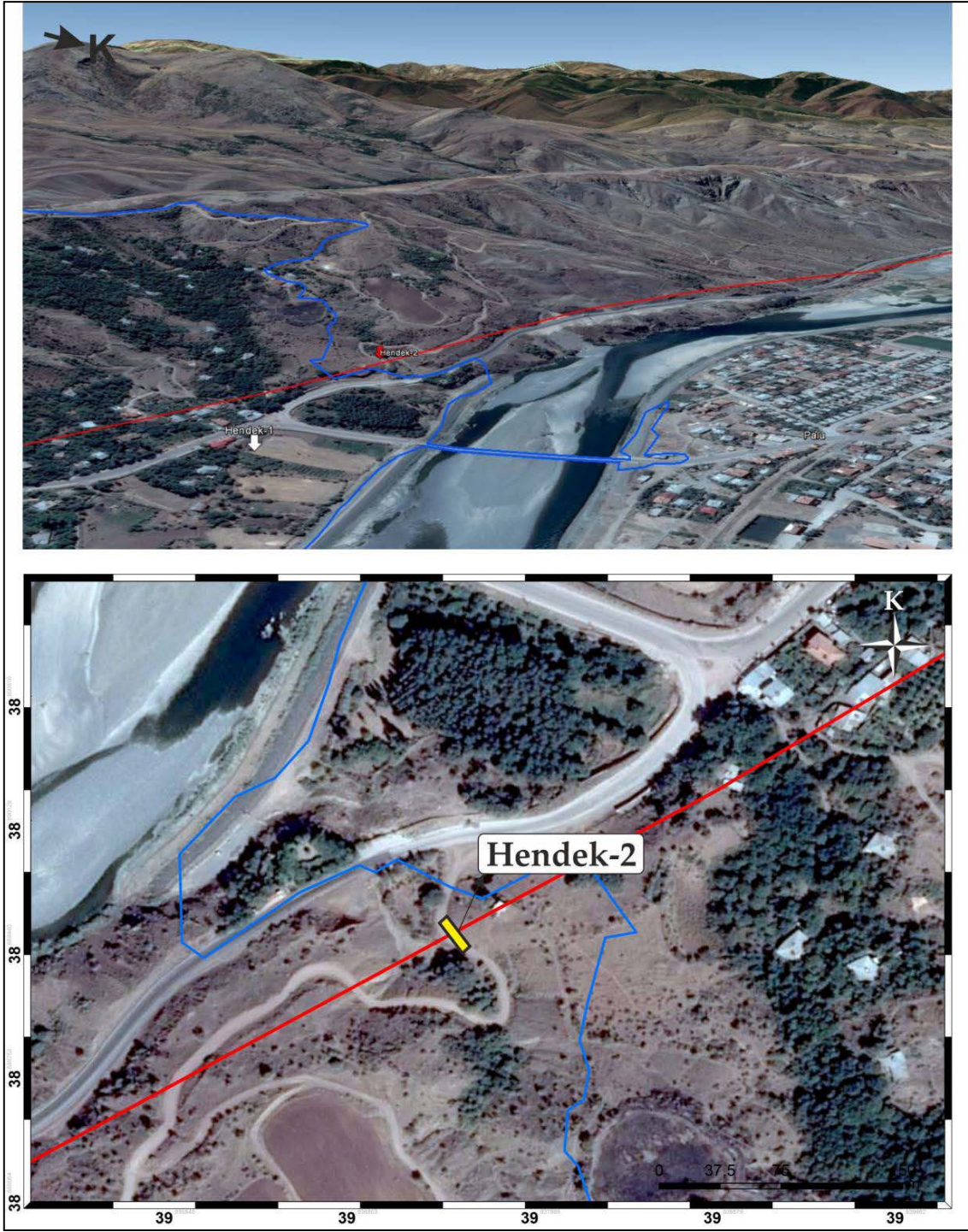


Şekil 5.8 Palu 1 Hendeğinin 0-24 metre arası güneybatı duvarına ait log.

### 5.2.2. Palu 2 Hendeği

Palu 2 Hendeği, Palu ilçesi Karşibahçeler Mahallesi sınırları içinde açılmıştır. Karşibahçeler Mahallesi sınırları içinde Palu segmentinin geçtiği alanda hendek açmaya uygun yerler çok sınırlıdır. Bölgenin tümüyle yaşlı kayalar içinde yer alması, yamaç eğimlerinin yüksek oluşu ve bölgenin tümüyle bahçelerden oluşması nedeniyle uygun hendek yeri saptanması güç olmuştur. Palu 2 hendeği de Murat Nehri üzerindeki köprüyü geçtikten hemen sonra Alacakaya yoluna bağlanan dere kenarındaki stabilize yola yakın bir alanda açılmıştır. Faya dik konumda olan bir doğal yarma kazılarak çalışma gerçekleştirilmiştir. Fay kazısının yapıldığı alanın kuzeydoğusundaki sırt üzerinde Palu segmenti belirgin morfoloji sunmaktadır. Hendek yeri Murat Nehri güneydoğusunda, Palu-Alacakaya-Beyhan yol ayrımının yaklaşık 200 metre güneybatısında yer almaktadır (Şekil 5.2., 5.9. ve 5.10). Palu 2 hendeği, Murat Nehri üzerindeki köprünün ise yaklaşık 230 metre güneyine düşmektedir. Bu hendek yeri Palu ilçesi Karşibahçeler Mahallesi sınırı içinde yer almakta olup, paleosismolojik hendek çalışması yapılan yerin güneybatısında, Palu segmenti Murat Nehri ve Palu-Alacakaya yoluna paralel bir şekilde daha güneybatıya doğru devam etmektedir. Palu 2 hendeğinin bulunduğu alandan geçen segment, kabaca K40-45D gidişlidir. Palu 2 hendeği bu segmentin gidişine kabaca dik yönde, K30B gidişli açılmıştır. Palu 2 hendeğinin açıldığı alanda Alt-Orta Eosen yaşlı volkanitler ve sedimanter kayalar ile olasılıkla Pliyo-Kuvaterner yaşlı kuzeybatıya doğru düşük eğimli, orta-iri çakıllı, kumlu, siltli malzemedен oluşan birimler izlenmektedir. Fay kazısı bu iki farklı yaş ve özellikteki birimlerin içinde gerçekleştirilmiştir. Bölgede Kuvaterner yaşlı ve daha genç çökeller Murat Nehri yatağı dışında, daha çok güneybatıya doğru Murat Nehrinin Keban Baraj Gölüne bağlandığı alanlarda yaygın olarak gözlenmektedir.

Palu 2 hendeğinin bulunduğu yerin denizden yüksekliği 877 metre, hendeğin derinliği 2.40 metre civarındadır. Doğal yarmanın yaklaşık 28 metrelik bölümü kazılıp, temizlenmiş ve kuzeydoğu duvarında 24 metrelik tek çizgi oluşturularak stratigrafik birimler 1/25 ölçeğinde loglanmıştır (Şekil 5.11). Palu 2 Hendeğinin güneydoğuda kalan bölümünde gri, bordo renkli, oldukça altere olmuş, ultramafik kayalar ile kuzeybatısında kahve, gri renkli, bloklu, orta-iri çakıllı, kumlu ve siltli seviyeler gözlenmektedir.



Şekil 5.9 Palu 2 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü.





Şekil 5.10 Palu 2 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar.



Şekil 5.11 Palu 2 Hendeğinin kuzeydoğu duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.



### 5.2.2.1. Palu 2 Hendeği Kuzeydoğu Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

Palu 2 hendeğinde, en üstte yer alan bitkisel toprak hariç, yamaçlardan taşınan malzemenin oluşturduğu ve yaşlı kayalardan oluşan birimleri temsil eden dört farklı seviye ayırt edilmiştir (Şekil 5.12, 5.13 ve 5.15).

Hendek duvarında F1 fayının kuzeybatısındaki bölgede yani 0 ile 18. metreler arasında, kazı duvarında alttan üste doğru sırasıyla, en altta hendek tabanına bağlı olarak değişik kalınlıklara sahip, gri-bordo renkli, oldukça altere olmuş, ultramafik kayalardan oluşan E birimi yer almaktadır. E birimi üzerine kahve-gri renkli, bloklu, orta-iri çakıllı seviyeden oluşan D birimi gelmektedir. D seviyesi, logun ilk 16 metresinde gözlenmektedir. Bu birim, hendeğin tabanında 60-105 cm. arasında bir kalınlıkta gözlenmektedir. Bu durum hendek derinliğinin farklılıklar göstermesinden dolayı ortaya çıkmıştır.

D birimi üzerinde 65 cm. kalınlığa sahip C birimi yer almaktadır. C birimi, kahverenkli olup, kumlu, siltli seviyeden oluşmaktadır. Bu seviye logun ilk 17 metresinde yer almaktadır.

F1 fayının güneydoğu bloğunda, kazı duvarında tabanda E birimi yer almaktadır. E birimi, gri-bordo renkli, oldukça altere olmuş, ultramafik kayalardan oluşmaktadır.

C ve E seviyeleri ile fayları örten B çökel paketi, koyu kahverenkli, seyrek çakıllı, kumlu seviyeden oluşmaktadır. Bu birimin kalınlığı ilk 11 metrede 95 cm. olup, 11. metreden itibaren incelerek, 11-18. metreler arasında 80 cm.lik kalınlığa düşmekte, 18. metreden sonra ise daha da incelerek, 45 cm.lik bir kalınlığa düşmekte ve bu kalınlığını koruyarak log sonuna kadar devam etmektedir. C ve E seviyeleri ile fayları örten B birimi, hendek içerisindeki olay seviyesidir. Hendeğin en üstünde ise, bu birimleri uyumsuz olarak örten 10 cm. kalınlığındaki A ile gösterilen koyu kahverenkli bitkisel toprak seviyesi yer almaktadır.

Palu 2 Hendeği içerisinde bir grup faylanma ile ilgili, bir olay tanımlanmıştır (Şekil 5.14). Bu F1, F2, F3 fayları üç kol halinde logun 17.8-20.3. metreleri arasında görülür. Bu kolların arasına farklı dolgu malzemeleri girmiştir. Bu fayların izlerinin yönelimleri F1:K57°D, 75° KB, F2:K30°D, 60° GD, F3:K32°D, 50° GD, olarak ölçülmüştür. Fay izi doğrultu atımlı sol yanal bir faylanma olup, normal bileşen karakteri göstermektedir.

Faylanma geniş bir zon boyunca farklı kollar halinde hendek tabanından B seviyesinin altına kadar çıkar. Bu fay zonunun üstünde yer alan B seviyesinin alt sınırında belirgin bir çökme görülmüştür. Fay, yaşlı birimleri keserek bu olayı örten B seviyesinin altına kadar çıkmaktadır.

F1 ve F3 fayları dikkate alındığında, Palu 2 hendeği üzerinde 17.8 metre ile 20.3. metre arasında toplam 2.5 metrelik yüzey faylanma zonu belirlenmiştir. Hendek içerisindeki olay seviyesinin yaşı hakkında, B biriminin oluşumu ile yaşlı kaya grubu arasında geçen uzun zaman ve rapor kapsamında yaşlandırma çalışmaları yapılmadığı için bu zaman dilimi hakkında kesin veri yoktur.

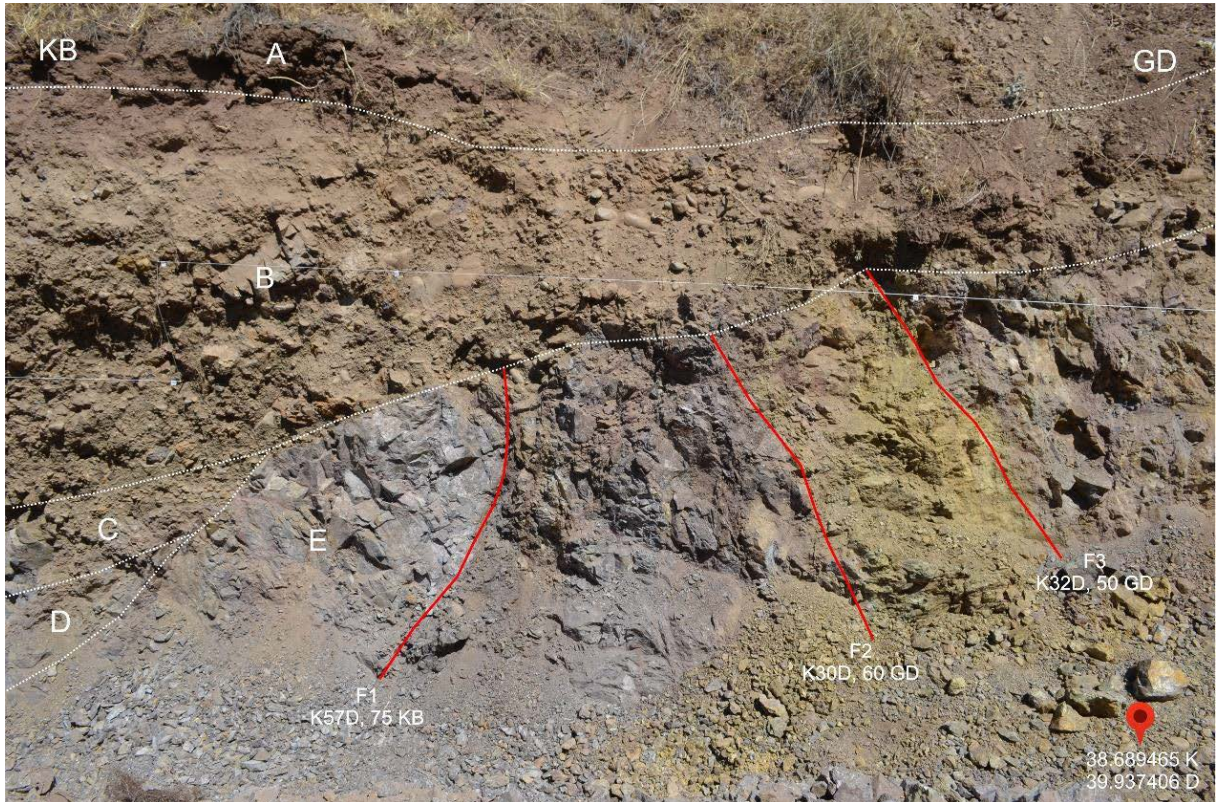


**Şekil 5.12** Palu 2 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.





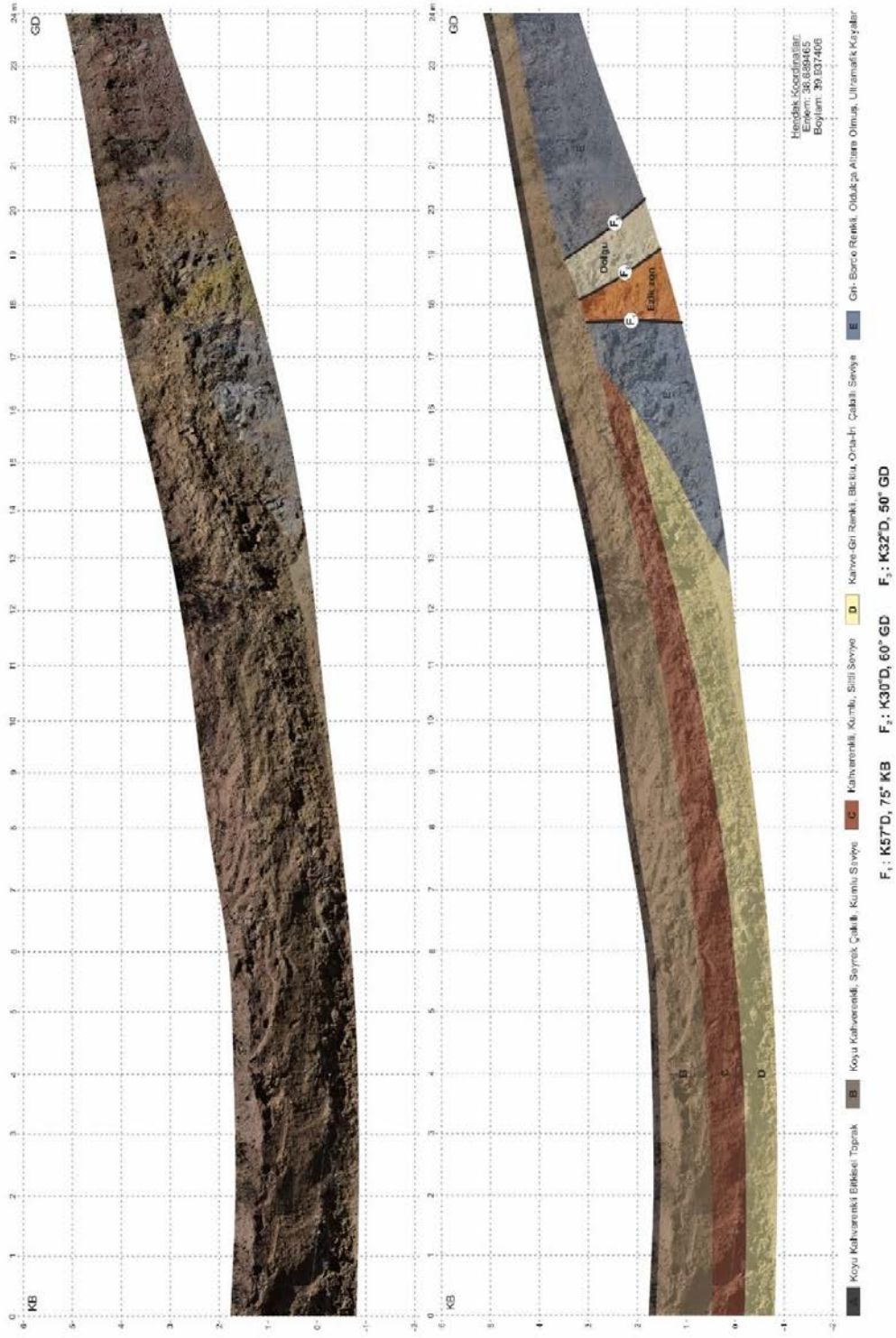
Şekil 5.13 Palu 2 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.



Şekil 5.14 Palu 2 Hendeği içindeki fayların genel görünümü.



PALU 2 HENDEĞİ, KUZEYDOĞU DUVARI LOGU

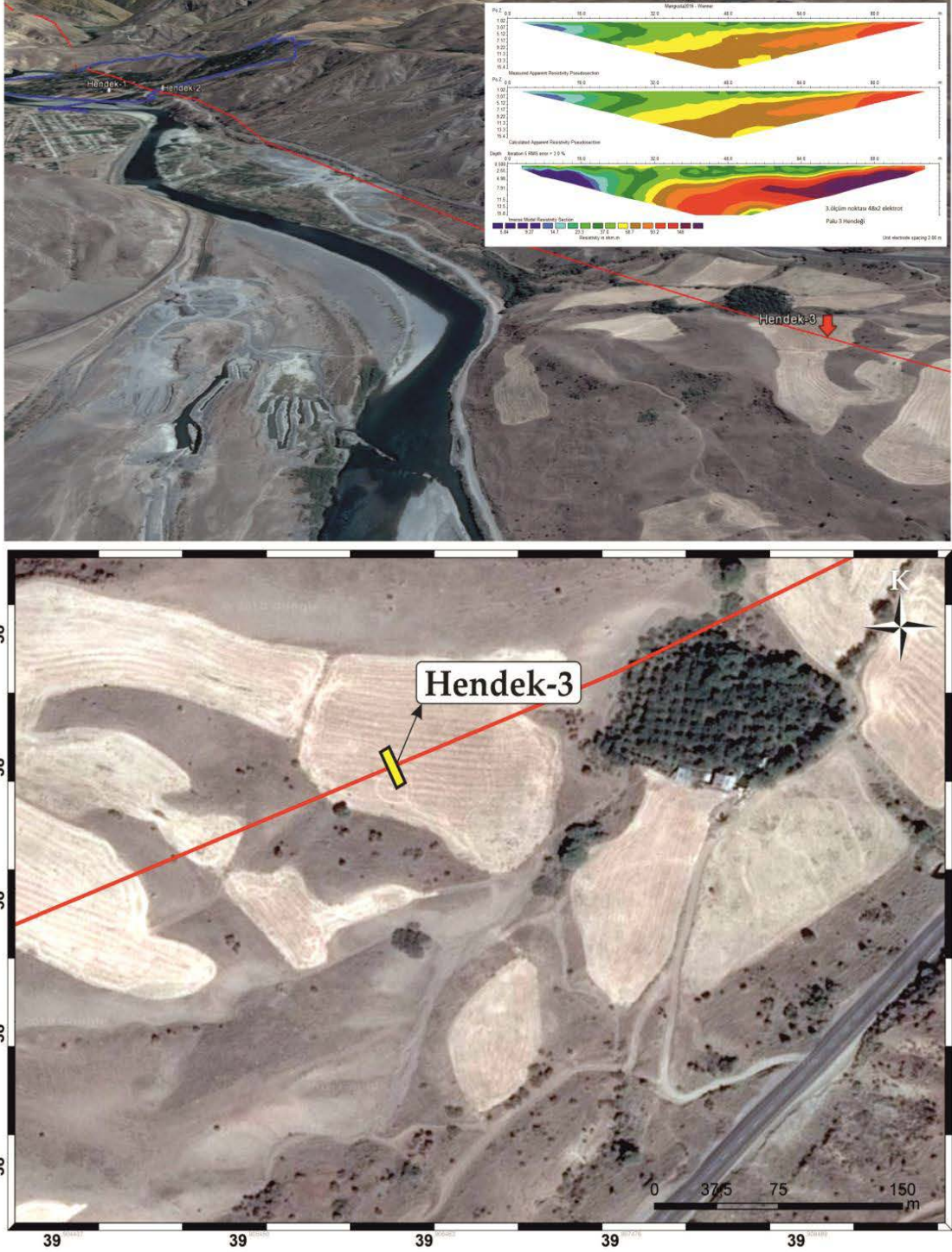


Şekil 5.15 Palu 2 Hendeğinin 0-24 metre arası kuzeydoğu duvarına ait log.

### 5.2.3. Palu 3 Hendeği

Palu 3 Hendeği, Palu ilçesi Karşibahçeler-Üçdeğirmenler mevkiinde açılmıştır. Palu segmentinin geçtiği alanda hendek açmaya uygun yerler çok sınırlıdır. Bununla birlikte daha güneybatıya doğru devam eden Palu segmenti üzerinde belirgin morfotektonik yapılar gelişmiş olup, hendek açmaya uygun noktalar bulunmaktadır. Palu 3 hendeği Palu segmentinin üzerinde, Karşibahçeler mahallesi sınırının yaklaşık 3200 metre dışında açılmıştır (Şekil 5.2, 5.16 ve 5.17). Hendek açılmadan önce ERT ve yer radarı ölçümleri de yapılmıştır. Özellikle ERT ölçümlerinde hendek içinde belirgin anomali gözlenmektedir (Şekil 5.16). Hendek yerinin yaklaşık 400 metre kuzeyinden Murat Nehri, 250 metre güneydoğusundan ise Palu-Alacakaya yolu geçmektedir. Fay kazısının yapıldığı alanın güneybatısındaki iki sırtın arasında Palu segmenti belirgin morfoloji sunmaktadır. Daha kuzeydoğuya doğru gidildikçe de benzer yapılar gözlenmektedir. Hendek yeri 150 metre doğusunda bir çiftlik evi bulunmakta olup, buraya stabilize bir yol üzerinden ulaşılmaktadır. Palu 3 hendeğinin yaklaşık 3250 metre kuzeydoğusunda Palu 2, 1400 metre güneybatısında ise Palu 4 hendeği yer alır. Bu hendek yerinin bulunduğu alanda kalın bir Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel bulunmaktadır. Palu 3 hendeğinin bulunduğu alandan geçen segment, kabaca K40-45D gidişlidir. Palu 3 hendeği bu segmentin gidişine dik yönde, K50B gidişli açılmıştır. Palu 3 hendeğinin açıldığı alanda Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal çökeller ile bunların üzerinde kalın bir yamaç moluzu türü çökeller izlenmektedir. Fay kazısı bu yamaç moluzu türü çökeller içinde gerçekleştirilmiştir. Bu Pliyo-Kuvaterner yaşlı ve daha genç çökeller Murat Nehri yatağı dışında, daha çok güneybatıya doğru Murat Nehrinin Keban Baraj Gölüne bağlandığı alanlara kadar yaygın olarak gözlenmektedir.

Palu 3 hendeğinin bulunduğu yerin denizden yüksekliği 904 metre, hendeğin derinliği 2.60 metre, genişliği 1.60 metre civarındadır. 40 metre uzunluğunda açılan hendeğin güneybatı duvarında 38 metrelik tek çizgi oluşturularak stratigrafik birimler 1/25 ölçeğinde loglanmıştır (Şekil 5.18). Palu 3 Hendeğinin genelinde koyu kahve renkli, siltli, killi, kahve-grimsi renkli bloklu, mercek şeklinde orta-iri çakıllı seviye ile koyu kahve renkli, kumlu, siltli, killi seviyeler gözlenmektedir.



**Şekil 5.16** Palu 3 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü. Sağ üst köşede ise hendek yerinden alınan ERT (elektrik iletkenlik tomografi) profili bulunmaktadır.





Şekil 5.17 Palu 3 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar.



Şekil 5.18 Palu 3 Hendeğinin güneybatı duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.

### 5.2.3.1. Palu 3 Hendeği Güneybatı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

Palu 3 hendeğinin güneybatı duvarına ait logda (Şekil 5.21) görüleceği üzere, en üstte yer alan bitkisel toprak hariç, yamaçlardan taşınan malzemenin oluşturduğu ve çeşitli kırıntı boyuna sahip bir çökel istifini temsil eden dört stratigrafik seviyeden oluşur (Şekil 5.19, 5.20 ve 5.21). Şekil 5.21'de "A" ile gösterilen ilk çökel paketi 10 cm. kalınlığındaki koyu kahverenkli bitkisel toprak örtüdür. "A" çökel paketinin altında koyu kahverenkli, kumlu, siltli, killi seviye yer almaktadır.

Palu 3 hendeği içerisinde tanımlanan stratigrafik çökel paketlerini deforme eden fay görülmemiştir.

Hendek içerisinde çakıllı ve kumlu, kırıntılı birimler yer almaktadır. En alt seviyede E birimi olarak gösterilen koyu kahverenkli, siltli, killi seviye yer alır. E birimi, hendeğin tabanında 85-105 cm. arasında bir kalınlıkta gözlenmektedir. Bu durum hendek derinliğinin farklılıklar göstermesinden dolayı ortaya çıkmıştır.

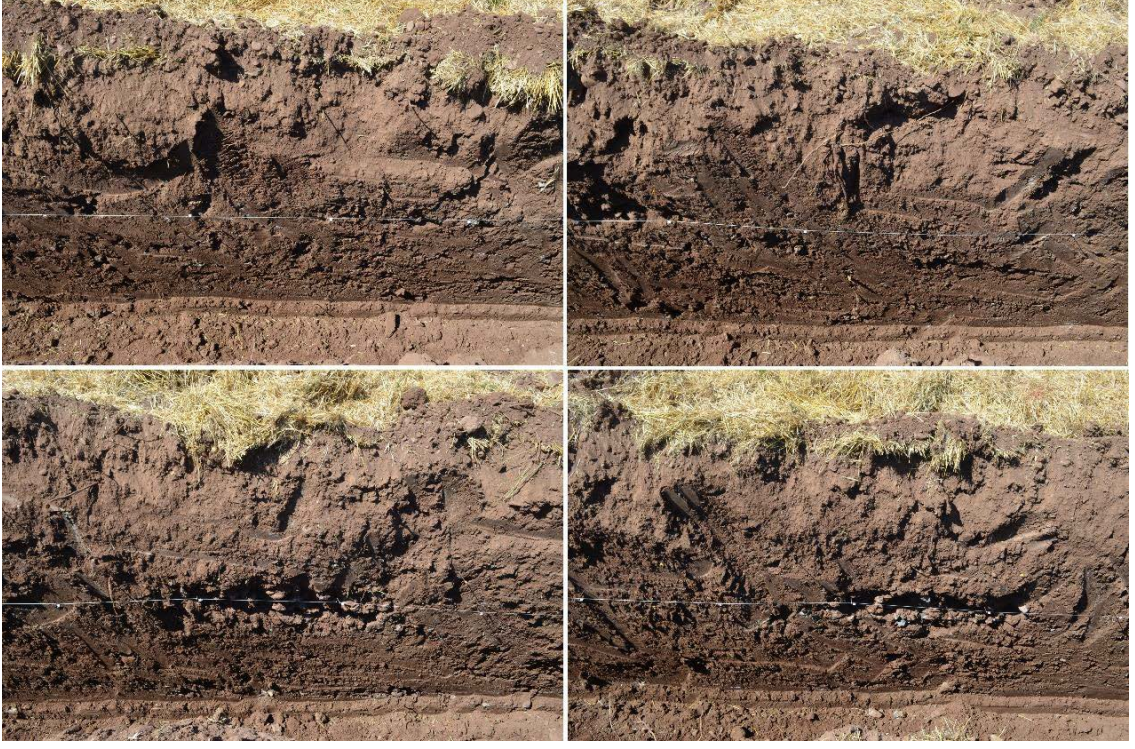
E seviyesini örten D çökel paketi kahverenkli, kumlu, siltli seviyeden oluşmaktadır. Birimin kalınlığı ilk 8 metrede 75 cm. olup, 8. metreden itibaren incelerek, 8-27. metreler arasında 60 cm.lik kalınlığa düşmekte, 27. metreden sonra ise daha da incelerek, 55 cm.lik bir kalınlığa düşmekte ve bu kalınlığını koruyarak log sonuna kadar devam etmektedir.

Kahverenkli renkli D birimi üzerine gelen C birimi ise kahve-grimsi renkli, bloklu, mercek şeklinde, orta-iri çakıllı seviyeden oluşmaktadır. C seviyesi logun, 16.0-17.2, 23.2-25.8, 30.5-32.4 ve 36.2-37.8. metreleri arasında dört adet çakıl merceğinden oluşmaktadır.

Koyu kahverenkli, kumlu, siltli, killi çökel paketi B birimi olarak adlandırılmıştır. Bu birim logun ilk 6 metresinde 60 cm. kalınlığa sahip olup, sonraki metrelerde ise kalınlaşarak, 6-20. metreler arasında 70 cm.lik bir kalınlığa ulaşmakta, 20. metreden sonra ise daha da kalınlaşarak, 85 cm.lik bir kalınlıkla log sonuna kadar devam etmektedir. Hendeğin en üstünde ise 10 cm. kalınlığındaki A ile gösterilen koyu kahve renkli bitkisel toprak seviyesi yer alır.



Palu 3 hendeği içerisinde herhangi bir deprem aktivitesi ile ilgili fay izine rastlanmamıştır. Bu durum, Palu 3 hendeğinin açıldığı yerde, hendekte tanımlanan çökel paketlerinin oluşmaya başladığı zamandan itibaren yüzey kırığı yaratan bir deprem oluşmadığını işaret eder. Ancak, rapor kapsamında yaşlandırma çalışmaları yapılmadığı için bu zaman dilimi hakkında kesin veri yoktur.



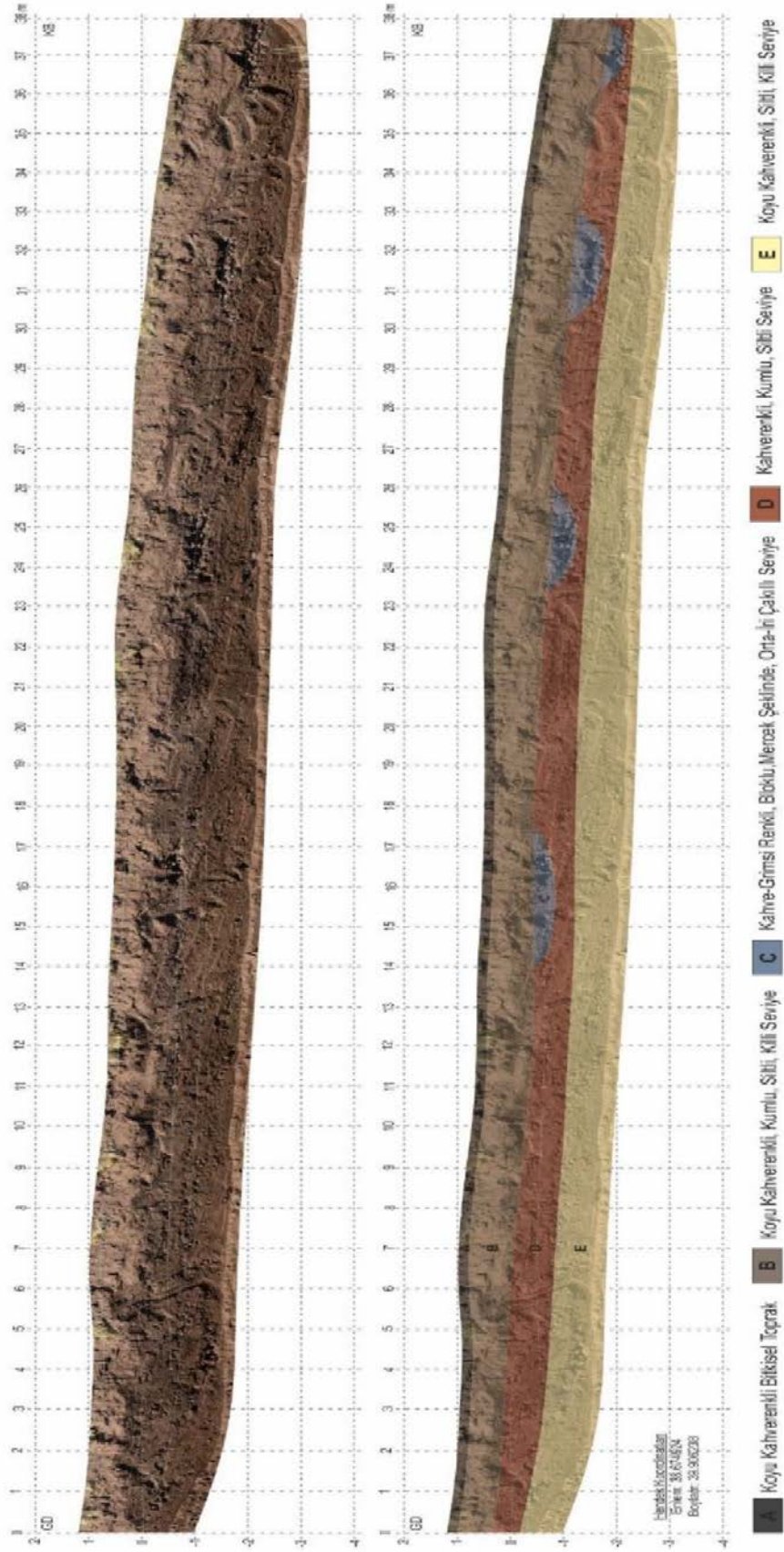
**şekil 5.19** Palu 3 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.





**Şekil 5.20** Palu 3 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.

### PALU 3 HENDEĞİ, GÜNEYBATI DUVARI LOGU



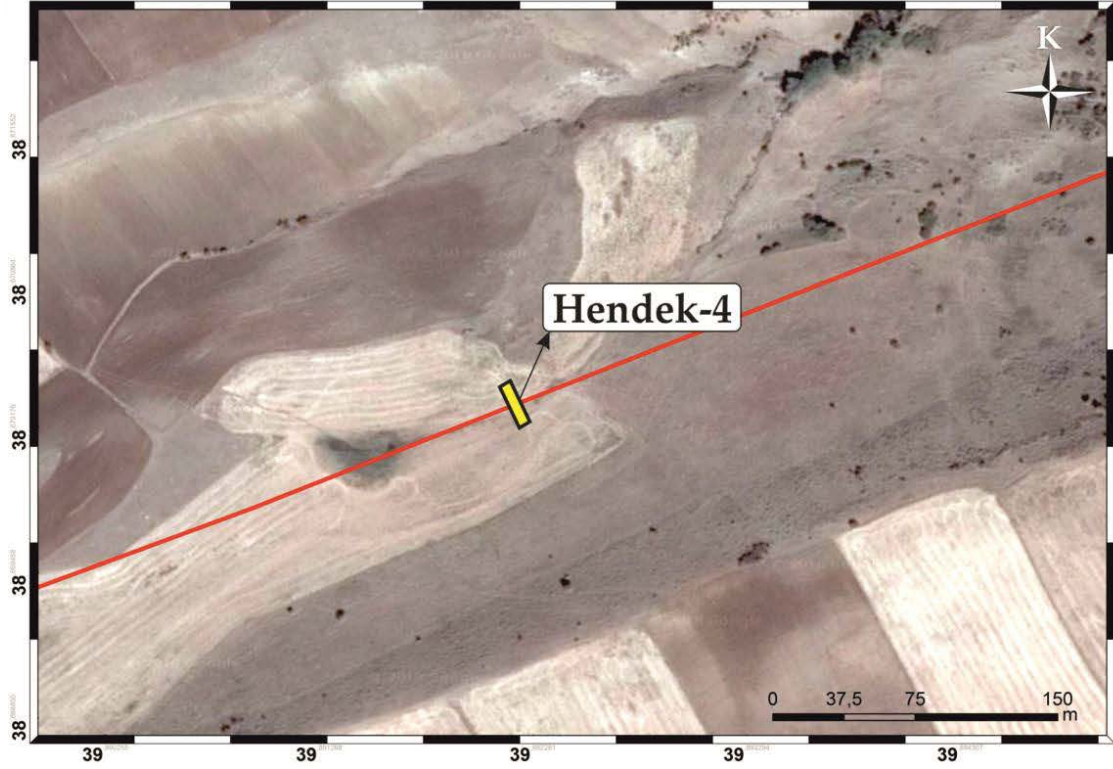
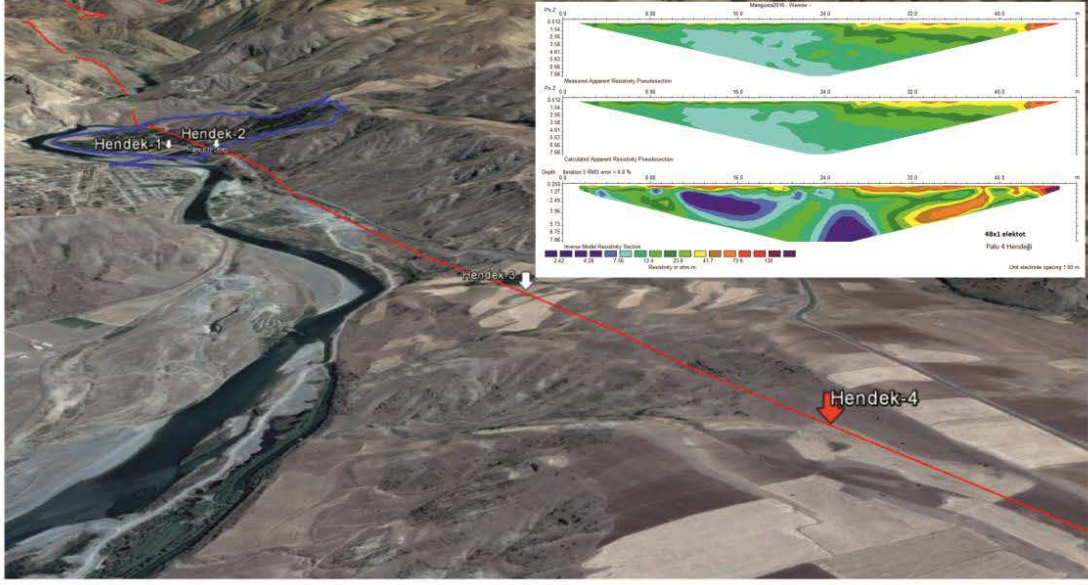
Şekil 5.21 Palu 3 Hendeğinin 0-38 metre arası güneybatı duvarına ait log.

#### 5.2.4. Palu 4 Hendeği

Palu 4 Hendeği, Palu ilçesi Karşıbahçeler Mahallesi sınırları dışında açılan ikinci hendeftir. Palu segmentinin geçtiği alanda hendek açmaya uygun yerler çok sınırlıdır. Bununla birlikte daha güneybatıya doğru devam eden Palu segmenti üzerinde belirgin morfolojik yapılar gelişmiş olup, hendek açmaya uygun noktalar bulunmaktadır. Palu 4 hendeği Palu segmentinin üzerinde, Karşıbahçeler mahallesi sınırının yaklaşık 4600 metre güneybatı dışında açılmıştır (Şekil 5.2, 5.22 ve 5.23). Hendek açılmadan önce ERT ve yer radarı ölçümleri de yapılmıştır (Şekil 5.22). Hendek yerinin yaklaşık 1200 metre kuzeyinden Murat Nehri, 250 metre güneydoğusundan ise Palu-Alacakaya yolu geçmektedir. Fay kazısının yapıldığı alanın yakınında Palu segmenti üzerinde küçük ölçekli bir belverme bölcüğü (sag pond) türü morfolojik yapı belirgin şekilde izlenmektedir. Hendek içerisinde gözlenen faylanmalar dikkate alındığında bu yapının tamamen fay kontrollü geliştiği söylenebilir. Palu 4 hendeğinin yaklaşık 1400 metre kuzeydoğusunda Palu 3, 4700 metre kuzeydoğusunda ise Palu 2 hendeği yer alır. Bu hendek yerinin bulunduğu alanda kalın bir Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökel bulunmaktadır. Palu 4 hendeğinin bulunduğu alandan geçen segment, kabaca K40-45D gidişlidir. Palu 4 hendeği bu segmentin gidişine kabaca dik yönde, K30B gidişli açılmıştır. Palu 4 hendeğinin açıldığı alanda Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal çökeller ile bunların üzerinde kalın bir yamaç moluzu türü çökeller izlenmektedir. Fay kazısı bu yamaç moluzu türü çökeller içinde gerçekleştirilmiştir. Pliyo-Kuvaterner yaşlı ve daha genç çökeller Murat Nehri yatağı dışında, daha çok güneybatıya doğru Murat Nehrinin Keban Baraj Gölüne bağlandığı alanlara kadar yaygın olarak gözlenmektedir.

Palu 4 hendeğinin bulunduğu yerin denizden yüksekliği 1002 metre, hendeğin derinliği 2.80 metre, genişliği 1.60 metre civarındadır. 32 metre uzunluğunda açılan hendeğin güneybatı duvarında 28 metrelik tek çizgi oluşturularak stratigrafik birimler 1/25 ölçeğinde loglanmıştır (Şekil 5.24). Palu 4 Hendeğinin genelinde koyu kahve renkli, kalış içeren seyrek çakıllı, kumlu, killi, siltli seviyeler gözlenmektedir.



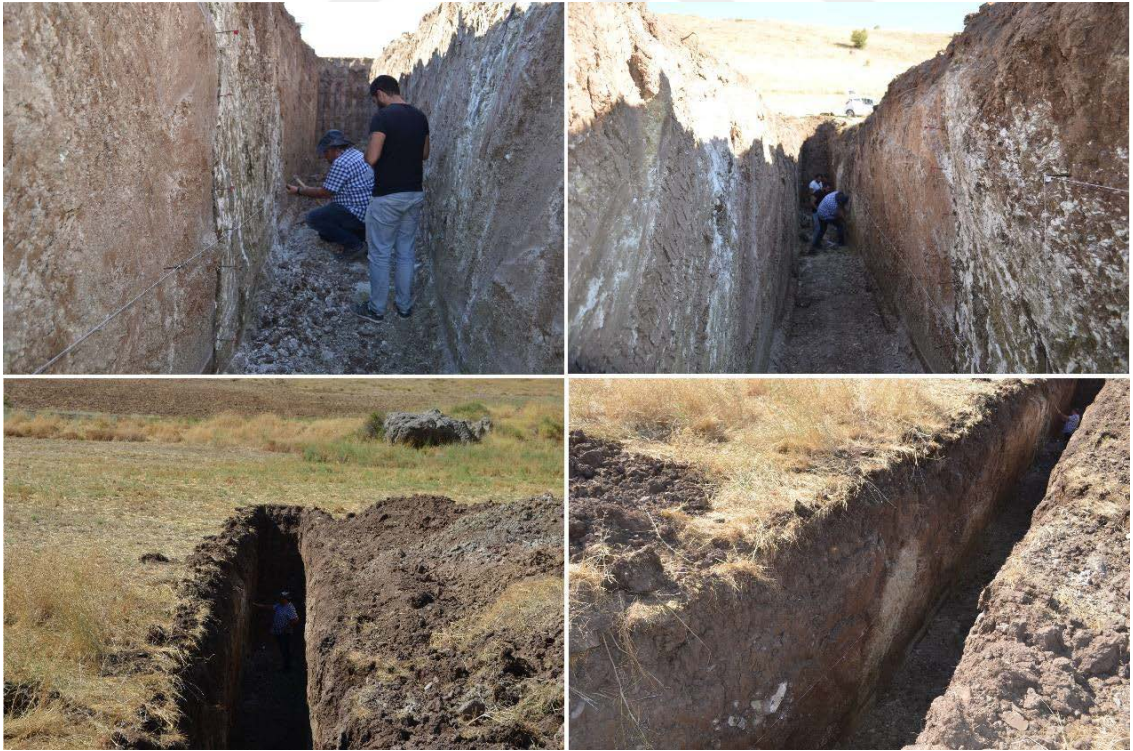


Şekil 5.22 Palu 4 Hendeğinin yerini gösterir Google Earth eğik uydu görüntüsü. Sağ üst köşede ise hendek yerinden alınan ERT (elektrik iletkenlik tomografi) profili bulunmaktadır.





Şekil 5.23 Palu 4 Hendeğinin açılması sırasında alınmış fotoğraflar.



Şekil 5.24 Palu 4 Hendeğinin güneybatı duvarında yapılan temizlik ve loglama çalışmasından görüntüler.

#### 5.2.4.1. Palu 4 Hendeği Güneybatı Duvarının Stratigrafisi ve Tektoniği

Palu 4 hendeğinde, en üstte yer alan bitkisel toprak hariç, yamaçlardan taşınan malzemenin oluşturduğu ve çeşitli kırıntı boyuna sahip bir çökel istifini temsil eden üç farklı seviye ayırt edilmiştir (Şekil 5.25, 5.26 ve 5.32).

Hendek duvarında F1 fayı ile F3 fayı arasındaki bölgede yani 7 ile 19. metreler arasında, D nolu seviye olarak simgelenen koyu kahverenkli killi seviye, istifin tabanında yer alır. D birimi, hendeğin tabanında 80-105 cm. arasında bir kalınlıkta gözlenmektedir. Bu durum hendek derinliğinin farklılıklar göstermesinden dolayı ortaya çıkmıştır.

Koyu kahverenkli D birimi üzerine gelen C birimi ise kahverenkli, kili içeren, siltli, killi seviyeden ibaret olup, logun ilk 7 metresinde 165 cm. kalınlığa sahiptir. Bu seviye 7. metreden itibaren incelerek, 7-19. metreler arasında 45 cm. bir kalınlığa düşmekte ve 19. metrede F3 fayı tarafından kesilerek sonlanmaktadır. D seviyesini ve F2 fayını örten C birimi, hendek içerisindeki en eski olay seviyesidir.

C seviyesi üzerinde, logun ilk 6 metresinde 65 cm. kalınlığa sahip, koyu kahverenkli, seyrek çakıllı, kumlu, killi, siltli seviye B birimi olarak gelir. B birimi, 6. metreden itibaren incelerek, 6-14. metreler arasında 50 cm.lik kalınlığa düşmekte, 14. metreden sonra ise tekrar kalınlaşarak, 14-19. metreler arasında 75 cm.lik bir kalınlığa ulaşmaktadır. B seviyesi 18. ile 21. metre arasında F3 fayı tarafından kesilmiş ve fayın kuzeybatı bloğunda logun tabanından tavanına kadar gözlenmektedir. C seviyesini ve F1 fayını örten B birimi, hendek içerisindeki ikinci olay seviyesidir.

En üstte ise, en genç fay olan F3 fayını ve B seviyesini örten A seviyesi yer almaktadır. A seviyesi koyu kahve renkli bitkisel toprak seviyesinden oluşmaktadır.

Palu 4 hendeği güneybatı duvarında üç deprem olayı ile ilgili, F1a, b; F2a, b ve F3a, b faylarıyla ilişkili üç zon tanımlanmıştır. Palu 4 Hendeği içerisinde en yaşlı faylanma logda F2 olarak gösterilmiştir. F2a: K62°D, 52° GD, F2b: K64°D, 50° GD durumlu olan F2 fayları doğrultu atımlı sol yanal fay karakterlidir. Palu 4 hendeğindeki F2 faylanma olayı hendeğin 10.9 ile 14. metreleri arasında görülür (Şekil 5.28). Fay izi 3.1 metrelik bir zon içerisinde gözlenmiştir. İki koldan oluşan bu fay zonu içerisinde sarımsı-gri renkte dolgu malzemesi bulunur. Bu fayın üzerini örten C çökel paketi ise faylanmayı örten logdaki en yaşlı olay seviyesidir.



Palu 4 Hendeği içerisinde ikinci yaşlı faylanma logda F1 olarak gösterilmiştir. F1a: K60°D, 64° GD ve F1b: K80°D, 60° GD durumlu olan F1 fayları doğrultu atımlı sol yanal fay karakterlidir. Palu 4 hendeğindeki F1 faylanma olayı hendeğin 6.5 ile 8.7 metreleri arasında görülür (Şekil 5.27). Fay izi 2.2 metrelik bir zon içerisinde gözlenmiştir. İki koldan oluşan bu fay zonu içerisinde sarımsı-kahve renkte dolgu malzemesi bulunur. Bu fayın üzerini örten B çökel paketi ise faylanmayı örten logdaki ikinci yaşlı olay seviyesidir.

Hendek içerisindeki üçüncü ve en genç faylanma logda F3 olarak gösterilmiştir. F3a: K48°D, 80° KB ve F3b: K26°D, 65° GD durumlu olan F3 fayları doğrultu atımlı sol yanal fay karakterlidir ve hendeğin 18.5 ile 21.1. metreleri arasında görülür (Şekil 5.29, 5.30 ve 5.31). İki koldan oluşan bu fay zonu içerisinde sarımsı-kahve renkte yüzey kırığı dolgusu görülmektedir (Şekil 5.29). Fay izi 2.6 metrelik bir zon içerisinde gözlenmiştir. F3 fayları güncel toprak seviyesinin altına kadar çıkarak 1789 depremi yüzey faylanmasına karşılık geldiği düşünülmektedir. Bu olay seviyesini koyu kahverenkli bitkisel toprak seviyesi örtmektedir.

F1 ve F3 fayları dikkate alındığında, Palu 4 Hendeği üzerinde 6.5. metre ile 21.1 metre arasında toplam 14.6 metrelik yüzey faylanma zonu belirlenmiştir.

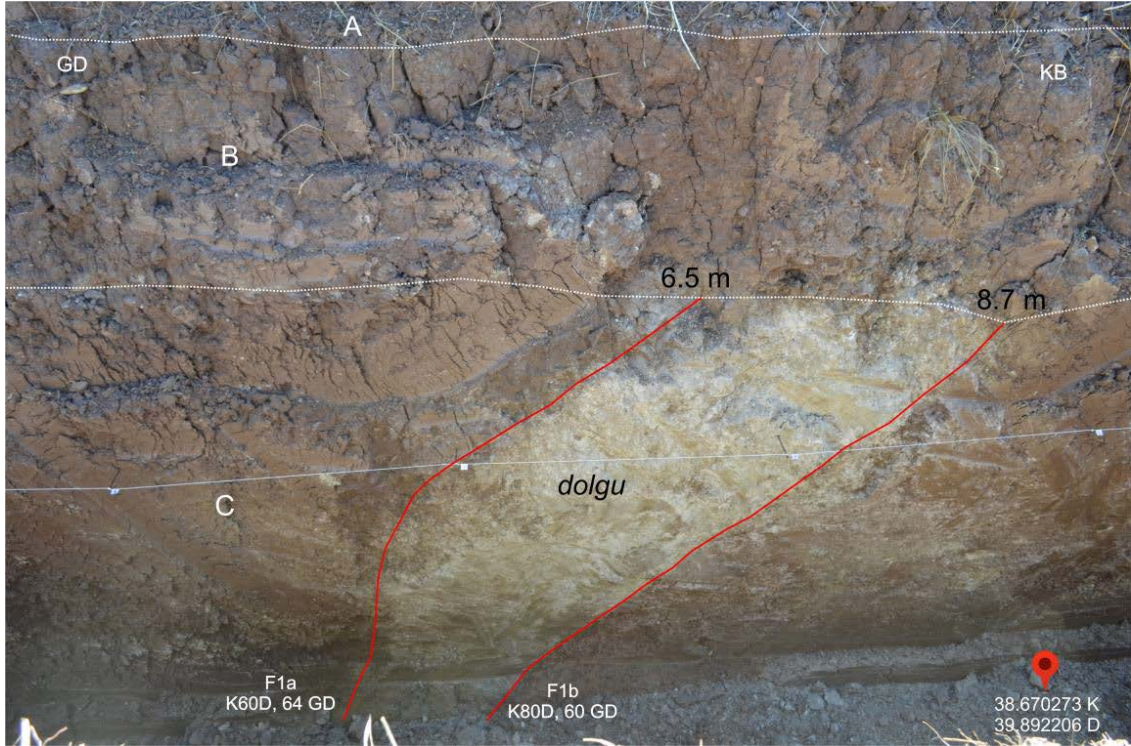


**Şekil 5.25** Palu 4 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.



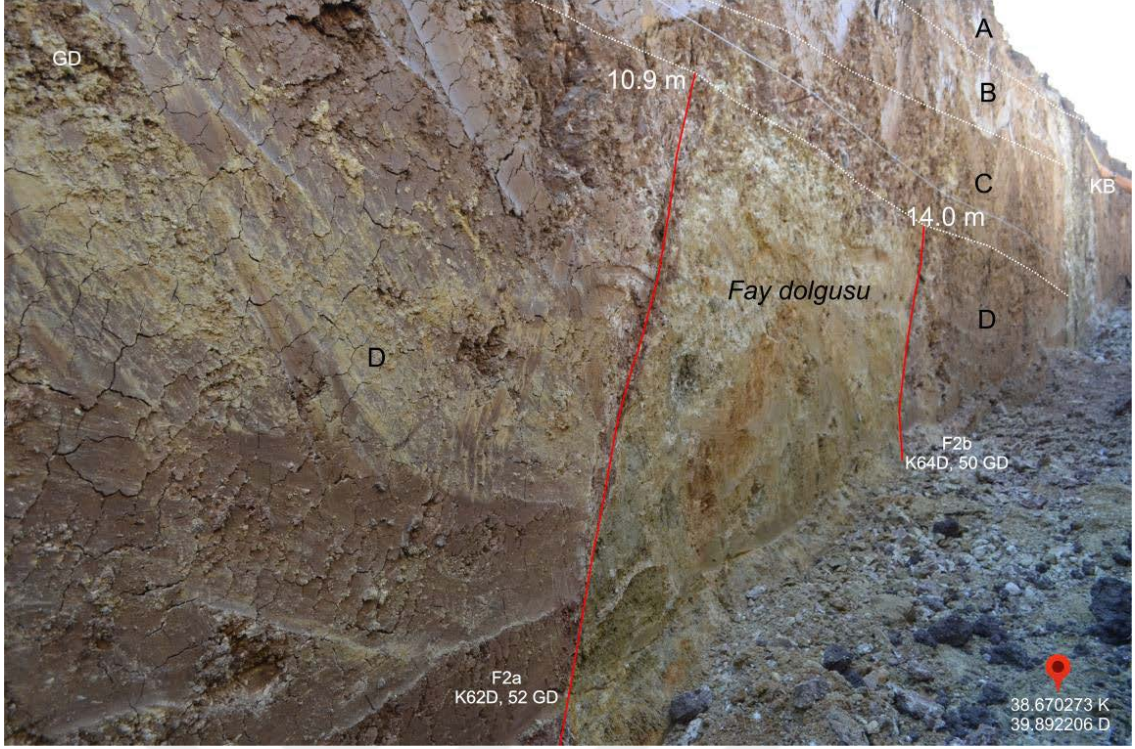


**Şekil 5.26** Palu 4 Hendeğinin stratigrafisini gösterir fotoğraflar.



**Şekil 5.27** Palu 4 Hendeğinde gözlenen F1a ve F1b faylarını gösterir fotoğraf. Stratigrafik seviyeler için Şekil 5.32'deki loga bakınız.



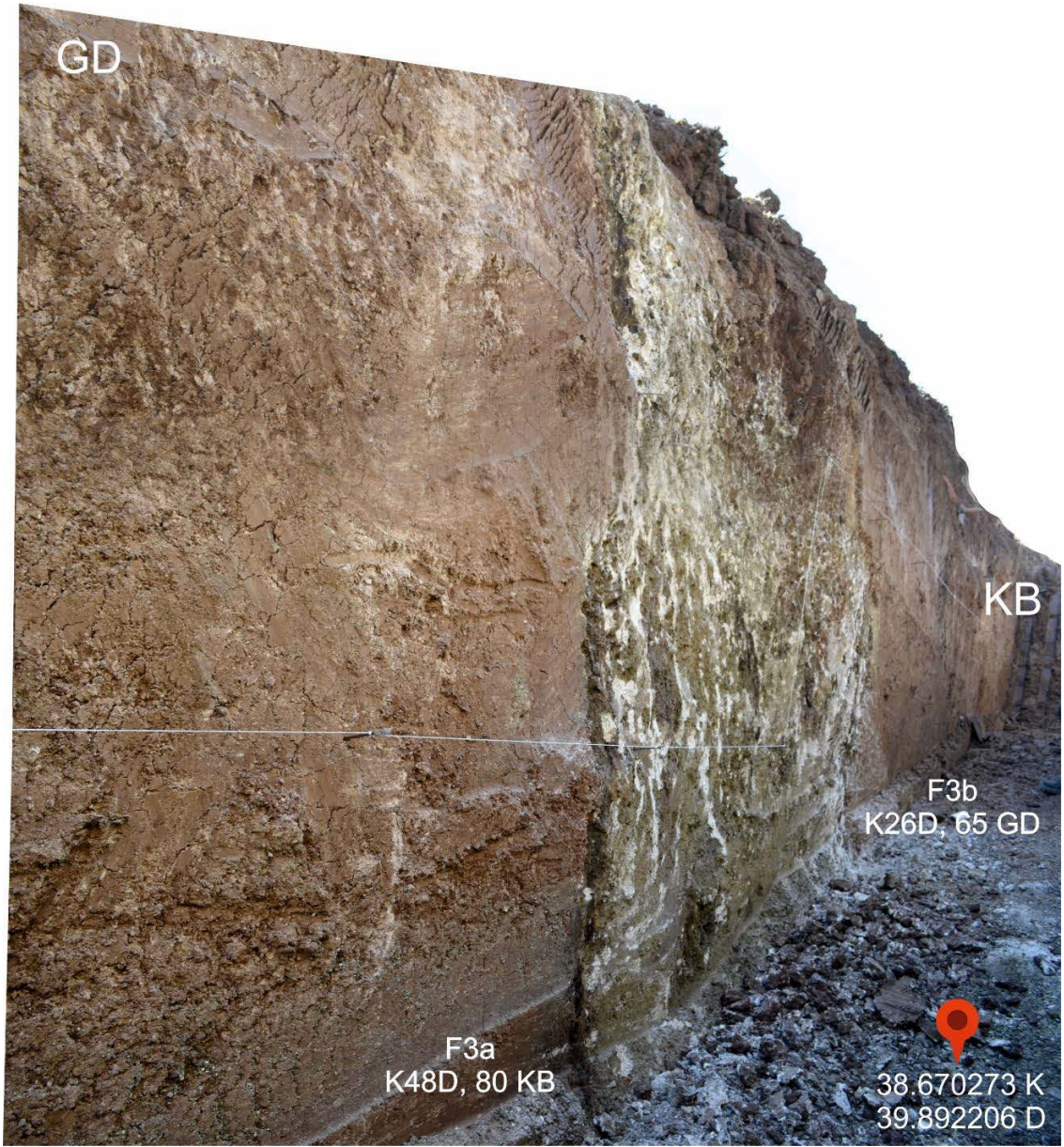


**Şekil 5.28** Palu 4 Hendeğinde gözlenen F2a ve F2b faylarını gösterir fotoğraf.  
Stratigrafik seviyeler için Şekil 48'deki loga bakınız.



**Şekil 5.29** Palu 4 Hendeğinde gözlenen F3a ve F3b faylarını gösterir fotoğraf.  
Stratigrafik seviyeler için Şekil 5.32'deki loga bakınız.





**Şekil 5.30** Palu 4 Hendeğinde gözlenen ve olasılıkla 1789 Palu depremi yüzey kırığını temsil eden F3a ve F3b faylarını (hendede içinde renkli çiviler olmaksızın) gösterir fotoğraf. Kırılmanın yüzeye kadar çıktığına dikkat ediniz.

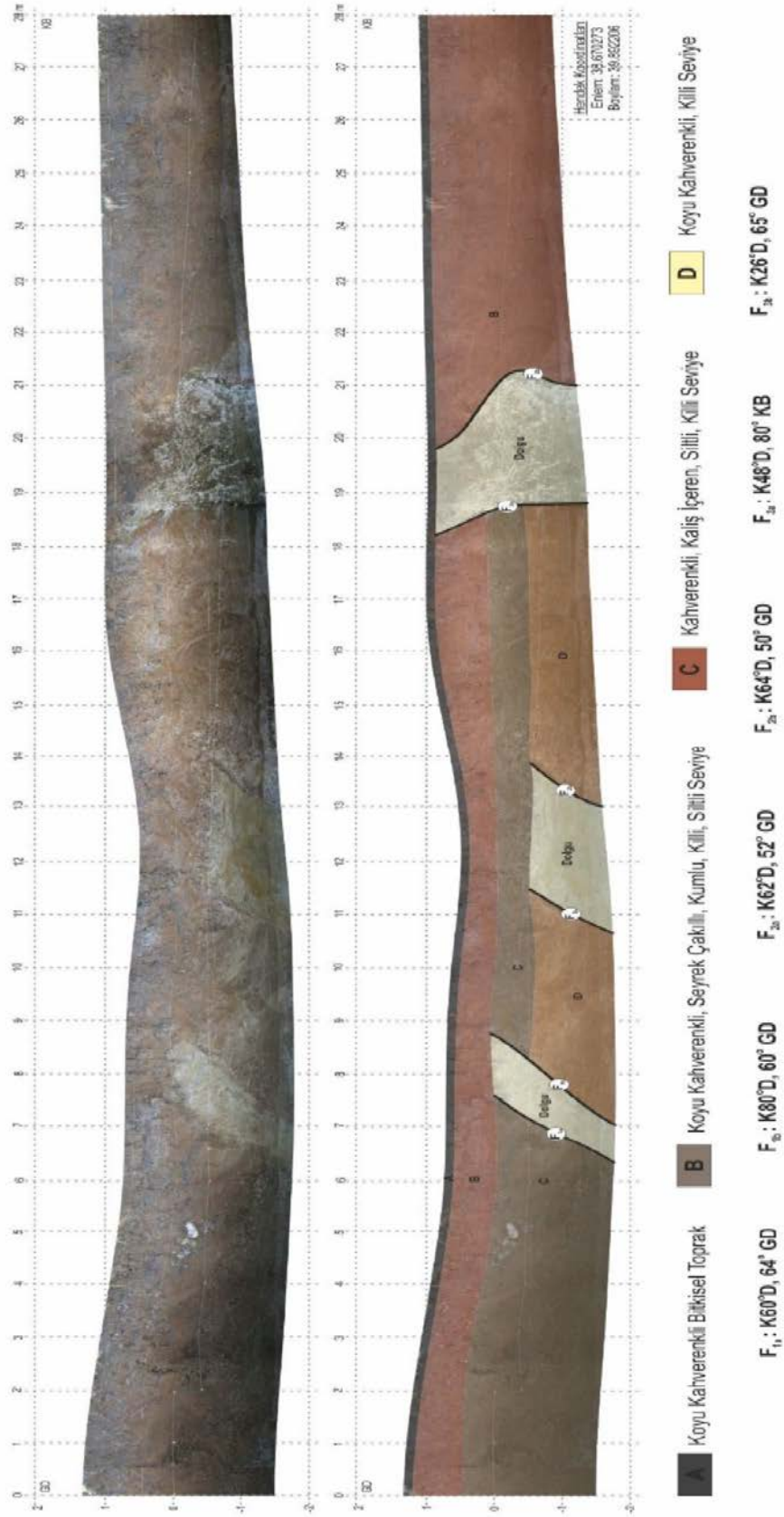




**Şekil 5.31** Palu 4 Hendeğinde gözlenen ve olasılıkla 1789 Palu depremi yüzey kırığını temsil eden F3a ve F3b faylarını hendek içinde renkli çivilerle birlikte gösterir fotoğraf. Kırılmanın yüzeye kadar çıktığına dikkat ediniz.



**PALU 4 HENDEĞİ, GÜNEYBATI DUVARI LOGU**



**Şekil 5.32** Palu 4 Hendeğinin 0-28 metre arası güneybatı duvarına ait log.

## 6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Palu ve civarında Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Palu segmenti üzerinde veya yakınında meydana gelen depremler ve bunlar üzerinde yapılan fay düzlemi çözümleri incelendiğinde aletsel dönemde meydana gelen depremlerin sol yanal doğrultu atımlı bir özellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Palu segmenti üzerinde odak mekanizması çözümü yapılan depremlerin büyük çoğunluğu Palu ilçesi kuzeydoğusuna düşmektedir.

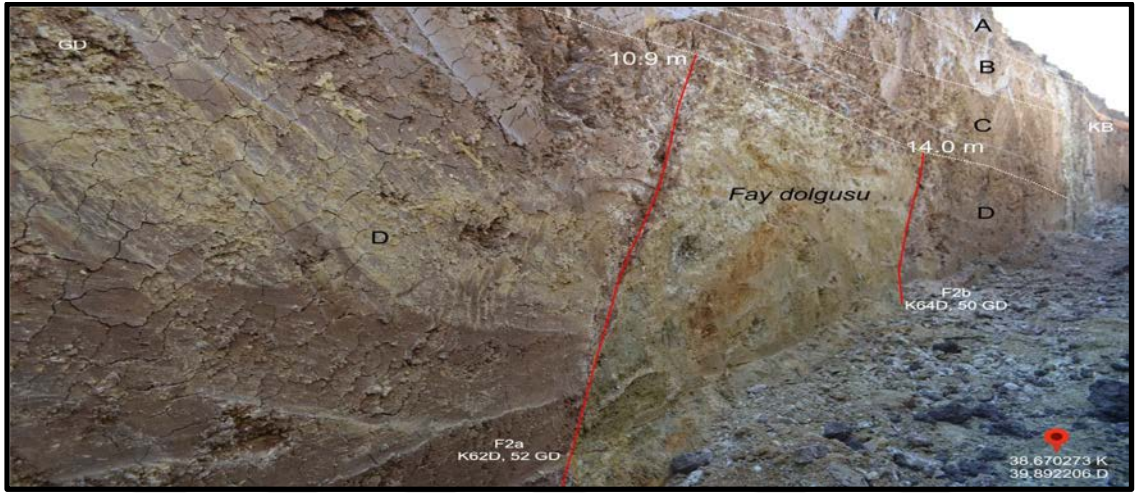
Aletsel dönemde bu segment üzerinde ve yakınında küçük-orta ölçekte depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerin büyük bölümü Palu ilçesi kuzeydoğusunda yer alan faylar üzerine düşmekte, bir bölümü ise segmentin en güneybatı ucunda yoğunlaşmaktadır. Tarihsel dönemde Palu ilçesi yakınında meydana gelen üç ayrı deprem bulunmaktadır. Bu depremler sırasıyla 28.05.1789, 1889 ve 09.09.1897 depremleridir. Bunlardan 28.05.1789 depremi Palu ve çevresinde çok ciddi can ve mal kayıplarına neden olmuştur.

İncelenen alanının 7 litostratigrafi birimden oluştuğu; temelinin Hazar Formasyonu volkano sedimanter kayaçlarından meydana geldiği, bu birim üzerine uyumsuzlukla Spilit, miltaşı, kiltası, aglomera, kumtaşı ve olistostrom ardalanmasından oluşan Kardere Formasyonu, bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla masif, bej, gri, fosilli mikritik ve biyomikritik kireçtaşlarına birimlerinden oluşan Gehroz Formasyonu, bu birim üzerine uyumsuzlukla Çakıltaşı, killi, kumlu kireçtaşı, kumtaşı, siltaşı, şeyi ve marn ardalanmasından oluşan Kırgeçit Formasyonu, bu birim üzerine uyumsuzlukla kırmızı renkli, andezit, bazalt, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan Çaybağı Formasyonu, bu birim üzerine uyumsuzlukla tane ve matriks destekli, iyi ve kötü boylanmış, gri, kırmızı renkli teknesi ve düzlemsel tabakalanma gösteren çakıltaşları, gevşek çimentolu, gri renkli, orta ve iri taneli kumtaşlarından oluşan Palu Formasyonu tüm birimlerin en üstünde ise Kuvarterner yaşlı alüvyonal çökeller ile örtü birimlerin yer aldığı arazi çalışması gözlemleri sonucu belirlenmiştir.

Çalışma sınırları içinde yapılan paleosismolojik amaçlı 4 adet fay kazısı/hendek çalışması ilçenin Güneyinden geçen Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait Palu segmenti üzerinde yapılmıştır. Açılan hendeklerden Palu 2 ve Palu 4 hendeklerinde eski 28.05.1789, 1889 ve 09.09.1897 depremlerle ilişkili faylar gözlenmiştir.

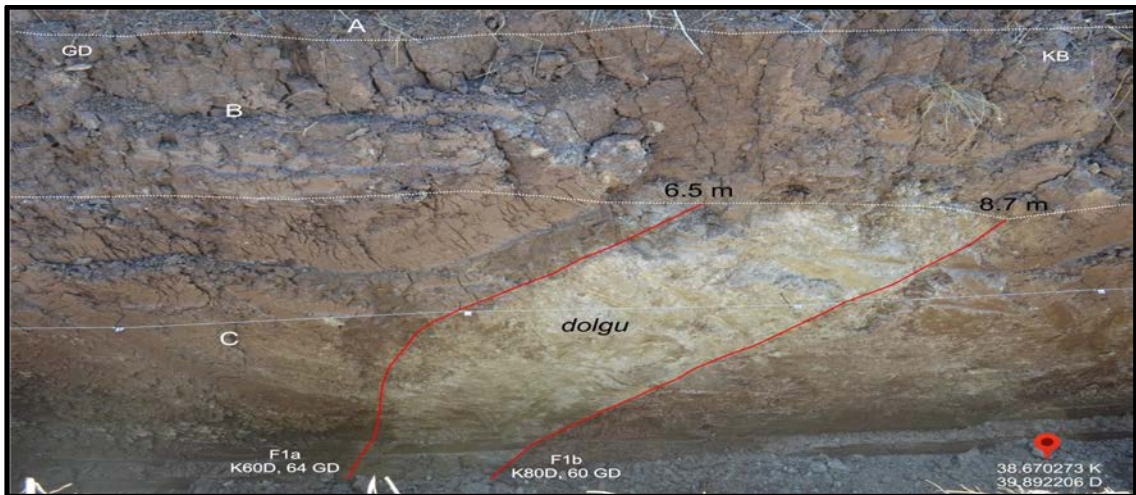
Diğer iki hendekte yüzey faylanması oluşturmuş herhangi bir deprem aktivitesi izlenmemiştir. Palu 2 hemdeği gözlenen fayların tamamen yaşlı kayalar içerisinde yer aldığı gözlenmiştir. Palu 4 hendeğinde ise 3 farklı olasılıkla birbirinden farklı 3 ayrı depremle ilişkili yüzey faylanması izine rastlanmıştır.

Bunlardan en eski olay olan F2 fayı hendek içerisinde 10.9-14.0 metreleri arasında toplam 3.1 metre genişliğinde bir deformasyon zonu oluşturmuştur. Bu olay hendek duvarında izlenen C, B ve A seviyeleri tarafından örtülmüştür (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Palu 4 Hendeğinde gözlenen F2a ve F2b faylarını gösterir fotoğraf.

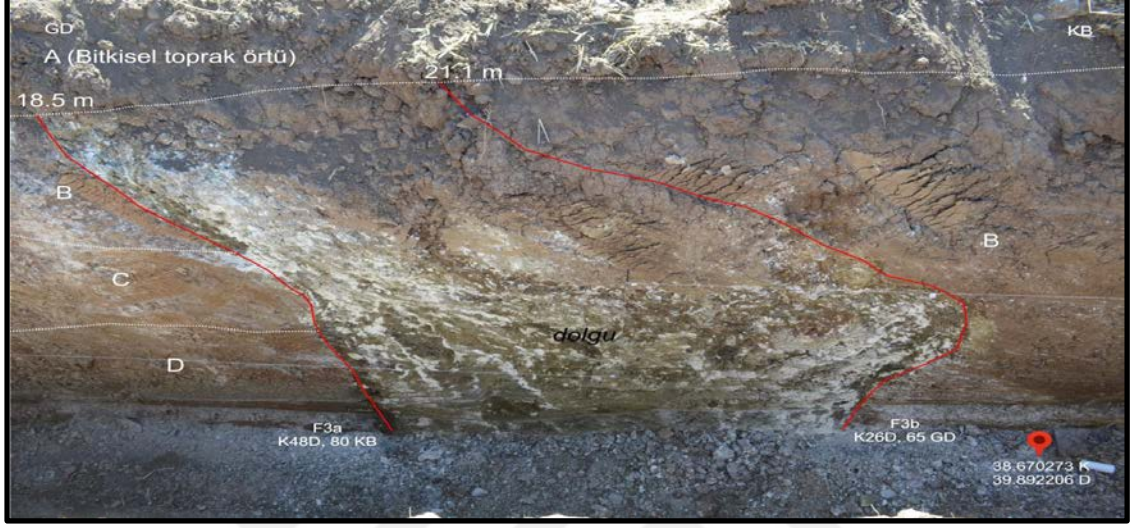
Palu 4 hendeğinde izlenen ikinci olay F1 fayları ile tanımlanmıştır. Hendek içinde 6.5-8.7 metreleri arasında toplam 2.2 metrelik bir deformasyon zonu oluşturan bu faylanma B ve A seviyeleri tarafından örtülmüştür (Şekil 6.2).



Şekil 6.2 Palu 4 Hendeğinde gözlenen F1a ve F1b faylarını gösterir fotoğraf.



Palu 4 hendeği içindeki en genç olay ise F3 fayları ile tanımlanmıştır. 18.5-21.1 metreleri arasında toplam 2.6 metrelik bir deformasyon zonu oluşturan faylar, A ile gösterilen güncel toprak seviyesinin altına kadar çıkmış olup, olasılıkla Palu ve civarında büyük can ve mal kaybına neden olan 1789 Depremi yüzey kırığına karşılık gelmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3 Palu 4 Hendeğinde gözlenen F3a ve F3b faylarını gösterir fotoğraf.

Tablo 6.1 İnceleme alanı sınırları içinde açılan Palu-2 ve Palu-4 hendeğine ait saptanan eski depremlere ait deformasyon zonu genişlikleri.

Hendeğin Adı	Fay Adı	Deformasyon Zonu (DZ) / Yüzey Faylanması (YF) Genişliği		Toplam DZ/YF Genişliği (metre)
		Başlangıç(metre)	Bitiş(Metre)	
Palu-2 Hendeği	F1	17.8	20.3	2.5
Palu-4 Hendeği	F2	10.9	14.0	3.1
Palu-4 Hendeği	F1	6.5	8.7	2.2
Palu-4 Hendeği	F3	18.5	21.1	2.6

Fayların uzunluğu ve geometrisine göre, inceleme alanı içinden geçen Palu segmentinin tarihsel deprem aktivitesi, aletsel dönemde yakınında meydana gelen küçük-orta ölçekli depremlerin varlığı, yakın gelecekte orta-büyük ölçekte deprem üretebilme potansiyeli göz önüne alındığında, çalışma alanı sınırları içerisindeki bölümü boyunca hendeklerde görülen en yüksek deformasyon zonu genişliği 3.1 metredir. Bu deformasyon zonu gelecekte oluşacak depremlerin büyüklüğüne göre fay zonunun kuzeyinde ve güneyinde farklı genişliklerde oluşmaya devam edecektir.



Aktuğ ve diğ. (2016) DAFZ boyunca GPS çalışmaları yaparak ve bölgede daha önce yapılmış çalışmaların verilerini derleyerek fay zonu için güncellenmiş bir veri seti oluşturmuştur. Elde ettikleri sonuçlar DAFZ'nun kayma hızı kuzeyde neredeyse sabit (~10 mm/yıl) iken, daha güneyde ise 4.5 mm/yıla indiğini göstermektedir. Ölü Deniz Fay Sistemi (ÖDFZ)'nin kuzey kısmındaki kayma oranı da önceki çalışmalarla uyumlu olarak  $4.2 \pm 1.3$  mm/yıl olarak bulunmuştur. Yazarlara göre, DAFZ'daki sıkışma (contraction) oranları 5 mm/yılın altındadır, ancak en kuzeyde Karlıova'daki bölümde maksimum  $6.3 \pm 1.0$  mm/yıl değerine ulaşır.

Palu segmentinin üzerinde meydana gelebilecek deprem tekrarlanma aralığı ile ilgili bazı görüşler bulunmaktadır. Çetin ve diğ. (2003) Palu segmenti üzerinde yaptıkları paleosismolojik çalışmalarda bu segment için deprem tekrarlanma aralığını 360 yıl olarak, Duman ve Emre (2013) ise 350-400 yıl aralığında hesaplamıştır.

Aktif fayların gelecekte üretebilecekleri maksimum deprem büyüklükleri ile ilgili değişik ampirik bağıntılar bulunmaktadır. Bölgedeki aktif fayların segment uzunlukları Wells and Coppersmith (1994) tarafından önerilen bağıntıya göre değerlendirildiğinde, toplam uzunluğu 77 km olan Doğu Anadolu Fay Zonu'na ait olan Palu segmentinin kırılması durumunda 7.27 büyüklüğüne kadar bir deprem üretme olasılığı hesaplanmıştır.

Söz konusu araştırmaların sonuçları ile yaptığımız bu çalışma birlikte değerlendirildiğinde; çalışma alanında 1789 yüzey kırığı dışında oluşan diğer tarihsel depremlerin neden olduğu ötelenmelerin varlığı, 1789 depremi sonrasında oluşan yüzey kırığının 2.1 ile 3.1 metre arasında bir deformasyona neden olduğu ve daha önce oluşmuş olan tarihsel depremlerin çalışma alanı içerisinde, 14.6 metre genişliğinde deformasyon zonu oluşturduğu görülmüştür.

Bu sonuca göre atım değerlerinin önceki çalışmalarda belirtilen değerlerle benzerlik gösterdiği, 1789 tarihli depremde oluşan yüzey kırığının çalışma alanı içerisinde daha geniş deformasyon zonu oluşturduğu ve deprem tekrarlanma periyodunun önceki çalışmalarda belirtilen değerlerle paralellik sunduğu görülmüştür.

## 7. YARALANILAN KAYNAKLAR

**Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H. Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, ř., Sevin, M., şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. ve diğlerleri,** Türkiye Jeoloji Haritası Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını. Ankara Türkiye.

**Aktuğ, B., Nocquet, J.M., Cingöz, A., Parsons, B., Erkan, Y., England, P., Lenk, O., Gürdal, M.A., Kılıçoğlu, A., Akdeniz, H., Tekgul, A. (2009).** Deformation of western Turkey from a combination of permanent and campaign GPS data: Limits to block-like behavior. *Journal of Geophysical Research*, 114, B10.

**Ambraseys N.N., (1989).** Temporary seismic quiescence: SE Turkey , *Geophysical Journal* (1989) 96, 311-331

**Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F. (1995).** The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A Historical Review, 1500–1800. *Eren Publishing & Book Trade, İstanbul.*

**Arı, A. T., (2001),** “Kuruluş Yeri Açısından Palu Ve Yakın Çevresinin Uygulamalı Jeomorfolojisi”, *Fırat Üniv. Coğrafya Bölümü (Yüksek Lisans Tezi), Elazığ.*

**Arpat, E., şaroğlu, F., (1972),** “Doğu Anadolu Fayı ile İlgili Bazı Gözlemler ve Düşünceler”, *MTA Enst. Derg., S:78, s:44-50, Ankara.*

**Arpat, E. ve şaroğlu, F. (1975).** Türkiye’de bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 18, 29–41.*

**Ateş, R., Bayülke, N., (1977),** “26 Mart 1977 Palu (Elazığ) Depremi”, İmar Ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.

**Aylık Deprem Raporu (2010),** Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara.

**Bakıcı, Y., (2012),** Kültür Medeniyet şehri Palu, *Güntek Matbaası, Elazığ.*

- Bakıcı, Y., Alsaç, H., Büyük, M., Tetik, Z. Ve Ari, M., (1998),** Tarihte Ve Günümüzde Palu, *İsmat İstanbul Matbaacılık, Ankara.*
- Bakır, S., Canbay, E., Erberik, A., Gülerce, Z., Aldemir, A. Ve Demirel, İ. O., “8 Mart 2010** Başyurt-Karakoçan (Elazığ) Depremi Ön İnceleme Raporu”, O.D.T.Ü, Ankara.
- Başarır Baştürk, N., Özel, N.M., Altınok, Y. ve Duman, T.Y. (2017).** Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000 - MS 1900-) deprem katalogu. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı (Ed. T.Y. Duman), Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, *Özel Yayınlar Serisi 34, 239 s. Ankara-Türkiye.*
- Bingöl, A.F. (1986),** “Petrographic And Petrological Characteristics Of Intrusive Rocks Of Guleman Ophiolite (Eastern Taurus–Turkey)”. *Geosound, 13 (14), 41-57.*
- Celep, Z., Erken, A., İlki,A., Taşkin, B., (2010), “8 Mart Kovancılar-Elazığ Depremi Ön Mühendislik Raporu”, İ.T.Ü Deprem Mühendisliği Ve Afet Yönetimi Enstitüsü.**
- Çelik, H., (2008),** “Doğu Anadolu Fay Sistemi’nde Sivrice Fay Zonu’nun Palu-Hazar Gölü (Elazığ) Arasındaki Bölümünde Atımla İlgili Yeni Arazi Bulgusu”, *Fırat Üniv Fen Ve Müh. Bil. Derg., C:20, S:2, S:305-314, Elazığ.*
- Çetin, H., Güneşli, H. ve Mayer, L. (2003).** Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics, 374, 163–197.*
- Çetindağ, B. (1985).** Hydrogeological Investigation of Palu-Kovancılar (Elazığ) Area. Master Thesis, Fırat University, Elazığ-Turkey [in Turkish with English abstract, unpublished].
- Çolak, S., Aksoy, E., Koçyiğit, A. ve İnceöz, M. (2012).** The Palu-Uluova strike-slip basin in the East Anatolian Fault System, Turkey: its transition from the Palaeotectonic to Neotectonic stage. *Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 21, p.547-570.*

- Demirtaş, R. (2003).** DAFZ’nda Deprem Üreten Diri Faylar; 1900-2003 Yılları Arasında Doğu Anadolu Fay Zonunda Olmuş Hasar Yapıcı Depremler. Deprem ve Kentleşme. 23-24-25 Eylül 2003, *TMMOB Jeoloji Müh. Odası yayınları 78, Konferans serisi 3.*
- Deprem Yıllığı (2011),** Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Demirtaş, R.(2003).** Doğu Anadolu Fay Sistemi Diri Fayları ve Deprem Etkinlikleri
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S., Elmacı, H. ve Olgun, Ş. (2012).** 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Elazığ (NJ 37-7) Paftası, Seri No: 45, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Duman, T.Y. ve Emre, Ö. (2013).** The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. Geological Society of London, Special Publications No 372. In: Robertson, A.H.F., Parlak, O. ve Ünlügenç, U.C. (eds) Geological Development of Anatolia and the Easternmost Mediterranean Region.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., Özalp, S., Çan, T., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Şaroğlu, F. (2017).** Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve Özellikleri. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı, (Ed. T.Y. Duman). *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-34, 12 s.*Ankara-Türkiye.
- Duman, T.Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadirioğlu, F.T., Başarır Baştürk, N., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R.F., Kalafat, D., Karakaya, F., Eroğlu, Azak, T., Özel, N.M., Ergintav, S., Akkar, S., Altınok, Y., Tekin, S., Cingöz, A. ve Kurt, A.İ. (2017).** Türkiye Sismotektonik Haritası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-34, Ankara-Türkiye.*
- Elazığ İl Çevre Durum Raporu (2011),** Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, Elazığ Çevre Ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Emre, Ö., Duman, Y., Özalp, S., Ve Elmacı, H., (2010), “8 Mart 2010 Başyur-Karakoçan (Elazığ) Depremi Değerlendirme Raporu”,** Mta Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.



- Emre, Ö., Herece, E., Doğan, A., Parlak, O., Özaksoy, V., Çıplak, R. ve Özalp, S. (2003).**
- Emre, Ö., Özalp, S., Yıldırım, C., Özaksoy, V. ve Doğan, A. (2005).** 12 ve 14 Mart 2005 Karlıova Depremleri'nin Değerlendirilmesi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, 10 s.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S. ve Elmacı, H. (2010).** 8 Mart 2010 Başyurt-Karakoçan (Elazığ) Depremi Değerlendirme Raporu, MTA Genel Müdürlüğü, 31 s.
- Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. (1967).** A catalog of earthquake for Turkey and surrounding area (11 A.D. to 1964 A.D.) İTÜ Faculty of Mining Engineering, İstanbul, Turkey.
- Ergintav, S., R. Reilinger, R. Çakmak, M. Floyd, Z. Çakır, U. Doğan, R. King, S. McClusky, and H. Özener. (2014).** Istanbul's earthquake hot spots: Geodetic constraints on strain accumulation along faults in the Marmara seismic gap, *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 5783–5788, doi:10.1002/2014GL060985
- Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z. (1991).** Değirmenci, E., Türkiye büyük depremleri makrosismik rehberi 1900-1988. İstanbul Teknik Üniversitesi, *Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü, İstanbul.*
- Gökçe, O., Tüfekçi, M.K. ve Gürboğa, Ş. (2014).** Yüzey Faylanması Tehlikesinin Değerlendirilmesi ve Fay Sakınım Bantlarının Oluşturulması. *Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları*, 387 s., Ankara.
- Güneyli, H. (2002).** Doğu Anadolu Fay Sistemi, Palu-Hazar Gölü Segmentinin Neotektoniği ve Palaeosismolojisi [Neotectonics and Palaeoseismology of Palu-Lake Hazar Segment of East Anatolian Fault System]. PhD Thesis, Çukurova University, Adana, Turkey [in Turkish with English abstract, unpublished].
- Görgöz, İ., (2010),** “8 Mart 2010 Karakoçan Başyurt Depremi Elazığ İl Afet Ve Acil Durum Müdürlüğü Çalışmaları, (Basılmamış), Elazığ.

- Gürgöze, R., (2013),** “Elazığ’ın Sismik Potansiyeli Değerlendirme Ve Çıktılar”, Elazığ Deprem Projesi, Elazığ
- Herece, E., Akay, E., Sarıaslan, M. ve Küçümen, Ö. (1992).** Elazığ-Sivrice-Palu Dolayının Jeolojisi. M.T.A. Rapor No 9634, M.T.A. Genel Müdürlüğü, Ankara
- Herece, E. (2008).** Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Karabacak, V., Yünlü, Ö., Altunel, E., Yalçiner, C.Ç., Akyüz, H.S. ve Kıyak, N.G. (2011).** Doğu Anadolu Fay Zonunun güneybatı uzanımının paleosismolojisi ve ilk kayma hızı. *Proceeding of the Aktif Tektonik Araştırma Grubu Onbeşinci Çalıştayı (ATAG-15), 19–22 Ekim 2011, Çukurova Üniversitesi, Karataş-Adana,*
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. and Kuloshvili, S. (2001).** Neotectonics of East Anotolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for Transition From Thrusting to Strike-Slip Faulting. *Geodinamica Acta*, 14: 177-195.
- Koçyiğit, A., Aksoy, E. ve İnceöz, M. (2003).** Basic Neotectonic Characteristics of the Sivrice Fault Zone in the Sivrice-Palu Area, East Anatolian Fault System (EAFS), Turkey. *Excursion Guide Book, International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Palaeosismology, 31 August to 12 September 2003, METU (Ankara, Turkey).*
- KRDAE-UDİM:** Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, (<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/>).
- McCalpin, J. P. (1996).** Paleoseismology, Amsterdam: Academic Press. 588 s.
- McClusky, S. ve diğ. (2000).** Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5695-5719.

- Nalbant, S.S., McCluskey, J., Steacy, S. ve Barka, A. (2002).** Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 195, 291–298.
- Örgülü, G., Aktar, M., Türkelli, N., Sandvol, E., and Barazangi, M. (2003)** Contribution to the seismotectonics of the eastern Anatolian Plateau from moderate and small size events, *Geophys. Res. Lett.*,30 (24)
- Özener, H., Arpat, E., Ergintav, S., Doğru, A., Çakmak, R., Turgut, B. ve Doğan, U. (2010)** Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone. *Journal of Geodynamics*, 49, 141-150.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G. (2006)** GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.
- Reiter, L. (1995)** Paleoseismology- a users perspective. In Perspectives in Paleoseismology, (L.Serva and D.B. Slemmons, eds.), *Assoc. Eng. Geol. Spec. Publ. Vol. 6*, pp. 3-6.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D. and Altınok, Y. (1981)** Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (2100 B.C.–1900 A.D.). *TÜBİTAK raporu, No. TBAG-341*.
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1981)** Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Ögeler; Tektonik, Volkanizma ilişkileri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 24: 39-50.
- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1984)** Doğu Anadolu'nun neotektoniği ve ilgili magmatizması: *Ketin Simpozyumu bildirileri*, 149-162

- Şaroğlu, F. ve Yılmaz, Y. (1986)** Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. (1985).** Strike-slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study. In: T.R. Biddle and Christie-Blick (Editors), Strike-slip Deformation, *Basin Formation and Sedimentation. Soc. Econ. Palaeontol. Mineral., Spec. Publ., 37: 227-264.*
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C. ve Yörük, A. (2008).** The earthquakes catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences 17, 405-418.*
- Tatar, O., Poyraz, F., Gürsoy, H., Çakır, Z., Ergintav, S., Akpınar, Z., Koçbulut, F., Sezen, T.F., Türk, T., Hastaoğlu, K.Ö., Polat, A., Mesci, B.L., Gürsoy, Ö., Ayazlı, İ.E., Çakmak, R., Belgen, A. ve Yavaşoğlu, H. (2012)** Crustal deformation and kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements. *Tectonophysics, 518-521, p.55-62.*
- Taymaz, T., Eyidoğan, H. ve Jackson, J. (1991)** Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International, 106, 537-50.* Tiryakioğlu, İ., Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S. and Reilinger, R. (2013). GPS constraints on active deformation in the Isparta angle region of SW Turkey. *Geophys. J. Int. 195, 1455-1463.*
- Tonbul, S. (1990)** Bingöl Ovası ve Çevresinin Jeomorfolojisi ve Gelişimi, *Coğrafya Araştırmaları Dergisi, Cilt: 2, Sayı: 2, s. 329-352.*
- 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.*



**Wallace, R.E. (1981)** Active faults, paleoseismology, and earthquake hazards in the western United States.- In: Simpson, D.W. & Richards, T.G. (eds.): Earthquake prediction: An international review. *American Geophys. Union, Maurice Ewing Serie*, 4-209-216.

**Westaway, R. (2003)** Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean updated. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 5–46.

**Yılmaz, Y., Şaroğlu, F. ve Güner, Y. (1987)** Initiation of the neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics*, 134, 177-199.

### **YARARLANILAN İNTERNET KAYNAKLARI**

**Url-1** < <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>

**Url-2** < <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/anasayfa.aspx>

**Url-4** < <http://www.yerbis.gov.tr/yebilimsiletud>

## ÖZGEÇMİŞ



### Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Burak BAYRAMOĞLU  
Doğum Yeri ve Tarihi Çankaya, 08.02.1989  
Medeni Hali Evli  
Yabancı Dil İngilizce  
İletişim Adresi Doğuş Mah.Bülbülderesi Cad. no:105 K.Esat/ANKARA  
E-posta Adresi brkbayramoglu@hotmail.com

### Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Ayrancı Lisesi, 2006  
Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 2012  
Yüksek Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 2016

### İş Tecrübesi

Bayramoğlu Mühendislik Ltd.Şti Firma Sahibi - Şirket Müdürü 2013 -

### Yayınlar

Hekimhan (Malatya) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi- Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Meriç (Edirne) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ereğli Hafriyat Toprağı Depolama Tesisi Projesine Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Demirkent Beldesi (Erzincan) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ankara İli Muhtelif Yerlerde 7 Adet Yaya Üst Geçiti Yapımına Esas Jeoteknik Etüt İşi Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Düzce İli Merkez İlçesi Eski Sanayi Bölgesi Kentsel Dönüşüm Planına Esas Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Alaca (Çorum) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Akpazar (Tunceli) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Azdavay (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Konya-Karaman Doğlagaz Boru Hattı Jeolojik-Jeoteknik Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Zonguldak Ereğli İlçesi Orman Vasıflı Alanın Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Abana (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Afyon (Gazlıgöl) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Baydıgın (Yozgat) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Karahalil (Kırklareli) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Cide (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Akyazı-Dokurcun (Sakarya) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Çerikli (Kırıkkale) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ziraat Bankası Çankaya Fidanlık Mah.(Ankara) 1053 Ada 2 Parsel Zemin Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ağlı (Kastamonu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Çaybaşı (Ordu) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Teiaş 8.Bölge 154 Kv Akköprü Trafo Merkezi Zemin Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Erzurum İli Oltu Ve Tortum İlçelerinde İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Erzurum İli Köprüköy İlçesi İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Afşin (Kahramanmaraş) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Altunhisar (Niğde) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ekinözü (Kahramanmaraş) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Yalnızbağ (Erzincan) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşi-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

İzmir Körfez Geçişi Ve Bağlantıları Doğal Yaşam Adasına İlişkin Jeoteknik Etüt İşi-



Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Çanakkale İl Sağlık Müdürlüğü Hizmet Binaları Zemin Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Boğsak Turizm Merkezi İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ören (Giresun) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Palu (Elazığ) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kıyıköy (Kırklareli) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Balıköy (Kütahya) İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ankara İli Sincan İlçesi Çiçektepe Mah. İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Ankara İli Sincan İlçesi Yenipeçenek Mah. İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Bursa İli Yenişehir İlçesi Mikrobölgeleme Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Muş Malazgirt Milli Park İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kıyıköy (Kırklareli) İlave İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşleri-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Eskigediz (Kütahya) Koruma Amaçlı İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt İşleri-

Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Afyon-Balıkesir Tcdd Hattı Su Sızıntıları Tespit Ve Çözümü Rapor İşİ-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Taşlıçay (Ağrı) İlçesi İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüt İşİ-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Konya-Karaman Doğalgaz Boru Hattı Güzergah Belirlenmesi Ve Jeoteknik Sorun Çözüm İşİ-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Samsun Çarşamba Şeker Fabrikası İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Samsun Bafra Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Samsun Merkez Maliye Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Amasya Gümüşhacıköy Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kastamonu Taşköprü Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Kastamonu Hanönü Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Malatya Yeşilyurt Teiaş Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Hatay Hassa Tekel Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Antalya Mahmutlar Maliye Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji Mühendisi/Proje Koordinatörü.

Antalya Kargıcak Maliye Arazisi İmara Esas Jeoteknik Etüt Ve Raporu-Jeoloji  
Mühendisi/Proje Koordinatörü.

