



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM
ÜNİVERSİTESİ**

**DOĞU ANADOLU FAY ZONU'NUN GÖLBAŞI-
TÜRKOĞLU SEGMENTİ'NİN PALEOSİSMOLOJİK
ÖZELLİKLERİ**

**BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ**

2024 KAHRAMANMARAŞ

**DOĞU ANADOLU FAY ZONU'NUN GÖLBAŞI-
TÜRKÖĞLU SEGMENTİ'NİN PALEOSİSMOLOJİK
ÖZELLİKLERİ**

Proje No: 2018/2-58 M

**Dr. Öğr. Üyesi Alican KOP
Yüksek Lisans Öğrencisi Ayőe YALÇIN**

2024 KAHRAMANMARAŞ

ÖNSÖZ

Neotetis okyanusunun kapanmasıyla ilişkili olarak oluşan ve Dünya'nın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Kuşağı üzerinde yer alan Anadolu levhası içerisinde Neotektonik dönem ile birlikte süregelen levha hareketleri, Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonlarının oluşumuyla karşılanmaya başlanmış ve dolayısıyla Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonları Türkiye'nin en önemli deprem kaynakları konumuna gelmiştir. Bunlardan yaklaşık 550 km uzunluğunda ve sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olan DAFZ Antakya civarında Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile birleşerek Arap ve Anadolu levhaları arasında KD-GB doğrultusunda bir levha sınırı oluşturmaktadır. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) ve Türkoğlu-Antakya (Amanos) segmentleri konumları itibarı ile Kahramanmaraş'ın en önemli deprem kaynaklarıdır. Kayıtlara göre, tarihsel dönemde (1900 yılından öncesi) 1114'te 7.8, 1513'te ise 7.4 büyüklüğünde depremler üretmiş olan Gölbaşı-Türkoğlu segmenti belirli periyotlarla benzer büyüklüklerde depremler üretme potansiyeline sahiptir. Yine tarihsel kayıtlara göre DAFZ'nin tüm segmentleri 1800-1900 yılları arasında 7 ve civarında depremler üretmişken, sadece Gölbaşı-Türkoğlu segmenti en son 1513'ten beri büyük bir deprem oluşturmamış ve sonrasında 6 Şubat 2024 Kahramanmaraş depremlerine kadar sürekli enerji biriktirmiştir. Segmentin üzerinde sınırlı sayıda yapılan paleosismoloji çalışmaları nedeni ile deprem tekrarlanma periyodu vb. konularda tartışmalar mevcuttur. 2018/2-58 M No'lu "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı bu projede Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı konumunda olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tarihsel deprem geçmişin paleosismolojik verilerle ortaya konması ve literatürdeki mevcut karmaşanın ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Bu bilimsel araştırma projesi Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi tarafından proje numarası 2018/2-58 M ile desteklenmiştir. Destekleri için Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

Projenin başlama tarihi 30/08/2018. ve bitiş tarihi 26/08/2020'dir.

Proje Yürütücüsü
Dr. Öğr. Üyesi Alican KOP

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLolar DİZİNİ.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE YÖNTEM (METOD)	4
2.1. MATERYAL	4
2.1. YÖNTEM	10
2.1.1. Hendek Kazıları.....	10
2.1.2. Tarihlendirme Çalışmaları.....	11
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	15
3.1. BÖLGESEL JEOLojİ	15
3.2. GÖLBAŞI-TÜRKÖĞLU (PAZARCIK) SEGMENTİ'NİN BULUNDUĞU ALANININ YAPISAL KONUMU	21
3.3. AKTİF TEKTONİK.....	25
3.4. PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMALARI	27
3.4.1. Hendek Çalışmaları	29
3.4.1.1. Balkar 1 Hendeği.....	31
3.4.1.2. Balkar 2 Hendeği.....	35
3.4.1.3. Balkar 3 Hendeği.....	39
3.4.1.4. Gölalanı Hendeği	42
3.4.1.1. Kartal Hendeği	45
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	547

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1: Balkar 1 Hendeği'nden derlenen örneklerin radyometrik (14C) yaş tayini sonuçları.....	5
Tablo 3.2: Balkar 2 Hendeği'nden derlenen örneklerin radyometrik (14C) yaş tayini sonuçları.....	9
Tablo 3.3: Gölalanı Hendeği'nden derlenen örneklerin radyometrik (14C) yaş tayini sonuçları.....	45

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Gölbaşı-türkoğlu (pazarcık) segmenti'nin bulunduğu alanın 6 Şubat 2023 öncesine göre sismotektonik özellikleri (duman ve diğ., 2016'dan değiştirilmiştir).....	3
Şekil 2.1: DAFZ'nin Kahramanmaraş ve civarındaki kol ve segmentleri (Kısaltmalar; ES: Erkenek Segmenti, GS: Gölbaşı Segmenti, KS Karasu Segmenti, SF: Sürgü Fayı, NF: Nurhak Fayı, EF: Elbistan Fayı, ÇF: Çiçeklidere Fayı, SF: Saimbeyli Fayı, TF: Tufanbeyli Fayı, ÇKF: Çokak Fayı, ENF: Engizek Fay Zonu, ANF: Andırın Fayı, KMF: Kahramanmaraş Fay Zonu, AF: Aslantaş Fayı, KF: Karataş Fayı, YF Yumurtalık Fayı) (Emre ve diğ., 2013).....	5
Şekil 2.2: Türkiye Diri Fay Haritası'na göre DAFZ'nin segmentleri (Emre ve diğ., 2013).....	7
Şekil 2.3: DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu arasındaki bölümünün haritası (Kısaltmalar; PS: Pütürge segmenti, ES: Erkenek segmenti, GRS: Gölbaşı gevşeten sıçraması, TRS: Türkoğlu gevşeten sıçraması, H: Tepe; M: Dağ; C: Dere; KD: Kartalkaya Barajı (1) Sol yanal doğrultu atımlı fay, (2) Normal fay, (3) Ters fay veya bindirme, (4) Doğu Anadolu Fayı, (5) Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu; (6) Ayrılmamış Holosen çökelleri, (7) Ayrılmamış Kuvaterner çökelleri, (8) Heyelan, 'x' ve 'y' referans noktalar, Duman and Emre 2013'den değiştirilmiştir).....	8
Şekil 2.4: Balkar Beldesi GB'sında Gölbaşı-Türkoğlu segmenti ile ilişkili olarak oluşan ve Aktepe (943 m) olarak adlandırılan basınç sırtının arazi görünümü (G'den K'ye panoramik bakış)	8
Şekil 2.5: Kısık dere vadisi içerisinde faya paralel dizilmiş üçgen yüzeylerin arazi görünümü (KD'dan GB'ya bakış, Erkmen ve diğ., 2009)	9
Şekil 2.6: Hendek tiplerine ait kesitler. a) düz hendek, b) tek tarafı basamaklı hendek, c) çift tarafı basamaklı hendek d) tek yöne eğimli hendek e) çift yöne eğimli hendek (McCalpin, 2009).....	9
Şekil 3.1: Kahramanmaraş ve civarındaki tektonik kuşak ve askuşaklar ile DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin konumu (Gül, 2000'den değiştirilmiştir)	16
Şekil 3.2: DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin geçtiği alanın jeoloji haritası (Herece, 2008'den değiştirilmiştir)	18
Şekil 3.3: Türkiye ve yakın civarındaki ana tektonik yapılar (Kısaltmalar; NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, KM: Kahramanmaraş) (Şengör ve diğ., 1985).....	25
Şekil 3.4: 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) ile 20 Şubat 2023 Yayladağı (Hatay) depremlerinin ana şoklarının dış merkez üsleri ve bu depremlerde meydana gelen yüzey kırığı haritası (Kürçer ve diğ., 2023)	27
Şekil 3.5: Gölbaşı-Türkoğlu segmenti üzerinde paleosismoloji amaçlı hendek kazıları yapılmak üzere belirlenen alanlar. A: Balkar Beldesi (Gölbaşı-Adıyaman) civarı, B: Çiğli ve Kartal köyleri civarı	29
Şekil 3.6: Balkar Beldesi'nde (Gölbaşı-Adıyaman) Gölbaşı-Türkoğlu segmenti üzerinde açılan paleosismoloji amaçlı hendeklerin konumu.....	30

Şekil 3.7: Kartal köyü civarında Gölbaşı-Türkoğlu segmenti üzerinde açılan paleosismoloji amaçlı hendeklerin konumu	30
Şekil 3.8: Balkar Beldesi'nde (Gölbaşı-Adıyaman) Pazarcık segmenti üzerinde açılan Balkar 1 Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).....	33
Şekil 3.9: Balkar 1 Hendeği'nin KD duvarının (A) yorumsuz arazi ve (B) loglanarak yorumlanmış görünümü.....	34
Şekil 3.10: Balkar Beldesi nde (Gölbaşı-Adıyaman)' Pazarcık segmenti üzerinde açılan Balkar 2 Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).....	37
Şekil 3.11: Balkar 2 Hendeği'nin KD duvarının (A) yorumsuz arazi ve (B) loglanarak yorumlanmış görünümü.....	38
Şekil 3.12: Balkar Belde merkezinin GD'sunda bir basınç sırtı morfotektonik özellikleri gösteren Aktepe (943 m)'nin GD'ya eğimli etek düzlüğü üzerinde açılan Balkar 3 Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).....	40
Şekil 3.13: Balkar 3 Hendeği'nin GB duvarının (A) yorumsuz arazi ve (B) loglanarak yorumlanmış görünümü.....	41
Şekil 3.14: Kartal Mahallesi doğusunda Gölalanı Mevki'nde açılan Gölalanı Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).....	43
Şekil 3.15: Gölalanı Hendeği'nin KD duvarının (A) yorumsuz arazi ve (B) loglanarak yorumlanmış görünümü.....	44
Şekil 3.16: Kartal Mahallesi'nin 860 m kadar GB'sında açılan Kartal Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).....	45
Şekil 3.17: Kartal Hendeği'nin doğu duvarının (A) yorumsuz arazi ve (B) loglanarak yorumlanmış görünümü.....	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

Km	: Kilometre
m	: Metre
cm	: Santimetre

KISALTMALAR

TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
MTA	: Maden Tetkik Arama Enstitüsü
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
DAFZ	: Doğu Anadolu Fay Zonu
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
ÖDFZ	: Ölüdeniz Fay Zonu
KD	: Kuzeydoğu
KB	: Kuzeybatı
GD	: Güneydoğu
GB	: Güneybatı
OSL	: Optik Uyarmalı Lüminesans
M _w	: Moment Büyüklüğü
MÖ	: Milattan önce
MS	: Milattan sonra

ÖZET

2018/2-58 M No'lu "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı bu projede Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı konumunda olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tarihsel deprem geçmişi paleosismolojik verilerle ortaya konması ve literatürdeki mevcut karmaşanın ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Projede öncelikle fayın geometrik özellikleri ile birlikte Kuvaterner dönemindeki depremselliğinin araştırılması, ayrıca segment üzerindeki depremlerin ^{14}C ve OSL (Optiksel Uyarılmayla Lüminesans) yöntemleri ile tarihlendirilmesi ve deprem tekrarlanma periyodunun bulunması hedeflenmiştir. Bu kapsamda DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti üzerinde açılan 5 adet hendegın 4'ünde bu segmenti temsil ettiği kesin ve net olan fay zonlarına rastlanılmıştır. Hendeklerden derlenen örneklerin radyometrik yaş tayinlerine göre segmentin en eskisi MÖ 5209 ile 8351 yılları arası en yenisi MS 1452-1529 aralığı olacak şekilde yüzey kırığına neden olmuş çok sayıda depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile literatürde yer alan 1114 ve 1513 depremlerine Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin kaynaklık ettiği net olarak ortaya konmuştur. Dolayısıyla Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti için önerilecek en uygun deprem tekrarlanma aralığının 400 ± 28 yıl olduğu saptanmıştır. Ancak bu aralığın segmentin sadece münferit olarak kırılması durumu için geçerli olduğu unutulmamalıdır. 6 Şubat 2024 Kahramanmaraş depremlerinde de görüldüğü gibi bu aralığın aşılması durumunda Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti münferit değil çok sayıda fay ile birlikte çoklu kırılmaya neden olacak şekilde depremler üretmektedir.

Anahtar Kelimeler:

Deprem, Doğu Anadolu Fay Zonu, Kahramanmaraş, Pazarcık Segmenti, Paleosismoloji

ABSTRACT

In this project titled "Paleoseismological Characteristics of the Gölbaşı-Türkoğlu Segment of the Eastern Anatolian Fault Zone" (2018/2-58 M), it is aimed to reveal the historical earthquake history of the Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segment, which is the most important earthquake source for Kahramanmaraş province, with paleoseismological data and to eliminate the existing confusion in the literature. The objectives of the project were to study the Quaternary seismicity of the fault, together with its geometric characteristics, to date the earthquakes on the segment using ^{14}C and OSL (Optical Stimulated Luminescence) methods, and to determine the earthquake recurrence period. In this respect, 4 of the 5 trenches excavated on the Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segment of the DAFZ have revealed fault zones that clearly represent this segment. According to the radiometric age determinations of the samples collected from the trenches, it was determined that the segment was the source of many earthquakes that caused surface fractures, the oldest of which was between 5209 and 8351 BC and the most recent between 1452-1529 AD. From the data obtained, it is clear that the Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) segment was the source of the 1114 and 1513 earthquakes mentioned in the literature. Therefore, it was determined that the most appropriate earthquake recurrence interval for Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segment is 400 ± 28 years. It should be noted, however, that this interval is only valid for a single rupture of the segment. If this interval is exceeded, as seen in the Kahramanmaraş earthquakes of 6 February 2024, the Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segment produces earthquakes that cause multiple ruptures with many faults, not individually.

Keywords:

Earthquake, Eastern Anatolian Fault Zone, Kahramanmaraş, Pazarcık Segment, Palaeoseismology

1. GİRİŞ

Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Kuşağı üzerinde yer alan Türkiye, tüm dünyada önemli bir deprem ülkesi olarak bilinmekte ve tanınmaktadır. Deprem kayıtlarına bakıldığında, bu tanıma uygun olacak şekilde tarihsel dönemlerden itibaren günümüze kadar geçen süre içerisinde Türkiye’de çok önemli ve yıkıcı depremlerin olduğu görülmektedir. Bu depremler içinde son dönemde meydana gelen en büyük depremlerden biri olan ve gerçekten afet boyutuna ulaşan 1999 Marmara depremi ülkemizin deprem gerçeğinin anlaşılması ve konuya devletin gereken ilgiyi göstermesi açısından bir milat oluşturmuştur. Bu depremten sonra, ülkemizin en önemli gündem maddelerinden biri haline gelen deprem ve buna bağlı olarak deprem zararlarının azaltılması konusunda çok ciddi ve önemli çalışmalar başlatılmış, zemin ve üzerine inşa edilecek yapılar hakkında deprem yönetmelikleri hazırlanmıştır. Fakat çıkarılan yönetmeliklerin deprem zararlarının azaltılması konusunda tek başına yeterli olmadığı, bu kapsamda ayrıca deprem kaynağı olan fayların deprem potansiyellerinin tanımlanması ve konuya ilişkin olarak bilimsel yöntemlerle çalışılmalar yapılması gerektiği görülmüştür. Bu nedenle MTA Genel Müdürlüğü tarafından gerekli çalışmalar yapılarak 2011 yılında Türkiye Diri Fay Haritası güncellenmiş, böylece Türkiye’de deprem kaynağı olabilecek, yani deprem oluşturabilecek aktif faylar yeniden belirlenmiştir. Ancak bu fayların tarihsel süreçteki depremselliği ve gerçekten aktif olup olmadıklarına ilişkin tektonik özellikleri paleosismoloji çalışmaları ile belirlenebilmekte olup, ne yazık ki bu konuda halen yapılan çalışmaların yetersiz ve eksik olduğu görülmektedir. Bu nedenle 2015 yılından itibaren MTA Türkiye Paleosismoloji Araştırmaları Projesi (TURPAP) kapsamında Türkiye Diri Fay Haritası’nda yer alan faylar üzerinde her yıl belli bölgelerde belli faylar üzerinde paleosismoloji çalışmaları gerçekleştirmektedir. Türkiye Diri Fay Haritası’nda yer alan tüm fayları kapsayan bu çalışmada maalesef henüz istenilen düzeye gelinememiştir. Bu nedenle 2023 yılında TÜBİTAK ve AFAD koordinasyonu ile Türkiye Diri Faylarının Paleosismolojik Özelliklerinin Belirlenmesi başlıklı bir KAMAG projesi oluşturulmuş olup, bu sayede üniversitelerde paleosismoloji konusunda uzman isimlerin oluşturacağı ekiplerle 2 yıl içerisinde birçok fayın paleosismolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerine kadar Türkiye’de deprem tehdidi ile karşı karşıya olan illerin en başında Kahramanmaraş’ın geldiği hemen hemen tüm yer bilimciler tarafından kabul edilmekteydi. Kahramanmaraş ve civarındaki bu büyük ve ciddi deprem

tehdidinin ise Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin özellikle Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) segmentinden kaynaklandığı bilinmekteydi (Şekil 1.1). Zira tarihsel verilere göre DAFZ'nin diğer segmentleri 1800'lü yıllarda yıkıcı depremler oluşturmuşken Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin o tarihten beri suskun olup, enerji biriktirdiği biliniyordu. Ancak yukarıda belirtildiği gibi paleosismoloji çalışmalarındaki eksiklikler nedeni ile DAFZ'nin Pazarcık Segmenti'ndeki son depremler hakkında da tartışmalar bulunmaktaydı. 1114 depreminin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) segmenti ile ilgili olduğu kabul ediliyor ancak, 1513 depremine hangi fayın kaynaklık ettiği tam olarak bilinemiyordu. Bu durum, Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tekrarlanma periyodu hakkında tartışmaları da beraberinde getiriyordu. Örneğin Erkmen ve diğ. (2009), tarafından yapılan paleosismoloji çalışmasında Pazarcık Segmenti üzerinde en son 7.0-7.5 büyüklüğündeki bir depremin 1000-1100'lü yıllarda meydana geldiği ve yaklaşık 900 yıldır yüzey faylanması oluşturan büyük bir depremin olmadığı belirtilirken, Yüksel (2009) tarafından yapılan çalışmada ise en yaşlısı 14997 ± 55 ; en genci 371 ± 30 yıl olarak belirlenen depremlere göre Pazarcık Segmenti için tekrarlanma aralığının en fazla 403; en az 253 ± 30 yıl olarak ortaya çıktığı, ancak bunların ortalaması alınarak 328 ± 30 yıllık bir tekrarlanma aralığının benimsenebileceği belirtilmiştir. Yine Erkmen ve diğ. (2009), açılan hendeklerde 1513 depremine ait bir ize rastlanmadığını belirtmekle birlikte saptadıkları 900 yıllık enerji birikimi evresi nedeni ile Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin yakın gelecekte deprem potansiyeli çok yüksek bir sismik boşluk konumunda olduğunu öne sürmüşlerdir. Yüksel (2009) ise belirledikleri 328 ± 30 yıllık bir tekrarlanma aralığı ve son depremden bu yana geçen 371 ± 30 yıllık süre nedeni ile Erkmen ve diğ. (2009)'ne benzer şekilde Gölbaşı-Türkoğlu fay segmentinin büyük bir deprem açısından riskli dönemde olduğunu ve yakın gelecekte böyle bir deprem olabileceğini iddia etmişlerdir.

Bu projede Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı konumunda olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tarihsel deprem geçmişin paleosismolojik verilerle ortaya konması ve literatürdeki mevcut karmaşanın ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Projede öncelikle fayın geometrik özellikleri ile birlikte Kuvaterner dönemindeki depremselliğinin araştırılması, ayrıca segment üzerindeki depremlerin ^{14}C ve OSL (Optiksel Uyarılmayla Lüminesans) yöntemleri ile tarihlendirilmesi ve deprem tekrarlanma periyotları ile yıllık kayma hızlarının bulunabilmesi durumunda, segmentin deprem riskinin belirlenmesi planlanmıştır. Bu sayede çok önemli bir sismik boşluk olarak kabul edilen bu segment hakkında, 1513 depremi gibi tartışmalı konular başta olmak üzere eksik olan paleosismolojik verilere ulaşılması ve literatüre eklenmesi amaçlanmıştır.

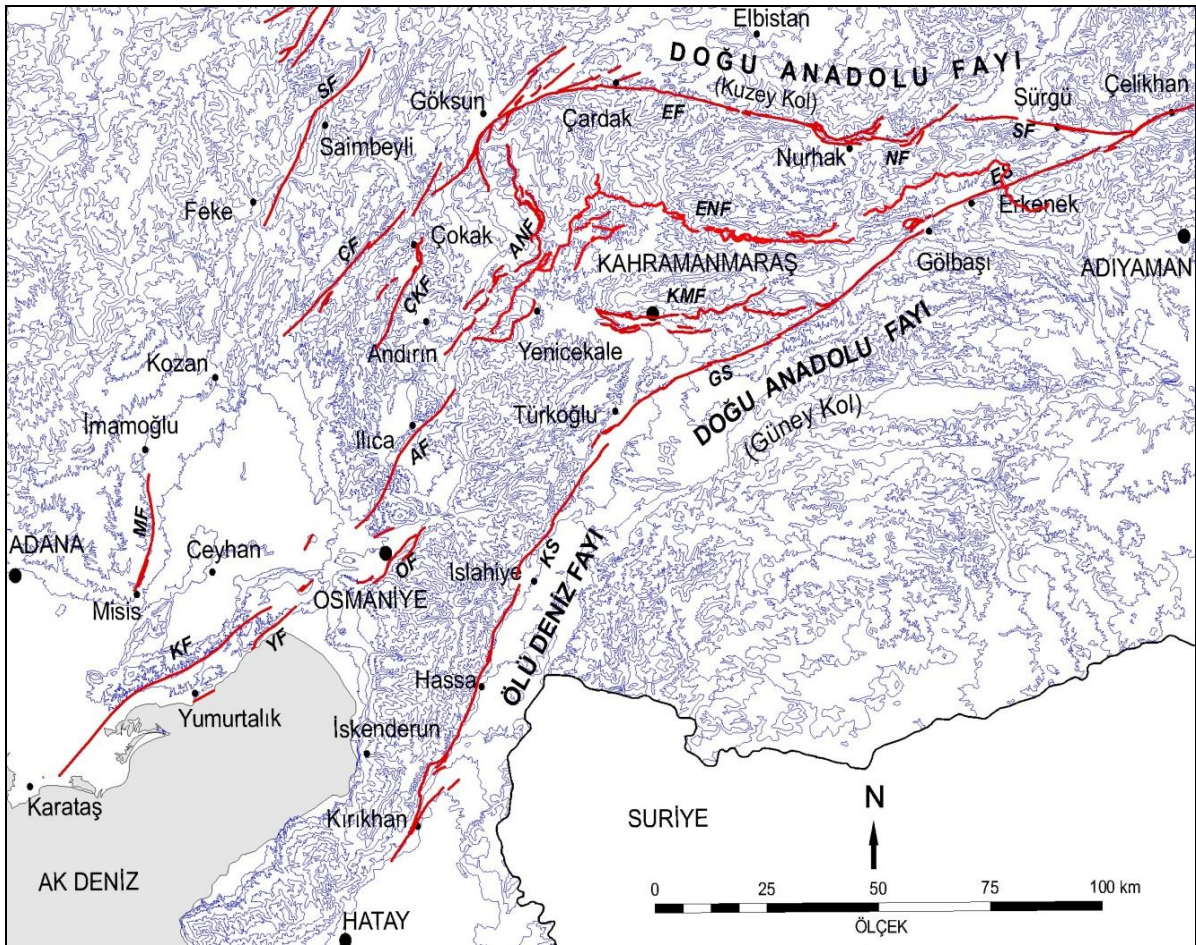
2. MATERYAL VE YÖNTEM (METOD)

Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı konumunda olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti 2018/2-58 M No'lu "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı projenin materyalini oluşturmaktadır. Bu kapsamda öncelikle Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti ile ilişkili olarak mevcut literatür incelenmiştir. Gerçekleştirilen literatür taraması çalışmaları sonrasında detaylı arazi gözlemleri ve incelemeleri aşamasına geçilmiştir. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'ne ilişkin veriler aşağıda Materyal bölümünde, bu segmentin paleosismolojik özelliklerinin belirlenmesi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar ise Yöntem bölümlerinde sunulmuştur.

2.1. Materyal

Orta Miyosen sonunda, Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca Neotetis okyanusunun kapanarak Anadolu ve Arabistan levhaları arasında kıta-kıta çarpışmasının gerçekleşmiş olmasına karşılık, daha güneyde Kızıldeniz'in açılmasına bağlı olarak Arap levhasının K-KD'ya doğru devam eden hareketi, Türkiye'de tektonik rejimin değişmesine ve yeni tektonik (Neotektonik) döneme girilmesine neden olmuştur (Koçyiğit, 1984). Neotetis'in kapanmasıyla ilişkili olarak oluşan ve Dünya'nın en önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya Kuşağı üzerinde yer alan Anadolu levhası içerisinde bu rejim değişikliği ile birlikte süregelen levha hareketleri Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonlarının oluşumuyla karşılanmaya başlanmış ve dolayısıyla Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonları Türkiye'nin en önemli deprem kaynakları konumuna gelmiştir. Bunlardan yaklaşık 550 km uzunluğunda ve sol yönlü doğrultu atımlı bir fay olan DAFZ'nin genel özellikleri ve aktif tektonik konumu üzerine ilk çalışmalar Allen (1969) ve Arpat ve Şaroğlu (1972, 1975) tarafından yapılmış olup, fay zonu bu çalışmacılar tarafından adlandırılmıştır. Fay zonunun tamamını kapsayacak şekilde yapılan en son genel çalışmalar ise MTA Jeoloji Etütleri Dairesi bünyesinde Herece (2008) tarafından gerçekleştirilen "Doğu Anadolu Fay Atlası" başlıklı çalışma ile Duman and Emre (2013) tarafından yapılan "The East Anatolian Fault: Geometry, Segmentation And Jog Characteristics" başlıklı çalışmalardır. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun farklı bölümleri ve bu zonla ilişkili yapısal unsurlara ilişkin olarak ise günümüze değin birçok çalışma yapılmıştır (Mc Kenzie, 1970, 1976; Erdoğan, 1975; Kozlu, 1982; Perinçek, 1978; Perinçek ve Eren, 1990; Perinçek ve Çemen, 1990; İmamoğlu, 1993; Türkünal, 1996; İnan ve diğ., 2008; Kop ve diğ., 2014). Karlıova'dan

(Bingöl) başlayarak GB'ya doğru tek bir zon şeklinde uzanana (Alen 1969; Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975; Herece, 2008), ancak Çelikhán civarında iki ana kola ayrılan DAFZ'nin, Sürgü üzerinden Göksun'a ve oradan da kuzeye dış bükey büyük bir büküm oluşturarak GB'da Adana Havzası'na doğru uzanan bölümü DAFZ'nin Kuzey Kolu, Çelikhán'dan sonra Gölbaşı ve Pazarcık üzerinden Kahramanmaraş yakın D-GD'sundan geçerek güneye doğru yönelip Antakya'ya kadar ulaşan bölümü ise DAFZ'nin Güney Kolu olarak adlandırılmıştır (Duman ve Emre, 2013) (Şekil 2.1).



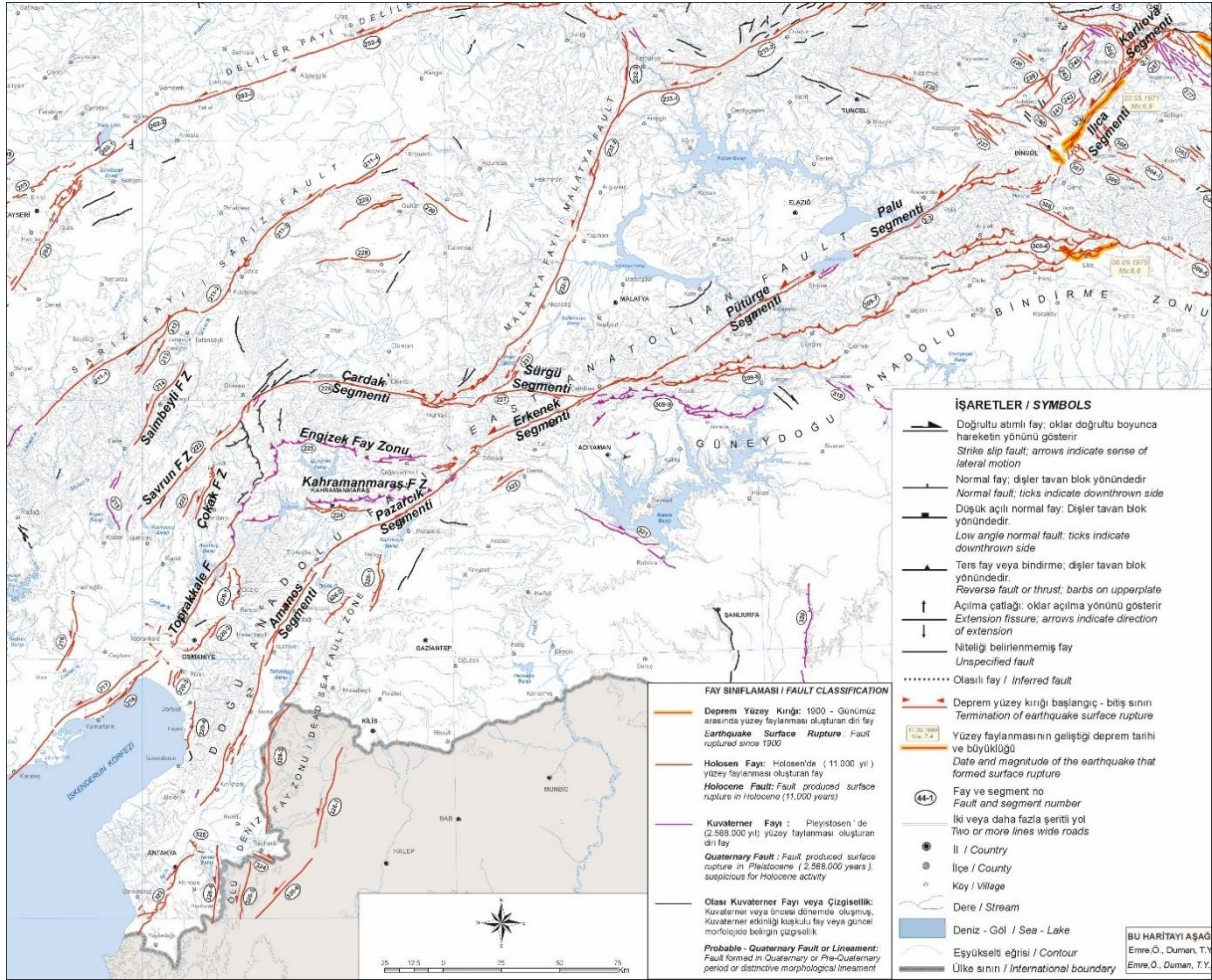
Şekil 2.1: DAFZ'nin Kahramanmaraş ve civarındaki kol ve segmentleri (Kısaltmalar; ES: Erkenek Segmenti, GS: Gölbaşı Segmenti, KS Karasu Segmenti, SF: Sürgü Fayı, NF: Nurhak Fayı, EF: Elbistan Fayı, ÇF: Çiçeklidere Fayı, SF: Saimbeyli Fayı, TF: Tufanbeyli Fayı, ÇKF: Çokak Fayı, ENF: Engizek Fay Zonu, ANF: Andırın Fayı, KMF: Kahramanmaraş Fay Zonu, AF: Aslantaş Fayı, KF: Karataş Fayı, YF Yumurtalık Fayı) (Emre ve diğ., 2013).

Antakya civarında Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile birleşen ve bu özelliği ile Arap ve Anadolu levhaları arasında KD-GB doğrultusunda bir levha sınırı oluşturan DAFZ'nin güney bölümü, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile birlikte Anadolu bloğunun batıya doğru kaçışını sağlayan iki transform faydan biri konumundadır (Ketin, 1948; McKenzie,

1972; Dewey, 1976; Şengör, 1979; Şengör ve Canitez, 1982; Hempton, 1982; Şengör ve diğ., 1985). Geç Pliyosen döneminde oluşan DAFZ'deki toplam sol yönlü doğrultu atım 15-27 km arasında değişmektedir (Şaroğlu ve diğ., 1992; Arpat and Şaroğlu, 1972; Herece, 2008). GPS verilerine göre DAFZ'deki güncel kayma hızı yaklaşık 10 mm/yıl dır (McClusky ve diğ., 2000).

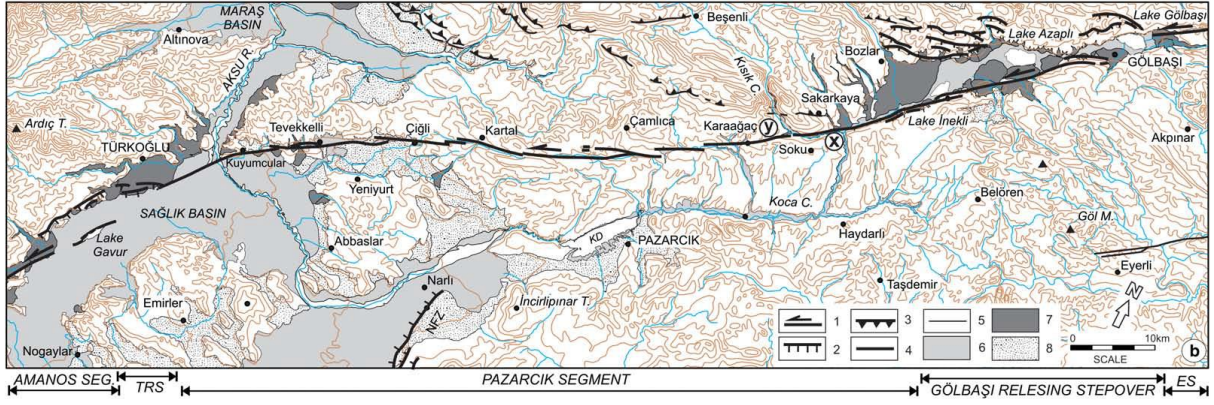
Şaroğlu ve diğ. (1992) DAFZ'yi sırasıyla; Karlıova-Bingöl, Palu-Hazar Gölü, Hazar Gölü-Sincik, Çelikhan-Erkenek, Gölbaşı-Türkoğlu ve Türkoğlu-Antakya olarak adlandırılan altı geometrik segmente ayırmışlardır. Duman ve Emre (2013) ise DAFZ'nin Karlıova-Antakya arasında uzanan ana kolunun, KD'dan GB'ya doğru sırasıyla Karlıova, Ilıca, Palu, Pütürge, Erkenek, Pazarcık, Amanos, Serinyol ve Antakya olacak şekilde 9 segmentten oluştuğunu öne sürmüşlerdir. Bu çalışmanın konusunu oluşturan Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti için hem Türkiye Diri Fay Haritası'nda hem de Duman ve Emre (2013) tarafından yapılan çalışmada "Pazarcık segmenti", Herece (2008) tarafından yapılan çalışmada ise "Gölbaşı Bölütü" adları kullanılmıştır. Bu çalışmada ise hem yapılan ilk adlamaya sadık kalınıp hem de Türkiye Diri Fay Haritası esas alınarak "Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti (Pazarcık)" şeklinde bir adlama kullanılmıştır.

DAFZ'nin kuzey kolu ise Sürgü-Misis Fay Sistemi (SMSF) olarak bilinmektedir (Duman ve Emre, 2013). Çelikhan (Adıyaman) güneyinden itibaren ana koldan (DAFZ) ayrılan ve sol yanal doğrultu atımlı fay özelliği gösteren Sürgü-Misis Fay Sistemi, Çelikhan (Adıyaman) ile Göksun (Kahramanmaraş) arasında D-B genel doğrultusunda uzanan Sürgü, Nurhak ve Çardak Segmentleri ile K50D doğrultulu Doğanşehir Fay Zonu tarafından temsil edilmektedir. Sürgü, Nurhak ve Çardak faylarından oluşan bölümün uzunluğu 160, Doğanşehir Fay Zonu'nun uzunluğu ise 50 km'dir. Göksun bükümünden itibaren 45° GB'ya dönerek, KD-GB doğrultusunda devam eden bu bölüm, Göksun'dan itibaren GB'ya doğru sırasıyla, Savrun, Çokak, Misis fayları üzerinden Adana doğusuna kadar uzanmaktadır. Kürçer ve diğ. (2023), DAFZ'nin Kuzey Kolu'na ait iç bölümün daha karmaşık bir fay geometrisi sunduğunu ifade etmişler ve bu bölümün en kuzeydoğu kısmının, D-B doğrultulu ve kuzeye eğimli ters faylar içeren Engizek ve Kahramanmaraş fay zonları ile temsil edildiğini öne sürmüşlerdir. Bu fayların güneybatısında, KD-GB doğrultulu sol yanal doğrultu atımlı Toprakkale, Karataş ve Yumurtalık segmentleri, bu kuşağın hemen doğusunda ise KKD-GGB doğrultulu olan ve baskın olarak normal fay karakteri sunan Düziçi, Osmaniye, Erzin ve Payas segmentleri yer almaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Türkiye Diri Fay Haritası'na göre DAFZ'nin segmentleri (Emre ve diğ., 2013).

K55°D genel doğrultusu ile Gölbaşı gevşeten sıçrama alanı ve Türkoğlu gevşeten bölümü arasında 90 km boyunca uzanım sunan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti doğu bölümde kuzeye, batı bölümde ise güneye içbükey olacak şekilde hafifçe kavisli bir geometri sunmaktadır (Şekil 2.3). Segmentin doğu bölümü Gölbaşı Kuvaterner havzasının güney kenarını sınırlamakta ve 250 m genişliğinde sola sıçrama yaparak havza içerisinden geçmektedir. Bu nedenle fayın bu bölümünde büyük bir yarım graben yapısının geliştiği ve bu yapı içerisindeki çöküntülerde GB'dan KD'ya doğru sırasıyla İnekli, Azaplı ve Gölbaşı olarak adlandırılan göllerin oluştuğu görülmektedir. Aynı alanda yine fay ilişkili olarak gelişen bariz morfolotektonik yapılar olduğu gözlenmekte olup, Balkar Beldesi GB'sında yer alan ve Aktepe (943 m) olarak adlandırılan basınç sırtı bu yapılara verilebilecek en güzel örneklerden biridir (Şekil 2.4).



Şekil 2.3: DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu arasındaki bölümünün haritası (Kısaltmalar; PS: Pütürge segmenti, ES: Erkenek segmenti, GRS: Gölbaşı gevşeten sıçraması, TRS: Türkoğlu gevşeten sıçraması, H: Tepe; M: Dağ; C: Dere; KD: Kartalkaya Barajı (1) Sol yanal doğrultu atımlı fay, (2) Normal fay, (3) Ters fay veya bindirme, (4) Doğu Anadolu Fayı, (5) Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu; (6) Ayrılmamış Holosen çökelleri, (7) Ayrılmamış Kuvaterner çökelleri, (8) Heyelan, 'x' ve 'y' referans noktalar, Duman and Emre 2013'den değiştirilmiştir).



Şekil 2.4: Balkar Beldesi GB'sında Gölbaşı-Türkoğlu segmenti ile ilişkili olarak oluşan ve Aktepe (943 m) olarak adlandırılan basınç sırtının arazi görünümü (G'den K'ye panoramik bakış).

Genel olarak dağlık arazi içerisinde geçen segmentin 29 km uzunluğundaki orta bölümü, 250-600 m arasında değişen genişliklerde sola kademeli (en echelon) sıçramalar yapan 4-14 km uzunluğundaki faylardan oluşmaktadır. Karaağaç bölgesindeki 20 km'lik bir alanda faya verek gelen birçok dereyle birlikte özellikle Kısık ve Koca derelerde çok bariz olarak görülecek şekilde sol yanal hareketi gösteren sistematik ötelenmelerin olduğu görülmektedir. Bu bölümde Şaroğlu ve diğ. (1992) tarafından ortalama 4 km'lik bir ötelenme ölçülmüştür. Bu alanda ayrıca özellikle Aksu çayı vadisinde fayın varlığını net şekilde ifade eden üçgen yüzeylerin ve bazı yamaçlarda ise yersel küçük kütle akımlarının geliştiği görülmüştür (Şekil 2.5). Sakarkaya köyü güneyinde ise fayın Kretase yaşlı kireçtaşları ile Aksu çayı vadisini dolduran alüvyonlar arasında belirgin bir çizgisel dokanak oluşturacak şekilde uzandığı gözlenmiştir.



Şekil 2.5: Kısık dere vadisi içerisinde faya paralel dizilmiş üçgen yüzeylerin arazi görünümü (KD'dan GB'ya bakış, Erkmen ve diğ., 2009).

Orta bölümü 3 km kadar kapatan segmentin batıdaki sol bölümü, sola sıçrama ile birbirinden ayrılan hemen hemen eşit boyutta iki koldan oluşmaktadır. Kartal köyünün yakın KD'sundaki Gölalanı mevkiinde yaklaşık K78D doğrultulu olan fay, bu alandan B-GB'ya doğru yaklaşık K65D doğrultulu olarak Koçalı Karmaşığı içinden dar bir zon boyunca geçip, Tevekkeli köyüne doğru uzanmaktadır. Tevekkeli köyü mevcut yerleşim alanının yaklaşık 0.5 km güneyinden geçerek GB'da Deveboynu tepeyi (637m) kuzeyden sınırlayan fay, bu alanda KB-GD yönünde akan Deveboynu dereyi sol yanal yönde yaklaşık 1300 m ötelemiştir. Benzer şekilde biraz daha GB'da yer alan Domuz tepeyi KB'dan sınırlayan fay yine KB-GD akışlı derelerde sol yanal ötelenmeler oluşturmaktadır (Herece, 2008). Tevekkeli köyü GB'sında Kocalar köyü güneyi, Öksüzlü köyü kuzeyi ve Küpeliköz köyü içerisindeki Ziyaret tepe güneyinden geçen fay, daha sonra Kuyumcular köyü GB'sındaki Büyük tepe eteklerine doğru uzanmaktadır. Duman ve Emre (2013), Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin Tevekkeli köyü civarında ofiyolitik kayalar ile alüvyonal birimleri birbirinden ayırdığını daha GB'da ise tamamen alüvyonal bir ova içerisinde geçip, geniş bir kavis yaparak Gavur Gölü pull-apart (çek-ayır) havzasında sonlandığını, ayrıca bu alanda kuzey kenarı yükselen alüvyal düzlük içerisinde Aksu Nehri'nin daha önceden kazılmış bir yatak içerisine yerleştiğini belirtilmişlerdir. Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) segmenti için 19-25 km arasında değişen toplam ötelenme (Yalçın 1979; Westaway et al. 1996; Herece 2008) ve paleosismolojik çalışmalardan Holosen için yıllık 9 mm kayma hızı (Meghraoui et al. 2006; Karabacak et al. 2007) değerleri önerilmiştir. Elmalar'ın 4.5 km GD'sundaki dereye ölçülen 5 ± 0.2 m'lik ötelenme 1573 depremi ile ilişkilendirilmiştir (Herece 2008).

Kayıtlara göre, tarihsel dönemde (1900 yılından öncesi) 1114'te 7.8, 1513'te ise 7.4 büyüklüğünde depremler üretmiş olan Gölbaşı-Türkoğlu segmentinin günümüzde de benzer büyüklüklerde depremler üretmesi olasıdır. Yine tarihsel kayıtlara göre DAFZ'nin tüm segmentleri 1800-1900 yılları arasında 7 ve civarında depremler üretmişken, sadece Gölbaşı-Türkoğlu segmenti en son 1513'ten beri büyük bir deprem oluşturmamış ve 500 yılı geçen suskunluk ve enerji biriktirme evresi nedeniyle Türkiye'nin en önemli sismik boşluklarından biri olarak tanımlanmıştır.

2.2. Yöntem

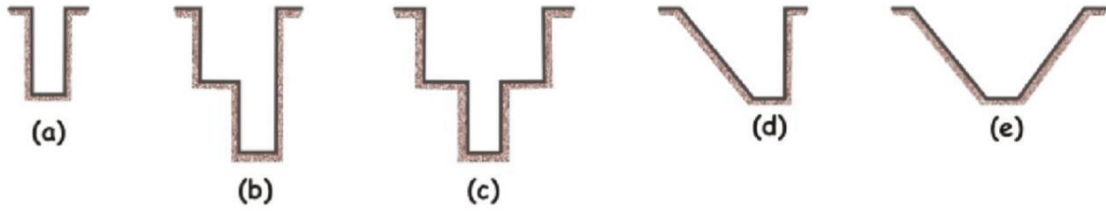
Çok genel olarak Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tarihsel deprem geçmişin paleosismolojik verilerle ortaya konması amaçlanan bu projede hedeflenen amaçlara ulaşılabilmesi için öncelikle hendek kazıları yapılmış ve bu hendeklerde fay varlığı araştırılmıştır. Açılan hendeklerde belirlenen fay zonlarının deprenselliği konusunda ise bu fayların kestiği veya örtüldüğü birimlerden radyometrik yaş tayini için örnekler derlenmiştir. Hendek kazıları ve örnek derlenmesine ilişkin yapılan çalışmalar aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

2.2.1. Hendek Kazıları

Paleosismoloji çalışmalarında kullanılan en önemli ve geçerli yöntem hendek kazısı yöntemidir. Gerçekleştirilen hendek kazıları ile yüzeyde belirlenen morfolojik yapıları oluşturan fayların tarihsel geçmişi ortaya çıkarılır. Yüzeyde silinmiş olan izler hendek tabanına kadar uzanan düzlemler yani hendek duvarları boyunca izlenebilir ve hendek stratigrafisi üzerinde meydana gelen değişimler değerlendirilerek deprem horizonları belirlenip yaşlandırılır. Hendek kazılarında en önemli aşama hendek yerinin belirlenmesidir. Fayın yerinin tam olarak belirlenmesi öncelikle hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri incelenmelerini içeren uzaktan algılama çalışmaları ile başlamaktadır. Daha sonra yüzey jeolojisi incelemeleri ve haritalaması ile birlikte fay ilişkili yapıların çok detaylı bir şekilde tanımlanması şeklinde devam eden çalışmalar, sığ jeofizik araştırmaları ile sonlanmaktadır. Faya ilişkin uygun veriler içeren alanlarda aynı zamanda Kuvaterner yaşlı çökelimin de mutlaka olması gerekmektedir. Uygun hendek alanlarının belirlenmesi sonrasında hendek açılacak yerin şahıs arazisi olması durumunda arazi sahibinden, kamu arazisi olması durumunda yetkili kurumdan izin alınması gerekmektedir. Hendekler faya dik konumda ve faya ait deformasyon zonunun tamamını kapsayacak boyutta açılmalıdır. Doğrultu ve yanıl atımlı faylarda dere ötelenmesi vb. bir morfolojik yapının belirlenmesi

durumunda ötelenme miktarının belirlenmesi amacıyla faya paralel hendekler de açılabilir.

Açılacak hendek tipi ve derinliği, kazı esnasında yapılan gözlemler de göz önünde bulundurularak, en sağlıklı ve en güvenli çalışmayı sağlayacak hendek tipi olacak şekilde tespit edilir. Hendek tipi; düz, tek tarafı basamaklı, çift tarafı basamaklı, tek tarafı eğimli veya çift tarafı eğimli olarak belirlenebilir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6: Hendek tiplerine ait kesitler. a) düz hendek, b) tek tarafı basamaklı hendek, c) çift tarafı basamaklı hendek d) tek yöne eğimli hendek e) çift yöne eğimli hendek (McCalpin, 2009).

Hendek kazısı sırasında hendek duvarları farklı malzemeler (kürek, bel, spatula, fırça, nijirigama vb.) kullanılarak hiçbir mekanik izin kalmayacak şekilde temizlenir ve incelenmeye hazır hale getirilir. Sonrasında hendek duvarlarında çirpi ipi kullanılarak 1x1m boyutunda karelej yapılır. Belirlenen fay zonu ve diğer önemli yapılar, boyalı çiviler kullanılarak daha belirgin şekilde görülecek hale getirilir. Bu şekilde incelemeye hazır hale getirilen hendek duvarlarının gölge ve güneşli ortamlarda hem ıslak hem de kuru fotoğrafları çekilir. Fotoğraf çekimi, her bir kare bir öncekini en az 1/3 oranında kapsayacak şekilde aşmalı olarak gerçekleştirilir. Çekilen fotoğraflar bilgisayar ortamında birleştirilerek hemdeğin tamamının tam karşıdan görülen halini yansıtan fotomozaikler oluşturulur. Daha sonra loglama işlemine geçilir ve hendek duvarlarında gözlenen tüm stratigrafik ilişkiler, yapısal unsurlar ve derlenen örneklerin yerleri hazırlanan fotomozaik görüntüler üzerine işlenir.

2.2.2. Tarihlendirme Çalışmaları

Kazılan hendeklerde fay zonunun ve bu zonun kestiği veya örtüldüğü birimlerin belirlenmesi sonrasında deprem olaylarının tarihlendirilmesi için örnek derlenmesi aşamasına geçilir ve örnekler radyometrik yöntemlerle tarihlendirilerek deprem oluş zamanları ortaya çıkarılır. Radyokarbon tarihleme yöntemi, bulunduğu 1950 yılından günümüze, yaklaşık son 50 bin yılda yeryüzünde meydana gelen arkeolojik, paleobotanik ve yerbilimsel olayların mutlak tarihlenmesi için kullanılan ana yöntem durumuna

gelmiştir. Geç Kuvaterner dönemi karasal çökelleri içerisinde, kömür veya organik malzemece zengin paleotoprak seviyelerinin bulunması nedeni ile radyokarbon tarihlendirme yöntemi olarak da bilinen ^{14}C tarihlendirme yöntemi, paleosismoloji çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle arkeolojide yaygın olarak kullanılan bu yöntemi geliştiren Williard Libby, 1960 yılında Nobel Ödülü ile onurlandırılmıştır. Organik madde içeren örneklerin tarihlenmesinde kullanılan ^{14}C yöntemi; canlı organizmaların bünyesinde denge halinde bulunan ^{14}C izotopunun, organizma öldüğü zaman beta bozunumu yaparak azalması ve bu azalmanın ölçülmesiyle geçen sürenin hesaplanması prensibine dayanmaktadır.

Dünyadaki karbon atomunun %99 kadarı 6 nötronlu ve atom ağırlığı 12 olan Karbon-12 (^{12}C) izotopudur. Yüzde 1 gibi bir oranda da 7 nötronlu Karbon 13 (^{13}C) atomu bulunur. Atmosferde bulunan Karbon 14 (^{14}C) miktarı ise son derecede azdır: diğer izotopların trilyonda biri kadardır (milyonda birinin milyonda biri kadar, 10^{-12}). Karbon 14 izotopları Dünya atmosferinin üst kesimlerinde kaynağı güneş olan enerjik nötronların bazı Azot (^{14}N) atomlarının çekirdeklerine hızla çarpmalarıyla oluşur. Bu nötronlar azot atomunun çekirdeğine katılır buna karşılık çekirdekten bir proton koparılır ve böylece 6 protonu, 8 nötronu olan yeni bir atom meydana gelmiş olur. Bu yeni atom proton sayısı (yani atom numarası) 6 olduğu için karbon özellikleri gösteren ama nötron sayısı 8 olduğu için atom ağırlığı daha fazla olan bir izotopdur. Karbon 14 izotopu, karbonun diğer izotopları gibi atmosferde oksijenle birleşerek karbondioksit (CO_2) haline gelir ve yaşamın karbon döngüsüne katılır. Yani bitkiler tarafından organik maddeye çevrilir, hayvanlar tarafından besin olarak tüketilir, tekrar havaya, suya veya toprağa karışır.

Atmosferin üst katmanlarında oluşan karbon-14 atomları, yeryüzüne yayılır. Canlılar sürekli çevreleri ile etkileşim halinde oldukları için canlıların vücutlarındaki ve atmosferdeki karbon-14 atomları sayısının toplam karbon atomları sayısına oranı hemen hemen aynıdır. Ancak canlılar öldükten sonra vücuda yeni madde girişi olmadığı için dokulardaki karbon-14 miktarı azalmaya başlar. Bu durum bir nesnedeki karbon-14/toplam karbon oranının ölçülerek o nesnenin çevresiyle karbon alışverişi yapmayı bıraktığı zamanın hesaplanmasına imkân verir.

Yaşayan bir organizma durmadan karbon alışverişi içindedir ama öldükten hemen sonra organizmaya yeni karbon 14 girişi durur, buna karşılık ölü organizmadaki karbon 14 atomları yavaş yavaş bozunarak azalmaya başlar. Bu değişim karbon 14 izotopunun

çekirdeğindeki bir nötronun bir miktar madde kaybederek protona dönüşmesi şeklinde olur. Böylece Karbon 14 (6p, 8n), Azot 14 (p7, n7) atomu haline gelir. Bu arada ortama bir beta parçacığı (yani elektron) salınır. Atmosferdeki $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ oranı yüz binlerce yıldır hemen hemen sabit olduğu için, organik bir örnekteki Karbon 14'ün Karbon 12'ye oranını bilmek bize organizmanın çevresiyle karbon alışverişi yapmayı bıraktığı yani öldüğü tarihi vermektedir. Karbon-14'ün yarılanma ömrü 5730 yıldır. Yani belirli bir maddedeki Karbon-14 miktarı her 5730 yılda bir yarıya düşmektedir. Örneğin bugün elinizde 1 kilogram Karbon-14 varsa, bu maddenin içindeki Karbon-14 miktarı 5730 yıl sonra yarım kiloya, 11.460 yıl sonra çeyrek kiloya düşecektir. Dolayısıyla 5730 yıl önce ölmüş bir organizmadan arta kalan organik maddelerdeki Karbon-14/toplam karbon oranının bugünkü değeri, bu oranın 5730 yıl önce atmosferdeki değerinin yarısı kadardır. Benzer biçimde, 11.460 yıl önce ölmüş bir organizmadan arta kalan organik maddelerdeki Karbon-14/toplam karbon oranının bugünkü değeri, bu oranın 11.460 yıl önce atmosferdeki değerinin dörtte biri kadardır. Atmosferdeki Karbon-14 miktarı zaman içinde az da olsa değişir. Ancak atmosferdeki karbon-14/toplam karbon oranlarının geçmişteki değerleri çeşitli yöntemlerle belirlenebilmektedir. Karbon-14 yöntemiyle güvenilir bir biçimde belirlenebilecek en eski tarih, yaklaşık 50.000 yıl öncesidir.

^{14}C dışında paleosismoloji çalışmalarında tarihlendirme amaçlı olarak kullanılan bir diğer yöntem Optik Uyarmalı Lüminesans'tır (Optic Stimulated Luminescence, OSL). Mineral yapısında çeşitli nedenlerle tuzaklanmış elektronların ışıkla uyarılarak çıkarılması Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL), ısıyla uyarılarak çıkarılması ise Termolüminesans (TL) yöntemlerinin temelini oluşturmaktadır (Buluş vd., 2005).

Lüminesans, bir maddenin ışık yayma yeteneğidir. Bazı maddeler, ışık enerjisi emer ve daha sonra bu enerjiyi yayarak kendilerini aydınlatır. Bu yayılan ışık, maddeye ışık vurmadan önce aldığı enerjiyle orantılı olabilir veya farklı bir dalga boyunda olabilir. Örneğin, fosforesan maddeler, aldıkları enerjiyi daha yavaş bir hızda yayarak uzun bir süre boyunca ışık saçabilirler. Lüminesans, günlük yaşamda fosforlu malzemelerde veya birçok ışıklandırma teknolojisinde kullanılır.

Optik Uyarmalı Lüminesans (OSL), radyoaktif radyasyona maruz kalmış malzemelerde biriken enerjiyi ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, özellikle arkeoloji ve jeoloji alanlarında eski dönemlere ait malzemelerin yaşını belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Geç Kuvaterner (son 100-200 bin yıl) içerisinde depolanan

Çökel katmanların en son ışığa maruz kaldığı (gömölme) tarih ve arkeolojik teknoloji ürünlerinin (anak, çömlek, seramik, briket, harç vb.) üretim tarihi OSL (Optik Uyarmalı Lüminesans) yöntemi aracılığıyla hesaplanabilir. Lüminesans tarihlendirme ve retrospektif dozimetri; kuvars, feldspat vb. doğal minerallerin iyonize radyasyonu soğuran birer dozimetri gibi davranarak birim zamanda birim kütle başına soğurduğu enerjinin ölçülmesi temeline dayanır. Doğadaki sabit düşük seviyeli iyonize radyasyonun kaynağı uzay merkezli kozmik radyasyon ve ^{232}Th , ^{40}K , ^{87}Rb , doğal U serilerinin bozunumunda yayınlanan dalga veya parçacık halindeki enerjidir. Bu radyasyon dozu kuvars, feldspat vb. doğal minerallerin kristal yapısı içerisindeki elektron ve hol tuzaklarında elektron ve hollerin birikmesine neden olur ve dışarıdan bir etki gelmediğı sürece kararlı olarak zamanın bir fonksiyonu olarak birikmeye devam eder (Şahiner ve diğ., 2017). Bu durum ancak dışarıdan ısı, ışık, mekanik vb., gibi bir etki geldiğinde bozulur. Bu etkilere doğal süreçlerden örnek olarak ayrışma, aşınma ve taşınma süreçleri ile ışığa maruz kalma ya da deprem, volkanik aktivite gibi ısı açığa çıkaran olaylar örnek verilebilir. Bu etkiler sonrası kristal yapısı içerisindeki tüm tuzaklar hızla boşalır ve böylece lüminesans saati sıfırlanmış olur. Gömölme sonrası tuzakların yeniden sabit bir hızla dolmaya başlamasıyla lüminesans saatin yeniden çalıştığı varsayılmaktadır. Tarihlendirilmesi istenen çökel katmanı ya da arkeolojik buluntunun, yerinde, ışık görmeden örneklenmesi, hedef minerallerin laboratuvar ortamında güvenli ışık koşullarında ayıklanması, kristal yapısı içerisindeki tuzakların yapısının ve yükünün kontrollü olarak araştırılması ile en son ısıya ve ışığa maruz kalınan zamana geri dönülebilir. Laboratuvar ortamında kontrollü uyarma işlemi ısıyla yapılırsa; termolüminesans (TL), ışıkla yapılırsa; optik uyarmalı lüminesans (OSL) tekniğı olarak isimlendirilir (Aitken, 1985).

2018/2-58 M No'lu "Doğru Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı bu projede kazılan hendeklerde belirlenen fay zonlarının neden olduğu depremlerin tarihlendirilebilmesi amacıyla 6 adet ^{14}C ve 5 adet OSL örneğı derlenmiştir. ^{14}C örneklerinin analizleri TÜBİTAK MAM Laboratuvarında, OSL örneklerinin kimyasal analiz ve ayıklanma işlemleri Sakarya Üniversitesi Mineral Ayırma Lüminesans Tarihlendirme Laboratuvarında, OSL yaş tayinleri ise Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

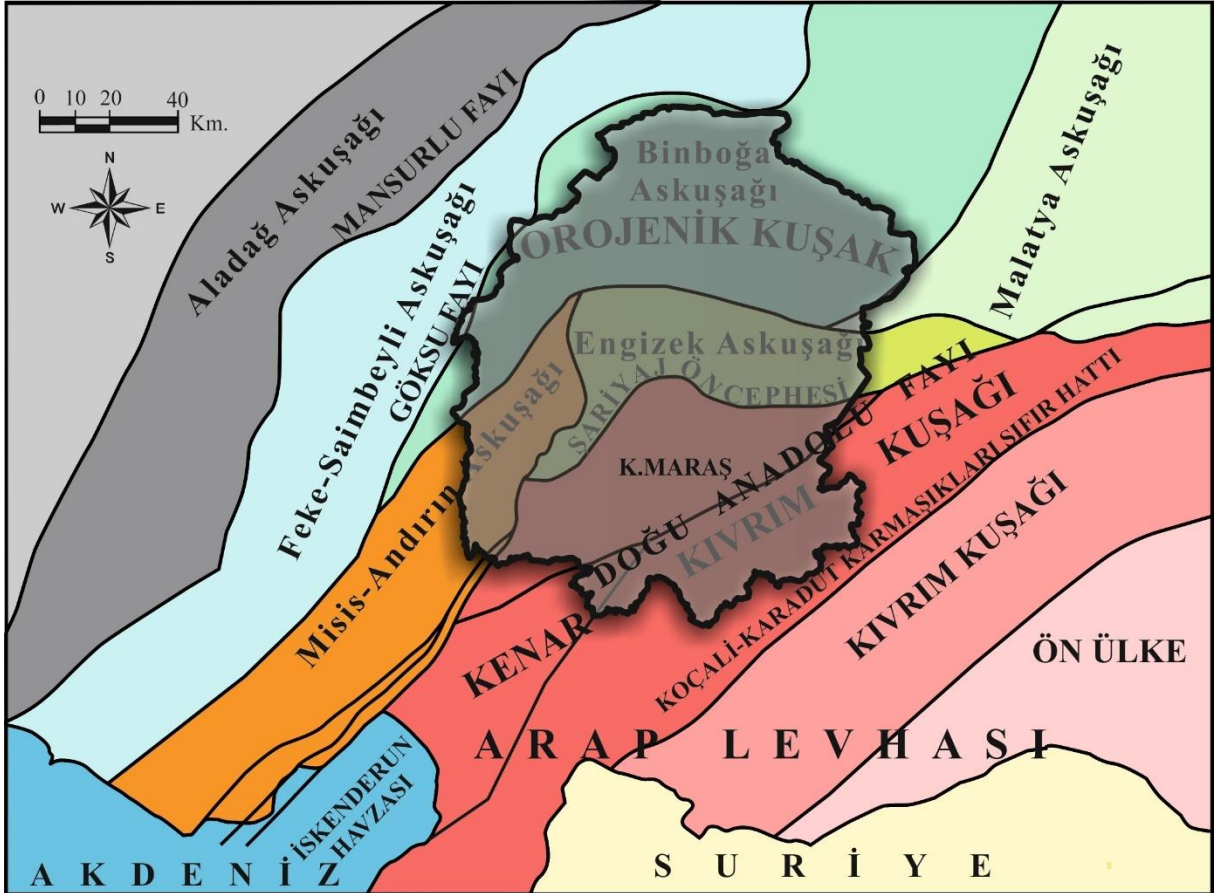
Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı durumunda olan DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin paleosismolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu proje kapsamında segmentin geçtiği alan ile ilgili olarak öncelikle bölgesel jeoloji, yapısal konum ve aktif tektonik konularında araştırma ve incelemeler yapılmıştır. Sonrasında paleosismoloji çalışmaları aşamasına geçilmiş olup, bu kapsamda belirlenen uygun alanlarda 5 adet hendek kazısı gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalara ilişkin detaylar ve elde edilen veriler aşağıda farklı konu başlıkları şeklinde sırasıyla sunulmuştur.

3.1. BÖLGESEL JEOLojİ

DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin geçtiği alan bölgesel tektonik konum açısından Arap ve Anadolu levhalarının birbirleri ile kenetlendiği zona oldukça yakın bir konumda yer almaktadır. Bu iki levhanın çarpışıp kenetlenmesi sonucunda, Kahramanmaraş yakın kuzeyinde çarpışmaya ilişkin en önemli ve büyük deformasyonların gözleendiği “Orojenik Kuşak” adı verilen bir kuşak oluşmuştur. Anadolu ve Arabistan levhaları arasındaki okyanusun kapanmasına bağlı olarak; Toros kuşağına ait kıtasal kabuk ve aradaki Neotetis'e ait okyanusal kabuk malzemelerin birbiri ile kenetlendiği bu kuşağın hemen güneyinde allokton konumlu ofiyolitlerin yüzeylediği alan ve daha güneyde ise Arabistan levhasına ait litolojiler gözlenmektedir. Tektonik açıdan, Gül (2000) Kahramanmaraş ve yakın civarını “Orojenik Kuşak” bu alanın güneyinde allokton konumlu Koçali Karmaşığı'na ait litolojilerin yüzeylediği alanı “Kenar Kıvrım Kuşağı”, daha güneyde tektoniğin etkili olduğu alanı “Kıvrım Kuşağı” ve en güneyde tektoniğin etkisinin azaldığı alanı ise “Ön Ülke olarak adlandırmıştır (Şekil 3.1). Buna DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin daha çok allokton konumlu Koçali Karmaşığı'na ait litolojilerin yüzeylediği “Kenar Kıvrım Kuşağı” içerisinde geçtiği görülmektedir. Tanımlanan alanda çok genel olarak genel olarak, Toros Orojenik Kuşağı, Güneydoğu Anadolu Otoktonu ve Örtü Kayaları'na ait magmatik, metamorfik ve sedimanter kayaç gruplarının tamamı ile volkanik veya volkano-sedimanter birimlerden oluşan litolojiler gözlenmektedir.

Güneydoğu Anadolu Otoktonu genel olarak, Prekambriyen-Miyosen yaş konağında gelişmiş, platform tipi kaya türlerini içermekte olup, otoktona ait kaya birimleri, aynı zamanda Arap platformunun kuzey uzantısı konumundadır. DAFZ'nin daha çok kuzey ve

güneyindeki dağlık alanlarda Güneydoğu Anadolu Otoktonu'na ait birimlerin yüzeylediği görülmektedir. Otoktonun alt Kambriyen-Jura arasındaki dönemi temsil eden birimleri yaşlıdan gence doğru sırasıyla Zabuk, Çaltepe, Seydişehir, Bedinan, Yığınlı formasyonları ve Küreci kalkerleri, tarafından temsil edilmektedir (Şekil 3.2). Otokton içerisinde yer alan ve ofiyolit napları yerleşimi sonrasında oluşan birimler ise sırasıyla Terbüzek, Haydarlı, Besni, Gercüş, Hoya ve Gaziantep formasyonlarından oluşmaktadır.



Şekil 3.1: Kahramanmaraş ve civarındaki tektonik kuşak ve askuşaklar ile DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin konumu (Gül, 2000'den değiştirilmiştir).

Orojenik Kuşak; genel olarak metamorfik ve metamorfik olmayan Toros Levhası'na ait kıtasal kabuk ile okyanusal kabuğun tektonikle karıştığı ve içinde Tersiyer yaşlı birimleri barındıran, allokton konumlu birliklerden meydana gelmiştir (Gözübol ve Gürpınar, 1980; Yılmaz, 1984; Yılmaz ve diğ., 1987). Bu tektonik birlikler Malatya Metamorfitleri, Andırın Kireçtaşı, okyanusal kabuğa ait Berit Metaofiyoliti, Koçali Karmaşığı ile Hatay Ofiyolitleri'nden oluşmaktadır. Allokton kayalardan Koçali Karmaşığı ve Hatay Ofiyolitleri üst Kretase'de, Malatya Metamorfitleri, Andırın Kireçtaşı ve Berit Metaofiyoliti ise Miyosen'de Güneydoğu Anadolu Otoktonu üzerine yerleşmişlerdir

(Yılmaz ve diğ., 1987; Gül, 2000). Koçali Karmaşığı ile Hatay Ofiyolitleri dışında Orojenik Kuşak'ta yer alan birimler genel olarak Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin kuzeyindeki dağlık kesimlerde yüzeylemeler sunmaktadır.

Birbirinden oldukça farklı tektonik ve yapısal özelliklere sahip Toros Orojenik Kuşağı ve Güneydoğu Anadolu Otoktonu'na ait birimler, Örtü Kayaları olarak adlandırılan Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı kaya türleri tarafından örtülmektedir.

Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmentinin Türkoğlu ilçe merkezi ile Çamlıca Mahallesi arasında uzanan GB bölümünün büyük çoğunluğu Hatay Ofiyolitleri içerisinde geçmektedir. GB'da Hatay Ofiyolitleri ile alüvyonlar arasındaki dokanağı oluşturan fay, KD'ya doğru yine Hatay Ofiyolitleri ile üst Maestrihtiyen yaşlı Besni, üst Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı Germav ve Zankleyen-Piyasenziyen yaşlı Esmepuru formasyonlarını karşı karşıya getirmektedir. Çamlıca Mahallesi ile İnekli gölü arasında uzanan orta bölümünde fay üst Kretase yerleşim yaşlı Koçali Karmaşığı, üst Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı Germav, alt-orta Eosen yaşlı Hoya, Serravaliyen-Tortoniyen yaşlı Şelmo, Zankleyen-Piyasenziyen yaşlı Esmepuru ve Döndükler formasyonları ile Kuvaterner yaşlı alüvyon ve alüvyon yelpazeleri içerisinde geçmektedir. İnekli Gölü ile Ozan köyü arasındaki KB bölümünde ise fayın KB bloğunda yer alan Zankleyen-Piyasenziyen yaşlı Esmepuru ve Döndükler formasyonları ile Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazesi, alüvyon gölsel bataklık çökellerinin, fayın GD bloğunda yer alan üst Kretase yerleşim yaşlı Hatay Ofiyolitleri ve Koçali Karmaşığı ile üst Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı Germav, alt-orta Eosen yaşlı Hoya, Serravaliyen-Tortoniyen yaşlı Şelmo, Zankleyen-Piyasenziyen yaşlı Esmepuru ve Döndükler, alt Pleyistosen Pazarcık ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile karşı karşıya geldikleri gözlenmektedir (Şekil 3.2).

Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin geçtiği alan ve civarının jeodinamik evrimi Anadolu ve Arabistan levhalarının başta münferit sonrasında ise kenetlenerek bir araya gelmeleri sonrasındaki gelişimleri ile şekillenmiştir. Bu nedenle bölgede temeli aynı zamanda Arabistan levhasının da temelini oluşturan ve Amanoslar'da gözlenen kayaçlar oluşturmaktadır (Atan, 1969; Aslaner, 1973; Dean and Krummenacher, 1961; Demirkol, 1988; Yalçın 1980; Yılmaz, 1984; Kop ve diğ., 2002). Ana eksenine hemen hemen paralel konumda gelişmiş büyük bir antiklinal yapıya bağlı olarak, Amanoslar'ın merkezinde daha çok Prekambriyen ve Paleozoyik yaşlı litolojiler, kanatlarında ise daha çok Mesozoyik ve sonrası döneme ilişkin litolojiler gözlenmektedir.

Amanoslar'da yüzeyleyen en yaşlı birim genel olarak silttaşı şeyl ve kumtaşı litolojilerinden oluşan Prekambriyen yaşlı Sadan formasyonudur. Üst seviyelere doğru tane boyunun büyümesi nedeniyle giderek sığlaşan bir denizde çökelmiş olduğu düşünülen Sadan formasyonu üzerine diskordansla alt Kambriyen yaşlı Zabuk formasyonu gelmektedir. Birim, tabanda kuvarsitik bir hamur içinde dağılmış çakıldaşları ile başlayıp, daha sonra kalın tabakalı, olgunlaşmış kuvarsitlere geçiş göstermektedir. Birimin üst seviyelerinde ise kuvarsitler arasında yer yer şeyl arabantlarına ve çapraz tabakalanmalara rastlanmaktadır. Zabuk formasyonunun litolojik özellikleri giderek derinleşen yüksek enerjili bir denizi ifade etmektedir. Zabuk formasyonu üzerine gelen alt-orta Kambriyen yaşlı Çaltepe formasyonuna ait dolomit ve dolomitik kireçtaşı litolojisi olasılıkla biraz daha derin bir denizel ortamda çökelmiştir. Çaltepe formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan orta Kambriyen-orta Ordovisiyen yaşlı Seydişehir formasyonu ise tabanda şeyllerle başlamakta, üst seviyelere doğru ise tabaka kalınlıkları ve tane boyu giderek artan kuvarsitlere geçiş göstermektedir. Yüksek enerjili kıyı önü ve delta ortamında çökelişi ifade eden Seydişehir formasyonu üzerine kumtaşı araseviyeli şeyl litolojisine sahip olan üst Ordovisiyen yaşlı Bedinan formasyonu çökelmiştir. Bu birim üzerinde ise zaman zaman çalkantılı olmakla birlikte çoğunlukla sığ ve sakin bir platform ortamında çökelişi temsil eden ve kireçtaşı şeyl aralanmasından oluşan Devoniyen yaşlı Yığınlı formasyonu bulunmaktadır.

Amanoslar'da gözlenen Paleozoyik istifeye ait çökeltme koşulları dikkate alındığında, Kambriyen başlarında sığ bir deniz ortamında başlayan çökelişin, önce giderek derinleşecek, Orta Kambriyen sonrasında ise yeniden sığlaşacak şekilde devam ettiği söylenebilir. Bölgede Triyas'ta tekrarlanan transgresif istif nedeniyle altta detritik malzeme ve çakıldaşlarıyla başlayıp, üste doğru kuvarsitler ve aralarında dolomit bantları bulunan üst Triyas-alt Jura yaşlı Arılık formasyonu çökelmiştir. Giderek derinleşen bir denizin varlığını gösteren Arılık formasyonu ile dereceli bir geçişe sahip olan üst Triyas-alt Jura yaşlı Küreci dolomiti sığ deniz ortamındaki bir platformda oluşan dolomit ve dolomitik kireçtaşı ile temsil edilmektedir. Küreci dolomiti üzerine yine egemen olarak dolomit ve dolomitik kireçtaşı litolojisine sahip üst Jura-alt Kretase yaşlı Karadağ kireçtaşı gelmektedir. Tanımlanan birim Kahramanmaraş güneyinde yersel fasiyes değişiklikleri ile killi-kumlu kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşı litolojileri içeren ve Jura-Kretase dönemini temsil eden birim Derdere formasyonu olarak tanımlanmıştır. Kretase sonunda, kapanması

nedeniyle Neotetis'in güney koluna ait kabuk malzemeleri (Koçali Karmaşığı) ve ofiyolit napları (Hatay Ofiyoliti) platform üzerine yerleşmeye başlamıştır. Ancak, Koçali Karmaşığı ve ofiyolitlerin yerleşimi sırasında henüz okyanusun tamamen yok olmaması nedeniyle, ofiyolitinin sırtında pelajik bir çökelim devam etmiştir. Ayrıca ofiyolit yerleşimi sırasında Mesozoyik platform karbonatlarının dilimlenmesi ve kıvrımlanmasıyla oluşan yükselime bağlı olarak bölgede üst Maestrihtiyen'den itibaren yeni bir çökel istif oluşmaya başlamıştır. Bu istifin tabanında çakıldaşı, kumtaşı ve üst seviyelerde karbonat çimentolu kırıntılılar yer almakta olup, Amanoslar'da sınırlı alanlarda gözlenen üst Maestrihtiyen yaşlı bu birim Terbüzek formasyonu olarak tanıtılmıştır. Terbüzek formasyonunun çökemediği alanlarda ofiyolit napı üzerine doğrudan, kumtaşı araseviyeli şeyl silttaşı ve çamurtaşı litolojilerini içeren üst Maestrihtiyen-Paleosen yaşlı Germav formasyonu gelmektedir. Eosen döneminde Arabistan ve Anadolu levhalarının çarpışmasına bağlı olarak kuzeyden gelen allokton birimlerin ağırlığı nedeniyle çöken Arap levhası üzerinde, dalma-batma zonuna paralel konumda gelişen çökel havzalarında başlangıçta yüksek enerjili daha sonra ise derinleşmeye bağlı olarak düşük enerjili ortam koşullarını yansıtan kayaç toplulukları çökelmiştir. Bölgede, Eosen dönemine ait ortam koşullarındaki çökelim, kumtaşı aratabakalı şeyl-marn ve marn killi kireçtaşı alt Eosen yaşlı Gercüş ve bu birim üzerine gelen dolomit, dolomitik kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşı litolojilerine sahip olan alt-orta Eosen yaşlı Hoya formasyonları tarafından temsil edilmektedir. Eosen sonunda yaklaşık K-G yönlü bir sıkışma sonucu, bölge yükselerek kalınlaşmış ve en sonunda oblik atımlı faylar gelişmiştir. Bu süreç sonunda Miyosen'de, bölgede karadan başlayarak, şelf ve sığ deniz ortamına kadar değişen bir çökeltme ortamı içerisinde Çağlayancerit, Fırat, Kapıkaya, Lice, Karaisalı, Alikayası ve Şelmo formasyonlarını içeren yeni bir transgresif istif çökelmeye başlamıştır. Bölgede aynı zamanda oblik atımlı faylara ilişkin çatlaklar boyunca yüzeye ulaşan ve tüf arakatkılı bazaltik lavlar ile temsil edilen bir volkanik faaliyet etkin olmuştur. Yavuzeli Bazaltı olarak adlandırılan birimi oluşturan bu volkanik faaliyet bölgede Karasu Vadisi'ne paralellik sunan genç yarık ve çatlak sistemleri boyunca alt-orta Pleyistosen'de de devam etmiştir. Karasu bazaltı olarak bilinen bu volkanizmanın yaşının 0,05-0,4 ve 1,5-2 milyon yıl arasında değiştiği ileri sürülmektedir (Çapan vd., 1987; Polat, et al., 1997; Parlak, et al., 1998; Alıcı, et al., 2001; Rojay, et al., 2001; Yurtmen, et al., 2002, Tatar, et al., 2004).

Pliyosen’de hem fayların etkinliği hem de ortam koşullarındaki sığlaşmalara bağlı olarak kúçük gól alanları ve bunları besleyen akarsuların etkinliğinde bir çókelim hókúm súrmúřtır. Bu dónem bólgede Esmepuru ve Dóndúkler formasyonları ile temsil edilmektedir. Ayrıca úst Miyosen’de oblik atımlı faylara ilişkin çatlaklar boyunca yüzeye ulaşan volkanik faaliyet, bu dónemde de bólgede etkinliğini súrdürmúř ve Pliyosen yaşlı bazaltlar oluşmuştur.

Úst Pleyistosen ve Holosen dónemi boyunca bugúnkú morfolojik şeklini almaya başlayan bólgede, yamaçlarda tutturulmamış çakıl, kum silt ve kilden oluşan alúvyon yelpazeleri, çukurluk alanlarda organik maddece zengin kumlu, silt ve kil içeren gölssel bataklık çökelleri, çeşitli çatlaklar boyunca travertenler ve ova ve düzlük alanlar ile akarsu yataklarının kenarlarında ise tutturulmamış çakıl, kum silt ve kil içerikli seki ve alúvyonlar çókelmiřtir.

3.2. GÖLBAŞI-TÜRKÖĞLU (PAZARCIK) SEGMENTİ’NİN BULUNDUĞU ALANININ YAPISAL KONUMU

Anadolu ve Arabistan levhaları arasındaki Neotetis okyanusunun kapanmasına bağlı olarak; Toros kuşağına ait kıtasal kabuk ve aradaki Neotetis’e ait okyanusal kabuğa ait malzemelerin birbiri ile kenetlenmesi sonucunda Kahramanmaraş yakın kuzeyinde orojenik bir kuşak oluşmuştur. Bu kuşağın hemen güneyinde Güneydoğu Anadolu Otoktonu olarak gruplandırılan kayaç topluluğu içerisinde, allokton konumlu Koçali Karmaşığı’na ait litolojiler, daha güneyde ise Amanoslar’ın ana kütlesi ve Arabistan levhasına ait litolojiler gözlenmektedir. Gölbaşı-Türkoğu (Pazarcık) Segmenti’nin geçtiği alan, tektonik konum bakımından daha çok allokton konumlu Koçali Karmaşığı ve Hatay ofiyolitlerine ait litolojilerin yüzeylediği “Kenar Kıvrım Kuşağı” içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle segmentin geçtiği hat boyunca çok genel olarak Prekambriyen-Miyosen yaş konağında gelişmiş, platform tipi kaya türlerini içeren Güneydoğu Anadolu Otoktonu ile otokton birimler üzerinde tektonik konumlu olan Koçali Karmaşığı ve Hatay ofiyolitleri ve kendinden yaşlı tüm birimleri uyumsuz olarak örten Eosen ve sonrası yaşlı çökelleri içeren Örtü Kayaları yüzlekler sunmaktadır. Güneydoğu Anadolu Otoktonu’na ait istifin tabanını oluşturan kayaç toplulukları segmentin B-GB’sında yer alan Amanoslar’da gözlenmektedir. Genel olarak çekirdeğinde Prekambriyen ve Paleozoyik, kanatlarında ise Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı kayaçların yüzeylediği büyük bir antiklinal yapı konumunda olan Amanoslar’da tanımlanan antiklinalin çekirdeğini oluşturan, Prekambriyen yaşlı

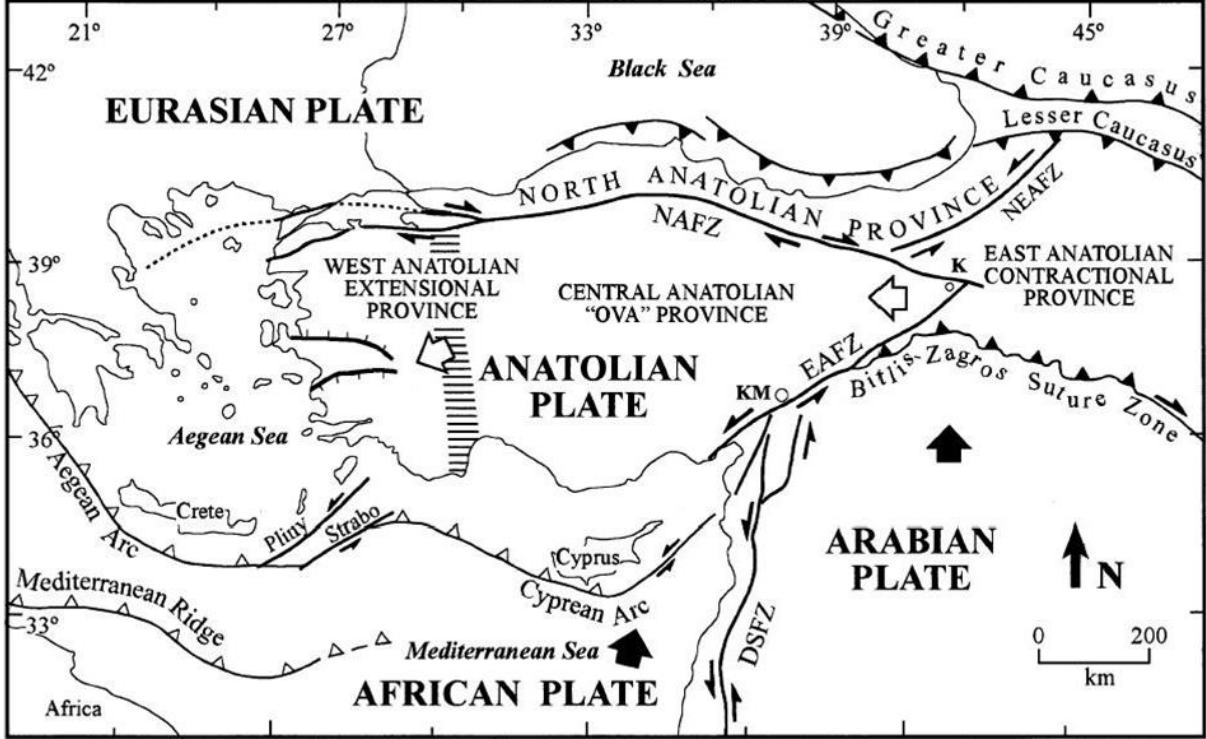
Sadan, alt Kambriyen yaşı Zabuk ve alt-orta Kambriyen yaşı Çaltepe formasyonları giderek derinleşen bir denizel ortamda çökelmiştir. Daha sonra tekrar sığlaşmaya başlayan bir denizel ortamda bu birimlerin üzerine orta Kambriyen-orta Ordovisiyen yaşı Seydişehir ve üst Ordovisiyen yaşı Bedinan formasyonları çökelmiştir. Yukarıda değinilen döneme ait Paleocoğrafik koşullar değerlendirildiğinde, pek çok çalışmacının (Morel ve Irving, 1978; Scotese ve diğ., 1979; Piper, 1982; Bond ve diğ., 1984; Bozhko, 1986; Condie, 1989; Murphy ve Nance, 1991; Tolluoğlu ve Sümer, 1995) Prekambriyen sonunda tek bir süperkıtının olduğunu ve bu süperkıtının Erken Kambriyen öncesinde parçalanıp, geç Silüriyen öncesinde tekrar bir araya geldiğini benimsediği görülmektedir. Ayrıca, Prekambriyen-Kambriyen zaman aralığında Türkiye ve Arap levhasının, Tetis okyanusunun Baltık tarafına daha yakın konumda olduğu ve Infrakambriyen-Kambriyen kayaçlarının rift çökelleri ile benzer özellik gösterecek şekilde transgresif-regresif deniz sedimanlarından oluştuğu öne sürülmektedir (Husseini, 1989). Buna göre, Güneydoğu Anadolu Otoktonu'nda Prekambriyen-Ordovisiyen dönemini temsil eden ve önce derinleşen daha sonra ise sığlaşan bir ortamda çökelmiş olan kayaç toplulukları, Tetis okyanusunun Baltık tarafına daha yakın konumlu dış kuşaktaki bir riftleşmeyi ve bu riftleşmeyle yaşıt çökelleri temsil ediyor olmalıdır. Husseini (1991), geç Ordovisiyen-erken Silüriyen döneminde, Arabistan yarımadasının batı kesiminin, güney kutbundan gelen buzullarla kaplı olduğunu, bu periyotta çökelmenin olmadığını ve kuzeydoğu Arabistan'da erozyon veya sığ deniz (kıyı) koşullarının hüküm sürdüğünü belirtmiştir. Erken Silüriyen başlarında buzulların hızla erimesi kısmi bir transgresyon yaratmış olup, bu transgresyon üst Silüriyen-orta Devoniyen aralığında giderek sığlaşmaya dönüşmüştür. Tanımlanan dönem ve ortam koşulları Devoniyen yaşı Yığınlı formasyonu ile temsil edilmektedir. Geç Devoniyen'de Gondwana'nın daha yukarıdaki enlemlere hareketi (Paris ve Robardet, 1990) ile başlayan deniz seviyesindeki yükselim, alt Karbonifer'de biraz daha artarak devam etmiştir. Üst Permiyen sonunda transgresif olarak yükselen deniz seviyesi alt Triyas'ta nispeten biraz daha gerilemiş ve bunun sonucunda geç Permiyen platformu biraz daha sığ bir ortam konumuna gelmiştir. Tabanda çakıltaşlarıyla başlayıp, üste doğru kuvarsitlerle ardalanan dolomit bantlarına geçiş gösteren Arılık formasyonu tanımlanan ortam koşullarını yansıtmaktadır. Sonrasında Neotetis okyanusunun açılmasına bağlı olarak giderek derinleşen bir denizel ortamda Küreci dolomiti ve Karadağ kireçtaşı ile temsil edilen bir karbonat çökelişi gelişmiştir.

Şengör ve Yılmaz (1985), geç Kretase’de Neotetis’in kapanmaya başlaması ile birlikte Arabistan ve Anadolu levhalarının birbirine doğru yaklaşması sonucunda okyanusal kabuğa ait devasa ofiyolit kütlelerinin (Koçali Karmaşığı ve Hatay ofiyoliti) kıtasal kabuk üzerine yerleşmeye başladığını öne sürmüşlerdir. Ofiyolitlerin kıta üzerine yerleşmeye başlamış olmasına rağmen aynı zamanda okyanusal kabuk üzerinde sığdan, derin denizele kadar değişen ortam koşullarını yansıtan bir çökelim devam etmiştir. Dolayısıyla kıtasal kabuk üzerine yerleşen ofiyolit kütleleri o dönemde okyanus içerisindeki farklı ortamları temsil eden çökel istifleri de sırtlarında taşımışlardır. Ayrıca ofiyolit yerleşimi sırasında Mesozoyik platform karbonatlarının dilimlenmesi ve kıvrımlanması sonucu oluşan yükselime bağlı olarak bölgede üst Maestrihtiyen'den itibaren yeni bir çökel istif oluşmaya başlamıştır. Segmentin geçtiği alanda Koçali Karmaşığı ve Hatay ofiyolitine ait kayaçlar kapanan Neotetis’e ait okyanusal kabuğu, bu birimler üzerinde uyumsuz konumlu olan ve başlıca kumtaşı araseviyeli şeyl silttaşı ve çamurtaşı litolojilerini içeren üst Maestrihtiyen Paleosen yaşlı Germav formasyonu ise ofiyolit kütlesi yerleşimi sonrasındaki dönemde okyanusal kabuk üzerindeki çökeliyi temsil etmektedir. Neotetis okyanusunun Kretase sonunda kuzeye doğru dalarak kapanmaya başlaması bölgede önemli bir deformasyon evresi yaşanmasına neden olmuştur. Bu deformasyon nedeniyle bölge sıkışarak yükselmeye ve sonrasında da naplaşmaya başlamıştır. Kuzeydeki orojenik zonda yoğun olarak gelişen naplaşmaya bağlı olarak kuzeyden gelen allokton birimlerin ağırlığı nedeniyle Eosen döneminde Arap levhası çökmüş ve böylece bu levha üzerinde, dalma-batma zonuna paralel konumda bazı çökel havzaları gelişmiştir. Bu havzalarda başlangıçta yüksek enerjili daha sonra ise derinleşmeye bağlı olarak düşük enerjili ortam koşullarını yansıtan kayaç toplulukları çökelmiştir. Başlıca kumtaşı aratabakalı şeyl-marn ve marn killi kireçtaşı litolojilerini içeren alt Eosen yaşlı Gercüş ile bu birim üzerine gelen dolomit, dolomitik kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşı litolojilerine sahip olan alt-orta Eosen yaşlı Hoya formasyonları Eosen dönemine ait ortam koşullarındaki çökeliyi temsil etmektedirler. Üst Kretase-Paleosen dönemi boyunca devam eden kapanma, Eosen sonunda bölgede yaklaşık kuzey-güney yönlü bir sıkışmaya neden olmuş, bu deformasyon sonucunda bölge yükselerek kalınlaşmış ve en sonunda oblik atımlı faylar gelişmiştir. Bu dönemde Kızıldeniz’deki riftleşme ile birlikte Afrika levhasının kırılması sonucunda Arap levhası kendisinden ayrılmıştır (Manighetti ve diğ., 1997, Courtillot ve diğ.,1999). Kuzeye hareket eden Arabistan bloğunun batı sınırını büyük olasılıkla Uluova fayının GB’ya olan uzantısı, Sürgü ve Ecemiş fayları oluşturmuştur.

Uluova Fayı'nın eski Malatya'ya doğru uzanan kuzey kolu ovanın altından geçip olasılıkla önce Malatya-Ovacık Fayı'na, daha sonra da Sürgü Fayı'na bağlanmaktadır. Tanımlanan oblik faylar arasında kalan bloklarda D-KD ve B-GB yönlü bir sıkışma meydana gelmiş ve bu nedenle, bölgede Eosen'de ikinci bir ofiyolit yerleşimi daha gerçekleşmiştir. Bu yerleşim, ilerleyen ofiyolit kütlelerinin sırtlarındaki pelajik çökellerle birlikte farklı ortamlarda gelişen çökel dizilerin bölgede yan yana getirilmesine neden olmuştur. Eosen-alt Oligosen dönemindeki çökelim bölgede Gaziantep formasyonu tarafından temsil edilmektedir. Eosen sonunda meydana gelen yükselim sonrası Miyosen'de, bölgede karadan başlayarak, şelf ve sığ deniz ortamına kadar değişen bir çökeltme ortamı içerisinde yeni bir transgresif istif çökelmeye başlamıştır. Bu istif bölgede Çağlayancerit, Fırat, Kapıkaya, Lice, Karaisalı, Alikayas ve Şelmo formasyonları tarafından temsil edilmektedir. Orta-üst Miyosen döneminde Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı boyunca okyanusun kapanarak kıta-kıta çarpışmasının gerçekleşmiş olmasına karşılık, daha güneyde erken-orta Miyosen'de Kızıldeniz'in açılmasına ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖFZ)'nin oluşmasına bağlı olarak Arap levhasının K-KD'ya doğru devam eden hareketi, bölgede doğrultu atımlı fayların kontrolünde bir deformasyonun gelişmesine neden olmuştur (Şekil 3.3). Kuzey (KAFZ) ve Doğu (DAFZ) Anadolu fay zonlarının oluşması ile birlikte Türkiye'de Neotektonik döneme geçilmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981, Koçyiğit, 1984). Bu dönemde Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonları boyunca önce batıya doğru kaçan Anadolu bloğu daha sonra batı Anadolu'da saatin tersi yönünde rotasyonal bir dönme hareketi ile Ege Denizindeki Hellenik yay boyunca Afrika levhası üzerine itilmiştir (McKenzie, 1972; Şengör 1979, 1980; Şengör ve Kidd, 1979, Le Pichon and Angelier, 1979, Şengör ve diğ., 1985; Le Pichon and Gaulier, 1988, Reilinger ve diğ., 1997).

Bölgenin orta Miyosen'den itibaren Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) gibi iki ana doğrultu atımlı fay zonu tarafından kontrol edilmesi sonrasında, üst Miyosen döneminde faylara bağlı olarak gelişen kırıklardan yüzeye çıkan lavları temsil eden Yavuzeli Bazaltı, altındaki tüm birimleri uyumsuz olarak örtmüştür. Pliyosen'de hem fayların etkinliği hem de ortam koşullarındaki sıkışmalara bağlı olarak oluşan küçük göl alanlarında Esmepuru ve Döndükler formasyonları oluşmuştur. Ayrıca üst Miyosen'de oblik atımlı faylara ilişkin çatlaklar boyunca yüzeye ulaşan volkanik faaliyet, bu dönemde de bölgede etkinliğini sürdürmüş ve Pliyosen yaşlı bazaltlar oluşmuştur. Bu volkanizma Karasu Vadisi'ne paralellik sunan genç yarık ve çatlak

sistemleri boyunca alt-orta Pleyistosen’de de devam etmiştir. Üst Pleyistosen-Kuvaterner döneminde de doğrultu atımlı faylar kontrolünde deformasyon geçiren bölgede, yamaçlarda alüvyon yelpazeleri, çukurluk alanlarda gölsel bataklık çökelleri, çeşitli çatlaklar boyunca travertenler ve akarsu vadileri, çeşitli düzlükler ve ova tabanlarında ise seki ve alüvyonlar çökelmiştir.



Şekil 3.3: Türkiye ve yakın civarındaki ana tektonik yapılar (Kısaltmalar; NAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, KM: Kahramanmaraş) (Şengör ve diğ., 1985).

3.3. AKTİF TEKTONİK

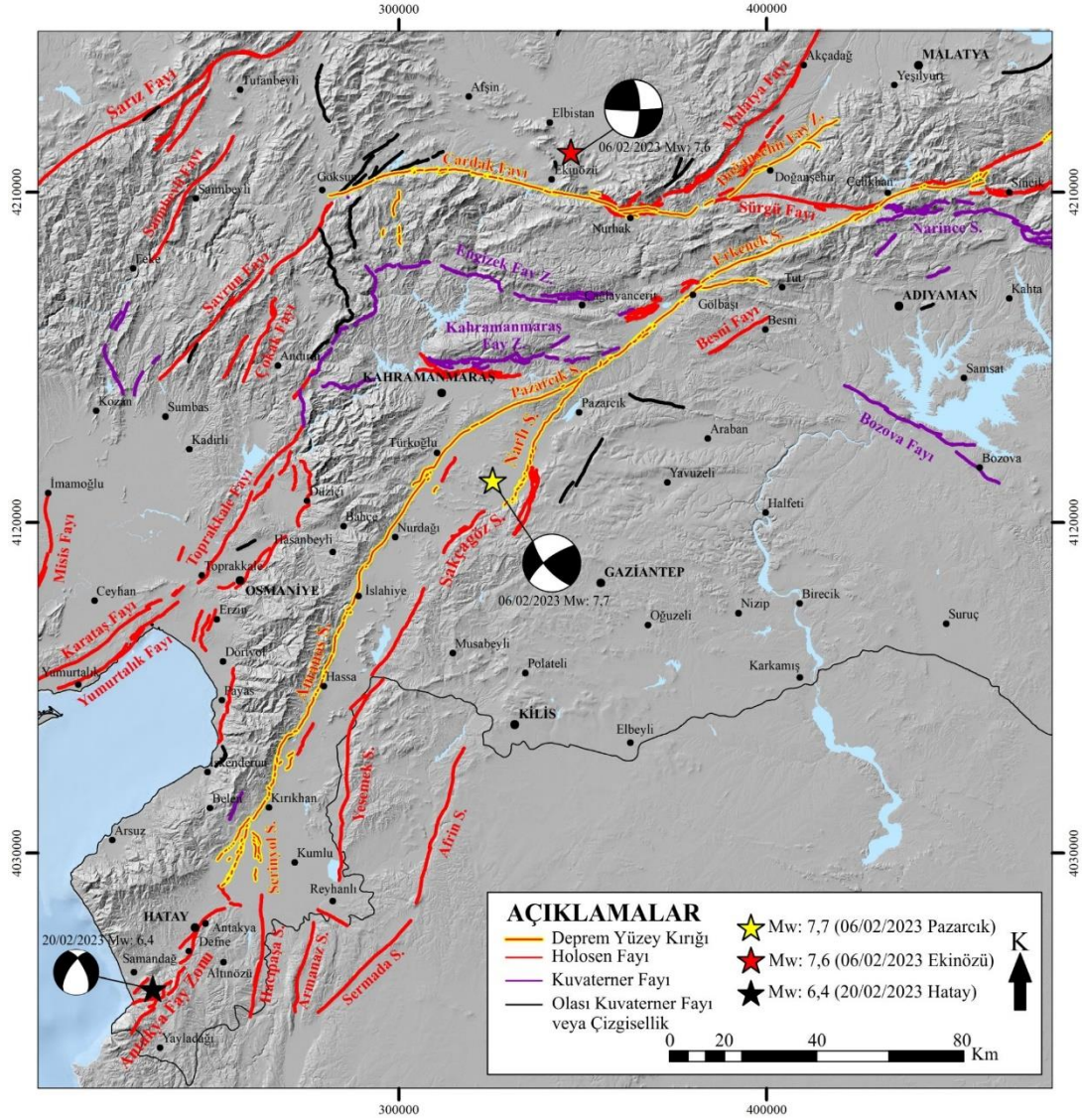
Yukarıda yapısal jeoloji bölümünde değinildiği üzere, Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti’nin bulunduğu alan ve civarı oldukça karmaşık bir jeodinamik evrim geçirerek günümüzdeki konumuna ulaşmıştır. Ancak, bu karmaşık evrim süreci içerisinde bölgede gözlenen deformasyonların çok genel olarak; geç Kretase, Eosen, Miyosen ve son olarak Neotektonik dönem deformasyonları şeklinde sınıflandırılması mümkündür. Jeomorfolojik konum açısından Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti’nin GB’da sonlandığı ve Amanos Segmenti’ne geçiş yaptığı alan aynı zamanda Karasu Grabeni’nin kuzey kesimini oluşturmaktadır. Birçok çalışmacı Kahramanmaraş, Sağlık, Narlı ve Amik ovalarını içerisine alan Karasu grabenin hem doğudan hem de batıdan aktif faylar tarafından kontrol edildiğini belirtmektedir (Perinçek and Çemen, 1990; Perinçek ve Eren, 1990; Lyberis, et

al., 1992; Şaroğlu ve diğ., 1992). Karasu Vadisi, iki kıtasal levhayı birbirinden ayıran ve sol yönlü doğrultu atımlı Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ile ilişkili bir gevşeten büküm olarak değerlendirilmektedir. 12-35 km genişliğe ve KD-GB genel doğrultusunda 160 km'lik uzunluğa sahip olan, ayrıca genel olarak Amik Ovası kuzeyinden Kahramanmaraş'a kadar uzanan Karasu Vadisi batıdan, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) doğudan ise Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) tarafından kontrol edilmektedir. Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin KD'da Erkenek Segmenti'ne geçiş yaptığı alanda ise içerisinde GB'dan KD'ya doğru sırasıyla İnekli, Azaplı ve Gölbaşı olarak adlandırılan göllerin oluştuğu büyük bir yarım graben yapısının geliştiği görülmektedir.

Tarihsel ve aletsel dönem kayıtları birlikte değerlendirildiğinde 1822'de (Mw 7,4) kırılan Amanos segmenti ile birlikte DAFZ'nin diğer tüm segmentlerinin 1800'lü yıllarda deprem ürettikleri ancak, Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin 1114 (Mw 7) ve 1513'te (Mw 7,4) meydana gelen depremlere kaynaklık ettikten sonra 509 yıl boyunca suskun kaldığı ve bu süreçte 6 Şubat 2023'de meydana gelen Kahramanmaraş merkezli Pazarcık (Mw7,7) ve Elbistan (Mw 7,6) depremlerini oluşturacak şekilde enerji biriktirdiği görülmektedir. 06 Şubat 2023 04.17'de gerçekleşen büyüklüğü Mw 7,7 odak derinliği 8,6 kilometre olan depremde Pazarcık güneyinde ÖDFZ'nin Narlı Segmenti'nde başlayan kırılmanın daha sonra DAFZ'ye sıçradığı ve kuzeydoğuda Pütürge (Malatya) batısından güneybatıda Kırıkhan (Hatay) güneyine kadar olan bölümde, DAFZ'nin Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentlerinin birlikte kırıldığı belirlenmiştir (Şekil 3.4).

Bölgede bu depremle boşalan enerji aynı gün 13.24'te Elbistan (Kahramanmaraş) merkez üslü, moment büyüklüğü Mw 7,6 ve odak derinliğini 7 kilometre olan ikinci bir depremin oluşmasına ve bu depremle birlikte Göksun (Kahramanmaraş) ile Doğanşehir (Malatya) arasında kalan bölgede; Çardak Fayı, Nurhak Fay Kompleksi, Doğanşehir Fay Zonu ile yeni belirlenen Sisne faylarının kırılmasına neden olmuştur. Bölgede bu ana şoklar ile ilişkili olarak, 04.17'deki ilk depremden 11 dakika sonra Mw 6,6 büyüklüğünde, 13.24'teki ikinci depremden 1 saat 40 dakika sonra ise Mw 6,0 büyüklüğünde yıkıcı nitelikte artçı depremler yaşanmıştır. Ayrıca, 6 Şubat depremlerinin ardından 20 Şubat 2023 tarihinde, Defne (Yayladağı, Hatay) dolayında yerel saat ile 20.04'te aletsel büyüklüğü Mw 6,3 olarak kaydedilen bir deprem daha meydana gelmiştir (Şekil 10). Özetle, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri ile birlikte 7'nin üzerinde iki, 6 ve 6'nın

üzerinde ise 3 olmak üzere bölgede toplam 5 adet yıkıcı nitelikte depremin meydana geldiği ve bu depremlerle ilişkili olarak bugüne kadar bölgede 50 binin üzerinde artçı şok kaydedildiği görülmektedir.

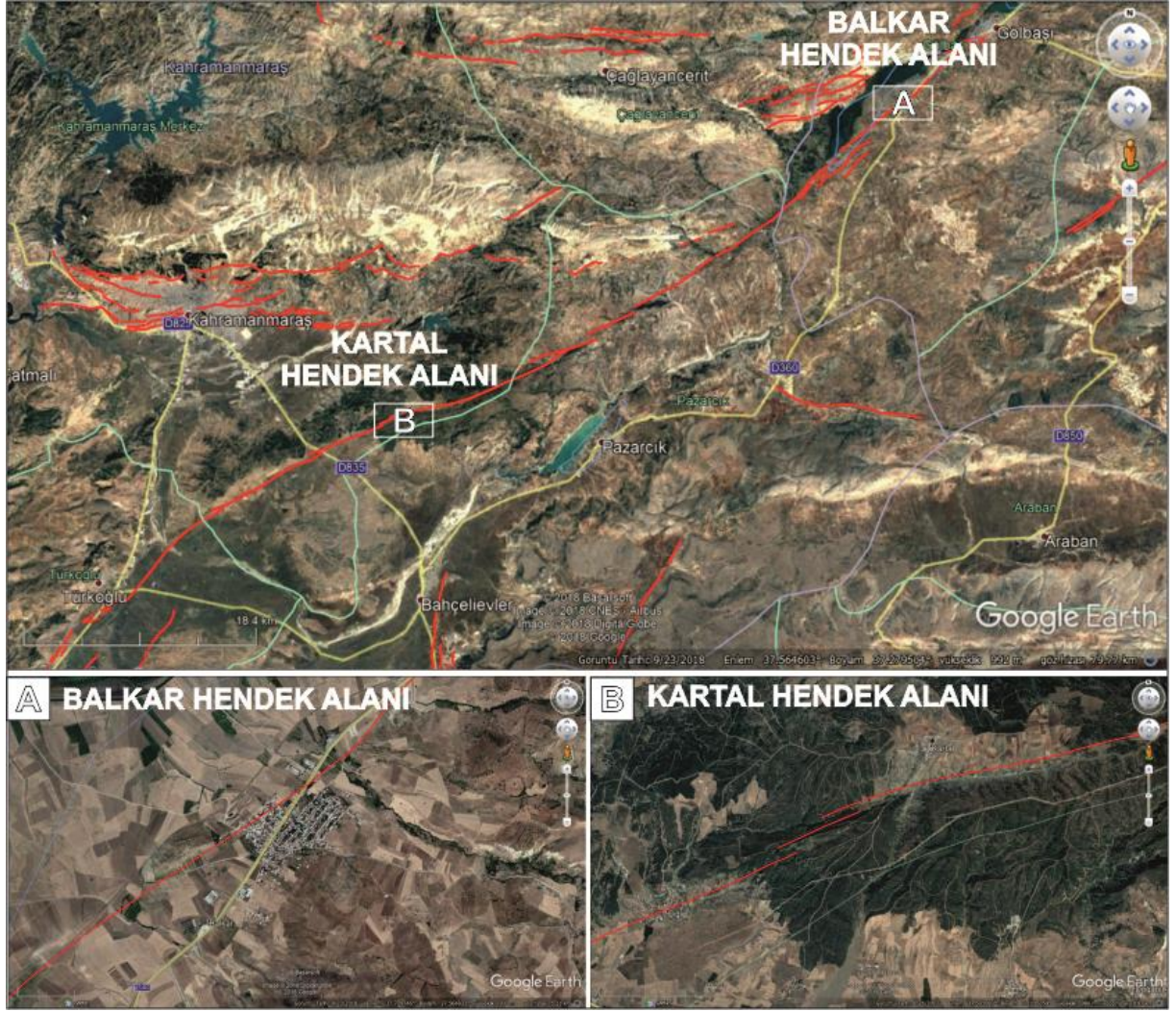


Şekil 3.4: 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Elbistan (Kahramanmaraş) ile 20 Şubat 2023 Yayladağı (Hatay) depremlerinin ana şoklarının dış merkez üsleri ve bu depremlerde meydana gelen yüzey kırığı haritası (Kürçer ve diğ., 2023).

3.4. PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMALARI

Yukarıdaki bölümlerde detaylıca açıklandığı üzere Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynakları mevcut konumları ve tarihsel deprem geçmişleri nedeni ile DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) ve Türkoğlu-Antakya (Amanos) segmentleridir. Amanos Segmenti'nin 1822'de Mw 7.4 büyüklüğünde deprem ürettiği düşünüldüğünde, 1800'lü yıllarda deprem üretmemiş olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin deprem tehdidi açısından çok daha ön planda olduğu tüm yer bilimciler tarafından kabul

edilmekteydi. Ancak Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti üzerinde az sayıda paleosismolojik çalışma yapılmış olması ve bu çalışmalarda da farklı sonuçlara ulaşılması bu segment ile ilişkilendirilen depremlerin ve dolayısıyla önerilen deprem tekrarlanma periyotlarının tartışılır olmasına neden olmuştur. Literatürde 1114 depreminin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nden kaynaklandığı konusunda görüş birliği var iken 1513 depremi hakkında tartışmalar mevcuttur. Erkmen ve diğ. (2009), tarafından yapılan paleosismoloji çalışmasında 1513 depremine ait bir ize rastlanmadığı dolayısıyla en son 1114 depreminden sonra geçen 900 yıllık enerji birikimi evresi nedeni ile Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin yakın gelecekte deprem potansiyeli çok yüksek bir sismik boşluk olduğu belirtilmiştir. Yüksel (2009) tarafından yapılan paleosismolojik çalışmada ise en yaşlısı 14997 ± 55 ; en genci 371 ± 30 yıl olarak belirlenen depremlere göre Pazarcık Segmenti için tekrarlanma aralığının en fazla 403; en az 253 ± 30 yıl olarak ortaya çıktığı, ancak bunların ortalaması alınarak 328 ± 30 yıllık bir tekrarlanma aralığının benimsenebileceği ayrıca bu veriye göre Gölbaşı-Türkoğlu fay segmentinin büyük bir deprem açısından riskli dönemde olduğu ve yakın gelecekte böyle bir deprem olabileceği iddia edilmiştir. 2018/2-58 M No'lu "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı bu projede Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı konumunda olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tarihsel deprem geçmişin paleosismolojik verilerle ortaya konması ve literatürdeki mevcut karmaşanın ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda gerçekleştirilen literatür taraması çalışmaları sonrasında detaylı arazi gözlemleri ve incelemeleri aşamasına geçilmiştir. Arazide yapılan detaylı gözlem ve incelemelerde bu fay ile ilişkili morfotektonik yapılar ve fay düzlemleri araştırılmış ve fayın jeolojik özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Yukarıda “Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin Genel Özellikleri” bölümünde detaylıca anlatıldığı şekilde yapılan incelemelerde fay ile ilişkilendirilebilecek morfotektonik yapılar ve hendek kazıları yapılabilecek nitelik taşıyan Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu uygun alanlar araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda fayın GB ve KD bölümünde, yapılaşmanın ve tarımsal faaliyetlerin nispeten daha az olduğu 2 farklı alanda toplam 5 adet hendek açılmasına karar verilmiştir (Şekil 3.5).

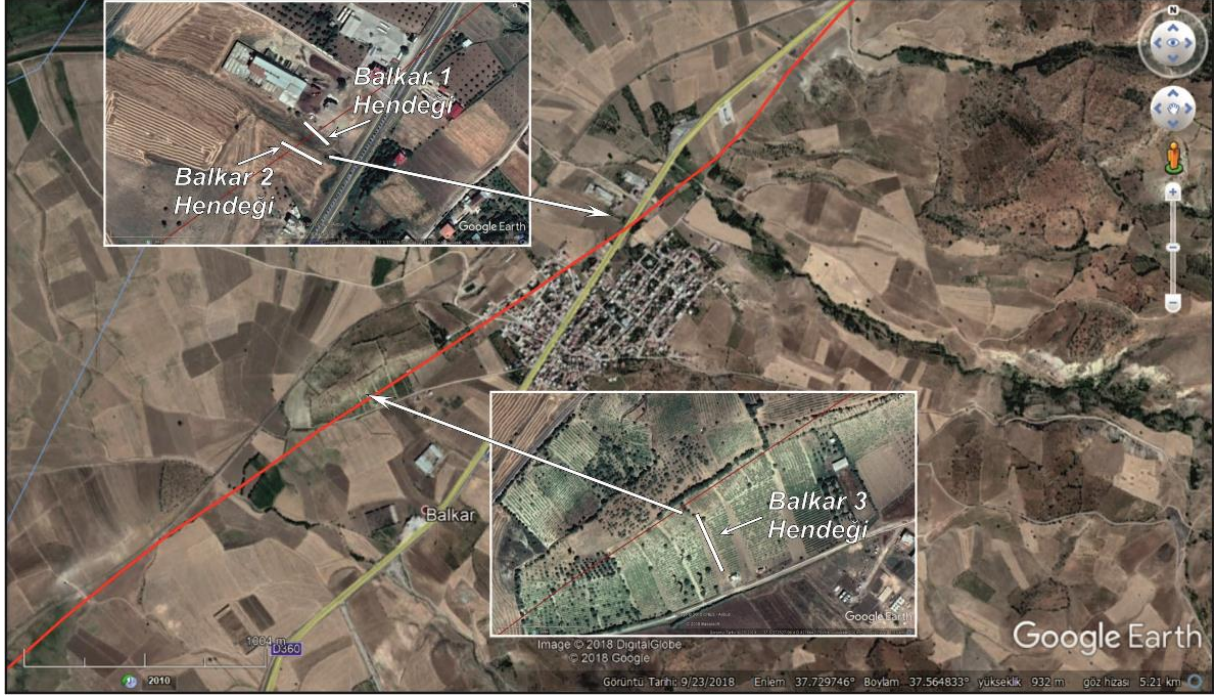


Şekil 3.5: Gölbaşı-Türkoğlu segmenti üzerinde paleosismoloji amaçlı hendek kazıları yapılmak üzere belirlenen alanlar. A: Balkar Beldesi (Gölbaşı-Adıyaman) civarı, B: Çiğli ve Kartal köyleri civarı.

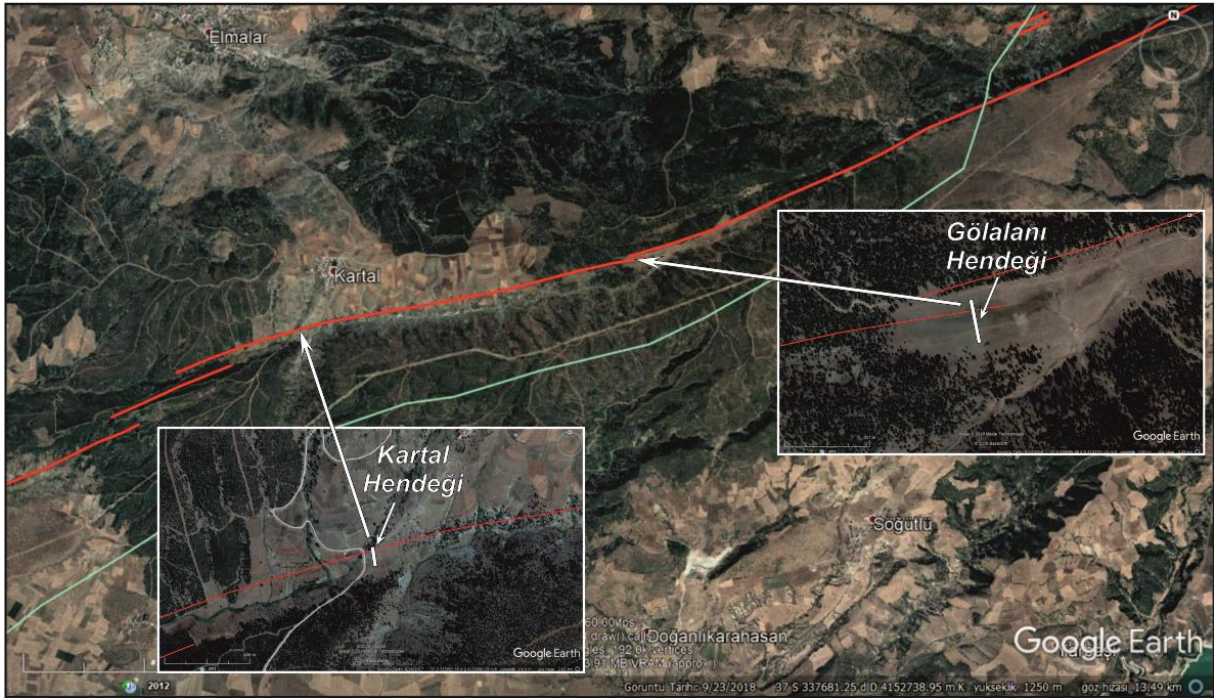
3.4.1. Hendek Çalışmaları

Yapılan gözlem ve incelemelerle faylarla ilişkili jeomorfolojik yapıların belirlenmesi sonrasında, bu yapıların bulunduğu yerlerde Kuvaterner yaşlı çökellerin birikebildiği hendek kazılarına uygun alanların olup olmadığı araştırılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu segmentinin tamamını karakterize edecek şekilde, Balkar Beldesi (Gölbaşı-Adıyaman) civarı (Şekil 3.5 A) ile Çiğli ve Kartal köyleri civarı (Şekil 3.5 B) olmak üzere 2 farklı alanda hem fay ile ilişkili jeomorfolojik yapıların olduğu hem de bu alanlarda hendek açılacak nitelikte Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu belirlenmiştir. Daha sonra, belirlenen alanlar içerisinde hendek kazısı yapılmasına en uygun nitelikteki arazilerin sahipleri ile görüşülerek kazı için gerekli izinler alınmıştır. Yapılan bu ön hazırlıklar sonrasında uygun Kuvaterner çökel içeren ve kazı

konusunda izin alınabilen alanlarda hendek kazıları gerçekleştirilmiştir. Açılan toplam 5 adet hendekten 3'ü Balkar Beldesi (Gölbaşı-Adıyaman)'nde (Şekil 3.6), 2'si ise Kartal köyünde yer almaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.6: Balkar Beldesi'nde (Gölbaşı-Adıyaman) Gölbaşı-Türkoğlu segmenti üzerinde açılan paleosismoloji amaçlı hendeklerin konumu.



Şekil 3.7: Kartal köyü civarında Gölbaşı-Türkoğlu segmenti üzerinde açılan paleosismoloji amaçlı hendeklerin konumu.

Uygun hendek lokasyonlarının belirlenmesi sonrasında kazı çalışmalarına geçilmiştir. Balkar Beldesi'nde gerçekleştirilen kazılar Gölbaşı ilçesinden, Kartal Mahallesi civarında gerçekleştirilen kazılar ise Kahramanmaraş merkezden kiralanan 24 tonluk paletli ekskavatörler ile gerçekleştirilmiştir. Kazı uzunluk ve derinlikleri, alanda gözlenen çökel istif kalınlığı, yer altı su seviyesi ve olası fay zonundan kaynaklanan morfolojik değişimlere göre belirlenmiştir. Kazı sırası ve sonrasında hendek duvarları detaylıca temizlenerek gridlenmiş ve daha sonra fotoğraflanarak loglanmıştır. Açılan hendeklere ilişkin gözlemler ve elde edilen veriler aşağıda sırası ile sunulmuştur.

3.4.1.1. Balkar 1 Hendeği

Balkar Beldesi'nin (Gölbaşı-Adıyaman) Gölbaşı çıkışında Güvenal Gaz Tesisleri'nin 80 m kadar güneyinde Pazarcık (Kahramanmaraş)-Gölbaşı (Adıyaman) karayolunun hemen batısındaki yüzeyde tamamen Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu boş tarlada yapılan kazı bu çalışmada Balkar 1 Hendeği olarak adlandırılmıştır. K65B doğrultulu olarak, 15 m uzunluğunda ve 3.1 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 10 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır (Şekil 3.8).

Yapılan stratigrafik incelemelerde hendeğin tabanında kahvemsî-sarımsı gri renkli, ince-orta boyda çakıl içeren masif kil (I) mavimsî-kahvemsî koyu gri renkli, seyrek olarak blok boyuna ulaşan çakıl içerikli masif kil (H) ve kahvemsî koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta boyda çakıl içeren kumlu kil (G) litolojilerinden oluşan bir temelin olduğu gözlenmiştir. Birbirleri ile uyumlu konumda bulunan ve yukarıda tanımlanan üç adet litolojiyi içeren bu temel, hendekte belirlenen fay zonu nedeni ile hendeğin 6. m'sinden sonuna kadar olan bölümde izlenebilmektedir. Bu temel aynı zamanda hendekte GD'da kalan yükselen blok içerisinde kalmaktadır. Tanımlanan temel hendeğin KB bloğunda kahvemsî-sarımsı koyu gri renkli, kum-kil malzeme ile zayıf tutturulmuş, derecelenmesiz, kötü boylanmalı orta-kötü yuvarlak çakıl (F) ve bu birim üzerinde uyumlu konumda olan kahvemsî-sarımsı gri renkli, daha çok taban seviyelerde ince-orta boyda çakıl içeren kil (E) litolojileri ile karşı karşıya gelmektedir. Hendekte buraya kadar anlatılan bölümlerin üzerinde fayın her iki bloğundaki birimleri de örten ortak bir örtünün olduğu görülmektedir. Bu örtünün tabanında sarımsî-kahvemsî gri renkli, değişken boyda orta-kötü yuvarlak çakıl içeren kumlu kil (D) litolojisi bulunmaktadır. Hendeğin 5. m'sinden sonuna kadar olan bölümde izlenebilen ve altındaki birimleri uyumsuz olarak örten bu

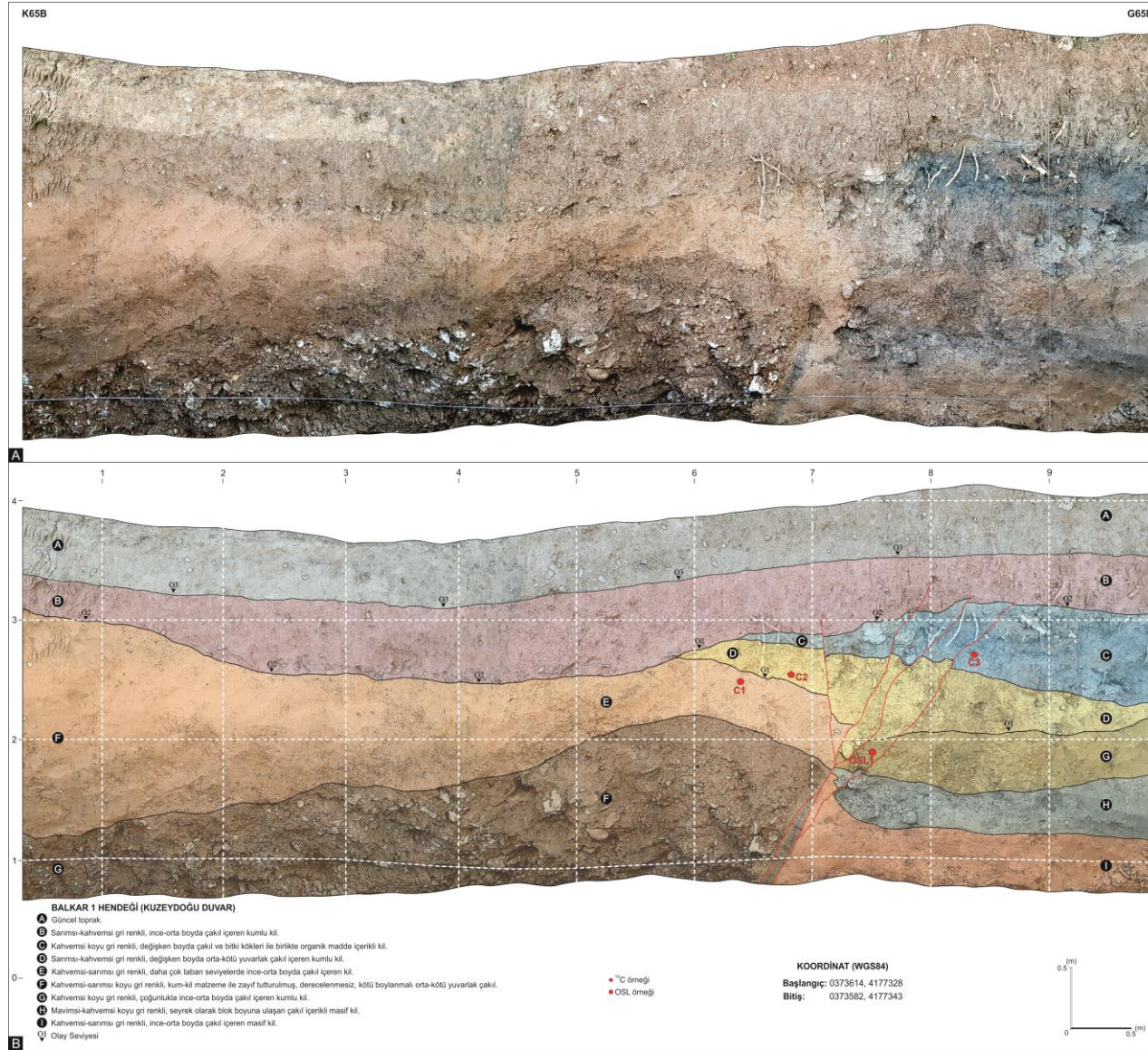
birimin üzerine uyumlu olarak kahvemsî koyu gri renkli, değişken boyda çakıl ve bitki kökleri ile birlikte organik madde içerikli kil (C) litolojisi gelmektedir. Tanımlanan birimler hendeğin tamamında gözlenen sarımsı-kahvemsî gri renkli, ince-orta boyda çakıl içeren kumlu kil (B) litolojisi tarafından uyumsuzlukla üzerlenmektedir. Hendekteki tüm litolojiler yüzeyde bulunan 50-55 cm kalınlığındaki güncel toprak (A) tarafından örtülmektedir (Şekil 3.9).

Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 6-9. m'leri arasındaki bölümde tabanda düz bir geometriye sahip iki ana kol iken, yüzeye doğru çatallanarak örgülü konum kazanıp 4 kol haline gelmiş bir fay zonunun olduğu görülmüştür. K55D genel doğrultulu zonu KB'dan sınırlayan yaklaşık düşey konumlu kol dışındaki diğer kolların 40-80° arasında değişen değerlerle KB'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Kestiği birimler arasındaki dokanıklarda gözlenen ötelenmeler dikkate alındığında fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu görülmüştür. Zon içerisindeki fayların hendek stratigrafisine olan etkilerine bakıldığında hendeğin 6-8. m'leri arasında GD blokta yer alan kahvemsî-sarımsı gri renkli, ince-orta boyda çakıl içeren masif kil (I) mavimsî-kahvemsî koyu gri renkli, seyrek olarak blok boyuna ulaşan çakıl içerikli masif kil (H) ve kahvemsî koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta boyda çakıl içeren kumlu kil (G) litolojilerinden oluşan temel ile normal stratigrafik dizilişte bu temelin üzerinde olması gereken kahvemsî-sarımsı koyu gri renkli, kum-kil malzeme ile zayıf tutturulmuş, derecelenmesiz, kötü boylanmalı orta-kötü yuvarlak çakıl (F) ve bu birim üzerinde uyumlu konumda olan kahvemsî-sarımsı gri renkli, daha çok taban seviyelerde ince-orta boyda çakıl içeren kil (E) litolojilerinin karşı karşıya geldiği görülmüştür. Fayın KB ve GD bloğunda yer alan bu birimler sarımsı-kahvemsî gri renkli, değişken boyda orta-kötü yuvarlak çakıl içeren kumlu kil (D) litolojisi tarafından uyumsuz olarak örtülmekte olup, bu durum fayın KB ve GD bloğunda yer alan birimlerin D birimi çökelmeden önce meydana gelen bir depremdeki kırılma ile karşı karşıya geldiklerini göstermektedir. Bu nedenle D biriminin tabanı hendekteki ilk olay seviyesi olarak değerlendirilmiştir. D biriminin altında yer alan E biriminin üst seviyelerinden alınan sediman örneğinin radyometrik yaş tayini sonucu MÖ 3355-3094 takvim yaşını vermiştir (Tablo 3.1). Hendekteki ilk olay seviyesini temsil eden ve E birimini örten D biriminin taban seviyelerinden alınan sediman örneğinin radyometrik yaş tayininde ise MÖ 360-272 takvim yaşı elde edilmiştir. Buna göre hendekte belirlenen ilk olay seviyesinin MÖ 360 ile 3355

yılları arasında yüzey kırığı yaratmış bir depreme karşılık geldiği belirlenmiştir. Hendekte D birimini örten C biriminin tabanı seviyelerinden alınan sediman örneğin radyometrik yaş tayininden MS 86-240 takvim yaşı elde edilmiştir. Tanımlanan birimleri uyumsuz olarak örten ve fay tarafından kesilen en son birim olan B litolojisi içerisinde ne yazık ki yaş verebilecek nitelikte bir örneğe rastlanılamamıştır. Buna göre hendekte belirlenen fay zonunun en son MS 240 yılından sonra yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte bir depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir.



Şekil 3.8: Balkar Beldesi'nde (Gölbaşı-Adıyaman) Pazarcık segmenti üzerinde açılan Balkar 1 Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).



Şekil 3.9: Balkar 1 Hendeği'nin KD duvarının (A) yorumsuz arazi ve (B) loglanarak yorumlanmış görünümü.

Tablo 3.1: Balkar 1 Hendeği'nden derlenen örneklerin radyometrik (^{14}C) yaş tayini sonuçları

TÜBİTAK NO	ÖRNEK NO	BİRİM	MALZEME	ÖLÇÜLEN YAŞ	KALİBRE EDİLMİŞ TAKVİM YAŞI
1023	BLKR-H3.1	E	Sediman	4506±36	MÖ 3355-3094
1024	BLKR-H3.2	D	Sediman	2179±27	MÖ 360-272
1025	BLKR-H3.3	C	Sediman	1842±27	MS 86-240

3.4.1.2. Balkar 2 Hendeği

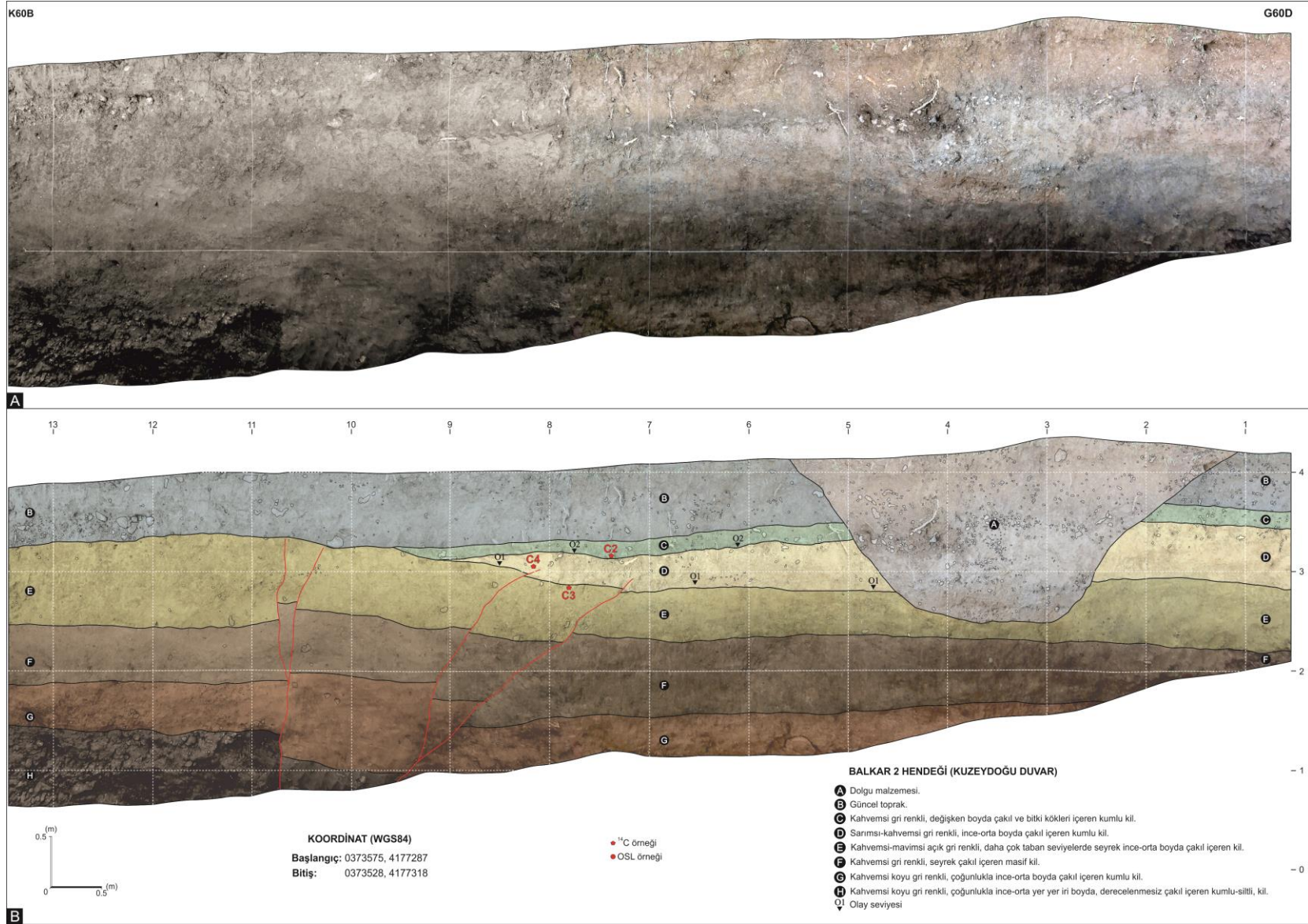
Balkar Beldesi'nin (Gölbaşı-Adıyaman) Gölbaşı çıkışında Güvenal Gaz Tesisleri'nin 130 m Balkar 1 Hendeği'nin ise 50 m kadar güneyinde Pazarcık (Kahramanmaraş)-Gölbaşı (Adıyaman) karayolunun hemen batısındaki yüzeyde tamamen Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu tarlanın kuzey sınırında yapılan kazı bu çalışmada Balkar 2 Hendeği olarak adlandırılmıştır. K60B doğrultulu olarak, 20 m uzunluğunda ve 3.0 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 14 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır (Şekil 3.10).

Yapılan stratigrafik incelemelerde hendeğin tabanında kahvemsî koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta yer yer iri boyda, derecelenmesiz çakıl içeren kumlu-siltli kil (H) litolojisinin bulunduğu ve birimin hendeğin sonundan 9. m'sine kadar olan bölümde yer aldığı sonrasında ise hendek tabanının altında kaldığı belirlenmiştir. Hendekte bu birimin üzerine kahvemsî koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta boyda çakıl içeren kumlu kil (G) litolojisi uyumlu olarak gelmekte olup, bu birimin de hendeğin 2. m'si öncesinde hendek tabanı altında kaldığı gözlenmiştir. Tanımlanan birimlerin üzerine sırasıyla kahvemsî gri renkli, seyrek çakıl içeren masif kil (F) ve kahvemsî-mavimsî açık gri renkli, daha çok taban seviyelerde seyrek ince-orta boyda çakıl içeren kil (E) litolojileri uyumlu olarak gelmektedir. Hendeğin başlangıcı ve 10. m'si arasındaki bölümde alttaki birimlerin deformasyon ile yükselmeleri sonucunda oluşan çukurlukta çökelen sarımsî-kahvemsî gri renkli, ince-orta boyda çakıl içeren kumlu kil (D) litolojisi bulunmaktadır. Tanımlanan birim yine aynı çukurlukta çökelen ve kendisi üzerinde uyumlu konumda bulunan kahvemsî gri renkli, değişken boyda çakıl ve bitki kökleri içeren kumlu kil (C) litolojisi tarafından örtülmektedir. Buraya kadar anlatılan tüm litolojiler yüzeyde bulunan 40-55 cm arasında değişen kalınlıklar sunan güncel toprak (A) tarafından örtülmektedir. Hendeğin 1-6. m'leri arasında su borusu döşenmesi için açılan bir çukurluğu dolduran dolgu malzemesinin (A) olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.11).

Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 7-11. m'leri arasındaki bölümde iki ana ve iki de yüzeye doğru çatallanan tali olmak üzere toplam 4 koldan oluşan bir fay zonunun olduğu görülmüştür. K50-55D genel doğrultulu zonun GD'sunda yer alan ana ve bundan çatallanan tali kolun 30-80° arasında değişen değerlerle, zonun KB'sında yer alan ana ve tali iki kolun ise biraz daha dikleşerek 70-90° arasında değişen değerlerle KB'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Kestiği birimler arasındaki dokanaklarda gözlenen ötelenmeler ile birlikte fayın KB'sındaki bloktaki yükselme dikkate alındığında fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu görülmüştür. Zon içerisindeki fayların hendek stratigrafisine olan etkilerine bakıldığında hendeğin 10-11. m'leri arasında gözlenen K50-55D/70-90°KB konumlu iki kolun bu bölümde yeralan tabandan tavana sırasıyla H, G, F ve E birimlerinin tamamını keserek kendilerini örten güncel toprak (B) biriminin tabanına kadar uzandıkları görülmüştür. Fay zonun GD'sunda ve hendeğin 7-10. m'leri arasında gözlenen iki kolun ise hendek tabanından itibaren sırasıyla H, G, F, E ve D birimlerinin tamamını kestikleri ve C birimi tarafından örtüldükleri belirlenmiştir. Fay zonunun KB bloğunun yükselmiş olması ve bu yükselimin GD'sunda oluşan çukurlukta D ve E birimlerinin çökelmiş olması, bu birimlerin çökelişinin hemen öncesinde meydana gelen bir depremdeki kırılma ile KB bloğun yükseldiğini göstermektedir. Bu nedenle D biriminin tabanı hendekteki ilk olay seviyesi olarak değerlendirilmiştir. D biriminin altında yer alan E biriminin üst seviyelerinden alınan sediman örneğinin radyometrik yaş tayini sonucu MÖ 848-792 takvim yaşını vermiştir (Tablo 3.2). Hendekteki ilk olay seviyesini temsil eden ve E birimini örten D birimi içerisinden alınan iki sediman örneğinin radyometrik yaş tayininden ise MS 1297-1406 takvim yaşı elde edilmiştir. Buna göre hendekte belirlenen ilk olay seviyesinin MÖ 848 ile MS 1406 yılları arasında yüzey kırığı yaratmış bir depreme karşılık geldiği belirlenmiştir. Hendekte D birimini ve bu birimi kesen fayları örten C biriminin tabanından alınan sediman örneğinin radyometrik yaş tayininden MS 1452-1529 takvim yaşı elde edilmiş olup, bu veri hendekteki fay zonunun bu aralıktan sonra yüzey kırığına neden olacak büyüklükte bir depreme kaynaklık etmediğini göstermektedir.



Şekil 3.10: Balkar Beldesi nde (Gölbaşı-Adıyaman)' Pazarcık segmenti üzerinde açılan Balkar 2 Hendeği'nin arazi görünümü (**A:** KB'dan GD'ya, **B:** GD'dan KB'ya bakış).



Şekil 3.11: Balkar 2 Hendeği'nin KD duvarının **(A)** yorumsuz arazi ve **(B)** loglanarak yorumlanmış görünümü.

Tablo 3.2: Balkar 2 Hendeği'nden derlenen örneklerin radyometrik (^{14}C) yaş tayini sonuçları

TÜBİTAK NO	ÖRNEK NO	BİRİM	MALZEME	ÖLÇÜLEN YAŞ	KALİBRE EDİLMİŞ TAKVİM YAŞI
1020	BLKR-H1.2	C	Sediman	359±26	MS 1452-1529
1021	BLKR-H1.3	E	Sediman	2652±28	MÖ 848-792
1022	BLKR-H1.4	D	Sediman	605±27	MS 1297-1406

3.4.1.3. Balkar 3 Hendeği

Balkar Belde merkezinin (Gölbaşı-Adıyaman) hemen GD'sunda yer alan ve morfotektonik özellikleri açısından bir basınç sırtı olarak gözlenen Aktepe (943 m)'nin GD'ya eğimli etek düzlüğü üzerinde yapılan kazı bu çalışmada Balkar 3 Hendeği olarak adlandırılmıştır. K27B doğrultulu olarak, 60 m uzunluğunda ve 2.9 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 33 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır (Şekil 3.12).

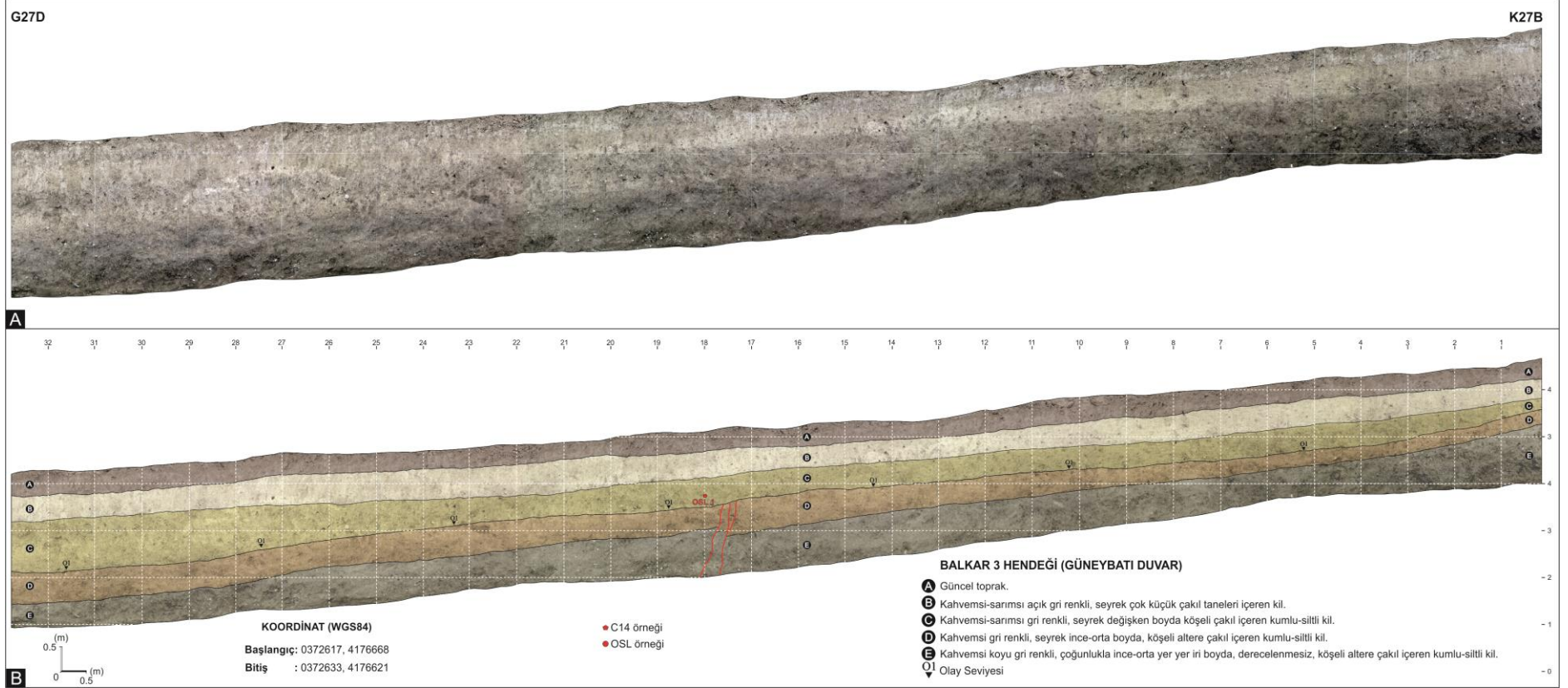
Yapılan stratigrafik incelemelerde hendeğin tabanında kahvemsî koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta yer yer iri boyda, derecelenmesiz, köşeli altere çakıl içeren kumlu-siltli kil (E) litolojisinin bulunduğu görülmüştür. 05-10° arasında değişen değerlerle GD'ya eğimli olan ve hendeğin tamamında gözlenebilen bu birimin üzerine kahvemsî gri renkli, seyrek ince-orta boyda, köşeli altere çakıl içeren kumlu-siltli kil (D) litolojisinin uyumlu olarak geldiği gözlenmiştir. Hendekte tanımlanan birimlerin üzerinde kahvemsî-sarımsı gri renkli, seyrek değişken boyda köşeli çakıl içeren kumlu-siltli kil (C) litolojisi uyumsuz olarak gelmektedir. Hendeğin GD bölümüne doğru giderek kalınlaşan bu birim üzerinde ise kahvemsî-sarımsı açık gri renkli, seyrek çok küçük çakıl taneleri içeren kil (B) litolojisi bulunmaktadır. Hendekteki tüm litolojiler 30-55 cm arasında değişen kalınlıklar sunan yüzeydeki güncel toprak (A) tarafından örtülmektedir (Şekil 3.13).

Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 17-19. m'leri arasındaki bölümde iki ana ve bir de yüzeye doğru çatallanan tali olmak üzere toplam 3 koldan oluşan bir fay zonunun olduğu görülmüştür. K50-55D genel doğrultulu zon içerisindeki kolların 30-80° arasında değişen değerlerle, zonun KB'sında yer alan ana ve tali iki kolun ise biraz daha dikleşerek 60-80° arasında değişen değerlerle GD'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Kestiği birimler arasındaki dokanıklarda gözlenen ötelenmeler dikkate alındığında fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu görülmüştür. Zon içerisindeki fayların hendek stratigrafisine olan etkilerine bakıldığında K50-55D/60-80°GD

konumlu fay zone içerisindeki kolların hendek tabanında yer alan sırasıyla E ve D birimlerini keserek kendilerini örten güncel toprak C biriminin tabanına kadar uzandıkları görülmüştür. Bu nedenle C biriminin tabanı hendekte belirlenebilen ilk ve tek olay seviyesi olarak değerlendirilmiştir. Hendekte yer alan stratigrafik birimlerde ne yazık ki 14C radyometrik yaş tayinine uygun materyal elde edilememiştir. Bu nedenle fay kollarını ve bu kolların kestiği birimleri örten C biriminin tabanına yakın bir kesimden OSL yöntemi ile yaşlandırma yapabilmek için örnek derlenmiştir. Ancak yeterli kuvars veya feldispat materyali bulunamadığı için bu örnekten de radyometrik yaş elde edilememiştir. Dolayısıyla bu hendekte, belirlenen fay zonunun en son C biriminin çökelişinden hemen önce yüzey kırığı yaratmış bir depreme karşılık geldiği söylenebilir.



Şekil 3.12: Balkar Belde merkezinin GD'sunda bir basınç sırtı morfotektonik özellikleri gösteren Aktepe (943 m)'nin GD'ya eğimli etek düzlüğü üzerinde açılan Balkar 3 Hendeği'nin arazi görünümü (**A:** KB'dan GD'ya, **B:** GD'dan KB'ya bakış).



Şekil 3.13: Balkar 3 Hendeği'nin GB duvarının **(A)** yorumsuz arazi ve **(B)** loglanarak yorumlanmış görünümü.

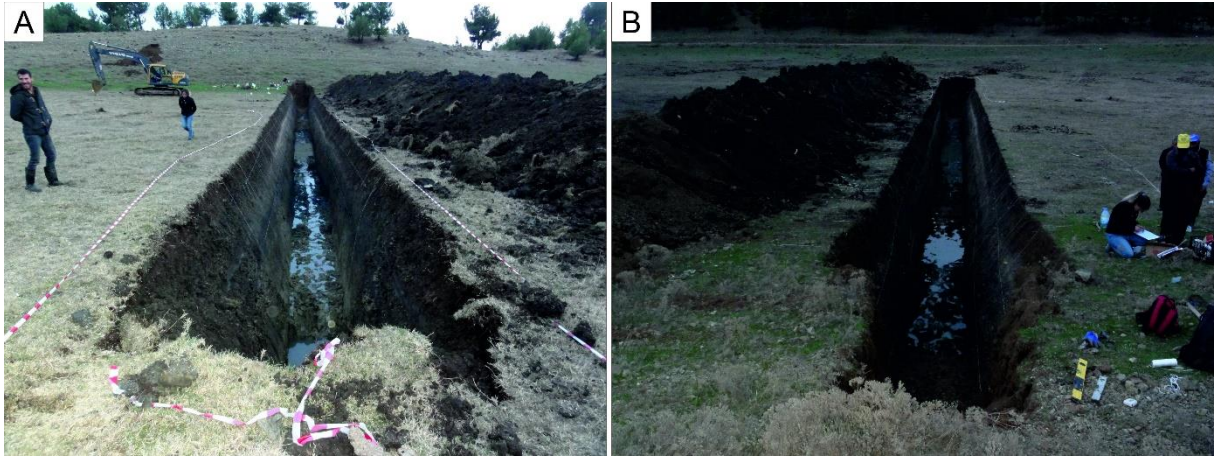
3.4.1.4. Gölalanı Hendeği

Kahramanmaraş ili merkez Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Kartal Mahallesi'nin 3.6 km kadar doğusunda yer alan ve morfotektonik açıdan fay kontrollü olarak açılan dar ve uzunlamasına bir vadi konumundaki Gölalanı Mevkii'nde tamamen Kuvaterner yaşlı çökeller içerisinde yapılan kazı bu çalışmada Gölalanı Hendeği olarak adlandırılmıştır. K12B doğrultulu olarak, 62 m uzunluğunda ve 2.8 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 49 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır (Şekil 3.14).

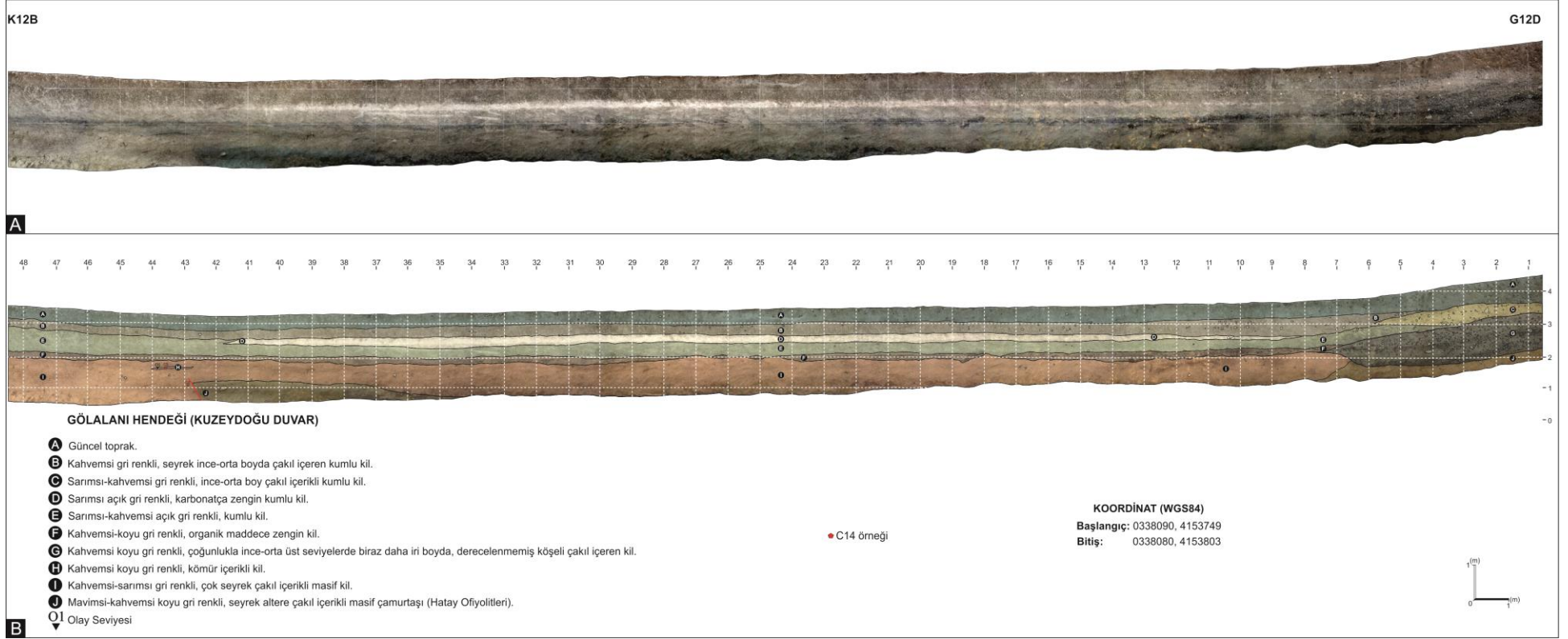
Yapılan stratigrafik incelemelerde hendeğin tabanında mavimsi-kahvemsı koyu gri renkli, seyrek altere çakıl içerikli masif çamurtaşı (J) litolojisini içeren bir temelin bulunduğu görülmüştür. Olasılıkla üst Kretase yerleşim yaşlı Hatay Ofiyolitleri'nin derin deniz sedimanları düzeyinin altere olmuş pelajik kesimlerini temsil eden bu litolojiler üzerine yamaç ve bu yamacın önündeki sık bir bataklık ortamını temsil eden litolojileri içeren Kuvaterner yaşlı bir çökel paket gelmektedir. Tanımlanan paketin tabanında kahvemsı-sarımsı gri renkli, çok seyrek çakıl içerikli masif kil (I) litolojisi bulunmakta olup, hendeğin 42-44. m'leri arasında birim içerisinde kahvemsı koyu gri renkli, yoğun kömür içerikli kil (H) litolojisinin merceksel geometrilili olarak yer aldığı görülmüştür. Bu birim üzerinde kahvemsı koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta üst seviyelerde biraz daha iri boyda, derecelenmemiş köşeli çakıl içeren kil (G) litolojisi uyumsuz konumda bulunmaktadır. Hendeğin başlangıcı ile 8. m'leri arasında gözlenebilen ve eğimli bir yamaçta çakıl ağırlıklı kaba malzeme çökelinin temsil eden bu birimin, yamacın devamındaki çukurlukta kahvemsı-koyu gri renkli, organik maddece zengin kil (F) litolojine geçiş yaptığı görülmektedir. Hendeğin çok ince ve merceksel düzeyler şeklinde izlenen F birimi, sarımsı-kahvemsı açık gri renkli, kumlu kil (E) litolojisi tarafından üzerlenmektedir. Hendeğin 3. m'sinden sonuna kadar olan alanda gözlenebilen sarımsı açık gri renkli, karbonatça zengin kumlu kil (D) litolojisinin E biriminin en üst kesiminde merceksel bir geometri içerisinde çökeldiği belirlenmiştir. Tanımlanan birimler hendeğin başlangıcı ve 6. m'leri arasında gözlenen ve yine eğimli bir yamaçta kaba taneli çökeli temsil eden sarımsı-kahvemsı gri renkli, ince-orta boy çakıl içerikli kumlu kil (C) litolojisine geçiş yapmaktadırlar. Hendeğin Kuvaterner yaşlı çökel paketin en üstünde kahvemsı gri renkli, seyrek ince-orta boyda çakıl içeren kumlu kil (B) litolojisi bulunmakta olup, birim hendeğin 4. m'sinden sonuna kadar olan bölümde izlenebilmektedir.

Hendekteki tüm litolojiler 40-60 cm arasında değişen kalınlıklar sunan yüzeydeki güncel toprak (A) tarafından örtülmektedir (Şekil 3.14).

Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 42-43. m'leri arasındaki bölümde tek bir ana koldan oluşan bir fayın olduğu görülmüştür. Fayın hendek stratigrafisine olan etkilerine bakıldığında, Hatay Ofiyolitleri'ni temsil eden litolojinin faya bağlı olarak Kuvaterner yaşlı çökel paketin tabanındaki litoloji üzerine sürüklendiği görülmüştür. Buna göre K50-55D/60°GD konumlu fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Hatay Ofiyolitleri'ni temsil eden J birimini keserek Kuvaterner yaşlı çökel paketin tabanında yer alan I biriminin üzerine sürükleyen fayın, I birimi içerisinde merceksel konumda yer alan H birimini etkilemediği gözlenmiştir. Buna göre H biriminin tabanı hendekteki tek olay seviyesine karşılık gelmektedir. Hendekte fay tarafından kesilen I biriminden alınan örneğin radyometrik yaş tayininden MÖ 8351-8245 takvim yaşı elde edilmiştir (Tablo 3.3). I biriminin üst kesiminde yer alan ve fayın etkilemediği H biriminden alınan örneğin radyometrik yaş tayininden ise MÖ 5209-4978 takvim yaşına ulaşılmıştır. Dolayısıyla bu hendekte, belirlenen fay zonunun çok genel olarak MÖ 5209 ile 8351 yılları arasında yüzey kırığı yaratmış bir depreme kaynaklık ettiği söylenebilir.



Şekil 3.14: Kartal Mahallesi doğusunda Gölalanı Mevki'nde açılan Gölalanı Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).



Şekil 3.15: Göllalanı Hendeği'nin KD duvarının **(A)** yorumsuz arazi ve **(B)** loglanarak yorumlanmış görünümü.

Tablo 3.3: Gölalanı Hendeği'nden derlenen örneklerin radyometrik (^{14}C) yaş tayini sonuçları

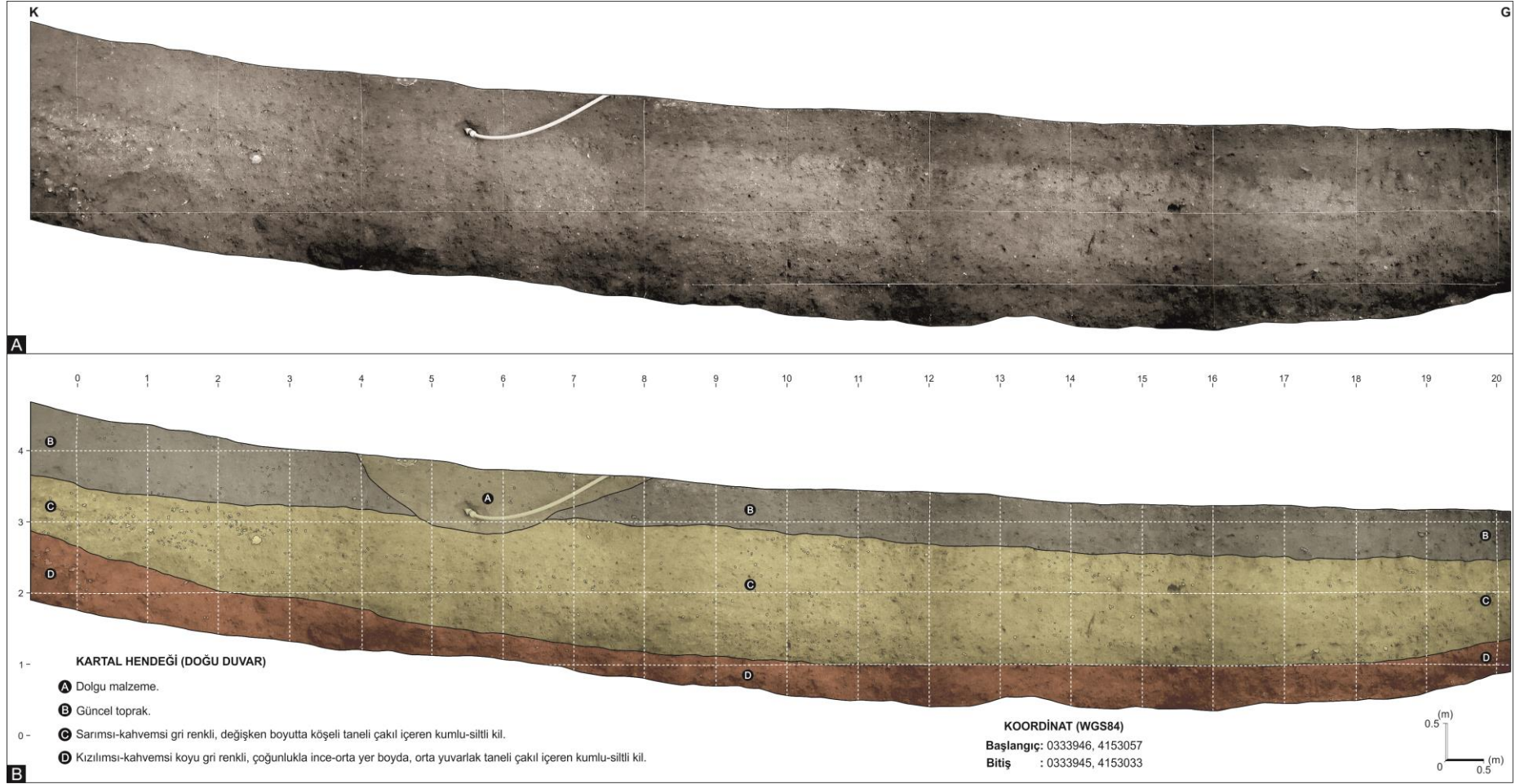
TÜBİTAK NO	ÖRNEK NO	BİRİM	MALZEME	ÖLÇÜLEN YAŞ	KALİBRE EDİLMİŞ TAKVİM YAŞI
1026	KRTL-H1.2	I	Sediman	9099±40	MÖ 8351-8245
1027	KRTL-H1.3	H	Sediman	6123±33	MÖ 5209-4978

3.4.1.5. Kartal Hendeği

Kahramanmaraş ili merkez Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Kartal Mahallesi'nin 860 m kadar GB'sına mahalleye ulaşımı sağlayan asfalt yolun hemen doğusunda yer alan ve morfotektonik açıdan fay kontrollü olarak oluşan bir saddle (semer, eyer) yapısı üzerinde yapılan kazı bu çalışmada Kartal Hendeği olarak adlandırılmıştır. K-G doğrultulu olarak, 30 m uzunluğunda ve 3,0 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 21 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır (Şekil 3.16). Yapılan stratigrafik incelemelerde hendeğin tabanında kıvılcımsı-kahvemsı koyu gri renkli, çoğunlukla ince-orta yer boyda, orta yuvarlak taneli çakıl içeren kumlu-siltli kil (D) litolojisinin olduğu görülmüştür. Bu birim üzerine, hendeğin ortasında kalınlaşan kenarlarında ise kamalanarak incelen bir geometri sunan sarımsı-kahvemsı gri renkli, değişken boyutta köşeli taneli çakıl içeren kumlu-siltli kil (C) litolojisi gelmektedir. Tanımlanan birimler 50-70 cm arasında değişen kalınlıklar sunan yüzeydeki güncel toprak (B) tarafından örtülmektedir. Ayrıca hendeğin 3-9. m'leri arasındaki bölümde su borusu döşemek için açılan bir çukurluk içerisinde dolgu malzemesinin olduğu görülmüştür (Şekil 3.17). Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin stratigrafik dizilişi bozan veya birimleri kesen herhangi bir fay varlığına rastlanılamamıştır. Bu durumun fayın bu alandaki saddle yapısının kuzey ve güneydeki ana kayalar içerisinde geçmesinden kaynaklanıyor olduğu düşünülmüştür.



Şekil 3.16: Kartal Mahallesi'nin 860 m kadar GB'sında açılan Kartal Hendeği'nin arazi görünümü (A: KB'dan GD'ya, B: GD'dan KB'ya bakış).



Şekil 3.17: Kartal Hendeği'nin doğu duvarının **(A)** yorumsuz arazi ve **(B)** loglanarak yorumlanmış görünümü.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLERİ

2018/2-58 M No'lu "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı bu projede Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynağı konumunda olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin tarihsel deprem geçmişin paleosismolojik verilerle ortaya konması ve literatürdeki mevcut karmaşanın ortadan kaldırılması amaçlanmış olup, yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. K55°D genel doğrultusu ile Gölbaşı gevşeten sıçrama alanı ve Türkoğlu gevşeten bükümü arasında 90 km boyunca uzanım sunan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti doğu bölümde kuzeye, batı bölümde ise güneye içbükey olacak şekilde hafifçe kavisli bir geometri sunmaktadır. Segmentin doğu bölümü Gölbaşı Kuvaterner havzasının güney kenarını sınırlamakta ve 250 m genişliğinde sola sıçrama yaparak havza içerisinden geçmektedir. Bu nedenle fayın bu bölümünde büyük bir yarım graben yapısının geliştiği ve bu yapı içerisindeki çöküntülerde GB'dan KD'ya doğru sırasıyla İnekli, Azaplı ve Gölbaşı olarak adlandırılan göllerin oluştuğu görülmektedir. Aynı alanda yine fay ilişkili olarak gelişen bariz morfolotektonik yapılar olduğu gözlenmekte olup, Balkar Beldesi GB'sında yer alan ve Aktepe (943 m) olarak adlandırılan basınç sırtı bu yapılara verilebilecek en güzel örneklerden biridir.
2. Genel olarak dağlık arazi içerisinde geçen segmentin 29 km uzunluğundaki orta bölümü, 250-600 m arasında değişen genişliklerde sola kademeli (en echelon) sıçramalar yapan 4-14 km uzunluğundaki faylardan oluşmaktadır. Karaağaç bölgesindeki 20 km'lik bir alanda faya vev gelen birçok dereyle birlikte özellikle Kısık ve Koca derelerde çok bariz olarak görülecek şekilde sol yanal hareketi gösteren sistematik ötelenmelerin olduğu görülmektedir. Bu bölümde ortalama 4 km'lik bir ötelenme ölçülmüştür. Bu alanda ayrıca özellikle Aksu çayı vadisinde fayın varlığını net şekilde ifade eden üçgen yüzeylerin ve bazı yamaçlarda ise yersel küçük kütle akmalarının geliştiği görülmüştür. Sakarkaya köyü güneyinde ise fayın Kretase yaşlı kireçtaşları ile Aksu çayı vadisini dolduran alüvyonlar arasında belirgin bir çizgisel dokanak oluşturacak şekilde uzandığı gözlenmiştir.
3. Orta bölümü 3 km kadar kapatan segmentin batıdaki sol bölümü, sola sıçrama ile birbirinden ayrılan hemen hemen eşit boyutta iki koldan oluşmaktadır. Kartal köyünün yakın KD'sundaki Gölalanı mevkiinde yaklaşık K78D doğrultulu olan

fay, bu alandan B-GB'ya doğru yaklaşık K65D doğrultulu olarak Koçali Karmaşığı içinden dar bir zon boyunca geçip, Tevekkeli köyüne doğru uzanmaktadır. Tevekkeli köyü mevcut yerleşim alanının yaklaşık 0.5 km güneyinden geçerek GB'da Deveboynu tepesi (637m) kuzeyden sınırlayan fay, bu alanda KB-GD yönünde akan Deveboynu dereyi sol yanal yönde yaklaşık 1300 m ötelemiştir. Benzer şekilde biraz daha GB'da yer alan Domuz tepesi KB'dan sınırlayan fay yine KB-GD akışlı derelerde sol yanal ötelenmeler oluşturmaktadır. Tevekkeli köyü GB'sında Kocalar köyü güneyi, Öksüzlü köyü kuzeyi ve Küpeliköz köyü içerisindeki Ziyaret tepe güneyinden geçen fay, daha sonra Kuyumcular köyü GB'sındaki Büyük tepe eteklerine doğru uzanmaktadır. Tevekkeli köyü civarında ofiyolitik kayalar ile alüvyonal birimleri birbirinden ayıran Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti, daha GB'da ise tamamen alüvyonal bir ova içerisinde geçip, geniş bir kavis yaparak Gavur Gölü pull-apart (çek-ayır) havzasında sonlanmakta, ayrıca bu alanda kuzey kenarı yükselen alüvyal düzlük içerisinde Aksu Nehri daha önceden kazılmış bir yatak içerisinde yerleşmektedir. Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) segmenti için 19-25 km arasında değişen toplam ötelenme ve paleosismolojik çalışmalardan Holosen için yıllık 9 mm kayma hızı değerleri önerilmiştir. Elmalar'ın 4.5 km GD'sundaki dereye ölçülen 5 ± 0.2 m'lik ötelenme 1573 depremi ile ilişkilendirilmiştir.

4. Tarihsel ve aletsel dönem kayıtları birlikte değerlendirildiğinde 1822'de (Mw 7,4) kırılan Amanos segmenti ile birlikte DAFZ'nin diğer tüm segmentlerinin 1800'lü yıllarda deprem ürettikleri ancak, Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin 1114 (Mw 7) ve 1513'te (Mw 7,4) meydana gelen depremlere kaynaklık ettikten sonra 509 yıl boyunca suskun kaldığı ve bu süreçte 6 Şubat 2023'te meydana gelen Kahramanmaraş merkezli Pazarcık (Mw7,7) ve Elbistan (Mw 7,6) depremlerini oluşturacak şekilde enerji biriktirdiği görülmektedir. 06 Şubat 2023 04.17'de gerçekleşen büyüklüğü Mw 7,7 odak derinliği 8,6 kilometre olan depremde Pazarcık güneyinde ÖDFZ'nin Narlı Segmenti'nde başlayan kırılmanın daha sonra DAFZ'ye sıçradığı ve kuzeydoğuda Pütürge (Malatya) batısından güneybatıda Kırıkhan (Hatay) güneyine kadar olan bölümde, DAFZ'nin Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentlerinin birlikte kırıldığı belirlenmiştir (Şekil 6). Bölgede bu depremle boşalan enerji aynı gün 13.24'te Elbistan (Kahramanmaraş) merkez üslü, moment büyüklüğü Mw 7,6 ve odak derinliğini 7 kilometre olan ikinci bir depremin

oluşmasına ve bu depremle birlikte Göksun (Kahramanmaraş) ile Doğanşehir (Malatya) arasında kalan bölgede; Çardak Fayı, Nurhak Fay Kompleksi, Doğanşehir Fay Zonu ile yeni belirlenen Sisne faylarının kırılmasına neden olmuştur. Bölgede bu ana şoklar ile ilişkili olarak, 04.17'deki ilk depremden 11 dakika sonra Mw 6,6 büyüklüğünde, 13.24'teki ikinci depremden 1 saat 40 dakika sonra ise Mw 6,0 büyüklüğünde yıkıcı nitelikte artçı depremler yaşanmıştır. Ayrıca, 6 Şubat depremlerinin ardından 20 Şubat 2023 tarihinde, Defne (Yayladağı, Hatay) dolayında yerel saat ile 20.04'te aletsel büyüklüğü Mw 6,3 olarak kaydedilen bir deprem daha meydana gelmiştir. Özetle, 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri ile birlikte 7'nin üzerinde iki, 6 ve 6'nın üzerinde ise 3 olmak üzere bölgede toplam 5 adet yıkıcı nitelikte depremin meydana geldiği ve bu depremlerle ilişkili olarak bugüne kadar bölgede 50 binin üzerinde artçı şok kaydedildiği görülmektedir.

5. Kahramanmaraş ili açısından en önemli deprem kaynakları mevcut konumları ve tarihsel deprem geçmişleri nedeni ile DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) ve Türkoğlu-Antakya (Amanos) segmentleridir. Amanos Segmenti'nin 1822'de Mw 7.4 büyüklüğünde deprem ürettiği düşünüldüğünde, 1800'lü yıllarda deprem üretmemiş olan Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin deprem tehdidi açısından çok daha ön planda olduğu tüm yer bilimciler tarafından kabul edilmekteydi. Ancak Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti üzerinde az sayıda paleosismolojik çalışma yapılmış olması ve bu çalışmalarda da farklı sonuçlara ulaşılması bu segment ile ilişkilendirilen depremlerin ve dolayısıyla önerilen deprem tekrarlanma periyotlarının tartışılır olmasına neden olmuştur. Literatürde 1114 depreminin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nden kaynaklandığı konusunda görüş birliği var iken 1513 depremi hakkında tartışmalar mevcuttur. Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti üzerinde yapılan iki paleosismoloji çalışmasından ilkinde 1513 depremine ait bir iz rastlanmadığı dolayısıyla en son 1114 depreminden sonra geçen 900 yıllık enerji birikimi evresi nedeni ile Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin yakın gelecekte deprem potansiyeli çok yüksek bir sismik boşluk olduğu belirtilmiştir. Yapılan diğer paleosismolojik çalışmada ise en yaşlısı 14997 ± 55 ; en genci 371 ± 30 yıl olarak belirlenen depremlere göre Pazarcık Segmenti için tekrarlanma aralığının en fazla 403; en az 253 ± 30 ve ortalama 328 ± 30 yıl olduğu ve bu veriye göre Gölbaşı-Türkoğlu fay segmentinin büyük bir

deprem açısından riskli dönemde içinde yer aldığı ve yakın gelecekte böyle bir deprem olabileceği iddia edilmiştir.

6. 2018/2-58 M No'lu "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı-Türkoğlu Segmenti'nin Paleosismolojik Özellikleri" başlıklı bu proje kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmaları sonucunda fay ile ilişkilendirilebilecek morfotektonik yapılar ve hendek kazıları yapılabilecek nitelik taşıyan Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu uygun alanlar araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda fayın GB ve KD bölümünde, yapılaşmanın ve tarımsal faaliyetlerin nispeten daha az olduğu 2 farklı alanda toplam 5 adet hendek kazısı yapılmasına karar verilmiştir
7. Balkar Beldesi'nin (Gölbaşı-Adıyaman) Gölbaşı çıkışında Güvenal Gaz Tesisleri'nin 80 m kadar güneyinde Pazarcık (Kahramanmaraş)-Gölbaşı (Adıyaman) karayolunun hemen batısındaki yüzeyde tamamen Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu boş tarlada yapılan kazı bu çalışmada Balkar 1 Hendeği olarak adlandırılmıştır. K65B doğrultulu olarak, 15 m uzunluğunda ve 3.1 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 10 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır. Yapılan stratigrafik incelemelerde yüzeydeki güncel toprak ile birlikte hendekte Kuvaterner'de çökelmiş 9 farklı litolojinin olduğu belirlenmiştir. Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 6-9. m'leri arasındaki bölümde tabanda düz bir geometriye sahip iki ana kol iken, yüzeye doğru çatallanarak örgülü konum kazanıp 4 kol haline gelmiş bir fay zonunun olduğu görülmüştür. K55D genel doğrultulu zonu KB'dan sınırlayan yaklaşık düşey konumlu kol dışındaki diğer kolların 40-80° arasında değişen değerlerle KB'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Kestiği birimler arasındaki dokanıklarda gözlenen ötelenmeler dikkate alındığında fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu görülmüştür. Depremsilliğe yönelik olarak hendekten derlenen örneklerin radyometrik yaş tayinlerinden fay zonunun MÖ 360 ile 3355 yılları arasında ve en son MS 240 yılından sonra yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte bir depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir.
8. Balkar Beldesi'nin (Gölbaşı-Adıyaman) Gölbaşı çıkışında Güvenal Gaz Tesisleri'nin 130 m Balkar 1 Hendeği'nin ise 50 m kadar güneyinde Pazarcık (Kahramanmaraş)-Gölbaşı (Adıyaman) karayolunun hemen batısındaki yüzeyde tamamen Kuvaterner yaşlı çökellerin bulunduğu tarlanın kuzey sınırında yapılan

kazı bu çalışmada Balkar 2 Hendeği olarak adlandırılmıştır. K60B doğrultulu olarak, 20 m uzunluğunda ve 3.0 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 14 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır. Yapılan stratigrafik incelemelerde yüzeydeki dolgu malzemesi ve güncel toprak ile birlikte hendekte Kuvaterner'de çökelmiş 8 farklı litolojinin olduğu belirlenmiştir. Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 7-11. m'leri arasındaki bölümde iki ana ve iki de yüzeye doğru çatallanan tali olmak üzere toplam 4 koldan oluşan bir fay zonunun olduğu görülmüştür. K50-55D genel doğrultulu zonun GD'sunda yer alan ana ve bundan çatallanan tali kolun 30-80° arasında değişen değerlerle, zonun KB'sında yer alan ana ve tali iki kolun ise biraz daha dikleşerek 70-90° arasında değişen değerlerle KB'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Kestiği birimler arasındaki dokanıklarda gözlenen ötelenmeler ile birlikte fayın KB'sındaki bloktaki yükselme dikkate alındığında fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu görülmüştür. Depremsillığe yönelik olarak hendekten derlenen örneklerin radyometrik yaş tayinlerinden fay zonunun MÖ 848 ile MS 1406 yılları arasında yüzey kırığı yaratmış bir depreme kaynaklık ettiği, MS 1452-1529 aralığı sonrasındaki zamanda ise yüzey kırığına neden olabilecek büyüklükte bir deprem oluşturmadığı belirlenmiştir. Elde edilen bu veriler çok büyük olasılıkla tarihsel kayıtlarda yer alan 1114 ve 1513 depremlerine karşılık gelmekte olup, 1513 depremini kanıtlar nitelik taşımaktadır.

9. Balkar Belde merkezinin (Gölbaşı-Adıyaman) hemen GD'sunda yer alan ve morfotektonik özellikleri açısından bir basınç sırtı olarak gözlenen Aktepe (943 m)'nin GD'ya eğimli etek düzlüğü üzerinde yapılan kazı bu çalışmada Balkar 3 Hendeği olarak adlandırılmıştır. K27B doğrultulu olarak, 60 m uzunluğunda ve 2.9 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 33 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır. Yapılan stratigrafik incelemelerde yüzeydeki güncel toprak ile birlikte hendekte Kuvaterner'de çökelmiş 5 farklı litolojinin olduğu belirlenmiştir. Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 17-19. m'leri arasındaki bölümde iki ana ve bir de yüzeye doğru çatallanan tali olmak üzere toplam 3 koldan oluşan bir fay zonunun olduğu görülmüştür. K50-55D genel doğrultulu zon içerisindeki kolların 30-80° arasında değişen değerlerle, zonun KB'sında yer alan ana ve tali iki kolun

ise biraz daha dikleşerek 60-80° arasında değişen değerlerle GD'ya eğimli oldukları belirlenmiştir. Kestiği birimler arasındaki dokanaklarda gözlenen ötelenmeler dikkate alındığında fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu görülmüştür. Hendekte ¹⁴C radyometrik yaş tayinine uygun materyal elde edilememiştir. Bu nedenle fay kollarını örten biriminin tabanına yakın bir kesimden OSL örneği derlenmiş ancak yeterli kuvars veya feldispat meteryali bulunamadığı için bu örnekten de radyometrik yaş elde edilememiştir.

10. Kahramanmaraş ili merkez Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Kartal Mahallesi'nin 3.6 km kadar doğusunda yer alan ve morfotektonik açıdan fay kontrollü olarak açılan dar ve uzunlamasına bir vadi konumundaki Gölalanı Mevkii'nde tamamen Kuvaterner yaşlı çökeller içerisinde yapılan kazı bu çalışmada Gölalanı Hendeği olarak adlandırılmıştır. K12B doğrultulu olarak, 62 m uzunluğunda ve 2.8 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 49 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır. Yapılan stratigrafik incelemelerde hendekte üst Kretase yerleşim yaşlı Hatay Ofiyolitleri'nin derin deniz sedimanları düzeyinin altere olmuş pelajik kesimlerini temsil eden bir temel üzerine yamaç ve bu yamacın önündeki sığ bir bataklık ortamını temsil eden litolojileri içeren Kuvaterner yaşlı bir çökel paketin olduğu görülmüştür. Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendeğin 42-43. m'leri arasındaki bölümde tek bir ana koldan oluşan bir fayın olduğu görülmüştür. Fayın hendek stratigrafisine olan etkilerine bakıldığında, Hatay Ofiyolitleri'ni temsil eden litolojinin faya bağlı olarak Kuvaterner yaşlı çökel paketin tabanındaki litoloji üzerine sürüklendiği görülmüştür. Buna göre K50-55D/60°GD konumlu fayın baskın sol yanal hareketle birlikte bir miktar ters bileşene sahip olduğu belirlenmiştir. Hendekte fay tarafından kesilen biriminden alınan örneğin radyometrik yaş tayininden MÖ 8351-8245 fayı örten biriminden alınan örneğin radyometrik yaş tayininden ise MÖ 5209-4978 takvim yaşlarına ulaşılmıştır. Dolayısıyla bu hendekte, belirlenen fay zonunun çok genel olarak MÖ 5209 ile 8351 yılları arasında yüzey kırığı yaratmış bir depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir.

11. Balkar Beldesi (Gölbaşı-Adıyaman)'nda yapılan kazılardan Hendek 2'de de Gölbaşı-Türkoğlu segmenti yakalanmış ve yine fayın farklı dönemlerde depremler ürettiği gözlenmiştir (Şekil 9). Hendekteki gridleme ve loglama çalışmaları

sonrasında farklı dönemleri temsil eden ve yaş vermesi mümkün olan materyallerden (kömür) örnekler derlenmiştir.

12. Kahramanmaraş ili merkez Dulkadiroğlu ilçesine bağlı Kartal Mahallesi'nin 860 m kadar GB'sına mahalleye ulaşımı sağlayan asfalt yolun hemen doğusunda yer alan ve morfotektonik açıdan fay kontrollü olarak oluşan bir saddle (semer, eyer) yapısı üzerinde yapılan kazı bu çalışmada Kartal Hendeği olarak adlandırılmıştır. K-G doğrultulu olarak, 30 m uzunluğunda ve 3,0 m ortalama derinliğinde açılan hendeğin stratigrafik özellikler ve yapısal unsurlar açısından veri toplanabilen 21 m'lik bölümü gridlenerek loglanmıştır. Yapılan stratigrafik incelemelerde yüzeydeki güncel toprak ile birlikte hendekte Kuvaterner'de çökelmiş 3 farklı litolojinin olduğu belirlenmiştir. Yapısal unsurlar açısından yapılan incelemelerde hendekteki satratigrafik dizilişi bozan veya birimleri kesen herhangi bir fay varlığına rastlanılamamıştır. Bu durumun fayın bu alandaki saddle yapısının kuzey ve güneydeki ana kayalar içerisinde geçmesinden kaynaklanıyor olduğu düşünülmüştür.

Özetle, DAFZ'nin Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti üzerinde bu çalışmada açılan 5 hendeğin 4'ünde bu fay segmenti temsil ettiği kesin ve net olan fay zonlarına rastlanılmıştır. Hendeklerden derlenen örneklerin radyometrik yaş tayinlerine göre segmentin en eskisi MÖ 5209 ile 8351 yılları arası en yenisi MS 1452-1529 aralığı olacak şekilde yüzey kırığına neden olmuş çok sayıda depreme kaynaklık ettiği belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile literatürde yer alan 1114 ve 1513 depremlerine Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti'nin kaynaklık ettiği net olarak ortaya konmuştur. Dolayısıyla Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti için önerilecek en uygun deprem tekrarlanma aralığının 400 ± 28 yıl olduğu saptanmıştır. Ancak bu aralığın segmentin sadece münferit olarak kırılması durumu için geçerli olduğu unutulmamalıdır. 6 Şubat 2024 Kahramanmaraş depremlerinde de görüldüğü gibi bu aralığın aşılması durumunda Gölbaşı-Türkoğlu (Pazarcık) Segmenti münferit değil çok sayıda fay ile birlikte çoklu kırılmaya neden olacak şekilde depremler üretmektedir.

KAYNAKLAR

- Aitken, M. J., (1985). Thermoluminescence dating. Academic press, Orlando, Florida.
- Allen, C. R., (1969). Active faulting in northern Turkey. Contribution 1577, Div. Geol. Sciences California Inst. Technology, 32.
- Alıcı, P., Temel, A., Gourgaud, A., Vidal, P. and Gündoğdu, M. N., (2001). Quaternary Tholeiitic to Alkaline Volcanism in the Karasu Valley, Dead Sea Rift Zone, Southeast Turkey: Sr-Nd-Pb-O Isotopic and Trace-Element Approaches to Crust-Mantle Interaction, International Geology Review, 43, 120-138.
- Arpat, E. ve Saroglu, F., (1972). Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü. Ankara ss:44-50.
- Arpat, E. ve Saroglu, F., (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar, TJK Bülteni, 18, 91-101.
- Aslaner, M., 1973. İskenderun-Kınkhan bölgesindeki ofiyolitlerin jeolojisi ve petrografisi: MTA yayım, no. 150, 71 s., Ankara.
- Atan, O. R, (1969). Eğribucak-Karacaören (Hassa)-Ceylanlı-Dazevleri (Kınkhan) arasındaki Amanos dağları jeolojisi: MTA yayınları, no. 139, 85 s., Ankara.
- Bond, G.C., Nickeson, P.A. ve Kominz, M.A., (1984). Break of a supercontinent between 625 Ma and 555 Ma; new evidence and implications for continental histories. Earth and Planetary Sci. Letters, 70, 325-345.
- Bozhko, N.A., (1986). The evolution of the mobile zones of Gondwana and Laurasia in the Late Precambrian, Tectonophysics, 126, 125-135.
- Condie, K.C., (1989). Plate tectonics and crustal evolution. Pergamon press, 3th. Edi., 476 s. Oxford, England.
- Courtillot, V.C., Jaupart, C, Manighetti, I., Taponnier, P. and Besse, JM (1999). On causal links between flood basalt and continental breakup, Earth Planetary Sci. Lett, 166,177-195.
- Çapan, U. Z., Vidal, P. ve Cantagrel, J. M., (1987). K-Ar, Nd, Sr and Pb isotopic study of the Quaternary volcanism in Karasu Rift (Hatay), N-end of Dead sea rift zone in SE Turkey, Hacettepe Ü. Yer Bilimleri Dergisi, 14, 165-178.
- Dean, W. T., Krummenacher, R., (1961). Cambrian trilobites from the Amanos Mountains, Turkey: Paleontology, vol. 4., Part 1, pp. 71-81, pl. 10, London.
- Demirkol, C, (1988). Stratigraphy, structural geology and geotectonic evolution of

Amanos Mountains west of Turkey (K. Maraş, Turkey): Bull. of the Mineral Research and Exploration, v. 108, p. 18- 37, Ankara.

Dewey, J.F., (1976). Seismicity of northern Anatolia. Bulletin of the Seismological Society of America 66, 843–868.

Duman, T.Y., Emre, Ö., (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics Geological Society, London, Special Publications published online February 19, 2013 as doi: 10.1144/SP372.14.

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., Kurt, A.İ., (2016). Açıklamalı Türkiye Sismotektonik Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi- 34. Ankara-Türkiye

Emre, Ö., Duman., T.Y., Olgun, Ş., Elmacı, H. ve Özalp, S., (2012). 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası, Gaziantep (NJ37-9) paftası, Ankara.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., (2013). Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası. Ölçek 1:1.250.000, 89s., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-30 (ISBN: 978-605-5310-56-1), Ankara-Türkiye.

Erdoğan, T., (1975). Gölbaşı Dolayının Jeolojisi. T.P.A.O. Rap. No: 929, (Yayınlanmamış), Ankara.

Erkmen, C., Eravcı, B., Öz Saraç, V., Yaman, M., Tekin, B.M., Albayrak, H., Kuterdem, K., Aktan, T., Tepeugur, E. (2009). Doğu Anadolu Fayı'nın Paleosismolojisi; Pilot Bölge Gölbaşı-Türkoğlu Arası. TUJJB Ulusal Deprem Programı Proje No: TUJJB-UDP-1-07, Ankara.

Gözübol, A.M. ve Gürpınar, O., (1980). Kahramanmaraş Kuzeyinin Jeolojisi ve Tektonik Evrimi. Türkiye 5. Petrol Kong., Jeoloji-Jeofizik Bild., s. 21-29, Ankara.

Gül, M. A., (2000). Kahramanmaraş Yöresinin Jeolojisi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 304 s.

Hempton, M.R., (1982). The North Anatolian fault and complexities of continental escape. Journal of Structural Geology 4, 502–504.

Herece, E., (2008). Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası, Ankara MTA Genel Müdürlüğü, 359s.

Husseini, M.I., (1989). Tectonic and deposition model of the Precambrian-Cambrian Arabian and adjoining plates: A.A.P.G. Bull, 73/9, s. 1117-1131.

Husseini, M.I., (1991). Tectonic and deposition model of the Arabian and adjoining plates during the Silurian-Devonian, A.A.P.G. Bull., 75/1, 108-120, USA.

İmamoğlu, M. S., (1993). Gölbaşı (Adıyaman)-Pazarcık-Narlı(K.Maras) arasındaki sahada Dogu Anadolu Fayı'nın Neotektonik incelemesi, Doktora Tezi, A.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnan, S., Ergintav, S., Saatçılar, R., Tüzel, B., İravul, Y., Çakmak, R., Özel, N., Tatar, O., Gürsoy, H., Çetin, H., İmamoğlu, M.Ş., Kavak, O., Akçığ, Z., Ergün, M., Utku, M., Polat, O., Eral, M., Saç, M. M., Altunel, E., Doğru, M., Aksoy, E., Şimşek, Ş., Önal, A., Önal, A., Eyidoğan, H., Akyüz, S., Kara, V., Bodur, M. N., Kop, A., Doğan, U., Demirel, H. (2008). *Türkiye'nin Deprem Riski Yüksek Jeo-Stratejik – ancak tektonik rejimleri farklı - Bölgelerinde Deprem Davranışının Çok Disiplinli Yöntemlerle Araştırılması Projesi – TÜRDEP*, Türkiye 18. Jeofizik Kongresi, (14-17 Ekim) Ankara.

Karabacak, V., (2007). Ölü Deniz Fay Zonu Kuzey Kesiminin Kuvaterner E. O. Üniv., Fen Bil. Enst. Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca Jeoloji Müh. ABD, Genel Jeoloji Bilim Dalı (Doktora Tezi) yayımlanmamış, Eskişehir.

Ketin, I., (1948). U ber die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anadolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. GeologischeRundschau 36, 77–83.

Koçyiğit, A., (1984). Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim, T.J.K, Bült., 27, 1.16, Ankara.

Kop, A., Ünlügenç, U., Demirkol, C., (2002). Kırıkhan ve Civarının (Hatay) Stratigrafik Gelişimi, GD Türkiye, Geosound Yerbilimleri Dergisi, Official Publication of the Association Geological Engineering and Mining Engineering of Çukurova University, s. 51-80, Adana.

Kop, A., Ezer, M., Bodur, M.N., Darbaş, G., İnan, S., Ergintav, S., Seyis, C., Yalçın, C., (2014). Geochemical Monitoring along the Türkoğlu-Kahramanmaraş-Gölbaşı-Adıyaman Segments of the East Anatolian Fault System (EAFS), The Arabian Journal for Science and Engineering. DOI: 10.1007/s13369-013-0912-7.

Kozlu, H., (1982). İskenderun Baseni jeolojisi ve petrol olanakları: TPAO Rapor no: 1921 (yayınlanmamış).

Kürçer, A., Elmacı, H., Özdemir, E., Güven, C., Güler, T., Avcu, İ., Olgun, Ş., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Çetin, F. E., Ayrancı, A., Akyol, Z., Soykasap Ö. A., Altuntaş, G., Demirörs, U., Karayazı, O., Bayrak, A., Özalp, S., (2023). 06 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7,7) Saha Gözlemleri ve Değerlendirmeler.

MTA Genel Mdrlg, Rapor No: 14138, 187 s., Ankara.

Le Pichon, X. and Angelier, J., (1979). The Aegean arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area, *Tectonophysics*, 60, 1– 42.

Le Pichon, X. and Gaulier, J. M., (1988). The rotation of Arabia and the Levant fault system, *Tectonophysics*, 153, 271-294.

Lyberis, N., Yrr, T., Chorowicz, J, Kasapoğlu, E. and Gndoğdu, N., (1992). The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt, *Tectonophysics*, 204, 1-15.

Manighetti, I., Taponnier, P., Courtillot, V., Gruszow, S. and Gillot, P.Y., (1997). Propagation of rifting along the Arabia-Somalia plate boundary: The Gulf of Aden and Tadjoura, *J. Geophys. Res.*, 102, 2681-2710.

Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, R., Woerd, J., Mouty, M., Darkal, A. N., Radwan, Y., Layyous, I., Al Najjar, H., Darawcheh, R., Hijazi, F., Al-Ghazzi, R. and Barazangi, M., (2003). Evidence for 830 years of seismic quiescence from palaeoseismology, archaeoseismology and historical seismicity along the Dead Sea fault in Syria, *Earth and Planetary Science Letters*, 210, 35-52.

McKenzie, D.P., (1972). Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J.R. Astr. Soc.*, 30, 109-185.

McKenzie, D., (1970). Plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature* 226, 239-243.

McCalpin, J. P. (Ed.) (2009). *Paleoseismology* (Vol. 95). Academic press.

McKenzie, D., (1976). The East Anatolian Fault: a major structure in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 29, 189-193.

Morel, P. ve Irving, E., (1978). Tentative and Paleoncontinental maps for the early Phanerozoic and Proterozoic. *J. Geol.*, 86, 535-561.

Murphy, J.B. ve Nance, R.D., (1991). Supercontinent model for the contrasting character of Late Proterozoic orogenic belt, *Geology*, v.19, p. 469-472.

Paris, F. ve Robardet, M., (1990). Early Palaeozoic palaeobiography of the Variscan region. *Tectonophysics*, 177, 193-213.

Parlak, O., Kop, A., Unlugenc, U.C., Demirkol, C., (1998). Geochronology and Geochemistry of Basaltic Rocks in the Karasu Graben around Kirikhan (Hatay), Southern Turkey. *Tubitak Earth Sciences*, P. 53-61.

Perincek, D., Cmen, L., (1990). The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey. *Tectonophysics* 172, 331-340.

Perinçek, D. ve Eren, A. G., (1990). Doğrultu atımlı Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları etki alanında gelişen Amik Havzası'nın kökeni, 8. Petrol Kongresi , 180-192.

Perinçek, D., 1978, Güneydogu Anadolu otokton-allokon birimlerin jeoloji sembolleri, TPAO Arama grubu Arsivi, no.6657.

Piper, J.D.A., (1982). The Precambrian paleomagnetic record: case for the Precambrian Supercontinent. Earth and Planetary Sci. Letters, 59,61-69.

Polat, A., Kerrich, R. and Casey, J.F., (1997). Geochemistry of Quaternary basalts erupted along the east Anatolian and Dead Sea fault zones of southern Turkey: implications for mantle sources, Lithos, 40, 55-68.

Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, W. ve Toksöz, M.N., (1997). Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabian–Africa-Eurasia plate collision zone. J. Geophys. Res., 102, 9983–9999.

Rojay B., Heimann, A. and Toprak, V., (2001). Neotectonic and volcanic characteristics of the Karasu fault zone (Anatolia, Turkey): The transition zone between the Dead Sea transform and the East Anatolian fault zone, Geodinamica Acta, 14, 197–212.

Scotese, C.R., Bambach, R.K., Barton, C., Van der Voo, R. and Zigler, A.M. (1979). Paleozoic base maps. J. Geol., 87,217-227.

Şahiner, E., Erturaç, M.K., Meriç, N., (2017). Termal-Asistan Optik Uyarmalı Lüminesans (TA-OSL) Tekniğiyle Milyon Yıl Mertebesindeki Jeolojik Örneklerin Tarihlendirilmesi: Gediz Taraçaları, Kula/Manisa, Türkiye Jeoloji Bülteni, 60 (2017) 489-506 doi:10.25288/tjb.360609.

Şaroğlu, F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., (1992). The East Anatolian fault zone of Turkey. Annales Tectonicae, 99–125 (Special Issue-Supplement to Volume VI).

Şengör, A.M.C., (1979). The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance. J. Geol. Soc., London, 136, 269–282.

Şengör, A.M.C. ve Kidd, W.S.F., (1979). Post-collisional tectonics of Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics, 55, 361-376.

Şengör, A.M.C., (1980). Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, TJK yayını, 40s.

Şengör, A.M.C. ve Canitez, N., (1982). The North Anatolian fault. In: Berckhemer, H., Hsui, K. (Eds.), Alpine and Mediterranean Geodynamics. American Geophysical Union, Geodynamics Series, vol. 7, pp. 205– 216.

Şengör, A.M.C., Görür, N. ve Şaroğlu, F., (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle K.T.,

Christie-Blick N. (Eds.), Strike-slip Faulting and Basin Formation, Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Pub., 37, pp. 227–264, Oklahoma.

Tatar, O., Piper, J. D. A., Gürsoy, H., Heimann, A. and Koçbulut, F., (2004). Neotectonic deformation in the transition zone between the Dead Sea Transform and the East Anatolian Fault Zone, Southern Turkey: a palaeomagnetic study of the Karasu Rift Volcanism, Tectonophysics, 385, 17–43.

Tolluoğlu, A.Ü. ve Sümer, E.Ö., (1995). Gondvana Kuzeyi Anadolu Mikrokıtası Erken Paleozoyik evrim modeli, T.J.K. Bülteni, c.38, s.1-22.

Türkunal, S., (1996). Kahramanmaraş İli Enlemi ile Engizek Sıradağları Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi. T.M.M.O., J.M.O. Yay., Ankara.

Westaway, R. and Arger, J., (1996). The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone, J. Geol. Soc., London, 153, 729–743.

Yalçın, N. (1979). Orta Amanoslar'ın Jeolojisi ve Petrol Olanakları. T.P.A.Ş. Rap. No: 1343-1393, Ankara.earthquakes in the Eastern Mediterranean region, Geophys. J. Int. 133, 390-406.

Yalçın, N., (1980). Amanosların litolojik karakterleri ve güneydoğu Anadolu'nun evrimindeki anlamı: Türkiye Jeol. Kur. Bült., c.23, s. 21-30.

Yılmaz, Y., (1984). Türkiye'nin jeolojik tarihinde magmatik etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi: Türkiye Jeol. Kur. Bült., Ihsan Ketin Simpozyumu Özel Sayısı, 63-81, Ankara.

Yılmaz, Y., Yiğitbaş, E., & Yıldırım, M., (1987). Güneydoğu Anadolu'da Triyas sonu tektonizması ve bunun jeolojik anlamı, Türkiye 7. Petrol Kongresi (pp.9-10). Ankara.

Yurtmen, S., Guillou, H., Westaway, R., Rowbotham, G. and Tatar, O., (2002). Rate of strike-slip motion on the Amanos Fault (Karasu Valley, southern Turkey) constrained by K-Ar dating and geochemical analysis of Quaternary basalts, Tectonophysics, 344, 207–246.

Yüksel, Ö., (2009). Gölbaşı (Adıyaman) Dolayında Doğu Anadolu Fay Sisteminin Plaeosismisitesi ve Zeminlerin Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 117 s, Adana.