**Türkiye Jeoloji Bülteni**
*Geological Bulletin of Turkey*
*68 (2025) 35—68*
*doi:10.25288/tjb.1537956*

# 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık (Mw: 7,7) depremi ışığında Doğu Anadolu Fay Zonu Erkenek Segmentinin Kinematik Analizi

*The Kinematics of Active Crustal Deformation in the Erkenek Segment of the Eastern Anatolian Fault Zone Using Comprehensive Surface Rupture Analysis from the February 6, 2023 Earthquake (Mw 7.7)*

**Elif Akgün[1], Mustafa Softa[2], Serap Çolak Erol[1], Ercan Aksoy[1], Serkan Gürgöze[3], Fikret Koçbulut[4], Hasan Sözbilir[2], Orhan Tatar[5]**

*[1] Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Merkez 23119 Elazığ*
*[2] Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca 35390 İzmir*
*[3] Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ondokuzmayıs 55420 Samsun*
*[4] Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Merkez 58140 Sivas*
*[5] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 06800 Ankara, Türkiye*

• Geliş/Received: 23.08.2024 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 09.10.2024 • Kabul/Accepted: 09.10.2024
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 30.12.2024 • Baskı/Printed: 31.05.2025

*Araştırma Makalesi/Research Article* *Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey*

**Öz:** Anadolu'nun Neotektonik dönemi yapılarından biri olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) kıta içi deformasyonu sağlayan sol yanal doğrultu atımlı aktif bir fay zonudur. DAFZ; kuzey kol ve ana kol olarak da adlandırılan güney kol olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Bu çalışmanın konusunu DAFZ'nin güney kolu üzerinde meydana gelen 6 Şubat 2023 Pazarcık depreminde (Mw: 7,7), Erkenek Segmenti üzerinde gelişen yüzey kırığının Çelikhan (Adıyaman) yakınlarındaki bölümü üzerinde gerçekleştirilen detaylı jeolojik, paleosismolojik ve haritalama çalışmalarının ön bulguları oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalarda yüzey kırığı Çelikhan kesiminde 50 cm düşey atımın eşlik ettiği maksimum sol yanal yer değiştirme miktarı 3,25 m olarak ölçülmüştür. Çelikhan'ın kuzeydoğusuna doğru gidildikçe sol yanal yer değiştirme miktarının azaldığı ve sönümlendiği görülmüştür. Erkenek segmenti boyunca fay düzlemlerinden ölçülen kayma verilerinin kinematik analizi sonucunda, segmentin geometrisi ile uyumlu deformasyonun yaklaşık KD-GB ve KKB-GGD doğrultulu sıkışma gerilmesiyle ilişkili doğrultu atımlı tektonik rejim altında geliştiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Anadolu Fay Zonu, Erkenek Segmenti, paleosismoloji, paleostres, yüzey kırığı.

***Abstract:*** *The Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ) is a significant neotectonic feature in Anatolia, characterized as an active intra-continental left-lateral strike-slip fault. The EAFZ comprises two distinct parts: the southern branch, referred to as the main branch, and the northern branch. This study examines the surface rupture near Çelikhan (Adıyaman) on the Erkenek Segment, which developed during the February 6, 2023 Pazarcık earthquake (Mw 7.7), occurring along the southern branch of the EAFZ. The primary emphasis of this study centers on preliminary findings derived from thorough geological investigations conducted on the surface fault rupture. Additionally, novel insights into seismic activity associated with the Erkenek Segment were revealed for the first time through meticulous field studies. In the studies, the maximum left-lateral displacement measured in the Çelikhan section of the surface fracture was 3.25 meters, accompanied by a vertical slip of 50 centimeters. The magnitude of left-lateral displacement decreased and attenuated moving northeastward from Çelikhan. Based on kinematic analysis of slip*

Yazışma / *Correspondence:* efiratligil@firat.edu.tr
*© 2025 JMO Her hakkı saklıdır/All rights reserved*

*data obtained from fault planes along the Erkenek segment, the deformation aligned with the segment's geometry and occurred within a strike-slip tectonic regime influenced by compressional stress predominantly oriented in NE-SW and NNW-SSE directions.*

***Keywords:*** *East Anatolian Fault Zone, Erkenek segment, paleoseismology, paleostress, surface rupture.*

## GİRİŞ

Üzerinde üç yıl arayla gelişen 24 Ocak 2020 Sivrice-Doğanyol depremi (Mw: 6,8) ve 6 Şubat 2023 deprem serilerinin ardından sismik boşluk tanımından ayrılan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Duman ve Emre (2013) çalışmasında tanımlandığı üzere sırasıyla 380 km ve 580 km uzunluğa ulaşan kuzey kol ve ana kol olarak da adlandırılan güney kol olmak üzere iki ayrı bölümden meydana gelmektedir. DAFZ, üzerinde 2023 yılında meydana gelen son depremlerin büyüklükleri 7,7 ve 7,6 olarak kaydedilmiştir. DAFZ'nin ana kolu üzerinde Amanos, Narlı, Pazarcık ve Erkenek segmentleri, kuzey kol üzerinde ise Çardak ve Doğanşehir segmentlerinin kırılmasıyla 400 km'ye varan yüzey kırığı gelişmiştir (Karabacak vd., 2023; Aksoy vd., 2023; Softa vd., 2024). Deprem enerjisinin tek bir segmentin ya da ardışık segmentlerin birlikte kırılması ile boşalması, fayın, paleosismoloji çalışmalarıyla bulunmak istenen kayma hızı, deprem tekrarlanma aralığı, kaynaklık ettiği son depremden bu yana geçen süre ile yakından ilişkilidir.

DAFZ'nin farklı segmentleri üzerinde gerçekleştirilen özellikle paleosismoloji çalışmaları, kinematik analiz çalışmaları ve sismolojik çalışmalarla, fayın karakteri, kayma hızı, kaynaklık ettiği depremler, ürettikleri son depremden bu yana geçen süre ve deprem tekrarlanma aralığı konusunda veriler elde edildiği bilinmektedir (örn. Çetin vd., 2003; Bayrak vd. 2015; Yönlü vd., 2017; Duman vd., 2020; Akgün ve İnceöz 2021; Yönlü ve Karabacak 2024).

Yönlü ve Karabacak (2024) Pazarcık segmenti üzerinde gerçekleştirdikleri paleosismoloji çalışmalarında, segmentin en az 2 adet deprem ürettiğini belirterek, kayma hızını yılda 5,6 mm olarak hesaplamışlardır. Akgün ve İnceöz (2021) kinematik analiz çalışmaları gerçekleştirmiş ve Erkenek Segmenti'nin Çelikhan yakınlarında KD-GB doğrultulu sıkışma altında transpresiyonel tektonik rejim sunduğunu belirtmişlerdir.

Bununla birlikte 6 Şubat 2023 deprem serilerinden 7,7 büyüklüğündeki ilk depremde Pazarcık Segmenti'ndeki yüzey kırığı üzerinde Karabacak vd. (2023) tarafından gerçekleştiren çalışmada en yüksek sol yanal yer değiştirmenin Büyüknacar Mahallesi (Pazarcık, Kahramanmaraş) yakınlarında 7,3 metreye ulaştığı belirtirlerken, Aksoy vd. (2023) çalışmasında ise yüzey kırığının Erkenek Segmenti üzerinde Çelikhan (Adıyaman) yakınlarında 2,9 metre sol yanal yer değiştirmeye neden olduğunu ve atımın KD'ye doğru sönümlendiğini ileri sürmüşlerdir.

Deprem serileri sonrasında gerçekleştirilen çalışmalarda (örn. Karabacak vd. 2023, Aksoy vd. 2023, Sandıkçıoğlu vd. 2023; Parlak vd. 2023; Barbot vd. 2023; Softa vd. 2024; Alkan vd. 2024; Gürboğa vd. 2024) Pazarcık depremi (Mw: 7,7) yüzey kırığının karakteristik özelikleri, DAFZ boyunca sergilediği maksimum-minimum yer değiştirmeler, kırılan segmentlerin kayma hızları, uzunlukları, sismik veriler ışığında deprem geri dönüş periyotları gibi veriler ortaya konulmuştur. Ancak Çelikhan ve kuzeydoğusunda devam eden yüzey kırığının görüldüğü son segment olan Erkenek Segmenti üzerinde paleosismolojik çalışmalar sonucunda elde edilebilecek kayma hızı, kaynaklık ettiği depremler, tekrarlanma aralığı gibi parametreler literatürde aydınlatılmayı bekleyen konular arasındadır. Bu verilerin bütüncül değerlendirilmesi, DAFZ boyunca meydana gelen bu karmaşık yapıdaki deprem çiftleri esas alınarak, fay zonunun gelecekteki hareket mekanizması hakkında önemli veriler ortaya konulacak ve aynı zamanda depremden kaynaklanan tehlikelerin

en aza indirilmesinde etkin rol oynayacaktır. Bu çalışma kapsamında, 6 Şubat 2023 deprem serilerinden Pazarcık depremine ait (Mw: 7,7) yüzey kırığının Çelikhan yakınlarındaki bölümü üzerine yoğunlaşılarak, i)-yüzey kırığının Erkenek Segmenti ile olan jeolojik ilişkisi, ii)-oluşan yüzey kırığının deformasyon mekanizması, detaylı arazi çalışmaları ve öncül paleosismoloji verileri sonucunda ilk kez incelenmiştir.

## YÖNTEM

Bu çalışmada 6 Şubat 2023 deprem serisinden Pazarcık depreminin (Mw:7,7) neden olduğu yüzey kırığı üzerinde detaylı jeolojik araştırmalar yapılmıştır. Özellikle Adıyaman ili Çelikhan ilçesi ile yakın çevresinde gerçekleştirilen çalışmalarda, öncelikle yüzey kırığının konumunun belirginleştirilmesi ve deformasyon mekanizmasının ortaya çıkarılması için insansız hava aracı (İHA) ile yüksek çözünürlüklü görüntü alınmıştır. Bu kapsamda Mavic Pro marka İHA kullanılarak araştırma alanında yüzey kırığının haritalaması yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda ilk önce dronelink programı ile yüzey kırığına ait 4 farklı lokasyon için uçuş planı hazırlanmıştır. Ardından drone 70 m irtifada uçurularak toplamda 1377 fotoğraflama yapılmıştır. Fotoğraflar Agisoft Metashape Professional programıyla işlenerek sahanın 2,0-3,7 cm/piksel arasında değişen yüksek çözünürlüklü Ortofoto görüntüleri ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üretilmiştir.

Çalışmalarda ikinci olarak Erkenek segmenti boyunca 1/25.000 ölçekte fay geometrisi haritalama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Haritalama boyunca, fay düzlemi üzerindeki hareketi veren kinematik verilerin ölçümü için fay düzleminin doğrultu, eğim miktarı, eğim yönü ile yan yatım açısı, kayma yönü ve hareketin türü gibi fay parametreleri ölçülmüştür. Elde edilen kinematik veriler, Delvaux ve Sperner (2003) tarafından geliştirilen WinTensor 5.9.1 yazılımının rotasyonal optimizasyon yönteminin F5 modülü ile gerilme eksenleri ve gerilme oranı hesaplanmıştır. Angelier (1990) çalışmasında ileri sürdüğü gibi, paleostres analizinde üç ana gerilme doğrultusu (σ1, σ2 ve σ3), ana gerilmeler arasındaki R oranı başta olmak üzere dört parametrenin fonksiyonu dikkate alınmaktadır (Angelier, 1994). Deformasyon elipsoidinin şeklini belirleyen gerilme oranı R değeri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$R = \frac{(\sigma 2 - \sigma 3)}{(\sigma 1 - \sigma 3)}$$

0 ile 3 arasında değişen değere sahip gerilme rejimi indeksi (R'), gerilme oranı (R) değerine göre hesaplanmıştır. Normal fay oluşumunda gerilme rejimi indeksi gerilme oranı değerine eşit olup (R›=R) 0 ile 1 arasında bir değere sahiptir. Doğrultu atımlı fayların oluşumunda ise gerilme oranı değeri 2'den çıkarılarak elde edilen gerilme rejimi indeksi (R'=2-R) 1<R'<2 aralığında bir değere sahiptir. Sıkışmalı rejimlerde ise 2<R'<3 aralığında değişen gerilme rejimi indeksi değeri gerilme oranına 2 eklenerek (R'=2+R) hesaplanmaktadır. Gerilme alanları; σ'in düşey eksende bulunması durumunda, radyal genişleme rejiminden (0<R<0,25), saf genişleme rejimine (0,25<R<0,75) ve transtansiyonel rejime (0,75<R<1) değişmektedir. Düşey eksende σ2 gerilme ekseni olduğu zaman; gerilme alanları transpresiyonel rejimden (0<R<0,25), saf doğrultu atımlı rejime (0,25<R<0,75) ve transtansiyonel rejime (0,75<R<1) değişmektedir. σ3'ün düşey eksende olduğu durumunda ise gerilme alanları transpresiyonel rejimden (0<R<0,25), saf sıkışma rejimine (0,25<R<0,75) ve radyal sıkışma rejimine (0,75<R<1) değişmektedir (Delvaux vd., 1997).

## BÖLGESEL SİSMOTEKTONİK

### Çelikhan (Adıyaman) ve Yakın Çevresinin Sismotektonik Özellikleri

Türkiye'nin orojenik gelişiminde önemli bir rol oynayan Tetis'in evrimi, Türkiye'nin günümüzdeki jeolojik ve tektonik çatısını oluşturmaktadır. Alpin orojenik evriminde

yoğun deformasyona maruz kalan Türkiye'de kristalin masifler ve kapanan okyanuslar boyunca oluşan-gelişen kenet kuşakları temel alınarak Türkiye tektonik birliklere ayrılmıştır (Ketin, 1966; Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999). Doğu Anadolu'daki deformasyon fazları, bölgenin jeolojik gelişiminde önemli rol oynayan Alpin orojenezine bağlı olarak birimlerin gelişim zamanları ve birbirleri ile olan ilişkileri esas alınarak belirlenmiştir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1993). Tektonik rejimler, yapısal elemanlar ve deformasyon biçimleri esas alınarak Türkiye'deki Neotektonik dönemin Avrasya ve Arabistan levhaları arasındaki yakınsama sonucunda Tetis Okyanusu'nun kollarının kapanması ile başladığı ileri sürülmüştür (Bozkurt, 2001; Koçyiğit vd., 2001). Neotektonik dönem için farklı tektonik rejim ve deformasyon türlerine göre 4 farklı bölge belirlenmiş ve bunlar: Kuzey Anadolu Fay Zonu Bölgesi, Doğu Anadolu Sıkışmalı Bölgesi, Orta Anadolu "Ova" Bölgesi ve Batı Anadolu Genişlemeli Bölgesi olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanı bu bölgelerden "Doğu Anadolu Sıkışmalı Bölgesi" içerisinde yer almaktadır. Bu bölge yitim ve nihai çarpışma sırasında K-G doğrultulu sıkışmalı tektonik rejim etkisinde Bitlis Kenet Kuşağı boyunca D-B doğrultulu kıvrım eksenleri ve bindirme fayları ile kabuk kalınlığının artmasına bağlı olarak yükselmiştir. Çarpışmadan sonra Arabistan ile Avrasya levhaları arasında devam eden yakınsamayla ilişkili olarak Erken Pleyistosen'den itibaren doğrultu atımlı tektonik rejim baskın olmuştur. Sıkışmalı tektonik rejimin de lokal olarak devam ettiği Doğu Anadolu'da, volkanizmanın da eşlik ettiği ve Türkiye'nin en önemli sismik kaynaklarından biri olan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) kıta içi deformasyonu büyük oranda karşılamaktadır (Yılmaz vd., 1987; Yılmaz ve Gürer, 1996; Koçyiğit vd., 2001; Yılmaz vd., 2022). Tarihsel dönemlerde yıkıcı depremler ürettiği kataloglar ve kaynaklar ile ortaya konmuş (Ambraseys, 1989) DAFZ boyunca meydana gelen son yıkıcı depremler, DAFZ'nin oldukça karmaşık bir deformasyon zonu oluşturduğunu göstermiştir.

**Doğu Anadolu Fay Zonu ve Deprem Aktivitesi**

KAFZ'nin eşleniği olarak da bilinen, Karlıova-Bingöl arasında bir çizgisellik olarak haritalanan DAFZ, (Altınlı, 1963; Ketin, 1966, 1968) ilk kez Allen (1969) tarafından vurgulanmıştır. 22 Mayıs 1971 tarihinde M: 6,8 Bingöl'de meydana gelen depremden sonra birçok araştırmanın (Ambraseys, 1970; Arpat ve Şaroğlu, 1972; Aydın ve Seymen, 1972) konusu olmuş ve "Doğu Anadolu Fay Zonu" olarak isimlendirilerek Amik Ovasına kadar haritalanmıştır (Arpat ve Şaroğlu, 1972, 1975). Fay zonu boyunca devam eden çalışmalar farklı görüşlerin de ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Fay zonunun Karlıova'da (Bingöl) KAFZ ile birleşerek başladığı konusunda görüş birliği sağlanmakla birlikte, fayın uzanımı ve devamlılığı hakkında farklı görüşler ileri sürülmüştür. Bazı araştırmacılar (Görür vd., 1984; Lovelock, 1984; Muehlberger ve Gordon, 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Yürür ve Chorowicz, 1998) DAFZ'nin Karlıova (Bingöl) ile Türkoğlu (Kahramanmaraş) üçlü eklemleri arasında bir uzanıma sahip olduğunu belirtirler. Duman ve Emre (2013) ile Duman vd. (2020) ise, DAFZ'yi kuzey ve güney olmak üzere iki kola ayırarak incelemişlerdir (Şekil 1). Karlıova (Bingöl) ve Antakya arasındaki yaklaşık 580 km uzunluğa sahip olduğunu belirttikleri güneydeki kolu ana kol olarak kabul etmişler ve Amik (Hatay) üçlü ekleminde Ölü Deniz Fay Zonu ve Kıbrıs Yayı ile birleştiğini öne sürmüşlerdir. Yaklaşık 350 km uzunluğa sahip ve İskenderun Körfezi'nde Girne-Misis Fay Zonu ile birleştiğini ifade ettikleri kuzey kolu ise Sürgü-Misis Fay Sistemi (SMFS) olarak adlandırmışlar ve dokuz segmentten oluştuğu önerilmiştir (Şekil 1). Kuzey kolun en doğu segmenti, aynı yazarlar tarafından Sürgü Segmenti olarak adlandırılmıştır. Yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan ve Çelikhan (Adıyaman) yakınlarında DAFZ ile birleşen ya da ondan ayrılan bir geometri sunan Sürgü segmenti, Arpat ve Şaroğlu (1975) ile Yılmaz (2002) tarafından da haritalanmıştır. Bazı yazarlar tarafından

(Perinçek ve Kozlu,1984) Çardak-Sürgü Fayı olarak isimlendirilirken, bazı çalışmalarda ise (Şaroğlu vd., 1992) batı bölümünün ayrı bir fay olduğu belirtilmiş ve bu bölüme Çardak Fayı adı verilmiştir. Jeolojik özellikler, yer değiştirmiş çizgisel vadiler ve dere yataklarındaki çarpılmalar dikkate alınarak fay zonu için önerilen atım miktarı 200 m ile 4 km arasında değişmektedir. Koç ve Kaymakçı (2013), uydu görüntüleri, hava fotoğrafları ve sayısal yükseklik modellerine (SYM) dayanan analizler sonucunda, diğer araştırmacıların aksine, Sürgü Fay Zonu'nun sağ yanal doğrultu atımlı faylara özgü basınç sırtları, yer değiştirmiş çizgisel vadiler ve ötelenmiş dere yatakları içeren deformasyon modeli gösterdiğini ve 3 km'lik toplam atıma sahip olduğunu öne sürmüşlerdir.

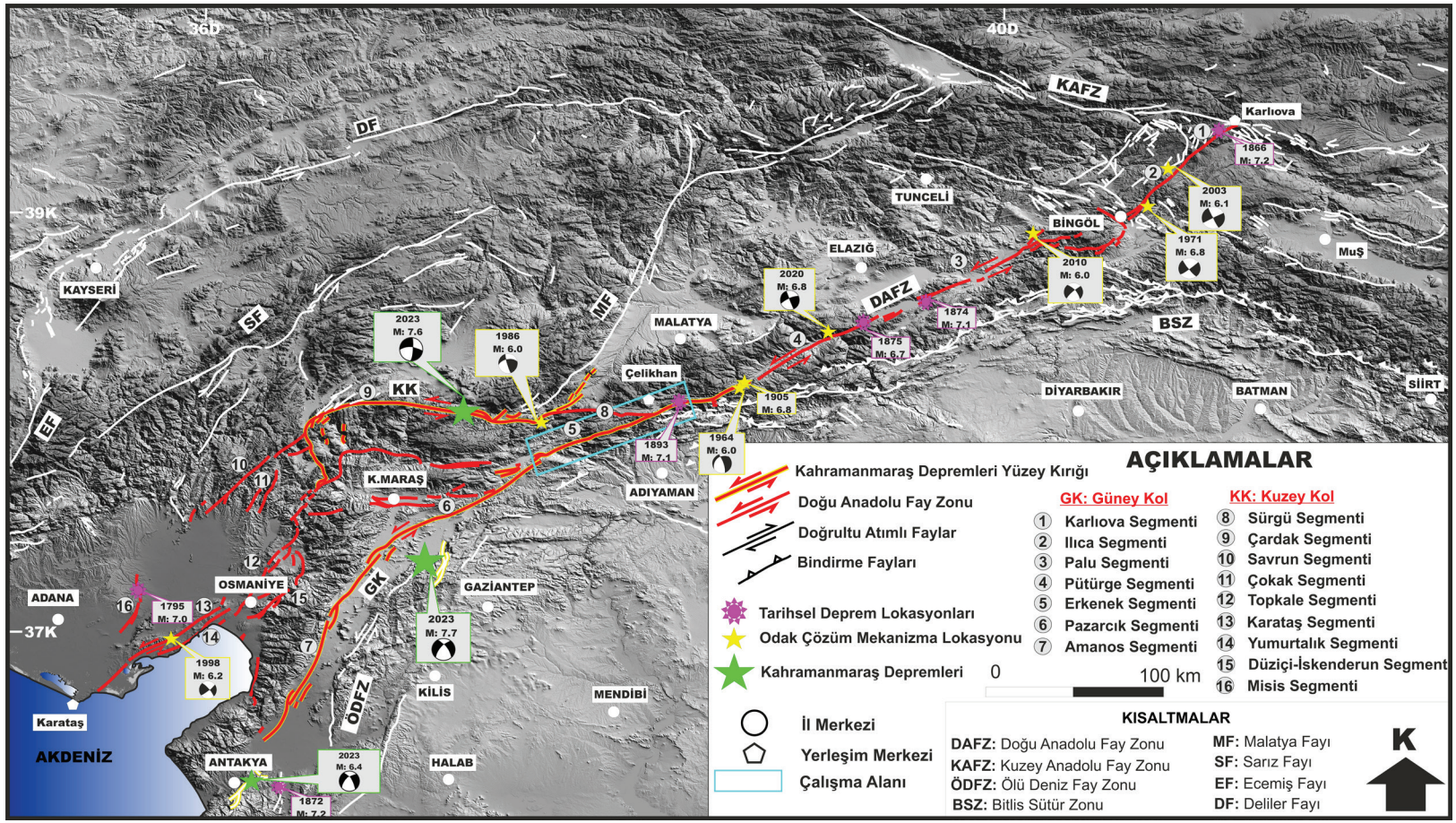
DAFZ'nin geometrisi ve segmentasyonu için fay zonu boyunca gözlenen sıçrama ve büklüm noktaları esas alınarak değişik çalışmalarda farklı önerilerde bulunulmuştur. Bazı araştırmacılar (McKenzie, 1976; Hempton vd., 1981; Muehlberger ve Gordon, 1987) DAFZ'yi 5 segmente ayırırken; bazıları (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988) 14; Şaroğlu vd. (1992) 6; Herece (2008) ise 11 segmente ayırmıştır. Duman ve Emre (2013) ile Duman vd. (2020) tarafından kuzey ve güney olmak üzere iki koldan oluştuğu öne sürülen DAFZ 16 segmente ayrılarak incelenmiş olup, bunlardan 6 Şubat 2023 Pazarcık depreminde kırılan segmentlerden olan Erkenek Segmenti, bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır (Şekil 1).

DAFZ'nin oluşum yaşı birçok araştırmacı tarafından Erken Pleyistosen (Kuvaterner) olarak benimsenmiştir (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1985; Dewey vd., 1986; Hempton, 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Lyberis vd., 1992; Westaway ve Arger, 2001; Aksoy vd., 2007). Herece ve Akay (1992) ile Herece (2008) ise fay zonunun kuzeydoğu kesimindeki Pliyosen havzalarında gelişmiş D-B eksenli kıvrımların varlığını işaret ederek; DAFZ'nin oluşum yaşı için Erken Pleyistosen (Kuvaterner) olarak önermişlerdir.

Bu çalışma kapsamında, DAFZ'nin orta bölümünde yer alan Erkenek Segmenti ve yakın çevresinde 2 Mart 1893 Malatya (M: 7,1) ve 4 Aralık 1905 Malatya (M: 6,8) yıkıcı depremleri ile 1964 Sincik (Adıyaman) (M: 6,0), 5 Mayıs (Ms: 5,8) ve 6 Haziran (Ms: 5,6) 1986 Doğanşehir depremleri, segmentin tarihsel ve aletsel dönem aktivitesinin göstergeleridir (Ambraseys, 1988; Ambraseys ve Jackson, 1998; bu çalışma).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda DAFZ boyunca Erkenek Segmenti başta olmak üzere birçok segment üzerinde fay zonunun maruz kaldığı gerilme durumlarını ve fay zonunun kinematik davranışını modelleyen paleostres çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Yılmaz vd., 2006; Koç ve Kaymakçı, 2013; Akgün ve İnceöz, 2021). Bu çalışmalar bölgedeki son tektonik rejimin yaklaşık KKD-GGB doğrultulu bir sıkışma gerilmesi sonucu ortaya çıkan doğrultu atım rejimi olduğunu göstermektedir.

DAFZ boyunca gözlemlenen jeolojik verilere dayalı olarak 4 mm-13,5 mm/yıl uzun dönem kayma hızı önerilmiştir (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Seymen ve Aydın, 1972; Yürür ve Chorowicz, 1998; Koçyiğit vd., 2001; Çetin vd., 2003; Aksoy vd., 2007; Herece, 2008). Bu çalışmalardan Çetin vd. (2003), DAFZ üzerinde ilk kez gerçekleştirdikleri paleosismoloji çalışmalarında, sol yanal atıma uğrayan alüvyal fanlardan elde ettikleri radyokarbon yaşlarını kullanarak segmentin kayma hızını 11 mm/yıl olarak belirlemiştir. Kinematik analiz modelleri (Lyberis vd., 1992; Westaway, 2004; 2006) 7,8 mm-19 mm/yıl aralığındaki kayma hızları ile uyumlu iken, GPS ölçümleri ise DAFZ boyunca 4-15 mm/yıl kısa dönem kayma hızı göstermektedir (Oral vd., 1992; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky vd., 2000; Westaway, 2003; Reilinger vd., 2006; Özener vd., 2010; Aktuğ vd., 2016). DAFZ boyunca gerçekleştirilen sismolojik analiz sonuçları esas alınarak önerilen kayma hızı ise 6 mm/yıl-31 mm/yıl aralığında değişmektedir (Taymaz vd., 1991; Kiratzi, 1993).




**Şekil 1.** Çalışma alanının Doğu Anadolu'daki tektonik yapılar ile Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca gelişmiş tarihsel (Ambraseys, 1989; Ambraseys ve Finkel, 1998; Ambraseys ve Jackson, 1998; Tan vd., 2008) ve aletsel dönem (Mw>6.0, AFAD) deprem dağılımlarını gösteren diri fay haritası (Duman ve Emre, 2013) üzerindeki konumu.

***Figure 1.*** *Location of the study area on the active fault map (Duman and Emre, 2013) illustrating the tectonic structures in Eastern Anatolia, along with the distribution of historical earthquakes (Ambraseys, 1989; Ambraseys and Finkel, 1998; Ambraseys and Jackson, 1998; Tan et al., 2008) and instrumental period earthquakes (Mw>6.0, AFAD) along the East Anatolian Fault Zone.*

DAFZ ve Kenar Kıvrımları Kuşağı boyunca 1500-1905 zaman aralığında meydana gelmiş yıkıcı depremler (Ms>6,6), Türkiye ve çevresindeki birçok ülkenin resmi kayıtlarından derlenmiştir (Ambraseys, 1971; 1989). Bu tür çalışmalarda tarihsel kayıtların doğruluğu kadar, ulaşılan bilgilerin doğru yorumlanması da güvenilir sonuçlar elde edilmesinde önem taşımaktadır. Bu tarihsel depremlerden DAFZ ile ilişkili olabilecekleri dikkate alan Ambraseys ve Jackson (1998), 1114 (M>7,8), 1513 (M>7,4) ve 1893 (M>7,1) yıllarında meydana gelmiş olan tarihsel depremlerden hareketle, yıkıcı depremlerin yaklaşık 390 yıl tekrarlanma periyodunda meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Bu yıkıcı hipotetik deprem serisinin tekrarlanma süresi aletsel dönemin ilk yıllarında meydana gelen 1905 Malatya depremi (M: 6,8) ile bozulmuştur. 2 Mart 1893 tarihli Malatya depreminin (M: 7,1) Çelikhan (Adıyaman) batısında, Erkenek Segmenti üzerinde meydana gelmiş olabileceği belirtilmektedir (Ambraseys, 1988; Ambraseys ve Jackson, 1998). Hasar dağılımına dayanılarak 1905 Malatya (M: 6,8) depreminin merkez üssünün ise Çelikhan doğusunda olabileceği düşüncesi benimsenmiştir (Ambraseys, 1988). Belirtilen deformasyon zonu boyunca 1905, 1964, 1971, 1986, 2003, 2010, 2020 ile 2023 yıllarında meydana gelmiş yıkıcı depremlerin moment magnitüdleri 6,0 ile 7,7 arasında değişmektedir.

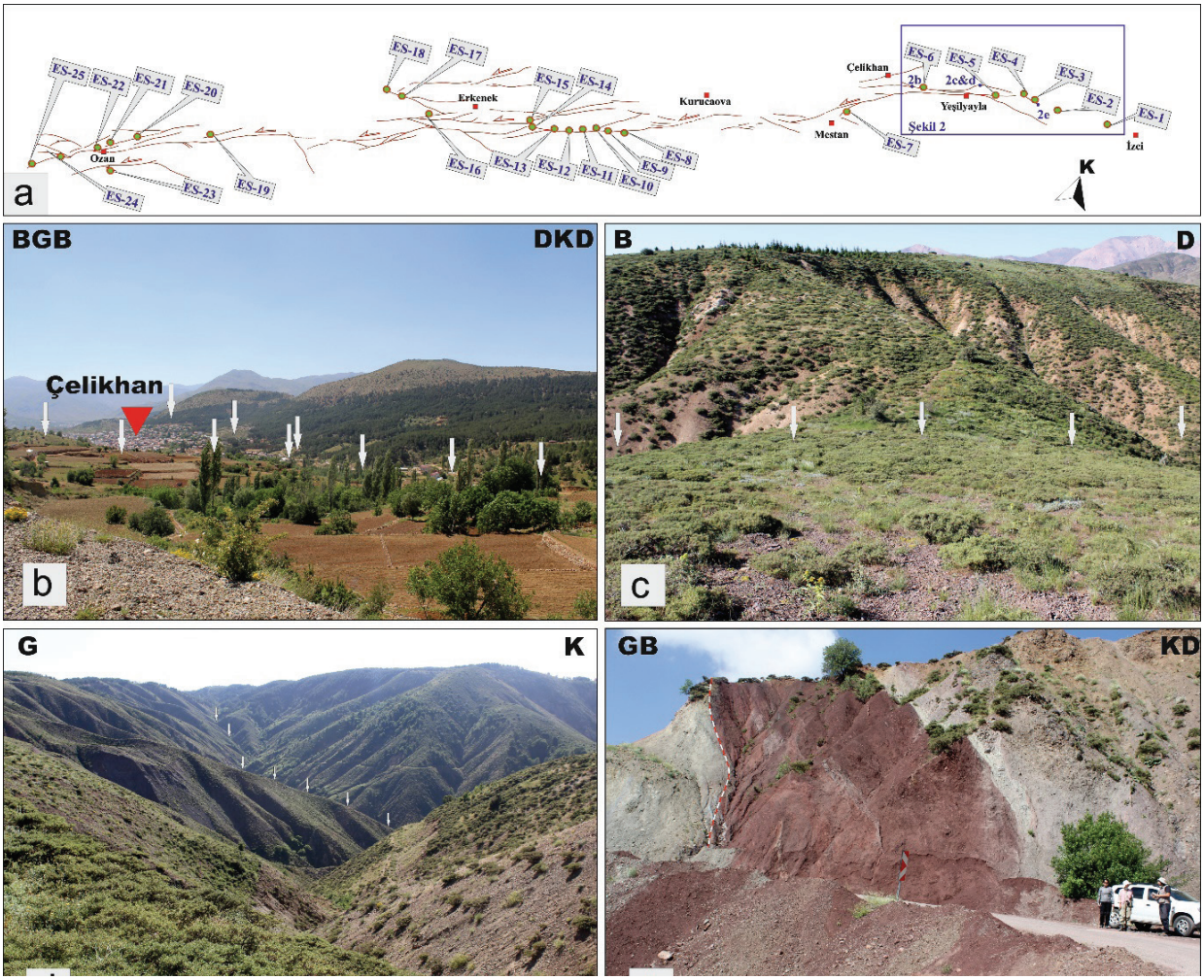
## BULGULAR

### Erkenek Segmentinin Geometrisi ve Saha Gözlemleri

Erkenek Segmenti, Emre vd. (2013) çalışmasında belirttiği Karaköse Köyü'nün güneybatısından başlayarak, bu çalışmada haritalanan kısımda kalan İzci ve Yeşilyayla köyleri ile Çelikhan ilçesine doğru yaklaşık GB istikametinde uzanarak Çelikhan yerleşim yerini hem güney hem de kuzeyinden sınırlayan kollara ayrılmaktadır (Şekil 2a ve b). Bindirme bileşenin baskın olduğu kuzey uçta fay, uzamış sırtları sınırlamakta ve çizgisel vadileri denetlemektedir. Yeşilyayla Köyü civarında fay düzlüğünü denetleyerek (Şekil 2c) ilerlemiş ve güneybatıya doğru devamında sağa doğru büklüm yaparak vadiyi denetlemektedir (Şekil 2d). Oldukça diri bir morfolojiye sahip Erkenek segmenti Yeşilyayla güneyindeki vadide derelerde sol yanal yer değiştirmelere neden olmuştur. Erkenek segmenti alacalı renkli sedimanter birimler ile boz renkli volkanik birimler arasındaki zayıflık zonunu fay düzlemi olarak kullanmaktadır (Şekil 2e).

Çelikhan yerleşim alanının kuzey ve güney kenarlarını sınırlayan Erkenek Segmenti'nin ana yer değiştirme zonu, Cilke ve Balıkbirin tepeleri arasında uzanmaktadır (Şekil 3a). Bölgede etkili olan yoğun tektonik deformasyon sonucu Malatya Metamorfitleri kataklastik bir yapı kazanmıştır (Şekil 3b ve c). Bu kinematik sitenin devamında da fay düzlemlerinin belirgin olduğu mostralar yer almaktadır (Şekil 3d). Aynı zamanda bu deformasyon zonu içerisinde Erkenek segmenti tarafından sınırlanan yaklaşık KD-GB doğrultusunda uzamış Balıkbirin Tepeleri oldukça belirgin bir basınç sırtı morfolojisi sunmaktadır (Şekil 3e).

Çelikhan'ın güneybatısında Erkenek Segmenti boyunca, sol yanal bir ötelenme ile vadinin sırt ile kapanması net bir şekilde izlenmektedir. Erkenek Segmenti, Balıkbirin Tepeleri'nin yanı sıra Çelikhan'ın güneyinden Mestan köyüne doğru uzanan basınç sırtlarını da sınırlamaktadır. Mestan'ın kuzey kesiminde Sürgü Segmenti Erkenek Segmenti'nden yaklaşık D-B doğrultusunda ayrılmaktadır. Çelikhan Havzası, Erkenek ve Sürgü segmentleri arasında gelişmiş bir fay kaması havza niteliği taşımaktadır.

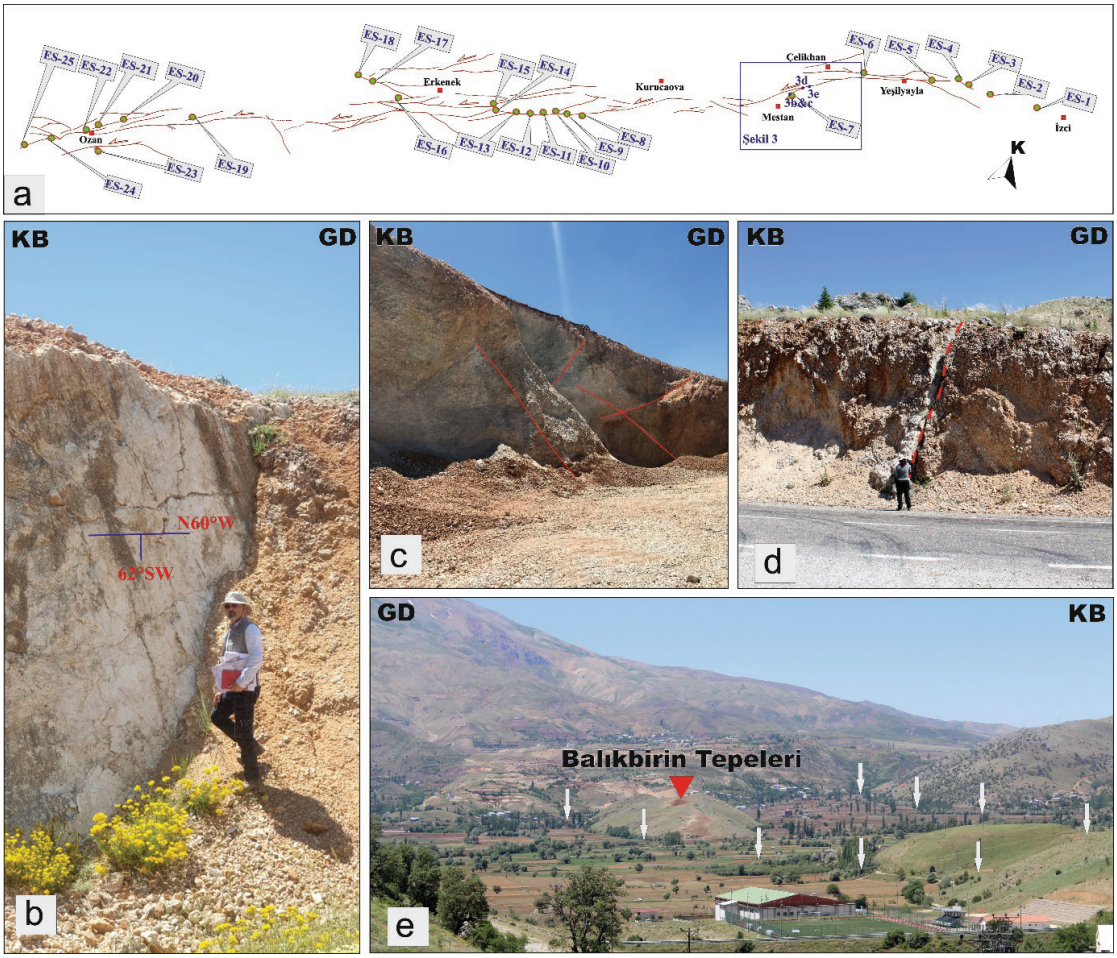



**Şekil 2.** Erkenek segmentinin kuzeydoğu ucundaki morfolojik gözlemler: **a)** Erkenek segmenti boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait lokayonların şematik harita üzerinde görünümü, **b)** Çelikhan yerleşim yerinin kuzey ve güney kenarını sınırlayan Erkenek segmentinin arazi görünümü, **c)** Yeşilyayla civarında Erkenek segmenti tarafından denetlenen boyunun arazi görünümü, **d)** boyunun devamında sağa doğru büklüm yapan segmentin vadi boyunca görünümü, **e)** İzci'nin batısında iki farklı birim arasındaki tektonik dokanağı oluşturan Erkenek Segmenti'nin mostra görünümü.

***Figure 2.*** *Morphological observations at the northeastern end of the Erkenek segment:* ***a)*** *Schematic map showing the locations of field studies conducted along the Erkenek segment,* ***b)*** *View of the Erkenek segment delineating the northern and southern edges of Çelikhan settlement,* ***c)*** *View of the river controlled by the Erkenek segment near Yeşilyayla,* ***d)*** *View of the segment bending to the right along the valley,* ***e)*** *Outcrop view of the Erkenek segment forming the tectonic contact between two distinct units west of İzci.*

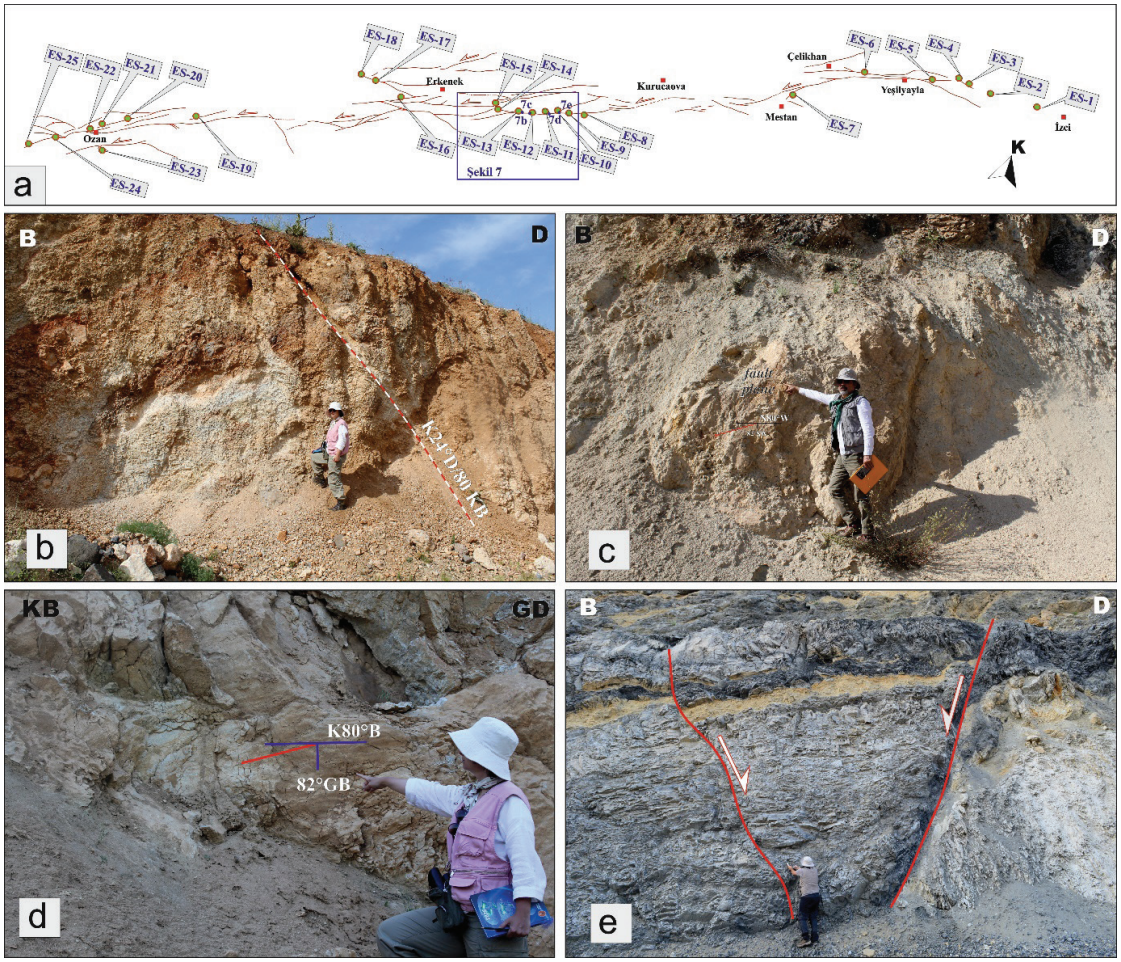
Mestan'dan itibaren güneybatıya doğru ilerleyen segment Kurucaova Havzası'nı güneyden sınırlamaktadır. Kurucaova'dan güneybatıya doğru devam eden Erkenek Segmenti, Karadere Vadisi'ni kontrol etmektedir. Karadere boyunca, kuzeydeki Triyas-Kretase yaşlı volkanik-sedimanter karmaşık birimleri ile yer yer mermer bantları içeren şistlerden oluşan Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı birimlerde Erkenek Segmenti'ne ait faylar net bir şekilde izlenmiştir (Şekil 4).

Oldukça taze fay düzlemleri üzerinde farklı hareketleri karakterize eden kinematik göstergeler fayın hareket mekanizması hakkında önemli bilgiler vermiştir. Karadere boyunca çok sayıda lokasyonda kinematik veri ölçümü yapılmıştır. Eğimleri yüksek fay düzlemleri üzerinde doğrultu atımlı faylanmayı gösteren düşük yan yatım açıları ile daha önceki deformasyon dönemlerine ait eğim atımlı faylanmayı temsil eden yüksek yan yatım açıları ölçülmüştür. Genellikle düşük yan yatım açılı düzlemler yüksek yan yatım açılı olanları üzerlediği için son tektonik rejimin Erkenek Segmenti'nin doğrultu atımlı tektonik rejiminin baskın olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bazı faylarda 60 cm'ye ulaşan düşey yer değiştirmeler gözlemlenmiştir (Şekil 4e).




**Şekil 3.** Erkenek Segmentinin Çelikhan'daki morfolojik gözlemleri: **a)** Erkenek segmenti boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait lokayonların şematik harita üzerinde görünümü, **b)** Çelikhan civarında Erkenek Segmenti'ne ait fay düzleminin görünümü, **c)** Erkenek Segmenti tarafından yoğun deformasyona uğramış ana deformasyon zonunun mostra görünümü, **d)** Kataklastik yapı kazanmış birimlerin faylanmış mostra görünümü, **e)** Erkenek Segmenti'nin ana deformasyon zonunda segmente paralel gelişmiş basınç sırtının arazi görünümü.

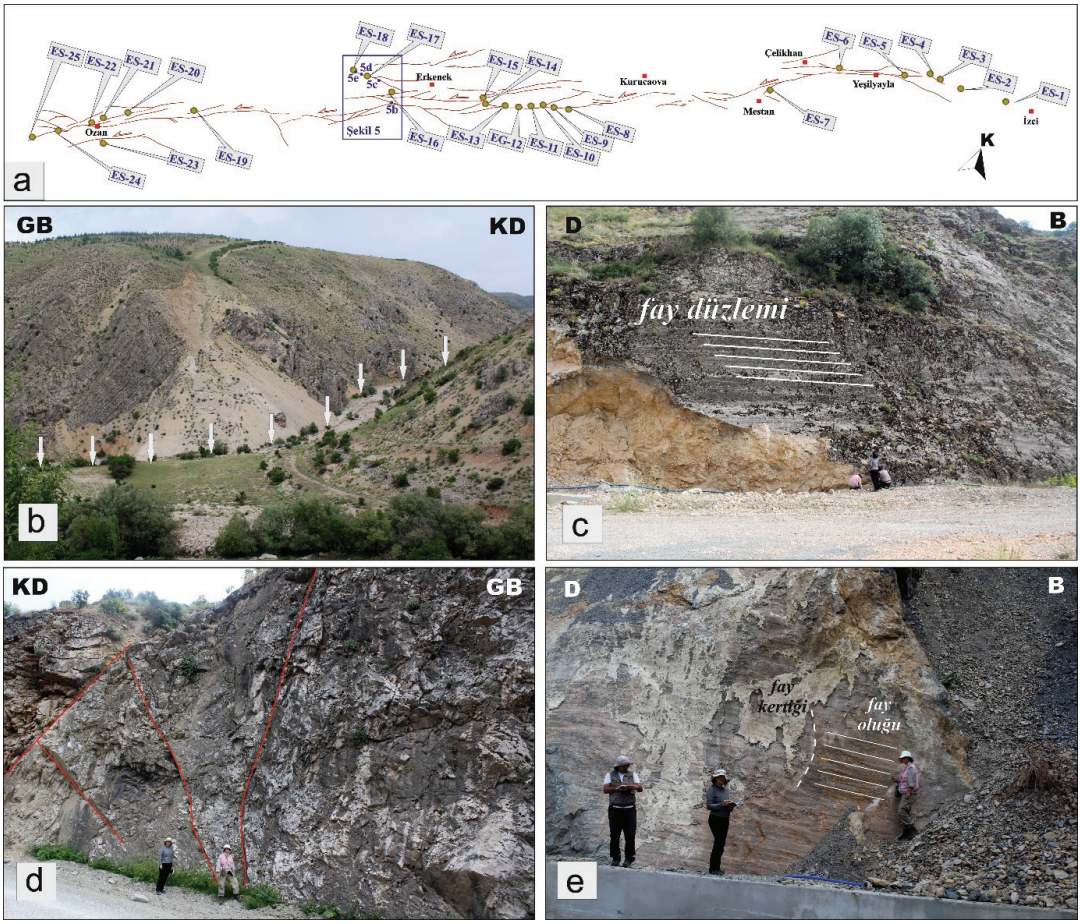
***Figure 3.*** *Morphological observations of the Erkenek Segment in Çelikhan:* ***a)*** *Schematic map illustrating the locations of the field studies conducted along the Erkenek Segment,* ***b)*** *View of the fault plane of the Erkenek Segment near Çelikhan,* ***c)*** *Outcrop view of the main deformation zone intensely deformed by the Erkenek Segment,* ***d)*** *Outcrop view of faulted units exhibiting a cataclastic structure,* ***e)*** *View of the pressure ridge developing parallel to the segment in the main deformation zone of the Erkenek Segment.*




**Şekil 4.** Erkenek Segmenti'nin Karadere boyunca morfolojik gözlemleri: **a)** Erkenek segmenti boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait lokayonların şematik harita üzerinde görünümü, **b)** Erkenek segmentine ait fayın görünümü, **c)** faylanmış mostra görünümü, **d)** bir fay düzleminin görünümü, **e)** yaklaşık 60 cm düşey yer değiştirmenin görüldüğü yüzeyleme.

***Figure 4.*** *Morphological observations of the Erkenek Segment along Karadere:* ***a)*** *Schematic map illustrating the locations of field studies conducted along the Erkenek Segment,* ***b)*** *View of the fault associated with the Erkenek Segment,* ***c)*** *Outcrop view of the fault,* ***d)*** *View of a fault plane,* ***e)*** *Surface exposure showing approximately 60 cm of vertical displacement.*

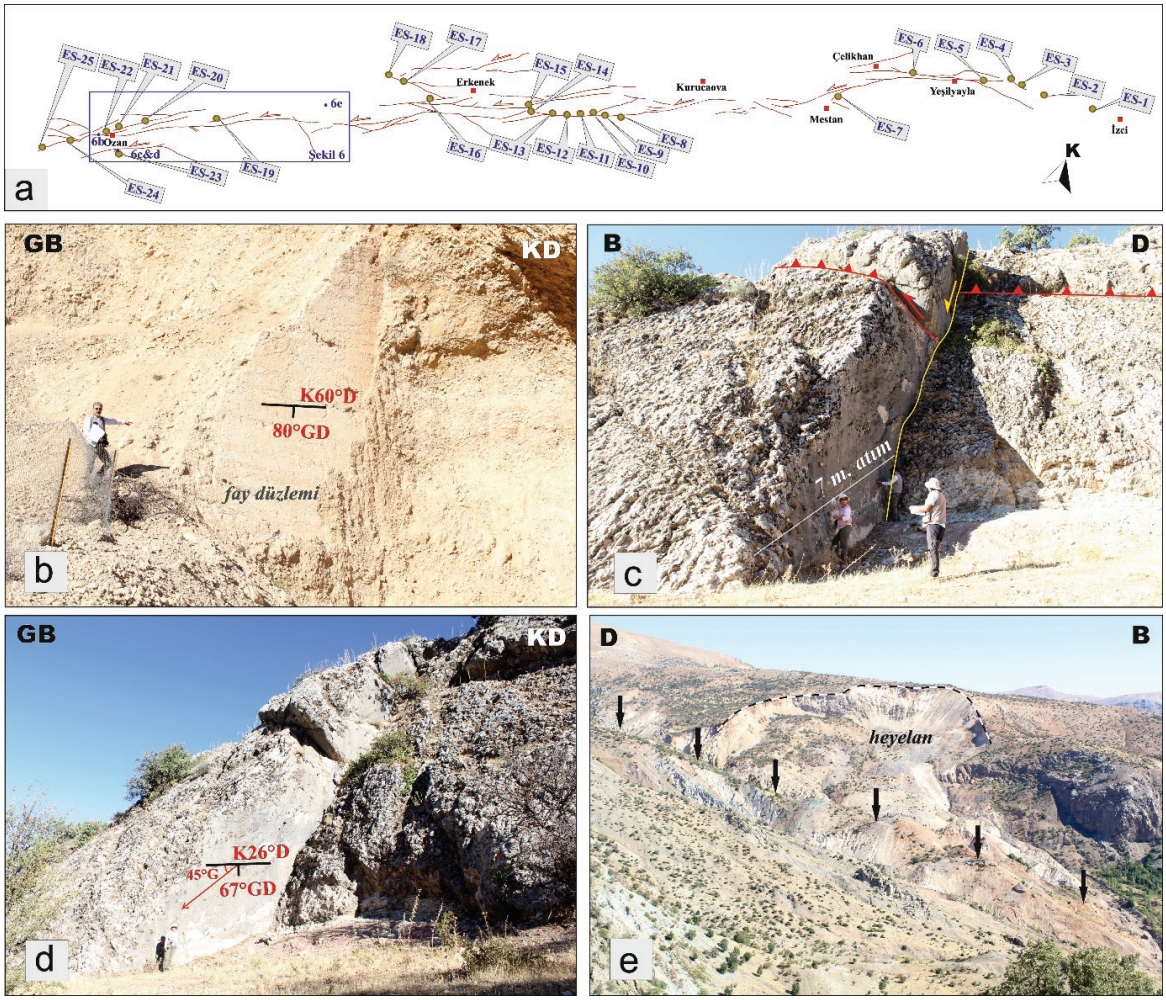
Erkenek yerleşim alanında birçok kola ayrılan, basınç sırtları ve vadileri kontrol eden fay Karanlık Dere'nin güneyinde bir vadi boyunca doğrultusunu değiştirmektedir (Şekil 5a ve b). Segmentin yaklaşık D-B doğrultusuna döndüğü bu vadi ana yer değiştirme zonudur. Fayın etkilediği birimlerde oldukça dik tabaka eğimleri, kıvrımlar ve fay düzlemleri gözlenmektedir (Şekil 5b). Malatya-Kahramanmaraş karayolu üzerindeki Erkenek Tüneli girişinde ve Karanlık dere boyunca Erkenek Segmenti'nin büyük fay düzlemleri gözlemlenmiştir. Büyük fay düzlemleri üzerinde fayın hareket yönünü gösteren fay çiziği, fay oluğu, fay kertiği gibi kinematik göstergeler net bir şekilde gözlenmiş olup, bu belirteçler sol yanal hareketin varlığını açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 5c, e). Yoğun deformasyona uğramış mostralarda makaslama kırıkları (Şekil 5d) ve kıvrımların geliştiği görülmüştür.




**Şekil 5.** Erkenek Segmenti'nin Karanlık Dere boyunca morfolojik gözlemleri: **a)** Erkenek segmenti boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait lokayonların şematik harita üzerinde görünümü, **b)** Erkenek Segmenti'nin denetlediği vadi, **c)** Erkenek Segmenti'ne ait fay düzleminin görünümü, **d)** yoğun deformasyon sonucu gelişmiş makaslama kırıklarının mostra görünümü, **e)** kinematik göstergelerin net bir şekilde gözlendiği fay düzlemi.

***Figure 5.*** *Morphological observations of the Erkenek Segment along Karanlık Dere:* ***a)*** *Schematic map illustrating the locations of field studies conducted along the Erkenek Segment,* ***b)*** *View of the valley controlled by the Erkenek Segment,* ***c)*** *View of the fault plane associated with the Erkenek Segment,* ***d)*** *Outcrop view of shear fractures developed due to intense deformation,* ***e)*** *Fault plane with clearly observed kinematic indicators.*

Erkenek Segmenti'nin güneybatı ucu Erkenek yerleşim yerinden, Pazarcık Segmenti'nin başlangıcı olan Gölbaşı (Adıyaman) yerleşim yerine kadar uzanmaktadır. Karadere boyunca ilerleyen fay Cankara yerleşim yerine kadar dar bir deformasyon zonu gösterirken, Gölbaşı'na doğru bu deformasyon zonu genişlemektedir (Şekil 6a). Ozan yerleşim yerinin güney kesiminde, Pliyo-Kuvaterner yaşlı birim içerisinde neredeyse düşey duruşlu doğrultu atımlı fay düzlemi gözlemlenmiştir (Şekil 6b). Harmanlı yerleşim yerinde 3 tür faylanmayı da içerisinde barındıran mostrada, bindirme ve normal faylanmaya bağlı gelişmiş fay düzlemleri son deformasyon ürünü doğrultu atımlı Erkenek Segmenti tarafından yaklaşık 7 m sol yanal atıma uğramıştır (Şekil 6c ve d). Akyar civarında Erkenek segmenti, önünden geçtiği büyük Akyar heyelanını denetlemektedir (Şekil 6e).



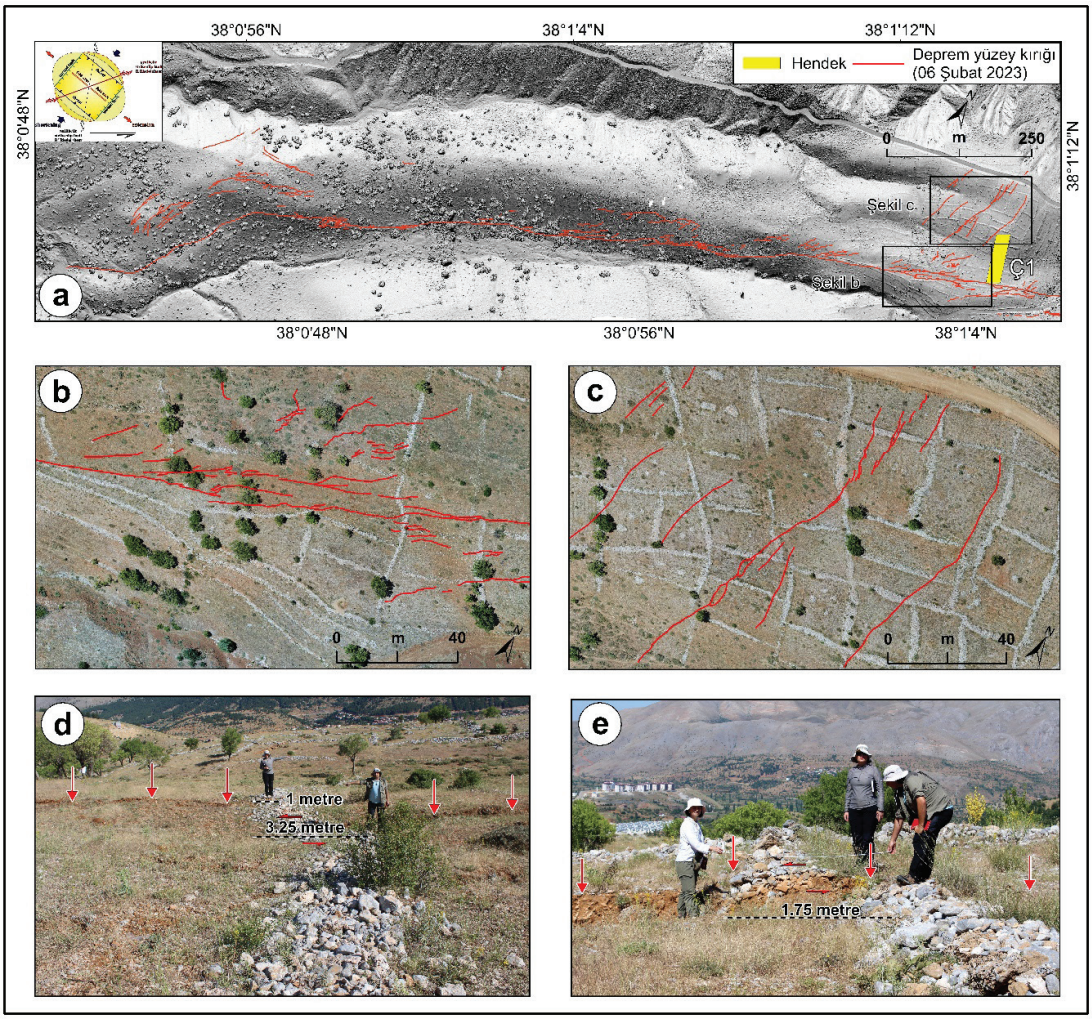

**Şekil 6.** Erkenek Segmenti'nin güneybatı ucundaki morfolojik gözlemler: **a)** Erkenek segmenti boyunca gerçekleştirilen arazi çalışmalarına ait lokayonların şematik harita üzerinde görünümü, **b)** Erkenek Segmenti'nin fay düzleminin görünümü, **c)** Harmanlı mevkiinde Erkenek Segmenti tarafından yaklaşık 7 m sol yanal ötelenen önceki deformasyonların görünümü, **d)** Erkenek Segmenti fay düzleminin görünümü, **e)** büyük Akyar heyelanını kontrol eden Erkenek Segmenti'nin görünümü.

***Figure 6.*** *Morphological observations at the southwestern end of the Erkenek Segment:* ***a)*** *Schematic map illustrating the locations of field studies conducted along the Erkenek Segment,* ***b)*** *View of the fault plane on the Erkenek Segment,* ***c)*** *View of previous deformations displaced approximately 7 m left-laterally by the Erkenek Segment at Harmanlı,* ***d)*** *View of the fault plane of the Erkenek Segment,* ***e)*** *View of the Erkenek Segment controlling the large Akyar landslide.*

## 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Pazarcık Depremi (Mw: 7,7) Yüzey Kırığının Çelikhan Çevresindeki Özellikleri

İHA ile üretilen 2,0-3,7 cm/piksel arasında değişen yüksek çözünürlüklü ortofoto üzerinde, güneybatıda Balıkburnu mevkiinden kuzeydoğuda Çelikhan yakın güneyindeki Cilke Sırtı'na doğru uzanan yaklaşık 1,5 km uzunluğundaki kısmının sol yanal doğrultu atımlı fay karakterinde olduğu ve maksimum yanal yer değiştirmenin 3,25 metreye ve düşey atımının ise 50 cm'ye ulaştığı gözlenmiştir. Arazide çoğunlukla Miyosen öncesine ait temel birimler ile Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri üzerinde genişlemeli ve

sıkışmalı büklüm yapıları sunan yüzey kırığının, tarla sınırları, çit ve karayolundaki sol yanal yer değiştirmeleri çıplak gözle izlenebilmektedir (Şekil 7). Bununla birlikte toplam 270 km'ye ulaşan yüzey kırığının Balıkburnu ile Çelikhan güneyi arasında kalan bölümünde kesintili izlenen yüzey kırığı, Cilke sırtından kuzeydoğuya doğru, K10°D ile K60°D arasında değişen doğrultularda yine kesintili şekilde Erkenek Segmenti'nin doğrultusu boyunca gözlenmiştir. Aksoy vd. (2023) ve Karabacak vd. (2023) çalışmalarıyla uyumlu olarak yüzey kırığı boyunca gözlenen sol yanal yer değiştirme miktarı GB'den KD'ye doğru azalım göstermekte ve sönümlenmektedir.



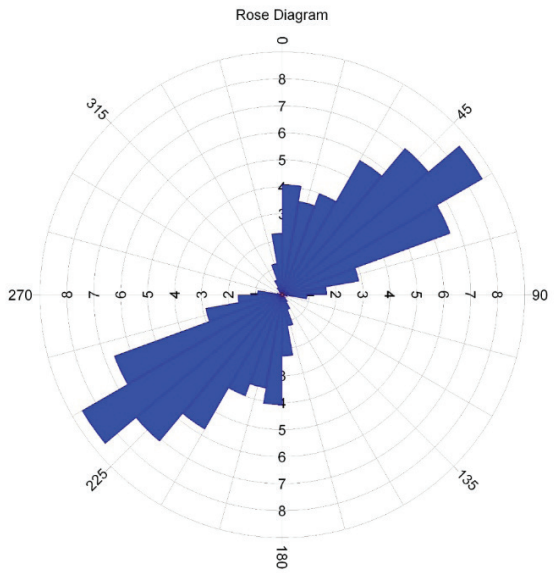

**Şekil 7.** Çelikhan güneyinde haritalanan 6 Şubat 2023 deprem yüzey kırığı üzerindeki deformasyonlar. **a)** Haritalanan yüzey kırığının yüksek çözünürlüklü SYM görüntüsü, **b, c)** Haritalanan yüzey kırığının yüksek çözünürlüklü ortofoto üzerinde görünümü, **d, e)** Cilke sırtında gözlemlenen sol yanal yer değiştirmeler (d: 38.018722° K, 38.239794° D; e: 38.020319° K, 38.239989° D). Bakış yönü sırasıyla kuzey) ve kuzeybatıdır.

***Figure 7.*** *Deformations on the surface rupture of the February 6, 2023 earthquake mapped south of Çelikhan:* ***a)*** *High-resolution DEM image of the mapped surface rupture,* ***b, c)*** *Visualization of the mapped surface rupture on high-resolution orthophoto,* ***d, e)*** *Left-lateral displacements observed on Cilke Ridge (d: 38.018722° N, 38.239794° E; e: 38.020319° N, 38.239989° E). The viewing directions are oriented to the north and northwest, respectively.*

Cilke Sırtı boyunca ölçülen yüzey kırıklarının doğrultuları ArcGIS 10.8 programında sayısallaştırılmış ve Rockworks20 programında işlenerek yüzey kırıklarının doğrultu gül diyagramı oluşturulmuştur. Gül diyagramından elde edilen sonuçlara göre araştırma sahasında doğrultuların K50°-60°D doğrultusunda yoğunluk gösterdiği ve ana fay zonu doğrultusu ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 8). Ayrıca gül diyagramına dayalı olarak, doğrultuya paralel gelişen yaklaşık KD-GB doğrultulu sıkışma ve buna dik KB-GD doğrultusundaki tansiyon, kinematik analiz sonuçlarıyla da tutarlıdır. Bununla birlikte 2022 yılında Erkenek Segmenti üzerinde Çelikhan dolaylarında açılan Çelikhan 1 (Şekil 9 ve 10), Çelikhan 2 (Şekil 9 ve 11), Kurucaova ve Ozan rumuzlu paleosismolojik hendek kazılarının, 6 Şubat 2023 Pazarcık depremi yüzey kırığının deformasyon zonu içerisinde kaldığı, dolayısıyla yüzey kırığının arazide tek bir çizgi olarak değil, doğrultu atımlı fayın geometrisine uygun olarak yer yer saçılmış yer yer sıkışmalı ve genişlemeli büklüm yapıları oluşturarak hendek kazılarının oldukça yakınlarından geçtiği saptanmıştır (Aksoy vd. 2023; Çolak Erol vd. 2024).

Şekil 9'da görüldüğü gibi Çelikhan 1 rumuzlu hendek kazısı, Türkiye Diri Fay Haritası üzerinde yer alan Erkenek Segmenti üzerinde açılmıştır. 6 Şubat 2023 deprem çiftleri sırasında gelişen yüzey kırıkları, Erkenek Segmenti'nin deformasyon alanı içinde yer almakta ve hendek kazı alanının orta noktasına göre ~30 m güneyinden ve kuzeyinden geçmektedir (Şekil 10a ve b). Fayın 7,3 metre ile maksimum atım yarattığı yerin hendek kazı alanından yaklaşık 300 km daha güneybatıda yer aldığı düşünüldüğünde, bu bölgede ölçülen değer, uçlara gidildikçe atım miktarının azalması gerektiği gerçeğini doğrulamakta ve daha kuzeydoğuya doğru giderek sönümleneceğini ortaya koymaktadır. Bunun yanında hendek kazı çalışmalarında ölçülen fay verileri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, egemen doğrultunun KD-GB uzanımını verdiği ve dolayısıyla sıkışma ve gerilme yönlerinin sırasıyla KD-GB ve KB-GD olduğunu göstermektedir (Şekil 10c). Aksoy vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada Erkenek Segmenti üzerinde ölçülen güncel deformasyon verilerinin de Erkenek Segmenti üzerinde açılan Çelikhan 1 hendeğinde elde edilenlerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

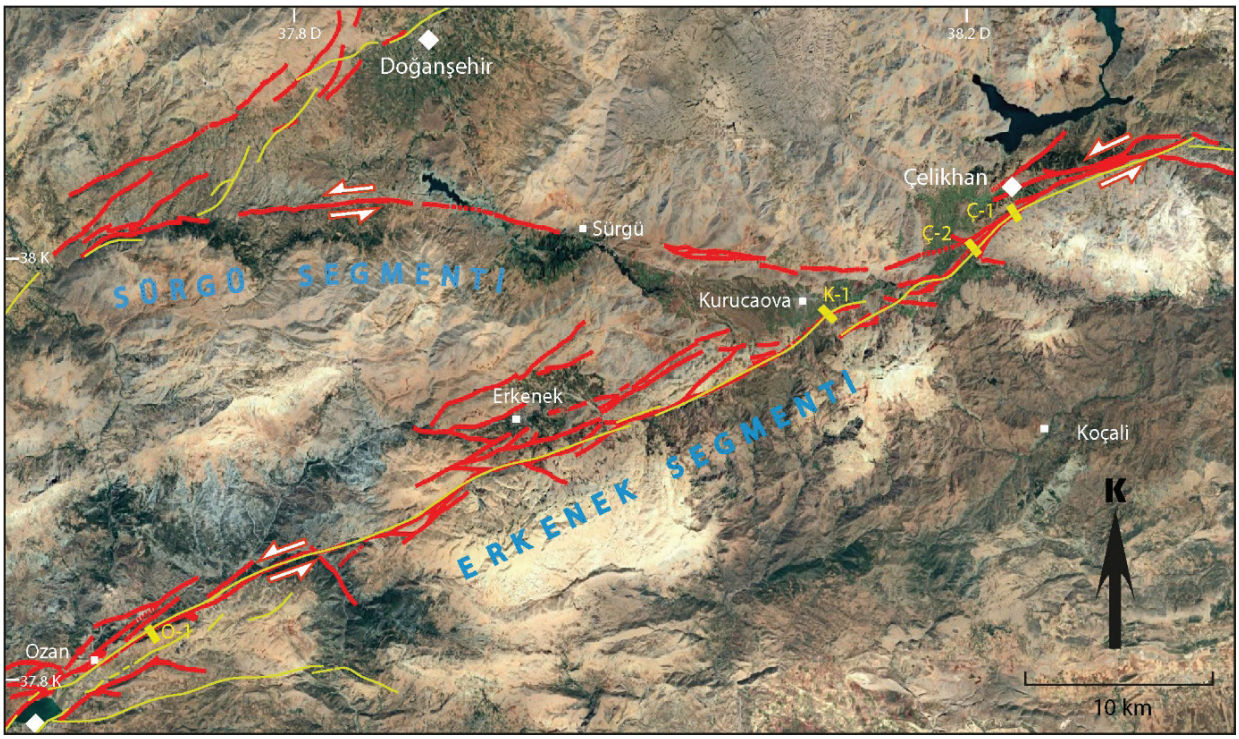
Çelikhan 2 rumuzlu hendek kazısı da (Şekil 11a ve b), Erkenek Segmenti üzerinde açılmıştır. 6 Şubat 2023 deprem çiftleri sırasında gelişen yüzey kırıkları, Erkenek Segmenti'nin deformasyon alanı içerisinde yer almaktadır. 7 m uzunluğundaki hendek kazı çalışmalarında ölçülen fay verileri, istatistiksel olarak birlikte değerlendirildiğinde egemen doğrultunun KD-GB uzanımını verdiği ve dolayısıyla sıkışma ve gerilme yönlerinin sırasıyla KD-GB ve KB-GD olduğu görülmektedir (Şekil 11c). Aksoy vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada Erkenek Segmenti üzerinde ölçülen güncel deformasyon verilerinin, Erkenek Segmenti üzerinde açılan Çelikhan 2 hendeği ile uyumlu olduğu görülmektedir.




**Şekil 8.** Cilke sırtı boyunca ölçülen yüzey kırıklarından elde edilen doğrultu gül diyagramı.

***Figure 8.*** *Stereographic rose diagram derived from surface fractures measured along Cilke Ridge.*

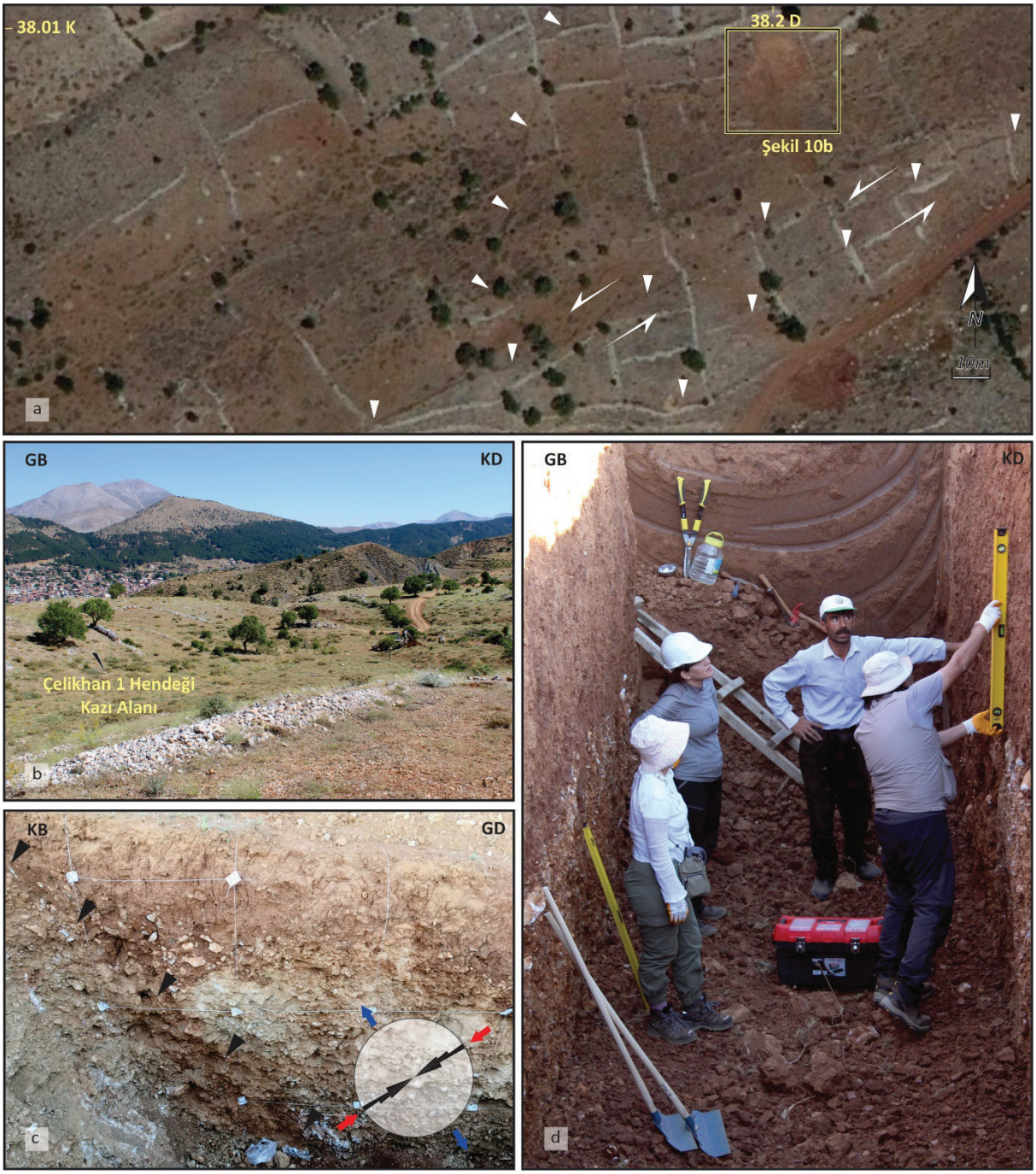
Erkenek Segmenti üzerinde açılan bir diğer hendek ise Kurucaova hendek kazısıdır (Şekil 12a ve b). 13 m uzunluğundaki Kurucaova hendeği de Çelikhan hendekleri gibi Erkenek Segmenti'nin deformasyon alanı içinde yer almaktadır. Hendek kazı çalışmalarında ölçülen fay verileri istatistiksel olarak birlikte değerlendirildiğinde egemen doğrultunun KD-GB ve dolayısıyla sıkışma ve gerilme doğrultularının da sırasıyla KD-GB ve KB-GD olduğu görülmektedir (Şekil 12c). Bu hendekteki verilerin de Aksoy vd. (2023) çalışmasında Erkenek Segmenti üzerinde ölçülen güncel deformasyon verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir. 6 Şubat 2023 depremleri sonrasında yapılan arazi çalışması sırasında, 2022 yılı Ekim ayında, aynı segmentin GB ucunda Gölbaşı ilçesi Ozan köyü yakın doğusunda gerçekleştirilen 22 m uzunluğundaki Ozan rumuzlu hendek kazısı (Şekil 13a, b ve c), 6 Şubat 2023 depremleri sırasında oluşan yüzey kırığının hemen bitişiğinde yer almaktadır.




**Şekil 9.** Erkenek segmenti boyunca açılan hendeklerin konumları.
***Figure 9.*** *Locations of trenches excavated along the Erkenek Segment.*

## Kinematik Analiz Çalışmaları

Saha çalışmaları sırasında Erkenek Segmenti üzerinde 25 adet gözlem noktasından 202 adet kinematik veri ölçümü yapılmıştır (Çizelge 1). ES 1, 3B, 7A, 9B, 10, 11, 13A, 15, 17, 18A ve 20 numaralı gözlem noktalarından ölçülen fay kayma verileri $\sigma_3$'ün düşeyde olduğu sıkışmalı gerilme tensörü ile temsil edilmektedir. Bu sıkışmalı gerilme tensörleri gerilme oranı R ve gerilme rejim indeksi R' değerine dayalı olarak saf sıkışmadan (ES 1, 7A, 9B ve 20), radyal sıkışmaya (ES 3B, 11, 13A ve 18A), transpresiyonel (ES 10 ve 15) ve transtansiyonel (ES 17) gerilme rejimine değişmektedir.




**Şekil 10. a)** DAFZ Erkenek segmenti üzerinde açılmış olan Çelikhan-1 hendeğinin 6 Şubat 2023 tarihli depremler sırasında oluşmuş yüzey kırığına göre (beyaz üçgenlerle işaretlenmiş) konumu, **b)** hendek kazı alanı arazi görünümü, **c)** doğrultu gül diyagramı ile fayın hendek içi görünümü (siyah üçgenlerle işaretlenmiş), **d)** hendek içi çalışmalar.

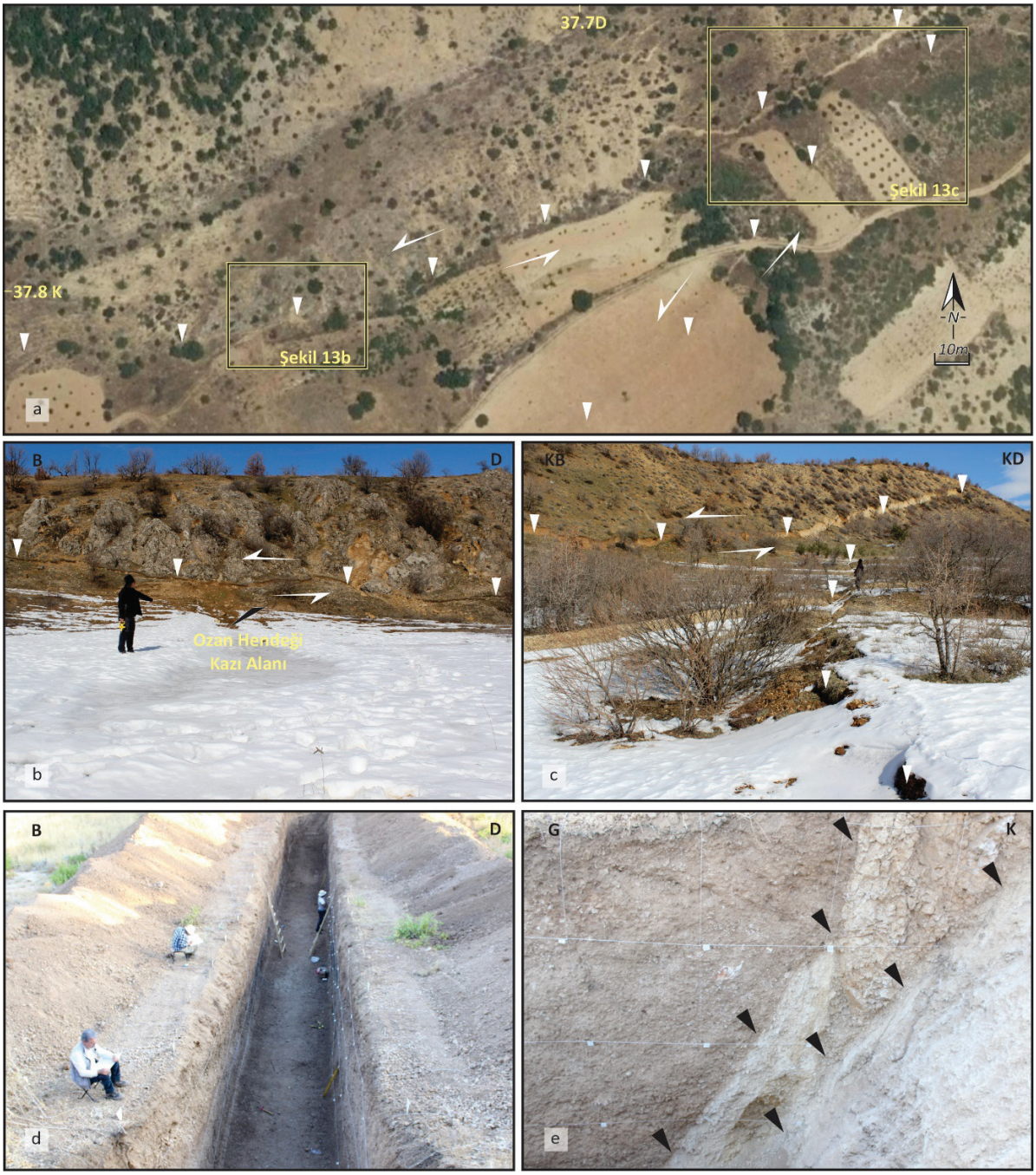
***Figure 10. a)*** *Location of the Çelikhan-1 trench excavated on the EAFZ-Erkenek Segment relative to the surface rupture formed during the earthquakes on February 6 (indicated by white triangles),* ***b)*** *Field view of trench excavation location,* ***c)*** *In-trench view of the fault (indicated by black triangles) with stereographic rose diagram,* ***d)*** *In-trench activities*

**Şekil 11. a)** DAFZ Erkenek Segmenti (beyaz üçgenlerle işaretlenmiş) üzerinde açılmış olan Çelikhan-2 hendeğinin konumu, **b)** hendek kazı alanı arazi görünümü, **c)** doğrultu gül diyagramı ile fayın hendek içi görünümü (siyah üçgenlerle işaretlenmiş), **d)** hendek içi çalışmalar.

***Figure 11. a)*** *The location of the Çelikhan-2 trench excavated on the EAFZ-Erkenek Segment (indicated by white triangles),* ***b)*** *Field view of trench excavation location,* ***c)*** *In-trench view of the fault (indicated by black triangles) with stereographic rose diagram,* ***d)*** *In-trench activities*

**Şekil 12. a)** DAFZ Erkenek Segmenti (beyaz üçgenlerle işaretlenmiş) üzerinde açılmış olan Kurucaova hendeğinin konumu **b)** hendek kazı alanı arazi görünümü, **c)** doğrultu gül diyagramı ile fayın hendek içi görünümü (siyah üçgenlerle işaretlenmiş), **d)** hendek içi çalışmalar.

***Figure 12. a)*** *The location of the Kurucaova trench excavated on the EAFZ-Erkenek Segment (indicated by white triangles),* ***b)*** *Field view of trench excavation location,* ***c)*** *In-trench view of the fault (indicated by black triangles with stereographic rose diagram,* ***d)*** *In-trench activities*




**Şekil 13. a)** DAFZ Erkenek segmenti üzerinde açılmış olan Ozan hendeğinin 6 Şubat 2023 tarihli depremler sırasında oluşmuş yüzey kırığına (beyaz üçgenlerle işaretlenmiş) göre konumu, **b)** hendek kazı alanının yüzey kırığı ile birlikte arazi görünümü, **c)** yüzey kırığının arazi görünümü, **d)** hendek çalışmaları, **e)** fayın hendek içi görünümü (siyah üçgenlerle işaretlenmiş).

***Figure 13. a)*** *The location of the Ozan trench excavated on the EAFZ-Erkenek Segment Segment relative to the surface rupture formed during the earthquakes on February 6 (indicated by white triangles),* ***b)*** *Field view of trench excavation location,* ***c)*** *Field view of the surface ruptures,* ***d)*** *Trenching activities, e) In-trench view of the fault (indicated by black triangles).*

Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) KKB-GGD doğrultulu olan saf sıkışma ve radyal sıkışma gerilme rejimini veren kinematik noktalar, Alt-Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 1 ve 3B) etkilemiştir. Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) KD-GB doğrultusunda olan saf sıkışma, transpresiyonel ve radyal sıkışma gerilme rejimini veren kinematik noktalar, Orta Triyas-Kretase yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 9B ve 11), Paleozoyik-Mesozoyik mermer-şistlerini (ES 10 ve 15), Mesozoyik yaşlı ofiyolitleri (ES 18A) ve Pliyo-Kuvaterner karasal birimlerini (ES 20) etkilemiştir. Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) KB-GD doğrultulu olan saf sıkışma ve radyal gerilme rejimini veren kinematik lokasyon Pliyo-Kuvaterner karasal birimlerini (ES 7A) etkilemiştir. Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) yaklaşık D-B doğrultusunda olan radyal sıkışma ve transtansiyonel tektonik rejimler Alt-Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 13A) ve Mesozoyik yaşlı ofiyolitleri (ES 17) etkilemiştir.

**Çizelge 1.** Erkenek Segmenti boyunca ölçülen fay kayma verilerinin kinematik analiz sonuçları

***Table 1.*** *Results of kinematic analysis of fault slip data measured along the Erkenek Segment.*

| Lokasyon | Boylam | Enlem | N | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\sigma_3$ | R | R' | TR | α | Litoloji | Yaş |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ES-1 | 38.418450° | 38.048637° | 3 | 01/175 | 02/085 | 88/281 | 0.33 | 2.33 | PC | 62,1 | Volkano-sedimanter karmaşık | Alt-Orta Eosen |
| ES-2 | 38.390844° | 38.047470° | 8 | 19/217 | 65/355 | 16/121 | 0.56 | 1.44 | SS | 12,6 | Volkano-sedimanter karmaşık | Alt-Orta Eosen |
| ES-3A | 38.359598° | 38.050873° | 18 | 31/146 | 56/298 | 13/048 | 0.45 | 1.55 | SS | 2,8 | Volkano-sedimanter karmaşık | Alt-Orta Eosen |
| ES-3B | 38.359598° | 38.050873° | 18 | 05/181 | 17/273 | 72/075 | 0.99 | 2.99 | RC | 11,8 | Volkano-sedimanter karmaşık | Alt-Orta Eosen |
| ES-4 | 38.350646° | 38.053969° | 6 | 01/033 | 70/125 | 20/303 | 0.88 | 1.12 | TT | 11,5 | Şist | Üst Paleozoyik |
| ES-5A | 38.330868° | 38.048027° | 19 | 74/348 | 07/232 | 14/140 | 0.16 | 0.16 | RE | 10,7 | Şist | Üst Paleozoyik |
| ES-5B | 38.330868° | 38.048027° | 19 | 13/026 | 52/134 | 34/287 | 0.44 | 1.56 | SS | 2,9 | Şist | Üst Paleozoyik |
| ES-6 | 38.269313° | 38.036457° | 13 | 37/196 | 53/017 | 00/286 | 0.54 | 1.46 | SS | 14,9 | Şist | Üst Paleozoyik |
| ES-7A | 38.219495° | 37.999735° | 10 | 07/166 | 01/256 | 82/352 | 0.62 | 2.62 | PC | 8,4 | Karasal çökel | Pliyo-Kuvaterner |
| ES-7B | 38.219495° | 37.999735° | 10 | 05/185 | 67/288 | 22/093 | 0.17 | 1.83 | TP | 25,9 | Karasal çökel | Pliyo-Kuvaterner |
| ES-8 | 38.060492° | 37.934934° | 5 | 65/131 | 24/293 | 07/026 | 0.45 | 0.45 | PE | 2 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-9A | 38.058470° | 37.937342° | 11 | 47/120 | 43/299 | 00/030 | 0.44 | 0.44 | PE | 6,5 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-9B | 38.058470° | 37.937342° | 11 | 06/235 | 09/326 | 79/110 | 0.50 | 2.50 | PC | 8 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-10 | 38.038199° | 37.936728° | 4 | 04/078 | 44/171 | 46/344 | 0.22 | 2.22 | TP | 8,3 | Mermer, şist | Paleozoyik-Mesozoyik |
| ES-11 | 38.030673° | 37.934431° | 5 | 01/015 | 33/284 | 57/106 | 0.81 | 2.81 | RC | 35 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-12 | 38.019413° | 37.931462° | 9 | 26/054 | 43/170 | 36/303 | 0.89 | 1.11 | TT | 37 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-13A | 38.012082° | 37.929995° | 11 | 20/107 | 13/202 | 65/323 | 0.83 | 2.83 | RC | 17,7 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-13B | 38.012082° | 37.929995° | 11 | 17/054 | 46/162 | 39/309 | 0.56 | 1.44 | SS | 4 | Volkano-sedimanter karmaşık | Orta Triyas-Kretase |
| ES-14 | 37.999685° | 37.928728° | 9 | 42/191 | 43/045 | 18/298 | 0.49 | 0.51 | SS | 39,6 | Mermer, şist | Paleozoyik-Mesozoyik |
| ES-15 | 37.991604° | 37.929758° | 5 | 08/036 | 39/133 | 50/297 | 0.14 | 2.14 | TP | 8,6 | Mermer, şist | Paleozoyik-Mesozoyik |
| ES-16 | 37.911485° | 37.912173° | 4 | 09/349 | 61/095 | 27/255 | 0.80 | 1.20 | TT | 1,1 | Alüvyal fan, yamaç molozu | Kuvaterner |
| ES-17 | 37.891904° | 37.922985° | 5 | 22/092 | 16/188 | 63/312 | 0.01 | 2.01 | TT | 24,4 | Ayrılmamış ofiyolitler | Mesozoyik |
| ES-18A | 37.877086° | 37.924062° | 27 | 27/268 | 36/157 | 43/025 | 0.92 | 2.92 | RC | 23,6 | Ayrılmamış ofiyolitler | Mesozoyik |
| ES-18B | 37.877086° | 37.924062° | 27 | 06/264 | 70/010 | 19/172 | 0.30 | 1.70 | SS | 8,8 | Ayrılmamış ofiyolitler | Mesozoyik |
| ES-19 | 37.744733° | 37.840196° | 3 | 10/072 | 65/183 | 23/338 | 0 | 2 | TP | 23,8 | Karasal çökel | Pliyo-Kuvaterner |
| ES-20 | 37.703861° | 37.835310° | 6 | 33/100 | 06/194 | 56/294 | 0.75 | 2.75 | PC | 24,5 | Karasal çökel | Pliyo-Kuvaterner |
| ES-21 | 37.682014° | 37.823496° | 6 | 26/052 | 62/209 | 09/317 | 0.52 | 1.48 | SS | 12 | Ayrılmamış Kuvaterner | Kuvaterner |
| ES-22 | 37.673304° | 37.820072° | 5 | 07/177 | 60/075 | 29/271 | 0.03 | 1.97 | TP | 16,8 | Ayrılmamış Kuvaterner | Kuvaterner |
| ES-23 | 37.684518° | 37.809149° | 3 | 45/064 | 45/250 | 03/157 | 0.83 | 1.17 | TT | 25,4 | Kırıntılılar ve karbonatlar | Miyosen |
| ES-24 | 37.651284° | 37.807024° | 3 | 21/034 | 68/201 | 05/302 | 0.67 | 1.33 | SS | 5,5 | Ayrılmamış Kuvaterner | Kuvaterner |
| ES-25 | 37.628561° | 37.793748° | 4 | 76/212 | 08/332 | 12/068 | 0.59 | 0.59 | PE | 4,5 | Ayrılmamış Kuvaterner | Kuvaterner |

N: Ölçüm Sayısı, R: gerilme oranı, R' gerilme indeksi, $\sigma_1$: maksimum gerilme ekseni yönü, $\sigma_2$: ortaç gerilme ekseni yönü, $\sigma_3$: minimum gerilme ekseni yönü, ($\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$), P°/D°: Eğim miktarı/Eğim yönü, TR: Tektonik rejim, α: Uyumsuzluk açısı RE: Radyal genişleme, PE: Saf genişleme, TT: Transtansiyonel, SS: Saf doğrultu atım, TP: Transpresiyonel, PC: Saf sıkışma, RC: Radyal sıkışma.

ES 5A, 8, 9A ve 25 numaralı gözlem noktalarından ölçülen fay kayma verileri $\sigma_1$'in düşeyde olduğu genişlemeli gerilme tensörü ile temsil edilmektedir. Bu genişlemeli gerilme tensörleri gerilme oranı R ve gerilme rejim indeksi R' değerine dayalı olarak, saf genişlemeden (ES 8, 9A ve 25) radyal genişlemeye (ES 5A) değişen gerilme rejimi indeksi elde edilmiştir. Minimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_3$) KB-GD doğrultusunda olan radyal genişleme tektonik rejimi Üst Paleozoyik şistlerini (ES 5A) etkilemiştir. Minimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_3$) KD-GB doğrultulu olan saf genişleme tektonik rejimi Orta Triyas-Kretase yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 8 ve 9A) ve Kuvaterner birimlerini (ES 25) etkilemiştir. Kuvaterner yaşlı birimlerin etkilendiği ES 25 kinematik ölçüm noktasından elde edilen KD-GB doğrultulu minimum gerilme yönüne sahip saf genişleme gerilme rejimi indeksi, Erkenek Segmenti'nin güneybatı ucunda, Gölbaşı genişlemeli alanındaki lokal genişleme olarak yorumlanmıştır.

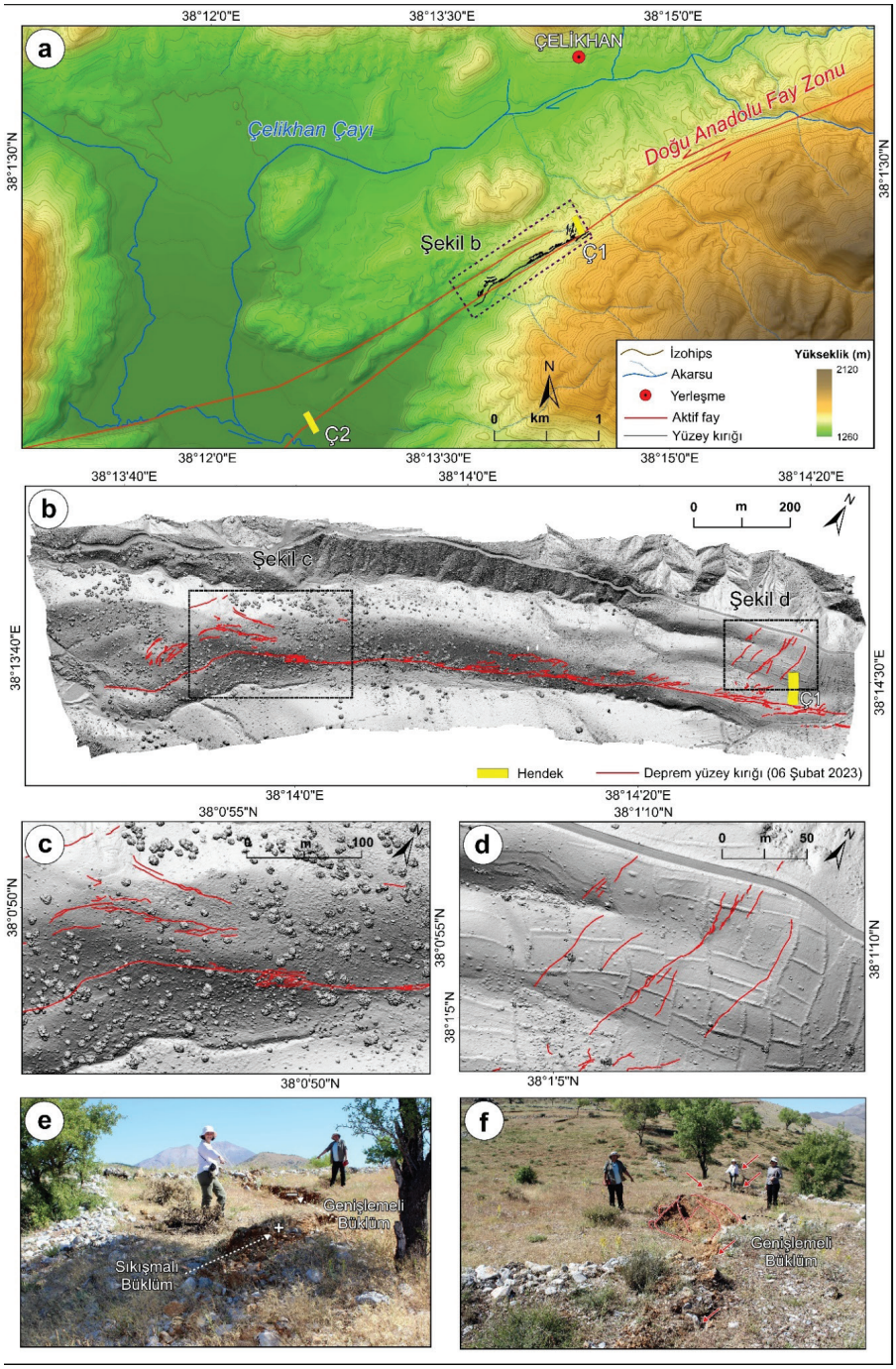
ES 2, 3A, 4, 5B, 6, 7B, 12, 13B, 14, 16, 18B, 19, 21, 22, 23 ve 24 numaralı gözlem noktalarından ölçülen fay kayma verileri $\sigma_2$'nin düşeyde olduğu doğrultu atımlı gerilme tensörü ile temsil edilmektedir. Bu doğrultu atımlı gerilme tensörleri gerilme oranı R ve gerilme rejim indeksi R' değerine dayalı olarak saf doğrultu atımlı tektonik rejimden (ES 2, 3A, 4, 5B, 6, 13B, 14, 18B, 21 ve 24), transpresiyonel (ES 7B, 19 ve 22) ve transtansiyonel (ES 12, 16 ve 23) tektonik rejime değişen kinematik analiz sonucu elde edilmiştir. Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) KB-GD doğrultusunda olan saf doğrultu atım ve transtansiyonel gerilme rejimini veren kinematik noktalar Alt-Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 3A) ve Kuvaterner yaşlı alüvyal yamaç molozu çökellerini (ES 16) etkilemiştir. Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) K-G doğrultulu olan transpresiyonel gerilme rejimini veren kinematik noktalar genellikle Pliyo-Kuvaterner karasal çökellerini (ES 7B) ve Kuvaterner yaşlı birimleri (ES 22) etkilemiştir. Maksimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_1$) KD-GB doğrultusundaki saf doğrultu atım, transtansiyonel ve transpresiyonel gerilme rejimini veren kinematik noktalar Alt-Orta Eosen yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 2), Üst Paleozoyik yaşlı şistleri (ES 4, 5B ve 6), Paleozoyik-Mesozoyik mermer-şistlerini (EG 10B), Orta Triyas-Kretase yaşlı volkano-sedimanter karmaşık birimlerini (ES 12 ve 13B), Mesozoyik yaşlı ofiyolitleri (ES 18B), Pliyo-Kuvaterner karasal çökellerini (ES 19) ve Kuvaterner yaşlı birimleri (ES 21 ve 24) etkilemiştir. Minimum gerilme ekseni yönü ($\sigma_3$) KB-GD doğrultulu olan saf doğrultu atım ve transtansiyonel tektonik rejim, genellikle Paleozoyik-Mesozoyik mermer-şistlerini (ES 14) ve Kuvaterner yaşlı birimleri (ES 23) etkilemiştir.

## TARTIŞMA

### 6 Şubat 2023 Pazarcık Depremi (Mw: 7,7) yüzey kırığının Erkenek Segmenti ile ilişkisi ve yakın segmentlerdeki paleosismolojik çalışmalar ile değerlendirilmesi

6 Şubat 2023 tarihinde DAFZ üzerinde meydana gelen ve art arda 3 segmentin kırıldığı Pazarcık (Mw: 7,7) depreminde meydana gelen yaklaşık 270 km uzunluğundaki yüzey kırığı, maksimum sol yanal yer değiştirmesini (7,3 m) Pazarcık segmenti üzerinde gerçekleştirmiş (Karabacak vd., 2023) olmakla birlikte, çalışma konusunu oluşturan Erkenek Segmenti üzerinde, segmentin en uç noktası olan Çelikhan kuzeydoğusuna doğru giderek azalan atımlar göstermektedir (Şekil 14).

Sol yönlü doğrultu atımlı fay morfolojisine uygun olarak kimi yerde genişlemeli ve sıkışmalı büklüm sunan yüzey kırığı, uydu görüntüsünde tek çizgi olarak görünse de arazide yer yer km'ye ulaşan genişlikte bir deformasyon zonu sunmaktadır. Özellikle Çelikhan yerleşim alanının güneyinde, Cilke mevkiinde açılmış olan Çelikhan-1 hendeği, yüzey deformasyon zonu içinde kalmakta olup kuzeyinden ve güneyinden geçen yüzey kırığına yaklaşık 30 m uzaklıkta olduğu saptanmıştır (Şekil 14).




**Şekil 14.** Çelikhan güneyinde haritalanan yüzey kırığının Erkenek Segmenti ile ilişkisi. **a, b, c, d)** Haritalanan yüzey kırığının yüksek çözünürlüklü Ortofoto ve SYM üzerinde görünümü. **e, f)** Cilke sırtında gözlemlenen deformasyon yapıları, bakış yönü sırasıyla kuzey (e: 38.018896° K, 38.238783° D) ve güneydir (f: 38.018728° K, 38.239444° D).

***Figure 14.*** *Relationship of the surface rupture mapped south of Çelikhan with the Erkenek Segment:* ***a, b, c, d)*** *Appearance of the mapped surface rupture on high-resolution orthophoto and DEM images,* ***e, f)*** *Deformation structures observed on Cilke Ridge, with viewing directions oriented to the north (e: 38.018896° N, 38.238783° E) and south (f: 38.018728° N, 38.239444° E).*

Gerek paleosismoloji çalışmasında saptanan veriler gerekse de yüzey kırığının deformasyon özelliği, yapılan hendek kazılarının kompleks yapıdaki DAFZ'nin deformasyon zonu içinde kaldığını göstermektedir.

6 Şubat 2023 depremleri sonrasında yapılan arazi çalışması; 2022 yılı Ekim ayında, Erkenek Segmenti'nin GB ucunda Gölbaşı ilçesi Ozan Köyü yakın doğusunda gerçekleştirilen Ozan rumuzlu paleosismolojik hendek kazısının da (Şekil 9 ve 13), 6 Şubat 2023 depremleri sırasında bu segment üzerinde oluşan yüzey kırığının bitişiğinde yer aldığını göstermiştir (Aksoy vd., 2023). Benzer şekilde Ozan rumuzlu hendeğin daha kuzeydoğusunda yer alan Kurucaova hendeğinde de yüzey kırığı ve Erkenek segmenti üzerinde açılan hendek kazı alanı birbirine oldukça yakındır. 6 Şubat 2023 Pazarcık depremi sonucunda oluşan yüzey kırığının Kurucaova özelinde de Erkenek Segmenti deformasyon zonu içinde kaldığı göze çarpmaktadır. Oluşan yüzey kırığı ile Türkiye Diri Fay Haritası baz alınarak haritalanan alt alanlardaki fay haritası karşılaştırıldığında, diri faylar ile yüzey kırığın büyük ölçüde örtüştüğü söylenebilir. Ancak, daha önce Holosen döneminde meydana gelmiş depremlerin topoğrafya üzerinde bıraktığı izlere göre hem arazi çalışmaları hem de uzaktan algılama çalışmaları ile çizilen Türkiye Diri Fay Haritası'nda çizili olan Erkenek segmentinin üzerinde açılan hendek kazıları ile yüzey kırıkları arasında az da olsa tutarsızlık mevcuttur. Bu durum, Erkenek Segmenti özelinde yapılmış hendek kazıları ön çalışmalarında saptanan deprem olayları dikkate alındığında, hendek kazı alanlarının daha önceki yüzeye ulaşan yani yüzey faylanması üretmiş deprem olaylarını barındırdığı ve dolayısıyla oluşan yüzey kırıklarının topoğrafyada bu eski yüzey kırığı alanını kullanmadığı, bunun yerine Erkenek Segmenti deformasyon alanı içinde kalan yeni bir yüzeyin yırtılması şeklinde yorumlanabilir.

Bununla birlikte, hem yüzey kırığının geometrisi hem de kosismik yer değiştirme verileri, yüzey kırığı üzerinde bizzat jeolojik araştırmalar yapan Karabacak vd. (2023), Aksoy vd. (2023), Sandıkçıoğlu vd. (2023), Bayrakdar vd. (2023), Parlak vd. (2023), Softa vd. (2024)'e göre, özellikle hendek çalışmalarının olduğu alanlar başta olmak üzere 6 Şubat deprem çiftlerinin oluşturduğu yüzey kırığı geometrisinin sol yönlü atım sergileyerek kimi yerde büklüm kimi yerde ise genişleme yapıları sunan yüzey kırığının, diri fay haritasıyla büyük ölçüde uyum içinde olduğu ve doğrultu atımlı fay mekanizmasına uygun olarak geliştiği görüşüyle uyum içindedir.

DAFZ güney kolu (ana kol) üzerinde hendek kazısı tabanlı paleosismolojik çalışmalar (Çetin vd., 2003, Yönlü ve Karabacak, 2024) gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, Erkenek Segmenti üzerinde daha önce yayınlanmış paleosismolojik çalışma bulunmamaktadır (Çizelge 2). 6 Şubat 2023 Pazarcık depreminin (Mw: 7,7) üzerinde geliştiği segmentlerden (Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmenleri), biri olan Pazarcık Segmenti üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda (Yönlü vd. 2017; Yönlü ve Karabacak, 2024), segmentin en az 5 deprem ürettiği belirlenmiş ve kayma hızı da yılda 5,6 mm olarak hesaplanmıştır. Araştırmacılar radyokarbon tarihlendirme tekniğini baz alarak, hendek kazılarında MS 1114 depremini Balkar, Büyüknacar ve Tevekkelli hendeklerinde gözlemlerken, MS 1513 depremini ise sadece Tevekkelli hendek kazısında saptamışlardır. Bu meyanda Pazarcık segmenti özelinde 2023 depreminden evvelki son depremlerin 511 yıl ve 910 yıl evvel gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Bununla birlikte Palu segmenti üzerindeki paleosismoloji çalışmaları sadece segment üzerinde hendek kazısı tabanlı değil aynı zamanda Hazar Gölü içinde sualtı paleosismoloji tekniği ile de gerçekleştirilmiştir (Hubert-Ferrari vd., 2017 ve 2020).

**Çizelge 2.** Pazarcık ve Palu segmentleri üzerinde gerçekleştirilen paleosismolojik çalışmalar. Pazarcık segmentine ait veriler Yönlü (2017) ve Yönlü ve Karabacak'dan (2024), Palu segmentine ait veriler ise Çetin vd. (2003) çalışmasından derlenmiştir.

***Table 2.*** *Overview of paleoseismological studies conducted on the Pazarcık and Palu segments. The data for the Pazarcık segment are derived from the works by Yönlü (2017) and Yönlü and Karabacak (2024), while the data for the Palu segment are compiled from the research conducted by Çetin et al. (2003).*

| Fay/Segment Adı | Paleosismolojik Hendek Kazısı | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Adı/Sayısı | Değerlendirme | Kayma Hızı | Belirlenen Tarihsel Depremler | Son depremden geçen süre |
| DAFZ/ Pazarcık Segmenti | Balkar Hendeği / 2 Hendek | En az 4 olası olay gözlemlenmiştir. | - | 1114 | 910 |
| | Büyüknacar Hendeği / 1 Hendek | En az 3 olası olay gözlemlenmiştir. | - | 1114 | 910 |
| | Tevekkelli Hendeği / 5 Hendek | En az 5 olası olay gözlemlenmiştir. | 5,6 mm/y | 1114, 1513 | 511 |
| DAFZ/Palu Segmenti | Palu Hendeği / 4 Hendek) | En az 5 olası olay gözlemlenmiştir. | 11 mm/y | 1874, 1875 | 149 |

Hazar G**ölü**'nün KD'sinde hendek kazısı tabanlı gerçekleştiren çalışmada (Çetin vd., 2003) 4 adet kazı çalışması yapılmış ve kazılarda 5 adet deprem olayı yani yüzey kırığı oluşturmuş deprem izlerinin saptandığı belirtilmiştir. Radyokarbon tekniği kullanılarak deprem ile ilişkili seviyelerin tarihlendiği çalışmada, en son yüzey kırığı oluşturmuş depremlerin 1874 ve 1875 depremlerine ait olabileceği ileri sürülmüştür. Ek olarak Hazar Gölü içinde gerçekleştirilen su altı paleosismoloji çalışmalarında (Hubert-Ferrari vd., 2017 ve 2020) MÖ 450, MS 1000-1100, MS 1250, MS 1874 ve MS 1875 depremlerine ait çökelleri radyokarbon, kurşun ve sezyum izotopları ile tarihlendirmişlerdir.

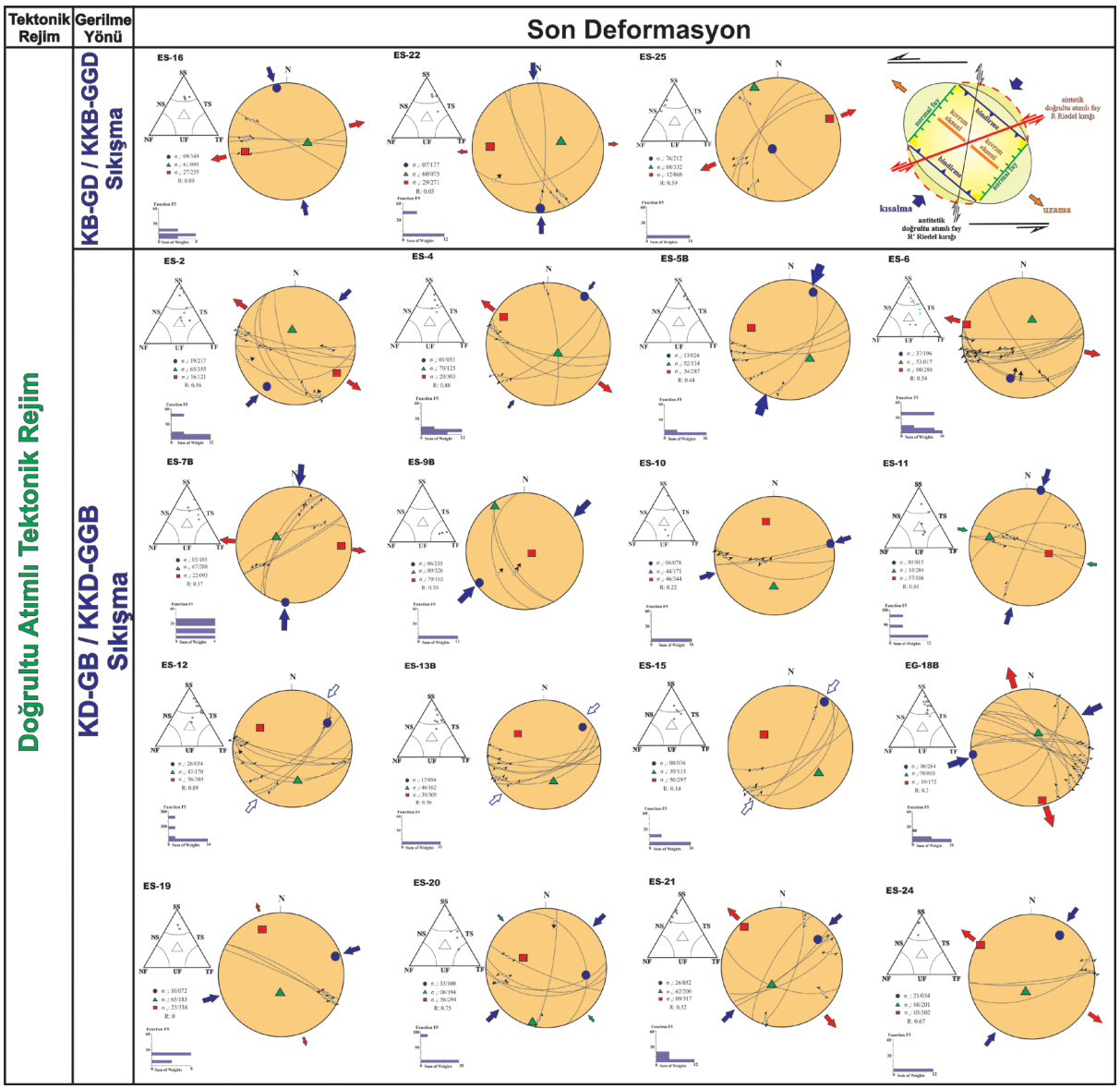
## Erkenek Segmenti Boyunca Paleostres Dağılımı

Erkenek Segmenti boyunca ölçülen kinematik verilerin analizi farklı jeolojik dönemleri temsil eden gerilme durumları ile karakterize edilen farklı tektonik rejimlerin varlığını ortaya koymuştur (Bakınız Çizelge 1). Herece (2008), DAFZ boyunca tektonik birimlerin yerleşimi ve yapısal elemanların gelişimine dayalı Maastrihtiyen, Lütesiyen, Orta-Geç Miyosen ve Geç Pliyosen sonları olarak adlandırılan dört farklı tektonik faz önermiştir. Kaymakçı vd. (2010) Maastrihtiyen'den günümüze Güneydoğu Türkiye için beş farklı gerilme durumu ve tektonik rejimin varlığını öne sürmüşlerdir. Doğanyol (Malatya) ve Türkoğlu (Kahramanmaraş) arasında DAFZ boyunca gerçekleştirilmiş kinematik analiz çalışmaları (Yılmaz vd., 2006; Akgün ve İnceöz, 2021), bu çalışma kapsamındaki bulguların anlamlı karşılaştırmalarının yapılabilmesi ve Erkenek Segmenti ile doğrudan ilişkilendirilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda Erkenek Segmenti boyunca ölçülen kinematik verilerin analizi, ilk olarak saha çalışmalarında haritalanan fay geometrisi ve deformasyon elipsoidi kapsamında değerlendirilerek; DAFZ'ye ait son deformasyon ve eski deformasyon fazları olarak iki grup belirlenmiştir. Deformasyon elipsoidine göre doğrultu atımlı faylarda oluşabilecek sıkışmalı yapılar (ters faylar, kıvrım eksenleri vb.) ya da genişlemeli yapılar (normal faylar, tansiyon

çatlakları vb.) göz önünde tutularak kinematik yorum yapılmıştır. Ayrıca çalışma alanı boyunca gerçekleştirilmiş bölgesel gerilme durumları ve kinematik analiz çalışmaları ile analiz sonuçları birlikte değerlendirilerek karşılaştırma yapılmıştır.

DAFZ'nin oluşumundan hemen önce Geç Pliyosen sonlarında artan yakınsama oranına bağlı olarak, K-G doğrultulu sıkışma gerilmesi altındaki bölge kıvrımlanma ve ters faylanmanın etkisi ile hızla yükselmiştir (Herece, 2008). Bölgede devam eden yakınsama, çoğu kinematik lokasyonda da (ES 2, 4, 5B, 6, 7B, 9B, 10,11,12,13B, 15,16, 18B, 19, 20, 21, 22, 24, 25), günümüzde baskın olan doğrultu atımlı tektonik rejimi temsil eden DAFZ'nin aktivitesi ile ilişkili deformasyona neden olmuştur. Bu doğrultu atımlı deformasyonun gerilme durumu paleostres analizinde çoğunlukla KD-GB (ES 2, 4, 5B, 6, 9B, 10,12,13B, 15, 18B, 19, 20, 21, 24) ya da KKD-GGB (ES 7B, 11) doğrultulu sıkışma yönleri hesaplanmış olmakla birlikte; bazı lokasyonlarda (ES 16, 22, 25) KB-GD doğrultulu sıkışma etkisinde gelişmiş doğrultu atımlı tektonik rejim analiz edilmiştir. ES 16 lokasyonunda Kuvaterner yaşlı alüvyal yelpaze birimlerinde analiz edilen KB-GD doğrultulu sıkışma, transtansiyonel tektonik rejim ile fay geometrisinin bu alanda iki kola ayrılması ve fay parçalarının birbiri ile olan etkileşimini göstermektedir. ES 22 lokasyonunda ayrılmamış Kuvaterner birimlerinden analiz edilen KKB-GGD doğrultulu $\sigma_1$ sıkışma yönü de transpresiyonel tektonik rejim ile fay geometrisinin bu alanda kollara ayrılması ve fay parçalarının etkileşimi ile ilişkilidir. Ayrıca bu alanda yapılmış kinematik analiz çalışmalarında (Yılmaz vd., 2006) elde edilen KB-GD doğrultulu $\sigma_1$ sıkışma yönü ile uyumludur. ES 25 lokasyonunda ayrılmamış Kuvaterner birimlerinden ölçülen kinematik verilerin analizi KD-GB doğrultulu $\sigma_3$ genişleme yönü ile saf genişleme tektonik rejim, segmentin Gölbaşı yerleşim yerine doğru önemli miktarda normal bileşen kazanması ve fayın geometrisi ile uyumlu lokal bir genişleme olarak yorumlanmıştır. Paleozoyik'ten günümüze çeşitli kayaç birimlerini deforme eden KD-GB / KKD-GGB doğrultulu $\sigma_1$ sıkışma etkisiyle saf doğrultu atımlı (ES 2, 5B, 6, 13B, 18B, 21, 24), transtansiyonel (ES 4, 12) ve transpresiyonel (ES 7B, 10, 15, 19, 22) tektonik rejimler fayın değişen doğrultusu ve geometrisi ile uyumlu olarak genişlemeli ve sıkışmalı kısımlar şeklinde analiz edilmiştir. Özellikle Çelikhan yerleşim yerinde segmentin yaklaşık D-B doğrultusu kazanması ve bu alanda Sürgü segmentinin ana koldan ayrılması segmentin ters ve normal bileşen kazanarak transpresyonel ve transtansiyonel tektonik rejim özelliği göstermesine neden olmuştur. Erkenek Segmenti üzerinde gerçekleştirilen kinematik çalışmalar, bölgede lokal olarak çalışan Yılmaz vd., (2006) ve Akgün ve İnceöz (2021) çalışmalarından elde edilen gerilme yönleri ve tektonik rejim türleri ile uyum göstermektedir. DAFZ boyunca, sıkışmalı tektonik rejimden doğrultu atımlı tektonik rejime geçiş sürecinde ters bileşenin baskın olduğu transpresyonel tektonik rejim baskınken, günümüzde normal bileşenin baskın olduğu transtansiyonel tektonik rejimin hakim olduğu görülmektedir. Saptanan veriler ışığında ortaya çıkan deformasyon fazları, Yılmaz vd., (2006) çalışmasıyla uyumludur. ES 9B lokasyonunda Orta Triyas-Kretase yaşlı volkanik ve sedimanter birimleri etkileyen KD-GB doğrultulu $\sigma_1$ sıkışma etkisiyle saf sıkışmalı tektonik rejim sol yanal deformasyon elipsoidindeki sıkışmalı yapıların doğrultusu ile son tektonik rejime bağlı gelişmiş lokal sıkışma olarak yorumlanmıştır. Özellikle Çelikhan civarındaki temel birimlerin yaşı ve çoklu deformasyon fazını gösteren kinematik verilerin birbirlerini üzerlemesi, eski fay düzlemlerinin yeniden aktive olması ile ilişkili olup bu durum bazı lokasyonlardaki kinematik analiz hesaplamalarındaki ideal koşullarda 30 ve alt değerleri alması gereken uyumsuzluk açısının (misfit angle) yüksek olmasına neden olmuştur (Şekil 15).



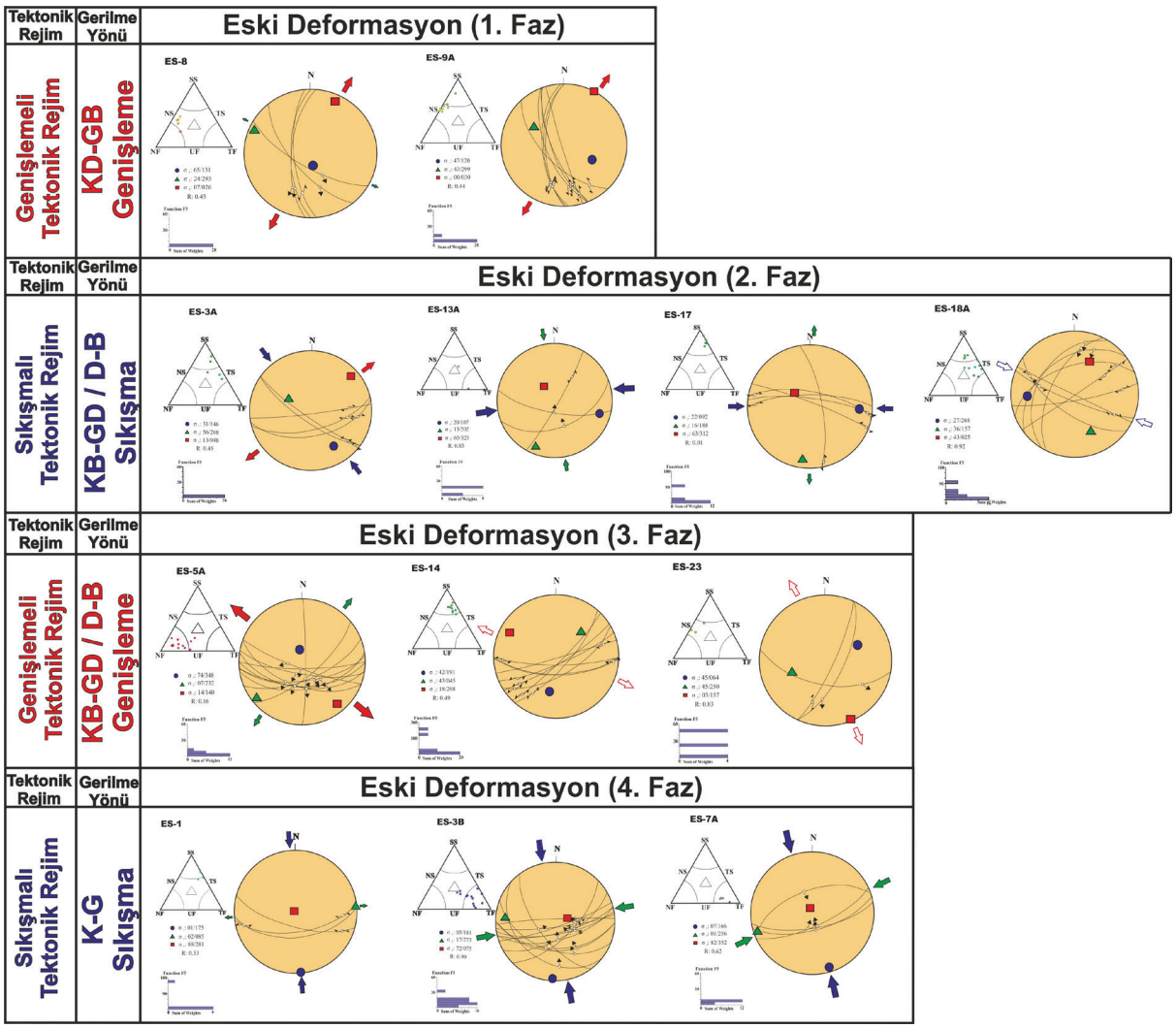

**Şekil 15.** DAFZ Erkenek Segmenti'nin deformasyonu ile ilişkili kinematik verilerin analizinin stereografik küre üzerinde gösterimi ve sol yanal deformasyon elipsoidinin şematik görünümü.

***Figure 15.*** *Analysis of kinematic data related to the deformation of the EAFZ-Erkenek Segment on a stereographic sphere, along with a schematic representation of the left-lateral deformation ellipsoid.*

Bu kinematik lokasyonların dışında kalan analiz hesaplamaları, son deformasyon olarak tanımlanan sol yanal doğrultu atımlı tektonik rejimin deformasyon elipsoidi ile uyumlu olmayan eski dönemlere ait deformasyonlar olarak yorumlanmıştır. Farklı doğrultularda sıkışmalı ve genişlemeli gerilme durumları etkisinde farklı fazları yansıtan bu kinematik lokasyonlar Doğu Akdeniz için önerilen bölgesel gerilme durumları ve levha hareketleri ilişkilerini ortaya koyan çalışmalar (Örn; Dercourt vd., 1986; Herece, 2008; Kaymakçı vd., 2010) ile karşılaştırılarak ilişkilendirilmiştir. KD-GB doğrultulu genişlemeli tektonik rejim Maastrihtiyen dönemindeki yitimi

takip eden hızlı yükselim ve erozyon sonucu oluşmuş Paleosen havzalarının gelişimi ile ilişkilidir. Orta Triyas-Kretase yaşlı volkano-sedimanter karmaşık biriminde ölçülen kinematik verilerin analizinden elde edilen KD-GB doğrultulu genişlemeli tektonik rejim (ES 8, 9A), ilk tektonik faz (Kaymakçı vd., 2010) olarak belirlenen Maastrihtiyen fazı (Herece, 2008) ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 16).

Doğu Akdeniz'de önemli bir sıkışmalı dönem ve ikinci faz olarak tanımlanan (Kaymakçı vd., 2010) Lütesiyen fazı (Herece, 2008), D-B ve KB-GD doğrultulu sıkışmalı tektonik rejim ile karakterize edilmektedir. Çalışma alanında, ters faylar ve kıvrım oluşumları ile ilişkili D-B ve KB-GD doğrultulu sıkışmalı tektonik faz (ES 3A, 13A, 17, 18A), Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı temel birimleri içerisinde ölçülen yüksek yan yatım açıları ile ayırt edilmektedir.




**Şekil 16.** DAFZ Erkenek Segmenti boyunca eski dönemlere ait deformasyonlar ile ilişkili kinematik verilerin analizinin stereografik küre üzerinde gösterimi.

***Figure 16.*** *Analysis of kinematic data related to older deformations along the EAFZ-Erkenek Segment on a stereographic sphere.*

Lütesiyen'de Doğu Akdeniz'i etkileyen sıkışmalı deformasyon Livermore ve Smith (1983) tarafından önerilen Afrika-Avrasya levhaları arasındaki yakınsama hızının artmasından dolayısıyla yitim hızının azalması (Le Pichon ve Gravlier, 1988) ve çarpışma hızının artması (Dercourt vd., 1986) ile açıklanabilir. En üst tektonik dilimi oluşturan metamorfik birimler tektonik fazlar boyunca sürekli hareket ederek, farklı deformasyonları yansıtan kinematik göstergeleri üzerinde barındırır (Şekil 16).

Oligosen sonlarına kadar devam eden sıkışmalı deformasyon, doğudan batıya göç eden levha diliminin yırtılması ile ilişkili D-B ve KB-GD doğrultulu genişlemeli tektonik rejim ile karakterize edilen üçüncü faz tarafından takip edilmektedir (Kaymakçı vd., 2010). Miyosen yaşlı göl çökelleri (ES 23) ve Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik birimlerinden (ES 5A, 14) ölçülen kinematik verilerin inversiyon analizi ile genişlemeli faz ve bu lokasyonlarda hesaplanan gerilme durumlarının ilişkili olduğu düşünülmektedir (Şekil 16). Bu genişlemeli tektonik faz boyunca Gölbaşı'ndan Çelikhan ve Sincik'in doğusuna kadar uzanan Lice havzası olarak adlandırılan sedimanter kuşak gelişmiştir (Herece, 2008).

Çalışma alanı içerisindeki Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik birimler Geç Serravaliyen dönemi süresince başlayan K-G doğrultulu sıkışmadan dolayı Miyosen havzası üzerine bindirme fayları ile itilmiştir (Herece, 2008). Neotetis Okyanusu'ndaki yitimin tamamlanması ve kıtasal çarpışmanın başlangıcı olarak bilinen K-G doğrultulu sıkışmalı tektonik rejim Doğu Akdeniz'de D-B uzanımlı ters faylar ve kıvrım eksenlerinin gelişiminden sorumludur. Arabistan ve Avrasya levhaları arasındaki yakınsamanın saatin tersi yönünde değiştiği (Navabpour vd., 2006) deformasyon fazında bindirme ve kıvrım oluşumları yanı sıra; deformasyona eşlenik doğrultu atımlı faylar ile ters bileşene sahip oblik faylar eşlik etmektedir (Herece, 2008). ES 7 (Pliyo-Kuvaterner karasal birimleri) dışında, bu sıkışmalı tektonik fazı karakterize eden kinematik veriler Eosen karmaşık birimlerinden (ES 1, 3B) ölçülmüştür. Kıtasal çarpışmadan sonra levhalar arasındaki yakınsama hızının azalması genişlemeli çöküntü alanlarında Pliyosen karasal birimlerin depolanmasına neden olmuştur (Herece, 2008). ES 7 kinematik lokasyonundaki gibi bazı temel birimler yoğun deformasyon altında deforme olmuş ve fay breşi olarak yeni birime dönüşmüştür. Hem sıkışmalı hem de doğrultu atımlı tektonik rejimin görüldüğü ES 7 için önerilen gerilme durumu bu lokasyonun yoğun deformasyona maruz kalması ile açıklanmaktadır (Şekil 16).

## SONUÇ

Bu çalışmada Erkenek Segmenti, Adıyaman ili Çelikhan ilçesi güneyinde net olarak izlenebilen 6 Şubat 2023 Pazarcık depremi (Mw: 7,7) yüzey kırığının detay özellikleri ve segment boyunca paleostres çalışmalarından elde edilen verilerle ayrıntılı olarak incelenmiştir. Sonuçta;

- Çelikhan güneyinde Balıkbirin tepeleri ile Cilke sırtı arasında KD-GB uzanımında net izlenen yüzey kırığının doğrultu atımlı fay kinematiğine uygun olarak küçük ölçekte genişlemeli ve sıkışmalı büklüm yapıları gösterdiği ve segment boyumca açılan hendek kazılarının deformasyon zonu içinde kaldığı,
- İHA yardımıyla ortofoto görüntüleri üzerine ~2 km uzunluğunda haritalanan yüzey kırığının Çelikhan güneyinde 3,25 m sol yanal yer değiştirme ve 50 cm'ye ulaşan düşey atım sunduğu,
- Erkenek segmenti boyunca fay düzlemlerinden ölçülen kayma verilerinin kinematik analizi sonucunda, segmentin geometrisi ile uyumlu deformasyonun yaklaşık KD-GB ve KKB-GGD doğrultulu sıkışma gerilmesi etkisindeki doğrultu atımlı tektonik rejim altında geliştiği,

- Fayın geometrisi ve doğrultusuna göre sıkışmalı ve genişlemeli alanlardan transpresyonel ve transtansiyonel tektonik rejimlerin varlığı,
- Farklı kayma verilerini barındıran ve segmentin doğrultusu ile uyumlu olmayan deformasyonların eski döneme ait olduğu değerlendirilerek, Maastrihtiyen'den itibaren Arabistan ile Anadolu levhaları arasında etkili olan yakınsama sürecine bağlı deformasyon fazları ile ilişkili genişlemeli ve sıkışmalı tektonik rejimlerin etkili olduğu saptanmıştır.

## *EXTENDED SUMMARY*

*The Eastern Anatolian Fault Zone (EAFZ) comprises two distinct systems: the northern branch and southern main branch, which extend 380 km and 580 km in length, respectively. This study focuses on the segment of the surface rupture near Çelikhan associated with the 6 February 2023 Pazarcık earthquake (Mw 7.7) on the main branch. This study presents a detailed examination of the geological relationship between the surface fault rupture and the Erkenek segment, as well as inferences regarding the deformation mechanism of the surface rupture. For the first time, comprehensive field studies were conducted to investigate these aspects.*

*The surface rupture from the February 6, 2023 earthquake (Mw 7.7), mapped using UAV technology, extends approximately 1.5 km to the Cilke ridges south of Çelikhan. This rupture exhibits characteristics of a left-lateral strike-slip fault, with maximum displacement of approximately 3.25 meters and vertical slip of up to 50 centimeters. In 2022, two trench excavations, named Çelikhan 1 and Çelikhan 2, were carried out south of Çelikhan for paleoseismological analysis. These excavations revealed that the surface rupture from the February 6, 2023, Pazarcık earthquake (Mw 7.7) remained within the deformation zone.*

*The surface rupture did not appear as a single continuous line but was instead dispersed, reflecting the geometry of the strike-slip fault. The trenches were observed to be located very close to the rupture, resulting in the formation of compressional and extensional bend structures. Furthermore, the analysis of kinematic data along the Erkenek segment represents initial evaluations based on fault geometry and the deformation ellipsoid derived from raw data collected during field studies. This evaluation identified two distinct phases: the most recent deformation phase and an earlier phase within the EAFZ.*

*The ongoing convergence in the region is prominently observed across multiple kinematic sites (ES 2, 4, 5B, 6, 7B, 9B, 10, 11, 12, 13B, 15, 16, 18B, 19, 20, 21, 22, 24, 25), leading to deformation associated with the activity of the EAFZ, which currently governs the strike-slip tectonic regime. The stress orientation of this strike-slip deformation is predominantly NE-SW (ES 2, 4, 5B, 6, 9B, 10, 12, 13B, 15, 18B, 19, 20, 21, 24) or NNE-SSW (ES 7B, 11) compression. In specific locations (ES 16, 22, 25), a strike-slip tectonic regime influenced by NW-SE compressional forces was also identified through analysis.*

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma, 6 Şubat 2023 deprem çiftlerinin ardından TÜBİTAK'ın başlattığı 1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı ve TÜBİTAK 121Y410 numaralı Deprem özel çağrıları-1001 projesi kapsamında desteklenmiştir.

## ORCID

*Elif Akgün* https://orcid.org/0000-0002-6556-2413
*Mustafa Softa* https://orcid.org/0000-0001-5064-9260
*Serap Çolak Erol* https://orcid.org/0000-0003-1957-3012
*Ercan Aksoy* https://orcid.org/0000-0001-5078-7217
*Serkan Gürgöze* https://orcid.org/0000-0002-3025-2327

*Fikret Koçbulut* https://orcid.org/0000-0003-3578-029X
*Hasan Sözbilir* https://orcid.org/0000-0002-3777-4830
*Orhan Tatar* https://orcid.org/0000-0001-9579-1607

## KAYNAKLAR / *REFERENCES*

Akgün, E. & İnceöz, M. (2021). Tectonic evolution of the central part of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences, 30*(7), 928-947. https://doi.org/10.3906/yer-2104-15

Aksoy, E., İnceöz, M. & Koçyiğit, A. (2007). Lake Hazar basin: A negative flower structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, *16,* 319-338.

Aksoy, E., Akgün, E., Softa, M., Koçbulut, F., Sözbilir, H., Tatar, O. & Çolak Erol, S. (2023). 6 Şubat 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş) depreminin Doğu Anadolu Fay Zonu Erkenek ve Pazarcık Segmentleri Üzerindeki Etkisi: Çelikhan-Gölbaşı (Adıyaman) Arasından Gözlemler. *Türk Deprem Araştırma Dergisi, 5*(1), 85-104. https://doi.org/10.46464/tdad.1280408

Aktug B., Ozener H., Dogru A., Sabuncu A., Turgut B., Halicioglu K., Yılmaz O. & Havazli E. (2016). Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field. *Journal of Geodynamics, 94*, 1-12.

Alkan, H., Büyüksaraç, A. & Bektaş, Ö. (2024). Investigation of earthquake sequence and stress transfer in the Eastern Anatolia Fault Zone by Coulomb stress analysis. *Turkish Journal of Earth Sciences, 33*(1), 56-68. https://doi.org/10.55730/1300-0985.1898

Allen, C. R. (1969). *Active faulting in northern Turkey*. Contr. 1577. Div, Geol. Sciences, Calif. Inst. Tech., 32.

Altınlı, İ. E. (1963). 1:500.000 *Türkiye Jeoloji Haritası, Erzurum Paftası açıklaması*. MTA Yayınları, Ankara.

Ambraseys N. N. (1970). Some characteristic features of the Anatolian fault zone. *Tectonophysics, 9*(2-3), 143-165.

Ambraseys, N. N. (1971). Value of historical records of earthquakes. *Nature, 232*, 375-379.

Ambraseys, N. N. (1988). *The Anatolian earthquake of 17 August 1668. Historical Seismograms and Earthquakes of the World.*

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

Ambraseys, N. N. & Finkel, C. (1998). Seismicity of Turkey and neighbouring regions 1500-1800. *Geophysical Journal of International, 133,* 390-406.

Ambraseys, N.N. & Jackson, J. A. (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International, 133*, 390.

Angelier, J. (1990). Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress—III. A new rapid direct inversion method by analytical means. *Geophysical Journal International, 103*(2), 363-376.

Angelier, J. (1994). Fault slip analysis and palaeostress reconstruction. In Hancock, P.L. (Ed.), *Continental Deformation* (pp.: 53-100). Pergamon Press, Oxford.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1972). Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler. *MTA Bülteni, 73*, 1-9.

Arpat, E. ve Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni (Türkiye Jeoloji Bülteni), 18*(1), 91-101. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/91c54d666032076_ek.pdf

Aydın, A. & Seymen, İ. (1972). Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fay zonu ile ilişkisi, *MTA Bülteni*, *79,* 1-8.

Barbot, S., Luo, H., Wang, T., Hamiel, Y., Piatibratova, O., Javed, M.T., Braitenberg, C. & Gurbuz, G. (2023). Slip distribution of the february 6, 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6, Kahramanmaraş, Turkey earthquake sequence in the East Anatolian Fault Zone. *Seismica, 2*(3). https://doi.org/10.26443/seismica.v2i3.502

Barka, A. A. & Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry and its influence on eartquake activity. *Tectonics, 7*(3), 663-684.

Barka, A. A. & Reilinger, R. (1997). Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from

GPS, neotectonic and seismicity data. *Annali di Geofisica, 40*, 587-610.

Bayrak, E., Yılmaz, Ş., Softa, M., Türker, T. & Bayrak, Y. (2015). Earthquake hazard analysis for East Anatolian fault zone, Turkey. *Natural Hazards, 76*, 1063-1077.

Bayrakdar C, Halis O, Canpolat E, Döker, M. F., Keserci F. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Ekinözü depremi (Mw 7.6) ile ilişkili Çardak Fayı yüzey kırığının tektonik jeomorfolojisi. *Türk Coğrafya Dergisi 83*, 7-22. https://doi.org/10.17211/tcd.1281680

Bozkurt, E. (2001). Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodinamica Acta, 14*(1-3), 3-30. https://doi.org/10.1080/09853111.2001.11432432

Çetin, H., Güneyli, H. & Mayer, L. (2003). Paleosismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey, Tectonophysics, 374, 163-197.

Çolak Erol, S., Akgün E., Softa, M., Aksoy, E., Sözbilir, H., Tatar, O., Koçbulut, F., Gürgöze, S., Yüksel, M. & Topaksu, M. (2024). Doğu Anadolu Fay Zonu-Erkenek Segmenti Üzerinde Gerçekleştirilen Paleosismolojik Çalışmalar: İlksel Bulgular. *76. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı (s.:123)*, Ankara, Türkiye.

Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petit, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V. & San'kov, V. (1997). Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia, Part 2. *Cenozoic rifting, Tectonophysics, 282*, 1-38.

Delvaux, D. & Sperner, B. (2003). New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. *Geological Society London, Special Publications, 212*(1), 75-100.

Dercourt, J. E. A., Zonenshain, L. P., Ricou, L. E., Kazmin, V. G., Le Pichon, X., Knipper, A. L., ... & Biju-Duval, B. (1986). Geological evolution of the Tethys belt from the Atlantic to the Pamirs since the Lias. *Tectonophysics, 123*(1-4), 241-315.

Dewey, J., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Şaroğlu, F. & Şengör, A. M. C. (1986). Shorteninig of continental lithosphere: The tectonics of Eastern Anatolia: A young collision zone. *Collision Tectonics, 19*, 3-36.

Duman, T. & Emre Ö. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog Characteristics. *Geological Society of London, Special Publications*, *372*, 495-529. https://doi.org/10.1144/SP372.14

Duman, T. Y., Elmacı, H., Özalp, S., Kürçer, A., Kara, M., Özdemir, E, Yavuzoğlu, A. & Güldoğan, Ç. U. (2020). Paleoseismology of the western Sürgü–Misis fault system: East Anatolian Fault, Turkey. *Mediterranean Geoscience Reviews, 2*(3), 411-437. https://doi.org/10.1007/s42990-020-00041-6

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

Gürboğa, S., Kayadibi, Ö., Akilli, H., Arikan, S. & Tan, S. (2024). Preliminary results of the great Kahramanmaras¸ 6 february 2023 earthquakes (MW 7.7 and 7.6) and 20 february 2023 Antakya earthquake (MW 6.4), Eastern Türkiye. *Turkish Journal of Earth Sciences, 33*(1), 22–39. https://doi.org/10.55730/1300-0985.1896

Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, İ. & Şengör, A. M. C. (1984). Palaeotectonic evolution of Tuzgölü basin complex, Central Turkey. In Dixon J. E. & Robertson A. H. F. (Eds.), *The geological evolution of the Eastern Mediterranean* (pp. 81–96)*, Geological Society Special Publication no. 17, Geological Society, London*.

Hempton, M. R. (1987). Constraints on Arabian plate motion and extensional history of the Red Sea. *Tectonics, 6*, 687-705.

Hempton, M. R., Dewey, J. F. & Şaroğlu, F. (1981). The East Anatolian Transform Fault: along strike variations in geometry and behaviour. *EOS Transac*, 62, 393.

Herece, E. (2008). *Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası*. MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi, No: 13, 359 s., Ankara.

Herece, E. & Akay, E. (1992). Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı. *Proceeding of the 9th Petroleum Congress of Turkey* (pp.:361-372). 17–21 February 1992, Ankara, Turkey.

Hubert-Ferrari, A., El-Ouahabi, M., Garcia-Moreno, D., Avşar, U., Altınok, S., Schmidt, S., Fagel, N.

& Çağatay, M. N. (2017). Earthquake imprints on a lacustrine deltaic system: the Kürk Delta along the East Anatolian Fault (Turkey). *Sedimentology, 64*(5), 1322-1353. https://doi.org/10.1111/sed.12355

Hubert-Ferrari, A., Lamair, L., Hage, S., Schmidt, S., Çağatay, M. N., & Avşar, U. (2020). A 3800 yr paleoseismic record (Lake Hazar sediments, eastern Turkey): Implications for the East Anatolian Fault seismic cycle. *Earth and Planetary Science Letters*, *538*, Artcile 116152. https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116152

Karabacak V., Özkaymak Ç., Sözbilir H., Tatar O., Aktuğ B., Özdağ Ö.C., Çakır R., Aksoy E., Koçbulut F., Softa M., Akgün E., Demir A. & Arslan G. (2023). The 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş, Türkiye) Earthquake (Mw: 7.7): Implications for surface rupture dynamics along the East Anatolian Fault Zone. *Journal of the Geological Society*, Artcile jgs2023-020. https://doi.org/10.1144/jgs2023-020

Kaymakçı, N., Inceöz, M., Ertepinar, P. & Koç, A. (2010). Late Cretaceous to recent kinematics of SE Anatolia (Turkey). *Geological Society, London, Special Publications, 340*(1), 409-435.

Ketin, İ. (1966). Tectonic units of Anatolia (Asia Minor). *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, 66*, pp. 23–34.

Ketin, İ. (1968). Relations between general tectonic features and main earthquake regions of Turkey. *MTA Bulletin, 71*, 63-67.

Kiratzi, A. A. (1993). A study on the active crustal deformation of the North and East Anatolian Fault Zones. Tectonophysics 289,317-336.

Koç, A. & Kaymakçı, N. (2013). Kinematics of Sürgü Fault Zone (Malatya, Turkey): A remote sensing study. *Journal of Geodynamics, 65*, 292-307.

Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. & Kuloshvili, S. (2001). Neotectonics of East Anatoloian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: İmplication for transition from thrusting to stirike-slip faulting. *Geodinamica Acta, 14*, 177-195.

Le Pichon, X. & Gaulier, J. M. (1988). The rottion of Arabia and the Levant fault System. *Tectonophysiscs, 153*, 271-294.

Livermore, R.A. & Smith, A.G. (1983). Relative motion of Africa and Europe in vicinity of Turkey. *The International Symposium on the Geology of the Taurus Belt*, Ankara.

Lovelock, P. E. R. (1984). A review of the tectonics of the northern Middle East region. *Geological Magazine, 121*(6), 577-587. https://doi.org/10.1017/S0016756800030727

Lyberis, N., Yürür, T., Chorowıcz, J., Kasapoğlu, E. & Gündoğdu, N. (1992). The East Anatolian Fault: An Oblique collisional belt. *Tectonophysics, 204*, 1-15.

McCalpin, J. P. (2009). *Paleoseismology* (3.ed.). Amsterdam: Academic Press.

McClusky, S., Balassanıan, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgıev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R.W., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadarıa, M., Ouzounis, A., Paradıssıs, D., Peter, Y., Prelepın, M., Reilinger, R.E., Sanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. & Veis, G. (2000). Global positioning system consraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Reseaech Solid Earth, 105*(B3), 5685-5719. https://doi.org/10.1029/1999JB900351

McKenzie, D. P. (1976). The East Anatolian Fault. A major structure in Eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters, 29*(1), 189-193. https://doi.org/10.1016/0012-821X(76)90038-8

Muehlberger, W. R. & Gordon, M. B. (1987). Observation on the coplexity of The East Anatolian Fault, Turkey. Journal of Structural Geology, 9(7), 899-903. https://doi.org/10.1016/0191-8141(87)90091-5

Navabpour, P., Angelier, J. & Barrier, E. (2007). Cenozoic post-collisional brittle tectonic history and stress reorientation in the High Zagros Belt (Iran, Fars Province). *Tectonophysics, 432*(1–4), 101–131.

Okay, A. I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. *Geological Society, London, Special Publications, 156*(1), 475-515.

Oral, M. B., Reilinger, R. & Toksöz, R. (1992). Deformation of the Anatolian block as deduced from GPS measurements. *Transactions, American Geophysical Union, EOS, 73*, 120.

Özener, H., Arpat, E., Ergintav, S., Doğru, A., Çakmak, R., Turgut, B. & Doğan, U. (2010). Kinematics of the eastern part of the North Anatolian Fault Zone. *Journal of Geodynamics, 49*(3-4), 141-150.

Parlak, O., Yavuzoğlu, A., Bayrak, A. ve Olgun, Ş. (2023). 06 Şubat 2023 Ekinözü (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7, 6) saha gözlemleri ve ön değerlendirmeler. *MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi, 3*(3), 81-98.

Perincek D. & Kozlu H. (1984). Stratigraphy and structural relations of the units in the Afsin-Elbistan-Doganseh ir region (Eastern Taurus), *Geology of the Taurus belt. International Symposium*, 181-198.

Perinçek, D. & Çemen, İ. (1990). The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in Southeastern Turkey. *Tectonophysics,172*, 331-340.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. & Karam, G. (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth, 111*(B5), Article B05411.

Sandıkçıoğlu, M., Uzun, A., Sol, B. & Sabancı, S. (2023). 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin Gölbaşı Havzası'nda sebep olduğu yüzey bozulmaları ve yerleşimlerin üzerindeki etkiler, Adıyaman/Türkiye. *Türk Coğrafya Dergisi, 83*, 87-99.

Seymen, İ. & Aydın, A. (1972). Bingöl deprem fayi ve bunun Kuzey Anadolu fay zonu ile ilişkisi. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 79*(79), 1-12.

Softa, M., Kocbulut, F., Akgün, E., Aksoy, E., Sözbilir, H., Tatar, O., ... & Arslan, G. (2024). Surface rupture during the 6th of February 2023 Mw 7.6 Elbistan-Ekinözü (Kahramanmaraş) earthquake: implications for fault rupture dynamics along the northern branch of East Anatolian Fault Zone. Turkish Journal of Earth Sciences, 33(1), Article 2. https://doi.org/10.55730/1300-0985.1895

Şaroğlu, F., Emre, Ö. & Kuşçu, İ. (1992). The East Anatolian fault zones of Turkey. *Annales Tectonicae, 6*, 99-125.

Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey; a plate tectonic approach. *Tectonophysics, 75*, 181-241.

Şengör, A. M. C., Görür, N. & Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zone of tectonic escape: Turkey as a case study. In K. T. Biddle & N. Christie-Blick (Eds.), *Strike-slip deformation, basin deformation and sedimentation*. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 37*, 227-264.

Tan, O., Tapirdamaz, M.C. & Yörük, A. (2008). The earthquake catalogs for Turkey. Turkish *Journal of Earth Sciences, 17,* 405-418.

Taymaz, T., Eyidoğan, H. & Jackson, J. (1991). Source parameters of large eartquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International,106*(3), 537-550. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1991.tb06328.x

Westaway, R. & Arger, J. (2001). Kinematics of the Malatya- Ovacık Fault Zone. *Geodinamica Acta, 14*, 103-131.

Westaway, R. (2003). Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. *Turkish Journal of Earth Sciences, 12*(1), 5-46.

Westaway, R. (2004), Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey. *Tectonophysics, 391*, 203-237.

Westaway, R. (2006). Late Cenozoic extension in southwest Bulgaria: a synthesis. In Robertson, A. H. F., Mountrakis, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region (pp.: 557-590), Geological Society, London, Special Publications,* 260.

Yılmaz, H. (2002). Sürgü Fayı'nın neotektonik özellikleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 19*,1, 35-46.

Yılmaz H., Över S. & Özden S. (2006). Kinematics of The East Anatolian Fault Zone between Türkoğlu (Kahramanmaraş) and Çelikhan (Adıyaman),

Eastern Turkey. *Earth Planets Space, 58*, 1463-1473.

Yılmaz, Y. (1993). New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of America Bulletin, 105*(2), 251-271.

Yılmaz, Y. & Gürer, Ö. F. (1996). The geology and Evaluation of Misis-Andırın Belt, Around Andırın (Kahramanmaraş). *Turkish Journal of Earth Sciences, 5*(3), 39-55.

Yılmaz, Y., Şaroğlu, F. & Güner, Y. (1987). Initiation of neomagmatism in East Anatolia. *Tectonophysics, 134*, 177-199. https://doi.org/10.1016/0040-1951(87)90256-3

Yılmaz, Y., Çemen, İ. & Yiğitbaş, E. (2022). Tectonics of Eastern Anatolian Plateau; Final Stages of Collisional Orogeny in Anatolia. In E. J. Catlos & İ. Çemen (Eds.), *Compressional Tectonics: Plate Convergence to Mountain Building Chapter 8* (pp.: 223-244). https://doi.org/10.1002/9781119773856.ch8

Yönlü, Ö., Altunel E. & Karabacak V. (2017). Geological and geomorphological evidence for the southwestern extension of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Earth and Planetary Science Letters, 469*, 1-14.

Yönlü, Ö. & Karabacak, V. (2024). Surface rupture history and 18 kyr long slip rate along the Pazarcık segment of the East Anatolian Fault. *Journal of the Geological Society 181*(1), Artcile jgs2023-056. https://doi.org/10.1144/jgs2023-056

Yürür, M. T. & Chorowicz, J. (1998). Recent volcanis, tectonics and plate kinematics near the junction of the African, Arabian Anatolian plates in the eastern Mediterranean. *Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85*, 1-15. https://doi.org/10.1016/S0377-0273(98)00046-8