

6 Şubat 2023 Mw 7.7 Pazarcık depremi: Çakmak Fayı (Adıyaman-Gölbaşı-Akçabel) boyunca yüzey kırığının karakteristik özellikleri

February 6, 2023 Mw 7.7 Pazarcık earthquake: characteristic features of the surface rupture along the Çakmak Fault (Adıyaman-Gölbaşı-Akçabel)

Elif AKGÜN^{*1} , Mustafa SOFTA² 

¹Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23200, Elazığ

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35390, İzmir

• Geliş tarihi / Received: 06.03.2025

• Kabul tarihi / Accepted: 20.06.2025

Öz

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde gerçekleşen 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş/Pazarcık (Mw: 7.7) depremine bağlı olarak Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi ile Akçabel beldesi arasında net bir şekilde izlenen yüzey kırığı detaylı şekilde incelenmiştir. 1/25.000 ölçekli haritalama ve arazi çalışmalarıyla tespit edilen yüzey kırığı boyunca gelişen deformasyon sol yanal yer değiştirme miktarları ve düşey atım değerleri ile ölçülerek, fayın aletsel dönem deprem verilerine dayalı gerilme durumu analizi ile birlikte yorumlanmıştır. Yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, (i) Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi ile Akçabel beldesi arasında ~15 km haritalanan yüzey kırığının bu çalışmada tanımlanan Çakmak fayını izlediği, (ii) yüzey kırığının üzerinde gözlenen en büyük sol yanal yer değiştirmenin ve düşey atım değerlerinin Çakmak beldesi yakınlarında sırasıyla 425 cm ve 102 cm olarak ölçüldüğü, (iii) stres analizleri sonucunda fayın BKB-DKD yönlü gerilme kuvveti ve KKD-GGB yönlü sıkışma etkisi altında transtansiyonel tektonik rejim etkisinde deforme olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Doğu Anadolu Fay Sistemi, Çakmak fayı, Pazarcık depremi, Yüzey kırığı

Abstract

This study examines in detail the surface rupture observed between the Gölbaşı district of Adıyaman province and Akçabel town, which resulted from the February 6, 2023, Kahramanmaraş/Pazarcık (Mw: 7.7) earthquake along the East Anatolian Fault System. The deformation along the surface rupture, identified through 1:25,000 scale mapping and field studies, was measured in terms of left-lateral displacement and vertical slip values. These measurements were interpreted in conjunction with a stress state analysis based on instrumental earthquake data. The studies conducted on the surface rupture revealed the following findings: (i) the surface rupture, mapped over approximately 15 km between the Gölbaşı district of Adıyaman province and Akçabel town, aligns with the Çakmak fault defined in this study; (ii) the largest left-lateral displacement and vertical slip values observed along the surface rupture were 425 cm and 102 cm, respectively, near Çakmak town; and (iii) stress analysis indicated that the fault underwent deformation due to the influence of a WNW-ESE extensional force and NNE-SSW compression, consistent with a transtensional tectonic regime.

Keywords: East Anatolian Fault System, Çakmak fault, Pazarcık earthquake, Surface rupture

1. Giriş

1. Introduction

6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Mw 7,7 ve Mw 7,6 büyüklüğündeki deprem çiftleri, Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) boyunca Antakya, Malatya, Kahramanmaraş ve Adıyaman illerini kapsayan yaklaşık 400 km uzunluğunda yüzey kırıkları oluşturmuştur (Karabacak vd., 2023). Bu kırıklar, DAFS'nin ana deformasyon zonu içinde değerlendirilen jeolojik süreçlerin bir parçası olarak incelenmiştir (Aksoy vd., 2023; Bayrakdar vd., 2023; Akgün vd., 2025a). Bununla birlikte, bu kırıkların yalnızca Türkiye Diri Fay Haritası'nda yer alan aktif fay hatları boyunca değil, aynı zamanda diri olarak haritalanmamış Çığlık Fayı gibi ikincil fay zonlarında da geliştiği tespit edilmiştir (Koçbulut vd., 2024).

*Elif AKGÜN; efiratligil@firat.edu.tr

İkincil fay zonları, 6 Şubat 2023 deprem çiftlerinden sonra mikro ve makro boyuttaki deprem aktiviteleri ile dikkat çekmiştir. Çığlık Fayı, Sisne Fayı ve Kale Yeşilyurt Fay Zonu gibi daha önce diri fay haritalarında yer almayan bu hatlar, bölgenin deprem tehlike değerlendirmesi açısından önem taşımaktadır (Parlak vd., 2023; Koçbulut vd., 2024; Akgün, 2024). Bu potansiyel aktif fayların tespiti, deprem tehlikesinin azaltılması, Holosen dönemine ait özelliklerinin belirlenmesi ve diri fay haritalarının güncellenmesi açısından kritik bir gereklilik olarak görülmektedir. Bu bağlamda, Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi ile Akçabel beldesi arasında yer alan ve bu çalışmada Çakmak Fayı olarak adlandırılan yüzey kırığı, DAFS'nin güney kolu içerisinde tanımlanan Erkenek ve Pazarcık segmentleri arasında konumlanmaktadır. DAFS, tarihsel dönem boyunca şiddeti X'a varan büyük depremler üretmiş ve özellikle son 5 yılda Mw 7,7'e ulaşan üç büyük depremle karakterize olmuştur. Narlı Fayı gibi sistem içindeki ikincil faylarda başlayan depremin, toplamda 400 km uzunluğunda yüzey kırıkları oluşturan bir sismik aktiviteyi başlatması, ikincil fayların bölgesel deformasyondaki önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

Diri fayların Holosen dönemine ait deprem tekrarlanma aralığı, elastik geri tepme teorisi (Reid, 1910) ile açıklandığı üzere, fayların stres birikimi ve boşalımıyla doğrudan ilişkilidir. Ancak, DAFS üzerindeki birçok fayın düzensiz tekrarlanma aralıkları sergilediği görülmektedir. Literatürdeki ilk paleosismolojik çalışmalar, Palu Segmenti üzerinde Çetin vd., (2003) tarafından, Pazarcık Segmenti üzerinde ise Yönlü ve Karabacak (2024) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, Palu Segmenti üzerinde en az 5, Pazarcık Segmenti üzerinde ise en az 2 eski deprem olayı tespit edilmiştir. 6 Şubat 2023 depremleri sonrası yapılan saha çalışmaları, Kahramanmaraş ili Büyüknacar Mahallesi'nde ilk depremin maksimum 7,3 metre sol yanal ötelenmeye, ikinci depremin ise 6,6 metreye kadar sol yanal deformasyona yol açtığını göstermiştir (Karabacak vd., 2023; Softa vd., 2024). Ancak, ikincil kırıklar üzerindeki yer değiştirme miktarları henüz detaylı olarak incelenmemiştir. Her ne kadar yüzey kırığı üzerindeki jeolojik çalışmalar DAFS üzerindeki ana segmentler üzerine yoğunlaşmış olsa da ikincil kırıklar üzerinde meydana gelen yüzey kırığına ait sol yanal yer değiştirme miktarları henüz bilinmemektedir.

Bu kapsamda 6 Şubat 2023 deprem çiftlerinin meydana getirdiği yer değiştirme verilerin bütüncül değerlendirilmesi, DAFS boyunca meydana gelen bu karmaşık yapıdaki deprem çiftleri esas alınarak, yeni adlandırılan fayın DAFS içindeki hareket mekanizması hakkında önemli veriler ortaya konmasında ve aynı zamanda depremden kaynaklanan tehlikelerin en aza indirilmesinde büyük rol oynamaktadır. Bu çalışma kapsamında, 6 Şubat 2023 deprem serilerinden Pazarcık depremine ait (Mw: 7,7) yüzey kırığının daha önce çalışılmamış Gölbaşı-Çakmak yakınlarındaki bölümü üzerine yoğunlaşarak, i)-yüzey kırığının Erkenek Segmenti ve Pazarcık segmenti ile olan jeolojik ilişkisi, ii)-oluşan yüzey kırığının deformasyon mekanizması detaylı arazi çalışmaları sonucunda ilk kez incelenmiştir.

2. Materyal ve metot

2. Material and method

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 Pazarcık Depremi'ne (Mw: 7.7) bağlı olarak oluşan yüzey kırığı, uydu görüntüleri ve arazi çalışmaları temel alınarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırma, özellikle Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi ile Tut beldesi arasında yoğunlaştırılarak, yüzey kırığının konumunun ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda, yüzey kırığının haritalanması, kırıkların konumlarının tespiti ve gelişen atımların ölçülmesi gerçekleştirilmiş, böylece depremi oluşturan fay zonunun karakteri detaylı olarak analiz edilmiştir. Elde edilen tüm veriler, ArcGIS 10.2 Pro yazılımı kullanılarak sayısallaştırılmış ve 1/25.000 ölçekli topografya haritası üzerine işlenmiştir. Haritalama sırasında yalnızca yüzey kırığına odaklanılmış, yanal yayılma ve sismo-gravitasyonel yapılar gibi yan unsurlar değerlendirme dışında bırakılmıştır.

Deprem oluşumunu etkileyen temel parametrelerden biri de sismik olarak aktif bölgelerdeki tektonik gerilme olduğu için (Hardebeck & Okada, 2018) deprem odak çözüm mekanizma verilerine uygulanan ters çözüm yöntemine dayalı kinematik analiz çalışmaları önem taşımaktadır. Sismolojik incelemelerde, 1900-2025 yılları arasındaki aletsel dönem deprem aktiviteleri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD, 2025) kataloglarından derlenmiştir. Çalışma alanında moment büyüklüğü 4 ve üzeri depremlere ait ters çözümler incelenmiş ve bu depremlerin mekanizma çözümleri, Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) içindeki deformasyon mekanizmaları ile karşılaştırılmıştır. Bu yöntem, deprem sonrası oluşan sismik aktivitenin bölgesel fay karakteristikleriyle ilişkisini anlamaya yönelik önemli bir veri kaynağı oluşturmıştır. Artçı depremlerin odak çözüm mekanizmalarına dayalı kinematik analiz çalışmaları WinTENSOR 5.9.2 yazılımı

Rotasyonel Optimizasyon F5 modülü ile gerçekleştirilmiştir (Delvaux & Sperner, 2003). Yöntem ile ilgili ayrıntılı bilgiye önceki çalışmalardan (Akgün & İnceöz, 2021; Akgün, 2024; Akgün vd., 2025 a, b) ulaşılabilir.

3. Bölgesel sismotektonik

3.1. Regional seismotectonic

Doğu Akdeniz'in tektoniği Tetis okyanusunun evrimi ve Alpin orojeninin yoğun deformasyonu sonucunda şekillenmiştir. Neotetis'in geç Kretase döneminden itibaren başlayan yitim süreci, Serravaliyen'de okyanusun tamamen tüketilmesi ve kıtasal çarpışma ile sonuçlanmıştır (Şengör vd., 1985). Kıtasal çarpışma Doğu Anadolu'da öncelikle sıkışmalı rejimin etkili olmasına, kıvrım ve bindirme oluşumları ile kabuğun kısılararak kalınlaşmasına neden olmuştur. Kıtasal çarpışma sonrasında Arabistan ve Avrasya levhaları arasında devam eden yakınsama kabuk kalınlaşması ile karşılanamaması sonucunda doğrultu atımlı tektonik rejimin baskın olmasıyla yanal atımlı faylar boyunca Anadolu Bloğu'nun batıya doğru tektonik kaçış hareketinin başlamasına neden olmuştur (Şengör & Yılmaz, 1981; Şengör vd., 1985; Koçyiğit vd., 2001), (Şekil 1a).

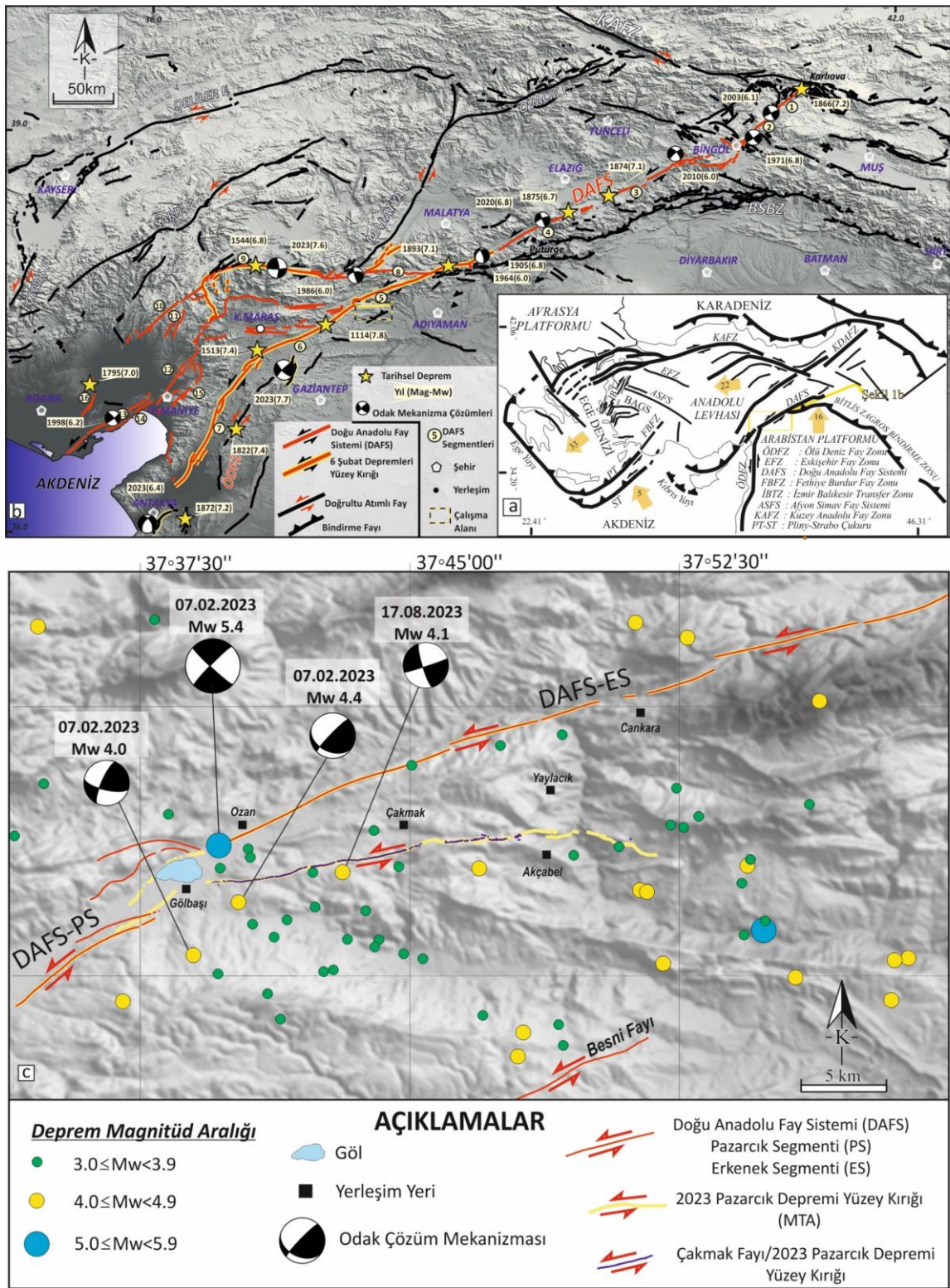
Türkiye'nin en yıkıcı depremlerine kaynaklık eden sağ yanal Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve sol yanal Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) gibi yanal atımlı faylar tarafından deformasyonun büyük kısmı karşılanmaktadır. Doğu Anadolu'da, DAFS'nin baskın karakteri yanı sıra, sıkışmalı yapılar ve eşlenik fay setleri de geniş alanlara yayılan kıtasal deformasyona eşlik etmektedir. Bu yapıların etkileşimi ve birbirini tetikleme mekanizması Doğu Anadolu'da karmaşık bir deformasyon modeli ortaya koymaktadır. Bu karmaşık deformasyon modeli geniş alanlarda etkili olan 2023 Kahramanmaraş depremleri ile daha iyi anlaşılmış olup, DAFS içinde birbirleri ile bağlantılı ve etkileşim içindeki yapısal elemanların tümünün Doğu Anadolu'daki deformasyon sürecinde etkili olduğunu açıkça göstermiştir. Kuzeydoğu ucunda KAFZ ile etkileşimde olan DAFS, güneybatıya doğru Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ), ikincil faylar, kıvrım ve bindirmeler ile birlikte deformasyonu denetlemektedir. Başlangıç noktası için görüş birliği söz konusu iken (Arpat & Şaroğlu, 1972; 1975; Görür vd., 1984; Muehlberger & Gordon, 1987; Şaroğlu vd., 1992; Herece, 2008; Duman & Emre, 2013), güneybatı ucu ve segmentasyonu hakkında farklı görüşler ileri sürülmüştür (Muehlberger & Gordon, 1987; Barka & Kandisky-Cade, 1988; Perinçek & Çemen, 1990; Şaroğlu vd., 1992; Herece, 2008; Duman & Emre, 2013). Duman ve Emre (2013) tarafından kuzey ve güney olmak üzere iki kol şeklinde tanımlanan DAFS'nin güney kolu ana deformasyon zonu olarak yedi segmente bölünmüştür. Fayın doğrultusundaki değişimlere, sıçrama ve büküm yapılarına göre tanımlanan segmentler kuzeydoğudan güneybatıya doğru Karlıova, Ilıca, Palu, Pütürge, Erkenek, Pazarcık ve Amanos segmentleri olarak adlandırılmıştır (Şekil 1b). Erkenek segmentinin başladığı Çelikhane yerleşim yerinden yaklaşık D-B doğrultusunda ana deformasyon zonundan ayrılan ve yay çizerek 380 km uzunluğunda İskenderun Körfezi'ne kadar devam eden kuzey kol ise Sürgü-Misis Fay Sistemi olarak tanımlanmıştır (Duman & Emre, 2013).

Yaşı hakkında da farklı görüşlerin ileri sürüldüğü DAFS için bir grup araştırmacı Geç Miyosen-Erken Pliyosen dönemlerini önerirken (Arpat & Şaroğlu, 1972; Şengör vd., 1985; Yılmaz vd., 1987; Perinçek & Çemen, 1990) DAFS boyunca Pliyosen havzaları içerisindeki çökellerde gözlemlenen D-B doğrultulu kıvrım oluşumlarını baz alan araştırmacılar (Herece, 2008; Duman & Emre, 2013) ise fayın başlangıç yaşını Geç Pliyosen dönemine kadar çıkarmaktadır. DAFS boyunca önemli dere ötelenmeleri yanı sıra litolojik birim sınırlarında da ötelenme bulunmaktadır. Fayın güneybatı kısmına doğru artan 13-26 km arasında ölçülen sol yanal atım değerlerine göre, fay sistemi boyunca ortalama 8.3 mm/yıl jeolojik kayma oranı önerilmiştir (Herece, 2008). DAFS boyunca uzun dönem kayma hızları 4-13.5 mm/yıl arasında değişirken (Arpat & Şaroğlu, 1972; Koçyiğit vd., 2001; Çetin vd., 2003; Herece, 2008), GPS tabanlı çalışmalar (McClusky vd., 2000; Westaway, 2003; Reilinger vd., 2006; Aktuğ vd., 2016) 15 mm/yıl varan kısa dönem kayma hızları ortaya koymaktadır.

3.1. Deprem aktivitesi

3.1.1. Seismic activity

DAFS boyunca tarihsel dönemde çok sayıda yıkıcı deprem serisinin geliştiği, birçok ülkenin kayıtlarından derlenmiştir. Oluşturulan tarihsel deprem katalogları DAFS boyunca 1114-1893 tarih aralığında çok sayıda yüzey kırığı geliştirmiş yıkıcı depremlerin olduğunu ortaya koymaktadır (Ambraseys, 1989; Ambraseys & Finkel, 1995; Ambraseys & Jackson, 1998). DAFS boyunca tarihsel dönemde son kaydedilen 1893 depremi toplam 26-22.5 km jeolojik atım önerilen (Herece, 2008) Erkenek segmentinin doğu ucunda meydana gelmiştir (Ambraseys, 1989). Bu tarihsel kayıtlara göre DAFS boyunca Palu ve Pazarcık segmentleri sismik boşluk olarak tanımlanmıştır (Nalbant, 2002).



► **Figure 1.** a) Regional active tectonic map illustrating structures in Turkey and its neighboring regions (modified from Güner et al., 2004; Uzel et al., 2015). Yellow arrows represent the movement directions, with numbers inside the arrows indicating the relative tectonic plate motions in mm/year (Reilinger et al., 2006). b) Seismotectonic map of the East Anatolian Fault Zone (EAFZ) in Turkey and adjacent regions (Ambraseys, 1989; Ambraseys & Finkel, 1995; Duman & Emre, 2013). Numbers in circles on the map denote the EAFZ segments: 1- Karlıova, 2- Ilica, 3- Palu, 4- Pütürge, 5- Erkenek, 6- Pazarcık, 7- Amanos, 8- Sürgü, 9- Çardak, 10- Savrun, 11- Çokak, 12- Topkale, 13- Karataş, 14- Yumurtalık, 15- Düziçi-İskenderun, 16- Misis. c) Distribution of $M_w \geq 3.0$ earthquakes on the seismotectonic map and focal mechanism solutions along the Pazarcık and Erkenek segments within the EAFS, along with the surface rupture resulting from the 2023 Kahramanmaraş earthquakes (AFAD, 2025).

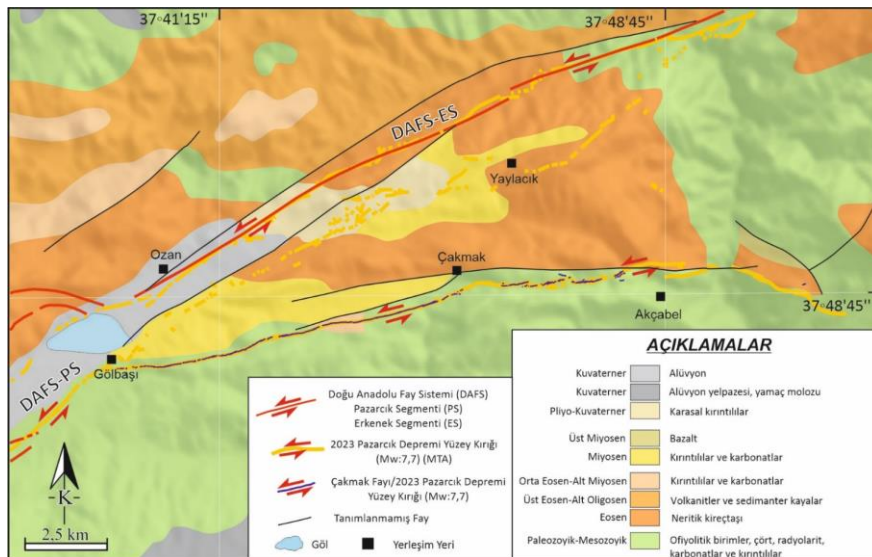
19 ile 25 km jeolojik atımların önerildiği (Westaway vd., 2006; Herece, 2008) Pazarcık segmentinde gerçekleştirilen paleosismolojik çalışmalarda bu segmentteki yüzey kırılmalarının 1114 ve 1513 depremleri ile ilişkilendirilerek, segment için 9 mm/yıl Holosen kayma hızı hesaplanmıştır (Meghraoui vd., 2006). Tarihsel kayıtlarına göre DAFS'nin ana kolundaki Pazarcık segmenti ve kuzey kolunda Çardak segmenti üzerindeki son yüzey kırığı geliştirmiş yıkıcı depremler sırasıyla 1513 ve 1544 yıllarında yaklaşık 30 yıl arayla meydana gelmiştir (Ambraseys, 1989). Narlı fayında başlayan sismik aktivite, sismik boşluk olarak tanımlanan Pazarcık segmentini tetikleyerek 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş deprem çifti ile DAFS boyunca bu sismik döngünün tekrarlanmasına neden olmuştur.

DAFS'nin deformasyon zonu içerisinde ikincil öneme sahip ana faya paralel-yarı paralel ya da dik durumdaki fayların deformasyon süreci ve deprem döngüsündeki önemi 2023 deprem çifti ile anlaşılmıştır. Bu depremler sonrasında ikincil yapıların tetikleme mekanizması ve yeniden aktive olması deformasyon sürecindeki önemini göstermektedir. Çalışma alanı Erkenek ve Pazarcık segmentlerinin kesişim yerinden yaklaşık D-B doğrultusunda Tut (Adıyaman) yerleşim yerine doğru ilerleyen 2023 Pazarcık depremi sonrasında yüzey kırığı geliştirmiş kısmı kapsamaktadır. DAFS'nin Pazarcık segmentinden ayrılan bu kol yaklaşık D-B doğrultusu ile deformasyon zonundaki sıkışmalı yapıları temsil edilmektedir. Özellikle bu çalışmada Çakmak fayı olarak adlandırılan bu hat üzerinde deprem çifti sonrasında gelişmiş artçı şokların odak çözüm mekanizmaları ters bileşenin baskın olduğu bir doğrultu atımlı tektonik rejimi göstermektedir. $M_w \geq 4.0$ iki depremin odak çözümlerinde kayma verileri, rake açılarının pozitif ve 30° üzerinde olduğunu ve buna bağlı olarak bu fay boyunca önemli miktarda ters bileşenin olduğunu göstermektedir (Şekil 1c).

4. Bulgular

4. Results

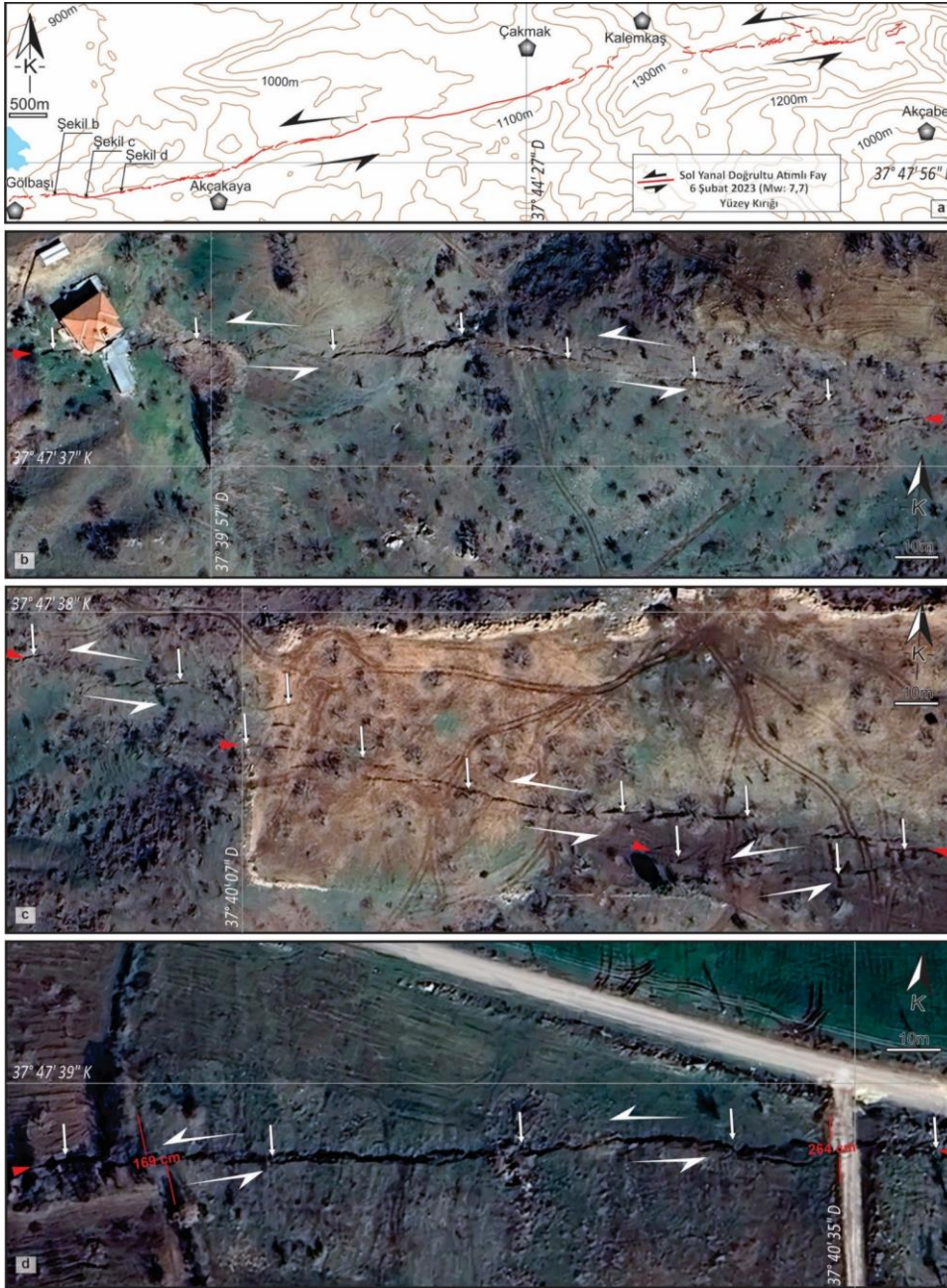
1/25000 ölçekli topoğrafya haritalarında, 6 Şubat 2023 Pazarcık depremine bağlı olarak Gölbaşı doğusundan Tut batısına kadar yaklaşık 15 km uzunluğunda yüzey kırığı haritalanmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3a). Bu yüzey kırığı, Karabacak vd. (2023) çalışmasında belirtilen KD-GB doğrultusunda uzanan ve toplamda 400 km uzunluğa sahip Amanos, Pazarcık ve Erkenek segmentlerinin kırılmasıyla oluşmuş ana kırığın ikincil bir koludur.



Şekil 2. Çalışma alanı boyunca yüzeylemiş jeolojik birimlerin diri fay ve Pazarcık Depremi yüzey kırığı boyunca değişimlerini gösteren jeoloji haritası (Akbaş vd., 2011'den değiştirilerek).

Figure 2. Geological map illustrating the changes in the geological units exposed along the active fault and the surface rupture of the Pazarcık Earthquake throughout the study area (Modified from Akbaş et al., 2011).

Çalışma, Gölbaşı çevresinde doğuya doğru çatallanarak ilerleyen ve DKD doğrultusunda yeni bir fay olarak tanımlanan Çakmak fayı üzerinde yoğunlaşmıştır. Daha önce jeolojik çalışmalarda tanımlanmayan bu fay, ilk kez bu çalışmada isimlendirilmiştir. Bunun yanında zon üzerinde meydana gelen aletsel dönem depremlerinin detaylı analizleriyle gerilme durumları hesaplanmıştır.



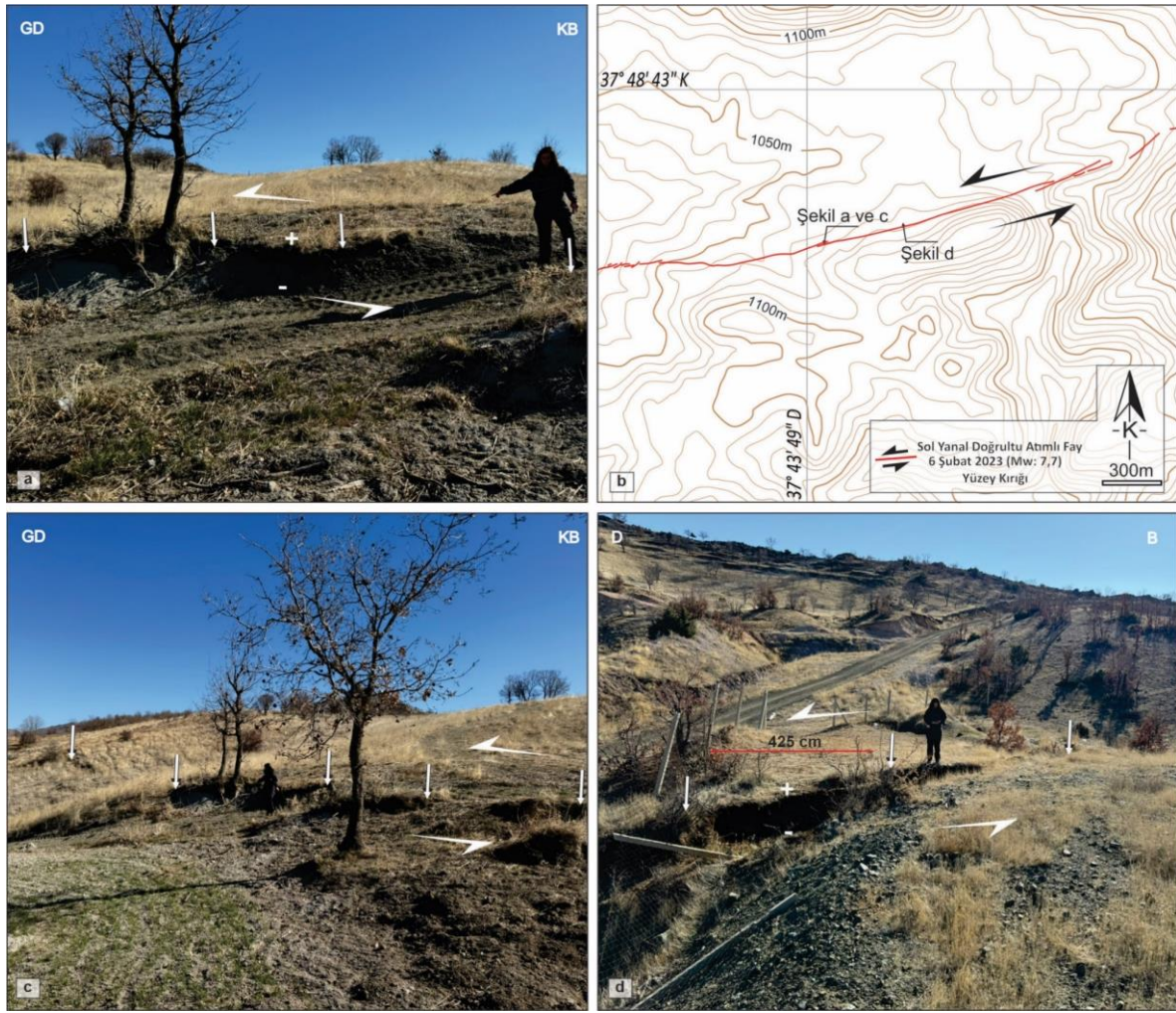
Şekil 3. Gölbaşı–Akçabel yerleşim yerleri arasında gelişmiş yüzey kırığının topoğrafik harita üzerinde gösterimi (a), Gölbaşı ve Akçakaya arasında gelişmiş yüzey kırığının geometrisi (b&c), sol yanal atımların (d) uydu görüntüsü üzerinde gösterimi. Kırmızı oklar yüzey kırığının başlangıç ve bitiş noktalarını göstermektedir.

Figure 3. Representation of the surface rupture between the Gölbaşı and Akçabel settlements on the topographic map (a), the geometry of the surface rupture between Gölbaşı and Akçakaya (b & c), and the left-lateral displacements (d) on the satellite image. The red arrows mark the initiation and termination points of the surface rupture.

4.1. Çakmak fayı

4.1. Çakmak fault

Sol yanal doğrultulu atımlı bir fay karakteri sunan Çakmak fayı, deformasyon mekanizması ile uyumlu olarak genişlemeli ve sıkışmalı büküm yapıları içermektedir. Fayın yüzey kırığı, Gölbaşı yakınlarında alüvyon birimlerde zemin özelliklerine bağlı olarak genellikle yanal yayılma şeklinde izlenmiştir. Ancak bazı alanlarda yüzey kırığı gözlemlenememiştir. Gölbaşı'nın kuzeydoğusuna doğru ilerledikçe, fay boyunca deformasyonun daha belirgin hale geldiği ve Miyosen ile daha yaşlı kırıntılı ve karbonat baskın temel birimlerde sol yanal yer değiştirme miktarının arttığı tespit edilmiştir (Şekil 3). Maksimum yer değiştirme, Çakmak köyü yakınlarında 4,25 metreye ulaşmıştır (Şekil 4b&d). Ayrıca bu alan fay boyunca 1 metreye varan maksimum düşey atımın da ölçüldüğü kısımdır (Şekil 5a&b&c).

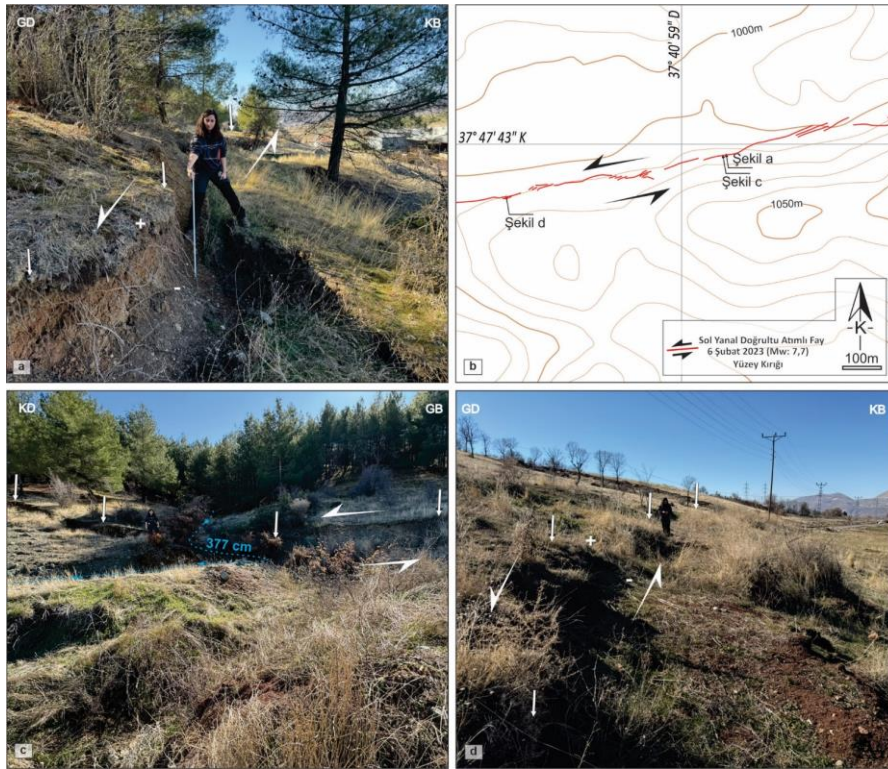


Şekil 4. Çakmak yerleşim yeri yakınlarında yüzey kırığı boyunca gelişmiş düşey atımın arazi görünümü (a), yüzey kırığının topoğrafik harita üzerinde gösterimi (b), yüzey kırığının arazide oluşturduğu sarpılık ve düşey atım (c), Çakmak beldesi yakınlarında tel çitlerde ölçülen maksimum sol yanall atımın arazi görünümü (d).

Figure 4. Field view of the vertical slip along the surface rupture near Çakmak settlement (a), representation of the surface rupture on the topographic map (b), the steepness and vertical slip generated by the surface rupture in the field (c), field view of the maximum left-lateral slip measured on the fences near Çakmak town (d).

Gölbaşı ile Akçakaya arasında fayın sol yanall yer değıştirmesi, yol ve dere atımları ölçümlerine dayanarak 165 cm ile 377 cm arasında değışmiştir (Şekil 5 ve Şekil 6). Düşey yer değıştirme ise 55 cm ile 102 cm arasında değışen değerler göstermiştir. Çakmak ile Kalemkaş köyleri arasında net şekilde izlenebilen yüzey kırığı, Kalemkaş köyü güneyinde belirsizleşmiş; ancak 500 metre ileride, Akçabel köyü kuzeyinden Yaylacık köyü güneyine kadar ara aşmalı bir geometri ile devam ederek sönümlenmiştir.

Doğu-Batı ve K80D doğrultuları arasında değışen yönelimlere sahip yaklaşık 15 km uzunluğundaki Çakmak fayı, 6 Şubat 2023 depreminde kırılan yüzey kırığından Gölbaşı yakınlarında çatallanmıştır. DAFS (Doğu Anadolu Fay Sistemi) içinde yer alan ve sıkışma ile genişleme yapıları barındıran sol yanall doğrultu atımlı fay, uydu görüntülerinde daha uzun olarak gösterilse de arazi çalışmalarında yüzey kırığı ve deformasyon izleri Yaylacık köyünden daha doğuda tespit edilememiştir. Bu çalışmada ilk kez tanımlanan Çakmak fayı, 6 Şubat 2023 depreminde oluşan yüzey kırığının önemli bir segmenti olarak deprem mekanizmasını anlamada kritik öneme sahiptir.



Şekil 5. Akçakaya yerleşim yeri yakınlarında yüzey kırığı boyunca gelişmiş düşey atımın arazi görünümü (a), yüzey kırığının topoğrafik harita üzerinde gösterimi (b), Akçakaya beldesi yakınlarında dere yatağında ölçülen yanal atımın arazi görünümü (c), yüzey kırığının arazide oluşturduğu sarplık ve düşey atım (d).

Figure 5. Field view of the vertical slip along the surface rupture near Akçakaya settlement (a), representation of the surface rupture on the topographic map (b), field view of the lateral slip measured in the stream bed near Akçakaya town (c), and the steepness and vertical slip generated by the surface rupture in the field (d).



Şekil 6. Akçakaya yerleşim yeri yakınlarında gelişmiş yüzey kırığının uydu görüntüsü üzerinde gösterimi (a), Akçakaya beldesi yakınlarında stabilize yolda ölçülen yanal atımın arazi görünümü (b), yüzey kırığının topoğrafik harita üzerinde gösterimi (c), yüzey kırığının arazide oluşturduğu sarplık ve düşey atımın arazi görünümleri (d&e). Kırmızı oklar yüzey kırığının başlangıç ve bitiş noktalarını göstermektedir.

Figure 6. Representation of the surface rupture near Akçakaya settlement on the satellite image (a), field view of the lateral slip measured on the stabilized road near Akçakaya town (b), field view of the surface rupture on the topographic map (c), and field views of the steepness and vertical slip generated by the surface rupture in the field (d & e). The red arrows mark the initiation and termination points of the surface rupture.

4.2. Çakmak fayı boyunca gerilme analizi

4.2. Stress inversion analysis along the Çakmak fault

Adıyaman iline bağlı Gölbaşı ve Tut yerleşim yerleri arasında Kahramanmaraş deprem çiftinden sonra meydana gelmiş $M_w \geq 4.0$ dört adet depremin odak çözüm mekanizmalarına (Tablo 1) dayalı kinematik analizi sonucunda hesaplanan asal gerilme eksenleri ile ortalık gerilme σ_2 'nin düşey konumda, σ_1 (maksimum) ve σ_3 (minimum)'ün yatay ekseninde bulunduğu doğrultu atımlı gerilme tensörü analiz edilmiştir. Asal gerilme eksenlerinden hesaplanan 0,81 değerindeki R gerilme oranı ve bu değere bağlı hesaplanan 1,19 değerindeki R' gerilme indeksi bu alanda transtansiyonel tektonik rejimin baskın olduğunu göstermektedir (Şekil 7). BKB-DGD doğrultulu genişleme yönünün baskın olduğu ve KKD-GGB doğrultulu (S_{Hmax} : $20^\circ \pm 9,5^\circ$) sıkışma yönünün eşlik etmesiyle etkili olan transtansiyonel tektonik rejim Pazarcık ve Erkenek segmentlerini birbirinden ayıran fayın sol yönlü sıçramasına bağlı gelişmiş genişlemeli davranışı ile ilişkilidir. Fay sistemi bu alanda baskın sol yanal doğrultu atım karakteri yanı sıra önemli miktarda normal bileşen hareketi sergilemektedir.

Tablo 1. 2023 Kahramanmaraş depremleri sonrasında çalışma alanında meydana gelen $M_w \geq 4.0$ depremlerin ve odak çözüm mekanizmalarının verileri (AFAD, 2025).

Table 1. Data of $M_w \geq 4.0$ earthquakes and focal mechanism solutions occurring in the study area following the 2023 Kahramanmaraş earthquakes (AFAD, 2025).

No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyükölç	Doğrultu 1	Eğim 1	Rake 1	Doğrultu 2	Eğim 1	Rake 2
1	07.02.2023	37.773	37.667	5.11	4.0 (Mw)	204	70	30	103	62	137
2	07.02.2023	37.808	37.655	8.44	5.4 (Mw)	224	83	-173	133	83	-7
3	07.02.2023	37.791	37.677	9.71	4.4 (Mw)	115	25	159	225	81	67
4	17.08.2023	37.798	37.716	5.43	4.1 (Mw)	72	86	-14	163	76	-176

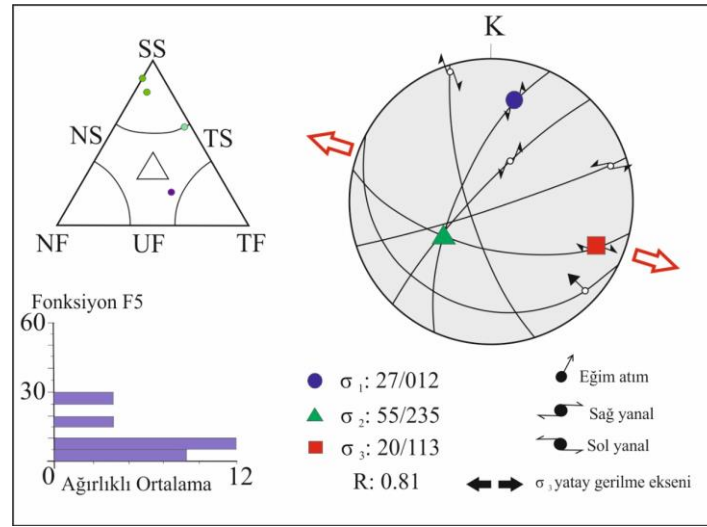
5. Tartışma

5. Discussion

Yüzey kırıkları üzerinde gerçekleştirilen yer bilimsel çalışmalar deprem tehlikesini azaltmaya yönelik önemli çıktılar içermektedir. Bunların başında ise yeni oluşan ya da ikincil kırıkların yeniden harekete geçerek diri hale gelen fayların deformasyon mekanizmasının ortaya çıkarılması ve akabinde üzerlerinde yer alan yerleşim yerlerinin deprem tehlikelerinin en az indirilmesinde önemli katkıları bulunmaktadır.

Bu kapsamda, Amanos Segmenti, Pazarcık Segmenti ve Erkenek Segmentinin tek seferde kırılmasına yol açan 6 Şubat 2023 deprem çiftlerinden ilki olan M_w :7,7 depremi bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Karabacak vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, söz konusu yüzey kırığı yaklaşık 400 km uzunluğunda ve KD-GB uzanımında Hatay Kırıkhan'dan Adıyaman Çelikhan ilçesine kadar izlenebildiği ve yüzey kırığı boyunca maksimum sol yanal yer değiştirme miktarının 7,3 m olarak Kahramanmaraş Nacar yakınlarında ölçüldüğü belirtilmiştir. Kırıkhan yakınlarında 3,3 metreden başlayan sol yanal atımlar en büyük değerini Nacar yakınlarında almakta ve yine aynı atım miktarı ile Gölbaşı yakınlarında Pazarcık segmenti üzerinde sonlanmaktadır. Araştırmacıların çalışmalarında derlenen değerler ışığında Pazarcık segmenti özelinde ortalama sol yanal değiştirmenin 414 cm olduğunu ve standart sapmasının ise 140 cm olduğunu göstermektedir.

Çakmak fayı üzerinde saptanan sol yanal yer değiştirme değerleri ise, Akçakaya yakınlarında 152 cm ile başlayıp, Çakmak köyü yakınlarında 425 cm ile en yüksek değerini almakta ve Yaylacık köyü güneyine doğru 103 cm'e doğru azalarak doğruya doğru sönümlenmektedir (Tablo 2). Elde edilen verilere göre, Çakmak fayı boyunca ortalama yer değiştirme miktarı 201 cm ve standart sapma değeri ise 97 cm olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda, Çakmak fayı olarak adlandırılan yüzey kırığının deformasyon mekanizması, sol yanal atım değerleri, ikincil kırık olarak yer alması ve diri fay konumunda önceden bilinmemesi, Türkiye diri fay haritasında jeomorfolojik segmentlere göre ayrılan DAFS Pazarcık segmentinin KD devamı olabileceğini görüşünü desteklemektedir.



Şekil 7. Pazarcık Depremi Çakmak fayı boyunca gelişmiş depremlerin odak çözüm mekanizma verilerine dayalı gerçekleştirilen gerilme analizi sonuçları. SS: Doğrultu atımlı faylanma, NS: Normal bileşenli doğrultu atımlı faylanma, TS: Ters bileşenli doğrultu atımlı faylanma, NF: Normal faylanma, TF: Ters faylanma, UF: Oblik faylanma.

Figure 7. Stress analysis results of the Pazarcık Earthquake based on the focal mechanism data of earthquakes along the Çakmak fault. SS: Strike-slip faulting, NS: Strike-slip faulting with normal component, TS: Strike-slip faulting with reverse component, NF: Normal faulting, TF: Reverse faulting, UF: Oblique faulting.

Her ne kadar segment devamlılığı için kayma hızı, deprem tekrarlanma aralığı, ürettiği son depremden bu yana geçtiği süre gibi fayın kimlik verileri bilinmesi gerekse de 6 Şubat Pazarcık Depremi yüzey kırığına bağlı gelişmesi DAFS'nin deformasyon mekanizmasının içinde kaldığını göstermektedir. Sismolojik veriler doğrultusunda, Wells ve Coppersmith (1994) tarafından geliştirilen ampirik bağıntı kullanılarak fay uzunluğu, fay türü, üretebileceği maksimum moment büyüklüğü ile yüzey kırığı uzunluğu arasındaki ilişki değerlendirildiğinde; bu çalışma kapsamında haritalanan ve yaklaşık 15 km uzunluğunda olan yüzey kırığının, tek başına moment büyüklüğü Mw 6.38 olan bir deprem üretme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. 2023 Pazarcık depremi sonrasında Çakmak fayı yüzey kırığı boyunca ölçülen yanal ve düşey yer değiştirme ölçümleri.

Table 2. Lateral and vertical displacement measurements along the Çakmak fault surface rupture following the 2023 Pazarcık earthquake

Deformasyon					
No	Koordinat	Sol Yanal	Düşey	Ötelenen Yapı	Refererans
1	37° 47' 35" K- 37° 39' 39" D	152±20	80±5	Asfalt Yol	Arazi
2	37° 47' 38" K- 37° 40' 01" D	269±20	-	Toprak Yol	Ortofoto
3	37° 47' 36" K- 37° 40' 14" D	171±20	-	Toprak Yol	Ortofoto
4	37° 47' 37" K- 37° 40' 14" D	151±20	-	Toprak Yol	Ortofoto
5	37° 47' 37" K- 37° 40' 13" D	124±20	-	Toprak Yol	Ortofoto
6	37° 47' 36" K- 37° 40' 14" D	131±20	-	Toprak Yol	Ortofoto
7	37° 47' 36" K- 37° 40' 16" D	198±20	-	Arazi sınırı+Ağaç sırası	Ortofoto
8	37° 47' 39" K- 37° 40' 29" D	169±20	-	Arazi sınırı+Ağaç sırası	Ortofoto
9	37° 47' 39" K- 37° 40' 35" D	264±20	-	Asfalt Yol	Ortofoto
10	37° 47' 43" K- 37° 40' 58" D	377±20	102±5	Dere yatağı	Arazi
11	37° 48' 20" K- 37° 44' 11" D	425±20	-	Tel çit	Arazi
12	37° 48' 44" K- 37° 45' 53" D	170±20	-	Asfalt Yol	Arazi

Özellikle Pazarcık segmenti üzerinde gerçekleştirilen palaeosismolojik çalışmalara bakıldığında (Yönlü 2012; Yönlü & Karabacak, 2024), Balkar, Büyüknacar ve Tevekkeli beldeleri yakınılarında gerçekleştirilen hendek kazılarında segmentin daha önce en az 5 deprem olayına kaynaklık ettiği ve tarihsel deprem kataloglarıyla

deneştirilebilen depremlerin 1114 ve 1513 yıllarına ait olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte Tevekkeli yakınlarında Pazarcık segmentine koşut hendek açarak segmentin ötelediği dere yatağının atımı ve jeokronolojik verilerden yola çıkarak, segment için yılda 5,6 mm jeolojik kayma oranı önerilmiştir. Aynı segment üzerinde Softa (2024) çalışması ile 2023 depremleri yüzey kırığı üzerinde Gölbaşı yakınlarında fay konumlandırma hendekleri açarak yüzey kırığının deformasyon mekanizmasını ortaya koymuştur. Ayrıca araştırmacı önceki çalışmaların yaş verilerini (Yönlü, 2012; Yönlü & Karabacak, 2024), istatistiki açıdan Bayesian yöntemine göre değerlendirdiğinde deprem tekrarlanma aralığının en az 640 yıl olduğunu ileri sürmüştür. Bu verilerden yola çıkarak 2023 yılında son depremini üreten segmentin, deprem tekrarlanma aralığı ve kayma hızı verileri de dikkate alındığında Pazarcık segmentinin önümüzdeki yakın gelecekte deprem üretmesi beklenmemektedir. Buna karşın paleosismolojik verilerin Pazarcık segmentinin devamı olarak yorumlanan Çakmak fayını kapsamaması, Pazarcık segmentinin deprem tekrarlanma aralığı ve kayma hızının birden fazla tarihlendirme tekniğini de içine alan detay analizlere ortaya konulması için, segmentin üzerine homojen dağılım gerektiren hendek tabanlı paleosismolojik çalışmaların yanı sıra Gölbaşı Gölü, İnekli Gölü ve Azaplı Göllerinde gerçekleştirilecek göl tabanı karot tabanlı paleosismolojik çalışmalara da gereksinim duyulduğunu göstermektedir. Bunun yanında Çakmak Fayı KB'sinde yer alan Akçakaya Tepe kuzeyinde yer alan Erkenek segmenti üzerinde açılan paleosismolojik hendek kazılarında (Yüksel, 2009), bir adet eski faylanma olayı tespit edilmiş ve bu durum saptanan olayın 8470±45 yılından evvel ve 14997±55 yılında sonra ilk olayın oluştuğunu önermiştir. Bunun yanında Palu segmentinin ise Çetin vd. (2003) tarafından 5 adet eski yüzey faylanması üretmiş olduğunu yılda 11 mm kayma hızına sahip olduğunu aynı zamanda son ürettiği depremden günümüze 150 yıl geçtiğini ortaya koymuştur.

Ayrıca, kinematik analiz çalışmaları da DAFS üzerindeki deformasyon mekanizmalarının anlaşılmasında oldukça önemlidir (örneğin, Yılmaz vd., 2006; Akgün & İnceöz 2021, Akgün vd., 2025 a, b). Bu çalışma kapsamında 2023 Kahramanmaraş deprem çifti sonrasında Çakmak fayı ve çevresinde meydana gelen artçı şokların odak çözüm mekanizma verilerine uygulanan kinematik analiz sonucunda, baskın BKB-DGD doğrultulu genişleme yönü ile çalışma alanının transtansiyonel tektonik rejim etkisinde deformasyona uğradığı analiz edilmiştir. Buna ek olarak Yılmaz vd. (2006) çalışmasında, Gölbaşı mevkiinde Eosen yaşlı kireçtaşlarından ölçülen fay kayma verilerinin analizi sonucu deformasyonun gerilme yönleri ve 0.45 değerinden düşük R gerilme oranına bağlı elde edilen transtansiyonel tektonik rejim indeksi önerisi de bu çalışmada elde edilen deprem odak çözüm verilerine dayalı gerilme analiz sonuçları ile uyumludur.

Akgün vd., (2025a) çalışmasında, Erkenek segmentinde ise 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 geliştiğini ileri sürmüştür. Aynı zamanda, 6 Şubat 2023 yüzey kırıkları üzerinde yapılan çalışmalar, bu deformasyonların sadece genç birimler üzerinde değil, Paleozoyik yaşlı kayalar üzerinde de izler bıraktığını göstermektedir (Aksoy vd., 2023; Softa vd., 2024). Bu durum, özellikle yaşlı kayalar üzerinde yüzey kırıklarına bağlı olarak gelişmiş kayma verilerinin kinematik analizlerinde, verilerin dikkatle seçilmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda, yüzey faylanması ölçütleri dikkate alınarak, eski kayma verilerinin yeni kayma verilerinden sistematik bir şekilde ayrıştırılması kritik öneme sahiptir.

6. Sonuçlar

6. Conclusions

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 Pazarcık Depremi (Mw: 7,7) ile oluşan yaklaşık D-B doğrultulu yüzey kırığı, Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinin güneyi ve doğusunda net bir şekilde izlenmiştir. Çalışmada, Pazarcık Segmentinin kuzeydoğu devamı olarak değerlendirilen ve yaklaşık 15 km uzunlukta haritalanan Çakmak Fayının detaylı özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, zon üzerindeki aletsel dönem depremleri kullanılarak stres analizleri gerçekleştirilmiş ve fayın gerilme durumları detaylandırılmıştır. Elde edilen verilere göre, Pazarcık segmentinden devam eden yüzey kırığının Çakmak Fayını izlediği ve fay boyunca ölçülen maksimum sol yanal yer değiştirmenin 425 cm, düşey atımın ise 102 cm olduğu belirlenmiştir. Aletsel deprem verileriyle yapılan stres analizleri, asal gerilme eksenlerinin sırasıyla 012°/27°, 235°/55° ve 113°/20° yönelimlerinde olduğunu ve fayın transtansiyonel tektonik rejim etkisinde çalıştığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, Çakmak fayının Pazarcık Segmenti'nin önemli bir devamı olduğunu desteklerken, fayın deformasyon mekanizmasının bölgedeki tektonik rejimle uyumlu olduğunu göstermektedir. Çalışma, bu tür fayların detaylı analizinin depreme bağlı tehlikelerin daha iyi anlaşılması ve azaltılmasına yönelik önemli katkılar sağladığını vurgulamaktadır.

Teşekkür*Acknowledgement*

Yazarlar, çalışmanın kalitesini ve seviyesini artırmaya yönelik katkı ve yorumları için Prof. Dr. Fikret Koçbulut'a teşekkürlerini sunar. Bununla birlikte, çalışmayı değerlendiren hakemlere ve editöryal süreçlerdeki destekleri için baş editör Doç. Dr. Mehmet Ali Gücer ve alan editörü Dr. Serdar Keskin'e teşekkür eder.

Yazar katkısı*Author contribution*

Yazarlar çalışmanın tasarlanması, arazi çalışmaları, büro çalışmaları, verilerin sentezlenmesi, görsellerin ve tabloların oluşturulmasında ve son olarak makalenin yazımı ve düzeltmelerinde eşit katkıya sahiptir.

Etik beyanı*Declaration of ethical code*

Bu makalenin yazarları, bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve / veya yasal-özel izin gerektirmediğini beyan etmektedir.

Çıkar çatışması beyanı*Conflicts of interest*

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar*References*

- AFAD, (2025). Presidency of Disaster and Emergency Management, Ankara. Earthquake catalogue, <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog> [accessed 2025/02/28].
- Akbaş, B., Akdeniz, N., et al. (2011). *1:1.250.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası*. Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara-Türkiye. <http://yerbilimleri.mta.gov.tr/>.
- Akgün, E. (2024). Kinematic and morphometric evidence for recent reactivation of the Kale-Yeşilyurt fault zone within the East Anatolian Fault System. *Journal of Mountain Science*, 21(12):4149-4176.
- Akgün, E., & İnceöz, M. (2021). Tectonic evaluation of the central part of the East Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 30(7), 928-947.
- Akgün, E., Softa, M., Çolak Erol, S., Aksoy, E., Gürgöze, S., Koçbulut, F., Sözbilir, H., & Tatar, O. (2025a). 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). *Geological Bulletin of Turkey*, 68(4):1-40.
- Akgün, E., Topal, S., Softa, M., Nas, M., Gürgöze, S., Sözbilir, H., Aksoy, E., Spencer, J.Q.G., & Yüksel, M. (2025b). Evidence for an aseismic gap between the Mw6.8 Pütürge (Elazığ) and 7.8 Pazarcık (Kahramanmaraş) earthquakes in the east Anatolian fault system, southeast Türkiye. *Journal of Structural Geology*, 190(2025):105293.
- 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-Gölbashi (Adıyaman) arasından gözlemler. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 5(1), 85-104.
- Aktuğ, B., Özener, H., Doğru, A., Sabuncu, A., Turgut, B., Halıcıoğlu, K., Yılmaz, O., & Havazlı, 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.
- Ambraseys, N.N. (1989). Temporary seismic, quiescence: SE Turkey. *Geophysical Journal of International*, 96, 311-331.
- Ambraseys, N.N., & Finkel, C. (1995). *The seismicity of Türkiye earthquake of 19 December 1977 and the seismicity of the adjacent areas 1500-1800*. Eren Yayıncılık ve Kitapçılık, pp 240.

- Ambraseys, N.N., & Jackson, J.A. (1998). Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133, 390.
- Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1972). Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 73, 1-9.
- Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Geological Bulletin of Turkey*, 18(1), 91-101.
- Barka, A.A., & Kadinsky-Cade, K. (1988). Strike-slip fault geometry and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7(3), 663-684.
- Çetin, H., Güneşli, H., & Mayer, L. (2003). Paleosismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, 374, 163-197.
- 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.
- Duman, T.Y., & Emre, Ö. (2013). The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. *Geological Society, London, Special Publications*, 372.
- Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, I., & Şengör, A. M. C. (1984). Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: sedimentary record of a Neo-Tethyan closure. *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 467-482.
- Gürer, A., Bayrak, M., & Gürer, Ö.F. (2004). Magnetotelluric images of the crust and mantle in the southwestern Taurides, Turkey. *Tectonophysics*, 391(1), 109-120.
- Hardebeck, J.L., & Okada, T. (2018). Temporal stress changes caused by earthquakes: a review. *J Geophys Res: Solid Earth*, 123(2), 1350-1365.
- Herece, E. (2008). *Doğu Anadolu Fay (DAF) Atlası*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Special Publication Series 13.
- 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. *Geological Society of London Collection*, 180(3), jgs2023-020.
- Koçbulut, F., Softa, M., Akgün, E., Koşaroğlu, S., & Otlı, N. (2024). 6 Şubat 2023 (Mw:7.6) Ekinözü Depremi Yüzey Kırığının Çığlık Fayı (Malatya-Doğanşehir-Eskiköy) Boyunca Karakteristik Analizi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 6 (2).
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., & Kuloshvili, S. (2001). Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177-195.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R.W., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadaria, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prelepin, M., Reilinger, R.E., Şanlı, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., & Veis, G. (2000). Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Jour. Geophys. Res.*, 105, 5685-5719.
- Meghraoui, M., Gomez, F., Sbeinati, R., Van der woerd, J., Mouty, M., Darkal, A.N., Radvan, Y., Layyous, I., Al Najjar, H., Darawcheh, R., Hijadi, F., Al-Ghazzi, R., & Barazangi, M. (2003). Evidence for 830 years of seismic quiescence from paleoseismology, archaeoseismology and historical seismicity along the Dead Sea fault in Syria. *Earth and Planetary Science Letters*, 210, 35-52.
- Muehlberger, W.R., & Gordon, M.B. (1987). Observation on the complexity of the East Anatolian fault, Turkey. *Jour. Structural Geology*, 9(7), 899-903.
- Nalbant, S.S., McCluskey, J., Steacy, S., & Barka, A. (2002). Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters*, 195, 291-298.

- Parlak, O., Yavuzoğlu, A., Bayrak, A., et al. (2023). Field observations and preliminary evaluations on the 06 February 2023 Ekinözü (Kahramanmaraş) Earthquake (Mw 7.6). *MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi*, 3(3), 81-98.
- Perinçek, D., & Çemen, İ. (1990). The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in Southeastern Turkey. *Tectonophysics*, 172, 331-340.
- Reid, H.F. (1910). *Mechanics of the earthquake, the California Earthquake of April 18, 1906*. Report of the State Investigation Commission, Carnegie Institution of Washington, Washington DC.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., & Karam, G. (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, 111 (B5), Art. B05411, 52.
- Softa, M. (2024). Determining the surface fault-rupture hazard zone for the Pazarcık segment of the East Anatolian fault zone through comprehensive analysis of surface rupture from the February 6, 2023, Earthquake (Mw 7.7). *Journal of Mountain Science*, 21(8), 2646-2663.
- Softa, M., Kocbulut, F., Akgün, E., Aksoy, E., Sözbilir, H., Tatar, O., Karabacak, V., Özkaymak, Ç., Utku, M., Özdağ, Ö.C., Çakır, R., Demir, A., & 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), 1-21.
- 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(3-4), 181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., & Şaroğlu, F. (1985). Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In *Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation*, Soc. Econ. Paleontol. Spec. Publ. Editör: Biddle, K. T., Christie-Blick, N. Oklahoma: *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, pp 227- 264.
- Uzel, B., & Sözbilir, H. (2008). A first record of a strike-slip basin in Western Anatolia and its tectonic implication: the Cumaovası Basin. *Turk J Earth Sci*, 17, 559-59.
- Wells, D.L., & Coppersmith, K.J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the seismological Society of America*, 84(4), 974-1002.
- Westaway, R. (2003). Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated. *Turkish J. Earth Sci.*, 12, 5-46.
- 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*, *Geological Society, London, Special Publications*, 260, 557–590.
- 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.
- Yönlü, Ö. (2012). *The Late Quaternary Activity of Southwestern Part of the East Anatolian Fault Zone in Turkey*. [Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Yönlü, Ö., & Karabacak, V. (2024). Surface rupture history and 18 kyr long slip rate along the Pazarcık segment of the East Anatolian Fault. *Geological Society, London*, 181, 1-11.
- Yüksel, Ö. (2009). *Gölbaşı (Adıyaman) dolayında Doğu Anadolu Fay Sisteminin paleosismisitesi ve zeminlerin değerlendirilmesi* [Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].