



Analysis of Surface Fault-Rupture Characteristics Resulting from the 6 February 2023 (M_w :7.6) Ekinozu Earthquake along the Ciglik Fault (Malatya-Dogansehir-Eskikoy)

Fikret Kocbulut ¹, Mustafa Softa ², Elif Akgun ³, Sinan Kosaroglu ¹ and Nazmi Otlu ¹

¹ Sivas Cumhuriyet University, Engineering Faculty, Department of Geology, 58140 Sivas, Türkiye

² Dokuz Eylul University, Engineering Faculty, Department of Geology, 35390 Izmir, Türkiye

³ Firat University, Engineering Faculty, Department of Geology 23119 Elazig, Türkiye

ORCID: 0000-0003-3578-029X, 0000-0001-5064-9260, 0000-0002-6556-2413, 0000-0003-0274-9317, 0000-0002-8046-8484

Keywords

East Anatolian Fault Zone, Ciglik Fault, Kahramanmaras (Ekinozu) Earthquake, Surface fault-rupture

Highlights

- * Spatial distribution assessment of surface fault-rupture from the Ekinozu Earthquake on the Ciglik Fault
- * Quantification of deformation width
- * Surface fault-rupture mapping and characteristic feature analysis

Aim

Our aim is to determine deformation width and vertical displacements to understand complex features

Location

The study area is on the Ekinozu Earthquake surface rupture along the Ciglik Fault (Malatya-Dogansehir)

Methods

Field survey, surface rupture mapping, trenching studies

Results

The deformation width of the surface rupture ranges from 3.4 meters to 8.3 meters, with vertical displacement observed near the town of Ciglik reaching 75 cm

Supporting Institutions

The author(s) declared that this study has used no support data from other institutions

Financial Disclosure:

This research was partially support with TUBITAK 1002/C project

Peer-review

Externally peer-reviewed

Conflict of Interest:

The authors have no conflicts of interest to declare

Manuscript

Research Article

Received: 11.04.2024

Revised: 15.08.2024

Accepted: 16.08.2024

Printed: 30.12.2024

DOI

10.46464/tdad.1467421



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International Non-Commercial License

Corresponding Author

Fikret Kocbulut

Email: fbulut@cumhuriyet.edu.tr



Figure
Surface fault-rupture of the February 6, 2023 (M_w : 7.6) earthquake mapped between Dogansehir and Eskikoy on the topographic map

How to cite:

Kocbulut F., Softa M., Akgun E., Kosaroglu S., Otlu N., 2024. Analysis of Surface Fault-Rupture Characteristics Resulting from the February 6, 2023 (M_w :7.6) Ekinozu Earthquake along the Ciglik Fault (Malatya-Dogansehir-Eskikoy), Turk Deprem Arastirma Dergisi 6(2), 387-404, <https://doi.org/10.46464/tdad.1467421>.



6 Şubat 2023 (M_w :7.6) Ekinözü Depremi Yüzey Kırığının Çıgık Fayı (Malatya-Doğanşehir-Eskiköy) Boyunca Karakteristik Analizi

Fikret Koçbulut ¹, Mustafa Softa ², Elif Akgün ³, Sinan Koşaroğlu ¹ ve Nazmi Otlu ¹

¹ Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas, Türkiye

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

³ Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 23119 Elazığ, Türkiye

ORCID: 0000-0003-3578-029X, 0000-0001-5064-9260, 0000-0002-6556-2413, 0000-0003-0274-9317, 0000-0002-8046-8484

ÖZET

Bu çalışmada, Doğu Anadolu Fay Zonu üzerinde meydana gelen 6 Şubat 2023 deprem çiftinden Kahramanmaraş/Ekinözü (M_w : 7.6) Depreminin oluşturduğu, Malatya ili Doğanşehir ilçesi ve ilçeye bağlı Eskiköy beldesi arasında net izlenen yüzey kırığı 1/25000 ölçeğinde haritalanarak, kırığın derindeki devamının, deformasyon genişliğinin ve düşey atımının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda, (i) Malatya ili Doğanşehir ilçesi ile Eskiköy beldesi arasında ~11 km haritalanan yüzey kırığının daha önce tanımlanmış Çıgık fayını izlediği, (ii) yüzey kırığının deformasyon genişliğinin 3.4 metre ile 8.3 metre arasında değiştiği ve gözlenen en büyük sol yanal yer değiştirmenin Çıgık beldesi yakınlarında 95 cm ve aynı zamanda düşey atımın 75 cm'e ulaştığı saptanmıştır.

Anahtar kelimeler

Doğu Anadolu Fay Zonu, Çıgık Fayı, Kahramanmaraş (Ekinözü) Depremi, Yüzey kırığı

Öne Çıkanlar

- * Ekinözü Depremi yüzey kırığının Çıgık Fayı üzerindeki dağılımı
- * Deformasyon genişliğinin belirlenmesi
- * Yüzey kırığı haritalama ve karakteristik özelliklerinin belirlenmesi

Makale

Araştırma Makalesi

Geliş: 11.04.2024
Düzeltilme: 15.08.2024
Kabul: 16.08.2024
Basım: 30.12.2024

DOI

10.46464/tdad.1467421

Sorumlu yazar

Fikret Koçbulut
Eposta:
fbulut@cumhuriyet.edu.tr

Analysis of Surface Fault-Rupture Characteristics Resulting from the 6 February 2023 (M_w :7.6) Ekinözü Earthquake along the Ciglik Fault (Malatya-Dogansehir-Eskikoy)

Fikret Kocbulut ¹, Mustafa Softa ², Elif Akgun ³, Sinan Kosaroglu ¹ and Nazmi Otlu ¹

¹ Sivas Cumhuriyet University, Engineering Faculty, Department of Geology, 58140 Sivas, Turkey

² Dokuz Eylul University, Engineering Faculty, Department of Geology, 35390 Izmir, Turkey

³ Fırat University, Engineering Faculty, Department of Geology 23119 Elazig, Turkey

ORCID: 0000-0003-3578-029X, 0000-0001-5064-9260, 0000-0002-6556-2413, 0000-0003-0274-9317, 0000-0002-8046-8484

ABSTRACT

In this study, we analyze the surface rupture caused by the Kahramanmaraş/Ekinözü (M_w : 7.6) Earthquake of February 6, 2023, along the Eastern Anatolian Fault Zone. The rupture, observed between the Doğanşehir district and Eskiköy town in Malatya province, was mapped at a scale of 1/25000. Additionally, we investigate the deep continuation of the rupture and quantify the resulting deformation. Our aim is to determine the width of deformation and vertical displacements, providing insights into its complex features. In surface rupture studies, it was determined that (i) the approximately 11 km mapped surface rupture between Malatya province's Doğanşehir district and Eskiköy town aligns with the previously identified Ciglik fault, (ii) the deformation width of the surface rupture ranges from 3.4 meters to 8.3 meters, with the most significant left-lateral displacement observed near the town of Ciglik reaching 95 cm, concurrently with a vertical displacement of 75 cm.

Keywords

East Anatolian Fault Zone, Ciglik Fault, Kahramanmaraş (Ekinözü) Earthquake, Surface fault-rupture

Highlights

- * Spatial distribution assessment of surface fault-rupture from the Ekinözü Earthquake on the Ciglik Fault
- * Quantification of deformation width
- * Surface fault-rupture mapping and characteristic feature analysis

Manuscript

Research Article

Received: 11.04.2024
Revised: 15.08.2024
Accepted: 16.08.2024
Printed: 30.12.2024

DOI

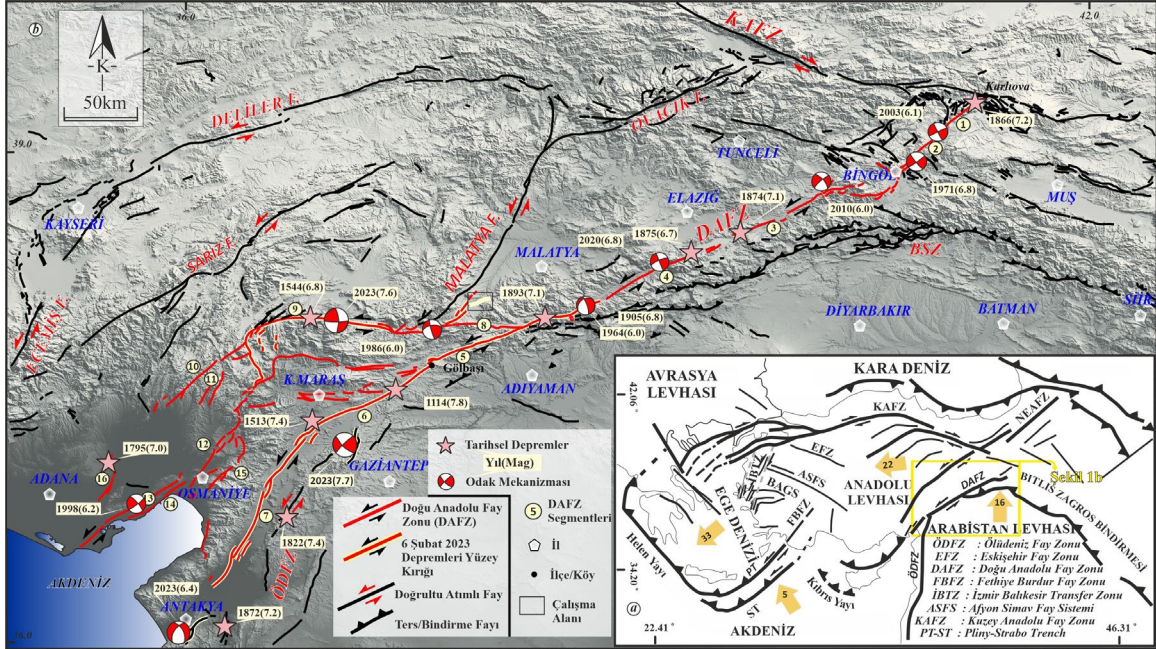
10.46464/tdad.1467421

Corresponding Author

Fikret Kocbulut
Email:
fbulut@cumhuriyet.edu.tr

1. GİRİŞ

Tarihsel dönemde şiddeti X'a ulaşan deprem üreten Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), (Ambraseys 1989, Guidoboni ve diğ. 1994), aletsel dönemde sismik açıdan suskunluk dönemine girmiş ve sırasıyla 2020 yılı ve 2023 yıllarında yaşanan ve büyüklüğü 7.7'ye ulaşan depremlerle suskunluğunu bozmuştur. 580 km uzunluğa ulaşan kuzey ve 380 km uzunluğa varan güney kol olmak üzere iki ana koldan oluşan DAFZ (Duman ve Emre 2013) boyunca gözlenen son deprem, sırasıyla ilkin ana kolda 7.7 büyüklüğünde ve 9 saat sonra ise kuzey kolda 7.6 büyüklüğünde kaydedilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1: a) Türkiye ve çevresinin aktif tektoniği (Gurer ve diğ. 2004, Uzel ve diğ. 2015'ten değiştirilerek) (Sarı oklar levhaların görece hareket yönleri ve hızlarını simgelemektedir (Reilinger ve diğ. 2006).), b) Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin sismotektonik haritası (Ambraseys 1989, Ambraseys ve Finkel 1995, Duman ve Emre 2013, AFAD 2024'ten birleştirilerek) (Harita üzerinde daire içinde belirtilen rakamlar DAFZ'nin segmentlerini göstermektedir: 1- Karlıova, 2- Ilıca, 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; 1-8 arasındaki rakamlar DAFZ'nin kuzey kolunu temsil ederken, 9-16 arası rakamlar ana koldaki segmentlere işaret etmektedir.)

Figure 1: a) Regional active tectonic map of structures in Turkey and its neighboring regions (modified from Gurer et al. 2004, Uzel et al. 2015) (The yellow arrows on the map indicate the movement direction and the numbers inside the arrows indicate the relative movement of the tectonic plates in mm/y (Reilinger et al. 2006).) b) Seismotectonic map of the East Anatolian Fault Zone in Turkey and the nearest region (Ambraseys 1989; Ambraseys and Finkel 1995; Duman and Emre 2013; AFAD 2024) (On the map, the number in the circles denotes the segments of the EAFZ: 1- Karlıova, 2- Ilıca, 3- Palu, 4- Puturge, 5- Erkenek, 6- Pazarcık, 7- Amanos, 8- Surgu, 9- Cardak, 10- Savrun, 11- Çokak, 12- Topkale, 13- Karatas, 14- Yumurtalik, 15- Duzici-Iskenderun, 16- Misis; the numbers between 1 and 8 indicate the southern main branch, while numbers between 9 and 16 also indicate the northern branch of the EAFZ.)

Yıkıcı deprem çiftinin ardından geçen sürede, ulusal ve uluslararası arenalarda doğrultu atımlı fay geometrisi sergileyen yüzey kırıklarının özellikleri üzerinde arazi çalışmaları tabanlı başta olmak üzere ve jeofizik ve jeodezi temelli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Karabacak ve diğ. 2023, Aksoy ve diğ. 2023, Sandıkcıoğlu ve diğ. 2023, Bayraktar ve diğ. 2023, Parlak ve diğ. 2023, Xu ve diğ. 2023, Mai ve diğ. 2023, Reitman ve diğ. 2023, Stein ve diğ. 2023, Wang ve diğ. 2023, Softa ve diğ. 2024, Alkan ve diğ. 2024).

Bu çalışmalardan Karabacak ve diğ. (2023), 6 Şubat deprem çiftinin ilki üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmalarda yüzey kırığının ~270 km uzunluğunda, güneyde Hatay ilinden başlayarak kuzey/kuzeydoğuya doğru Adıyaman ili Çelikhan ilçesine kadar ilerlediğini kaydetmiştir. Aynı zamanda maksimum sol yanal yer değiştirme miktarının Kahramanmaraş ili Büyüknacar beldesi yakınlarında 7.3 metre olduğunu ve bu alandan hem kuzeydoğuya hem de güneybatıya doğru sol yanal yer değiştirme miktarının azaldığını belgelemişlerdir. Bunun yanında arazi çalışmalarında doğrulanmasa da deprem çiftlerine ait yüzey kırığı uzunluğunun ~500 km ulaştığını belirten jeodezik çalışmalar da bulunmaktadır (Xu ve diğ. 2023, Mai ve diğ. 2023, Reitman ve diğ. 2023).

9 saat sonra Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesi Ekinözü beldesi yakınlarında meydana gelen ikinci büyük depremde ise meydana gelen yüzey kırığı Softa ve diğ. (2024) çalışmasında Kahramanmaraş ili Göksun ilçesine bağlı Çardak beldesinden Malatya ili Doğanşehir ilçesi Eskiköy beldesi arasında ~140 km uzunluğunda haritalanmıştır. Yapılan çalışmada, arazide ölçülen en büyük sol yanal ötelenme Çardak segmenti üzerinde 6.6 metre olarak kaydedilmiştir. Bu deprem DAFZ kuzey kolunda meydana gelse de depremde kırılan Çardak segmentinin yanında Doğanşehir segmentinin gidişine koşut ve Günedoğru beldesi yakınlarında yer yer segment üzerinde ve daha KD'sinde Malatya ili Doğanşehir ilçesi Eskiköy beldesi arasında 3 metreye varan sol yanal değiştirme net izlenmiştir. Bu durum yüzey kırığının, DAFZ Çardak segmenti yanında, Doğanşehir segmenti ve daha önce Yılmaz (1992) tarafından haritalanmış Çıglık fayını izlediğini göstermektedir. Bununla beraber, arazi çalışmalarında somut delilleri gözlenmese de son bir sene içinde literatüre kazandırılan jeodezik çalışmalarda (Mai ve diğ. 2023, Xu ve diğ. 2023, Liu ve diğ. 2023) deprem çiftinin ikincisinde (M_w : 7.6) Sürgü segmentinin de kırıldığına dair görüşlerin de varlığı dikkat çekicidir.

Her ne kadar deprem çifti sonrasında gerçekleştirilen çalışmalarda yüzey kırığının özellikleri, DAFZ boyunca sergiledikleri karakteristik özelliklerini yansıtan maksimum-minimum yer değiştirme, kırılan segmentlerin hareket hızları, uzunlukları, sismik veriler ışığında deprem geri dönüş periyotları gibi veriler kısmi ortaya konulmuş olsa da yüzey kırığının deformasyon genişliği, arazide yüzeyde gözlenen kırığın derinlik boyunca izleri ve düşey atımlarını yansıtan çalışmalar literatürde aydınlatılmayı bekleyen konular arasındadır. Bu verilerin bütüncül değerlendirilmesi, DAFZ boyunca meydana gelen bu kompleks yapıdaki deprem çiftinden yola çıkarak, fay zonunun gelecekteki hareket mekanizması hakkında önemli veriler ortaya koyacak ve aynı zamanda depremden kaynaklanan tehlikelerin en aza indirilmesinde etkin rol oynayacaktır.

Bu kapsamda, çalışmada 6 Şubat 2023 deprem çiftinden ikincisi üzerinde (M_w : 7.6) Doğanşehir ile Eskiköy arasındaki bölümü üzerine yoğunlaşarak, i) Doğanşehir segmenti ile birlikte kırılan Çıglık fayının jeolojik ilişkisi, ii) oluşan yüzey kırığının derindeki izleri ve iii) düşey atımları hem detaylı arazi çalışmaları hem de fay konumlandırma hendek kazı çalışmaları sonucunda haritalanarak ilk kez incelenmiştir.

1.1) Malatya (Doğanşehir) Yakın Çevresinin Sismotektoniği

Yaklaşık 12 milyon yıl önce Neotetis okyanusun kapanması ve Avrasya-Arabistan levhalarının yakınlaşması neticesinde Serravaliyen'de neotektonik dönem başlamış, takip eden dönemlerde magmatik aktivite hareketi de yeni bir tektonik rejim ile başlamıştır (Yılmaz ve diğ. 1987, Koçyiğit ve diğ. 2001). Doğu Anadolu başta olmak üzere görülen bu dönemde, yalnızca doğu bölgelerde değil, orta ve batı Türkiye'de de kıvrımlar, eğim atımlı faylar ve eşlenik doğrultu atımlı faylar gelişmiştir. Buna bağlı olarak Doğu Anadolu'da Yılmaz ve diğ. (1987) çalışmasında detaylarıyla açıkladığı üzere levha yakınlaşmalarıyla birlikte kabuk kısılması ve kalınlaşmasını takiben bölgesel yükselme ve ülkemizdeki transform faylardan olan Doğu Anadolu Fay Zonu ve Kuzey Anadolu Fay Zonunun oluşması ile sonuçlanmıştır (Şekil 1). Koçyiğit ve diğ. (2001) çalışmasında, bölgede sıkışma tektoniği ile uyumlu İran sınırına kadar uzanan Bitlis Sütur Zonu'nun oluştuğunu ve Geç Miyosen-Erken Pliyosen dönemleri arasında

bu zon boyunca yeni tektonik rejimin etkili olabileceğini ileri sürmektedir. Anadolu'da tarih öncesi dönemlerden günümüze değin süregelen deprem aktivitesi birbirinin eşleniği kabul edilen sol yönlü Doğu Anadolu ve sağ yönlü Kuzey Anadolu Fay zonlarının diriliğine işaret etmiş ve üzerlerinde yer alan yerleşimleri antik dönemlerden bu yana etkilemiştir. Aşağıdaki bölümlerde çalışma alanını etkileyen en önemli transform faylardan olan Doğu Anadolu Fay Zonu, Malatya Fayı, Doğanşehir segmenti ve Çiğlık Fayı'nın kimlikleri aynı zamanda sismisite ile olan ilişkileri açıklanacaktır.

1.1.1) Doğu Anadolu Fay Zonu

20. yüzyılın ortalarından günümüze değin yoğun çalışılan Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), ilkin Karlıova-Bingöl arasında çizgisellik olarak tanımlanmış (Altınlı 1963, Ketin 1968), ardından Karlıova'dan itibaren KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı bir zon olabileceğini ileri sürülmüştür (Allen 1969). Ardından yaşanan yıkıcı 1971 depreminin üzerine Bingöl ve yakın çevresinde çalışma yapan Arpat ve Saroglu (1972), ilk kez DAFZ'nin kimliğini, uzanımını, yaşını, karakterini ortaya koyarak Karlıova'dan Amik ovasına kadar haritalamışlardır. Zon boyunca yapılan çalışmalarda birçok konuda özellikle güneydeki uzanımı ve segment ayrımı konularında fikir ayrılığı yaşanmış olsa da zonun başlangıç noktasının Karlıova olduğu benimsenmiş ve yaşının Geç Pliyosen (Arpat ve Şaroğlu 1972) ya da Geç Pliyosen-Pleyistosen (Herece 2008) olabileceği şeklinde görüşler ortaya atılmıştır.

Duman ve Emre (2013) çalışmasında, 580 km uzunluğunda olduğu ileri sürülen DAFZ, kuzey ve güney kol olmak üzere iki farklı kola ayrılarak, Antakya ile Karlıova arasında uzanan zonun güney-ana kol olarak benimsenmiş ve kolun Hatay üçlü eklemine Ölüdeniz Fay Zonu ve Kıbrıs Yayı ile birleştiğini önerilmiştir. Diğer kol olan kuzeydeki bölümü ise Adıyaman (Çelikhan) yakınlarından itibaren başlayarak İskenderun körfezi arasında yaklaşık 380 km uzunluğundadır. Çalışma alanını güneyden denetleyen Sürgü segmenti, kuzey kol olarak belirtilen aktif segmentlerden biridir. Bununla birlikte, DAFZ'nin segment sayıları üzerinde birden fazla görüş (Sengor ve diğ. 1985, Muehlberger ve Gordon 1987, Barka ve Kadinsky-Cade 1988, Saroglu ve diğ. 1992, Herece 2008, Duman ve Emre 2013) bildirilse de günümüzde kabul gören genel kanı Duman ve Emre (2013) çalışmasında ileri sürdüğü kuzey kolun 9 (Sürgü, Çardak, Savrun, Çokak, Toprakkale, Düziçi-İskenderun, Karataş, Yumurtalık ve Misis), güney-ana kolun ise 7 (Karlıova, Ilıca, Palu, Pütürge, Erkenek, Pazarcık ve Amanos) segmentten oluştuğu şeklindedir (Şekil 1).

Çalışma alanına yakın ve bölgeyi denetleyen sistemlerden olan DAFZ'nin kuzey koluna ait Sürgü segmenti, Doğanşehir Fay Zonu ve Malatya Fayı incelenen alana etkiyebilecek en önemli fay sistemleridir. Bu sistemlerden Doğanşehir Fay Zonu, Malatya ili Doğanşehir ilçesi yakınlarından Küçük köyünün güneyinden başlayarak KD-GB uzanımında, Karaterzi ve Dedeyazı arasında Haramidere boyunca 29 km uzanmaktadır. Söz konusu segment için önerilen maksimum deprem büyüklüğü 6.66 olarak saptanmıştır (Emre ve diğ. 2018). DAFZ'ye bağlı olan Sürgü segmenti ise, Emre ve diğ. (2018) çalışmasına göre, 55 km ve 24 km olmak üzere iki parçaya haritalanmış ve üretebileceği deprem büyüklüğü ise 6.9 ve 6.71 olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde Malatya Fayı ise, Akçadağ, Arguvan ve Kemaliye segmentleri olmak üzere toplamda 166 km uzunluğunda ve üretebileceği maksimum deprem büyüklükleri sırasıyla 6.8, 7.25 ve 7.10 olarak önerilmektedir.

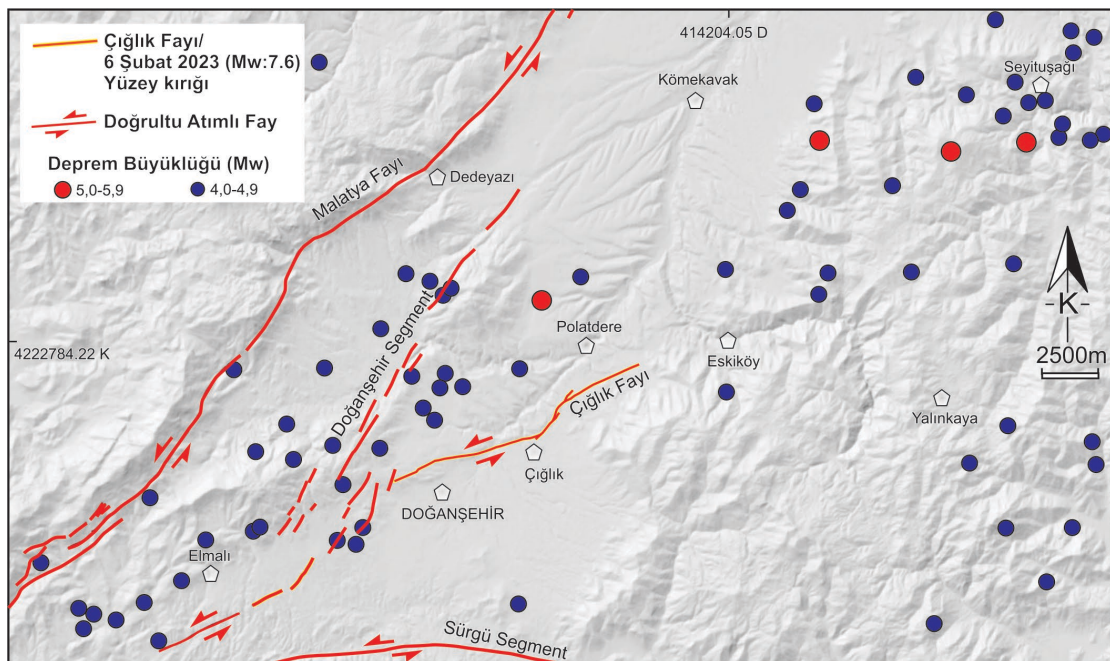
Yılmaz (1992) tarafından ilk kez haritalanarak normal faylanma karakterinde olduğu öne sürülen K50D uzanımındaki Çiğlık fayı, Doğanşehir kuzeydoğusundaki Meletköprü Mahallesi yakınlarından, güneybatıya doğru Paleozoyik yaşlı kalkıştiller ve Kuvaterner yaşlı alüvyon dokanağını izleyerek, daha sonra Pliyo-Kuvaterner yaşlı çakıltası birimlerini etkileyerek Çiğlık Köyü'ne doğru devam eden normal faylanma bileşeni içeren sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Diri fay haritalarında yer almayan Çiğlık fayı, Doğanşehir segmentinin KD uzanımında yer alır. Son depremini Çardak segmenti ile birlikte kırılarak 6 Şubat 2023 tarihinde üretmiştir.

1.1.2) Deprem Aktivitesi

Çalışma alanı içinde kalan ve bölgeyi denetleyen DAFZ, Malatya Fayı ve Doğanşehir Fay Zonu üzerinde tarihsel dönemlerden günümüze kadar yüzey kırığı oluşturan büyüklüğü 6.8 ile 7.7 arasında değişen depremler, bölgenin deprem kataloglarında bulunmayan tarih öncesi dönemlerden bu yana diriliğini ön planda tutmaktadır. Her ne kadar tarihsel dönem depremleri üzerinde lokasyon ve şiddet konusunda fikir birliği olmasa da MS 1114'ten 2023 yılına kadar yaşanan depremlerin (Ambraseys 1989, Guidoboni ve diğ. 1994, Duman ve Emre 2013), Karlıova'dan Antakya'ya kadar uzanan fay zonları üzerine yoğunlaştığı ve bu zonun parçalı kırıldığı dikkate değerdir (Şekil 1). Tarihsel deprem katalogları ışığında Malatya ve yakın çevresini etkilemiş ve büyüklükleri ilksel sismografların kullanılarak saptandığı 1905 ve 1893 depremlerinin sırasıyla 6.8 ve 7.1 büyüklüğünde depremlerin olduğu görülmektedir.

Ambraseys(1989) çalışmasında, 1893 yılında Malatya güneyinde etkili olan ve büyüklüğünün 7.1 olduğu ifade edilen deprem, Kubeli, Besni, Hisn-i Mansur, Akçadağ, Karakiahta ve Mirdis bölgelerini içine alan 220 km uzunluğunda, 120 km genişliğindeki alanda çok etkili olduğunu belirtmiştir. Bunun yanında deprem, Adıyaman ve Malatya illerinde yoğun can ve mal kaybına sebep olmakla birlikte, Kilis, İskenderun, Antakya, Harim, Idlib ve Maarat'da şiddetli bir şekilde hissedilmiştir. 1905 yılında Malatya güneydoğusunda meydana gelen ve büyüklüğünün 6.8 olduğu ifade edilen depremde, ile bağlı Pütürge, Sürgü beldelerinde oldukça şiddetli hissedilmiş bunun yanında daha güneyde Erkenek beldesine kadar hissedilmiştir. Deprem neticesinde alüvyonal havza içerisinde köstebek benzeri yapılar oluşmuş ve aynı zamanda sismo-gravitasyonel yapıların oluştuğu öne sürülmüştür.

Bölgeyi etkileyen aletsel dönem deprem aktivitesi büyüklüğü sırasıyla 7.7 ve 7.6 olan Sofalarca ve Ekinözü depremi ve bu deprem çiftinin artçılarından büyüklüğü 4' ve üzeri 75'in üzerinde depremin varlığı bilinmektedir (AFAD 2024), (Şekil 2). Bu depremlerden büyüklüğü 5 ile 5.9 arasında değişen depremler özellikle 7.6 Ekinözü depreminden sonra ve özellikle Polatdere ve Seyitüşağı arasında sol yanal doğrultu atımlı fay geometrisindedir. Benzer şekilde büyüklüğü 4 ile 4.9 arasında dağılan depremler de KD-GB uzanımlı bir hat izlemektedir.



Şekil 2: 1900 ile 2024 arasındaki büyüklüğü 4 üzeri olan depremlerin diri fay zonları üzerindeki dağılımı (Deprem verileri AFAD (2024) kataloğundan alınmıştır).

Figure 2: Temporal and spatial analysis of seismic events exceeding magnitude 4 along active fault zones (The earthquakes are compiled from AFAD (2024)'s catalogue).

1991 yılından 2024 yılına kadar ülke genelinde paleosismoloji çalışmaları özellikle KAFZ üzerinde yoğunlaşmış, buna karşın çalışma alanı ve yakın çevresini etkileyen DAFZ kuzey kolu, Malatya fayı ve Doğanşehir segmenti üzerinde ise kısır kalmıştır. Şu ana kadar bölgede yapılan çalışmalar kuzey kolda, Çardak segmenti ve Sürgü segmentinde Balkaya ve diğ. (2023) tarafından ve Malatya Fayında ise Sancar ve diğ. (2019) tarafından gerçekleştirilerek literatürdeki boşluklar doldurulmaya çalışılmıştır.

Sürgü segmentinin üzerinde gerçekleştirilen çalışmada; Balkaya ve diğ. (2023) tarafından Sürgü Fayı'nın Holosen döneminde ilki MÖ 3400 civarında, diğeri de MÖ 2085±65 ile MÖ 790±20 arasında olmak üzere en az iki yüzey kırığı oluşturmuş deprem ürettiği öne sürülmüştür. Ayrıca radyokarbon tarihlendirme tekniğini kullanarak bu fayın yaklaşık son 500 yılda yüzey kırığı oluşturmuş bir deprem üretmediği ortaya atılmıştır. Ayrıca, aynı araştırmacılar Çardak segmenti üzerinde ise, MÖ 10520±95 ile MÖ 5780±65 arasında en az bir adet, MÖ 3215±12 ile MS 825±55 arasında da bir adet olmak üzere toplam en az iki adet yüzey kırığı oluşturmuş deprem ürettiğini ileri sürmüştür.

Sancar ve diğ. (2019) çalışmasında ise Malatya Fayının üzerinde gerçekleştirdikleri 3 adet hendek kazısı çalışmaları sonucunda 4 farklı olay ayırt etmiş ve en genç olay M.Ö. 965 ile M.Ö. 549 yılları arasında radyokarbon tekniği ile tarihlendirilmiştir. Holosen dönemi içindeki deprem tekrarlanma aralığını ise 2275 ± 605 yıl olarak ileri sürmüşlerdir.

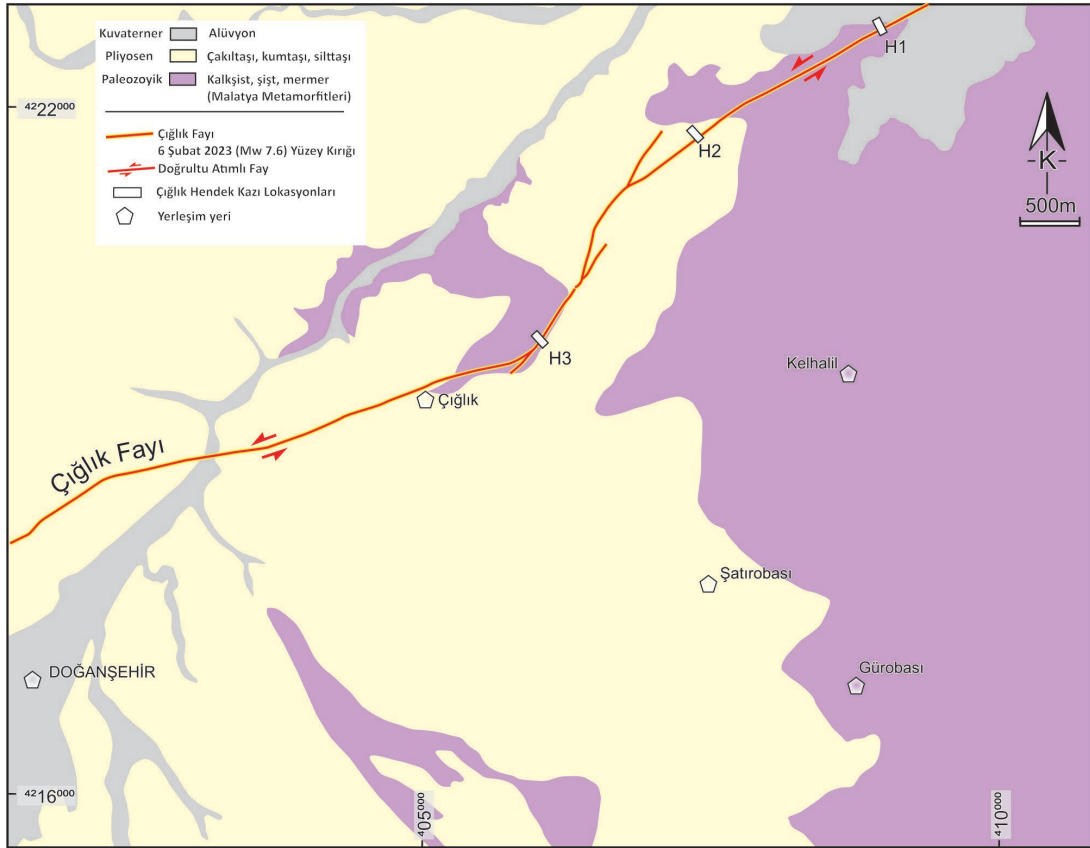
2. VERİ ve YÖNTEM

Bu çalışmada 6 Şubat 2023 deprem çiftinden ikincisinin (M_w :7.6) neden olduğu yüzey kırığı üzerinde detaylı jeolojik araştırmalar yapılmıştır. Özellikle Malatya ili Doğanşehir ilçesi ile ilçeye bağlı Eskiköy beldesi arasında gerçekleştirilen çalışmalarda, yüzey kırığının konumunun belirlenmesi ve düşey atımla birlikte oluşan deformasyon zonunun ortaya konulabilmesi için fay konumlandırma hendek kazıları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen hendek kazıları McCalpin (2009) çalışmasına göre yürütülmüştür. Bu kapsamda yüzey kırığı üzerinde açılan 3 hendek için hendek duvarlarında temizlik ve 1x1m'lik kareli yapılmıştır. Hendek duvarlarında yüzey kırığının derindeki morfolojisini ve özelliklerinin en iyi yansıtan duvar 1/25 ölçeğinde loglanmış ve fotoğraflanmıştır. Ardından çizilen bütün veriler ArcGIS 10.2 Pro programında sayısallaştırılmış ve hendek kazılarının konumları 1/25000 ölçekli haritalanan yüzey kırığı haritası üzerine işlenmiştir. Yüzey kırıklarının üzerine işlendiği L39c2 ve L39c3 pafta numaralı topografik haritalar Harita Genel Komutanlığı tarafından 1956 basımlıdır.

3. BULGULAR

3.1) Arazi Gözlemleri

1/25000 ölçekli topoğrafya haritaları üzerinde, Doğanşehir kuzeyinden Eskiköy güneyine kadar yaklaşık 11 km uzunluğunda haritalanan 6 Şubat 2023 (M_w :7.6) depremi yüzey kırığının, alanda sol yanallı doğrultulu atımlı fay karakterinde olduğu ve maksimum yer değiştirmesinin ~1 metreye ve düşey atımının ise 75 cm'ye ulaştığı gözlenmiştir. Arazide çoğunlukla Pliyosen yaşlı kaya birimleri üzerinde genişleme yapıları sunan yüzey kırığının, tarla sınırları, çit ve karayolundaki sol yanallı yer değiştirmeleri çıplak gözle net izlenebilmektedir (Şekil 3). Eskiköy güneyinden daha KD istikametindeki izleri gözlenemeyen yüzey kırığı kesintisiz şekilde KD-GB uzanımında K25D ile K72D arasında değişen doğrultularda Doğanşehir kuzeyine kadar Çıgılık fayı ismiyle haritalanmıştır. Kırılan Çıgılık fayı daha güneyde Duman ve Emre (2013) çalışmasında diri fay olarak belirtilen Doğanşehir Segmentiyle birleşmektedir (Şekil 2). Softa ve diğ. (2024) çalışmasında da detaylı belirtildiği üzere, 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi yüzey kırığı, Çardak segmenti ile Doğanşehir segmenti ve daha KD'sinde Doğanşehir segmentine bağlanan haritalanmamış diri parçaları üzerinde meydana gelmiştir.



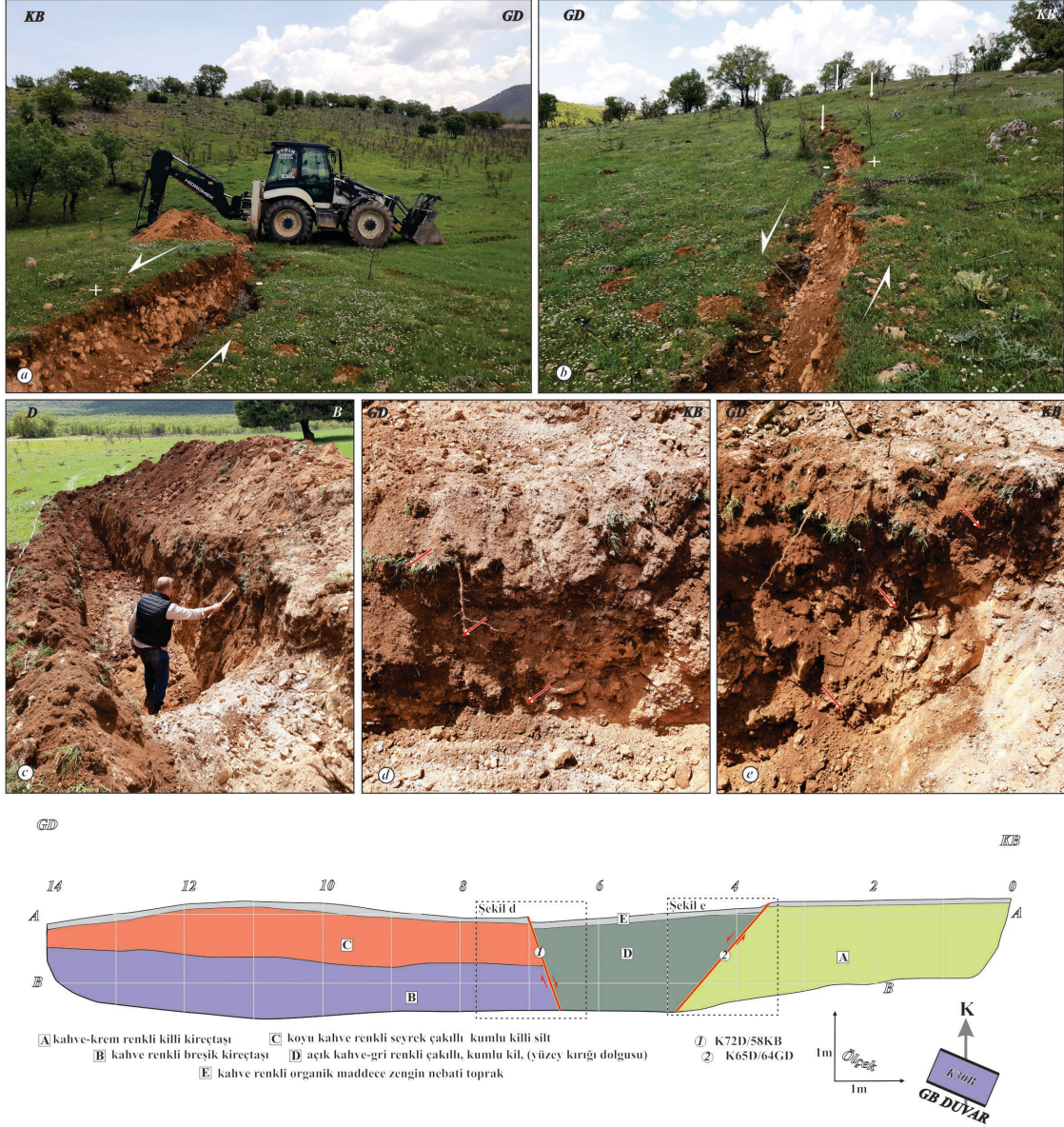
Şekil 3: Doğanşehir ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Yılmaz (1992)'den değiştirilerek) ve Doğanşehir yakınlarında haritalanan yüzey kırığının uzanımı (Harita Genel Komutanlığı 1956 yılı topoğrafya haritasında Kelhalil beldesinin günümüz konumundan daha GD'da olduğuna dikkat ediniz.)
 Figure 3: A modified geological map of the Doğanşehir region and its immediate environs, adapted from Yılmaz (1992), illustrating the surface fracture extent mapped near Doğanşehir (It is noteworthy to mention a geographical discrepancy observed in the topographic map issued by the General Command of Mapping/Turkey in 1956, where the town of Kelhalil is depicted as situated further to the southeast than its present geographical coordinates.)

3.2) Hendek Kazı Çalışmaları

3.2.1) Çiğlık 1 Hendeği

6 Şubat 2023 ($M_w:7,6$) depremi yüzey kırığı üzerinde, kırık doğrultusuna dik olarak ve düşey atımın en iyi gözleendiği optimum alanda K30B uzanımında açılan hendek kazısı, 14 metre uzunluğunda, 1.8 metre derinliğinde ve 2 metre genişliğinde açılmıştır (Şekil 4). Hendek duvarları birbirleriyle büyük ölçüde uyumludur. Hendek içerisinde toplamda beş farklı birim olarak ayırt edilmiş ve hendeğin GB duvarı loglanmıştır. Hendek içerisinde 0-4 metre arasında net izlenebilen A birimi, en yaşı birimi nitelemekte ve kahve renkten krem renge kadar değişen renklerde gözlenen birim killi kireçtaşı litolojisinden yapıldır. Üzerinde yer alan B birimi, hendek duvarının 7-14 metreleri arasında tanımlanmıştır. B birimi, kahve renkli breşik kireçtaşı seviyesinden oluşmaktadır. Kendinden önceki birimleri üzerleyen C birimi, koyu kahve renkli seyrek çakıllı kumlu killi silt birimi olarak ayırt edilmiştir. Birim, hendeğin 7 ile 14 metreleri arasında net izlenebilir. Yüzey kırığı dolgusu olarak tanımlanan D birimi, C biriminin üzerinde ve hendek duvarının 4-7 metreleri arasında belirgindir. Yüzey kırığının oluşturduğu deformasyon nedeniyle iç yapısı ve mikro stratigrafik özellikleri net ayrılamayan ve kendinden yaşlı A, B ve C birimleri ile ayırt edilmesi güç olan D birimi, açık kahverenginden gri renge kadar değişen renklerde çakıllı kumlu kil olarak tanımlanmıştır. Kahve renkli organik maddece zengin nebatî toprak seviyesi olarak loglanan E birimi, kendinden önceki birimleri uyumsuz

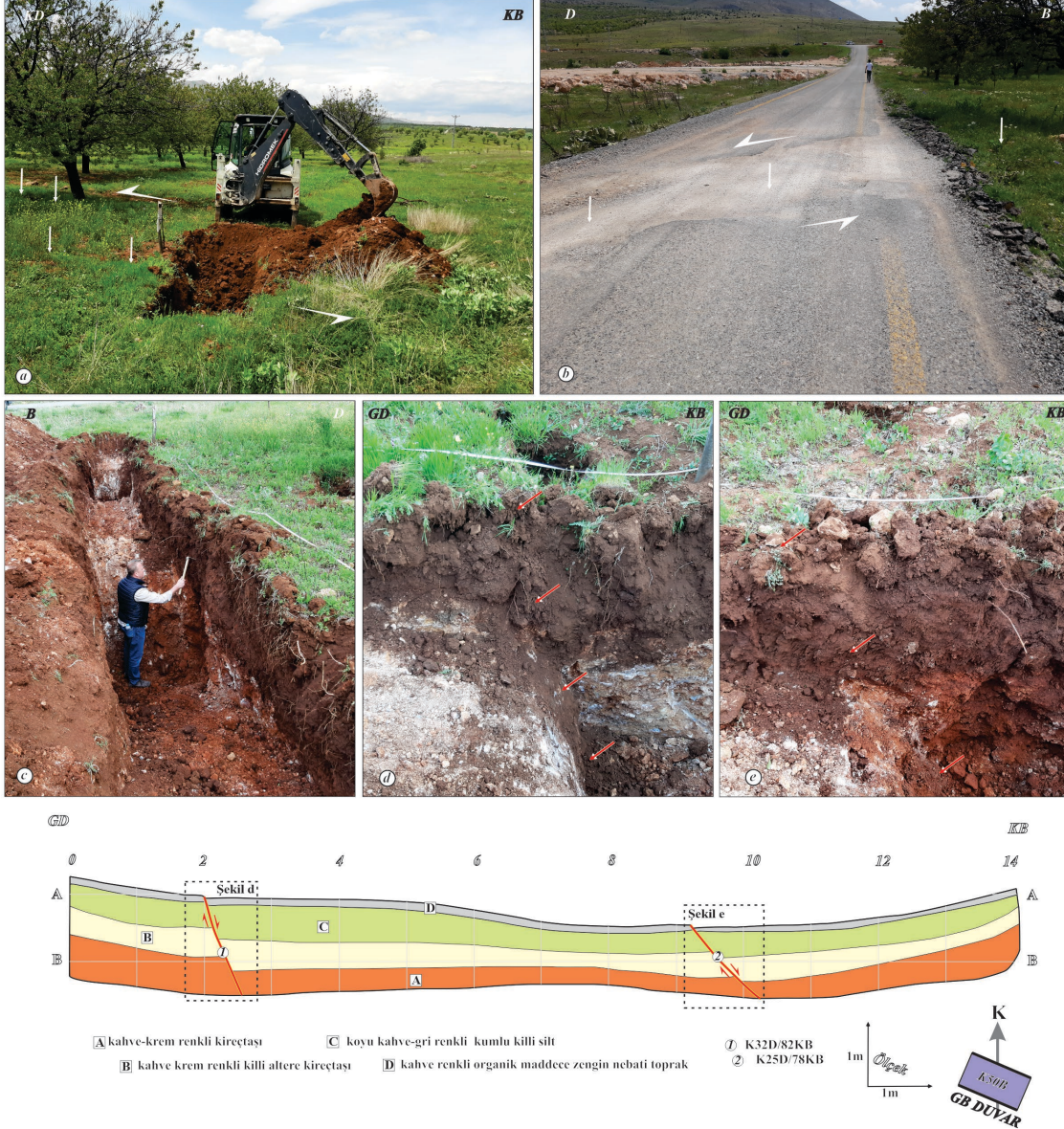
olarak örter. Bununla birlikte hendeğin 3-5 ve 6-7 metreleri arasında net izlenebilen yüzey kırığı, hendek duvarında K72D/58KB ve K65D/64GD konumlu olarak ölçülmüş ve tabandan itibaren E birimine kadar bütün birimleri kestiği saptanmıştır (Şekil 4). Bununla birlikte hendek derinliği boyunca deformasyon genişliği 3.4m (7.0m-3.6m) metre olarak saptanmıştır. Hendek içerisinde 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi dışında herhangi faylanma izi gözlenmemiştir.



Şekil 4: a) 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilen Çığlık 1 hendek kazı çalışmaları (37.957760D/38.143095K), b) Yüzey kırığının oluşturduğu 40 cm düşey değiştirme (37.959932D/38.143554K), c-e) Yüzey kırığının kazı derinliği boyunca görünümleri ve yorumu
 Figure 4: a) Ciglık 1 trench studies on surface rupture of February 6, 2023 (M_w : 7.6), (37.957760E/38.143095N), b) The surface fracture has induced a vertical displacement of 40 cm (37.959932E/38.143554N), c-e) The interpretation of the surface rupture on the floor and trench wall

3.2.2) Çığlık 2 Hendeği

Çığlık 2 rumuzlu hendek kazısı, 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi yüzey kırığı doğrultusuna dik olarak K50B uzanımında, 14 metre uzunluğunda, 1.7 metre derinliğinde ve 2 metre genişliğinde açılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5: a) 6 Şubat 2023 (M_w: 7.6) depremi yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilen Çığlık 2 hendek kazı çalışmaları (37.944605D/38.138967K), b) Yüzey kırığının oluşturduğu 95 cm sol yanal yer değiştirme (37.944767D/38.138931K), c-e) Yüzey kırığının kazı derinliği boyunca görünümleri ve yorumu

Figure 5: a) Ciglık 2 trench studies on surface rupture of February 6, 2023 (M_w: 7.6) (37.944605E/38.138967N), b) The surface fracture has induced a left lateral displacement of 95 cm (37.944767E/38.138931N), c-e) The interpretation of the surface rupture on the floor and trench wall

Hendek içerisindeki duvarlarda 4 adet birim ayırt edilmiştir ve hendek duvarları birbirleriyle büyük ölçüde uyum içindedir. GB duvarı loglanan Çığlık 2 hendek kazısında en yaşlı birim olan A birimi, kahve renkten krem renge kadar değişen renklerde ve hendek duvarları boyunca net izlenebilmektedir. Üzerinde yer alan B birimi, hendek duvarlarının 0-14 metreleri arasında ayırt edilebilen, kahve-krem renkli killi altere olmuş kireçtaşından yapıldır. Kendinden önceki birimleri üzerleyen C birimi, hendek duvarlarının 0-14 metreleri arasında izlenebilmekte ve kalınlığı KB'ye doğru ilerledikçe azalmaktadır. Birim, koyu kahve renkten gri renge kadar değişen tonlarda kumlu killi silt olarak loglanmıştır. Bu birimlerin üzerinde yer alan uyumsuz olarak yer alan D birimi, hendek duvarları boyunca kesintisiz ayırt edilebilen, kahve renkli organik maddece zengin nebati topraktan oluşur. Bununla birlikte hendeğin 2-3 ve 9-11 metreleri arasında net izlenebilen yüzey kırığı, hendek duvarında K32D/82KB ve K25D/78KB konumlu olarak ölçülmüş ve tabandan itibaren D birimine kadar bütün birimleri kestiği

saptanmıştır (Şekil 5). Bununla birlikte hendek derinliği boyunca deformasyon genişliği 8.3m (10.3m- 2.0m) metre olarak saptanmıştır. Hendek içerisinde saptanan maksimum düşey atım ise 28 cm'dir. Hendek içerisinde 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi dışında herhangi faylanma izi gözlenmemiştir.

3.2.3) Çığlık 3 Hendek Kazısı

6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi yüzey kırığı üzerinde açılan Çığlık 3 rumuzlu hendek kazısı, 12 metre uzunluğunda, 1.7 metre derinliğinde ve 2 metre genişliğindedir. K65B uzanımıyla yüzey kırığı gidişine dik doğrultuda açılan hendek kazısı, arazide en büyük düşey atımın gözlemlendiği optimum alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6: a) 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi yüzey kırığı üzerinde gerçekleştirilen Çığlık 3 hendek kazı çalışmaları (37.926045D/38.119882K), b) Yüzey kırığının oluşturduğu 75 cm düşey değiştirme (37.926562D/38.120301K) c-e) Yüzey kırığının kazı derinliği boyunca görünümleri ve yorumu
 Figure 6: a) Ciglık 3 trench studies on surface rupture of February 6, 2023 (M_w : 7.6) (37.926045E/38.119882N), b) The surface fracture has induced a vertical displacement of 75 cm (37.926562E/38.120301N), c-e) The interpretation of the surface rupture on the floor and trench wall

Beş farklı birim olarak loglanan hendek kazısında her iki duvarda da benzer birimler ve yapılar saptanmıştır. Loglanan GB duvarda en yaşlı birim olan A birimi, hendek duvarının 9-12 metreleri arasında, kahve renginden gri rengine kadar değişen renklerde marn litolojisinden yapıldır. Üzerinde yer alan B birimi, hendek duvarının 0-9 metreleri arasında net izlenebilmekte ve açık kahve renkten gri rengine kadar değişen tonlarda killi kumdan oluşmaktadır. Kendinden önceki birimleri üzerleyen C ve D birimleri sırasıyla, kahve renkli killi siltli kum ve kırmızımsı kahve renkli killi kum olarak loglanmıştır. Her iki birim de hendek duvarının 0-10 metreleri arasında belirgindir. Üzerinde yer alan E birimi ise, kahve renkli organik maddece zengin nebati toprak seviyesinden oluşmakta ve kendinden önceki birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Bununla birlikte hendeğin 7-11 metreleri arasında net izlenebilen yüzey kırığı, hendek duvarında K28D/68GD konumlu olarak ölçülmüş ve tabandan itibaren E birimine kadar bütün birimleri kestiği saptanmıştır (Şekil 6). Bununla birlikte hendek derinliği boyunca deformasyon genişliği 3.6m (10.7m- 6.9m) metre olarak saptanmıştır. Hendek içerisinde 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi dışında herhangi faylanma izi gözlenmemiştir.

4. TARTIŞMA

Yüzey kırıklarının uzunluğu, genişliği, geometrisi, sergilediği karakteri, üzerinde ölçülen en büyük atım miktarlarının tespiti ve kaynaklık ettiği diri fayın/potansiyel fayın Kuvaterner dönemi özellikleri ile birlikte değerlendirilmesi deprem tehlikesinden kaynaklanan risklerinin en aza indirilmesinde etkin rol oynamaktadır.

Ülkemizde aletsel dönemde 1912 yılından 1999 yılına kadar özellikle KAFZ üzerinde yoğunlaşan büyüklüğü 7'yi aşan depremlerin neden olduğu yüzey kırıkları dikkate alındığında, bu depremlerden 1939 depremi (M_w : 7.9) yüzey kırığı en az 3 farklı segmenti birlikte art arda kırılmasına sebebiyet vermiştir (Ketin 1969, Koçyiğit 1989, Barka 1996, Koçbulut 2023). DAFZ üzerinde meydana gelen benzer büyüklükteki deprem ise 6 Şubat 2023 tarihindeki deprem çiftidir. İlkinde (M_w : 7.7) Amanos, Narlı, Pazarlık ve Erkenek segment olmak üzere 4 adet ve ikincisinde (M_w : 7.6) ise Çardak ve Doğanşehir segmenti ve daha KD'su olmak üzere 2 segmentin birlikte kırıldığı yüzey kırığı oluşturan deprem çifti, DAFZ'nin kompleks yapısını yansıtmıştır. Deprem enerjisinin tek bir segmentte kırılarak boşalması ya da ardışık segmentlerin birlikte kırılarak ortaya çıkması, fayın kayma hızı, deprem tekrarlanma aralığı, kaynaklık ettiği son depremden bu yana geçen süre ile yakından ilişkilidir.

Bu çalışmada 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depreminin yüzey kırığının Malatya ili Doğanşehir ilçesi ile ilçeye bağlı Eskiköy beldesi arasında net izlenen bölümü üzerinde gerek detay arazi çalışmaları gerekse de fay konumlandırma hendeği çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 1/25000 ölçeğinde haritalanan K20-60D uzanımlarında değişen yüzey kırığı Doğanşehir ilçesi kuzeyinden itibaren Eskiköy beldesi güneyine kadar yaklaşık 11 km uzunluğundadır (Şekil 7).

En büyük sol yanal yer değiştirmesi Çıglık beldesi yakınlarında 95 cm olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte düşey atım miktarı ise 75 cm olarak saptanmıştır. Arazi verileri yüzey kırığı üzerinde inceleme yapan Softa ve diğ. (2024) çalışması ile uyumludur. Araştırmacılar çalışmalarında 6 Şubat 2023 M_w : 7.6 depremi yüzey kırığının Doğanşehir segmenti ve daha kuzeydoğusunda Eskiköy arasında saptamış ve en büyük yer değiştirmeyi ise Doğanşehir kuzeyinde yer alan dere atımında 3.10 metre olarak saptamışlardır. Çalışmada haritalanan yüzey kırığı boyunca atım dağılımı haritasına bakıldığında fayın orta bölümünde atımın en yüksek değerine ulaştığı buna karşın uç kısımlarında azalarak fayın sönümlendiği görülmektedir.



Şekil 7: Doğanşehir-Eskiköy arasında haritalanan 6 Şubat 2023 (M_w : 7.6) depremi yüzey kırığının topoğrafik harita üzerinde görünümü

Figure 7: Surface fault-rupture of the February 6, 2023 (M_w : 7.6) earthquake mapped between Doğanşehir and Eskiköy on the topographic map

Yüzey kırığının diri faylar üzerindeki dağılımına bakıldığında M_w : 7.6 depremi kırığı Duman ve Emre (2013) çalışmasında tanımlanan DAFZ kuzey kolunu oluşturan Çardak segmenti üzerinde ve KD-GB uzanımlı sol yanal doğrultu atımlı fay karakteri sergileyen Doğanşehir segmenti ve daha KD'sinde meydana gelmiştir. Doğanşehir segmenti KD'sinde de net izlenen yüzey kırığı, diri fay haritasında yer almayan ve Çiğlık fayı olarak Yılmaz (1992) çalışmasında ilk kez tanımlanan fay üzerinde meydana gelmiştir. Softa ve diğ. (2024) çalışmasında Eskiköy ile Günedoğru arasında gözlenen yüzey kırığının diri fay olarak tanımlanan Doğanşehir segmentinin parçaları olabileceği ileri sürülmüştür. Bu meydana, arazi çalışmalarında Çiğlık fayının Doğanşehir segmenti ile birliktelik sunduğu ve 6 Şubat 2023 M_w : 7.6 depremi yüzey kırığının Doğanşehir segmentinden başlayarak Çiğlık fayı üzerinde devam etmesi bu iki parçanın kinematik açıdan birlikte değerlendirilmesi gerekliliğini güçlendirmektedir.

Yüzey kırığı üzerinde açılan fay konumlandırma hendeği çalışmalarında, Çiğlık fayının sergilediği deformasyon zonunun 3.4 metre ile 8.3 metre arasında, ölçülen en büyük düşey atım miktarının ise 28 cm olduğu saptanmıştır (Tablo 1). Hendek duvarlarında 6 Şubat depremi yüzey kırığını tabandaki en yaşlı birimlerden en genç birimlere kadar bütün birimleri kestiği net izlenebilmektedir. Bu durum çalışma alanında yer alan Çiğlık fayı üzerinde meydana gelen 6 Şubat 2023 depremi yüzey kırığı verilerinden yola çıkarak fayın son depremini 2023 yılında üretmiş olduğu çıkarımı yapılabilir. Hendek verilerinde gözlenen birim, yapı ve stratigrafik ilişkilerinden yola çıkarak, 6 Şubat 2023 depremi izlerini yansıtan verilerden başka yüzey kırığı oluşturmuş izlerin hendekler içinde saptanamaması, Çiğlık fayının daha önce kırılarak yüzey kırığı oluşturduğu düzlemi 6 Şubat 2023 depreminde yeniden kullanmış olabileceği ihtimali de düşünülmektedir.

Tablo 1: 6 Şubat 2023 (M_w :7.6) depremi yüzey kırığının deformasyon zon genişliği
 Table 1: Deformation zone width of the surface rupture of the February 6, 2023 (M_w : 7.6) earthquake

Hendek Kazıları	Koordinat	Deformasyon Zon Genişliği		Toplam (m)
		Başlangıç (m)	Bitiş (m)	
Çiğlık 1	37.957760D/38.143095K	3.6	7.0	3.4
Çiğlık 2	37.944605D/38.138967K	2.0	10.3	8.3
Çiğlık 3	37.926045D/38.119882K	6.9	10.7	3.6

Çalışma alanını etkileyen önemli diri faylar üzerinde kısıtlı sayıda paleosismoloji çalışması gerçekleştirilmiş olmasına rağmen ne Doğanşehir segmenti ne de Çiğlık fayı üzerinde daha önce paleosismoloji çalışması gerçekleştirilmemiştir. Kısıtlı çalışmalardan DAFZ'nin kuzey kollarından olan Sürgü segmenti (Sürgü Doğu ve Kurucova rumuzlu) ve Çardak Segmenti (Çardak 1 ve Çardak 2 rumuzlu) üzerinde ikişer adet hendek kazı çalışmaları yapan Balkaya ve diğ. (2023) çalışmasında, Holosen dönemine denk gelen en az 2 adet olay seviyesi saptamıştır. Radyokarbon tekniği kullanarak tarihlendirdiği hendek çalışmasında Sürgü segmentinin en az 500 yıldır deprem üretmediğini öne süren araştırmacılar her iki segment için de deprem tekrarlanma aralığına ilişkin bir veri ortaya koymamıştır. Malatya fayı üzerinde Sancar ve diğ. (2019) tarafından gerçekleştirilen paleosismolojik çalışmada ise, Alhan ve Kızık 1 ve Kızık 2 rumuzlu üç adet hendek kazısı gerçekleştirilmiş ve son 10 bin yıl içerisinde depremlere ilişkin dört farklı olay seviyesi saptamışlardır. Radyokarbon tekniği kullanarak tarihlendirdiği hendek çalışmasında en genç olay MÖ 965 ile MÖ 549 yılları arasında olduğu öne sürülmüş ve Holosen dönemi içindeki deprem tekrarlanma aralığını ise 2275 ± 605 yıl olarak hesaplamışlardır.

Aletsel dönem deprem aktivitesine bakıldığında, 6 Şubat 2023 depremleri öncesinde Malatya İli Doğanşehir ilçesi ile Malatya ili Merkez ilçesi arasında dağılan deprem aktivitesi oldukça durağanken, yıkıcı deprem sonrası sismik aktivitenin kırılan segmentlerin uçlarına stresin biriktiği ve dolayısıyla yoğunlaştığı görülmektedir (Stein ve diğ. 2023, Wang ve diğ. 2023, Alkan ve diğ. 2024, Softa ve diğ. 2024). Jeofiziksel çalışmalarda da sismik aktivitenin Malatya ili Doğanşehir ilçesi ve daha KD uzanımı boyunca gözlenmesi, kırılan Doğanşehir segmenti ve daha KD'si (Çiğlık fayı) boyunca Malatya ili Merkezine uzanan KD-GB doğrultulu hattı potansiyel diri fay konumuna taşımakta ve bu hattın gelecekte deprem üretebilecek enerjiyi biriktirdiğini düşündürmektedir.

Bu kapsamda, Çiğlık fayı ve daha KD'sinde yer alan Malatya ili Merkez ilçesinde KD-GB uzanımındaki tektonik hattın jeolojik, jeofizik ve paleosismolojik açıdan detaylı incelenmesi ve aynı zamanda bölgeyi denetleyen DAFZ Sürgü ve Çardak segmenti, Doğanşehir segmenti ve Malatya Fayı ile birlikte değerlendirilmesi, söz konusu potansiyel diri hatların deprem üretmeleri durumunda üzerinde bulunan mühendislik yapılarında meydana gelebilecek hasarların minimum seviyeye indirebilmesi, dolayısıyla can kayıplarının engellenmesi ve yeni yapılacak mühendislik yapılarının inşaatında uygun yer seçiminde etkin rol oynaması sebepleriyle son derecede önemlidir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Malatya ili Doğanşehir ilçesi ile ilçeye bağlı Eskiköy beldesinin güneyinde net izlenebilen 6 Şubat 2023 depremi (M_w : 7.6) yüzey kırığının detay özellikleri incelenmiştir. Sonuçta;

- Doğanşehir ilçesi ile Eskiköy arasında izlenen yüzey kırığının eskiden tanımlanmış Çiğlık fayını izlediği,
- ~11 km uzunluğunda haritalanan yüzey kırığının Çiğlık beldesi yakınlarında 95 cm sol yanal yer değiştirme ve 75 cm'e ulaşan düşey atım sunduğu,

- Fay konumlandırma hendek kazılarında yüzey kırığının deformasyon genişliğinin 3.4 metre ile 8.3 metre arasında değiştiği ve hendek içinde gözlenen en yüksek düşey atımın 28 cm'e ulaştığı saptanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ilk aşaması, 6 Şubat 2023 deprem çiftlerinin ardından TÜBİTAK kurumunun başlattığı 1002-C Doğal Afetler Odaklı Saha Çalışması Acil Destek Programı kapsamında kısmen desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2024. AFAD Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü-Deprem Dairesi Başkanlığı Deprem Kataloğu, Erişim adresi: <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog>.

Aksoy E., Akgun E., Softa M., Kocbulut F., Sozibilir H., Tatar O., Erol S.C., 2023. 6 Şubat 2023 Pazarlık (Kahramanmaraş) depreminin Dogu Anadolu Fay Zonu Erkenek ve Pazarlık Segmentleri Uzerindeki Etkisi: Çelikhan-Golbasi (Adiyaman) Arasından Gozlemler, *Turk Deprem Arastirma Dergisi*, 5(1), 85-104, 85-104, doi: 10.46464/tdad.1280408.

Allen C.R., 1969. Active faulting in northern Turkey, Contr.1577, Division of Geology Sciences, California Institute of Technology, 32 s.

Alkan H., Buyuksarac A., Bektas O., 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.

Altınlı I.E., 1963. Explanatory text of the Geological Map of Turkey of 1:500000 scale, Erzurum sheet, Institute of Mineral Research and Exploration Report, Ankara.

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

Ambraseys N.N., Finkel C., 1995. The seismicity of Turkiye earthquake of 19 December 1977 and the seismicity of the adjacent areas 1500-1800, Eren Yayıncılık ve Kitapçılık, İstanbul, pp. 240.

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

Balkaya M., Akyuz H.S., Ozden S., 2023. Paleoseismology of the Surgu and Cardak faults-splays of the Eastern Anatolian Fault Zone, Turkiye, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 32(3), 402-420.

Barka A., 1996. Slip distribution along the North Anatolian fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86(5), 1238-1254.

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

Bayrakdar C., Halis O., Canpolat E., Doker M.F., Keserci F., 2023. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Ekinozu depremi (Mw 7.6) ile ilişkili Cardak Fayı yüzey kırığının tektonik jeomorfolojisi, *Turkish Geographical Review*, 83, 7-22.

- Duman T.Y., Emre O., 2013. The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics, *Geological Society of London, Special Publications*, 372.
- Emre O., Duman T.Y., Ozalp S., Saroglu F., Olgun S., Elmaci H., Can T., 2018. Active fault database of Turkey, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(8), 3229-3275.
- Herece E., 2008. Doğu Anadolu Fayı (DAF) Atlası, MTA Özel Yayın Serisi-13, 359 s.
- Guidoboni E., Comastri A., Traina G., 1994. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century, Istituto nazionale di geofisica, Rome, 504 p.
- Gurer A., Bayrak M., Gurer O.F., 2004. Magnetotelluric images of the crust and mantle in the southwestern Taurides, Turkey, *Tectonophysics*, 391(1),109-120.
- Karabacak V., Ozkaymak C., Sozbilir H., Tatar O., Aktug B., Ozdag O.C., Cakir R., Aksoy E., Kocbulut F., Softa M., Akgun 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*, jgs2023-020.
- Ketin I., 1968. Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey, MTA Bulteni, Ankara.
- Ketin I., 1969. Kuzey Anadolu Fayı hakkında, *MTA Dergisi*, 72, 1-27.
- Kocyigit A., 1989. Suşehri basin: an active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics* 167, 13-29.
- Kocyigit A., Yilmaz 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.
- Kocbulut F., 2023. Evidence for surface rupture of the 1939 Erzincan earthquake based on field data and paleoseismology on the Ezinepazari Fault (North Anatolian Fault Zone, Central Anatolia), *Turkish Journal of Earth Sciences*, 32(1), 96-112.
- Liu C., Lay T., Wang R., Taymaz T., Xie Z., Xiong X., Irmak T.S., Kahraman M., Erman C., 2023. Complex multi-fault rupture and triggering during the 2023 earthquake doublet in southeastern Türkiye, *Nature Communications*, 14(1), 5564.
- Mai P.M., Aspiotis T., Aquib T.A., Cano E.V., Castro-Cruz D., Espindola-Carmona A., Li B., Li X., Liu J., Matrau R., Nobile A., Palgunadi K.H., Ribot M., Parisi L., Suhendi C., Tang Y., YalcinB., Avsar U., Klinger Y., Jónsson S., 2023. The Destructive Earthquake Doublet of 6 February 2023 in South-Central Türkiye and Northwestern Syria: Initial Observations and Analyses, *The Seismic Record*, 3(2), 105-115.
- McCalpin J.P., 2009. Application of paleoseismic data to seismic hazard assessment and neotectonic research, *International Geophysics*, 95, 1-106.
- Muehlberger R.W., Gordon M.B., 1987. Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, *Journal of Structural Geology*, 9, 899-903.
- Parlak O., Yavuzoglu A., Bayrak A., Olgun S., 2023. 06 Şubat 2023 Ekinozu (Kahramanmaraş) Depremi (Mw 7.6) saha gözlemleri ve on degerlendirmeler, *MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi*, 3(3), 81-98.

Reillinger 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 L., 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).

Reitman N.G., Briggs R.W., Barnhart W.D., Hatem A.E., Thompson Jobe J.A., DuRoss C.B., Gold R.D., Mejstrik J.D., Collett C., Koehler R.D., Akciz S., 2023. Rapid surface rupture mapping from satellite data: The 2023 Kahramanmaraş, Turkey (Türkiye), earthquake sequence, *The Seismic Record*, 3(4), 289-298.

Sancar T., Zabcı C., Karabacak V., Yazıcı M., Akyuz H.S., 2019. Geometry and Paleoseismology of the Malatya Fault (Malatya-Ovacık Fault Zone), Eastern Turkey: Implications for intraplate deformation of the Anatolian Scholle, *Journal of Seismology*, 23, 319-340.

Sandıkcıoğlu M., Belgin S.O.L., Sabancı S., 2023. 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinin Golbası Havzası'nda sebep olduğu yüzey deformasyonları ve yerleşmeler üzerindeki etkileri, *Adiyaman/Türkiye, Turkish Geographical Review*, 83, 87-99.

Softa M., Kocbulut F., Akgun E., Aksoy E., Sozbilir H., Tatar O., Karabacak V., Ozkaymak C., Utku M., Ozdag O.C., Cakir R., Demir A., Arslan G., 2024. Surface rupture during the 6th of February 2023 Mw 7.6 Elbistan-Ekinozu (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.

Saroglu F., Emre O., Kuscu I., 1992. The East Anatolian fault zones of Turkey, *Annales Tectonicae*, 6, 99-125.

Sengor A.M.C., Gorur N., Saroglu F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zone of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Strike-slip deformation, basin deformation and sedimentation, *Soc. Econ. Paleont. and Min. Spec. Publ.*, 37, 227-264.

Stein R.S., Toda S., Ozbakir A.D., Sevilgen V., Gonzalez-Huizar H., Lotto G., Sevilgen S., 2023. Interactions, stress changes, mysteries, and partial forecasts of the 2023 Kahramanmaraş, Türkiye, earthquakes, *Tembler*, <http://doi.org/10.32858/temblor.299>.

Uzel B., Langereis C.G., Kaymakci N., Sozbilir H., Ozkaymak C., Ozkaptan M., 2015. Paleomagnetic evidence for an inverse rotation history of western Anatolia during the exhumation of Menderes core complex, *Earth and Planetary Science Letters*, 414, 108-125.

Wang Z., Zhang W., Taymaz T., He Z., Xu T., Zhang Z., 2023. Dynamic rupture process of the 2023 Mw 7.8 Kahramanmaraş earthquake (SE Türkiye): Variable rupture speed and implications for seismic hazard, *Geophysical Research Letters*, 50(15), e2023GL104787.

Xu S., Fukuyama E., Yamashita F., Kawakata H., Mizoguchi K., Takizawa S., 2023. Fault strength and rupture process controlled by fault surface topography, *Nature Geoscience*, 16(1), 94-100.

Yilmaz H., 1992. Doganşehir-Surgu-Gozene (Malatya) yöresinin jeolojisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 148 s.

Yilmaz Y., Saroglu F., Guner Y., 1987. Initiation of neomagmatism in East Anatolia, *Tectonophysics*, 134, 177-199.

ARAŞTIRMA VERİSİ (*Research Data*)

Çalışma kapsamında kullanılan deprem verileri Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) deprem kataloğundan temin edilmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI / İLİŞKİSİ (*Conflict of Interest / Relationship*)

Araştırma kapsamında yer alan bilgiler; herhangi bir kişiye, kuruma, ekipmana çıkar sağlamayı veya kişisel/kurumsal menfaat kazandırmayı amaçlamamaktadır. Aynı şekilde çalışmada yer alan hususlar objektif değerlendirme sınırları dışına çıkarak herhangi bir şekilde kişi, kurum, kuruluş nezdinde zarara, kastı aşan kötü niyetli yoruma ya da itibar kaybına yol açmamaktadır.

YAZARLARIN KATKI ORANI BEYANI (*Author Contributions*)

- Çalışmanın tasarlanması (*Designing of the study*): F.K., M.S., E.A., S.K.
- Literatür araştırması (*Literature research*): M.S., E.A., N.O.
- Saha çalışması, veri temini/derleme (*Fieldwork, collection/compilation of data*): F.K., S.K., M.S., E.A.
- Verilerin işlenmesi/analiz edilmesi (*Processing/analysis of data*): F.K., M.S., S.K., E.A.
- Şekil/Tablo/Yazılım hazırlanması (*Preparation of figures/tables/software*): M.S., S.K., E.A., N.O.
- Bulguların yorumlanması (*Interpretation of findings*): F.K., M.S., E.A., S.K.
- Makale yazımı, düzenleme, kontrol (*Writing, editing and checking of manuscript*): F.K., M.S., E.A., S.K., N.O.