

2. Yılında 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş (Pazarcık ($M_w=7.8$) ve Elbistan ($M_w=7.6$)) Depremleri

Murat UTKUCU

Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Sakarya Üniversitesi Afet Yönetim Uygulama ve Araştırma Merkezi

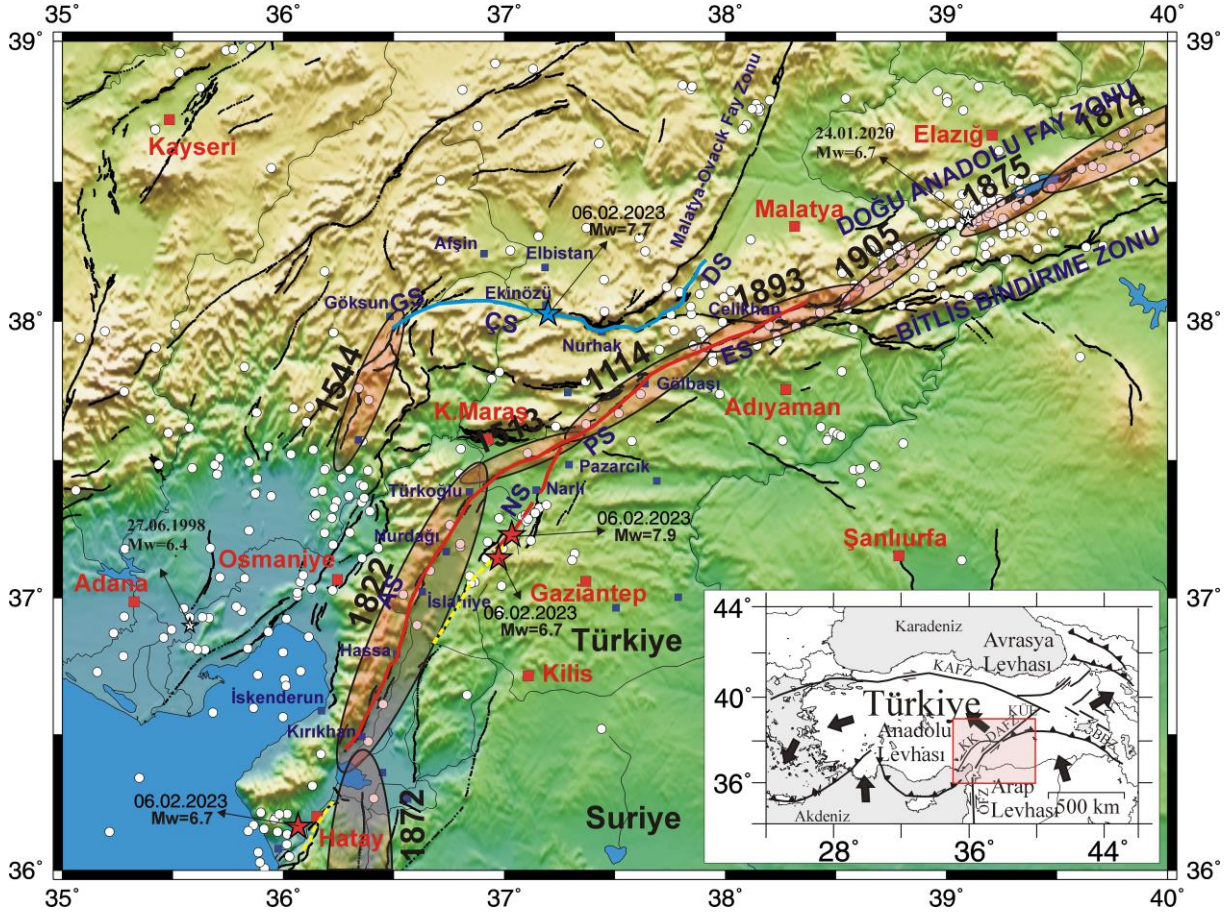
Kahramanmaraş'daki 6 Şubat 2023 Pazarcık ($M_w=7.8$) ve Elbistan ($M_w=7.6$) depremleri büyük depremlerin yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş bölgelerde nasıl etkili olabileceğini bir kez daha kanıtlamıştır. Türkiye'nin Güneydoğusu'nda 11 ili etkileyen bu depremler 50.000 üzeri can kaybına, 500.000'den fazla binanın hasar görmesine ya da yıkılmasına ve resmi açıklamalarda belirtildiği kadarıyla 100 milyar Doları aşan bir ekonomik kayba yol açmıştır [1]. 2022 yılında 11 ilin toplam nüfusunun 14.013.196 olduğu düşünüldüğünde bu depremler Türkiye toplam nüfusunun %16.4'ünde etkili olmuştur. Bu nüfusun %95 civarının şehir merkezlerinde yaşıyor olması bu depremlerin etkilerini arttırmıştır. Türkiye'nin Kuzeybatısı'nda meydana gelen 1999 İzmit ($M_w=7.5$) ve Düzce ($M_w=7.2$) depremlerinden sonra herkesçe farkına varılan "Türkiye bir deprem ülkesidir" gerçeği tekrar çok daha acı bir şekilde hatırlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Kahramanmaraş'daki 6 Şubat 2023 Pazarcık ($M_w=7.8$) ve Elbistan ($M_w=7.6$) depremleri ardından gazete manşetlerine örnekler.

2023 Pazarcık ($M_w=7.8$) ve Elbistan ($M_w=7.6$) depremleri Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 2) [2]. Bu fay zonu Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile birlikte Anadolu Levhası'nın batıya doğru hareketini sağlamakta ve Türkiye'deki deprem tehlikesinin ilk iki sıradaki kaynaklarıdır [3,4,5,6]. 1999 İzmit ($M_w=7.5$) ve Düzce ($M_w=7.2$) depremlerinin KAFZ üzerinde meydana geldiği hatırlandığında bu gerçek daha da iyi anlaşılacaktır. DAFZ sıklıkla büyük yıkıcı depremler oluşturan bir kıtasal doğrultu atımlı fay zonudur [4,5,6,7,8]. DAFZ, Anadolu Levhası'nın güney sınırını oluşturur ve kuzeyde KAFZ ile birleştiği Karlıova ile Ölü Deniz Fayı ile birleştiği Antakya arasında uzanan sol yanal bir faydır (Şekil 2) [6, 8]. Ayrıca Çelikhana'nın hemen batısında ana faydan ayrılan ve Adana Havzası üzerinden Akdeniz'e uzanan Kuzey Kolu adı verilen bir kolu vardır [8,9]. DAFZ, tarihsel depremsellik çalışmalarının da gösterdiği gibi, 19. yüzyıldaki faaliyetine kıyasla 20.

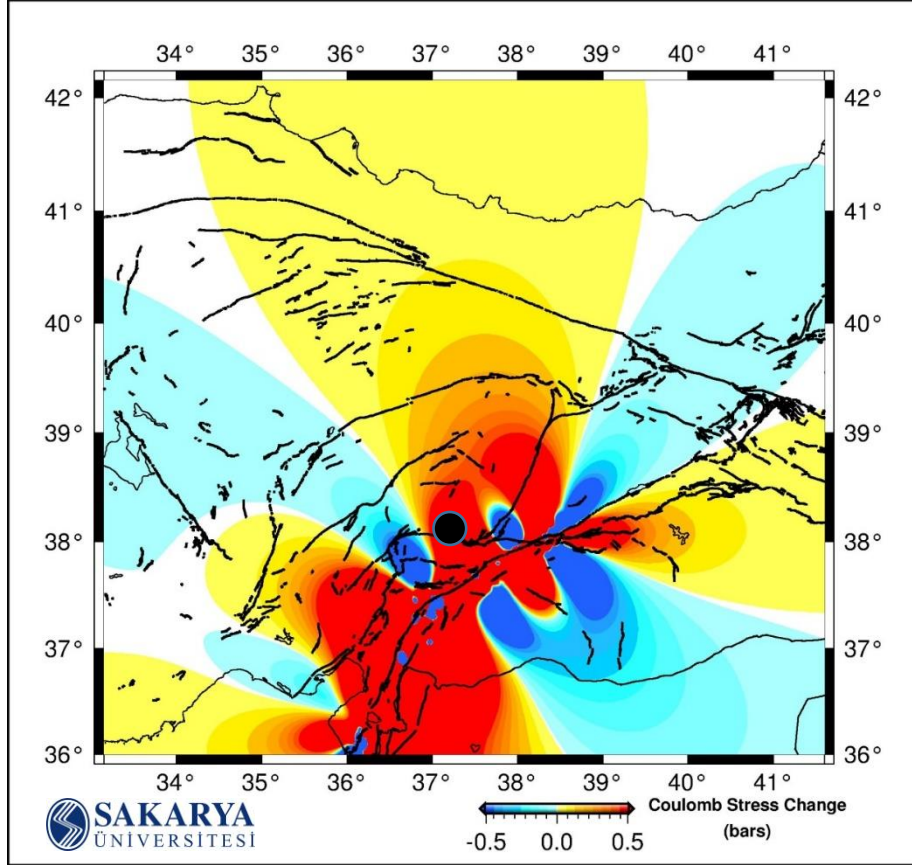
yüzyılda görece durgunluk içinde olmuştur [4,10]. 20. yüzyılda DAFZ boyunca sadece 1905 Malatya ($M_S=6.8$) ve 1971 Bingöl ($M_W=6.7$) depremleri meydana gelmiştir. 2003 Bingöl ($M_W=6.4$), 2010 Başyurt ($M_W=6.1$), 2020 Sivrice-Doğanyol ($M_W=6.7$) ve 2023 Pazarcık ($M_W=7.8$) ve Elbistan ($M_W=7.6$) depremleri fayın 21. yüzyılda çok daha faal olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. 2023 Pazarcık ($M_W=7.8$) ve Elbistan ($M_W=7.6$) depremleri sismotektonik geri planı. Depremsellik, 1970'den sonra $M_w \geq 4.0$ depremler (beyaz daireler) ile yıkıcı tarihsel (kırmızı şeffaf elipsler) ve $M \geq 6.2$ aletsel dönem (kırmızı ve beyaz yıldızlar) depremleri içermektedir. Depremsellik verisi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü kataloğundan alınmıştır. 2023 Pazarcık ve Elbistan depremleri kırıkları sırasıyla kırmızı ve mavi kalın çizgilerle temsil edilmiştir. Haritadaki bilgiler [3,4,6,7,8]'den derlenmiştir. KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, ÖFZ: Ölü Deniz Fay Zonu. AS: Amanos, PS: Pazarcık, ES: Erkenek; NS: Narlı, GS: Göksun, ÇS: Çardak ve DS: Doğanşehir fay segmentlerini ifade etmektedir.

2023 Pazarcık ($M_W=7.8$) depeminin meydana gelmesi bir sürpriz değildi. Çünkü bu deprem Maraş Sismik Boşluğu olarak adlandırılan ve en az 500 yıldır büyük deprem sessizliğiyle bilinen DAFZ'nun Maraş Sismik Boşluğu olarak bilinen kısmında başlayan bir kırılma ile oluşmuştur [2, 11]. Fay hendeği çalışmalarından elde edilen veriler fayın bu kısmını kıran son depremlerin 1114 ve 1513 Kahramanmaraş depremleri olduğunu göstermiştir [12]. Maraş

Sismik Boşluğu'nun gerilme yükü altında olduğu ve deprem tehlikesinin yüksek olduğu çok önceleri belirtilmiştir [10]. Bir başka makalede, boşluğun yüksek deprem tehlikesi arka plan sismisite analizinden belirlenmiş ve beklenen depremin en az $M_w=7.4$ büyüklüğünde olabileceği hesaplanmıştır [11].



Şekil 3. 2023 Elbistan ($M_w=7.6$) depremi odağında (siyah daire) hesaplanan 2023 Pazarcık ($M_w=7.8$) depremi kaynaklı gerilme değişimleri [13]. Kırmızı ve mavi renkler sırasıyla gerilme artışı ve düşüşlerini temsil etmektedir.

Bununla birlikte, 9 saat sonra DAFZ Kuzey Kolu üzerinde oluşan 2023 Elbistan ($M_w=7.6$) depreminin tam bir sürpriz oluşturduğu da belirtilmelidir. Kuzey Kol'un diri olduğu bilinmekte olmasına rağmen KAFZ ve DAFZ Güney Kol ile karşılaştırıldığında çok daha nadir yıkıcı depremler üretmiştir. Doğal olarak Türkiye'deki az sayıdaki Yerbilimci ve sınırlı deprem bilimi çalışmaları, çoğunlukla KAFZ ve DAFZ'ndaki sık büyük deprem üreten fay segmenlerine odaklanmıştır. 2nci deprem bu yüzden sürpriz olmuştur. Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde Kahramanmaraş'daki yıkıcı 2023 depremlerinin hemen sonrasında yapılan gerilme modellemeleri, 2023 Pazarcık ($M_w=7.8$) depreminin 2023 Elbistan ($M_w=7.6$) depremini tetiklediğini göstermiştir (Şekil 3) [13]. Bu yüzden 2023 Kahramanmaraş depremleri bir "deprem çifti (earthquake doublet)" oluşturmaktadır. Deprem eğilimli bir ülke olarak Türkiye'de uzay ve zamanda yakın depremler içeren deprem çiftleri çok nadir değildirler. 16 gün arayla 1114, 3 ay arayla 1766 ve 1999 ve bir ay arayla 1866 depremleri bu duruma

örneklerdir. Bu deprem çiftlerinin hiçbirinde önceki depremden saatler sonra oluşan ikinci deprem olmadığı dikkate alındığında 2023 Elbistan depreminin neden süpriz olduğu bir kez daha anlaşılabilir.

Yapılan saha çalışmalarından ve sismogram analizlerinden anlaşıldığı üzere 2023 Pazarcık ($M_w=7.8$) depreminin yaklaşık 400 km ve 2023 Elbistan ($M_w=7.6$) depreminin de yaklaşık 165 km uzunluğunda fay kırılmaları sonucu oluştuğu belirlenmiştir [2, 14, 15]. 1999 İzmit depremi ($M_w=7.5$) KAFZ boyunca 150 kilometrelik bir fay uzunluğunu ve 2020 Sivrice-Doğanyol depremi ($M_w=7.2$), DAFZ'nun yaklaşık 50 km'lik bir fay uzunluğunu kırmışlardır. Bu durum 2023 Kahramanmaraş depremlerinin neden çok geniş bir alanı etkilediğini açıklamaktadır. İlk ana şok, faylanma (Şekil 2'de kırmızı kalın çizgi ile gösterilmiştir) doğrultusuna bağlı olarak KD-GD doğrultusunda uzanan bir hasar alanı oluşturmuştur. Bununla birlikte, ikinci ana şok, faylanma (Şekil 2'de mavi kalın çizgi ile gösterilmiştir) doğrultusuna bağlı olarak hasar alanını D-B doğrultusunda daha da genişletmiştir. Her iki şokun büyüklüklerini de eklediğimizde, her türlü afet yardım çabalarını aşan geniş bir hasar alanıyla karşı karşıya kalınmıştır.

Tüm bunlar Türkiye'de deprem tehlikesinin ne kadar yüksek ve deprem bilimi çalışmalarının ne kadar hayati olduğunu göstermektedir. Anadolu toprakları son bin yılda onlarca büyük deprem yaşamıştır. 1668 Kuzey Anadolu depreminin büyüklüğü $M=8.0$ civarındadır. Deprem bilimi çalışmaları ve eğitimi, deprem güvenliği ve afet yönetimi Türkiye'nin öncelikli konuları arasında yer almalıdır. Tüm yapısal tasarım teknik ve yönetmeliklerine rağmen binalar depremlerde yıkılmaya devam etmektedir. Türkiye'deki yüksek inşaat mühendisliği standartları ve geçmiş deneyimler göz önüne alındığında, çökmelerin çoğunlukla uygulama sürecinden ve inşaat sürecinde doğru denetimin yapılmamasından veya ihmal edilmesinden kaynaklandığı görülmektedir. Bu sorunların kısa vadede aşılması mümkün de görülmediğinden, deprem riskinin azaltılması için yatay mimariye önem verilerek tehlikeden ziyade riske öncelik verilmesi tartışılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] CSBB (2023) *Kahramanmaraş qnd Hatay Earthquakes Report*, Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 143p
- [2] Toker, M., Yavuz, E. Utkucu, M. and Uzunca, F. (2023). Multiple segmentation and seismogenic evolution of the 6th February 2023 (M_w 7.8 and 7.7) consecutive earthquake ruptures and aftershock deformation in the Maras triple junction region of SE-Anatolia, Turkey, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Volume 345, 2023, 107114. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2023.107114>.
- [3] Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Gha R. and Karam, G., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and

- implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051.
- [4] Ambraseys N N (1989). Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophys J Int* 96(2), 311-331
- [5] Ambraseys N N (2009). *Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900*. Cambridge University Press
- [6] Barka A A, Kadinsky-Cade K (1988). Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* 7(3) 663-684
- [7] Emre Ö, Duman TY, Özalp S, Elmacı H, Olgun Ş, Şaroğlu F (2013). *Active Fault Map of Turkey*. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-30. Ankara Turkey
- [8] Emre Ö, Duman TY, Özalp S, Elmacı H, Olgun Ş, Şaroğlu F (2013). *Active Fault Map of Turkey*. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-30. Ankara Turkey
- [9] Westaway R (2004) Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey. *Tectonophysics* 391(1), 203-237
- [10] Nalbant S S, McCloskey J, Steacy S, Barka A A (2002) Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth Planet Sc Lett* 195(3), 291-298
- [11] Utkucu, M., Kurnaz, T.F. & İnce, Y. The seismicity assessment and probabilistic seismic hazard analysis of the plateau containing large dams around the East Anatolian Fault Zone, eastern Türkiye. *Environ Earth Sci* 82, 371 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12665-023-11065-0>
- [12] Yönlü, Ö. 2012. “Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Gölbaşı (Adıyaman) ile Karataş (Adana) arasındaki kesiminin geç kuvaterner aktivitesi”, (Doctoral dissertation, Eskisehir Osmangazi University).
- [13] Utkucu M., Durmuş, H., Nalbant S.S., Kızılbuğa S. (2024). “Türkiye’de Zaman Bağımlı Deprem Gerilme Etkileşimlerinin Modellenmesi ve Deprem Tehlikesi Üzerine Çıkarımlar” Projesi (TÜBİTAK 121Y271) Sonuç Raporu, 122 sayfa.
- [14] Karabacak et al. (2023). The 2023 Pazarcık (Kahramanmaraş, Türkiye) earthquake, (Mw 7.7): implications for surface rupture dynamics along the East Anatolian Fault Zone Vol. *Journal of the Geological Society*, 180, jgs2023-020. <https://doi.org/10.1144/jgs2023-020>
- [15] Liu, C. Et al. (2023). Complex multi-fault rupture and triggering during the 2023 earthquake doublet in southeastern Türkiye. *Nature Communications* | (2023) 14:5564. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41404-5>