



**SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**  
**AFET YÖNETİM UYGULAMA ve ARAŞTIRMA MERKEZİ**  
**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

**BİLGİ NOTU**

**23.YILINDA 12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİ ( $M_w=7.1$ ) ve  
DÜZCE-SAKARYA BÖLGESİNDE DEPREM TEHLİKESİ  
ÜZERİNE**

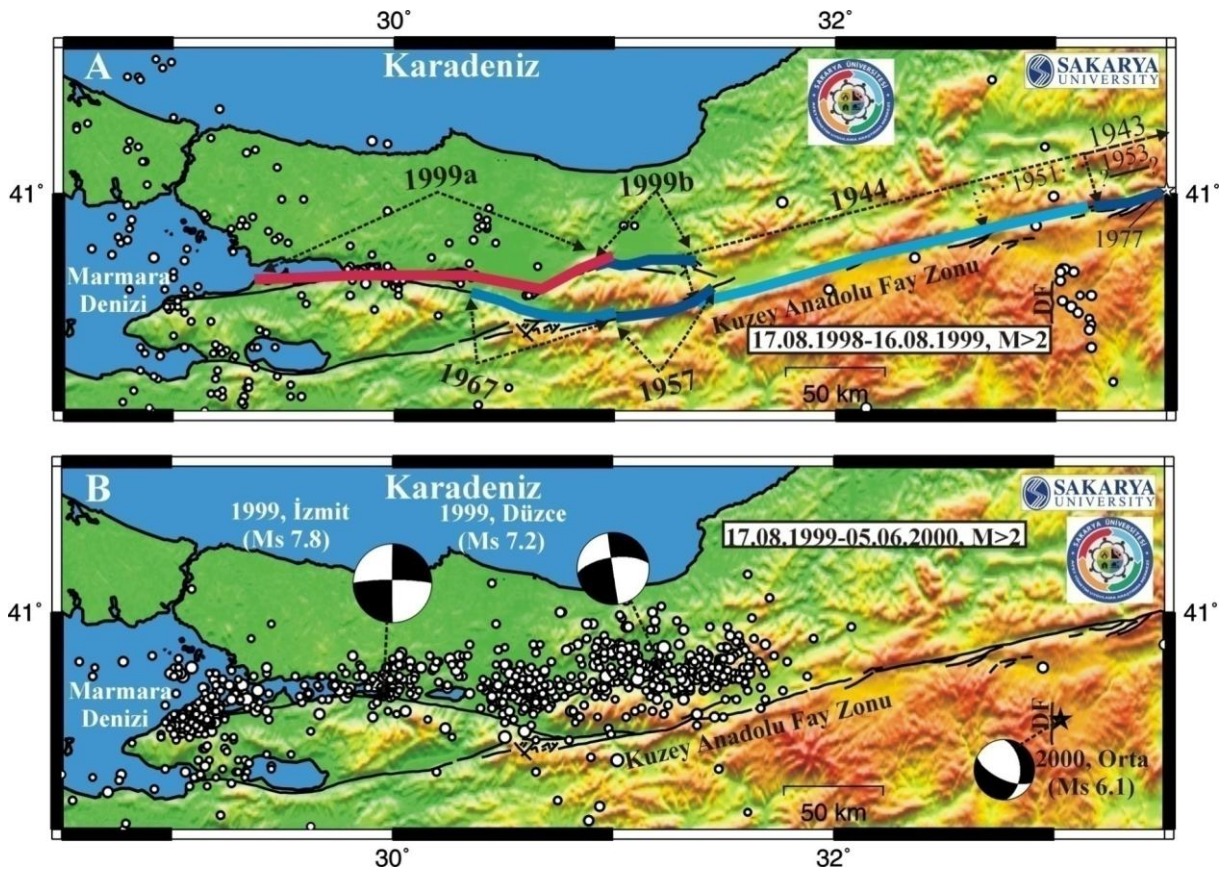
**Dr. Murat UTKUCU**

**Kasım 2022**

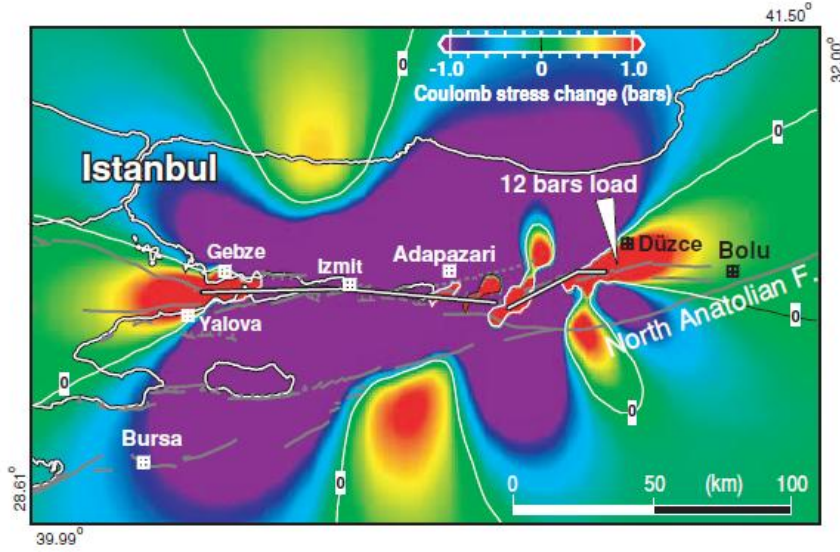
**SAKARYA**

## 23.YILINDA 12 KASIM 1999 DÜZCE DEPREMİ ( $M_W=7.1$ ) ve DÜZCE-SAKARYA BÖLGESİNDE DEPREM TEHLİKESİ ÜZERİNE

12 Kasım 1999 Düzce depremi ( $M_W=7.1$ ) Türkiye’de yüzyılın felaketi olarak nitelendirilen 17 Ağustos 1999 İzmit ( $M_W=7.5$ ) depreminden yaklaşık üç ay sonra Düzce Fayı’nın kırılması ile meydana gelmiştir (Şekil 1). Bu deprem Düzce ve Bolu illeriyle Kaynaşlı ilçesinde can kaybına ve ağır hasara yol açmıştır. 1999 İzmit depreminin Marmara denizindeki faylarda olduğu kadar Düzce Fayı üzerinde de büyük bir gerilme artışına neden olduğu (Şekil 2) ve bu fayın 200 yılı aşkın bir süredir deprem üretmediği dikkate alındığında 1999 Düzce depreminin oluşumu beklenmedik olarak değerlendirilmemiştir (Parsons vd. 2000; Utku vd. 2003).



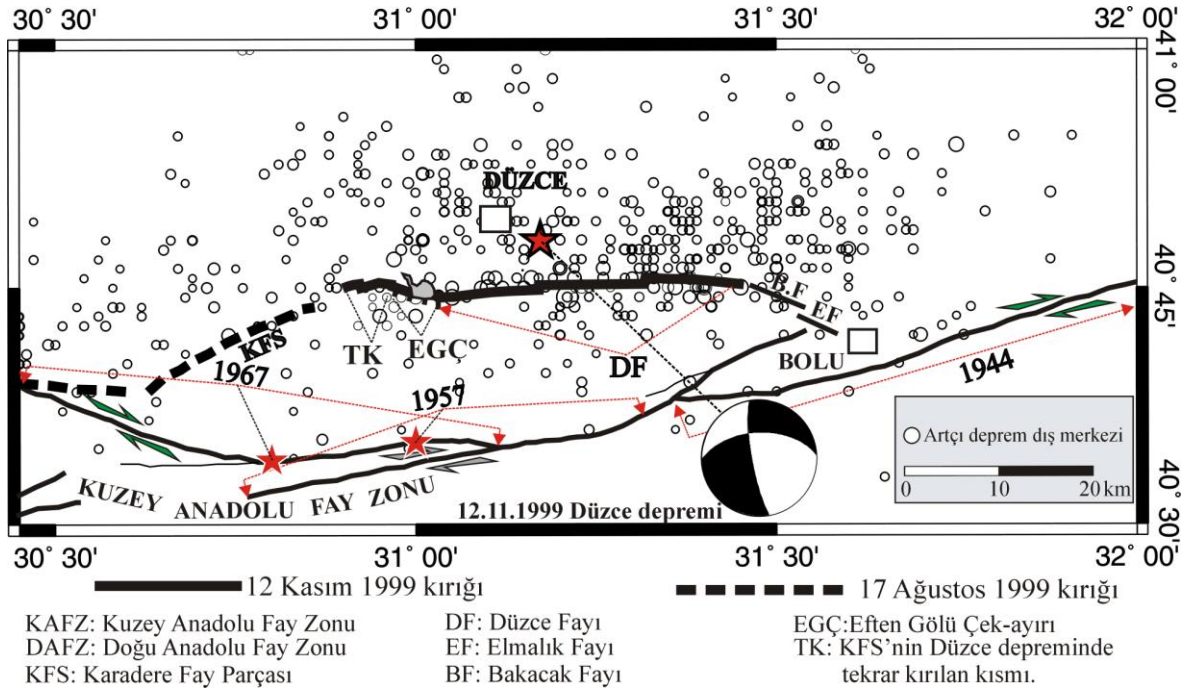
Şekil 1.a) 1999 Düzce depremi kaynak bölgesi civarında Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde oluşan büyük depremlerin yüzey kırıklarının uzanımını ve 17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri öncesi bir yıllık dönemdeki Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) kataloğundan alınan depremsellik. b) 1999 İzmit ve 1999 Düzce depremlerinin dış merkezlerini (yıldızlar), odak mekanizmalarını (siyah-beyaz toplar) ve 1999 depremleri artçılarını (KRDAE) gösteren harita.



**Şekil 2.** 1999 İzmit depreminin neden olduğu gerilme değişimlerinin dağılımı (Utkucu vd. 2003).

Düzce depremi de İzmit depremi gibi Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde meydana gelmiştir (Şekil 1). KAFZ, Bolu ili yakınlarında iki kola ayrılmaktadır (Barka, 1996). Düzce depremini oluşturan Düzce fayı batıda Karadere fay parçası ve doğuda Bakacak ve Elmalık fayları ile birlikte kuzey kolu oluşturmaktadır (Şekil 3). Karadere fay parçası 1999 İzmit depremi sırasında kırılmış olduğundan Düzce depremi bir bakıma İzmit deprem kırığının doğuya doğru bir uzantısı olarak nitelendirilebilir (Şekil 1a). Güney kol ise 1944 Bolu-Gerede ( $M_W=7.4$ ), 1957 Abant ( $M_S=7.1$ ) ve 1967 Mudurnu Vadisi ( $M_W=7.1$ ) depremleri ile kırılmıştır (Barka, 1996). Kuzey kolu 1999 İzmit ve Düzce depremlerine kadar büyük bir deprem üretmemiştir. Bundan dolayı Barka (1996) kuzey kolu oluşturan Düzce Fayı için büyük bir deprem üretme riskine değinmiş ve bu yorum 1999 Düzce depremi ile doğrulanmıştır. 1999 Düzce depremi odağı Deprem Araştırma Dairesi SABONET ağı tarafından  $40.818^\circ$  Kuzey ve  $31.198^\circ$  Doğu coğrafik koordinatlarında ve 12.5 km derinlikte verilmiştir (Zünbül vd., 2001). Depremin kaynak mekanizması çözümleri KAFZ'nun faylanma karakteri (sağ yanal doğrultu atımlı faylanma) ile uyumlu bir faylanmaya işaret etmiştir. Depremin ardından birkaçının büyüklüğü  $M \geq 5$  olan çok sayıda artçı deprem meydana gelmiştir. 1999 Düzce depremi artçı depremleri, 1999 İzmit depremi artçı depremleri ile birlikte Şekil 1b'de ve Şekil 3'de tek başına gösterilmiştir.

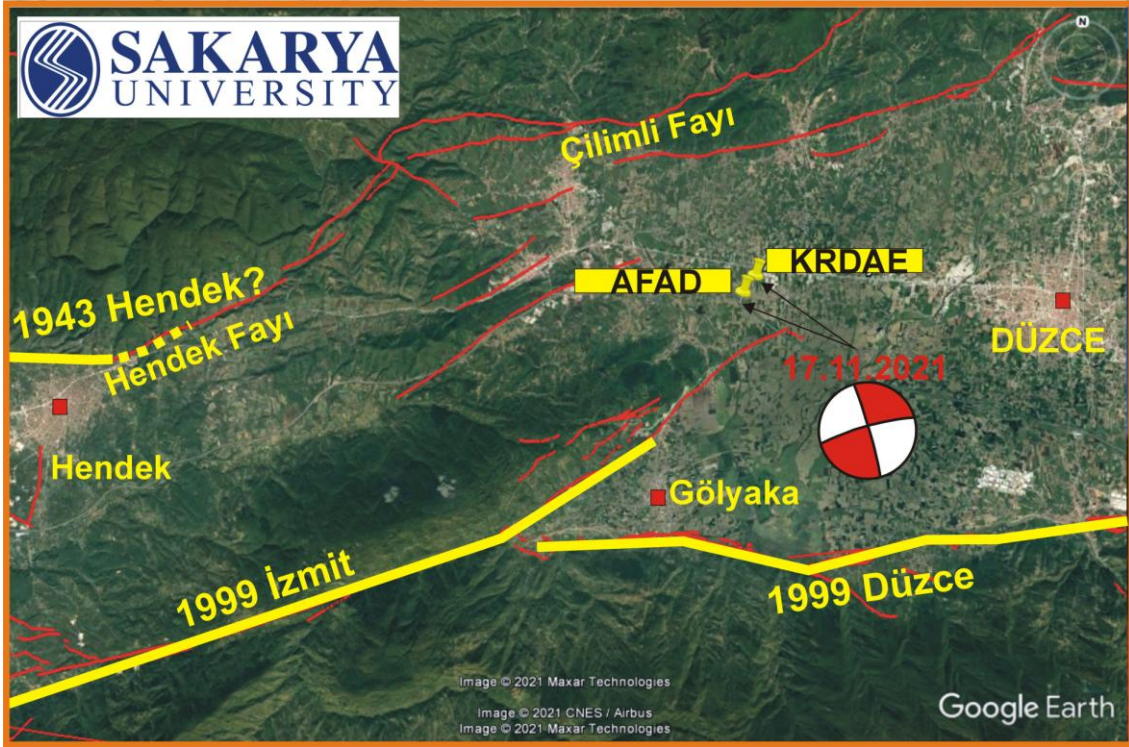
Düzce depremi batıda Gölyaka güneyinden başlayıp Kaynaşlı doğusuna kadar uzanan 40 km uzunluğunda bir yüzey kırığı oluşturmuştur (Şekil 3) (Akyüz vd., 2002). Yüzey kırığı boyunca kırılma hemen hemen tamamen doğrultu atımlıdır ve 3 alt fay parçasından oluşmaktadır (Şekil 2) (Akyüz vd. 2002). Bununla birlikte Eften Gölü çek-ayır (pull-apart) boyunca düşey yer değiştirmeler de (en büyük düşey atım 3 m) gözlenmiştir (Akyüz vd., 2002). Sağ-yanal yer değiştirme miktarı Mengencik köyü güneyinde yaklaşık 5 m civarındadır. Yüzey kırığı Kaynaşlı şehir merkezinden geçtikten sonra 5 km doğuda sona ermektedir. Kaynaşlı doğusunda gözlenen en büyük doğrultu atımlı yer değiştirme 1.5 m civarındadır.



**Şekil 3.** 1999 Düzce depremi kaynak bölgesinde Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nin uzanımını (ince siyah çizgi), kaynak mekanizma çözümünü ve deprem sonrasında 5 ay içinde Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından saptanan artçı depremleri (içi boş daireler) gösteren harita (Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Barka (1996), ve Akyüz vd., (2002)'den derlenmiştir).

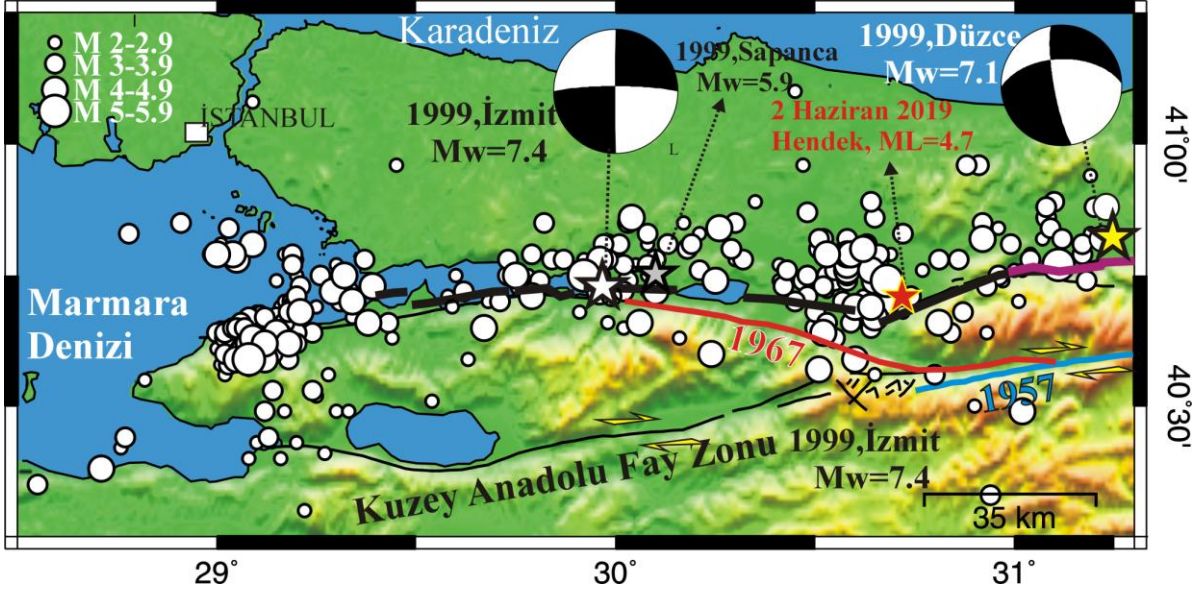
Paleosimolojik çalışmalar bölgede tarihsel dönemde de çok sayıda büyük ve yıkıcı depremin meydana geldiğini göstermiştir. Düzce Fayı üzerinde 1685-1900, 1495-1700 ve 890-1020 yılları arasında meydana gelmiş 3 büyük deprem fay boyunca açılan hendeklerde belirlenmiştir (Pantosti et al. 2008). Bu durumda Düzce Fayı için 350-400 yıl arasında değişen bir ortalama büyük deprem tekrarlanma zamanı önerilmiştir. Karadere fay segmenti üzerinde ise 1999 İzmit depremi kırığı dahil 5 depremin kırığı saptanmıştır (Dikbaş ve Akyüz 2011).

Yukarıda da değinildiği gibi Karadere fay parçası 3 ay önceki İzmit depremi sırasında kırılmış ve bu fay parçası üzerinde büyüklüğü 1.5 m'ye ulaşan atımlar gözlenmiştir (Barka vd., 2002; Hartleb vd; 2002). Düzce Fayı ile KAFZ ana uzanımı arasındaki bağlantıyı sağlayan Bakacak ve Elmalık faylarının bir deprem üretip üretmeyeceği tartışma konusudur (Şekil 3). Bu fay parçasının 1944 depreminde kırılmamış olması durumunda önemli bir deprem tehlikesi taşıyabildiğini öne sürülmüştür (Akyüz vd. 2002). Bakacak ve Elmalık fayları boyunca açılan hendeklerde son 10 bin yılda oluşmuş deprem kırıkları belirlenmiştir (Hitchcock vd. 2003). Dolayısıyla bu fayların bağımsız olarak kırılıp deprem üretmeleri olası bir durumdur.



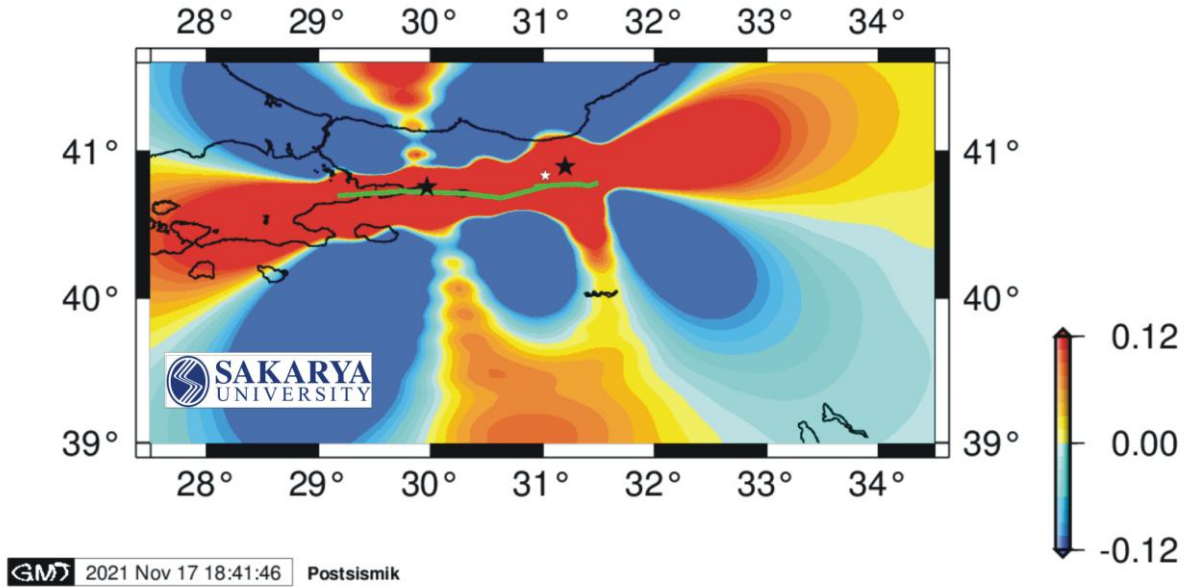
**Şekil 4.** 17 Kasım 2021 Yayakbaşı (Düzce) depreminin AFAD ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından belirlenen dış merkezi, önemli deprem kırıkları ve diri fayların uzanımları (Emre vd. 2013). Kaynak mekanizma çözümü KRDAE'den alınmıştır.

Şekil 1a'dan anlaşılacağı üzere son depremin yakın civarındaki önemli faylar yakın geçmişte kırılmıştır. Bununla birlikte, KAFZ ile bağlantılı ikincil bir fay olan Hendek fayı hakkında bilgimiz malesef kısıtlıdır (Şekil 4). Bu fay Gümüşova-Hendek-Adapazarı hattında uzanmakta ve Adapazarı Ovası içinde çökeller altında izlenememektedir. Bu fayın KAFZ'nun bahsi geçen Kuzey ve Güney Kolları'na göre daha az tehlikeli olduğu ve 1943 Hendek depremini ürettiği söylenebilir. Ancak, 1943 Hendek depreminin bu fayın ne kadarlık bir kısmını kırdığını bilmemekteyiz. Ayrıca, 1878 yılında Sapanca ve Adapazarı'nda da yıkıma yol açan depremin hangi fay üzerinde olduğu da bilinmemektedir. Bu bağlamda Hendek Fayı'nın yerbilimleri açısından araştırılması gerekliliği açıktır. Adapazarı Orhan Camisi kitabesinde, caminin 1878 ve 1943 depremlerinde yıkıldığını yazdığı bu bağlamda hatırlatılmalıdır. Ayrıca, daha uzakta Geyve-Mekece-İznik hattından geçen Güney Kol büyük olasılıkla en son 1419 depremi ile kırılmıştır. Bu fay Kuzey Kol'a göre çok daha az hareketli bir fay olmasına rağmen uzun süredir sessiz olmasıyla büyüklüğü  $M=7$  civarında olan bir depremi üretecek enerjiye sahiptir.



**Şekil 5.** 17 Ağustos 1999 İzmit ve 12 Kasım 1999 Düzce ve 2019 Hendek depremlerinin dış merkezlerini (sırasıyla beyaz, sarı ve kırmızı yıldızlar), odak mekanizmalarını (siyah-beyaz toplar), yüzey kırıklarının uzanımını (sırasıyla siyah ve bordo çizgiler) ve 1999 İzmit ve Düzce depremleri arasında kalan zamanda meydana gelen 1999 İzmit depremi artçı depremlerinin dış merkezlerini (beyaz daireler) gösteren harita. 1957 Bolu ve 1967 Mudurnu Vadisi depremlerinin yüzey kırılmaları da (mavi ve kırmızı çizgiler) gösterilmiştir.

Yukarıda anlatılanlardan anlaşılacağı üzere Düzce ve Sakarya ili içinde önemli bir deprem tehlikesi mevcuttur. Geyve-Mekece-İznik hattından geçen Güney Kol ile Hendek Fayı'nın bir kısmı hariç bu iki il sınırları içinden geçen KAFZ fay parçalarının 20.Yüzyıl içinde kırılmış oldukları da hatırlatılmalıdır. Bununla birlikte büyüklüğü M4-5 civarı depremlerin bölge içinde sürekli olma olasılıkları bulunduğu da hatırlatılmalıdır. Bu bağlamda 2 Haziran 2019 Hendek ( $M_L=4.7$ ) depremi ile 17 Kasım 2021 Yayakbaşı-Düzce depremini ( $M_W=5.0$ ) hatırlatmakta tehlike-risk farkındalığını yükseltmek açısından yarar vardır (Şekil 4 ve 5). Özellikle 2021 Yayakbaşı depremi önemli bir korku ve panik oluşturmuştur. Sakarya Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nde TÜBİTAK tarafından desteklenen "Türkiye'de Zaman Bağımlı Deprem Gerilme Etkileşimlerinin Modellenmesi ve Deprem Tehlikesi Üzerine Çıkarımlar" başlıklı yeni bir proje başlatılmış ve araştırmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda 1999 deprem kırılmaları postsismik gerilme değişimleri (Pollitz 1992, 1997) hesaplanmıştır. 2021 Yayakbaşı (Düzce) depremi kırılma düzlemi üzerinde yapılan gerilme değişimleri Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6, 2021 Yayakbaşı (Düzce) depremi kırılma düzlemi üzerinde son 22 yıl içinde 5 bar civarında artışı azalarak devam eden bir gerilme yüklemesine işaret etmektedir. Bu sonuç 2021 Yayakbaşı (Düzce) depreminin 1999 İzmit ve Düzce depremlerinden bağımsız ele alınamayacağını önermektedir. Yani 1999 depremlerinin etkisi azalarak da olsa devam etmektedir.



**Şekil 6.** 1999 İzmit ve Düzce depremleri (siyah yıldızlar) kaynaklı postsismik gerilme değişimleri hesaplanmıştır. Gerilme değişimleri 2021 Yayakbaşı (Düzce) depremi (beyaz yıldız) kırılma düzlemi üzerinde hesaplanmıştır. Kırmızı renk gerilme artışını, mavi renk gerilme azalımını göstermektedir.

1999 İzmit ve Düzce depremlerinden sonra geçen 20 yıl içinde afetlere müdahale, arama-kurtarma konusunda Türkiye’de önemli gelişmeler sağlandığı gerek yazılı ve görsel yayınlardan ve yapılan saha gözlemleri sırasında fark edilmiştir. 2009 yılında çıkarılan 5902 sayılı yasa ile oluşturulan ve günümüzde İçişleri Bakanlığı’na bağlı olarak faaliyet gösteren Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ile yeni bir afet yönetim modeli uygulamaya konularak öncelik afet sonrası “**Kriz Yönetimi**”nden afet öncesi “**Risk Yönetimi**”ne verilmiştir. Gözlenen afet müdahalesi ve koordinasyonu ve arama-kurtarma ekiplerinin profesyonelliği Kriz Yönetimi konusunda başarıyı gösterirken, AFAD’ın kurulması, arama-kurtarma ekiplerinin yetiştirilmesi ve müdahale planlarının mevcudiyeti de Risk Yönetimi hususunda ilerlemeler olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte büyüklüğü  $M=6.0$ ’dan küçük depremlerde yıkılan ve hasar gören binaların görülmesi, deprem afet sigortalamasının istenen seviyelere ulaşmaması, deprem anında pencereden atlayan vatandaşlarımızın varlığı (A.A., 2022) gibi hususlar deprem zararlarının azaltılması yani Risk Yönetimi konusunda alınacak daha çok yol olduğunu göstermektedir. Unutulmamalıdır ki Deprem Risk Yönetimi konusunda sadece devletin sorumluluğu değil hepimizin sorumluluğu vardır.

## KAYNAKLAR

- Akyüz, H. S., Hartleb, R., Barka, A., Altunel, E., Sunall, G., Meyer, B., and Armijo, R., 2002. Surface rupture and slip distribution of the 12 November 1999 Düzce earthquake (M 7.1), North Anatolian Fault, Bolu, Turkey. *Bulletin of Seismological Society of America*, 92(1), 61-66.
- A.A. (2022). Anadolu Ajansı, <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/izmirdeki-depremde-balkondan-atlayan-genc-vefat-etti/2729851>
- Barka, A. 1996. "Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with large earthquakes of the period 1939-1967", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 59, 521-589.
- Barka, A., and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics*, 7, 663-684.
- Barka, A., Akyüz, H. S., Altunel, E., Sunal, G., Çakır, Z., Dikbaş, A., Yerli, B., Armijo, R., Meyer, B., Chabaliier, J. B., Rockwell, T., Dolan, J. R., Hartleb, R., Dawson, T., Christofferson, S., Tucker, A., Furnal, T., Landridge, R., Stenner, H., Lettis, W., Bachhuber, J., and Page, W., 2002. The surface rupture and slip distribution of the 17 August 1999 İzmit earthquake
- Dikbaş, A., Akyüz, H. S (2011) Palaeoseismological Investigations on the Karadere Segment, North Anatolian Fault Zone, Turkey *Turkish Journal Of Earth Sciences* 20(4):395-409
- Emre Ö, Duman T Y, Özalp S, Elmacı H, Olgun Ş, Şaroğlu Ş (2013) Active fault map of Turkey with explanatory text 1:1.250.000 scale. *General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-30*, Ankara, Turkey. ISBN: 978-605-5310-56-1.
- Hartleb, R. D., Dolan, J. F., Akyüz, H. S., Dawson, T. E., Tucker, A. Z., Yerli, B., Rockwell, T.K., Toraman, E., Çakır, Z., Dikbaş, A., and Altunel, E. 2002. Surface rupture and slip distribution along the Karadere segment of the 12 November 1999 Düzce, Turkey, earthquakes. *Bulletin of Seismological Society of America*, 92, 67-78.
- Hitchcock C. Et al. (2003). Timing of Late Holocene Earthquakes on the Eastern Düzce Fault and Implications for Slip Transfer between the Southern and Northern Strands of the North Anatolian Fault System, Bolu, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol. 12,2003, pp. 119-136.
- Pantosti, D., S. Pucci, N. Palyvos, P. M. De Martini, G. D'Addezio, P. E. F. Collins, and C. Zabcı (2008), Paleoeearthquakes of the Düzce fault (North Anatolian Fault Zone): Insights for large surface faulting earthquake recurrence, *J. Geophys. Res.*, 113, B01309, doi:10.1029/2006JB004679.
- Parsons, T., Toda, S., Stein, R.S., Barka, A., Dieterich, J.H. 2000. "Heightened odds of large earthhquakes near İstanbul: An interaction-based probability calculation", *Science*,288:661-665.
- Pollitz, F.F., 1992. Postseismic relaxation theory on the spherical earth. *Bulletin of the Seismological Soceity of America*. 82, 422-453.
- Pollitz, F.F., 1997. "Gravitational viscoelastic postseismic relaxation on a layered spherical " Earth. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 102(B8), 17921-17941.



- Utkucu, M., Nalbant, S., McClusky, J., Steacy, S., and Alptekin, Ö., 2003. Slip distribution and stress changes associated with the 1999 November 12, Düzce (Turkey) earthquake ( $M_w=7.1$ ). *Geophysical Journal International*, 153, 229-241.
- Zünbül, S., Karakısa, S., Üretürk, N., Altın, N. ve Türkođlu, M., 2001. 12 Kasım 1999 Düzce depremi ( $M_w=7.2$ ) Sabonet artçı deprem çalışmaları. *Jeofizik Bülteni*, 38, 82-85.