

PAZARCIK (KAHRAMANMARAŞ) DEPREMİ — Mw 7,7 · 06.02.2023

SİSMOLOJİK DEĞERLENDİRME RAPORU

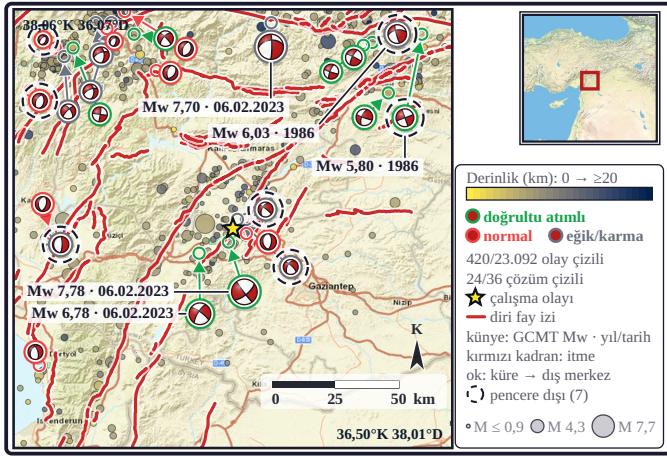
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Sismoloji Arşivi · 2026 · Olay: 06.02.2023

ÖZET — 06.02.2023 tarihinde Pazarcık (Kahramanmaraş) çevresinde Mw 7,7 büyüklüğünde, 8,6 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (37,2773°K, 37,0400°D). Çalışma olayından 9,1 saat sonra, 83 km uzakta ondan küçük olmayan bir deprem (Mw 7,7) kaydedilmiştir; bu ölçütle çalışma olayı dizisinin tek en büyük olayı değildir. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü ($M_0 = 5,799 \times 10^{20}$ N·m; Mw 7,78) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000jllz, sismik momentin %65,9'unu hiposantrın kuzeydoğu yanında gösterir (baskın yönlü kırılma); modeldeki en büyük kayma 11,2 m'dir. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde, $M_c = 1,8$ tamlik eşiğinin üzerinde $b = 0,92 \pm 0,03$ vermektedir ($N = 1,305$). Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 86 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlik eşiğinde ($M \geq 2,0$), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 62 katıdır (%95 güven aralığı 59–66). Kayıtların %46'sının (10.547/23.092) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir; bu değer derinlik çözümüyle sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılan olduğundan derinlik istatistikleri bu yığının etkisi altındadır. Bulgular, mevcut katalog ve model varsayımlarının sınırları içinde betimleyicidir; deprem tahmini içermez.

Anahtar kelimeler: Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi, Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi, deprem dizisi, moment tensörü, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 7.7 occurred near Pazarcık (Kahramanmaraş) on 6 February 2023 at a focal depth of 8.6 km (37.2773°N, 37.0400°E). An earthquake of equal size (Mw 7.7) was recorded 9.1 hours after the study event, 83 km away; by this criterion the study event is not the only largest event of its sequence. The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution ($M_0 = 5.799 \times 10^{20}$ N·m; Mw 7.78) corresponds to left-lateral strike slip on nodal plane NP1 and to right-lateral strike slip with a normal component on NP2. The preferred slip model, USGS finite-fault model us6000jllz, places 65.9% of the seismic moment on the northeast side of the hypocentre (predominantly unilateral rupture); its peak slip is 11.2 m. Above the completeness magnitude $M_c = 1.8$, the frequency–magnitude distribution of the pre-event period gives $b = 0.92 \pm 0.03$ ($N = 1,305$). Within 86 km and at $M \geq 2.0$, the 90-day post-event rate is about 62 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 59–66). Of the records, 46% (10,547/23,092) have a depth of 7.0 km when rounded to 0.1 km, the agency default assigned when the depth is fixed rather than resolved; the depth statistics are affected by this cluster of fixed-depth records. The findings are descriptive within the limits of the available catalogue and of the model assumptions stated in the text; no forecast is implied.

Keywords: Pazarcık (Kahramanmaraş) earthquake, East Anatolian Fault Zone and the 2023 Kahramanmaraş sequence, earthquake sequence, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion.



Şekil 1. Harita 23.092 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 36 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindedir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır ($n = 57$). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir; kırmızı kadranlar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 5 çözüm künyelidir (öbür 19 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) kataloğundaki moment büyüklüğünü (Mw) ve yılını (çalışma penceresi içindeki çözümlerde tarihini) verir; bu büyüklük gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. İnce çizgi künyeyi küresine, ok küreyi çözümün dış merkezine bağlar. Kesikli halkalı kürelerin tarihi çalışma penceresinin dışındadır (faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: AFAD · ISC · EMSC · USGS · GFZ · GSI).

GİRİŞ

Bu çalışma, 06.02.2023 tarihinde Pazarcık (Kahramanmaraş) çevresinde meydana gelen Mw 7,7 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 23.092 olaylık birleşik çok kaynaklı deprem kataloğuna ve olayın Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümüne dayanmaktadır; raporlanan her çözümleme önceden tanımlı veri yeterliliği, ölçek/geçerlilik, istatistiksel güç ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı ölçütlerinden geçirilmiştir. Amaç, olayın kaynak parametrelerini, dizi istatistiğini ve bölgesel bağlamını ölçülen büyüklüklerle betimlemektir.

Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

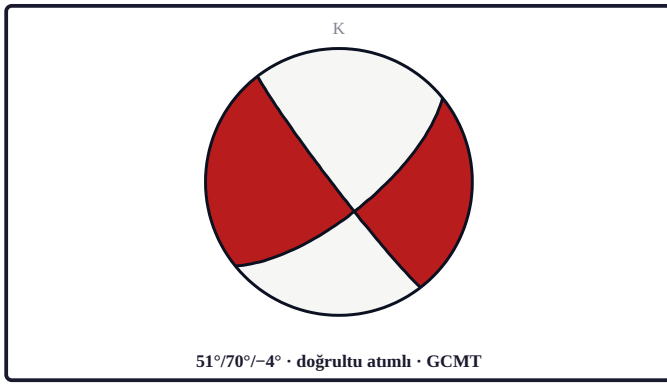
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	06.02.2023 01:17:32	AFAD hiposantrı
Dış merkez	37,2773°K · 37,0400°D	AFAD hiposantrı
Odak derinliği	8,6 km	AFAD
Büyüklük	Mw 7,7	AFAD (hiposantrı veren kurum) ^a
Sismik moment M_0	$5,799 \times 10^{20}$ N·m	GCMT skaler moment M_0 · Mw 7,78
Nominal ısıtın enerji E	$2,9 \times 10^{16}$ J	M_0 'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği, istasyon sayısı, azimut boşluğu	yok	AFAD yayımlamamıştır
Varış artığı (RMS)	1,92 s	AFAD bildirimi
b değeri	$0,92 \pm 0,03$	Aki (1965), en büyük olabilirlik ^b
Kutu yayılımı (%95)	$183,1 \times 130,0$ km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu yayılımı (%95; çekinceli)	en az $178,0 \times 125,4$ km	uzun × kısa eksen · izleyen olay bulutu · seçim yarıçapıyla (86 km) sınırlı alt sınır
Mekanizma (NP1)	$51^\circ/70^\circ/-4^\circ$	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

Not: a) Büyüklük türü Mw: moment büyüklüğü; kurum hesap yöntemini bildirmemiştir. b) b değeri: çalışma olayı öncesi dönem; $M_c = 1,8$ (azami eğrilik), $N(\geq M_c) = 1.305$.

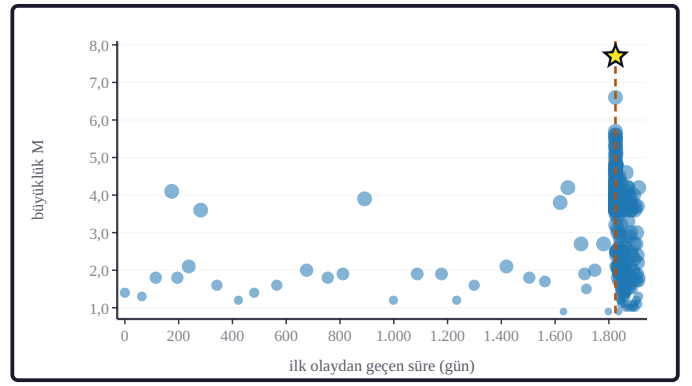
Olay künyesi ve temel parametreler Tablo 1'de, kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr Tablo 2'de verilmiştir.

TEKTONİK ÇERÇEVE

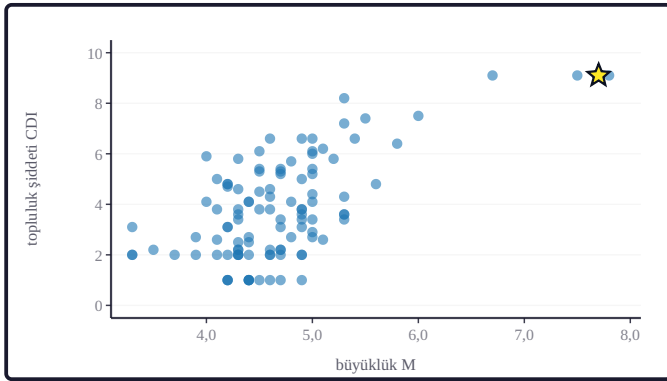
Çalışma alanı, Anadolu ve Arabistan levhaları arasındaki sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindedir; fayın geometrisi, segmentasyonu ve sıçrama yapıları jeolojik haritalama ile tanımlanmış (Duman ve Emre, 2013), güncel sismotektoniği ve segment kayma hızları aletsel sismolojik ve jeodezik verilerle belgelenmiştir (Güvercin vd., 2022). 6 Şubat 2023 tarihinde bu zonda dokuz saat arayla Pazarcık ve Elbistan depremleri meydana gelmiştir.



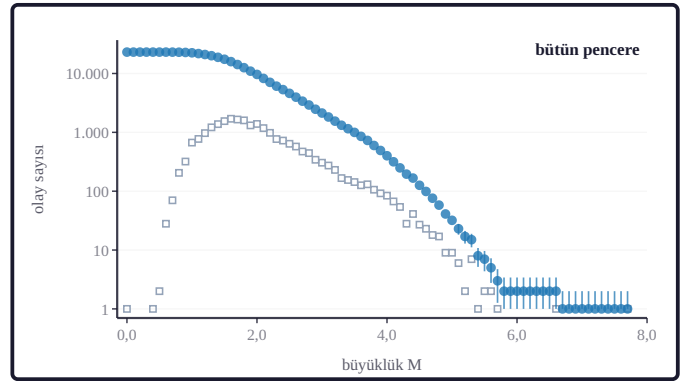
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; kırmızı kadranslar P dalgasının ilk hareketinin itme olduğu bölgelerdir; sıkışma (P) eksenini beyaz kadransların, gerilme (T) eksenini kırmızı kadransların ortasındadır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 23.092 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay çalışma olayıdır (Mw 7,7); çalışma olayı öncesi dönemde $M_c = 1,8$ üstünde 1.305 olay vardır. Büyüklük–zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), dikey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçektir; turuncu kesikli dikey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).



Şekil 2c. Bölgedeki depremlerin topluluk şiddeti (CDI) büyüklüklerine karşı çizilmiştir; yıldız çalışma olayının bildirim kayıdır (veri: USGS “Did You Feel It?” [DYFI]; yöntem: Atkinson ve Wald, 2007).



Şekil 2d. Çalışma olayı öncesi dönemde $M_c = 1,8$ (azami eğrilik + 0,2) üstündeki 1.305 olaydan $b = 0,92 \pm 0,03$ kestirilmiştir. Gutenberg–Richter büyüklük–frekans dağılımı: dolu daireler kümülatif sayımı $N(\geq M)$, açık gri kareler her büyüklük aralığındaki artımsal sayımı verir; ince dikey çubuklar $N \leq 30$ olan aralıklarda $\sqrt{N}$ Poisson belirsizliğidir. Çizilen dağılım bütün pencereye aittir; çalışma olayı öncesi dönemin uyum doğrusu bu nedenle çizilmemiştir (dağılım: Gutenberg ve Richter, 1944).

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment

$$M_0 = 10^{1,5 \cdot M + 9,1} \text{ N} \cdot \text{m}$$

Hanks ve Kanamori (1979); sabit: Kanamori (1977)

(2) Işınan enerji

$$\log_{10} E = 1,5 \cdot M + 4,8 \text{ (J)}$$

Gutenberg ve Richter (1956)

(3) Büyüklük–frekans

$$\log_{10} N(\geq M) = a - b \cdot M$$

Gutenberg ve Richter (1944)

(4) Gerilme düşümü

$$\Delta\sigma = C \cdot M_0 / (W^2 \cdot L); C = 2/\pi \dots 4/\pi$$

Kanamori ve Anderson (1975)

Şekil 2a–2d: Koyu kadranslar P dalgasının ilk hareketinin itme, açık kadranslar çekme olduğu bölgelerdir; gerilme (T) eksenini koyu kadransların, sıkışma (P) eksenini açık kadransların ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %96’dır. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımında iki düzlem dalga alanında özdeşdir; büyük depremlerde sonlu fay çözümleri ve bağımsız geometri kanıtları (artçı uzanımı, oturtulan düzlem) düzlemi kısıtlar; gerilme kararsızlığı ise gerilme alanına dayanan ayrı türden bir ölçüttür. Ortalama büyüklük M 1,95, ortalama M 1,8’dir (tam katalog; Şekil 2b). Serimin dikey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,5 altında, dörtte biri M 2,3 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,8 büyüklük birimidir. Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşliğinin altında kalır; bu olayların zaman içinde seyrekleşmesi yalnız gerçek bir sakinleşmeden değil, ağ duyarlılığındaki değişimden de kaynaklanabilir; bu nedenle serim, eşik üstü alt kümeyle kurulan istatistiklerin yerine geçmez. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 105 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kayıdır (Şekil 2c). Çalışma olayının topluluk şiddeti bölge bulutundaki en yüksek değerdir. CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. Pencerenin tamlığı tekdüze olmadığından tamlık eşliği ve b değeri çalışma olayı öncesi dönemden kestirilmiştir; çalışma olayını izleyen kayıtlar bu örneklemin dışındadır (Şekil 2d).

Çalışma olayı öncesi dönemde benimsenen tamlık eşliğinin üstünde gözlenen kümülatif dağılım, uydurulan üstel yasayla %96,0 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği).

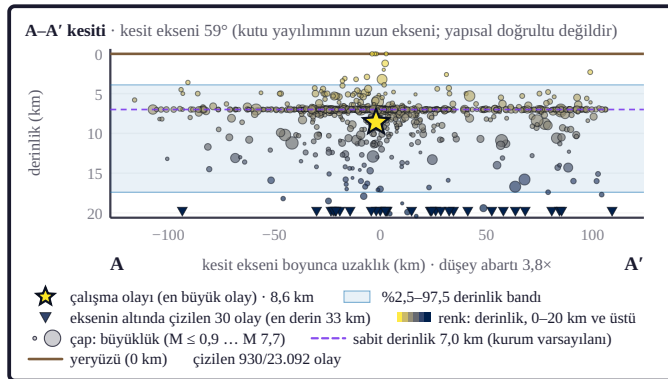
TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

Bölgenin aletsel dönem öncesi büyük depremleri ve dönemsel suskunluk davranışı tarihsel katalog çalışmalarında değerlendirilmiştir (Ambraseys, 1989).

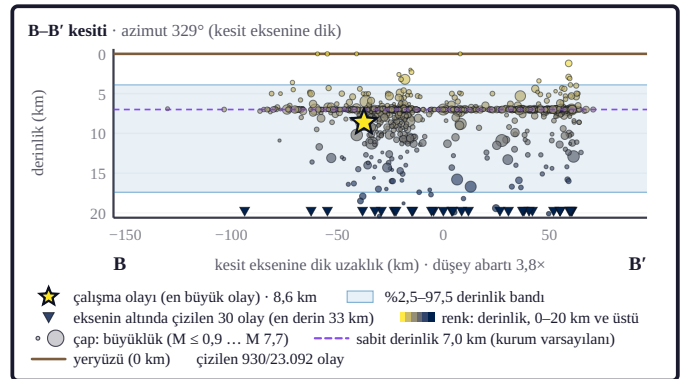
Kullanılan diri fay veri tabanında (Türkiye Diri Fay Haritası, MTA TDFH-2026) dış merkeze en yakın adlı fay izleri şunlardır: Doğu Anadolu Fay Zonu’na bağlı fay parçası (3,5 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Ölü Deniz Fay Zonu’na bağlı fay parçası (5,4 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Bağbaşı Fayı (18 km). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Anadolu–Arabistan levha sınırıdır ve 22 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay sığ odaklı ($h < 70$ km) bir depremdir (odak derinliği 8,6 km).

Kurum ürünü USGS STREC tektonik sınıflaması (ShakeMap sürüm 19, 03.09.2025) olayı aktif kabuk bölgesinde saymaktadır (olasılık %100).

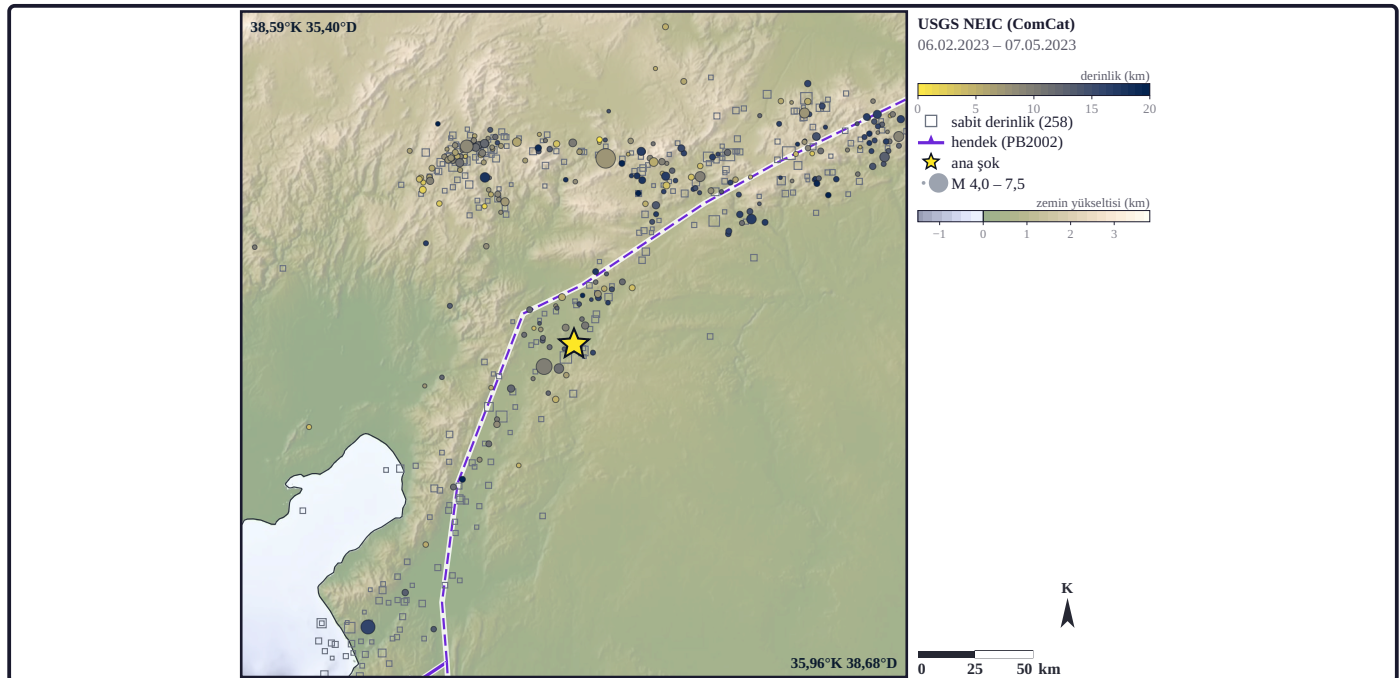
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



Şekil 3a. Olayların %95'i 3,9–17,4 km derinlik bandındadır; ortalanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 7,3 km). A–A' kesiti olayları kesit eksenine (kutu yayılımının uzun eksenine) boyunca uzanan düzlemlerle izdüşürülmüştür. Sarı yıldız çalışmaya olaydır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır; kataloğun en derin kaydı (300 km) kurumun bildirdiği yuvarlak bir değerdir. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A–A' ve B–B' kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik eksenineyle çizilmiştir (izdüşüm); çalışmaya kutusundaki olayların çizim örnekleme; derinlikler kataloğ hiposantrlarıdır).



Şekil 3b. B–B' kesiti olayları kesit eksenine dik düşey düzleme izdüşürür. İmler, renk ölçeği ve iki eksenin ölçeği A–A' kesitiyle aynıdır; düşey abartı iki kesitte eşittir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örneklemleri).



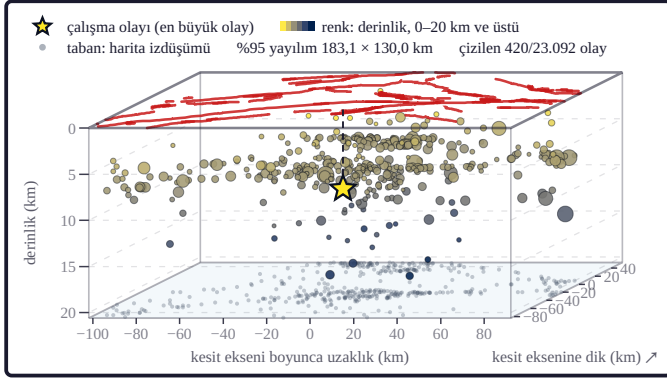
Şekil 3c. Noktalar USGS NEIC (ComCat) kataloğunun kendi raporlarıdır: çalışma olayından sonraki 90 gün (06.02.2023 – 07.05.2023), dış merkezin artçı yarıçapı kutusu, $n = 496$; boyut büyüklüğe göre; renk derinliktir (0–20 km; 3 olay daha derin, en koyu renkte); içi boş gri kareler kurulum sabit derinlik değerlerindeki raporlardır (10 / 35 km; 258 olay, %52) — bu derinlikler ölçülmüş değildir; 2017 yıldız çalışma olayının dış merkezidir; sabit olmayan derinliklerin ortancası 11,0 km (çeyrekler 7,4–15,2 km) (katalog: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; levha sınırı: Bird, 2003; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışın olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Cramer, 2018]).

Şekil 3a–3c: A–A' kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 183,1 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (%2,5–97,5) 3,9–17,4 km'dir (tam katalog ortancası 7,0 km; Şekil 3a). Derinlik eksenli katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,41, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dür; bulutun uzama oranı kadrājını belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,41) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrājın geometrisidir ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3b). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılamaz. USGS NEIC (ComCat) kataloğunda çalışma olayından sonraki dönemde kutuda 496 olay vardır; bunların 258 tanesi kurumun sabit derinlik değerlerindedir (Şekil 3c). Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A2'de verilmiştir.

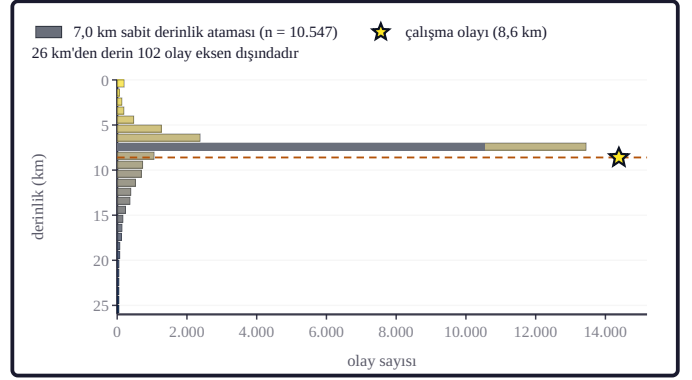
VERİ VE YÖNTEM

Katalog, olay merkezli kutuda 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde kaydedilmiş 23.092 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 19.686, ISC 3.240, EMSC 129, USGS 16, GFZ 15, GSI 5, NOA 1. Büyüklük türü dağılımı: ML 22.452, Mw 546, mb 77, türü belirtilmemiş 16, MS 1. Çalışma alanı $172,7 \times 172,7$ km (≈ 29.800 km²) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = $111,32 \cdot \cos \varphi$ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri $36,496^\circ\text{K}$ – $38,058^\circ\text{K}$ ve $36,065^\circ\text{D}$ – $38,015^\circ\text{D}$ koordinatlarındadır. Bu rapor, olaydan 1.400 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 güne sınırlıdır. Katalog sorgusu 22.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

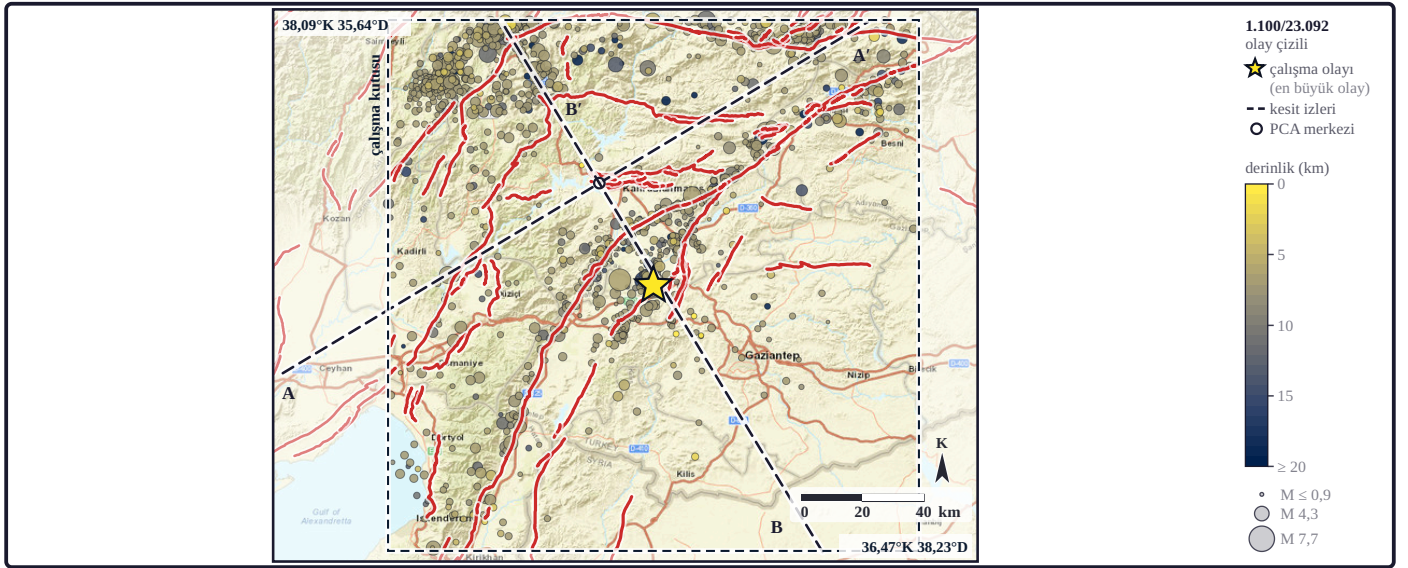
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM)



Şekil 4a. Yatay eksen kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca, sağ üstte kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik eksenini kesitlerle ayırır. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; yıldızdan üst yüze çıkan kesikli çizgi olayın yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinet izdüşümü; üç eksen ayrı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).



Şekil 4b. Tam katalogta derinlik değeri taşıyan 23.092 olayın %87'si ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sığ sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.



Şekil 4c. Derinlik renkli harita 23.092 olaylık katalogdan 1.100 olayı gösterir. Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; kesikli A-A' ve B-B' doğruları kesitlerin harita izleridir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur; kutunun dışı sorgulanmamıştır, oradaki fay izleri bağlam içindir).

Şekil 4a-4c: Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,07'dir; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 4a). Bloktaki yoğunlaşmalar, etkinliğin tek bir düzlem üzerinde mi yoksa birden çok parça üzerinde mi geliştiğini görsel olarak ayırt etmeye yarar; kesitlerdeki iki boyutlu izdüşümde üst üste düşen kümeler burada ayrışabilir. Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 4b). Derinliği bilinen 23.092 kaydın 20.038 tanesi (%87) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 13.446 olayla 7-8 km aralığındadır; bu çubuktaki 10.547 kayıt 7,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 23.092 kaydın 20.038 tanesi 10 km ve daha sığ, 3.054 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 4c). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır.

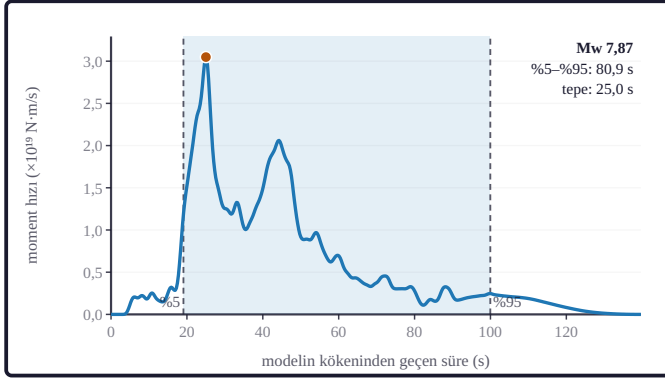
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Birleşik katalog okunurken veri tabanı değiştirilmeden bir onarım uygulanmıştır: aynı kurumun birbirinden 60 s'den uzak iki ayrı olay kimliğini taşıdığı hâlde birleştirmede tek kayda indirgenmiş satırlar ayrı olaylara bölünmüştür. Bu onarım pencereye 2.908 olay eklemiştir; bunların 2.685'i çalışma olayından sonradır ve en büyüğü 06.02.2023 10:30:27 UTC'de gerçekleşen ML 4,8 büyüklüğündeki olaydır (ISC raporu). Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta \text{konum} \leq 70$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta \text{konum} \leq 60$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 1.850 kayıt düşürülmüştür; çıkan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (yurt içinde ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir.

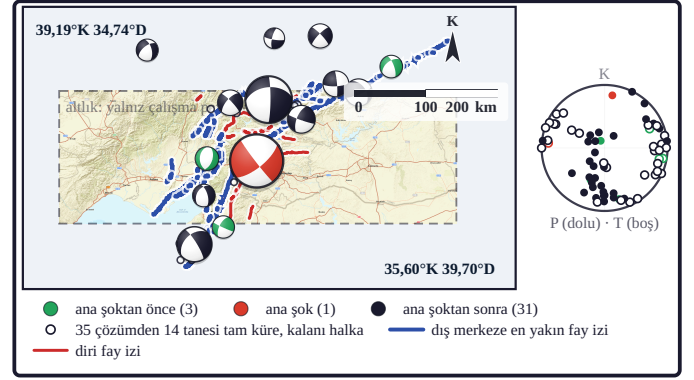
Tüm istatistikler tekilleşmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır. Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \geq 2,0$) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla (kurum sayısı olayın katalogdaki bütün satırlarından sayılır) $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km ve büyüklük farkı $-0,5$ ile $+1,5$ arasında eşleşen 76 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 4 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanmadığından istatistiklere alınmamıştır. Eşi bu ölçütlerle katalogta bulunamayan 2 uzak ağ kaydı aynı ölçütle USGS ComCat olay hizmetinde de aranmış; gözden geçirilmiş bir USGS çözümüyle eşleştiği için katalogta bu USGS çözümüyle tutulmuştur (USGS ComCat, U.S. Geological Survey, 2017; gözden geçirilmiş çözüm; sorgu tarihi 22.10.2026). Böylece sorgudan dönen 25.022 kayıttan 1.930'u ayıklanmış ve çözümleme 23.092 olayla yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: Mw 7,7 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Moment ve enerji toplamlarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 546 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 22.546 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplam bu etiketle verilmiştir.

Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

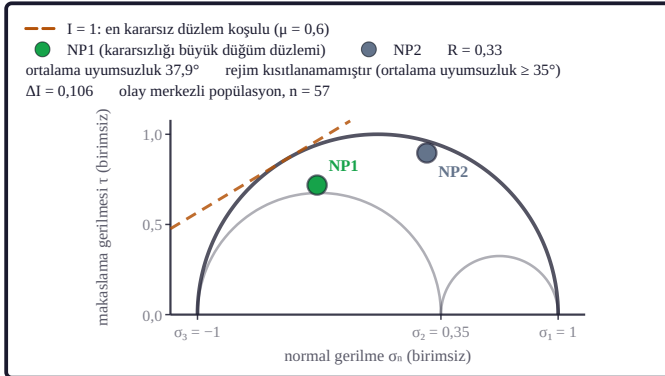
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



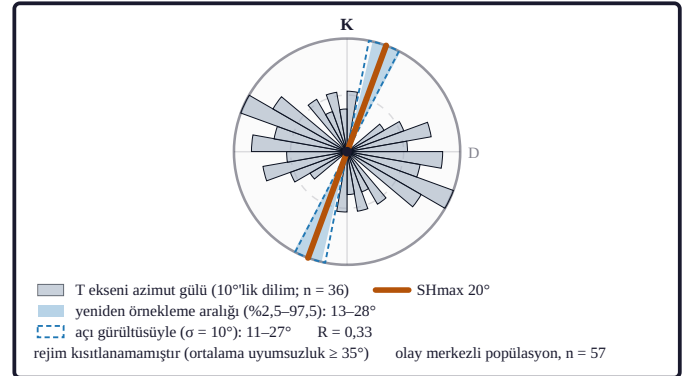
Şekil 5a. Eğri USGS sonlu fay modelinin (sürüm 4; gözden geçirilmiş ürün; 21.02.2023) moment hızı fonksiyonudur; zaman modelin kendi kökenine göre; modelin toplam sismik momenti $M_0 = 7,92 \times 10^{20}$ N·m, M_w 7,87; gölgeli bant birikimli momentin %5'ine (19,1 s) ve %95'ine (100,0 s) ulaşılan anlar arasıdır; aradaki süre (moment salınıminin %90'ının gerçekleştiği süre) 80,9 s'dir; dolu daire en büyük moment hızıdır: $3,0 \times 10^{19}$ N·m/s, 25,0 s'de; eğri ters çözümün model çıktısıdır, ölçülmüş bir zaman serisi değildir (kurum ürünü: USGS sonlu fay modeli [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Ji vd., 2002).



Şekil 5b. Arama penceresinin (çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 269 km yarıçap) odak mekanizması haritasında her odak küresi bir moment tensörü çözümüdür. M_w , çözümü yayımlayan kurumun moment tensörü büyüklüğüdür ve gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. Küre rengi çalışma olayına göre zamanı (yeşil önce, kırmızı çalışma olayı, siyah sonra), çapı büyüklüğü taşır. Küreler alt yarıküre eşit alan izdüşümündedir; mavi çizgi dış merkeze en yakın fay izi, ince kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir. Zaman sınıfları bir pencere kuralından gelir ve bir yorum değildir. Arama penceresi raporun analiz penceresinden farklıdır (moment tensörleri ve M_w : Global CMT, Ekström vd., 2012; izdüşüm: Lambert alt yarıküre eşit alan).



Şekil 5c. Gerilme inversiyonunun normalleştirilmiş Mohr diyagramında yatay eksen normal gerilme σ_n , dikey eksen makaslama gerilmesi τ 'dur. Üç yarım çember asal gerilmelerle kurulan gerilme durumunu, turuncu kesikli doğru μ sürtünme katsayısıyla tanımlı en kararsız düzlem koşulunu (kararsızlık indeksi $I = 1$) gösterir; iki nokta çalışma olayının iki düğüm düzleminin (σ_n, τ) konumudur ve doğruya yakın olan düzlem bu gerilme alanında kaymaya daha yakındır. Şekil oranı R , ortalama kayma yönü uyumsuzluğu ve iki düzlemin kararsızlık farkı ΔI lejantıdır (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü).



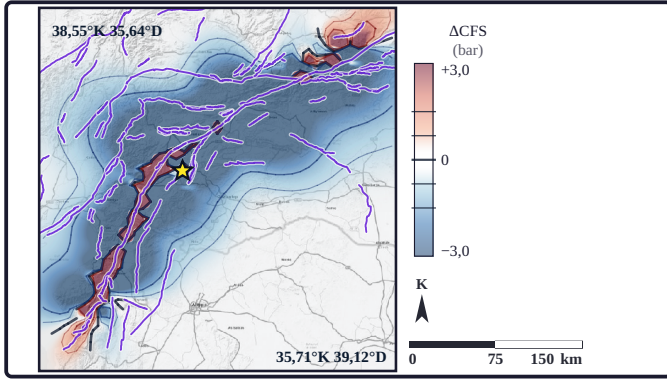
Şekil 5d. Çekinceli çözüm: $SH_{max} = 20^\circ$; rejim sınıfı kısıtlanamamıştır (uyumsuzluk 35° tek tensör sınırının üstünde; olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SH_{max} azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına $\sigma = 10^\circ$ 'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersinimin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin T eksen (uzama) azimut güldür (10° 'lik dilimler; yarıçap sayının kareköküyle orantılı); kümede salt çoğunlukta bir sınıf bulunmadığından P eksen gülü çizilmemiştir. İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejantıdır (SH_{max} yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).

Şekil 5a–5d: Modelde ortalama kırılma hızı 1,51 km/s, ortalama yükselme süresi 17,5 s'dir (Şekil 5a). Arama penceresindeki zaman sınıfları (çalışma olayından önce, çalışma olayı, çalışma olayından sonra) çözümün yalnız çalışma olayına göre zamanını bildirir ve bir pencere kuralından gelir; çalışma olayından önceki bir çözümün öncü deprem olduğu anlamına gelmez (Şekil 5b). Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir; değerler çekinceli çözümlemeler çizelgesindeki gerekçeyle birlikte okunmalıdır (Şekil 5c). Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° açı gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayıma bağlıdır (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 4'te, mekanizma dizisi Tablo 5'te, USGS moment tensörü çözümlerinin karşılaştırması Tablo 6'da, kayma modellerinin kaynak parametreleri Tablo 7'de verilmiştir.

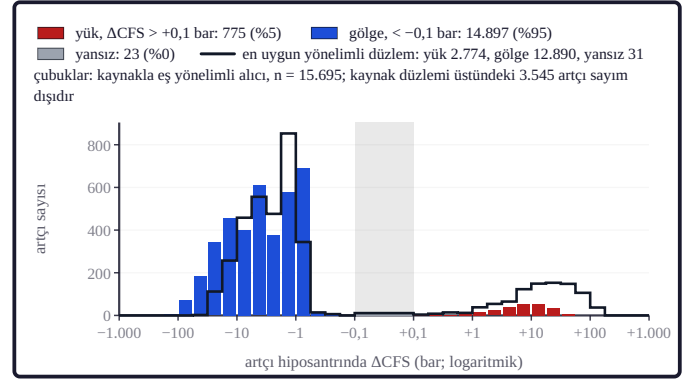
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Konum kalitesi alanları — varış artışı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve dikey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogta taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %46'sının derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (10.547/23.092); bu değer, derinlik çözülemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %48'ini oluşturmaktadır (11.139/23.092); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposantr bulutuna düzlem uydurması raporlanmamıştır; gerekçesi ekteki raporlanmayan çözümlemeler çizelgesindedir.

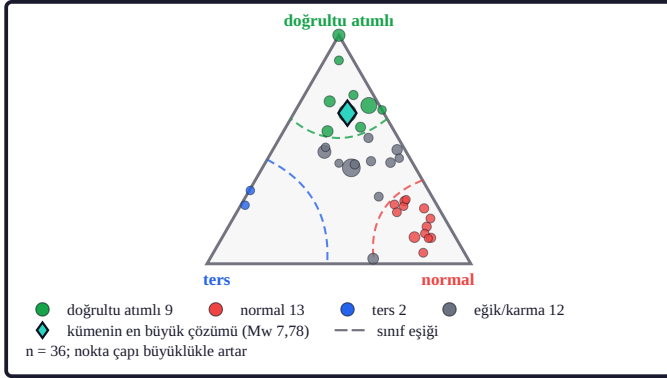
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



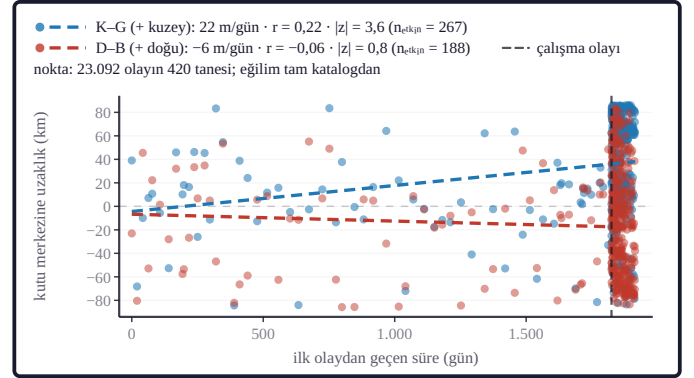
Şekil 6a. Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; $\pm 3,0$ bar). ΔCFS USGS NEIC kaynağının 647 yamasından kaynakla eş yönelimli alıcıda ($s/d/r = 28^\circ/85^\circ/-1^\circ$), 9,7 km derinlikte, $\mu' = 0,40$ ile hesaplanmıştır. Yıldız dış merkezdir; çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Mor çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir; altı gri tonludur, renkler yalnız ΔCFS 'indir (ΔCFS : Okada, 1992; King vd., 1994; altlık [gri tonlu]: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community; diri faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).



Şekil 6b. Coulomb nokta sınaması, izleyen olayların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışını, mavi çubuklar gerilme düşüşünü, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir; çizgi en uygun yönelimli düzlem için aynı dağılımdır (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa: Hardebeck vd., 1998; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).



Şekil 6c. Çekinceli sayım: 36 çözümün %36'sı normal sınıftadır (%95 Wilson aralığı %17–61; 15 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşliğinin altında kaldığından tek sınıflı niteleme yapılmamıştır. Bağımsız kümeler Gardner–Knopoff pencereleriyle ayrılmıştır. Frohlich üçgeninde her nokta bir odak mekanizması çözümünün P, T ve B eksenlerinin dalım açılarının gnomonik izdüşümüyle kurulan konumudur (köşeler: ters, normal, doğrultu atımlı). Renkli kesikli eğriler sınıf eşikleridir (B dalımı 60°, P dalımı 60°, T dalımı 50°); nokta rengi sınıfı, gri renk hiçbir eşiği aşmayan eğik/karma çözümleri, nokta çapı büyüklüğü, turkuaz elmas kümedeki en büyük çözümü gösterir; sınıf sayımları lejantıdır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).



Şekil 6d. Dış merkez koordinatlarının zaman serisinde mavi noktalar kuzey–güney, kırmızı noktalar doğu–batı bileşenidir. Yatay eksen pencerenin ilk olayından geçen süre (gün), dikey eksen kutu merkezine uzaklıktır (km); iki bileşen aynı ölçekte olduğundan eğimleri doğrudan kıyaslanabilir. Kesikli doğrular her bileşenin en küçük kareler eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri lejantıdır. Düşey kesikli çizgi çalışma olayının anını işaretler.

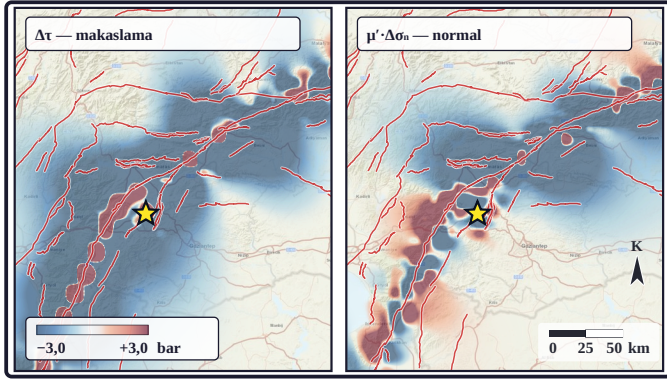
Şekil 6a–6d: ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 6a). Nokta sınamasının histogramı, izleyen olayları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 6b). Hiçbir eşiği aşmayan 12 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 6c). Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 6d). Kuzey–güney ve doğu–batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı eksenle verilmiş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Olaylar zaman ekseninde dengesiz dağılmıştır (pencerenin ilk yarısında 171, ikinci yarısında 2029 olay); bu dağılımda eğim birkaç uç olayın kaldırılmasıyla belirlenir ve korelasyon katsayısıyla birlikte okunmadan yorumlanmamalıdır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler. Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 8'de, raporlanmayan çözümler ve eleme gerekçeleri Tablo A3'te, çekince düşülen çözümler ve çekince gerekçeleri Tablo A4'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A5'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

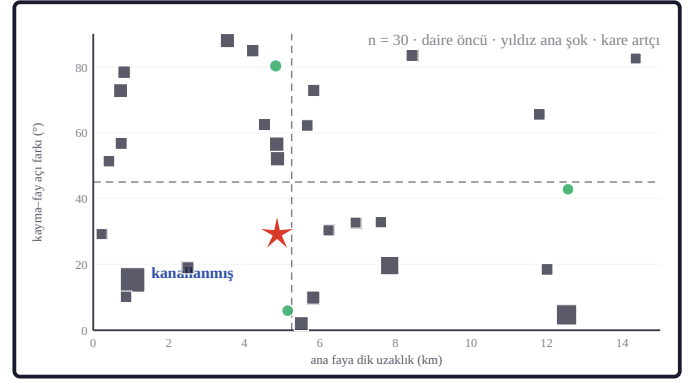
Tamlık büyüklüğü M_c , üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenilebildiği eşik; Wiemer ve Wyss, 2000) ve b-kararlılığı (ardışık 5 eşik değerinde, her biri en az 50 olayla kestirilen b'nin kararlı kaldığı eşik; yöntemlerin karşılaştırması için Woessner ve Wiemer, 2005). Pencere kataloğunun tamamında eşiği b-kararlılığı ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 2,0$. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşiği azami eğrilik ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 1,8$. b-değeri bu eşiğin üzerindeki olaylardan en büyük olasılık kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $M_c - \Delta M/2$ kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. Belirsizlik için 3 kestirim hesaplanmış (Shi ve Bolt, 1982: 0,027; Aki, 1965: 0,026; yeniden örnekleme: 0,032) ve en büyüğü olan yeniden örnekleme (bootstrap) değeri verilmiştir; yeniden örneklemede M_c ve b birlikte yeniden kestirilmiştir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)

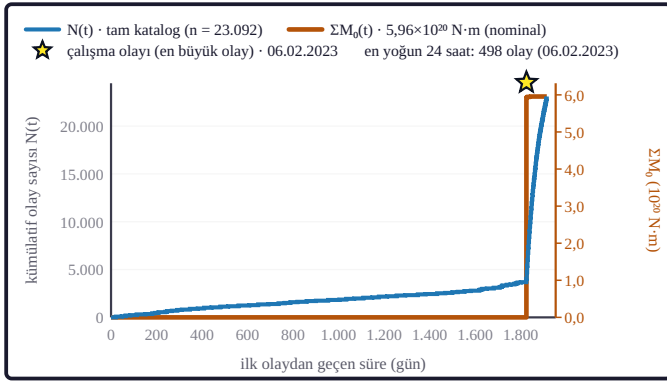
· ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 7a. $\Delta\tau$ 'sın iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi $\Delta\tau$, sağda fay düzlemine dik normal gerilme katkısı $\mu' \cdot \Delta\sigma_n$ ($\Delta\text{CFS} = \Delta\tau + \mu' \cdot \Delta\sigma_n$; $\Delta\sigma_n$ çekme artı, artı değer fayın kenetlenmesinin azalmasıdır). Kadrage kaynak çevresine yakınlaştırılmıştır; renk ölçeği ve kaynak geometrisi ΔCFS haritasıyla aynıdır; yıldız dış merkezdir (bileşen ayrışımı: Okada, 1992 analitik çözümü; kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).

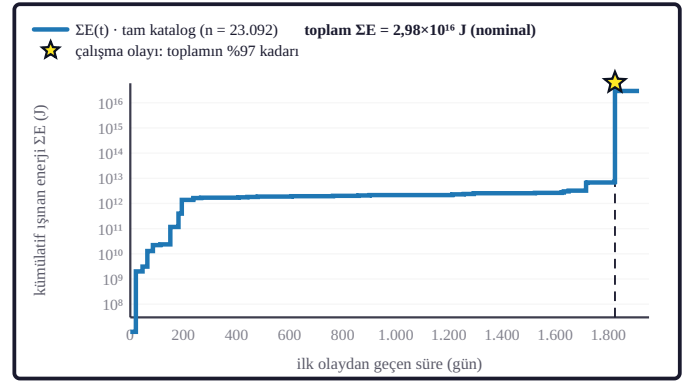


Şekil 7b. Yatay eksen dış merkezin ana faya dik uzaklığını, dikey eksen kayma-fay açısı farkını gösterir. Her nokta bir odak mekanizmasıdır. Şekil sismik kayma kanallanmasını gösterir. Dikey eksenindeki açı yerel fay doğrultusu ile sismik kayma vektörü azimutu arasındaki dar açıdır, yatay eksen dış merkezin ana fay yüzeyine dik uzaklığını taşır. Kesikli çizgiler dört bölgeyi ayırır — sol alt "kanallanmış" (kayma ana fay yüzeyine yakın ve onunla eş-eksenli), sağ alt "paralel ama kanallanmamış", sol üst "yakın ama paralel olmayan", sağ üst "dağınık". Simge biçimi olayın zamanını (daire öncü, yıldız çalışma olayı, kare artçı), rengi zaman sınıfını, boyutu büyüklüğü taşır. Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fizik iddiası değildir; ayrıca dik uzaklık dış merkez konum hatası ve fay izinin çizim hassasiyetini de taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmamalıdır (Mekanizmalar: Global CMT · fay izleri: MTA Türkiye Diri Fay Haritası [Elmacı vd., 2026] · kayma vektörü: Aki ve Richards [2002] sözleşmesi).



Şekil 7c. Mavi eğri kümülatif olay sayısı $N(t)$, turuncu eğri kümülatif sismik moment $\Sigma M_0(t)$ değeridir. Sarı yıldız çalışma olayıdır; penceredeki en büyük olay da odur ($M_0 = 10^{[1,5 \cdot M + 9,1]} \text{ N}\cdot\text{m}$; 9,1 sabiti Kanamori, 1977).

Şekil 7a–7d: Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 7a). Olayların 20 tanesi ana fay yüzeyine 6 km'den yakın, 9 tanesi ise kaymanın fay doğrultusuyla 20°'den az açı yaptığı çözümlerdir; kanallanmış davranış bu iki koşulun birlikte sağlandığı bölgede toplanır (Şekil 7b). Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fiziksel bir iddia taşımaz ve sınırlar figürde yazılıdır. İki kısıt korunmalıdır: dik uzaklık dış merkez konum hatası ve fay izinin haritalama hassasiyetini birlikte taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanamaz; kayma azimutu ise iki düğüm düzleminden birine aittir ve diğer düzlem seçilseydi noktaların önemli bölümü bölge değiştirdi. Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 7c). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 12,1 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Kümülatif ışıyan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 7d). Pencerede ışıyan toplam enerji $2,98 \times 10^{16} \text{ J}$ 'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Büyüklüğü $M \geq 6,7$ olan 1 olay bu toplamın %97 kadarını üretmektedir.



Şekil 7d. Mavi basamak eğrisi kümülatif ışıyan sismik enerjidir (ΣE , logaritmik eksen). Kesikli dikey çizgi çalışılan olayı işaretler; en büyük tek katkı bu olaydır (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

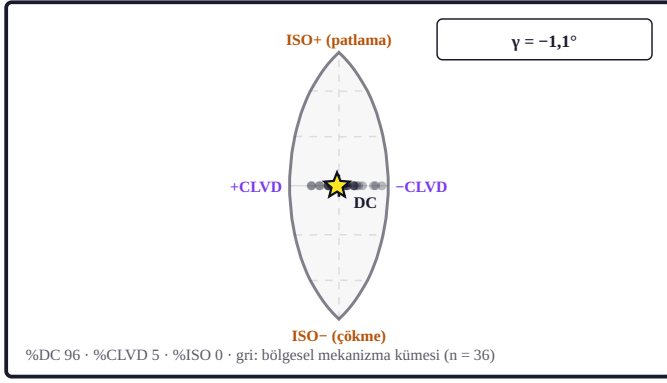
b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük–frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadaki beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogta gözlenen olay sayısı binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

Olayın moment tensörü kurum çözümüdür (kurum ürünü: Global CMT; Ekström vd., 2012); bölgesel mekanizma popülasyonu GCMT kataloğundandır (bu depremin dizisine ait çözümler kurum ürünü: Global CMT kataloğu; geçmiş olayların çözümleri veri). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelenmeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 2 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örneklemenin %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılarına gürlüti eklenerek yinelenen yeniden örneklemeye ayrıca sınanmıştır); SHmax doğrultusu Lund ve Townend (2007) türetimiyle, rejim sınıfı Anderson (1951) çerçevesi ve Dünya Gerilme Haritası kuralıyla (Zoback, 1992) verilmiştir.

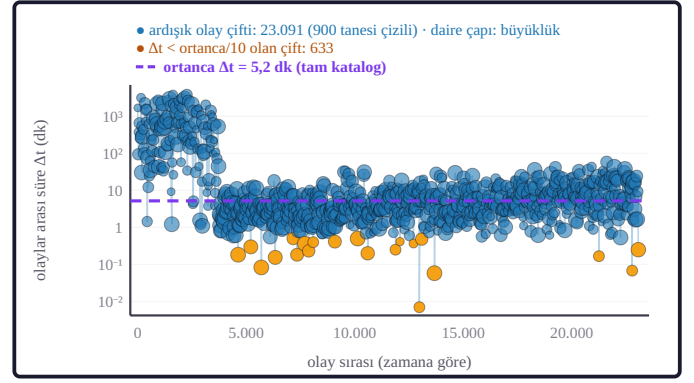
Çalışma olayının dizideki rolü büyüklük ve pencere ölçütüyle belirlenmiştir: çalışma olayından sonra kaydedilen ve büyüklüğü (bir ondalıkta) ondan küçük olmayan bir olayın uzay–zaman penceresine çalışma olayı düşüyorsa çalışma olayı dizinin en büyük olayı sayılmaz.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)

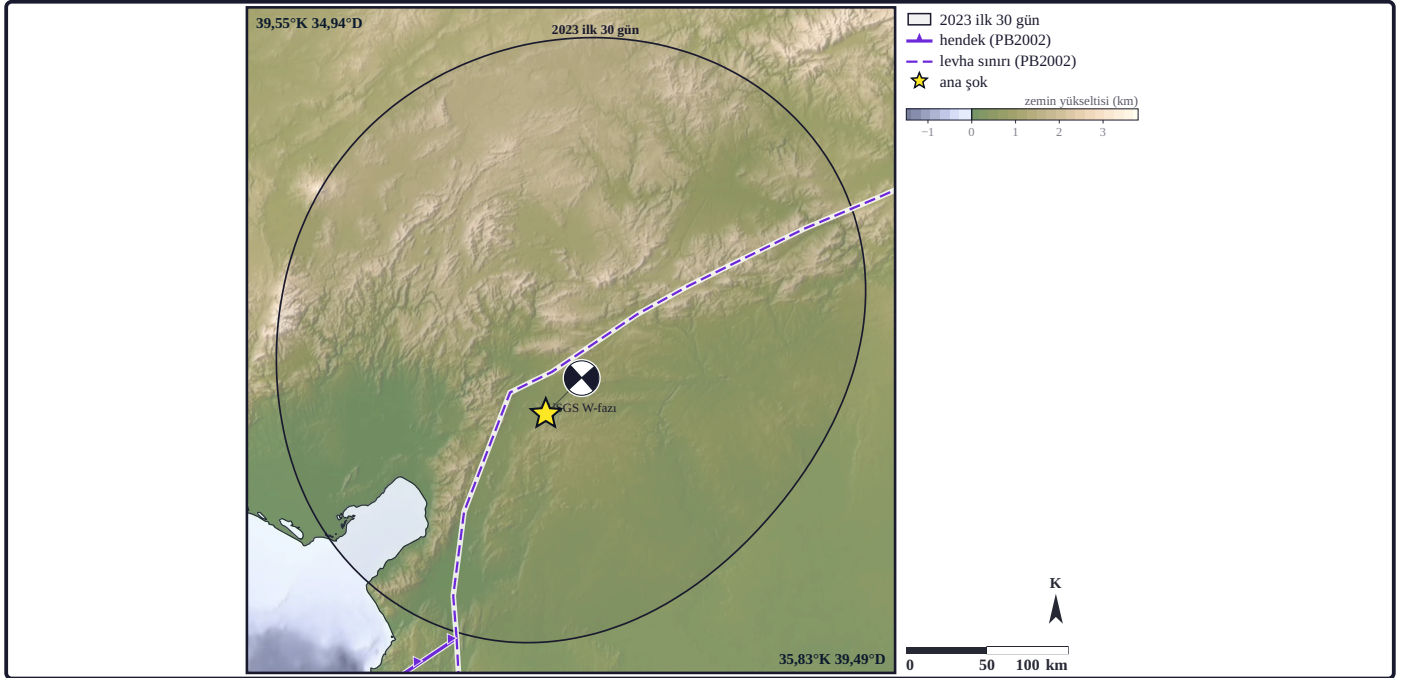
· ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 8a. Tape ve Tape kaynak tipi lune'unda sarı yıldız bu olayın moment tensörünü, artı imi saf çift kuvvet (DC) merkezini gösterir. Çerçeve $\gamma \in [-30^\circ, +30^\circ]$ ve $\delta \in [-90^\circ, +90^\circ]$ aralığının Hammer eşit alan izdüşümüdür; kesikli yaylar $\delta = 0, \pm 30^\circ$ ve $\pm 60^\circ$ enlemleridir. Sağ ve sol kenarlar $\pm$ CLVD uçları, kutuplar izotropik patlama ve çökme uçlarıdır. Gri noktalar bölgesel mekanizma kümesinin çözümleridir; alt satırdaki yüzde DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).



Şekil 8b. Düşey eksen bir önceki olaydan geçen süredir (dakika, logaritmik). Mor çizgi ortalama süredir; turuncu daireler ortalamanın onda birinden kısa aralıklardır. Daire çapı büyüklükle artar (seri: tekilleştirilmiş tam katalog).



Şekil 8c. Tektonik çerçeve: levha geometrisi: ince koyu çizgili açık alan bu depremin ilk 30 günündeki $M \geq 5,5$ artçılarından katalogdan türetilmiş %90 yoğunluk zarfıdır (kapsam ilk 30 gün); küre çalışma olayının moment tensörü çözümleridir (kurum ürünü: USGS NEIC W-fazı [Mww]; 318/89/-179); ince çizgi dış merkeze bağlar; sarı yıldız çalışma olayıdır; dişli mor çizgi hendektir (dişler üstteki levhaya bakar); kesikli mor çizgi PB2002 levha sınırındır (çalışma olayının mekanizması: kurum ürünü: USGS NEIC W-fazı [Mww] [U.S. Geological Survey, 2017]; artçı zarfı: bu çalışma [katalogdan]; levha sınırı: Bird, 2003; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çokışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018]).

Şekil 8a–8c: Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 8a ve 8c). Çift kuvvet payı %90'ın üzerindedir; kaynak, düzlemsel bir fay üzerindeki makaslama kırılmasıyla uyumludur. Ayrışım kaynağın türünü betimler; büyüklük, hasar ya da izleyen etkinlik hakkında bilgi taşımaz. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 8b). Ortanca bekleme süresi 5,2 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değerin onda birinden kısa 633 aralık ölçülmüştür (23.091 aralıkta); bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (1.546,3) altındadır; kısa aralık fazlası yoktur.

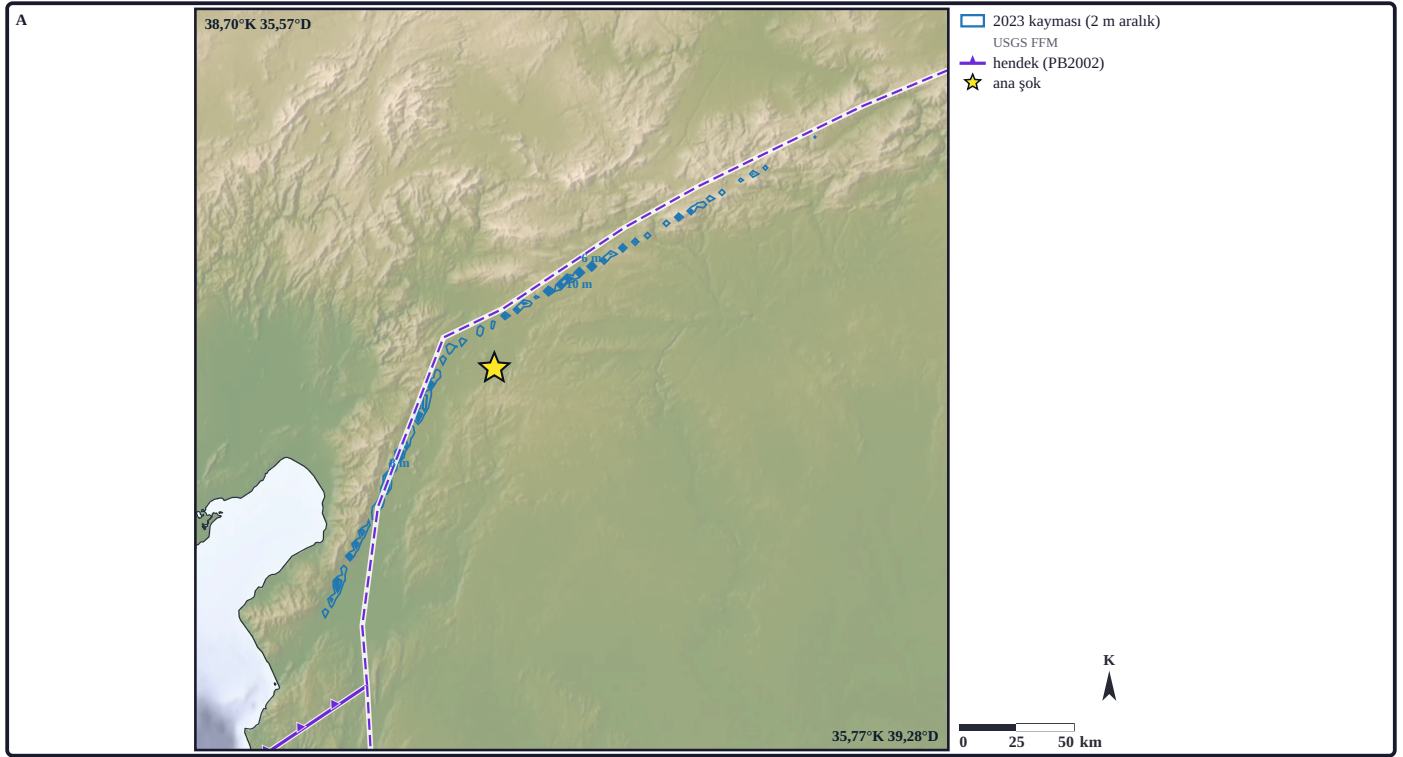
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Pencere zamanda Gardner ve Knopoff (1974) zaman penceresidir; uzayda aynı çalışmanın uzay penceresi ile Wells ve Coppersmith (1994) yeraltı kırık boyu bağıntısından hesaplanan kırık boyunun 1,5 katından büyük olanıdır. Çalışma olayı dizinin en büyük olayı değilse dizi sınıflaması uygulanmaz. Kırık boyu katsayısı literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütüdür.

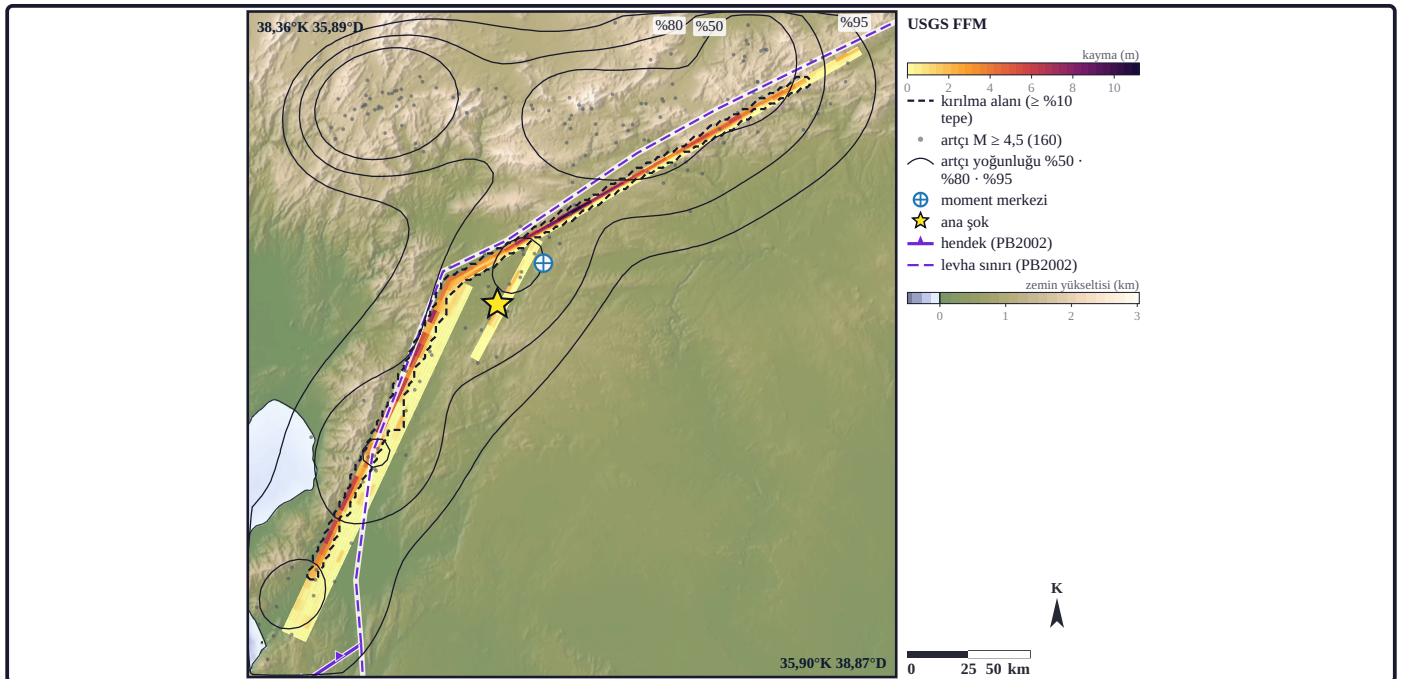
Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (08.02.2013 – 07.02.2018) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (5.119 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026).

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



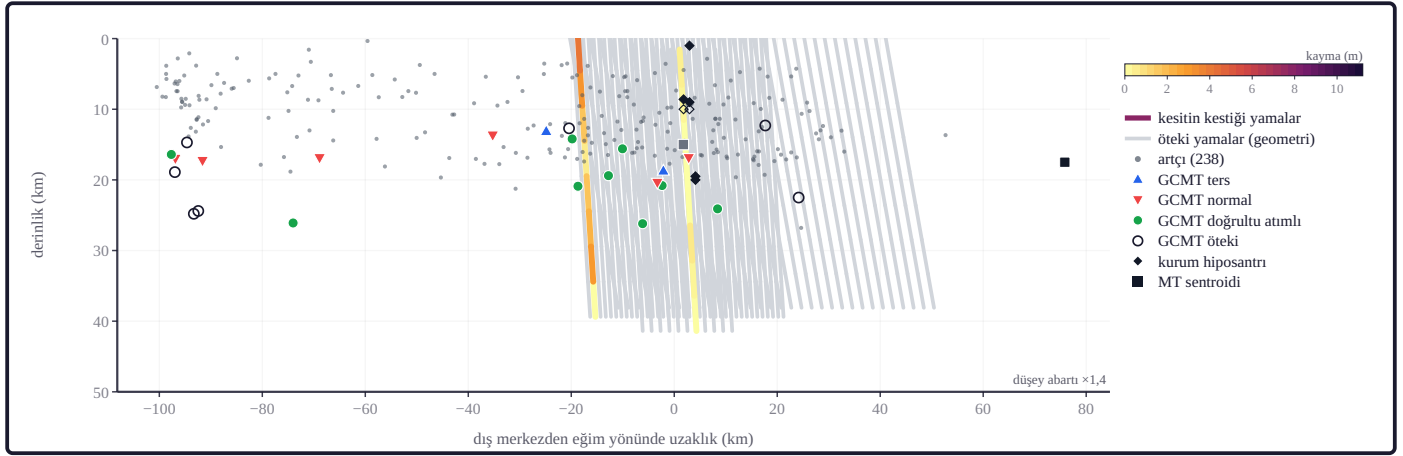
Şekil 9a. Tarihsel büyük depremler: (A) mavi eğriler 2023 depreminin USGS NEIC us6000jllz (model 7) kayma dağılımının 2 m aralıklı eş değer eğrileridir (model çıktısı; eğriler yama ayırıklaştırmasını izler; yumuşatılmamıştır); bölgedeki 3 olay çerçeve dışındadır; dik yazılar dış merkez yılları, italik yazılar alanın (iz / tanım / zarf) yılıdır ve alanın çizgi rengindedir; yer bulunamayan adlar lejantta "adsız" satırında listelenir; sarı yıldız çalışma olayı; dişli mor çizgi hendek (kayma modeli: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; levha sınırı: Bird, 2003; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018]).



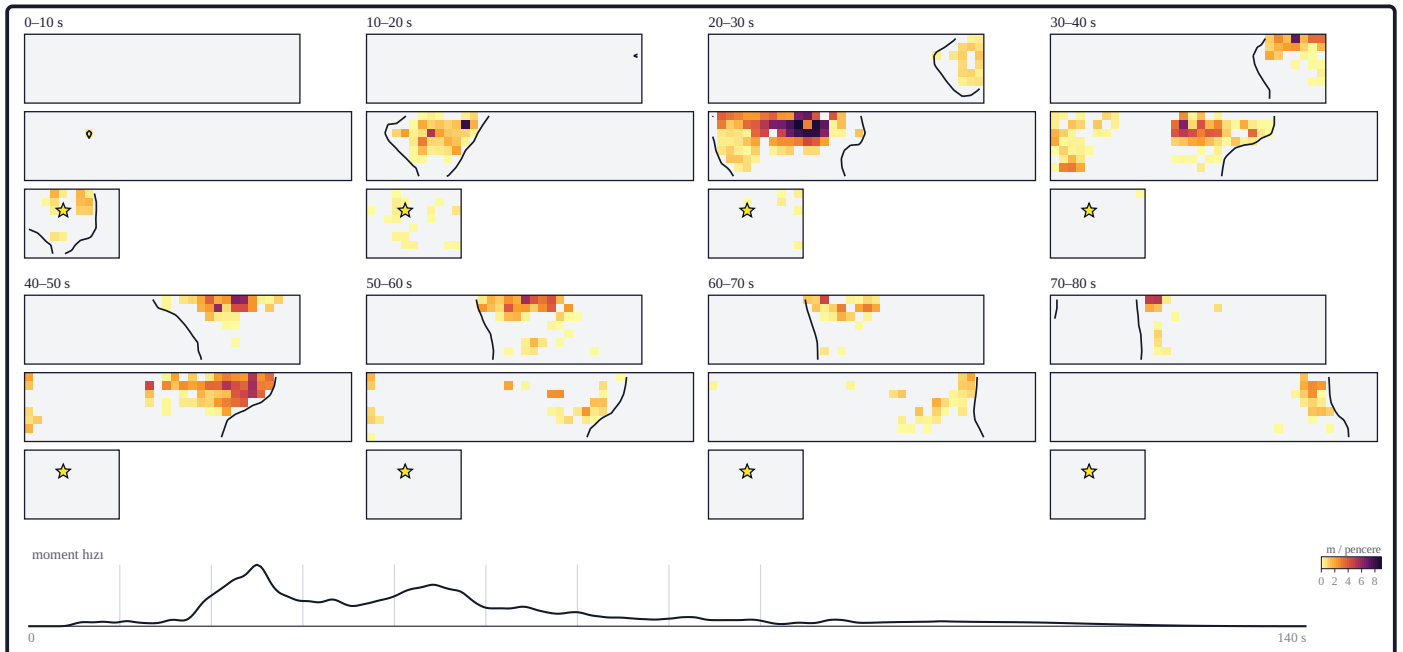
Şekil 9b. Renkli dörtgenler USGS NEIC us6000jllz (model 7) kayma modelinin 648 yamasının yatay izdüşümü; renk yama kaymasıdır (0–11,2 m, model çıktısı); kesikli siyah çizgi kırılma alanı (kayma ≥ 1,1 m); gri noktalar M ≥ 4,5 artçılar (n = 160); ince siyah eğriler yoğunluğun %50, %80 ve %95 kütle sınırları; mavi artılı daire moment merkezi; sarı yıldız çalışma olayı (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; artçılar: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; kırılma alanı, artçı yoğunluğu, moment merkezi: Seismo Lab hesabı; levha sınırı: Bird, 2003; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Crameri, 2018]).

Şekil 9a ve 9b: USGS NEIC us6000jllz (model 7) modelinde en büyük kayma 11,2 m'dir; bu yama 7 km derinliktedir ve model hiposantrının kuzeydoğu yönünde yaklaşık 51 km uzaklıktadır (Şekil 9a ve 9b). Şekilde 160 adet M ≥ 4,5 artçı gösterilmiştir.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 10a. Kesit dış merkezden geçen ve USGS NEIC us6000jllz (model 7) modelinin temsili doğrultusuna (49°) dik düşey düzlemdir; yatay eksen eğim yönünde (139°) uzaklıktır, eksi değerler eğim yukarıdır; şerit modelin doğrultu boyunca kapladığı 333 km'dir; renkli parçalar USGS FFM modelinin kesitin kestiği 16 yaması (kayma 0–11,2 m; model), açık gri öteki yamalar (geometri); noktalar artçıları (238); imler GCMT artçıları, sentroid derinliği; sabit 6 çizilmedi; elmaslar kurum hiposantr derinlikleri (içi boş: sabit / bağımlı) (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; artçıları: USGS NEIC [ComCat] [U.S. Geological Survey, 2017]; GCMT: Dziewonski vd., 1981).



Şekil 10b. Kırılma anlık görüntüleri: USGS NEIC us6000jllz (model 7) kayma modelinin açılmış fay düzleminde (yatay doğrultu boyunca, düşey eğim aşağı) 8 ardışık 10 s'lik pencerede açığa çıkan kayma; renk pencere içindeki kaymadır (ortak ölçek 0–8,9 m; model çıktısı); 80 s'den sonra toplam kaymanın %10,0'u (momentin %10,0'u) açığa çıkar; panolar ve bu kalan toplam kaymayı verir (fark %0,0); kaynak zaman işlevi yama başına yükselme ve düşme süresi asimetrik kosinüstür (modelin kendi parametreleri); siyah eğri pencere sonundaki kırılma zamanı eş eğrisidir (yama kırılma zamanlarının sürekli enterpolasyonu) (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: bu çalışmada [açılmış düzlem, pencere integrali]).

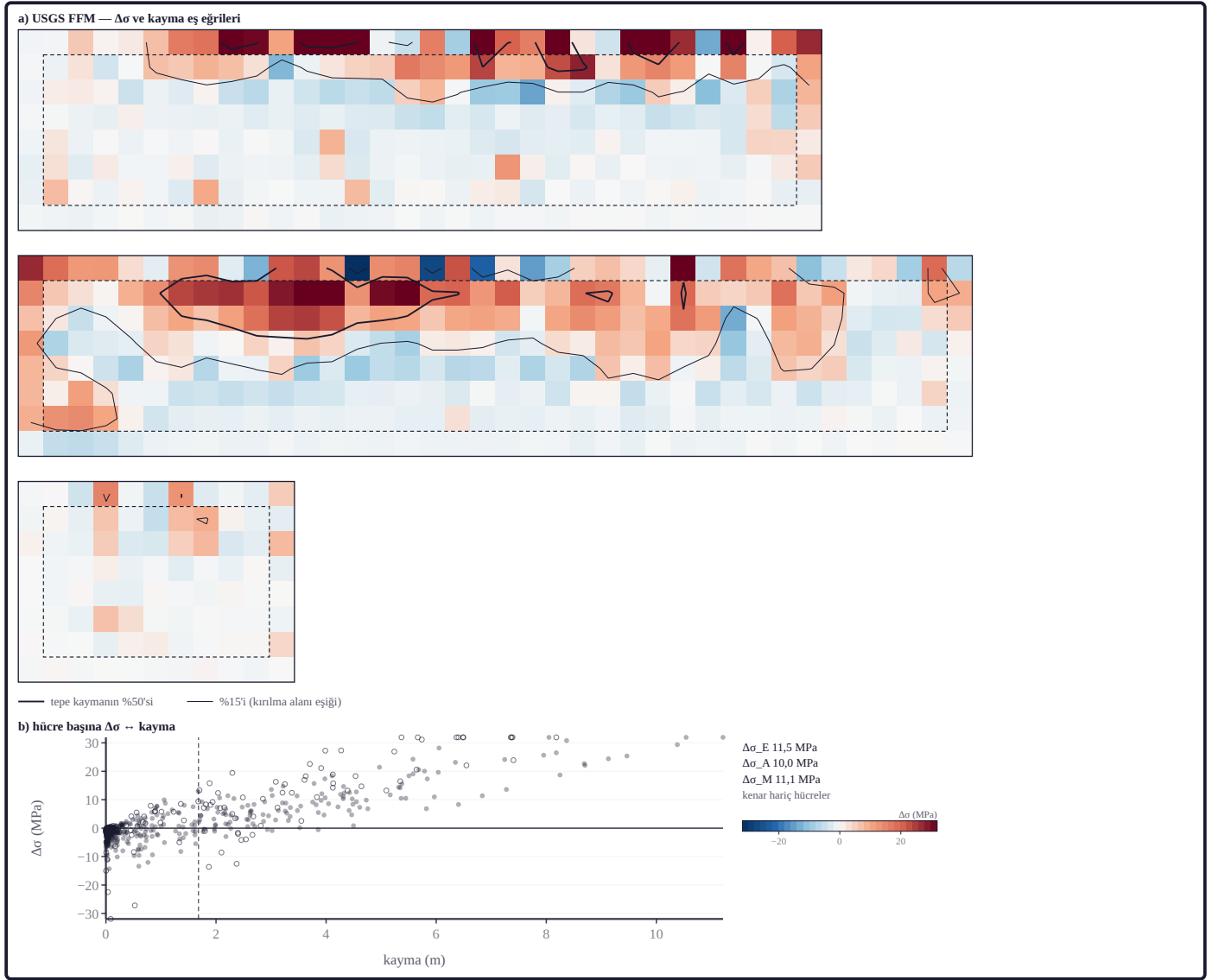
Şekil 10a ve 10b: USGS NEIC us6000jllz (model 7) yamaları kesitte –1–41 km derinlikleri arasında uzanır (Şekil 10a). Toplam kaymanın yarısı 40 s'de açığa çıkmıştır (model çıktısı; Şekil 10b).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 542 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında bunların en uzun 89'u ile dış merkeze en yakın iz, tektonik haritada en uzun 60'ı çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 552 izin (11 farklı ad) en uzun 8'i 3 ad altında çizelgede listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadrırları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 37,28°K'dir ve harita ölçeği iki eksenle eşit tutulmuştur; şekillerdeki tek ölçek çubuğu bu koşulla geçerlidir. Boylam ölçeğinin sapması kutunun kuzey ve güney kenarlarında ters işaretlidir ve en çok %1,0'dır. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

Raporda USGS ComCat'te bu olay için yayımlanmış ShakeMap, “Did You Feel It?” topluluk şiddeti (DYFI), PAGER, yer yenilmesi, moment tensörü, sonlu fay modeli, olay özeti ve etki özeti ürünleri kullanılmıştır (U.S. Geological Survey, 2017); her ürünün yayım tarihi ve biliniyorsa sürümü ilgili tümcede verilmiştir. USGS ürünleri arasında girdi uyumsuzluğu vardır: PAGER ve yer yenilmesi kestirimleri güncel köken çözümünden ya da güncel ShakeMap sürümünden önceki girdilerle hesaplanmıştır; bu durum ilgili tümcelerde ürünün kendi beyanıyla belirtilmiştir. Kaynak parametreleri, gerilme aktarımı ve kosismik yer değiştirme hesapları için birincil sonlu fay kayma modeli olarak USGS sonlu fay modeli us6000jllz kullanılmıştır.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



Şekil 11. Fay düzleminde kayma ve statik gerilme düşümü: a) Ripperger ve Mai (2004) $\Delta\sigma$ ($\pm 31,9$ MPa; μ_{eff} 36 GPa; model) ve kayma eş eğrileri; b) hücre başına $\Delta\sigma \leftrightarrow$ kayma; USGS NEIC us6000jllz (model 7): $\Delta\sigma_E$ 11,5 MPa (bütün hücreler 13,8), $\Delta\sigma_A$ 10,0, $\Delta\sigma_M$ 11,1 MPa; $\pm 31,9$ MPa dışında kalan 13 hücre b panosunda ölçek sınırında gösterilmiştir; sığ kenar deniz tabanına (serbest yüzey) bir hücreden yakındır ve tepe kaymanın USGS NEIC us6000jllz (model 7) modelinde %73,0 kadar kayma taşır; hendeğe ulaşan kayma; sonsuz ortam varsayımı bu hücrelerde geçersiz olduğundan kenar hariç değerler esas alınır; çok istifli model: iç sınırda $\Delta\sigma$ güvenilir model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Ripperger ve Mai, 2004; Okada [1992] denetimi).

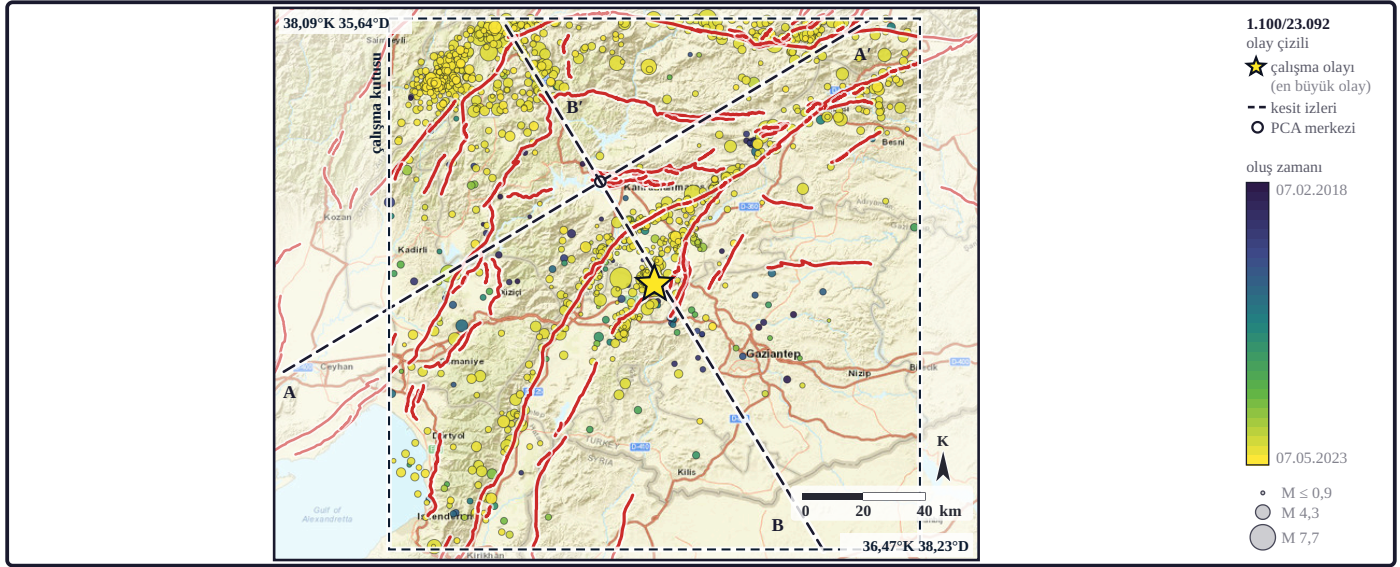
Şekil 11: Seçilen modelde gerilme artışı gösteren hücrelerin %95,0'i kırılma alanının, yani büyük kaymalı hücrelerin dışındadır (model çıktısı; Şekil 11).

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

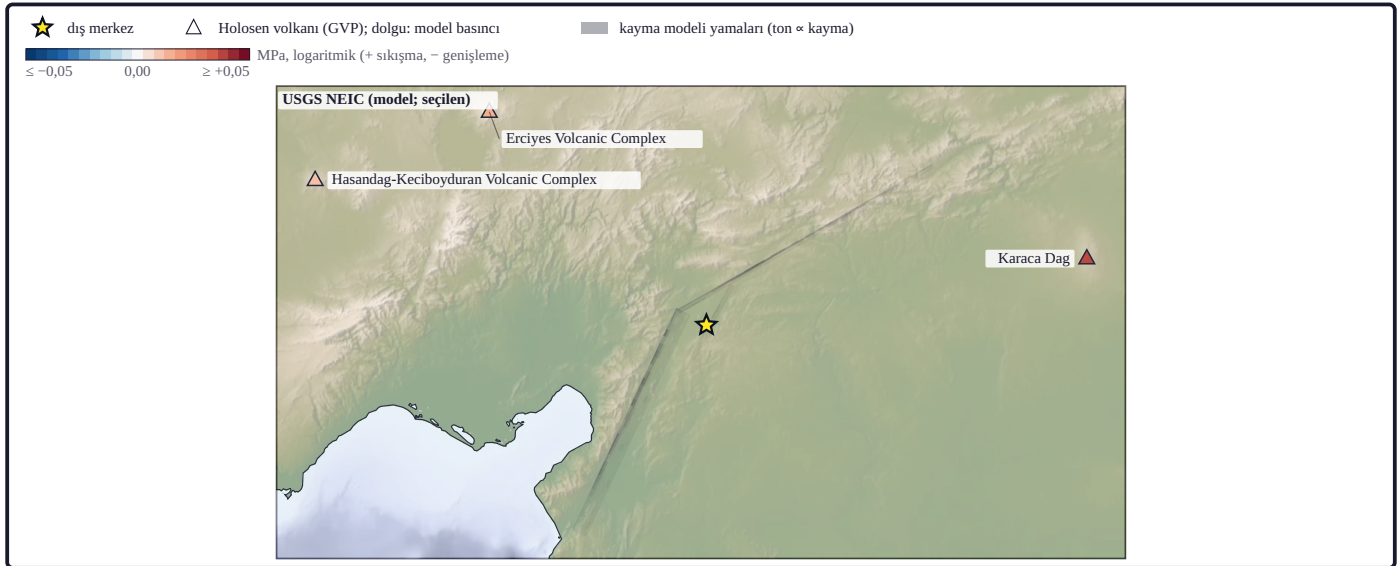
06.02.2023 tarihinde 01:17:32 UTC'de Pazarcık (Kahramanmaraş) çevresinde, 37,2773°K, 37,0400°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 8,6 km olan Mw 7,7 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Aynı olay için USGS çözümü (Global CMT kaydının baş vurduğu hiposantr) 37,23°K–37,02°D konumunu vermektedir; iki dış merkez arasındaki fark 6 km'dir. Bu değer kurumlar arası dış merkez farkıdır, bir konum hatası kestirimi değildir; konuma dayanan uzaklık ölçüleri bu farktan daha ince yorumlanmamıştır. Pencere kataloğunda, $M \geq 3,0$ büyüklüğünde ve en az iki kurumun çözdüğü 252 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 3,9 km, yüzde doksanlık değeri 14,3 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 70 km); bu ölçü de kurumlar arası farktır ve eşleştirme toleransına koşulludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 8,6 ile 20,0 km arasında değişmektedir; olayın moment tensörü sentroid derinliği 15,1 km'dir; bu değerlerin tümü sığ odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 19,5 km · GSI; derinlik 1,0 km · NIEP; derinlik 10,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı AFAD, GFZ, EMSC, USGS, NIEP, INGV, GSI ve ISC çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür.

Moment ölçeğindeki 5 kurum kaydı Mw 7,7–7,8 aralığındadır (en büyük fark 0,1 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 7,78 olarak verilmektedir. Uzak ağ çözümleri (GSI Mws 7,7; INGV Mwpd 7,9) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artığı RMS = 1,92 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogta yayımlanmamıştır. USGS geoserve yer hizmetine göre (sorgu 22.10.2026) olayın Flinn–Engdahl bölgesi Orta Anadolu olarak verilmektedir; USGS'in güncel köken çözümüne göre dış merkez Türkiye'deki Nurdagi'nın yaklaşık 25 km doğu-kuzeydoğusunda, Gaziantep'in yaklaşık 38 km batı-kuzeybatısında ve Pazarcık'ın yaklaşık 38 km güneybatısında yer almaktadır; uzaklık ve yönler bu çalışmada hesaplanmıştır. USGS ComCat'te bu olay için 2 moment tensörü çözümü yayımlanmıştır (U.S. Geological Survey, 2017): Mww çözümü Mw 7,8 (merkez derinliği 17,5 km, çift kuvvet payı %81) ve Mwc çözümü Mw 7,9 (merkez derinliği 32,6 km, çift kuvvet payı %76); ComCat'ın tercih ettiği çözüm Mww çözümüdür; çözümlerin moment büyüklükleri Mw 7,8–7,9 aralığında ve merkez derinlikleri 17,5–32,6 km aralığında kalır; çözümlerin en son güncellemesi 15.04.2023 tarihli'dir. USGS'in köken çözümü ilk yayımından bu yana 9 kez güncellenmiştir; son çözümde ilk çözüme göre dış merkez 3,0 km kaymış ve derinlik 14,1 km azalmıştır; ShakeMap'in tepe şiddeti ilk sürümde MMI 8,3, son sürümde MMI 9,5 olarak verilmiştir (ComCat sürüm geçmişi, sorgu 22.10.2026).

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALAR (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 12a. Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 4c'deki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).



Şekil 12b. 3 Holosen volkanı (GVP; min(dış merkez, kırılma izi) ≤ 300 km; aday kümesi USGS NEIC kırılma iziyle kurulmuştur). Üçgen dolgu volkanın altında 2–10 km derinlikteki eşsismik kaya basıncı değişiminin ortalamasıdır ($P = -(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$; + sıkışma, - genişleme; renk işaretli logaritmik ölekte ($\pm 0,01$ MPa'ya dek doğrusala yakın), $\pm 0,05$ MPa'da doymuş); basınç MODEL çıktısıdır: USGS NEIC, kamu malı (USGS) kayma modelleriyle ($\mu = 30$ GPa, $\nu = 0,25$). Basınç homojen elastik yarı uzay varsayımıyla Okada (1992) çözümünden hesaplanmıştır; topoğrafya ve katmanlı ortam yoktur. Gri tonlu dörtgenler panel modelinin yamalarının yüzey izdüşümüdür (ton kaymayla orantılı). Zemin GMRT gölgeli kabartmasıdır (oleron: mavi tonlar deniz, yeşil-kahve tonlar kara); ince koyu çizgi aynı ızgaranın 0 m eğrisidir (gelgit kıyı çizgisi değildir) (volkanlar ve püskürmeler: Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; basınç: bu çalışma [model; Okada, 1992]; model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Cramer, 2018]).

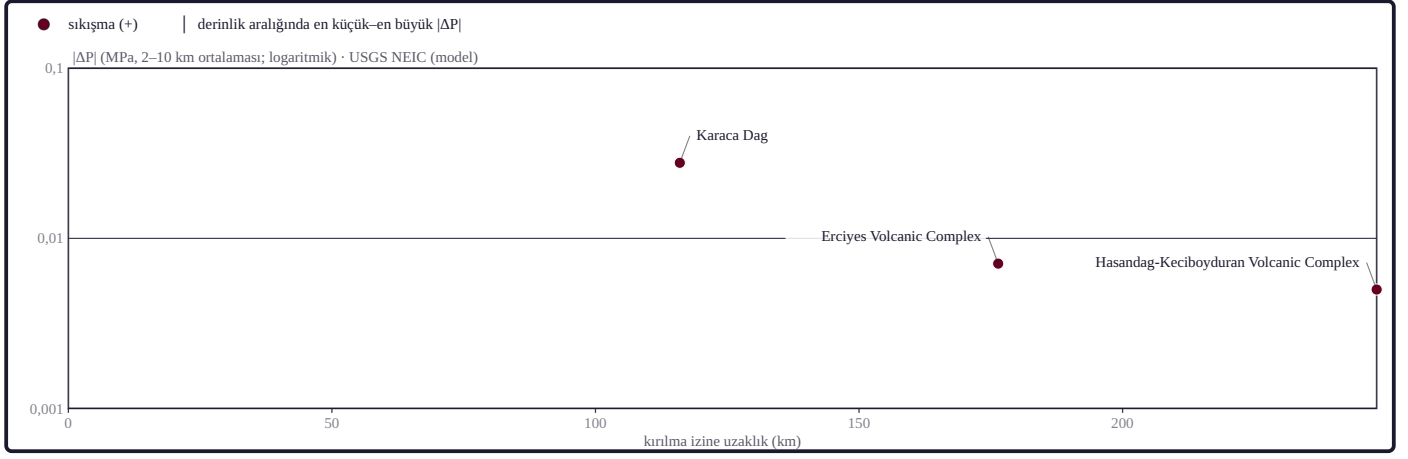
Şekil 12a ve 12b: Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzyon ayırımına gidilmemiştir (Şekil 12a ve 12b).

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Olay için 4 kurumun moment tensörü çözümü karşılaştırılmıştır: USGS NEIC W-fazı Mw 7,8 (skaler momentten Mw 7,75; çift kuvvet dışı bileşen %19; düğüm düzlemi 318°/89°/-179°); Global CMT Mw 7,8 (skaler momentten Mw 7,79; çift kuvvet dışı bileşen %42; düğüm düzlemi 54°/70°/11°); IPGP, EMSC akışı Mw 8 (çift kuvvet dışı bileşen %0; düğüm düzlemi 323°/72°/-171°); CPPT, EMSC akışı Mw 7,8 (skaler momentten Mw 7,78; çift kuvvet dışı bileşen %12; düğüm düzlemi 56°/67°/11°).

USGS NEIC çözümü başvuru alındığında işletimsel eşikleri (Kagan açısında 30° ve büyüklükte 0,1 birim) aşan farklar şöyledir: IPGP, EMSC akışı için Mw farkı +0,20; GFZ için Mw farkı -0,10; INGV için Mw farkı -0,10; KOERI için Kagan açısı 35,4° ve Mw farkı -0,10; Kagan açısı iki çift kuvvet çözümü arasındaki en küçük dönmedir (Kagan, 1991). Kurumların yayımladığı hiposantr derinlikleri 1–20 km arasındadır (AFAD 8,6 km, USGS 10 km, EMSC 20 km, GFZ 15 km, ISC 9 km, INGV 19,5 km, NIEP 10 km, GSI 1 km); sabit derinlik adayı olmayan ve kökeni başka kurumdan alınmamış çözümler, AFAD, EMSC, ISC, INGV ve GSI, 1–20 km aralığını verir. USGS 10 km, GFZ 15 km ve NIEP 10 km değerleri sabit ya da yuvarlanmış derinlik adayı sayılmıştır (USGS: kurumun bilinen varsayılan derinliklerinden biri; GFZ: kurumun bölgedeki raporlarının çoğunda 5 km katı değer, pay %95; NIEP: kurumun bölgedeki raporlarında sık yinelenen bir değer). Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000jllz ters çözüm hiposantrını 14 km derinliğe yerleştirir.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALAR (DEVAM)



Şekil 13. 3 volkanın kırılma izine uzaklığına göre altındaki eşsismik kaya basıncı değişiminin büyüklüğü ($|\Delta P|$, 2–10 km derinlik ortalaması; logaritmik eksen); basınç MODEL çıkışıdır: USGS NEIC kayma modeliyle. Nokta rengi işareti verir: koyu kırmızı sıkışma (+), koyu mavi genişleme (–). Dikey çizgi 2–10 km arasındaki derinliklerde en küçük ve en büyük $|\Delta P|$ 'dir. Adı yazılanlar $|\Delta P|$ 'si en büyük 3 volkandır. Öbür imler Şekil 12b'deki gibidir (volkanlar ve püskürmeler: Global Volcanism Program, Smithsonian Institution; basınç: bu çalışma [model; Okada, 1992]; model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]).

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI (DEVAM)

Moment tensörü sentroid derinlikleri (GCMT 15,1 km, CPPT 14 km, OCA 11 km, INGV 23 km, IGP 13 km, KOERI 10 km, AFAD 18 km, AFAD 18 km, USGS 17,5 km, USGS 32,6 km, GFZ 10 km, GCMT 15 km, USGS 33 km, GFZ 10 km) moment merkezini gösterir ve hiposantr derinliğinin yerine kullanılmamıştır.

Kırılmaya uzaklığa göre volkan altı basınç değişimi Şekil 13'te verilmiştir.

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

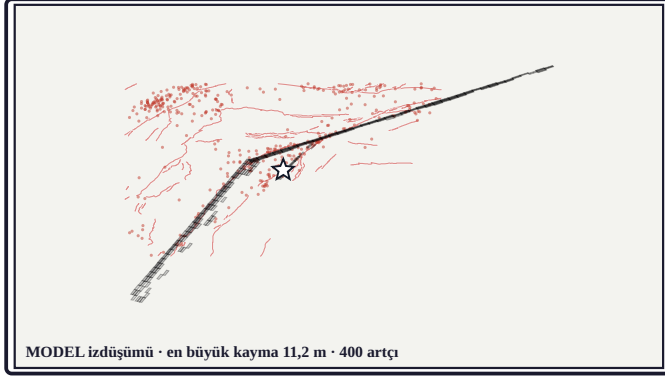
Sismik moment $M_0 = 5,799 \times 10^{20}$ N·m'dir (Mw 7,78; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10} E = 1,5 \cdot Mw + 4,8$ bağıntısıyla türetilen nominal ısıran enerji $E \approx 2,9 \times 10^{16}$ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5 \times 10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ısıran enerji değildir. USGS sonlu fay modelinin (sürüm 4; gözden geçirilmiş ürün; 21.02.2023) moment hızı fonksiyonunda birikimli momentin %5'ine modelin kökeninden 19,1 s, %95'ine 100,0 s sonra ulaşılmıştır; aradaki süre (moment salınımının %90'ının gerçekleştiği süre) 80,9 s'dir ve moment hızı en büyük değerine ($3,0 \times 10^{19}$ N·m/s) 25,0 s'de ulaşmıştır. USGS sonlu fay modelinde toplam sismik moment $M_0 = 7,92 \times 10^{20}$ N·m'dir (Mw 7,87) ve yamaların ortalama yükselme süresi 17,5 s'dir; model sonlu fay ters çözüm algoritmasıyla (Ji vd., 2002) kurulmuştur ve değerleri ölçüm değil model çıkışıdır. USGS sonlu fay modelinde (sürüm 4, 21.02.2023) kırık 3 düzlem parçasında, toplam 648 yamada çözülmüştür; modelde en büyük kayma 11,2 m, ortalama kırılma hızı 1,51 km/s'dir. Gerilme düşümü, USGS sonlu fay modelinin etkin kırık boyutlarıyla ($L = 380$ km, $W = 22,5$ km) ve doğrultu atımlı dikkörtgen fay bağıntısıyla (Kanamori ve Anderson, 1975) $\Delta\sigma = C \cdot M_0 / (W^2 \cdot L)$ biçiminde $\Delta\sigma \approx 1,9$ –3,8 MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan kırığa ($C = 2/\pi$), üst sınır derine gömülü kırığa ($C = 4/\pi$; bu çalışmada türetilmiştir) karşılık gelir. Etkin kırık boyutu, ortalama kayması bütün modelin ortalama kaymasının %30'undan küçük kenar satır ve sütunları atılarak kurulmuştur (Somerville vd., 1999); L , 3 segmentin kırılmış uzunluklarının toplamıdır. Kırığın üst kenar derinliği (0,0 km) gözetildiğinde, iki sınırın katsayıları arasında türetilen katsayıyla ($C = 0,64$) nokta değer $\Delta\sigma \approx 1,9$ MPa'dır. Duyarlılık sınavasında eşdeğer alanlı dairesel çatlak ($R = 52,2$ km) 1,8 MPa ve aynı dörtgenin, kayma modeli başlık düzleminin eğimini (85°) taşıyan fay olarak yarı uzayda sınır eleman çözümü ($C = 0,64$) 1,9 MPa vermektedir. Duyarlılık olarak erken artçı zonu (çalışma olayına uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan $R = 98,4$ km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) $\Delta\sigma \approx 0,27$ MPa ($n = 930$ olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir.

Sonlu fay modellerinde kırılmanın geometrisi şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için etkin kırık $380 \times 22,5$ km.

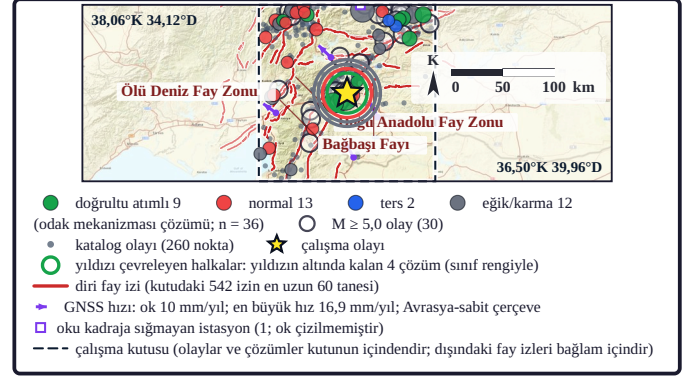
En büyük kaymanın %10'unu aşan yamaların, yama doğrultularının moment ağırlıklı ortalaması olan eksene izdüşüm aralığına bir yama boyu eklenerek ölçülen uzanımı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 310 km, derinlik aralığı 0–34,4 km; eksen tek doğrultu olduğundan eğri izli modelde bu uzanım ızgara ya da etkin kırık uzunluğuyla aynı nicelik değildir. Sonlu fay modeli bulunduğu kırığın boyutu ve süresi bu metinde ampirik ölçekleme bağıntılarından değil, sonlu fay modellerinden verilmiştir. Moment tensörü çözümlerinin kaynak süreleri ayrı tanımlıdır: USGS W-fazı çözümünün üçgen kaynak zaman işlevinin süresi 56 s, yarı süresi 28 s; bu süreler sonlu fay modelinin moment hızı süresiyle aynı nicelik değildir. Etkin kırık alanına eşit alanlı dairesel çatlak bağıntısıyla (Eshelby, 1957) hesaplanan gerilme düşümü şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 2,44 MPa, çatlak yarıçapı 52,2 km; değer yönleme ve kırık alanı tanımına bağlıdır, bölümde daha önce verilen birincil gerilme düşümü kestirimiyle aynı nicelik değildir. USGS sonlu fay modeli us6000jllz ters çözümüne 72 telesismik cisim dalgası kaydı, 72 telesismik yüzey dalgası kaydı, 13 kuvvetli yer hareketi kaydı ve 53 GNSS istasyonu girmiştir; tsunami (DART) kayıtları bu modelde kullanılmamıştır.

Yamalar, yama doğrultularının moment ağırlıklı ortalaması olan eksene izdüşürüldüğünde hiposantrın doğrultu boyunca iki yanına düşen moment paylarından baskın olanı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için %65,9, baskın yan kuzeydoğu, moment ağırlık merkezinin eksene izdüşümü hiposantrdan 25,8 km; bu ölçüyle kırılma baskın yönlü sınıftadır, işletimsel eşikler tek yönlü için %80 ve üstü, baskın yönlü için %60–80 aralığıdır. Moment tensörü sentroidi dış merkezin GCMT çözümünde 47,2 km kuzeydoğusunda ve USGS W-fazı çözümünde 159 km doğusunda yer alır; USGS W-fazı sentroidinin ötelenme yönü birincil modelin baskın kırılma yönüyle uyumludur, açı farkı 27° ve uyum ölçütü 45° 'dir. USGS sonlu fay modeli us6000jllz için kırılma hiposantrın iki yanına ilerlemiştir (iki yandaki moment payları %66 ve %34); modelin kırılma zamanlarından ölçülen kırılmış alanın %90 yüzdelik uzanımı kuzeydoğu yönünde ilk yaklaşık 48 saniyede yaklaşık 2,4 km/s, ardından yaklaşık 0,6 km/s hızla büyümüş ve büyümesi kırılmanın başlangıcından 90 saniye sonra hiposantrdan yaklaşık 141 km'de durmuştur; öteki yanda uzanım güneybatı yönünde yaklaşık 1,3 km/s hızla büyümüş ve büyümesi kırılmanın başlangıcından 100 saniye sonra hiposantrdan yaklaşık 118 km'de durmuştur. %90 yama yeniden örnekleme aralıkları kuzeydoğu yönündeki uzanımda ilk evre hızı için 2,31–2,57 km/s, ikinci evre hızı için 0,33–0,84 km/s ve hız değişim anı için 42,5–50 s; güneybatı yönündeki uzanımda hız için 1,18–1,34 km/s'dir; uzanım, kayması en büyük kaymanın %10'unu aşan ve o ana dek kırılmış (enterpole edilmiş kırılma zamanına göre) bölgenin her iki yöndeki yatay izdüşümünün %90 yüzdeliğidir, kırılma önünün kendisi değildir ve düzgün genişlikte tek yönlü ilerlemede ön hızının yaklaşık %90'ını verir; aralıklar yamaların yeniden örneklenmesindendir, model belirsizliği değildir; değerler model çıkışıdır (doğrultu boyunca hücre 5 km, örnekleme adımı 5 s, tek adımın hız çözünürlüğü $\approx$ hücre / adım = 1 km/s). Modellerde en büyük kayma ve yeri şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 11,2 m, modelin hiposantrının 50,8 km kuzeydoğusunda, yaklaşık 7 km derinlikte.

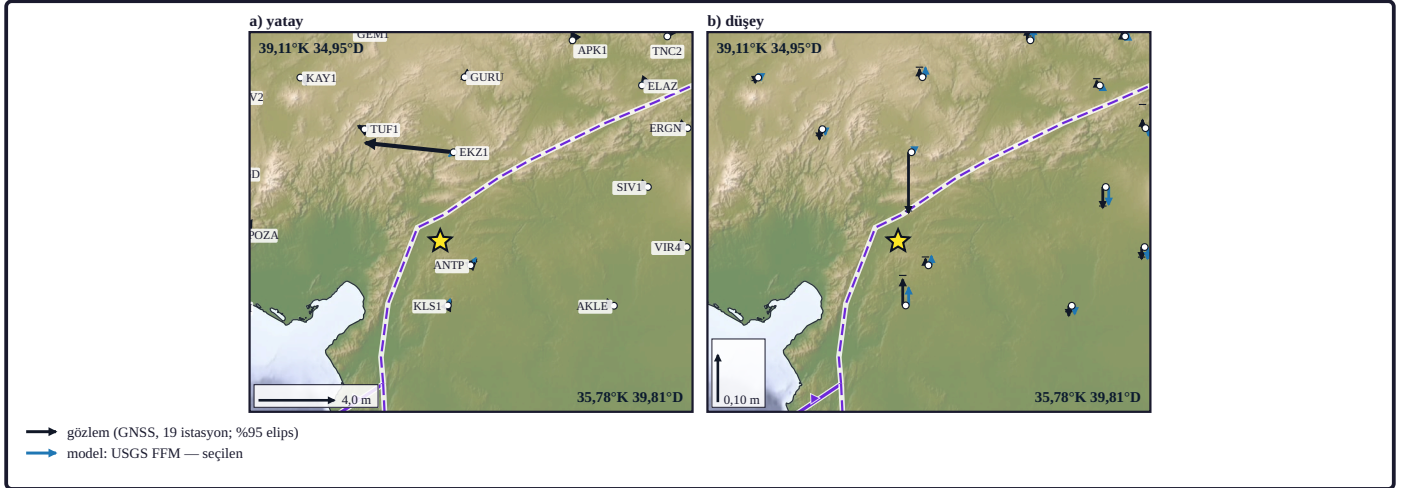
JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU



Şekil 14a. Koyu çokgenler USGS sonlu fay modelinin yüzeye izdüşürülmüş yamalarıdır, koyuluk kayma büyüklüğüyle artar; en büyük kaymanın %2'sinin altındaki yamalar çizilmez. Model bir ters çözüm ürünüdür. Kırmızı noktalar bu izdüşümün üzerine bindirilen artçı bulutunu, yani çalışma olayından sonraki katalog olaylarını, beyaz yıldız çalışma olayının dış merkezini, ince çizgiler ise haritalanmış diri fayları gösterir. Uyarı: Bu bir Arazide ÖLÇÜLMÜŞ yüzey kırığı haritası değildir — model izdüşümüdür; arazi ölçümüyle aynı sembolle gösterilmesi modeli gözlem gibi sunmak olurdu. Artçılar da yeniden konumlandırılmamış katalog çözümleridir ve saçılımlarının bir bölümü bölgesel ağı konum belirsizliğinden gelir. Artçılar analiz sorgu kutusuyla (36,50–38,06°K, 36,07–38,01°D) sınırlıdır; kırılma izi bu kutunun dışına taşıdığından kutu dışındaki kesimde artçı gösterilmez (Kayma modeli [kurum ürünü]: USGS sonlu fay modeli sürüm 4 [gözden geçirilmiş ürün: 21.02.2023], U.S. Geological Survey, 2017; yöntem Ji vd., 2002 · faylar: MTA Türkiye Diri Fay Haritası [Elmacı vd., 2026]).



Şekil 14b. Haritada odak mekanizması çözümleri, diri fay izleri ve GNSS hız vektörleri birlikte gösterilmiştir. Renkli dairelerde renk mekanizma sınıfını, çap büyüklüğü kodlar. Kırmızı çizgiler haritalanmış diri fay izleridir; dış merkeze en yakın adlı faylar harita üzerinde adlandırılmıştır. Mor oklar GNSS istasyonlarının yatay hız vektörleridir (başvuru oku ve en büyük hız lejantıdır). İç boş halkalar $M \geq 5,0$ olayları, küçük gri noktalar katalog sismisitesini, sarı yıldız çalışma olayının dış merkezini gösterir (GCMT mekanizmaları; GNSS: Nevada Geodetic Laboratory [NGL] MIDAS hızları, Blewitt vd., 2016, 2018; Avrasya-sabit çerçeve: GSRM v2.1, Kreemer vd., 2014; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).



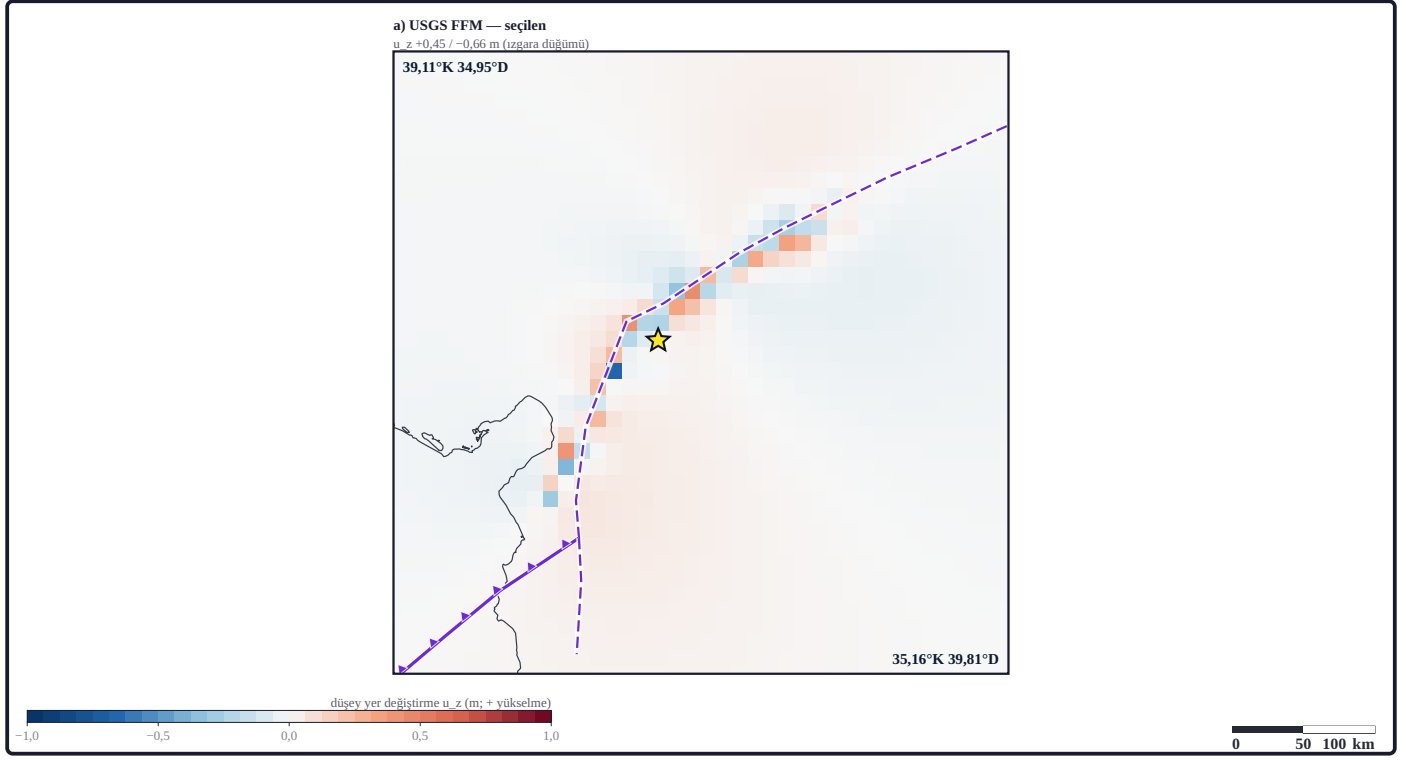
Şekil 14c. Siyah oklar GNSS gözlemidir (19 istasyon): Nevada Geodetic Laboratory günlük konumlarında olay gününü dışlayan iki pencerenin ortanca farkı (2023-01-06 – 2023-02-05 ↔ 2023-02-07 – 2023-02-10); elips ve çentik %95 belirsizliktir; mavi oklar model ileri hesabı: Okada (1985) homojen yarı uzay ileri hesabı; model çıktısı; 4 istasyonda MIDAS seküler hızı bulunmadığından seküler düzeltme yapılmamıştır (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Okada, 1985; GNSS: Blewitt vd., 2018; Blewitt vd., 2016; altlık ve kıyı çizgisi: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]; renk: oleron [Cramer, 2018]).

Şekil 14a–14c: Yamaların koyuluğu kayma büyüklüğüyle arttığı için momentin kırık boyunca nasıl dağıldığı doğrudan okunur ve artçı bulutunun bu bölümlere göre nerede yoğunlaştığı karşılaştırılabilir (Şekil 14a). Haritadaki 1.845 artçı Katalog çözümleridir; yeniden konumlandırılmamıştır ve saçılımının bir bölümü bölgesel ağı konum belirsizliğinden gelir. Uyarı: bu panel arazide ölçülmüş bir yüzey kırığı haritası değildir — USGS sonlu fay kayma modelinin izdüşümüdür ve arazi ölçümüyle aynı sembolle gösterilmesi modeli gözlem gibi sunmak olurdu. Kadraj modelin yama köşelerini ve çalışma olayının dış merkezini her eksende kapsanan aralığın %25'i (en az 0,08°) kadar payla içerir; haritada topoğrafya altlığı yoktur.

Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri ve 5 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 14b). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez.

Yatay yer değiştirme (büyüklük / azimut): EKZ1 gözlem 4,672 m / 276° (USGS FFM 0,340 m / 229°); ANTP gözlem 0,411 m / 45° (USGS FFM 0,497 m / 36°); TUF1 gözlem 0,353 m / 296° (USGS FFM 0,093 m / 256°); KLS1 gözlem 0,287 m / 28° (USGS FFM 0,375 m / 21°); GURU gözlem 0,172 m / 238° (USGS FFM 0,115 m / 203°); APK1 gözlem 0,153 m / 209° (USGS FFM 0,106 m / 192°; Şekil 14c). Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A6'da verilmiştir.

JEODEZİK GÖZLEMLER VE YÜZEY DEFORMASYONU (DEVAM)



Şekil 15. Panel kayma modelinden hesaplanan kosmik düşey yer değiştirmedir (u_z , + yükselme): USGS NEIC us6000jllz (model 7) (seçilen); model ileri hesabı yamaların Okada (1985) yüzey çözümüyle toplamıdır: homojen elastik yarı uzay (katmanlı ortam değil); bütün model değerleri model çıktısıdır; renk ölçeği seçilen modelin tepesine göre ± 1 m'de doyar; panel kendi uçlarını (kaba ızgara düğümünde) yazar (model: kurum ürünü: USGS NEIC sonlu fay modeli us6000jllz [U.S. Geological Survey, 2017]; yöntem: Okada, 1985; kıyı çizgisi [0 m eğrisi]: GMRT v4.5.0 [Ryan vd., 2009; CC BY 4.0; çok-ışınlı olmayan hücrelerde GEBCO] + Mapzen / AWS Terrain Tiles kara yükseltisi [SRTM [USGS], GMTED2010 [USGS], EU-DEM [Copernicus]]).

Şekil 15: Kosmik düşey yer değiştirmenin ızgara düğümlerindeki uç değerleri (Okada ileri hesabı; model çıktısı): USGS FFM için en büyük yükselme 0,45 m, en büyük çökme 0,66 m (Şekil 15).

KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ (DEVAM)

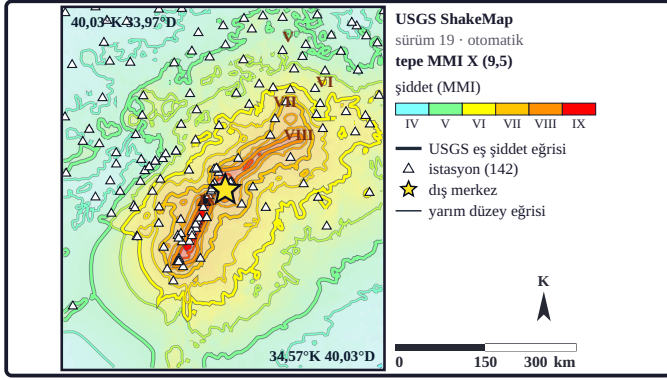
Kayması olayın ortalama kaymasını aşan yamaların doğrultu boyunca uzanımı şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için ortalama kayma 2,57 m, bu eşiği aşan momentin %10–90 aralığı 197 km, uç uca uzanım 276 km, derinlik 0–34,4 km, momentin %73 kadarı; ortalama kayma her modelde sismik momentin, kenarları kırılmış etkin kırık alanı (Somerville vd., 1999) ile modelin kendi momentleriyle tutarlı kayma modülünün — $\mu_{\text{eff}} = \Sigma M_0 / \Sigma(\text{kayma-alan})$; USGS sonlu fay modeli us6000jllz 36 GPa — çarpımına bölümüdür, aralık yamaların doğrultu eksenine izdüşümünün moment ağırlıklı yüzdelikleri, uç uca uzanım ise izdüşüm aralığına bir yama boyu eklenerek ölçülmüştür. Modelin hiposantrına en yakın yamadaki kayma şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 0 m, en büyük kaymanın %0 kadarı, en büyük kaymanın hiposantra uzaklığı 50,8 km; işletimsel ölçüt oranının en çok 0,3, uzaklığın en az 50 km olmasıdır. Momentin yama merkez derinliğine göre payları şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 15 km'den sığda %78,4, 15–30 km'de %18,3, 30 km'den derinde %3,3.

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

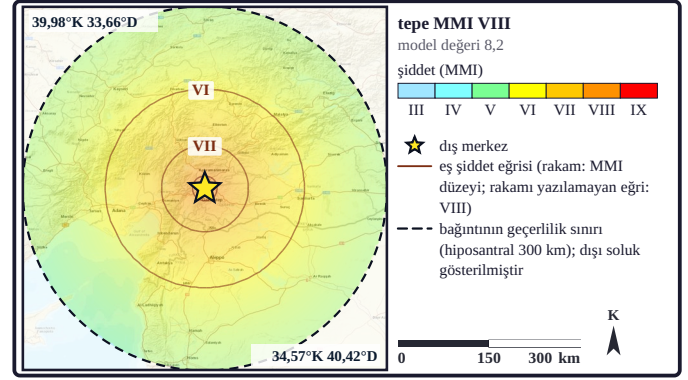
GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla $51^\circ/70^\circ/-4^\circ$ (NP1) ve $143^\circ/86^\circ/-160^\circ$ (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 7,78'dir. Mekanizma doğrultu atımlı faylanma sınıfındadır. İki blok birbirine göre yatay yönde kaymıştır. GCMT deviatorik moment tensörünün özdeğer ayrışımı %DC = 95,5, %CLVD = 4,5 vermektedir (lune boyları $\gamma = -1,1^\circ$; %ISO = 0 ve $\delta = 0$ değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir). Yüksek çift-kuvvet oranı, düzlemsel bir fay üzerinde basit makaslama kırılmasını gösterir. Aynışım olayın kendi GCMT çözümü (± 180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır.

Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinlemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden $\pm 1,2^\circ$; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1986–2026; $n = 57$; ortalama uyumsuzluk $37,9^\circ$) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 20° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: $13\text{--}28^\circ$) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı $R = 0,33$ (0,14–0,61). SHmax değeri bir yön sonucudur; ortalama uyumsuzluk tek-tensör varsayımının sınırını (35°) aştığından Anderson rejimi kısıtlanamamıştır. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Ortalama uyumsuzluk ($37,9^\circ$), inversiyonun tek-tensör varsayımının kırıldığı 35° düzeyini aşmaktadır (heterojen gerilme alanı, karışık popülasyon ya da çözülmemiş fay düzlemi ikilemi); bu nedenle yön yalnız bir ölçüm olarak raporlanmış, üzerinden rejim ya da yüklenme çıkarımı yapılmamıştır. Bölgesel mekanizma kümesinin (aynı dönem; $n = 36$) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı $> 60^\circ$ doğrultu atımlı, $P > 60^\circ$ normal, $T > 50^\circ$ ters; geri kalanı eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 9 doğrultu atımlı, 13 normal, 2 ters ve 12 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf normal faylanmadır: 36 çözümün 13'ü (%36) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı $16\text{--}61^\circ$ 'dir; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay-zaman pencereleriyle ayrılan 15 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralık bu çalışmanın işletimsel sınıf eşiğini (%45) içerdiğinden küme için sözel bir kinematik nitelime yapılmamıştır. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 17 doğrultu atımlı, 17 normal ve 2 ters çözümdür; bu sınıflama eğik/karma çözümleri de en dik eksenlerine göre üç sınıftan birine atar. Bu tip sayımı ile gerilme tensöründen türetilen Anderson rejimi ayrı ölçütlerdir: sayım tek tek mekanizmaların eksen dalımlarını sınıflar, rejim ise popülasyona ortak tek bir gerilme alanı uydurulmasından çıkar; biri diğerinin doğrulanması değildir. Çalışma olayı çevresinde ayrıca bir mekanizma arama penceresi taranmıştır: çalışma olayından 180 gün öncesi ile 30 gün sonrası arasında, 269 km yarıçapta ve $M_w \geq 4,0$ eşiğinde 35 çözüm bulunmuştur; 3 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 31 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 13'ü, çalışma olayının GCMT moment büyüklüğüyle (M_w 7,78) kurulan 88 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay dairesi içindedir (izleyen olay dizisi 86 km yarıçapla sayılmıştır); dairenin dışında kalan 22 çözümün 2'si çalışma olayından önceki döneme, 20'si olaydan sonraki döneme aittir (M_w 4,67–6,34; dış merkeze 89–226 km). Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 13 doğrultu atımlı, 10 normal, 9 eğik/karma, 3 ters çözüm biçimindedir.

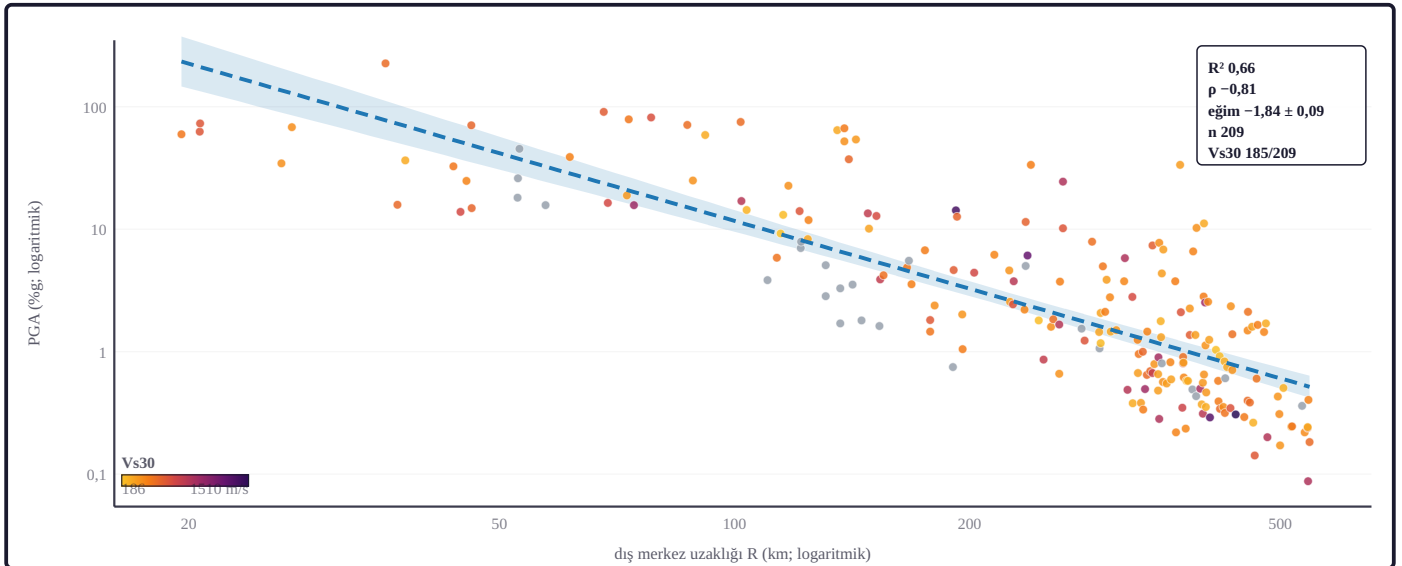
YER HAREKETİ VE ETKİ



Şekil 16a. Harita USGS ShakeMap model kestiriminin (sürüm 19; otomatik ürün; 03.09.2025) eş şiddet (MMI) eğrilerini gösterir; ince eğriler yarım düzeylerdir; bu sürümde 262 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 258'i ve 1.459 şiddet gözleminde işaretlenmeyen 200'ü yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır; USGS belirsizlik derecesi A; üçgenler ShakeMap listesindeki 262 sismik istasyondan kadrage içinde kalan 142'sini gösterir (dolu üçgen: en yüksek PGA); yıldız çalışma olayının dış merkezidir; ShakeMap'in girdi kökeni yıldızdan 6,2 km uzaktadır; renkli zemin orta çözünürlüklü USGS ShakeMap şiddet ızgarasının her 4. hücresidir; zeminin en büyük değeri 9,4'tür (ürünün beyan ettiği tepe 9,5) (kurum ürünü: USGS ShakeMap; yöntem: Wald ve Worden, 2020; Worden vd., 2018).



Şekil 16b. Harita modellenmiş makrosismik şiddet (MMI) alanını gösterir; yıldız dış merkezdir; kesikli çember bağıntının geçerlilik sınırını (şiddet-azalış bağıntısı: Allen vd., 2012).



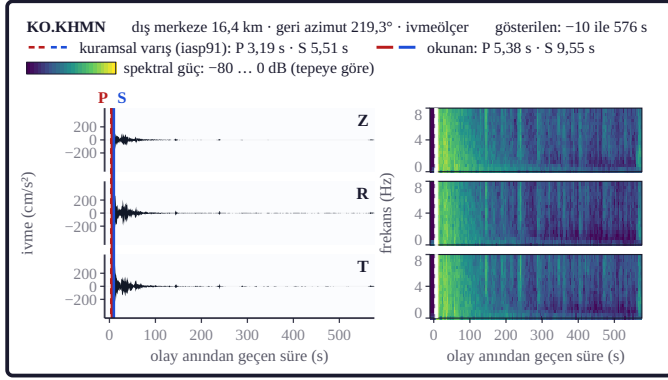
Şekil 16c. Her iki eksen de logaritmiktir, yatay eksen dış merkez uzaklığı R (km), dikey eksen PGA gösterir. Figür, kayıt istasyonlarında ölçülen en büyük yatay yer ivmesinin (PGA) dış merkez uzaklığıyla azalışını verir ve PGA birimi eksen başlığında yazılıdır. Küçük daireler gözlemdir: her biri bir kuvvetli yer hareketi kayıdır ve dolgu rengi o istasyonun Vs30 değerini kodlar — açık kehribar yumuşak zemin (düşük Vs30), koyu mor sağlam kaya (yüksek Vs30), gri ise Vs30 ölçümü olmayan istasyondur ve rampanın hiçbir ucuna atanmaz; renk ölçeği sol alttaki şeritte, uçlarındaki sayılar veri aralığının gerçek Vs30 sınırlarıdır. Kesikli mavi doğru modeldir: $\log PGA = a + b \cdot \log R$ biçiminde en küçük karelerle oturtulan azalış bağıntısı; çevresindeki soluk mavi kuşak bu doğrunun %95 güven bandıdır ve çözümün döndürdüğü band dizisinden olduğu gibi çizilir, yeniden hesaplanmaz. Sağ üstteki kutu uyumun sayısal karnesidir: R^2 doğrunun açıkladığı değişkenlik oranı, p Spearman sıra korelasyonu (negatif değer uzaklık arttıkça ivmenin düştüğünü söyler), eğim $\pm$ standart hatası ve regresyona giren kayıt sayısıdır. Nokta çapı bilgi taşımaz: bu ölçekte bir pikselle nicelik kodlanamaz, tek boy kullanılmıştır (Azalış regresyonu: log-log en küçük kareler + t-kuantili %95 güven bandı [Joyner ve Boore, 1981 geleneği] · sıra korelasyonu: Spearman, 1904 · Vs30/zemin sınıfı: TADAS-AFAD istasyon tablosu).

Şekil 16a–16c: Şekildeki renkli zeminin (ızgaranın her 4. hücresi) en büyük değeri 9,4'tür (Şekil 16a). Uydurmaya 209 aletsel kayıt girmiştir; topluluk (hissedilirlik) noktaları ayrı simgeyle çizilmiş, uydurmaya dâhil edilmemiştir (Şekil 16c). Belirtme katsayısı $R^2 = 0,66$, artık karekök ortalaması 0,43 logaritmik birimdir. Sıralamaya dayalı Spearman korelasyonu $\rho = -0,81$; bu ölçüt aykırı değerlere dayanıklıdır ve doğrusallıktan bağımsız olarak azalış eğiliminin tekdüzeliğini sınar. İstasyonların %88,5'inde kayma dalgası hızı eşleştirilebilmiştir; renk kodlaması bu alt kümeye dayanır ve aynı uzaklıkta yumuşak zeminli istasyonların üstte yer alması zemin büyütmesinin doğrudan görüntüsüdür. Bu doğru yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemi değildir: tek bir olayın kendi istasyon kümesine uydurulmuş ampirik bir doğrudur ve başka olaylara genellenemez.

Azalış ilişkisi karşılaştırması Tablo 9'da, dalga formu kaydının künyesi Tablo 10'da, USGS ShakeMap istasyonlarında gözlenen ve bağıntılarla kestirilen yer ivmeleri Tablo 11'de, USGS PAGER modelinin şiddet düzeylerine göre kestirdiği maruz nüfus Tablo 12'de, USGS PAGER modelinin yerleşimler için kestirdiği şiddet Tablo 13'te, USGS yer yenilmesi ürününün heyelan ve sıvılaşma model kestirimleri Tablo 14'te, USGS PAGER'in kıyas için seçtiği tarihsel depremler Tablo 15'te verilmiştir.

Model şiddet alanı, şiddet-azalış bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 8,2) düzeyindedir (Şekil 16b). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur.

YER HAREKETİ VE ETKİ (DEVAM)



Şekil 17a. Solda dalga formu, sağda Hann pencereli kısa zamanlı Fourier spektrogramı (pencere 2,56 s, %50 örtüşme) verilir; P ve S varışları işaretlidir. Şekil kaydın sinyal taşıyan bölümünü gösterir; aralık lejantıdır. Dalga formunda yatay eksen olay anından geçen süre (s), dikey eksen cm/s^2 birimindedir ve bileşenler ortak ölçektedir; spektrogramda dikey eksen frekans (Hz), renk tepeye göre dB'dir ve üç bileşen ortak renk ölçeğindedir. Yatay bileşenler geri azimuta göre ırsal (R) ve teğetsel (T) bileşene döndürülmüştür. Genlikler cihaz yanıtı giderilerek fiziksel birime çevrilmiştir. Kesikli dikey çizgiler kuramsal P ve S varışlarını, dolu çizgiler kayıttan okunan varışları gösterir. Kuramsal P, okunan P'den yalnız 2,19 s ayrıldığından bu ölçekte dolu çizginin altında kalır (kayıt: KO ağı, KOERI veri merkezi, FDSN dataset; süzgeç: Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı, 0,025–8,0 Hz).

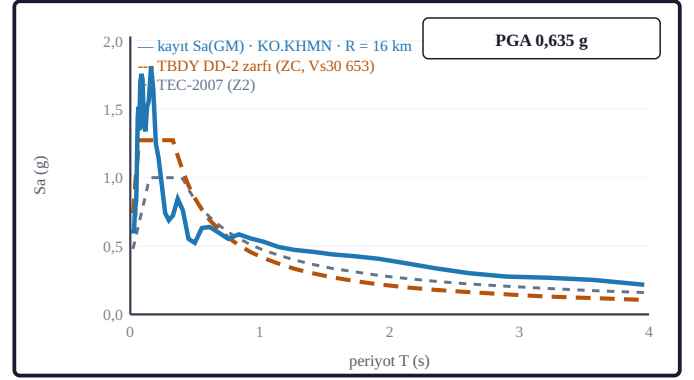
Şekil 17a ve 17b: Kayıta en büyük tepe genlik teğetsel bileşendedir; tepe genliğin dikey bileşendeki değere oranı ırsal bileşende 1,6, teğetsel bileşende 1,8 olarak ölçülmüştür (Şekil 17a ve 17b).

ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ (DEVAM)

Mekanizmaların haritalı ana faya dik uzaklığı 0,2–14,4 km aralığında olup ortancası 5,1 km'dir; bu dağılım, dizinin tek bir fay düzlemine mi yoksa daha geniş bir hasar zonuna mı dağıldığını gösterir. Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda ($n = 57$) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 19 doğrultu atımlı, 16 normal, 4 ters ve 18 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı $183,1 \times 130,0$ km boyutundadır (uzun $\times$ kısa eksen); olayların %95'i 3,9–17,4 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); kayıtların önemli bölümü sabit derinlikli olduğundan bandın tabanı sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır (sabit derinlik payı Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir). İzleyen olay kümesinin yatay boyutu en az $178,0 \times 125,4$ km olarak ölçülmüştür (seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınır). İzleyen olaylar dış merkeze ya da USGS sonlu fay modelinin kırılma izine 86 km'den yakın olanlar arasından seçilmiştir ve bulut bu sınıra dayanmaktadır (dış merkeze ya da ize olan en kısa uzaklıkların %90 yüzdeliği 80 km, en uzak izleyen olay 86 km); bu nedenle izleyen olay bulutunun boyut ve uzama ölçüleri seçim sınıрыyla sınırlıdır ve bulutun gerçek yayılımı için alt sınır olarak okunmalıdır, izleyen olayların sentroidi de yalnız seçim alanının içindeki izleyen olaylardan hesaplanmıştır. İzleyen olaylar çalışma olayından sonra kaydedilen daha büyük olayın etkinliğini de içerdiğinden bulut ölçüleri çalışma olayının kendi artışlarına özgülenez ve bu çekinceyle okunmalıdır. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri $I(NP1) = 0,861$ ve $I(NP2) = 0,755$ olup aradaki fark 0,106 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt $\Delta I > 0,15$ olup, bu eşik literatürden alınmamış, çalışmanın kendi kararı olarak belirlenmiştir. Ölçülen fark bu eşğin altındadır; iki düğüm düzlemi bu gerilme alanında benzer ölçüde elverişlidir ve ayırım yapılmamıştır. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda ($n = 44$) $I(NP1) = 0,891$ ve $I(NP2) = 0,724$ bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır.



Şekil 17b. Yatay eksen periyot T (s), dikey eksen %5 sönümlü spektral ivme Sa (g), mavi eğri kayıt, turuncu kesikli eğri tasarım zarfıdır. Şekil kaydedilen yer hareketinin tepki spektrumunu tasarım zarfıyla karşılaştırır, mavi eğri en yakın ivme-ölçer istasyonunun iki yatay bileşeninin geometrik ortalaması Sa(T), turuncu kesikli eğri aynı sahanın zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarıyla kurulan TBDY DD-2 tasarım spektrumu, gri noktalı eğri varsa TEC-2007 karşılığıdır; mavi eğrinin turuncu zarfı aşığı periyot bandı, o periyoda denk yapı stoğu için tasarım düzeyinin aşıldığı banttır (TBDY 2018 tasarım spektrumu; kayıt: FDSN ham ivme).

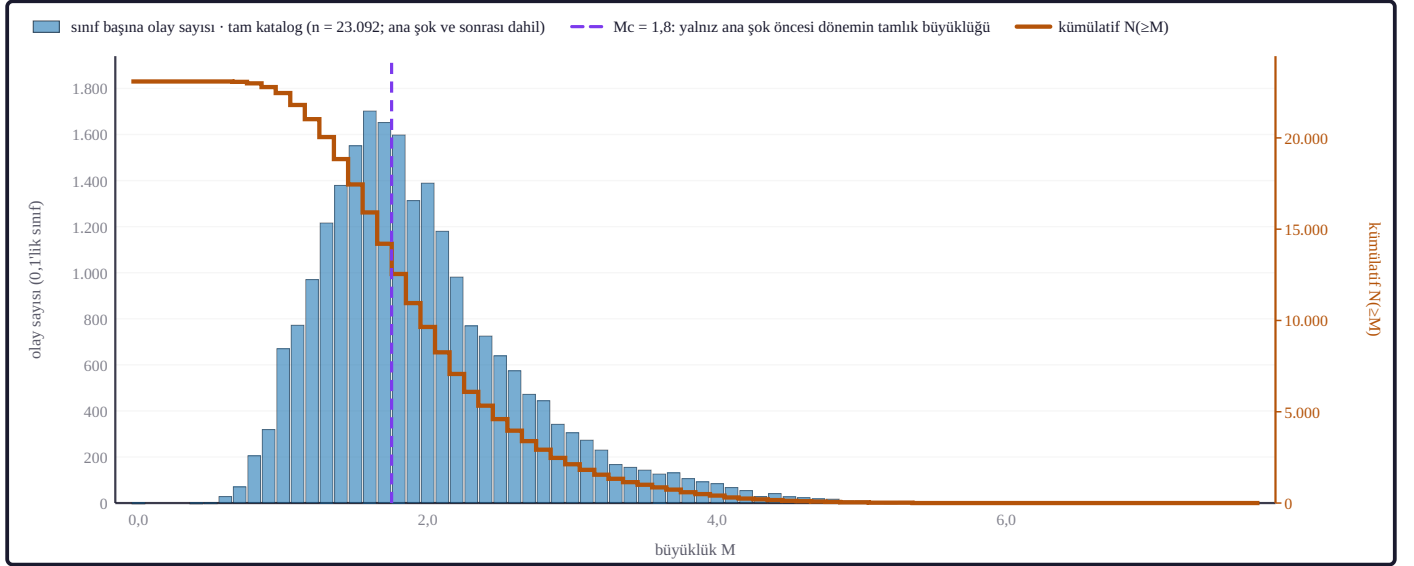
KOSEİSMİK YÜZEY DEFORMASYONU: GNSS GÖZLEMLERİ VE ELASTİK MODEL

Kosismik yüzey yer değiştirmesi USGS sonlu fay modeli us6000jllz kayma modelinin yamalarından, homojen elastik yarı uzayda Okada (1985) yüzey çözümüyle ızgarada ve GNSS istasyonlarında ileri hesaplanmıştır; bu çalışmada jeodezik ters çözüm yapılmamıştır, hesaplanan alanlar model çıktısıdır ve modellerin kendi ters çözümlerinde kullanılan katmanlı yer modeli bu hesapta yer almaz. 40×40 düğümlü kaba ızgarada en büyük yükselme, en büyük çökme ve en büyük yatay yer değiştirme şöyledir: USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 0,45 m, 0,66 m ve 3,07 m; değerler düğüm değerleridir ve gerçek uç değerler düğümler arasında olabilir. NGL günlük GNSS konumlarının 06.01.2023–05.02.2023 ve 07.02.2023–10.02.2023 pencereleri arasındaki ortanca farkı olarak ölçülen yatay yer değiştirme şöyledir (Blewitt vd., 2018): EKZ1 istasyonunda 4,67 m, 276° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı eksen 2 mm; ANTP istasyonunda 0,41 m, 45° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı eksen 6,1 mm; TUF1 istasyonunda 0,35 m, 296° yönünde, %95 güven elipsinin büyük yarı eksen 2,7 mm. Aynı istasyonlarda modellerin verdiği yatay yer değiştirme şöyledir: EKZ1 istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000jllz 0,34 m; ANTP istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000jllz 0,5 m; TUF1 istasyonunda USGS sonlu fay modeli us6000jllz 0,09 m; kıyas yalnız gözlenen ötelenmesi en büyük istasyonlardan oluşan bu alt kümeye aittir ve model ile gözlem arasında artık ya da varyans azaltımı gibi bir uyum istatistiği hesaplanmamıştır. Sonraki pencerenin ortancası depremden sonraki ilk günlerin ardıl hareketini de içerebilir; seküler hız MIDAS hızlarıyla (Blewitt vd., 2016) çıkarılmıştır.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, 86 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 11.316 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 6,6 büyüklüğündedir. Çalışma olayından sonra, kendisinden küçük olmayan bir deprem kaydedilmiştir: 06.02.2023 tarihli Mw 7,7 (çalışma olayından 9,1 saat sonra, dış merkezine 83 km uzaklıkta). Çalışma olayı bu depremin uzay–zaman penceresi içinde kaldığından bu çalışmanın ölçütüyle dizinin tek en büyük olayı değildir; bu sonuç olay sonrası 90 günlük gözleme dayanır. Dizi sınıflaması bu durumda uygulanmamıştır. 86 km yarıçaplı izleyen olay sayım alanında çalışma olayı ve onu izleyen kayıtların toplam sismik momenti içinde çalışma olayının payı %97 kadardır. Omori–Utsu sönüm parametreleri bu dizi için raporlanmamıştır: gözlem süresi ($T = 90$ gün) kestirilen c değerinin (10,14 gün) yalnız 8,9 katıdır ve bu çalışmanın aradığı en az 10 katlık süreyi karşılamamaktadır; bu koşulda p ile c birbirinden ayrılmaz (p'nin standart sapması 0,05). Uydurma, tamlik eşliğinin üzerindeki ($M \geq 1,8$) 11.194 izleyen olay ile kurulmuştur.

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 18. Tamlık büyüklüğü (çalışma olayı öncesi dönem) $M_c = 1,8$ olarak benimsenmiştir (azami eğrilik + 0,2 ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %96,0 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı çalışma olayıdır (Mw 7,7). Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayıdır (sol eksen; çalışma olayı ve sonrası dahil tam katalog); turuncu eğri kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi yalnız çalışma olayı öncesi dönemin tamlık büyüklüğüdür (tam katalog, $n = 23.092$).

Şekil 18: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sunar (Şekil 18). M_c altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogta yer almamıştır. Tüm büyüklük–frekans istatistikleri yalnız M_c üstü örnekleme kurulumuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 16'da, USGS ürün çözümlerinin sürümden sürüme değişimi Tablo 17'de verilmiştir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ (DEVAM)

Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 1,1$ olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri $M 7,7$ ve $M 6,6$); Båth yasası (Båth, 1965) bir dizinin en büyük olayı ile en büyük artçısı arasındaki farkı tanımladığından ve çalışma olayından sonra ondan küçük olmayan bir deprem kaydedildiğinden bu fark yasayla karşılaştırılmamıştır. Aynı fark moment tensörü büyüklükleriyle $\Delta M = 1,00$ değerindedir; iki ölçek ayrı ayrı verilmiş, birbirine karıştırılmamıştır. Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi $M^* \approx 8,3$ 'tür (kestirimde kullanılan $b = 0,62$; 86 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 1,8$ olan 11.194 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b , yalnız artçı alt kümesinden kestirilmiştir ve bölgesel sismosite bölümündeki katalog b -değerinden farklı bir popülasyona aittir.

STATİK COULOMB GERİLME
AKTARIMI VE GÖZLEMSEL SINAMASI

ΔCFS alanı, yarı-sonsuz elastik ortamdaki dikdörtgen dislokasyon çözümüyle (Okada, 1992), kaynak fayla eş yönelimli alıcı düzlemde, etkin sürtünme katsayısı $\mu' = 0,40$ ile 9,7 km derinlikte ve 43×44 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi USGS sonlu fay modelinden (USGS NEIC) alınmıştır (model başlık düzleminin doğrultu/eğim/kayma $28^\circ/85^\circ/-1^\circ$; etkin kırık boyutu: 3 segmentin toplam uzunluğu $L = 380$ km, $W = 22,5$ km). Gerilme aktarımı modelin 647 yamasının tümüyle hesaplanmıştır; etkin kırık boyutu kenar kırpmasıyla (Somerville vd., 1999) kurulmuştur. Gözlemsel sına olarak ΔCFS her izleyen olayın kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 15.695 izleyen olayın 775 tanesi (%5) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 14897 tanesi (%95) -0,1 bar altındaki gölge alanında, 23 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 3545 izleyen olay bu sayının dışında tutulmuştur. İzleyen olaylar çalışma olayından sonra kaydedilen daha büyük olayın etkinliğini de içerdiğinden sınamanın sayımları çalışma olayının kendi artçılarına özgülenemez ve bu çekinceyle okunmalıdır. Yansız bant eşiği 0,1 bar olarak alınmıştır.

Bu eşiğin karşılığı olan 0,01 MPa düzeyinin altındaki statik gerilme değişimlerinin saptanabilecek sayıda olay tetiklemeyebileceği öne sürülmüştür (Hardebeck vd., 1998). Karşılaştırma için bir boş model kurulmuştur: boş model, izleyen olayların yerleşiminin gerilme değişimi alanından bağımsız olduğu varsayımını temsil eden uzamsal karşılaştırma modelidir ve burada olay öncesi sismisitenin konumlarından oluşur. Boş modelde yükleme alanına düşen pay %6 olarak ölçülmüştür (12/189); izleyen olay payı ile boş model payı arasındaki fark -1,4 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı -5,8 ile 1,3 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içerdiğinden izleyen olay yerleşimi bu ölçüyle boş modelden ayırt edilememektedir. İzleyen olay konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; sınıflar katalog hiposantrlarına göre ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve merteye betimlemesi olarak okunmalıdır. En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SHmax doğrultusu 5° ve doğrultu atımlı rejim çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır. Bu bölgesel alan varsayımıyla (SHmax 5° ; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 2774 yükleme, 12890 gölge ve 31 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 7693 yükleme, 7953 gölge ve 49 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıfı değişen olay sayısı 4966). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak ($n = 44$) elde edilen alandan (SHmax = 21° , şekil oranı 0,25) farklıdır; birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sınımlanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 3411 yükleme, 12170 gölge ve 114 yansız bant vermektedir (sınıfı değişen olay sayısı 413). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlemde yükleme ve gölge alanlarının deseni farklıdır. ızgaranın %78 kadarında $|\Delta CFS|$, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düğüm değerlerinin ortancası -0,54 bar, %5–95 aralığı -9,9 ile 0,44 bar arası, %1–99 aralığı -32 ile 11 bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak dikdörtgeninin kenarlarında iraksadığından alanın uç değerleri ızgara aralığına bağlıdır ve raporlanmamıştır. Alan iki bileşenine ayrılarak da incelenmiştir: makaslama gerilmesi değişimi $\Delta \tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta \sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \Delta \sigma_n$). İki panel aynı kadrj ve aynı kaynak geometrisiyle çizildiğinden, birleşik alandaki desenin hangi bileşenden doğduğu doğrudan okunabilir. Gözlemsel karşılık olarak β oran-değişim istatistiği (Matthews ve Reasenber, 1988) hesaplanmış; 36×36 düğümlü haritada 1.165 düğümde oran artışı ($\beta > 2$), 0 düğümde sismik gölge ($\beta < -2$) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiilî gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı $E \geq 1$ olan 1.257 düğüm değerlendirilmiştir; $n = 23.092$).

Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göredir: 1.257 düğüm birlikte sanandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 29 düğümün eşiği yalnız şans eseri aşması beklenir; düğümler örtüşen toplama yançapları nedeniyle bağımsız da değildir. Tekil düğüm sayısı bu nedenle tek başına anlamlılık kanıtı sayılmamıştır. Model loblarıyla örtüşme kanıt niteliğindedir, öngörü değildir. ΔCFS alıcı düzlemi kayma modelinin başlık düzlemidir, doğrultu/eğim/kayma açısı 28°/85°/-1°; 3 parçalı bu modelde başlık düzlemi ilk parçanın düzlemidir, yamaların moment ağırlıklı temsili düzlemi ise 49°/81,9°/0° olup alıcı geometri seçimi ΔCFS değerlerini etkiler.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay merkezli bölgesel katalogdan, olay öncesi dönem için, Mc = 1,8 tamlik eşiğinin üzerinde b = 0,92 ± 0,03 kestirilmiştir (eşik üstü N = 1.305; toplam 3.747 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri 4,77, yıl ve km² başına normalleştirilmiş değeri a' = -0,42 olarak hesaplanmıştır (5,2 yıl, 29.800 km²). Katalog büyüklüklerinin %97 kadarı ML türündedir; moment büyüklüğü ölçeğindeki kayıtların payı %2 düzeyindedir. b değeri büyüklük ölçeğine bağlı olduğundan ve b'nin standart sapması yalnız örneklem belirsizliğini taşıdığından b, b = 1 referansıyla ya da başka katalogların b değerleriyle anlamlılık sinamasına sokulmamıştır. Olay sonrası dönemin b değeri, çalışma kutusundaki kayıtlardan ve kendi tamlik eşiğiyle ayrıca kestirilmiştir: Mc = 3,9 üzerinde b = 1,03 ± 0,20 (N = 474); bu değer çekinceyle verilmiştir. Tamlik eşiği ve b, büyüklük örneklemının 1.000 yeniden örneklemesinde birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdelik aralığı Mc için 1,7–1,9, b için 0,89–0,95 olarak bulunmuştur. Tarihsele eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta M ≥ 6,0 (2 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca 5,0 ≤ M < 6,0 (9 kayıt); toplam 11 kayıt. Derlemedeki en büyük olay 1945 yılında, dış merkeze 105 km uzaklıkta gerçekleşen M 6,1 depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1986 M 6,0 (104 km); 1971 M 5,8 (24 km); 1953 M 5,4 (47 km); 1971 M 5,4 (19 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın tek kaydı 29.06.1971 tarihli M 5,4 depremidir (19 km). M ≥ 7,7 olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce hiç gözlenmemiştir (123 yıllık gözlem süresi); bu nedenle ortalama yinelenme aralığı için yalnız bir alt sınır verilebilmektedir: en az 41 yıl (tek taraflı %95 güven düzeyi; kesin Poisson sınırı: Garwood, 1936). Kataloğun bu büyüklükteki tamlik başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca M ≥ 7,7 için tam varsayılmıştır; varsayım sinanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlış olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde 86 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlik eşiğinde (M ≥ 2,0) 4.900 olay kaydedilmiştir; bu sayı 54,4 olay/gün oranına karşılık gelir. Çalışma penceresinden önceki ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık arka plan dönemi (08.02.2013 – 07.02.2018) aynı dairede ve aynı eşikte 1.591 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,87 olay/gün düzeyindedir. Oran katı 62'dir (%95 güven aralığı 59–66); aralık, iki Poisson sayımı için kesin koşullu aralıktır (Clopper ve Pearson, 1934). Aralık, sayımların bağımsız Poisson olduğu varsayımına dayanır; ayrıştırılmamış (kümelenmiş) sayımlarda gerçek belirsizlik daha genişir. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı arka plan oranının altındadır (0,74 kat; %95 güven aralığı 0,64–0,85); arka plan dönemi kendi içinde dizi sönümlerini de taşıdığından ve ağ duyarlılığı dönemler arasında değişebildiğinden bu düşüklük olay öncesi bir sakinleşme kanıtı olarak yorumlanmamıştır; sinama yalnız anılan daireyi kapsar, çalışma kutusunun tamamı için yapılan dönem bölütlemesi başka bir alanı ölçer. Pencere ve arka plan dönemlerinin b değerleri ortak tamlik eşiğinde (Mc = 2,5) yeniden kestirilerek kıyaslanmıştır: pencere b = 0,70 ± 0,01 (N = 4.599; belirsizlik kestiricisi: Aki, 1965), arka plan b = 1,02 ± 0,09 (N = 685; belirsizlik kestiricisi: yeniden örneklem). Fark |Δb| = 0,32, birleşik belirsizlik 0,09 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını (0,18) aştığından iki dönem b bakımından ayrılmaktadır (fark, birleşik belirsizliğin 3,6 katıdır). Birleşik belirsizlik yalnız örneklem belirsizliğini taşıdığından bu ayrışma, b değerinde fiziksel bir değişimin kanıtı olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 2.309 olay) arasında 40,9 km yer değiştirmiştir (azimut 336°; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.340,0 gün; ortalama 31 m/gün). Bu ölçü iki ortalamanın farkıdır; bir göç modeli uydurması değildir.

Son dilimin ortalama zamanı çalışma olayından sonradır; dilim büyük ölçüde olayı izleyen diziden oluştuğundan bu fark, dizinin önceki sismisiteye göre konumunu gösterir ve pencere boyunca süren bir göç olarak yorumlanmamıştır. Duyarlılık olarak dış merkez koordinatlarının zamana göre doğrusal eğilimi 345° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 9°'dir (ağırlık merkezi farkı pencerenin iki ucunu, regresyon bütün pencereyi tartar). Eğilimin anlamlılığı, kümelenmeye karşı etkin örneklem büyüklüğüyle (n_{etkin}; Gardner–Knopoff bağımsız küme sayısı ile birinci dereceden öz bağlanım ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sinanmıştır: kuzey–güney bileşeninde r = 0,22, n_{etkin} = 267 ile |z| = 3,6; doğu–batı bileşeninde r = -0,06, n_{etkin} = 188 ile |z| = 0,8. En büyük |z| değeri 1,96 eşiğini aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrılmaktadır; bu ayrışma da pencerenin sonundaki dizinin katkısı içerir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesci bilgi ölçütü) cezasıyla bölütlenmiştir; bölütleme, 23.092 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 5 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.619 gün, 1,8 olay/gün; 206 gün, 4,5 olay/gün; 15 gün, 389,4 olay/gün; 28 gün, 248,3 olay/gün; 47 gün, 139,5 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti 5,96×10²⁰ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; çalışma olayı bu toplama Mw 7,78 moment tensörü büyüklüğüyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %97'dir. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: M ≥ 6,7) yalnız çalışma olayı bulunmaktadır; kalan olayların toplam momenti, aynı kataloğun Gutenberg–Richter bağıntısından hesaplanan toplamın 20,9 katıdır; iki değer bağdaşmadığından kalan pay yorumlanmamıştır.

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

USGS ShakeMap'in (sürüm 19; otomatik ürün; 03.09.2025) model kestirimine göre tepe şiddet MMI 9,5, en büyük yer ivmesi (PGA) 1,31 g ve en büyük yer hızı (PGV) 190 cm/s olarak hesaplanmıştır (Wald ve Worden, 2020); bu sürümde 262 sismik istasyon kaydından işaretlenmeyen 258'i ve 1.459 şiddet gözleminden işaretlenmeyen 200'ü yer hareketi bağıntılarıyla birlikte kullanılmıştır (Worden vd., 2018); 4 sismik istasyon kaydı ile 1.259 şiddet gözlemi ShakeMap tarafından işaretlenmiştir. Haritada KothaEtAl2020ESHM20 yer hareketi bağıntıları (ShakeMap yapılandırma adları) kullanılmıştır; yer hareketi–şiddet dönüşümü için Worden vd. (2012) bağıntısı uygulanmıştır; ShakeMap'in kendi belirsizlik derecesi A olarak verilmiştir. ShakeMap istasyon listesinde en yüksek gözlenen PGA 1,62 g ile TK.2708 istasyonundadır (kırğa 1,2 km); en yüksek PGA'lı 10 istasyonun 10 tanesinde gözlem bağıntı kestiriminin üstünde, 0 tanesinde altındadır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 3.182 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 9,1 değerini vermektedir. USGS ShakeMap model şiddeti MMI 9,5 olup iki değer arasındaki fark 0,4 birimdir; ShakeMap topluluk bildirimlerini gözlem olarak özümlediğinden bu uyum bağımsız bir doğrulama değildir. Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürettirilen 23.08.2026 16:50:00 UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. USGS DYFI ürününde (13.04.2026) en yüksek topluluk şiddeti CDI 9,1, yalnız Çüngüş (1 bildirim) ve Ekinözü (1 bildirim) yerleşimlerinden gelir; en az 3 bildirimli yerleşimlerde en yüksek değer Antakya'da (15 bildirim) CDI 9,0 olarak hesaplanmıştır (Wald vd., 2011). Birkaç bildirimle dayanan değerler gürültüldür (Atkinson ve Wald, 2007). USGS PAGER (sürüm 17; 14.04.2023) model kestirimine göre MMI VII ve üzeri şiddete maruz kalan nüfus yaklaşık 9,0 milyon kişidir; can kaybı uyarı düzeyi kırmızı (ölüm sayısının en az 1.000 kişi olma olasılığı %90) ve ekonomik kayıp uyarı düzeyi kırmızı (kaybın en az 1 milyar ABD doları olma olasılığı %93); bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19). PAGER değerleri USGS modeli kestirimidir (can kaybı modeli: Jaiswal ve Wald, 2010; ekonomik kayıp modeli: Jaiswal ve Wald, 2013); sayım ya da gözlenmiş kayıp değildir. USGS PAGER'in model kestirimine dayanan uyarı yorumu (U.S. Geological Survey, 2017; sürüm 17; 14.04.2023; özgün dilde): “Red alert for shaking-related fatalities and economic losses. High casualties and extensive damage are probable and the disaster is likely widespread. Past red alerts have required a national or international response.” “Estimated economic losses are 1-20% GDP of Turkey.” USGS PAGER'in yapı stoku yorumu (özgün dilde): “Overall, the population in this region resides in structures that are extremely vulnerable to earthquake shaking, though some resistant structures exist.

The predominant vulnerable building types are unreinforced brick masonry and low-rise nonductile concrete frame with infill construction.” USGS PAGER’in tarihsel kıyas yorumu (özgün dilde): “A magnitude 6.7 earthquake 432 km northeast of this event struck Lice, Turkey on September 6, 1975 (UTC), with estimated population exposures of 15,000 at intensity VII and 1,000 at intensity VIII, resulting in a reported 2,370 fatalities.” Yorumdaki uzaklık PAGER’in kendi kayıtlarıyla tutmamaktadır; PAGER’in girdi kökeni ve tarihsel kaydındaki koordinatlara göre anılan 06.09.1975 depremi PAGER’in girdi kökeninden 359 km uzakta ve kuzeydoğu yönündedir (azimut 65°). USGS yer yenilmesi ürününe (ground failure; sürüm 14; 14.04.2023) göre heyelan modeli (Nowicki Jessee vd., 2018) kırmızı uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı heyelan alanını yaklaşık 370 km² (± 19) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 28.000 kişi (± 3.300) olarak, sivilaşma modeli (Zhu vd., 2017) kırmızı uyarı düzeyinde olasılık ağırlıklı sivilaşma alanını yaklaşık 570 km² (± 33) ve olasılık ağırlıklı maruz nüfusu yaklaşık 110.000 kişi (± 8.400) olarak kestirmektedir; bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19). Yer yenilmesi değerleri USGS modeli kestirimidir; gözlenmiş heyelan ya da sivilaşma envanteri değildir.

Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VIII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 8,6 km); MMI IV eşiği bağıntının geçerlilik uzaklığına (300 km, hiposantral) kadar aşıldığından hissedilme yarıçapı yalnız alt sınırla verilmiştir: dış merkez uzaklığı olarak en az 299 km. Alanın %21’i bağıntının geçerlilik uzaklığının dışındadır ve yorumlanmamıştır. Alan nokta kaynak varsayımıyla, uzaklık hiposantra göre alınarak kurulmuştur; kaynak kırık geometrisinin boyu ($L = 380$ km) hesaba katılmadığından eş şiddet eğrileri dairedir ve model, kırığın dış merkezden uzak kesimlerinde şiddeti düşük kestirir. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Bu çalışmanın şiddet-azalım modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI 8,2) topluluk gözlemiyle bir birim içinde uyumludur. KO.KHMN istasyonunun ($R = 16,4$ km, Kahramanmaraş) ham ivme kaydından, sayaç değerleri kanal duyarlılığıyla fiziksel birime dönüştürülerek %5 sönümlü elastik tepki spektrumu SDOF sayısal integrasyonu ile hesaplanmıştır. Yatay bileşenlerin geometrik ortalaması $T = 0,16$ s periyodunda $S_a = 1,81$ g tepe değerine ulaşmakta, zemin ivmesi $PGA = 0,63$ g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: ARŞIV). İstasyon zemin koşulu $V_{s30} = 653$ m/s olup TBDY-2018’e göre ZC sınıfındadır (TADAS istasyonu NAR, 0,0 km uzaklıkta; harita parametreleri $S_s = 1,060$, $S_1 = 0,282$, 475 yıllık $PGA = 0,443$ g). TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, SDS = 1,272g, SD1 = 0,423g, TA = 0,067 s, TB = 0,333 s) ile kıyaslandığında KO.KHMN kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok 2,13 olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıta bazı periyot bantlarında aşılmıştır — yer hareketi bu bantta tasarım talebinin üzerine çıkmıştır. Kayıt ağının tamamı kullanıldığında yer hareketinin uzaklıkla azalımı doğrudan ölçülebilmektedir: 209 kuvvetli yer hareketi kaydına oturtulan $\log_{10}PGA = a + b \cdot \log_{10}R$ doğrusu $a = 4,74 \pm 0,22$, $b = -1,84 \pm 0,09$ vermekte, açıklanan değişkenlik $R^2 = 0,66$ olmaktadır (uzaklık aralığı 20–545 km, 1,4 onlu). Uzaklık–genlik ilişkisinin sıra korelasyonu Spearman $\rho = -0,81$ ’dir ($n = 209$, $p < 0,001$); negatif işaret uzaklık arttıkça ivmenin düştüğünü doğrular. Bu doğru bu olaya özgü gözlenen azalımı; yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemini (GMPE) değildir ve başka olaylara uygulanamaz. Spektral karşılaştırma geçmiş yer hareketinin mühendislik değerlendirmesidir; yapısal karar için sahaya özel zemin etüdü esastır.

DALGA FORMU KAYDI

Olayın dalga formu KO.KHMN istasyonunda kaydedilmiştir (dış merkez uzaklığı 16,4 km, geri azimut 219°; algılayıcı: ivmeölçer) ve 3 bileşen (Z, R, T) 100 Hz örnekleme sıklığıyla incelenmiştir. Kayıt KOERI veri merkezinin FDSN dataset servisinde alınmıştır; istasyon KO ağına aittir ve ağıın künyesi Veri Erişilebilirliği bölümünde verilmiştir. Veri merkezinden istenen pencere oluş anından 60 s önce başlayıp 600 s sonra bitmektedir; süzgecin kenar etkisini taşıyan uçlar atıldığından (her iki uçtan 34 s) çözümlenen kayıt oluş anından 30 s önce başlar ve 607 s sürer. Kayıtlara Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri–geri) süzgeç uygulanmıştır (0,025–8,0 Hz, merteye 2, ileri–geri geçişle etkin merteye 4); sıfır fazlı geçiş faz gecikmesi üretmez, ancak nedensel olmadığından keskin varışların önünde düşük genlikli yapay salınım oluşturabilir. Işınal (R) ve teğetsel (T) bileşenler, yatay kanalların geri azimut açısıyla döndürülmesinden elde edilmiştir; kanal yönelimi istasyon üstverisinden alınmıştır. Cihaz yanıtı giderilmiştir (kutup–sıfır aktarım işleviyle); genlikler cm/s² biriminde verilmiştir. Kuramsal P ve S varışları oluş anından 3,19 s ve 5,51 s sonradır (iasp91 hız modeli; Kennett ve Engdahl, 1991).

Varışlar, tek yönlü (nedensel) süzgeçten geçirilmiş izde, 1–10 Hz bandında, STA/LTA (kısa/uzun dönem ortalama oranı; Allen, 1978) ve AIC (Akaike bilgi ölçütü; Maeda, 1985) algoritmalarıyla okunmuştur; düşey bileşende okunan P varışı 5,38 s’dedir (kuramsal değerden farkı +2,19 s; sinyal/gürültü oranı 3.900). S varışı 9,55 s’de okunmuştur (sinyal/gürültü oranı 9,6); S–P süresi 4,17 s’dir (kuramsal değeri 2,32 s; fark +1,85 s). S okuması benimsenen konuma göre kurulan pencerede arandığından bu süre bağımsız bir konum ölçüsü sayılmamıştır. P dalgasının parçacık hareketinden, kovaryans matrisinin özvektörleriyle (Jurkevics, 1988), ölçülen geri azimut 191°, benimsenen konumdan hesaplanan 219°’dir (fark 28°; ölçümün kendi saçılımı $\pm 1,1^\circ$; doğrusalılık 0,97). Fark, bu çalışmanın işletimsel eşiğine (30°) ölçümün kendi saçılımının iki katından daha yakındır; bu nedenle ölçümden benimsenen konumun lehine ya da aleyhine hüküm çıkarılmamıştır. Bağımsız konum sınaması, dış merkeze en yakın istasyonların kayıtlarında konumdan bağımsız okunan P varışlarının kuramsal varış zamanından farkıyla (P artışı) yapılmıştır. Sınama çekinceyle verilmiştir: aday istasyonların tümü, kayıtların veri merkezinden alınması için ayrılan süre içinde denenemediğinden ölçü kısmidir. P artıkları istasyon ve dış merkez uzaklığıyla şöyledir: KO.KHMN (16,4 km) +2,19 s; KO.GAZ (19,0 km) +0,96 s; KO.KMRS (28,5 km) +1,73 s. P artışı benimsenen oluş zamanına, odak derinliğine ve kullanılan tek boyutlu hız modeline de bağlıdır; bu nedenle ölçü yalnız konum hatasına bağlanmamıştır.

USGS OLAY VE ETKİ ÖZETLERİ (ÖZGÜN DİLDE)

USGS’in olay sayfasında yayımladığı metin ürünleri bu bölümde özgün dilinde (İngilizce) kısaltılmadan verilmiştir (U.S. Geological Survey, 2017). Metinler USGS’e aittir; bu çalışmanın bulgusu ya da çevirisi değildir.

Olay özeti (general-text; 05.05.2023) tektonik özeti: “On February 6, 2023, a magnitude 7.8 earthquake occurred in southern Turkey near the northern border of Syria. The earthquake was followed 11 minutes later by a magnitude 6.7 aftershock. The magnitude 7.8 earthquake resulted from strike-slip faulting at shallow depth.” “The event ruptured either a near-vertical left-lateral fault striking northeast-southwest, or a right-lateral fault striking southeast-northwest. The preliminary location of the earthquake places it within the vicinity of a triple-junction between the Anatolia, Arabia, and Africa plates.” “The mechanism and location of the earthquake are consistent with the earthquake having occurred on either the East Anatolia fault zone or the Dead Sea transform fault zone. The East Anatolia fault accommodates the westward extrusion of Turkey into the Aegean Sea, while the Dead Sea Transform accommodates the northward motion of the Arabia peninsula relative to the Africa and Eurasia plates.”

“Although earthquakes are commonly plotted as single points on a map, they rupture planes that have dimensions. A magnitude 7.8 strike slip earthquake typically ruptures a fault ~190 km long and ~25 km wide.”

“The region where the February 6 earthquake occurred is seismically active. Only three earthquakes of magnitude 6 or larger have occurred within 250 km of the February 6 earthquake since 1970. The largest of these, a magnitude 6.7, occurred northeast of the February 6 earthquake on January 24, 2020. All of these earthquakes occurred along or in the vicinity of the East Anatolia fault.” “Despite the relative seismic quiescence of the epicentral area of the February 6, southern Turkey and northern Syria have experienced significant and damaging earthquakes in the past. Aleppo, in Syria, was devastated several times historically by large earthquakes, though the precise locations and magnitudes of these earthquakes can only be estimated.” “Aleppo was struck by an estimated magnitude 7.1 earthquake in 1138 and an estimated magnitude 7.0 earthquake in 1822. Fatality estimates of the 1822 earthquake were 20,000-60,000.”

Olay özeti 05.05.2023 tarihli; USGS bu olayın ShakeMap (sürüm 19, 03.09.2025) ürününü bu tarihten sonra güncellemiştir; özetteki sayılar bu sürümlerdekiyle aynı olmayabilir.

Etki özeti (impact-text; 15.04.2023; bildirilen etkilerin USGS derlemesidir, bu çalışmanın sayımı değildir): “At least 50,399 people killed, 115,000 injured and 1.5 million homeless; 325,522 buildings severely damaged or destroyed, 4 million others damaged and 150,000 commercial infrastructure moderately damaged in 16 provinces across southern Turkey. Ground fissures formed on a highway near Antakya. A large fire destroyed 3,600 containers of industrial oil at a port at Iskenderun.” “Liquefaction and land subsidence occurred at Golbasi and in Hatay. Damage estimated at \$100 billion U.S. dollars. At least 8,476 people killed, 14,500 injured and estimated 5.37 million homeless; 490 buildings destroyed and thousands damaged in northwestern Syria. A dam sustained cracks near Afrin.

Damage estimated at \$5.1 billion U.S. dollars. At least 10,460 buildings damaged in Lebanon.” “Some buildings damaged at Nicosia, Cyprus, at Erbil, Iraq and at Ashdod, Israel. A 20 m crack occurred in the Corniche at Alexandria, Egypt. A small tsunami was generated with wave heights of 17 cm at Famagusta, Cyprus and 13 cm at Erdemli and 12 cm at Iskenderun, Turkey. Maximum intensity XII.”

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

06.02.2023 tarihli Pazarcık (Kahramanmaraş) depremi (Mw 7,7; odak derinliği 8,6 km), Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı fay parçaları Doğu Anadolu Fay Zonu'na (3,5 km) ve Ölü Deniz Fay Zonu'na (5,4 km) bağlıdır. GCMT moment tensörü çözümü ($M_0 = 5,799 \times 10^{20}$ N·m; Mw 7,78) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %96 düzeyindedir. Birincil kayma modeli USGS sonlu fay modeli us6000jllz, sismik momentin %65,9'unu hiposantrın kuzeydoğu yanında gösterir (baskın yönlü kırılma); modeldeki en büyük kayma 11,2 m'dir. USGS sonlu fay modelinin etkin kırık boyutlarıyla (3 segmentin toplam uzunluğu $L = 380$ km, $W = 22,5$ km) doğrultu atımlı dikdörtgen fay bağintısıyla (Kanamori ve Anderson, 1975) gerilme düşümü 1,9–3,8 MPa aralığında, üst kenar derinliği gözetildiğinde 1,9 MPa olarak kestirilmiştir; kayma dağılımından Ripperger ve Mai (2004) yöntemiyle hesaplanan kayma ağırlıklı statik gerilme düşümü, kenar hücreleri dışında bırakılarak, USGS sonlu fay modeli us6000jllz için 11,5 MPa bulunmuştur (her model kendi momentiyle tutarlı kayma modülüyle: USGS sonlu fay modeli us6000jllz 36 GPa); değerler yönleme ve kayma modeline bağlıdır. Çalışma olayından 9,1 saat sonra, 83 km uzakta ondan küçük olmayan bir deprem (Mw 7,7) kaydedilmiştir; bu ölçütle çalışma olayı dizisinin tek en büyük olayı değildir. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde $M_c = 1,8$ tamlık eşliğinin üzerinde $b = 0,92 \pm 0,03$ vermiştir ($N = 1.305$). Bu değerlendirme mevcut katalog ve model varsayımlarıyla sınırlıdır ve deprem tahmini içermez; deprem tehlikesi iletişimde tekil olay analizleri değil, olasılıksal tehlike modelleri ve yerel zemin koşulları esas alınmalıdır.

VERİ VE YÖNTEM SINIRLARI

Bu çalışmadaki her sayı, olay merkezli katalog sorgusunun ve aynı olay için derlenen yardımcı veri setlerinin verisinden hesaplanmıştır; hesaplanamayan hiçbir nicelik kestirimle doldurulmamıştır. Veri eksikliği nedeniyle kurulamayan çözümlerler şunlardır: USGS DYFI hissedilme bildirimlerinin coğrafi dağılımı ve USGS artçı deprem kestirimi, bu olay için gerekli veri kullanılan kaynaklarda bulunmadığından kurulamamıştır. Birleşik katalog, eksik depremler için dış kataloglarla taranamamıştır; katalog alımında hiçbir kurum raporu bulunmayan olaylar sayımlara girmemiştir. İzleyen olay sayıları ve onlara dayanan oranlar bu nedenle alt sınır olarak okunmalıdır. Çözümlerlerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); örneklemi ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 10 çözümler raporumuzun gereklilikleriyle birlikte ekteki raporlanmayan çözümlerler çizelgesinde listelenmiştir; örneklemi, belirsizliği ya da girdi verisi eşige yakın kalkanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlerler şunlardır: yinelenme aralığı (nadirlik), en yakın komşu kümelenme, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu, mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni), küme boyutu, artçı dönemi b değeri ve bağımsız konum sınaması. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlerlerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 23.092 kayıt üzerinden üretilmiştir. Kurum hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır; konum ve derinlik belirsizlikleri kurum çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişmektedir; uzun dönemli sayımlara dayanan ölçüler (tarihsel derleme, yinelenme aralığı, arka plan oranı) erken dönem kayıtlarının eksikliğinden etkilenir.

VERİ ERİŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem katalogu, 07.02.2018 – 07.05.2023 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, ISC, EMSC, USGS, GFZ, GSI, NOA); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir.

Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil altıyazılarından. Katalog kayıtlarını üreten ağ ve bültenler: AFAD (Disaster and Emergency Management Authority, 1990), ISC (International Seismological Centre, t.y.), EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre, t.y.), USGS (U.S. Geological Survey, 2017), GFZ (GEOFON Data Centre, 1993) ve NOA (National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 1975); GSI kayıtları için doğrulanmış bir ağ/katalog künyesi bulunmadığından yalnız kurum adı verilmiştir. Pencere kataloğunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerinde INGV ve NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994) kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir (11 kaydın 7 tanesinde ISC-GEM). Moment tensörleri Global CMT kataloğundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Tepki spektrumunun ivme kaydı KO ağının (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971) KO.KHMN istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (NAR, 0,0 km uzakta) alınmıştır (AFAD, t.y.); bu istasyon Türkiye ulusal kuvvetli yer hareketi ağına aittir (Disaster and Emergency Management Authority, 1973). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada kurum çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş üretilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez. Harita altlığı karoları için sağlayıcının istediği atf: “Sources: Esri, HERE, Garmin, © OpenStreetMap contributors, and the GIS user community” (erişim: 22.10.2026). Konum haritasının (Şekil 1'in iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atf: “Source: US National Park Service” (erişim: 22.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 22.10.2026). Dalgı formu kaydı (KO.KHMN) KOERI veri merkezinin FDSN dataset servisinden alınmıştır; istasyon, Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir (erişim: 22.10.2026). Kırık geometrisi USGS NEIC sonlu fay çözümünden (olay kimliği us6000jllz), topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” ürününden ve model şiddeti USGS ShakeMap ürününden, uyarı düzeyi USGS PAGER ürününden alınmıştır (erişim: 22.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003). Harita şekillerinin gölgeli topoğrafya / batimetri altlığı ve kıyı çizgisi (0 m eş yükselti eğrisi; gelgit kıyı çizgisi değildir) GMRT çok çözünürlüklü topoğrafya sentezi (Ryan vd., 2009; CC BY 4.0) ve AWS Terrain Tiles kara yükseltisi verisinden bu çalışmada üretilmiştir.

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, ISC, EMSC, USGS, GFZ, GSI, NOA) ilgili kurumların kendi yayım ve kullanım koşullarına tabidir; bu çalışma ham katalog kayıtlarının yeniden dağıtımını yapmaz, yalnız üretilmiş istatistikleri, şekilleri ve çizelgeleri yayımlar. Diri fay katmanı, harita altlığı karoları ve yardımcı veri setleri de kendi sağlayıcılarının koşullarıyla bağlıdır — bu veriler için yeniden kullanım izni doğrudan sağlayıcıdan alınmalıdır. Diri fay katmanının kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): MTA resmî yayını — kaynak gösterilerek kullanım. Levha sınırı modelinin kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): ODC-BY 1.0. Tarihsel büyüklüklerin kaynağı olan ISC-GEM kataloğunun kullanım koşulu (sağlayıcı beyanı): CC BY-SA 3.0 (Unported). © 2026 T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN. Bu raporun metni, şekilleri, haritaları, çizelgeleri ve hesap sonuçları yazarın özgün çalışmasıdır; tüm hakları saklıdır. Yazarın yazılı izni olmadan çoğaltılamaz, değiştirilemez, yayımlanamaz ve ticari amaçla kullanılamaz. Bilimsel çalışmalarda kaynak gösterilerek kısa alıntı yapılabilir. Üçüncü taraf verilerinin lisansları saklıdır: ISC-GEM kataloğundan üretilen veri çizelgeleri CC BY-SA 3.0 koşullarına tabidir.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ

Tablo 2. Kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr.

Kurum	Oluş zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M	Tür	Çözüm durumu	Arşive alınma (UTC)
AFAD*	06.02.2023 01:17:32	37,2773°K	37,0400°D	8,6	7,7	Mw	—	23.08.2026 16:08
USGS	06.02.2023 01:17:34	37,2256°K	37,0143°D	10,0	7,8	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:50
EMSC	06.02.2023 01:17:36	37,17°K	37,08°D	20,0	7,8	Mw	—	22.08.2026 18:58
GFZ	06.02.2023 01:17:35	37,206°K	37,028°D	15,0	7,7	Mw	—	22.08.2026 17:59
ISC	06.02.2023 01:17:35	37,2186°K	37,0726°D	9,0	7,8	Mw	gözden geçirilmiş	28.08.2026 10:34
INGV	06.02.2023 01:17:36	37,2023°K	37,0635°D	19,5	7,9	Mw _{pd}	uzak ağ çözümü	25.08.2026 00:32
GSI	06.02.2023 01:17:33	37,20°K	37,10°D	1,0	7,7	Mws	uzak ağ çözümü	25.08.2026 02:34
NIEP	06.02.2023 01:17:36	37,2166°K	37,1999°D	10,0	—	—	uzak ağ çözümü	24.08.2026 20:31

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 543428). Benimseme sırası: olağan çözümler uzak ağ kayıtlarından önce gelir; sonra derinliği verilmiş çözüm ve Türkiye için ulusal ağları öne alan kurum sırası gözetilir. Birleşik kataloğun temsilci kaydı benimsenen hiposantrla aynıdır. Uzak ağ çözümü: bölgesel ağın kendi hizmet bölgesi dışındaki çözümü. Kısaltma: GSI Geological Survey of Israel. Değerler kurumun bildirdiği ondalıklardır (“—”: alan kayıta yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 22.10.2026 13:31 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	183,1 × 130,0 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 23.092)
İzleyen olay bulutu (uzun × kısa; çekinceli)	en az 178,0 × 125,4 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · izleyen olay bulutu (n = 19.240) · seçim yarıçapıyla (86 km) sınırlı alt sınır
Derinlik bandı	3,9–17,4 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu ana eksen	—	raporlanmadı; gerekçesi raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde
Kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksen)	59°	ana bileşen eksen · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir

Tablo 4. Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve izleyen olay sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	28°/85°–1°	düzlem: USGS sonlu fay modeli (USGS NEIC)
Kırılma uzunluğu L	380,0 km	USGS sonlu fay modeli (USGS NEIC)
Kırılma genişliği W	22,5 km	üst kenar 0,0 km, alt kenar 22,4 km derinlikte
Ortalama kayma $\bar{u}$	— m	USGS sonlu fay modelinin ortalaması
Sürtünme katsayısı μ'	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	9,7 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
İzgara	43 × 44	309 × 314 km
Ortanca ΔCFS	–0,54 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca $ \Delta CFS $	0,66 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	–9,9 ile 0,44 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	–32 ile 11 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
$ \Delta CFS > 0,1$ bar olan ızgara düğümleri	%78	hesap ızgarasında $ \Delta CFS $ yansız bant eşiğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren izleyen olay	19.240	nokta hesabı · 3.545 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	775 / 14.897 / 23	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 15.695 · yük %5, gölge %95
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	2.774 / 12.890 / 31	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 15.695 · yük %18, gölge %82
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SH _{max} 5° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	doğrultu atımlı rejim; SH _{max} yönü çalışma olayının mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	7.693 / 7.953 / 49	duyarlılık · 4.966 izleyen olayın sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	3.411 / 12.170 / 114	duyarlılık · SH _{max} 21°, şekil oranı 0,25: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 57) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 44); birincil alandan farkı 16,3° (5,0° ↔ 21,3°) · 413 izleyen olayın sınıfı değişir; birincil alan çalışma olayının mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	12 / 176 / 1	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 189 · yük %6, gölge %93
— yalnız serbest derinlikli izleyen olaylar	642 / 7.254 / 17	kurum varsayılımı derinlikler dışlandı · n = 7.913 · yük %8, gölge %92

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. $\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \Delta \sigma_n$. Kaynak, USGS sonlu fay modelinin yamalarından kurulmuştur. İzleyen olay sınaması nokta hesabıdır: ΔCFS her izleyen olayın kendi konumunda ve derinliğinde hesaplanmıştır; yansız bant $|\Delta CFS| < 0,1$ bar; kaynak dikdörtgenine 2,0 km'den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 35 çözümünden Mw'ye göre en büyük 10 tanesi (arama penceresi: çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 269 km yarıçap, $M_w \geq 4,0$).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Çalışma olayına göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)	Faya dik (km)
06.02.2023	7,78	51/70/−4	doğrultu atımlı	çalışma olayı	0,0	4,9
06.02.2023	7,70	264/46/−9	eğik/karma	çalışma olayından sonra	82,4	1,0
06.02.2023	6,78	212/73/−13	doğrultu atımlı	çalışma olayından sonra	16,4	12,5
20.02.2023	6,34	226/42/−16	eğik/karma	çalışma olayından sonra	152,0	7,8
07.02.2023	5,49	202/63/6	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)	çalışma olayından sonra	81,0	4,9
08.02.2023	5,47	206/74/176	doğrultu atımlı	çalışma olayından sonra	91,4	4,9
07.02.2023	5,43	326/45/163	eğik/karma	çalışma olayından sonra	167,8	3,5
06.02.2023	5,37	167/34/−106	normal	çalışma olayından sonra	5,6	0,7
07.02.2023	5,37	247/73/−16	doğrultu atımlı	çalışma olayından sonra	157,9	5,5
27.02.2023	5,27	87/75/7	doğrultu atımlı	çalışma olayından sonra	150,2	—

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: doğrultu atımlı 13, normal 10, eğik/karma 9, ters 3; çalışma olayına göre zaman dağılımı: çalışma olayından önce 3, çalışma olayı 1, çalışma olayından sonra 31 ("çalışma olayından önce" yalnız oluş zamanının sırasını gösterir, çözümün dizideki rolünü nitelemez). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür; birleşik katalogdaki büyüklük bundan 0,15 birimden fazla ayrılan çözümler: 06.02.2023 01:28 UTC olayı için Mw 6,6; 07.02.2023 10:18 UTC olayı için ML 5,1 (gövdedeki dizi istatistikleri katalog büyüklüklerini kullanır). Arama penceresi dizinin kendisi değildir: 13 çözümün dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay dairesi içindedir (88 km; izleyen olay dizisi 86 km yarıçapla sayılmıştır); 22 çözüm dairenin dışındadır (20.02.2023, 152,0 km; 08.02.2023, 91,4 km; 07.02.2023, 167,8 km; 07.02.2023, 157,9 km; 27.02.2023, 150,2 km). "eşiğe yakın": sınıfı belirleyen eksenin dalımı Frohlich ve Apperson (1992) sınıf eşliğinden en çok 5° ayrılır; bu atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır.

Tablo 6. USGS moment tensörü çözümleri — ComCat'te yayımlanan çözümlerin karşılaştırması.

Çözüm	Mw	M ₀ (N·m)	Düğüm düzlemi 1 (°)	Düğüm düzlemi 2 (°)	Merkez derinliği (km)	Çift kuvvet payı	Durum
Mww*	7,8	5,39×10 ²⁰	318/89/−179	228/89/−1	17,5	%81	gözden geçirilmiş
Mwc	7,9	6,74×10 ²⁰	142/76/169	235/79/14	32,6	%76	gözden geçirilmiş

Not: Kaynak: USGS ComCat moment tensörü ürünleri, son güncelleme 15.04.2023 (U.S. Geological Survey, 2017); * ComCat'in tercih ettiği çözüm. Çözümlerin hepsi merkez (centroid) moment tensörüdür; merkez derinliği tensör çözümünün kendi merkez derinliğidir ve hiposantr derinliğinden ayrışabilir. Düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açısı (°) olarak verilmiştir; karşılaştırma için her çözümde 1. düzlem, tercih edilen çözümün 1. düzlemine en yakın düzlemdir. Türler: Mww W-fazı moment tensörü, Mwc merkez moment tensörü (uzun periyot cisim ve yüzey dalgaları birlikte).

Tablo 7. Kaynak parametreleri: kayma modelleri (model çıktısı).

parametre	tanım (bu çalışmanın ölçüsü)	USGS NEIC us6000jllz (model 7) (seçilen)
M ₀ (N·m)	modelin toplam moment	7,92×10 ²⁰
Mw	(2/3)(log ₁₀ M ₀ − 9,1)	7,90
uzunluk, etkin (km)	Somerville vd. (1999) kenar kırpması	380
uzunluk, kuşak (km)	kayma ≥ 0,1 × tepe kuşağı	310
derinlik aralığı (km)	kayma ≥ 0,1 × tepe yamalarının üst / alt kenarı	0–34
tepe kayma (m)	en büyük yama kayması	11,2
tepe kayma derinliği (km)	o yamanın merkez derinliği	7,0
büyük kaymalı bölge ort. (m)	kayma ≥ 0,3 × tepe yamalarının alan ağırlıklı ortalaması	5,48
kırılma hızı (km/s)	model başlığı avVr; yoksa kırılmış alan uzanımının büyüme hızı, o da yoksa ilk → son dilim	1,51
süre (s)	birikimli moment %5–%95	81
süre, zarf (s)	moment hızı ≥ %10 tepe	74
Δσ (MPa)	Eshelby (1957), etkin alan	2,44

Not: Model sütunları kayma modelinin yamalarından bu çalışmada ölçülmüştür (model çıktısı): USGS NEIC us6000jllz (model 7); moment tensörü çözümleri: USGS NEIC Mw 7,75 (M₀ 5,39×10²⁰ N·m), kaynak süresi 56 s (ürünün kaynak zaman işlevi (triangle) süresi); Global CMT Mw 7,79 (M₀ 6,10×10²⁰ N·m); Yayılan enerji (Er) satırı yoktur: ölçülmüş Er ürünü bu çalışmada bulunmuyor.

Tablo 8. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (08.02.2013 – 07.02.2018), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	23.092	5.119
Oran (olay/gün)	12,06	2,80
Mc (dönemin kendi eşiği)	2,0	2,5
Eşik üstü olay sayısı (M ≥ 2,5)	4.599	685
b ± σ _b (ortak Mc = 2,5)	0,70 ± 0,01	1,02 ± 0,09
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	2.126 (%9)	2.551 (%50)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	1,11	1,40

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay-zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Sayım ve oran satırları eşiksizdir ve dönemlerin tamlık eşikleri farklıdır (Mc 2,0 ↔ 2,5); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir. Pencere sütunu pencerenin tamamını (olay sonrası dönem dâhil) kapsar.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 9. Gözlenen yer hareketi azalımı: $\log_{10}PGA = a + b \cdot \log_{10}R$ (tek olay, en küçük kareler).

Kesişim a	4,74	$\pm 0,22$
Eğim b	-1,84	$\pm 0,09$
Açıklanan değişkenlik R ²	0,66	RMSE 0,43
Spearman p	-0,81	p < 0,001
Kayıt sayısı	209	
Uzaklık aralığı	20–545 km	1,4 onlu
PGA aralığı	0,09–225,28 %g	
Vs30 eşleşen istasyon	185	renk kodlaması bu alt kümede
Güven bandı	%95	t = 1,97

Not: Bu bir yer hareketi kestirim denklemleri (GMPE) değildir; bu olayın gözlenen azalım eğimidir.

Tablo 10. Dalga formu kaydının künyesi — 06.02.2023 Mw 7,7 çalışma olayı, KO.KHMN istasyonu, algılayıcı ivmeölçer (Güralp CMG-5T), dış merkez uzaklığı 16,4 km, geri azimut 219,3°; istenen pencere oluş anından 60 s önce – 600 s sonra; süzgeç öncesinde konik pencereyle yumuşatılan iki ucun her birinden 34 s kırılmıştır; çözümlenen kayıt oluş anından 30 s önce başlar ve 576 s sonra biter (607 s); süzgeç Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri-geri) 0,025–8,0 Hz (mertebe 2, etkin 4); spektrogram Hann pencereli kısa zamanlı Fourier dönüşümüyle (pencere 2,56 s) hesaplanmıştır; kayıt Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir ve KOERI veri merkezinin FDSN dataset select servisinde alınmıştır.

Bileşen	Kanal	Örneklem (Hz)	Süre (s)	Örnek sayısı	Tepeler [genlik] (cm/s ²)
Z	HNZ	100	607	60.661	237,9
R	HNN/HNE → R	100	607	60.661	392,1
T	HNN/HNE → T	100	607	60.661	418,9

Not: Genlikler, cihaz yanıtı (kutup-sıfır aktarım işlevi) giderilerek cm/s² birimine çevrilmiştir.

Tablo 11. USGS ShakeMap istasyon kayıtları — en yüksek yer ivmeli sismik istasyonlarda gözlem ve bağıntı kestirimi.

İstasyon	Kırığa uzaklık (km)	Vs30 (m/s)	PGA gözlem (g)	PGA bağıntı (g)	ln(gözlem/bağıntı)	PGV (cm/s)
TK.2708	1,2	582	1,62	0,557	+1,06	144
TK.3135	35,3	266	1,38	0,163	+2,14	64,6
TK.3129	23,4	370	1,38	0,201	+1,93	172
TK.3138	1,3	602	0,908	0,549	+0,50	215
TK.3137	2,5	441	0,850	0,557	+0,42	80,1
TK.3144	1,3	527	0,780	0,571	+0,31	136
TU.NAR	1,0	272	0,760	0,705	+0,08	105
TK.3142	1,2	451	0,754	0,600	+0,23	83,5
TK.2718	1,4	492	0,715	0,579	+0,21	119
TK.3145	1,0	764	0,710	0,518	+0,32	156

Not: Kaynak: USGS ShakeMap sürüm 19 (otomatik ürün; 03.09.2025) istasyon listesi (Wald ve Worden, 2020). Listedeki 262 sismik istasyondan PGA'sı bildirilmiş ve USGS tarafından işaretlenmemiş olanların en yüksek PGA'lı 10 tanesi verilmiştir; işaretli ya da PGA'sı bildirilmemiş 4 kayıt dışarıdadır. Gözlem kaydın en büyük yer ivmesidir; bağıntı değeri ShakeMap'in yer hareketi bağıntılarının istasyon konumundaki kestirimidir; ln(gözlem/bağıntı) bu çalışmada hesaplanmıştır. Kırığa uzaklık ShakeMap'in kırık modeline en kısa uzaklıktır; Vs30 ShakeMap'in istasyona atadığı zemin değeridir.

Tablo 12. USGS PAGER maruz nüfus kestirimi — şiddet düzeylerine göre kestirilen nüfus (bin kişi).

Şiddet (MMI)	Kestirilen nüfus (bin)	Türkiye	Suriye	Lübnan	Öteki ülkeler
IX	746	746	0	0	0
VIII	1.928	1.910	17	0	0
VII	6.354	5.001	1.353	0	0
VI	13.482	8.549	4.769	164	0
V	22.835	10.504	7.179	4.500	652
IV	239.202	49.563	3.074	3.594	182.971
III	≥ 10.852	≥ 1.393	≥ 0	≥ 0	≥ 9.459

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 17 (14.04.2023) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler PAGER'in ShakeMap şiddet alanı ve nüfus verisiyle hesapladığı model kestirimidir, sayım ya da gözlem değildir; bin kişi biriminde, 10.000 kişinin altında bir ondalıkla yuvarlanmıştır. PAGER genel uyarı düzeyi kırmızı. Ülke sütunları MMI VI ve üzeri şiddete maruz kestirilen nüfusa göre sıralanmıştır. ShakeMap alanının kenarında şiddet MMI 3,9'a ulaştığından III ve altındaki dilimler yalnız harita alanındaki nüfusu kapsar (alt sınır, ≥ ile gösterilmiştir). Bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19).

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 13. USGS PAGER yerleşim listesi — kestirilen şiddete göre ilk yerleşimler.

Yerleşim	Kestirilen şiddet (MMI)	Nüfus	Dış merkeze uzaklık (km)
Aşağıkarafakılı	9,3	1.138	70,0
Hassa	9,2	9.719	70,5
İslahiye	9,1	—	45,9
Narlı	9,0	—	15,3
Aktepe	9,0	—	80,8
Gölbaşı	8,8	28.078	77,1
Büyükdalyan	8,8	1.901	133
Gyüvench	8,8	—	85,6
Nurdağı	8,8	12.827	29,5
Kırıkhan	8,7	60.916	106

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 17 (14.04.2023) şehir listesi (U.S. Geological Survey, 2017); şiddet PAGER'ın kullandığı ShakeMap alanından okunan model değeridir. Nüfusu — ile gösterilen yerleşimler için kaynak listede nüfus bilgisi yoktur (PAGER'da 0). Türkçe yazımı pakette bulunmayan yerleşim adları PAGER şehir listesindeki ASCII yazımla verilmiştir. Uzaklık çalışma olayının dış merkezinden ölçülmüştür. Bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19).

Tablo 14. USGS yer yenilmesi kestirimi — heyelan ve sıvılaşma modellerinin kestirdiği alan ve maruz nüfus.

Tür	Model	Uyarı (alan / nüfus)	Kestirilen alan (km²)	Maruz nüfus (kişi)	Girdi ShakeMap sürümü
Heyelan	Nowicki Jessee vd. (2018)*	kırmızı / kırmızı	370 ± 19	28.000 ± 3.300	17 (güncel 19)
Heyelan	nowicki_2014_global	—	2.214	188.380	17 (güncel 19)
Heyelan	godt_2008	—	1.105	20.024	17 (güncel 19)
Sıvılaşma	Zhu vd. (2017)*	turuncu / kırmızı	570 ± 33	110.000 ± 8.400	17 (güncel 19)
Sıvılaşma	zhu_2015	—	968	200.822	17 (güncel 19)

Not: Kaynak: USGS yer yenilmesi ürünü (ground failure) sürüm 14 (14.04.2023) model çıktısı (U.S. Geological Survey, 2017); değerler olasılık ağırlıklı model kestirimidir, gözlenmiş heyelan ya da sıvılaşma envanteri değildir. * USGS'in tercih ettiği model; uyarı düzeyi alan ve nüfus kestirimleri için ayrı verilir; ± ürünün bildirdiği bir standart sapmadır. Öteki modeller ürünün model kimliğiyle verilmiştir; USGS bu modeller için uyarı düzeyi ve belirsizlik vermez, alan ve nüfus ürünün aynı modelle hesapladığı olasılık toplamıdır (hagg0.1g, popexp0.1g). Ürünün girdi ShakeMap'i sonlu fay modeli olmadan nokta kaynakla kurulmuştur; USGS kaydında ürün için kırılma uyarısı işaretlidir. Bu kestirim ShakeMap sürüm 17 ile hesaplanmıştır (güncel ShakeMap sürümü 19).

Tablo 15. USGS PAGER tarihsel kıyas depremleri — PAGER'ın bu olay için seçtiği geçmiş depremler ve bu çalışmanın kataloğuyla eşleşme.

Tarih (UTC)	M (PAGER)	Derinlik (km)	Dış merkeze uzaklık (km)	MMI ≥ VI kestirilen nüfus (bin)	Bildirilen ölü (sarsıntı / toplam)	İkincil etkiler	Bu çalışmanın kataloğunda M
06.09.1975	6,7	39,1	354	83	2.370 / 2.370	yok	kapsam dışı
13.03.1992	6,6	25,9	352	280	498 / 652	heyelan	kapsam dışı
25.06.2001	5,4	14,4	74,3	0	0 / 0	yok	5,4 (Mw)

Not: Kaynak: USGS PAGER sürüm 17 (14.04.2023) tarihsel kıyas listesi (U.S. Geological Survey, 2017); PAGER'ın bu olay için seçtiği tarihsel depremler PAGER kataloğundaki değerleriyle verilmiştir. MMI VI ve üzeri nüfus PAGER'ın o deprem için kestirdiği maruziyettir (model kestirimi, bin kişi); ölü sayıları PAGER kataloğunda bildirilen değerlerdir ve toplam, ikincil etkilere bağlanan ölümleri de içerir; ikincil etkiler PAGER kataloğunda işaretli olanlardır. Dış merkeze uzaklık bu çalışmada çalışma olayının dış merkezinden hesaplanmıştır. Son sütun bu çalışmanın tarihsel kataloğunda ±1 gün ve 100 km içinde eşleşen kaydın büyüklüğüdür; katalog dış merkeziz 150 km çevresinde M ≥ 6, 60 km içinde M ≥ 5 ve 188 km içinde M ≥ 7 kayıtları kapsar; — eşleşen kayıt olmadığım, kapsam dışı ibaresi depremin bu ölçütlerin dışında kaldığını gösterir.

Tablo 16. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
GSI	7,7	Mws
AFAD	7,7	Mw
INGV	7,9	Mwpd
USGS	7,8	Mww
ISC	7,8	Mw
EMSC	7,8	Mw
GFZ	7,7	Mw
GCMT (moment)	7,78	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 3 kurum değeri 7,7–7,8 aralığındadır (en büyük fark 0,1). Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: GSI Mws 7,7 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü); INGV Mwpd 7,9 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü); ISC Mw 7,8 (moment büyüklüğü); EMSC Mw 7,8 (moment büyüklüğü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir.

Tablo 17. USGS çözümü nasıl değişti — köken, ShakeMap, PAGER, sonlu fay modeli ve moment tensörü sürümleri (ComCat sürüm geçmişi).

Ürün	Kaynak · sürüm	Güncelleme (UTC)	İnceleme	Değer	Son sürüme göre
Köken	us	06.02.2023 01:28	gözden geçirilmiş	37,20°K 37,00°D · 24,1 km · Mww 7,8	yatay 3,0 km; Δz +14,1 km
Köken	us	15.04.2023 21:39	gözden geçirilmiş	37,23°K 37,01°D · 10,0 km · Mww 7,8	güncel çözüm
ShakeMap	sürüm 1	06.02.2023 01:33	otomatik	en büyük MMI 8,3	ΔMMI −1,2
ShakeMap	sürüm 17†	14.04.2023 18:07	otomatik	en büyük MMI 9,4	ΔMMI −0,1
ShakeMap	sürüm 1	31.08.2025 16:21	otomatik	en büyük MMI 8,5	ΔMMI −1,0

[devamı izleyen sayfada](#)

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 17 (devam). USGS çözümü nasıl değişti — köken, ShakeMap, PAGER, sonlu fay modeli ve moment tensörü sürümleri (ComCat sürüm geçmişİ).

Ürün	Kaynak · sürüm	Güncelleme (UTC)	İnceleme	Değer	Son sürüme göre
ShakeMap	sürüm 18	03.09.2025 17:21	otomatik	en büyük MMI 9,5	ΔMMI 0,0
ShakeMap	sürüm 19	03.09.2025 17:52	otomatik	en büyük MMI 9,5	son sürüm
PAGER	—	06.02.2023 01:38	otomatik	uyarı düzeyi verilmemiş ('pending')	—
PAGER	—	06.02.2023 01:41	gözden geçirilmiş	uyarı kırmızı	—
PAGER	sürüm 17	14.04.2023 18:13	otomatik	uyarı kırmızı	raporda kullanılan
Sonlu fay	8 sürüm	06.02.2023 – 21.02.2023	—	Mw 7,79 → 7,90 (model)	—
Moment tensörü	Mww · 8 sürüm	06.02.2023 – 15.04.2023	—	Mw 7,8	—
Moment tensörü	Mwc · 9 sürüm	06.02.2023 – 15.04.2023	—	Mw 7,9	—

Not: Kaynak: USGS ComCat sürüm geçmişi (FDSN olay hizmeti, includesuperseded=true; sorgu 22.10.2026 13:28 UTC) (U.S. Geological Survey, 2017); geçmiş sorgu anındaki kayıtlar. Ara sürümlerden yalnız bir öncekine (köken için aynı ağıın bir önceki çözümüne) göre paketteki değişim eşiklerini (yatay 10 km, derinlik 10 km, büyüklük 0,2, en büyük MMI 0,5) aşanlar ve PAGER uyarı düzeyinin değiştiği sürümler gösterilmiştir; ilk ve son sürüm her zaman satır alır; satır sınırı aşıldığında en büyük değişimler seçilmiştir. Geçmişteki sürüm sayısı: köken 10, ShakeMap 21, PAGER 21. Köken farkları us ağıının güncel çözümüne (15.04.2023 21:39 UTC) göredir; Δz o sürümün derinliği eksi güncel derinliktir, eksi değer daha sığ çözüm demektir. ShakeMap en büyük MMI ve PAGER uyarı düzeyi USGS model kestirimidir. † Raporda kullanılan PAGER ve yer yenilmesi ürünlerinin girdi ShakeMap sürümü. PAGER sürüm numarası ComCat sürüm geçmişinde yer almaz, yayın işareti (release) ise yer alır; çizelge sürüm numarasını yalnız raporda kullanılan sürüm için, paketteki değeriyle verir. Sonlu fay ve moment tensörü satırları sürüm sayısını, ilk ve son güncellemeyi ve büyüklüğü verir; sonlu fay büyüklüğü model çıkıstıdır.

EK A — ÇİZELGELER

Tablo A1. Derinlik ölçüleri — her satır kendi tanımıyla verilmiştir; derinlikler kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Derinlikli kayıt sayısı	23.092	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 23.092)
Ortanca derinlik (serbest)	7,3 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 11.953 (11.139 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	5,0–14,1 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	3,9–17,4 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 300,0 km arası	en sığ / en derin kayıt
Yuvarlak derin değerler	1 kayıt	50 km ve daha derin, 50 km'nin tam katı: 300 km'de 1 kayıt · kurum değeridir, bağımsız olarak doğrulanmamıştır; varsayılan sabit derinlikler arasında olmadığından sabit derinlik sayımına girmemiştir
Histogram tepesi	7–8 km	13.446 olay · 1 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %46	10.547/23.092 olay
Varsayılan sabit derinlikler	592 olay	0/5/10/33 km · n = 23.092

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 552 izden (11 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 3 ad altında; haritalardaki iz envanteri ayrı bir birleştirmedir (kutuda 542 iz, bölge haritalarında en uzun 89 tanesi ile dış merkeze en yakın iz çizilmiştir); kaynak: MTA TDFH-2026 (Elmacı vd., 2026).

Fay / fay sistemi	Dış merkeze uzaklık (km)	İz uzunluğu, parçalar toplamı (km)	Parça	Kayma türü	Eğim (°) ve yönü
Doğu Anadolu Fay Zonu	3,5	353,8	6	SoD	—
Engizek Fay Zonu	53,8	59,2	1	T	40–50 K
Ölü Deniz Fay Zonu	5,4	39,5	1	SoD	80–85 KB

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Şu adlar tek bir fayın değil, izlerin bağlı olduğu fay sisteminin adıdır; satır o sisteme bağlı listelenen parçaları verir (aynı adı taşıyan izlerin kutudaki toplam uzunluğu ayrıca içinde): Doğu Anadolu Fay Zonu (982,5 km), Ölü Deniz Fay Zonu (162,4 km). Kayma türü kodları: SoD sol yönlü doğrultu atımlı; T ters. Eğim sütunu, listelenen izlerin veri tabanındaki ham değeridir (eğim açısı aralığı ve eğim yönü); aynı adlı öteki parçalarda değer farklı olabilir; —: veri tabanında sayısal eğim yoktur (yalnız kategorik “düşey” etiketi ya da boş).

Tablo A3. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Omori–Utsu artçı sönümü	istatistiksel güç	T/c ≥ 10 · mevcut 8,9	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıthyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değer in bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü n ≥ 50, p'nin standart sapması ≤ 0,20 ve gözlem süresinin c değerinin en az 10 katı olmasıdır (işletimsel ölçütler; en büyük olasılırlık kestirimi için Ogata, 1983; Utsu vd., 1995). Bu olayda: gözlem süresinin kısalığı (T/c = 8,9 < 10; T = 90,00 gün, c = 10,14 gün; p'nin standart sapması 0,05).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	n ≥ 6 · mevcut 5	Gerinim hızı, üçgen köşelerindeki istasyonların yatay hız farklarından kenar uzunluğu değişimiyle hesaplanır; ağıın kurulabilmesi için en az 6 istasyon gerekir ve alan, istasyonların seyrek olduğu kenarlarda zayıf kısıtlıdır. Bu olayda: üçgen ağı kuracak GNSS istasyonu sayısının yetersizliği (n = 5 < 6).
Kırılma direktivitesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Direktivite, sonlu kırık gerektirir (McGuire vd., 2002); sentroid ötelenmesi konum belirsizliğini aşmalıdır. Bu olayda: artçı bulutu neredeyse izotrop (uzama 1,11 < 1,3) — azimut zayıf kısıtlı.
Hiposantr bulutuna düzlem oturtma (PCA)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Ana bileşen çözümlemesiyle oturtulan düzlem, ancak bulut düzlemselse, bu olayın artçı bulutuna oturtulmuşsa, bulutta en az 50 olay varsa ve kurum varsayılanı (sabit) derinlikli kayıtlar ayrıldıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: düzlem yataya yakın (eğim 0,2°); doğrultu sayısal olarak kararsızdır.
Reasenber–Jones artçı dizisi oranı	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Dizi oranı modeli (Reasenber ve Jones, 1989) dizinin a, b, p ve c parametreleriyle kurulur; bu değerler dizinin kendisinden kestirilemediğinde oranın bu diziyi betimlemediği bu çalışmanın değerlendirmesidir. Bu olayda: bağlı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p, c) bu dizide raporlanamaması.

devamı izleyen sayfada

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A3 (devam). Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekke
Artçı zonü genişlemesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	zarf < seçim yarıçapının %90 düzeyi · mevcut %92	Artçı zonü genişlemesi, artçı alanının logaritmik zamanla değişimi olarak ölçülür (Tajima ve Kanamori, 1985). Zarfın zaman kutularında yeterli örnekleme (n ≥ 50) kurulması ve artçı seçiminin zarfı sınırlamaması bu çalışmanın işletimsel ölçütüdür: bulut seçim yarıçapına dayanıyorsa zarf o yarıçapın ötesine çıkamaz ve genişleme sinanamaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim sınırına dayanması (artçılar dış merkeze ya da kırılma izine 86 km'den yakın olanlardır; seçim uzaklıklarının %90 yüzdeliği 80 km) — dış merkezden ölçülen zarf seçim alanının biçimiyle sınırlı olduğundan genişleme bu seçimle sinanamaz.
Geriye dönük öncü çözümlemesi (ters Omori)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Öncüler ancak dizinin en büyük olayı bilindikten sonra tanımlanabilir (öncü etkinliğinin özellikleri için Jones ve Molnar, 1979); arka plandan ayrılmayan etkinliğin öncü dizisi sayılmaması bu çalışmanın ölçütüdür. Bu olayda: etkinliğin arka plandan ayrışması doğrulanmadı (negatif binom p = 0,015; ampirik sıra muhafızı p = 0,100 ≥ 0,05; taban 19 kutu).
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	ΔAICc ≥ 2 · mevcut < 2	ΔAICc < 2 iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriyeye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzif modellerin bu veriyeye ayırt edilememesi (ΔAICc < 2).
Hiposantr konum kalite notu	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Konum kalite notu, kalite ölçüleri benimsenen hiposantrı veren kurumun çözümüne aitse ve çözüm türüne (yerel, bölgesel, telesismik) uygun eşiklerle kurulur; yerel ağ eşikleri en yakın istasyonu 100 km'den uzak çözümlere uygulanmaz (işletimsel ölçüt; ölçütlerin tartışması için Husen ve Hardebeck, 2010). Bu olayda: çözüm türünün (yerel, bölgesel, telesismik) belirlenememesi — yerel ağ eşikleri bu çözüme doğrudan uygulanamaz.
Küme doğrultusu (artçı bulutunun ana eksenini)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Doğrultu, artçı bulutunun ana bileşeninden okunur ve yalnız uzanım belirginse (işletimsel ölçüt: uzama ≥ 1,5, yeniden örnekleme yarı aralığı ≤ 20°, n ≥ 30) raporlanır; kutu bulutunun yönü pencere biçimine duyarlıdır. Bu olayda: artçı bulutunun belirgin bir uzanım göstermemesi (uzama 1,11; yön yarı aralığı ±4,0°; n = 19240; ölçüt uzama ≥ 1,5, yarı aralık ≤ 20°, n ≥ 30).

Not: Eleme elle değil, önceden tanımlı kapılarla yapılmıştır: istatistiksel güç (örneklem ya da gözlem süresi bu çalışmanın raporlama eşişinin altındadır) ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı (yöntemin kendi ölçütü sonucu güvenilir bulunmamıştır). Örnekleme ya da belirsizliği sınırdaki kalan çözümlemeler elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır (çekince çizelgesi). Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A4. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve katalogun tamlık döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; n ≥ 5 iken nokta değeri %95 aralığıyla, 1 ≤ n < 5 iken yalnız aralık, n = 0 iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanmadığında değeri çekinceyle raporlanır. Bu olayda: gözlem süresinde eşik üstü bağımsız olay bulunmaması (n = 0; yalnız %95 alt sınır verilebilir); tamlık başlangıcı saptanmadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
En yakın komşu kümelenme (Zaliapin)	Bu raporun işletimsel eşiği Mc üstü n ≥ 200 ister; iki-kipli ayırım bu örnekleme altında çözülmez. Kutuda kurulamadığında eşik kapsayan bölgesel katalogdan kalibre edilir (Zaliapin ve Ben-Zion, 2013a). Bu olayda: η dağılımında iki mod ayrışmadı (Ashman D < 2); eşik kanonik sabitten (log ₁₀ η* = −5) alındı — kümelenme oranı bu koşulda ölçüm değil sınıflama varsayımdır.
Gerilme tensörü inversiyonu	Doğrusal gerilme inversiyonunda (Michael, 1984) kararlı bir çözüm için bu çalışmada en az 15 mekanizma aranır (işletimsel ölçüt); güven aralığı olmadan tensör raporlanmaz. Bu olayda: ortalama uyumsuzluğun tek tensör varsayımının sınırını aşması (37,9° ≥ 35°).
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (normal; 13/36, %36) %95 Wilson (1927) aralığının (%17–61; 15 bağımsız küme) işletimsel %45 eşişini içermesi.
Küme boyutu (artçı kümesinin L × W yayılımı)	Küme boyutu yalnız artçı kümesinden (n ≥ 20; işletimsel ölçüt) raporlanır; çalışma kutusundaki bütün olayların yayılımı kadrajı ölçer ve küme boyutu sayılmaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim yarıçapına dayanması (artçı uzaklıklarının %90 yüzdeliği 80 km; seçim yarıçapı 86 km) — boyut ölçüleri seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınırdır.
Artçı dönemi b değeri	Dizi b değeri kendi tamlık eşişinde kestirilir; bulgu için eşişin doğrulanması, Mc üstü N ≥ 50 ve görelî belirsizlik ≤ 0,15, çekinceli raporlama için N ≥ 30 ve görelî belirsizlik ≤ 0,25 aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Çalışma olayını izleyen ilk saatlerde küçük olaylar kataloga eksik girdiğinden tamlık eşiği zamanla değişir: eşik zamana göre sıralı kayıtlarda kayan pencereyle izlenir (Woessner ve Wiemer, 2005) ve ilk pencerelerin eşiği benimsenen eşiği aşıyorsa tek eşikle kurulan b çekinceyle verilir, ilk saatler dışlanarak ikinci kez kestirilir. Bu olayda: b değerinin zayıf kısıtlanması (görelî belirsizlik 0,20 > 0,15; N = 474).
Bağımsız konum sinaması (istasyon kaydı)	Konumun bağımsız sinaması varış zamanlarından (P artışı, S–P) ve birden çok istasyondan yapılır; tek istasyon ölçüsü yalnız beyan edilir. P artışı en az 3 istasyonda okunmamışsa ya da aday istasyonların tümü denenememişse ölçü çekinceyle verilir (işletimsel ölçüt). P polarizasyonu, doğrusal ve 180° belirsizliği ölçütlerini sağlamadıkça kullanılmaz. Bu olayda: aday istasyonların tümünün, kayıtların veri merkezinden alınması için ayrılan süre içinde denenememesi — P artışı ortancası okunabilen istasyonlara aittir ve ölçü kısmidir.

Not: Bu çözümlemelerin sonuçları, raporda verildikleri yerde çekince sütunundaki sınırla birlikte okunmalıdır. Çekince, sonucun dayandığı örneklemin, gözlem süresinin, belirsizliğin, yakınsamanın ya da girdi verisinin bu çalışmanın bulgu ölçütünü karşılamadığını gösterir; her satırın ölçülen nedeni kendi hücresinde dir.

Tablo A5. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	19.02.2018 09:56:46	AFAD	37,274°K	36,166°D	ML 1,9
	19.02.2018 09:56:47	ISC (ISK)	37,347°K	36,300°D	ML 1,9
2	22.02.2018 10:36:45	AFAD	37,439°K	37,100°D	ML 1,2
	22.02.2018 10:36:42	ISC (ISK)	37,265°K	37,045°D	ML 1,6
3	24.02.2018 08:16:01	AFAD	37,468°K	37,383°D	ML 2,6
	24.02.2018 08:16:03	EMSC (ISK)	37,47°K	37,24°D	ML 2,5
4	08.03.2018 09:07:20	AFAD	37,184°K	37,481°D	ML 1,6
	08.03.2018 09:07:20	ISC (ISK)	37,112°K	37,002°D	ML 1,5
5	10.03.2018 13:20:12	AFAD	37,681°K	36,751°D	ML 1,5
	10.03.2018 13:20:11	ISC (ISK)	37,500°K	36,654°D	ML 1,7

devamı izleyen sayfada

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5 (devam). Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
6	15.03.2018 15:20:25	AFAD	37,626°K	36,690°D	ML 1,0
	15.03.2018 15:20:25	ISC (ISK)	37,604°K	36,818°D	ML 1,5
7	26.03.2018 14:52:45	AFAD	37,664°K	36,689°D	ML 1,1
	26.03.2018 14:52:45	ISC (ISK)	37,615°K	36,832°D	ML 1,4
8	05.04.2018 11:26:26	AFAD	37,621°K	36,665°D	ML 1,3
	05.04.2018 11:26:25	ISC (ISK)	37,572°K	36,842°D	ML 1,8
9	11.04.2018 20:12:09	AFAD	37,359°K	36,469°D	ML 1,2
	11.04.2018 20:12:08	ISC (ISK)	37,359°K	36,445°D	ML 1,9
10	11.04.2018 23:02:04	AFAD	37,342°K	36,440°D	ML 2,6
	11.04.2018 23:02:04	ISC (ISK)	37,367°K	36,443°D	ML 2,6
11	11.04.2018 23:05:03	AFAD	37,325°K	36,612°D	ML 1,1
	11.04.2018 23:05:00	ISC	37,350°K	36,407°D	ML 1,3
12	04.05.2018 11:15:15	AFAD	37,583°K	37,551°D	ML 1,3
	04.05.2018 11:15:19	AFAD	37,265°K	37,344°D	ML 1,1

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 662 · 20 km → 1245 · 40 km → 1651 · 70 km → 1850

Uzak ağ kayıtları ($M \geq 2,0$) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 76; eşi bulunamayan kayıt: 4; iki grup da katalogdan çıkarılmıştır; eşi katalogda bulunamayan 2 uzak ağ kaydı USGS ComCat'te aynı ölçütte ve gözden geçirilmiş çözümle bulundu, katalogda USGS çözümüyle tutuldu (08.02.2023 GSI Mw_p 5,50 → us6000jmgf Mw_w 5,4, Δt 0,9 s, 21,7 km · 06.02.2023 INGV mb 4,60 → us6000jls0 mb 4,9, Δt 10,2 s, 33,3 km); 1 kaydın ComCat eşi çalışma alanının dışında, kayıt bu yüzden çıkarıldı. Eşleme ölçütü: $\Delta t \leq 35$ s, Δ konum ≤ 300 km, $\Delta M -0,5$ ile $+1,5$ arası ve eşin — aynı depremin öbür katalog satırlarıyla birlikte — en az 2 kurumca bildirilmiş olması. Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 25.022 kayıttan çıkarılan 1.930 (çapraz-kaynak kopyası 1.850, uzak ağ kopyası 76, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 4); tekilleştirilmiş katalogda kalan 23.092 kayıt. İlk 6 kayıt listelenmiştir.

kopya	28.07.2018 03:00:46	GSI	37,60°K	37,97°D	MLv 3,5
kopya	31.07.2018 14:36:14	GSI	36,54°K	36,99°D	ML 4,1
kopya	04.08.2018 07:09:30	GSI	37,57°K	36,54°D	MLv 4,2
eşi bulunamayan	10.10.2018 08:53:31	GSI	37,6006°K	36,3728°D	Mws 3,3
eşi bulunamayan	22.03.2019 10:04:19	GSI	36,6686°K	36,4871°D	Mws 3,2
kopya	25.03.2019 11:29:42	GSI	37,8743°K	37,3144°D	Mws 4,6

Not: İki kayıt (1) $\Delta t \leq 20$ s, Δ konum ≤ 70 km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve Δ konum ≤ 60 km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (70 km); (2)'nin toleransı ölçeklenen değerle bu ölçütün 60 km'lik sabit tavanının küçüğüdür (60 km). Her küme bir fiziksel olayı temsil eder; ilk satır seçilen temsilcidir. Tekilleştirmede düşen 1.850 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıklı verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

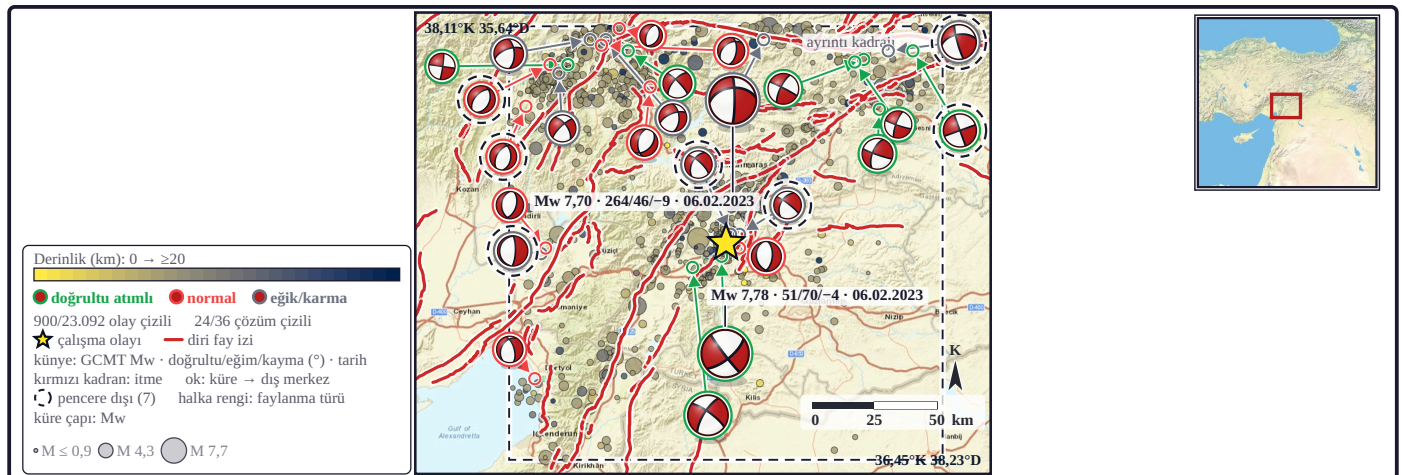
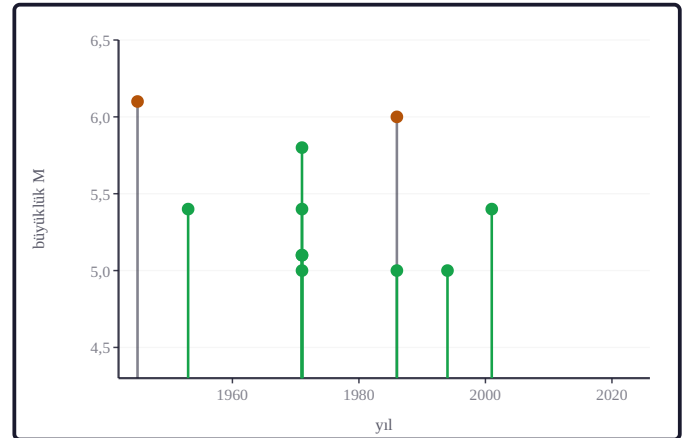
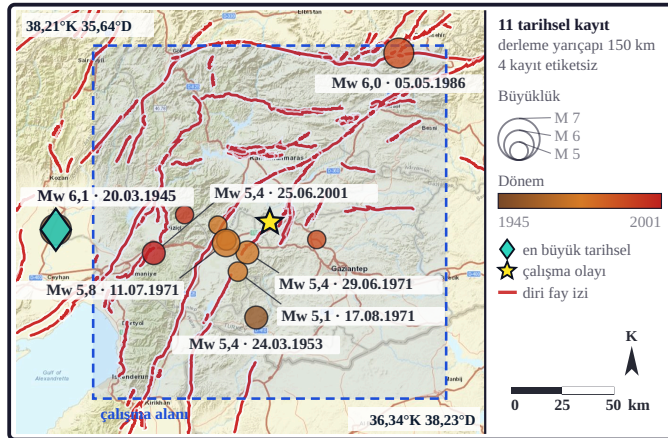
Tablo A6. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 36 çözümünden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	06.02.2023	37,23	37,02	10	51	70	−4	7,78	doğrultu atımlı
2	06.02.2023	38,01	37,21	13	264	46	−9	7,70	eğik/karma
3	06.02.2023	37,19	36,89	10	212	73	−13	6,78	doğrultu atımlı
4	05.05.1986	37,97	37,77	10	260	54	9	6,03	eğik/karma
5	06.06.1986	37,97	37,88	10	160	90	180	5,80	doğrultu atımlı
6	07.02.2023	37,76	37,73	10	202	63	6	5,49	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
7	08.02.2023	37,94	37,66	10	206	74	176	5,47	doğrultu atımlı
8	25.06.2001	37,24	36,21	5	189	15	−83	5,42	eğik/karma (eşiğe yakın)
9	06.02.2023	37,26	37,10	10	167	34	−106	5,37	normal
10	23.03.2023	38,01	36,43	10	358	59	−148	5,32	eğik/karma
11	07.02.2023	37,97	36,60	19	221	65	−11	5,23	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
12	08.02.2023	38,01	36,50	10	358	53	−148	5,08	eğik/karma
13	21.05.2023	37,92	36,25	6	20	40	−109	5,04	normal
14	19.09.2012	37,31	37,10	7	210	48	−11	5,04	eğik/karma
15	07.09.2024	37,31	37,06	4	209	51	−21	5,02	eğik/karma
16	11.10.2022	37,26	36,23	10	181	39	−103	5,01	normal
17	03.03.2023	37,84	36,70	7	44	44	−62	5,01	normal
18	07.02.2023	37,93	37,62	10	200	76	−174	4,99	doğrultu atımlı
19	07.02.2023	37,99	36,48	11	234	41	−52	4,98	normal (eşiğe yakın)
20	10.02.2023	37,89	36,29	2	324	61	−164	4,97	eğik/karma (eşiğe yakın)

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflarıdır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbiri sağlanmazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). Tüm çözümler GCMT kataloğundandır: Mw moment tensöründen, enlem ve boylam kaydın başvuru hiposantrındandır (moment tensörünün ağırlık merkezi konumu değildir). Aynı olayın tarihsel çizelgedeki büyüklüğü (ISC-GEM Mw ya da katalog M) ve konumu başka kaynaktandır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 20,2 km ayrışır (25.06.2001); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay-zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 15 bağımsız küme (en büyük küme 13 çözüm).

EK B — TARİHSEL BAĞLAM: ÇALIŞMA ALANI ÇEVRESİNDEKİ GEÇMİŞ BÜYÜK DEPREMLER

Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 19a ve 19b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 19c'de verilmiştir. Tarihsel eşik üstü depremler Tablo B1'de verilmiştir.



Tablo B1. Tarihsel eşik üstü depremler (1900 sonrası, olay anından önce).

Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E ₀
20.03.1945◆	6,1	Mw	15	105	M ≥ 6, 150 km içinde	İmamoğlu — 18 km D	×0,0040
05.05.1986	6,0	Mw	5	104	M ≥ 6, 150 km içinde	Türkiye	×0,0028
11.07.1971	5,8	Mw	18	24	M ≥ 5, 60 km içinde	Türkiye	×0,0014
24.03.1953	5,4	Mw	15	47	M ≥ 5, 60 km içinde	Ürdün–Suriye bölgesi	×0,00036
29.06.1971	5,4	Mw	34	19	M ≥ 5, 60 km içinde	Türkiye	×0,00036
25.06.2001	5,4	Mw	11	59	M ≥ 5, 60 km içinde	Merkez (Osmaniye)	×0,00036
15.07.1971	5,1	Mw	7	23	M ≥ 5, 60 km içinde	Türkiye	×0,00013
17.08.1971	5,1	Mw	44	29	M ≥ 5, 60 km içinde	Türkiye	×0,00013

Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkeze en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)

03.08.1986	5,0 mb	12	25	M $\geq$ 5, 60 km içinde	Gaziantep — 17 km KKB	$\times 0,000089$
29.06.1971	5,0 Mw	8	25	M $\geq$ 5, 60 km içinde	Türkiye	$\times 0,000089$
03.01.1994	5,0 Md	1	42	M $\geq$ 5, 60 km içinde	Düzici (Osmaniye)	$\times 0,000089$

Not: Büyüklükler, kayda birleşik arşivde bağlı bir ISC-GEM (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) raporu varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa kaydın moment tensörü (GCMT) ya da kurum raporlarındaki moment büyüklüğü, o da yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir; 11 kaydın 7 tanesinde büyüklük ISC-GEM'dendir; 7 kayıta değer ya da tür katalogdakinden ayrıdır. Derleme, dış merkeze 60 km içindeki M $\geq$ 5 ve 150 km içindeki M $\geq$ 6 depremlerden oluşur (kutadaki 150 km'den uzak olaylar girmez); her kaydın ölçtü "Ölçüt" sütunundadır. 11 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümedir). Dizi ayırma ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 86 km içinde) kapsadığı 13 eşik üstü kayıt ve olay anından sonraki 1 dizi dışı eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 2 kaydın büyüklüğü ISC-GEM'in yeniden değerlendirilmesidir; bu dönemin büyüklükleri kaynağa göre $\approx$ 0,3–0,5 birim ayrışabilir. E/E₀: ısınan enerjinin bu olayıinkine oranı (büyüklük farkından); $\blacklozenge$ en büyük kayıt. Yalnız ülke adı yazılı kayıtların yer künyesi yoktur.

KAYNAKÇA

- AFAD (2018) Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmî Gazete, 18 Mart 2018, Sayı 30364 (Mükerrer). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm>
- AFAD (t.y.) TADAS (çevrimiçi kuvvetli yer hareketi veri tabanı). <https://tadas.afad.gov.tr> (erişim: 22.10.2026)
- Aki, K. (1965) Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits. *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo* 43(2), 237–239. doi:10.15083/0000033631
- Aki, K. ve Richards, P. G. (2002) *Quantitative Seismology*. 2. bs., University Science Books, Sausalito.
- Allen, R. V. (1978) Automatic earthquake recognition and timing from single traces. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 68(5), 1521–1532. doi:10.1785/BSSA0680051521
- Allen, T. I., Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2012) Intensity attenuation for active crustal regions. *J. Seismol.* 16(3), 409–433. doi:10.1007/s10950-012-9278-7
- Ambraseys, N. N. (1989) Temporary seismic quiescence: SE Turkey. *Geophys. J. Int.* 96(2), 311–331. doi:10.1111/j.1365-246X.1989.tb04453.x
- Anderson, E. M. (1951) *The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 s.
- Atkinson, G. M. ve Wald, D. J. (2007) “Did You Feel It?” intensity data: A surprisingly good measure of earthquake ground motion. *Seismol. Res. Lett.* 78(3), 362–368. doi:10.1785/gssrl.78.3.362
- Báth, M. (1965) Lateral inhomogeneities of the upper mantle. *Tectonophysics* 2(6), 483–514. doi:10.1016/0040-1951(65)90003-X
- Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 4(3), 1027. doi:10.1029/2001GC000252
- Blewitt, G., Hammond, W. C. ve Kreemer, C. (2018) Harnessing the GPS data explosion for interdisciplinary science. *Eos* 99. doi:10.1029/2018EO104623
- Blewitt, G., Kreemer, C., Hammond, W. C. ve Gazeaux, J. (2016) MIDAS robust trend estimator for accurate GPS station velocities without step detection. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 121(3), 2054–2068. doi:10.1002/2015JB012552
- Clopper, C. J. ve Pearson, E. S. (1934) The use of confidence or fiducial limits illustrated in the case of the binomial. *Biometrika* 26(4), 404–413. doi:10.1093/biomet/26.4.404
- Cramerî, F. (2018a) Geodynamic diagnostics, scientific visualisation and StagLab 3.0. *Geosci. Model Dev.* 11(6), 2541–2562. doi:10.5194/gmd-11-2541-2018
- Cramerî, F. (2018b) Scientific colour maps. doi:10.5281/zenodo.1243862
- Di Giacomo, D., Bondár, I., Storchak, D. A., Engdahl, E. R., Bormann, P. ve Harris, J. (2015) ISC-GEM: Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900–2009), III. Re-computed MS and mb, proxy MW, final magnitude composition and completeness assessment. *Phys. Earth Planet. Inter.* 239, 33–47. doi:10.1016/j.pepi.2014.06.005
- Di Giacomo, D., Engdahl, E. R. ve Storchak, D. A. (2018) The ISC-GEM Earthquake Catalogue (1904–2014): Status after the Extension Project. *Earth Syst. Sci. Data* 10(4), 1877–1899. doi:10.5194/essd-10-1877-2018
- Disaster and Emergency Management Authority (1973) Turkish National Strong Motion Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/TK
- Disaster and Emergency Management Authority (1990) Turkish National Seismic Network. Department of Earthquake, Disaster and Emergency Management Authority. doi:10.7914/SN/TU
- Duman, T. Y. ve Emre, Ö. (2013) The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 372(1), 495–529. doi:10.1144/SP372.14
- Dziewonski, A. M., Chou, T.-A. ve Woodhouse, J. H. (1981) Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. *J. Geophys. Res.* 86(B4), 2825–2852. doi:10.1029/JB086iB04p02825
- Ekström, G., Nettles, M. ve Dziewoński, A. M. (2012) The global CMT project 2004–2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. *Phys. Earth Planet. Inter.* 200–201, 1–9. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002
- Elmacı, H., Kürçer, A., Özalp, S., Altuntaş, G., Avcı, H. O., Aydoğan, H., Yüce, A. A., Öztürk, A. R., Karayazı, O., Bayrak, A., Özdemir, E., Çal, Ç., Güven, C. ve Yalvaç, O. (2026) Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi-60, Ankara. ISBN 978-625-8107-74-6.
- Eshelby, J. D. (1957) The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems. *Proc. R. Soc. Lond. A* 241(1226), 376–396. doi:10.1098/rspa.1957.0133
- European-Mediterranean Seismological Centre (t.y.) Deprem parametreleri (çevrimiçi katalog). <https://www.emsc-csem.org> (erişim: 22.10.2026)
- Frohlich, C. (1992) Triangle diagrams: Ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms. *Phys. Earth Planet. Inter.* 75(1–3), 193–198. doi:10.1016/0031-9201(92)90130-N
- Frohlich, C. ve Apperson, K. D. (1992) Earthquake focal mechanisms, moment tensors, and the consistency of seismic activity near plate boundaries. *Tectonics* 11(2), 279–296. doi:10.1029/91TC02888
- Gardner, J. K. ve Knopoff, L. (1974) Is the sequence of earthquakes in Southern California, with aftershocks removed, Poissonian? *Bull. Seismol. Soc. Am.* 64(5), 1363–1367. doi:10.1785/BSSA0640051363
- Garwood, F. (1936) Fiducial limits for the Poisson distribution. *Biometrika* 28(3–4), 437–442. doi:10.1093/biomet/28.3-4.437
- GEOFON Data Centre (1993) GEOFON Seismic Network. GFZ Data Services. doi:10.14470/TR560404
- Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1944) Frequency of earthquakes in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 34(4), 185–188. doi:10.1785/BSSA0340040185
- Gutenberg, B. ve Richter, C. F. (1956) Magnitude and energy of earthquakes. *Ann. Geofis.* 9(1), 1–15. doi:10.4401/ag-5590
- Güvercin, S. E., Karabulut, H., Konca, A. Ö., Doğan, U. ve Ergintav, S. (2022) Active seismotectonics of the East Anatolian Fault. *Geophys. J. Int.* 230(1), 50–69. doi:10.1093/gji/ggac045
- Hanks, T. C. ve Kanamori, H. (1979) A moment magnitude scale. *J. Geophys. Res.* 84(B5), 2348–2350. doi:10.1029/JB084iB05p02348
- Hardebeck, J. L., Nazareth, J. J. ve Hauksson, E. (1998) The static stress change triggering model: Constraints from two southern California aftershock sequences. *J. Geophys. Res.* 103(B10), 24427–24437. doi:10.1029/98JB00573
- Husen, S. ve Hardebeck, J. L. (2010) Earthquake location accuracy. Community Online Resource for Statistical Seismicity Analysis (CORSSA). doi:10.5078/corssa-55815573
- International Seismological Centre (2026) ISC-GEM Earthquake Catalogue. doi:10.31905/d808b825
- International Seismological Centre (t.y.) ISC Bulletin. doi:10.31905/D808B830 (erişim: 22.10.2026)
- Jaiswal, K. ve Wald, D. (2010) An empirical model for global earthquake fatality estimation. *Earthq. Spectra* 26(4), 1017–1037. doi:10.1193/1.3480331
- Jaiswal, K. ve Wald, D. J. (2013) Estimating economic losses from earthquakes using an empirical approach. *Earthq. Spectra* 29(1), 309–324. doi:10.1193/1.4000104
- Ji, C., Wald, D. J. ve Helmberger, D. V. (2002) Source description of the 1999 Hector Mine, California, earthquake, part I: Wavelet domain inversion theory and resolution analysis. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92(4), 1192–1207. doi:10.1785/0120000916
- Jones, L. M. ve Molnar, P. (1979) Some characteristics of foreshocks and their possible relationship to earthquake prediction and premonitory slip on faults. *J. Geophys. Res.* 84(B7), 3596–3608. doi:10.1029/JB084iB07p03596
- Joyner, W. B. ve Boore, D. M. (1981) Peak horizontal acceleration and velocity from strong-motion records including records from the 1979 Imperial Valley, California, earthquake. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 71(6), 2011–2038. doi:10.1785/BSSA0710062011
- Jurkevics, A. (1988) Polarization analysis of three-component array data. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 78(5), 1725–1743.
- Kagan, Y. Y. (1991) 3-D rotation of double-couple earthquake sources. *Geophys. J. Int.* 106(3), 709–716. doi:10.1111/j.1365-246X.1991.tb06343.x
- Kanamori, H. (1977) The energy release in great earthquakes. *J. Geophys. Res.* 82(20), 2981–2987. doi:10.1029/JB082i020p02981
- Kanamori, H. ve Anderson, D. L. (1975) Theoretical basis of some empirical relations in seismology. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 65(5), 1073–1095.
- Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute (KOERI). International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/KO
- Kennett, B. L. N. ve Engdahl, E. R. (1991) Traveltimes for global earthquake location and phase identification. *Geophys. J. Int.* 105(2), 429–465. doi:10.1111/j.1365-246X.1991.tb06724.x
- King, G. C. P., Stein, R. S. ve Lin, J. (1994) Static stress changes and the triggering of earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84(3), 935–953. doi:10.1785/BSSA0840030935
- Kreemer, C., Blewitt, G. ve Klein, E. C. (2014) A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 15(10), 3849–3889. doi:10.1002/2014GC005407
- Lund, B. ve Townend, J. (2007) Calculating horizontal stress orientations with full or partial knowledge of the tectonic stress tensor. *Geophys. J. Int.* 170(3), 1328–1335. doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03468.x
- Maeda, N. (1985) A method for reading and checking phase time in auto-processing system of seismic wave data (Japonca, İngilizce özetli). *Zisin (J. Seismol. Soc. Japan, 2nd ser.)* 38(3), 365–379. doi:10.4294/zisin1948.38.3_365
- Matthews, M. V. ve Reasenber, P. A. (1988) Statistical methods for investigating quiescence and other temporal seismicity patterns. *Pure Appl. Geophys.* 126(2–4), 357–372. doi:10.1007/BF00879003
- McGuire, J. J., Zhao, L. ve Jordan, T. H. (2002) Predominance of unilateral rupture for a global catalog of large earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 92(8), 3309–3317. doi:10.1785/0120010293
- Michael, A. J. (1984) Determination of stress from slip data: Faults and folds. *J. Geophys. Res.* 89(B13), 11517–11526. doi:10.1029/JB089iB13p11517
- National Institute for Earth Physics (1994) Romanian Seismic Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/RO
- National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens (1975) Hellenic Unified Seismological Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/HL
- Newcombe, R. G. (1998) Interval estimation for the difference between independent proportions: Comparison of eleven methods. *Stat. Med.* 17(8), 873–890. doi:10.1002/(SICI)1097-0258(19980430)17:8<873::AID-SIM779>3.0.CO;2-I
- Nowicki Jessee, M. A., Hamburger, M. W., Allstadt, K., Wald, D. J., Robeson, S. M., Tanyas, H., Hearn, M. ve Thompson, E. M. (2018) A global empirical model for near-real-time assessment of seismically induced landslides. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 123(8), 1835–1859. doi:10.1029/2017JF004494
- Ogata, Y. (1983) Estimation of the parameters in the modified Omori formula for aftershock frequencies by the maximum likelihood procedure. *J. Phys. Earth* 31(2), 115–124. doi:10.4294/jpe1952.31.115
- Okada, Y. (1985) Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 75(4), 1135–1154. doi:10.1785/BSSA0750041135
- Okada, Y. (1992) Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 82(2), 1018–1040. doi:10.1785/BSSA0820021018
- Reasenber, P. A. ve Jones, L. M. (1989) Earthquake hazard after a mainshock in California. *Science* 243(4895), 1173–1176. doi:10.1126/science.243.4895.1173
- Ripperger, J. ve Mai, P. M. (2004) Fast computation of static stress changes on 2D faults from final slip distributions. *Geophys. Res. Lett.* 31(18). doi:10.1029/2004GL020594
- Ryan, W. B. F., Carbotte, S. M., Coplan, J. O., O'Hara, S., Melkonian, A., Arko, R., Weissel, R. A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F., Bonczkowski, J. ve Zensky, R. (2009) Global Multi-Resolution Topography synthesis. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 10(3), Q03014. doi:10.1029/2008GC000232
- Shi, Y. ve Bolt, B. A. (1982) The standard error of the magnitude-frequency b value. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 72(5), 1677–1687. doi:10.1785/BSSA0720051677
- Somerville, P., Irikura, K., Graves, R., Sawada, S., Wald, D., Abrahamson, N., Iwasaki, Y., Kagawa, T., Smith, N. ve Kowada, A. (1999) Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion. *Seismol. Res. Lett.* 70(1), 59–80. doi:10.1785/gssrl.70.1.59
- Spearmann, C. (1904) The proof and measurement of association between two things. *Am. J. Psychol.* 15(1), 72–101. doi:10.2307/1412159
- Tajima, F. ve Kanamori, H. (1985) Global survey of aftershock area expansion patterns. *Phys. Earth Planet. Inter.* 40(2), 77–134. doi:10.1016/0031-9201(85)90066-4
- Tape, W. ve Tape, C. (2012) A geometric setting for moment tensors. *Geophys. J. Int.* 190(1), 476–498. doi:10.1111/j.1365-246X.2012.05491.x
- U.S. Geological Survey (2017) Advanced National Seismic System (ANSS) Comprehensive Catalog. doi:10.5066/F7MS3QZH
- Utsu, T. (1966) A statistical significance test of the difference in b -value between two earthquake groups. *J. Phys. Earth* 14(2), 37–40. doi:10.4294/jpe1952.14.37
- Utsu, T., Ogata, Y. ve Matsu'ura, R. S. (1995) The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. *J. Phys. Earth* 43(1), 1–33. doi:10.4294/jpe1952.43.1
- Vavryčuk, V. (2014) Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *Geophys. J. Int.* 199(1), 69–77. doi:10.1093/gji/ggu224
- Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2020) *ShakeMap Manual*. U.S. Geological Survey. doi:10.5066/F7D21VPQ
- Wald, D. J., Quitoriano, V., Worden, C. B., Hopper, M. ve Dewey, J. W. (2011) USGS “Did You Feel It?” Internet-based macroseismic intensity maps. *Annals of Geophysics* 54(6). doi:10.4401/ag-5354
- Wells, D. L. ve Coppersmith, K. J. (1994) New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 84(4), 974–1002. doi:10.1785/BSSA0840040974
- Wiemer, S. ve Wyss, M. (2000) Minimum magnitude of completeness in earthquake catalogs: Examples from Alaska, the western United States, and Japan. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 90(4), 859–869. doi:10.1785/0119990114
- Wilson, E. B. (1927) Probable inference, the law of succession, and statistical inference. *J. Am. Stat. Assoc.* 22(158), 209–212. doi:10.1080/01621459.1927.10502953
- Woessner, J. ve Wiemer, S. (2005) Assessing the quality of earthquake catalogues: Estimating the magnitude of completeness and its uncertainty. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 95(2), 684–698. doi:10.1785/0120040007
- Worden, C. B., Gerstenberger, M. C., Rhoades, D. A. ve Wald, D. J. (2012) Probabilistic relationships between ground-motion parameters and Modified Mercalli intensity in California. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 102(1), 204–221. doi:10.1785/0120110156
- Worden, C. B., Thompson, E. M., Baker, J. W., Bradley, B. A., Luco, N. ve Wald, D. J. (2018) Spatial and spectral interpolation of ground-motion intensity measure observations. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 108(2), 866–875. doi:10.1785/0120170201
- Zaliapin, I. ve Ben-Zion, Y. (2013a) Earthquake clusters in southern California I: Identification and stability. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 118(6), 2847–2864. doi:10.1002/jgrb.50179
- Zhu, J., Baise, L. G. ve Thompson, E. M. (2017) An updated geospatial liquefaction model for global application. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 107(3), 1365–1385. doi:10.1785/0120160198
- Zoback, M. L. (1992) First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. *J. Geophys. Res.* 97(B8), 11703–11728. doi:10.1029/92JB00132

T. Batuhan BULGURLULAR – 2026 · Veri: birleşik çok-kaynaklı deprem kataloğu (AFAD · ISC · EMSC · USGS · GFZ · GSI · NOA; moment tensörleri: GCMT).