

ELBİSTAN (KAHRAMANMARAŞ) DEPREMİ — Mw 7,6 · 06.02.2023

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

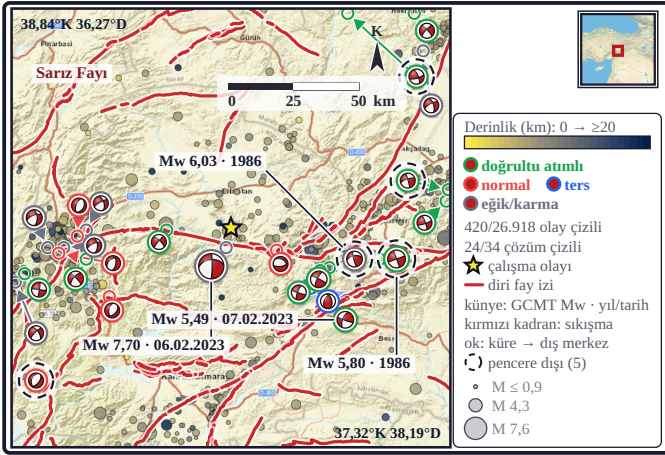
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 06.02.2023

ÖZET — 06.02.2023 tarihinde Elbistan (Kahramanmaraş) çevresinde Mw 7,6 büyüklüğünde, odak derinliği çözümde 7,0 km değerine sabitlenmiş bir deprem meydana gelmiştir (38,078°K, 37,231°D). Olay merkezli pencerede 26.918 olay kataloglanmıştır; çapraz-kaynak kopyaları (2.049 kayıt) ve kendi hizmet bölgesi dışındaki bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (87 kayıt) her istatistikten önce ayıklanmıştır. Çalışma olayı, Mw 7,7 (0,4 gün önce, 91 km uzakta) depreminin uzay–zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü ($M_0 = 4,526 \times 10^{20}$ N·m; Mw 7,70) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 84 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlık eşğinde ($M \geq 1,9$), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 210 katıdır (%95 güven aralığı: 190–220; ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle alt sınır); oran, süren dizinin birleşik etkinliğini ölçer. Kayıtların %47'sinin (12.721/26.918) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir; bu değer derinlik çözölemeyip 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: Elbistan (Kahramanmaraş) depremi, Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi, deprem dizisi, moment tensörü, gerilme inversiyonu, Coulomb gerilme aktarımı.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 7.6 occurred near Elbistan (Kahramanmaraş) on 6 February 2023 with the focal depth fixed at 7.0 km in the solution (38.078°N, 37.231°E). A total of 26,918 events were catalogued within an event-centred window; cross-source duplicates were removed (2,049 records), as were single-source records of regional networks outside their home region (87 records), before any statistic was computed. The study event falls within the space–time window of an earthquake of Mw 7.7 (0.4 days earlier, 91 km away); by this criterion it is not the largest event of an ongoing sequence. The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution ($M_0 = 4.526 \times 10^{20}$ N·m; Mw 7.70) corresponds to left-lateral strike slip on nodal plane NP1 and to right-lateral strike slip with a normal component on NP2. Within 84 km and at $M \geq 1.9$, the 90-day post-event rate is about 210 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 190–220; a lower bound given early incompleteness); the rate reflects the combined activity of the ongoing sequence. Of the records, 47% (12,721/26,918) 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: Elbistan (Kahramanmaraş) earthquake, East Anatolian Fault Zone and the 2023 Kahramanmaraş sequence, earthquake sequence, moment tensor, stress inversion, Coulomb stress transfer.



Şekil 1. Harita 26.918 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 34 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindedir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır ($n = 50$). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir ve kırmızı kadran sıkışmadır. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 4 çözüm künyelidir (öbür 20 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) katalogundaki moment büyüklüğünü (M_w) 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 · NOA).

GİRİŞ

Bu çalışma, 06.02.2023 tarihinde Elbistan (Kahramanmaraş) çevresinde meydana gelen Mw 7,6 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 26.918 olaylık birleşik çok kaynaklı deprem kataloguna 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.

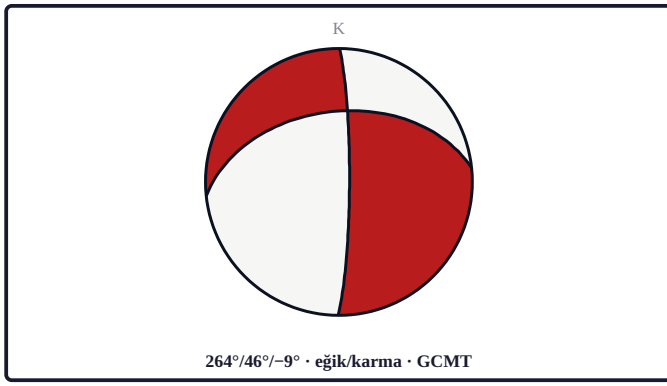
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	06.02.2023 10:24:47	AFAD hiposantrı
Dış merkez	38,078°K · 37,231°D	AFAD hiposantrı
Odak derinliği	7,0 km	AFAD · kurumca sabitlenmiş
Büyüklük	Mw 7,6	AFAD (hiposantrı veren kurum) ^a
Sismik moment M_0	$4,526 \times 10^{20}$ N·m	GCMT skaler momenti · Mw 7,70
Nominal ısınan enerji E	$2,3 \times 10^{16}$ J	M_0 'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği, istasyon sayısı, azimut boşluğu	yok	AFAD yayımlamamıştır
Varış artığı (RMS)	0,58 s	AFAD bildirimi
b değeri	raporlanmadı	gerekçesi Ek A'da
Kutu yayılımı (%95)	$192,2 \times 102,2$ km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu yayılımı (%95; çekinceli)	en az $159,9 \times 107,6$ km	uzun × kısa eksen · izleyen olay bulutu · seçim yarıçapıyla (84 km) sınırlı alt sınır
Mekanizma (NP1)	$264^\circ/46^\circ/-9^\circ$	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

Not: a) Büyüklük türü Mw: moment büyüklüğü; kurum hesap yöntemini bildirmemiştir.

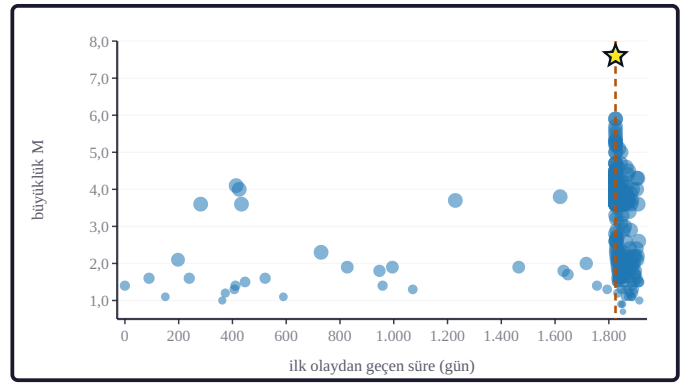
Olay künyesi ve temel parametreler Tablo 1'de, kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr Tablo 2'de verilmiştir.

TEKTONİK ÇERÇEVE

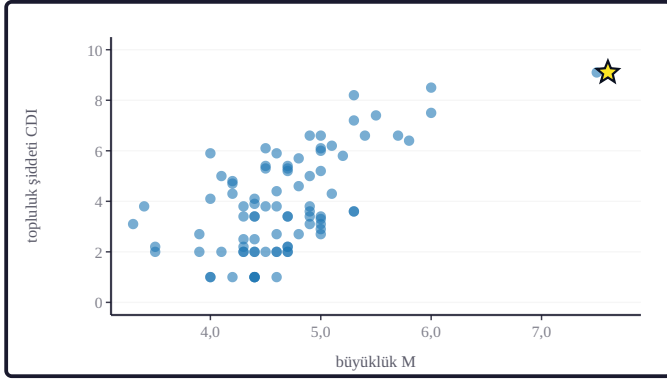
Çalışma alanı, Anadolu ve Arabistan levhaları arasındaki sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindedir; fayın geometrisi, segmentasyonu ve sıçrama yapıları jeolojik haritalama ile tanımlanmış (Duman ve Emre, 2013), güncel sismotektoniği ve segment kayma hızları aletsel sismolojik ve jeodezik verilerle belgelenmiştir (Güvercin vd., 2022).



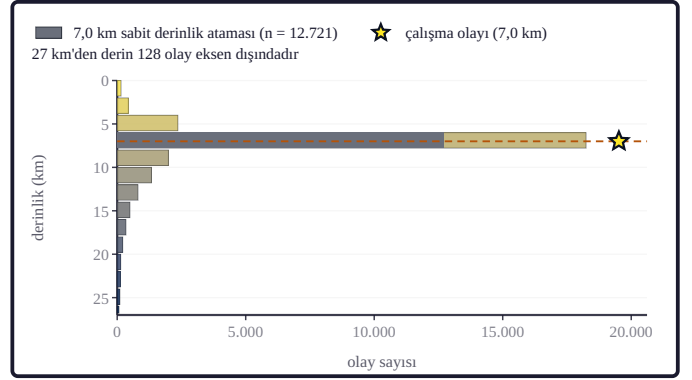
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; koyu kadranslar sıkışma kadranslarıdır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 26.918 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay çalışma olayıdır (Mw 7,6); $M_c = 4,0$ üstünde 438 olay vardır. Büyüklük-zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), dikey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçeklidir; 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. Tam katalogta derinlik değeri taşıyan 26.918 olayın %87'si ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sıg sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.

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) 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 sıkışma, açık kadranslar genişleme kadranslarıdır; T eksen sıkışma kadransının, P eksen genişleme kadransının ortasında yer alır (Şekil 2a). Deviatorik (GCMT) tensörün çift kuvvet payı %56'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, ortanca M 1,8'dir (tam katalog; Şekil 2b). Serimdeki en küçük olaylar tamlik eşişinin 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 86 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 derinler ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 2d). Derinliği bilinen 26.918 kaydın 23.296 tanesi (%87) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 18.244 olayla 6–8 km aralığındadır; bu çubuktaki 12.721 kayıt 7,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır.

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

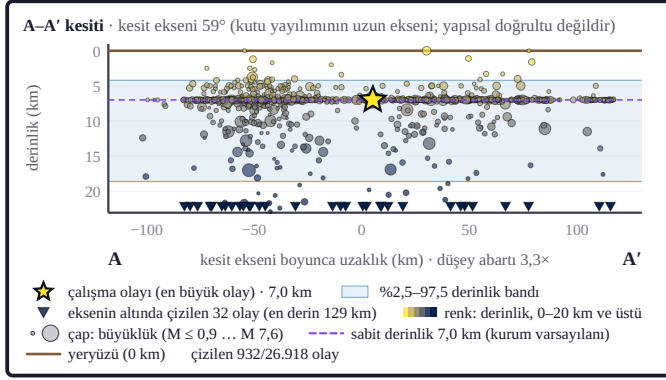
6 Şubat 2023 tarihinde bu zonda, dokuz saat arayla gerçekleşen Mw 7,8 Pazarcık ve Elbistan depremleri (ikincisi için Mw 7,7: GCMT ve Jia vd., 2023; Mw 7,6: Melgar vd., 2023) yüzlerce kilometrelik çok-segmentli kırılmalar üretmiştir; çiftin kırılma süreçleri ve karmaşık dinamiği sismik-jeodezik ters çözümlerle ayrıntılı biçimde çalışılmıştır (Melgar vd., 2023; Jia vd., 2023). 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 (6,2 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Sarıyatak Fayı (25 km), Tapkırankale Fay Zonu'na bağlı fay parçası (28 km). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Anadolu–Arabistan levha sınırıdır ve 45 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay sığ odaklı ($h < 70$ km) bir depremdir (moment tensörü sentroid derinliği 12,0 km; künyedeki 7,0 km çözümde sabitlenmiş bir değerdir).

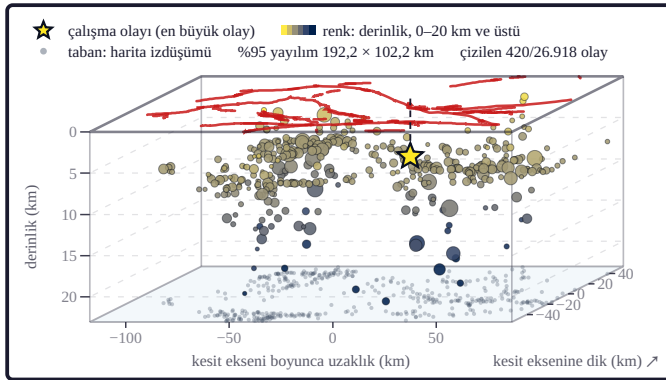
VERİ VE YÖNTEM

Katalog, olay merkezli kutuda 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde kaydedilmiş 26.918 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 21.497, ISC 5.212, EMSC 185, USGS 14, GFZ 7, NOA 1, NIEP 1, INGV 1. Büyüklük türü dağılımı: ML 26.217, Mw 625, mb 68, türü belirtilmemiş 7, MS 1.

UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME

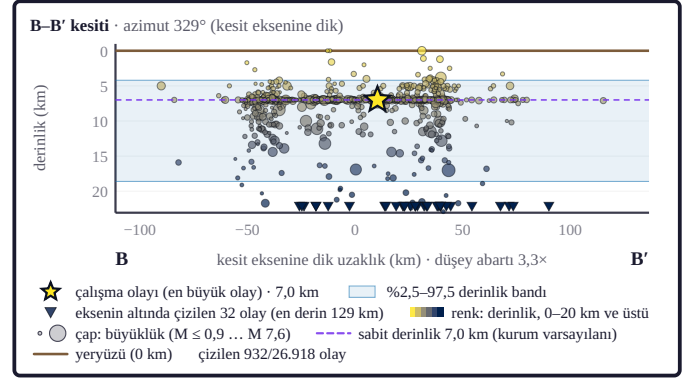


Şekil 3a. Olayların %95'i 4,2-18,6 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 7,3 km). A-A' kesiti olayları kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü verir. Alt kenardaki üçgenler derinlik ekseninin altında kalan olaylardır. Kesikli yatay çizgi kurumların varsayılan olarak atadığı sabit derinliktir. A-A' ve B-B' kesitleri aynı yatay açıklık ve aynı derinlik eksenine izdüşür (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örnekleme; derinlikler katalog hiposantrlarıdır).

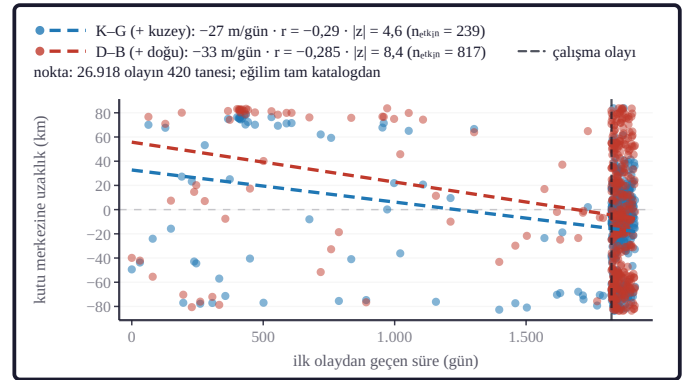


Şekil 3c. Yatay eksen kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca, sağ üste kaçan eksen ona dik uzaklığı, düşey eksen derinliği verir. Derinlik eksenini kesitlerle ayırır. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; yıldızdan üst yüze çıkan kesikli çizgi olayın yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinete izdüşümü; üç eksen ayrı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).

Şekil 3a-3d: A-A' kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 192,2 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (2,5-97,5) 4,2-18,6 km'dir (tam katalog ortancası 7,0 km; Şekil 3a). Derinlik eksenini katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,88, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dir; bulutun uzama oranı kadrainkinin 1,88 katı olsa da kutu bulutunun ana eksenini pencere biçimine duyarlı olduğundan bu eksen yalnız kesitlerin izdüşüm eksenini olarak kullanılmış, yapısal doğrultu olarak yorumlanmamış ve yapısal bir uzama iddiası kurulmamıştır (Şekil 3b). Dik kesitteki dağınıklık, gerçek zon kalınlığı ile konum hatasının toplamıdır ve ikisi bu veriyle ayrıştırılmaz. Düşey yayılımın uzun yatay kenara oranı 0,07'dir; yatay yayılım düşey yayılımı aşmaktadır (Şekil 3c). 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. Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 3d). 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 dağılımıdır (pencerenin ilk yarısında 225, ikinci yarısında 1975 olay); bu dağılımda eğim birkaç uç olayın kaldırılcılığıyla belirlenir ve korelasyon katsayısıyla birlikte okunmadan yorumlanmamalıdır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anımı işaretler.



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 örnekleme).



Şekil 3d. Dış merkez koordinatlarının zaman serisinde mavi noktalar kuzey-güney, kırmızı noktalar doğu-batı bileşenidir. Yatay eksen pencerenin ilk olayından geçen süre (gün), düşey eksen kutu merkezine uzaklıktır (km); iki bileşen aynı ölçeğe olduğundan eğimleri doğrudan kıyaslanabilir. Kesikli doğrular her bileşenin en küçük karelere eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri lejantıdır. Düşey kesikli çizgi çalışma olayının anımı işaretler.

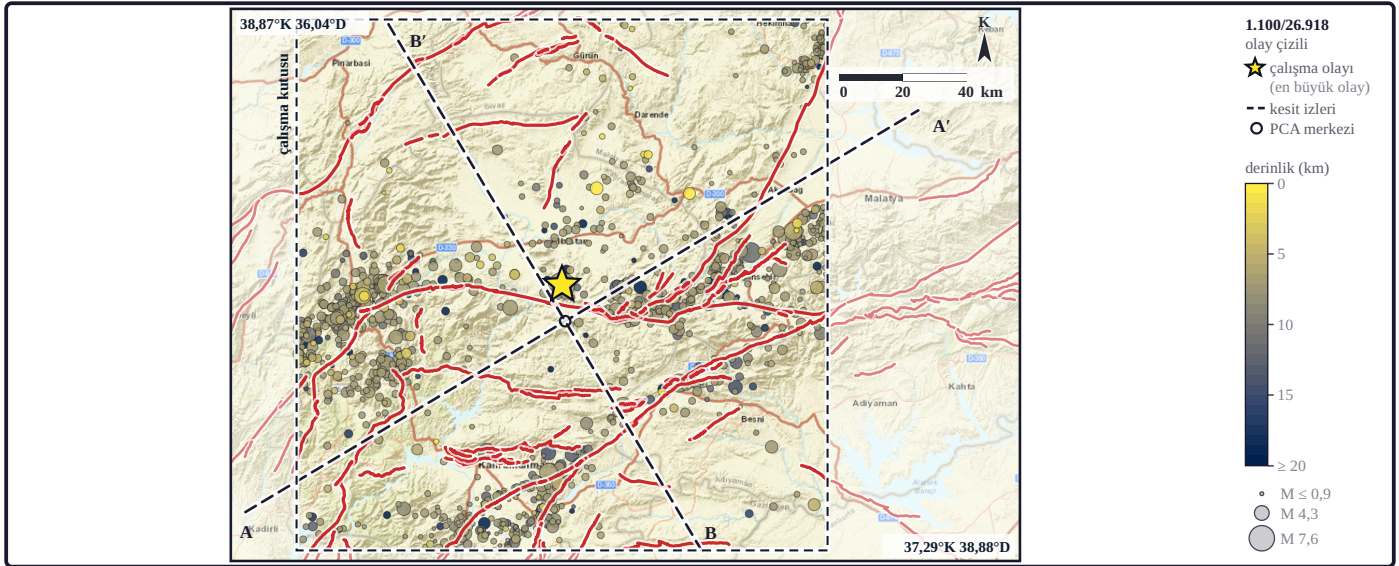
Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 4'te, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A1'de, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A2'de, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A4'te, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A5'te verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Çalışma alanı $167,8 \times 167,8$ km (≈ 28.200 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 $37,319^\circ\text{K}-38,837^\circ\text{K}$ ve $36,273^\circ\text{D}-38,189^\circ\text{D}$ koordinatlarındadır. Bu rapor, olaydan 1.300 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 günle sınırlıdır. Katalog sorgusu 16.10.2026 tarihinde çalıştırılmıştır; sonraki güncellemeler sayıları değiştirebilir.

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 aynı olaylara bölünmüştür. Bu onarım pencereye 3.200 olay eklemiştir; bunların 2.636'sı çalışma olayından sonradır ve en büyüğü 06.02.2023 13:39:23 UTC'de gerçekleşen Mw 5,3 büyüklüğündeki olaydır (AFAD 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, 2.049 kayıt düşürülmüştür; çakışan 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.

UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM)



Şekil 4. Derinlik renkli harita 26.918 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 4: Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sıg ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 26.918 kaydın 23.296 tanesi 10 km ve daha şığ, 3.622 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 4). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \geq 2,0$) ayrı bir kurala ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km ve büyüklük farkı $-0,5$ ile $+1,5$ arasında eşleşen 79 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 8 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanamadığından istatistiklere alınmamıştır. Böylece sorgudan dönen 29.054 kayıttan 2.136'sı ayıklanmış ve çözümleme 26.918 olaya yapılmıştır. Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: $M_w 7,6$ (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 toplamalarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 625 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 26.293 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplamalar bu etiketle verilmiştir.

Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). 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 %47'sinin derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (12.721/26.918); bu değer, derinlik çözilemeyip sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %50'sini oluşturmaktadır (13.511/26.918); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposanr bulutuna düzlem uydurması raporlanamamıştır; gerekçesi ekteki raporlanmayan çözümlmeler çizelgesindedir.

Tamlık büyüklüğü M_c , üç ölçütten 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 katalogunun tamamında eşik b-kararlılığı ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 4,0$. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşik azami eğrilik ölçütü belirlenmiştir: $M_c = 1,5$ (olay öncesi dönemin b değeri aşağıdaki kuyruk ölçütüyle raporlanmamıştır). b-değeri bu eşikğin üzerindeki olaylardan en büyük olasılık kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $M_c - \Delta M/2$ kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır.

b değerlerinin belirsizliği için 3 kestirim hesaplanır (Shi ve Bolt, 1982; Aki, 1965; yeniden örnekleme) ve en büyüğü benimsenir; yeniden örneklemede (bootstrap) M ve b birlikte yeniden kestirilir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir. b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük–frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadan beklenen olay sayısının en az 1 olduğu, 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde bu sayı katalogta gözlenen olay sayısı ile binom olasılığı üzerinden karşılaştırılmış; en küçük olasılık 0,01'in altındaysa b raporlanmamıştır (işletimsel ölçüt).

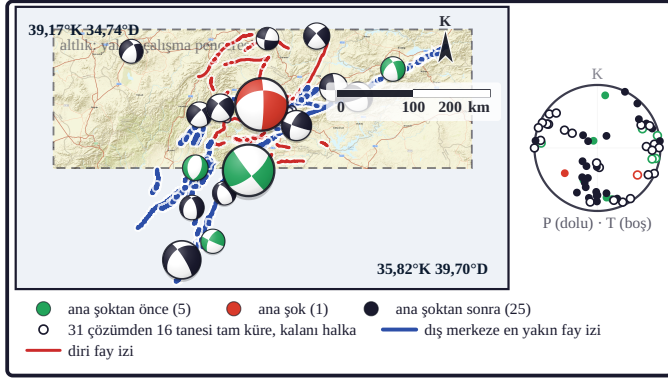
Odak mekanizması ve moment-tensör çözümleri Global CMT (GCMT) kataloğundan alınmıştır (Ekström vd., 2012). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 4 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örnekleme için %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılarına göre SHmax olarak belirlenen yeniden örneklemeyle ayrıca sanınmıştır); SHmax doğrultusu Lund ve Townend (2007) türetilimi, rejim sınıfı Anderson (1951) çerçevesi ve Dünya Gerilme Haritası kuralıyla (Zoback, 1992) verilmiştir.

Çalışma olayının dizideki rolü öncül ölçütüyle belirlenmiştir: çalışma olayından önce kaydedilen ve büyüklüğü (bir ondalıkta) ondan küçük olmayan bir olay, çalışma olayı o olayın uzay-zaman penceresine düşüyorsa öncül sayılır. Pencere zamanda Gardner ve Knopff (1974) zaman penceresidir; uzayda aynı çalışmanın uzay penceresi ile Wells ve Coppersmith (1994) yeralı kırk boyu bağntısından hesaplanan kırk boyunun 1,5 katından büyük olandır. Öncül ile çalışma olayı arasındaki süre 30 günü aşmıyorsa öncül süren dizinin parçası sayılır; bu durumda dizi sınıflaması uygulanmaz ve moment payı, izleyen olay sayım dairesinde çemberin içindeki en erken öncülün zamanından başlayan kayıtlarla kurulur; aktif öncüllerden biri çemberin dışında kaldığında bu pay sayım çemberindeki moment payı adıyla verilir ve süren dizinin payı en büyük öncülün kendi penceresinde ayrıca hesaplanır. Süre eşiği ve kırk boyu katsayısı literatürden alınmamıştır; bu çalışmanın işletimsel ölçütleridir.

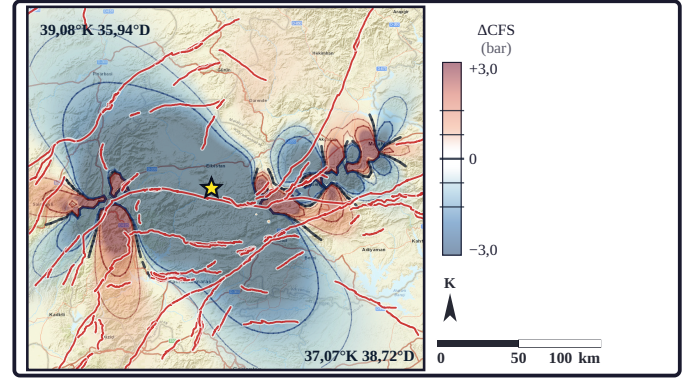
Arka plan dönemi olarak çalışma penceresinin başlangıcından geriye uzanan ve onunla örtüşmeyen 5 yıllık pencere (08.02.2013 – 07.02.2018) aynı kutu ve eşikle ayrıca sorgulanmış (4.778 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026). Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 556 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında bunların en uzun 90', tektonik haritada en uzun 60' çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 572 izin (18 farklı ad) en uzun 8'i 5 ad altında çizelgede listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadrıların eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 38,08°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.

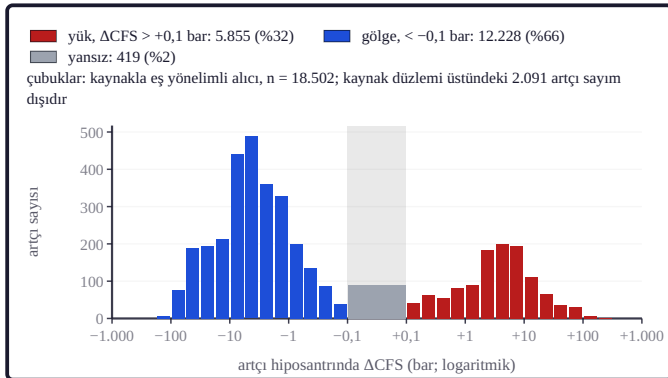
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



Şekil 5a. Arama penceresinin (çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 240 km yarıçap) odak mekanizması haritasında her odak küresi bir moment tensörü çözümü. Mw, 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 Mw: Global CMT, Ekström vd., 2012; izdüşüm: Lambert alt yarıküre eşit alan).



Şekil 5b. Harita statik Coulomb gerilme değişimini (ΔCFS) gösterir (kırmızı artış, mavi azalma; ±3,0 bar). Yıldız dış merkezdir; çizgiler ΔCFS konturlarıdır. Kırmızı çizgiler diri fay izleridir; renk çubuğundaki çentikler kontur düzeyleridir (ΔCFS: Okada, 1992; King vd., 1994).

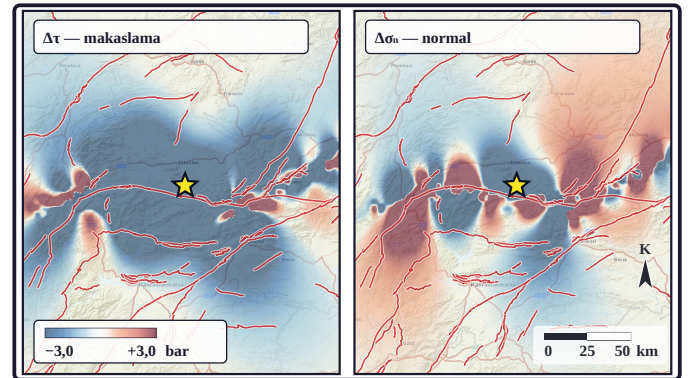


Şekil 5c. Coulomb nokta sınaması, izleyen olayların kendi hiposantrlarında hesaplanan ΔCFS değerlerinin dağılımını verir. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır. Kırmızı çubuklar yük artışı, mavi çubuklar gerilme düşüşünü, gri bant iki eşik arasındaki yansız aralığı gösterir (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa; Hardebeck vd., 1998).

Şekil 5a–5d: 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 5a). ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5b). Nokta sınamasının histogramı, izleyen olayları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yükleme, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5c). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 5'te, mekanizma dizisi Tablo 6'da verilmiştir.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

06.02.2023 tarihinde 10:24:47 UTC'de Elbistan (Kahramanmaraş) çevresinde, 38,078°K, 37,231°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 7,0 km (çözümde sabitlenmiş) olan Mw 7,6 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Aynı olay için bir başka kurum çözümü 38,01°K–37,21°D konumunu vermektedir; iki dış merkez arasındaki fark 8 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 244 olaydan farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 4,5 km, yüzde doksanlık değeri 14,7 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 70 km); bu ölçü de kurumlar arası farktır ve eşleştirme toleransına koşulludur.



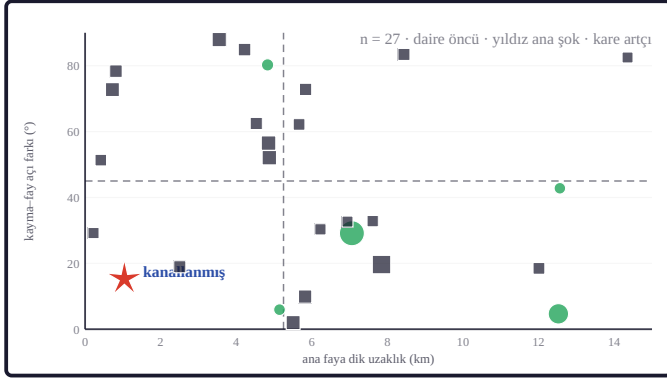
Şekil 5d. ΔCFS'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi Δτ, sağda fay düzlemine dik normal gerilme değişimi Δσn (ΔCFS = Δτ + μ'Δσn). Kadraj kaynak çevresine yakınlaştırılmıştır; renk ölçeği ve kaynak geometrisi ΔCFS haritasıyla aynıdır; yıldız dış merkezdir; ince dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (bileşen ayrışımı: Okada, 1992 analitik çözümü).

Olayın moment tensörü sentroid derinliği 12,0 km'dir (GCMT, çözülemeyen sentroid derinliğini sığ olaylarda 12 km'de sabit tutar; bu değer çözülmüş bir derinlik olmayabilir); künyedeki odak derinliği (7,0 km) çözümde sabitlendiğinden derinlik sınıflaması bu ölçüye dayanır ve değer sığ odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Uzak ağ çözümleri (INGV; derinlik 27,7 km · GSI; derinlik 40,0 km · NIEP; derinlik 10,0 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı AFAD, GFZ, EMSC, USGS, INGV ve ISC çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür. Moment ölçeğindeki 5 kurum kaydı Mw 7,5–7,7 aralığındadır (en büyük fark 0,2 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 7,70 olarak verilmektedir. Uzak ağ çözümleri (INGV Mw_{pd} 7,5; GSI Mw_s 7,1; NIEP ML 7,3) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artığı RMS = 0,58 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogda yayımlanmamıştır.

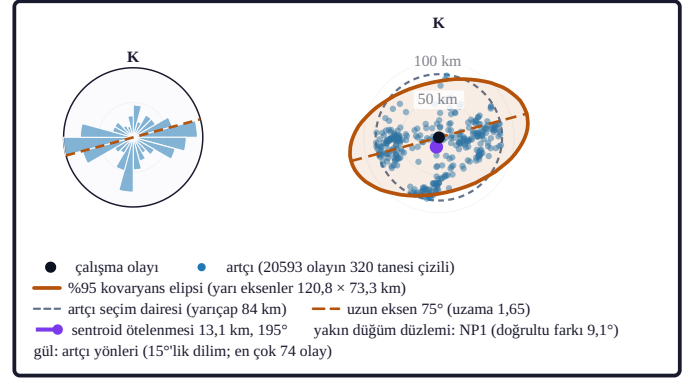
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ

Sismik moment $M_0 = 4,526 \times 10^{20}$ N·m'dir (Mw 7,70; GCMT skaler moment). Bu büyüklükten $\log_{10} E = 1,5 \cdot Mw + 4,8$ bağıntısıyla türetilen nominal ısıyan enerji $E \approx 2,3 \times 10^{16}$ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5 \times 10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ısıyan enerji değildir. Gerilme düşümü, yayımlanmış kayma modelinin boyutlarıyla ($L = 80,0$ km, $W = 30,0$ km) ve doğrultu atımlı dikdörtgen fay bağıntısıyla (Kanamori ve Anderson, 1975) $\Delta\sigma = C \cdot M_0 / (W^2 \cdot L)$ biçiminde $\Delta\sigma \approx 4,0$ – $8,0$ MPa aralığında kestirilmiştir; alt sınır yüzeye ulaşan kırığa ($C = 2/\pi$), üst sınır derine gömülü kırığa ($C = 4/\pi$; bu çalışmada türetilmiştir) karşılık gelir.

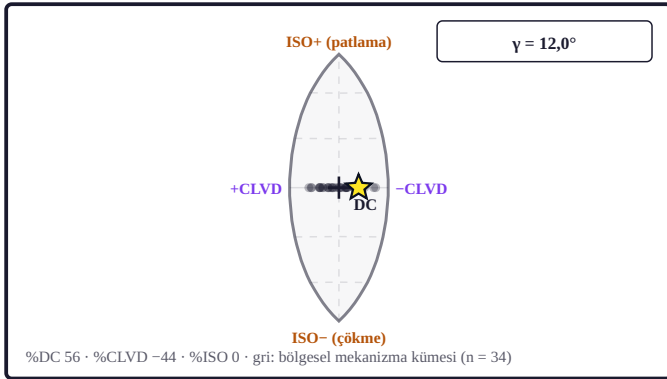
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



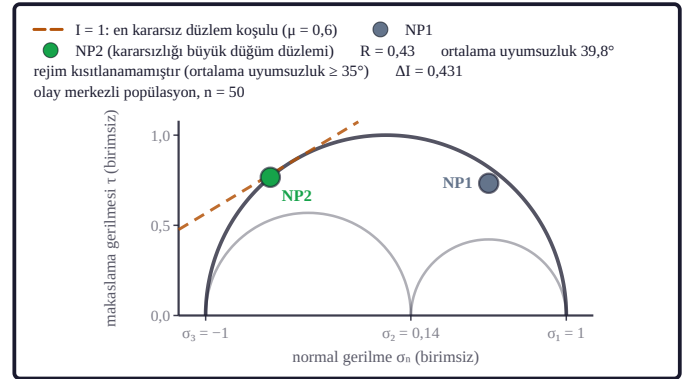
Şekil 6a. Yatay eksen dış merkezin ana faya dik uzaklığını, düşey eksen kayma-fay açısı farkını gösterir. Her nokta bir odak mekanizmasıdır. Şekil sismik kayma kanallanmasını gösterir. Düşey eksenindeki açı yerel fay doğrultusu ile sismik kayma vektörü azimutu arasındaki dar açıdır, yatay eksen dış merkezin 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 büyüklüğünü taşır. Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fizik iddiası değildir; ayrıca dik uzaklık dış merkez konum hatasını 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 6b. Çalışma olayı merkezli düzlemde izleyen olay bulutu (mavi) ve %95 kovaryans elipsi (turuncu) gösterilmiştir. Elips, izleyen olay konumlarının kovaryansından Gauss dağılımı varsayımıyla kurulan bir yayılım ölçüsüdür; izleyen olayların %95'ini içeren bir sınır değildir. Turuncu kesikli doğru elipsin uzun eksenidir, mor ok izleyen olayların sentroidinin çalışma olayına göre ötelenmesidir; gri çemberler çalışma olayına uzaklığı kilometre cinsinden ölçekler, gri kesikli çember izleyen olayların seçildiği dairedir. Bulut bu daireye dayandığından uzama oranı seçim yarıçapıyla sınırlıdır (gerçek değer için alt sınır) ve sentroid dış merkeze doğru yanlıdır. Uzama oranı 1'e yaklaştıkça bulut izotroplaşır ve yön kestirimi zayıflar; elips ölçüleri ve uzun eksene yakın düğüm düzlemi lejantıdır (telesismik ikinci moment ölçüsünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).



Şekil 6c. 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 6d. Gerilme inversiyonunun normalleştirilmiş Mohr diyagramında yatay eksen normal gerilme σ_n , düşey 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 yatkındır. Şekil oranı R , ortalama kayma yönü uyumsuzluğu ve iki düzlemin kararsızlık farkı ΔI lejantıdır (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü).

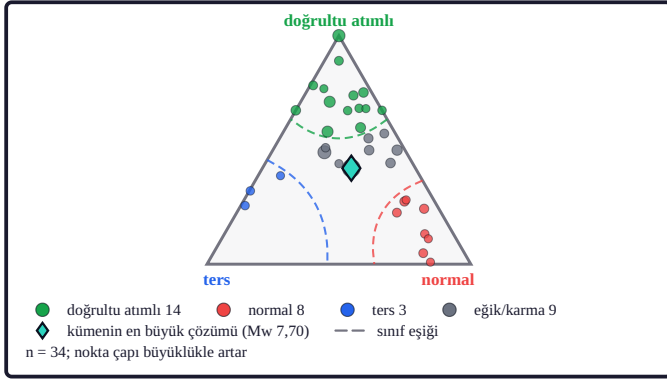
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ (DEVAM)

Şekil 6a–6d: Olayların 17 tanesi ana fay yüzeyine 6 km'den yakın, 8 tanesi ise kaymanın fay doğrultusuyla 20° 'den az açı yaptığı çözümlerdir; kanallanmış davranış bu iki koşulun birlikte sağlandığı bölgede toplanır (Şekil 6a). Bölge adları bir sınıflama aracıdır, fiziksel bir iddia taşımaz ve sınırlar figürde yazılıdır. İki kısıt korunmalıdır: dik uzaklık dış merkez konum hatasını ve fay izinin haritalama hassasiyetini birlikte taşır, bu yüzden birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanamaz; kayma azimutu ise iki düğüm düzleminin birine aittir ve diğer düzlem seçilseydi noktaların önemli bölümü bölge değiştirirdi. İzleyen olay bulutu kovaryans elipsinin uzun eksenini boyunca uzamıştır; çalışma olayı izleyen olayların sentroidine yakın konumdadır (Şekil 6b). Elips ve sentroid ölçüleri izleyen olay bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Elipsin büyük eksen ile NP1 doğrultusu (264°) arasındaki fark $9,1^\circ$, NP2 doğrultusu (0°) arasındaki fark $74,9^\circ$ 'dir; artçı uzanımı ölçütüne göre bulut NP1 düzlemiyle uyumludur. Olayın moment tensörü şekilde izotropik payın sıfır olduğu yatay eksen üzerindedir; bu konum Global CMT çözümünün deviatorik kısıtından gelir, izotropik payın ölçümü değildir (Şekil 6c). Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir; değerler çekinceli çözümlerler çizelgesindeki gerekçeyle birlikte okunmalıdır (Şekil 6d).

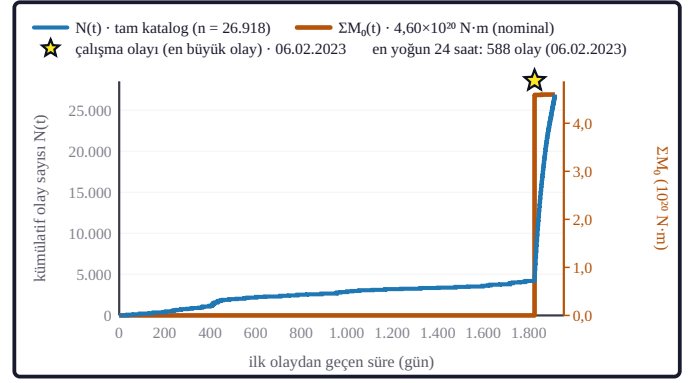
Kırığın üst kenar derinliği (0,0 km) gözletildiğinde, iki sınırın katsayıları arasında türetilen katsayıyla ($C = 0,64$) nokta değer $\Delta\sigma \approx 4,0$ MPa'dır. Bağın da gerilme düşümü $W^2 \cdot L$ ile ters orantılı olduğundan kestirim öncelikle kırık boyutunun seçimine duyarlıdır: Wells ve Coppersmith (1994) ölçeklemesinin doğrultu atımlı kolunun boyutlarıyla ($L = 160$ km, $W = 20,3$ km) aynı bağıntı $4,4\text{--}8,7$ MPa, aynı üst kenar derinliğiyle nokta değer $4,4$ MPa vermektedir; ölçekleme kolu mekanizmanın baskın kayma bileşenine göre seçilmiştir. Geometri varsayımının etkisi de sınanmıştır: eşdeğer alanlı dairesel çatlak ($R = 27,6$ km) $9,4$ MPa ve aynı dörtgenin 80° eğimli fay olarak yarı uzayda sınır eleman çözümü ($C = 0,63$) $4,0$ MPa vermektedir. Birincil kestirimle birlikte incelenen 4 seçeneğin tümünde nokta değer $4,0\text{--}9,4$ MPa, aralığın sınırları $4,0\text{--}9,4$ MPa arasında kalmaktadır; artçı zonundan türetilen yarıçap kaynak boyutu olmadığından bu aralığa alınmamıştır. Bu aralık yalnız incelenen seçeneklerin yayılımıdır: yayımlanmış öbür boyut seçenekleri (ör. sonlu fay modelinin kendi düzleminin boyutları) yerel arşivde bulunmadığından aralığa girmemiştir; aralık bu nedenle kırık boyutu belirsizliğinin tamamını göstermez.

GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)

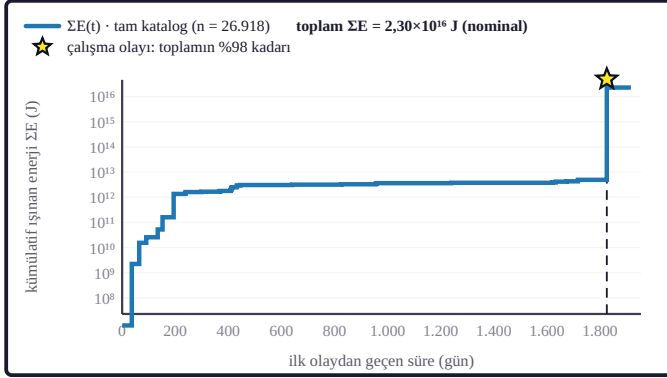
· ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



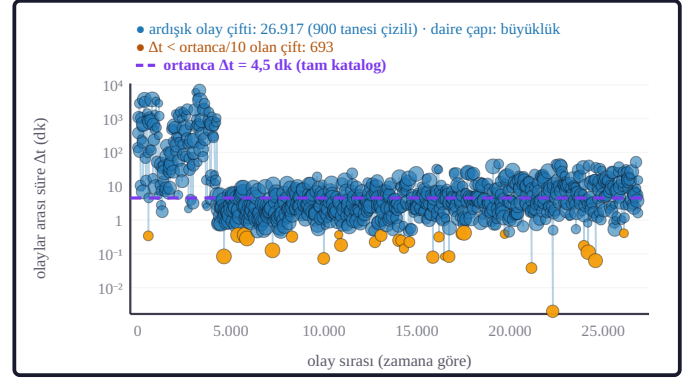
Şekil 7a. Çekinceli sayım: 34 çözümün %41'i doğrultu atımlı sınıfındadır (%95 Wilson aralığı %17–71; 9 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşliğinin altında kaldığından tek sınıflı niteleme yapılmamıştır. Bağımsız kümeler Gardner–Knopoff pencereleriyle ayrılmıştır. Frohlich üçgeninde her nokta bir odak mekanizması çözümünün P, T ve B eksenlerinin dalım açılarının gnomonik izdüşümü 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 eşığı aşmayan eğik/karma çözümleri, nokta çapı büyüklüğü, turkuaz elmas kümedeki en büyük çözümü gösterir; sınıf sayımları lejantta'dır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).



Şekil 7b. 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 ölçeği: Hanks ve Kanamori, 1979).



Şekil 7c. Mavi basamak eğrisi kümülatif ısınan sismik enerjidir (ΣE , logaritmik eksen). Kesikli düşey çizgi çalışma olayını işaretler; en büyük tek katkı bu olaydır (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).



Şekil 7d. Düşey eksen bir önceki olaydan geçen süredir (dakika, logaritmik). Mor çizgi ortalanca süredir; turuncu daireler ortalancanın onda birinden kısa aralıklardır. Daire çapı büyüklükle artar (seri: tekilleştirilmiş tam katalog).

Şekil 7a–7d: Hiçbir eşığı aşmayan 9 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 7a). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri M_w 4,65–7,70 aralığındadır; en büyük çözüm çalışma olayına aittir ve eğik/karma sınıfındadır. Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 7b). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 14,1 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Kümülatif ısınan enerji basamakları, toplam boşalmanın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 7c). Pencerede ısınan toplam enerji $2,30 \times 10^{16}$ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Büyüklüğü $M \geq 6,6$ olan 1 olay bu toplamın %98 kadarını üretmektedir. Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 7d). Ortanca bekleme süresi 4,5 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değer in onda birinden kısa 693 aralık ölçülmüştür (26.917 aralıkta); bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (1.802,6) altındadır; kısa aralık fazlası yoktur.

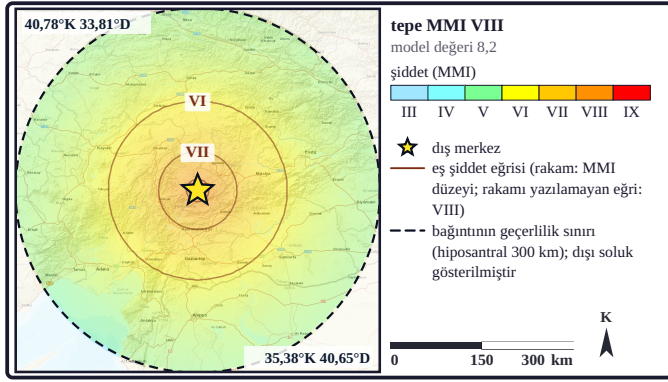
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT, ENERJİ VE GERİLME DÜŞÜMÜ (DEVAM)

Duyarlılık olarak erken artçı zonu (çalışma olayına uzaklıkların %90 yüzdeliği; ilk 2 gün) üzerinden alınan $R = 76,3$ km yarıçaplı dairesel çatlak (Eshelby, 1957) $\Delta\sigma \approx 0,45$ MPa ($n = 1.065$ olay) vermektedir; artçı zonu kaynak yarıçapı olmadığından bu değer benimsenen kestirim değildir.

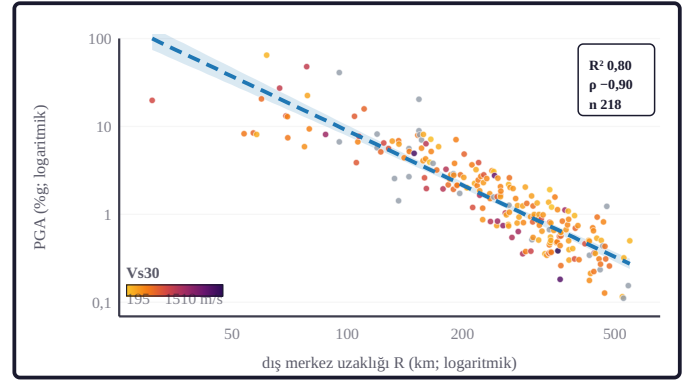
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrultu/eğim/kayma açılarıyla $264^\circ/46^\circ/-9^\circ$ (NP1) ve $0^\circ/83^\circ/-136^\circ$ (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü M_w 7,70'tir. Moment tensörünün asal eksenlerinin (P, T, B) dalımları (35° , 24° , 46°) Frohlich ve Apperson (1992) eşiklerinin ($B > 60^\circ$, $P > 60^\circ$, $T > 50^\circ$) hiçbirini aşmadığından mekanizma tek bir faylanma sınıfına atanmamıştır. Kayma açılarına göre kaymanın doğrultu boyunca bileşeni NP1 düzleminde %99, NP2 düzleminde %72 düzeyindedir; kayma iki düzlemde de ağırlıkla doğrultu atımlıdır. GCMT deviatorik moment tensörünün lune ayrışımı %DC = 56,1, %CLVD = -43,9 vermektedir ($\gamma = 12,0^\circ$; %ISO = 0 ve $\delta = 0$ değerleri ölçüm değil, GCMT çözümünün deviatorik kısıtı gereğidir). Olayın %CLVD| değeri bölgesel mekanizma kümesindeki 34 çözümün %79 yüzdeliğinde olup dağılımın üst çeyreğindedir, ancak bu çalışmanın belirginlik eşliğinin (%90 yüzdelik) altında kalmaktadır (kümenin ortalanca %DC değeri 74,6); tensör bileşenlerinin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından CLVD payı kaynak karmaşıklığı olarak yorumlanmamıştır. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (± 180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden $\pm 1,2^\circ$; katalogun bütün dönemi, çözüm yılları 1986–2023; $n = 50$; ortalama uyumsuzluk $39,8^\circ$) en büyük yatay sıkışma yönünü $SH_{max} = 23^\circ$ (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: $17\text{--}32^\circ$) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı $R = 0,43$ (0,23–0,71). SH_{max} değeri bir yön sonucudur; ortalama uyumsuzluk tek-tensör varsayımının sınırını (35°) aştığından Anderson rejimi kısıtlanamamıştır.

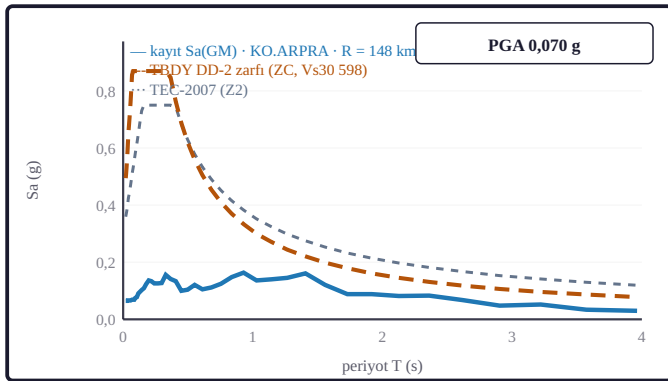
YER HAREKETİ VE ETKİ · GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



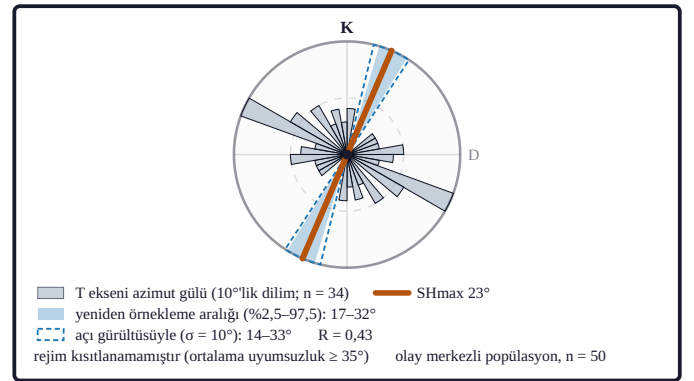
Şekil 8a. Harita modellenmiş makrosismik şiddet (MMI) alanını gösterir; yıldız dış merkezdir; kesikli çember bağıntının geçerlilik sınırını (şiddet-azalış bağıntısı: Allen vd., 2012).



Şekil 8b. 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 azalmasını 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: $\log \text{PGA} = a + b \cdot \log R$ 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 (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 8c. 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 aştığı periyot bandı, o periyoda denk yapı stoğu için tasarım düzeyinin aşıldığı banittir (TBDY 2018 tasarım spektrumu; kayıt: FDSN ham ivme).



Şekil 8d. Çekinceli çözüm: SHmax = 23°; 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 SHmax 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 gürlüğü de eklenerek yinelenen tersininin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin T eksenini (uzama) azimut güllüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayıyı kareköküyle orantılı); kümede salt çoğunlukta bir sınıf bulunmadığından P eksenini güllü çizilmemiştir. İç kesikli çember yarı ölçek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejantıdır (SHmax yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).

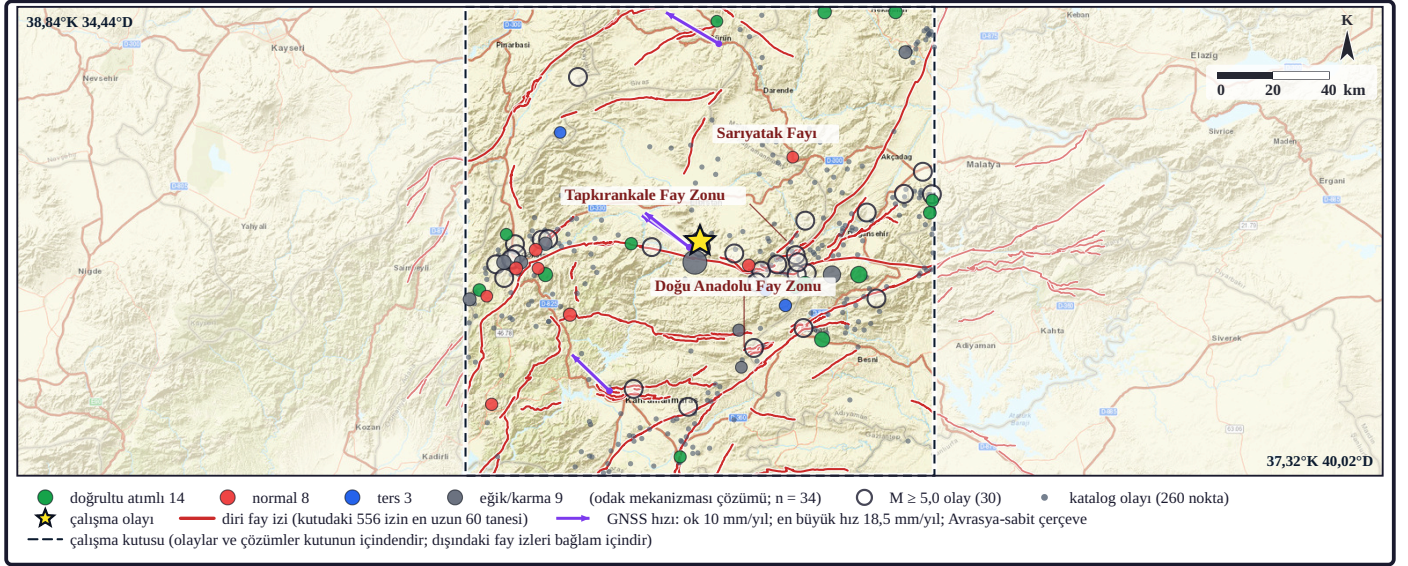
Şekil 8a-8d: Model şiddet alanı, şiddet-azalış bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 8,2) düzeyindedir (Şekil 8a ve 8c). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur. Uydurmaya 218 aletsel kayıt girmiştir; topluluk (hissedilirlik) noktaları ayrı simgeyle çizilmiş, uydurmaya dâhil edilmemiştir (Şekil 8b). Belirtme katsayısı $R^2 = 0,80$, artık kareköt ortalaması 0,24 logaritmik birimdir. Sıralamaya dayalı Spearman korelasyonu $\rho = -0,90$; bu ölçüt aykırı değerlere dayanıklıdır ve doğrusallıktan bağımsız olarak azalma eğiliminin tekdüzeliğini sınar. İstasyonların %88,5'inde kayma dalgası hızı eşleştirilebilmiştir; renk kodlaması bu alt kümeye dayanır ve aynı uzaklıkta yumuşak zeminin 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.

Gürlütlü yeniden örneklemede kullanılan 10° açı gürlütlü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürlütlü aralık bu varsayıma bağlıdır (Şekil 8d). Azalış ilişkisi karşılaştırması Tablo 7'de verilmiştir.

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

Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Ortalama uyumsuzluk (39,8°), 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 TEKTONİK ÇERÇEVE



Şekil 9. 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 çalışmada olayın 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 9: Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri ve 4 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 9). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Yayınlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A6'da verilmiştir.

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

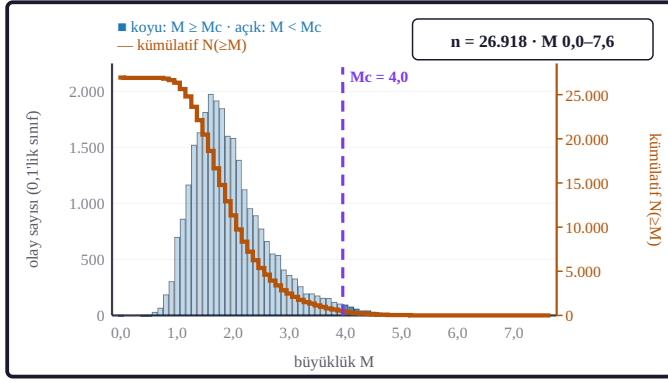
Bölgesel mekanizma kümesinin (aynı dönem; $n = 34$) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı $> 60^\circ$ doğrultu atımlı, $P > 60^\circ$ normal, $T > 50^\circ$ ters; geri kalanı eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 14 doğrultu atımlı, 8 normal, 3 ters ve 9 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf doğrultu atımlı faylanmadır: 34 çözümün 14'ü (%41) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı $17-71^\circ$ 'dir; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay-zaman pencereleriyle ayrılan 9 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralığın alt sınırı (%17) bu çalışmanın baskın sınıf nitelemesi için aradığı işletimsel eşik (%70) altında kaldığından küme tek sınıflı olarak nitelenmemiştir. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 22 doğrultu atımlı, 9 normal ve 3 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 dahilimlerini 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, 240 km yarıçapta ve $M_w \geq 4,0$ eşliğinde 31 çözüm bulunmuştur; 5 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 25 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 17'si dizinin 86 km yarıçaplı Gardner-Knopoff uzay penceresi içindedir; dairenin dışında kalan 14 çözüm çalışma olayından önceki $M_w 5,01$ çözümdür (dış merkeze 126 km); çalışma olayından önceki $M_w 4,86$ çözümdür (dış merkeze 198 km); çalışma olayından önceki $M_w 4,89$ çözümdür (dış merkeze 173 km); çalışma olayından önceki $M_w 7,78$ çözümdür (dış merkeze 96 km); çalışma olayından önceki $M_w 6,78$ çözümdür (dış merkeze 103 km); olaydan sonraki $M_w 5,37$ çözümdür (dış merkeze 91 km); olaydan sonraki $M_w 5,43$ çözümdür (dış merkeze 124 km); olaydan sonraki $M_w 5,37$ çözümdür (dış merkeze 118 km); olaydan sonraki $M_w 4,80$ çözümdür (dış merkeze 134 km); olaydan sonraki $M_w 5,07$ çözümdür (dış merkeze 108 km); olaydan sonraki $M_w 6,34$ çözümdür (dış merkeze 236 km); olaydan sonraki $M_w 5,27$ çözümdür (dış merkeze 93 km); olaydan sonraki $M_w 4,89$ çözümdür (dış merkeze 170 km); olaydan sonraki $M_w 4,82$ çözümdür (dış merkeze 181 km). Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 13 doğrultu atımlı, 8 eğik/karma, 7 normal, 3 ters çözüm biçimindedir. Mekanizmaların haritalı ana faya dik uzaklığı 0,2–14,4 km aralığında olup ortancası 5,5 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 ($n = 50$) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle mekanizma karışımı 19 doğrultu atımlı, 13 normal, 4 ters ve 14 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı $192,2 \times 102,2$ km boyutundadır (uzun $\times$ kısa eksen); olayların %95'i 4,2–18,6 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 bulutunun uzun eksen 75° doğrultusundadır (%95 güven aralığı $74-76^\circ$); uzama oranı 1,65'tir ($n = 20.593$). İzleyen olay kümesinin yatay boyutu en az $159,9 \times 107,6$ km olarak ölçülmüştür (seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınır). İzleyen olaylar dış merkez çevresinde 84 km yarıçaplı daireyle seçilmiştir ve bulut bu sınıra dayanmaktadır (dış merkeze uzaklıkların %90 yüzdeliği 80 km, en uzak izleyen olay 84 km); bu nedenle izleyen olay bulutunun boyut ve uzama ölçüleri seçim yarıçapıyla sınırlıdır ve bulutun gerçek yayılımı için alt sınır olarak okunmalıdır, izleyen olayların sentroidi de yalnız seçim dairesinin içindeki izleyen olaylardan hesaplanmıştır. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bulut ölçüleri çalışma olayının kendi artçılarına özgülenemez ve bu çekinceyle okunmalıdır. Aynı bulutun %95 kovaryans elipsinin yarı eksenleri 120,8 ve 73,3 km'dir (elips, konumların kovaryansından Gauss dağılımı varsayımıyla hesaplanan bir ölçektir; izleyen olayların %95'ini içeren bir sınır değildir ve büyük yarı eksen seçim yarıçapını aşmaktadır); yön ve uzama ölçüleri, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci moment ölçüsünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekilidir. Çalışma olayı ile izleyen olayların sentroidi arasındaki öteleme 13,1 km olarak ölçülmüştür (oran 0,11; azimut 195°); izleyen olaylar dış merkez merkezli seçim dairesiyle seçildiğinden ve bulut bu sınıra dayandığından sentroid dış merkeze doğru yanlıdır ve bu oranla kırılmanın tek ya da çift taraflılığı hükmüne bağlanmamıştır. İzleyen olay uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP1 olup doğrultu farkı $9,1^\circ$ 'dir; izleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bu yakınlık düzlem seçiminde kanıt sayılmamıştır. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri $I(NP1) = 0,561$ ve $I(NP2) = 0,992$ olup aradaki fark 0,431 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 eşik üzerinde; bu ölçüte göre kırık düzlemi adayı NP2'dir. Çalışma olayının Gardner-Knopoff kümesi (12 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda ($n = 38$) $I(NP1) = 0,537$ ve $I(NP2) = 0,993$ bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır. Düğüm düzlemi seçimine ilişkin kanıtlar iki ayrı türdendir ve aynı düzlemi göstermemektedir. Geometriye dayanan kanıtlar NP1 düzlemine yakındır: artçı bulutunun uzanımı (doğrultu farkı 9°) ve dış merkeze en yakın fay izinin doğrultusu (6,2 km uzaklıkta, 102° ; doğrultu farkı 18°).

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 10a. Pencere kataloğunun tamamında tamlık büyüklüğü $M_c = 4,0$ olarak benimsenmiştir (b-kararlılığı ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %96,2 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı çalışma olayıdır ($M_w 7,6$). Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen); turuncu eğri kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi pencere kataloğunun tamamının tamlık büyüklüğüdür; olay sonrası dönemin b değeri bu çizgiyle değil, o dönemin kendi tamlık eşiğiyle ($M_c = 3,9$) kestirilmiştir. Çizginin altındaki sınıflar açık dolguludur (tam katalog, $n = 26.918$).

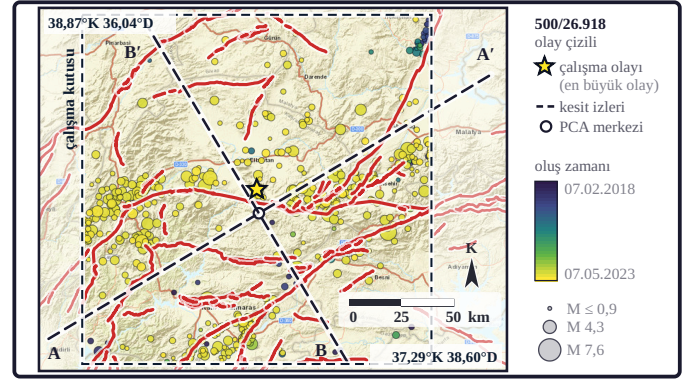
Şekil 10a ve 10b: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sınırlar (Şekil 10a). M_c altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırıdır: küçük olaylar meydana gelmiş ancak yeterli istasyonda kaydedilemedikleri için katalogta yer almamıştır. Tüm büyüklük-frekans istatistikleri yalnız M_c üstü örneklemle kurulmuştur; eşik altı veriyi katmak b değerini sistematik olarak düşürürdü. Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değişimi sismosite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzyon ayırımı yapılmamıştır (Şekil 10b). Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 8'de verilmiştir.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI (DEVAM)

Gerilme alanına dayanan ölçüt (fay kararsızlık ölçütü) NP2 düzlemini öne çıkarmaktadır. Bu çalışmanın ölçüleri düzlem ikizliğini tek başına çözmemektedir; geometri kanıtları ile gerilme ölçütlerinin ayrışması, kırılan düzlemin bu gerilme alanında en elverişli yönelimli düzlem olmayabileceğiyle bağdaşır.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, 84 km yarıçaplı Gardner-Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 20.668 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü $M 5,9$ büyüklüğündedir. Çalışma olayı, kendisinden önce kaydedilen ve kendisinden büyük bir depremin uzay-zaman penceresi içindedir: 06.02.2023 tarihli $M_w 7,7$ (çalışma olayından 0,4 gün önce, dış merkezine 91 km uzaklıkta; 84 km yarıçaplı izleyen olay sayım alanının dışında). Aradaki süre bu çalışmanın süren dizi ölçütünü (30 gün) aşmadığından bu deprem süren dizinin öncülü sayılmıştır; çalışma olayı bu dizinin en büyük olayı değildir. Dizi sınıflaması yalnız çalışma olayını ve onu izleyen kayıtları kapsadığından ve öncülleri saymadığından bu raporda uygulanmamıştır. Sayım çemberindeki moment payı, 84 km yarıçaplı izleyen olay sayım dairesinde çalışma olayının zamanından olay sonrası gözlemin sonuna kadar kaydedilen olayların toplam sismik momentle kurulmuştur (çalışma olayından önce 0, sonra 20.593 kayıt; öbür kayıtların momentleri katalog büyüklüğünden, moment büyüklüğü sayılarak): çalışma olayı bu toplamın %99 kadarını taşımaktadır. $M_w 7,7$ depremi bu dairenin dışında kaldığından momentleri toplama girmemiştir; bu nedenle değer süren dizinin moment payı değildir. Süren dizinin payı, $M_w 7,7$ depreminin kendi uzay-zaman penceresinde (190 km yarıçaplı) aynı zaman aralığında kaydedilen olaylarla kurulduğunda en çok %50 kadardır; pencere çalışma kutusunun dışına taştığından payda eksik kalan moment bu payı yalnız büyütebileceğinden değer bir üst sınırdır. Omori-Utsu sönüm parametreleri bu dizi için raporlanmamıştır: gözlem süresi ($T = 90$ gün) kestirilen c değerinin (9,30 gün) yalnız 9,7 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, tamlık eşiğinin üzerindeki ($M \geq 1,9$) 10.720 izleyen olay ile kurulmuştur. Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı $\Delta M = 1,7$ olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri $M 7,6$ ve $M 5,9$); Båth yasası (Båth, 1965) bir dizinin en büyük olayı ile en büyük artçısı arasındaki farkı tanımladığından ve çalışma olayının öncülleri bulunduğundan bu fark yasayla karşılaştırılmamıştır.



Şekil 10b. Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 4'teki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).

Aynı dizi için büyüklük-frekans (Gutenberg-Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi $M^* \approx 8,0$ 'dır (kestirimde kullanılan $b = 0,66$; 84 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 1,9$ olan 10.720 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b, dizi penceresindeki izleyen olaylardan kestirilmiştir ve bölgesel sismosite bölümünde verilen olay sonrası b ile aynı çekinceyi taşır: çalışma olayını izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (tamlık eşiği çalışma olayını izleyen ilk pencerede 4,6'dır ve 3,9 değerine çalışma olayından 3,2 saat sonra inmektedir) b aşağı yanlı olabilir; b küçüldükçe M^* büyüdüğünden kestirim yukarı yanlı olabilir: ilk 3,2 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde ($b = 1,20$, olay sonrası dönemin ikinci b kestiriminden; $M \geq 3,9$ olan 366 izleyen olay) $M^* \approx 6,0$ 'dır ve aynı alt listede gözlenen en büyük izleyen olay $M 5,4$ 'tür.

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 11,8 km derinlikte ve 75×69 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi yayımlanmış sonlu fay kayma modelinden (USGS NEIC) alınmıştır (doğrultu/eğim/kayma $276^\circ/80^\circ/4^\circ$; $L = 80,0$ km, $W = 30,0$ km). Gözlemsel sinama olarak ΔCFS her izleyen olayın kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 18.502 izleyen olayın 5855 tanesi (%32) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 12228 tanesi (%66) -0,1 bar altındaki gölge alanında, 419 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 2091 izleyen olay bu sayımın dışında tutulmuştur. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden sinamanın sayımları çalışma olayının kendi artçılarında 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 %23 olarak ölçülmüştür (45/195); izleyen olay payı ile boş model payı arasındaki fark 8,6 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı 2,1 ile 14,0 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfır içermediğinden izleyen olayların yükleme alanındaki payı boş modelin üzerindedir. İzleyen olay konum belirsizliği bu sayımlara yayılmıştır; sınıflar katalog hiposantrlarına göredir ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve mertbe betimlemesi olarak okunmalıdır. 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. Fay kararsızlık ölçütü NP2 düğüm düzlemini ($0^\circ/83^\circ/-136^\circ$) öne çıkarmaktadır; kaynak geometrisi yayımlanmış kırık çözümünden alındığından alan o düzlem üzerine kurulmamıştır. İzgaranın %94 kadarında $|\Delta CFS|$, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır.

Düğüm değerlerinin ortancası $-0,53$ bar, $\%5-95$ aralığı -13 ile $1,2$ bar arası, $\%1-99$ aralığı -81 ile $6,6$ 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: maksaslama gerilmesi değişimi $\Delta\tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta\sigma_n$ ($\Delta\sigma_n = \Delta\tau + \mu' \Delta\sigma_n$). İki panel aynı kadraj 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 1.221 düğümde oran artışı ($\beta > 2$), 0 düğümde sismik gölge ($\beta < -2$) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiil gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı $E \geq 1$ olan 1.236 düğüm değerlendirilmiştir; $n = 26.918$). Bu sayımlar tekil düğüm eşiğine göre: 1.236 düğüm birlikte sınıadığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 28 düğümün eşiği yalnız şans eseri aşması beklenir; düğümler örtüşen toplama yarıçapları nedeniyle bağımsız da değildir. Tekil düğüm sayısı bu nedenle tek başına anlamlılık kanıtı sayılmamıştır. Model loblarıyla örtüşme kanıt niteliğindedir, öngörü değildir.

BÖLGESEL SİSMİSİTE VE TARİHSEL BAĞLAM

Olay öncesi dönemin b değeri raporlanmamıştır: uydurulan üstel yasa dağılımın üst kuyruğunu betimlememektir ($M \geq 3,5$ için yasadan beklenen olay sayısı $108,7$ iken katalogda 162 olay bulunmaktadır; binom olasılığı $< 0,001$, bu çalışmanın işletimsel eşiği $0,01$). Gerekecekteki raporlanmayan çözümlerler çizelgesinde verilmiştir. Olay sonrası dönemin b değeri, çalışma kutusundaki kayıtlardan ve kendi tamlık eşiğiyle ayrıca kestirilmiştir: $M_c = 3,9$ üzerinde $b = 1,07 \pm 0,18$ ($N = 456$); çalışma olayını izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (zamana göre 50 olaylık kayan pencerelerle ölçülen tamlık eşiği çalışma olayını izleyen ilk pencerede $4,6$ 'dır ve olay sonrası dönem için benimsenen eşiğe çalışma olayından $3,2$ saat sonra inmektedir) tek eşikle kurulan bu değer aşağı yanı olabilir ve çekinceyle verilmiştir. İlk $3,2$ saat dışlanarak kurulan ikinci kestirim $b = 1,20 \pm 0,09$ vermektedir ($M_c = 3,9$; $N = 387$). Tarihsel eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta $M \geq 6,0$ (4 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca $5,0 \leq M < 6,0$ (1 kayıt); toplam 5 kayıt. Yakın kuşaktaki $M \geq 5,0$ kayıtların sayısı 2 'dir; bunların 1 'i $M \geq 6,0$ büyüklüğündedir ve ilk ölçütte sayılmıştır. Derlemedeki en büyük olay 2023 yılında, dış merkeze 91 km uzaklıkta gerçekleşen $M 7,7$ depremidir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1905 $M 6,8$ (124 km); 2023 $M 6,6$ (92 km); 1986 $M 6,0$ (46 km); 1986 $M 5,8$ (54 km). Derlemenin dış merkeze en yakın kaydı $05.05.1986$ tarihli $M 6,0$ depremidir (46 km). Gardner–Knopoff uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış bağımsız $M \geq 7,6$ olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce 1 kez gözlenmiştir (123 yıllık gözlem süresi). Bağımsız olayların ortalama yinelenme aralığının $\%95$ güven aralığı $22-4.900$ yıldır (kesin Poisson sınırları: Garwood, 1936). Kataloğun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi kataloğun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca $M \geq 7,6$ için tam varsayılmıştır; varsayım sınınamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde 84 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşiğinde ($M \geq 1,9$) 10.763 olay kaydedilmiştir; bu sayı $119,6$ 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 1.064 olay içermektedir; bu dönemin oranı $0,58$ olay/gün düzeyindedir. Oran katı 210 'dur ($\%95$ güven aralığı $190-220$); aralık, iki Poisson sayımı için kesin koşullu aralık (Clopper ve Pearson, 1934). Aralık, sayımların bağımsız Poisson olduğu varsayımına dayanır; ayrıştırılmamış (kümelenmiş) sayımlarda gerçek belirsizlik daha geniştir. Çalışma olayını izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (tamlık eşiği çalışma olayını izleyen ilk pencerede $4,6$ 'dır ve $3,9$ değerine çalışma olayından $3,2$ saat sonra inmektedir) olay sonrası sayım ve dolayısıyla oran katı alt sınırdır; güven aralığı bu eksikliği taşımaz. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı kesin Poisson aralığına göre arka planın üzerindedir ($1,6$ kat; $\%95$ güven aralığı $1,4-1,8$); aşırı yayılımı gözeten aylık taban sinaması ise bu farkı arka plan değişkenliğinden ayırt edememiştir, iki sinama ayrıştığından önceki yılın oranı yükselmiş sayılmamıştır; sinama yalnız anılan daireyi kapsar, çalışma kutusunun tamamı için yapılan dönem bölütlemesi başka bir alanı ölçer. Olay sonrası sayım öncüllerin sürmekte olan etkinliğini de içerdiğinden oran katı, çalışma olayının kendi dizisini bu etkinlikten ayırmaz. Pencere ve arka plan dönemlerinin b değerleri kıyaslanmamıştır: iki dönemin ortak tamlık eşiğinin ($M_c = 4,0$) üzerinde arka plan döneminde yalnız 12 olay bulunmaktadır ve bu sayı çalışmanın b kestirimi için aradığı alt sınırın ($N \geq 30$) altındadır.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk $\%10$ ve son $\%10$ olay (her dilimde 2.692 olay) arasında $55,4$ km yer değiştirmiştir (azimut 233° ; iki dilimin ortalama zamanları arasında $1.499,0$ gün; ortalama 37 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 231° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 2° '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 sınıanmıştır: kuzey–güney bileşeninde $r = -0,29$, $n_{\text{etkin}} = 239$ ile $|z| = 4,6$; doğu–batı bileşeninde $r = -0,285$, $n_{\text{etkin}} = 817$ ile $|z| = 8,4$. En büyük $|z|$ değeri $1,96$ eşiğini aştığından eğilim istatistiksel olarak sıfırdan ayrılmaktadır; bu ayrışma da pencerenin sonundaki dizinin katkısını içerir. Dönem yapısını belirlemek için katalog, parçalı sabit oranlı bir Poisson süreci olarak modellenmiş ve değişim noktası başına BIC (Bayesçi bilgi ölçütü) cezasıyla bölütlenmiştir; bölütleme, 26.918 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 6 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 350 gün, $2,7$ olay/gün; 104 gün, $9,1$ olay/gün; 1.371 gün, $1,8$ olay/gün; 14 gün, $457,0$ olay/gün; 33 gün, $278,6$ olay/gün; 43 gün, $158,9$ olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $4,60 \times 10^{20}$ N·m'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; çalışma olayı bu toplama $M_w 7,70$ moment tensörü büyüklüğüyle girmiştir; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı $\%98$ 'dir. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün $1,0$ birim altına kadar: $M \geq 6,6$) yalnız çalışma olayı bulunmaktadır; kalan 26.917 olay toplam nominal momentin $\%2$ kadarını taşımaktadır.

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

Şiddet-azalış bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VIII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği $7,0$ 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; yayımlanmış kırık geometrisinin boyu ($L = 80,0$ km) hesaba katılmadığından eş şiddet eğrileri dairedir ve model, kırığın dış merkezden uzak kesimlerinde şiddeti düşük kestirir. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 677 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) $9,1$ değerini vermektedir (USGS PAGER uyarı düzeyi: kırmızı). USGS ShakeMap model şiddeti MMI $9,0$ olup iki değer arasındaki fark $0,1$ birimdir; ShakeMap topluluk bildirimlerini gözlem olarak özümlediğinden bu uyum bağımsız bir doğrulama değildir. Bu çalışmanın şiddet-azalış modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI $8,2$) topluluk gözlemiyle bir birim içinde uyumludur. Topluluk şiddeti ve model şiddeti değerleri ürünlerin $23.08.2026$ $16:50:00$ UTC'deki durumuna aittir; bildirim sayısı ve şiddet değerleri sonraki güncellemelerle değişir. KO.ARPRA istasyonunun ($R = 148,2$ km, Malatya) ham ivme kaydından, sayaç değerleri kanal duyarlılığıyla fiziksel birime dönüştürülerek $\%5$ sönümlü elastik tepki spektrumu SDOF sayısal integrasyonuyla hesaplanmıştır. Yatay bileşenlerin geometrik ortalaması $T = 0,93$ s periyodunda $S_a = 0,16$ g tepe değerine ulaşmakta, zemin ivmesi $PGA = 0,070$ g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: KOERI). İstasyon zemin koşulu $V_{s30} = 598$ m/s olup TBDY-2018'e göre ZC sınıfındadır (TADAS istasyonu 4411 , $15,3$ km uzaklıkta; harita parametreleri $S_s = 0,716$, $S_1 = 0,206$, 475 yıllık $PGA = 0,304g$). TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, $SDS = 0,869g$, $SD1 = 0,309g$, $TA = 0,071$ s, $TB = 0,356$ s) ile kıyaslandığında KO.ARPRA kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok $0,73$ olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıta hiçbir periyot bandında aşılmamıştır. Kayıt ağının tamamı kullanıldığında yer hareketinin uzaklıkla azalışı doğrudan ölçülebilmektedir: 218 kuvvetli yer hareketi kaydına oturtulan $\log_{10}PGA = a + b \cdot \log_{10}R$ doğrusu $a = 5,06 \pm 0,17$, $b = -2,05 \pm 0,07$ vermekte, açıklanan değişkenlik $R^2 = 0,80$ olmaktadır (uzaklık aralığı $31-547$ km, $1,2$ onlu). Uzaklık–genlik ilişkisinin sıra korelasyonu Spearman $\rho = -0,90$ 'dır ($n = 218$, $p < 0,001$); negatif işaret uzaklık arttıkça ivmenin düştüğünü doğrular. Bu doğru bu olaya özgü gözlenen azalışıdır; yayımlanmış bir yer hareketi kestirim denklemi (GMPE) değildir ve başka olaylara uygulanamaz. Spektral karşılaştırma geçmiş yer hareketinin mühendislik değerlendirmesidir; yapısal karar için sahaya özel zemin etüdü esastır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

06.02.2023 tarihli Elbistan (Kahramanmaraş) depremi (Mw 7,6; odak derinliği 7,0 km, çözümde sabitlenmiş), Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı faylar Doğu Anadolu Fay Zonu'na bağlı bir fay parçası (6,2 km) ve Sarıyatak Fayı (25 km) olarak belirlenmiştir. GCMT moment tensörü çözümü ($M_0 = 4,526 \times 10^{20}$ N·m; Mw 7,70) NP1 düğüm düzlemi üzerinde sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %56 düzeyindedir. Yayınlanmış kayma modelinin boyutlarıyla ($L = 80,0$ km, $W = 30,0$ km) gerilme düşümü 4,0–8,0 MPa aralığında, üst kenar derinliği gözletildiğinde 4,0 MPa olarak kestirilmiştir. Artçı bulutu 75° doğrultusunda uzanmaktadır. Düğüm düzlemi kanıtları iki türdendir ve aynı düzlemi göstermemektedir: artçı bulutunun uzanımı (doğrultu farkı 9°) ve dış merkeze en yakın fay izinin doğrultusu (doğrultu farkı 18°) NP1 düzlemine yakındır; fay kararsızlık ölçütü ise NP2 düzlemini öne çıkarmaktadır. Düzlem ikizliği bu çalışmanın ölçüleriyle tek başına çözümlenmemektedir. Çalışma olayı, Mw 7,7 (0,4 gün önce, 91 km uzakta) depreminin uzay–zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. Bu değerlendirme mevcut katalog ve model varsayımlarıyla sınırlıdır ve deprem tahmini içermez; deprem tehlikesi iletişiminde 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 kestirimele doldurulmamıştır. Veri eksikliği nedeniyle kurulamayan çözümlemeler şunlardır: kosmik yatay yer değişimi karşılaştırması, kosmik düşey deformasyon alanı ve kayma modelinin yüzey izdüşümü, sonlu fay modelinin kayma dağılımı yerel arşivde bulunmadığından kurulamamış; dalga formu çözümlemesi ve bağımsız konum sınaması, üretim anında en yakın istasyonların üç bileşenli kayıtları veri merkezinden alınmadığından kurulamamıştır. Birleşik katalog dış kataloglarla olay düzeyinde karşılaştırılmamıştır; katalog alımında hiçbir kurum raporu bulunmayan olaylar sayımlara girmemiştir. İzleyen olay sayıları ve onlara dayanan oranlar bu nedenle alt sınır olarak okunmalıdır. Çözümlemelerin rapora girişi önceden tanımlı ölçütlerle belirlenmiştir: verisi bulunmayanlar yukarıda sayılmıştır (veri yeterliliği); aradığı büyüklük ya da geometri koşulunu sağlamayan (ölçek/geçerlilik), örnekleme ya da gözlem süresi bu çalışmanın alt sınırının altında kalan (istatistiksel güç) ve yöntemin kendi ölçütüyle güvenilir bulunmayan (yöntemin kendi güvenilirlik beyanı) 9 çözümleme raporlanmamış ve gerekçeleriyle birlikte ekte raporlanmayan çözümlemeler çizelgesinde listelenmiştir; örnekleme, belirsizliği ya da girdi verisi eşige yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlemeler şunlardır: kırılma direktivitesi, yinelenme aralığı (nadirlik), en yakın komşu kümelenme, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu, mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni), küme boyutu ve artçı dönemi b değeri. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlemelerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 26.918 kayıt üzerinden üretilmiştir. Kurum hiposantrali 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, NOA, NIEP, INGV); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil alt yazılarındadır. 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); NIEP, INGV kayıtları için doğrulanmış bir ağ/katalog künyesi bulunmadığından yalnız kurum adı verilmiştir. Pencere katalogunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerinde GSI kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayıt ISC-GEM katalogunda varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir.

Moment tensörleri Global CMT katalogundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Tepki spektrumunun ivme kaydı KO ağının (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971) KO.ARPA istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (4411, 15,3 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 türetilmiş 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: 16.10.2026). Konum haritasının (Şekil 1'in iç haritası) altlığı için sağlayıcının istediği atf: “Source: US National Park Service” (erişim: 16.10.2026). GNSS hız vektörleri Nevada Geodetic Laboratory'nin (NGL) MIDAS hız ürünündendir (Blewitt vd., 2016, 2018) (erişim: 16.10.2026). Kırık geometrisi USGS NEIC sonlu fay çözümünden (olay kimliği us6000jlqa), topluluk şiddeti verisi USGS “Did You Feel It?” ürününden ve model şiddeti USGS ShakeMap ürününden, uyarı düzeyi USGS PAGER ürününden alınmıştır (erişim: 16.10.2026). Levha sınırları sayısal levha sınırı modelindendir (Bird, 2003).

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, ISC, EMSC, USGS, GFZ, NOA, NIEP, INGV) ilgili kurumların kendi yayım ve kullanım koşullarına tabidir; bu çalışma ham katalog kayıtlarının yeniden dağıtımını yapmaz, yalnız türetilmiş 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 katalogunun 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 katalogundan türetilen 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 10:24:47	38,078°K	37,231°D	7,0	7,6	Mw	—	23.08.2026 16:08
USGS	06.02.2023 10:24:48	38,0106°K	37,1962°D	7,4	7,5	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:50
EMSC	06.02.2023 10:24:49	38,11°K	37,24°D	10,0	7,5	Mw	—	22.08.2026 18:58
GFZ	06.02.2023 10:24:49	38,048°K	37,285°D	10,6	7,6	Mw	—	22.08.2026 17:59
ISC	06.02.2023 10:24:48	38,0134°K	37,1833°D	8,3	7,7	Mw	gözden geçirilmiş	28.08.2026 10:34
INGV	06.02.2023 10:24:52	38,0918°K	37,2674°D	27,7	7,5	Mwpd	uzak ağ çözümü	25.08.2026 00:32
GSI	06.02.2023 10:24:51	38,272°K	37,875°D	40,0	7,1	Mws	uzak ağ çözümü	25.08.2026 02:34
NIEP	06.02.2023 10:24:53	38,3212°K	37,1319°D	10,0	7,3	ML	uzak ağ çözümü	24.08.2026 20:31

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 543593). 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. Benimsenen çözümün derinliği kurumca sabitlenmiştir. Değerler kurumun bildirdiği ondalıklıdır (“—”: alan kayıta yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 16.10.2026 08:44 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	192,2 × 102,2 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 26.918)
İzleyen olay bulutu (uzun × kısa; çekinceli)	en az 159,9 × 107,6 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · izleyen olay bulutu (n = 20.593) · seçim yarıçapıyla (84 km) sınırlı alt sınır
Derinlik bandı	4,2–18,6 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu ana eksen	75° (%95: 74–76°)	ana bileşen eksen · izleyen olay bulutu · uzama 1,65 (kovaryans elipsinin yarı eksen oranı; seçim yarıçapıyla sınırlı)
Kesit eksen (kutu yayılımının uzun eksen)	59°	ana bileşen eksen · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir

Tablo 4. 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.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	26.918	4.778
Oran (olay/gün)	14,06	2,62
Mc (dönemin kendi eşiği)	4,0	2,5
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	1.606 (%6)	2.151 (%45)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,84	1,18

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 4,0 ↔ 2,5); bu satırlardaki fark tamlık farkını da içerir.

Tablo 5. Statik Coulomb gerilme değişimi modelinin parametreleri, alan istatistikleri ve izleyen olay sınaması.

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	276°/80°/4°	düzlem: yayımlanmış sonlu fay kayma modeli (USGS NEIC)
Kırılma uzunluğu L	80,0 km	yayımlanmış sonlu fay kayma modeli (USGS NEIC)
Kırılma genişliği W	30,0 km	üst kenar 0,0 km, alt kenar 27,7 km derinlikte
Ortalama kayma ü	2,49 m	yayımlanmış kayma modelinin ortalaması
Sürtünme katsayısı μ'	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	11,8 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	75 × 69	243 × 222 km
Ortanca Δ CFS	–0,53 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca $ \Delta$ CFS	0,75 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	–13 ile 1,2 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90'ı
%1–%99 aralığı	–81 ile 6,6 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
$ \Delta$ CFS > 0,1 bar olan ızgara düğümleri	%94	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	20.593	nokta hesabı · 2.091 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	5.855 / 12.228 / 419	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 18.502 · yük %32, gölge %66
Yük / gölge / yansız — boş model	45 / 148 / 2	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 195 · yük %23, gölge %76
— yalnız serbest derinlikli izleyen olaylar	2.753 / 6.887 / 276	kurum varsayımı derinlikler dışlandı · n = 9.916 · yük %28, gölge %69

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. Δ CFS = $\Delta\tau + \mu'\Delta\sigma_n$. Kaynak, yayımlanmış kayma modelinin yamalarından kurulmuştur. İzleyen olay sınaması nokta hesabıdır: Δ CFS 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 6. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 31 çözümünden Mw'ye göre en büyük 10 tanesi (arama penceresi: çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 240 km yarıçap, Mw ≥ 4,0).

Tarih (UTC)	Mw	Doğrultu/eğim/kayma (°)	Tip	Ana şoka göre zaman	Dış merkeze uzaklık (km)	Faya dik (km)
06.02.2023	7,78	51/70/−4	doğrultu atımlı	ana şoktan önce	95,6	7,1
06.02.2023	7,70	264/46/−9	eğik/karma	ana şok	7,7	1,0
06.02.2023	6,78	212/73/−13	doğrultu atımlı	ana şoktan önce	102,7	12,5
20.02.2023	6,34	226/42/−16	eğik/karma	ana şoktan sonra	236,4	7,8
07.02.2023	5,49	202/63/6	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)	ana şoktan sonra	56,2	4,9
08.02.2023	5,47	206/74/176	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	40,6	4,9
07.02.2023	5,43	326/45/163	eğik/karma	ana şoktan sonra	123,5	3,5
06.02.2023	5,37	167/34/−106	normal	ana şoktan sonra	91,2	0,7
07.02.2023	5,37	247/73/−16	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	117,6	5,5
27.02.2023	5,27	87/75/7	doğrultu atımlı	ana şoktan sonra	93,0	—

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: doğrultu atımlı 13, eğik/karma 8, normal 7, ters 3; çalışma olayına göre zaman dağılımı: çalışma olayından önce 5, çalışma olayı 1, çalışma olayından sonra 25 ("çalışma olayından önce" yalnız zaman konumudur; öncü deprem niteliyesi değildir). 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: dizi içi sayılan çözümlerin dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay penceresi içindedir (86 km); 17 çözüm dizi içinde, 14 çözüm dizi dışındadır (06.02.2023, 95,6 km; 06.02.2023, 102,7 km; 20.02.2023, 236,4 km; 07.02.2023, 123,5 km; 06.02.2023, 91,2 km; 07.02.2023, 117,6 km; 27.02.2023, 93,0 km). "eşiğe yakın": sınıfı belirleyen eksenin dalımı Frohlich ve Apperson (1992) sınıf eşliğinden en çok 5° ayrılır; bu atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır.

Tablo 7. Gözlenen yer hareketi azalımı: $\log_{10}PGA = a + b \cdot \log_{10}R$ (tek olay, en küçük kareler).

Kesişim a	5,06	± 0,17
Eğim b	−2,05	± 0,07
Açıklanan değişkenlik R ²	0,80	RMSE 0,24
Spearman ρ	−0,90	p < 0,001
Kayıt sayısı	218	
Uzaklık aralığı	31–547 km	1,2 onlu
PGA aralığı	0,11–64,65 %g	
Vs30 eşleşen istasyon	193	renk kodlaması bu alt kümede
Güven bandı	%95	t = 1,97

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

Tablo 8. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
AFAD	7,6	Mw
INGV	7,5	Mw _{pd}
USGS	7,5	Mw _{ww}
ISC	7,7	Mw
EMSC	7,5	Mw
GFZ	7,6	Mw
GCMT (moment)	7,7	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 5 kurum değeri 7,5–7,7 aralığındadır (en büyük fark 0,2). Öteki ölçek sınıflarındaki değer ayrı bir niceliktir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: INGV Mw_{pd} 7,5 (hızlı moment kestirimi; uzak ağ çözümü). Uzak ağ çözümleri (GSI Mws 7,1; NIEP ML 7,3) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi bu karşılaştırmaya da katılmamıştır. GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir.

EK A — ÇİZELGELER

Tablo A1. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlemeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Gutenberg–Richter büyüklük–sıklık dağılımı	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı $\geq 0,01 \cdot \text{mevcut} < 0,001$	Benimsenen b değeri, tamlik eşiği uyum iyiliği ya da b-kararlılığı ölçütüyle doğrulandığında ve eşik üstünde $N \geq 50$, görelî belirsizlik $\leq 0,15$ iken bulgu sayılır; $N \geq 30$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,25$ iken çekinceyle raporlanır, bunun altında raporlanmaz. 0,5 birim aralıklı büyüklük eşiklerinde üstel yasadan beklenen olay sayısı ile gözlenen olay sayısının binom olasılığının en küçüğü 0,01'in altındaysa da b raporlanmaz (işletimsel ölçütler). Kestirim en büyük olabilirlik bağıntısıyla (Aki, 1965) yapılmıştır; belirsizliğin kestirim yöntemi Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Bu olayda: büyüklük–frekans dağılımının kuyruğunun uydurulan üstel yasayla uyuşmaması ($M \geq 3,5$ için beklenen 108,7, gözlenen 162 olay; binom olasılığı $< 0,001$).
Omori–Utsu artçı sönümü	istatistiksel güç	$T/c \geq 10 \cdot \text{mevcut}$ 9,7	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıthyken ölçümdür. Uydurma en az 20 artçıyla kurulur; değerin bulgu olarak raporlanması için bu çalışmanın ölçütü $n \geq 50$, p'nin standart sapması $\leq 0,20$ ve gözlem süresinin c değerinin en az 10 katı olmasıdır (işletimsel ölçütler; en büyük olabilirlik kestirimi için Ogata, 1983; Utsu vd., 1995). Bu olayda: gözlem süresinin kısalığı ($T/c = 9,7 < 10$; $T = 90,00$ gün, $c = 9,30$ gün; p'nin standart sapması 0,05).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	$n \geq 6 \cdot \text{mevcut}$ 4	Gerinim hızı, üçgen köşelerindeki istasyonların yatay hız farklarından kenar uzunluğu değişimiyle hesaplanır; ağın kurulabilmesi için en az 6 istasyon gerekir ve alan, istasyonların seyrek olduğu kenarlarda zayıf kısıtlıdır. Bu olayda: üçgen ağı kuracak GNSS istasyonu sayısının yetersizliği ($n = 4 < 6$).
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 0,4°); doğrultu sayısal olarak kararsızdır.
Reasenberg–Jones artçı dizisi oranı	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Dizi oranı modeli (Reasenberg ve Jones, 1989) dizinin a, b, p ve c parametreleriyle kurulur; bu değerler dizinin kendisinden kestirilemediğinde oranın bu diziyi betimlemediği bu çalışmanın değerlendirilmesidir. Bu olayda: bağlı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p, c) bu dizide raporlanamaması.
Artçı zonu genişlemesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	zarf $<$ seçim yarıçapının %90 düzeyi · mevcut %98	Artçı zonu genişlemesi, artçı alanının logaritmik zamanla değişimi olarak ölçülür (Tajima ve Kanamori, 1985). Zarfın zaman kutularında yeterli örnekleme ($n \geq 50$) kurulması ve artçı seçiminin zarfı sınırlamaması bu çalışmanın işletimsel ölçütüdür: bulut seçim yarıçapına dayanıyorsa zarf o yarıçapın ötesine çıkamaz ve genişleme sınavamaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim yarıçapına dayanması (zarfın en büyük değeri 82 km; seçim yarıçapı 84 km) — zarf bu yarıçapın ötesine çıkamayacağından genişleme bu seçimle sınavamaz.
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 $p < 0,001$; ampirik sıra muhafızı $p = 0,050 \geq 0,05$; taban 19 kutu).
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzyif)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	$ \Delta AICc \geq 2 \cdot \text{mevcut} < 2$	$\Delta AICc < 2$ iken model seçimi yapılamaz; bu durumda modellerden birini seçilmiş gibi sunmak veriye dayanmaz. Bu olayda: doğrusal ve difüzyif modellerin bu veriyle ayırt edilememesi ($ \Delta AICc < 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.

Not: Eleme elle değil, önceden tanımlı kapılarla yapılmıştır: ölçek/geçerlilik (çözümlemenin aradığı büyüklük, genlik ya da geometri koşulu sağlanmamıştır), istatistiksel güç (örneklem ya da gözlem süresi bu çalışmanın raporlama eşiğinin altındadır) ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı (yöntemin kendi ölçütü sonucu güvenilir bulunmamıştır). Örneklemi ya da belirsizliği sınırdan kalan çözümlemeler elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır (çekince çizelgesi). Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A2. Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Kırılma direktivitesi	Direktivite, sonlu kırık gerektirir (McGuire vd., 2002); sentroid ötelenmesi konum belirsizliğini aşmalıdır. Bu olayda: artçıların dış merkez merkezli seçim dairesiyle seçilmesi ve bulutun bu sınıra dayanması (artçı uzaklıklarının %90 yüzdeliği 80 km; seçim yarıçapı 84 km) — sentroid dış merkeze doğru yanlı olduğundan ötelenme oranı kırılmanın tek ya da çift taraflılığı için hüküm vermez.
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve kataloğun tamlik döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; $n \geq 5$ iken nokta değer %95 aralığıyla, $1 \leq n < 5$ iken yalnız aralık, $n = 0$ iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlik dönemi saptanamadığında değer çekinceyle raporlanır. Bu olayda: eşik üstü bağımsız olay azlığı ($n = 1 < 5$; yalnız %95 aralığı verilebilir); tamlik başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
En yakın komşu kümelenme (Zaliapın)	Bu raporun işletimsel eşiği Mc üstü $n \geq 200$ ister; iki-kipli ayırım bu örneklem altında çözülmez. Kutuda kurulmadığında eşik kapsayan bölgesel katalogdan kalibre edilir (Zaliapın ve Ben-Zion, 2013a). Bu olayda: η dağılımında iki mod ayrışmadı (Ashman $D < 2$); eşik kanonik sabitten ($\log_{10}\eta^* = -5$) 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 ($39,8^\circ \geq 35^\circ$).
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (doğrultu atımlı; 14/34, %41) %95 Wilson (1927) aralığının (%17–71; 9 bağımsız küme) işletimsel %70 eşiğini içermesi.
Küme boyutu (artçı kümesinin $L \times W$ yayılımı)	Küme boyutu yalnız artçı kümesinden ($n \geq 20$; 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 84 km) — boyut ölçüleri seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınırdır.
Artçı dönemi b değeri	Dizi b değeri kendi tamlik eşiğinde kestirilir; bulgu için eşiğin doğrulanması, Mc üstü $N \geq 50$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,15$, çekinceli raporlama için $N \geq 30$ ve görelî belirsizlik $\leq 0,25$ aranır; üst kuyruk uyumunun binom olasılığı 0,01'in altındaysa raporlanmaz (işletimsel ölçüt). Çalışma olayını izleyen ilk saatlerde küçük olaylar kataloğa eksik girdiğinden tamlik 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 0,17 $> 0,15$; $N = 456$); çalışma olayını izleyen ilk saatlerde tamlik eşiğinin benimsenen eşiğin üzerinde olması (zamana göre 50 olaylık kayan pencerede ilk pencerenin eşiği Mc 4,6 $> 3,9$; eşik benimsenen değere çalışma olayından 3,2 saat sonra inmektedir) — tek eşikle kurulan b aşağı yanlı olabilir; ilk 3,2 saat dışlandığında $b = 1,20 \pm 0,09$ (Mc 3,9; $N = 387$).

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

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A3. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	11.02.2018 02:45:47	AFAD	38,712°K	38,013°D	ML 1,3
	11.02.2018 02:45:46	ISC (ISK)	38,532°K	38,124°D	ML 1,3
2	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
3	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
4	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
5	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
6	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
7	11.04.2018 18:09:56	AFAD	38,694°K	38,073°D	ML 2,7
	11.04.2018 18:09:56	ISC	38,703°K	38,086°D	ML 2,6
8	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
9	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
10	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
11	01.06.2018 02:41:35	AFAD	37,419°K	36,501°D	ML 2,3
	01.06.2018 02:41:34	ISC (ISK)	37,377°K	36,391°D	ML 2,4
12	21.06.2018 01:24:23	AFAD	38,678°K	38,142°D	ML 1,7
	21.06.2018 01:24:23	ISC	38,679°K	38,142°D	ML 1,7

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 648 · 20 km → 1291 · 40 km → 1787 · 70 km → 2049

Uzak ağ kayıtları ($M \geq 2,0$) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 79; eşi bulunamayan kayıt: 8; iki grup da katalogdan çıkarılmıştır. Eşleme ölçütü: $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km, $\Delta M -0,5$ ile +1,5 arası ve eş kaydın en az 2 kurumca bildirilmiş olması. Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 29.054 kayıttan çıkarılan 2.136 (çapraz-kaynak kopyası 2.049, uzak ağ kopyası 79, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 8); tekilleştirilmiş katalogda kalan 26.918 kayıt. İlk 6 kayıt listelenmiştir.

kopya	28.07.2018 03:00:46	GSI	37,60°K	37,97°D	MLv 3,5
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
kopya	25.03.2019 11:29:42	GSI	37,8743°K	37,3144°D	Mws 4,6
kopya	24.07.2019 21:03:22	GSI	37,39°K	36,32°D	ML 4,0
kopya	20.10.2022 17:13:56	GSI	38,715°K	36,567°D	Mws 4,0

Not: İki kayıt (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) 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 2.049 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği oradalıkla verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

Tablo A4. Derinlik ölçüleri — her satır kendi tanımıyla verilmiştir; derinlikler kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır).

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Derinlikli kayıt sayısı	26.918	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdellik · tüm kayıtlar (n = 26.918)
Ortanca derinlik (serbest)	7,3 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 13.407 (13.511 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	5,0–14,8 km	%5–95 yüzdellik
Derinlik bandı	4,2–18,6 km	%2,5–97,5 yüzdellik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 128,9 km arası	en sığ / en derin kayıt
Histogram tepesi	6–8 km	18.244 olay · 2 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %47	12.721/26.918 olay
Varsayılan sabit derinlikler	790 olay	0/5/10/33 km · n = 26.918

Tablo A5. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 572 izden (18 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 5 ad altında; haritalardaki iz envanteri ayrı bir birleştirmedir (kutuda 556 iz, bölge haritalarında en uzun 90 tanesi 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	6,2	257,4	4	SoD	—
Malatya Fayı	28,2	98,3	1	SoD	—
Sarız Fayı	—	76,1	1	SoD	—
Engizek Fay Zonu	33,3	59,2	1	T	40–50 K
Beyyurdu Fayı	—	43,1	1	SoD	—

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 ayrıç içinde): Doğu Anadolu Fay Zonu (771,7 km), Engizek Fay Zonu (135,8 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).

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

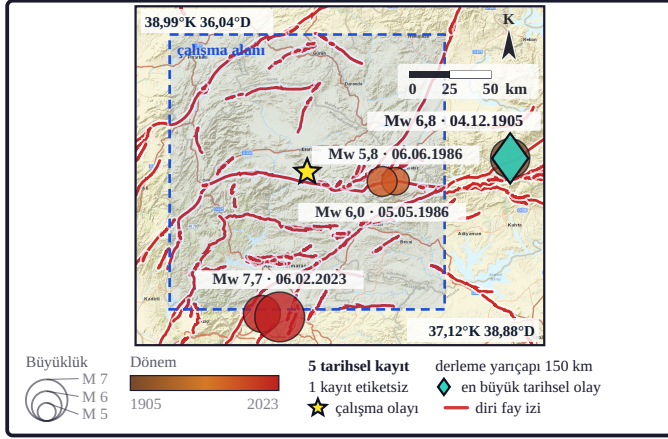
Tablo A6. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 34 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir.

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	06.02.2023	38,01	37,21	264	46	−9	7,70	eğik/karma
2	05.05.1986	37,97	37,77	260	54	9	6,03	eğik/karma
3	06.06.1986	37,97	37,88	160	90	180	5,80	doğrultu atımlı
4	07.02.2023	37,76	37,73	202	63	6	5,49	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
5	08.02.2023	37,94	37,66	206	74	176	5,47	doğrultu atımlı
6	23.03.2023	38,01	36,43	358	59	−148	5,32	eğik/karma
7	07.02.2023	37,97	36,60	221	65	−11	5,23	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
8	29.11.2015	38,82	37,74	338	72	161	5,11	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
9	08.02.2023	38,01	36,50	358	53	−148	5,08	eğik/karma
10	12.02.2023	38,82	38,03	224	77	−10	5,07	doğrultu atımlı
11	18.02.2023	38,07	36,60	342	56	−162	5,06	eğik/karma
12	03.03.2023	37,84	36,70	44	44	−62	5,01	normal
13	07.02.2023	37,93	37,62	200	76	−174	4,99	doğrultu atımlı
14	07.02.2023	37,99	36,48	234	41	−52	4,98	normal (eşiğe yakın)
15	10.02.2023	37,89	36,29	324	61	−164	4,97	eğik/karma (eşiğe yakın)
16	03.05.2023	38,05	36,56	28	34	−84	4,95	normal
17	25.03.2019	38,69	38,07	343	64	−157	4,93	eğik/karma (eşiğe yakın)
18	10.02.2023	38,17	38,17	72	79	10	4,91	doğrultu atımlı
19	05.05.2023	37,92	36,33	8	85	−180	4,87	doğrultu atımlı
20	08.02.2023	38,00	37,43	303	35	−54	4,86	normal

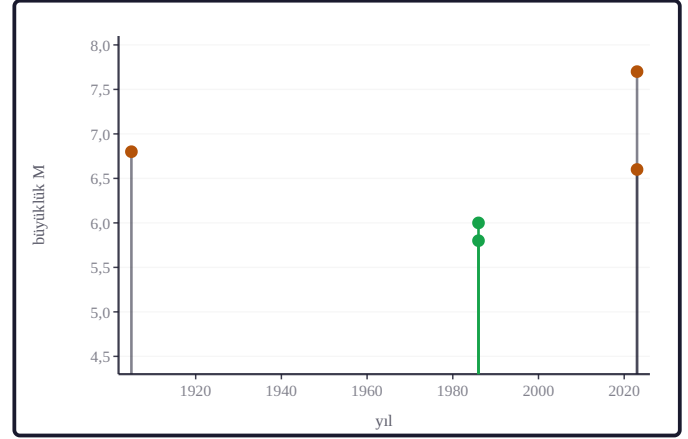
Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflarıdır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbiri sağlanmazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). Tüm 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 kaynaktır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 6,9 km ayrışır (06.06.1986); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 9 bağımsız küme (en büyük küme 25 çözüm).

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

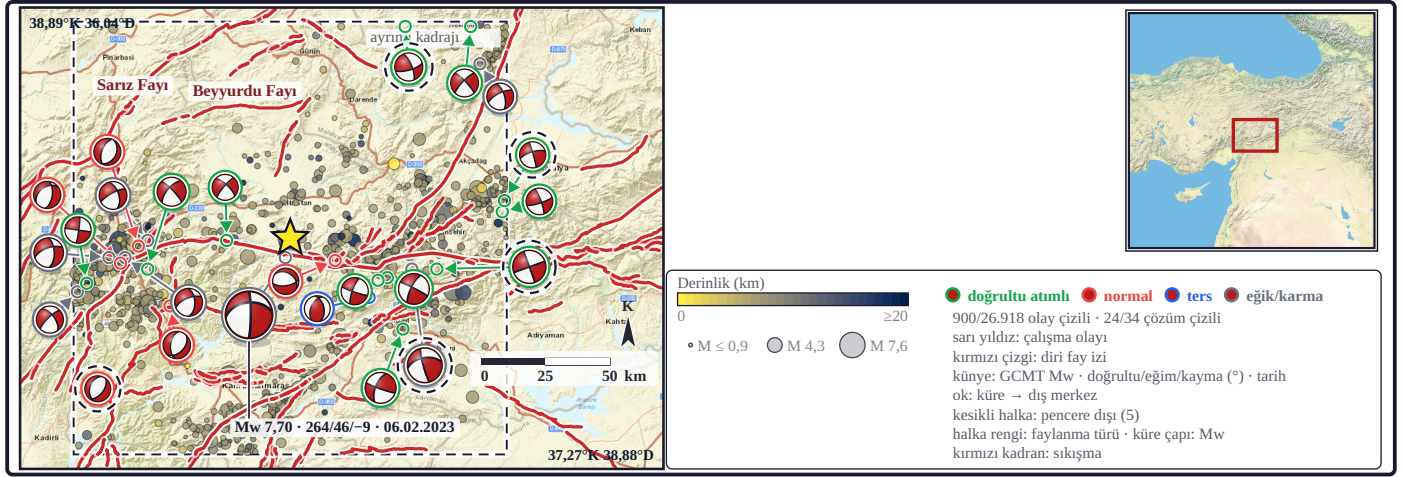
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 11a ve 11b'de, bölgesel odak mekanizması çerçevesi Şekil 11c'de verilmiştir. Tarihsel eşik üstü depremler Tablo B1'de verilmiştir.



Şekil 11a. Çalışma olayından önceki eşik üstü kayıtlarda daire çapı büyüklüğü, dolgu rengi oluş dönemini gösterir. Turkuaz elmas derlemenin en büyük kaydı, sarı yıldız çalışma olayıdır. Kayıt eşiği yakın kuşakta $M \geq 5$, bölge kuşağında $M \geq 6$ olarak alınmıştır. Mavi kesikli dikdörtgen çalışma alanıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; derleme yarıçapı 150 km, yakın kuşak 60 km).



Şekil 11b. Tarihsel eşik üstü depremlerin büyüklükleri yıllara göre çizilmiştir; yeşil yakın kuşak, turuncu bölge kuşağıdır (birleşik katalog, 1900 sonrası; büyüklükler, varsa ISC-GEM Mw: International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018).



Şekil 11c. Bölgesel odak mekanizması çerçevesi: harita, çevrede yayımlanmış çözümlerin Mw sırasıyla en büyüklüklerini gösterir; ötelenen küreler okla konumlarına bağlıdır. Küreler alt yarıküre izdüşümünde odak mekanizmalarıdır (kırmızı kadrans sıkışma). Mw sırasıyla en büyük 1 çözüm künyelidir (öbür 23 küre künyesizdir); künye çözümün moment büyüklüğünü (GCMT Mw), bir düğüm düzleminin doğrultu, eğim ve kayma açısını ve tarihini verir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikdörtgen ayrıntı haritasının kadrasıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [$n = 34$]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [$n = 50$]; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).

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

Tarih	Mw	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E ₀
06.02.2023†	7,7	9	91	$M \geq 6$, 150 km içinde	Pazarcık (Kahramanmaraş)	$\times 1,4$
04.12.1905◆	6,8	10	124	$M \geq 6$, 150 km içinde	Türkiye	$\times 0,063$
06.02.2023†	6,6	6	92	$M \geq 6$, 150 km içinde	Nurdağı (Gaziantep)	$\times 0,032$
05.05.1986	6,0	5	46	$M \geq 6$, 150 km içinde	Türkiye	$\times 0,0040$
06.06.1986	5,8	8	54	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	$\times 0,0020$

Not: Büyüklükler, kayıt ISC-GEM kataloğunda (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa birleşik katalogun temsilci değeridir; 1 kayıta değer ya da tür katalogdakinden ayrışır. Derleme, dış merkeze 60 km içindeki $M \geq 5$ ve 150 km içindeki $M \geq 6$ depremlerden oluşur (kutudaki 150 km'den uzak olaylar girmez); her kaydın ölçütü "Ölçüt" sütunundadır. 5 tekil kayıttan en büyük 5 olay listelenmiştir. Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkeze 84 km içinde) kapsadığı 26 eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 1 kaydın büyüklüğü yeniden değerlendirme ürünüdür ve kaynağa göre $\approx 0,3$ – $0,5$ birim ayrışabilir. E/E₀: ısınan enerjinin bu olayinkine oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt; † bu çalışmanın penceresi içinde, olay anından önce. 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: 16.10.2026)
- 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, 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
- Båth, 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
- 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., Öztürker, 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: 16.10.2026)
- 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: 16.10.2026)
- Jia, Z., Jin, Z., Marchandon, M., Ulrich, T., Gabriel, A.-A., Fan, W., Shearer, P., Zou, X., Rekoske, J., Bulut, F., Garagon, A. ve Fialko, Y. (2023) The complex dynamics of the 2023 Kahramanmaraş, Turkey, Mw 7.8–7.7 earthquake doublet. Science 381(6661), 985–990. doi:10.1126/science.ad10685
- 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
- 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
- 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
- Mathews, M. V. ve Reasenberg, 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
- Melgar, D., Taymaz, T., Ganas, A., Crowell, B., Öcalan, T., Kahraman, M., Tsironi, V., Yolsal-Çevikbıl, S., Valkaniotis, S., İrmak, T. S., Eken, T., Erman, C., Özkan, B., Dogan, A. H. ve Altuntaş, C. (2023) Sub- and super-shear ruptures during the 2023 Mw 7.8 and Mw 7.6 earthquake doublet in SE Türkiye. Seismica 2(3). doi:10.26443/seismica.v2i3.387
- 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 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
- 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/jpe.1952.31.115
- 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
- Reasenberg, 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
- 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
- Spearman, 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/jpe.1952.14.37
- 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/jpe.1952.43.1
- 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
- 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
- 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
- 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 · NOA · NIEP; moment tensörleri: GCMT).