

NURDAĞI (GAZİANTEP) DEPREMİ — Mw 6,6 · 06.02.2023

DEPREM TEKNİK RAPORU · OLAY RAPORU

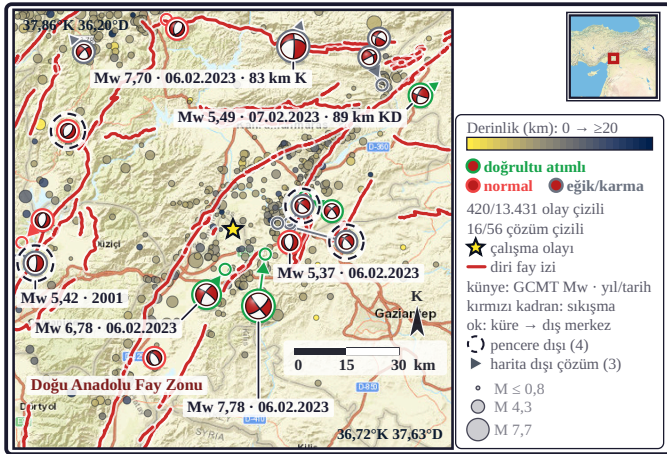
T. Batuhan BULGURLULAR · YAPI ZEMİN Deprem Teknik Raporları · 2026 · Olay: 06.02.2023

ÖZET — 06.02.2023 tarihinde Nurdağı (Gaziantep) çevresinde Mw 6,6 büyüklüğünde, 6,2 km odak derinlikli bir deprem meydana gelmiştir (37,2941°K, 36,9161°D). Çalışma olayı, Mw 7,7 (0,0 gün önce, 11 km uzakta) depreminin uzay–zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. Çalışma olayı, en erken öncülünden bu yana izleyen olay sayım alanından kaydedilen toplam sismik momentin %4 kadarını taşımaktadır. Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümü ($M_0 = 1,855 \times 10^{19}$ N·m; Mw 6,78) NP1 düğüm düzlemi üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde, $M_c = 1,8$ tamlık eşiğinin üzerinde $b = 0,92 \pm 0,04$ vermektedir ($N = 998$). Depremden sonraki 90 günlük olay oranı, 63 km yarıçaplı dairede ve ortak tamlık eşiğinde ($M \geq 2,0$), çalışma penceresinden önceki 5 yıllık arka plan oranının yaklaşık 48 katıdır (%95 güven aralığı 45–51; ilk saatlerdeki katalog eksikliği nedeniyle alt sınır); oran, süren dizinin birleşik etkinliğini ölçer. Kayıtların %44'ünün (5.916/13.431) derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir; bu değer derinlik çözilemeyip 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: Nurdağı (Gaziantep) depremi, Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi, deprem dizisi, moment tensörü, Gutenberg–Richter b-değeri, gerilme inversiyonu.

ABSTRACT — An earthquake of Mw 6.6 occurred near Nurdagi (Gaziantep) on 6 February 2023 at a focal depth of 6.2 km (37.2941°N, 36.9161°E). The study event falls within the space–time window of an earthquake of Mw 7.7 (0.0 days earlier, 11 km away); by this criterion it is not the largest event of an ongoing sequence. The study event carries 4% of the total seismic moment recorded within the aftershock-counting radius since the earliest precursor. The Global CMT (GCMT) moment-tensor solution ($M_0 = 1.855 \times 10^{19}$ N·m; Mw 6.78) corresponds to left-lateral strike slip with a normal component on nodal plane NP1 and to right-lateral strike slip with a normal component on NP2. Above the completeness magnitude $M_c = 1.8$, the frequency–magnitude distribution of the pre-event period gives $b = 0.92 \pm 0.04$ ($N = 998$). Within 63 km and at $M \geq 2.0$, the 90-day post-event rate is about 48 times the background rate (5-year pre-window period; 95% confidence interval 45–51; a lower bound given early incompleteness); the rate reflects the combined activity of the ongoing sequence. Of the records, 44% (5,916/13,431) 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: Nurdagi (Gaziantep) earthquake, East Anatolian Fault Zone and the 2023 Kahramanmaraş sequence, earthquake sequence, moment tensor, Gutenberg–Richter b-value, stress inversion.



Şekil 1. Harita 13.431 olaylık katalogdan 420 olayı gösterir; odak mekanizmaları 56 çözümlük bölgesel mekanizma kümesindedir. Gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır ($n = 53$). Daire rengi odak derinliğini, çapı büyüklüğü verir; kadranlı küreler odak mekanizması çözümleridir ve kırmızı kadranlı sıkışmadır. Sarı yıldız çalışma olayı, kırmızı çizgiler diri fay izleridir. Mw sırasıyla en büyük 6 çözüm künyelidir (öbür 10 küre künyesizdir); künye çözümün Global CMT (GCMT) kataloğundaki 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. Kenardaki küreler harita dışında kalan çözümlerdir: üçgen çözümün yönünü, künye çözümün GCMT konumunun kutu merkezine uzaklığını ve yönünü verir. Kesikli halkalı kürelerin tarihi çalışma penceresinin dışındadır (faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]; mekanizmalar: bölgesel mekanizma kümesi; katalog: AFAD · ISC · EMSC · GFZ · USGS).

GİRİŞ

Bu çalışma, 06.02.2023 tarihinde Nurdağı (Gaziantep) çevresinde meydana gelen Mw 6,6 depremini ve onu çevreleyen sismisiteyi olay merkezli bir pencerede incelemektedir (Şekil 1). İnceleme, 13.431 olaylık birleşik çok kaynaklı deprem kataloğuna ve olayın Global CMT (GCMT) moment tensörü çözümüne dayanmaktadır; raporlanan her çözümleme önceden tanımlı veri yeterliliği, ölçek/geçerlilik, istatistiksel güç ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı ölçütlerinden geçirilmiştir. Amaç, olayın kaynak parametrelerini, dizi istatistiğini ve bölgesel bağlamını ölçülen büyüklüklerle betimlemektir.

Tablo 1. Olay künyesi ve türetilmiş kaynak parametreleri.

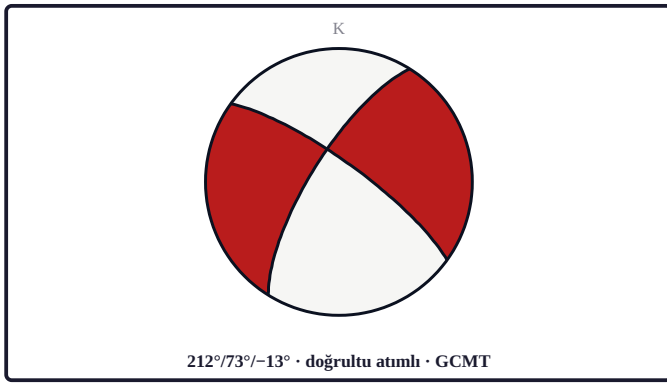
Nicelik	Değer	Kaynak / yöntem
Oluş zamanı (UTC)	06.02.2023 01:28:16	AFAD hiposantrı
Dış merkez	37,2941°K · 36,9161°D	AFAD hiposantrı
Odak derinliği	6,2 km	AFAD
Büyüklük	Mw 6,6	AFAD (hiposantrı veren kurum) ^a
Sismik moment M_0	$1,855 \times 10^{19}$ N·m	GCMT skaler moment · Mw 6,78
Nominal ısıran enerji E	$9,3 \times 10^{14}$ J	M_0 'dan · Kanamori (1977)
Konum belirsizliği, istasyon sayısı, azimut boşluğu	yok	AFAD yayımlamamıştır
Varış artığı (RMS)	0,21 s	AFAD bildirimi
b değeri	$0,92 \pm 0,04$	Aki (1965), en büyük olabilirlik ^b
Kutu yayılımı (%95)	$118,2 \times 116,4$ km	uzun × kısa eksen · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu yayılımı (%95; çekinceli)	en az $104,2 \times 71,6$ km	uzun × kısa eksen · izleyen olay bulutu · seçim yarıçapıyla (63 km) sınırlı alt sınır
Mekanizma (NP1)	$212^\circ/73^\circ/-13^\circ$	GCMT · doğrultu/eğim/kayma

Not: a) Büyüklük türü Mw: moment büyüklüğü; kurum hesap yöntemini bildirmemiştir. b) b değeri: çalışma olayı öncesi dönem; $M_c = 1,8$ (azami eğrilik), $N(\geq M_c) = 998$.

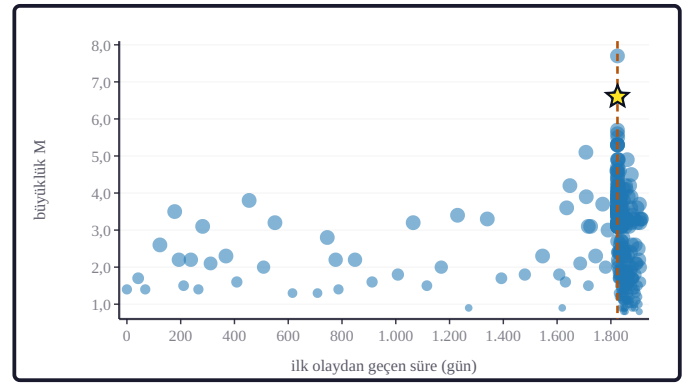
Olay künyesi ve temel parametreler Tablo 1'de, kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr Tablo 2'de verilmiştir.

TEKTONİK ÇERÇEVE

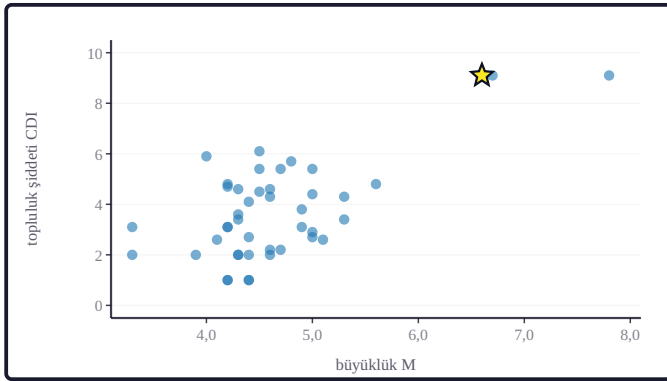
Çalışma alanı, Anadolu ve Arabistan levhaları arasındaki sol yönlü Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindedir; fayın geometrisi, segmentasyonu ve sıçrama yapıları jeolojik haritalama ile tanımlanmış (Duman ve Emre, 2013), güncel sismotektoniği ve segment kayma hızları aletsel sismolojik ve jeodezik verilerle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



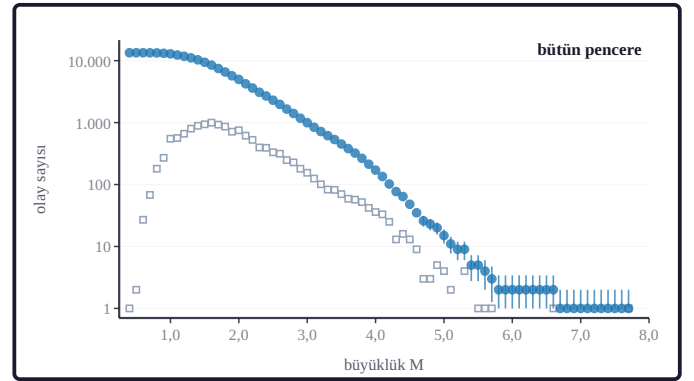
Şekil 2a. Odak mekanizması alt yarıküre eşit alan izdüşümüyle çizilmiştir; koyu kadranslar sıkışma kadranslarıdır.



Şekil 2b. Pencere kataloğu 13.431 olaydır (320 olay çizilidir); en büyük olay Mw 7,7 büyüklüğündedir (06.02.2023); çalışma olayı öncesi dönemde $M_c = 1,8$ üstünde 998 olay vardır. Büyüklük-zaman dağılımı: yatay eksen ilk olaydan geçen süre (gün), dikey eksen büyüklüktür. Her mavi daire bir olaydır ve daire çapı büyüklükle ölçektir; turuncu kesikli dikey çizgi ve yıldız çalışma olayını işaretler (seyreltme eşit adımlıdır; en büyük 10 olay her durumda çizilmiştir).



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



Şekil 2d. Çalışma olayı öncesi dönemde $M_c = 1,8$ (azami eğrilik + 0,2) üstündeki 998 olaydan $b = 0,92 \pm 0,04$ kestirilmiştir. Gutenberg-Richter büyüklük-frekans dağılımı: dolu daireler kümülatif sayımı $N(\geq M)$, açık gri kareler her büyüklük aralığındaki artımsal sayımı verir; ince dikey çubuklar $N \leq 30$ olan aralıklarda $\sqrt{N}$ Poisson belirsizliğidir. Çizilen dağılım bütün pencereye aittir; çalışma olayı öncesi dönemin uyum doğrusu bu nedenle çizilmemiştir (dağılım: Gutenberg ve Richter, 1944).

KULLANILAN BAĞINTILAR

(1) Sismik moment

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

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

(2) Işınan enerji

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

Gutenberg ve Richter (1956)

(3) Büyüklük-frekans

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

Gutenberg ve Richter (1944)

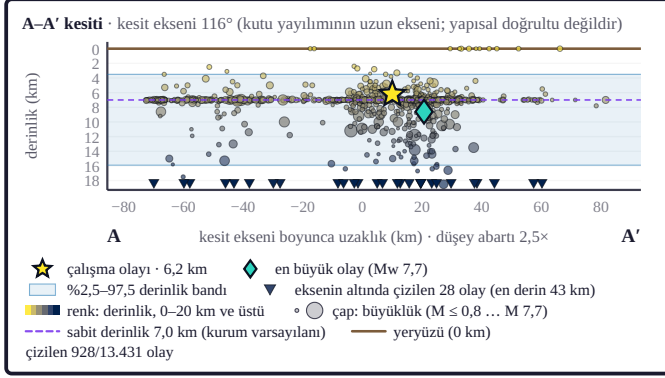
Şekil 2a–2d: Koyu kadranslar sıkışma, açık kadranslar genişleme kadranslarıdır; T eksen sıkışma kadransının, P eksen genişleme kadransının ortasında yer alır (Şekil 2a). Tam tensörün çift kuvvet payı %99'dur. Nokta kaynak (çift kuvvet) yaklaşımda iki düzlem dalga alanında özdeştir; büyük depremlerde 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 1,86, ortanca M 1,7'dir (tam katalog; Şekil 2b). Serimin düşey saçılımı büyüklük çeyreklerinden okunur: kayıtların dörtte biri M 1,4 altında, dörtte biri M 2,2 üstündedir ve çeyrekler arası açıklık 0,8 büyüklük birimidir. Serimdeki en küçük olaylar tamlık eşliğinin altında kalır; bu olayların zaman içinde seyrekleşmesi yalnız gerçek bir sakinleşmeden değil, ağ duyarlılığındaki değişimden de kaynaklanabilir; bu nedenle serim, eşik üstü alt kümeyle kurulan istatistiklerin yerine geçmez. Şekildeki bulut, bölgede DYFI kaydı bulunan 43 olayın bildirilen en büyük topluluk şiddetini (CDI) büyüklüğe karşı vermektedir; yıldız çalışma olayının kayıdır (Şekil 2c). Çalışma olayının topluluk şiddeti bölge bulutundaki en yüksek değerdir. CDI gönüllü çevrimiçi bildirimlerden derlenir ve yerleşim yoğunluğuna bağlıdır; aletsel şiddetin yerine geçmez. Pencerenin tamlığı tekdüze olmadığından tamlık eşliği ve b değeri çalışma olayı öncesi dönemden kestirilmiştir; çalışma olayını izleyen kayıtlar bu örneklem dışındadır (Şekil 2d). Çalışma olayı öncesi dönemde benimsenen tamlık eşliğinin üstünde gözlenen kümülatif dağılım, uydurulan üstel yasayla %93,0 oranında modellenmektedir (uyum iyiliği).

TEKTONİK ÇERÇEVE (DEVAM)

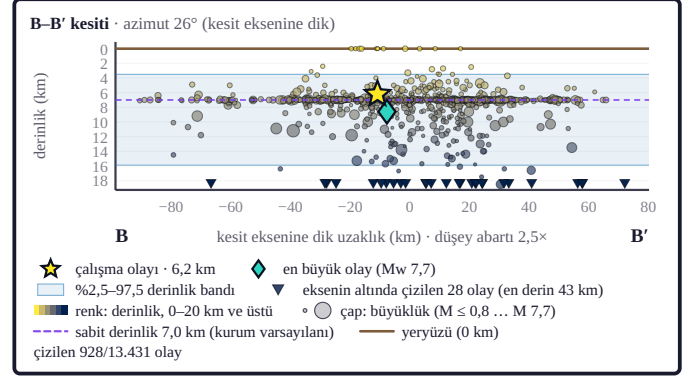
6 Şubat 2023 tarihinde bu zonda, dokuz saat arayla gerçekleşen Mw 7,8 Pazarcık ve Elbistan depremleri (ikincisi için Mw 7,7: GCMT ve Jia vd., 2023; Mw 7,6: Melgar vd., 2023) yüzlerce kilometrelik çok-segmentli kırılmalar üretmiştir; çiftin kırılma süreçleri ve karmaşık dinamiği sismik-jeodezik ters çözümlerle 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 (5,0 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Ölü Deniz Fay Zonu'na bağlı fay parçası (9,7 km; sol yönlü doğrultu atımlı), Bağbaşı Fayı (29 km). Kullanılan sayısal levha sınırı modelinde (Bird, 2003) dış merkeze en yakın sınır Anadolu-Arabistan levha sınırır ve 15 km uzaklıktadır; model sınırları, yayılı deformasyon kuşaklarında bir modelleme kabulüdür. Olay sığ odaklı ($h < 70$ km) bir depremdir (odak derinliği 6,2 km).

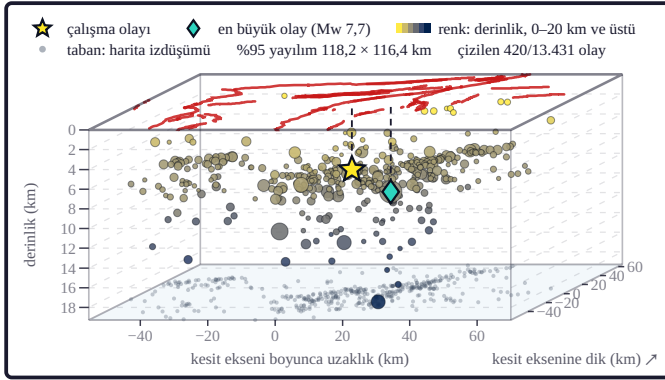
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI



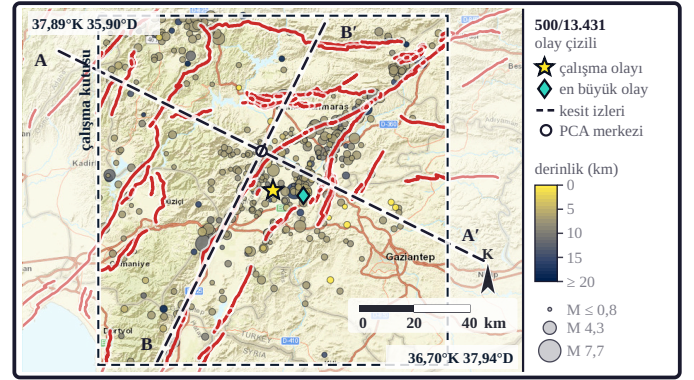
Şekil 3a. Olayların %95'i 3,5–15,9 km derinlik bandındadır; ortanca derinlik 7,0 km'dir (sabit atamalar dışlanınca 7,3 km). A–A' kesiti olayları kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini) boyunca uzanan düşey düzleme izdüşürür. Sarı yıldız çalışma olayıdır; daire rengi derinliği, çapı büyüklüğü 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 ekseniniyle çizilmiştir (izdüşüm: çalışma kutusundaki olayların çizim örnekleme; derinlikler katalog hiposantrlarıdır).



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



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 aynıdır. Üst yüzdeki kırmızı çizgiler diri fay izleridir; yıldızdan ve elmaştan üst yüz çıkkan kesikli çizgiler olayların yüzeydeki izdüşümünü gösterir (kabinet izdüşümü; üç eksen ayrı ölçeklidir; blok kenarları %95 yayılımın 1,06 katıdır).



Şekil 3d. Derinlik renkli harita 13.431 olaylık katalogdan 500 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).

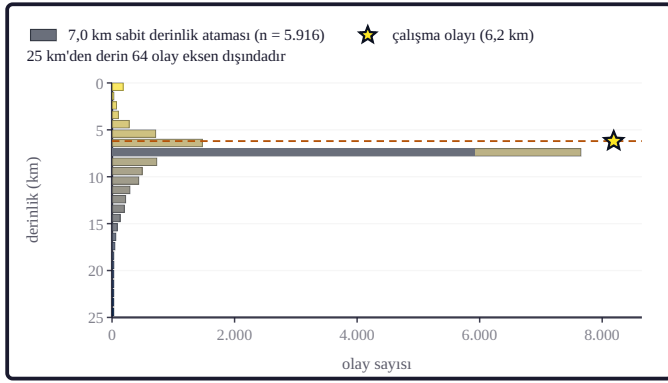
Şekil 3a–3d: A–A' kesiti, çalışma kutusundaki olayların ana eksen boyunca 116,4 km'lik (%95) yayılımını göstermektedir; kesitteki odakların derinlik bandı (%2,5–97,5) 3,5–15,9 km'dir (tam katalog ortancası 7,0 km; Şekil 3a). Derinlik eksenini katalog derinliklerine dayanır; derinlik geometrisi sabit derinlikli kayıtların payıyla birlikte okunmalıdır. Bulutun uzama oranı (uzun kenarının kısa kenarına oranı) 1,02, çalışma kutusunun en-boy oranı 1,00'dür; bulutun uzama oranı kadrajını belirgin biçimde aşmadığından (iki oranın oranı 1,02) ölçülen uzama büyük ölçüde kadrajın geometrisidir 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 0,11'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. Derinliğe göre renklendirilmiş dış merkez haritası, sığ ve derin etkinliğin mekânsal olarak ayrışıp ayrışmadığını gösterir; derinliği bilinen 13.431 kaydın 11.782 tanesi 10 km ve daha sığ, 1.649 tanesi daha derindir (tam katalog; Şekil 3d). Derinlik değerleri kurum çözümlerinden geldiği için bu okuma konum kalitesiyle sınırlıdır ve haritadaki renk, histogramdaki tepe ile birlikte okunmalıdır. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri Tablo 3'te, derinlik dağılımının ölçüleri Tablo A1'de, çalışma alanındaki adlandırılmış diri fay izleri Tablo A2'de verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM

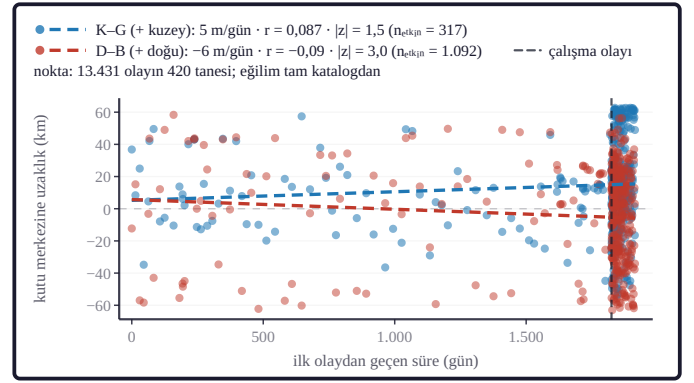
Katalog, olay merkezli kutuda 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde kaydedilmiş 13.431 olaydan oluşmaktadır (1.915 gün). Kayıtların kurum dağılımı: AFAD 11.879, ISC 1.471, EMSC 64, GFZ 10, USGS 7. Büyüklük türü dağılımı: ML 13.141, Mw 242, mb 38, türü belirtilmemiş 10. Çalışma alanı 126,2 × 126,1 km ($\approx 15.900 \text{ km}^2$) boyutundadır; alan, küresel yaklaşımla hesaplanmıştır (1° boylam = $111,32 \cdot \cos \varphi$ km; 1° enlem = 110,574 km; φ = kutu orta enlemi). Kutunun köşeleri $36,724^\circ\text{K}$ – $37,865^\circ\text{K}$ ve $36,203^\circ\text{D}$ – $37,628^\circ\text{D}$ koordinatlarındadır. Bu rapor, olaydan 1.300 gün sonra hazırlanmıştır; olay sonrası katalog verisi katalog penceresinin sonuna kadarki 90 güne 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 ayrı olaylara bölünmüştür. Bu onarım pencereye 1.531 olay eklemiştir; bunların 1.324'ü çalışma olayından sonradır ve en büyüğü 06.02.2023 08:52:38 UTC'de gerçekleşen ML 4,7 büyüklüğündeki olaydır (EMSC raporu). Çapraz-kaynak kopyaları (1) $\Delta t \leq 20 \text{ s}$, $\Delta \text{konum} \leq 63 \text{ km}$ ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5 \text{ s}$ ve $\Delta \text{konum} \leq 60 \text{ km}$ (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) ölçütüyle tekilleştirilmiş, 848 kayıt düşürülmüştür; çakışan kayıtlarda temsilci, kurum önceliği (yurt içinde ulusal ağ önce), moment büyüklüğü tercihi ve en yüksek büyüklük değeri sırasıyla seçilmiştir. Tüm istatistikler tekilleştirilmiş katalog üzerinde hesaplanmıştır.

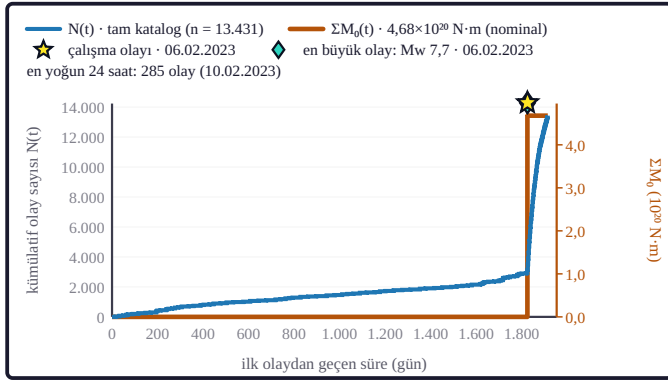
UZAMSAL GEOMETRİ VE DERİNLİK YAPISI (DEVAM) · ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME



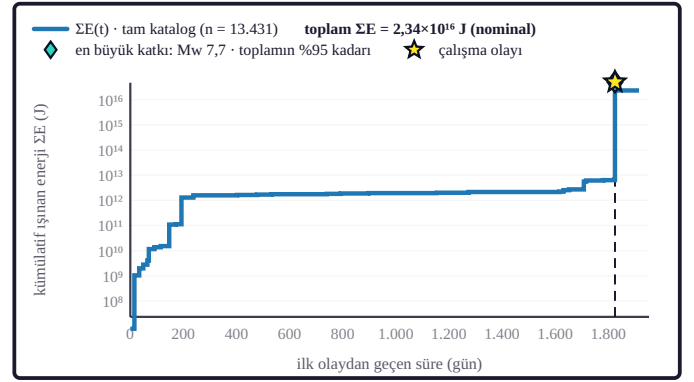
Şekil 4a. Tam katalogda derinlik değeri taşıyan 13.431 olayın %88'i ≤ 10 km derinliktedir. Sabit derinlik atamaları (7,0 km) ölçülmüş derinlik taşımaz. Hiposantr derinlik histogramı (tam katalog): çubuk rengi derinliği gösterir (sıf sarı, derin lacivert); koyu kesim sabit derinlik atamalarıdır; yıldız ve kesikli çizgi çalışma olayının derinliğidir.



Şekil 4b. 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 ölçekte olduğundan eğimleri doğrudan kıyaslanabilir. Kesikli doğrular her bileşenin en küçük kareler eğilimidir; eğim, Pearson korelasyon katsayısı ve etkin örneklem büyüklüğüyle hesaplanan Fisher z değeri lejantıdır. Düşey kesikli çizgi çalışma olayının anını işaretler.



Şekil 4c. Mavi eğri kümülatif olay sayısı $N(t)$, turuncu eğri kümülatif sismik moment $\Sigma M_0(t)$ değeridir. Sarı yıldız çalışma olayını, turkuaz elmas penceredeki en büyük olayı işaretler (M_0 ölçeği: Hanks ve Kanamori, 1979).



Şekil 4d. Mavi basamak eğrisi kümülatif ışıyan sismik enerjidir (ΣE , logaritmik eksen). Kesikli düşey çizgiler çalışma olayını ve en büyük tek katkısı işaretler (Gutenberg ve Richter, 1956 enerji bağıntısı).

Şekil 4a–4d: Derinlik histogramı, odakların derinlik kutularına nasıl dağıldığını gösterir (Şekil 4a). Derinliği bilinen 13.431 kaydın 11.782 tanesi (%88) 10 km ve daha sığ, kalanı daha derindedir (tam katalog). Histogramın en yüksek çubuğu 7.653 olayla 7–8 km aralığındadır; bu çubuktaki 5.916 kayıt 7,0 km sabit derinlik atamasıdır ve tepe ölçülmüş bir dağılım tepesi olarak okunmamalıdır. Dış merkez koordinatlarının zaman serisi, harita gösteriminde üst üste düşen olayları zaman ekseninde ayırır (Şekil 4b). Kuzey-güney ve doğu-batı bileşenleri kutu merkezine göre kilometre cinsinden aynı eksen verilmüş, eğilim doğrularının eğimi m/gün cinsinden yazılmıştır. Olaylar zaman ekseninde dengesiz dağılmıştır (pencerenin ilk yarısında 235, ikinci yarısında 1965 olay); bu dağılımda eğim birkaç uç olayın kaldıracıyla belirlenir ve korelasyon katsayısıyla birlikte okunmadan yorumlanmamalıdır. Kesikli düşey çizgi çalışma olayının anını işaretler. Kümülatif sayım ve moment eğrileri birlikte okunur (Şekil 4c). Pencere boyunca ortalama etkinlik oranı 7,0 olay/gün düzeyindedir; eğrideki dikleşmeler bu ortalamanın belirgin biçimde üzerine çıkan etkinlik ataklarını işaretler. Kümülatif ışıyan enerji basamakları, toplam boşalımın kaç olaya dağıldığını gösterir (Şekil 4d). Pencerede ışıyan toplam enerji $2,34 \times 10^{16}$ J'dür (nominal toplam; katalog büyüklüklerinden). Büyüklüğü $M \geq 6,7$ olan 2 olay bu toplamın %99,4 kadarını üretmektedir.

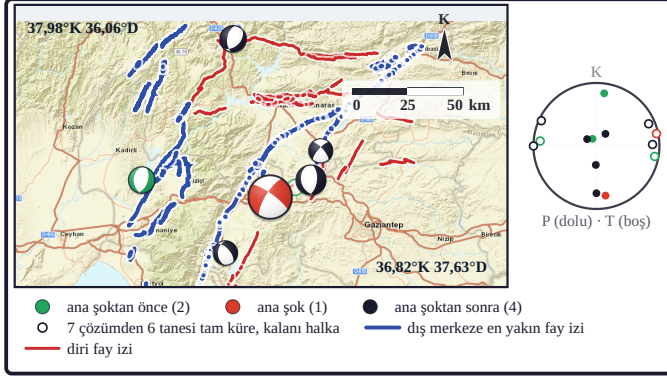
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Kendi hizmet bölgesi dışında kalan bölgesel ağların tek kaynaklı kayıtları (uzak ağ kayıtları; $M \geq 2,0$) ayrı bir kuralla ele alınmıştır: en az iki kurumun bildirdiği bir olayla (kurum sayısı olayın katalogdaki bütün satırlarından sayılır) $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km ve büyüklük farkı $-0,5$ ile $+1,5$ arasında eşleşen 39 kayıt o olayın kopyası sayılmış, eşi bu ölçütlerle bulunamayan 4 kayıt ise bağımsız bir olay olduğu doğrulanmadığından istatistiklere alınmamıştır. Böylece sorgudan dönen 14.322 kayıttan 891'i ayıklanmış ve çözümleme 13.431 olayla yapılmıştır.

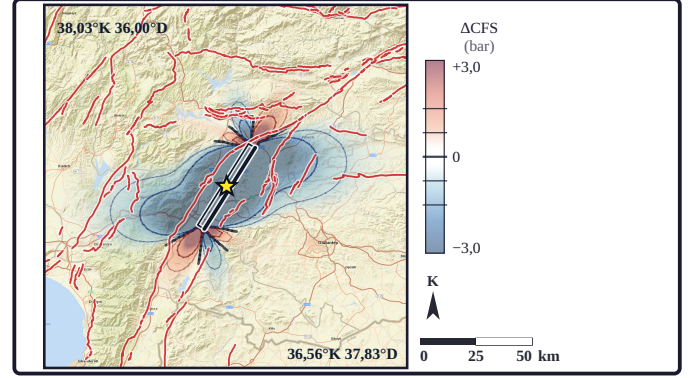
Bu çalışmada benimsenen büyüklük, hiposantrı veren kurumun (AFAD) kendi büyüklüğüdür: M_w 6,6 (moment büyüklüğü sınıfı). Öteki kurumların bildirdiği büyüklükler olay künyesi bölümünde karşılaştırılmıştır; farklı ölçeklerdeki değerler aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden tek bir yayılım istatistiğinde toplanmamıştır. Moment ve enerji toplamalarında büyüklük türleri arasında ampirik dönüşüm uygulanmamıştır: moment türü büyüklük taşıyan 242 kayıt gerçek sismik momentle, öteki 13.189 kayıt ise katalog büyüklüğü moment büyüklüğü sayılarak hesaplanan nominal değerle toplanmıştır; nominal toplam bu etiketle verilmiştir.

Koordinatlar WGS84 datumundadır; derinlikler deniz seviyesine göre pozitif aşağı verilmiştir ve kurum çözümlerinden olduğu gibi alınmıştır (topografyaya indirgeme yapılmamıştır). Konum kalitesi alanları — varış artışı RMS, azimut boşluğu, faz sayısı, yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ), en yakın istasyon uzaklığı — birleşik katalogta taşınmadığından katalog genelinde bir kalite filtresi uygulanamamıştır. Derinlik istatistikleri çözüm kalitesine bağlıdır: kayıtların %44'ünün derinliği 0,1 km'ye yuvarlandığında 7,0 km'dir (5.916/13.431); bu değer, derinlik çözilemeyecek sabitlendiğinde kurumun atadığı varsayılandır; yığın ve standart sabit derinlik (0/5/10/33 km) atamaları birlikte kayıtların %47'sini oluşturmaktadır (6.287/13.431); derinlik ortancası ve derinlik bandı bu yapay yığının etkisi altındadır. Derinliğe dayanan ölçüler (derinlik bandı, kesit geometrisi) bu çekinceyle verilmiştir. Hiposantr bulutuna düzlem uydurması raporlanmamıştır; gerekçesi ekteki raporlanmayan çözümlerle çizelgesindedir.

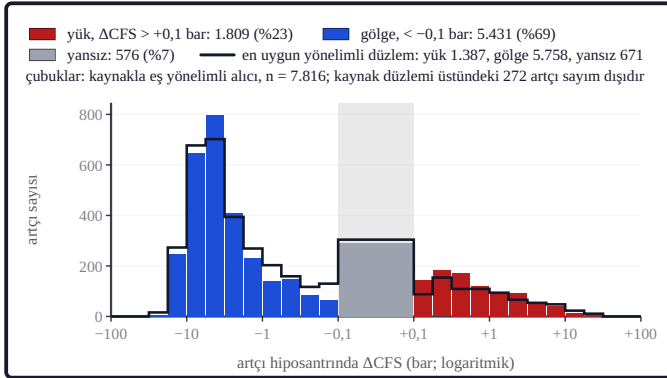
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI



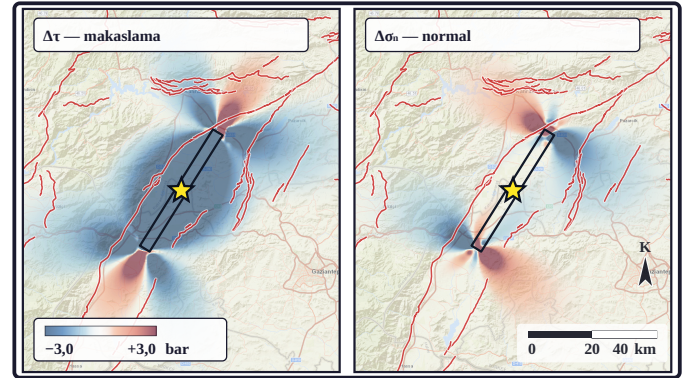
Şekil 5a. Arama penceresinin (çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 66 km yarıçap) odak mekanizması haritasında her odak küresi bir moment tensörü çözümüdür. Mw, çözümü yayımlayan kurumun moment tensörü büyüklüğüdür ve gövdedeki katalog büyüklüğünden farklı olabilir. Küre rengi çalışma olayına göre zamana (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; $\pm 3,0$ bar). Yıldız dış merkezdir; dörtgen kaynağın yüzey izdüşümüdür (kalın kenar üstte); 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; çizgi en uygun yönelimli düzlem için aynı dağılımdır (eşik 0,1 bar = 0,01 MPa: Hardebeck vd., 1998).



Şekil 5d. ΔCFS'in iki bileşeni ayrı panellerde gösterilmiştir: solda makaslama gerilmesi değişimi $\Delta\tau$, sağda fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta\sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta\tau + \mu' \Delta\sigma_n$). 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).

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). Çözümlerin Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle sınıf dağılımı 3 doğrultu atımlı, 4 normal çözümdür. ΔCFS haritasında kırmızı alanlar alıcı düzlemlerin kırılmaya yaklaştığı, mavi alanlar uzaklaştığı kesimlerdir (Şekil 5b). Nokta sınamasının histogramı, izleyen olayları kendi hiposantrlarındaki ΔCFS değerine göre yüklem, gölge ve yansız gruplarına ayırır (Şekil 5c). Alanın makaslama ve normal gerilme bileşenleri ayrı panellerde verilmiştir (Şekil 5d). Coulomb gerilme aktarımı sonuçları Tablo 4'te, mekanizma dizisi Tablo 5'te verilmiştir.

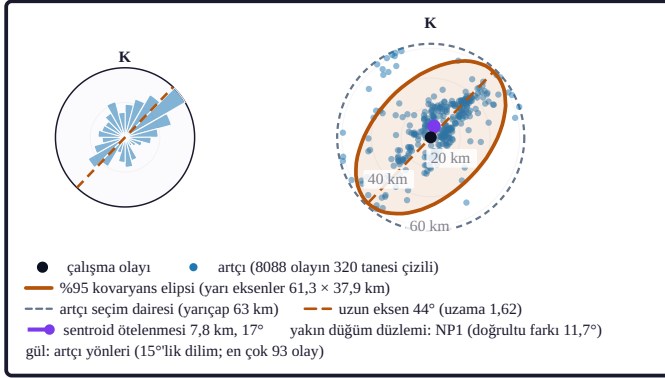
VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Tamlık büyüklüğü M_c , üç ölçütün verdiği eşiklerin en büyüğü olarak benimsenmiştir: azami eğrilik (+0,2 düzeltmeyle), uyum iyiliği (gözlenen dağılımın en az %90 oranında üstel yasayla modellenebildiği 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 belirlemiştir: $M_c = 2,0$. Pencere olay öncesi ve sonrası dönemlerde farklı tamlıkta olduğundan raporlanacak (birincil) b değeri olay öncesi dönemden kestirilir; bu dönemde eşik azami eğrilik ölçütü belirlemiştir: $M_c = 1,8$.

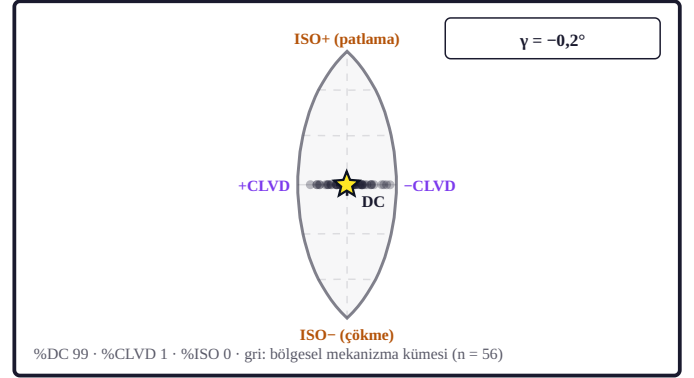
b-değeri bu eşik üzerinde olaylardan en büyük olasılık kestiricisiyle (Aki, 1965), eşik $M_c - \Delta M/2$ kutulama düzeltmesi (Utsu, 1966) uygulanarak hesaplanmıştır. Belirsizlik için 3 kestirim hesaplanmış (Shi ve Bolt, 1982: 0,033; Aki, 1965: 0,029; yeniden örnekleme: 0,038) ve en büyüğü olan yeniden örnekleme (bootstrap) değeri verilmiştir; yeniden örneklemede M_c ve b birlikte yeniden kestirilmiştir. Tamlık büyüklüğü ölçütlerinin sayısal eşikleri bu çalışmanın işletimsel seçimleridir. b değerinin raporlanması ayrıca büyüklük-frekans dağılımının üst kuyruğunda sınanmıştır: yasadın 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) katalogundan alınmıştır (Ekström vd., 2012). Gerilme tensörü inversiyonu Michael (1984) doğrusal yöntemi ve Vavryčuk (2014) kararsızlık ölçütüyle yinelemeli çözülmüştür ($\mu = 0,6$; 2 yineleme; belirsizlik 200 yeniden örnekleme %2,5–97,5 aralığıyla verilmiştir, yönün kısıtlanma düzeyi ise odak mekanizması açılına gürlütle eklenerek yinelenen yeniden örneklemeyle ayrıca sınanmıştır); SHmax doğrultusu Lund ve Townend (2007) türetimiyle, rejim sınıfı Anderson (1951) çerçevesi ve Dünya Gerilme Haritası kuralıyla (Zoback, 1992) verilmiştir.

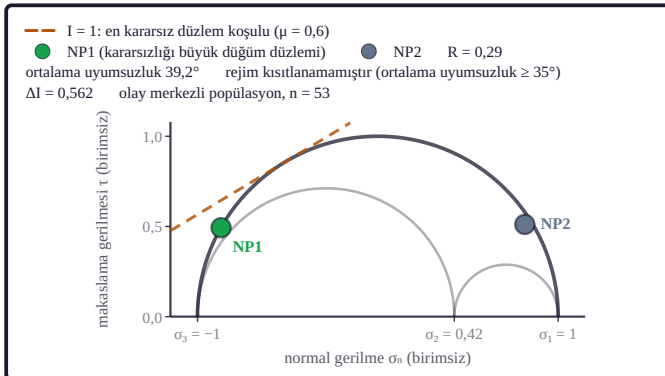
GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



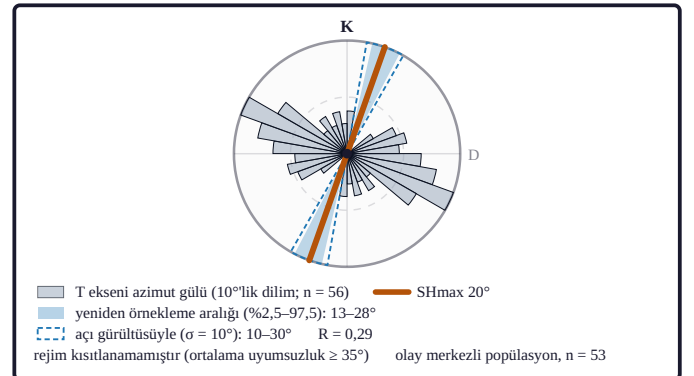
Şekil 6a. Çalışma olayı merkezli düzlemde izleyen olay bulutu (mavi) ve %95 kovaryans elipsi (turuncu) gösterilmiştir. Turuncu kesikli doğru elipsin uzun eksenidir, mor ok izleyen olayların sentroidinin çalışma olayına göre ötelenmesidir; gri çemberler çalışma olayına uzaklığı kilometre cinsinden ölççekler, gri kesikli çember izleyen olayların seçildiği dairedir. Bulut bu daireye dayandığından elips boyutları ve uzama oranı seçim yarıçapıyla sınırlıdır (gerçek değerler 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 düşüm düzlemi lejantıdır (telesismik ikinci moment ölçüsünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekili: McGuire vd., 2002).



Şekil 6b. 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 yüzdelere DC/CLVD/ISO ayrışımıdır (lune: Tape ve Tape, 2012; ayrışım: GCMT tensöründen).



Şekil 6c. Gerilme inversiyonunun normalleştirilmiş Mohr diyagramında yatay eksen normal gerilme σ_n , dikey eksen makaslama gerilmesi τ 'dur. Üç yarım çember asal gerilmelerle kurulan gerilme durumunu, turuncu kesikli doğru μ sürtünme katsayısıyla tanımlı en kararsız düzlem koşulunu (kararsızlık indeksi $I = 1$) gösterir; iki nokta çalışma olayının iki düşüm düzleminin (σ_n, τ) konumudur ve doğruya yakın olan düzlem bu gerilme alanında kaymaya daha yakındır. Şekil oranı R , ortalama kayma yönü uyumsuzluğu ve iki düzlemin kararsızlık farkı ΔI lejantıdır (Vavryčuk, 2014; kararsızlık ölçütü).



Şekil 6d. Çekinceli çözüm: $SH_{max} = 20^\circ$; rejim sınıfı kısıtlanamamıştır (uyumsuzluk 35° tek tensör sınırının üstünde; olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu). Kuzeyi yukarıda olan gül diyagramında turuncu çift uçlu eksen gerilme inversiyonundan bulunan SH_{max} azimutunu, mavi yelpaze bu azimutun %2,5–97,5 yüzdelik aralığını (eksenel olduğundan karşı ucuyla birlikte) gösterir. Kesikli mavi sınır, her mekanizmanın doğrultu, eğim ve kayma açısına $\sigma = 10^\circ$ 'lik rastgele gürültü de eklenerek yinelenen tersininin aynı yüzdelik aralığıdır (Vavryčuk, 2014). Gri sektörler bölgesel mekanizma kümesinin T eksenini (uzama) azimut gülüdür (10°'lik dilimler; yarıçap sayımın kareköküyle orantılı); kümede salt çoğunlukta bir sınıf bulunmadığından P eksenini gülü çizilmemiştir. İç kesikli çember yarı ölççek halkasıdır; şekil oranı R ve rejim sınıfı lejantıdır (SH_{max} yönü: Lund ve Townend, 2007; rejim sınıfı: Dünya Gerilme Haritası kuralı).

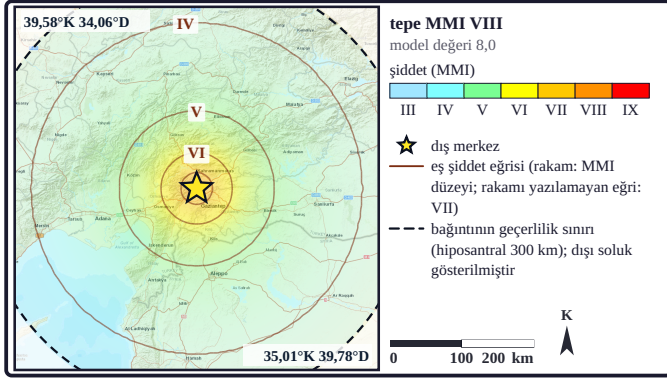
Şekil 6a–6d: İzleyen olay bulutu kovaryans elipsinin uzun eksenini boyunca uzamıştır; çalışma olayı izleyen olayların sentroidine yakın konumdadır (Şekil 6a). Elips ve sentroid ölçüleri izleyen olay bulutunun geometrisinden türetilmiş vekil niceliklerdir; dalga formlarından yapılmış bir yönlülük ölçümü değildir. Çift kuvvet payı %90'ın üzerindedir; kaynak, düzlemsel bir fay üzerindeki makaslama kınlanmasıyla uyumludur (Şekil 6b). Ayrışım kaynağın türünü betimler; büyüklük, hasar ya da izleyen etkinlik hakkında bilgi taşımaz. Gerilme inversiyonu çözümü çekincelidir; değerler çekinceli çözümlemeler çizelgesindeki gerekçeyle birlikte okunmalıdır (Şekil 6c). Gürültülü yeniden örneklemede kullanılan 10° açılı gürültüsü ölçülmüş değil varsayılmış bir mekanizma belirsizliğidir; tek tek çözümlerin belirsizlikleri bu çalışmanın veri kümesine alınmadığından (GCMT tensör bileşenlerinin standart hataları kullanılmamıştır) gürültülü aralık bu varsayımı bağlıdır (Şekil 6d).

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

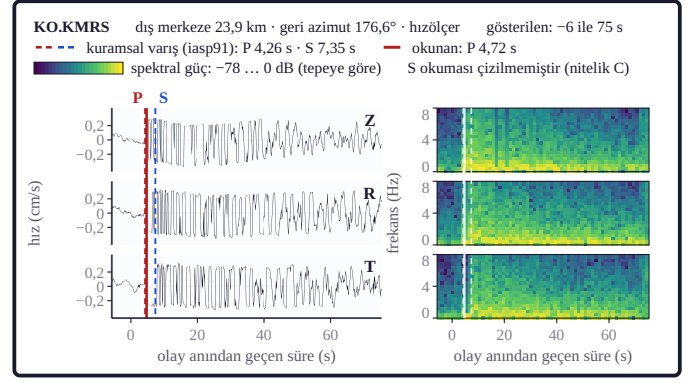
Çalışma olayının dizideki rolü öncül ölçütüyle belirlenmiştir: çalışma olayından önce kaydedilen ve büyüklüğü (bir ondalıkta) ondan küçük olmayan bir olay, çalışma olayı o olayın uzay–zaman penceresine düşüyorsa öncül sayılır. Pencere zamanda Gardner ve Knopoff (1974) zaman penceresidir; uzayda aynı çalışmanın uzay penceresi ile Wells ve Coppersmith (1994) yeraltı kırık boyu bağıntısından hesaplanan kırık boyunun 1,5 katından büyük olanıdır. Öncül ile çalışma olayı arasındaki süre 30 gün aşmıyorsa öncül süren dizinin parçası sayılır; bu durumda dizi sınıflaması uygulanmaz ve dizi moment payı, izleyen olay sayım alanında en erken öncülün zamanından başlayan kayıtlarla kurulur. Süre eşiği ve kırık 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 (4.136 kayıt), pencere istatistikleri bu tabanla kıyaslanmıştır.

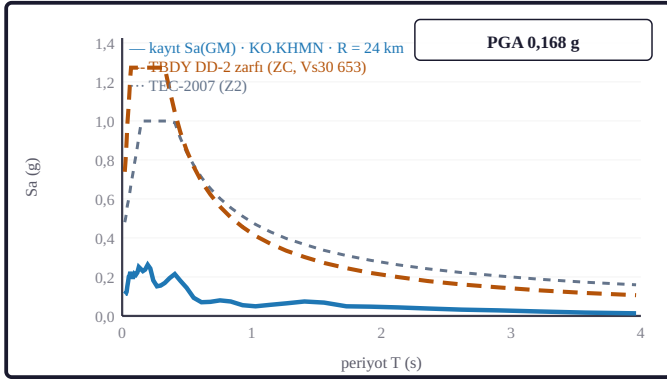
YER HAREKETİ VE ETKİ · GERİLME ALANI VE KAYNAK MEKANİZMALARI (DEVAM)



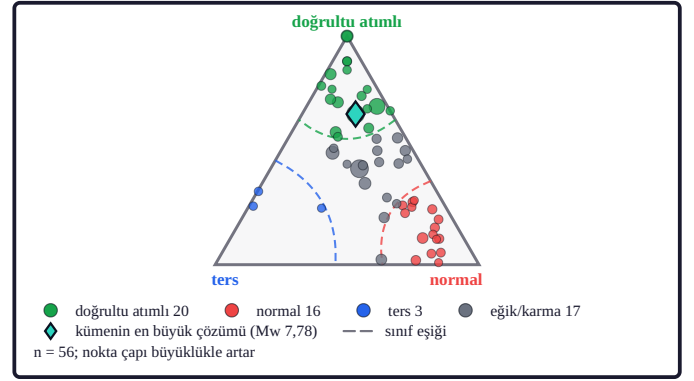
Şekil 7a. Harita modellenmiş makrosismik şiddet (MMI) alanını gösterir; yıldız dış merkezdir; kesikli çember bağıntının geçerlilik sınırını (şiddet-azalış bağıntısı: Allen vd., 2012).



Şekil 7b. Solda dalga formu, sağda Hann pencereli kısa zamanlı Fourier spektrogramı (pencere 2,56 s, %50 örtüşme) verilir; P ve S varışları işaretlidir. Şekil kaydın sinyal taşıyan bölümünü gösterir; aralık lejantttadır. Dalga formunda yatay eksen olay anından geçen süre (s), dikey eksen cm/s birimindedir ve bileşenler ortak ölçektir; spektrogramda dikey eksen frekans (Hz), renk tepeye göre dB'dir ve üç bileşen ortak renk ölçөгиндедир. Yatay bileşenler geri azimuta göre ışınsal (R) ve teğetsel (T) bileşene döndürülmüştür. Genlikler cihaz yanıtları giderilerek fiziksel birime çevrilmiştir. Kesikli dikey çizgiler kuramsal P ve S varışlarını, dolu çizgiler kayıttan okunan varışları gösterir. S okuması düşük nitelikli olduğundan çizilmemiştir (kayıt: KO ağı, KOERI veri merkezi, FDSN dataset; süzgeç: Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı, 0,025–8,0 Hz).



Şekil 7c. 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 noktali 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).



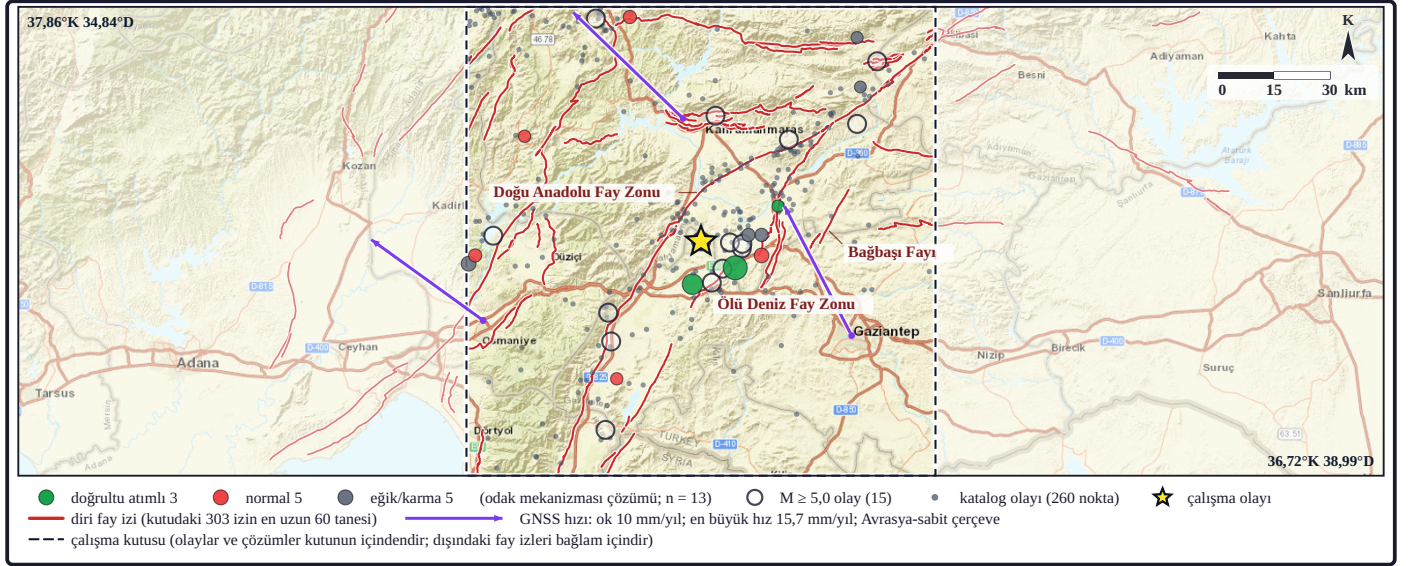
Şekil 7d. Çekinceli sayım: 56 çözümün %36'sı doğrultu atımlı sınıftadır (%95 Wilson aralığı %21–54; 28 bağımsız küme). Alt uç %70 baskınlık eşliğinin altında kaldığından tek sınıflı niteleme yapılmamıştır. Bağımsız kümeler Gardner–Knopoff pencereleriyle ayrılmıştır. Frohlich üçgeninde her nokta bir odak mekanizması çözümünün P, T ve B eksenlerinin dalım açılarından gnomonik izdüşümle 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 lejantttadır (Frohlich, 1992 gnomonik üçgeni; Frohlich ve Apperson, 1992 eşikleri; çözümler: Global CMT, Ekström vd., 2012).

Şekil 7a–7d: Model şiddet alanı, şiddet-azalış bağıntısının uzaklıkla düşen halkalarını harita üzerinde verir; dış merkez yakınında hesaplanan tepe şiddet MMI VIII (model değeri 8,0) düzeyindedir (Şekil 7a ve 7c). Model hesabına yerel zemin etkisi katılmamıştır; gözlenen şiddet dağılımı bu haritadan değil makrosismik verilerden okunur. Kayıta en büyük tepe genlik düşey bileşendedir; tepe genliğin düşey bileşendeki değere oranı ışınsal bileşende 1,0, teğetsel bileşende 0,9 olarak ölçülmüştür (Şekil 7b). Hiçbir eşığı aşmayan 17 çözüm üçgenin orta bölgesinde yer almakta ve eğik/karma sınıfına girmektedir (Şekil 7d). Bölgesel mekanizma kümesindeki çözümlerin büyüklükleri Mw 4,67–7,78 aralığındadır; en büyük çözüm doğrultu atımlı sınıftadır. Sınıf sayımı büyüklükten bağımsız olduğundan her çözüm sayıma eşit ağırlıkla girer; sayıca baskınlık ile moment baskınlığı ayrı niceliklerdir. Dalga formu kaydının künyesi Tablo 6'da verilmiştir.

VERİ VE YÖNTEM (DEVAM)

Diri fay verisi MTA TDFH-2026 (Türkiye Diri Fay Haritası) katmanından alınmıştır (Elmacı vd., 2026). Katmanın çalışma kutusuna düşen parçaları sürekli izlere birleştirilmiştir: kutuda 303 iz bulunmaktadır ve bölge haritalarında bunların en uzun 90'lı, tektonik haritada en uzun 60'lı çizilmiştir; fay çizelgesi için aynı adı taşıyan parçalar ayrıca 1 km toleransla uç uca birleştirilmiş, elde edilen 310 izin (7 farklı ad) en uzun 8'i 4 ad altında çizelgede listelenmiştir. Şekillerdeki harita kadrırları eş-dikdörtgen (equidistant cylindrical) izdüşümündedir: standart paralel kutunun orta enlemi olan 37,29°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 %0,8'dir. Altlık karoları Web Mercator karolarından üretilip aynı dikdörtgene indirgenmiştir; altlık ölçülen bir nicelik taşımaz, yalnız coğrafi bağlam verir.

BÖLGESEL TEKTONİK ÇERÇEVE



Şekil 8. 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). İçi boş halkalar $M \geq 5,0$ olayları, küçük gri noktalar katalog sismisitesini, sarı yıldız çalışma olayının dış merkezini gösterir (GCMT mekanizmaları; GNSS: Nevada Geodetic Laboratory [NGL] MIDAS hızları, Blewitt vd., 2016, 2018; Avrasya-sabit çerçeve: GSRM v2.1, Kreemer vd., 2014; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).

Şekil 8: Tektonik çerçeve haritası, çalışma alanını bölgesel fay sistemleri ve 3 GNSS istasyonunun yıllık hız vektörleri bağlamına oturtur (Şekil 8). Vektörler istasyonların levha-sabit çerçevedeki uzun dönemli hızlarıdır; pencere içindeki dizinin anlık deformasyonunu göstermez. Yayımlanmış odak mekanizması çözümleri Tablo A3'te verilmiştir.

OLAY KÜNYESİ, KONUM GÜVENİLİRLİĞİ VE BÜYÜKLÜK MUTABAKATI

06.02.2023 tarihinde 01:28:16 UTC'de Nurdagi (Gaziantep) çevresinde, 37,2941°K, 36,9161°D koordinatlarında (AFAD çözümü), odak derinliği 6,2 km olan Mw 6,6 büyüklüğünde bir deprem kaydedilmiştir. Aynı olay için bir başka kurum çözümü 37,19°K–36,89°D konumunu vermektedir; iki dış merkez arasındaki fark 12 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 248 olayda farklı kurum çözümleri arasındaki dış merkez farkının ortancası 4,1 km, yüzde doksanlık değeri 12,6 km olarak ölçülmüştür (aynı olaya ait çözümleri eşleştirme toleransı 63 km); bu ölçü de kurumlar arası faktör ve eşleştirme toleransına koşulludur. Odak derinliği kurum çözümlerinde 6,2 ile 13,8 km arasında değişmektedir; olayın moment tensörü sentroid derinliği 26,2 km'dir; bu değerlerin tümü sıg odak sınıfına düşer ($h < 70$ km). Uzak ağ çözümü (INGV; derinlik 19,5 km) bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Olayın katalog kaydı AFAD, GFZ, EMSC, USGS, INGV ve ISC çözümlerinin birleştirilmesiyle oluşmuştur; benimsenen hiposantr AFAD çözümüdür. Moment ölçeğindeki 4 kurum kaydı Mw 6,6–6,8 aralığındadır (en büyük fark 0,2 birim); GCMT moment büyüklüğü Mw 6,78 olarak verilmektedir. Öteki ölçeklerdeki kayıtlar (GFZ mb 6,2) aynı fiziksel niceliği ölçmediğinden bu karşılaştırmaya katılmamıştır. Uzak ağ çözümü (INGV mb 5,6) derinlik karşılaştırmasında olduğu gibi büyüklük karşılaştırmasına da katılmamıştır. Konum çözümünün yayımlanmış tek kalite ölçüsü şudur: varış artığı RMS = 0,21 s. Yatay ve düşey konum belirsizliği (ERH/ERZ) bu katalogta yayımlanmamıştır.

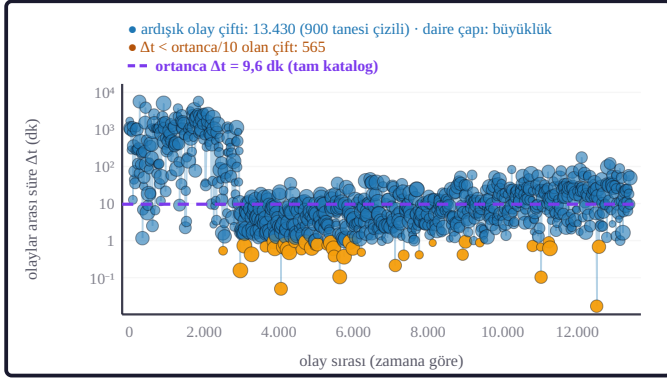
KAYNAK FİZİĞİ: SİSMİK MOMENT VE ENERJİ

Sismik moment $M_0 = 1,855 \times 10^{19}$ N·m'dir (Mw 6,78; GCMT skaler momenti). Bu büyüklükten $\log_{10} E = 1,5 \cdot Mw + 4,8$ bağıntısıyla türetilen nominal ısınan enerji $E \approx 9,3 \times 10^{14}$ J'dür; değer Kanamori (1977) varsayımına ($E/M_0 \approx 5 \times 10^{-5}$) dayanır ve ölçülmüş bir ısınan enerji değildir. Ampirik ölçekleme (Wells ve Coppersmith, 1994; doğrudu atımlı kolu) Mw 6,78 için 43,0 km yer altı kırık uzunluğu vermektedir.

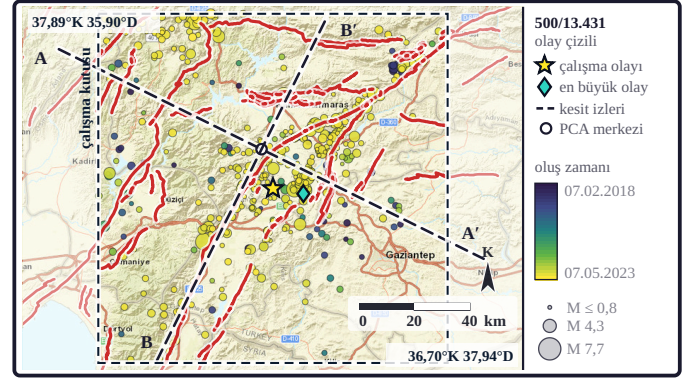
ODAK MEKANİZMASI, MOMENT-TENSÖR AYRIŞIMI VE GERİLME REJİMİ

GCMT moment tensörü çözümünün düğüm düzlemleri doğrudu/eğim/kayma açılarıyla 212°/73°–13° (NP1) ve 306°/78°–163° (NP2) olarak verilmektedir; kayma NP1 üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrudu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrudu atım niteliğindedir. Çözümün moment büyüklüğü Mw 6,78'dir. Mekanizma doğrudu atımlı faylanma sınıfındadır. İki blok birbirine göre yatay yönde kaymıştır. Tam moment-tensörün lune ayrışımı %DC = 99,0, %CLVD = 1,0, %ISO = –0,1 vermektedir ($\gamma = -0,2^\circ$, $\delta = 0,0^\circ$). Yüksek çift-kuvvet oranı, düzlemsel bir fay üzerinde basit makaslama kırılmasını gösterir. Ayrışım olayın kendi GCMT çözümü (± 180 s eşleşmesi) tensöründen hesaplanmıştır. Olay merkezli mekanizma popülasyonundan yinelemeli gerilme inversiyonu (olay merkezinden $\pm 1,2^\circ$; kataloğun bütün dönemi, çözüm yılları 1979–2026; n = 53; ortalama uyumsuzluk 39,2°) en büyük yatay sıkışma yönünü SHmax = 20° (%2,5–97,5 yeniden örnekleme aralığı: 13–28°) olarak vermektedir; gerilme şekil oranı R = 0,29 (0,12–0,51). SHmax değeri bir yön sonucudur; ortalama uyumsuzluk tek-tensör varsayımının sınırını (35°) aştığından Anderson rejimi kısıtlanamamıştır. Bu değerler pencere olaylarının kendisine değil, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme alanına aittir. Ortalama uyumsuzluk (39,2°), inversiyonun tek-tensör varsayımının kınıldığı 35° düzeyini aşmaktadır (heterojen gerilme alanı, karışık popülasyon ya da çözülmemiş fay düzlemi ikilemi); bu nedenle yön yalnız bir ölçüm olarak raporlanmış, üzerinden rejim ya da yüklenme çıkarımı yapılmamıştır. Bölgesel mekanizma kümesinin (çalışma kutusu her yönde 60 km genişletilerek; aynı dönem; n = 56) çözümleri Frohlich ve Apperson (1992) eşikleriyle (B dalımı > 60° doğrudu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; geri kalanı eğik/karma) sınıflanmış ve Frohlich (1992) üçgeninde gösterilmiştir: 20 doğrudu atımlı, 16 normal, 3 ters ve 17 eğik/karma çözüm. Kümede en sık sınıf doğrudu atımlı faylanmadır: 56 çözümün 20'si (%36) bu sınıftadır. Oranın %95 Wilson (1927) aralığı %21–54'tür; aralık, Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrılan 28 bağımsız kümeye göre hesaplanmıştır. Aralık bu çalışmanın işletimsel sınıf eşiğini (%45) içerdiğinden küme için sözel bir kinematik niteleme yapılmamıştır. Eşik kullanmayan en dik eksen sınıflamasında sayım 30 doğrudu atımlı, 23 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 dalımlarını sınıflar, rejim ise popülasyona ortak tek bir gerilme alanı uydurulmasından çıkar; biri diğerinin doğrulaması değildir.

ZAMANSAL DAVRANIŞ VE KÜMELENME (DEVAM)



Şekil 9a. Düşey eksen bir önceki olaydan geçen süredir (dakika, logaritmik). Mor çizgi ortalama süredir; turuncu daireler ortalamanın onda birinden kısa aralıklardır. Daire çapı büyüklükle artar (seri: tekilleştirilmiş tam katalog).



Şekil 9b. Daire rengi oluş zamanını (koyu mor en eski → sarı en yeni), çapı büyüklüğü verir. Öbür imler Şekil 3d'deki gibidir (kesikli dikdörtgen çalışma kutusudur).

Şekil 9a ve 9b: Bekleme süresi serisi, ardışık olaylar arasındaki zaman farkını olay sırasına göre verir (Şekil 9a). Ortanca bekleme süresi 9,6 dakika düzeyindedir (tam katalog); bu değerinde onda birinden kısa 565 aralık ölçülmüştür (13.430 aralıkta); bu sayı Poisson (üstel bekleme) beklentisinin (899,4) altındadır; kısa aralık fazlası yoktur. Ağırlık merkezinin zaman içindeki yer değiştirmesi sismisite göçü bölümünde ölçülmüştür; bu panelde bir model oturtması yapılmamış, doğrusal/difüzyon ayrımına gidilmemiştir (Şekil 9b). Pencere ile arka plan döneminin kıyası Tablo 7'de, raporlanmayan çözümlemeler ve eleme gerekçeleri Tablo A4'te, çekince düşülen çözümlemeler ve çekince gerekçeleri Tablo A5'te, çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri ve tolerans duyarlılığı Tablo A6'da verilmiştir.

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

Çalışma olayı çevresinde ayrıca bir mekanizma arama penceresi taranmıştır: çalışma olayından 180 gün öncesi ile 30 gün sonrası arasında, 66 km yarıçapta ve Mw ≥ 4,0 eşliğinde 7 çözüm bulunmuştur; 2 çözüm çalışma olayından önceki döneme, 1 çözüm çalışma olayının kendisine, 4 çözüm olaydan sonraki döneme aittir. Arama penceresi dizinin kendisi değildir: çözümlerin 7'si dizinin 66 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi içindedir. Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla dağılım 4 normal, 3 doğrultu atımlı çözüm biçimindedir. Mekanizmaların haritalı ana faya dik uzaklığı 0,1–10,7 km aralığında olup ortalama 5,1 km'dir; bu dağılım, dizinin tek bir fay düzlemine mi yoksa daha geniş bir hasar zonuna mı dağıldığını gösterir. Gerilme inversiyonuna giren olay merkezli mekanizma popülasyonunda (n = 53) aynı Frohlich ve Apperson (1992) eşikleri mekanizma karışımı 16 doğrultu atımlı, 17 normal, 3 ters ve 17 eğik/karma çözümden oluşmaktadır; bu popülasyon yukarıdaki bölgesel mekanizma kümesinden farklıdır.

KIRILMA GEOMETRİSİ VE GERÇEK KIRIK DÜZLEMİNİN KISITLANMASI

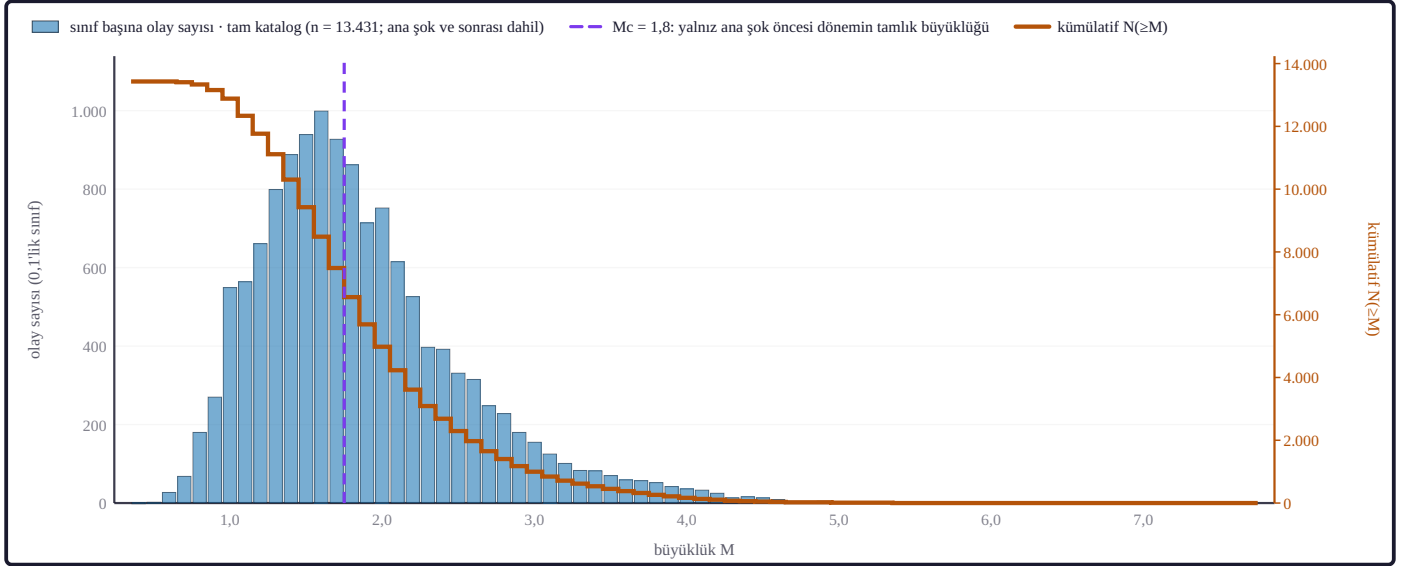
Çalışma kutusundaki sismisitenin yatay yayılımı 118,2 × 116,4 km boyutundadır (uzun × kısa eksen); olayların %95'i 3,5–15,9 km derinlik bandındadır (%2,5–97,5 yüzdelik); kayıtların önemli bölümü sabit derinlikli olduğundan bandın tabanı sismojenik kalınlık olarak yorumlanmamıştır (sabit derinlik payı Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir). İzleyen olay bulutunun uzun eksenini 44° doğrultusunda (%95 güven aralığı 43–45°); uzama oranı 1,62'dir (n = 8.088). İzleyen olay kümesinin yatay boyutu en az 104,2 × 71,6 km olarak ölçülmüştür (seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınır). İzleyen olaylar dış merkez çevresinde 63 km yarıçaplı daireyle seçilmiştir ve bulut bu sınıra dayanmaktadır (dış merkeze uzaklıkların %90 yüzdeliği 53 km, en uzak izleyen olay 63 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 özgülenez ve bu çekinceyle okunmalıdır.

Aynı bulutun %95 kovaryans elipsinin yarı eksenleri 61,3 ve 37,9 km'dir; yön ve uzama ölçüleri, McGuire vd.'nin (2002) telesismik ikinci moment ölçüsünün izleyen olay konumlarına uyarlanmış vekilidir. Çalışma olayı ile izleyen olayların sentroidi arasındaki ötelenme 7,8 km olarak ölçülmüştür (oran 0,13; azimut 17°); izleyen olaylar dış merkez merkezli seçim dairesiyle seçildiğinden ve bulut bu sınıra dayandığından sentroid dış merkeze doğru yanlır ve bu oranla kırılmanın tek ya da çift taraflılığı hükmüne bağlanmamıştır. İzleyen olay uzanımına en yakın düğüm düzlemi NP1 olup doğrultu farkı 11,7°'dir; izleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden bu yakınlık düzlem seçiminde kanıt sayılmamıştır. Gerilme alanı altındaki fay kararsızlık indeksleri I(NP1) = 0,914 ve I(NP2) = 0,352 olup aradaki fark 0,562 olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada iki düzlemin ayırt edilmiş sayılması için benimsenen işletimsel ölçüt ΔI > 0,15 olup, bu eşik literatürden alınmamış, çalışmanın kendi kararı olarak belirlenmiştir. Ölçülen fark bu eşğin üzerindedir; bu ölçüte göre kırık düzlemi adayı NP1'dir. Çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak yinelenen inversiyonda (n = 40) I(NP1) = 0,915 ve I(NP2) = 0,365 bulunmuştur; düzlem tercihi aynı kalmaktadır. Toplamda 2 bağımsız yöntemin 2'si NP1 düzlemini desteklemektedir; düzlem ikizliği bu ölçüde kırılış sayılabilir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde, 63 km yarıçaplı Gardner–Knopoff uzay penceresi (Gardner ve Knopoff, 1974) içinde 8.127 izleyen olay kaydedilmiştir; bunların en büyüğü M 5,7 büyüklüğündedir. Çalışma olayı, kendisinden önce kaydedilen ve kendisinden büyük bir depremin uzay–zaman penceresi içindedir: 06.02.2023 tarihli Mw 7,7 (çalışma olayından 0,0 gün önce, dış merkezine 11 km uzaklıkta). 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. Dizi moment payı, 63 km yarıçaplı izleyen olay sayım alanında çemberin içindeki en erken öncülün (06.02.2023 tarihli Mw 7,7) zamanından olay sonrası gözlemin sonuna kadar kaydedilen olayların toplam sismik momentleriyle kurulmuştur (çalışma olayından önce 3, sonra 8.088 kayıt; öbür kayıtların momenti katalog büyüklüğünden, moment büyüklüğü sayılarak): çalışma olayı bu toplamın %4 kadarını taşımaktadır. Yalnız çalışma olayı ve onu izleyen kayıtlar sayıldığında pay %91 olur; bu değer öncülleri dışarıda bıraktığından dizinin moment payı olarak kullanılmamıştır. Omori–Utsu sönüm parametreleri bu dizi için raporlanmamıştır: gözlem süresi (T = 90 gün) kestirilen c değerinin (12,24 gün) yalnız 7,3 katıdır ve bu çalışmanın aradığı en az 10 katlık süreyi karşılamamaktadır; bu koşulda p ile c birbirinden ayrılmaz (p'nin standart sapması 0,10). Uydurma, tamlık eşliğinin üzerindeki (M ≥ 1,8) 4.031 izleyen olay ile kurulmuştur. Çalışma olayı ile izleyen en büyük olay arasındaki büyüklük farkı ΔM = 0,9 olarak ölçülmüştür (katalog büyüklükleri M 6,6 ve M 5,7); 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.

BÜYÜKLÜK İSTATİSTİĞİ VE KATALOG TAMLIĞI



Şekil 10. Tamlik büyüklüğü (çalışma olayı öncesi dönem) $M_c = 1,8$ olarak benimsenmiştir (azami eğrilik + 0,2 ölçütü); bu eşikte uyum iyiliği %93,0 düzeyindedir; pencerenin en büyük olayı Mw 7,7 büyüklüğündedir. Mavi çubuklar 0,1 genişliğindeki büyüklük sınıflarına düşen olay sayısıdır (sol eksen; çalışma olayı ve sonrası dahil tam katalog); turuncu eğri kümülatif $N(\geq M)$ sayımıdır (sağ eksen). Mor kesikli çizgi yalnız çalışma olayı öncesi dönemin tamlik büyüklüğüdür (tam katalog, $n = 13.431$).

Şekil 10: Büyüklük dağılımı ve kümülatif eğri, kataloğun hangi büyüklükten itibaren tam sayıldığını görsel olarak sunar (Şekil 10). M_c altındaki düşüş fiziksel bir eksiklik değil, ağ duyarlılığının sınırındır: 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. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması Tablo 8'de verilmiştir.

DİZİ İSTATİSTİĞİ (DEVAM)

Aynı dizi için büyüklük–frekans (Gutenberg–Richter) bağıntısının ekstrapolasyonundan (Gutenberg ve Richter, 1944) türetilen en büyük olay kestirimi $M^* \approx 7,5$ 'tir (kestirimde kullanılan $b = 0,63$; 63 km yarıçaplı dizi penceresinde $M \geq 1,8$ olan 4.031 izleyen olay üzerinden); bu, dizinin istatistiksel ölçek göstergesidir, gelecekteki bir olayın büyüklüğü değildir. Buradaki b , dizi penceresindeki izleyen olaylardan kestirilmiştir: çalışma olayını izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (tamlik eşiği çalışma olayını izleyen ilk pencerede 3,9'dur ve 2,6 değerine çalışma olayından 43,5 saat sonra inmektedir) b aşağı yanı olabilir; b küçüldükçe M^* büyüdüğünden kestirim yukarı yanı olabilir: ilk 43,5 saat dışlanarak kurulan ikinci kestirimde ($b = 0,96$, olay sonrası dönemin ikinci b kestiriminden; $M \geq 2,6$ olan 959 izleyen olay) $M^* \approx 5,7$ 'dir ve aynı alt listede gözlenen en büyük izleyen olay M 4,9'dur.

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 6,2 km derinlikte ve 82×82 düğümlü ızgarada hesaplanmıştır. Gerilme aktarımı hesabının kaynak geometrisi ampirik ölçeklemeyle (Wells ve Coppersmith, 1994) kurulan, hiposantr merkezli dikdörtgenden alınmıştır (doğrultu/eğim/kayma $212^\circ/73^\circ/-13^\circ$; $L = 42,9$ km, $W = 11,8$ km). Bu geometri ölçülmüş bir kırık değil, bir çalışma varsayımdır. Gözlemsel sinama olarak ΔCFS her izleyen olayın kendi hiposantrında, kaynakla eş yönelimli alıcı düzlemde hesaplanmıştır: 7.816 izleyen olayın 1809 tanesi (%23) +0,1 bar üzerindeki yükleme alanında, 5431 tanesi (%69) -0,1 bar altındaki gölge alanında, 576 tanesi iki eşik arasındaki yansız banttadır; kaynak düzleminin üstüne düşen 272 izleyen olay bu sayının dışında tutulmuştur. İzleyen olaylar süren dizinin öncüllerinin etkinliğini de içerdiğinden sinamanın sayımları çalışma olayının kendi artçılarına özgülenez 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 %20 olarak ölçülmüştür ($505/2.583$); izleyen olay payı ile boş model payı arasındaki fark 3,6 yüzde puanıdır (%95 güven aralığı 1,8 ile 5,4 arası; iki bağımsız oranın farkı için Wilson skor aralıklarını birleştiren Newcombe, 1998 yöntemi). Aralık sıfırı içermediğinden izleyen olayların yükleme alanındaki payı boş modelin üzerindedir. İzleyen olay konum belirsizliği bu sayımlara yayılmamıştır; sınıflar katalog hiposantrlarına göredir ve alan tetiklenme kanıtı olarak değil, gerilme aktarımının yön ve merteye betimlemesi olarak okunmalıdır. En uygun yönelimli alıcı düzlemlerle yapılan sayım bir bölgesel gerilme alanı varsayımı gerektirir: SH_{max} doğrultusu 168° ve doğrultu atımlı rejim çalışma olayının kendi mekanizmasından, gerilme şekil oranı 0,5 varsayılan değer olarak, diferansiyel gerilme 100 bar olarak alınmıştır. Bu bölgesel alan varsayımıyla ($SH_{max} 168^\circ$; şekil oranı 0,5; 100 bar) sayım 1387 yükleme, 5758 gölge ve 671 yansız bant biçimindedir; diferansiyel gerilme 10 bar alındığında 5485 yükleme, 1479 gölge ve 852 yansız bant elde edilir (iki sayım arasında sınıflı değişen olay sayısı 4454). Varsayılan bölgesel alan, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonundan çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak ($n = 40$) elde edilen alandan ($SH_{max} = 21^\circ$, şekil oranı 0,21) farklıdır; birincil sayımda bu çalışmanın kuralı gereği çalışma olayının kendi mekanizmasından türetilen alan kullanılmış, inversiyon alanı duyarlılık olarak ayrıca sinanmıştır: aynı diferansiyel gerilmeyle inversiyon alanı 2706 yükleme, 4458 gölge ve 652 yansız bant vermektedir (sınıflı değişen olay sayısı 1079). Sayım varsayılan gerilme büyüklüğüne ve gerilme alanının seçimine bu ölçüde bağlı olduğundan yorumlanmamıştır. Sonlu kaynak dikdörtgeni $212^\circ/73^\circ/-13^\circ$ geometrisinde kurulmuştur (NP1; seçim ölçütü: haritalanmış diri fay izi doğrultusu). Alıcı düzlem kaynakla eş yönelimlidir; bu, gerilme değişimini kaynak fayın kendi geometrisi üzerinde okumak demektir ve başka yönelimli bir alıcı düzlem için lob–gölge deseni farklı çıkar. İzgaranın %57 kadarında $|\Delta CFS|$, bu çalışmada yansız bant eşiği olarak alınan 0,1 bar'ı aşmaktadır. Düşüm değerlerinin ortancası -0,020 bar, %5–95 aralığı -2,6 ile 0,33 bar arası, %1–99 aralığı -13 ile 1,3 bar arası olarak hesaplanmıştır. Dislokasyon çözümünde gerilme kaynak dikdörtgeninin kenarlarında ıraksadığından alanın uç değerleri ızgara aralığına bağlıdır ve raporlanmamıştır. Alan iki bileşenine ayrılarak da incelenmiştir: makaslama gerilmesi değişimi $\Delta \tau$ ve fay düzlemine dik normal gerilme değişimi $\Delta \sigma_n$ ($\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \Delta \sigma_n$). İki panel aynı 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 1.258 düğümden oran artışı ($\beta > 2$), 0 düğümden sismik gölge ($\beta < -2$) ölçülmüştür (ana şok öncesi 5 yıl, sonrası 90 gün fiilî gözlem; yalnız kuramsal beklenen sayımı $E \geq 1$ olan 1.290 düğüm değerlendirilmiştir; $n = 13.431$). Bu sayımlar tekil düğüm eşğine göredir: 1.290 düğüm birlikte sinandığında, gerçek bir değişim olmasa dahi her yönde yaklaşık 29 düğümün eşği 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 merkezli bölgesel katalogdan, olay öncesi dönem için, $M_c = 1,8$ tamlık eşğinin üzerinde $b = 0,92 \pm 0,04$ kestirilmiştir (eşik üstü $N = 998$; toplam 2.946 kayıt). Gutenberg–Richter bağıntısının a değeri 4,66, yıl ve km^2 başına normalleştirilmiş değeri $a' = -0,26$ olarak hesaplanmıştır (5,2 yıl, 15.900 km^2). Katalog büyüklüklerinin %98 kadarı ML türündedir; moment büyüklüğü ölçeğindeki kayıtların payı %2 düzeyindedir. b değeri büyüklük ölçeğine bağlı olduğundan ve b 'nin standart sapması yalnız örneklem belirsizliğini taşıdığından b , $b = 1$ referansıyla ya da başka katalogların b değerleriyle anlamlılık sinamasına sokulmamıştır. Tamlık eşği ve b , büyüklük örneklemine 1.000 yeniden örnekleme sinasında birlikte yeniden kestirilmiştir: %16–84 yüzdeler aralığı M_c için 1,6–1,8, b için 0,89–0,95 olarak bulunmuştur. Çalışma penceresinin en büyük olayı çalışma olayı değil, 06.02.2023 tarihli Mw 7,7 depremdir (birleşik katalog büyüklüğü). Tarihsele eşik üstü kayıtlar, çalışma olayından önceki dönem için iki halkalı bir ölçütle derlenmiştir: 150 km yarıçapta $M \geq 6,0$ (2 kayıt) ve 60 km yakın kuşakta ayrıca $5,0 \leq M < 6,0$ (13 kayıt); toplam 15 kayıt. Derlemedeki en büyük olay 1945 yılında, dış merkeze 94 km uzaklıkta gerçekleşen M 6,1 depremdir. Derlemenin öteki büyük kayıtları şunlardır: 1986 M 6,0 (110 km); 1971 M 5,8 (16 km); 1953 M 5,4 (49 km); 1971 M 5,4 (17 km). Derlemenin dış merkeze 20 km'den yakın 4 kaydı şunlardır: 29.06.1971 M 5,0 (15 km); 15.07.1971 M 5,1 (15 km); 11.07.1971 M 5,8 (16 km); 29.06.1971 M 5,4 (17 km). $M \geq 6,6$ olaylar 100 km yarıçaplı alanda çalışma olayından önce hiç gözlenmemiştir (123 yıllık gözlem süresi); bu nedenle ortalama yinelenme aralığı için yalnız bir alt sınır verilebilmektedir: en az 41 yıl (tek taraflı %95 güven düzeyi; kesin Poisson sınırı: Garwood, 1936). Katalogun bu büyüklükteki tamlık başlangıcı saptanamadığından gözlem süresi katalogun başından (1900) sayılmış ve katalog bu süre boyunca $M \geq 6,6$ için tam varsayılmıştır; varsayım sinanamadığından değer, eksik erken dönem kayıtları ölçüsünde yanlı olabilir.

ARKA PLAN DÖNEMİ KARŞILAŞTIRMASI

Çalışma olayını izleyen 90 günlük dönemde 63 km yarıçaplı dairede ve olay sonrası dönem ile arka plan döneminin ortak tamlık eşğinde ($M \geq 2,0$) 3.197 olay kaydedilmiştir; bu sayı 35,5 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 1.347 olay içermektedir; bu dönemin oranı 0,74 olay/gün düzeyindedir. Oran katı 48'dir (%95 güven aralığı 45–51); aralık, iki Poisson sayımı için kesin koşullu aralıktır (Clopper ve Pearson, 1934). Aralık, sayımların bağımsız Poisson olduğu varsayımına dayanır; ayrıştırılmamış (kümelenmiş) sayımlarda gerçek belirsizlik daha geniştir. Çalışma olayını izleyen ilk saatlerde katalog küçük olaylarda eksik olduğundan (tamlık eşği çalışma olayını izleyen ilk pencerede 3,9'dur ve 2,6 değerine çalışma olayından 43,5 saat sonra inmektedir) olay sonrası sayım ve dolayısıyla oran katı alt sınırdır; güven aralığı bu eksikliği taşımaz. Olaydan önceki 365 günün aynı dairedeki oranı arka plan oranının altındadır (0,69 kat; %95 güven aralığı 0,59–0,81); arka plan dönemi kendi içinde dizi sönümlerini de taşıdığından ve ağ duyarlılığı dönemler arasında değişebildiğinden bu düşüklük olay öncesi bir sakinleşme kanıtı olarak yorumlanmamıştır; sinama yalnız anılan daireyi kapsar, çalışma kutusunun tamamı için yapılan dönem bölütlemesi başka bir alanı ölçer. 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 ortak tamlık eşğinde ($M_c = 2,0$) yeniden kestirilerek kıyaslanmıştır: pencere $b = 0,70 \pm 0,05$ ($N = 4.981$; belirsizlik kestiricisi: yeniden örnekleme), arka plan $b = 0,90 \pm 0,08$ ($N = 1.468$; belirsizlik kestiricisi: yeniden örnekleme).

Fark $|\Delta b| = 0,20$, birleşik belirsizlik 0,09 değerindedir; fark birleşik belirsizliğin iki katını (0,18) aştığından iki dönem b bakımından ayrılmaktadır (fark, birleşik belirsizliğin 2,1 katıdır). Birleşik belirsizlik yalnız örnekleme belirsizliğini taşıdığından bu ayrışma, b değerinde fiziksel bir değişimin kanıtı olarak yorumlanmamıştır. İki dönem zamanda örtüşmemektedir.

SİSMİSİTE GÖÇÜ VE DÖNEM BÖLÜTLEMESİ

Sismisitenin ağırlık merkezi, zaman sırasına göre ilk %10 ve son %10 olay (her dilimde 1.343 olay) arasında 20,2 km yer değiştirmiştir (azimut 310° ; iki dilimin ortalama zamanları arasında 1.537,7 gün; ortalama 13 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 312° yönünü vermektedir; iki kestiricinin yönleri arasındaki fark 2° 'dir (ağırlık merkezi farkı pencerenin iki ucunu, regresyon bütün pencereyi tartar). Eğilimin anlamlılığı, kümelenmeye karşı etkin örnekleme büyüklüğüyle (n_{etkin} ; Gardner–Knopoff bağımsız küme sayısı ile birinci dereceden öz bağlanım ve öz ilişki düzeltmelerinin en küçüğü) ve Fisher z dönüşümüyle sinanmıştır: kuzey–güney bileşeninde $r = 0,087$, $n_{\text{etkin}} = 317$ ile $|z| = 1,5$; doğu–batı bileşeninde $r = -0,09$, $n_{\text{etkin}} = 1.092$ ile $|z| = 3,0$. En büyük $|z|$ değeri 1,96 eşğini 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, 13.431 olayın kümülatif eğrisinin eşit aralıklı 800 noktalık örneği üzerinde yapılmıştır. Bölütleme 5 bölüt vermiştir; bölütlerin süresi ve olay oranı zaman sırasıyla şöyledir: 1.704 gün, 1,4 olay/gün; 121 gün, 4,4 olay/gün; 14 gün, 228,1 olay/gün; 28 gün, 141,9 olay/gün; 47 gün, 66,6 olay/gün. Pencerenin toplam sismik momenti $4,68 \times 10^{20} \text{ N}\cdot\text{m}$ 'dir (nominal: moment türü olmayan büyüklükler moment büyüklüğü sayılarak; ölçülmüş bir moment toplamı değildir); çalışma olayının bu toplamdaki payı %4'tür. Moment bütçesinin üst kanalında (en büyük katalog büyüklüğünün 1,0 birim altına kadar: $M \geq 6,7$) 2 olay toplam nominal momentin %99 kadarını, kalan 13.429 olay %0,6 kadarını taşımaktadır. Kalan olayların toplam moment, aynı katalogun Gutenberg–Richter bağıntısından hesaplanan toplamın 4,5 katıdır; iki değer bağdaşmadığından kalan pay yorumlanmamıştır.

YER HAREKETİ, MAKROSİSMİK ŞİDDET VE MÜHENDİSLİK KIYASI

Şiddet-azalım bağıntısıyla (Allen vd., 2012) modellenen alan, dış merkez yakınında MMI VIII düzeyinde tepe şiddet vermektedir (hesap odak derinliği 6,2 km); MMI IV eşği dış merkezden yaklaşık 230 km uzaklığa kadar aşılmaktadır. Alanın %6'sı bağıntının geçerlilik uzaklığının dışındadır ve yorumlanmamıştır. Modelde yerel zemin etkisi ayrıca hesaba katılmamıştır. Topluluk şiddeti verisi (USGS “Did You Feel It?”, DYFI) 149 bildirim ile topluluk ondalık şiddeti (CDI) 9,1 değerini vermektedir (USGS PAGER uyarı düzeyi: sarı). USGS ShakeMap model şiddeti MMI 7,8 olup iki değer arasındaki fark 1,3 birimdir; ShakeMap topluluk bildirimlerini gözlem olarak özümlediğinden bu uyum bağımsız bir doğrulama değildir. Bu çalışmanın şiddet-azalım modeliyle (Allen vd., 2012) kestirilen tepe şiddeti (MMI 8,0) topluluk gözleminin 1,1 birim altında kalmaktadır; fark, modelin yerel zemin koşullarını ve kırık boyutunu hesaba katmamasının ve bildirim dağılımının etkilerini birlikte taşır. 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.KHMN istasyonunun ($R = 23,9$ km, Kahramanmaraş) ham ivme kaydından, sayaç değerleri kanal duyarlılığıyla fiziksel birime dönüştürülerek %5 sönümlü elastik tepki spektrumu SDOF sayısal integrasyonu ile hesaplanmıştır. Yatay bileşenlerin geometrik ortalaması $T = 0,20$ s periyodunda $S_a = 0,26$ g tepe değerine ulaşmakta, zemin ivmesi $PGA = 0,17$ g ölçülmektedir (kayıt kaynağı: KOERI). İstasyon zemin koşulu $V_{s30} = 653 \text{ m/s}$ olup TBDY-2018'e göre ZC sınıfındadır (TADAS istasyonu NAR, 0,0 km uzaklıkta; harita parametreleri $S_s = 1,060$, $S_1 = 0,282$, 475 yıllık $PGA = 0,443$ g).

TBDY-2018 DD-2 elastik tasarım spektrumu (ZC, SDS = 1,272g, SD1 = 0,423g, TA = 0,067 s, TB = 0,333 s) ile kıyaslandığında KO.KHMN kaydında gözlenen/tasarım oranı en çok 0,25 olarak ölçülmüştür; zarf bu kayıta hiçbir periyot bandında aşılmamıştır. Spektral karşılaştırma geçmiş yer hareketinin mühendislik değerlendirmesidir; yapısal karar için sahaya özel zemin etüdü esastır.

DALGA FORMU KAYDI

Olayın dalga formu KO.KMRS istasyonunda kaydedilmiştir (dış merkez uzaklığı 23,9 km, geri azimut 177°; algılayıcı: hızölçer) ve 3 bileşen (Z, R, T) 100 Hz örnekleme sıklığıyla incelenmiştir. Kayıt KOERI veri merkezinin FDSN dataset servisinden alınmıştır; istasyon KO ağına aittir ve ağın künyesi Veri Erişilebilirliği bölümünde verilmiştir. Veri merkezinden istenen pencere oluş anından 60 s önce başlayıp 600 s sonra bitmektedir; süzgecin kenar etkisini taşıyan uçlar atıldığından (her iki uçtan 33 s) çözümlenen kayıt oluş anından 27 s önce başlar ve 602 s sürer. Kayıtlara Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri-geri) süzgeç uygulanmıştır (0,025–8,0 Hz, mertebe 2, ileri-geri geçişle etkin mertebe 4); sıfır fazlı geçiş faz gecikmesi üretmez, ancak nedensel olmadığından keskin varışların önünde düşük genlikli yapay salınım oluşturabilir. Işınal (R) ve teğetsel (T) bileşenler, yatay kanalların geri azimut açısıyla döndürülmesinden elde edilmiştir; kanal yönelimi istasyon üstverisinden alınmıştır. Cihaz yanıtı giderilmiştir (kutup-sıfır aktarım işleviyle); genlikler cm/s biriminde verilmiştir. Kuramsal P ve S varışları oluş anından 4,26 s ve 7,35 s sonradır (iasp91 hız modeli; Kennett ve Engdahl, 1991). Varışlar, tek yönlü (nedensel) süzgeçten geçirilmiş izde, 1–10 Hz bandında, STA/LTA (kısa/uzun dönem ortalama oranı; Allen, 1978) ve AIC (Akaike bilgi ölçütü; Maeda, 1985) algoritmalarıyla okunmuştur; düşey bileşende okunan P varışı 4,72 s'dedir (kuramsal değerden farkı +0,46 s; sinyal/gürültü oranı 33). S varışının okuması bu çalışmanın nitelik ölçütünü sağlamadığından (sinyal/gürültü oranı 2,7) S–P süresi raporlanmamıştır. Bağımsız konum sınaması, dış merkeze en yakın istasyonların kayıtlarında konumdan bağımsız okunan P varışlarının kuramsal varış zamanından farkıyla (P artışı) yapılmıştır. Sınama çekinceyle verilmiştir: aday istasyonların tümü, kayıtların veri merkezinden alınması için ayrılan süre içinde denenemediğinden ölçü kısmidir. P artıkları istasyon ve dış merkez uzaklığıyla şöyledir: KO.KMRS (23,9 km) +0,46 s; KO.KHMN (23,9 km) –3,70 s. P artışı benimsenen oluş zamanına, odak derinliğine ve kullanılan tek boyutlu hız modeline de bağlıdır; bu nedenle ölçü yalnız konum hatasına bağlanmamıştır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

06.02.2023 tarihli Nurdagi (Gaziantep) depremi (Mw 6,6; odak derinliği 6,2 km), Doğu Anadolu Fay Zonu ve 2023 Kahramanmaraş dizisi bölgesinde meydana gelmiştir; dış merkeze en yakın haritalı fay parçaları Doğu Anadolu Fay Zonu'na (5,0 km) ve Ölü Deniz Fay Zonu'na (9,7 km) bağlıdır. GCMT moment tensörü çözümü ($M_0 = 1,855 \times 10^{19}$ N·m; Mw 6,78) NP1 düğüm düzlemi üzerinde normal bileşenli sol yönlü doğrultu atım, NP2 üzerinde normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atım niteliğinde kaymaya karşılık gelmektedir; çift kuvvet payı %99 düzeyindedir. Artçı bulutunun uzun eksen 44° doğrultusundadır ve NP1 düğüm düzlemine yakındır (doğrultu farkı 12°); gerçek kırık düzlemi NP1 olarak kısıtlanmıştır. Çalışma olayı, Mw 7,7 (0,0 gün önce, 11 km uzakta) depreminin uzay-zaman penceresi içindedir; bu ölçütle süren bir dizinin en büyük olayı değildir. Çalışma olayı, izleyen olay sayım alanında en erken öncülün zamanından bu yana kaydedilen toplam sismik momentin %4 kadarını taşımaktadır. Büyüklük–frekans dağılımı olay öncesi dönemde $M_c = 1,8$ tamlik eşliğinin üzerinde $b = 0,92 \pm 0,04$ vermiştir (N = 998). 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 kestirimle doldurulmamıştır. Veri eksikliği nedeniyle kurulamayan çözümlerler şunlardır: kosmik yatay yer değiştirme karşılaştırması, kosmik düşey deformasyon alanı ve kayma modelinin yüzey izdüşümü, sonlu fay modelinin kayma dağılımı yerel arşivde bulunmadığından 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. Çözümlerlerin 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) 11 çözümler raporlanmamış ve gerekleriyle birlikte ekte raporlanmayan çözümlerler çizelgesinde listelenmiştir; örnekleme, belirsizliği ya da girdi verisi eşige yakın kalanlar elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır. Çekinceyle raporlanan çözümlerler şunlardır: kırılma direktivitesi, yinelenme aralığı (nadirlik), en yakın komşu kümelene, olay merkezli mekanizma popülasyonunun gerilme inversiyonu, mekanizma sınıflarının dağılımı (Frohlich üçgeni), kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu, küme boyutu ve bağımsız konum sınaması. Her çekincenin gerekçesi ve ölçüsü ilgili bölümde ve ekteki çekince çizelgesinde verilmiştir; bu çözümlerlerin değerleri bulgu olarak değil, belirtilen sınırla birlikte okunmalıdır. İstatistikler 07.02.2018 – 07.05.2023 döneminde, olay merkezli kutuda taranan 13.431 kayıt üzerinden üretilmiştir. Kurum hiposantrları yeniden konumlandırılmamıştır; konum ve derinlik belirsizlikleri kurum çözümlerinin kalitesiyle sınırlıdır. Katalog tamlığı zamanla ve büyüklükle değişmektedir; uzun dönemli sayımlara dayanan ölçüler (tarihsel derleme, yinelenme aralığı, arka plan oranı) erken dönem kayıtlarının eksikliğinden etkilenir.

VERİ ERIŞİLEBİLİRLİĞİ

Kullanılan deprem kataloğu, 07.02.2018 – 07.05.2023 dönemi için birleşik çok-kaynaklı arşivden sorgulanmıştır (AFAD, ISC, EMSC, GFZ, USGS); sorgu kutusu ve tekilleştirme ölçütleri Veri ve Yöntem bölümünde verilmiştir. Fay katmanı ve yardımcı veri setlerinin künyeleri Kaynakça ile şekil altyazılarındadır. 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.), GFZ (GEOFON Data Centre, 1993) ve USGS (U.S. Geological Survey, 2017). Pencere kataloğunun kurumlarına ek olarak çalışma olayının kurum çözümlerine INGv; tarihsel derlemede GSI ve NIEP (National Institute for Earth Physics, 1994) kayıtları kullanılmıştır; doğrulanmış künyesi bulunmayan kurumlar yalnız adıyla verilmiştir. Tarihsel derlemenin büyüklükleri, kayıt ISC-GEM kataloğunda varsa onun moment büyüklüğüdür (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018); yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir. Moment tensörleri Global CMT kataloğundandır (Dziewonski vd., 1981; Ekström vd., 2012). Tepki spektrumunun ivme kaydı KO ağının (Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, 1971) KO.KHMN istasyonundandır. İstasyon zemin parametreleri (Vs30, zemin sınıfı) ivme istasyonuna en yakın AFAD TADAS istasyonundan (NAR, 0,0 km uzakta) alınmıştır (AFAD, t.y.); bu istasyon Türkiye ulusal kuvvetli yer hareketi ağına aittir (Disaster and Emergency Management Authority, 1973). Birleşik çok-kaynaklı katalog, bu çalışmada kurum çözümlerinin çapraz-kaynak tekilleştirilmesiyle derlenmiş türetilmiş bir üründür; kaynakçada ayrı bir eser olarak listelenmez. Harita aldığı 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). Dalga formu kaydı (KO.KMRS) KOERI veri merkezinin FDSN dataset servisinden alınmıştır; istasyon, Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) künyeli KO ağına aittir (erişim: 16.10.2026). 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).

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ

Tablo 2. Kurum çözümleri ve benimsenen hiposantr.

Kurum	Oluş zamanı (UTC)	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	M	Tür	Çözüm durumu	Arşive alınma (UTC)
AFAD*	06.02.2023 01:28:16	37,2941°K	36,9161°D	6,2	6,6	Mw	—	23.08.2026 16:08
USGS	06.02.2023 01:28:15	37,1893°K	36,8929°D	9,8	6,7	Mww	gözden geçirilmiş	23.08.2026 16:50
EMSC	06.02.2023 01:28:17	37,13°K	36,81°D	10,0	6,7	Mw	—	22.08.2026 18:58
GFZ	06.02.2023 01:28:18	37,312°K	36,929°D	10,0	6,2	mb	—	23.08.2026 16:07
ISC	06.02.2023 01:28:17	37,3010°K	36,9168°D	13,8	6,8	Mw	gözden geçirilmiş	28.08.2026 10:34
INGV	06.02.2023 01:28:21	37,2445°K	36,9580°D	19,5	5,6	mb	uzak ağ çözümü	25.08.2026 00:32

Not: * benimsenen hiposantr (kurumun olay kimliği 543431). 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. Değerler kurumun bildirdiği ondalıklardır (“—”: alan kayıta yok). “Arşive alınma”, raporun birleşik arşive alındığı andır (sorgu anı 16.10.2026 08:48 UTC); sonraki güncellemeler çizelgede yoktur.

Tablo 3. Çalışma kutusu yayılımının geometrik ölçüleri.

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Kutu yayılımı (uzun × kısa)	118,2 × 116,4 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · çalışma kutusu olayları (n = 13.431)
İzleyen olay bulutu (uzun × kısa; çekinceli)	en az 104,2 × 71,6 km	%95 ana bileşen açıklığı (PCA) · izleyen olay bulutu (n = 8.088) · seçim yarıçapıyla (63 km) sınırlı alt sınır
Derinlik bandı	3,5–15,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik · çalışma kutusu olayları
İzleyen olay bulutu ana eksen	44° (%95: 43–45°)	ana bileşen eksenini · izleyen olay bulutu · uzama 1,62 (kovaryans elipsinin yarı eksen oranı; seçim yarıçapıyla sınırlı)
Kesit eksenini (kutu yayılımının uzun eksenini)	116°	ana bileşen eksenini · çalışma kutusu olayları · kesitlerin izdüşüm eksenidir; pencere biçimine duyarlıdır, yapısal doğrultu değildir

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

Nicelik	Değer	Kaynak / açıklama
Kaynak mekanizması	212°/73°/–13°	GCMT odak mekanizması · NP1 düzlemi: diri fay izi doğrultusuna açı farkı 3°, öteki düzlem 89°
Kırılma uzunluğu L	42,9 km	Wells ve Coppersmith (1994) — doğrultu atımlı kol
Kırılma genişliği W	11,8 km	üst kenar 0,6 km, alt kenar 11,8 km derinlikte
Ortalama kayma $\bar{u}$	1,22 m	$M_0 = \mu \cdot L \cdot W \cdot \bar{u}$ denkliğinden; rijitlik $\mu = 30$ GPa
Sürtünme katsayısı μ'	0,40	etkin sürtünme (gözenek basıncı dâhil)
Hesap derinliği	6,2 km	kaynak merkezinin derinliği; alıcı düzlem kaynak fayla eş yönelimli
Izgara	82 × 82	162 × 162 km
Ortanca ΔCFS	–0,020 bar	ızgara düğümlerindeki işaretli değerlerin ortancası (genlik ölçüsü değildir)
Ortanca $ \Delta CFS $	0,13 bar	düğüm değerlerinin mutlak değerce ortancası — alanın tipik genliği
%5–%95 aralığı	–2,6 ile 0,33 bar arası	düğüm değerlerinin merkezî %90’ı
%1–%99 aralığı	–13 ile 1,3 bar arası	kuyrukları da içeren aralık
$ \Delta CFS > 0,1$ bar olan ızgara düğümleri	%57	hesap ılgarasında $ \Delta CFS $ yansız bant eşliğini aşan düğümlerin payı (yükleme ve gölge alanları birlikte)
Gösterim ölçeği	±3,0 bar	renk ölçeğinin doyum sınırı
Sınamaya giren izleyen olay	8.088	nokta hesabı · 272 olay kaynak üstünde (sayım dışı)
Yük / gölge / yansız — kaynakla eş düzlem	1.809 / 5.431 / 576	alıcı: kaynak fayla eş yönelimli · n = 7.816 · yük %23, gölge %69
Yük / gölge / yansız — en uygun yönelim	1.387 / 5.758 / 671	alıcı: en uygun yönelimli düzlem · n = 7.816 · yük %18, gölge %74
— en uygun yönelim için bölgesel gerilme	SHmax 168° · şekil oranı 0,5 · 100 bar	doğrultu atımlı rejim; SHmax yönü çalışma olayının mekanizmasından, şekil oranı varsayılan değer; diferansiyel gerilme varsayımdır
— diferansiyel gerilme 10 bar iken	5.485 / 1.479 / 852	duyarlılık · 4.454 izleyen olayın sınıfı değişir: en uygun yönelim sayımı bu varsayıma bağlıdır
— gerilme inversiyonu alanıyla	2.706 / 4.458 / 652	duyarlılık · SHmax 21°, şekil oranı 0,21: olay merkezli mekanizma popülasyonundan (n = 53) çalışma olayının Gardner–Knopoff kümesi (13 çözüm) dışlanarak yapılan inversiyon (n = 40); birincil alandan farkı 32,1° (168,4° ↔ 20,5°) · 1.079 izleyen olayın sınıfı değişir; birincil alan çalışma olayının mekanizmasından alınmıştır
Yük / gölge / yansız — boş model	505 / 1.826 / 252	uzamsal karşılaştırma modeli: olay öncesi sismisite, aynı uzamsal seçim · n = 2.583 · yük %20, gölge %71
— yalnız serbest derinlikli izleyen olaylar	940 / 3.242 / 221	kurum varsayılanı derinlikler dışlandı · n = 4.403 · yük %21, gölge %74

Not: Alan Okada (1992) elastik yarı uzay çözümüyle kurulmuş, alıcı geometri kaynak fayla eş alınmıştır. $\Delta CFS = \Delta \tau + \mu' \cdot \Delta \sigma_n$. Değerler tek dikkörtgen kaynak varsayımına dayanır; çok segmentli kırılmalarda uç bölgelerin deseni basitleşir. İzleyen olay sınaması nokta hesabıdır: ΔCFS her izleyen olayın kendi konumunda ve derinliğinde hesaplanmıştır; yansız bant $|\Delta CFS| < 0,1$ bar; kaynak dikkörtgenine 2,0 km'den yakın olaylar (kaynak üstü) sayım dışıdır. İzleyen olay konum belirsizliği sayımlara yansıtılmamıştır.

SAYISAL VERİ ÇİZELGELERİ (DEVAM)

Tablo 5. Arama penceresindeki odak mekanizmaları — 7 çözümünden Mw'ye göre en büyük 7 tanesi (arama penceresi: çalışma olayından 180 gün önce – 30 gün sonra, 66 km yarıçap, Mw $\geq$ 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	11,6	5,1
06.02.2023	6,78	212/73/−13	doğrultu atımlı	ana şok	11,7	10,7
06.02.2023	5,37	167/34/−106	normal	ana şoktan sonra	16,7	0,7
11.10.2022	5,01	181/39/−103	normal	ana şoktan önce	60,9	4,8
03.03.2023	5,01	44/44/−62	normal	ana şoktan sonra	63,3	5,7
09.02.2023	4,80	182/39/−54	normal	ana şoktan sonra	43,4	5,2
07.02.2023	4,77	222/72/−19	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)	ana şoktan sonra	22,8	0,1

Not: Tip dağılımı, Frohlich ve Apperson (1992) eksen dalımı sınıflarıyla: normal 4, doğrultu atımlı 3; çalışma olayına göre zaman dağılımı: çalışma olayından önce 2, çalışma olayı 1, çalışma olayından sonra 4 (“çalışma olayından önce” yalnız zaman konumudur; öncü deprem nitelemesi değildir). Mw sütunu GCMT moment tensörü büyüklüğüdür; birleşik katalogdaki büyüklük bundan 0,15 birimden fazla ayrılan çözüm: 06.02.2023 01:28 UTC olayı için Mw 6,6 (gövdedeki dizi istatistikleri katalog büyüklüklerini kullanır). Arama penceresi dizinin kendisi değildir: dizi içi sayılan çözümlerin dış merkezi Gardner ve Knopoff (1974) uzay penceresi içindedir (66 km); 7 çözüm dizi içinde. “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı Frohlich ve Apperson (1992) sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır; bu atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır.

Tablo 6. Dalga formu kaydının küyesi — 06.02.2023 Mw 6,6 çalışma olayı, KO.KMRS istasyonu, algılayıcı hızölçer (Güralp CMG-3T, 120 s – 50 Hz), dış merkez uzaklığı 23,9 km, geri azimut 176,6°; istenen pencere oluş anından 60 s önce – 600 s sonra; süzgeç öncesinde konik pencereyle yumuşatılan iki ucun her birinden 33 s kırılmıştır; çözümlenen kayıt oluş anından 27 s önce başlar ve 575 s sonra biter (602 s); süzgeç Butterworth bant geçiren, sıfır fazlı (ileri–geri) 0,025–8,0 Hz (mertebe 2, etkin 4); spektrogram Hann pencereli kısa zamanlı Fourier dönüşümüyle (pencere 2,56 s) hesaplanmıştır; kayıt Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) küyeli KO ağına aittir ve KOERI veri merkezinin FDSN dataset servisinde alınmıştır.

Bileşen	Kanal	Örnekleme (Hz)	Süre (s)	Örnek sayısı	Tepe genlik (cm/s)
Z	HHZ	100	602	60.173	0,382
R	HHN/HHE → R	100	602	60.173	0,364
T	HHN/HHE → T	100	602	60.173	0,345

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

Tablo 7. Pencere ile arka plan döneminin kıyası — arka plan: pencerenin hemen öncesindeki 5 yıl (08.02.2013 – 07.02.2018), aynı kutu; sayım ve oran satırları eşiksiz tam katalogdan, b satırı ortak Mc üstünden.

Nicelik	Pencere	Arka plan (5 yıl)
Kayıt sayısı	13.431	4.136
Oran (olay/gün)	7,01	2,27
Mc (dönemin kendi eşiği)	2,0	2,0
Eşik üstü olay sayısı (M $\geq$ 2,0)	4.981	1.468
$b \pm \sigma_b$ (ortak Mc = 2,0)	0,70 $\pm$ 0,05	0,90 $\pm$ 0,08
Derinlik ortancası (km)	7,0	7,0
Bağımsız olay (GK ayrıştırılmış)	1.521 (%11)	1.914 (%46)
Bağımsız olay oranı (olay/gün)	0,79	1,05

Not: Bağımsız olay satırları Gardner ve Knopoff (1974) uzay–zaman pencereleriyle ayrıştırılmış sayımdır; yüzde, ham kayıt içindeki payıdır. Pencere sütunu pencerenin tamamını (olay sonrası dönem dâhil) kapsar.

Tablo 8. Kurumlar arası büyüklük karşılaştırması.

Kurum	Büyüklük	Tür
AFAD	6,6	Mw
INGV	5,6	mb
USGS	6,7	Mww
ISC	6,8	Mw
EMSC	6,7	Mw
GFZ	6,2	mb
GCMT (moment)	6,78	Mw

Not: Moment büyüklüğü ölçeğindeki 4 kurum değeri 6,6–6,8 aralığındadır (en büyük fark 0,2). Öteki ölçek sınıflarındaki değerler ayrı niceliklerdir ve bu karşılaştırmaya katılmamıştır: INGV mb 5,6 (cisim dalgası büyüklüğü; uzak ağ çözümü); GFZ mb 6,2 (cisim dalgası büyüklüğü). GCMT satırı moment tensörü referansıdır ve kurum sayımına dâhil değildir.

EK A — ÇİZELGELER

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

Nicelik	Değer	Ölçüt / kaynak
Derinlikli kayıt sayısı	13.431	tekilleşmiş katalog
Ortanca derinlik	7,0 km	%50 yüzdelik · tüm kayıtlar (n = 13.431)
Ortanca derinlik (serbest)	7,3 km	0/5/7/10/33 km atamaları dışlandı · n = 7.144 (6.287 kayıt elendi)
Yoğunlaşma aralığı	5,0–13,3 km	%5–95 yüzdelik
Derinlik bandı	3,5–15,9 km	%2,5–97,5 yüzdelik · geometri çizelgesindeki bantla aynı ölçü
Ham uçlar	0,0 ile 53,1 km arası	en sığ / en derin kayıt
Histogram tepesi	7–8 km	7.653 olay · 1 km'lik aralık
Sabit derinlik yığını	7,0 km · %44	5.916/13.431 olay
Varsayılan sabit derinlikler	371 olay	0/5/10/33 km · n = 13.431

Tablo A2. Çalışma alanındaki adı bulunan diri fay izleri — fay katmanının aynı adlı parçaları uçtan uca dikilerek kurulan 310 izden (7 ad) uzunluğa göre en uzun 8 tanesi, 4 ad altında; haritalardaki iz envanteri ayrı bir birleştirmedir (kutuda 303 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	5,0	218,8	4	SoD	—
Engizек Fay Zonu	—	88,8	2	T	40–50 K
Kahramanmaraş Fay Zonu	30,0	27,5	1	T	40–50 K
Ölü Deniz Fay Zonu	9,7	26,3	1	SoD	80–85 KB

Not: İz uzunluğu haritalanmış parçaların toplamıdır (parçalar arasındaki boşluklar sayılmaz); uzaklık, en yakın parçanın dış merkeze yatay uzaklığıdır. Şu adlar tek bir fayın değil, izlerin bağlı olduğu fay sisteminin adıdır; satır o sisteme bağlı listelenen parçaları verir (aynı adı taşıyan izlerin kutudaki toplam uzunluğu ayrıca içinde): Doğu Anadolu Fay Zonu (566,7 km), Kahramanmaraş Fay Zonu (154,2 km), Ölü Deniz Fay Zonu (118,3 km). Kayma türü kodları: SoD sol yönlü doğrultu atımlı; T ters. Eğim sütunu, listelenen izlerin veri tabanındaki ham değeridir (eğim açısı aralığı ve eğim yönü); aynı adlı öteki parçalarda değer farklı olabilir; —: veri tabanında sayısal eğim yoktur (yalnız kategorik “düşey” etiketi ya da boş).

Tablo A3. Çalışma alanı ve çevresindeki yayımlanmış odak mekanizması çözümleri — 56 çözümden Mw'ye göre en büyük 20 tanesi listelenmiştir (arama kutusu ±60 km genişletilmiş).

#	Tarih	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Kayma (°)	Mw	Tip
1	06.02.2023	37,23	37,02	51	70	−4	7,78	doğrultu atımlı
2	06.02.2023	38,01	37,21	264	46	−9	7,70	eğik/karma
3	06.02.2023	37,19	36,89	212	73	−13	6,78	doğrultu atımlı
4	05.05.1986	37,97	37,77	260	54	9	6,03	eğik/karma
5	06.06.1986	37,97	37,88	160	90	180	5,80	doğrultu atımlı
6	22.01.1997	36,25	35,95	243	39	−15	5,69	eğik/karma
7	07.02.2023	37,76	37,73	202	63	6	5,49	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
8	25.07.2023	37,58	35,95	160	82	174	5,49	doğrultu atımlı
9	08.02.2023	37,94	37,66	206	74	176	5,47	doğrultu atımlı
10	25.06.2001	37,24	36,21	189	15	−83	5,42	eğik/karma (eşiğe yakın)
11	28.12.1979	37,47	35,85	141	90	180	5,38	doğrultu atımlı
12	06.02.2023	37,26	37,10	167	34	−106	5,37	normal
13	10.04.1991	37,21	36,01	160	27	−136	5,34	eğik/karma (eşiğe yakın)
14	23.03.2023	38,01	36,43	358	59	−148	5,32	eğik/karma
15	10.08.2023	38,26	38,22	237	63	−26	5,29	eğik/karma
16	27.02.2023	38,21	38,28	87	75	7	5,27	doğrultu atımlı
17	07.02.2023	37,97	36,60	221	65	−11	5,23	doğrultu atımlı (eşiğe yakın)
18	08.02.2023	38,01	36,50	358	53	−148	5,08	eğik/karma
19	24.06.1989	36,70	35,88	203	28	−93	5,07	normal
20	18.02.2023	38,07	36,60	342	56	−162	5,06	eğik/karma

Not: Tip, P, T ve B eksen dalımlarına göre Frohlich ve Apperson (1992) sınıflandır: B > 60° doğrultu atımlı, P > 60° normal, T > 50° ters; hiçbirini sağlanmazsa eğik/karma; “eşiğe yakın”: sınıfı belirleyen eksenin dalımı sınıf eşiğinden en çok 5° ayrılır (atama çözümdeki küçük farklara duyarlıdır). Tüm çözümler GCMT kataloğundandır: Mw moment tensöründen, enlem ve boylam kaydın başvuru hiposantrındandır (moment tensörünün ağırlık merkezi konumu değildir). Aynı olayın tarihsel çizelgedeki büyüklüğü (ISC-GEM Mw ya da katalog M) ve konumu başka kaynaktandır: büyüklük ayrışabilir, iki konum eşleşen olaylarda en çok 20,2 km ayrışır (25.06.2001); iki çizelge aynı olayı iki kaynakla verir, çelişki değildir. Uzay–zaman bağımsızlığı: Gardner ve Knopoff (1974) pencereleriyle 28 bağımsız küme (en büyük küme 13 çözüm).

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A4. Önceden tanımlı ölçütleri sağlamadığı için raporlanmayan çözümlmeler.

Çözümleme	Kapı	Eşik · mevcut	Gerekçe
Artçı dönemi b değeri	ölçek/geçerlilik	kuyruk uyumu olasılığı $\geq 0,01 \cdot \text{mevcut} < 0,001$	Dizi b değeri kendi tamlık eşliğinde kestirilir; bulgu için eşişin 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 tamlık eşîğı zamanla değişir: eşik zamana göre sıralı kayıtlarda kayan pencereyle izlenir (Woessner ve Wiemer, 2005) ve ilk pencerelerin eşîğı benimsenen eşîğı aşıyorsa tek eşikle kurulan b çekinceyle verilir, ilk saatler dışlanarak ikinci kez kestirilir. Bu olayda: büyüklük–frekans dağılımının kuyruğunun uydurulan üstel yasayla uyuşmaması ($M \geq 5,0$ için beklenen 27,5, gözlenen 11 olay; binom olasılığı $< 0,001$); tamlık eşîğı 2,6'dan 3,5'e yükseldikçe b'nin 9 adının hepsinde artması.
Omori–Utsu artçı sönümü	istatistiksel güç	$T/c \geq 10 \cdot \text{mevcut} 7,3$	Sönüm üsteli p ancak uydurma kısıtlyken 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 ($T/c = 7,3 < 10$; $T = 90,00$ gün, $c = 12,24$ gün; p'nin standart sapması 0,10).
PGA azalımı (istasyon kayıtları)	istatistiksel güç	$n \geq 25 \cdot \text{mevcut} 10$	Azalım eğrisi bir yer hareketi kestirim bağıntısı değildir: bu olayın kendi istasyon setine uydurulmuş ampirik doğrudur; eğimin anlamlı olması için kayıtların en az on katlık bir uzaklık aralığına yayılması gerekir. Bu olayda: aletsel kayıt sayısının yetersizliği ($n = 10 < 25$).
GNSS gerinim hızı alanı	istatistiksel güç	$n \geq 6 \cdot \text{mevcut} 3$	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 ($n = 3 < 6$).
Gerilme düşümü $\Delta\sigma$	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Gerilme düşümü ancak kaynak boyutu bağımsız ölçüldüğünde (kayma modeli ya da kırık dörtgeni) ölçümdür; boyut büyüklükten ölçeklendiğinde değer ölçekleme bağıntısının yeniden ifadesidir. Artçı zonu yarıçapına dayanan dairesel çatlak kestirimi (Eshelby, 1957) yalnız duyarlılık olarak verilir. Bu olayda: kaynak boyutunun bağımsız ölçülmeyip büyüklükten ölçeklenmesi — değer ölçeklemenin yeniden ifadesidir, ölçüm değildir.
Hiposantr bulutuna düzlem oturtma (PCA)	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Ana bileşen çözümlmesiyle oturtulan düzlem, ancak bulut düzlemselse, bu olayın artçı bulutuna oturtulmuşsa, bulutta en az 50 olay varsa ve kurum varsayılını (sabit) derinlikli kayıtlar ayrıldıktan sonra oturtma için en az 12 nokta kalıyorsa kırık düzlemi olarak yorumlanabilir (işletimsel ölçütler). Bu olayda: düzlem yataya yakın (eğim 0,6°); 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 değerlendirmesidir. Bu olayda: bağılı olduğu Omori–Utsu sönüm parametrelerinin (p, c) bu dizide raporlanamaması.
Artçı zonu genişlemesi	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	zarf $< \text{seçim yarıçapının } \%90 \text{ düzeyi} \cdot \text{mevcut } \%99$	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 sınanamaz. Bu olayda: artçı bulutunun seçim yarıçapına dayanması (zarfın en büyük değeri 63 km; seçim yarıçapı 63 km) — zarf bu yarıçapın ötesine çıkamayacağından genişleme bu seçimle sınanamaz.
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 $p = 0,018$; ampirik sıra muhafızı $p = 0,100 \geq 0,05$; taban 19 kutu).
Sismisite göç zarfı (doğrusal / difüzip)	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 difüzip modellerin bu veriyle ayırt edilememesi ($ \Delta AICc < 2$).
Hiposantr konum kalite notu	yöntemin kendi güvenilirlik beyanı	—	Konum kalite notu, kalite ölçüleri benimsenen hiposantri veren kurumun çözümüne aitse ve çözüm türüne (yerel, bölgesel, telesmik) 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, telesmik) belirlenememesi — yerel ağ eşikleri bu çözüme doğrudan uygulanmaz.

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 eşişinin altındadır) ve yöntemin kendi güvenilirlik beyanı (yöntemin kendi ölçütü sonucu güvenilir bulunmamıştır). Örnekleme ya da belirsizliği sınırda kalan çözümlmeler elenmemiş, çekinceyle raporlanmıştır (çekince çizelgesi). Eşikler bu çalışmanın kendi raporlama eşikleridir; dayanağı gerekçe sütunundadır.

Tablo A5. Çekince düşülen çözümlmeler.

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 53 km; seçim yarıçapı 63 km) — sentroid dış merkeze doğru yanlış olduğundan ötelenme oranı kırılmanın tek ya da çift taraflılığı için hüküm vermez.
Yinelenme aralığı (nadirlik)	Yinelenme aralığı, çalışma olayı dışlanarak ve kataloğun tamlık döneminde eşik üstü bağımsız olayların sayımından kestirilir; $n \geq 5$ iken nokta değeri %95 aralığıyla, $1 \leq n < 5$ iken yalnız alt sınır verilir (işletimsel ölçüt). Tamlık dönemi saptanamadığında değeri çekinceyle raporlanır. Bu olayda: gözlem süresinde eşik üstü bağımsız olay bulunmaması ($n = 0$; yalnız %95 alt sınır verilebilir); tamlık başlangıcı saptanamadığından katalog 1900'den beri tam varsayılmıştır.
En yakın komşu kümelenme (Zaliapın)	Bu raporun işletimsel eşîğı Mc üstü $n \geq 200$ ister; iki-kipli ayırım bu örneklem altında çözülmez. Kutuda kurulamadığında 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 ($39,2^\circ \geq 35^\circ$).
Frohlich kaynak-tipi üçgeni	Üçgen bir dağılım gösterimidir; birkaç mekanizmayla rejim ifadesi kurulamaz. Bu olayda: en sık sınıfa ilişkin oranın (doğrultu atımlı; 20/56, %36) %95 Wilson (1927) aralığının (%21–54; 28 bağımsız küme) işletimsel %45 eşîğini içermesi.

devamı izleyen sayfada

EK A — ÇİZELGELER (DEVAM)

Tablo A5 (devam). Çekince düşülen çözümlemeler.

Çözümleme	Çekince
Kayma yönlerinin ana fay doğrultusuna uyumu (kanallanma)	Kanallanma, kaymanın ana fay yüzeyine ne kadar bağlı kaldığını ölçer; dik uzaklık dış merkez konum hatasını taşıdığı için birkaç kilometrelik farklar tek başına yorumlanmaz. Bu olayda: ana faya uzaklık ve kayma azimutu birlikte çözülen mekanizma yetersiz ($n = 7 < 10$).
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 53 km; seçim yarıçapı 63 km) — boyut ölçüleri seçim yarıçapıyla sınırlı alt sınırdır.
Bağımsız konum sinaması (istasyon kaydı)	Konumun bağımsız sinaması varış zamanlarından (P artığı, S–P) ve birden çok istasyondan yapılır; tek istasyon ölçüsü yalnız beyan edilir. P artığı en az 3 istasyonda okunmamışsa ya da aday istasyonların tümü denenememişse ölçü çekinceyle verilir (işletimsel ölçüt). P polarizasyonu, doğrusalılık ve 180° belirsizliği ölçütlerini sağlamadıkça kullanılmaz. Bu olayda: aday istasyonların tümünün, kayıtların veri merkezinden alınması için ayrılan süre içinde denenememesi — P artığı ortancası okunabilen istasyonlara aittir ve ölçü kısmidir.

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

Tablo A6. Çapraz-kaynak tekilleştirmede birleştirilen kayıt kümeleri.

Küme	UTC	Kaynak	Enlem	Boylam	M
1	22.02.2018 10:36:45	AFAD	37,439°K	37,100°D	ML 1,2
	22.02.2018 10:36:42	ISC (ISK)	37,265°K	37,045°D	ML 1,6
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	08.03.2018 09:07:20	AFAD	37,184°K	37,481°D	ML 1,6
	08.03.2018 09:07:20	ISC (ISK)	37,112°K	37,002°D	ML 1,5
4	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
5	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
6	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
7	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
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	04.05.2018 11:15:15	AFAD	37,583°K	37,551°D	ML 1,3
	04.05.2018 11:15:19	AFAD	37,265°K	37,344°D	ML 1,1
12	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

Duyarlılık — düşen kayıt: 10 km → 333 · 20 km → 576 · 40 km → 771 · 70 km → 872

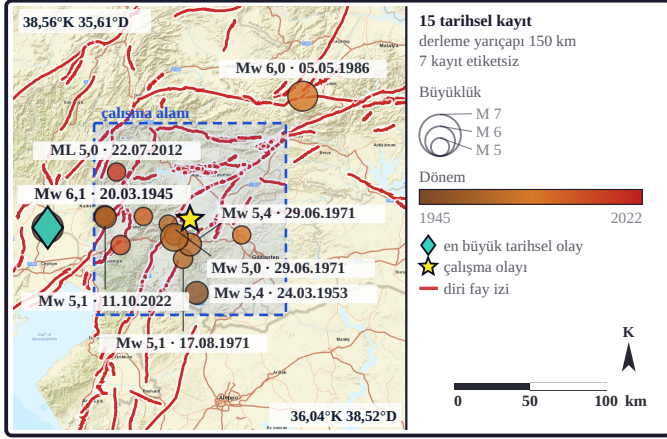
Uzak ağ kayıtları ($M \geq 2,0$) — yerel otorite kaydına bağlanan kopya: 39; eşi bulunamayan kayıt: 4; iki grup da katalogdan çıkarılmıştır. Eşleme ölçütü: $\Delta t \leq 35$ s, $\Delta \text{konum} \leq 300$ km, $\Delta M -0,5$ ile $+1,5$ arası ve eşin — aynı depremin öbür katalog satırlarıyla birlikte — en az 2 kurumca bildirilmiş olması. Katalogdan çıkarılan kayıtların hesabı: sorgudan dönen 14.322 kayıttan çıkarılan 891 (çapraz-kaynak kopyası 848, uzak ağ kopyası 39, eşi bulunamayan uzak ağ kaydı 4); tekilleştirilmiş katalogda kalan 13.431 kayıt. İlk 6 kayıt listelenmiştir.

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	24.07.2019 21:03:22	GSI	37,39°K	36,32°D	ML 4,0
kopya	04.06.2020 18:15:12	GSI	36,91°K	36,51°D	ML 3,8
kopya	06.02.2023 01:36:38	INGV	36,8086°K	36,4131°D	mb 5,2
kopya	06.02.2023 02:17:50	INGV	36,9984°K	36,3691°D	mb 4,9

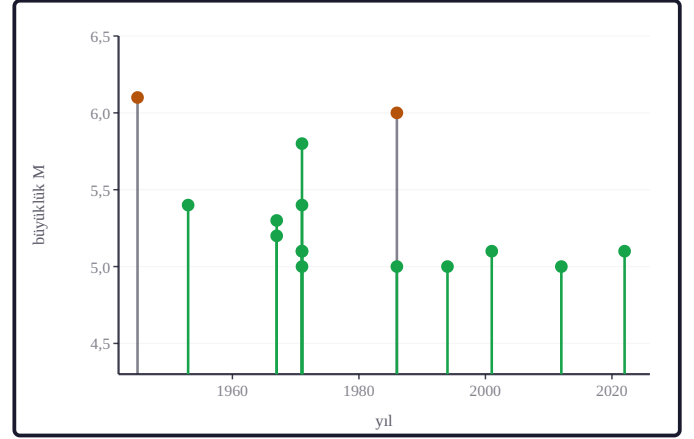
Not: İki kayıt (1) $\Delta t \leq 20$ s, $\Delta \text{konum} \leq 63$ km ve $\Delta M \leq 0,5$ ya da (2) $\Delta t \leq 5$ s ve $\Delta \text{konum} \leq 60$ km (büyüklük ölçüsü farkı gözetmeksizin) koşulunu sağladığında aynı olay sayılmıştır; konum toleransı kutu boyutuyla ölçeklenmiştir (63 km); (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 848 kaydın kümelerinden ilk 12 tanesi listelenmiştir. Koordinatlar her kaynağın bildirdiği ondalıklı verilmiştir. Alt bölüm: farklı konum toleranslarında düşen kayıt sayısı (duyarlılık).

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

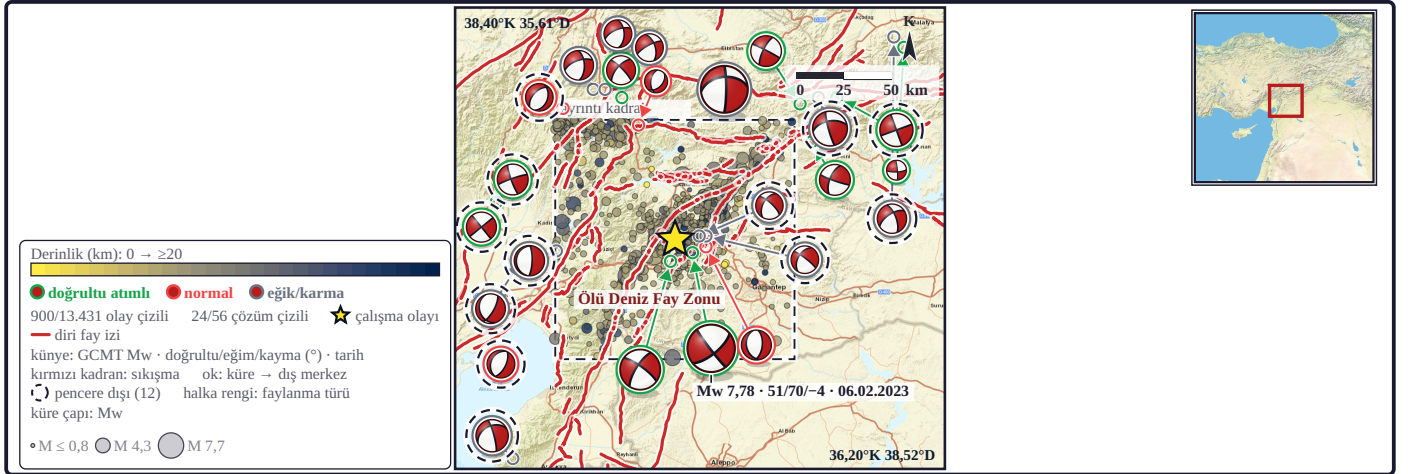
Bu sayfadaki şekil ve çizelgeler 1900 sonrası eşik üstü tarihsel kayıtlara ve çalışma alanı çevresinde yayımlanmış odak mekanizması çözümlerine aittir; bölgesel mekanizma haritasında pencere olayları yalnız konum başvurusu olarak çizilmiştir. Tarihsel kayıtların dağılımı Şekil 11a ve 11b'de, bölgesel 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 dikkörtgen 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 büyüklerini gösterir; ötelenen küreler okla konumlarına bağlıdır. Küreler alt yarıküre izdüşümünde odak mekanizmalarıdır (kırmızı kadrın sıkışma). Mw sırasıyla en büyük 1 çözüm künyelidir (öbür 23 küre künyesizdir); künye çözümün moment büyüklüğünü (GCMT Mw), bir düğüm düzleminin doğru/teğim ve kayma açısını ve tarihini verir. Küçük daireler pencere olayları, kesikli dikkörtgen ayrıntı haritasının kadrıdır (mekanizma kümesi: bölgesel küme [$n = 56$]; gerilme inversiyonu olay merkezli mekanizma popülasyonundandır [$n = 53$]; faylar: MTA TDFH-2026 [Elmacı vd., 2026]).

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

Tarih	M	Tür	Derinlik (km)	Uzaklık (km)	Ölçüt	Yer	E/E ₀
20.03.1945◆	6,1	Mw	15	94	$M \geq 6$, 150 km içinde	İmamoğlu — 18 km D	×0,18
05.05.1986	6,0	Mw	5	110	$M \geq 6$, 150 km içinde	Türkiye	×0,13
11.07.1971	5,8	Mw	18	16	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,063
24.03.1953	5,4	Mw	15	49	$M \geq 5$, 60 km içinde	Jordan-Syria region	×0,016
29.06.1971	5,4	Mw	34	17	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,016
07.04.1967	5,3	Mw	36	56	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,011
07.04.1967	5,2	Mw	27	56	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,0079
15.07.1971	5,1	Mw	7	15	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,0056
Yakın kuşakta (≤ 60 km) dış merkez en yakın kayıtlar (yukarıda listelenmeyenler, uzaklık sırasıyla)							
29.06.1971	5,0	Mw	8	15	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,0040
17.08.1971	5,1	Mw	44	27	$M \geq 5$, 60 km içinde	Türkiye	×0,0056
03.01.1994	5,0	Md	1	31	$M \geq 5$, 60 km içinde	Düziçi (Osmaniye)	×0,0040

Not: Büyüklükler, kayıt ISC-GEM kataloğunda (International Seismological Centre, 2026; Di Giacomo vd., 2015, 2018) varsa onun moment büyüklüğüdür (Mw), yoksa birleşik kataloğun temsilci değeridir; 8 kayıta değer ya da tür katalogdakinden ayrışır. Derleme, dış merkez 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. 15 tekil kayıttan en büyük 8 olay listelenmiştir (yakın kuşağın kayıtları alt bölümde). Dizi ayrımı ölçütünün (olaydan önceki 30 gün ve sonrası, dış merkez 63 km içinde) kapsadığı 12 eşik üstü kayıt ve olay anından sonraki 1 dizi dışı eşik üstü kayıt tarihsel derlemeye alınmamıştır. 1964 öncesi (küresel standart ağ öncesi) 2 kaydın büyüklüğü yeniden değerlendirme ürünüdür ve kaynağa göre $\approx 0,3-0,5$ birim ayrışabilir. E/E₀: ışıyan enerjinin bu olayına oranı (büyüklük farkından); ◆ en büyük kayıt. Yalnız ülke adı yazılı kayıtların yer künyesi yoktur.

LİSANS VE YENİDEN KULLANIM

Katalog kayıtları (AFAD, ISC, EMSC, GFZ, USGS) 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.

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:10.15083/000033631
- Allen, R. V. (1978) Automatic earthquake recognition and timing from single traces. Bull. Seismol. Soc. Am. 68(5), 1521–1532. doi:10.1785/BSSA0680051521
- Allen, T. I., Wald, D. J. ve Worden, C. B. (2012) Intensity attenuation for active crustal regions. J. Seismol. 16(3), 409–433. doi:10.1007/s10950-012-9278-7
- Ambraseys, N. N. (1989) Temporary seismic quiescence: SE Turkey. Geophys. J. Int. 96(2), 311–331. doi:10.1111/j.1365-246X.1989.tb04453.x
- Anderson, E. M. (1951) The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 s.
- Atkinson, G. M. ve Wald, D. J. (2007) “Did You Feel It?” intensity data: A surprisingly good measure of earthquake ground motion. Seismol. Res. Lett. 78(3), 362–368. doi:10.1785/gssrl.78.3.362
- 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., Kürcer, 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., Nazareh, P. 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.adf0685
- 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
- Kanamori, H. (1977) The energy release in great earthquakes. J. Geophys. Res. 82(20), 2981–2987. doi:10.1029/JB082i020p02981
- Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute, Boğaziçi University (1971) Kandilli Observatory And Earthquake Research Institute (KOERI). International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/KO
- Kennett, B. L. N. ve Engdahl, E. R. (1991) Traveltimes for global earthquake location and phase identification. Geophys. J. Int. 105(2), 429–465. doi:10.1111/j.1365-246X.1991.tb06724.x
- King, G. C. P., Stein, R. S. ve Lin, J. (1994) Static stress changes and the triggering of earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am. 84(3), 935–953. doi:10.1785/BSSA0840030935
- Kreemer, C., Blewitt, G. ve Klein, E. C. (2014) A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model. Geochem. Geophys. Geosyst. 15(10), 3849–3889. doi:10.1002/2014GC005407
- Lund, B. ve Townend, J. (2007) Calculating horizontal stress orientations with full or partial knowledge of the tectonic stress tensor. Geophys. J. Int. 170(3), 1328–1335. doi:10.1111/j.1365-246X.2007.03468.x
- Maeda, N. (1985) A method for reading and checking phase time in auto-processing system of seismic wave data (Japona, İngilizce özetli). Zisin (J. Seismol. Soc. Japan, 2nd ser.) 38(3), 365–379. doi:10.4294/zisin.1948.38.3_365
- Matthews, M. V. ve Reasenber, P. A. (1988) Statistical methods for investigating quiescence and other temporal seismicity patterns. Pure Appl. Geophys. 126(2–4), 357–372. doi:10.1007/BF00879003
- McGuire, J. J., Zhao, L. ve Jordan, T. H. (2002) Predominance of unilateral rupture for a global catalog of large earthquakes. Bull. Seismol. Soc. Am. 92(8), 3309–3317. doi:10.1785/0120010293
- Melgar, D., Taymaz, T., Ganas, A., Crowell, B., Öcalan, T., Kahraman, M., Tsironi, V., Yolsal-Çevikbil, 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 Institute for Earth Physics (1994) Romanian Seismic Network. International Federation of Digital Seismograph Networks. doi:10.7914/SN/RO
- 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
- Reasenber, P. A. ve Jones, L. M. (1989) Earthquake hazard after a mainshock in California. Science 243(4895), 1173–1176. doi:10.1126/science.243.4895.1173
- 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
- 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 · GFZ · USGS; moment tensörleri: GCMT).